

7/2012

Veranstaltungen

Kolloquiumsreihe **Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen**

2. Kolloquium

**Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an
Fischaufstiegsanlagen**

07./08. Juni 2011 in Koblenz

Koblenz, August 2012

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

Druck: Druckerei Fuck, Koblenz

ISSN 1866 – 220X

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2012.7

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 07./08. Juni 2011 in Koblenz. – Veranstaltungen 7/2012, Koblenz, August 2012, 156 S.;
DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2012.7

Inhalt

Einführung	4
Decision management and the assessment of fishways in the perspective of river ecology John M. Nestler, R. Andrew Goodwin, and David L. Smith	5
Monitoring von Wanderfischen: Strategien und Anforderungen im Lichte europäischer Richtlinien Frank Hartmann	15
Qualitätssicherung bei Fischaufstiegsanlagen. Anforderungen aus Sicht der WSV Werner Zacharides.....	26
Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung – drei Seiten einer Medaille Matthias Scholten und Christian von Landwüst	34
Methoden zur technisch-hydraulischen Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen Boris Lehmann und Peter Oberle.....	45
Untersuchungen zur Optimierung der Passierbarkeit Béla Sokoray-Varga und Katrin Läkemäker.....	58
Ultraschall-Strömungsmessungen für Funktionskontrollen von Fischaufstiegsanlagen Carsten Wirtz.....	68
Adaptive fishway design: a framework and rationale for effective evaluations Theodore Castro-Santos.....	76
Funktionskontrolle nach BWK-Standard: Erfahrungen und Perspektiven Maria Schmalz und Falko Wagner	91
Ein Versuch, Durchgängigkeit von Fischaufstiegsanlagen durch ein quantitatives Maß zu beschreiben Bernd König	100
Umsetzung der FFH-Richtlinie in Niedersachsen: Neunaugen-Aufstiegsmonitoring an Fischwegen in Bundeswasserstraßen Christian Edler	116
Biologische Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen Christian von Landwüst und Matthias Scholten	138
Die Arbeitshilfe der BAW und BfG – ein Baustein zur Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen Roman Weichert und Anne Kampker.....	147

Einführung

2010 hat der Bund die gesetzliche Verantwortung übernommen, die ökologische Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen (wieder-)herzustellen. Hierfür sind die Zielsetzungen europäischer Richtlinien, insbesondere der EG-Wasserrahmenrichtlinie, maßgebend. Danach sollen Verbesserungen der Durchgängigkeit grundlegend dazu beitragen, dass die Artenzusammensetzungen und Bestandsstärken wandernder Fischarten in definierten Wasserkörpern nur wenig von einem natürlichen bzw. naturnahen Referenzzustand abweichen. Die Funktionalität der durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zu errichtenden Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen ist dabei eine Voraussetzung, um die Entwicklung der Fischbestände im Sinne der europäischen Richtlinien auch in großen Fließgewässern wie den Bundeswasserstraßen zu ermöglichen.

Doch welche Zielsetzungen werden in diesem Zusammenhang konkret verfolgt? Welche Anforderungen sind an Funktionskontrollen und Monitoring abzuleiten? Wie wird die „Funktionalität“ gemessen oder die Qualität von Fischaufstiegsanlagen gesichert? Welche Erfahrungen wurden mit vorhandenen Standards gemacht? Welche Erkenntnisse aus Untersuchungen mit neuen technisch-hydraulischen und biologischen Ansätzen sind zukünftig zu berücksichtigen?

In Kontext dieser Fragen diente das Kolloquium dazu, einen aktuellen Sachstand zu den Zielsetzungen, Anforderungen, Techniken und Bewertungsansätzen zu vermitteln und ihre Übertragung und Anwendbarkeit bei der Herstellung der fischökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen vorzustellen und zu diskutieren.

Nationale und internationale Referenten gaben hierzu ihre Erfahrungen weiter und präsentieren neue Techniken und Bewertungsansätze. Die Bundesanstalten stellten erste Konzepte zur Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen vor.

Decision management and the assessment of fishways in the perspective of river ecology

John M. Nestler, R. Andrew Goodwin, and David L. Smith

1 Introduction

1.1 Water Resources Decisions

River ecosystems are broad in spatial scale and complex in their arrangement and connection of subsystems. These ecosystems support and structure biotic communities that are diverse and abundant through climatic and hydrologic rhythms that repeat at different scales and exhibit trends in response to human-induced and natural changes. Often the relationships among the physical, chemical, and climatic variables in these systems and biotic response are unclear or unknown. The inherent complexity of such systems produces suites of uncertainties that defy conventional methods of water resources management that sequentially progress from planning, engineering design, to project construction. Experience has shown that the expected benefits of management actions are typically not completely achieved when water resources management includes ecosystem restoration objectives. The addition of fish passage facilities at dams to address river fragmentation seems particularly prone to post construction performance issues. The problem primarily results from the many unknowns that plague the attraction, entrance, and passage of fish at fishways.

The preferred method for conducting program-scale ecosystem restoration, such as the challenge of reconnecting river reaches by the addition of fish passage at dams, is Adaptive Environmental Assessment and Management (AEAM – WALTERS & HOLLING 1990). AEAM organizes restoration into a recursive, stepwise framework that optimizes informed restoration decision-making over time through the sequential reduction of uncertainties about ecosystem response to management actions. AEAM begins with the conventional water resources management steps of planning, design, and construction, but then adds a monitoring and assessment phase that then informs a new cycle in the water resources development process. The addition of monitoring and assessment to inform future project planning functionally converts the linear planning process associated with conventional planning into a series of loops that progressively reduce project uncertainty (“learning”) as each loop is completed. The individual steps in AEAM are well known (WILLIAMS et al. 2007) and have been applied and refined by many workers.

1.2 Refining Adaptive Environmental Assessment and Management (AEAM)

Conventional methods of water resources management commonly used to address problems that are inherently hydrologic or hydraulic (and subsequently well known) can be used to efficiently estimate project schedules and budgets. Unfortunately, the open-ended nature of AEAM makes the creation of budgets and schedules more difficult and, therefore, makes AEAM execution institutionally challenging for government agencies that manage water resources. The magnitude of these challenges can be reduced by minimizing the number of loops required to execute AEAM because each cycle has a substantial cost and causes a delay in project benefits. Strategic investments made at key points in AEAM cycles can rapidly decrease project threatening uncertainties. An evaluation of AEAM identifies specific steps that can be taken to improve the efficiency of AEAM and increase the ability of water resources agencies to develop realistic project schedules and budgets:

- > developing of a detailed plan that includes all program synergies and feedbacks,
- > creating and regularly updating a detailed conceptual model that embodies understanding of how the ecosystem works and how a management action could alter the functioning of the ecosystem,
- > institutionalizing AEAM by integrating the “learning” phase of adaptive management into project planning, and
- > formulating a strategic monitoring plan that focuses on “learning” at the program level to reduce program threatening uncertainties as efficiently as possible.

While all of the steps identified improve AEAM, the most efficient way to reduce the number of loops required in AEAM is to use a forecasting framework that is as accurate and precise as possible and that can also be easily updated as “learning” about the response of the system to management action progresses.

2 Eulerian-Lagrangian-Agent Methods (ELAMs)

2.1 Description

An emerging technology useful for guiding challenging ecosystem restoration actions such as fish passage design is the Eulerian-Lagrangian-agent Method (ELAM; <http://EL.erd.usace.army.mil/emrrp/nfs/>). ELAMs can reduce the uncertainties inherent in the more traditional statistical approaches. The reduction in uncertainty facilitated by the ELAM is of critical importance because a single bypass system on a major river can cost nearly \$100M USD. Failed systems represent a major financial loss as well as have severe impact on protected fish species.

The ELAM represents a mathematically rigorous framework for fish passage design that accentuates the strengths of:

- > computational fluid dynamics (CFD) modeling to help designers understand and incorporate the complex flow fields associated with river regulation structures into passage structure design and operation;
- > fish behavior studies using advanced tagging technologies to understand the sophisticated movement behaviors exhibited by migrating fish and to use this information in forecast alternatives modeling;

- > agent-based modeling systems to numerically evaluate fish movement hypotheses and ultimately to construct forecast models that can be used to reduce the often considerable uncertainty associated with design and construction of fish passage systems.

The mathematical rigor of the coupling eliminates the uncertainty typical of more conventional approaches in which each discipline contributes its findings according to its own traditions and perspectives. For example, results from tagging studies that are based on statistical analysis must have sufficient replication to separate different bypass designs or fish passage through different outlets (e. g., passage percentage through powerhouse, spillway, and bypass for outmigrating fishes). The need for sufficient replication for statistical hypothesis testing usually requires that changes in river discharge or passage through individual different turbines must be pooled so that these effects are lost from the analysis even though these differences can be very important to bypass design.

We use the ELAM to understand and forecast fish movement in river settings either to understand their movement through a river or to evaluate their behavior in response to the flow field signatures created by different fish ways designs. The following explanation of fish swim path selection is based on the behaviour of juvenile salmon. Swim path selection of juvenile salmon is best understood in the context of the fluvial geomorphology of free flowing rivers (NESTLER et al. 2008). In free flowing rivers, a flow field distorts because of flow resistance (LEOPOLD et al. 1964). Without flow resistance there is no force to distort a unit volume of water once it is set into motion by the force of gravity (OJHA & SINGH 2002). To relate fish swim path selection to flow field distortion, GOODWIN et al. (2006) proposed a flow field distortion metric 'total hydraulic strain' that embodies (1) linear deformation (whose tensor metric components are normal strain rates), (2) rotation (whose tensor metric components are angular velocities), and (3) angular deformation (whose tensor metric components are one-half the true shearing strain rates). Although rotation is not due to normal or shearing strain rates, the same spatial velocity gradients induce both angular deformation (shearing strain) and rotation. In more recent work we refer to 'total hydraulic strain' as the magnitude of the velocity gradient or 'total velocity gradient'.

Two categories of flow resistance, friction resistance and form resistance, occur for sub-critical flows (LEOPOLD et al. 1964). A simple, straight, uniform channel produces a flow pattern in which average velocities are lowest nearest a source of friction (such as the channel bottom and edges) with a zero water velocity occurring at the water-channel boundary. Pattern in the total velocity gradient field is the inverse of pattern in the velocity field, with lowest total velocity gradients occurring farthest from sources of friction resistance and highest near the sources. Form friction, or drag, is created by large woody debris or rock outcrops projecting into the flow. As in the case of friction resistance, total velocity gradients associated with form resistance increase towards the signal source. In contrast to bed friction, water velocity increases towards the signal source for form resistance because of local reduction in conveyance area and increased travel distance of water flowing around an obstruction. For example, a fish approaching a stump from the upstream direction will sense increasing total velocity gradients and an increasing water velocity until boundary effects very close to the obstruction are encountered.

By integrating information between the total velocity gradient and velocity fields, fish have sufficient information to identify specific channel structures and solid boundaries thereby creating a hydrodynamic ‘image’ of their immediate surroundings. That is, they have sufficient information to infer the attributes of the solid boundary from pattern in the flow field. They are thus able to move efficiently through a flow field or select habitats with specific hydraulic and geomorphic attributes. In our explanation, we emphasized downstream migration, but the ability of a fish to respond to hydrodynamic cues that signal channel features also allows it to migrate upstream or to locate and evaluate potential habitat or feeding stations, all in a complex flow field and bed geometry. While we used juvenile salmon as a model system to describe fish movement, it seems plausible that many other species would use a similar movement cue because all fishes share a common mechanosensory system capable of detecting relative velocity magnitude and hydraulic gradients.

2.2 Simulating Fish Movement to Aid Fish Passage Design

Hydrodynamic information generated at discrete points in a hydraulic model (Eulerian) mesh is interpolated to locations anywhere within the physical domain where fish may be. This conversion of information from the Eulerian mesh to a Lagrangian framework allows the generation of directional sensory inputs and movements in a reference framework similar to that perceived by real fish. Movement is treated as a two-step process: first, the fish evaluates agent attributes within the detection range of its sensory system and, second, it executes a response to an agent by moving (BIAN 2003). The volume from which a fish acquires decision-making information is represented as a 3-D sensory ovoid. A virtual fish’s sense of direction at each time increment is based on its orientation at the beginning of the time increment. Directional sensory inputs are tracked relative to the horizontal orientation of the fish because fish response to laterally-located versus frontally-located stimuli can be different (COOMBS et al. 2000). The sensory ovoid has a vertical reference because fish detect accelerations and gravitation through the otolith of its inner ear (PAXTON 2000). It also senses three-dimensional information on motion (BRAUN & COOMBS 2000). In an ELAM we begin with a symmetrical (spherical) sensory ovoid for fish although it can be easily modified.

Behaviour rules (GOODWIN et al. 2006) in the ELAM produce a 3-D swimming vector in which speed and orientation are determined interdependently for each fish at every 2.0-sec increment. The resultant fish swim vector is then decomposed into Cartesian vector components (u_f , v_f , w_f) coinciding with the axes of the Eulerian mesh. These vectors are added to the flow vectors (u , v , w) interpolated to the fish’s centroid location to update the coordinates (x_t , y_t , z_t) at time t from the previous position (x_{t-1} , y_{t-1} , z_{t-1}) after time increment (Δt) as:

$$x_t = x_{t-1} + (u + u_f) \cdot \Delta t$$

$$y_t = y_{t-1} + (v + v_f) \cdot \Delta t$$

$$z_t = z_{t-1} + (w + w_f) \cdot \Delta t$$

Simulating the continuous (Lagrangian) movement of individuals in a (Eulerian) mesh of discrete points is difficult and has limited the use of integrated Eulerian-Lagrangian methods (ELMs) in individual-based modeling (BIAN 2003). The details of the ELAM for simulating fish movement can be found in GOODWIN et al. (2006).

2.3 Performance, Validation, and Sensitivity

Describing trends in movement and passage can be separated into two interrelated tasks: The ability of the CFD model to accurately represent flow field pattern and the ability of the ELAM to correctly capture passage trends. We describe here the methods used to describe passage trends. One method of calibration is to compare ELAM forecasts to field collected calibration data using linear regression (SMITH & ROSE 1995). Forecasts compared to measured passage rates through different dam outlets can be used to produce RSQUARES. Also, the ELAM can be run in a “rules off” configuration so that virtual fish become passive particles for comparison. Accuracy of calibration partially hinges on the constancy of dam operation during data collection. Powerhouse operation is seldom held constant because of changes in hydrology, power demand, and maintenance schedules. In contrast, spillway operation and bypass system operation is usually held constant during the collection of calibration data resulting in improved RSQUARES. Consequently, the calibration is usually best for the spillway and bypass forecasts. During calibration, we try to achieve the best fit of predicted to observed bypass performance at the expense of powerhouse or spillway passage because our studies are typically done to aid bypass design.

3 Discussion

3.1 Fish Movement Categories in Rivers

Once calibrated, ELAMs can be used to systematically explore fish movement either to forecast bypass performance or to better understand how fish make decisions in natural rivers. This second use is possible because fish likely do not exhibit behaviours at dams that are any different than they exhibit in natural rivers. Based on our explorations with virtual fish and evaluations of the behavioural rules, we believe activities of fish in rivers can be broadly separated into two categories from an ecological and life history standpoint: place-specific behaviours or place-searching behaviours. At any one time a fish can be engaged in one of these activities, but not both, although it may switch rapidly between these activities. Moreover, it may be useful to ordinate different life-stages of fish along a gradient that is anchored at one end by life stages that predominantly engage in place-specific activities and anchored at the other end of the gradient by life stages that predominantly engage in searching activities. Other strategies may employ various blends of the two activities depending upon life stage, environmental gradients, and size of the physical domain.

In a place-specific activity, fish maintain their approximate position in an area. For example, a feeding station for a sight-feeding fish such as resident juvenile salmon has the following attributes (FAUSCH 1984; SMITH et al. 2008). The fish body locates itself in relatively slow water to minimize the bioenergetic cost of swimming, but near a shear zone so that it can dart across the shear zone to capture drifting prey carried near its position by the current. The water velocity across the shear zone must be fast enough to transport prey items at a significant rate, but not so fast that the fish must expend substantial energy to return to its original location after feeding. Based on this simple example, two conclusions can be reached about juvenile salmon when they exhibit place-specific activities: Specific hydraulic criteria based on water depth and water velocity and variables associated with water velocity such as shear

or turbulence can be used to describe feeding station locations (SMITH & BRANNON 2007) and these criteria may often be described in terms of absolute values and not relative values. Absolute criteria, keyed to the water velocity on the slow side of the shear zone of the feeding station, are needed because fish must expend energy to maintain position in the face of displacing currents. Therefore, relative difference in velocity across the shear zone does not adequately reflect the bioenergetic realities for a fish trying to maintain position on the slower side of the shear zone.

Fish that engage in place-searching activities must rely on relative values of hydraulic variables because the domain within which they move may experience substantial changes in bedform and discharge over time and space. Therefore, given this “floating baseline condition” associated with dynamic rivers, it is likely impossible for absolute values of hydrodynamic movement cues to exist that can function over the range of encountered hydraulic conditions as fish migrate along the space-time continuum. For example, if the channel cross section area reduces by 50 % and the discharge remains constant, then the average cross section velocity must correspondingly increase by 50 % to maintain mass continuity. Consequently, a fixed velocity criterion that identifies the pathway of a migrating fish is unreasonable unless swimming capabilities are exceeded. However, the overall flow pattern may remain essentially the same with some relatively small movement in space of velocity maxima or minima. Use of relative hydraulic variables allows fish to hydro-navigate as discharge changes or as the coarse shape of the channel changes because the basic flow field pattern described as relative values will be more persistent than absolute values within the field.

3.2 What is a River to a Fish?

From a fish’s perspective, a river is not best represented as a habitat checkerboard or mosaic, but as a waterscape of fluid features that gradually blend into one another in much the same way that a landscape, at large scales, is primarily comprised of elevation gradients and not elevation breaks (i. e. cliffs). These fluid features can be described in gradients (i. e., spatial derivatives) over certain space scales coupled to the solid features of the channel. Understanding the fluid environment from a fish’s perspective is important for river restoration and to manage the impacts of dams and smaller scale structures that alter river flow fields. Importantly, conventional habitat metrics such as average depth and velocity mask gradients and are, therefore, likely insufficient for linking fish movement among habitats to environmental processes related to geomorphology or to biogeochemical processing. By responding to magnitudes of velocity and velocity gradient, fish are able to make directed (nonrandom) movements in flow fields, within geomorphological complexity, and within biogeochemical fields as long as these fields retain their natural interrelationships.

Taken in total, these findings suggest that it is more useful to think of a large river as a machine rather than as an amalgam of habitat patches (NESTLER et al., In press). The physical structure of the machine is a sloping plane that alters the magnitude and direction of an applied force. The kinetic energy that runs the machine ultimately derives from gravity which drives complex hydrologic rhythms that are, in turn, coupled to local to global climate patterns. The force generated by the sloping landform and hydrologic rhythm is hydraulic shear which reconfigures the channel and transports material either through the system or to areas

where it can settle and be transformed, perhaps over multiple cycles. Importantly, we are not de-emphasizing the importance of autochthonous or allochthonous organic matter in structuring river communities, but rather emphasizing the importance of hydrodynamic pattern to the highly advective river ecosystem.

In a large river system, the amount of organic and inorganic material that is transported and transformed is immense. A fish, by evolving complex life histories and sophisticated movement behaviors, can take advantage of the work performed by the river machine as it transports, stores, and transforms materials. This enables fish to limit energy expenditure in foraging for widely distributed food when riverine processes naturally accumulate food and organic matter in parts of the river at certain times. Therefore, the primary challenge for fluvial dependent fishes is not to find specific microhabitats, but to synchronize their life history to cues that describe and predict the rhythms of the system so that they can take advantage of work done by the river. They do this by using basic hydrodynamic cues that allow them to find “hot spots” and “hot moments” of biochemical transformation (*sensu* VIDON et al. 2010) at a system level. For example, the organic matter available to fishes in the lower Mekong River produces a yield of approximately 2.6 million tons per year (HORTLE 2007). Similarly, the Illinois River provided much of the protein needs for the city of Chicago and was considered to be one of the most productive fisheries ever recorded (FREMLING et al. 1989). The Paraná basin contains more than 50 migratory fish species (CAROLSFELD et al. 2003). Fragmentation caused by regulation of many South American large rivers has reduced or even eliminated upstream energy flow transported by migratory fish.

4 Conclusions and Summary

We began with a simple introduction to AEAM to give context and meaning to scientific studies, with a focus on fish passage. We proposed the ELAM as a general investigative and modelling framework to develop tools that are both scientifically robust and provide forecasts of future conditions associated with different fish passage designs. In the course of these studies it became apparent that fish can have no evolutionary experience with dams because dams are a relatively new feature in geologic time. Therefore, the behaviour they exhibit to bypasses is, in reality, the behaviour they use to move through rivers. Consequently, this behaviour is the beginning point to uncover how fish that exhibit pronounced behaviours are interconnected to river processes. Inherently, studies to describe fish movement to aid fish passage design also aid other restoration measures.

Although a robust and useful theoretical benchmark has been developed to explain how large floodplain river systems work, considerably less effort has been devoted to understand how specific biota, particularly fish, respond to the dynamic, multi-scale habitat variables that define large rivers. Unlike low order rivers where relatively simple geomorphologic and hydraulic variables are useful to define habitat requirements, large floodplain river systems pose formidable challenges due to their spatial and temporal complexity. As ARTHINGTON et al. (2006) concluded and as we argue in this paper, place-centered habitat assessment is not appropriate to describe holistic characteristics of large river systems. Fish species have developed strategies (e. g., physiological and morphological adaptations, trophic position, migratory movements, growth, recruitment, and reproductive patterns) to take advantage of the

complexity that is inherent in the river machine concept. We point out how a general hydrogeomorphic guiding principle based on known or plausible effects of the flood pulse was used to propose general seasonal and spatial patterns in the transport, transformation, production, and redistribution of materials within a river corridor. These effects integrate functional and structural linkages among different fluvial components such as floodplains and main and secondary channels.

The natural hydrogeomorphology guiding principle was expanded to mechanistically connect environmental fluid dynamics, fluvial geomorphology, and biogeochemical cycling via velocity magnitude and hydraulic shear and thereby relate more directly to patterns in the abundance and diversity of large river biota. Unlike the general hydro-geomorphology guiding principle, the mechanisms of transport, erosion, and deposition of material that derive from it are sufficiently resolved to be evaluated empirically using status and trends monitoring data or process description data. Ideally, these studies would be supported by the same CFD models used to describe movement of emigrants (GOODWIN et al. 2006). That is, CFD modeling can be used to identify and describe the fine-scale erosion and deposition potential of specific parts of the river and its flood plain. Therefore, mechanisms proposed in this paper can be considered as initial testable hypotheses about how hydrogeomorphology regulates different aspects of biodiversity in large rivers. These hypotheses and others derived in the future can be evaluated and adjusted through the monitoring and assessment phase of adaptive management.

Literature

- ARTHINGTON, A. H., S. E. BUNN, N. L. POFF, AND R. J. NAIMAN (2006): The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications* 16 (4):1311-13180.
- BIAN, L. (2003): The representation of the environment in the context of individual-based modeling. *Ecological Modelling* 159:279-296.
- BRAUN, C. B. AND S. COOMBS (2000): The overlapping roles of the inner ear and lateral line: the active space of dipole source detection. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 355:1115-1119.
- CAROLSFELD, Y., B. HARVEY, C. ROSS, AND A. BAER (eds.) (2003): *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Ottawa International Development Center, The World Bank.
- COOMBS, S., J. J. FINNERAN, AND R. A. CONLEY (2000): Hydrodynamic image formation by the peripheral lateral line system of the Lake Michigan mottled sculpin, *Cottus bairdi*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 355:1111-1114.
- FAUSCH, K. D. (1984): Profitable stream positions for salmonids: relating specific growth rate to net energy gain. *Can. J. Zool.* 62:441-451.
- FREMLING, C. R., J. L. RASMUSSEN, R. E. SPARKS, S. P. COBB, C. F. BRYAN, AND T.O. CLAFLIN (1989): Mississippi River fisheries: a case history. Pages 309 – 351 in D.P.

Dodge ed., *Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Special Publication 106.

- GOODWIN, R. A., J. M. NESTLER, J. J. ANDERSON, L. J. WEBER, AND D. P. LOUCKS (2006): Forecasting 3-D fish movement behavior using a Eulerian-Lagrangian-agent method (ELAM). *Ecological Modelling* 192: 197-223.
- HORTLE, K. (2007): Consumption and yield of fish and other aquatic animals from the Lower Mekong Basin. *MRC Technical Paper No. 16*. Mekong River Commission, Vientiane, Lao PDR. 87 pp.
- LEOPOLD, L. B., M. G. WOLMAN, AND J. P. MILLER (1964): Fluvial processes in geomorphology. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA.
- NESTLER, J. M., R. A. GOODWIN, D. L. SMITH, AND J. J. ANDERSON (2008): Optimum Fish Passage Designs Are Based on the Hydrogeomorphology Of Natural Rivers. *River Research and Applications* 24: 148-168.
- NESTLER, J. M., P. S. POMPEU, R. A. GOODWIN, D. L. SMITH, L. SILVA, C. R. M. BAIGUN, N. O. OLDANI. (In Press): The River Machine: A Template for Fish Movement and Habitat, Fluvial Geomorphology, Fluid Dynamics, and Biogeochemical Cycling. *River Research and Applications*.
- OJHA, C. S. P., AND R. P. SINGH (2002): Flow distribution parameters in relation to flow resistance in an upflow anaerobic sludge blanket reactor system. *Journal of Environmental Engineering*. **128**(2): 196-200.
- PAXTON, J. R. (2000): Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat and/or luminescence? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **355**:1299-1303.
- SMITH, D. L., M. A ALLEN, AND E. L. BRANNON. (2008): Characterization of velocity gradients inhabited by juvenile Chinook salmon by habitat type and season. Pages 53-70 in S.V. Amaral, D. Mathur, and E. P. Taft III, editors. *Advances in fisheries bioengineering. American Fisheries Society, Symposium 61*, Bethesda, Maryland.
- SMITH, D. L. AND E. L. BRANNON (2007): Influence of cover on mean column hydraulic characteristics in small pool riffle morphology streams. *River Research and Applications* 23(2): 125-139.
- SMITH, E. P. AND K. A. ROSE (1995): Model goodness-of-fit analysis using regression and related techniques. *Ecological Modelling* 77: 49-64.
- VIDON, P., C. ALLAN, D. BURNS, T. DUVAL, N. GURWICK, S. INAMDAR, R. R. LOWRANCE, J. OKAY, D. SCOTT, S. SEBESTYEN, S. (2010): Hot spots and hot moments in riparian zones: potential for improved water quality management. *Journal of American Water Works Association* 46(2): 278-298.
- WALTERS, C. J. AND C. S. HOLLING (1990): Large-scale management experiments: learning by doing. *Ecology* **71**:2060-2068.
- WILLIAMS, B. K., R. C. SZARO, AND C. D. SHAPIRO (2007): *Adaptive management*. The U. S. Department of the Interior technical guide. U. S. Department of the Interior Washington, D.C.



Contact:

Nestler, John

US Army Engineer Research and
Development Center*

3909 Halls Ferry Road

Vicksburg, MS 39180-6199

USA

Tel.: 601-529-3740

Fax: 601-634-3129

E-Mail: john.m.nestler@gmail.com

*retired, presently a partner in Fisheries
and Environmental Services Partnership

1968 – 1972

BS Biology, Valdosta State College, Valdosta, GA,
USA

1972 – 1976

MS Zoology, University of Georgia, Athens, GA,
USA

1976 – 1980

PhD Zoology, Clemson University, Clemson, SC,
USA

1979

Visiting Instructor, Valdosta State College, Val-
dosta, GA, USA

1980 – 2010

Hydrologist, Ecologist, and Research Ecologist at
the U.S. Army Engineer Research and Develop-
ment Center, Vicksburg, MS, USA

2010 – present

Partner in Fisheries and Environmental Services
Partnership

Projects:

Multiple projects on most of the major rivers in the
USA addressing environmental flows, fish passage,
and water quality

Monitoring von Wanderfischen: Strategien und Anforderungen im Lichte europäischer Richtlinien

Frank Hartmann

1 Einleitung

Die für Baden-Württemberg und die meisten Rheinanlieger relevanten anadromen Wanderfischarten sind Atlantischer Lachs, Meerforelle, Maifisch sowie die beiden Neunaugenarten Meerneunauge und Flussneunauge. Für den Atlantischen Stör gibt es am Rhein aktuell weder Programm noch Nachweis. Die sich im Meer reproduzierende Flunder findet derzeit ebenso wenig Berücksichtigung, da sie zwar nachweislich im baden-württembergischen Rhein vorkommt, ein Schutzprogramm jedoch nicht zielführend ist. Der europäische Aal ist als kataromer Wanderfisch in eine eigene europäische Schutzkonzeption eingebunden.



Abb. 1: Meerforelle, gefangen an der Monitoringstation am Fischpass der Staustufe Iffezheim (Foto: Hartmann)

Einige der vorgenannten Arten sind heute aus dem Rhein völlig oder nahezu verschwunden, waren jedoch zum Teil in historischen Zeiten, teils noch bis vor 100 Jahren, in guten Bestandsdichten regelmäßig vorhanden, wie auch in vielen anderen Stromsystemen Europas. Durch die intensive und nachhaltige Störung und Zerstörung ökologischer Funktionen und morphodynamischer Prozesse in fast allen Fließgewässersystemen sind diese Arten entweder auf Reliktpopulationen reduziert oder trotz verschiedener Erhaltungsmaßnahmen zur Gänze verschwunden. In vielen Staaten der europäischen Gemeinschaft und in allen Bundesländern in Deutschland werden sowohl von staatlicher als auch von ehrenamtlicher Seite große Anstrengungen für den Fischartenschutz unternommen. Häufig stehen Wanderfische im Fokus der Bemühungen und diesbezügliche Maßnahmen zielen auf eine Verbesserung der Habitate und/oder der Wiedereinführung einer Fischart mittels Besatz ab. Wanderfische sind aus verschiedenen Gründen auch geeignete Zielorganismen für den allgemeinen Fischartenschutz. Wanderfische benötigen in der Regel viel Raum und oft auch verschiedenartige Teilhabitate und weisen dadurch einen hohen Ausbreitungsbedarf auf. Aus diesen erhöhten Lebensraumforderungen sind sie für die Vernetzung der Gewässersysteme geeignete Bioindikatoren und eignen sich als sog. „Monitore“ auch für die Gewässerentwicklung. Eine Arbeitshypothese geht davon aus, dass mit dem Erfüllen der Anforderungen für Wanderfischarten auch ein Großteil der Anforderungen weiterer Fischarten des Gewässersystems erfüllt werden. Hierbei verbleiben im Detail offene Fragen im Hinblick auf die Quantität, Qualität und die räumliche Verknüpfung notwendiger Lebensraumtypen.

Unter Fachleuten ist klar, dass die Wiederansiedlungs- oder Erhaltungsbemühungen von Wanderfischarten auf einer im Vergleich zur jeweiligen historischen Verbreitung sehr kleinen Habitatfläche erfolgen muss. Selbst wenn es gelänge, sämtliche historische Wanderfischgewässer wieder besiedelfähig zu vernetzen, hat sich die dortige Lebensraumqualität aufgrund multipler Nutzungen und baulicher Überformungen, insbesondere durch die Wasserkraftnutzung und die Schifffahrt, erheblich verschlechtert. So fallen aufgestaute sowie ausgeleitete, minderdotierte Fließgewässerstrecken für wesentliche ökologische Funktionen vollständig aus. Erfolgreiche Revitalisierungen sind in diesen Abschnitten nicht oder nur sehr begrenzt möglich. Solche degenerierten Fließgewässerabschnitte nehmen in manchen Flusssystemen erhebliche Anteile ein. Um trotz dieser Einschränkungen die verbliebenen fließgewässerökologischen Potenziale bestmöglich auszunutzen und damit bei den Schutzprogrammen Aussicht auf Erfolg zu haben, müssen die verbliebenen, intakten Fließwasserstrecken besonders geschützt werden. Gleichzeitig ist eine ausreichende Vernetzung dieser noch intakten Teilflächen für die ökologische Gesamtfunktion in dem jeweiligen Fließgewässersystem unabdingbar. Im Zuge der Umsetzung der im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) implementierten Wasser-Rahmenrichtlinie werden derzeit in den zuständigen Bundesländern Maßnahmen zur Durchgängigkeit und zur Lebensraumverbesserung an Fließgewässern angegangen. Die ökologischen Anforderungen der Wanderfische an Habitatflächen finden sich in einer ersten Kampagne größtenteils in den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen wieder, nicht zuletzt auch detailliert festgelegt im Masterplan Wanderfische der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR 2009). Zusätzlich dienen gewässerverbessernde Maßnahmen auch der Umsetzung der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie, welche speziell auf ausgewählte Fischarten und Gewässerlebensräume abzielt und für die sogenannte Erhaltungs- und Entwicklungsziele definiert werden. Aus den Anforderungen der EU-Richtlinien erwachsen umfangreiche Monitoringaufgaben, in deren Mittelpunkt die Fischfauna steht – einschließlich der Wanderfische.

2 EU-Richtlinien und Monitoringprogramme

Ein Monitoring kann im Zusammenhang mit Wanderfischen als Instrument zur Erfassung und Bewertung von Zustand und Entwicklung von Fischbeständen definiert werden. Berücksichtigt werden neben den Anforderungen an die zentrale Wasser-rahmenrichtlinie (2000/60/EG), die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und die EU-Aalschutzverordnung (1100/2007/EG). Weitere Monitoringaufgaben im Zusammenhang mit EU-Vorgaben können ggf. aus dem europäischen Fischereifonds (1198/2006/EG) entstehen, vor allem wenn Wanderfische davon betroffen sind. Bei allen Richtlinien und Verordnungen sind neben den Lebensraumqualitäten die Durchgängigkeiten in beide Wanderrichtungen, also sowohl flussauf- als auch flussabwärts, zu betrachten. Die Planungen und Gebiete zur Etablierung oder zur Sicherung von Wanderfischen sind beispielsweise für die internationale Flussgebietseinheit Rhein in einem international koordinierten Bewirtschaftungsplan abgestimmt.

2.1 Wasserhaushaltsgesetz und Wasserrahmenrichtlinie

Ein Ziel des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist die Entwicklung bzw. die Sicherung eines guten ökologischen Zustandes bzw. eines guten ökologischen Potenzials in den Fließgewässern. Dieser gute Zustand ist für definierte Einzugsgebiete anhand sogenannter Flusswasserkörper und Wasserkörper u. a. im Rahmen eines Fischbestandsmonitoring auf der Grundlage einer Referenzfischfauna nachzuweisen. Fische sind dabei nur eine der herangezogenen Qualitätskomponenten zur Bewertung des Zustandes von Fließgewässern, neben beispielsweise Wirbellosen Kleintieren oder Wasserpflanzen. Wanderfische sind Teil dieser Bewertungsmatrix, sofern sie in der jeweiligen Referenzfischfauna der Wasserkörper enthalten sind.

Beim Fischmonitoring wird zur Bewertung der ökologischen Zustände von Fließgewässern die Methode der Elektrofischerei angewandt. Diese werden nach standardisierter Vorgabe des fischbasierten Bewertungssystems für Fließgewässer (fİBS) durchgeführt. Die Elektrofischerei ermöglicht eine weitestgehend schonende und effektive Erfassung von Fischbeständen in kleinen und mittelgroßen Fließgewässern. Auf Grundlage der Fänge können Zustand und Entwicklung von Fischbeständen und in weiteren, theoretischen Arbeitsschritten auch die Qualitäten von Gewässerabschnitten ermittelt werden. Es wird angestrebt, Monitoringstellen in allen Flusswasserkörpern und in der überwiegenden Anzahl der Wasserkörper zu etablieren.

Für größere und dadurch in der Regel tiefere Gewässer, wie den Bundeswasserstraßen, reicht die Methode der Elektrofischerei erfahrungsgemäß meist nicht aus, da mit dieser lediglich die sich ufernah aufhaltenden Fische und nicht die gesamten Fischbestände erfasst werden können. In großen Fließgewässern sind folglich ergänzende Informationsquellen heranzuziehen und ggf. auch zusätzliche Methoden einzusetzen, wie die Netz- und Reusenfischerei. In Baden-Württemberg werden die Daten zur Kontrolle des Fischauftretes am Fischpass Iffezheim genutzt. Es ist weiterhin vorgesehen, in den maßgeblichen Programmgewässern zur Wiedereinsiedlung der Wanderfische an den jeweiligen Mündungen weitere stationäre Monitoringseinheiten zu installieren und zu betreiben. Diese können aus Fangstationen und/oder Kameraeinrichtungen bestehen. Grundsätzlich ist eine Verschneidung, Plausibilisierung und abschließende Bewertung der durch die verschiedenen Monitoringsysteme gewonnenen Ergebnisse durch einen Sachverständigen unerlässlich.



Abb. 2: Monitoring mittels Kamera: Nasen beim Aufstieg im Neckarfischpass Ladenburg (Foto: Hartmann)

2.2 Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie

Die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) ist die zentrale Rechtsgrundlage für den Naturschutz in der europäischen Union. Ihr Ziel ist der Schutz natürlicher Lebensräume sowie wildlebender Tiere und Pflanzen. Diese müssen in einen günstigen Erhaltungszustand gebracht werden, sofern dieser noch nicht besteht. Gemeinsam mit der Vogelschutzverordnung bildet die FFH-RL die Kulisse für Natura 2000. Für ausgewählte Arten enthält die Richtlinie auch direkte Bestimmungen. Im Anhang I der Richtlinie sind unter den Lebensräumen von gemeinschaftlichem Interesse die Fließgewässer als bedeutende Süßwasserlebensräume explizit aufgeführt. Nach Anhang II sind für Arten von gemeinschaftlichem Interesse besondere Schutzgebiete auszuweisen, bei den diadromen Fischen sind dies

- > Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*)
- > Meerneunauge (*Petromyzon marinus*)
- > Europäischer Stör (*Acipenser sturio*)
- > Maifisch (*Alosa alosa*)
- > Finte (*Alosa fallax*)
- > Atlantischer Lachs (*Salmo salar*)
- > Nordseeschnäpel (*Coregonus oxyrinchus*)

Unter den streng geschützten (Wanderfisch)Arten der Richtlinie finden sich der Europäische Stör und der Nordseeschnäpel. Der Fischartenschutz nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie ergänzt den speziellen Fischartenschutz, wie er in den Fischereigesetzen der Länder zuständigkeithalber verankert ist. Für die ausgewiesenen FFH-Gebiete werden in Managementplänen verbindliche Erhaltungsmaßnahmen und zusätzliche Entwicklungsmaßnahmen – auch für Fische und deren Lebensräume zusammengestellt. Das Monitoring von FFH-Arten ist in Fließgewässern, soweit möglich, mit jenem der Wasserrahmenrichtlinie verknüpft. Da es jedoch eine große Anzahl an Anhang-II-Arten gibt, die ausschließlich außerhalb der Programmgewässer der WRRL ihre Lebensstätten haben, sind zusätzliche Erhebungen erforderlich.

2.3 EU-Aalschutzverordnung

Als verbindliches Ziel der Aalschutzverordnung wird das Auffüllen des Elterntierbestands vorgegeben. Als Zielrate für den Aalschutz im Binnengewässer wird eine Abwanderrate bei Blankaalen von 40 % vorgegeben, gemessen an einem „historischen“ Referenzzustand. Der Aal ist in den letzten 20 Jahren in seinem natürlichen Verbreitungsgebiet unter Druck geraten, nachdem der Bestand der an die Küsten des europäischen Kontinents zurückkehrenden Glasaale nahezu vollständig zusammengebrochen ist. Der Internationaler Rat zur Erforschung des Meeres (ICES - International Council for the Exploration of the Sea) sieht den Aal als stark gefährdet an und dessen Bestand außerhalb sicherer biologischer Grenzen. Aale unterliegen in ihren Habitaten und auf ihren Wanderrouen vielgestaltigen Einflüssen, bei denen Sie getötet werden können. In Binnengewässern sind die Haupteinflussfaktoren neben der fischereilichen Aktivität der Erwerbs- und Freizeitfischerei insbesondere die Wasserkraftnutzung sowie der Wegfraß durch fischfressende Vögel, darunter in erster Linie der Kormoran. In Deutschland wurden auf Grundlage der EU-Verordnung die Aalbewirtschaftungspläne der deutschen Länder in dem jeweiligen Flusseinzugsgebiet festgeschrieben. Darin verpflichten sich die betroffenen Länder, Schutzmaßnahmen für den Aal zu ergreifen, um die erforderliche Abwanderquote für Blankaale zu erreichen. In dem Maßnahmenpaket sind als fischereiliche Maßnahmen u. a. Fangbeschränkungen, Anhebung des Mindestmaßes als auch Besatzmaßnahmen enthalten. Darüber hinaus werden Maßnahmen aufgezeigt, welche die Verbesserung der Durchgängigkeit, insbesondere auch die abwärtsgerichtete Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen enthalten. Zusätzlich werden Maßnahmen mit hydromorphologischen Aufwertungen der Gewässer aufgeführt.

Baden-Württemberg ist aus der besonderen Verantwortung für die Art Aal, insbesondere wegen der großen Potenziale an Habitatflächen für den Aal, über dieses Maßnahmenpaket hinausgegangen und hat seit 2010 im Fischereirecht für den Rhein sowie für dessen durchgängige Zuflüsse und Seitengewässer eine ganzjährige Schonzeit eingeführt. Dieses Fangverbot betrifft sowohl die Erwerbsfischerei als auch die Freizeitfischerei. Solange an Wasserkraftanlagen noch nicht überall ausreichende Fischschutzsysteme mit Abstiegsanlagen installiert sind, wird, wie z. B. am Neckar, eine vorübergehende Aalevakuierung durch Erwerbsfischer durchgeführt. Mittelfristiges Ziel im Aalmanagementgebiet ist jedoch zwingend der hochwirksame mechanische Schutz für Aale vor dem Eindringen in die Turbinen mittels Feinrechen, einschließlich funktionsfähiger Abstiegsanlagen.

Das Aalmonitoring dient der Bewertung der Effekte eingeleiteter Schutzmaßnahmen für den Aal und ergänzt damit die Monitoringaufgaben zur Wasserrahmenrichtlinie und zur Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie. Dabei werden mit der standardisierten Elektrofischerei an ausgewählten Referenzstrecken im Rhein und im Neckar regelmäßige Untersuchungen zur Bestandsentwicklung (Trendmonitoring) beim Aal durchgeführt. Zusätzliche Informationen zum Aalaufstieg werden über die Fischpässe Iffezheim und Gamsheim gewonnen, als auch durch Erhebungen anderer Akteure am Rhein mit Zielfischerhebungen sowie durch französische Partner in Form spezieller Aal-Studien, beispielsweise zu Schädigungsraten von Aalen an Kraftwerksturbinen oder zum Abwanderungsrhythmus von Aalen.

2.4 Europäischer Fischereifonds

Der Europäische Fischereifonds (EFF) ist ein Finanzinstrument zur Unterstützung fischereiwirtschaftlicher Handlungen. Über einen definierten Finanzkorridor können mit der Prioritätsachse 3, Aquatische Ressourcen, lebensraumverbessernde Maßnahmen für wirtschaftlich interessante Fischarten gefördert werden. In Baden-Württemberg stellt der EFF in seiner Ausrichtung zum Schutz und zur Entwicklung nutzbarer Fischbestände, an erster Stelle in Programmgewässern zur Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses eine Finanzierungsmöglichkeit für die Verbesserung der ökologischen Beschaffenheit und der Durchgängigkeit von Fließgewässern dar. Mit diesen Maßnahmen sind, etwa zur Funktionskontrolle bzw. zur Effizienzkontrolle, Monitoringpflichten verbunden. Förderfähig sind unter anderem auch Durchgängigkeitsbauwerke, deren Funktion und Wirkung nachgewiesen werden muss.

3 Durchgängigkeit und Lebensraumfunktion Fließwasser

In den vergangenen Jahren wurde in unseren Fließgewässern, als das zentrale Element der gewässerökologischen Aufwertung, die Wiederherstellung der biologischen Durchgängigkeit etabliert. Über den Bau von Fischwanderhilfen existieren heute zahlreiche Standardwerke und ein umfangreiches Detailwissen hierzu ist in allen Bundesländern und auch in benachbarten Staaten vorhanden. In der inzwischen vorangeschrittenen Phase der funktionalen Überprüfung und Optimierung von Fischwanderhilfen, einschließlich der spannenden detaillierten Analyse von den Wirkungsmechanismen zwischen Fischen und Fischpässen, hat man vielerorts völlig vernachlässigt, dass die biologische Durchgängigkeit keinen Selbstzweck darstellt, sondern nur ein Funktionsinstrument für Fische ist, um die zwingend notwendigen Fließwasserlebensräume zu erreichen. Dies hatte zur Folge, dass – in der Annahme mit der Wiederherstellung der biologischen Durchgängigkeit sei die wesentliche Funktion in Fließgewässern für Fische erfüllt – zahlreiche neue Wasserkraftanlagen mit den bekannten nachteiligen Konsequenzen, etwa des Aufstaus errichtet wurden – auch in bedeutenden Abschnitten für Wanderfische. Dadurch wurde das Potenzial für Revitalisierungen dieser Fließgewässerabschnitte für die Zielerreichung der oben genannten Richtlinien und zuungunsten von Wanderfischen weiter eingengt. Aus vielen, vormals energiereichen und dynamischen Lebensraumbereichen sind nahezu funktionsunfähige Stauräume und Kraftwerksketten mit dem bekannten, negativen Summationseffekt bei der Einschränkung der Gesamtdurchgängigkeit des Gewässers entstanden. Aus dieser Entwicklung heraus sind die verbliebenen Fließgewässerlebensräume heute unter besonderen Schutz zu stellen. Ohne eine ausreichende Anzahl an funktionsfähigen Fließwasserabschnitten werden die anvisierten ökologischen Verbesserungen in den Gewässersystemen nicht erreicht werden. Aus diesem Grund verfolgt die Strategie bei den Wanderfischen und bei der übrigen heimischen Fischfauna unserer Fließgewässer beides: die Sicherstellung und Aufwertung noch bestehender frei fließender Vollwasserstrecken und die Verknüpfung derselben. In bislang nahezu trockenen Ausleitungsstrecken der Wasserkraftnutzung bestehen durch ausreichende Mindestabflussdotierungen geringfügige Potenziale, Fließgewässerlebensraum zu reaktivieren. Diese Ausleitungsstrecken ersetzen jedoch keinesfalls die noch existierenden Vollwasserstrecken. Aufgrund der fortgeschrittenen ökologischen Degradierung unserer Gewässer durch Aufstau und Ausbau sowie wegen der hohen Nutzungsintensität, insbesondere durch Wasserkraft, sind hochfunktionsfähige fischökologische Vernetzungen notwendig, um in der Summe der noch vorhandenen Fließstrecken eine ausreichend große Gesamtfläche an Fließwasserlebensraum zu erhalten.



Abb. 3: Fließgewässer sind hochdynamische und energiereiche Lebensräume
(Foto: Hartmann)

4 Anforderungen an das Monitoring von Wanderfischen

Ein Fischmonitoring ist grundsätzlich mit einem hohen methodischen und personellen Aufwand verbunden. Fische sind mobile Organismen und treten häufig nur zeitweise und dann auch nur an bestimmten Stellen auf und führen zudem periodische Wanderbewegungen durch. Naturgemäß sind bestimmte Lebensstadien der Wanderfische daher nur sehr schwer zu erfassen. Um dennoch einigermaßen verlässliche Daten für ein Monitoring bei den Wanderfischen zu gewinnen, sind nicht nur in Baden-Württemberg die Monitoringaufwendungen zur Wasserrahmenrichtlinie und zur Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie bestmöglich gekoppelt. Das Netz an Untersuchungsstellen sowie die Anzahl und Periodizität an Beprobungsdurchgängen ist an die jeweiligen Fragestellungen anzupassen. Ergänzende Daten aus Erhebungen zu verschiedenen Artenschutzprogrammen der Fischereiverwaltung sowie über Erhebungen im Rahmen von Wasserrechtsverfahren verbessern die Datengrundlage. Dies gilt sowohl für die Zuflüsse des Rheins als auch für die Bundeswasserstraße Rhein selbst. In das Monitoring werden auch stationären Monitoringeinheiten, wie Kamera- und/oder Fangstationen an Fischwegen einbezogen.

4.1 Monitoring an Fischaufstiegsanlagen

Fischaufstiegsanlagen stellen mehr oder minder große Flaschenhälse bei der Aufwärtswanderung von Fischen in Fließgewässern dar, selbst wenn Sie nach dem Stand von Wissenschaft und Technik errichtet wurden. Bei geeigneten Funktionsfähigkeiten sind daher Zählungen an Fischaufstiegsanlagen ein wesentliches Element zur Erfüllung von Monitoringaufgaben.



Abb. 4: Passage von Brachsen an der Zählstation am Fischpass in Iffezheim (Foto: Hartmann)

Um dies zu ermöglichen, sind bestimmte Voraussetzungen an den Fischaufstiegsanlagen zu erfüllen. Neben den grundsätzlich für jeden Aufstieg erforderlichen Anforderungen an die Wanderhilfe, wie etwa Wassertiefe, Hydraulik und Abmessungen, müssen für das Monitoring spezielle technische Einrichtungen vorgesehen werden, wie Reusen und Fangkammern (für eine gleichzeitige Entnahmemöglichkeit) oder reine Detektionseinheiten. Bei letzteren gibt es eine ganze Reihe an unterschiedlichen Typen, die jeweils standortspezifisch für das Gewässer und die Zielarten ausgewählt und eingesetzt werden müssen. Bei zählenden Einrichtungen ist ein definierter, ausreichend großer und störungsfreier Wanderkorridor notwendig, der eine zuverlässige Detektion oder Aufnahme ermöglicht. Die Fließgeschwindigkeit sollte in diesem Zählkanal nicht zu hoch liegen.

4.2 Monitoring an Fischabstiegsanlagen

Eine Überwachung der abwärts gerichteten Durchgängigkeit ist ungleich schwerer durchzuführen als die Erfassung der Fischaufstiege. Dies betrifft sowohl die Jungstadien abwandernder anadromer Wanderfischarten als auch die Abwanderung adulter Stadien des katadromen Aals (Blankaale). Gerade in den großen Gewässern, wie in Bundeswasserstraßen, ist ein hoher technischer Aufwand notwendig, um annäherungsweise verlässliche quantitative Informationen zur Abwanderung von Fischen zu erhalten. Aus diesem Grund ist es teilweise zielführend, die Arten im Stadium unmittelbar vor der Abwanderung in den Zuflüssen der großen Wandergewässer zu erfassen und etwa beim Lachs in den Zuflüssen zu überwachen. Damit

ließe sich der Aufwand zwar reduzieren und dennoch können gewisse Informationen gewonnen werden. Dies ist jedoch nicht bei allen Arten möglich und bei einigen Arten gingen wesentliche Informationen verloren. Eine weitere Möglichkeit, etwa für den Aal, bestünde mit Erhebungen in den Fischabstiegsanlagen – zumindest in Zeiten ohne Wehrüberströmungen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Verschiedene EU-Richtlinien haben eine Verbesserung von Gewässerlebensräumen und Zuständen von Fischpopulationen zum Ziel. Die darin enthaltenen Vorgaben sind bereits in nationales Recht und in Arbeitsprogramme überführt. In vielen Ländern hat die Umsetzung der Rechtsvorgaben begonnen oder diese ist bereits weit fortgeschritten. Die maßgeblichen Habitatfunktionen für einen guten ökologischen Zustand in Fließgewässern bzw. für die typische Fließwasserfauna werden durch strömendes Wasser in energiereichen, frei fließenden Fließgewässerabschnitten bereitgestellt. Die mit Abstand wichtigste Voraussetzung für die Wirkung habitatverbessernder Maßnahmen in den Gewässersystemen ist demzufolge die Sicherung der verbliebenen freien Fließstrecken und als parallele Aufgabe die Wiederherstellung der biologischen Durchgängigkeit. Ohne die Wiederherstellung einer ausreichenden auf- und abwärtsgerichteten Durchgängigkeit in den Gewässern sind die notwendigen Funktionsräume für Wanderfische nicht erreichbar und Zielvorgaben werden verfehlt. Ohne Sicherung von Fließwasserlebensräumen ausreichender Qualität und Quantität werden Ziele ebenfalls verfehlt. Daher ist beides im Auge zu behalten: sowohl die verbliebenen freien Fließwasserstrecken in den Bundeswasserstraßen und deren Zuflüsse als auch die Durchgängigkeit an den Wanderbarrieren. Wanderfische als Teile der natürlichen Fischfauna ermöglichen im Rahmen verschiedener Monitoringprogramme eine Bewertung des gewässerökologischen Zustands, insbesondere zur Durchgängigkeitsfunktion aber auch zum Zustand der Populationen selbst. Mit Hilfe unterschiedlicher Monitoringsysteme sollen die ökologischen Verbesserungen nachgewiesen werden und ggf. der Fortschritt nationaler und international abgestimmter Artenschutzprogramme. Hierbei können in Fischwanderhilfen – als sog. „Nadelöhre“ in Gewässern – Monitoringstationen eingerichtet werden. Geeignet hierfür sind insbesondere die Bauwerke an Bundeswasserstraßen, da diese die Hauptwanderroute von Wanderfischen darstellen. Mit einem ausreichend dichten Netz an Stationen, unterstützt durch Stationen an definierten Schlüsselstellen der Zuflüsse, können die Entwicklungen der Bestände bei den Wanderfischen dokumentiert und entsprechend der Resultate die jeweilige Strategien angepasst werden.

Literatur

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) Ausfertigungsdatum: 31.07.2009, Fundstelle: BGBl. I 2009, 2615

(http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg_2009/gesamt.pdf)

Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) Ausfertigungsdatum: 29.07.2009, Fundstelle BGBl. I S. 2542

(http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf)

- IKSR (2009): International koordinierter Bewirtschaftungsplan für die Internationale Flußgebietseinheit Rhein (Teil A - übergeordneter Teil). - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Koblenz). 73 S. mit Anlagen
(http://www.wfbw.de/fileadmin/user_upload/WFBW-Files/Infothek-Berichte/BWP-Teil-A-Text.pdf)
- IKSR (2009): Masterplan Wanderfische Rhein. - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (Koblenz). 73 S. mit Anlagen
(http://www.wfbw.de/fileadmin/user_upload/WFBW-Files/Infothek-Berichte/Masterplan_Wanderfische-2009.pdf)
- RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1)
(<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf>)
- RICHTLINIE 92/43/EWG DES RATES vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206 vom 22.7.1992, S. 7) (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/consleg/1992/L/01992L0043-20070101-de.pdf>)
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1198/2006 DES RATES vom 27. Juli 2006 über den Europäischen Fischereifonds (Amtsblatt der Europäischen Union L 223/1) (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:223:0001:0044:DE:PDF>)
- VERORDNUNG (EG) Nr. 1100/2007 DES RATES vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals (Amtsblatt der Europäischen Union L 248/17) (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:248:0017:0023:DE:PDF>)



Kontakt:

Dr. Frank Hartmann

Regierungspräsidium Karlsruhe

Fischereibehörde

Schlossplatz 4-6

76131 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9263741

Fax: 0721/ 93340230

E-Mail:

Frank.Hartmann@rpk.bwl.de

Oktober 1987 - März 1992

Studium der Biologie (Diplom) an der Philipps-Universität in Marburg/Lahn. Diplomarbeit an der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei, Starnberg

April 1992 - März 1993

Ausbildung zum Umweltberater für Naturwissenschaftler (VdBiol) in München, Zusatzqualifikation Gewässerschutzbeauftragter

April 1993 - Dezember 2001

Wissenschaftlicher Angestellter und Sachverständiger im Sachverständigenbüro Dr. Kurt Seifert, Büro für Naturschutz-, Gewässer- und Fischereifragen (BNGF), Pähl

November 1996 - Juli 2001

Promotion an der Ludwig-Maximilians-Universität, München

August 2000

Öffentliche Bestellung und Beeidigung zum (öbb) Sachverständigen für biologisch-ökologische Untersuchungen und Bewertungen in Fischgewässern und für Teichwirtschaft durch die Regierung von Oberbayern

seit März 2001

Kurator im Sachverständigenkuratorium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gartenbau, Landespflege, Weinbau, Binnenfischerei und Pferdehaltung

seit Januar 2002

Leiter der Fischereibehörde und Fischereireferent am Regierungspräsidium Karlsruhe, Baden-Württemberg

Qualitätssicherung bei Fischaufstiegsanlagen Anforderungen aus Sicht der WSV

Werner Zacharides

1 Einleitung und Veranlassung

Die Errichtung von Fischaufstiegsanlagen ist für eine Verwaltung, die sich bisher vorrangig um schifffahrtsrelevante Anlagen an Bundeswasserstraßen gekümmert hat, eine besondere Herausforderung.

Im Folgenden wird dargelegt, wie aus der Sicht der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) die anspruchsvollen Anforderungen an Fischaufstiegsanlagen vor dem Hintergrund der Qualitätssicherung umgesetzt werden können.

Nachdem das Amt für Neckar Ausbau Heidelberg (ANH) sich den Bau von Fischaufstiegsanlagen als Ausgleich für die anstehenden Schleusenverlängerungen auf die Fahne geschrieben hat, wird in den nachfolgenden Ausführungen ausschließlich auf den schiffbaren Neckar Bezug genommen.

Die rechtlichen Grundlagen sind in den Regelungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und deren Umsetzung in nationales Recht, hier vornehmlich im Wasserhaushaltsgesetz enthalten.

Die vom Land Baden-Württemberg erstellte Bewirtschaftungsplanung sieht für das Bearbeitungsgebiet Neckar der Flussgebietseinheit Rhein die Erreichung eines guten ökologischen Potenzials vor. Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an der Wasserstraße Neckar stellt einen wesentlichen Bestandteil der Bewirtschaftungsplanung dar.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll und nachvollziehbar, dass als Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe im Zusammenhang mit den anstehenden Schleusenverlängerungen am Neckar der Bau von Fischaufstiegsanlagen bestimmt wurden. Hierzu wurde zwischen dem Bund und dem Land Baden-Württemberg eine Verwaltungsvereinbarung geschlossen.

Der aktuelle Zustand der ökologischen Durchgängigkeit am schiffbaren Neckar wird vor allem im Bezug auf die stromaufwärts gerichtete Durchwanderbarkeit für Fische als weitgehend funktionsuntüchtig bewertet. Untersuchungen der an den Querbauwerken im schiffbaren Neckar bestehenden Fischaufstiegshilfen (in der Regel Fischtreppen) zeigen, dass diese hinsichtlich Auffindbarkeit und Passierbarkeit funktionsrelevante Mängel aufweisen.

Damit ist diesbezüglich an der Bundeswasserstraße Neckar ein akuter Handlungsbedarf vorhanden.

2 Vorbereitende Maßnahmen

Nachdem in der vorgenannten Vereinbarung zwischen Bund und Land Baden-Württemberg 7 Fischaufstiegsanlagen (FAA) als Ausgleichsmaßnahmen bestimmt wurden, kamen erste Überlegungen zu einer möglichen Standardisierung der Fischaufstiegsanlagen im Bezug auf die fischökologischen und hydraulischen Anforderungen auf.

In der Folge hat die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest eine Projektgruppe einberufen, in der alle fachlich und maßgeblich beteiligten Institutionen von Bund und Land beteiligt waren. Vorrangiger Auftrag der Projektgruppe war die Erarbeitung von Empfehlungen für die weitgehende Standardisierung der FAA im Hinblick auf die Realisierung zukünftiger Durchgängigkeitsmaßnahmen.

Im März 2009 nahm die Projektgruppe „Standardisierung der faunistischen und strömungstechnischen Anforderungen an FAA am Neckar“ ihre Tätigkeit auf. Unter Leitung der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und der Beteiligung von Vertretern des Bundes (Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), ANH, Wasser- und Schifffahrtsamt Heidelberg), des Landes (Fischereibehörden, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)) und zeitweilig des Kraftwerksbetreibers EnBW, wurde im Rahmen der Konzeptentwicklung folgende Schwerpunkte abgearbeitet:

- > Definition der Neckarfischarten
- > Definition der Zielfischarten und deren Wanderansprüche
- > Hydraulisch-physikalische Anforderungen für FAA bezüglich Auffindbarkeit
- > Hydraulisch-physikalische Bedingungen in der FAA bezüglich Passierbarkeit
- > Möglichkeiten für Monitoring und Funktionskontrollen
- > Berücksichtigung von Informationseinrichtungen für die Öffentlichkeit

Nach Vorstellung und Abstimmung des Konzeptes bei den zukünftigen Unterhaltungsämtern, den zuständigen Behörden des Landes und dem Kraftwerksbetreiber wurden die FAA am Kraftwerk Lauffen als Pilotanlage bestimmt. Für diese FAA beauftragte die Projektgruppe bei drei namhaften Ingenieurbüros die Erstellung einer Machbarkeitsstudie.

Nach Auswertung der Machbarkeitsstudien wurde der Schlitzpass als Standardtyp für FAA am schiffbaren Neckar mit der Maßgabe festgelegt, dass die standortrelevanten Verhältnisse entsprechend zu berücksichtigen sind.

Die in einem Abschlussbericht zusammengefassten Ergebnisse der Projektgruppe stellen sich wie folgt dar:

- > Festlegung der Leit- und Indikatorfischarten für FAA am Neckar (Anlage A)
- > Festlegung des geeigneten FAA-Typs für den schiffbaren Neckar (Standardtyp ist der Schlitzpass; aber im Falle günstiger topographischer Verhältnisse hat ein frei fließendes, naturnahes Umgehungsgerinne als FAA erste Priorität.)
- > Bestimmende Kriterien: Auffindbarkeit und Passierbarkeit der FAA
- > Aussagen zur Standardisierung von FAA am Neckar

- > Angaben zu den technischen Anforderungen an die FAA und zu Möglichkeiten der Modulbauweise (Anlage B)
- > Empfehlungen zu Monitoring und Informationseinrichtung
- > Empfehlungen zu einzelnen FAA am Neckar

Neben den vorgenannten Ergebnissen kam die Projektgruppe zu folgendem Fazit:

- > Die Standardisierung der FAA ist nur bedingt umsetzbar; entscheidend sind die örtlichen Verhältnisse im Zusammenhang mit dem Baubestand (Kraftwerk, Wehr etc.) und der Topographie.
- > Projektbegleitende Untersuchungen und Optimierungen sind erforderlich.
- > Die Ergebnisse der Standardisierung der FAA am Neckar sind nur bedingt auf andere Wasserstraßen übertragbar. Dies sind z. B. stauregulierte Wasserstraßen im Mittelgebirgsraum mit einem vergleichbaren Fischartenspektrum (u. a. Mosel und Main).

3 Erste Umsetzungsschritte

Nach Vorlage des Abschlussberichtes der Projektgruppe wurden im ANH mit der Vergabe der Fachplanung für die Pilot-FAA Lauffen und Kochendorf die ersten Schritte zur Umsetzung der Maßnahmen getan.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Projektgruppe wurden die Randbedingungen für die Pilot-FAA festgelegt und in ein Vergabeverfahren gemäß Verdingungsordnung für freiberufliche Leistungen (VOF-Verfahren) integriert.

Der vergabetechnische Part wurde im ANH von der Vergabeservicestelle übernommen. Das ANH ist eine von vier Pilotdienststellen in der WSV, in denen Vergabestellen eingerichtet wurden. Die Umsetzung des sogenannten „2-Ebenen-Prinzips“ im Vergabewesen, d. h. die Trennung von fachlichen Anforderungen und Bearbeitung der Vergabe ist ein weiterer wichtiger Baustein der Qualitätssicherung.

Das VOF-Verfahren wurde, wie in der WSV üblich, als Verhandlungsverfahren mit vorherigem Teilnahmewettbewerb durchgeführt.

Um dem Vergabekriterium „Fachtechnischer Wert“ einen besonderen Nachdruck zu verleihen, wurde den ausgewählten Bewerbern eine Planungsaufgabe in Form einer Machbarkeitsstudie gestellt. Des Weiteren wurden den Bewerbern Fachfragen im Zusammenhang mit der Planungsaufgabe und zu FAA allgemein gestellt, deren Beantwortungen in die Bewertungsmatrix des Vergabekriteriums „Fachtechnischer Wert“ eingingen.

Sowohl bei der Ausarbeitung der Planungsaufgabe und der Fachfragen, als auch bei der anschließenden Auswertung stand die BAW dem ANH mit Rat und Tat zur Seite.

Als Fazit aus der Vergabe der Fachplanungen für die Pilot-FAA lässt sich Folgendes sagen: Der personelle und fachliche Aufwand im Zusammenhang mit dem Vergabeverfahren war tatsächlich an der oberen Grenze angesiedelt. Ob dieser Aufwand auch bei zukünftigen Planungsvergaben in der gleichen Größenordnung (Stichwort: Planungsaufgabe) betrieben wird, ist aus nachvollziehbaren Gründen (Stichworte: Personalressourcen und Zeitdruck) fraglich.

Im Sinne der fachlichen Qualitätssicherung für die Planungsvergaben wird sich das Niveau auf dem derzeitigen hohen Standard halten. Dafür stehen der Erfahrungsstand beim Fachbereich und der Vergabeservicestelle im ANH, wie auch die gesicherte qualifizierte Beratung und Betreuung durch BAW und BfG.

Über Art und Umfang der Hilfestellungen zur Planung und Umsetzung von FAA wird Herr Dr. Weichert von der BAW berichten.

Im Folgenden werden einige kurze Erläuterungen zur Fachplanung für die beiden Pilot-FAA Lauffen und Kochendorf gegeben.

Wichtig war eine eingangs stattgefundene Startbesprechung mit den beiden Fachplanern, dem Kraftwerksbetreiber EnBW sowie BAW und BfG. Ziel der Besprechung war eine weitgehend einheitliche Bearbeitung der beiden Fischaufstiegsanlagen, die mit Hubhöhen von 8,30 bzw. 8,0 m und der Lage am linken Neckarufer eine vergleichbare Ausgangslage aufweisen.

Die Planungen beider FAA befinden sich derzeit im Übergangsstadium von den Grundlagen-ermittlungen zur Vorplanung.

Nach derzeitigen Überlegungen soll die FAA Kochendorf gemeinsam mit der Schleusenverlängerung und dem Ausbau des Seitenkanals Kochendorf planfestgestellt werden. Für die FAA Lauffen wird eine Plangenehmigung in Betracht gezogen. Voraussetzung hierfür ist ein entsprechendes Ergebnis eines Screening-Verfahrens.

Für beide FAA gelten die folgenden voraussichtlichen Termine:

- > Genehmigungsunterlagen: ca. Sept. 2011
- > Planfeststellungs-/Genehmigungsbeschluss: ca. Ende 2012
- > Baubeginn: ca. Mitte 2013
- > Inbetriebnahme: ca. Mitte 2015

4 Projektbegleitende Maßnahmen

Zu den projektbegleitenden Maßnahmen gibt es nur einige kurze Erläuterungen, da im Laufe des Programms Kollegen von der BfG, der BAW und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) projektbegleitende Untersuchungen und Maßnahmen im Detail vorstellen werden.

Im Auftrag des ANH werden von BAW und KIT zur Dimensionierung der Beckenaufstiegsanlagen numerische und physikalische Untersuchungen im UW der Kraftwerke durchgeführt.

Vorrangige Ziele sind die Optimierungen

- > des Einstiegbauwerks (Schwerpunkt: Auffindbarkeit)
- > und der Becken (Schwerpunkt: Passierbarkeit)

Die BfG erarbeitet Empfehlungen zur biologischen Qualitätssicherung sowie zu Monitoring und zu Funktionskontrollen.

5 Fazit und Ausblick

Die Bestimmung der Leit- und Indikatorfischarten, d. h. der potenziellen Klientel für die Fischaufstiegsanlagen ist ein entscheidender Schritt zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit der zukünftigen Anlagen.

Die Gewährleistung einer optimalen Funktionalität einer FAA setzt den Einsatz des aktuellen Standes der Technik und der neuesten Erkenntnisse der Wissenschaft voraus. Verlässliche Monitoringuntersuchungen sowie technische und biologische Funktionskontrollen für das relevante Fischartenspektrum sind für jede FAA ein Muss. Sie zeigen mögliche Defizite der Anlage auf und sind die Grundlage für weitere Optimierungen.

Um in der Öffentlichkeit eine positive Resonanz und Akzeptanz zu erzielen, sind umfassende Möglichkeiten zur Information und Dokumentation vorgesehen.

Die Gewährleistung einer optimalen Qualitätssicherung setzt für alle Beteiligten hohe fachliche und qualitative Ansprüche bei der Vergabe und Umsetzung der Planungen zu FAA voraus.

Oberstes Ziel aller gemeinsamen Aktivitäten ist die nachhaltige Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit am schiffbaren Neckar.

Literatur

Kappus/Sosat: Analyse der Durchgängigkeit von Fischpässen am staugeregelten und schiffbaren Neckar. Uni Hohenheim , 2003

Wald+CORBE, IUS: Machbarkeitsstudie zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit am Neckar, 2005

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2010: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M509

Standardisierung der faunistischen und strömungstechnischen Anforderungen an Fischaufstiege am Neckar, 2011 (unveröffentlicht)

Verwaltungsvereinbarung zwischen dem Bund und dem Land Baden-Württemberg über ökologische Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Ausbau der Bundeswasserstraße für das 135 m lange Schiff, 2008

Anlage A

Leitfischarten für Anforderungsprofile an Fischaufstiegsanlagen am schiffbaren Neckar (Fettdruck = Indikatorfischarten)

Arten	Besonderheit Mobilität	Beschreibung	Parameter Anforderungsprofil	
			Nutzung Einstiege	Technik
Barbe	potamodrom	Leitart der Fischregion, große Fischlänge	Haupteinstieg und Galerie	Schlitzbreite, Fisch- passgröße
Nase	potamodrom	Leitart der Fischregion, große Fischlänge	Haupteinstieg und Galerie	Schlitzbreite, Fisch- passgröße
Döbel, Aitel			Haupteinstieg	Schlitzbreite, Fisch- passgröße
Hasel			Haupteinstieg	
Ukelei, Laube		Kleinfischart, oberflächennah	Haupteinstieg (Galerie?)	Hydraulik
Aal	katadrom	sohlnah	Haupteinstieg	
Barsch, Fluss- barsch			Haupteinstieg	
Brachse, Blei	potamodrom	Leitart der Fischregion, große Fischlänge und -höhe	Haupteinstieg	Schlitzbreite
Rotauge, Plötze		„Massenfischart“, schwimmschwach	Haupteinstieg	Hydraulik
Gründling		Kleinfischart, sohlnah	Haupteinstieg	Hydraulik; Sohlans- schluss
Güster			Haupteinstieg	
Kaulbarsch			Haupteinstieg	
Schmerle			Haupteinstieg	Sohlanschluss
Hecht			Haupteinstieg	Hydraulik, Fischpass- größe
Dreistachliger Stichling			Haupteinstieg	
Groppe, Mühl- koppe		Kleinfischart, sohlnah und schwimmschwach	Haupteinstieg und Galerie	Sohle
Giebel			Haupteinstieg	
Karpfen			Sohlanschluss	Hydraulik, Fischpass- größe
Quappe, Rutte			Haupteinstieg	
Strömer			Haupteinstieg	
Äsche			Haupteinstieg	Hydraulik
Maifisch			Haupteinstieg und Galerie	Schlitzbreite, Hydraulik, Fischpassgröße
Meerforelle	anadrom	große Fischlänge	Haupteinstieg und Galerie	Schlitzbreite, Hydraulik, Fischpassgröße
Flussneunauge	anadrom	artenschutzrechtlich besonders bedeutend	Haupteinstieg und Galerie	Lage Einstieg
Meerneunauge	anadrom	artenschutzrechtlich besonders bedeutend	Haupteinstieg und Galerie	Lage Einstieg
Bachforelle			Haupteinstieg und Galerie	
Schleie			Haupteinstieg	
Steinbeißer			Haupteinstieg	
Rapfen			Haupteinstieg und Galerie	

Anlage B

Technische Anforderungen an den Schlitzpass

Grundlage: Indikatorfischarten für Anforderungsprofile an Fischaufstiegsanlagen am Neckar

Dimensionierung

Beckenlänge	3,5 m
Beckenbreite	3,0 m (2,4 m)
Wassertiefe	1,0 m
zusätzlich Sohlbelag (WK II) Granit	0,35 m
Schlitzbreite	0,50 m
Gefälle	1:30
Ruhebecken	sofern erforderlich, Ruhebecken könnten bei größeren Wasserspiegeldifferenzen zwischen den Becken (> 0,12m) notwendig werden

Hydraulik

Fließgeschwindigkeit Schlitz max.	1,5 m/s
Fließgeschwindigkeit mittel	0,5 m/s
Wasserspiegeldifferenz	0,12 m
Energiedissipation	< 100 W/m ³
Abfluss Fischpass	ca. 0,8 -1,0 m ³ /s
zus. Abfluss Galerie	ca. 0,3 m ³ /s
Abfluss gesamt	ca. 1,0 m ³ /s
Bypass für Lockstrom	nach Bedarf

Einstieg(e)

Fließgeschwindigkeit Einstieg	1,5 m/s
Haupteinstieg mit Einstandbucht	Uferseite Kraftwerk
Galerieeinstiege Saugschlauch	Ecken Kraftwerksgebäude
Lage	kraftwerksnah
Sohlanschluss	Unterwasser
Anpassung Wasserspiegeldifferenz	Paralleleinstiege

Ausstieg

Fließgeschwindigkeit Ausstieg	max. 0,5 m/s
Einlaufschutz Geschwemmsel	Tauchwand
Lage	außerhalb Kehrwasser



Kontakt:

Werner Zacharides

Amt für Neckarausbau Heidelberg

Vangerowstraße 20

69115 Heidelberg

Tel.: 06221/ 507 410

E-Mail:

werner.zacharides@wsv.bund.de

Jahrgang: 1948

1966 – 1971

Studium Ingenieurwesen am Institut für Wasserbau
der TU Jassy (Rumänien)

seit 1979

Technischer Angestellter in der Wasserwirtschafts-
verwaltung des Landes Baden-Württemberg

seit 2008

Amt für Neckarausbau Heidelberg
(Abordnung)

Projektbearbeitung:

1992 – 1995

Konzept: Ökologische Durchgängigkeit an Hoch-
wasserrückhaltebecken

2009 – 2011

Pilotprojekte FAA Lauffen und Kochendorf im
Rahmen der ökologischen Durchgängigkeit der
BWStr. Neckar

Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung – drei Seiten einer Medaille

Matthias Scholten und Christian von Landwüst

1 Einleitung

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist seit dem 1. März 2010 verpflichtet, die ökologische Durchgängigkeit an den Stauanlagen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, zu erhalten oder wiederherzustellen, soweit dies für die Erreichung der Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) erforderlich ist. Mit dieser neuen Aufgabe wird die WSV zu einem neuen Akteur bei der Umsetzung der WRRL, und zwar – aus fachlicher Sicht – an zentralen Stellen innerhalb der Flusseinzugsgebiete, werden doch die Bundeswasserstraßen in allen Bewirtschaftungsplänen nach WRRL als prioritäre Wanderrouten für die Fischfauna der Fließgewässer ausgewiesen. Darüber hinaus gelten die Defizite in der ökologischen Durchgängigkeit als wesentliche Ursache für den oft mäßigen bis schlechten ökologischen Zustand der Fließgewässer.

Vor diesem Hintergrund und angesichts der zu erwartenden Kosten kommt der sorgfältigen Planung und Umsetzung der notwendigen Maßnahmen eine wesentliche Funktion zu, um die gesetzten Ziele ökologisch und ökonomisch effizient zu erreichen. Hierbei wird die WSV von den Bundesanstalten für Gewässerkunde (BfG) und Wasserbau (BAW) beraten und unterstützt. Diese Beratung umfasst u. a. die Analyse vorhandener Fischaufstiegsanlagen, um den Bedarf an Maßnahmen zu ermitteln, die Sicherung der fischökologischen und hydraulisch-technischen Qualität bei der Planung und Umsetzung der Maßnahmen sowie die abschließende Bewertung der Funktionsfähigkeit der Anlagen (KOOP et al. 2012).

Diese Tätigkeiten erfolgen notwendiger Weise in enger Abstimmung mit der WSV und den beteiligten Bundesländern und erfordern ein gemeinsames Verständnis vom Kontext, in dem dieser Umsetzungsprozess stattfindet, sowie den wesentlichen Begriffen, die diesen Prozess beschreiben. Insbesondere die Begriffe Monitoring, Qualitätssicherung und Funktionskontrolle werden aktuell oft unterschiedlich verwendet, was zu Missverständnissen und Irritationen führen kann. Dieser Beitrag stellt daher zunächst ein Prozessverständnis als Grundlage der Maßnahmenumsetzung für die Herstellung des Fischaufstiegs vor und leitet daraus Vorschläge für die Definition der Begriffe Monitoring, Funktionskontrolle und Qualitätssicherung ab. Diese Definitionen werden als Anregung für die weiteren Abstimmungen zwischen WSV und Bundesländern verstanden.

2 Prozessverständnis – die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit im Kontext der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie

Die Herstellung bzw. Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit wird derzeit in vielen Bewirtschaftungsplänen nach WRRL als wichtiges, wenn nicht gar als zentrales Bewirtschaftungsziel formuliert. Mit diesem Kapitel soll ein kurzer Abriss zum Prozess der Formulierung der Bewirtschaftungsziele, der Zielüberwachung und zur Ableitung des Maßnahmenbedarfs gegeben werden, um die Verwendung der Begrifflichkeiten vor diesem Hintergrund zu verdeutlichen. Dies erfolgt unter Berücksichtigung anderer europäischer Richtlinien und Verordnungen, deren Umsetzung in den Bewirtschaftungszielen nach WRRL explizit enthalten ist bzw. die in sich explizit darauf verweisen.

2.1 Ziele

Die Umweltziele nach WRRL beziehen sich für Fließgewässer auf einzelne räumlich abgrenzbare Wasserkörper. Je nach vorheriger Einstufung des Wasserkörpers – natürlich bzw. erheblich verändert oder künstlich – wird die Herstellung bzw. Erhaltung des guten ökologischen Zustands bzw. des guten ökologischen Potenzials als Bewirtschaftungsziel angestrebt. Im Anhang V der WRRL (2000/60/EG; normative Begriffsbestimmungen zur Einstufung des ökologischen Zustands) wird ein guter Zustand eines Oberflächenwasserkörpers allgemein wie folgt definiert: *„Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässertyps zeigen geringe anthropogene Abweichungen an, weichen aber nur in geringem Maße von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen.“*

Für die Qualitätskomponente Fischfauna wird als Norm für den sehr guten ökologischen Zustand gemäß Anhang V der WRRL, folgende Definition gegeben: *„Zusammensetzung und Abundanz der Arten entsprechen vollständig oder nahezu vollständig den Bedingungen bei Abwesenheit störender Einflüsse. Alle typspezifischen störungsempfindlichen Arten sind vorhanden. Die Altersstrukturen der Fischgemeinschaften zeigen kaum Anzeichen anthropogener Störungen und deuten nicht auf Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung irgendeiner besonderen Art hin.“* Die hier als Maßstab zu sehende Zusammensetzung der Arten wird in Deutschland durch die Referenzfischfauna definiert (vgl. DUBLING et al. 2004). Von dieser Referenzfischfauna darf, um den guten ökologischen Zustand zu erhalten, aufgrund anthropogener Einflüsse auf die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten in Zusammensetzung und Abundanz geringfügig abgewichen werden. Anzeichen für Störungen der Alterstruktur der Fischgemeinschaften sind tolerierbar (vgl. 2000/60/EG, S. L327/40).

Für künstliche bzw. erheblich veränderte Gewässer wird generell die Erreichung des guten ökologischen Potenzial als Entwicklungsziel vorgegeben. Hierbei werden „geringfügige Abweichungen“ vom höchsten ökologischen Potenzial toleriert. Das gute ökologische Potenzial definiert die Werte für die einschlägigen biologischen Qualitätskomponenten entsprechend den physikalischen Bedingungen, die sich aus den künstlichen oder erheblich veränderten Eigenschaften des Wasserkörpers ergeben (siehe 2000/60/EG, Anhang V, S. L327/50).

Derzeit wird im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unter Federführung der Universität Duisburg-Essen ein Verfahren erarbeitet, welches das gute ökologische Potenzial für die einzelnen biologischen Qualitätskomponenten entwickeln soll.

Um den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial zu erreichen, werden für die (unterstützende) hydromorphologische Qualitätskomponente der Durchgängigkeit als Zielforderungen Bedingungen definiert, „... *unter denen die für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte des guten ökologischen Zustands erreicht werden können*“ (2000/60/EG, S. L327/40). In diesem Kontext werden explizit die Wanderbewegungen der Fauna, aber auch die Schaffung ausreichender Laich- und Nahrungsgründe benannt.

Gemäß Artikel 11 Absatz 3 Buchstabe a, in Verbindung mit Anhang VI, Teil A) sind die Schutzziele der gemäß Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, 92/43/EWG) ausgewiesenen aquatischen Natura-2000-Gebiete zu berücksichtigen bzw. die zur Erreichung der Schutzziele notwendigen Maßnahmen in die Maßnahmenprogramme der WRRL zu integrieren. Ein Ziel der FFH-RL ist, neben dem Aufbau eines kohärenten europäischen Schutzgebietssystems, die Erhaltung und Entwicklung der Bestände der Arten von gemeinschaftlichem Interesse, d. h. von Arten, die europaweit bedroht oder selten sind (vgl. 92/43/EWG). Derzeit werden 28 Fisch- und Rundmaularten, die in Deutschland vorkommen oder vorkamen, in den Anhängen der FFH-RL genannt. Ein großer Teil dieser Arten zählt zu den Wanderfischen mit einem großen Bedarf an einer Vernetzung von Lebensräumen.

Aufgrund des dramatischen Rückgangs des europäischen Aals hat der Rat der Europäischen Union die so genannte Aalschutzverordnung erlassen (EU-VO Aal, 1100/2007/EG), welche u. a. die Ausarbeitung von Aalbewirtschaftungsplänen in den Flussgebieten vorsieht. Diese sollen u. a. folgende Zielerreichung sicherstellen (Artikel 2 (4)): *„Ziel jedes Aalbewirtschaftungsplanes ist es, die anthropogene Mortalität zu verringern und so mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abwanderung von mindestens 40 % derjenigen Biomasse an Blankaalen (Anm.: laichreife, zum Meer wandernde Aale) ins Meer zuzulassen, die gemäß der bestmöglichen Schätzung ohne Beeinflussung des Bestandes durch anthropogene Einflüsse ins Meer abgewandert wäre. Der Aalbewirtschaftungsplan wird erstellt, um dieses Ziel langfristig zu erreichen.“* Für Deutschland erfolgte auf Basis der Flusseinzugsgebiete, wie sie durch die WRRL abgegrenzt wurden, eine separate Aufstellung der Aalbewirtschaftungspläne durch die Bundesländer. Diese wurden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz als „Aalbewirtschaftungspläne der Deutschen Länder“ zusammengefasst. Da der europäische Aal sich im Donauebiet an den Grenzen seines natürlichen Verbreitungsgebiets befindet, ist die Flussgebietseinheit Donau nicht Gegenstand der Verordnung 1100/2007/EG gemäß Artikel 1.

Durch die Aufstellung und Verabschiedung der Bewirtschaftungspläne durch die Bundesländer wurden die oben normativ beschriebenen Ziele für die einzelnen Wasserkörper konkretisiert. Dies erfolgt zum einen durch die Ableitung der fischfaunistischen Referenzen bzw. durch die Benennung der gemäß den Anhängen der FFH-RL (vgl. 92/43/EWG) besonders geschützten Arten bzw. der Ausweisung entsprechender Lebensräume. Zum anderen wurden für jede große Flussgebietseinheit die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit als eigenes überregionales Bewirtschaftungsziel aufgenommen (vgl. z. B. Geschäftsstelle Ems 2009, FGG Weser 2009, IKSRL 2009 oder FGG Elbe 2009).

2.2. Prüfung der Zielerreichung

Die Umsetzung aller drei europäischen Richtlinien bzw. Verordnungen ist in Deutschland eine hoheitliche Aufgabe der Bundesländer. In regelmäßigen Abständen sind die zuständigen europäischen Kommissionen – für Umwelt im Fall der WRRL und FFH-RL sowie für Fischerei im Fall der EU-VO Aal – durch Berichte über den Stand der Umsetzung zu informieren. Die Prüfung auf Zielerreichung erfolgt für diese Richtlinien bzw. Verordnung mit Hilfe einer differenzierten und auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen Richtlinien vorgenommenen Überwachungs- bzw. Monitoringprogramme. Für deren Durchführung sind die Bundesländer zuständig.

Überwachung gemäß WRRL

Für die WRRL erfolgt die Überprüfung der Zielerreichung in den Oberflächenwasserkörpern der Fließgewässer anhand der so genannten biologischen Qualitätskomponenten (Phytoplankton; Makrophyten und Phytobenthos; benthische wirbellose Fauna; Makrozoobenthos; Fischfauna). Für die Fischfauna erfolgt dies mittels des fischbasierten Bewertungssystems (fiBS) (vgl. DUBLING et al. 2004), welches für jeden Wasserkörper durch einen Vergleich der Referenzzönose mit der aktuellen Fischfauna auf Basis von so genannten Metrics (ökologisch-statistischen Kenngrößen) der Dominanz- und der Altersstruktur einen so genannten fisch-ökologischen Zustand ermittelt.

Die Überwachung der Zielerreichung gemäß WRRL unterscheidet drei Ansätze:

Die **Überblicksüberwachung** dient der großräumigen Kontrolle von Veränderungen der Gewässerqualität (biologisch, chemisch und mengenmäßig) im Hinblick auf die Einstufung des Wasserkörpers und ist als Trendbeobachtung zu verstehen. Hierzu wurde an einer ausreichenden Zahl von Oberflächenwasserkörpern ein Netz an Überwachungsstellen festgelegt, um eine Bewertung des Gesamtzustands der Oberflächengewässer in jedem Einzugsgebiet oder Teileinzugsgebiet der Flussgebietseinheit zu gewährleisten. Die Überwachungsfrequenz sollte je nach Qualitätskomponente entweder kontinuierlich (Hydrologie) bis zu einmal in sechs Jahren erfolgen (z. B. für Durchgängigkeit und Morphologie).

Die **operative Überwachung** wird mit dem Ziel durchgeführt, zum einen den Zustand der Wasserkörper zu bestimmen, bei denen festgestellt wird, dass sie die für sie geltenden Umweltziele möglicherweise nicht erreichen und zum anderen alle auf die Maßnahmenprogramme zurückgehenden Veränderungen am Zustand derartiger Wasserkörper zu bewerten. Um das Ausmaß der Belastungen der Oberflächenwasserkörper zu beurteilen, führen die Mitgliedstaaten die Überwachung der Qualitätskomponenten durch, die für die Belastungen des Wasserkörpers bzw. der Wasserkörper kennzeichnend sind.

Die **investigative Überwachung** dient speziell der Überwachung von Oberflächenwasserkörpern zu Ermittlungszwecken (Ursachenforschung). Sie fokussiert primär auf die Belastung der Gewässer durch spezifische Schadstoffe und dient u. a. dazu, das Ausmaß und die Auswirkungen unbeabsichtigter Verunreinigungen festzustellen.

Überwachung gemäß FFH-RL

Neben der Überwachung gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wird der Erhaltungszustand von Populationen aller gemäß Anhang II geschützter Arten durch ein Überwachungsprogramm gemäß Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) ermittelt.

Die kontinuierliche Überwachung des Erhaltungszustands ist in Artikel 11 der FFH-RL geregelt. Die wesentlichen Ergebnisse dieses Monitorings der Lebensraumtypen des Anhangs I und der Arten der Anhänge II, IV und V innerhalb- und außerhalb der Schutzgebiete sind der EU-Kommission gemäß Artikel 17 der FFH-RL alle 6 Jahre vorzulegen. Ein erster Bericht zur Bestandsaufnahme wurde am 7. Dezember 2007 erstellt.

Für die Wanderfische wurde im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz in enger Zusammenarbeit mit den Fachbehörden der Bundesländer ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung des Erhaltungszustandes dieser Fisch- und Rundmaularten entwickelt.

2.3 Ableitung von Maßnahmen

Der Bedarf von Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Gewässer muss sich also aus der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten ableiten lassen. In den Bewirtschaftungsplänen der Bundesländer und der Flussgebietseinheiten werden die notwendigen Maßnahmen zunächst anhand des Istzustands ermittelt und für einzelne Wasserkörper bzw. Gruppen von Wasserkörpern generell beschrieben. Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit ist eine von vielen unterschiedlichen Maßnahmen, die insbesondere für die Verbesserung des Zustands der Fischfauna von Bedeutung ist. Daneben werden die Verminderung der Nährstoffeinträge, die Verbesserung der morphologischen Struktur und die Minderung spezifischer Belastungen durch Salzabbau bzw. Schwermetalle und anderer chemischer (z. B. Pharmaka) und physikalischer (z. B. Wärmeeintrag) Belastungen als wesentliche Maßnahmen für den mäßigen oder schlechten ökologischen Zustand benannt.

Darüber hinaus leiten sich Maßnahmen aus den Zielen betroffener Schutzgebiete und dem Erhalt von Populationen aquatischer Arten gemäß FFH-RL (Anhang II und IV) ab. Auch dies trifft in besonderer Weise auf die Fischfauna zu, von der insbesondere die wandernden Arten durch die FFH-RL geschützt sind.

Um das Ziel einer 40 %igen Abwanderung zu erreichen, können auch Maßnahmen zur Verbesserung des Fischschutzes vor Wasserkraftanlagen in Verbindung mit der Errichtung von Bypässen zur Abwärtswanderung an den Staustufen der Bundeswasserstraßen erforderlich werden. Dementsprechend sind bei der Herstellung der fischökologischen Durchgängigkeit nach WRRL auch die Aalbewirtschaftungspläne nach EU-VO Aal (1100/2007/EG) mit zu berücksichtigen. Diese wurden am 8. 4. 2010 durch die Europäische Kommission genehmigt und ihre Umsetzung ist somit eine verbindliche Aufgabe der Mitgliedsstaaten.

Fazit: In der Aufgabe, die ökologische Durchgängigkeit herzustellen, bündelt sich die Umsetzung einer Maßnahme, die synergistisch für die Umsetzung von drei europäischen Richtlinien bzw. Verordnungen sein kann. Der Maßnahmenbedarf als auch die potenziellen Auswirkungen der Maßnahmen werden in allen Richtlinien im Rahmen einer Überwachung festgestellt, für die die Länder zuständig sind. An Stelle des Begriffs Überwachung wird sowohl im Berichtswesen als auch in der Anwendung der Begriff Monitoring verwendet (siehe z. B. LANA/LAWA 2006).

3 Monitoring, Funktionskontrolle, Qualitätssicherung – Definition und Abgrenzung in Bezug auf Fischaufstiegsanlagen

Die wechselweise Verwendung der oben genannten Begriffe führt oft zu Missverständnissen bei der Anwendung bzw. erzeugt unterschiedliche Erwartungen bei den beteiligten Projektpartnern. Für die Aufgabe der Herstellung von Fischaufstiegsanlagen wird daher im Folgenden zunächst eine allgemeine Definition der Begrifflichkeiten gegeben und diese anhand der Kriterien Ziel, methodische Vorgehensweise und zeitliche Frequenz charakterisiert. Anschließend wird ein Vorschlag für die Abgrenzung der Begriffe in Bezug auf die Herstellung von Fischaufstiegsanlagen gegeben.

3.1 Definition und Charakterisierung

„**Monitoring** ist ein Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung, Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. (zitiert aus www.wikipedia.org, eingesehen am 17.5.2011). Diese allgemeine Definition lässt sich im Sinne der oben genannten einer Überprüfung der Zielerreichung weiter und spezifischer definieren. „Nach HELLAWELL (1991) wird Monitoring definiert als *“Intermittent (regular or irregular) surveillance carried out in order to ascertain the extent of compliance with a predetermined standard or the degree of deviation from an expected norm.”* [Wiederholt (regelmäßig oder unregelmäßig) durchgeführtes Untersuchungsprogramm, das den Grad der Übereinstimmung mit einem vorher festgelegten Standard oder das Maß der Abweichung von einer erwarteten Norm ermittelt].“ (zitiert aus www.bfn.de/0315_definitionen.html, eingesehen am 17.5.2011).

Aus diesen Definitionen lassen sich für die oben genannten Kriterien typische Eigenschaften ableiten, die für eine Charakterisierung und zugleich Abgrenzung eines Monitoringprozesses geeignet sind.

Kriterien	Eigenschaften
Ziel	Vergleich des Zustands eines Systems gegenüber einer Norm oder Referenz
Methodischer Ansatz	Standardisiertes Bewertungsverfahren
zeitliche Frequenz	Zeitliche Wiederholung in regelmäßigen Abständen

Die **Funktionskontrolle** umfasst den Vergleich der Messwerte des Produktes mit den vorgegebenen Grenzwerten und die Klassifizierung entsprechend dem Prüfergebnis (Nachbesserung, Ausschuss; Quelle: Definition in Anlehnung an DIN ISO 9000). Es handelt sich also i. d. R. um konkrete zeitlich auf einen definierten Zeitraum begrenzte Untersuchungen.

Aus diesem Verständnis heraus ist eine Funktionskontrolle eingeschränkter als ein Monitoring und bezieht sich unmittelbar auf die Kontrolle der Funktionsfähigkeit eines Teils/Elements im System/Prozess. Daraus lassen sich für den Begriff Funktionskontrolle folgende Eigenschaften ableiten:

Kriterien	Eigenschaften
Ziel	Prüfung der Funktionsfähigkeit eines Objekts, Bauwerks etc
Methodischer Ansatz	Standardisierte vorab festgelegte einheitliche Methodik
zeitliche Frequenz	Kontrolle ohne regelmäßige Wiederholung

Nach DIN EN ISO 8402, 1995-08 , Ziffer 3.5 ist unter **Qualitätssicherung** jede geplante und systematische Tätigkeit zu verstehen, die innerhalb des Qualitätsmanagementsystems verwirklicht wird und die dargelegt wird, um Vertrauen dahingehend zu schaffen, dass eine Einheit die Qualitätsforderung erfüllen wird. Qualitätssicherung ist die Summe aller Maßnahmen, um konstante Produktqualität sicherzustellen. Dementsprechend sind folgende Eigenschaften der Qualitätssicherung zuzuordnen:

Kriterien	Eigenschaften
Ziel	Herstellung konstanter Produktqualität
Methodischer Ansatz	Unterschiedlich, je nach Teilaufgabe
zeitliche Frequenz	Kontinuierliche fachliche Begleitung/Beratung der Planung, Umsetzung und Kontrolle der Maßnahmen

3.2 Abgrenzung der Begriffe in Bezug auf die Herstellung von Fischaufstiegsanlagen

Unter Berücksichtigung der oben genannten Definitionen der Begriffe Monitoring, Funktionskontrolle und Qualitätssicherung werden im Folgenden Vorschläge für die Verwendung der Begriffe im Kontext der Aufgabe Herstellung der fischökologischen Durchgängigkeit unter besonderer Berücksichtigung des Fischaufstiegs gegeben.

Monitoring / Überwachung

Es wird vorgeschlagen, alle systematischen, regelmäßig wiederholten und anhand standardisierter Verfahren und Methoden durchgeführte Untersuchungen, die der Prüfung der Zielerreichung gemäß WRRL bzw. FFH-RL oder als Grundlage für die Aalbewirtschaftungspläne gemäß EU-VO Aal dienen, als Monitoring bzw. Überwachung zu bezeichnen. Diese Tätigkeiten fallen in die Zuständigkeiten der Länder. Gegenstand dieser Untersuchungen aus fischökologischer Sicht ist die Erfassung der Fischgemeinschaften gemäß WRRL, die Erfassung und Analyse der Erhaltungszustände einzelner Arten gemäß FFH-RL sowie die notwendigen Bestandserhebungen im Rahmen der EU-VO Aal. Aus den Ergebnissen dieser Überwachungsprogramme werden anschließend entweder Bewirtschaftungsziele neu definiert oder Maßnahmenprogramme entsprechend angepasst. Darüber hinaus kann an ausgewählten Anlagen eine längerfristige Erfassung z. B. aufsteigender Wanderfische ein Element der Qualitätssicherung bei der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit sein. Dies ist aber im Einzelfall zu klären.

Funktionskontrolle

Im Gegensatz zu Verwendung des Begriffs Monitoring wird vorgeschlagen, den Begriff Funktionskontrolle auf alle Untersuchungen, die sich mit der Analyse und Feststellung der Funktionsfähigkeit der Fischaufstiegsanlagen beschäftigen, zu beziehen. Diese Untersuchungen finden anhand einer standardisierten und festgelegten Methodik statt und vergleichen die Messwerte des Produktes, z. B. die geometrischen und hydraulischen Bemessungsdaten, mit den vorgegebenen Grenzwerten und ermöglichen so eine Klassifizierung des Produkts, d. h. eine Funktionsprüfung. Während sich die vorgegebenen hydraulischen und geometrischen Grenzwerte an den Vorgaben des jeweiligen Standes der Technik und der Erkenntnis orientieren, derzeit im Gelbdruck des Merkblatt M 509 wiedergegeben (DWA 2010), wird für die

biologischen Untersuchungen im Rahmen der Funktionskontrolle ein differenziertes Vorgehen vorgeschlagen (VON LANDWÜST & SCHOLTEN 2012, s. S. 138ff.). Konkrete Arbeitsschritte zur Funktionskontrolle werden in der Arbeitshilfe Fischaufstiegsanlagen (BAW/BfG 2011) angegeben.

Qualitätssicherung

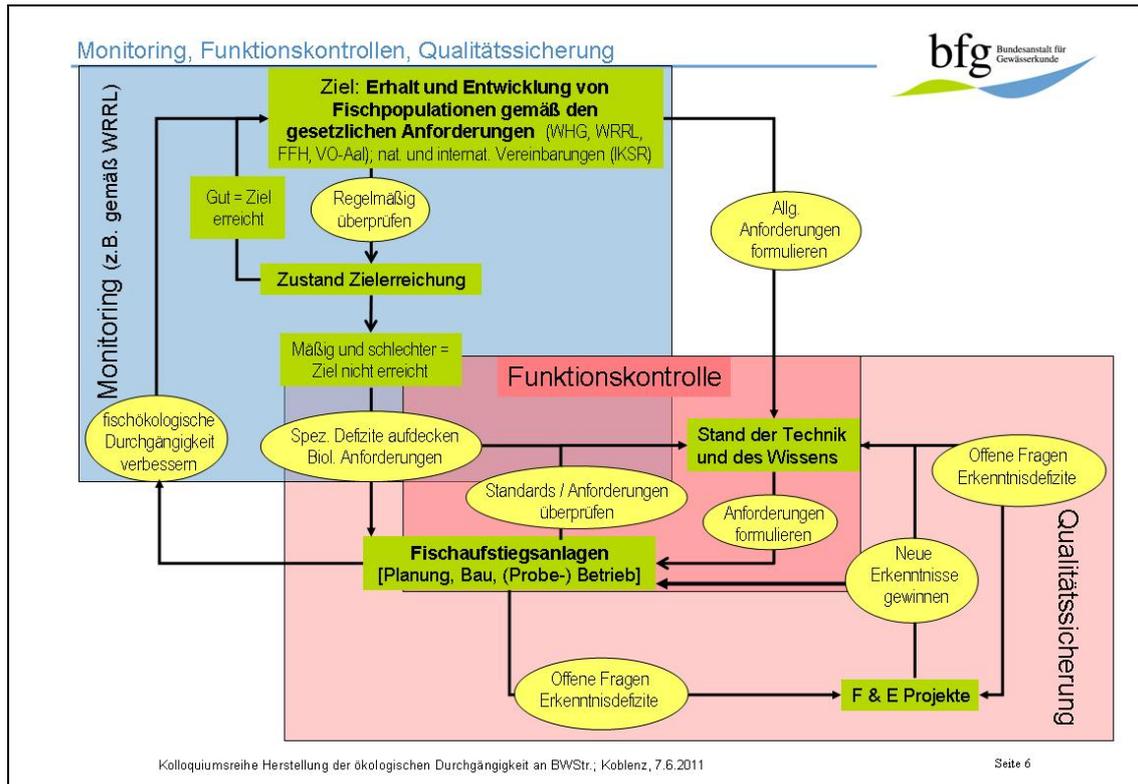
Unter Qualitätssicherung werden in Anlehnung an die DIN EN ISO 8402 alle Maßnahmen und Prozesse verstanden, die zu einer ausreichenden Qualität der entstehenden Fischaufstiegsanlagen führen. Hierzu gehören sowohl die notwendigen Maßnahmen und Prozessen während der Planungs- und Bauphase, detaillierter dargelegt in der Arbeitshilfe Fischaufstiegsanlagen (BAW/BfG 2011), die hydraulisch-technische Funktionskontrolle und die biologischen Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit der Anlage (siehe oben bzw. VON LANDWÜST & SCHOLTEN 2012, s. S. 138ff.).

Darüber hinaus werden auch Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Rahmen der Aufgabe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit als wesentliche Elemente der Qualitätssicherung begriffen. Dies begründet sich z. T. in Unsicherheiten und Ungenauigkeiten in der konkreten Anwendung des aktuellen Stands der Technik (DWA-M 509, 2010) für Anlagen an großen Flüssen, als auch in dem zum Teil noch fehlendem Grundverständnis. Beide Aspekte können insbesondere in der Fachplanung zur Auffindbarkeit zu Unsicherheiten führen, die zu einer deutlichen Beeinträchtigung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses führen können. Durch gezielte bei der BAW und der BfG angesiedelte F&E-Projekte sollen hier in den kommenden Jahren Erkenntnisse gewonnen und damit ebenfalls ein Beitrag zur Qualitätssicherung geleistet werden.

4 Fazit - Monitoring, Funktionskontrolle, Qualitätssicherung – drei Seiten einer Medaille

Das nachfolgende Schema stellt die genannten Prozesse noch einmal im Zusammenhang dar. Das Monitoring, auch Überwachung, im Sinne der europäischen Richtlinien (WRRL, FFH-RL) genannt, fällt in die Zuständigkeit der Länder. Aufgaben im Bereich der Qualitätssicherung, wie sie hier empfohlen werden, sehen die Autoren fachlich eng mit der Verantwortung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Staustufen der Bundeswasserstraßen verknüpft.

Inhaltlich geht das hier vorgeschlagene Verständnis von Qualitätssicherung über die Verwendung des Begriffs im Gelbdruck des DWA Merkblatt M 509 (DWA 2010) hinaus. Während sich dort der Begriff der Qualitätssicherung auf die Sicherstellung der Einhaltung aller derjenigen Kriterien im Verlauf von Planung, Bau und Betrieb, welche die Funktionsfähigkeit im Sinne der Auffindbarkeit und Passierbarkeit gewährleisten, bezieht, sehen wir in der Erweiterung der Anwendung des Begriffs auf die notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten einen wesentlichen Baustein der Qualitätssicherung u. a. im Sinne einer notwendigen Balance zwischen Kosten und Nutzen.



Literatur

- Bundesanstalt für Wasserbau und Bundesanstalt für Gewässerkunde (2011): Arbeitshilfe
Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. www.bafg.de/durchgaengigkeit
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2010):
Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qua-
litätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509
- DIN - Deutsches Institut für Normung EN ISO 8402 Qualitätsmanagement – Begriffe, 1995-
08
- DIN - Deutsches Institut für Normung ISO 9000 Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen
und Begriffe, 2005-12
- DUBLING, U., A. BISCHOFF, R. HABERBOSCH, A. HOFFMANN, H. KLINGER, C. WOLTER, K.
WYSUJACK, R. BERG (2004): Entwurf eines fischbasierten Bewertungsverfahrens für
Fließgewässer gemäß WRRL-Kurzbeschreibung. Langenargen: Fischereiforschungs-
stelle, 13 S. (erhältlich im Download zusammen mit dem Bewertungsverfahren fiBS
bei <http://www.lvvg-bw.de> unter Fischereiforschungsstelle).
- EU-VO Aal: Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maß-
nahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals. Amtsblatt der
Europäischen Union L 248, 17-23
- FFH-RL: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen
Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Amtsblatt der Europäi-
schen Gemeinschaft L 206, 68 S. - Dokument 1992L0043-DE-01.01.2007-005.001-1
mit Änderungen bis zum 01.01.2007

- FGG Elbe – Flussgebietsgemeinschaft Elbe (2009): Ermittlung überregionaler Vorranggewässer im Hinblick auf die Herstellung der Durchgängigkeit für Fische und Rundmäuler im Bereich der FGG Elbe sowie Erarbeitung einer Entscheidungshilfe für die Priorisierung von Maßnahmen – Abschlussbericht, Stand April 2010, 56 S.
- FGG Weser – Flussgebietsgemeinschaft Weser (2009): Gesamtstrategie Wanderfische in der Flussgebietseinheit Weser. Potenzial, Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge, Hildesheim, 49 S.
- Geschäftsstelle Ems (2009): FGE Ems - Flussgebietseinheit Ems - Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems im Bewirtschaftungszeitraum 2010-2015, online: http://www.ems-eems.de/uploads/media/22_12_2009_BWP_Ems_DE.pdf (Abruf 3.8.2012)
- IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2009): Masterplan Wanderfische Rhein. Bericht 179, 28 S. + Anlagen
- KOOP J., C. VON LANDWÜST, S. WIELAND, M. SCHOLTEN (2012): Verbesserung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische in Bundeswasserstraßen. Wasserwirtschaft 5: 12-20
- LANA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz) - LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) 2006: Eckpunkte für die organisatorische und inhaltliche Zusammenarbeit der Umweltverwaltungen beim Monitoring nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie, der FFH-Richtlinie sowie der EG-Vogelschutzrichtlinie; unveröff. Bericht der LANA/LAWA-Kleingruppe Monitoring
- VON LANDWÜST, C., M. SCHOLTEN (2012): Biologische Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 138-146
- WRRL: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 327, 72 S. (<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf>)



Kontakt:

Matthias Scholten

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5937
Fax: 0261/ 1306 5152
E-Mail: scholten@bafg.de

1988 – 1997

Studium der Biologie, Geographie, Bodenkunde an der Universität Bonn (Schwerpunkt Zoologie, Fischökologie)

1997 – 2002

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften an der Universität Hamburg im vom BMBF geförderten Forschungsprojekt „Ökologischen Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Mittelelbe“

2002 – 2004

Koordination des BMBF-Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ an der Bundesanstalt für Gewässerkunde

2004 – 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Geschäftsstelle der FGG Weser, Hildesheim, im Schwerpunktbereich „Fließgewässerbiologie“ und „Ökologische Durchgängigkeit“

Seit 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U4 Tierökologie, Aufgabenbereich „Ökologische Durchgängigkeit“



Kontakt:

Christian von Landwüst

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5372
Fax: 0261/ 1306 5152
E-Mail: landwuest@bafg.de

1984 – 1991

Studium der Biologie an der Universität Köln, University of Stirling und Christian-Albrecht-Universität zu Kiel (Schwerpunkt Fischereibiologie)

1991 – 1993

Koordination des vom Umweltbundesamt geförderten interdisziplinären Forschungsprojektes „Fischkrankheiten in der Nordsee“ am Institut für Meereskunde Kiel

1993 – 1994

Evaluierung des „Gemeinsamen Bund/Länder-Messprogramms für die Nordsee“ im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

seit 1994

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U4 Tierökologie

Methoden zur technisch-hydraulischen Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen

Boris Lehmann und Peter Oberle

1 Qualitätssicherung bei Fischaufstiegsanlagen?

Die DIN EN ISO 8402 (1995) gibt unter Ziffer 3.5 an: „Qualitätssicherung ist die Summe aller Maßnahmen, um eine kontinuierliche Produktqualität sicherzustellen.“ Bezogen auf die Planung, Bemessung, Ausführung sowie den Betrieb einer Fischaufstiegsanlage (FAA) ergibt sich auf Basis aktueller fischökologischer Erkenntnisse die Anforderung, dass die Anlage sowohl für die größten als auch leistungsschwächsten vorkommenden Fischarten an mindestens 300 Tagen im Jahr auffindbar und passierbar ist.

Man muss dabei unterscheiden zwischen Maßnahmen zur

- > **technisch-hydraulischen Qualitätssicherung**, welche bereits im Rahmen der Anlagenplanung zum Tragen kommen und Maßnahmen zur
- > **Qualitätskontrolle**, welche im Bestand durchgeführt werden.

Die wesentlichen Aspekte der Qualitätssicherung zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit einer FAA lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- > Anordnung des Bauwerkes (z. B. Positionierung von Ein-/ und Ausstieg relativ zum Wanderhindernis und der Hauptströmung)
- > Bestimmung von Grenzwerten (z. B. biometrische und leistungsspezifische Kenngrößen)
- > Festlegung von geometrischen bzw. strömungsrelevanten Bemessungswerten (Grenzwerte zzgl. anlagenspezifischer Sicherheitszuschläge)
- > Gestaltung bzw. Dimensionierung unter Berücksichtigung der naturräumlichen, bautechnischen und ökonomischen Randbedingungen

Dem gegenüber stellen sich die Inhalte der Qualitätskontrolle einer bestehenden FAA wie folgt dar:

- > Messung funktionsrelevanter Parameter in-situ und Vergleich relativ zu den Bemessungsvorgaben
- > biologische Kontrolle des Aufstiegsgeschehens
- > Kontrolle der Auffindbarkeit (z. B. mittels HDX-Technik oder Telemetrie)
- > Kontrolle der Passierbarkeit (z. B. mittels Zählungen)

Grundsätzlich ist die Anwendung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung und –kontrolle mit einem Mehraufwand verbunden, stellt jedoch die notwendige Voraussetzung zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit einer FAA dar.

2 Die Ebenen der technisch-hydraulischen Qualitätssicherung

Bedingung für eine zielgerichtete Anlagenplanung ist das Zusammenspiel von Akteuren unterschiedlicher Disziplinen bzw. Zuständigkeiten. Ausgehend vom Bauherren, der eine Auflage zur Herstellung der Durchgängigkeit einer Anlage zu erfüllen hat, sind – je nach Komplexität der Anforderungen – folgende Institutionen beim Planungsprozess zu beteiligen:

- > Das **technische Planungsbüro** führt die technisch-hydraulische Planung und Bemessung der FAA unter Einbezug aller Randbedingungen durch.
- > Die Einbindung von **Fachbehörden** ermöglicht die Berücksichtigung lokaler Randbedingungen und Konzepte in den Planungsprozess.
- > Mit dem Hinzuziehen einer **fachtechnischen Projektplanung** können fischökologische Randbedingungen spezifiziert und im Anlagendesign berücksichtigt werden.
- > Eine **wissenschaftliche Begleituntersuchung** ermöglicht darüber hinaus die Untersuchung und Lösung planungsrelevanter Details, für die es derzeit noch keinen „Stand der Technik“ gibt oder die eine Anpassung des „Standes der Technik“ an die spezielle Situation erfordern.

Aufbauend auf diese „Fachscha“ können im Rahmen der Planung einer FAA die in Abb. 1 benannten Ebenen der technisch-hydraulischen Qualitätssicherung zur Anwendung kommen.

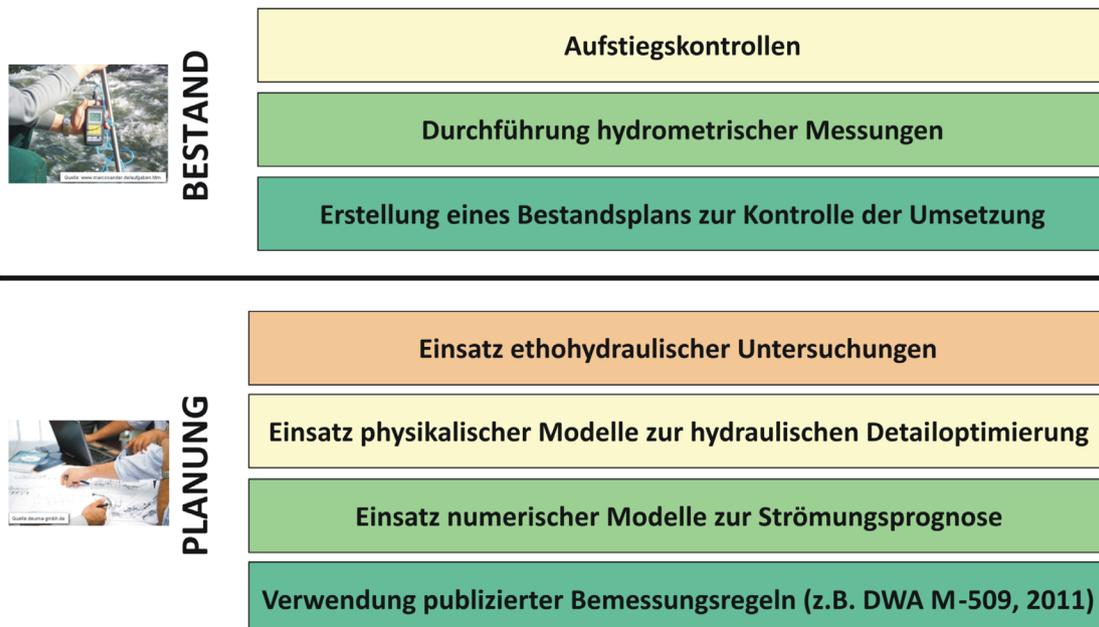


Abb. 1: Ebenen der technisch-hydraulischen Qualitätssicherung (Planung) und -kontrolle (Bestand).

2.1 Verwendung publizierter Bemessungsregeln

Die Fachliteratur hält eine Vielzahl von Veröffentlichungen über die Gestaltung und Bemessung von Fischaufstiegsanlagen bereit. Teilweise widersprüchliche Aussagen und Vorgaben führen dazu, dass die Anwendung der publizierten Verfahren aufgrund vorhandener objekt- und ortsspezifischer Randbedingungen nicht zur gewünschten hydraulischen Funktion führen, was u. U. bei der Qualitätskontrolle im Bestand überhaupt erst bemerkt wird.

Die in Deutschland derzeit anerkannten und angewendeten Regelwerke (Handbuch Querbauwerke (MUNLV 2005) und DWA-Merkblatt 509 (DWA 2010)) schlagen eine methodisierte Bemessung einer FAA nach dem vereinfachten Schema in Abb. 2 vor.

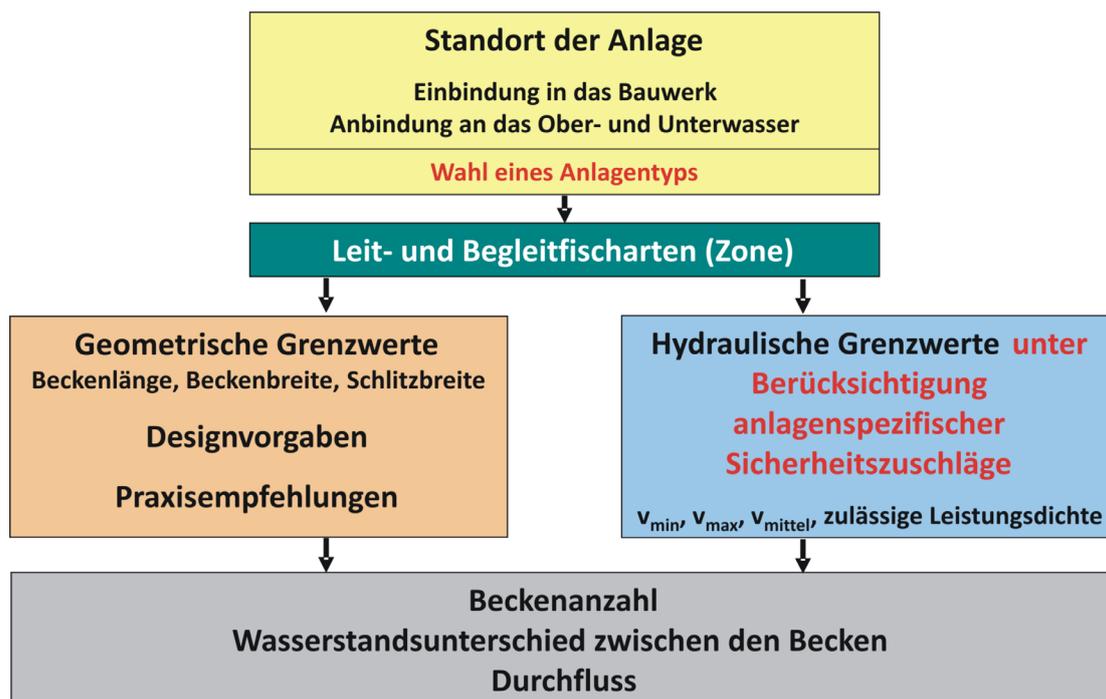


Abb. 2: Schritte, die gemäß den in Deutschland gültigen Regelwerken bei der Planung einer FAA ausgeführt werden müssen.

Ein Blick auf die in den gängigen Verfahren verwendeten hydraulischen Formeln lässt erkennen, dass zur Planung einer FAA die Verwendung von eindimensionalen Fließformeln empfohlen wird. Empirische Beiwerte innerhalb dieser Formeln wurden auf Basis veröffentlichter Untersuchungen und Messungen angepasst und Gültigkeitsbereiche sowie Anwendungsgrenzen definiert (KRÜGER et al. 2010).

Die publizierten „allgemeingültigen“ Bemessungsmethoden erlauben es, Standardbauweisen einer FAA technisch-hydraulisch zu bemessen. In der Praxis sieht es jedoch häufig so aus, dass die FAA standortspezifisch an die dortigen Bedingungen angepasst werden muss, was die Gültigkeitsbereiche der publizierten Bemessungsverfahren verlässt:

- > Oftmals sind individuelle Anpassungen der Linienführung mit Kurven, Umlenkbereichen oder Wendungen wie auch Gefällewechsel entlang der FAA notwendig, um die FAA optimal an die ortsspezifischen Bedingungen anpassen zu können. Hierdurch wird jedoch das Strömungsverhalten innerhalb der FAA beeinflusst, welches so mit den empirischen Ansätzen nicht mehr zuverlässig erfasst und prognostiziert werden kann.

- > Rückstau- oder Tideinflüsse wie auch Zusatzdotationen zur Verbesserung der Leitströmung und/oder Auffindbarkeit sowie Sondereinbauten (z. B. Zählstationen) sind bei der hydraulischen Bemessung sorgfältig zu berücksichtigen, da sie sich auf das hydraulische Regime und die Strömung in der FAA auswirken. Auch hierzu gibt es keine generell einsetzbaren Hinweise bzw. Richtlinien in der Fachliteratur.

Sind die allgemeinen Bemessungsvorgaben nicht ausreichend, um im Rahmen der Planung das Strömungsverhalten in der FAA belastbar zu prognostizieren und aufbauend darauf die Einhaltung von Bemessungs-, Grenz- und Richtwerten zu prüfen, empfiehlt sich im Sinne einer technisch-hydraulischen Qualitätskontrolle der Einsatz von Strömungsmodellen.

2.2 Einsatz hydrodynamisch-numerischer Modelle

Zur Bestimmung der hydraulischen Randbedingungen einer FAA im Ober- und Unterwasser des zu überwindenden Querbauwerkes wie auch zur Analyse der Strömungsverhältnisse innerhalb einer technischen FAA lassen sich hydrodynamisch-numerische (HN-)Modelle zur Strömungssimulation effektiv einsetzen. Je nach Zielsetzung und geometrischer Situation können Modelle unterschiedlicher Dimensionalität bzw. deren kombinierter Einsatz zielführend sein.

So eignen sich in vielen Fällen zweidimensionale tiefengemittelte (2D-HN-) Verfahren insbesondere zur

- > Untersuchung der Anströmungsverhältnisse im Oberwasser der FAA
- > Untersuchung der Situation im Unterwasser hinsichtlich Ausbildung der Leitströmung (jeweils in Verbindung mit unterschiedlichen Abfluss- bzw. Betriebssituationen der Wehr- bzw. Wasserkraftanlage)
- > Analyse von Rückstauwirkungen oder Tideeinfluss der unterstrom liegenden Gewässerstrecke
- > Voroptimierung des Strömungsverhaltens innerhalb der FAA infolge eingebauter Konturen (Variantenstudien)

Zur Analyse komplexer Strömungssituationen mit stark dreidimensionaler Ausprägung können (u. U. in Ergänzung zu einem räumlich übergeordneten 2D-Modell) dreidimensionale HN-Modelle hochaufgelöste Informationen zu den Geschwindigkeitsverteilungen im Ein- und Auslaufbereich und/oder innerhalb einer FAA liefern. So ist der Einsatz eines 3D-HN-Verfahrens in folgenden Fällen sinnvoll bzw. notwendig:

- > Ein-/Ausstiegsbereich im Einflussbereich einer ausgeprägten Flusskrümmung und/oder großer Gewässertiefe
- > Einbeziehung der Turbinenabströmung einer Wasserkraftanlage
- > differenzierte Analyse von 3D-Fließgeschwindigkeitsverteilungen innerhalb der FAA (Max/Min-Werte im Strömungskorridor, Abgrenzung von Ruhezononen) z. B. zur geometrischen Optimierung von Sonderbauwerken (siehe Abb. 3)
- > Abschätzung des Turbulenzeintrages bzw. der turbulenten Ausprägung innerhalb eines Beckens

Mehrdimensionale Strömungsmodelle halten seit einigen Jahren weitreichenden Einzug in die wasserbauliche Ingenieurspraxis. Beim Einsatz zur Qualitätssicherung in Bezug auf hydraulisch komplexe FAA-Bauwerke mit hohen ökologischen Gütekriterien ist aber auch weiterhin eine langjährige Erfahrung des Modellierers und umfangreiches verfahrensspezifisches Know-how unverzichtbar. Zudem sollten Sensitivitätsprüfungen hinsichtlich Fließwiderstandsparametrisierung, Turbulenzansatz (statistische Ansätze, ggf. Large Eddy Simulation), Diskretisierung und Modellrandbedingungen durchgeführt werden, wodurch eine deutliche Erhöhung der Prognosesicherheit erreicht werden kann.

Generell ist festzuhalten, dass HN-Modelle unter Voraussetzung einer fachgerechten Anwendung sehr belastbare Informationen mit einem i. d. R. vertretbaren zeitlichen und ökonomischen Aufwand liefern können. Die Anwendung und Prognosefähigkeit hat aber auch ihre Grenzen, sodass z. B. zur Validierung numerischer Ergebnisse bei engen Toleranzvorgaben und/oder zur Analyse sehr kleinskaliger bzw. zeitlich stark fluktuierender Strömungsphänomene der (evtl. ergänzende) Einsatz physikalischer wasserbaulicher Modelle erforderlich ist.

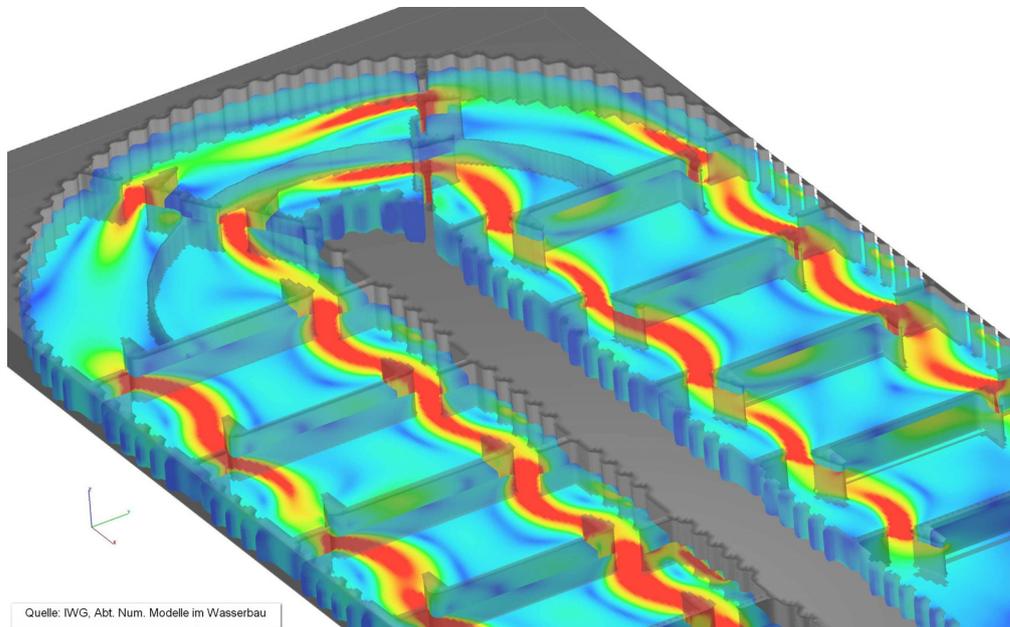


Abb. 3: 3D-HN-Strömungssimulation für das 180°-Umlenkbecken einer FAA. Die roten Farben stehen für hohe, die blauen Farben für geringe Fließgeschwindigkeiten. Durch Modifikationen der eingebauten Schlitzkonturen kann hier der Wanderkorridor beeinflusst und mit Hilfe der Ergebnisdarstellung fischökologisch beurteilt werden.

2.3 Einsatz physikalischer Modelle

Ebenso wie ein numerisches Modell kann auch das physikalische Modell die Gesamtanlage oder nur einen relevanten Ausschnitt abbilden. Aufbauend auf der Ähnlichkeit von Geometrie, Kinematik und Dynamik, welche sich bei Berücksichtigung der Ähnlichkeitsmechanischen Modellgesetze ergibt, können im physikalischen Modell Strömungen dokumentiert und Strömungsparameter messtechnisch erfasst und auf die Natursituation umgerechnet werden. Bezogen auf eine FAA sind mit einem physikalischen Modell folgende Untersuchungsmöglichkeiten gegeben:

- > Optimierung des Strömungsgeschehens durch Einbauten (insbesondere bei „Sonderanlagen“ wie Krümmungen etc.)
- > Quantifizierung strömungsmechanischer Parameter (Durchfluss, Fließvektoren, Wasserstände)
- > Ermittlung bemessungsrelevanter hydrodynamischer Bauwerksbelastungen
- > Analyse von Rückstau- oder Tideeinwirkungen
- > Untersuchung von Dotationen: Konstruktion der Zugabe und deren Auswirkung

Abbildung 4 zeigt beispielhaft ein physikalisches Modell einer FAA im Maßstab 1:13, mit dem neben Maßnahmen zur Strömungsoptimierungen auch die Zugabe und Wirkung lokaler Dotationen zur Kompensierung eines tidebedingten Rückstaus untersucht wurden. Abbildung 5 stellt eine Detailansicht dar.



Abb. 4: Physikalisches Modell (Maßstab 1:13) eines Doppel-Schlitzpasses mit zwei 180°-Umlenkbecken und einer 20°-Krümmung.

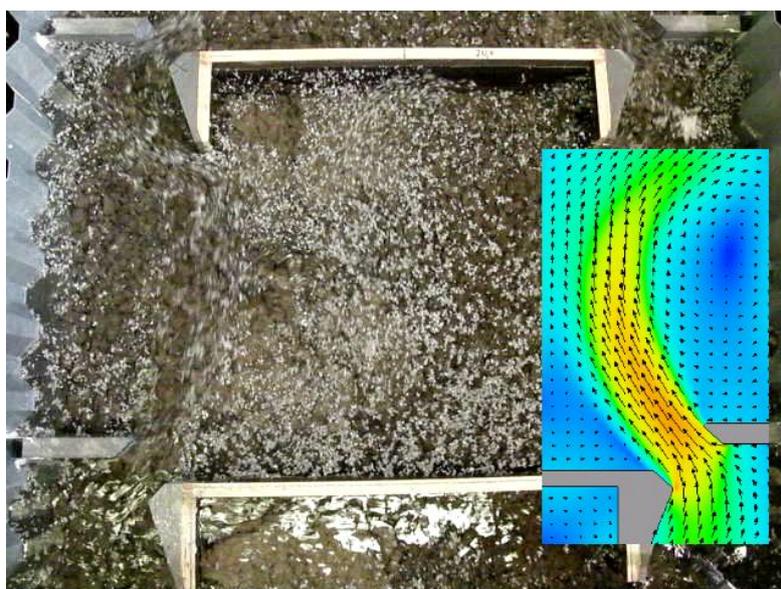


Abb. 5: Detailansicht der Strömungssituation im physikalischen Modell. Rechts überlagert das Ergebnis einer 3D-HN-Berechnung, aus dem eine gute Übereinstimmung mit der Strömungssignatur im physikalischen Modell hervorgeht.

2.4 Einsatz hybrider Modelle

Im Rahmen der sogenannten hybriden Modellierung erfolgt die Analyse eines Systems auf Basis verschiedener, miteinander gekoppelter Modellansätze. In Zusammenhang mit der Planung einer FAA können auf diese Weise über das Zusammenwirken von numerischen Modellen mit physikalischen oder ethohydraulischen Modellversuchen die jeweiligen verfahrensspezifischen Vorteile genutzt und die Aussagekraft der gesamten Untersuchung u. U. entscheidend verbessert werden. Neben dem qualitativen Mehrwert zeigt eine hybride Vorgehensweise oftmals auch signifikante zeitliche Vorteile.

So ist es auf Basis eines numerischen Variantenstudiums möglich, eine umfassende Voroptimierung von Planungsentwürfen in einem vergleichsweise engen Zeitfenster durchzuführen und somit die geometrischen Vorgaben für den (evtl. zeitlich parallelen) Aufbau des physikalischen Modells anzupassen. Aufgrund der (eine umfassende Erfahrung des Modellierers vorausgesetzt) hohen Belastbarkeit bzw. Prognosefähigkeit numerischer Modellergebnisse kann so auf zeitintensive Umbauarbeiten im physikalischen Modell weitgehend verzichtet werden. Vielmehr liegt der Fokus der physikalischen Untersuchung neben der Validierung der numerischen Ergebnisse auf der effizienten Optimierung von Detailspekten durch Modifikationen mit i. d. R. begrenztem geometrischem Ausmaß.

Über die hybride Herangehensweise können im Vergleich zur herkömmlichen physikalischen Modellierung einer Komplettanlage u. U. auch erhebliche Kosteneinsparungen erreicht werden. Dies gilt z. B., wenn aufgrund der geleisteten numerischen Untersuchungen der Aufbau eines bzw. mehrerer kleiner physikalischer Ausschnittsmodelle zur Beantwortung der untersuchungsrelevanten Detailfragen ausreichend sein kann und die Randbedingungen des jeweiligen Ausschnittsmodells dann aus der numerischen Analyse ableitbar sind.

2.5 Einsatz ethohydraulischer Untersuchungen

Ethohydraulische Untersuchungen basieren auf großskaligen wasserbaulichen Ausschnittsmodellen, in denen das Verhalten realer Fische bei situativ ähnlichen hydraulischen Situationen untersucht wird (ADAM & LEHMANN 2011). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse einschließlich ihrer Auswertung und Interpretation bereichern nicht nur die Grundlagenforschung, sondern dienen vor allem der wasserbaulichen Praxis.

Das Ziel ethohydraulischer Untersuchungen zur Qualitätssicherung besteht darin, die Funktionsfähigkeit oder die Fischverträglichkeit einer FAA bereits im Vorfeld zu optimieren und damit sicherzustellen, dass die dann realisierte Anlage tatsächlich den an sie gestellten Anforderungen gerecht wird. Als Beispiel können hierzu die praktizierten ethohydraulischen Untersuchungen im Rahmen der Planungen zur FAA bei Geesthacht/Elbe genannt werden:

Für großskalige ethohydraulische Untersuchungen steht am Karlsruher Institut für Technologie eine spezielle Basiseinrichtung bereit, die in der Lage ist, Wassermengen bis zu 800 l/s durch eine 30 Meter lange und bis zu drei Meter breite Rinne zu befördern. In diese Basiseinrichtung wurden zunächst im Maßstab 1:3 einzelne Schlitzbeckenabfolgen der FAA Geesthacht eingebaut (Abb. 6).

Da in diesem ethohydraulischen Versuch untersucht werden sollte, ob leistungsschwache und vor allem kleinwüchsige Fischarten mit den Strömungseinschnürungen und den Geschwindigkeiten, welche sich im Bereich hinter den Schlitzten ausbilden, zurechtkommen, wurde der ethohydraulische Versuchsstand derart gesteuert, dass zwar die Öffnungsweite der Schlitzte und die eingestellten Wassertiefen im halbtechnischen Maßstab 1:3 abgebildet wurden, je-

doch die im Bereich der Schlitze vorherrschenden Fließgeschwindigkeiten exakt den realen Werten bei der geplanten Naturanlage entsprachen. Für die Befunde im ethohydraulischen Versuch wurde postuliert, dass im Falle einer nachgewiesenen Passierbarkeit der FAA im halbtechnischen Versuchsmaßstab die leistungsschwachen Fische auch die Zonen mit hohen Fließgeschwindigkeiten und Strömungseinschnürungen bei der Realanlage passieren können. Es stellte sich letztendlich bei dem durchgeführten ethohydraulischen Versuchen heraus, dass kleinere und leistungsschwache Fischarten die Schlitze trotz der dort für sie relativ hohen Strömungsgeschwindigkeiten gut und relativ direkt durchschwimmen können. Auch konnte für diesen Fall gezeigt werden, dass die Verwendung sog. „ethohydraulischer Diagramme“ (Abb. 6, Mitte) eine hohe Aussagekraft besitzen, da das Schwimmverhalten der Fische gut mit den im Diagramm angezeigten Leistungsstufen übereingestimmt hat.

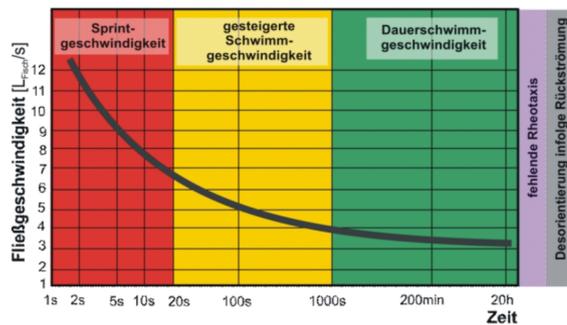
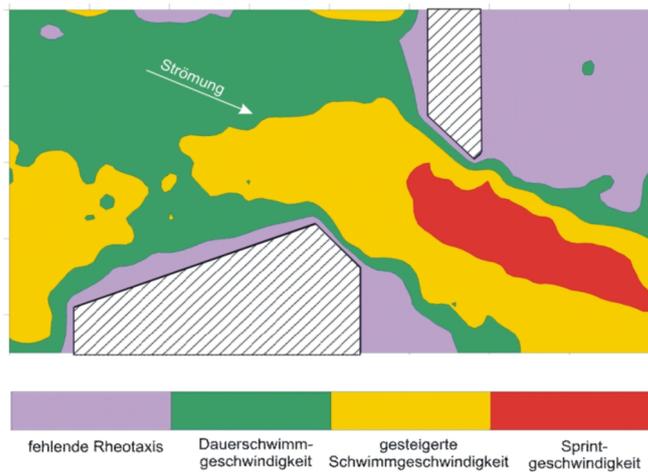
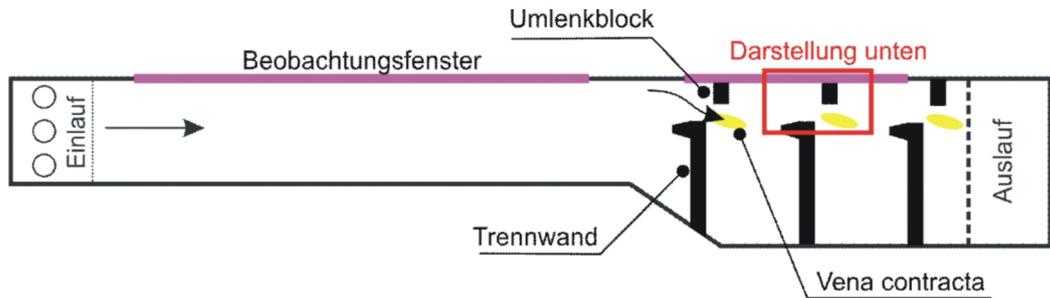


Abb. 6: Aufbau des ethohydraulischen Versuchsstandes zur Untersuchung der Schlitpassierbarkeit für leistungsschwache Fischarten am Karlsruher Institut für Technologie (oben und Mitte links). Aus den gewonnenen Fließgeschwindigkeitsdaten konnten durch Verschneidung mit fischartenspezifischen Leistungsdiagrammen (unten rechts) ethohydraulische Diagramme zu den Strömungssignaturen im Schlitzbereich erstellt werden (Mitte rechts). Das beobachtete Verhalten der Fische bestätigte die Richtigkeit und Verwendbarkeit der so aus Messwerten abgeleiteten Diagramme (Foto links unten).

Die bisher erläuterten Maßnahmen dienen der *Qualitätssicherung* während der Planung einer FAA. Im Folgenden sollen noch die eingangs genannten Maßnahmen zur *Qualitätskontrolle* im Bestand erläutert werden.

3 Die Ebenen der Qualitätskontrolle im Bestand

Qualitätskontrolle bezieht sich auf den Zeitraum nach Realisierung der Fischaufstiegsanlage bzw. während des Betriebes. Abbildung 1 hat hierzu bereits drei logisch aufeinander aufbauende Maßnahmenebenen benannt, welche im Folgenden näher erläutert werden sollen.

3.1 Erstellung eines Bestandsplans zur Kontrolle der Umsetzung

Die Erfahrung hat gezeigt, dass häufig während der Bauausführung kurzfristig aufgrund günstiger bautechnischer Abläufe einzelne Komponenten eines Anlagendetails anders erstellt oder gefertigt werden, als dies im Ausführungsplan ursprünglich vorgesehen war. Sowohl dies als auch ein zu ungenaues Arbeiten während der Bauausführung können dazu führen, dass die Abmessungen und/oder Konturen einzelner Anlagenteile nicht mehr der Ausführungsplanung entsprechen. Im ungünstigsten Fall handelt es sich dabei dann um strömungsbeeinflussende Konturen, so dass infolge einer mangelhaften Genauigkeit bei der Bauausführung die Funktionsfähigkeit der FAA negativ beeinträchtigt wird.

Als Beispiel sei hier die Bauausführung eines fischpassierbaren Rauhgerinnes mit Störsteinen oder eines naturnah gestalteten Umgehungsgewässers genannt, bei dem während der Bauphase durch ein falsches Einbauen der Stör- und Stützsteine zu viele Engstellen entstehen, welche die Passierbarkeit für große Fischarten einschränken.

Daher ist es der erste logische Arbeitsschritt einer Qualitätskontrolle, durch Aufmessung aller relevanten Bauwerkslängen, -höhen und -öffnungen einen Bestandsplan zu erstellen und diesen mit den Angaben aus dem Ausführungsplan zu vergleichen.

3.2 Durchführung hydrometrischer Messungen

Insbesondere bei der Qualitätskontrolle von Altanlagen reicht ein Bestandsplan zur Beurteilung der Auffindbarkeit und Passierbarkeit nicht aus. Hier sind hydrometrische Messungen notwendig, um Informationen zum Strömungsverhalten in der FAA zu bekommen und die Werte dann mit den Bemessungs-, Grenz- und Richtwerten aus der Fachliteratur vergleichen zu können.

Die Auswahl der Messstellen sollte auf Basis einer fachtechnischen Begutachtung des Bestandsplanes oder der in Betrieb befindlichen Anlage erfolgen, da zunächst die „pessimalen Stellen“ der Passierbarkeit identifiziert werden müssen. Im Rahmen einer sorgfältigen Planung der Messkampagne sollten dann folgende Aspekte durchdacht werden:

- > Berücksichtigung der Änderung der Randbedingungen an der FAA
- > weitere Verarbeitung der Daten und die daraus folgenden Anforderungen an die Messinstrumente und die verwendeten Messmethoden
- > Beachtung der Arbeitssicherheit sowie des Personal- und Materialaufwandes

Die gewonnenen Messdaten ermöglichen dann

- > die Kontrolle, ob die Strömungswerte den Planungswerten entsprechen
- > eine ethohydraulische Bewertung der Strömungssignatur im Sinne der Passierbarkeit (z. B. durch Erstellen eines ethohydraulischen Diagramms – vgl. Abb. 6)
- > eine Information bezüglich der Schwankungsbereiche der Parameter und der daraus resultierenden Belastungen

3.3 Aufstiegskontrollen

Zum Thema „Aufstiegskontrollen“ gibt es bereits den Versuch, einen ökonomisch vertretbaren Methodenstandard mit guter Aussagequalität in Deutschland zu etablieren (BWK 2006). In Anlehnung an die positiven und negativen Erfahrungen, welche im Zusammenhang mit Aufstiegskontrollen im Sinne von Fischzählungen und –registrierungen den Autoren bekannt sind, können folgende Mindeststandards für aussagekräftige Aufstiegskontrollen empfohlen werden:

- > Solange man sich mit der Kontrolle nicht gezielt auf eine einzelne Fischart beschränkt, ist für aussagekräftige Aufstiegskontrollen ein zuverlässiges Equipment und Personal unerlässlich, um die Fängigkeit aller vorkommenden Fischarten und –größen gewährleisten zu können.
- > Aufstiegskontrollen sollten kontinuierlich über einen längeren Zeitraum erfolgen und nicht stichprobenartig an wenigen Tagen im Jahr durchgeführt werden. Es ist hinreichend bekannt, dass einzelne Fischarten nur an wenigen, nicht exakt vorhersagbaren Tagen im Jahr wanderaktiv sind (z. B. Stint). Ferner zeigen die Beobachtungen kontinuierlicher Aufstiegmessungen, dass es durchaus möglich ist, dass innerhalb kürzester Zeit ein kompletter Schwarm von Tieren eine Anlage passiert: In Geesthacht wurden beispielsweise an einem Tag im November 2010 mehr als 8.000 Neunaugen gezählt.

Aus Sicht der Autoren muss im Rahmen grundlegender Untersuchungen überprüft werden, inwieweit die derzeitigen Standards zur Aufstiegskontrolle belastbare Ergebnisse liefern, da derzeit nur einzelne Fischarten innerhalb festgelegter Zeitfenster gezählt werden und aufbauend auf derartigen Ergebnissen Aussagen zur Funktion einer FAA abgeleitet werden.

Literatur

ADAM, B. UND B. LEHMANN (2011): Ethohydraulik – Grundlagen, Methoden, Erkenntnisse. Springer-Verlag Berlin, Veröffentlichung in 2011.

Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag.

Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2010): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Gelbdruck. Hennef.

KRÜGER, F., S. HEIMERL, F. SEIDEL UND B. LEHMANN (2010): Ein Diskussionsbeitrag zur hydraulischen Berechnung von Schlitzpässen. In: WasserWirtschaft Nr. 03-2010, Seiten 30 bis 36.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes (MUNLV) Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2005): Handbuch Querbauwerke. Klenkes-Druck & Verlag GmbH, Aachen.

MUSALL, M. (2011): Mehrdimensionale hydrodynamisch-numerische Modelle im praxisorientierten und operationellen Einsatz, Dissertationsschrift, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), in Druck



Kontakt:

Dr.-Ing. Boris Lehmann

Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)

Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung

Kaiserstraße 12

76128 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 6084 4101

Fax: 0721/ 60 60 46

E-Mail: B.Lehmann@kit.edu

Jahrgang 1971

1992 – 1998

Universität Karlsruhe (TH) Studium Bauingenieurwesen,
Vertiefungsrichtung Wasserbau

1998 – 1999

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Karl Ludwig, Karlsruhe

1999 – 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg,
Sachgebiet „Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie“

seit 2000

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wasserwirt-
schaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH)

Februar 2005

Promotionsprüfung zum Doktoringenieur der Bau-, Geo-
und Umweltwissenschaften

seit 2006

Leiter des Theodor-Rehbock-Wasserbaulabors am Institut
für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) des Karlsruher
Instituts für Technologie (KIT)

Projektbearbeitung (Auswahl):

2005 – 2006: „Durchgängigkeit für Tiere in Fließgewässern“
– Leitfadenerstellung im Auftrag der Landes-
anstalt für Umwelt, Naturschutz und Messungen
Baden-Württemberg

2006 – 2009: Ethohydraulische Untersuchungen zur Auffind-
barkeit einer neuen Fischaufstiegsanlage am
Ruhrwehr Duisburg. Im Auftrag des Umweltmi-
nisteriums Nordrhein-Westfalen

2008 – 2010: Ethohydraulik – eine Grundlage für naturschutz-
verträglichen Wasserbau. Forschungsprojekt
Nr. 25429 im Auftrag der Deutschen Bundes-
stiftung Umwelt

2009 – 2011: Wasserbauliche und ethohydraulische Unter-
suchungen zur neuen Fischaufstiegsanlage am
Elbwehr bei Geesthacht. Im Auftrag der
Vattenfall New Power Generation AG.



Kontakt:

Dr.-Ing. Peter Oberle

Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)

Institut für Wasser und

Gewässerentwicklung

Kaiserstraße 12

76128 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 6084 8094

Fax: 0721/ 66 16 34

E-Mail: peter.oberle@kit.edu

Jahrgang: 1969

1990 – 1997

Universität Karlsruhe (TH) Studium Bauingenieurwesen,
Vertiefungsrichtung Wasserbau

1997 – 2004

Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Wasserwirt-
schaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH)

16.07.2004

Promotionsprüfung zum Doktoringenieur der Bau-, Geo-
und Umweltwissenschaften

seit 2005

Leiter der Abteilung "Numerische Modelle im Wasser-
bau" am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
(IWG) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Projektbearbeitung (Auswahl):

2008 – 2010: Numerische Simulationsstudie Fischauf-
stiegsanlage Wehr Geesthacht (Elbe),
Vattenfall

2009: Simulationsstudie Turbinen-Notschluss
Rheinkraftwerk Albruck-Dogern,
Schluchseewerk AG

2008 – 2009: Simulation von Deichbruchszenarien Stadt
Heilbronn, Stadt Heilbronn

2008 – 2009: Parameteroptimierung Wasserhaushaltsreg-
ler Rheinkraftwerk Rheinfelden,
Voith Hydro / Energiedienst

2007 – 2008: Dynamische Flussaue Rapperswil –
Morphodynamische Prognosestudie, Bau-
departement Aargau (Schweiz), Abtl.
Landschaft und Gewässer

2005 – 2008: BMBF-Verbundprojekt „Operationelles
Hochwassermanagement in großräumigen
Extremsituationen“, Teilprojekt „Hydraulik
/ GIS-gestütztes Simulationswerkzeug“

2006 – 2007: 3D-Strömungssimulation zur Bewertung
der Lockströmung eines Umgehungsgerin-
nes am Hochrheinkraftwerk Ryburg-
Schwörstadt, Energiedienst Holding AG

1997 – 2006: GIS-gestütztes Hochwassersimulationssy-
stem Neckar, Umweltministerium Baden-
Württemberg

Untersuchungen zur Optimierung der Passierbarkeit

Béla Sokoray-Varga und Katrin Läkemäker

1 Einleitung

Ein wichtiger Bestandteil bei der Gewährleistung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen ist die Anwendung von qualitativ hochwertigen Planungsgrundlagen. Die Planungsgrundlagen weisen allerdings in einigen Bereichen noch Unsicherheiten auf, so dass im Bereich der Bemessungsvorgaben noch Forschungsbedarf besteht. Um diese Unsicherheiten zu mindern, sind diese Schwachstellen mittels Grundsatzuntersuchungen zu analysieren.

Am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (KIT) wird u. a. im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) die Hydraulik des Vertical-Slot-Fischpasses untersucht. Ziel ist die Erforschung der Wissensdefizite bei der Berechnung von maximalen Geschwindigkeiten sowie die Auswirkungen der Geometrie auf die Strömungscharakteristik und auf die Eigenschaften der Turbulenz in den Becken. Die beiden laufenden Forschungsarbeiten sind in die Forschungsschwerpunkte „Strömungscharakteristik“ und „Turbulenz“ gegliedert.

In diesem Beitrag soll die Notwendigkeit für weitere Forschungen aufgezeigt werden. Der Beitrag ist keine wissenschaftliche Abhandlung der Regelwerke, sondern hat sich zum Ziel gesetzt, zwei wesentliche Schwachstellen der in der Praxis verbreiteten Ansätze aufzuzeigen. Die wesentlichen Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden in weiteren Veröffentlichungen publiziert.

2 Untersuchungen zur Strömungscharakteristik

Bei der Planung und Bemessung von Vertical-Slot-Fischpässen stehen dem Planer derzeit die in den Regelwerken (DVWK 1996, MUNLV 2005) angegebenen Bemessungsvorgaben zur Verfügung. Neben den geometrischen Grenzwerten werden auch die hydraulischen Parameter Fließgeschwindigkeit, Abfluss, Leistungsdichte sowie das Gefälle durch den Parameter der Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken, zur Bemessung herangezogen. Die funktionalen Zusammenhänge der Parameter untereinander sind in Abb. 1 dargestellt.

Die in den oben genannten Regelwerken postulierten Bemessungsformeln beruhen auf ein-dimensionalen Bemessungsansätzen. Die Erfahrungen in der Praxis sowie bereits erfolgte Untersuchungen haben gezeigt, dass dies nicht auf die sich tatsächlich einstellende Strömung in Schlitzpässen zutrifft (RAJARATNAM et al. 1986, WU et al. 1999, IWG 2009, ADAM et al. 2009). Folglich ist eine Planungssicherheit für den planenden Ingenieur nicht gegeben und es besteht im Bereich der Bemessungsvorgaben weiterer Forschungsbedarf.

reits hingewiesen. Es werden jedoch keine Angaben dazu gemacht, wie die Anströmgeschwindigkeit ermittelt werden kann. Dem Planer stellt sich daher die Frage wie die Anströmgeschwindigkeit bzw. die tatsächliche maximale Fließgeschwindigkeit berechnet werden kann. Daher finden am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung großskalige physikalische Modellversuche statt, um durch Grundsatzuntersuchungen die bestehenden Bemessungsansätze zu erweitern und anzupassen. Die Zielsetzung ist dabei, dem Planer verlässliche Vorgaben für die Bemessung zur Verfügung zu stellen.

2.2 Strömungssignatur

Um den Fischen eine erfolgreiche Aufwanderung zu ermöglichen, wird eine möglichst geringe Turbulenz in den Fischaufstiegsanlagen angestrebt (LARINIER et al. 1998). Ein Maß für die in den Becken auftretende Turbulenz ist die Leistungsdichte. Sie ist ein Koppelparameter zwischen der Menge der eingetragenen potenziellen hydraulischen Energie und dem vorhandenen Beckenvolumen.

Betrachtet man die Strömungscharakteristik in einem Vertical-Slot-Pass können sich nach WU et al. (1999) grundsätzlich zwei Strömungssignaturen, sog. flow patterns, einstellen (Abb. 3).



Abb. 3: Strömungssignaturen in Schlitzpässen: flow pattern I (links), flow pattern II (rechts)
(Quelle: WU et. al 1999)

Der flow pattern I ist durch einen durchgängigen Wanderkorridor (dicke Pfeile) gekennzeichnet. Dieser führt mit einem mehr oder weniger geschwungenen Strömungspfad vom ober- zum unterstromigen Schlitz. Hier können relativ große Fließgeschwindigkeiten auftreten. Diese sind für eine durchgehende rheotaktische Orientierung für die Fische sicherzustellen. In den Bereichen links und rechts neben dem Wanderkorridor bilden sich große Walzen aus, in denen geringere Fließgeschwindigkeiten herrschen, so dass diese Bereiche von den Fischen als Ruhezononen genutzt werden können. Bei der Strömungssignatur „durchgängiger Wanderkorridor“ wird die Strömung vor allem durch die Beckenlänge beeinflusst. Wird die Beckenlänge zu kurz gewählt, entsteht eine Kurzschlussströmung, d. h. es bildet sich ein gerader Strömungspfad, der direkt von Schlitz zu Schlitz verläuft und damit sehr große Fließgeschwindigkeiten hervorruft. Bei einer zu großen Beckenlänge besteht die Gefahr, dass der Wanderkorridor aufgrund zu geringer Fließgeschwindigkeiten abreißt und es zu einem Verlust der rheotaktischen Orientierung für die Fische kommt.

Der flow pattern II ist durch einen abreißenden Wanderkorridor gekennzeichnet. Bei diesem flow pattern trifft der aus dem oberstromigen Schlitz austretende Wasserstrahl auf die nächste unterstrom liegende Trennwand im Ruhebecken. Dabei wird der Strahl stark abgebremst. Die Bewegungsenergie des Strahles wird in Lageenergie umgewandelt. Es kommt im Ruhebecken im Bereich oberhalb der Trennwand lokal zu einer Erhöhung des Wasserspiegels. Durch

das zusätzlich entstandene Wasserspiegelgefälle erfährt das zuvor abgebremste Wasser eine Beschleunigung in Richtung Schlitzöffnung. Dies führt im Bereich des Schlitzes zu Strahlablösungen an den Trennwänden, die zu einer Einengung des Strömungskorridors führen. Es entsteht eine stark turbulente Strömung mit keinem durchgehenden Strömungspfad, dieser ist jedoch aus fischökologischer Sicht bedeutsam für ein effektives Wanderverhalten.

Beide Strömungssignaturen können nach den derzeitigen Bemessungsvorgaben der Regelwerke in einem Schlitzpass auftreten. Bisher ist noch nicht abschließend geklärt, bei welchen geometrischen Konfigurationen Strömungssignatur I, durchgehender Wanderkorridor, bzw. Strömungssignatur II, abreißender Wanderkorridor, auftritt. Die Klärung der Ursachen für das Auftreten der unterschiedlichen Signaturen ist von Bedeutung, da die Art der Signatur einen signifikanten Einfluss auf die hydraulischen Bedingungen in einem Schlitzpass und somit auf die Passierbarkeit hat.

WU et al. (1999) haben als eine Ursache für das Auftreten von unterschiedlichen flow patterns das Sohlgefälle genannt. TARRADE et al. (2008) sowie WANG et al. (2010) konnten eine zusätzliche Beeinflussung durch die Beckenbreite feststellen. Eine weitere Ursache kann ferner in der Beckenlänge liegen. Inwieweit unterschiedliche Kombinationen aus Sohlgefälle und Beckenlänge das Auftreten eines flow patterns beeinflussen, gilt es systematisch zu untersuchen.

2.3 Modellversuche

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) großskalige physikalische Modellversuche durchgeführt. Dabei ist das Ziel, Bemessungsansätze bzw. Designs zu entwickeln, die – unter Berücksichtigung der fischökologischen Kriterien – konstruktive Vorgaben für den Planer darstellen. Dabei wird das Hauptaugenmerk insbesondere auf die Bestimmung der maximalen Fließgeschwindigkeit sowie auf die auftretenden Strömungssignaturen in Abhängigkeit des gewählten Designs gelegt.

Dazu wurde im Theodor-Rehbock-Wasserbaulaboratorium am IWG ein Versuchsstand in Form einer 10 m langen und 80 cm breiten, höhenverstellbaren Rinne aufgebaut. In diesen werden Schlitzpasseinbauten als modulare Elemente installiert (vgl. Abb. 4). Dies ermöglicht eine große Variabilität in Bezug auf die geometrischen Abmessungen der Becken und Schlitzze, so dass unterschiedliche Strömungssignaturen erzeugt werden können. Die Fließgeschwindigkeiten werden hochaufgelöst mit einem 3D-ADV gemessen.

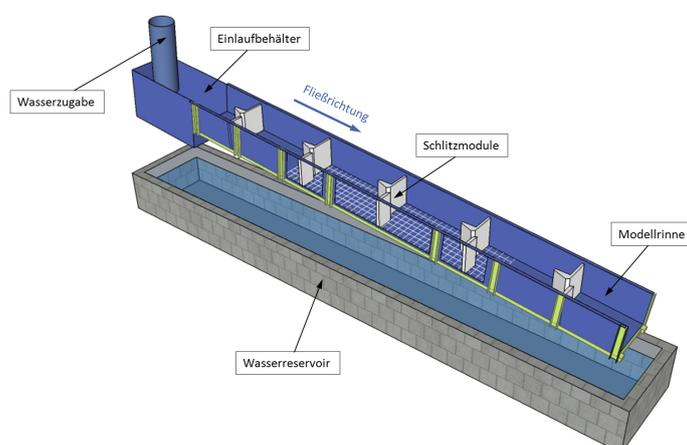


Abb. 4:
Versuchsstand
(Abb.: LÄKEMÄKER)

3 Untersuchungen zur Turbulenz

Es wurde schon vor längerer Zeit erkannt, dass Turbulenz die Schwimmleistung der Fische und damit die Passierbarkeit einer Fischaufstiegsanlage beeinflusst. Dennoch herrschen in solchen Anlagen bis heute oft sehr turbulente Strömungsverhältnisse.

Welche Eigenschaften der Turbulenz für das Schwimmverhalten der Fische maßgebend sind, wurde jedoch bis heute nicht geklärt. Planungsgrundlagen beinhalten deshalb kaum Empfehlungen, welche Veränderung in den Beckenbauteilen welche Auswirkungen auf die Ausbildung bestimmter Turbulenzmerkmale haben.

Die Untersuchungen in Kooperation mit der Bundesanstalt für Wasserbau haben die Ziele, durch hochaufgelöste Strömungsmessungen Eigenschaften und Skalen der Turbulenz in Vertical-Slot-Fischpässen zu bestimmen und Möglichkeiten zur Beeinflussbarkeit der Turbulenzverhältnisse durch gezielte Auswahl von Bauelementen aufzuzeigen.

3.1 Relevanz der Turbulenzskalen und der verschiedenen Messverfahren

Turbulenz kann als die Gesamtheit der kleinräumigen Strömungsstrukturen (Wirbel) einer Strömung betrachtet werden, die über unterschiedliche zeitliche und räumliche Skalen verfügen.

Verschiedene Messverfahren erfassen Turbulenz unterschiedlich. In punktuellen Fließgeschwindigkeitsmessungen (z. B. Acoustic Doppler Velocimetry) wird Turbulenz als Geschwindigkeitsschwankung um den Mittelwert erfasst, die sich aus der Überlagerung der im Messpunkt durchfließenden Wirbel ergibt. Anhand punktueller Messergebnisse wird Turbulenz üblicherweise mittels der mittleren Schwankungsgrößen der Geschwindigkeit (z. B. turbulente kinetische Energie, Reynolds Schubspannungen) quantifiziert, wobei die Größen der Strukturen nicht gemessen werden. Ganzfeldmessverfahren wie z. B. Particle Image Velocimetry ermöglichen darüber hinaus die räumliche Erfassung der Strömungsstrukturen (z. B. SOKORAY-VARGA & JOZSA 2008).

Turbulente Strömungsstrukturen können in Abhängigkeit ihrer Skalen unterschiedliche Eigenschaften haben. Die großskaligen turbulenten Wirbel werden im Allgemeinen von den Instabilitäten der Hauptströmung erzeugt (z. B. Ablösung an Bauelementen, Scherzonen), ihre Eigenschaften (z. B. Ausdehnung in den Raumrichtungen) sind von der Geometrie und den Randbedingungen abhängig und besitzen deshalb Richtungseigenschaften, d. h. sie sind anisotrop. Aus größeren turbulenten Wirbeln entstehen durch den turbulenten Zerfallprozess kleinskalige turbulente Wirbel. Dabei bauen sich die Richtungseigenschaften ab, d. h. die Wirbel werden isotrop. In vielen wissenschaftlichen Untersuchungen wird feinskalige, isotrope Turbulenz erzeugt, indem die Strömung durch ein Gitter geleitet, und so in relativ kleine anisotrope Wirbel zerlegt wird, welche durch Zerfallprozesse schnell in isotrope Wirbel zerfallen.

Der Einfluss von Turbulenz auf Fische war in der Vergangenheit Inhalt zahlreicher Versuche, in denen das Schwimmverhalten von Fischen unter verschiedenen Strömungs- und Turbulenzrandbedingungen in unterschiedlichster Form erfasst wurde. Die einzelnen Experimente unterscheiden sich v. a. in der Art der Turbulenzerzeugung (z. B. Bauwerke oder Gitter) und der Art der Turbulenzmessung (punktueller Messung oder Ganzfeldmessverfahren).

3.2 Untersuchungen zum Einfluss von Turbulenz auf Fische in der Literatur

Einige Veröffentlichungen zum Schwimmverhalten der Fische unter turbulenten Strömungsbedingungen betrachten ausschließlich feinskalige, isotrope Turbulenz unterschiedlicher Intensität, die z. B. durch Gitter erzeugt wird. Die Turbulenz wird punktuell statistisch, i. d. R. durch ADV-Messungen (z. B. ODEH et al. 2002, ENDERS et al. 2003) erfasst. Solche Versuche können den Einfluss der großskaligen turbulenten Strukturen nicht berücksichtigen.

Andere Untersuchungen erfolgten in Strömungen mit großskaliger, anisotroper Turbulenz, die meistens mit annähernd realmaßstäblichen Fischpassmodellen oder in Untersuchungsringen mit gezielt durch Zylinder erzeugten Strömungsstrukturen durchgeführt wurden. Anhand der angewendeten Messverfahren zur Erfassung von Turbulenz lassen sich solche Untersuchungen in zwei Untergruppen aufteilen.

In der einen Untergruppe wurde die großskalige, anisotrope Turbulenz zwar berücksichtigt, die Strömungseigenschaften aber punktuell gemessen, und damit die Größen der turbulenten Strukturen nicht erfasst (NIKORA et al. 2003, GUINY et al. 2005, SMITH et al. 2005, KAMPKE et al. 2008, SILVA et al. 2011).

In der anderen Untergruppe wurden die Eigenschaften der großskaligen, anisotropen Turbulenz mit Ganzfeldmessverfahren erfasst und so ein direkter Zusammenhang zwischen dem Schwimmverhalten der Fische und den Eigenschaften der turbulenten Strukturen erforscht (WEBB 1998, LIAO et al. 2003, BLECKMANN et al. 2004, LIAO 2007, TRITICO & COTEL 2010, PRYZBILLA et al. 2010). Wie realistisch die meist durch Zylinder oder Halbzylinder erzeugten Wirbelgrößen, ihre räumliche Ausdehnungen und ihr zeitliches Vorkommen die Verhältnisse in realen Fischpässen abbilden, ist jedoch aufgrund fehlender Messergebnisse weitgehend unbekannt.

3.3 Hochaufgelöste Turbulenzmessungen in Vertical-Slot-Fischpässen

Für die zeitlich und räumlich hochaufgelösten PIV-Messungen wurde ein Vertical-Slot-Fischpass in einem physikalischen Modell mit 4 % Sohlneigung in der Bundesanstalt für Wasserbau aufgebaut. Das Modell enthält neun Becken von einem Meter Länge und 80 cm Breite.

Mit dem Stereo-PIV-System werden die Geschwindigkeiten in den Becken in horizontalen Ebenen gemessen. Die Taktrate des Messsystems erlaubt die zeitaufgelöste Aufnahme des Geschwindigkeitsfeldes, durch räumliche Analyse des Strömungsfeldes sollen die turbulenten Strukturen erfasst und deren Charakteristika bestimmt werden.

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung turbulenter Strukturen in den Becken und die Entwicklung von Methoden zu ihrer Charakterisierung anhand von Wirbelgrößen und zeitlicher Abfolge. Es wird untersucht, ob sich Zonen mit ähnlicher Charakteristik in den Becken und Periodizität in der Wirbelabfolge ausbilden. Die Analyse mehrerer geometrischer Varianten soll zeigen, wie man solche Charakteristika durch Einbauten wie Trennwände, Schlitzgeometrie, Störgeometrien u. ä. beeinflussen kann.

3.4 Weitere Nutzen der Erkenntnisse dieses Forschungsprojektes

Mit Hilfe dieser Erkenntnisse soll gezeigt werden, inwiefern die Ergebnisse von bereits bestehenden Untersuchungen zur Fisch-Strömung-Wechselwirkung auf reale Fischpässe übertragen werden können.

Für zukünftige Untersuchungen des Fischverhaltens unter turbulenten Strömungsbedingungen können die Erkenntnisse dieser Studie, in Abhängigkeit der Untersuchungsmethode, wie folgt verwendet werden.

Bei Untersuchungen in Untersuchungsrippen, in denen großskalige turbulente Strukturen mit Hilfe von Zylindern erzeugt werden, könnten die Charakteristika der erzeugten Strömungsstrukturen aus den Erkenntnissen des vorliegenden Forschungsprojektes entnommen werden.

Bei Untersuchungen mit realmaßstäblichen Rinnenversuchen müssen Strömungserfassung und Fischbeobachtungen separat realisiert werden. Der Zusammenhang zwischen gemessenen Strömungscharakteristika einer Zone und beobachtetem Fischverhalten in der Zone muss anhand geeigneter statistischer Korrelationen nachträglich hergestellt werden. Die vorliegende Studie erarbeitet eine Methodik und Algorithmen zur Berechnung der Turbulenzcharakteristika für eine solche Übertragung.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Um qualitativ hochwertige Planungsgrundlagen zu erhalten, müssen die Unsicherheiten in den Bemessungsmethoden mit Hilfe von Grundsatzuntersuchungen vermindert werden.

Die vorgestellten Forschungsarbeiten sollen die Kenntnisse über die Hydraulik des Vertical-Slot-Fischpasses erweitern, insbesondere bezüglich der Zusammenhänge zwischen Anströmgeschwindigkeit und maximaler Geschwindigkeit, Leistungsdichte bei der Energiedissipation und Strömungssignaturen, sowie bezüglich Größe, Ausrichtung und zeitlichem Vorkommen der turbulenten Strömungsstrukturen in den Becken und deren Abhängigkeit von den geometrischen und hydraulischen Randbedingungen der Becken.

Literatur

- ADAM, B., C. LINDEMANN, W. KAMPKE & B. LEHMANN (2009): Ethohydraulische Tests zur Passierbarkeit von Schlitzten - Im Auftrag der Vattenfall Europe AG, (unveröff.)
- BLECKMANN, H., J. MOGDANS, J. ENGELMANN, S. KRÖTHER & W. HANKE (2004): Das Seitenliniensystem - Wie Fische Wasser fühlen, Biol. Unserer Zeit, 2004, Vol. 6, pp. 358-365
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DVWK) (1996): Fischauftstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. – Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2010: Fischauftstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509

- ENDERS, E. C., D. BOISCLAIR & A. G. ROY (2003): The effect of turbulence on the cost of swimming for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, Vol. 60, pp. 1149-1160
- GUINY, E., D. ERVINE & J. ARMSTRONG (2005): Hydraulic and biological aspects of fish passes for Atlantic salmon, *Journal Of Hydraulic Engineering*, 2005, Vol. 131(7), pp. 542-553
- Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) (2009): Fischaufstiegsanlage Geesthacht – Wasserbauliche Modellversuche - Im Auftrag der Vattenfall Europe AG, (unveröff.)
- JIRKA, G. H. (2007): Einführung in die Hydromechanik, Universitätsverlag Karlsruhe
- KAMPKE, W., F. NESTMANN, B. LEHMANN & B. ADAM (2008): Ethohydraulics – behavioral study plus hydraulic modelling, *Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics*, 2008, Vol. Vol. 3, pp. 1877-1883
- LARINIER, M., J. P. PORCHER, F. TRAVEDE, C. GOSSET (1998): Passes à poissons. Expertise conception des ouvrages de franchissement, Conseil Supérieur De La Pêche, Paris, France
- LIAO, J. C. (2007): A review of fish swimming mechanics and behaviour in altered flows, *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2007, Vol. 362, pp. 1973-1993
- LIAO, J. C., D. N. BEAL, G. V. LAUDER & M. S. TRIANTAFYLLOU (2003): Fish Exploiting Vortices Decrease Muscle Activity, *Science*, 2003, Vol. 302(5650), pp. 1566-1569
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes (MUNLV) Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2005): *Handbuch Querbauwerke*. Klenkes-Druck & Verlag GmbH, Aachen
- NIKORA, V. I., J. ABERLE, B. J. F. BIGGS, I. G. JOWETT, J. R. E. SYKES (2003): Effects of fish size, time-to-fatigue and turbulence on swimming performance: a case study of *Galaxias maculatus*. *Journal of Fish Biology*, 63: 1365-1382.
- ODEH, M., J. F. NOREIKA, A. HARO, A. MAYNARD, T. CASTRO-SANTOS & G. F. CADA. (2002): Evaluation Of The Effects Of Turbulence On The Behavior Of Migratory Fish, Final Report 2002, Report to Bonneville Power Administration, Contract No. 00000022, Project No. 200005700, 55 electronic pages (BPA Report DOE/BP-00000022-1), Bonneville Power Administration, 2002
- PRZYBILLA, A., S. KUNZE, A. RUDERT, H. BLECKMANN & C. BRUCKER (2010): Entraining in trout: a behavioural and hydrodynamic analysis, *Journal Of Experimental Biology*, 2010, Vol. 213, pp. 2976-2986
- RAJARATNAM, N., G. VAN DER VINNE, C. KATOPODIS (1986): Hydraulics of Vertical Slot Fishways, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 112, pp. 909-927
- SILVA, A. T., J. M. SANTOS, M. T. FERREIRA, A. N. PINHEIRO & C. KATOPODIS (2011): Effects of water velocity and turbulence on the behaviour of Iberian barbel (*Luciobarbus bocagei*, Steindachner 1864) in an experimental pool-type fishway, *River Research and Applications*, John Wiley & Sons, Ltd., 2011, Vol. 27(3), pp. 360-373

- SMITH, D. L., E. L. BRANNON & M. ODEH (2005): Response of Juvenile Rainbow Trout to Turbulence Produced by Prismatic Shapes, Transactions of the American Fisheries Society, 2005, Vol. 134(3), pp. 741-753
- SOKORAY-VARGA, B. & J. JOZSA (2008): Particle tracking velocimetry (PTV) and its application to analyse free surface flows in laboratory scale models, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2008, Vol. 52/2, pp. 63-71
- TARRADE, L., A. TEXIER, L. DAVID & M. LARINIER (2008): Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways, Hydrobiologia, Springer Netherlands, 2008, Vol. 609, pp. 177-188
- TRITICO, H. M. & A. J. COTEL (2010): The effects of turbulent eddies on the stability and critical swimming speed of creek chub (*Semotilus atromaculatus*), Journal Of Experimental Biology, 2010, Vol. 213(13), pp. 2284-2293
- WANG, R. W., L. DAVID, M. LARINIER (2010): Contribution of experimental fluid mechanics to the design of vertical slot fish passes, Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, (2010), 396, 02
- WEBB, P. (1998): Entrainment by river chub *Nocomis micropogon* and smallmouth bass *Micropterus dolomieu* on cylinders, Journal Of Experimental Biology, 1998, Vol. 201(16), pp. 2403-2412
- WU, S., N. RAJARATNAM, FELLOW, C. KATOPODIS (1999): Structure of flow in Vertical Slot Fishway, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No. 4, pp. 351-360



Kontakt:

Dipl.-Ing. Béla Sokoray-Varga

Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)
Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Kaiserstraße 12
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 3615
Email: bela.sokoray-varga@baw.de

1998 – 2004

Studium Bauingenieurwesen an der Technische
und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Bu-
dapest (BME)

2004 – 2009

Wissenschaftlicher Angestellter an der BME

seit 2009

Wissenschaftlicher Angestellter am Karlsruher
Institut für Technologie (KIT)

Projektbearbeitung:

2004 – 2009: Turbulenzmessungen in Vertical-
Slot-Fischpässen mittels akustischer
Messverfahren

2007 – 2009: Entwicklung von PIV-Algorithmen
zur Anwendung für Labormessungen

seit 2009: räumlich und zeitlich hochaufgelöste
Strömungsmessungen in Vertical-Slot-
Fischpässen



Kontakt:

Dipl.-Ing. Katrin Läkemäker

Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)
Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Kaiserstraße 12
76128 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 608 43164
Email: laekemaeker@kit.edu

<http://iwk.iwg.kit.edu/>

1999 – 2006

Studium Bauingenieurwesen an der Universität
Karlsruhe

seit 2006

Wissenschaftliche Angestellte am Institut für Was-
ser und Gewässerentwicklung des Karlsruher Insti-
tuts für Technologie (KIT)

Projektbearbeitung:

Physikalische Modellversuche:

- Ethohydraulische Untersuchungen
- Bauwerksmodelle (An- und Umströ-
mungen, Wirbelbildung, etc.)
- Forschungsschwerpunkt: Hydraulik in
Vertical-Slot-Fischpässen

Strömungsanalyse von Bauwerksstrukturen
unter gewässerökologischen Aspekten

Bearbeitung diverser wasserbaulicher Fragestel-
lungen

Ultraschall-Strömungsmessungen für Funktionskontrollen von Fischaufstiegsanlagen

Carsten Wirtz

1 Einleitung

An vielen Querbauwerken werden Fischaufstiegsanlagen (FAA) eingerichtet um Wanderungen und auch kleinräumige Bewegungen aller Fischarten und –größen sowie von Evertebraten zu ermöglichen, so dass sie notwendige Habitate erreichen können. Für die Durchgängigkeit sind insbesondere Auffindbarkeit und Passierbarkeit der FAA von Bedeutung. Beide sind mit der Strömung verknüpft, welche wiederum vom Gefälle abhängt. Auf Basis geometrischer und hydraulischer Eigenschaften der FAA wie Schlitzbreiten, Beckenmaße, Anzahl und Anordnung der Becken, Absturzhöhen zwischen den Becken u. a. lassen sich Fließgeschwindigkeiten und spezifische Leistungsdichten berechnen und mit Vorgaben von DVWK (1996), MUNLR (2005) und DWA (2010) vergleichen. Die Praxis zeigt jedoch, dass aufgrund komplexer Strömungsverhältnisse in den FAA sowie nicht vorhersehbarer Randbedingungen wie z. B. der Anordnung von Störsteinen, möglichen Verklausungen und starken Turbulenzen nicht immer Übereinstimmungen von angestrebten Werten und festgestellten Messresultaten erreicht werden. Insofern sind neben biologischen Untersuchungen auch hydraulische Messungen notwendig, um die Funktionsfähigkeit sowie mögliche Einschränkungen und Mängel besser beurteilen zu können.

2 Dreidimensionale Erfassung von Fließgeschwindigkeiten

Für Strömungsmessungen in FAA wurden aufgrund wechselnder Fließrichtungen und -geschwindigkeiten alle drei Richtungskomponenten erfasst und zur Aufzeichnung turbulenter Verhältnisse zeitlich hoch auflösende Messungen durchgeführt. Diese ermöglichen auf verschiedenen zeitlichen Skalenebenen eine Beschreibungen von Strömungsverhältnissen unter Berücksichtigung von Instationaritäten, welche für Fische zusätzliche Stressfaktoren bedeuten können. Statistische Kenngrößen von Geschwindigkeitsverteilungen in den Becken, im Wanderkorridor und insbesondere in den Schlitzten können bei verminderter Funktionsfähigkeit ermittelt und zusätzlich zu berechneten Werten für eine Identifizierung pessimaler Faktoren herangezogen werden. Die hydraulischen Messergebnisse werden verglichen mit den tatsächlichen Ergebnissen der zeitgleich durchgeführten Aufstiegskontrollen und zur Erkennung und Begründung von Funktionsmängeln der Anlage genutzt.

Die Erfassung der Hydraulik erfolgt mittels Strömungsmessungen bei mehreren im Jahresverlauf repräsentativen Abflüssen und in der Regel im obersten und untersten, bei längeren FAA auch in einem mittleren Becken. Dabei wird innerhalb der Becken an unterschiedlichen Punkten (z. B. unterhalb der Schlitzöffnungen, an stark durchströmten und strömungsberuhigten Stellen) zumeist oberflächennah, in mittlerer Tiefe und sohlennah gemessen.



Abb. 1 und 2: Strömungsmessungen am Beispiel einer FAA an der Neiße; unterschiedliche Strömung in verschiedenen Schlitzten (Fotos: Wirtz)

Zum Einsatz kommt die Methode der Ultraschall-Velocimetrie (punktuelle Messungen, pulse-coherent-Verfahren; Abb. 1). Vorteile liegen in der hoch aufgelösten Erfassung der dreidimensionalen Strömung (x -, y -, z -Komponenten). Zudem ergibt sich im Gegensatz z. B. zu Flügelmessungen unter allen Bedingungen die resultierende Strömungsgeschwindigkeit und -richtung. Bei Flügelmessungen ist dies nur bei permanenter Korrektur der Ausrichtung in die Strömung gewährleistet, da sonst eine ungünstige Anströmung erfolgt. Da die Messrate von Fließgeschwindigkeiten über 1 bis 3 Minuten üblicherweise 10 bis 25 Hertz beträgt, werden zudem Strömungsschwankungen und Richtungsänderungen erfasst, welche bei anderen Verfahren herausgemittelt werden. Die Verwendung weiterer Parameter (Körnung des Substrates, Wassertiefen, Gefälle, Abstände zu Sohlen oder seitlichen Begrenzungen) ermöglicht zusätzlich Berechnungen von Strömungsphänomenen, wie beispielsweise die Relation zur Störwellengeschwindigkeit (Froude-Zahl) zur Beurteilung strömenden oder schießenden Wassers, das Ausmaß von Turbulenzen (turbulente kinetische Energie, Reynolds-Zahl) oder Schubspannungen zur Quantifizierung von Scherkräften an der Sohle. Die Bestimmung u. a. von kumulierten Häufigkeiten, Perzentilwerten, Standardabweichungen und Varianzen erweitert Analysen an den einzelnen Messstellen.

3 Ergebnisse

Einen Überblick zu Strömungen geben Grafiken, in welchen Fließgeschwindigkeiten und –richtungen als Rosen in Pläne der FAA integriert sind (Abb. 3 u. 4) und welche einer ersten Differenzierung der Verhältnisse in den Becken dienen. So wird in Abb. 3 deutlich, dass eine ruhige Anströmung des Schlitzes des obersten Beckens dort eine eindeutige Strömungsrichtung ergibt und turbulente Verhältnisse im unteren Bereich des Beckens erzeugt, was anhand von Richtungsänderungen sowie Überlagerungen der Hauptströmung mit von den Berandungen zurückgeworfenen Strömungen deutlich wird. Im untersten Becken der FAA (Abb. 4) erfolgt die Energiedissipation aufgrund turbulenter Anströmung vom vorherigen Becken bereits im Schlitz, was hier stärkere Richtungsänderungen aber unterstrom geringere Turbulenzen bedeutet. Das Phänomen unterschiedlicher Strömungsverhältnisse im obersten, ersten und in den folgenden Schlitzten von FAA ist auch in Abb. 2 gut erkennbar.

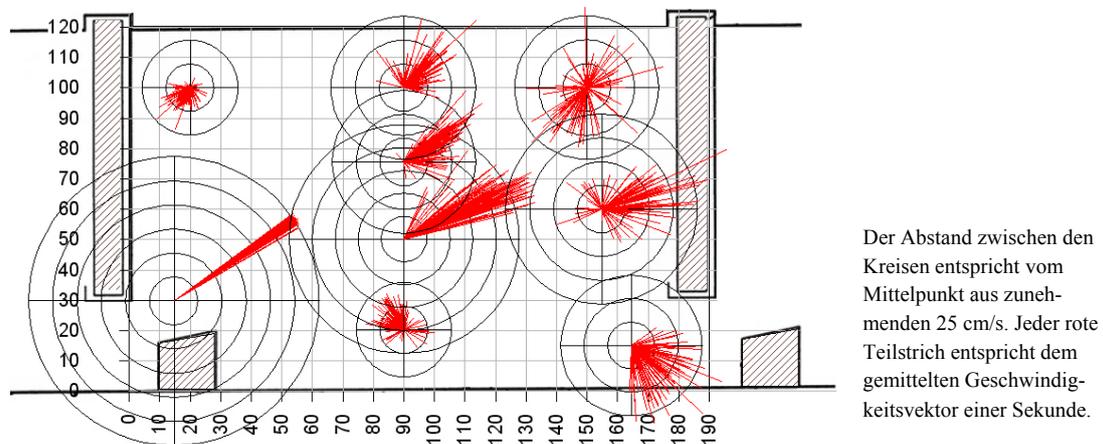


Abb. 3: Oberflächennahe Strömungen im obersten Becken eines Schlitzpasses im Spreewald (Brachsenregion, Metapoatamal)

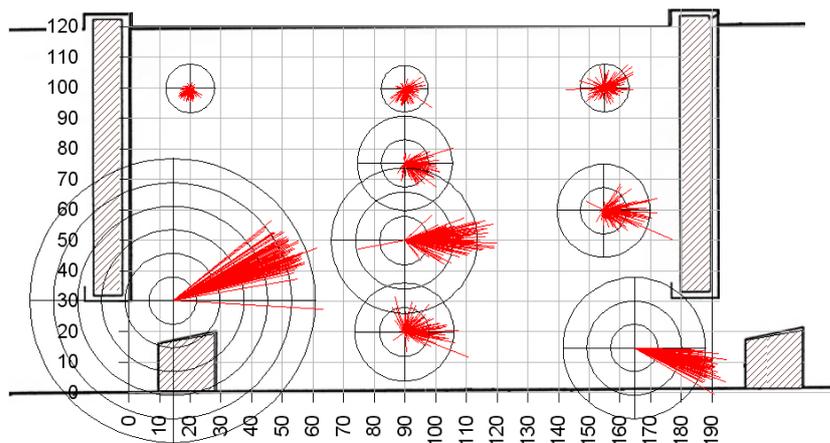


Abb. 4: Oberflächennahe Strömungen im untersten Becken eines Schlitzpasses im Spreewald (Brachsenregion, Metapoatamal)

Die den Turbulenzgrad beschreibende maximal zulässige Leistungsdichte von 125 W/m^3 wurde zum Zeitpunkt der Messungen in beiden Becken eingehalten. Im oberen Becken (Abb. 3) war allerdings die Verteilung der Turbulenzen ungleichmäßig und erreichte in der Mitte des Beckens hohe Werte. Die maximale turbulente kinetische Energie betrug hier bis zu $1.400 \text{ cm}^2/\text{s}^2$, weshalb auch die Leitströmung zwischen den Schlitzen weniger ausgeprägt ist als im untersten Becken (Abb. 4). Dies erschwert möglicherweise die Orientierung für wandernde Individuen.

Tabelle 1

Vergleich nach Merkblatt DWA M 509 (DWA 2010) unter mittels Δh berechneten Fließgeschwindigkeiten und gemessenen oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten in Schlitzen an Schlitzpass im Spreewald

Messstelle	Berechnete max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)	Gemessene max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)	Gemessene mittl. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)
Oberstes Becken Δh 11,5 cm	1,50	1,55	1,47
Unterstes Becken Δh 9 cm	1,33	1,60	1,30

Die maximal zulässigen Fließgeschwindigkeiten von $1,70 \text{ m/s}$ (DWA 2010) wurden ebenfalls eingehalten. Eine gute Übereinstimmung besteht zwischen den berechneten maximalen Fließgeschwindigkeiten und den gemittelten gemessenen Werten. Die maximalen gemessenen Geschwindigkeiten weichen an der gleichförmigen Schlitzströmung des obersten Beckens geringfügig und am unteren Schlitz deutlich sowohl von den berechneten als auch den gemittelten Werten ab. Dies ist ein Hinweis auf erhöhte Fluktuationen der Fließgeschwindigkeiten im unteren Schlitz. Abbildung 5 verdeutlicht die Strömungsverhältnisse dort während einer zweiminütigen Messung.

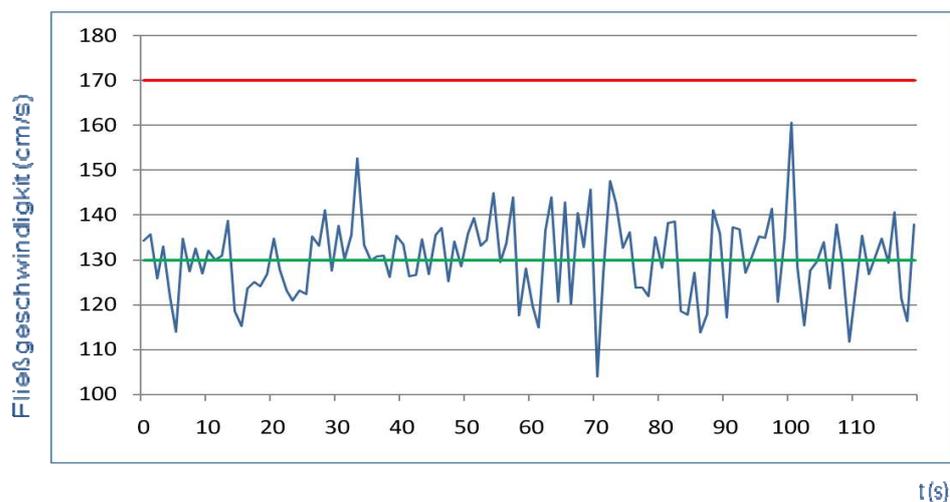


Abb. 5: Instationäre Strömungen unterhalb des Schlitzes des untersten Beckens, die grüne Linie kennzeichnet den Mittelwert, die rote Linie die zulässige Geschwindigkeit (170 cm/s)

Da Fische Sprintgeschwindigkeiten (10 bis 12fache ihrer Körperlänge pro Sekunde) nur bis etwa 2 Sekunden aufrecht halten können, verringern fluktuierende Strömungen die Passierbarkeit eines Schlitzes. So wäre bei den in Abb. 5 dargestellten Werten die mittlere Geschwindigkeit von 1,30 m/s für einen mit Sprintgeschwindigkeit schwimmenden etwa 11 cm langen Fisches passierbar. Aufgrund der Strömungsschwankungen müssten allerdings günstige Phasen abgewartet werden. Es ist fraglich, ob Fische sich ausreichend lange in Position halten können oder eventuell zufällig den richtigen Moment abpassen. Die Beurteilung der FAA wäre unter diesen erweiterten Betrachtungen also kritischer.

An der FAA des Spreewehrs Kiekebusch fanden zwei Messungen statt, welche im untersten Becken deutliche Überschreitungen sowohl der zulässigen Fließgeschwindigkeiten als auch, aufgrund geringer Beckenmaße, der Leistungsdichten von bis zu über 400 W/m³ ergaben. In einem Fall wurden aufgrund einer möglicherweise durch Verkläusungen verursachten Absturzhöhe von 28 cm im vorletzten Schlitz der Anlage Fließgeschwindigkeiten von bis zu 260 cm/s festgestellt. Bei einer Wiederholungsmessung mit einem Δh von 16 cm lagen die Fließgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 190 cm/s immer noch wesentlich über den Grenzwerten. Tabelle 2 vergleicht diese Werte mit den berechneten Ergebnissen beider Absturzhöhen.

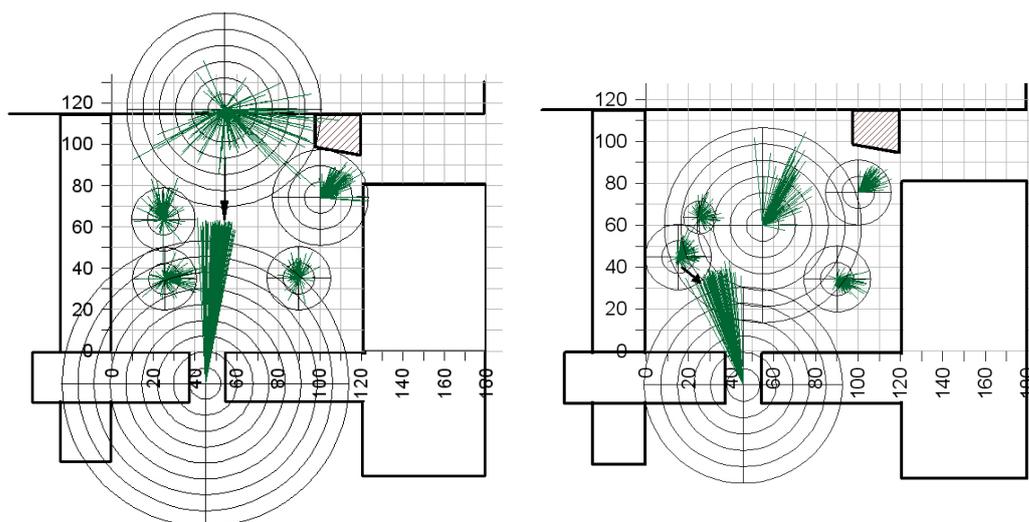


Abb. 6 und 7 : Strömungsmessungen in mittlerer Tiefe in FAA bei Kiekebusch, unterschiedliche Strömung in unterstem Becken bei verschiedenen Absturzhöhen von 28 cm, links und 16 cm, rechts

Die Abbildungen 6 und 7 verdeutlichen die Verteilung von Fließgeschwindigkeiten und -richtungen sowie die bei einem Δh von 28 cm von der dem Schlitz gegenüberliegenden Be-
randung reflektierten Strömungen, welche in der Mitte des Beckens starke Turbulenzen erzeugen. Bei einer Absturzhöhe von 16 cm hingegen waren die Turbulenzen weniger ausgeprägt und eine Leitströmung zwischen den Schlitzten nachweisbar.

Tabelle 2

Vergleich nach Merkblatt DWA M 509 (DWA 2010) mittels Δh berechneter Fließgeschwindigkeiten und gemessener Fließgeschwindigkeiten mittlerer Tiefen in Schlitz des untersten Beckens, FAA bei Kiekebusch

Messstelle	Berechnete max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)	Gemessene max. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)	Gemessene mittl. Fließgeschwindigkeit im Schlitz (m/s)
Unteres Becken, Δh : 28cm	2,34	2,60	2,48
Unteres Becken, Δh : 16cm	1,77	1,90	1,74

Dennoch wurden, ähnlich wie im vorletzten Schlitz der FAA im Spreewald des ersten Beispiels (vgl. Abb. 5), auch bei der geringeren Absturzhöhe von 16 cm unterhalb des Schlitzes Strömungsschwankungen aufgezeichnet, welche, trotz der Feststellung relativ geringer Überschreitungen zulässiger Werte anhand berechneter und mittlerer Fließgeschwindigkeiten, aufgrund periodischer Abweichungen eine einfache Passierbarkeit bezweifeln lassen (Abb. 8).

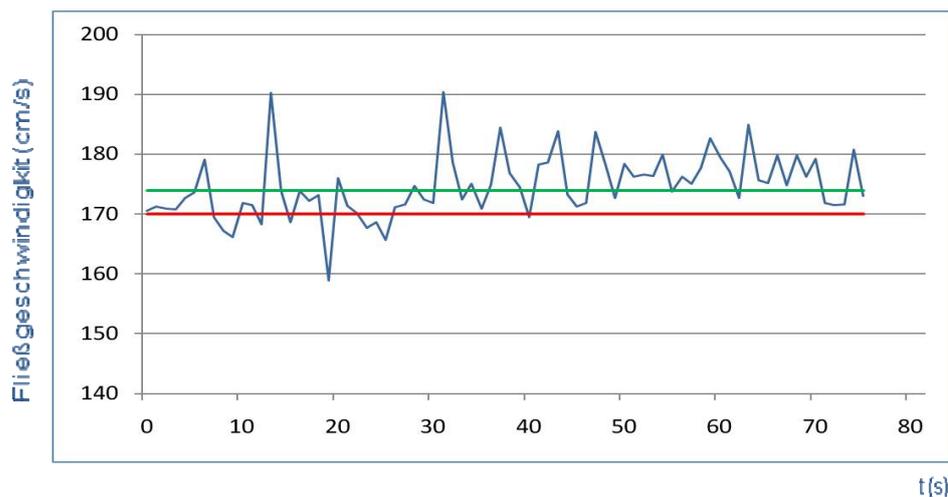


Abb. 8: Instationäre Strömungen unterhalb des Schlitzes des untersten Beckens, die grüne Linie kennzeichnet den Mittelwert (174 cm/s), die rote Linie die zulässige Geschwindigkeit (170 cm/s)

3 Zusammenfassung

Strömungsmessungen, insbesondere mittels zeitlich und räumlich hoch auflösender und punktueller Ultraschall-Velocimetrie, erweitern die Aussagefähigkeit von Funktionskontrollen von Fischwanderhilfen erheblich. Neben der Lokalisierung und Quantifizierung von Strömungsbereichen wie Ruhezone und Abschnitten mit hohen Strömungen bietet die exakte Erfassung von kontinuierlichen sowie wechselnden Strömungsrichtungen die Möglichkeit zu beurteilen, inwiefern Ansprüche wandernder Fischarten an eine Leitströmung als

Orientierungshilfe erfüllt werden. Die unter den turbulenten Verhältnissen häufigen Instationaritäten lassen sich bei hohen Messfrequenzen von bis zu 25 Hertz innerhalb von Beobachtungszeiträumen von wenigen Minuten gut erfassen. Weiterhin bietet die Erfassung unstetiger Strömungen die Möglichkeit, Gunst- und Ungunstphasen abzugrenzen und deren Dauer zusätzlich zu mittleren Fließgeschwindigkeiten sowie auftretenden Maxima und Minima einzubeziehen. Ursachen für nach biologischen Untersuchungen kritisch ausfallende Einschätzungen lassen sich auf dieser Basis leichter identifizieren und Änderungsvorschläge gezielter erarbeiten.

Literatur

- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK) (2004): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Hennef, ISBN 3-934063-91-5, 256 S.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DVWK) (1996): Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. – Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2010: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509
- FREDRICH, F., C. WIRTZ (2001): Effizienzkontrolle der Fischwanderhilfe am neuerbauten Sprewehr Beeskow. Gutachten im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, 77 S.
- FREDRICH, F., C. WIRTZ (2005): Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlage am Wehr Bad Liebenwerda in der Schwarze Elster. Gutachten im Auftrag der STRABAG, 71 S.
- FREDRICH, F, C. WIRTZ (2007): Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlagen an den Sprewehren Kiekebusch und Spremberg. Gutachten im Auftrag des LUA Brandenburg, 65 S.
- FREDRICH, F, C. WIRTZ (2007): Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlage an der Gewitterschleuse (Wehr 23) im Leineweberfließ Gewitterschleuse. Gutachten im Auftrag des TWB Boblitz, 45 S.
- FREDRICH, F., C. WOLTER & T. WEIDNER (2007): Die Löcknitz seit 500 Jahren wieder durchgängig. Broschüre im Auftrag des Wasser- und Landschaftspflegeverbandes „Untere Spree“
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes (MUNLV) Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2005): Handbuch Querbauwerke. Klenkes-Druck & Verlag GmbH, Aachen



Kontakt:

Dr. Dipl.-Geogr. Carsten Wirtz

terra4 – Gesellschaft für
Geosystemanalyse mbH

Rungestraße 22-24

10179 Berlin

Tel.: 030/ 280 91 678

Mobil: 0173-8578209

Fax: 030/ 288 73 874

E-Mail: wirtz@terra4.de

Jahrgang: 1964

1985 – 1993

Studium der Geographie, Biologie und Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg

1997 – 2002

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Freien Universität Berlin:

Projektbearbeitung im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes zur Elbeökologie

Untersuchungen wasserbaulicher Einrichtungen an Elbe und Oder im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau

2004

Promotion zu: Hydromorphologische und morphodynamische Analyse von Bühnenfeldern der unteren Mittelelbe im Hinblick auf eine ökologische Gewässerunterhaltung

Seit 2002:

Freiberufliche Tätigkeit als Geowissenschaftler

Projektbearbeitung u. a.:

Untersuchung von Fischwanderhilfen an Schwarzer Elster, Spree, Pulsnitz, Neiße und im Spreewald im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, der STRABAG und des TWB Boblitz

Untersuchung zur Morphodynamik von Retentionsflächen am Oberrhein im Auftrag der Freien Universität Berlin und des Regierungspräsidiums Freiburg

Untersuchungen zu „Hydromorphologische Referenzen in Fließgewässern“ im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein

Adaptive fishway design: a framework and rationale for effective evaluations

Theodore Castro-Santos

Introduction

Scientific understanding of the effects of dams on fish and other aquatic organisms has been advancing rapidly in recent years (AGOSTINHO et al. 2005; MORITA & YAMAMOTO 2002; WAPLES et al. 2008). Humans have been building dams for millenia, and the first attempts to mitigate these effects date back centuries. It is only recently, however, that tools have become available to help us understand the extent to which dams and other anthropogenic barriers restrict movements, and the effects of these barriers on populations and ecosystems. This paper reviews developments in techniques of fishway evaluations and offers some suggestions for standardized evaluation methods that can direct modifications and improvements to future designs.

During the 20th century several factors arose that led to advances in fishway development and evaluations. The development of efficient hydro-turbines at the end of the 19th century created an incentive to build ever-larger and taller dams. This led to a dramatic increase in construction of large dams during the first half of the 20th century. Soon after, laws and treaties providing protection for migratory fish species were put into effect. This created a mandate to develop more effective fishways. At the same time, advances in hydraulic engineering made it possible to dissipate the head associated with high dams in ways that were shown to improve passability. Hydraulic engineers working in Europe and North America made important advances to fishway designs during this period (British Institution of Civil Engineers 1942; DENIL 1909, 1937; MCLEOD & NEMENYI 1940).

Biological understanding of the requirements of fishway design lagged behind these engineering advances. Early studies of fishway performance were largely restricted to determining whether individuals of a given species could pass a short section of fishway (MCLEOD & NEMENYI 1940), and to largely qualitative descriptions of swimming and leaping performance (DOW 1962; STRINGHAM 1924). Laboratory methods were eventually developed for quantifying swimming performance that provided the first theoretical rationale for fishway design (BRETT 1962, 1964, 1967). By this time, however, many fundamentals of fishway design had already been established, with some empirical (mostly laboratory-based) performance data to support them (COLLINS 1962; COLLINS & ELLING 1960; GAULEY & THOMPSON 1962; ORSBORN 1987). To a large extent, the effect of these developments in biology was to establish or confirm existing design thresholds. These thresholds largely consisted of criteria meant to ensure that flow velocities within fishways were below what a limited number of target fish species were able to traverse.

Quantifying performance

Since the mid-20th century, advances in monitoring technologies and movement theory have provided a more nuanced view of the need for and purpose of fishways. Most recently fishways have come to be employed as a tool in the greater effort to restore ecological connectivity in riverine systems that have become highly fragmented and otherwise altered (BLOCH 1999). To do this, fishways are expected to pass a range of taxa, including many species of vertebrates, as well as some invertebrates. Regardless of taxon, however, the goal of fish passage is the same: to expedite passage for native species.

In order to expedite passage, three processes have to be optimized, each occurring in a different location relative to the fishway: Fish must first find the fishway entrance ('Approach zone', for upstream passage this might be the tailrace of a dam); then they must enter the fishway ('Entry zone', an area near the fishway entrance where the entrance can be detected using hydraulic and other cues); finally, they must ascend (or descend) and exit the fishway ('Passage zone', within the fishway itself; Figure 1). The processes are sequential, and each can be completely quantified as time-dependent rates:

$$\text{Pr}(\textit{Advancing}) \times dt^{-1} \quad (1)$$

Where $\text{Pr}(\textit{Advancing})$ is proportion of the available population moving into the next process in the sequence, and dt refers to a change in unit time. For each process, a countervailing rate occurs as fish abandon the Entry zone, fishway, etc:

$$\text{Pr}(\textit{Retreating}) \times dt^{-1} \quad (2)$$

Where $\text{Pr}(\textit{Retreating})$ is the proportion reversing direction or otherwise departing a given zone. Here, each proportion refers to movement from one zone to the next. As such, the units of Equations 1 and 2 can be thought of as representing distance time⁻¹, the appropriate units for movement rate.

This differs from a strict measurement of velocity, however, because the distance units refer to transition between zones (Approach, Entry, etc.). The scale at which distance and time are important will vary depending on context (open river movements vs. fishway passage vs. turbine passage). Also, these two rates should be thought of as competing with each other for a mutually exclusive outcome – a fish that advances is no longer available to retreat, and one that retreats can no longer advance. Each individual has the potential to realize either fate so long as they are present within a particular zone. This is referred to as a 'competing risks' scenario in the survival analysis literature, and has important implications for quantification of movement patterns (ALLISON 1995; CASTRO-SANTOS & HARO 2003; CASTRO-SANTOS & PERRY 2012; See 'Data Analysis Methods' below).

When evaluating passage within a fishway, it may be more useful to characterize passage explicitly in terms of distance:

$$\text{Pr}(\textit{Passing}) \times dD^{-1} \quad (3)$$

Where dD is the distance traversed or height ascended.

It is important to understand, though, that the physiological and behavioral processes that lead to forward or backward movement are time-dependent, and distance of ascent is the result of rates of forward movement (Equation 1) and failure (Equation 2). Ultimately the goal of fishways is to maximize the first rate while minimizing the second. We must understand the roles of each of these rates if we hope to improve passage.

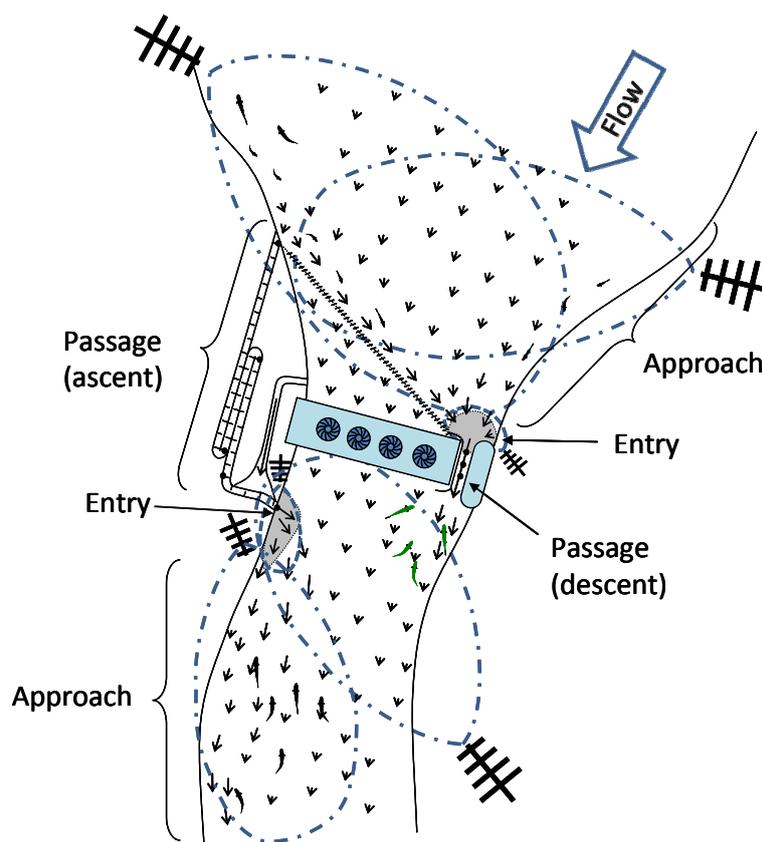


Figure 1: Schematic of typical upstream and downstream fishways at a hydro plant. Zones of Approach, Entry, and Passage are marked. Entry zones are depicted as shaded areas at fishway entrances. Thin arrows indicate flow vectors (length corresponds to velocity). Note attraction flow provided for upstream guidance to left of powerhouse and angled bar racks for downstream guidance upstream of the powerhouse. Antenna arrays are also depicted showing how radio telemetry can be used to identify when individual fish enter and exit each zone (aerials are represented in bold black, ovoids are detection zones with dash-dot monitoring Approach zones and short dashes monitoring Entry zones). Black dots depict PIT antennas deployed for monitoring upstream and downstream Entry and Passage.

Common practices for evaluating fishways

Evidence of passage

In the 19th century (and in many cases even today) managers viewed fishways as successful if they saw evidence of spawning upstream of the structure (PRINCE 1914; ROGERS 1892). The assumption was that if even a few individuals can pass a structure, then the structure must be passable to all individuals of that population. Evidence for this mindset can be seen today in fish passage design manuals, where specifications are provided for species and size classes, with little if any consideration of individual variability in swimming performance or migratory motivation (BELL 1991; LARINIER 2002).

Managers should not be criticized too harshly for this perspective: often the only evaluation tool available to them was surveys of upstream habitat – they had no way to monitor movements of fish through the structures. Moreover, the objective for building these structures was to provide access to habitat, and if there was evidence that that was occurring then it was not unreasonable to consider that structure a success.

Counts

Probably the most common method for evaluating fishways today is to count numbers of fish passing a structure. Various methods can be used to provide visual counts: many fishways are equipped with monitoring windows staffed with live counters. Video is also often used, and recent advances in image processing technology allow counters to view only those clips where fish are present. Hydroacoustics (SONAR and DIDSON) can also be effective for enumerating targets, sometimes even allowing automated species assignment (ENZENHOFER et al. 1998). Hydroacoustic techniques are of greatest value for downstream passage, where deep, quiescent forebay environments make it possible to monitor movements and quantify passage routes (SKALSKI et al. 1996; STEIG & JOHNSTON 1996). The shallow depth and highly air-entrained environments of many fishways, however, largely precludes the use of hydroacoustics in the vicinity of these structures (THORNE 1998; TREVORROW 1998). The use of visual counts and their acoustic analogues holds an intuitive appeal – the better a fishway performs the more fish it should pass. There is an important logical flaw in this thinking, however: the number of individuals passing a structure is a function of both the number trying to pass and the passage rate. In order for fish counts to be an adequate measure of fishway performance the following criteria must be met: 1) the number attempting to pass must be known; 2) arrival timing for the population passing must be known; 3) individuals can only be counted once – fallback must be negligible. A corollary of criterion 3 is that movement must either be unidirectional, or the observer must be able to account for both upstream and downstream movements of individuals. Without the aid of tagging technology these three criteria cannot be met except perhaps for very small, closed populations.

Where sequential fishways exist on river systems it may be possible to satisfy the first 2 criteria for all but the first fishway. Without being able to identify individuals, however, the third criterion cannot be met. This may be acceptable if each fishway in a sequence rapidly passes the entire population of available fish. Such fishways might be deemed fully successful with no further monitoring required. Examples of this are rare, however, even among salmonid populations for which fishways are broadly thought to be effective. Also, the performance of the first fishway in the sequence cannot be known: even if estimates of populations below the dam are available (e. g. as might be provided with hydroacoustics), the duration of exposures and identity of individuals is typically not estimable. At best, video and acoustic monitoring should be thought of as a screening test: if the criteria can be met and passage meets management goals then video can be a sufficient evaluation tool. If either the criteria or management goals are not met, however, other methods must be employed to evaluate passage.

In addition to evaluating performance, fishway counts are also often used as population indices of migratory fish. This may be the greatest value of fishway counts, and many long-term datasets are available that document runs, especially of anadromous fish species. Although widely used, these indices should also be viewed with caution because they only indicate how many fish passed the structure, not how many were available to pass. If passage performance were constant across years, then this would be a reliable index. Performance can vary widely, however, with environmental conditions (temperature, discharge), hydroelectric facility operations, and physiological state of migrants (SULLIVAN 2004; ZABEL et al. 2008). Thus fishway counts are of greatest value for long-term monitoring and trends, but in order to understand annual variability in performance more reliable methods are required.

Mark-Recapture

Mark-recapture techniques are one of the best-established ways to estimate population size, and can be a very effective tool for measuring passage performance. Techniques of mark-recapture include visual marks (e. g. external marking or tagging), biological marks (e. g., genetic identifiers, otolith marking, etc), and telemetry. Visual and biological marks can be useful, especially for batch marking large numbers of individuals. However they typically require that individuals be physically re-captured and handled, which can affect their behavior. More importantly, although successful fish can be easily captured in fishways, this may require obstructing passage of large numbers of untagged individuals. Finally, these methods do not provide ready estimates of how many tagged fish even approach the fishway. Telemetry, in contrast, allows monitors to detect fish as they approach and pass each structure, and so offers a far more appropriate set of tools for fishway evaluations. The following subsection describes the three most common forms of telemetry and describes their application to fishway performance monitoring and evaluation.

Radio and Acoustic telemetry

The past two decades have seen dramatic advances in the field of wildlife telemetry, with many of the advances being developed specifically to address questions of fish passage. Both radio and acoustic telemetry allow users to tag individual fish and monitor their movements over a range of scales. Tags can be coded to transmit unique identifiers; some systems are able to discriminate among several hundreds of codes on a single frequency. A particularly useful feature of radio telemetry is that radio antennas and receivers can be tuned to manage detection range. This allows users to quickly and effectively identify movements among Approach, Entry, and Passage zones (Figure 1). A recent book documents details of the development of this technology and offers many specifics on application (ADAMS et al. 2012).

Radio telemetry tags fall into two broad categories: active and PIT (for passive integrated transponders). Active tags carry a battery and can be programmed to transmit their codes at user-specified rates. Signals from these tags can be detected over very large distances (even by orbiting satellites in some cases); range is correlated with power consumption, though, and to maximize battery life most transmitters have a maximum working range of < 1 km through air. One concern common to all telemetry methods is that when multiple tags are present within a detection range it is possible for signals to collide, causing missed reads. This can be avoided with tags and receivers that operate on more than one frequency. Some receivers are able to simultaneously monitor all frequencies within a fairly broad band (e. g. 1 MHz). Most receivers have to scan among frequencies, however, which means that detection efficiency decreases with increasing frequency number.

PIT tags do not carry batteries; instead they are built with induction coils that are charged when the tag passes near or through an antenna. These tags are typically small (1 x 8 mm - 3 x 32 mm) and hermetically sealed in glass or plastic capsules, which offers the advantage of nearly unlimited functional life. PIT detectors operate at very high rates (tens of reads per second). The tags only function over short ranges however: in most cases tags must be < 1 m of an antenna to be detected. Antennas themselves can be larger, however, and can be easily constructed to span slots and weirs of dimensions common to fishways; in some cases they can even span small rivers (FRANKLIN et al. 2012). This makes them ideal for documenting

entry into and passage through fishways (CASTRO-SANTOS et al. 1996; SULLIVAN et al. 2001; FRANKLIN et al. 2012; Figure 1). Moreover, their short detection range precludes detection outside the fishway, where signals from active tags can often penetrate through solid structures providing a false impression of entry. Also, the rapid read rate means that PIT detectors can monitor brief passage events, such as sprinting through a slot or downstream passage at a sluiceway. Active tags fire slowly, and have larger but typically less precise read range. While this makes them less effective for monitoring brief passage events, they are more effective at monitoring longer events, like Approach and Entry. Thus these two forms of radio telemetry complement each other and make an excellent combination for evaluating fish passage.

One limitation of PIT and active radio telemetry is that both types are sensitive to radio-frequency (RF) noise and interference. Interfering signals can be conducted along power cables and can be transmitted through air. With increasing use of radio bandwidths for communications this issue promises to become an increasing problem. Those planning monitoring programs and experiments will do well to first survey the bandwidths in their study area. Tags can then be built that transmit on those bands with the least amount of noise for that location.

A second important limitation for radio telemetry is that transmissions are rapidly attenuated in water. This problem is most severe in saltwater, where attenuation is almost complete even in very shallow depths. Attenuation is not a problem in riverine applications where fish swim within a few meters of the surface. Where fish swim near the bottom of deep rivers or lakes, radio may still be useful over short distances (10's of meters), especially if receiving antennas can be placed below the water surface. This technique can also help eliminate problems of transmitted RF noise. Where long detection distances are required for fish moving at depth, however, radio telemetry may not be an effective tool for monitoring movements.

Acoustic telemetry can work well in those very environments where radio is ineffective. Similar to radio, acoustic tags can transmit unique codes. Some systems are able to detect signals over multiple frequencies. Under optimal conditions, acoustic tags can be detected over a range of 100's of meters – appropriate distances for broad-scale monitoring of movements. Some manufacturers have developed methods for triangulating position of tags based on the different arrival times of signals to hydrophones arranged in carefully designed arrays. In some cases the position of the tag can be resolved to within a few centimeters. This ability helps to counter a significant weakness of acoustic systems: sensitivity and detection range can vary widely at a given location depending on water chemistry, turbidity, and presence of acoustic noise (e. g. from wind, currents, boat traffic, etc.). In the absence of multiple redundant receivers that can triangulate position or similar methods, precision of these instruments can be poor, limiting the value of the data they provide.

Where fine-scale positioning is possible, significant time investments are typically necessary to ensure that only reliable transmissions are used. The data this method provides can be used to characterize approach, and even entry into fishways, although these metrics really do not require the level of resolution that can be achieved, and most of the information provided by acoustic triangulation falls outside the scope of quantifying passage performance. Also, acoustic telemetry does not work in confined spaces with high amounts of entrained air, such as is found within fishways. These issues limit the value of acoustic telemetry technology for monitoring fish passage.

Perhaps the greatest promise of acoustic telemetry (and the same can be said for fine-scale radio applications) lies in the ability to couple detailed movement data with information on hydrodynamics and how complex flow patterns influence orientation and navigation. Fish possess highly specialized mechanosensory structures that allow some species to detect small fluctuations in flow. How fish respond to these fluctuations and how this relates to other sensory and environmental stimuli (e. g. vision, smell, etc.) remains poorly understood and represents one of the greatest research needs in understanding how to best to locate and design fishways relative to dams, powerhouses, and riverbed morphology. Predictive models developed coupling computational fluid dynamics models (CFD) with acoustic and other forms of telemetry and hydroacoustics suggests that this may provide a very powerful tool for improving both upstream and downstream passage (GOODWIN et al. 2006; NESTLER et al. 2008).

Data analysis methods

The fact that fish may either advance or retreat from a given zone (Equations 1 and 2) complicates analysis of telemetry data. When presence in a given zone can terminate in more than one way the researcher must calculate rates based on those individuals that are present and available to advance or retreat, regardless of which event terminates that presence. Once the individual leaves the zone, however, it must no longer contribute to rate calculations. A set of statistical tools developed for clinical trials, actuarial applications, and materials testing (collectively called ‘survival analysis’) is well-suited to accommodate this feature (see CASTRO-SANTOS 2004, 2011; CASTRO-SANTOS & HARO 2003; and ZABEL et al. 2008 for details on these techniques and their application to fish passage). These tools allow researchers to measure competing rates of advance and retreat, while eliminating the bias caused by the fact that both rates are acting on individuals simultaneously. Importantly, these methods allow for calculation of effects of covariates (velocity, turbulence, temperature) on those rates, thereby allowing managers and researchers to identify specific conditions that act to limit or enhance passage.

Where detailed movement studies are available, they indicate that existing and widespread standards of fishway design are far from optimal for passage of a range of species, and that much more work is needed if we hope to provide passage for the multitude of aquatic organisms that use rivers as movement corridors.

Case studies

Recent work has called into question the effectiveness of fish passage and other river restoration techniques. Perhaps more troubling is the fact that post-construction monitoring and evaluation are the rare exception, rather than the rule. This is true of river restoration programs generally (BERNHARDT et al. 2005), and also for fishways in particular. A recent meta-analysis combed the peer-reviewed and gray literature to determine whether certain fishway types are more effective than others (BUNT et al. 2011). The authors identified more than 100 published studies purporting to evaluate fishways, but only 19 of these provided enough information to determine what proportion of fish entered and passed the respective fishways. Among those fishways that had received this minimal level of evaluation performance ranged

widely, both within and among fishway types and species groups. The variability in performance was so great that the authors concluded that no compelling evidence yet exists to support any one fishway design; worse, those designs in common use cannot be expected to reliably pass any species (Figure 2).

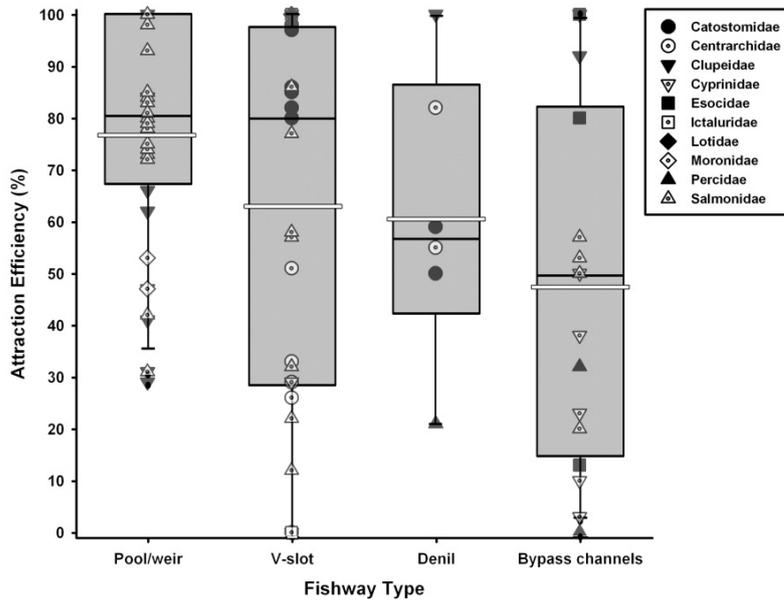


Figure 2a: Percent attraction (approach x entry) by fishway type.
Reprinted with permission from BUNT et al. (2011)

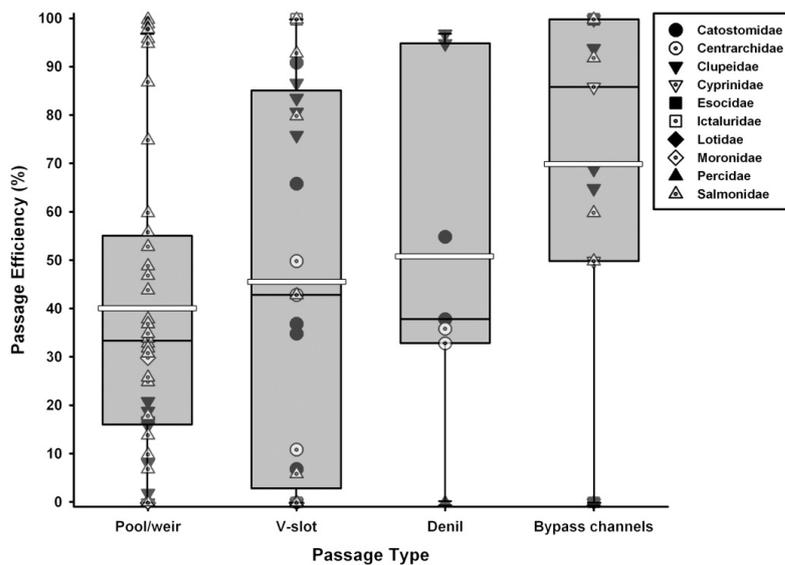


Figure 2b: Percent passage by fishway type. Note the broad variability in performance both here and in Figure 2a.
Redrawn with permission from BUNT et al. (2011).

The work by BUNT et al. (2011) required that fishway evaluations separate out passage for fish that enter fishways from the proportion entering. As stated above, however, there are two steps that must occur before fish even enter the fishway: they must first approach and locate the fishway entrance, and then they must actually enter the structure (Figure 1).

Work that colleagues and I have performed at fishways on the Connecticut River has illustrated the importance of including all three steps in evaluations (CASTRO-SANTOS & HARO 2010; CASTRO-SANTOS & LETCHER 2010; SULLIVAN et al. 2001). The Turners Falls dam and fishway complex (Connecticut River, USA, Rkm 194) creates a serious barrier to passage of American shad (*Alosa sapidissima*). Because they have passed tens of thousands of American shad in some years, these fishways have been widely hailed as models of effective shad passage (LARINIER & TRAVADE 2002; MOFFITT et al. 1982; RIDEOUT et al. 1985). Those claims of effectiveness were entirely based on numbers of individuals passing, however. As discussed earlier, this approach overlooks the important question of how many fish are actually entering the fishway. We began our evaluations of passage at Turners Falls using PIT telemetry in 1999, later we coupled PIT and active radio telemetry, and that work continues today. In the case of Cabot Ladder – the first fishway in the system, and once thought to be a highly effective fishway – passage proportions range from 3 - 17 %. This failure was manifest in the distance that fish are able to ascend the ladder (Figures 3 and 4). The mechanism of the failure, though, can be better understood by considering the competing rates of success and failure: shad abandon the ladder at greater rate than they ascend (Figure 5), which produces a consistently low passage rate.



Figure 3: Cabot fishway, Rkm 194 on the Connecticut River, Massachusetts USA. Constructed in 1980, this fishway has probably never passed shad effectively.

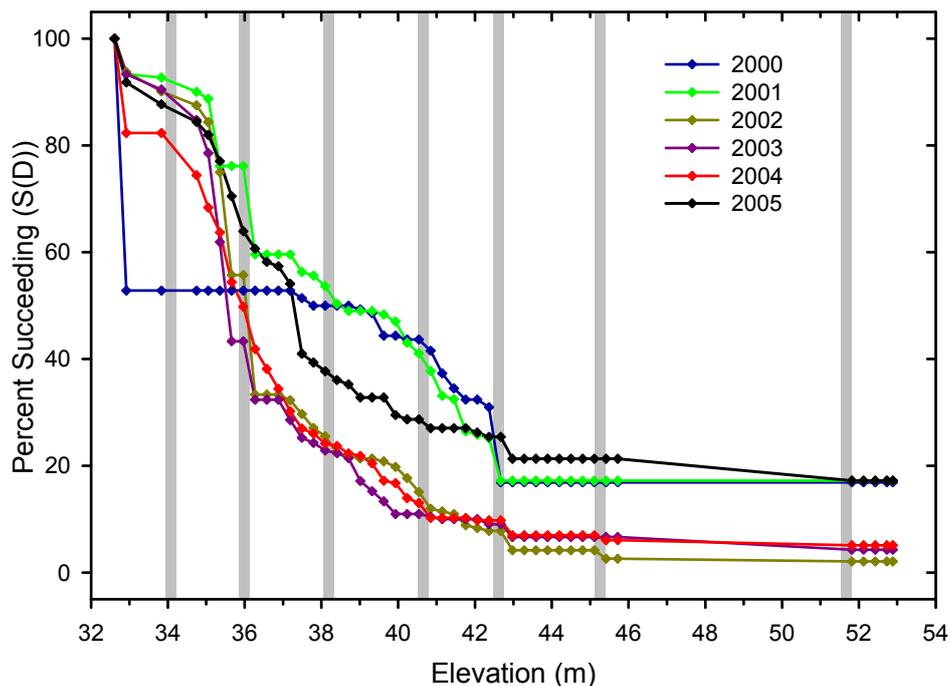


Figure 4: Results of 6 years of PIT telemetry at Cabot Ladder (Figure 3). Gray bars indicate turnpools, dots indicate individual PIT antenna locations and percent arriving to each antenna.

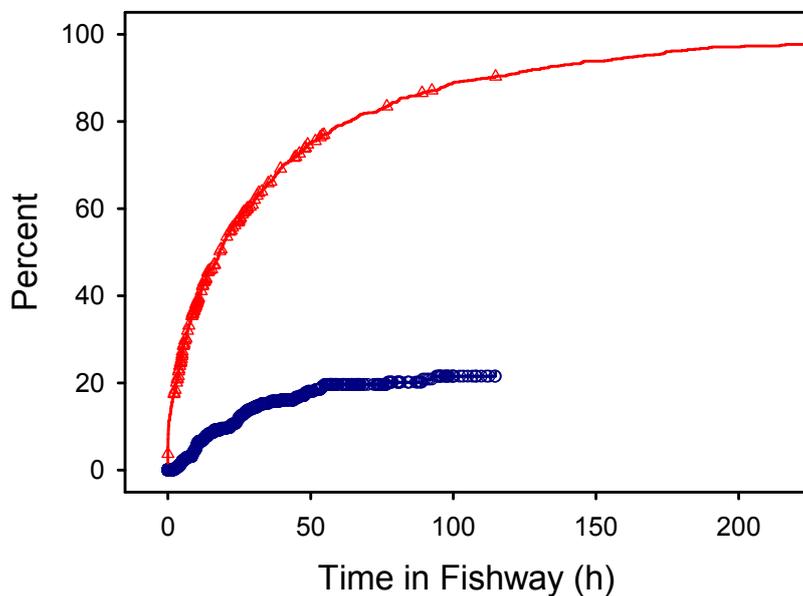


Figure 5: Time to pass (blue) vs. time to fail (red) of American shad in the Cabot fishway. Lines are modified Kaplan-Meier curves (KAPLAN & MEIER 1958) and are least-biased estimates of cumulative distribution functions that would be expected if only one endpoint were available. Circles and triangles represent censored observations, i. e. for the passage curve they represent residence times for individuals that did not pass and for the failure curve they represent passage times of successful passers. Note that failure rate always much greater than passage rate – this is the cause of the poor passage success shown in Figure 2a.

Despite multiple changes to this fishway improvements have been marginal, and plans are underway to replace it with a fishlift. This is an important lesson of the importance of performing evaluations as part of fishway design: the fishway was completed in 1980 at a cost of about \$10 million and operated for almost 20 years before its poor performance was documented in a way that managers could act on. Now it must be replaced at even greater cost. Mounting evidence suggests that poor performance at this and other fishways in the system have contributed to declines in the very populations they were intended to enhance (CASTRO-SANTOS & LETCHER 2010).

Although passage through Cabot Ladder is poor, approach and entry appear to be satisfactory (about half of the shad passed at the next dam downstream enter the fishway (SULLIVAN 2004)). Other fishways in the complex have the opposite problem, however. At the uppermost fishway in the system (Gatehouse Ladder) shad pass at in comparatively high proportions (about 60 % of shad that enter successfully pass). However fewer than half the shad that attempt to pass Gatehouse Ladder ever encounter the original fishway entrance (low approach rate), and those that do often fail to enter (low entry rate). A series of modifications begun in 2007 has yielded a greater than 4-fold improvement in passage rate at Gatehouse Ladder, and work is ongoing to improve this further. Thus at the Turners Falls we have examples of failure in each of the three steps: Approach, Entry, and Passage. Successful resolution of these problems is now being realized, but only because we were able to differentiate among the sources of failure.

Conclusions

Fishways are expected to restore ecological connectivity to fragmented riverine systems by expediting passage for a range of taxa. Several factors will determine the effectiveness of these structures. These factors include biomechanics (locomotion) and physiology (endurance, motivation), as well as behavior (orientation, optimization; swimming, climbing, etc.). Limitations to any one of these factors can preclude successful fishway performance, and there is a pressing need to advance our understanding of all three factors with respect to fish passage.

Expeditious passage requires that fish be able to pass a structure with a minimum of delay, stress, injury, or exposure to direct or indirect anthropogenic influences. In short, it means that fishways should eliminate the impediments to movement caused by dams and impoundments. Ultimately, any organism for which passage is provided must complete the three steps of fishway passage: Approach, Entry, and Passage. Biologists and engineers must collaborate to understand how well fishways are performing, and what solutions are likely to improve passage where problems occur. Available evidence has shown that existing designs cannot be expected to reliably expedite passage. Even so-called nature-like fishways have largely failed to deliver on their promise to expedite passage for a broad range of taxa (BUNT et al. 2011). Given that passage provisions remain a priority worldwide, it is all the more important that managers and engineers adopt an adaptive management approach to the design and construction of fishways. With widespread application of evaluations that measure performance standards with clear biological relevance it may become possible to better understand the relationship between design and performance – a relationship that at the moment continues to elude us.

Literature

- ADAMS, N. S., J. W. BEEMAN, J. EILER (2012): Telemetry Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- AGOSTINHO, A. A., S. M. THOMAZ, L. C. GOMES (2005): Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology* **19**: 646-652.
- ALLISON, P. D. (1995): Survival analysis using the SAS system: a practical guide. SAS Institute, Cary, NC.
- BELL, M. C. (1991): Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria. U.S. Army Corps of Engineers, Portland, OR.
- BERNHARDT, E. S., M. A. PALMER, J. D. ALLAN, G. ALEXANDER, K. BARNAS, S. BROOKS, J. CARR, S. CLAYTON, C. DAHM, J. FOLLSTAD-SHAH, D. GALAT, S. GLOSS, P. GOODWIN, D. HART, B. HASSETT, R. JENKINSON, S. KATZ, G. M. KONDOLF, P. S. LAKE, R. LAVE, J. L. MEYER, T. K. O'DONNELL, L. PAGANO, B. POWELL, E. SUDDUTH (2005): Ecology - Synthesizing US river restoration efforts. *Science* **308**: 636-637.
- BLOCH, H. (1999): The European Union Water Framework Directive, taking European water policy into the next millennium. *Water Science and Technology* **40**: 67-71.
- BRETT, J. R. (1962): Some considerations in the study of respiratory metabolism in fish, particularly salmon. *J.Fish.Res.Bd.Canada* **19**: 1025-1038.
- BRETT, J. R. (1964): The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *J.Fish.Res.Bd.Canada* **21**: 1183-1226.
- BRETT, J. R. (1967): Swimming performance of sockeye salmon in relation to fatigue time and temperature. *J.Fish.Res.Bd.Canada* **24**: 1731-1741.
- British Institution of Civil Engineers (1942): Report of the committee on fish-passes. William Clowes and Sons, London (UK) (Reprinted 1948).
- BUNT, C. M., T. CASTRO-SANTOS, A. HARO (2011): Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Res.Applic.* DOI: **10.1002/rra.1565**: n/a.
- CASTRO-SANTOS, T. (2004): Quantifying the combined effects of attempt rate and swimming capacity on passage through velocity barriers. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* **61**: 1602-1615.
- CASTRO-SANTOS, T. (2011): Applied aspects of fish swimming performance. *In* Encyclopedia of fish physiology: from genome to the environment. Edited by A.P.Farrell. Academic Press, San Diego. pp. 1652-1663.
- CASTRO-SANTOS, T., A. HARO (2003): Quantifying migratory delay: a new application of survival analysis methods. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* **60**: 986-996.
- CASTRO-SANTOS, T., A. HARO (2010): Gatehouse fishway telemetry studies: progress report, 2008-2010. USGS CAFRC Internal Report CAFRC2010-01.
- CASTRO-SANTOS, T., A. HARO, S. WALK (1996): A passive integrated transponder (PIT) tagging system for monitoring fishways. *Fish.Res.* **28**: 253-261.
- CASTRO-SANTOS, T., B. H. LETCHER (2010): Modeling migratory bioenergetics of Connecticut River American shad (*Alosa sapidissima*): implications for the conservation of an iteroparous anadromous fish. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* **67**: 806-830.

- CASTRO-SANTOS, T., R. W. PERRY (2012): Time-to-event analysis as a framework for quantifying fish passage performance. *In Telemetry Techniques. Edited by N.S.Adams, J.W.Beeman, and J.Eiler. American Fisheries Society, Bethesda, MD. In press.*
- COLLINS, G. B. (1962): Ability of salmonids to ascend high fishways. *Trans.Am.Fish.Soc.* **91**: 1-7.
- COLLINS, G. B., C. H. ELLING (1960): Fishway Research at the Fisheries-Engineering Research Laboratory. U.S. Fish and Wildlife Service Circular 98, Washington D.C.
- DENIL, G. (1909): Les eschelles a poissons et leur application aux barrages des Meuse et d'Ourthe. *Ann.Trav.Publ.Belg.* **2**: 1-152.
- DENIL, G. (1937): La mecanique du poisson de riviere: les capacites mecaniques de la truite et du saumon. *Ann.Trav.Publ.Belg.* **38**: 412-423.
- DOW, R. L. (1962): Swimming speed of river herring *Pomolobus pseudoharengus* (Wilson). *Journal du Conseil, Conseil Permanent International Pour L'Exploration de la Mer* **27**: 77-80.
- ENZENHOFER, H. J., N. OLSEN, T. J. MULLIGAN (1998): Fixed-location riverine hydro-acoustics as a method of enumerating migrating adult Pacific salmon - comparison of split- beam acoustics vs. visual counting. *Aquatic Living Resources* **11**: 61-74.
- FRANKLIN, A. E., A. HARO, T. CASTRO-SANTOS, J. NOREIKA (2012): Evaluation of nature-like and technical fishways for the passage of alewife (*Alosa pseudoharengus*) at two coastal streams in New England. *Trans.Am.Fish.Soc.* **In press.**
- GAULEY, J. R., C. S. THOMPSON (1962): Further studies on fishway slope and its effect on rate of passage of salmonids. *Fish.Bull.* **63**: 45-62.
- GOODWIN, R. A., J. M. NESTLER, J. J. ANDERSON, L. J. WEBER, D. P. LOUCKS (2006). Forecasting 3-D fish movement behavior using a Eulerian-Lagrangian-agent method (ELAM). *Ecological Modelling* **192**: 197-223.
- KAPLAN, E. L., P. MEIER (1958): Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association* **53**: 457-481.
- LARINIER, M. (2002): Fishways - General considerations. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 21-27.
- LARINIER, M., F. TRAVADE (2002): The design of fishways for shad. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 135-146.
- MCLEOD, A. M., P. NEMENYI (1940): An investigation of fishways. State University of Iowa. Iowa City
- MOFFITT, C. M., B. KYNARD, S. G. RIDEOUT (1982): Fish Passage Facilities and Anadromous Fish Restoration in the Connecticut River Basin. *Fisheries* **7**: 2-11.
- MORITA, K., S. YAMAMOTO (2002): Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations. *Conservation Biology* **16**: 1318-1323.
- NESTLER, J. M., R. A. GOODWIN, D. L. SMITH, J. J. ANDERSON, S. LI (2008): Optimum fish passage and guidance designs are based in the hydrogeomorphology of natural rivers. *River Res.Applic.* **24**: 148-168.

- ORSBORN, J. F. (1987): Fishways -- historical assessment of design practices. *Am.Fish.Soc.Symp.* **1**: 122-130.
- PRINCE, E. E. (1914): A perfect fish pass. *Trans.Am.Fish.Soc.* **43**: 47-56.
- RIDEOUT, S. G., L. M. THORPE, L.M. CAMERON (1985): Passage of American shad in an Ice Harbor style fishladder after flow pattern modifications. *In Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries. Edited by F.W.Olson, R.G.White, and R.H.Hamre.* American Fisheries Society, Bethesda, MD. pp. 251-256.
- ROGERS, W. H. (1892): Fishways. *Trans.Am.Fish.Soc.* **21**: 127-135.
- SKALSKI, J. R., G. E. JOHNSON, C. M. SULLIVAN, E. KUDERA, M. W. ERHO (1996): Statistical evaluation of turbine bypass efficiency at wells dam on the Columbia River, Washington. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* **53**: 2188-2198.
- STEIG, T. W., S. V. JOHNSTON (1996): Monitoring fish movement patterns in a reservoir using horizontally scanning split-beam techniques. *ICES Journal of Marine Science* **53**: 435-441.
- STRINGHAM, E. (1924): The maximum speed of fresh-water fishes. *Am.Nat.* **18**: 156-161.
- SULLIVAN, T. J. (2004): Evaluation of the Turners Falls fishway complex and potential improvements for passing adult American shad. M.S. thesis, University of Massachusetts Amherst.
- SULLIVAN, T. J., A. HARO, T. CASTRO-SANTOS (2001): Passage of American Shad at Turners Falls Fishways: PIT Tag Evaluation 2001. S.O. Conte Anadromous Fish Research Center CAFRC Internal Report No. 2002-01. Turners Falls, MA
- THORNE, R. E. (1998): Review - experiences with shallow water acoustics. *Fish.Res.* **35**: 137-141.
- TREVORROW, M. V. (1998): Boundary scattering limitations to fish detection in shallow waters. *Fish.Res.* **35**: 127-135.
- WAPLES, R. S., R. W. ZABEL, M. D. SCHEUERELL, B. L. SANDERSON (2008): Evolutionary responses by native species to major anthropogenic changes to their ecosystems: Pacific salmon in the Columbia River hydropower system. *Molecular Ecology* **17**: 84-96.
- ZABEL, R. W., B. J. BURKE, M. L. MOSER, C. A. PEERY (2008): Relating dam passage time of adult salmon to varying river conditions using time-to-event analysis. *Am.Fish.Soc.Symp.* **61**: 153-163.



Contact:

Theodore Castro-Santos, PhD

Research Ecologist
S.O. Conte Anadromous Fish
Research Center
USGS Ecosystems-Leetown
Science Center
P.O. Box 796, One Migratory Way
Turners Falls, MA 01376
USA
Tel.: 413-863-3838
Fax: 413-863-9810
e-mail: tcastrosantos@usgs.gov

B.A. 1987. Colgate University, Hamilton, NY

M.S. 1991. Wildlife Biology Program, Washington
State University

Ph.D. 2002. Graduate Program in Organismic and
Evolutionary Biology, University of Massachusetts
Amherst

1992 – 1993

Field Biologist, RMC Environmental Services
(now Normandeau Associates), Brattleboro, VT

1993 – 1995

Fishery Biologist, Sunderland Office of Fishery
Assistance, U.S. Fish and Wildlife Service, Sunder-
land, MA

Since 1995

Research Ecologist, S.O. Conte Anadromous Fish
Research Center (U.S. Geological Survey-
Biological Resources Division), Turner Falls, MA

Experience in biomechanics and swimming per-
formance of migratory fishes, migratory behavior
and survival, and numerical methods for describing
effectiveness of fishways.

Funktionskontrolle nach BWK-Standard: Erfahrungen und Perspektiven

Maria Schmalz und Falko Wagner

1 Einleitung

An eine Fischaufstiegsanlage (FAA) ist der Anspruch zu stellen, dass sie von allen aufstiegs- willigen Individuen der potenziell natürlichen Fischfauna ohne wesentliche Beeinflussung des Zeitbudgets aufgefunden und überwunden werden kann. Funktionskontrollen sind daher als Voraussetzung für die Funktionsbewertung bestehender Fischaufstiegsanlagen und zur Qualitätssicherung bei Anlagenneubau unverzichtbar. In aktuellen Veröffentlichungen (DUMONT et al. 2005, ADAM et al. 2007, DWA 2010) werden Kriterien, Empfehlungen und Schwellenwerte vorgegeben, deren Einhaltung die Voraussetzung für das Funktionieren der Fischaufstiegsanlage bilden soll, aber die Funktionsfähigkeit keineswegs garantiert. Entscheidende Gründe hierfür sind die unzureichenden Kenntnisse zu den Struktur- und Strömungspräferenzen vieler Fischarten, wechselnde und komplexe Strömungsverhältnisse an Gerinneverzweigungen sowie der Faktor Turbinensteuerung (EBEL et al. 2007). Eine sichere Prognose zur Auffindbarkeit der Fischaufstiegsanlage allein auf Basis der technischen und hydraulischen Rahmenbedingungen ist in vielen Fällen nicht möglich.

Aus dem Fehlen von Empfehlungen zur Durchführung von Funktionskontrollen vor Erschei- nen des BWK-Methodenstandards (BWK 2006) resultierte bis 2006 ein breites methodisches Spektrum mit stark variierender Untersuchungsdauer (SCHWEVERS et al. 2005). Die Ergeb- nisse und Funktionsbewertungen waren, wenn überhaupt, nur eingeschränkt vergleichbar. Ein einheitlicher Standard als Grundlage für behördliche Forderungen zur Erbringung von Funk- tionsnachweisen war nicht vorhanden.

Mit dem im Jahr 2006 unter Mitwirkung von Ingenieur- und Fischereibiologen, Gewässer- ökologen, Hydraulikern und Behördenvertretern erarbeiteten Methodenstandard wurde eine einheitliche methodische Vorgabe für die Durchführung von Funktionskontrollen geschaffen (BWK 2006). Ein weiteres Ziel dieses Standards besteht in der quantitativen Funktionsbewertung von Fischaufstiegsanlagen auf Basis objektiver, reproduzierbarer Prüfgrößen. Dies bildet die Voraussetzung für die quantitative Vergleichbarkeit der Ergebnisse an unterschied- lichen Standorten und von verschiedenen Bearbeitern. Im Rahmen der Funktionskontrolle werden die fünf für die ökologische Durchgängigkeit des Standortes relevanten Kriterien: großräumige Auffindbarkeit, kleinräumige Auffindbarkeit, Erreichbarkeit, Passierbarkeit der Fischaufstiegsanlage sowie Orientierungsmöglichkeit im Oberwasser abgeprüft. Das Aufwand/Nutzen-Verhältnis der Untersuchung zur biologischen Funktionsbewertung wurde

optimiert, indem auf die adulten Tiere der im Unterwasser häufigen Arten während der Laichzeit fokussiert wird. Für die Passierbarkeit des Standorts besitzt diese Teilmenge den höchsten Indikationswert, da einem großen Anteil der Individuen dieser Gruppe eine starke flussaufwärts gerichtete Migrationswilligkeit unterstellt werden kann. Die Beschränkung des Untersuchungszeitraums auf die Laichzeiten dieser Zielarten ist nicht mit Einschränkungen der Aussagekraft der Funktionskontrolle verbunden.

2 Untersuchung und Bewertung nach Methodenstandard

Die Funktionskontrolle gliedert sich entsprechend Methodenstandard in zwei Hauptteile:

1. Technisch-hydraulische Charakterisierung des Standortes
2. Biologische Funktionskontrolle

Im ersten Teil erfolgt die Erfassung und Dokumentation der abiotischen Voraussetzungen für die ökologische Durchgängigkeit. Hierbei werden die Kriterien und Grenzwerte des aktuellen technischen Regelwerks bei den Abflüssen $Q_{60\pm 30d}$ und $Q_{300\pm 30d}$ überprüft. Deren Einhaltung während der untersuchten Durchflusszustände gilt als Beleg dafür, dass die baulichen und hydraulischen Voraussetzungen für eine Funktionsfähigkeit im durchgängigkeitsrelevanten Abflussspektrum, also während der geforderten 300 Tage (DUMONT et al. 2005, DWA 2010), gegeben sind. Die Ergebnisse der technisch-hydraulischen Charakterisierung sind in vorgegebener Form, unter Angabe der pessimalen Werte tabellarisch zusammenzufassen.

Sofern nicht im ersten Teil bereits gravierende Defizite erkennbar waren, schließt sich die biologische Funktionskontrolle an. Hierbei wird der tatsächliche Fischeaufstieg über die FAA evaluiert und die biologische Anlagenfunktion bewertet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Vergleich der über die FAA aufgestiegenen Fische mit dem Unterwasserbestand. Die Standardmethode zur Quantifizierung des Fischeaufstiegs ist der Reusenfang. Die Daten zum Unterwasserbestand können aus eigenen Elektrobefischungen, Hamen- oder anderen Netzfängen sowie aktuellen Fangdaten der Berufsfischerei stammen und miteinander kombiniert werden.

Die Festlegung des Untersuchungszeitraumes erfolgt auf Basis der Laichzeiten der im Unterliegerabschnitt vorkommenden Fischarten unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse. Der Planungsprozess sowie die entsprechenden Datengrundlagen sind im Gutachten nachvollziehbar zu dokumentieren.

Die biologische Funktionsbewertung erfolgt anhand von sieben Qualitätsmerkmalen:

1. *Effektivität der FAA am Querbauwerk*
2. *Funktionalität der FAA im Gewässersystem*
3. *Artenselektivität*
4. *Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen*
5. *Größenselektivität gegenüber großen Individuen*
6. *Normierte Aufstiegszahl*
7. *Akkumulation/Sackgasseneffekt*

Die Voraussetzungen für die Nutzung der Qualitätsmerkmale *Effektivität* und *Funktionalität* sind das Vorhandensein anadromer Arten im Unterliegerabschnitt sowie die Kenntnis der Anzahl der Individuen. Dieser Sonderfall ist nur gegeben, sofern im Rahmen der Funktionskontrolle spezifische Untersuchungen zu anadromen Arten im Unterliegerabschnitt erfolgten.

Die restlichen fünf Qualitätsmerkmale sind jedoch universell an allen Standorten anwendbar. Das Qualitätsmerkmal *Artenselektivität* (S) ist ein Maß für den Anteil der Fischarten aus dem Unterwasser, welcher nicht erfolgreich über die FAA aufgestiegen ist. Es beruht auf einem Vergleich des Artenspektrums im Unterwasser mit dem im Fang am oberwasserseitigen Ausstieg der FAA (Abb. 1). Bewertungsrelevant sind hierbei nur die in der Reuse sicher fangbaren, adulten Individuen während der Laichzeit.

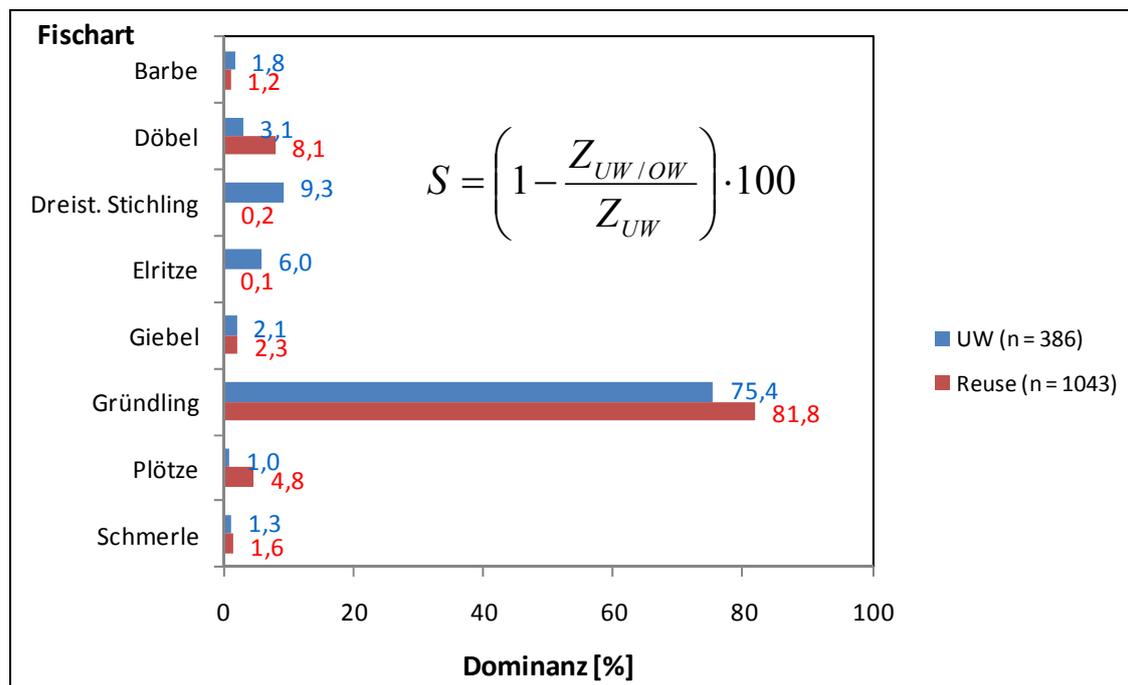


Abb. 1: Vergleich der Artendominanz im Unterwasser und in einer Reuse am oberwasserseitigen Ausstieg einer FAA als Grundlage der Berechnung der Artenselektivität (S) entsprechend der angegebenen Formel, wobei $Z_{UW/OW}$ die Anzahl der im Unterwasser und in der Reuse gefangenen Arten sowie Z_{UW} die Anzahl der Arten im Unterwasser repräsentieren

Auch für die Qualitätsmerkmale *Größenselektivität gegenüber kleinen* sowie *gegenüber großen Individuen* werden nur die sicher fangbaren, adulten Individuen während der Laichzeit betrachtet. Die Aussagen zur Größenselektivität basieren auf dem Vergleich des Größenspektrums dieser bewertungsrelevanten Teilmenge im Unterwasser und am FAA-Ausstieg (Abb. 2). Der Bewertung der *Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen* (G_{MIN}) liegt die Differenz der Totalkörperlänge der zehn kleinsten Individuen am FAA-Ausstieg und im Unterwasser zugrunde (Abb. 2). Im Fall der *Größenselektivität gegenüber großen Individuen* (G_{MAX}) ist die Differenz der Totalkörperlänge der zehn größten Individuen relevant (Abb. 2).

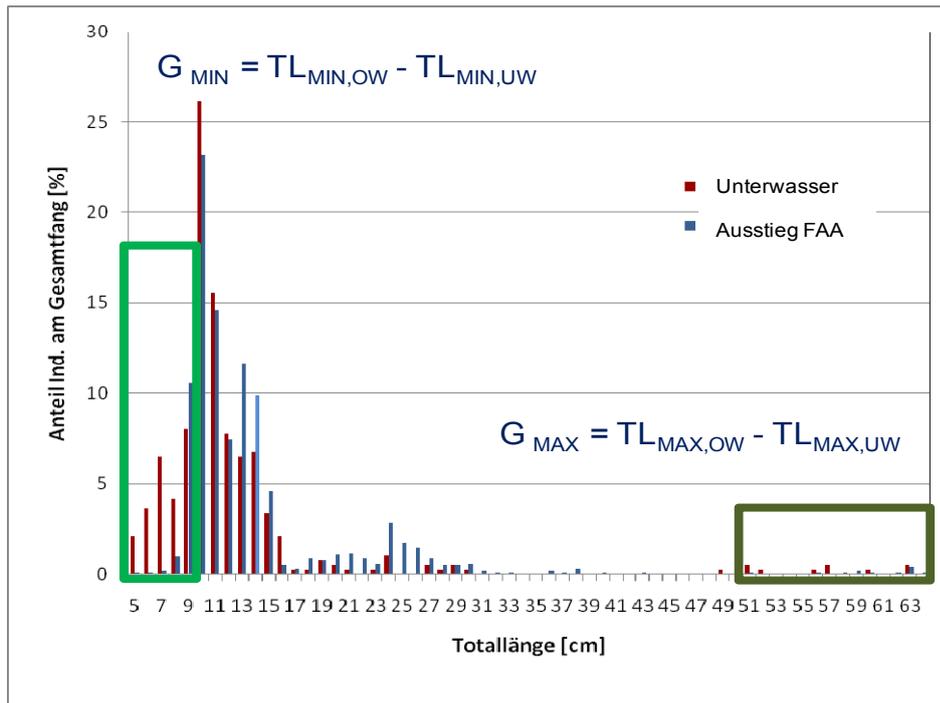


Abb. 2: Vergleich der Längen-Häufigkeitsverteilung im Unterwasser und in einer Reuse am oberwasserseitigen Ausstieg einer FAA, das hellgrüne Rechteck markiert die für die Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen (G_{MIN}) relevanten 10 kleinsten Individuen, darüber die Formel zur Berechnung von G_{MIN} ; das dunkelgrüne Rechteck markiert die für die Größenselektivität gegenüber großen Individuen (G_{MAX}) relevanten 10 größten Individuen, darüber die Formel zur Berechnung von G_{MAX}

Das Qualitätsmerkmal *Normierte Aufstiegszahl* (N) ist ein Maß für die Anzahl der über die Reuse erfolgreich aufgestiegenen Fische, unabhängig von der Fangdauer und der Gewässergröße. Es ist ein wichtiger Indikator für die Auffindbarkeit sowie Passierbarkeit der FAA. Die Bewertung basiert auf dem empirisch ermittelten Zusammenhang zwischen technischer Funktionsfähigkeit und der Anzahl aller erfolgreich aufsteigenden Fische. Eine nähere Erläuterung findet sich im Methodenstandard (BWK 2006).

Die räumliche Verteilung der Fische im Unterwasser ist das bedeutsamste Kriterium für die Auffindbarkeit der FAA. Wie im Fall der *Normierten Aufstiegszahl* sind dabei alle Fische unabhängig von Alter und Laichzeit bewertungsrelevant. Hohe Individuendichten vor Wanderhindernissen mit oder ohne FAA werden als Indiz für eine Verzögerung des Fischeaufstiegs und damit eine Funktionseinschränkung gewertet. Im Falle des Vorhandenseins von Akkumulationen entscheidet deren räumliche Lage über die Bewertung des Qualitätsmerkmals *Akkumulation/Sackgasseneffekt*. Akkumulationen in Wandersträngen ohne FAA werden negativer bewertet als solche am Einstieg in eine FAA.

Die Einzelbewertung der Qualitätsmerkmale und die Einstufung in fünf mögliche Qualitätsklassen erfolgt anhand vorgegebener Grenzwerte (BWK 2006). Die indexbasierte Gesamtbewertung des Standorts findet durch Mittelwertbildung der Ergebnisse der Qualitätsmerkmale statt. In besonderen Fällen besteht die Möglichkeit einer Bewertungsmodifikation durch den Experten. Sollte durch lokale Besonderheiten eine Abweichung von der Indexbewertung erforderlich sein, muss dies angemessen und stets mit einer nachvollziehbar dargestellten Begründung erfolgen.

Eine wichtige Grundlage zur Identifikation der Ursachen von möglichen im Rahmen der biologischen Funktionskontrolle festgestellten Funktionseinschränkungen sind die Ergebnisse der technisch-hydraulischen Charakterisierung. Darauf aufbauend sollten abschließend Maßnahmenvorschläge zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit unterbreitet werden.

3 Praktische Erfahrungen

Der Methodenstandard wurde seit seiner Veröffentlichung 2006 vielfach angewendet. In der überwiegenden Zahl der Fälle wurde die Durchführung von Funktionskontrollen nach diesem Standard durch behördliche Festlegungen geregelt. Vereinzelt konnte die Methodik auch im Rahmen von Forschungs- oder Modellprojekten angewendet werden.

In Vorbereitung dieser Veröffentlichung wurde auf 40 Funktionskontrollen zugegriffen, um die Erfahrungen mit der Methode überblicksartig darstellen zu können. Die Untersuchungen betreffen FAA in den Bundesländern Bayern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Es ist bekannt, dass auch in weiteren Bundesländern sowie in anderen europäischen Staaten der Methodenstandard angewendet wurde, die Daten waren jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht zugänglich.

Die Mittelwasserabflüsse (MQ) der untersuchten Standorte lagen zwischen 0,35 m³/s und 200 m³/s. 55 % der Gewässer wiesen einen MQ unter 10 m³/s auf. Zwei Drittel der untersuchten FAA werden überwiegend mit einer kleinen bis mittleren Dotation bis 500 l/s betrieben. Größere Anlagen-Durchflüsse fanden sich überwiegend an den kontrollierten Sohlengleiten. Im Spektrum der kontrollierten FAA dominierten Schlitzpässe und Umgehungsgerinne. Diese Typen werden in Deutschland am häufigsten gebaut. Aber auch mehrere Sohlengleiten, ein Mäander- und ein Borstenfischpass konnten in die Auswertung einbezogen werden.

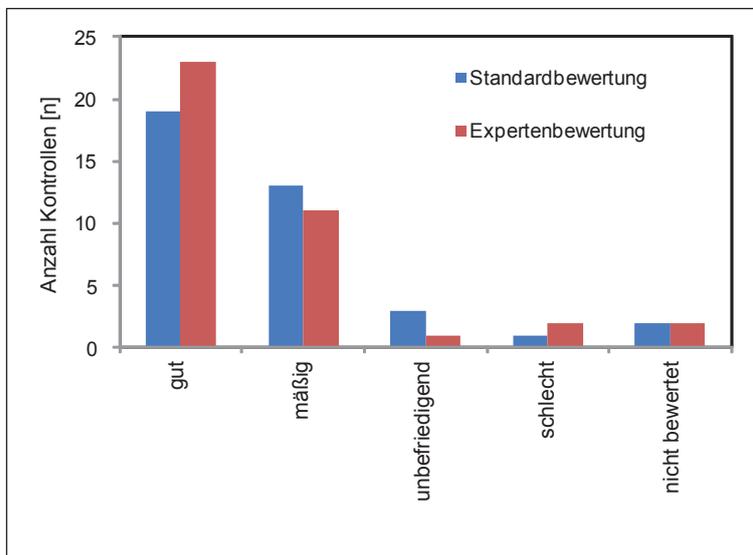


Abb. 3:
Ergebnisse der Bewertung für
Funktionskontrollen nach BWK-
Methodenstandard

Ca. 85 % der Anlagen wurde eine gute oder mäßige Funktionsfähigkeit bescheinigt (Abb. 3). Nur bei wenigen FAA (10 %) führten gravierende Mängel zu einer unbefriedigenden oder schlechten Bewertung. Bei einigen Anlagen wurde von der Möglichkeit der Expertenbewertung Gebrauch gemacht. Aus vom Indexwert abweichenden Experteneinschätzungen resultierten sowohl Verbesserungen als auch Verschlechterungen des Bewertungsergebnisses maximal um eine Qualitätsklasse. Es sei an dieser Stelle noch einmal betont, dass die Expertenbewertung nur auf Basis detaillierter und nachvollziehbarer Begründungen zulässig ist.

Die Detailergebnisse für die 5 Qualitätsmerkmale *Artenselektivität*, *Größenselektivität gegenüber kleinen Individuen*, *Größenselektivität gegenüber großen Individuen*, *Normierte Aufstiegszahl* und *Akkumulation/Sackgasseneffekt* sind in Abb. 4 dargestellt. (Keine der Kontrollen befand sich im aktuellen Verbreitungsgebiet anadromer Wanderfischarten. Die Qualitätsmerkmale *Effektivität der FAA am Querbauwerk* und *Funktionalität der FAA im Gewässersystem* konnten daher nicht in die Auswertung einfließen). Es ist ersichtlich, dass *Größenselektivität gegenüber großen Individuen* und *Normierte Aufstiegszahl* tendenziell schlechter bewertet werden als die anderen Qualitätsmerkmale. Nicht immer ist dies auf tatsächliche Defizite der FAA zurückzuführen, da insbesondere die normierte Aufstiegszahl auch von der im Unterwasser herrschenden Fischdichte abhängig ist. Diese kann durch verschiedene Einflussfaktoren (Wasserqualität, Gewässerstruktur, Prädatoren) stark verringert sein, so dass auch bei gegebener Funktion und Auffindbarkeit der Anlage am Standort kein ausreichender Aufstieg festgestellt werden kann.

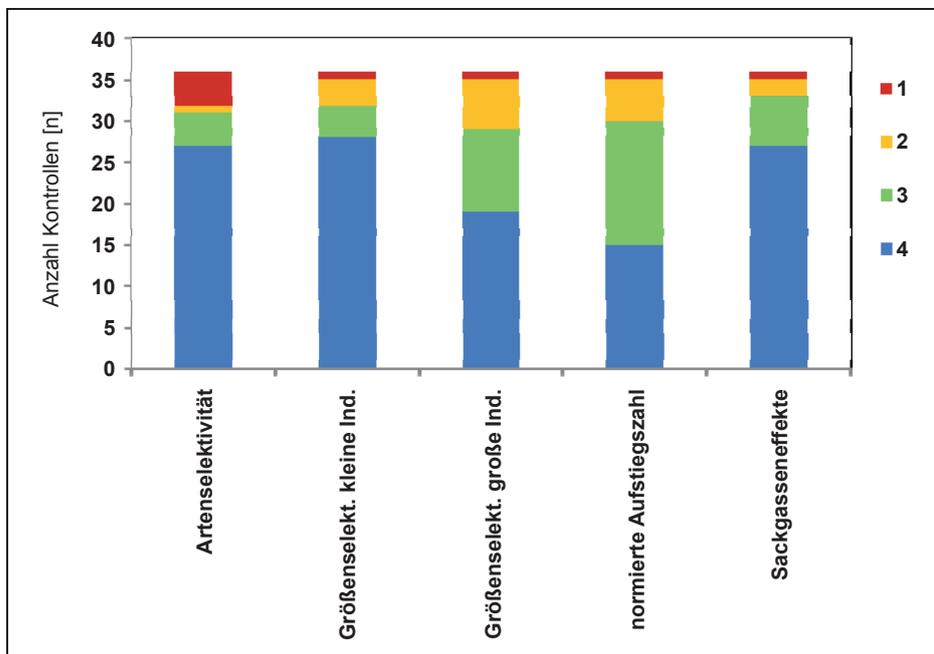


Abb. 4: Einzelbewertung (Funktionsindex) der Qualitätsmerkmale

Als Ergebnis der Funktionsbewertung wurden durch die Gutachter in den meisten Fällen Maßnahmeempfehlungen ausgesprochen. Diese reichen von Hinweisen zu Substratverhältnissen in der Anlage oder der Sohlbindung an Ober- und Unterwasser über Empfehlungen zur Wehrfeld- und Turbinensteuerung bis hin zum Um- oder Neubau der kompletten FAA.

3.1 Fallbeispiel WKA Döbritschen/Saale

Die Praxistauglichkeit der Bewertung soll am Beispiel der Funktionskontrollen der beiden FAA am Standort Döbritschen/Saale erläutert werden. An diesem Ausleitungskraftwerk in der Barbenregion eines großen Mittelgebirgsflusses (MQ 31,3 m³/s) existieren zwei FAA: ein Borstenfischpass am Wehr und ein Schlitzpass am Turbinenkanal. Beide Anlagen wurden zeitgleich über einen Zeitraum von 5 Monaten während der Hauptaufstiegszeiten kontrolliert.

Die technisch-hydraulische Charakterisierung ergab keine gravierenden Mängel. Bei den biologischen Funktionskontrollen stellte sich heraus, dass 75 % der insgesamt aufgestiegenen Fische den Borstenfischpass am Wehr nutzen, wobei es sich dabei überwiegend um indifferente und stagnophile Arten handelte. Über den Schlitzpass stiegen dagegen meist rheophile Arten auf. Die getrennte Bewertung der einzelnen FAA mit dem BWK-Methodenstandard ergab für beide Anlagen eine mäßige Funktionsfähigkeit. Dies war bei beiden FAA durch Defizite beim Kriterium der normierten Aufstiegszahl begründet. Wurde hingegen, wie im Methodenstandard vorgesehen, die Durchgängigkeit des gesamten Standortes bewertet, konnte eine gute Funktionsfähigkeit bescheinigt werden, da die normierte Aufstiegszahl bei Berücksichtigung beider FAA für den Standort ausreichend war. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass an Ausleitungsstandorten häufig zwei FAA erforderlich sind, um dem gesamten Arten- und Größenspektrum den Aufstieg zu ermöglichen.

4 Anwendbarkeit in der Praxis

Die Praxistauglichkeit der Vorgaben und Bewertungskriterien kann bei bisherigem Wissensstand bestätigt werden.

Die Verwendung von Reusen für die biologische Funktionskontrolle ist auch bei Anwendung des BWK-Standards die Methode der Wahl. Einsatzgrenzen bzw. erhöhter Aufwand ergeben sich bei hohem Geschwemmselanfall und sehr großen und breiten Anlagen.

Die Eingrenzung des Kontrollzeitraumes auf die Hauptwanderzeiten hat sich als ausreichend erwiesen, um die Funktionsfähigkeit einer Anlage beurteilen zu können. So ist in kleineren Gewässern in der Forellen- und Äschenregion in der Regel ein Mindestkontrollzeitraum von 2 bis 3 Monaten ausreichend. Mit zunehmender Gewässergröße und bei Vorkommen anadromer Arten ist von einer längeren Kontrolldauer auszugehen.

Die technisch-hydraulische Charakterisierung ist ein geeignetes Werkzeug, um gravierende Mängel bereits vor Beginn der aufwändigen biologischen Kontrollen festzustellen. Bisher häufig vernachlässigt, ist die Erfassung der hydraulischen und strukturellen Bedingungen im Wanderkorridor des Unterwassers dabei von besonderer Bedeutung. Auf dieser Basis ist eine erste Grobeinschätzung der potenziellen Erreichbarkeit und der Auffindbarkeit nachvollziehbar möglich.

Die Qualitätsmerkmale der biologischen Kontrolle haben sich bei den bisherigen Untersuchungen für eine objektive Bewertung als geeignet erwiesen. Geringfügige Modifikationen einzelner Qualitätsmerkmale könnten die Aussagekraft künftig weiter verbessern.

Bei der Beurteilung des Sackgasseneffektes muss je nach Rahmenbedingungen mit einer methodisch bedingten Erfassungsunschärfe gerechnet werden. Kenntnisse über die spezielle Biologie einzelner Arten oder bekannte Laichgebiete unterhalb von Querbauwerken sind dabei zu berücksichtigen.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass der BWK-Methodenstandard eine objektive, nachvollziehbare und vergleichbare Möglichkeit bietet, die Funktionsfähigkeit einer FAA oder eines Standortes zu bewerten. Die Methode bietet durch den klar abgrenzbaren Untersuchungsumfang ein ausgewogenes Kosten/Nutzen-Verhältnis, was einen Vorteil für behördliche und verfahrensrechtlich durchsetzbare Anordnungen darstellt.

In größeren Gewässern wird der Aufwand für die Anwendung des Standards aufgrund methodischer Aspekte naturgemäß höher. So ist vor allem die Erfassung der aufstiegswilligen Fischfauna im Unterwasser aufwändiger und wird in der Regel nur durch Kombination mehrerer Methoden (z. B. Elektrofischung, Netz- und Hamenfänge, Befragung von Berufsfischern, etc.) möglich sein. Für die Erfassung der hydraulischen Bedingungen im Unterwasser stehen geeignete Methoden (z. B. ADCP) zur Verfügung. Unter Berücksichtigung des höheren methodischen Aufwandes ist der Methodenstandard prinzipiell auch für Funktionskontrollen von FAA in größeren Flüssen anwendbar.

5 Perspektiven

Mit zunehmender Verbreitung, Erprobung der Praxistauglichkeit und Hinweisen von Anwendern ist eine Prüfung und ggf. Überarbeitung der bisherigen Erfassungs- und Bewertungsgrundlagen des BWK-Methodenstandards geplant. Um die methodische Weiterentwicklung auf eine möglichst breite Datengrundlage zu stellen, sind die weitere Anwendung des Standards, die Sammlung von möglichst vielen Datensätzen und Rückmeldungen über die Erfahrungen mit der praktischen Arbeit bedeutsam. Die entsprechende Kontaktadresse für Rückmeldungen findet sich im BWK-Methodenstandard.

Danksagung

Wir danken Dr. G. Ebel, P. Rathcke, Dr. D. Ritterbusch und Dr. K. Seifert für die Bereitstellung von Datenmaterial und für zahlreiche wertvolle Hinweise.

Literatur

- ADAM, B., & U. SCHWEVERS & R. KOLF (2007): Zum Sinngehalt von Funktionskontrollen an Fischaufstiegsanlagen. *Wasserwirtschaft* 1/2: 42-46.
- Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2010): Merkblatt DWA-M 509 Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Gelbdruck. Hennef.
- DUMONT, U., P. ANDERER & U. SCHWEVERS (2005): Handbuch Querbauwerke. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 219 S.; Düsseldorf.
- EBEL, G., A. GLUCH, F. FREDRICH, C. LECOUR, & F. WAGNER. (2007): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit und Methodik. *Wasser & Abfall* 9: 41-45.
- SCHWEVERS, U., B. ADAM, & D. THUMERER (2005): Auswertung durchgeführter Funktionskontrollen, Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; 193 S.



Kontakt:

Dipl.-Biol. Maria Schmalz

Institut für Wasserwirtschaft, Siedlungswasserbau u. Ökologie GmbH
Hydrolabor Schleusingen
Themarer Str. 16 c
98553 Schleusingen
Tel.: 036841/ 5309 19
Fax: 036841/ 5309 14
E-Mail: maria.schmalz@iwsoe.de

Jahrgang: 1974

1998

Abschluss Diplom-Biologin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

1998 – 1999

wiss. Mitarbeiter am Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin

1999 – 2000

freiberufliche Tätigkeit

seit 2000

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Hydrolabor Schleusingen, Bauhaus-Universität Weimar, ab 2009 unter Trägerschaft des IWSÖ GmbH

Arbeitsschwerpunkte:

Fischmigration/Funktionskontrollen, Gewässermonitoring, Artenhilfsprogramme



Kontakt:

Dr. Falko Wagner

Institut für Gewässerökologie & Fischereibiologie Jena
Sandweg 3
07745 Jena
Tel.: 03641/ 637 745
Fax: 03641/ 219 545
E-Mail: info@igf-jena.de

Jahrgang: 1970

1998

Abschluss Diplom-Biologe an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

2003

Promotion zum Dr. rer. nat., Friedrich-Schiller-Universität Jena

1999 – 2003

Promotionsstipendium der DFG, Arbeit im Graduiertenkolleg "Funktions- und Regenerationsanalyse belasteter Ökosysteme"

2003 – 2005

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Hydrolabor Schleusingen, Bauhaus-Universität Weimar

seit 2005

Gründung und Leitung des Instituts für Gewässerökologie und Fischereibiologie Jena (IGF)

Arbeitsschwerpunkte:

Fischmigration/Funktionskontrollen, Gewässermonitoring, fachliche Konzepte zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie auf Länder- und Bundesebene, Versalzungsproblematik in der Werra, Gewässerrevitalisierung

Ein Versuch, Durchgängigkeit von Fisch- aufstiegsanlagen durch ein quantitatives Maß zu beschreiben

Bernd König

Ein wesentliches Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000/60/EG) ist die Erhaltung und Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit in den Oberflächengewässern der Mitgliedsstaaten. Die ökologische Durchgängigkeit ist nach EG-WRRL bis 2015 (inkl. Fristverlängerungen bis 2027) soweit wiederherzustellen, dass ein "guter ökologischer Zustand" bzw. ein "gutes ökologisches Potenzial" der Gewässer erreicht wird.

Die ökologische Funktionsfähigkeit eines Fließgewässers wird von einer Vielzahl von Faktoren (physikalische, chemische, biologische, morphologische, hydraulische usw.) bestimmt. Die Schaffung bzw. Wiederherstellung sich selbst erhaltender und wandernder Fischbestände in den Fließgewässern ist die spezielle fachliche Zielstellung. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Kriteriums zur Beurteilung der fischökologischen Durchgängigkeit von Fischaufstiegsanlagen (FAA) in Bundeswasserstraßen.

1 Aufgabenstellung

Die Durchgängigkeit der Fließgewässer zu gewährleisten, ist eine Grundvoraussetzung für die Erhaltung und Wiederherstellung wandernder Fischbestände. Gegenwärtig kann diese Durchgängigkeit in Flüssen mit Querverbauung nur durch Fischwanderhilfen (Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen) realisiert werden. Die Prüfung solcher Anlagen auf ihre Funktionsfähigkeit ist daher notwendig. In dieser Arbeit werden nur Anlagen für den Fischaufstieg betrachtet.

Generell unterscheidet man zwischen technischer (DWA 2010) und biologischer Funktionskontrolle (BWK 2006) von Fischaufstiegsanlagen (FAA). Der Schwerpunkt der technischen Funktionskontrolle liegt in der Planung und Bauausführung von FAA und gewährleistet so eine Qualitätssicherung nach dem Stand der Technik. Die biologische Funktionskontrolle liefert anhand von gemessenen Fischaufstiegszahlen eine Qualitätskontrolle vorhandener Fischaufstiegsanlagen. Bei allen Schwierigkeiten, die einer biologischen Funktionskontrolle innewohnen, kann nur sie den Nachweis erbringen, ob die zum Erhalt der Fischfauna erforderlichen Aufstiegszahlen tatsächlich erreicht werden bzw. eine Erreichung grundsätzlich möglich erscheint. Mit dieser Arbeit möchte ich einen kleinen Beitrag zur biologischen Funktionskontrolle liefern.

Nachfolgend wird ein quantitatives Maß abgeleitet, das die generelle Passierbarkeit für Kurz-, Mittel- und Langdistanzwanderer prüft. Fragen nach der Kapazität einer FAA (maximale Individuenzahl je Zeiteinheit) werden hier nicht betrachtet.

Bei der Lösung dieser Aufgabe wird man mit einer Reihe von Problemen konfrontiert:

- > Die Individuenzahl der Langdistanzwanderer (Lachs, Meerforelle, Maifisch, Meerneunauge, ...) mit ihrem ausgeprägten Wanderinstinkt ist stark zurückgegangen.
- > Wann und wie viele Mittel- und Kurzdistanzwanderer aufsteigen wollen, kann nur schwer abgeschätzt werden. Ihr Wanderinstinkt ist oft zeitlich sehr beschränkt, seine Stärke von Jahr zu Jahr verschieden und von vielen Faktoren abhängig.
- > Die Wanderaktivitäten lassen sich nur durch eine Vielzahl von Parametern beschreiben (Jahreszeit, Abfluss, Wassertemperatur, Wassertemperaturänderung, Niederschlag, Mondphasen usw.)
- > Unterschiedliche Fischarten bevorzugen unterschiedliche Wanderregionen.
- > Der Fischbesatz muss berücksichtigt werden.
- > Wichtig ist auch, nur Fangerfolge und nicht Fangmisserfolge zu bewerten.
- > Neben dem Jahreszyklus gibt es auch mehrjährige Zyklen der Wanderung.
- > Die Anforderungen an eine FAA sind für die einzelnen Fischarten unterschiedlich.

2 Idee

Ausgangspunkt: Betrachtet wurden die monatlichen Fischaufstiegszahlen verschiedener FAA, so im Rhein die FAA in Iffezheim und Gamsheim und in der Mosel die ehemalige FAA in Koblenz (siehe Kapitel 5).

Die Artenzusammensetzung (nur hochpräzente Arten) der durch diese Anlagen wandernden Fische bilden über Jahre hinweg zwei unterschiedliche Wanderaktivitäten (Gruppe S und Gruppe W, siehe auch Abb. 3, 9 und 10). Die Gruppe W entspricht im Prinzip den Winterproben und S den Sommerproben, wobei die Gruppe W eine Teilmenge von S ist.

Weitere Voruntersuchungen (Diskriminanzanalyse) zeigten, dass die Probenahmen der Gruppe S bei hohen Wassertemperaturen oder bei hohen Abflusswerten erfolgten und die der Gruppe W bei niedrigen Wassertemperaturen oder bei niedrigen Abflusswerten. Man könnte sagen, dies ist ausschließlich ein natürliches Phänomen. So ist die geringere Wanderaktivität der Gruppe W bedingt durch

- > geringere Wassertemperaturen, die die Schwimmleistung mindern (Reaktions-Geschwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel): Eine Verringerung der Temperatur um 10°C ergibt eine Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit um einen Faktor 2 bis 4.)
- > geringere Abflusswerte, die einhergehen mit einer Verringerung der Stärke des Wanderinstinktes (z. B. Ausgleich von Driftverlust)

Idee: Viele Vorgänge in der Natur verlaufen nicht stetig. Die Natur reagiert sehr oft auf Schwellwerte. Erst wenn ein oder mehrere Schwellwerte über- oder unterschritten sind, erfolgt eine messbare Reaktion. Auf die FAA bezogen, wird davon ausgegangen, dass die

Wanderaktivität der Gruppe S weitestgehend ungestört ist. Die Fische passieren die FAA in dieser Wanderphase, auch wenn die Überwindung unterschiedliche Anstrengungen erfordern kann. Bei der Wanderaktivität der Gruppe W, gekennzeichnet durch niedrige Schwimmleistung, verringerten Wanderinstinkt und gleiche Barrierewirkung der FAA, kann ein solcher Schwellwert erreicht sein und die Überwindung verhindern.

Der Unterschied in der Artenzusammensetzung beider Gruppen kann dann als ein relatives Maß für die Durchgängigkeit einer FAA benutzt werden. Je größer der Unterschied in der Artenzusammensetzung beider Gruppen ist, umso stärker ist die Barrierewirkung der FAA.

Die vorgeschlagene Definition der Durchgängigkeit einer FAA ist eine relative Größe. Sie bezieht sich auf die Artenzusammensetzung während der Wanderaktivität der Gruppe S. Um einen einheitlichen Bezug zu gewährleisten, ist diese Artenzusammensetzung auf Vollständigkeit mit Hilfe der Referenzzönose nach WRRL zu prüfen. Wie hier im Einzelnen vorzugehen ist, ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

3 Definitionen der Modellkomponenten

3.1 Wanderablauf, Wanderfluss und Wanderkorridor

Fische erreichen unterschiedlichste Lebensräume durch sogenannte Fischwanderungen (aus LUCAS et al. 2001):

- > Laichwanderung
- > Nahrungswanderung
- > Winterwanderung
- > Ausweichbewegungen (ungünstige Lebensbedingungen)
- > Bestandsdichteausgleich (Überpopulation)
- > Kompensationswanderungen (Ausgleich Driftverlust)
- > Neu- und Wiederbesiedlung

Solche Fischwanderungen sind durch unterschiedliche Phasen (Schwimmphase, Ruhephase etc.) gekennzeichnet und werden in dieser Arbeit als Wanderablauf bezeichnet.

Den Wanderablauf bestimmen die Fische instinktiv zum Teil selbst, aber auch in Wechselbeziehung zu anderen Fischen und in Abhängigkeit von Umweltbedingungen. Diese Interaktion zwischen mehreren Individuen und den Umfeldbedingungen ergibt den relativen Wanderfluss (Anzahl Arten pro Zeiteinheit).

Der Untersuchungsraum ist der Wanderkorridor. Der Wanderkorridor (nach DWA 2010) erstreckt sich vom Unterwasser über eine FAA bis ins Oberwasser eines Wanderhindernisses.

3.2 Aggregationsniveau

Der Wanderfluss ist ein instationärer Vorgang. Bei der Analyse seines dynamischen Verlaufs ist die richtige Wahl des zeitlichen (bzw. räumlichen) Maßstabs von entscheidender Bedeutung.

Wählt man diesen Maßstab (Aggregationsniveau, Skalenniveau) zu klein (siehe Abb. 1), wird die Instabilität, gekennzeichnet durch Fluktuationen, verstärkt. Wählt man den Maßstab zu groß, verschwinden einzelne Aktivitäten und werden ersetzt durch einen großskaligen Trend. Gesucht ist eine Skalenebene, in der bestimmte Kenngrößen Mittelwerte annehmen und Abweichungen von diesen rein zufällig sind. Dementsprechend sind die hier betrachteten Kenngrößen gemittelte Größen. Für die hier durchgeführten Analysen wurde ein Zeitintervall von $\Delta t = 1$ Monat gewählt; d. h. alle Fischfänge eines Monats (Kalendermonat) wurden zu einer Probe zusammengefasst. Man kann ein solches Zeitintervall nicht theoretisch ableiten. Auch ist ein solches Zeitintervall bei verschiedenen Untersuchungsgegenständen sehr unterschiedlich. Kleinere Zeiteinheiten wurden hier nicht gewählt, um in einer Probe möglichst Artenzahlen ≥ 5 zu erhalten und so den Charakter von Zählraten zu gewährleisten.

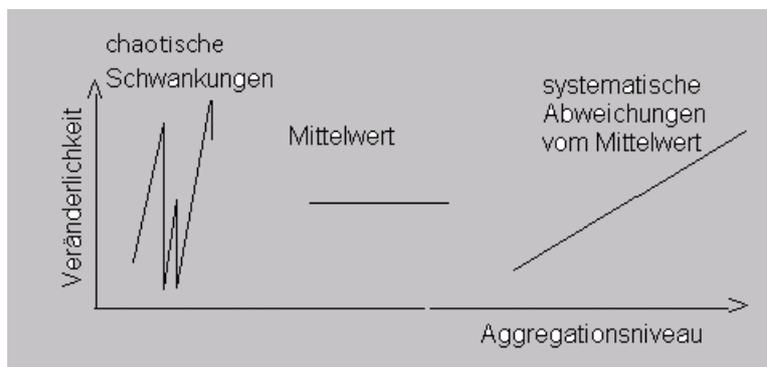


Abb. 1: Aggregationsniveau der Fischwanderungen

3.3 Mobilität

Hinsichtlich ihrer Mobilität werden Fischarten nach dem fischbasierten Bewertungsverfahren fiBS (DUBLING 2009) in Kurz-, Mittel- und Langdistanzwanderer unterteilt. Die Kurzdistanzwanderer bewegen sich innerhalb einer Fischregion, die Mitteldistanzwanderer auch innerhalb der angrenzenden Fischregion und die Langdistanzwanderer überwinden mehrere Fischregionen.

Zu den Lang- und Mitteldistanzwanderern zählen ausschließlich rheophile (strömungsliebende) Arten und zu den Kurzdistanzwanderern zählen sowohl reophile als auch stagnophile (strömungsmeidende) Arten und auch indifferente Arten.

Zusätzlich wurden die Arten innerhalb jeder Mobilitätsklasse nach einem empirischen Strömungswiderstand geordnet (siehe Abb. 2). Dieser empirische Strömungswiderstand wurde anhand der geometrischen Abmessungen adulter Arten (nach DWA 2010) in der Form $\text{Höhe}/(\text{Breite} \cdot \text{Länge})$ mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse geschätzt. Da hier die Länge der Arten die entscheidende Größe ist, gibt der reziproke Wert des empirischen Strömungswiderstandes ein Maß für die Schwimmleistung an.

Mit diesem empirischen Strömungswiderstand ist eine gute Trennung von Lang- und Mitteldistanzwanderern möglich. Eine Trennung gegenüber den Kurzdistanzwanderern fällt dagegen schlechter aus.

Vereinfachend sollen hier die Mobilitätsklassen mit der Stärke des Wanderinstinktes und der Schwimmleistung adulter Arten in Verbindung gebracht werden. So nimmt in den Mobilitätsklassen von Kurz- über Mittel- bis zu Langdistanzwanderern die Stärke des Wanderinstinktes und/oder die Schwimmleistung adulter Individuen zu.

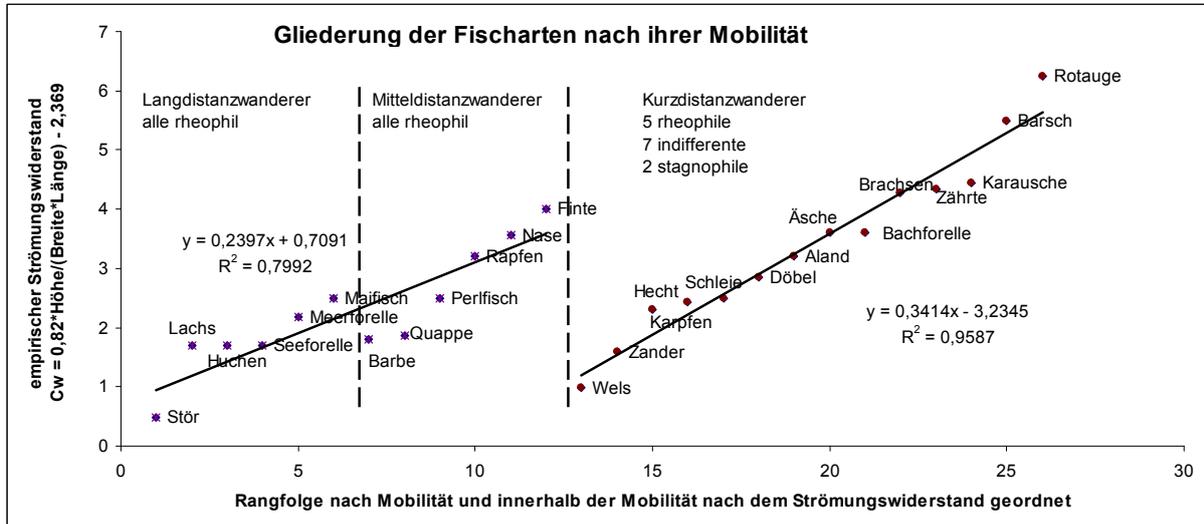


Abb. 2: Mobilitätsklassen der Wanderfische

3.4 Präsenzwert (Präsenz = Frequenz = Konstanz = Stetigkeit)

Der Präsenzwert k_i beschreibt die Regelmäßigkeit im Vorkommen der i 'ten Art innerhalb der Probenahmen einer einheitlichen Artenzusammensetzung (z. B. Nachweise in 10 von 20 Proben, Präsenzwert = 50 %).

$$k_i = \frac{m_i}{M} \quad \text{mit} \quad m_i \leq M$$

$$S_c = \sum_{i=1}^S k_i \quad \rightarrow \quad \sum_{i=1}^S \frac{k_i}{S_c} = 1$$

mit:

k_i - Präsenz der i 'ten Art mit $0 < k_i < 1$

S_c - mittlere Artenzahl innerhalb der Proben, Anzahl charakteristischer Arten

k_i / S_c - Präsenzanteil

M - Gesamtzahl der Proben

m_i - Anzahl der Proben mit dem Nachweis der i 'ten Art

Das arithmetische Mittel der Artenzahlen aller Proben einer einheitlichen Artenzusammensetzung ist identisch mit der Summe aller Präsenzwerte k_i und wird als charakteristische Artenzahl bezeichnet. Sie legt die Anzahl der hochpräsenzen Arten in einer einheitlichen Artenzusammensetzung fest.

3.5 Präsenzstruktur

Die Präsenzstruktur bezieht sich immer auf eine einheitliche Artenzusammensetzung. Entsprechend erfolgt in einem ersten Schritt die Gliederung der Probenahmen nach der Artenzusammensetzung mit Hilfe einer Clusteranalyse. Das Besondere hierbei ist der Einsatz einer Clusteranalyse auf der Basis eines biologisch begründeten Heterogenitätskriteriums (KÖNIG 2005). Dieses Kriterium entspricht der β -Diversität nach WHITTAKER (1972). In Abb. 3 ist das Ergebnis der Clusteranalyse beispielhaft in Form eines Dendrogramms dargestellt.

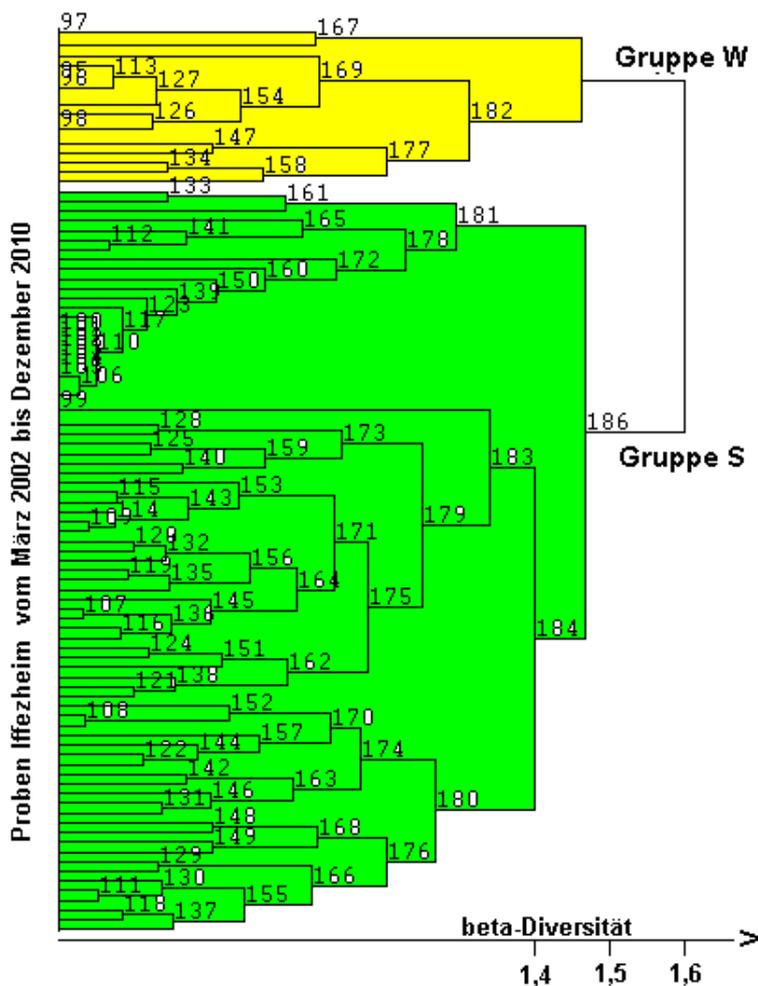


Abb. 3: Gruppierung der Fischproben nach einheitlicher Artenzusammensetzung in der FAA in Iffezheim (siehe Kapitel 5)

Im Gegensatz zu den sonst üblichen Clusteralgorithmen ist hier die Fusionsachse (β -Diversität) biologisch interpretierbar und kann als Anzahl sich nicht überlappender einheitlicher Besiedlungen (Artenzusammensetzung) interpretiert werden. Im Dendrogramm (siehe Abb. 3) sind bei einer β -Diversität von $\beta=1,5$ zwei Artengruppen erkennbar. Für die Gruppe S ist in Abb. 4 die Präsenzstruktur angegeben. Diese Darstellung erfolgt als Histogramm, in dem die Arten nach abnehmender Präsenz geordnet sind. Die ersten 12 Arten bilden die hochpräsenten Arten und charakterisieren die Artenzusammensetzung in der Probengruppe. Ferner ist bei dieser kleinen β -Diversität ($\beta=1,5$ in Gruppe S) die Präsenzsumme dieser 12 Arten größer als die Präsenzsumme aller übrigen Arten. Dies gewährleistet eine einheitliche Artenzusammensetzung in der Probengruppe.

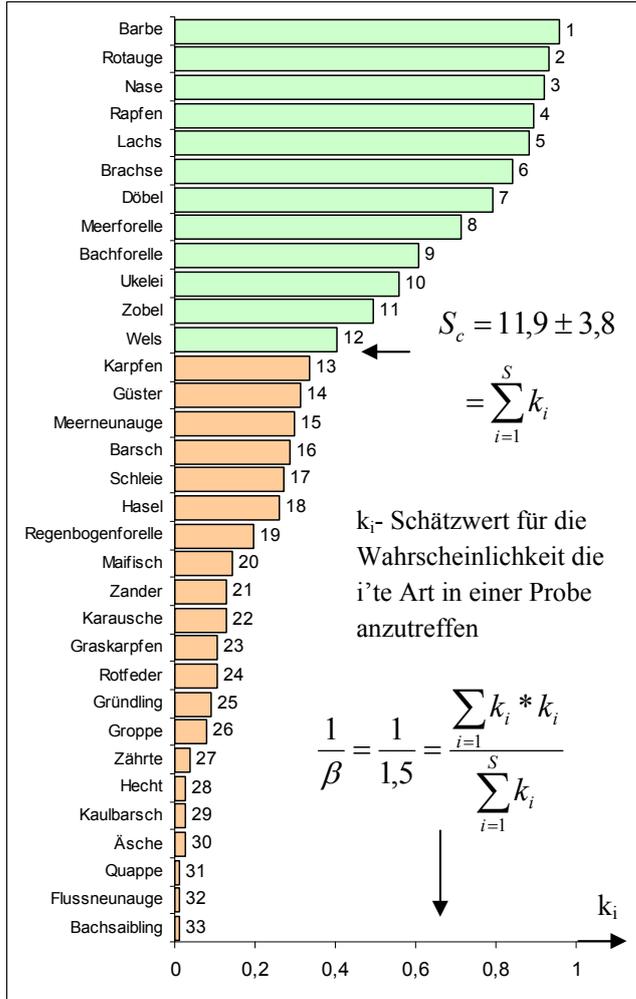
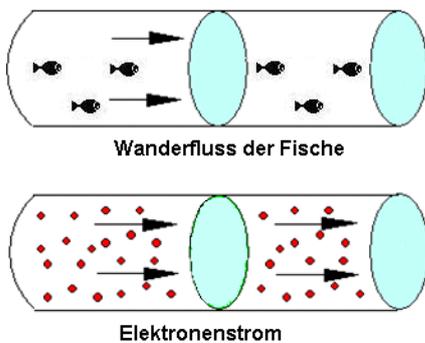


Abb. 4:
Präsenzstruktur der Probengruppe S
in Iffezheim (siehe Abb. 3)

4 Modell

Das Modell nutzt die Analogie zwischen Wanderfluss der Fische und dem elektrischen Strom. Im Gewässer wandern Fische, man spricht von einem Wanderfluss. Im elektrischen Leiter strömen Elektronen, man spricht vom elektrischen Strom. Im Gewässer wandern die Fische aufgrund ihres unterschiedlich starken Wanderinstinktes. Im elektrischen Leiter werden die Elektronen durch die Spannungsquelle bewegt.



$$U = R \cdot I$$

U = Stärke des Wanderinstinktes

R = Widerstand, der dem Wanderfluss entgegen wirkt

I = S_c = rel. Wanderfluss

[Anzahl charakteristischer Arten / Δt]

Abb. 5: Wanderfluss der Fische – ein Analogiemodell

Für die beiden Wanderflusssituationen der Probengruppen S und W lassen sich die entsprechenden Schaltkreise aufstellen (siehe Abb. 6).

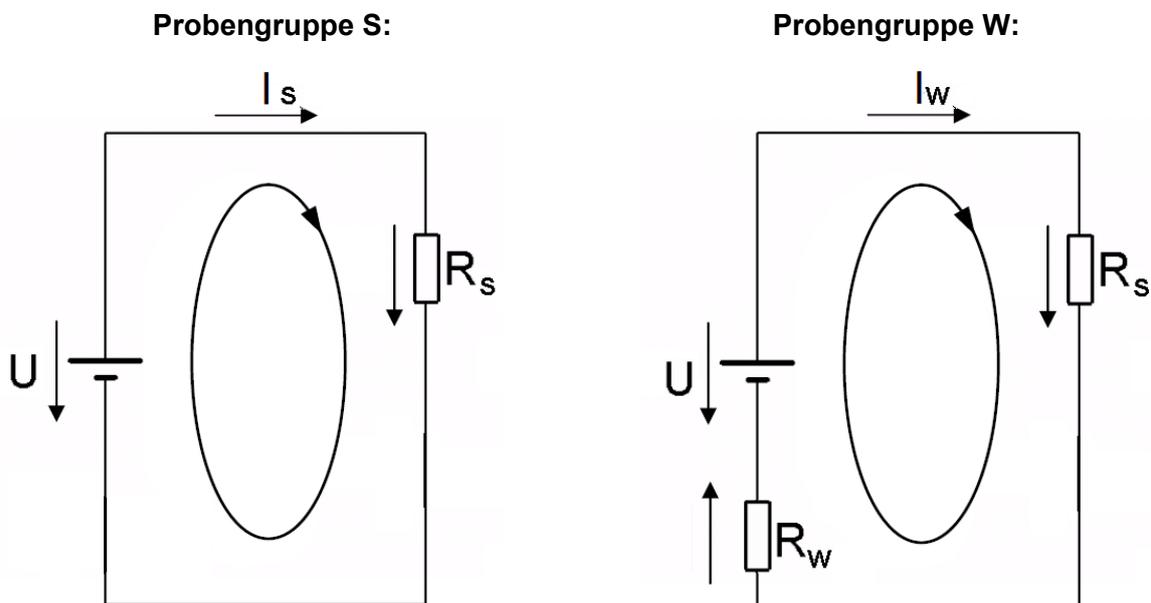


Abb. 6: Schaltkreise für die Wanderflusssituationen der Gruppen S und W

Die Ableitung der folgenden Gleichungen erfolgte mit Hilfe der Kirchhoffschen Gesetze.

$$U = R_S \cdot I_S$$

$$U = (R_S + R_W) \cdot I_W$$

U = Stärke des Wanderinstinktes

$I_S, I_W = S_{C,S}, S_{C,W}$ = rel. Wanderfluss der Gruppen S und W

R_S = Widerstand der FAA

R_W = erfasst die Minderung von U in der Gruppe W

Die beiden Gleichungen liefern dann einen Ausdruck für die relative Durchlässigkeit und für den relativen Widerstand einer FAA

$$D_{rel} = \frac{R_S}{R_W} = \frac{1}{\frac{I_S}{I_W} - 1} = \frac{1}{\frac{S_{C,S}}{S_{C,W}} - 1}$$

D_{rel} = relative Durchlässigkeit der FAA

R_{rel} = relativer Widerstand der FAA

$$R_{rel} = \frac{1}{D_{rel}}$$

5 Daten/Ergebnisse

Untersucht wurden die Fangdaten in drei FAA. Im Rhein sind es die Standorte Gamsheim und Iffezheim und in der Mosel der Standort Koblenz (siehe Abb. 7).



Abb. 7:
Lagepositionen der Fischaufstiegsanlagen

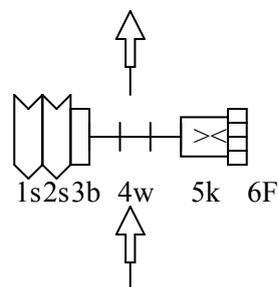
Die Luftbilder und die schematischen Darstellungen der betrachteten Staukomplexe zeigt die Abb. 8.

Die Mosel-Fischdaten wurden von Dr. Jörg Schneider (Bürogemeinschaft für Fisch- und Gewässerökologischen Studien Frankfurt am Main) bereitgestellt. Die Rhein-Daten stellt die Wanderfische Baden-Württemberg gemeinnützige GmbH (WFBW) im Internet (<http://www.wfbw.de/120.0.html>) zur Verfügung. Die Daten vom Rhein wurden mittels Videoerfassung und die von der Mosel mittels Reusenfängen erhoben. In allen Daten wurden hier nur adulte Tiere betrachtet und die Aal-Fänge im Rhein blieben unberücksichtigt, da es sich hier um Besatzfische handelt bzw. hier auch Erfassungsschwierigkeiten bestehen.

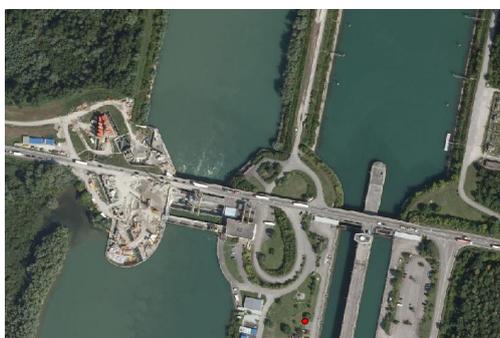
a)



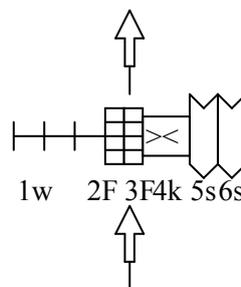
**(ehemalige) FAA Koblenz
(Mosel)**



b)



FAA Iffezheim (Rhein)



c)



FAA Gamsheim (Rhein)

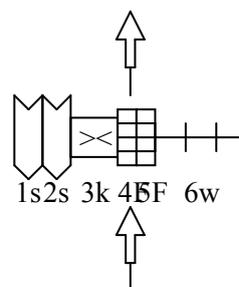


Abb. 8: Luftbilder und schematischer Aufbau der betrachteten Staukomplexe
a) Koblenz, b) Iffezheim und c) Gamsheim
(Luftbilder sind Bildausschnitte aus den amtlichen Digitalen Orthofotos
© GeoBasis-DE/BKG (2011); www.bkg.de)

Elemente: s Schleuse, k Wasserkraftanlage, w Wehr, F Fischeufstiegsanlage,
b Bootsschleuse

Tabelle 1

Strukturparameter und Präsenzstruktur der Wanderaktivitäten in der FAA Gamsbheim
Fangdaten vom April 2006 bis Dezember 2010

	Gruppe W	Gruppe S
Anzahl Proben	30	27
Anzahl Arten	15	22
max. Dominanz [%]	32,94	50,53
Sc	7.9±2.3	12.9±4.6
β-Diversität	1,3	1,3
G:p [%]	41,1±8,1	48,3±7,4
RA	0	100

Arten	Mobilität	Präsenz [%]	RA
Rapfen	m	96,7	81,5
Lachs	l	80	70,4
Nase	m	96,7	96,3
Barbe	m	96,7	100
Bachforelle	k	80	88,9
Rotauge	k	73,3	81,5
Brachse	k	73,3	85,2
Meerforelle	l	53,3	88,9
Döbel	k	40	66,7
Ukelei	k	43,3	85,2
Barsch	k	30	66,7
Schleie	k	6,7	77,8
Wels	k	0	77,8
Karpfen		0	59,3
Maifisch	l	0	40,7
Meerneunaug	l	3,3	37
Graskarpfen		0	33,3
Karausche	k	0	29,6
Hecht	k	13,3	14,8
Äsche	k	3,3	3,7
Gründling	k	0	3,7
Güster	k	0	3,7

Legende:

Sc - charakteristische Artenzahl =
Anzahl hochpräsenster Arten
(charakteristische Arten sind
farbig markiert)

G:p - Formparameter der geometrischen
Reihe in Prozent

RA - Reciprocal Averaging (HILL 1974),
Zeilen und Spalten der Präsenzstruktur
werden hiernach sortiert.

Mobilität

k - Kurzdistanzwanderer
m - Mitteldistanzwanderer

l - Langdistanzwanderer

**Proben Gamsbheim
vom April 2006 bis Dezember 2010**

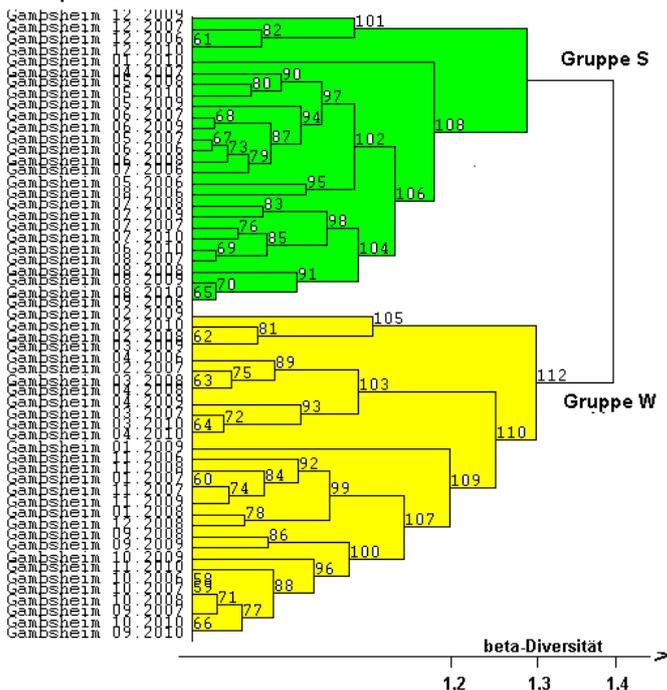


Abb. 9:

Gruppierung der Fischproben
nach einheitlicher Artenzusammensetzung
in der FAA Gamsbheim

Tabelle 2

Strukturparameter und Präsenzstruktur der Wanderaktivitäten in der FAA Iffezheim
Fangdaten vom März 2002 bis Dezember 2010

		Gruppe W	Gruppe S		
Anzahl Proben		17	77		
Anzahl Arten		9	33		
max. Dominanz [%]		37,58	32,54		
Sc		3.6±1.5	11.9±3.8		
β-Diversität		1,5	1,5		
G:p [%]		44,4±11,0	39,5±5,4		
RA		0	100		
Arten	Mobilität	Präsenz [%]		RA	
Meerforelle	l	82,4	71,4	0	
Nase	m	82,4	92,2	12	
Bachforelle	k	52,9	61	13	
Lachs	l	76,5	88,3	14	
Barbe	m	35,3	96,1	50	
Döbel	k	11,8	79,2	75	
Rotaugen	k	5,9	93,5	89	
Rapfen	m	0	89,6	100	
Brachse	k	0	84,4	100	
Ukelei	k	0	55,8	100	
Zobel	k	0	49,4	100	
Wels	k	0	40,3	100	
Karpfen	k	0	33,8		
Güster	k	0	31,2		
Meerneunaugen	l	0	29,9		
Barsch	k	0	28,6		
Schleie	k	0	27,3		
Hasel	k	0	26		
Regenbogenforelle	k	0	19,5		
Maifisch	l	0	14,3		
Karausche	k	0	13		
Zander	k	0	13		
Rotfeder	k	0	10,4		
Graskarpfen		0	10,4		
Gründling	k	0	9,1		
Äsche	k	5,9	2,6		
Kaulbarsch	k	5,9	2,6		
Groppe	k	0	7,8		
Zährte	k	0	3,9		
Hecht	k	0	2,6		
Bachsaibling	k	0	1,3		
Flussneunaugen	l	0	1,3		
Quappe	m	0	1,3		

Legende:

Sc - charakteristische Artenzahl =
Anzahl hochpräsenster Arten
(charakteristische Arten sind
farbig markiert)

G:p - Formparameter der geometrischen
Reihe in Prozent

RA - Reciprocal Averaging (HILL 1974),
Zeilen und Spalten der Präsenzstruktur
werden hiernach sortiert.

Mobilität

k - Kurzstanzwanderer
m - Mitteldistanzwanderer
l - Langstanzwanderer

Hinweis: Gruppierung der Proben siehe Abb. 3.

Tabelle 3

Strukturparameter und Präsenzstruktur der Wanderaktivitäten in der FAA Koblenz
Fangdaten vom September 1992 bis Dezember 2009

		Gruppe W	Gruppe S		
Anzahl Proben		65	100		
Anzahl Arten		11	20		
max. Dominanz [%]		65,19	24,98		
Sc		1.6±0.7	4.3±1.6		
β-Diversität		1,8	1,9		
G:p [%]		59,6±11,4	31,7±5,9		
RA		0	100		
Arten	Mobilität	Präsenz [%]		RA	
Lachs	l	38,5	16	100	
Meerforelle	l	83,1	62	81	
Barbe	m	4,6	81	8	
Döbel	k	1,5	75	4	
Brachse	k	0	58	0	
Rotauge	k	9,2	48		
Güster	k	1,5	26		
Nase	m	0	13		
Rapfen		1,5	11		
Karpfen		0	9		
Barsch		0	7		
Regenbogenforelle	k	9,2	7		
Giebel	k	0	6		
Schleie	k	0	5		
Wels	k	0	4		
Aland		1,5	2		
Hecht	k	0	1		
Meerneunauge	l	0	1		
Saibling		1,5	1		
Ukelei		0	1		
Bachforelle	k	3,1	0		

Legende:

Sc - charakteristische Artenzahl =
Anzahl hochpräsenzter Arten
(charakteristische Arten sind
farbig markiert)

G:p - Formparameter der geometrischen Reihe in Prozent

RA - Reciprocal Averaging (HILL 1974),
Zeilen und Spalten der Präsenzstruktur werden hiernach sortiert.

Mobilität

k - Kurzdistanzwanderer
m - Mitteldistanzwanderer
l - Langdistanzwanderer

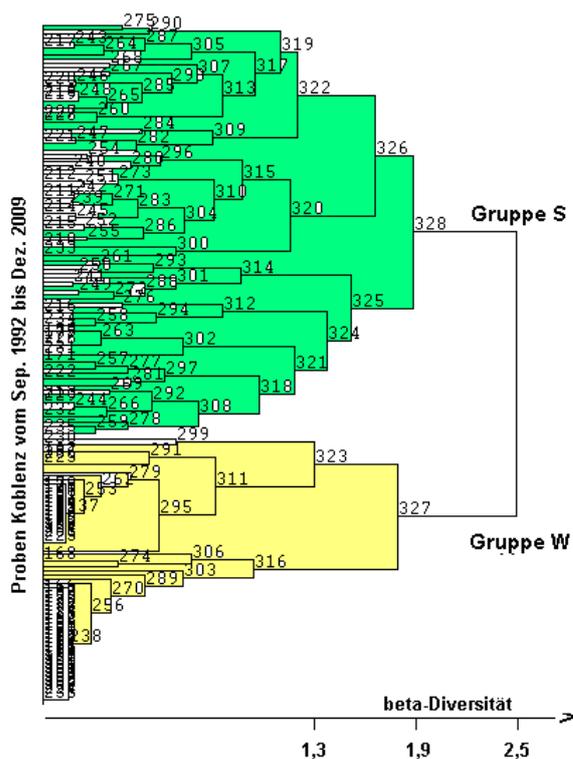


Abb. 10:

Gruppierung der Fischproben nach einheitlicher Artenzusammensetzung in der FAA Koblenz

Die Ergebnisse der Clusteranalysen sind in Abb. 3, 9 und 10 angegeben. In allen Fällen sind zwei unterschiedliche Artenzusammensetzungen bei den durch die FAA wandernden Fischen festzustellen. Die Tabellen 1 bis 3 zeigen die Strukturparameter und die Präsenzstruktur der Wanderaktivitäten der beiden Probengruppen W und S.

Die Zeilen und Spalten der Präsenzstruktur wurden mit Hilfe der wechselseitigen Mittelwertbildung (Reciprocal Averaging, RA; HILL 1974) so sortiert, dass sich die Wertebelegungen optimal der Hauptdiagonale annähern. Die so erhaltene Reihenfolge der Proben bzw. Arten zeigt die Hauptveränderlichkeit dieser Tabelle. Sie ist identisch mit der Reihung, die man auf der 1. Hauptachse mit einer Korrespondenzanalyse erhält (HILL 1974). Zusätzlich wurde die gemessene maximale Dominanz protokolliert. Sie entspricht dem reziproken Wert des Berger-Parker-Index (BERGER & PARKER 1970). Ebenso entspricht sie dem Formparameter der geometrischen Reihe. Der Schätzwert dieses Formparameters ist unter G:p [%] angegeben. Die angegebenen Standardabweichungen beziehen sich auf Einzelmessungen und stellen nicht die Standardabweichung des Mittelwertes dar.

Vergleicht man die charakteristischen Arten der Probengruppe S an den Standorten Gamsbheim und Iffezheim (Tabellen 1 und 2), so ist eine relativ gute Übereinstimmung festzustellen. Der gleiche Vergleich in den Probengruppen W zeigt dagegen deutliche Unterschiede. So ist die charakteristische Artenzahl mit $S_c=3,6\pm 1,5$ in Iffezheim (gegenüber $S_c=7,9\pm 2,3$ in Gamsbheim) deutlich niedriger. Betrachtet man die in der Gruppe W gegenüber der Gruppe S fehlenden hochpräsenten Arten eines Standortes, so fehlen in Gamsbheim deutlich weniger, die dann aber nur unterrepräsentiert sind ($k_i > 0$). Deutlich wird auch, dass die in der Gruppe W fehlenden hochpräsenten Arten in Gamsbheim lediglich Kurzstanzwanderer sind, während in Iffezheim zusätzlich auch Mitteldistanzwanderer fehlen.

Der Unterschied in der Artenzusammensetzung (hochpräsente Arten) in den Probengruppen W beider benachbarter Standorte und die fast identische Artenzusammensetzung in den Probengruppen S können nicht allein durch ein natürliches Phänomen erklärt werden. Bei einem rein natürlichen Phänomen müssten hier auch die Artenzusammensetzung in den Probengruppen W identisch sein. Ihr Unterschied ist kennzeichnend für den Grad der Barrierewirkung der jeweiligen FAA. In Tabelle 4 sind alle Berechnungsergebnisse zusammengestellt.

Tabelle 4

Vergleich der FAA hinsichtlich ihrer Barrierewirkung für Wanderfische

	Gruppe W	Gruppe S				
Fischaufstiegsanlage	$S_{C,W}=I_W$	$S_{C,S}=I_S$	D_{rel}	R_{rel}	ΔR_{rel}	ΔR_{rel} des Mittelwertes
FAA Gamsbheim (Rhein)	$7,9\pm 2,3$	$12,9\pm 4,6$	1,9	0,5	0,2	0,05
FAA Koblenz (Mosel)	$1,6\pm 0,7$	$4,3\pm 1,6$	0,6	1,7	1	0,2
FAA Iffezheim (Rhein)	$3,6\pm 1,5$	$11,9\pm 3,8$	0,5	2,1	1,1	0,1

$S_{C,W}$, $S_{C,S}$ und I_W , I_S - charakteristische Artenzahlen und relativer Wanderfluss der Gruppen W bzw. S

D_{rel} - relative Durchlässigkeit, R_{rel} - relativer Widerstand

ΔR_{rel} - Standardabweichung des relativen Widerstandes bzgl. der Einzelwerte

ΔR_{rel} des Mittelwertes - Standardabweichung des relativen Widerstandes bzgl. des Mittelwertes

In Gamsheim sind lediglich Kurzdistanzwanderer unterrepräsentiert (siehe Tabelle 1), deshalb wird von einer relativ geringeren Barrierewirkung der FAA ausgegangen. In Iffezheim fehlen Kurzdistanzwanderer und zusätzlich Mitteldistanzwanderer (siehe Tabelle 2), so dass eine stärkere Barrierewirkung der FAA anzunehmen ist. Der relative Widerstand R_{rel} der FAA in Iffezheim ist um den Faktor 4 gegenüber Gamsheim erhöht.

Die Barrierewirkung der FAA in Koblenz ist zwischen den beiden anderen Standorten einzuordnen. Das Verhältnis der charakteristischen Artenzahlen der Probengruppe S in den Standorten Gamsheim und Koblenz ($I_{S,G} / I_{S,K} = 3$) entspricht relativ gut dem Verhältnis der mittleren Abflüsse $MQ_G/MQ_K = 3,8$ (Abflussangaben nach dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch). Dieser Zusammenhang muss aber an anderen Standorten überprüft werden.

6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich folgende Schlussfolgerungen treffen:

Mit der relativen Durchgängigkeit D_{rel} wird ein einfaches und robustes quantitatives Maß definiert, mit dem die FAA eines Gewässers, vielleicht auch eines Gewässersystems, hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit für Wanderfische in eine Rangfolge gebracht werden können.

Fehlen allein die hochpräsenten Kurzdistanzwanderer, so ist das charakteristisch für eine geringe Barrierewirkung der FAA.

Fehlen zusätzlich die hochpräsenten Mitteldistanzwanderer, so ist von einer erhöhten Barrierewirkung der FAA auszugehen.

Literatur

- BERGER, W. H., F. L. PARKER (1970): Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments.- Science, 168, 1345-7.
- Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag.
- DUBLING, U et al. (2009): Handbuch zu fiBS. - 2. Auflage: Version 8.0.6 – Hilfestellungen und Hinweise zur sachgerechten Anwendung des fischbasierten Bewertungsverfahrens fiBS.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2010: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509
- EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327 vom 22.12.2000
- HILL, M. O. (1974): Correspondence Analysis: A Neglected Multivariate Method. - Appl. Statist. 23(3): 340-354.

- KÖNIG, B. (2005): Biologisch begründetes Heterogenitätskriterium zur Gruppierung von Benthosprobennahmen nach einheitlichen Lebensgemeinschaften. - DGL-Tagungsbericht 2004.
- LUCAS, M. C. & E. BARRAS (2001): Migration of Freshwater Fishes. - Blackwell Science, Oxford, 420 p.
- THIENEMANN, A. (1920): Die Grundlagen der Biocoenotik und Monards faunistische Prinzipien. - Festschr. Zschokke 4: 1-14.
- WHITTAKER, R. H. (1972): Evolution and measurement of species diversity. - Taxon, 21, 213-251.

Kontakt:

Bernd König

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5482

Fax: 0261/ 1306 5152

E-Mail: Koenig@bafg.de

Umsetzung der FFH-Richtlinie in Niedersachsen: Neunaugen-Aufstiegsmonitoring an Fischwegen in Bundeswasserstraßen

Christian Edler

1 Einleitung

1.1 Hintergrund FFH-Richtlinie

Neben diversen Fischarten sind auch die in Niedersachsen vorkommenden Rundmäuler Bachneunauge (*Lampetra planeri*), Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*) und Meerneunauge (*Petromyzon marinus*) im Anhang II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, EG 1992) geführt. Daher wurden landesweit zahlreiche FFH-Gebiete ausgewiesen, in den die Neunaugen-Arten wertbestimmend sind. Zudem gehören die Rundmäuler in Niedersachsen in die Reihe der sogenannten prioritären (Bachneunauge) bzw. höchst prioritären Fischarten (Flussneunauge, Meerneunauge), zu deren Schutz sogenannte Vollzugshinweise erarbeitet wurden (LAVES 2010).

Tabelle 1

In Niedersachsen heimische Fische und Rundmäuler aus dem Anhang der FFH-Richtlinie

Art	FFH-Anhang	Art	FFH-Anhang
Lachs	II, V	Bachneunauge	II
Maifisch	II, V	Flussneunauge	II, V
Finte	II, V	Meerneunauge	II
Stör	IV, II	Stromgründling	II
Schnäpel	IV, II	Bitterling	II
Rapfen	II, V	Schlammpeitzger	II
Barbe	V	Steinbeißer	II
Äsche	V	Koppe	II

Gemäß FFH-Richtlinie muss regelmäßig über den Erhaltungszustand der FFH-Arten berichtet werden. Hierzu wird für die meisten Arten ein sogenanntes Stichproben-Monitoring durchgeführt. Für die vergleichsweise „seltenen“ anadromen Rundmäuler Flussneunauge und Meerneunauge ist jedoch ein Totalzensus vorgesehen (BfN 2010). Demnach sind alle besiedelten bzw. durchwanderten Gewässerabschnitte mit Vorkommen von Flussneunaugen und Meerneunaugen – egal ob sie in FFH-Gebieten liegen oder nicht – regelmäßig nach einem vorgegebenen Monitoring-Standard zu untersuchen. Mit Hilfe eines artspezifischen Bewertungsschemas ist unter Berücksichtigung des Populationszustands, der Habitatqualität und der Beeinträchtigungen abschließend der Erhaltungszustand der Art zu bewerten (Stufen: A = hervorragend, B = gut, C = mittel-schlecht, BfN 2010).

1.2 Porträt Neunaugen

Gemeinsames Kennzeichen aller drei Arten sind die „9 Augen“. In der Seitenansicht erkennt man 7 Kiemenlöcher, 1 Auge und 1 Nasenöffnung (Abb. 1). Ein weiteres typisches Merkmal der Rundmäuler ist ihre Mundsaugscheibe (Abb. 1 + 2), mit der sich die Tiere an Fischen anheften können (Fluss- und Meerneunaugen ernähren sich ektoparasitisch) bzw. an Steinen festsaugen können (zum Bau der Laichgruben).

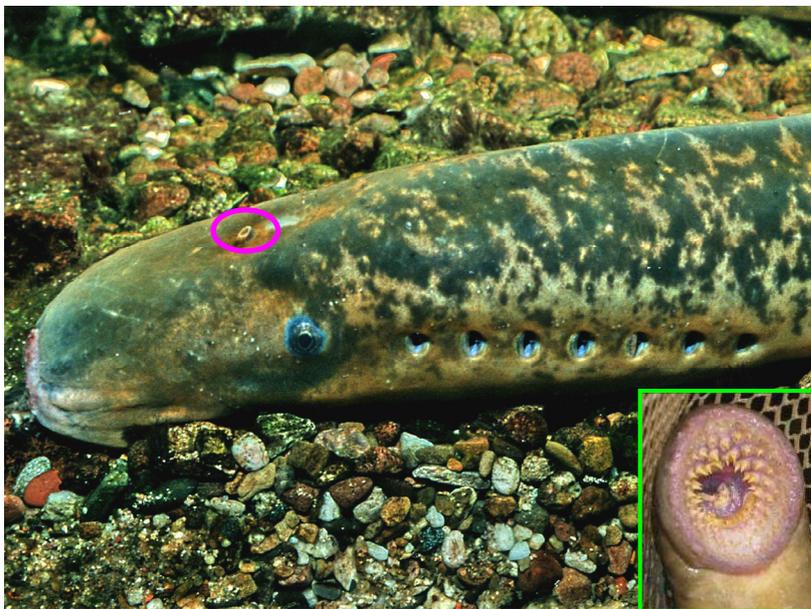


Abb. 1: Seitenansicht: 7 Kiemenlöcher, 1 Auge und 1 unpaarige Nasenöffnung (Kreis) ergeben die charakteristischen „9 Augen“ - Beispiel Meerneunauge (Foto: Bernd Stemmer). Meerneunaugen tragen eine Mundsaugscheibe, die mit zahlreichen Hornzähnen besetzt ist (Kleines Foto: Edler)



Abb. 2: Flussneunaugen aus der Fangstation an der Weser (Detailfoto Mundsaugscheibe: Stefan Ludwig)¹.

¹ Fotonachweise für die folgenden Seiten: Autoren-Name am Bild, ansonsten Christian Edler

In Norddeutschland kommen drei Neunaugen-Arten vor. Bachneunaugen (Länge bis 20 cm) leben permanent in mäßig bis rasch fließenden Bächen und kleinen Flüssen. Flussneunaugen (Länge 30 - 40 cm) und Meerneunaugen (bis 100 cm) leben während ihrer Fressphase im Meer, zur Fortpflanzung ziehen sie in Flüsse und Bäche (anadrome Arten). Alle drei Arten legen ihre Eier an stärker strömenden Stellen mit kiesig-steinigem Grund ab, die Elterntiere sterben nach dem Ablaichen. Aus den Eiern schlüpfen die augenlosen, wurmähnlichen Larven. Diese sogenannten „Querder“ leben mehrere Jahre eingegraben im schlammig-sandigen Grund und ernähren sich als Filtrierer, bevor sie sich zu erwachsenen Neunaugen umwandeln.

1.3 Erfassung von Neunaugen, Lage der Fangstationen

Da sich die adulten Fluss- und Meerneunaugen nur für eine vergleichsweise kurze Zeit im Süßwasser aufhalten, werden beim üblichen Fisch-Monitoring (Elektrofischerei) überwiegend die Querder der Neunaugen und evtl. Transformer (subadulte Tiere) nachgewiesen. In vielen Gewässern Niedersachsens kommen die Arten Bachneunauge und Flussneunauge nebeneinander im selben Lebensraum vor, laichen mitunter an denselben Kiesbänken ab (Abb. 3). Die Querder dieser Arten lassen sich jedoch äußerlich nicht unterscheiden. Meerneunaugen-Querder lassen sich ab einem gewissen Alter von Bach- und Flussneunaugen äußerlich abgrenzen, kommen jedoch nur in sehr geringen Dichten vor. Aus diesen Gründen besteht in Niedersachsen Handlungsbedarf hinsichtlich der Erfassung adulter Fluss- und Meerneunaugen. Gemäß dem Monitoring-Standard (BfN 2010) sind – alternativ bzw. ergänzend zu Elektrofischungen – daher

- a) die Erfassung der Aufsteiger in Zählstationen an Fischaufstiegsanlagen und
- b) die Zählung der Adulten an ihren Laichplätzen vorgesehen.

Im Zeitraum Herbst 2009 bis Sommer 2010 wurden im Auftrag des LAVES, Dezernat Binnenfischerei, Untersuchungen zum Aufstieg der anadromen Neunaugen an den Standorten Bollingerfähr (Ems), Langwedel (Weser) und Marklendorf (Aller) durchgeführt. Am Standort Geesthacht (Elbe) wurden vergleichbare Untersuchungen durch Dritte beauftragt.



Abb. 3: Die Veerse bei Westervesede (EZG Wümme). Hier laichen Bach- und Flussneunaugen zusammen ab.

Auf dem Weg zu ihren Laichplätzen im Süßwasser ziehen die anadromen Neunaugen durch die Ästuar- und Unterläufe der Bundeswasserstraßen Ems, Weser und Elbe. An diesen Flüssen liegen Wehranlagen, welche das Einströmen der Tide ins Landesinnere stoppen. Diese Tidewehre (s. Abb. 4) sind bereits mit Fischaufstiegsanlagen (FAA) ausgestattet.

An der Ems befindet sich das Tidewehr bei Stromkilometer 212 in Herbrum (7 km südwestlich der Stadt Papenburg). Am rechten Ufer befinden sich eine Fischaufstiegsanlage (Beckenpass) sowie eine Aufstiegshilfe für Steigaale. Das Wehr wird jedoch bei stärkerem Tidenhub überflutet. Fische und Neunaugen können dann auch unter Umgehung der Fischaufstiegsanlage direkt ins Oberwasser gelangen. Daher wurde für die Aufstiegszählung die FAA am stromauf folgenden Wehr in Bollingerfähr (Stromkilometer 206, Kürzel a in Abb. 4) genutzt. Der Höhenunterschied vom Ober- zum Unterwasser beträgt bei normalem Abfluss ca. 1,8 m. Die am rechten Ufer gelegene Fischaufstiegsanlage (Abb. 5) wurde ursprünglich als Beckenpass angelegt. Zur Verbesserung der Funktionsweise wurde die FAA im Jahr 2007 unter Mitarbeit des Landesfischereiverbandes Weser-Ems e.V. modifiziert. Die hölzernen Trennwände wurden entfernt und in das verbleibende Gerinne wurden Störsteine nach dem Wiegnerischen Prinzip (WIEGNER & HARTMANN 2005) eingebaut.

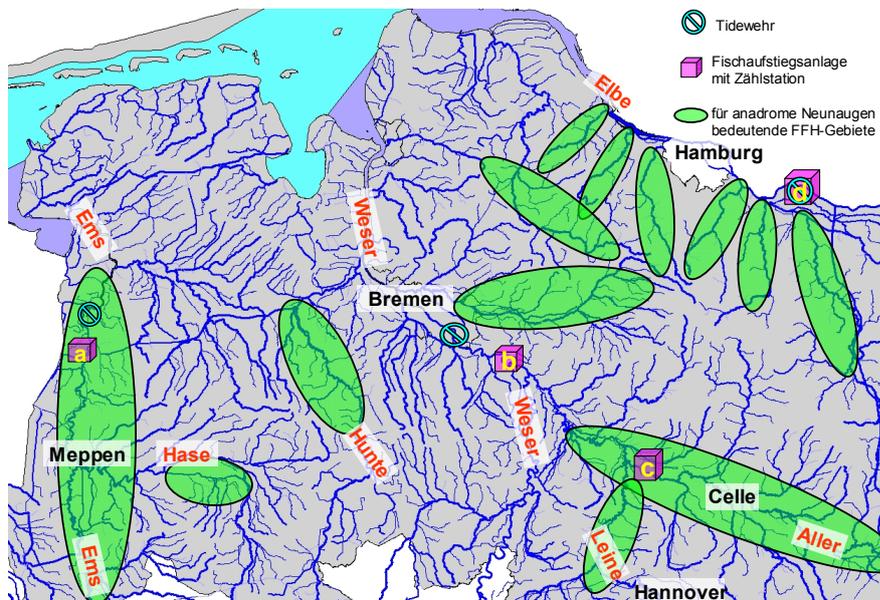


Abb. 4: Lage der Tidewehre und der Fischaufstiegsanlagen mit Zählstationen in Niedersachsen. a=Bollingerfähr, b=Langwedel, c=Marklendorf, d=Geesthacht

An der Weser befindet sich das Tidewehr bei Stromkilometer 262 in Bremen-Hemelingen. Parallel zum Bau einer Wasserkraftanlage wird dort aktuell – in Ergänzung zu einer Fischaufstiegsanlage am linken Ufer – neben der Wasserkraftanlage am rechten Ufer eine neue FAA gebaut.

Für die hier beschriebene Aufstiegszählung wurde die etwa 30 km stromauf von Bremen gelegene FAA Langwedel genutzt (Kürzel b in Abb. 4). Diese Aufstiegsanlage (Abfluss: ca. 600 l/s) überwindet auf einer Strecke von 250 m einen Höhenunterschied von etwa 4,75 m (ΔH) und mündet ca. 60 m unterhalb der Ausleitung der Wasserkraftanlage von links in die Weser. Der untere und der obere Abschnitt der FAA sind als Raugerinne-Beckenpass gestaltet, der mittlere Teil ist ohne Becken und Riegel angelegt (Abb. 6). Im Übergang zum Ober-

wasser quert ein Wartungssteg die FAA. An diesem obersten Riegel kann die FAA abgesperrt werden, ebenso kann hier eine Fangreuse eingesetzt werden (Abb. 6). Entscheidend für die Auswahl der Fangstation Langwedel war die Lage der FAA im Wesersystem. Das Wehr Langwedel befindet sich unmittelbar (knapp 4 Kilometer) stromab der rechtsseitigen Zumündung der Aller. Wanderfische, welche bei ihrem Aufstieg im Korridor Weser nach Osten in die Aller aufsteigen, können an der Fangstation Marklendorf/Aller registriert werden.



Abb. 5: Die FAA Bollingerfähr/Ems wurde in 2007 u. a. durch den Einbau von Störsteinen optimiert. Am oberwasserseitigen Ende der FAA war die Fangeinrichtung (Netzwall und Fangkammer) installiert.

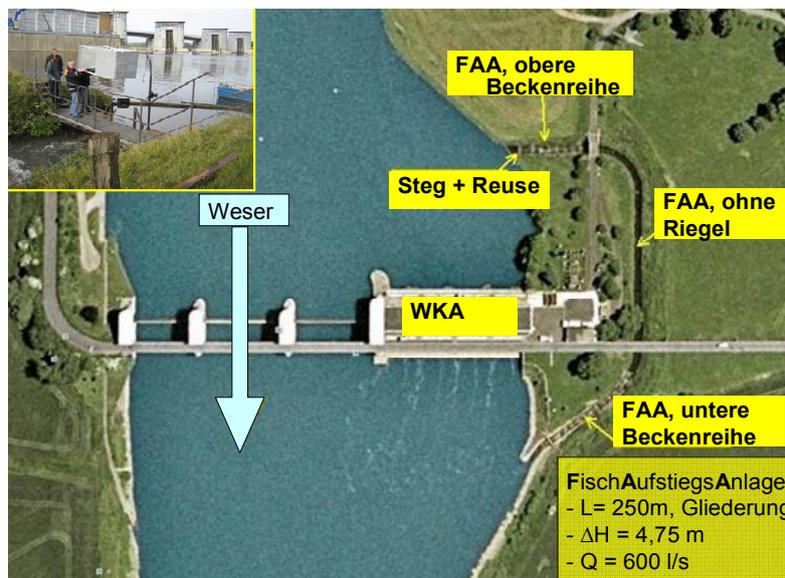


Abb. 6: Luftbild zum Standort Langwedel/Weser (google earth). Am Wartungssteg wurde eine Reuse exponiert. Durch Mitarbeiter des WSA Verden wurde die Station hergerichtet und die Reuse eingesetzt.

In Marklendorf an der Aller befindet sich links neben der vorhandenen Wasserkraftanlage eine Fischaufstiegsanlage ($Q = 500 \text{ l/s}$). Die FAA ist etwa 150 m lang und gliedert sich in die Abschnitte Unterlauf (1. Rauhgerinne, 2. Schlitzpass, $\Delta H = 3,3 \text{ m}$; s. Abb. 7) und Oberlauf (ohne Störsteine oder Riegel, hier befindet sich die Fangeinrichtung). Vor dem Rechen der Wasserkraftanlage wird linksseitig ein Fischabstiegsrohr weggeführt. Die Ausleitung dieses Bypasses ($Q = 350 \text{ l/s}$) mündet im Auslaufbereich der FAA und erhöht so deren Leitströmung.



Abb. 7: Die Fischaufstiegsanlage Marklendorf mündet direkt neben der Ausleitung der Wasserkraftanlage. Durch Zuleitung eines Bypasses zwischen der Ausleitung der uferseitigen Turbine und dem Mündungsbereich der FAA wird deren Leitströmung erhöht.

Im unteren Allersystem wirken mehrere Einflussfaktoren auf das Aufstiegsgeschehen der Fische. Etwa 12 km stromab von Marklendorf befindet sich das Nadelwehr Hademstorf/Aller. Der dortige Wehrkörper wird aus einzelnen von der Wasseroberfläche zum Grund ragenden Holzsegmenten gebildet. Diese „Nadeln“ werden i. d. R. von Anfang Dezember bis Mitte März gezogen. In den Wintermonaten besteht somit eine ungehinderte Durchgängigkeit stromauf (Fische, Wirbellose) und stromab (Organismen, Geschiebe). In der restlichen Zeit ist die Durchgängigkeit jedoch eingeschränkt. Die alte FAA am Wehr ist als „nicht funktionsfähig“ anzusehen (BRUNKEN & MEYER 1995). Im Zuge des geplanten Wehrrumbaus soll hier demnächst eine neue FAA errichtet werden.

Wenige Kilometer stromab von Hademstorf mündet von links die Leine in die Aller. Zum Einzugsgebiet dieses Flusses gehören große Teile des Weser-Leine-Berglands und ein Teil des Harzes bzw. seines Vorlands. In der Leine und ihren Nebengewässern liegen potenzielle bzw. aktuelle Reproduktionsräume und Jungfischhabitats der anadromen Salmoniden (Lachs, Meerforelle) bzw. Neunaugen (Flussneunauge, Meerneunauge). Gleiches gilt für einzelne Nebengewässer der Aller (z. B. Lehrde, Meiß, Böhme). Der Mittel- und Unterlauf der Aller (Wolfsburg bis zur Mündung) sowie die Unterläufe von Oker und Leine gehören zum FFH-Gebiet „Aller (mit Barnbruch), untere Leine, untere Oker“ (Nds.-Nr. 90, DE 3021-331). Hier sind u. a. Fluss- und Meerneunauge sowie der Lachs wertbestimmende Fischarten.

Die Hauptgewässer Weser, Aller und Leine haben für die Fischfauna Niedersachsens eine wichtige Funktion als sogenannte „überregionale Wanderrouten“. Zahlreiche Nebengewässer (z. B. Exter, Hamel, Lehrde, Böhme, Innerste und Saale) gelten als „Verbindungsgewässer“ bzw. „Laich- und Aufwuchsgewässer“ (NLWKN 2011).

2 Methoden

2.1 Reusenbefischungen

Im Zeitraum November 2009 bis Ende Juni / Anfang Juli 2010 (in Marklendorf: bis April 2010) wurden an den drei genannten Fischaufstiegsanlagen Reusenbefischungen durchgeführt. In Bollingerfähr wurde dazu eine Kombination aus Absperrrahmen - Fangtrichter - Fangkammer eingesetzt (Abb. 8).



Abb. 8: Die Fangeinrichtung (Rahmen - Fangtrichter - Fangkammer) in Bollingerfähr/Ems. Nach der Bergung des Fanges wurde die Fangeinrichtung wieder fängig gestellt (Aufsetzen auf die Sohle).

Die Netzwand (MW 10 mm) sperrte den Fischpass im Übergang zum Oberwasser auf voller Breite ab. Mittig blieb eine Öffnung in der ein Fangsack mit Fangkammer (1,2 x 1 x 0,8 m, verzinkter MW 10 mm) befestigt war, in der die aufgestiegenen Fische abgefangen wurden. Zur Bergung des Fanges wurde die Fangeinrichtung angehoben und der Fang dann in eine bereitstehende Fischwanne überführt.

In Langwedel (Weser) und in Marklendorf (Aller) wurden Kastenreusen aus Lochblech eingesetzt (Lochdurchmesser 10 mm, Außenmaße 1,6 x 1 x 0,8 m / Fangkammer 1 x 1 x 0,8 m, Einlauföffnung 0,25 x 0,3 m, daran Netzkehle, s. Abb. 9). Diese wurden am oberwasserseitigen Ende der FAA exponiert und regelmäßig kontrolliert.

Die Reusenbefischungen erfolgten in zwei Takten. Zunächst wurde die Fangreuse über 24 h exponiert und anschließend auf aufgestiegene Neunaugen kontrolliert. Wurden dabei keine Neunaugen nachgewiesen, erfolgte die nächste Reusenbefischung erst nach einer zweitägigen

Pause („orientierende Phase“ zur Ermittlung des Aufstiegbeginns). Konnten hingegen Neunaugen im Aufstieg nachgewiesen werden, wurde die Reuse nach der Leerung sofort wieder exponiert und nach 24 h erneut kontrolliert („intensive Phase“). Nach dem Abebben der Fänge wurde wieder zur „orientierenden Phase“ übergegangen. Das Fanggeschirr wurde nach jeder Reusenkontrolle gereinigt und auf etwaige Mängel überprüft.

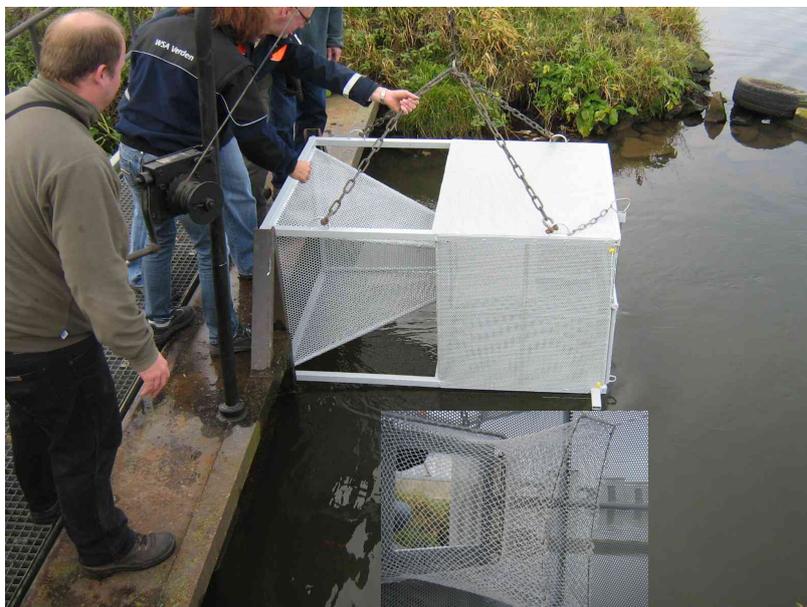


Abb. 9: Bei den Befischungen an Weser und Aller wurden Lochblech-Reusen eingesetzt. Ins Innere der Kastenreuse wurde eine Kehle aus Netzgarn (MW 10 mm, kl. Foto) angeschlagen.

Insgesamt wurden in Bollingerfähr (Ems) an 132 Tagen Reusenkontrollen durchgeführt. In Langwedel (Weser) waren es 166 Kontrolltage, in Marklendorf (Aller) wurden an 26 Tagen Reusenkontrollen durchgeführt.

Um das Einströmen von Geschwemmsel in die FAA Langwedel und damit eine Verlegung der Reuse zu minimieren, wurde als zusätzlicher Geschwemmsel Fang – der bestehende Schwemmbalken hielt nur wenig Getreibsel zurück – ein Zugnetz (Länge 5 m, Höhe 1,5 m, MW 10 mm) zwischen dem Schwemmbalken und die Reuse aufgespannt.

2.2 Erfassung Fische und Neunaugen

Alle mit der Reuse gefangenen Fische und Neunaugen wurden auf Artniveau bestimmt, auf volle cm vermessen und unmittelbar danach im Oberwasser ausgesetzt. Bei Massenfängen von Flussneunaugen wurde mit Unterproben gearbeitet. Hierzu wurde das Gesamtgewicht aller Flussneunaugen des Tagesfangs bestimmt. Daraus wurden 100 Individuen hinsichtlich Körperlänge und Gewicht exakt erfasst. Aus dem Gewicht der Unterprobe wurde dann die Individuenmenge des Gesamtfangs berechnet. Zur Vermessung der Flussneunaugen bewährte sich dabei ein Messrohr (durchsichtiges Plexiglasrohr mit cm-Skala und Einfülltrichter).

Die Reusenleerungen wurden i. d. R. von ausgewiesenen Mitgliedern der örtlichen Fischereivereine durchgeführt. Der beauftragte Gutachter koordinierte die Erfassungen und begleitete die Befischungen regelmäßig.

2.3 Erfassung Begleitparameter

Neben den biologischen Daten wurden an jedem Fangtag die Wassertemperatur, der Pegelstand und die Mondphase sowie Besonderheiten (Hochwasser, Verlegung der Reuse, Eisgang, etc.) protokolliert.

3 Ergebnisse

Eine Gesamtübersicht über die Fänge an den drei FAA, welche im Rahmen des Programms „Neunaugenaufstieg 2009/2010“ untersucht wurden, zeigt Tabelle 2. Zum Vergleich sind die Fänge von der FAA Geesthacht (ältere Anlage am Südufer) dargestellt.

Tabelle 2

Ergebnisübersicht über die drei untersuchten Aufstiegsanlagen (Fn=Fluss- Mn= Meerneunauge). Als Vergleich sind die Ergebnisse von der FAA Geesthacht (Südufer, Nds.) gezeigt.

Standort	Bollingerfähr (Ems)	Langwedel (Weser)	Marklendorf (Aller)	Geesthacht, Süd- ufer (Elbe)
Untersuchungs- zeitraum	7.11.09 - 3.7.10	12.11.09 - 28.6.10	4.11.09 - 6.4.10	5.10. - 31.12.09 1. - 31.03.10
Zeitraum Nachweise Flussneunaugen	bis 17.12.09, vereinz. Jan+Feb; 14.3. - 1.5.10	bis 13.12.09; 9.3. - 17.5.10	ab 19.3.10	5.10. - 20.12.09; 1.3., ab 15.3.10
Anzahl Arten	15	23	19	30
Gesamtmenge	24.589	78.278	5.520	26.979
Menge Neunaugen	Fn: 22.231 (90,4 %), Mn: 2	Fn: 65.514 (83,7 %) plus x Mn: 0	Fn: 4.237 (76,8 %) Mn: 0	Fn: 20.337 (75,4%) Mn: 0 (FAA Nordufer: ja)
Wandersalmoniden	8 Meerforellen	10 Lachse, 25 Meerforellen	1 Meerforelle	174 Lachse 126 Meerforellen
Menge sonstige Fische (Arten absteigend nach Häufigkeit)	2.356 (Plötze, 3er Sticl., Ukelei, Aal, Fluss- barsch, Kaulbarsch, ...)	12.764 (Plötze, Ukelei, Güster, Brasse,...)	1.283 (Plötze, Brasse, Quappe, Hasel,...)	6.642 (Aland, Aal, Brasse, Güster, Plötze, Uke- lei, Rapfen, Zope,...)

Es sei angemerkt, dass die Untersuchungen zum Neunaugenaufstieg nur wenig über die Funktionalität der Fischaufstiegsanlagen aussagen. Hierzu sind differenzierte Untersuchungen mit erweitertem Design (vgl. Methodenstandard nach BWK 2006 bzw. SCHWEVERS & ADAM 2006) nötig.

Bei der vergleichenden Betrachtung der Ergebnisse fallen einige Gemeinsamkeiten auf: Flussneunaugen konnten an allen drei Untersuchungsorten (sowie in Geesthacht) nachgewiesen werden. An den größeren Flüssen (Ems, Weser, auch Elbe) konnten bereits im November

große Mengen aufsteigender Flussneunaugen registriert werden. In Marklendorf (Aller) blieb der Herbstaufstieg der Flussneunaugen jedoch vollkommen aus. An allen Standorten war das Flussneunauge die dominierende Art im Aufstieg, die Plötze (Rotauge) die zweithäufigste Art. Insgesamt hatten die anadromen Wandersalmoniden Lachs und Meerforelle nur einen geringen Anteil am Gesamtfang. Meerneunaugen konnten nur an der Ems (n=2) nachgewiesen werden. Im folgenden Text sind die Ergebnisse nach Standorten getrennt dargestellt.

3.1 Ergebnisse Bollingerfähr (Ems)

In Bollingerfähr konnten insgesamt 24.586 Individuen aus 15 Arten nachgewiesen werden (Tabelle 3, nach LFV-WE 2010). Dominierend im Fang war das Flussneunauge (n=22.231; Fanganteil 90,4 %). Zweithäufigste Art war die Plötze (Rotauge) mit n=910 (3,7 %), gefolgt vom Dreistachligen Stichling (n=736; 3 %). Der Anteil aller anderen Arten lag jeweils unter 1 %. Auf den ersten Blick ist auch die Menge der aufgestiegenen Aale als sehr gering anzusehen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass aus der Nordesse aufsteigende Steigaale (Längensklasse 10-20 cm) aufgrund ihres geringen Körperdurchmessers nicht repräsentativ mit dem eingesetzten Fanggeschirr (Maschenweite 10 mm) nachgewiesen werden können.

Tabelle 3

Gesamtfänge an der FAA Bollingerfähr/Ems, Nov. 09 - Juli 10 (LFV-WE 2010)

Art (FFH-Arten blau)	Längensklasse (cm)						Summe	%
	<10	10-<20	20-<30	30-<40	40-<50	>=50		
Aal		61	101	29	9	7	207	0,84
Flussbarsch	44	91	16	7			158	0,64
Flussneunauge		1	1309	19169	1752		22231	90,41
Hecht				1		1	2	0,01
Meerforelle				1	1	6	8	0,03
Meerneunauge						2	2	0,01
Plötze, Rotauge	250	564	77	19			910	3,70
Rotfeder		20					20	0,08
Aland		3	2	4			9	0,04
Laube	22	182					204	0,85
Gründling	17	12					29	0,12
Koppe	5						5	0,02
Kaulbarsch	37	27					64	0,26
Dreist.Stichling	736						736	2,99
Schleie				1			1	0,00
Summe	1111	965	1505	19230	1762	16	24586	100

Bemerkenswert ist – neben dem Fang von 2 Meerneunaugen – der Nachweis von 5 Koppen im März/April 2010. Koppen konnten in der Ems bisher noch nicht soweit stromab (Übergang vom Metapotamal zum Hypopotamal) nachgewiesen werden. Die systematische Zuordnung dieser Exemplare (*Cottus rhenanus* oder andere Art, NOLTE et al. 2005) ist nicht abschließend geklärt.

Neben den anadromen Neunaugen und der Koppe konnten (in Tabelle 3 blau dargestellt) keine anderen, für das FFH-Gebiet „Ems“ (Nds.-Nr. 13, DE 2809-331) wertbestimmenden Fischarten (Bitterling, Rapfen, Steinbeißer, Schlammpeitzger) nachgewiesen werden.

Die höchsten Fangmengen beim Flussneunaug traten im November 2009 auf (Abb. 10). Die Fänge zeigten zur Mitte des Monats ein deutliches Maximum und fielen danach ab. Vom 23.11.2009 an wurde ein Anstieg der Fänge mit einem erneuten Maximum von 2070 Flussneunaugen (27.11.2009) festgestellt. Während der Hauptaufstiegszeiten konnten 2 Minima beobachtet werden (19. u. 22.11.2009). Im Dezember konnten noch bis zur Monatsmitte Tagesfänge mit bis zu 1389 Tieren registriert werden. Mit rapide sinkenden Temperaturen (von 5°C auf 1°C, Mitte Dezember) gingen dann auch die Neunaugenfänge drastisch zurück. Während im Februar an nur zwei Tagen insgesamt 41 Flussneunaugen nachgewiesen wurden, nahmen die Aufstiegszahlen Mitte März (ab 6°C ansteigende Temperatur) wieder zu und erreichten zum Monatsende Maxima mit bis zu 243 Tieren/Leerung. Die letzten drei Flussneunaugen in Bollingerfähr wurden am 01.05.2010 gefangen (LFV-WE 2010).

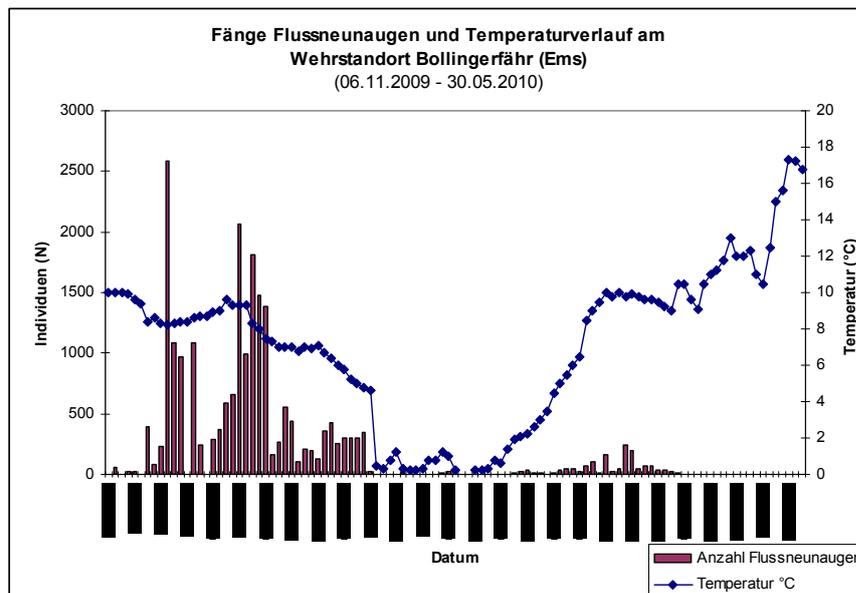


Abb. 10: Verteilung der Flussneunaugenfänge Bollingerfähr im Verhältnis zur Wassertemperatur (LFV-WE 2010)

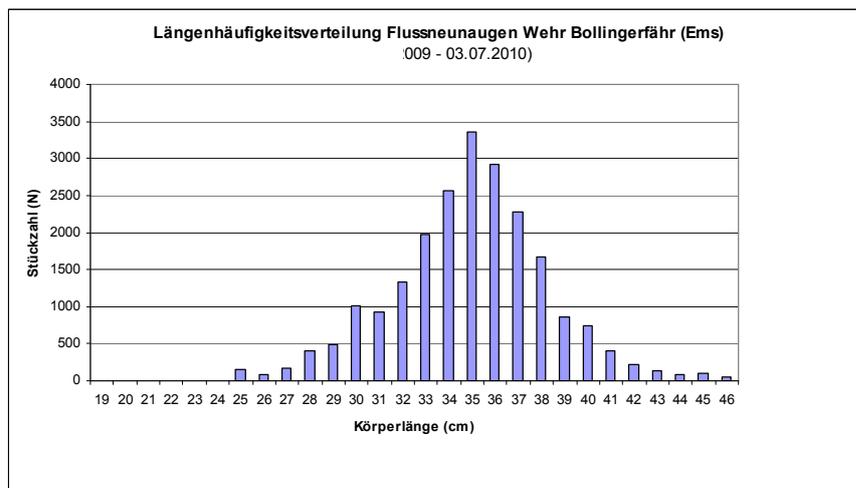


Abb. 11: Längenhäufigkeitsverteilung Flussneunaugen in Bollingerfähr 2009/2010 (LFV-WE 2010)

Die Verteilung der Flussneunaugen auf die einzelnen Körperlängen ist in Abb. 11 dargestellt. Das Längenspektrum reichte von 19 cm (n=1) bis 46 cm (n=48). Deutlich zu erkennen ist ein Maximum bei 35 cm (3352 Ind.). Bezogen auf die einzelnen Monate nahm die durchschnittliche Länge der aufsteigenden Flussneunaugen von Februar bis Mai 2010 von 35 auf 27 cm ab. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass auch die Gesamtzahl aufsteigender Tiere in den Monaten Januar/Februar sowie April/Mai im Vergleich zu den Zahlen im November und Dezember deutlich geringer waren, so dass sich Variationen in der Längenklasse stärker auf das Gesamtergebnis auswirkten. Bemerkenswert ist der Nachweis von Tieren kleiner 24 cm im März und April 2010 (LFV-WE 2010).

3.2 Ergebnisse Langwedel (Weser)

An der FAA Langwedel (Weser) konnten insgesamt 78.278 Individuen aus 23 Taxa (Karausche und Giebel nicht getrennt erfasst) nachgewiesen werden. Deutlich dominierend im Gesamtfang war auch an dieser FAA das Flussneunauge (n=65.514; 83,4 %). Im Zeitraum November - Dezember 2009 konnten fast ausschließlich Flussneunaugen nachgewiesen werden (99,9 %, lediglich 65 Individuen aus anderen Arten). Dabei ist anzumerken, dass in Zeiten des Massenaufstiegs (insbesondere Ende November/Anfang Dezember) die Reuse häufig bis zum Fassungsvermögen mit Flussneunaugen gefüllt war. Beim Hochziehen der Reuse konnten zahlreiche Neunaugen, die im Becken unterhalb der FAA pausierten, ungezählt ins Oberwasser aufsteigen. Nach Einschätzung des Gutachters sind in Langwedel im gesamten Untersuchungszeitraum wahrscheinlich mehrere zehntausend Flussneunaugen ungezählt aufgestiegen.

Zweithäufigste Art im Aufstieg war die Plötze (Rotauge, n=4.797; 6,1 %), gefolgt von typischen Arten des Metapotamals wie Ukelei (n=3.825; 4,9 %), Güster (n=1.753; 2,2 %) und Brasse (n=859; 1,1 %). Die anadromen (aus dem Meer zum Ablachen ins Süßwasser aufsteigenden) Salmoniden Meerforelle und Lachs wurden mit lediglich 25 bzw. 10 Individuen (0,03 bzw. 0,01 % Anteil am Gesamtfang) sehr selten nachgewiesen.

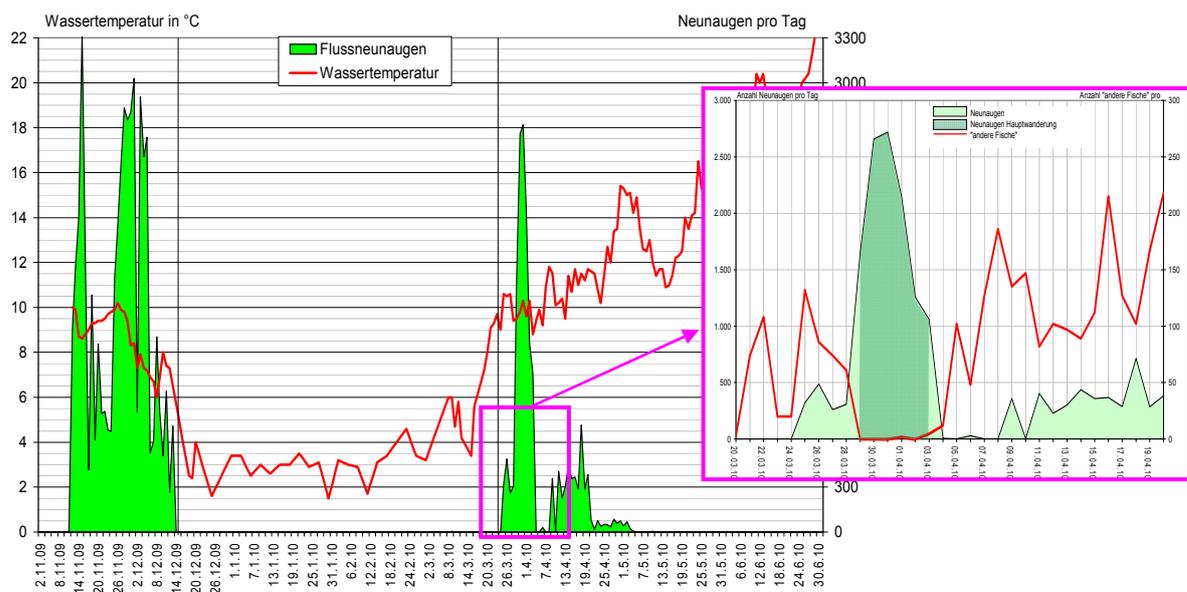


Abb. 12: Verteilung der Flussneunaugenfänge Langwedel im Verhältnis zur Wassertemperatur (AGL 2011). Die rechte Grafik zeigt die „Verdrängung“ der anderen Fische durch die Flussneunaugen (20.3.-20.4.2010).

Tabelle 4

Gesamtfänge an der FAA Langwedel/Weser, Nov. 09 - Juni 10 (AGL 2011)

FAA Langwedel Art (FFH-Arten blau)	Gesamtzeitraum		2009		2010	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Flussneunauge	65.514	83,69	47.636	99,86	17.878	58,47
Plötze, Rotauge	4.797	6,13	18	0,04	4.779	15,63
Ukelei	3.825	4,89		0,00	3.825	12,51
Güster	1.753	2,24	1	0,00	1.752	5,73
Brasse	859	1,10	17	0,04	842	2,75
Flussbarsch	614	0,78		0,00	614	2,01
Aland	344	0,44	5	0,01	339	1,11
Döbel	196	0,25			196	0,64
Gründling	166	0,21	2	0,004	164	0,54
Aal	130	0,17	1	0,002	129	0,42
Meerforelle	25	0,03	9	0,019	16	0,05
Karausche / Giebel	11	0,01			11	0,04
Lachs	10	0,01	10	0,021	0	0,00
Hasel	8	0,01			8	0,03
Zander	6	0,008			6	0,02
Rotfeder	4	0,005			4	0,013
Bachschmerle	8	0,003			8	0,007
Kaulbarsch	2	0,003			2	0,007
Rapfen	2	0,003	2	0,004	0	0
Bachforelle	1	0,001			1	0,003
Hecht	1	0,001			1	0,003
Karpfen	1	0,001			1	0,003
Wels	1	0,001			1	0,003
Summen	78.278	100	47.701	100	30.577	100
Anzahl Arten	23		10		21	

In Langwedel korrelierte der Aufstieg der Flussneunaugen sowohl im Herbst/Winter 2009 als auch im Frühjahr 2010 eng mit der Wassertemperatur. Die Aufstiege zeigten im Herbst und im Frühjahr Maximalwerte bei Wassertemperaturen von 10°C (Abb. 12). Mitte Dezember 2009 kam der Flussneunaugen-Aufstieg bei Unterschreitung der 5°C-Schwelle komplett zum Erliegen. Ab Ende März (25.3. n=119, ca. 9°C) konnten dann wieder verstärkt aufsteigende Flussneunaugen nachgewiesen werden. Bemerkenswert ist die „Verdrängung“ der anderen Fische (insbes. Plötze, Brasse, Güster) durch den Massenaufstieg der Flussneunaugen Ende März 2010 (Abb. 12, rechte Grafik).

Die Verteilung der Körperlängen (2009, 2010, Gesamtzeitraum) ist in Abb. 13 dargestellt. Im Mittel waren die Flussneunaugen 35 cm lang. Das mittlere Gewicht aller im Herbst 2009 ausgewogenen Flussneunaugen betrug 98 Gramm bei einer mittleren Körperlänge von 38 cm. Im Frühjahr 2010 betrug das mittlere Gewicht 77 Gramm bei einer mittleren Körperlänge von 33 cm. Somit konnte wie auch in Bollingerfähr ein Rückgang der durchschnittlichen Körperlänge im Untersuchungszeitraum beobachtet werden (Schrumpfen der Körperlänge/Verdickung, Aufbau Geschlechtsprodukte).

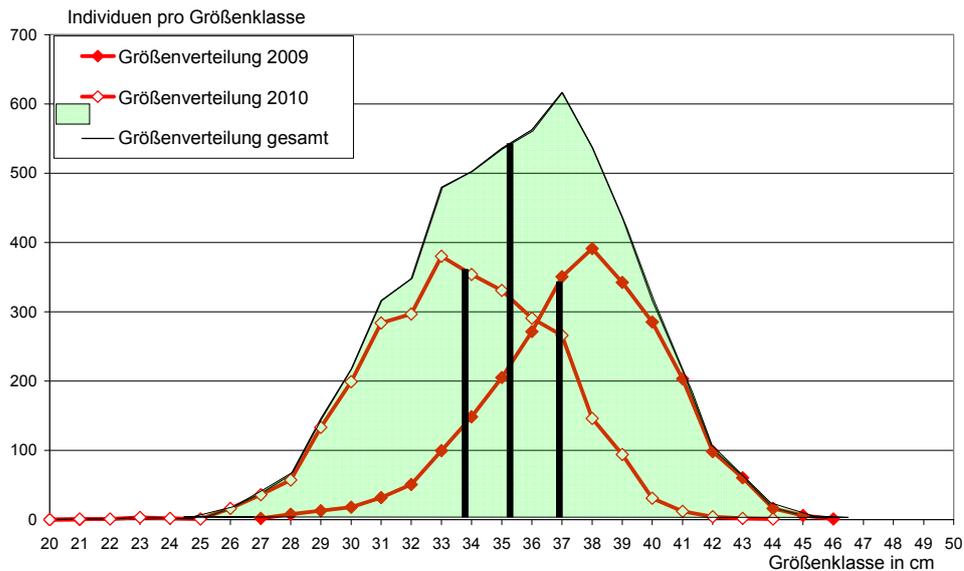


Abb. 13: Mittlere Körperlängen der vermessenen Flussneunaugen in Langwedel (n = 5.660, AGL 2011).



Abb. 14: FAA Langwedel/Weser, Leerung der Fangreuse beim Massenaufstieg der Flussneunaugen im November 2009 (Foto unten: Edler, obere Fotos: Heinrich Liebsch).

3.3 Ergebnisse Marklendorf (Aller)

An der Fangstation der FAA Marklendorf (Aller) konnten insgesamt 5.520 Individuen aus 19 Arten nachgewiesen werden (Tabelle 5). Deutlich dominierend im Gesamtfang war auch an dieser FAA das Flussneunauge (n=4.237; 76,7 %). Als weitere Leitarten wurden Plötze (Rotaugen) (n=654; 11,9 %) und Brasse (n=233; 4,2 %) nachgewiesen. Bemerkenswert ist auch der vergleichsweise individuenstarke Nachweis der Quappe *Lota lota* (n=171; 3,1 %). Hasel (n=59), Gründling (n=51) und Güster (n=39) hatten Fanganteile von 1 - 0,5 %. Weitere Arten und ihre Stückzahlen bzw. Längensklassen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Der längste Fisch im Herbst 2009 war die einzige in der FAA gefangene Meerforelle (55 cm), der kleinste ein Rapfen von 11 cm. Im Frühjahr 2010 waren die größten Fische Brassen von 55 und 57 cm, die kleinsten Gründlinge und Ukeleien von 10 cm. Zwei Drittel aller gefangenen Fische und Neunaugen hatten Körperlängen zwischen 15 und 30 cm (67 %). Fische über 50 cm (Brassen) hatten einen Fanganteil von lediglich 2,3 %. Individuen unter 10 cm wurden überhaupt nicht nachgewiesen (AGL 2010). Am 2.11.09 wurde unterhalb des seinerzeit undurchgängigen Wehres in Hademstorf eine Meerforelle geangelt, schonend abgehakt, vermessen und im Oberwasser des Wehres wieder freigelassen. Zwei Tage später wurde eine Meerforelle identischer Größe in Marklendorf gefangen. Es ist anzunehmen, dass es sich um die Forelle aus Hademstorf handelte.

Tabelle 5

Gesamtfänge an der FAA Marklendorf/Aller, Nov. 09 - April 10 (AGL 2010)

Fischart (FFH-Arten blau)	Längensklasse (cm)						Summe	%
	< 10	10-<20	20-<30	30-<40	40-<50	>=50		
Aland	0	0	1	2	20	0	23	0,42
Äsche	0	1	3	0	0	0	4	0,07
Bachforelle	0	1	0	3	1	0	5	0,09
Bachschmerle	0	4	0	0	0	0	4	0,07
Brasse	0	0	1	1	205	26	233	4,22
Döbel	0	3	4	0	0	0	7	0,13
Flussbarsch	0	12	2	0	0	0	14	0,25
Flussneunauge	0	0	155	3893	189	0	4237	76,76
Gründling	0	50	1	0	0	0	51	0,92
Güster	0	10	24	5	0	0	39	0,71
Hasel	0	25	34	0	0	0	59	1,07
Hecht	0	0	0	0	1	1	2	0,04
Meerforelle	0	0	0	0	0	1	1	0,02
Plötze, Rotaugen	0	344	288	16	6	0	654	11,85
Quappe	0	18	139	14	0	0	171	3,10
Rapfen	0	0	0	0	0	2	2	0,04
Rotfeder	0	2	1	0	0	0	3	0,05
Ukelei	0	9	0	0	0	0	9	0,16
Zährte	0	2	0	0	0	0	2	0,04
Summen	0	481	653	3934	422	30	5520	100,00

Die Fänge verteilten sich ungleichmäßig auf den Untersuchungszeitraum. Vom 4.11.2009 bis 16.3.2010 wurden nur 13 Individuen erfasst (5 Bachforellen, jeweils 2 Hasel, Plötzen, Zährten, Einzelexemplare Äsche, Meerforelle und Rotfeder). Alle anderen erfassten Arten – auch die Flussneunaugen – konnten erst ab dem 18.3.2010 nachgewiesen werden (AGL 2010).

In den ersten Monaten der Reusenbefischungen in Marklendorf wurden somit keine Flussneunaugen nachgewiesen, obwohl Wassertemperaturen über 10°C im November häufiger zu messen waren. Bei diesen Temperaturen konnten an den Fangstationen Langwedel/Weser (AGL 2011) und Bollingerfähr/Ems (LFV-WE 2010) Massenaufstiege von Flussneunaugen beobachtet werden. Ausschlaggebend für den fehlenden Flussneunaugen-Aufstieg in Marklendorf im Herbst/Winter 2009 dürfte die gestörte Durchgängigkeit am Wehr Hademstorf sein (AGL 2010).

Ähnlich wie an den anderen Standorten zeigte sich auch in Marklendorf eine enge Kopplung des Frühjahrs-Neunaugenaufstiegs an die Wassertemperatur. So konnten aufsteigende Flussneunaugen erst ab einer Wassertemperatur von 5°C (18.03.10) nachgewiesen werden. Bei fallenden Temperaturen Ende März gingen die Neunaugennachweise stark zurück (Abb. 15).

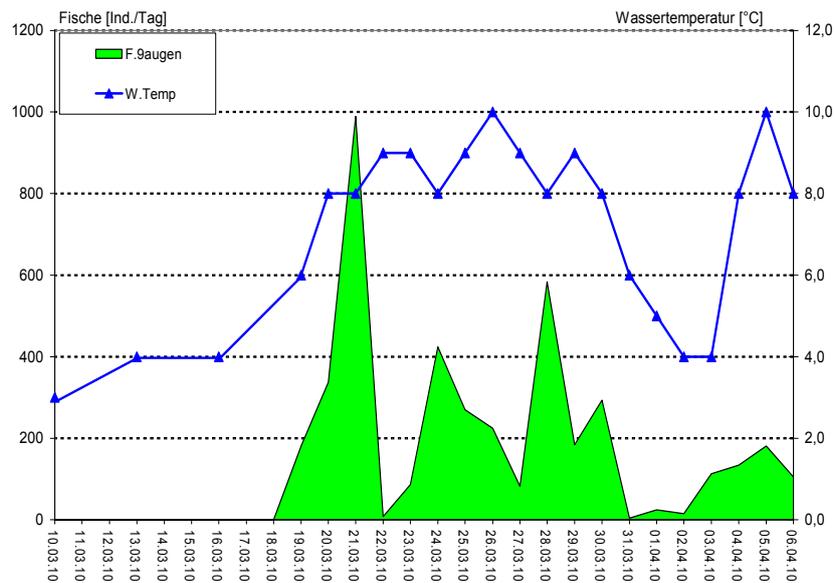


Abb. 15: Flussneunaugenfänge in Marklendorf im Verhältnis zur Wassertemperatur (AGL 2010)

Das kleinste Flussneunauge war 24 cm lang, das größte erreichte eine Länge von 46 cm. Die durchschnittliche Körperlänge lag bei 34,6 cm (AGL 2010, Abb. 16) und liegt damit auf gleichem Niveau wie an den anderen Standorten.

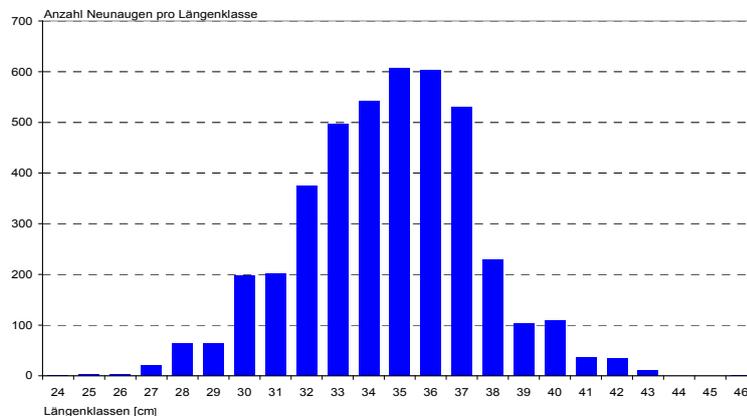


Abb. 16: Längenhäufigkeitsverteilung der Flussneunaugen in Marklendorf 2010 (AGL 2010)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des FFH-Fischmonitorings in Niedersachsen wurden zwischen November 2009 und Juli 2010 an den Fischaufstiegsanlagen Bollingerfähr (Ems), Langwedel (Weser) und Marklendorf (Aller, hier nur bis April 2010) Reusenbefischungen zum Nachweis anadromer Neunaugen durchgeführt. Aufsteigende Meerneunaugen konnten nur in Bollingerfähr (n=2) gefangen werden. Flussneunaugen wurden an allen drei Fangstationen in sehr hohen Stückzahlen nachgewiesen (Bollingerfähr: gut 22.000, Langwedel: ca. 67.000, Marklendorf: ca. 4.200). Das Flussneunauge war an allen Standorten die dominierende Art im Aufstieg (Fanganteil 77 - 90 %). Anadrome Salmoniden (Lachs, Meerforelle) konnten nur in sehr geringen Stückzahlen nachgewiesen werden (max. 25 Meerforellen in Langwedel). Auch der Rapfen (FFH-Art, potamodromer Wanderfisch) konnte nur in Einzelexemplaren nachgewiesen werden.

Der Neunaugenaufstieg wird demnach insbesondere von den abiotischen Faktoren Abfluss und Wassertemperatur gesteuert. An den Fangstationen an Ems und Weser konnten Aufstiegsmaxima der Flussneunaugen im Herbst (Mitte November bis Mitte Dezember) und im Frühjahr (Ende März/Anfang April) beobachtet werden. Der Herbstaufstieg an der FAA Marklendorf/Aller blieb jedoch aus. Grund hierfür ist vermutlich die beschränkte Durchgängigkeit am untersten Wehr der Aller (Hademstorf).

Im Vergleich mit älteren Untersuchungen an den Fischaufstiegsanlagen der unteren Weser (Bremen-Hemelingen [Weser-km 362]: SCHIRMER & DROSTE 2002, Langwedel [Weser-km 330]: TEGTMEIER 2003/Datensammlung beim LAVES, SPÄH 1998) fällt auf, dass die Mengen der nachgewiesenen Flussneunaugen in den letzten 10 Jahren stark zugenommen haben. Gleichzeitig deuten andere Untersuchungen darauf hin, dass an zahlreichen Wehren an der Weser starke Defizite hinsichtlich der Durchgängigkeit für anadrome Neunaugen (aber auch für anadrome Salmoniden wie Lachs und Meerforelle) bestehen. An der im Jahr 2000 neu errichteten Fischaufstiegsanlage in Drakenburg [Weser-km 278] wurden bei den in 2002 und 2003 durchgeführten Aufstiegszählungen zwar zahlreiche Fische, jedoch überhaupt keine Flussneunaugen nachgewiesen (WIELAND & NÖTHLICH 2003). An der FAA am Wehr Dörverden [Weser-km 309], eine Stauanlage stromauf von Langwedel, wurden in den Jahren 1996 und 1997 keine Flussneunaugen im Aufstieg nachgewiesen. Bei einer Elektrobefischung im Unterwasser der Wehranlage konnte lediglich ein einzelnes Flussneunauge nachgewiesen werden (SPÄH 1998). Auch in aktuellen Veröffentlichungen werden die Defizite hinsichtlich der Durchgängigkeit der Weser dargestellt. Zudem werden konkrete Vorschläge für die Verbesserung der Situation vorgelegt (SCHOLTEN et al. 2010, Ing.büro Floecksmühle 2008).

Wenige Kilometer stromauf von Langwedel mündet die Aller in die Weser. Hier beginnt das 18.000 ha große FFH-Gebiet 3021-331 „Aller (mit Barnbruch), untere Leine, untere Oker“, in dem u. a. das Flussneunauge eine wertbestimmende Art ist. Im Standarddatenbogen dieses FFH-Gebietes ist der Erhaltungszustand dieser Art mit „C“ (mittel-schlecht) angegeben. Wie aus den vom LAVES beauftragten FFH-Fischbestandsuntersuchungen deutlich wird, scheinen die Habitatbedingungen für das Flussneunauge an vielen Fließgewässerstrecken in diesem FFH-Gebiet häufig noch defizitär zu sein (mittel-schlecht „C“).

An vielen Gewässerabschnitten wurden und werden Maßnahmen zur Verbesserung der linearen Durchgängigkeit umgesetzt. Durch das Zusammenwirken der Faktoren „verbesserte Aufstiegsmöglichkeiten - steigende Aufsteigermengen - Verbesserung der Habitatbedingungen“ bestehen Aussichten, den Erhaltungszustand des Flussneunauges zukünftig besser als „C“ einstufen zu können. Positive Entwicklungen in dieser Richtung lassen sich z. B. an der Leine beobachten. In den vergangenen Jahren konnten im Stadtgebiet von Hannover häufiger große Mengen von ablaichenden Flussneunaugen in der Leine nachgewiesen werden (LOEVENICH, Fischereiverein Hannover, mdl.). Habitverbesserungen an Fließgewässern im Wümme-System in den Landkreisen Verden und Rotenburg/Wümme (Umbau der Wehre zu Sohlengleiten, Revitalisierung und Neuanlage von Kiesbänken) zeigen beispielhaft, wie sich der Erhaltungszustand der anadromen Neunaugen spürbar verbessern lässt. Ergebnisse der vom LAVES beauftragten Neunaugen-Laichplatzkartierungen im Wümme-System sind bei GERKEN (2010) dargestellt.

Die in Bollingerfähr nachgewiesenen hohen Mengen an aufsteigenden Flussneunaugen und der Nachweis von zwei Meerneunaugen zeigen die Potenziale, welches hinsichtlich der Besiedlung des Ems-Systems mit anadromen Neunaugen bestehen. Ähnlich wie an der Weser bestehen auch an den Querbauwerken in der Bundeswasserstraße Ems gravierende Defizite für den Aufstieg der anadromen Rundmäuler (Fluss- und Meerneunauge) und anadromen Salmoniden (Lachs, Meerforelle). Aktuell wird im Auftrag des NLWKN Meppen eine Studie zur Verbesserung der Durchgängigkeit erstellt (BIOCONSULT, in Vorb.). Neben den starken Defiziten bei der Durchgängigkeit müssen auch die Auswirkungen der Vertiefungen in der Tideems (Ausbaggerungen, Verschlammung, ...) auf die Fische im Ems-System beachtet werden.

Im Vergleich mit dem Weser-Aller-System scheinen im Einzugsgebiet der Ems nur wenige Gewässerabschnitte zu liegen, an denen anadrome Neunaugen ablaichen. So wurden bei FFH-Neunaugen-Laichplatzkartierungen in 2010 im gesamten Ems-System nur an der Marka (westlich von Friesoythe, Landkreis Cloppenburg) wenige Laichgruben mit einzelnen laichbereiten Flussneunaugen beobachtet (STEINMANN 2010/Datensammlung beim LAVES). Im Einzugsgebiet der Hase wurden vereinzelt präadulte Flussneunaugen (STEINMANN 2010) bzw. adulte Flussneunaugen an ihren Laichplätzen (RÖTKER, pers. Mitteilung) nachgewiesen.

Die Untersuchungen zum Neunaugenaufstieg stellen aufgrund der Methodik keine Funktionskontrollen der Fischaufstiegsanlagen dar. Um die Funktion einer FAA plausibel bewerten zu können, müssten gemäß Methodenstandard (BWK 2006, SCHWEVERS & ADAM 2006) erweiterte Untersuchungen durchgeführt werden (parallel zu den Reusenbefischungen: Elektrobefischungen im Unterwasser und in der FAA, Messungen zur Hydraulik und Geometrie, etc.). Die Ergebnisse zum Neunaugen-Aufstieg in den untersuchten FAA deuten jedoch auf Defizite bei der linearen Durchgängigkeit, insbesondere an den Standorten Bollingerfähr und Langwedel, hin (Indizien: geringe Aufsteigsmengen einzelner, ansonsten häufiger Arten bzw. Längensklassen; im Reusenfang fehlende, aber im Unterwasser häufig vorkommende Arten, ...). Diese Aufstiegsanlagen entsprechen zudem nicht dem Stand der Technik (DUMONT et al. 2005, DWA 2010), sodass eine Optimierung bzw. Erneuerung dringend empfohlen wird.

Zur Beschreibung der Bestandsentwicklung der FFH-Arten Flussneunauge, Meerneunauge und Atlantischer Lachs erweisen sich die Aufstiegszählungen als bedeutende, vielerorts alternativlose Methode. Sie sollten daher an den untersten Wehren der niedersächsischen Ströme (Ems, Weser, Elbe) regelmäßig (alle 2 - 3 Jahre) durchgeführt werden. Um einen Überblick über die weitere Verteilung der aufwandernden Neunaugen und ihre Verbreitung in den Binnengewässern zu erhalten (Range), sollten auch an bestehenden und zukünftigen Fischaufstiegsanlagen in weiter stromauf gelegenen Abschnitten und an jenen in den bedeutenden Nebengewässern (z. B. Hase, Hunte, Aller, Leine, Imenau, Oste) Aufstiegszählungen durchgeführt werden. Zu beachten ist jedoch, dass viele Neunaugen-Laichplätze in Niedersachsen in Gewässern liegen, welche stromab der in 2009 und 2010 untersuchten Fangstationen münden (z. B. im Wümmegebiet). Um den Erhaltungszustand der anadromen Neunaugen in den einzelnen FFH-Gebieten genauer einschätzen zu können, sind daher an vielen Stellen noch detaillierte Untersuchungen vor Ort nötig (insbes. Beobachtung der Adulti an Laichplätzen).

5 Literatur, weitere Quellen

- AGL (2010): Neunaugen-Aufstiegsmonitoring in Niedersachsen. Standort Marklendorf/Aller, Zeitraum November 2009 - April 2010. - AGL Dr. Heinrich Liebsch, Abschlussbericht zum FFH-Fischmonitoring im Auftrag des LAVES, Dez. Binnenfischerei - Fischereikundlicher Dienst (Hannover), unveröffentlicht.
- AGL (2011): Neunaugen-Aufstiegsmonitoring in Niedersachsen. Standort Langwedel/Weser, Zeitraum November 2009 - Juli 2010. - AGL Dr. Heinrich Liebsch, Abschlussbericht zum FFH-Fischmonitoring im Auftrag des LAVES, Dez. Binnenfischerei - Fischereikundlicher Dienst (Hannover), unveröffentlicht.
- BfN (2010): Erfassung der Wanderfische im Rahmen des bundesweiten FFH-Monitorings. Methodenvorschlag, erarbeitet von Experten der Länderfachbehörden und des BfN. - Hrsg.: Bundesamtes für Naturschutz, Bonn.
- BIOCONSULT (in Vorbereitung): Konzept zur Herstellung der Durchgängigkeit für Fische und Rundmäuler in den Vorrangewässern der Flussgebietseinheit Ems. Studie im Auftrag des NLWKN Meppen. - Büro BIOCONSULT Schuchardt & Scholle GbR, Bremen.
- BRUNKEN, H. & L. MEYER (1995): Eignung der vorhandenen Fischaufstiegsanlagen an der Aller zwischen Celle und Hademstorf. - Gutachten im Auftrage der WSD-Mitte, Hannover.
- BWK (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag.
- DUMONT, U., P. ANDERER, U. SCHWEVERS (2005): Handbuch Querbauwerke. - Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf.
- DWA (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. Merkblatt DWA-M 509, Gelbdruck. – Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall e. V., Bonn.
- EG (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen. - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 206 vom 22.07.1992.

- GERKEN, R. (2010): Kartierung von Flussneunaugen und deren Laichgruben in Nebengewässern der Mittleren Hunte. Abschlussbericht im Auftrag des LAVES-Dez. Binnenfischerei, Hannover (unveröffentlicht)
- Ingenieurbüro Floecksmühle (2008): Studie zur „Umsetzungsstrategie Durchgängigkeit Weser“. Abschlussbericht im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Weser. - Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH, Aachen.
- LAVES (2010): Vollzugshinweise zum Schutz von Fischarten in Niedersachsen. Fischarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und weitere Fischarten mit (höchster) Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. - Hrsg.: Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Dezernat Binnenfischerei, Hannover.
www.nlwkn.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=8038&article_id=46103&psmand=26
(Letzter Zugriff 30.01.2012)
- LFV-WE (2010): Neunaugen-Aufstiegsmonitoring an Fischwegen in Niedersachsen. Standort Bollingerfähr/Ems, Zeitraum November 2009 - Juni 2010. - Sportfischerverband im Landesfischereiverband Weser-Ems, Abschlussbericht zum FFH-Fischmonitoring im Auftrag des LAVES, Dez. Binnenfischerei - Fischereikundlicher Dienst (Hannover), unveröffentlicht.
- NLWKN (2011): Wasserrahmenrichtlinie Band 7. Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer. Teil D, Strategien zum Erreichen der Bewirtschaftungsziele an Fließgewässern in Niedersachsen. – Hrsg.: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hannover.
- NOLTE, A., A. HARTL & J. FREYHOF (2005): Gropfen, Koppen und Kauzeköpp: viele Namen – viele Arten. – Groppe - Fisch des Jahres 2006. - Hrsg.: Verband Deutscher Sportfischer, Offenbach.
- RÖTKER, W. (pers. Mitteilung): Beobachtungen von Flussneunaugen an deren Laichplätzen in Bächen im Artland (Landkreis Osnabrück) im Frühjahr 2011,
- SCHIRMER, M. & R. DROSTE (2002): Funktionsüberprüfung der Fischaufstiegsanlage am Weserwehr Bremen-Hemelingen. - Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schiffsamtes Bremen, unveröffentlicht.
- SCHOLTEN, M., C. V. LANDWÜST, S. WIELAND & A. ANLAUF (2010): Herstellung der Durchgängigkeit an Staustufen in Bundeswasserstraßen. Fischökologische Einstufung von Maßnahmen für den Fischaufstieg. - Bericht BfG-1697, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (2006): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für die Durchführung und Bewertung. Studie im Auftrag des MUNLV NRW.- Hrsg.: DWA, Hennef.
- SPÄH, H. (1998): Überprüfung der Fischpässe an der Weser. Gutachten im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser (heute: FGG Weser). - Bezug: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- STEINMANN, I. (2010): FFH-Steckbrief Fische in Niedersachsen, Gebiet 53 (Untere Hasenieiderung). - Kommentierte Befischungsergebnisse und Bewertungen im Auftrag des LAVES-Dezernat Binnenfischerei, Hannover, unveröffentlicht.
- WIEGNER, H. & F. HARTMANN (2005): Raugerinne als Fischwanderhilfe nach dem Wiegnerischen Prinzip. - Vortrag auf der 17. SVK-Fischereitagung, Künzell.
- WIELAND, S. & I. NÖTHLICH (2003): Funktionskontrolle Mäanderfischpass Drakenburg/Weser. Abschlussbericht im Auftrag des WSA Verden. - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.



Kontakt:

Dipl.-Biol. Christian Edler

LAVES Dezernat Binnenfischerei –

Fischereikundlicher Dienst

Eintrachtweg 19

30173 Hannover

Tel.: 0511/ 120 8902

Fax: 0511/ 120 8980

E-Mail:

christian.edler@laves.niedersachsen.de

Jahrgang 1966

2000

Abschluss an der Ruhr-Universität Bochum
(Diplom-Biologe) zu einem fischökologischen
Thema

2001 – 2003

Wissenschaftlicher Außendienst in der
Biotech-Branche

2004 – 2009

Freiberuflicher Fischereibiologe (Büro in Bo-
chum), Arbeitsgebiete: Monitoring Fischbe-
stände zur Umsetzung der WRRL- und FFH-
RL, Planung und Funktionskontrolle von Fi-
schaufstiegsanlagen, Gewässerrenaturierungen

seit Mai 2009

Fischereibiologe beim Nds. Landesamt für
Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit,
Dez. Binnenfischerei

Arbeitsschwerpunkte:

Fischbezogene Umsetzung der FFH-RL,
Artenschutzsteckbriefe

Biologische Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen

Christian von Landwüst und Matthias Scholten

1 Einleitung

Anknüpfend an die Überlegungen von SCHOLTEN & VON LANDWÜST (2012, s. S. 34ff.) zum Verständnis der Begriffe Monitoring, technische Funktionskontrolle und Qualitätssicherung setzt sich der folgende Beitrag speziell mit biologischen Aspekten und Untersuchungen im Rahmen der Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen auseinander.

Fischaufstiegsanlagen sollen allen gewässertypischen Fischarten und deren unterschiedlichen Altersstadien (ausgenommen kleine Jungfische) den Ortswechsel vom Unterwasser in das Oberwasser einer Staustufe ermöglichen (DWA 2010), um beispielsweise Prozesse der (Wieder-)Ausbreitung zu unterstützen. Fischaufstiegsanlagen sollen ferner dazu beitragen, dass regelmäßig und über Staustufen hinweg wandernde Fischbestände erhalten bleiben bzw. sich mit oder ohne weitere menschliche Unterstützung (z. B. Besatzmaßnahmen, Renaturierungen von Laichgebieten etc.) wieder in einem Gewässersystem etablieren können. Letzteres Ziel kann nur erreicht werden, wenn eine bestimmte Mindestmenge an Fischen des jeweiligen Bestandes eine oder mehrere im Wanderkorridor gelegene Fischaufstiegsanlagen innerhalb eines biologisch vorgegebenen Zeitfensters überwindet (Analoges gilt für den Fischabstieg).

Grundvoraussetzung für eine den oben skizzierten Zielen gerecht werdende Fischaufstiegsanlage ist, dass nach dem jeweils aktuellen Stand der Technik geplant und die Einhaltung der entsprechenden Vorgaben beim Bau durch eine technische Funktionskontrolle und ggf. anschließende Korrekturarbeiten gewährleistet wird (s. auch WEICHERT & KAMPKER 2012, s. S. 147ff.).

Dieses Vorgehen ist jedoch noch kein Garant für die Erreichung der fachlichen bzw. auch gesetzlich vorgegebenen biologischen Ziele bei der Wiederherstellung der Durchgängigkeit. Dazu bedarf es einer detaillierten Betrachtung bzw. Erfolgskontrolle der Entwicklung derjenigen Fischbestände, die im jeweiligen Gewässersystem bzw. am jeweiligen Standort im Fokus des Interesses stehen. Ebenso ist zu berücksichtigen, dass es für die in Bundeswasserstraßen typischen Staustufen mit komplexen hydraulischen und topografischen Randbedingungen derzeit noch keinen in allen Punkten fachlich anerkannten Stand der Technik für den Bau von Fischaufstiegsanlagen gibt (vgl. DWA 2010, KOOP et al. 2012). Eine biologische Qualitätssicherung mit ggf. anschließenden baulichen oder betrieblichen Korrekturen einer Fischaufstiegsanlage wird aus diesen Gründen in vielen Fällen erforderlich sein.

Der vorliegende Beitrag benennt Ziele und Aufgaben einer derartigen biologischen Qualitätssicherung. Darüber hinaus werden erste konzeptionelle Überlegungen zur Durchführung einer biologischen Qualitätssicherung an unterschiedlichen Standorten von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen vorgestellt.

2 Zielsetzung

Die Ziele bei der Herstellung der Durchgängigkeit – und somit auch die Ziele einer biologischen Qualitätssicherung – ergeben sich aus dem gesetzlichen Rahmen und den daraus resultierenden fachlichen Anforderungen SCHOLTEN & VON LANDWÜST (2012, s. S. 34ff.).

Weitere Verpflichtungen zur bzw. Anforderungen an die Herstellung der Durchgängigkeit können aus national oder international abgestimmten Programmen zur Wiederansiedlung von Wanderfischen, z. B. dem Masterplan Wanderfische der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR 2009) resultieren.

Aus den gesetzlichen Vorgaben heraus sind standortspezifische Anforderungen an die jeweiligen Fischaufstiegsanlagen zu entwickeln, welche die Auffindbarkeit und Passierbarkeit der Anlagen auf die jeweils relevanten Arten und ggf. einzelne besonders zu berücksichtigende Bestände abstimmen müssen.

Die biologische Qualitätssicherung umfasst in diesem Zusammenhang u. a. die Festlegung des relevanten Artenspektrums sowie ggf. besonders zu berücksichtigende Zielarten und Altersstadien. Insbesondere für die Zielarten und deren Altersstadien sind genauere Vorstellungen bzw. Vorgaben zu entwickeln, welche Fischmengen in welcher Zeit die jeweiligen Fischaufstiegsanlagen überwinden müssen, um langfristig sich selbst erhaltende Bestände ausbilden zu können. Nach Bau einer Anlage ist daher mittels biologischer Untersuchungen zu überprüfen, ob die angestrebte fischökologische Wirksamkeit tatsächlich erfüllt wird oder Nachbesserungen der Anlagen erforderlich werden.

Das Ziel der biologischen Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen besteht somit darin, gemeinsam mit der hydraulisch-technischen Qualitätssicherung dazu beizutragen, dass die Anforderungen an Fischaufstiegsanlagen erfüllt und die aus den übergeordneten gesetzlichen Vorgaben entwickelten fachlichen Ziele bei der Herstellung der Durchgängigkeit erreicht werden.

3 Aufgaben

Die biologische Qualitätssicherung beim Bau von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen umfasst im Wesentlichen vier Aufgabenblöcke:

1. die **Konkretisierung der standortspezifischen Anforderungen** anhand der Vorgaben der WRRL, FFH- und anderer Richtlinien – sowie unter Berücksichtigung vorliegender Ergebnisse des Monitorings für diese Richtlinien – mit dem Ziel, die erforderlichen Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit in Planung und Umsetzung optimal auf die fachlichen Anforderungen abzustimmen (Schnittstelle zu den Ländern)

2. die **Festlegung sowie ggf. Entwicklung und Erprobung von Kriterien**, um die Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit zu prüfen
3. die Konzeption und Durchführung von **biologischen Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der Maßnahmen** unter Berücksichtigung des Standortes, des Wasserkörpers und des (Teil-)Einzugsgebietes
4. die Konzeption und Durchführung von **biologischen Untersuchungen zur Klärung von offenen Fragen und Erkenntnisdefiziten** bei der Anwendung des vorhandenen Stands der Technik und des Wissens

Für die Bearbeitung dieser Aufgaben wird eine Abstimmung mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, den Bundesländern und ggf. Dritten empfohlen. Nachfolgend werden die Inhalte dieser vier Aufgabenblöcke näher beschrieben und erläutert.

3.1 Konkretisierung der standortspezifischen Anforderungen

In der Planungsphase zum Bau von Fischaufstiegsanlagen ist zu ermitteln, welche Arten und Altersklassen aufgrund verschiedener Richtlinien und ggf. Wiederansiedlungsprogramme besonderer Aufmerksamkeit bei der Planung und weitergehenden Qualitätssicherung bedürfen. Zu berücksichtigen sind auch die Ergebnisse von im Rahmen der Richtlinien und Wiederansiedlungsprogramme durchgeführten Monitoringprogrammen/Erfolgskontrollen, die Aufschluss darüber geben, welche Ziele hinsichtlich der Erhaltung und Entwicklung der betrachteten Fischbestände bereits erreicht sind und wo Defizite, insbesondere hinsichtlich der Durchgängigkeit, noch zu beseitigen sind.

Die einzelnen Richtlinien und die zugehörigen Monitoringergebnisse könnten z. B. folgende Vorgehensweisen bei der Qualitätssicherung erforderlich machen:

WRRL

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) zielt auf die Erhaltung und Entwicklung der Bestände so genannter typspezifischer Fischarten der jeweiligen Wasserkörper ab. Diese können den Referenzfischfaunen, welche von den Ländern festgelegt worden sind, entnommen werden.

Die Bewertung der Qualitätskomponente Fischfauna wird durch die Länder auf Grundlage regelmäßiger Befischungen mittels des fischbasierten Bewertungssystems fiBS durchgeführt (vgl. VDF 2009). Bei Abweichungen vom guten bis sehr guten ökologischen Zustand/Potenzial sind die Ergebnisse der Bewertungen mit fiBS daraufhin zu analysieren, ob ggf. bestimmte Arten durch Verbesserungen der Durchgängigkeit gezielt gefördert werden können.

FiBS ist allerdings nicht dafür konzipiert, die Bestände einzelner z. B. seltener Arten gezielt zu bewerten, die an einzelnen Wasserstraßen z. B. für die Dimensionierung von Aufstiegsanlagen maßgeblich sein können (z. B. Wels). Gleiches gilt für die Bestände einzelner wandernder Arten, die in besonderem Maße auf die Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen angewiesen sind. Daher ist mit den zuständigen Ländern, möglichst flussgebietsbezogen zu klären, welche der seltenen und der wandernden Arten bei Verbesserungen der hydromorphologischen Qualitätskomponente Durchgängigkeit zu berücksichtigen sind.

FFH-RL

Im Gegensatz zu den Bewertungen von Fischgemeinschaften mit fiBS (s. o.) werden bei den fischökologischen Monitoringuntersuchungen und Bewertungen im Rahmen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, 92/43/EWG) von den Ländern die Erhaltungszustände einzelner Fischarten betrachtet. Die Anforderungen von FFH-Arten an Aufstiegsanlagen sind dann zu beachten, wenn ein oder mehrere FFH-Gebiete im jeweiligen Gewässersystem vorhanden sind und die Durchgängigkeit der jeweiligen Staustufe(n) „zur *Wiederherstellung oder Wahrung eines günstigen Erhaltungszustandes*“ der für diese Gebiete benannten Fischarten von gemeinschaftlichem Interesse beiträgt (92/43/EWG). Die Beachtung der FFH-RL erfordert somit eine detaillierte Auseinandersetzung mit den für einzelne Fischbestände notwendigen Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wie der Größe und Qualität verschiedener Zielhabitate (z. B. Laichplätze) und dem Nahrungsangebot, welches ebenfalls durch Verbesserungen der Durchgängigkeit beeinflusst werden kann (z. B. Vergrößerung von wandernden Nasenbeständen im Donauraum als wesentliche Nahrungsgrundlage der FFH-Art Huchen). Im Rahmen der biologischen Qualitätssicherung sind in Zusammenarbeit mit den Ländern gezielte Untersuchungen der Entwicklung der jeweiligen Bestände sowie der einwirkenden Faktoren inklusive der Durchgängigkeit erforderlich, um ggf. Optimierungen von Fischaufstiegsanlagen sowie Habitatverbesserungen etc. vornehmen zu können.

Aalbewirtschaftungspläne

Die Ziele und flussgebietsbezogenen Maßnahmen der Aalbewirtschaftungspläne nach EU-Aalschutzverordnung (EU-VO Aal, 1100/2007/EG) sind, sofern relevant, bei Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit zu berücksichtigen. Bislang wird der Schwerpunkt in diesen Plänen auf Verbesserungen der Blankaalabwanderung und die Beibehaltung oder Ausweitung von Besatzmaßnahmen gelegt. Gleichwohl können verbesserte Aufstiegsmöglichkeiten die natürliche Ausbreitung sowie Bestandserhaltung und -zunahme des Aals fördern und zukünftig an Bedeutung gewinnen. Im Rahmen der biologischen Qualitätssicherung wäre dann u. a. zu klären, ob und ggf. an welchen Standorten spezielle Aalleitern erforderlich sind. Dies könnte beispielsweise an küstennahen Staustufen der Fall sein, wo die dort ankommenden Glas- oder noch sehr kleinen Steigaale „normale“ Fischaufstiegsanlagen möglicherweise nicht bewältigen können.

Wiederansiedlungsprogramme

Zunehmende Verbesserungen der Wasserqualität und die laufenden Bemühungen zur Verbesserung der Gewässerdurchgängigkeit haben auch zur Folge, dass eine zunehmende Anzahl von Wiederansiedlungsprogrammen für Wanderfische initiiert wird (z. B. LANUV NRW 2010: Maifisch, BMU & BfN 2010: Europäischer Stör, IKSr 2009: Lachs und andere Wanderfische). Einige der Zielarten wie z. B. Maifisch und Stör stellen aufgrund ihres Schwarmverhaltens oder ihrer Größe besonders hohe Ansprüche an die Dimensionierung von Aufstiegsanlagen. Diejenigen Arten, die wie der Lachs sehr weit in die Oberläufe aufsteigen, sind wiederum auf ausreichend hohe kumulative Aufstiegsraten angewiesen, um sich dauerhaft ansiedeln zu können.

Im Rahmen der biologischen Qualitätssicherung sind die Anforderungen der entsprechenden Arten bei Planung und Bau von Aufstiegsanlagen sowie bei Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit besonders zu beachten.

3.2 Kriterien zur Prüfung der Wirksamkeit von Fischaufstiegsanlagen

Fischaufstiegsanlagen werden im ökologischen Sinne wirksam, wenn sie sich auf die Bestandsgrößen von Fischarten im jeweiligen Gewässersystem auswirken. Dabei sind verschiedene Fälle zu unterscheiden:

- > Bereits einzelne aufsteigende Individuen können ausreichen, um die genetische Isolierung fragmentierter Bestände zu überwinden oder Flussabschnitte stromauf eines Hindernisses neu zu besiedeln. Dies ist hinsichtlich der Fischaufstiegsanlagen an den Bundeswasserstraßen wahrscheinlich von geringerer Relevanz als in vielen kleinen Fließgewässern, da ein begrenzter Fischwechsel auch über die i. d. R. vorhandenen Schleusen stattfinden kann.
- > Für einen merklichen Bestandsausgleich von dicht besiedelten Flussabschnitten in stromauf eines Hindernisses gelegene dünner besiedelte Gebiete sind bereits größere Mengen erfolgreich aufsteigender Fische erforderlich. Derartige Ausbreitungswanderungen sollten über alle Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen möglich sein, damit sich gewässertypische Fischgemeinschaften und Bestandsgrößen flächendeckend ausbilden können.
- > Eine ökologische Wirksamkeit für regelmäßig wandernde Fischbestände ist hingegen nur gegeben, wenn die kumulative Aufstiegsrate (analog Abstiegsrate) zur dauerhaften Bestandserhaltung ausreicht. Da die Bundeswasserstraßen für derartige Bestände oft (potenzielle) Hauptwanderkorridore sind und eine größere Anzahl an Querbauwerken im Wanderkorridor aufweisen, sind i. d. R. sehr hohe Aufstiegsraten an den einzelnen Aufstiegsanlagen erforderlich.

Kriterien zur Prüfung der Wirksamkeit von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen müssen also geeignet sein, die Wirksamkeit in Bezug auf den Bestandsausgleich der vorkommenden Arten als auch die Wirksamkeit für regelmäßig wandernde Bestände zu indizieren. Da die Aufstiegsraten der Fische von der Auffindbarkeit und Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen abhängig sind, ist nach Möglichkeit beides getrennt voneinander zu erfassen, um auch entsprechend angepasste Nachjustierungen an den Anlagen vornehmen zu können.

Eine ausführliche Diskussion verschiedener Kriterien zur Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen findet sich in DWA (2006), konkrete Empfehlungen für einen Methodenstandard in BWK (2006). In beiden Arbeiten wird darauf hingewiesen, dass die Methoden zur Erfassung von Auffindbarkeit und Passierbarkeit insbesondere an Aufstiegsanlagen in großen Gewässern aufwändig und z. T. noch in der Entwicklung sind. Ferner ist zu berücksichtigen, dass regelmäßig wandernde Arten bzw. Bestände sich nach der Verbesserung der Durchgängigkeit i. d. R. erst noch entwickeln müssen, also nicht sofort für Untersuchungen zur Wirksamkeit der Anlagen zur Verfügung stehen.

Daraus ergibt sich die Aufgabe, Kriterien zur Wirksamkeit in Abhängigkeit der konkreten Zielsetzungen für einzelne Fischaufstiegsanlagen, in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Methoden sowie weiterer Faktoren wie z. B. der Gewässergrößen festzulegen, ggf. neu zu entwickeln und zu erproben.

3.3 Biologische Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fischaufstiegsanlagen

Da an den Bundeswasserstraßen bisher keine Kenntnisse zur Wirksamkeit von nach derzeitigem Stand der Technik (im Wesentlichen zusammengefasst in DWA 2010) gebauten Fischaufstiegsanlagen vorliegen, sollen zunächst alle neuen Fischaufstiegsanlagen biologisch untersucht werden. Dabei empfiehlt sich neben einer für alle Standorte annähernd gleichen Basisuntersuchung für einzelne Standorte mit besonders hoher Bedeutung für bestimmte Arten ein erweitertes Untersuchungsprogramm. An ausgewählten Pilotstandorten, die durch auch für andere Standorte repräsentative Randbedingungen gekennzeichnet sind, werden F&E-Vorhaben durchgeführt (s. Kap. 3.4).

Basisuntersuchungen

Diese Untersuchungen sollen zunächst an allen neuen Fischaufstiegsanlagen durchgeführt werden. Sie dienen dazu festzustellen, ob und in welchem Umfang das gewässertypische Fischarten- und Fischgrößenspektrum neue, nach Stand der Technik gebaute Fischaufstiegsanlagen überwindet. Die volle Wirksamkeit einer Anlage lässt sich mittels der Basisuntersuchungen allerdings nicht feststellen, da einzelne Arten bzw. wandernde Bestände nicht bzw. nur eingeschränkt analysiert werden können.

Die Basisuntersuchungen umfassen eine zeitlich begrenzte (i. d. R. 1 Jahreszyklus) Erfassung des Aufstiegs nach standardisierter Vorgehensweise, z. B. eine Zählung erfolgreich aufgestiegener Tiere mittels automatisierter Kameraerfassung, Zählkammern, Reusen etc. Eine getrennte Untersuchung von Auffindbarkeit und Passierbarkeit wird nicht vorgenommen.

Es werden Grundlagendaten des Aufstiegsgeschehens an nach Stand der Technik gebauten Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen gewonnen, die beispielsweise mit der Gewässergröße, z. B. beschrieben über den Mittelwasserabfluss MQ, der Fischregion und anderen Parametern in Beziehung gesetzt werden können. Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich u. U. auch Hinweise auf Defizite, z. B. aus einer festgestellten Arten- und/oder Größen-selektivität, der untersuchten Anlage ableiten. Den Ursachen ist in diesen Fällen nachzugehen, um entsprechende Maßnahmen zur Behebung planen und umsetzen zu können.

Erweiterte Untersuchungen

Mittels erweiterter Untersuchungen wird die Durchgängigkeit für besonders zu berücksichtigende Zielarten genauer analysiert. Dazu müssen diese Arten in – zur Durchführung von Untersuchungen – ausreichenden Stückzahlen (wieder) vorkommen. Es werden dabei über ein oder mehrere Jahre standortspezifische und kumulative Aufstiegsraten und -zeiten einzelner Arten bzw. einzelner Fischbestände erfasst (z. B. mittels automatischer Zählleinrichtungen, Transponderuntersuchungen etc.). Beim Vorhandensein mehrerer Fischaufstiegsanlagen im Wanderkorridor können zeitgleiche Untersuchungen an einigen oder mehreren dieser Anlagen wichtige Erkenntnisse zur Abschätzung der kumulativen Effekte auf den Fischaufstieg liefern. Gegebenenfalls können die Ergebnisse mehrjähriger Monitoringuntersuchungen Dritter, z. B. zur Bestandsentwicklung von FFH-Arten, mitgenutzt bzw. bei der Analyse der Ergebnisse mitberücksichtigt werden. Ergänzende Untersuchungen zu weiteren bestandsbeeinflussenden Wirkfaktoren (z. B. Brutaufkommen, Verluste durch Fischerei, etc.) durch Dritte oder in Kooperation mit Dritten sind u. U. sinnvoll, um gezielte Optimierungsstrategien für einzelne Bestände zu entwickeln, aber auch um die Grenzen der Bestandsförderung durch Verbesserungen der Durchgängigkeit aufzeigen zu können.

Insgesamt ermöglicht ein erweitertes Untersuchungsprogramm, dass eine ausreichende oder nicht ausreichende Funktionsfähigkeit einer oder mehrerer Fischaufstiegsanlagen im Wanderkorridor einzelner Fischbestände erkannt wird und ggf. Verbesserungen abgeleitet werden können.

3.4 Biologische Untersuchungen zur Klärung offener Fragen und Erkenntnisdefizite

Bei komplexen hydraulischen und topografischen Verhältnissen ist der Stand der Technik noch unzureichend und lässt speziell Fragen zur Auffindbarkeit und Passierbarkeit offen (DWA 2010). Dies gilt insbesondere für Staustufen an großen Bundeswasserstraßen mit u. a. großen Gewässerbreiten und -tiefen, hohen und stark schwankenden Abflüssen, der Abflussaufteilung auf mehrere Gewässerarme etc. Um an diesen Standorten fischökologisch wirksame Aufstiegsanlagen mit möglichst geringem Risiko für umfangreiche Nachbesserungen planen und bauen zu können, sollen daher an ausgewählten Pilotstandorten F&E-Vorhaben realisiert werden, deren Ergebnisse in die optimierte Planung weiterer ähnlicher Aufstiegsanlagen einfließen.

Offene Fragen betreffen beispielsweise die erforderliche Anzahl an Einstiegen im Unterwasser, die Art der Sohlbindung zwischen Unterwasser und Einstieg in eine Aufstiegsanlage sowie die Realisierung guter Passierbarkeiten bei besonders langen oder mehrfach gewinkelten Fischaufstiegsanlagen.

Geeignete Untersuchungsmethoden können die Telemetrie zur Erfassung großräumiger Bewegungen, Telemetrie und Didsonsonar zur Erfassung von Bewegungsmustern im Unterwasser und Einstiegsbereich von Aufstiegsanlagen sowie Transponderuntersuchungen zur Erfassung von Bewegungen innerhalb von Aufstiegsanlagen sein.

4 Fazit

Der Bau von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen erfordert neben einer technisch-hydraulischen auch eine biologische Qualitätssicherung. Vorhandene Methoden und Kriterien sind nur teilweise auf die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen übertragbar und müssen daher z. T. neu entwickelt und erprobt werden.

Da die Erhaltung und Entwicklung wandernder Fischbestände gemäß verschiedener Richtlinien in den Aufgabenbereich der Länder fällt, ist eine biologische Qualitätssicherung mit Fokus auf die Wirksamkeit der Durchgängigkeitsmaßnahmen für diese Zielarten in enger Abstimmung zwischen Bund bzw. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und Ländern durchzuführen.

5 Literatur

BMU & BfN – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesanstalt für Naturschutz (2010): Nationaler Aktionsplan zum Schutz und zur Erhaltung des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*), 83 S.

- Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V. (BWK) (2006): Methodenstandard für die Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Erschienen im Fraunhofer IRB-Verlag, 115 S.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2006): Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen. Auswertung durchgeführter Untersuchungen und Diskussionsbeiträge für Durchführung und Bewertung. DWA-Themen, 123 S.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509, 285 S.
- EU-VO Aal: Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals. Amtsblatt der Europäischen Union L 248, 17-23
- FFH-RL: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 206, 68 S. - Dokument 1992L0043-DE-01.01.2007-005.001-1 mit Änderungen bis zum 01.01.2007
- IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2009): Masterplan Wanderfische Rhein. Bericht 179, 28 S. + Anlagen
- KOOP J., C. VON LANDWÜST, S. WIELAND, M. SCHOLTEN (2012): Verbesserung und Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Fische in Bundeswasserstraßen. WasserWirtschaft 5: 12-20
- LANUV NRW – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010): Die Wiederansiedlung des Maifischs (*Alosa alosa*) im Rhein-System. LANUV-Fachbericht 28, 24 S.
- SCHOLTEN, M., C. VON LANDWÜST (2012): Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung – drei Seiten einer Medaille. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 34-44
- VDFD – Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e. V. (2009): Handbuch zu fiBS – 2. Auflage: Version 8.0.6 – Hilfestellungen und Hinweise zur sachgerechten Anwendung des fischbasierten Bewertungsverfahrens fiBS, Stand: Januar 2009, 41 S.
- WEICHERT, R., A. KAMPKER (2012): Die Arbeitshilfe der BAW und BfG – ein Baustein zur Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 147-154
- WRRL: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 327, 72 S. (<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf>)



Kontakt:

Christian von Landwüst

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5372
Fax: 0261/ 1306 5152
E-Mail: landwuest@bafg.de

1984 – 1991

Studium der Biologie an der Universität Köln, University of Stirling und Christian-Albrecht-Universität zu Kiel (Schwerpunkt Fischereibiologie)

1991 – 1993

Koordination des vom Umweltbundesamt geförderten interdisziplinären Forschungsprojektes „Fischkrankheiten in der Nordsee“ am Institut für Meereskunde Kiel

1993 – 1994

Evaluierung des „Gemeinsamen Bund/Länder-Messprogramms für die Nordsee“ im Auftrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

seit 1994

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U4 Tierökologie



Kontakt:

Matthias Scholten

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5937
Fax: 0261/ 1306 5152
E-Mail: scholten@bafg.de

1988 – 1997

Studium der Biologie, Geographie, Bodenkunde an der Universität Bonn (Schwerpunkt Zoologie, Fischökologie)

1997 – 2002

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften an der Universität Hamburg im vom BMBF geförderten Forschungsprojekt „Ökologischen Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Mittelelbe“

2002 – 2004

Koordination des BMBF-Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ an der Bundesanstalt für Gewässerkunde

2004 – 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Geschäftsstelle der FGG Weser, Hildesheim, im Schwerpunktbereich „Fließgewässerbiologie“ und „Ökologische Durchgängigkeit“

Seit 2009

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U4 Tierökologie, Aufgabenbereich „Ökologische Durchgängigkeit“

Die Arbeitshilfe der BAW und BfG – ein Baustein zur Qualitätssicherung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen

Roman Weichert und Anne Kampker

1 Einleitung

Die seit dem 1. März 2010 geltende Fassung des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) verpflichtet die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) zur Erhaltung oder Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den Staustufen, die von ihr errichtet oder betrieben werden, soweit dies für die Erreichung der Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) erforderlich ist. Gemäß § 34 WHG (Durchgängigkeit oberirdischer Gewässer) ist bei Errichtung, wesentlicher Änderung oder Betrieb einer Staustufe durch geeignete Einrichtungen und Betriebsweisen die Durchgängigkeit des Gewässers zu erhalten oder wiederherzustellen. Bestehende Anlagen sind nachzurüsten. Bei Staustufen an Bundeswasserstraßen, die von der WSV errichtet oder betrieben werden, führt diese die erforderlichen Maßnahmen im Rahmen ihrer Aufgaben nach dem Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) hoheitlich durch.

Da die überwiegende Anzahl der WSV-Staustufen über keine ausreichend funktionsfähigen Anlagen verfügt, die die Fischwanderung und damit die Durchwanderbarkeit der Bundeswasserstraßen gewährleisten, wird an einer Vielzahl der Staustufen der Bau von Fischauf- und Fischabstiegsanlagen bzw. deren Ertüchtigung erforderlich. Der Fokus der WSV liegt dabei momentan auf den Fragestellungen des Fischaufstiegs.

Der vorliegende Artikel beschreibt die von den Bundesanstalten für Wasserbau (BAW) und Gewässerkunde (BfG) erstellte Arbeitshilfe, welche als ein Baustein eines erforderlichen Qualitätsmanagements bei der Planung, dem Bau und der Funktionskontrolle einer Fischaufstiegsanlage gesehen werden kann. Im Rahmen des vorliegenden Artikels sollen die Zielsetzung und die Inhalte der Arbeitshilfe kurz vorgestellt werden.

2 Hintergrund und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund einer Vielzahl größerer Querbauwerke an Bundeswasserstraßen mit zum Teil komplizierten Strömungsverhältnissen sind die Bundesanstalten BfG und BAW für die Erarbeitung gemeinsamer Grundlagen und die weitere Forschung und Entwicklung zuständig. Im Rahmen dieser Aufgaben ist es zunächst erforderlich, einheitliche Grundlagen für die Planung und den Bau von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen zu definieren.

Dies soll mithilfe einer Arbeitshilfe erfolgen, die derzeit im Entwurf vorliegt und im Sommer 2011 fertiggestellt wird. Neue Erkenntnisse werden jeweils in zukünftige Versionen der Arbeitshilfe eingearbeitet. Die Arbeitshilfe soll vor diesem Hintergrund zur Qualitätssicherung bei der Planung und dem Bau von Fischaufstiegsanlagen beitragen.

Generell wird im vorliegenden Artikel für den Überbegriff Qualitätssicherung auf den Artikel von SCHOLTEN & VON LANDWÜST (2012, s. S. 34ff.) verwiesen, in welchem zwischen den Begriffen Monitoring, technischer Funktionskontrolle und biologischer Qualitätssicherung unterschieden wird. Bei neu gebauten Anlagen erfolgt die technische Funktionskontrolle im Wesentlichen dadurch, dass mit der Bauabnahme geprüft wird, ob der in der Planung berücksichtigte Stand der Technik auch umgesetzt wurde. Zusätzlich zur Kontrolle der geometrischen Abmessungen können hydraulische Messungen erforderlich werden. Die biologische Qualitätssicherung fokussiert auf die Frage der Wirksamkeit der Fischaufstiegsanlage und kann gemäß VON LANDWÜST & SCHOLTEN 2012, s. S. 138ff.) in unterschiedlichen Detaillierungsgraden erfolgen. Für die Erläuterungen zu den Inhalten eines Monitorings sei ebenfalls auf SCHOLTEN & VON LANDWÜST (2012, s. S. 34ff.) verwiesen. Neben den technisch-hydraulischen sowie den biologischen Untersuchungen im Nachgang zum Bau einer Fischaufstiegsanlage spielt der Aspekt der Qualitätssicherung bereits in der Planungsphase eine wesentliche Rolle (LEHMANN & OBERLE 2012, s. S. 45ff.).

Abbildung 1 gibt einen Überblick, in welchem Rahmen sich das Qualitätsmanagement und damit die Arbeitshilfe beim Bau von Fischaufstiegsanlagen bewegt. Im Vordergrund steht zunächst die Aufgabe, gemäß den Vorgaben der EG-WRRL im Zeitraum bis 2027 eine große Anzahl an Fischaufstiegsanlagen zu realisieren (Abb. 1: *Bau FAA bis 2027*). Basis hierfür ist der jeweils aktuelle Kenntnisstand über die für die Planung von Fischaufstiegsanlagen relevanten Zusammenhänge. Derzeit kann dieser einer Vielzahl von Publikationen entnommen werden (Abb. 1: *Stand der Technik*). Von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) wurde beispielsweise im Februar 2010 der Entwurf eines Merkblatts „Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung“ (DWA 2010) vorgelegt. Für den dokumentierten aktuellen Kenntnisstand ist dabei festzuhalten, dass die bisherigen Erfahrungen beim Bau von Fischaufstiegsanlagen in Deutschland zu einem großen Anteil an kleinen und mittleren Fließgewässern gewonnen wurden. Die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen können jedoch von den dort vorhandenen Randbedingungen abweichen. Daraus folgt, dass für die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen noch offene Fragestellungen existieren, derer sich die BAW und BfG im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten widmen (Abb. 1: *Forschung und Entwicklung*).

Grundsätzlich gilt es hier einen Mittelweg in dem Spannungsfeld zu beschreiten, welches zwischen den Themenfeldern der pragmatischen Abarbeitung der Gesamtaufgabe „Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit“ sowie dem Umgang mit den noch offenen Fragestellungen bei der Dimensionierung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen existiert. Es werden daher momentan für die meisten Bundeswasserstraßen Pilotanlagen geplant oder gebaut, anhand derer der bestehende Stand der Technik und des Wissens überprüft werden kann (Abb. 1: *Pilotanlagen*). Diese Prüfung nach dem Bau der Fischaufstiegsanlage muss wie oben beschrieben neben der reinen technisch-hydraulischen Funktionskontrolle vor allem auch eine biologische Qualitätssicherung beinhalten. Aufgrund der Tatsache, dass die biologische Qualitätssicherung relativ zeitintensiv ist, ist daher im Einzelfall abzuwägen,

welche Erkenntnisse in welcher Zeit durch hydraulische und biologische Untersuchungen gewonnen werden können oder sollten. Die Ergebnisse sollten vorliegen, bevor mit dem Bau weiterer Fischaufstiegsanlagen ähnlichen Typs fortgefahren wird. Umgekehrt sind die zeitlichen Rahmenbedingungen des Gesamtprozesses zu berücksichtigen.

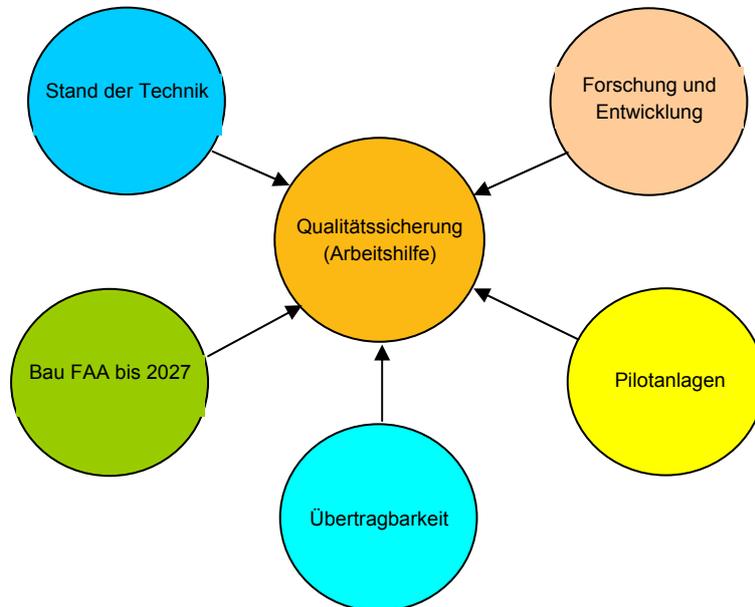


Abb. 1: Randbedingungen der Aufgabe „ökologische Durchgängigkeit an Bundeswasserstraßen“, die Einfluss auf ein Qualitätsmanagement haben.

Neben der Überprüfung der Wirksamkeit nach Fertigstellung einer Fischaufstiegsanlage besteht die Möglichkeit, eine Qualitätssicherung bereits in der Planungsphase durchzuführen. Mit Hilfe von Naturuntersuchungen sowie physikalischen und numerischen Modellversuchen, die parallel zum Planungsprozess ausgeführt werden, können kritische Fragestellungen bereits vor dem Bau der Anlage untersucht und Risiken minimiert werden. Ein Beispiel hierfür sind die Modelluntersuchungen wie sie momentan an der BAW für die Stauanlage Lauffen am Neckar durchgeführt werden. Neben dem eigentlichen Ziel der Modelluntersuchungen, eine konkrete Lösung für den Standort Lauffen zu erarbeiten, liegt ein weiterer Fokus der Arbeiten von BAW und BfG auf der Fragestellung, inwieweit die Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus den Modelluntersuchungen auf andere Standorte möglich ist (Abb. 1: *Übertragbarkeit*).

Die Arbeitshilfe der BAW und BfG soll die WSV sowie die planenden Ingenieurbüros bei Planung, Errichtung und Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen unterstützen. Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, dass es nicht das Ziel der Arbeitshilfe ist, die aktuell gültigen Bemessungskriterien nochmals vollständig darzustellen. Es beschreibt vielmehr einzelne Arbeitsschritte und verweist hinsichtlich der fachlichen Anforderungen auf die entsprechenden Standardwerke. Kritische Fragestellungen werden benannt und diskutiert. Arbeitsschritte, bei denen aus Gründen der Qualitätssicherung das Zusammenwirken von Trägern des Vorhabens und BfG/BAW erforderlich ist, werden definiert. Die Arbeitshilfe kann damit als ein Beitrag für die fachliche Qualitätssicherung bei der Verbesserung der fischökologischen Durchgängigkeit stromauf betrachtet werden.

3 Inhalte der Arbeitshilfe

Die Arbeitshilfe behandelt im Wesentlichen folgende Fragestellungen:

- > Welches sind die wesentlichen Arbeitsschritte, die bei der Funktionsprüfung vorhandener Fischaufstiegsanlagen sowie der Planung und dem Bau von neuen oder modifizierten Fischaufstiegsanlagen erforderlich sind?
- > Auf welchen fachlichen Standard kann zurückgegriffen werden? Welches sind die für die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen kritischen Fragestellungen?
- > In welchen Arbeitsschritten und zu welchen Fragen ist eine Zusammenarbeit zwischen den Trägern des Vorhabens sowie der BAW und BfG erforderlich?

3.1 Arbeitsschritte

In der Arbeitshilfe werden die Arbeitsschritte beschrieben, auf denen im Hinblick auf eine qualitätsgesicherte Planung und Funktionskontrolle ein Schwerpunkt liegen sollte. Sie werden den bestehenden Vorgaben der Verwaltungsvorschriften der WSV (v. a. VV-WSV 2107) sowie der HOAI zugeordnet. Innerhalb der Arbeitshilfe werden die in Tabelle 1 dargelegten Arbeitsschritte unterschieden. Zusätzlich sind Beispiele der erforderlichen Tätigkeiten innerhalb dieser Arbeitsschritte aufgeführt. Für die Arbeitsschritte Aufstellen der Entwürfe HU/AU, Erstellung der Vergabeunterlagen wie auch beim Bau der Anlage sind die einschlägigen Regelwerke zu beachten, sodass diese in der Arbeitshilfe nicht explizit wiederholt werden.

Tabelle 1

Auflistung der in der Arbeitshilfe definierten Arbeitsschritte

Arbeitsschritt	Beispiele
Prüfung bestehender Fischaufstiegsanlagen	- Zusammenstellen der Daten, um aktuell gültige Bemessungskriterien zu prüfen. - technisch-hydraulische Defizitanalyse
Grundlagenermittlung	- Klärung wichtiger Randbedingungen (räumlich, baulich-konstruktiv, ökologisch) - Projektstartgespräch/Ortsbesichtigung
Voruntersuchung	- Untersuchung verschiedener Lösungsmöglichkeiten - Kostenschätzung der betrachteten Varianten
Aufstellen der Entwürfe HU/AU	- Aufstellen der Entwürfe HU/AU
Erstellung der Vergabeunterlagen/ Durchführung der Vergabe	- keine Angaben in der Arbeitshilfe; bestehende Richtlinien anwenden
Bau der Fischaufstiegsanlage	- keine Angaben in der Arbeitshilfe
Technische Funktionskontrolle	- Bauabnahme - ggf. hydraulische Messungen
Biologische Qualitätssicherung	- Abstimmung über Art und Umfang der Untersuchung

3.2 Fachliche Aspekte

Neben der generellen Darstellung der erforderlichen Arbeitsschritte bei Funktionskontrolle, Planung und Bau von Fischaufstiegsanlagen geht die Arbeitshilfe auch auf die offenen Fragen für die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen ein. In Tabelle 2 werden Beispiele für diese fachlichen Fragestellungen aufgezeigt. Häufige Besonderheiten an Bundeswasserstraßen sind u. a.

- > Aufteilung des Abflusses in mehrere Arme mit variierender Wasserführung
- > Einrichtungen für Schiffsverkehr, Schleusen etc.
- > Stromgewinnung
- > große Fallhöhen
- > beengte Verhältnisse

Tabelle 2

Auflistung von Beispielen der zu den Arbeitsschritten gehörigen fachlichen Beispiele

Arbeitsschritt	Beispiele
Prüfung bestehender Fischaufstiegsanlagen	- Fischregion bzw. Fischzönose - geometrische und hydraulische Bedingungen - oberwasserseitiger Fischausstieg
Grundlagenermittlung	- Hydrologie/Hydraulik - Anordnung der Staufstufenkomponenten - Informationen zum Wehrkörper/Kraftwerk
Voruntersuchung	- Wahl des Bauwerkstyps - Flexibilität in der Bauweise - groß- und kleinräumige Anordnung der Fischaufstiegsanlage(n)
Aufstellen der Entwürfe HU/AU	- hydraulische Bemessung - technische Überprüfbarkeit der Fischaufstiegsanlage im Betrieb - Unterhaltungskonzept
Erstellung der Vergabeunterlagen/ Durchführung der Vergabe	- Angabe von Details (z. B. Vermeidung scharfer Kanten)
Bau der Fischaufstiegsanlage	- zunächst keine Angaben in der Arbeitshilfe
Technische Funktionskontrolle	- hydraulische Messungen
Biologische Qualitätssicherung	- Fischzählungen - telemetrische Untersuchung

3.3 Einbindung von BAW und BfG

Aufgrund der bisher noch geringen Erfahrungen bei Fischaufstiegsanlagen in großen Fließgewässern sind eine stetige Weiterentwicklung der Standards und eine durchgehende Qualitätssicherung erforderlich. Um zu gewährleisten, dass der sich weiterentwickelnde Stand der Technik und der Wissenschaft in den Bau der Fischaufstiegsanlagen einfließt, ist eine frühzeitige Einbindung der BAW und der BfG sinnvoll. Auch über die Arbeitsschritte zur Über-

prüfung einer bestehenden Anlage (hydraulische Messungen, biologische Funktionskontrollen) sollte frühzeitig eine Abstimmung zwischen dem Träger des Vorhabens sowie der BAW und der BfG erzielt werden.

Bei der Planung neuer Fischaufstiegsanlagen ist insbesondere in den ersten Planungsschritten (Grundlagenermittlung, Voruntersuchung) eine Qualitätssicherung wichtig, da in diesen Arbeitsschritten in der Regel die wesentlichen Randbedingungen wie z. B. Bautyp oder Anordnung der Anlage festgelegt werden. Die Voruntersuchung bringt als Resultat eine Vorzugslösung hervor, welche im Rahmen der folgenden Planungsschritte näher betrachtet wird. Sind die Rahmenbedingungen für einen Fischaufstieg ungünstig (fehlendes Raumangebot, stark schwankende Wasserführung verschiedener Gewässerarme, stark schwankende Ober- und Unterwasserstände o. ä.), lassen sich die im Regelwerk vorgeschlagenen Dimensionierungsempfehlungen nicht mehr ohne weitere Überprüfung zielführend anwenden und es ist zu prüfen, ob numerische und/oder physikalische Modelluntersuchungen durchgeführt werden müssen. Spätestens am Ende der Voruntersuchungsphase ist demnach der Zeitpunkt, bei dem im Zusammenwirken zwischen dem Träger des Vorhabens und der BfG und BAW entschieden werden muss, ob für die detaillierte Beplanung der Vorzugslösung physikalische oder numerische Modellversuche bzw. vertiefte biologische Untersuchungen erforderlich sind. Unter Umständen können auch Modelle erforderlich sein, um zwischen verschiedenen Varianten die Vorzugslösung herauszufiltern.

4 Schlussfolgerungen

Auf Basis des novellierten Wasserhaushaltsgesetzes vom 1. März 2010 haben in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes die Arbeiten begonnen, die ökologische Durchgängigkeit an den Stauanlagen der Bundeswasserstraßen wiederherzustellen.

Der vorliegende Artikel stellt Inhalte und Zielsetzung der Arbeitshilfe dar, die von den Bundesanstalten für Wasserbau (BAW) und Gewässerkunde (BfG) momentan erarbeitet wird. Die Arbeitshilfe stellt dabei ein Element im Rahmen einer Qualitätssicherung bei Planung, Bau und Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen dar. Auch wenn hier auf einen bestehenden technischen Standard zurückgegriffen werden kann, existieren insbesondere für die Verhältnisse an Bundeswasserstraßen noch zahlreiche offene Fragen. Mit Hilfe von Naturuntersuchungen sowie physikalischen und numerischen Modellversuchen, die parallel zum Planungsprozess durchgeführt werden, können kritische Fragestellungen bereits frühzeitig untersucht und Risiken minimiert werden. Diese Untersuchungen stellen demnach eine Möglichkeit dar, eine Qualitätssicherung bereits in der Planungsphase durchzuführen.

Neben der Qualitätssicherung ist es ebenso wichtig, parallel zur Planung Erfahrungen über die Wirksamkeit bestehender Anlagen durch biologische Untersuchungen zu erlangen und beim Bau von neuen Anlagen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist eine regelmäßige Aktualisierung der Arbeitshilfe erforderlich.

Literatur

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) 2010: Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Bemessung, Gestaltung, Qualitätssicherung - Entwurf, Merkblatt DWA-M 509

EG-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L327 vom 22.12.2000

HOAI - Honorarordnung für Architekten und Ingenieure vom 11. August 2009 (BGBl. I S. 2732)

LEHMANN, B. und P. OBERLE (2012): Methoden zur technisch-hydraulischen Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 45-57

SCHOLTEN, M., C. VON LANDWÜST (2012): Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung – drei Seiten einer Medaille. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 34-44

VON LANDWÜST, C., M. SCHOLTEN (2012): Biologische Qualitätssicherung von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen. In: Veranstaltungen 7/2012 „Kolloquiumsreihe Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, 2. Kolloquium Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen“, Hrsg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 138-146

VV-WSV 2107 - Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes „Aufstellen und Prüfen von Entwürfen“, WSV-Intranet

WaStrG - Bundeswasserstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S. 1980), das zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. April 2010 (BGBl. I S. 540) geändert worden ist

WHG - Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das durch Artikel 12 des Gesetzes vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163) geändert worden ist



Kontakt:

Dr. Roman Weichert

Bundesanstalt für Wasserbau

Kussmaulstr. 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 2660

Fax: 0721/ 9726 4540

E-Mail: roman.weichert@baw.de

1994 – 2001

Studium Bauingenieurwesen an der Universität Karlsruhe (TH), University of Edinburgh und TU Braunschweig

2001 – 2005

Doktorand und Sachbearbeiter in der Abteilung Flussbau der Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) der ETH Zürich

2005 – 2007

Leiter der Abteilung Flussbau der Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) der ETH Zürich

2007 – 2009

Projektleiter bei Fichtner Water & Transportation, Freiburg

seit 2009

Referatsleiter Flusssysteme W1 an der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe



Kontakt:

Anne Kampker

Bundesanstalt für Wasserbau

Kussmaulstr. 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721/ 9726 5520

Fax: 0721/ 9726 4540

E-Mail: anne.kampker@baw.de

1992 – 1997

Studium Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen

1997 – 2000

Vorbereitungsdienst für den höheren technischen Verwaltungsdienst im Bereich Wasser- und Abfallwirtschaft Land Nordrhein-Westfalen, Große Staatsprüfung

2000 – 2002

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Bundesanstalt für Wasserbau

2002 – 2004

Projektleiterin WSA Heidelberg

2006 – 2009

Sachbereichsleiterin WSA Mannheim

seit 2010

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Bundesanstalt für Wasserbau

In der Reihe BfG-Veranstaltungen sind bisher u. a. erschienen:

- 1/2006 Gewässerkundliche Untersuchungen für verkehrliche und wasserwirtschaftliche Planungen an Bundeswasserstraßen
- 2/2006 Wasserstands- und Abflussvorhersagen im Elbegebiet
- 3/2006 Niederschlag-Abfluss-Modellierung zur Verlängerung des Vorhersagezeitraumes operationeller Wasserstands- und Abflussvorhersagen
- 4/2006 Radiologische Untersuchungen an Bundeswasserstraßen als Teil der radiologischen Umweltüberwachung
- 5/2006 Messkonzepte und Modellierung in der Gewässermorphologie

- 1/2007 Höhenmessungen mit GPS – Status quo und Entwicklungstendenzen
- 2/2007 Röhricht an Bundeswasserstraßen (im norddeutschen Raum)

- 1/2008 Neue Wege der Schadstoffbekämpfung
- 2/2008 Ultraschall in der Hydrometrie: neue Technik – neuer Nutzen?
- 3/2008 Effektive und qualitätsgesicherte Abwicklung von Sediment-/Baggergutuntersuchungen in der WSV
- 4/2008 Saisonale Vorhersagesysteme in Meteorologie und Hydrologie
- 5/2008 Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen
- 6/2008 Wasserbewirtschaftung und Niedrigwasser

- 1/2009 Wasserstandsinformationsdienste der BfG für die Bundeswasserstraßen
- 2/2009 Sediment Contact Tests. Reference conditions, control sediments, toxicity thresholds
- 3/2009 Sedimentologische Prozesse – Analyse, Beschreibung, Modellierung
- 4/2009 Ingenieurvermessung im Bauwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
- 5/2009 Verfahren der ökotoxikologischen (Risiko-) Bewertung in der Umweltsicherung
- 6/2009 Softwarelösungen für ein integriertes Hochwassermanagement
- 7/2009 Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt

- 1/2010 Flusssysteme in Raum und Zeit
- 2/2010 Berücksichtigung verkehrs- und bautechnischer Emissionen und Immissionen in Umweltverträglichkeitsprüfungen
- 3/2010 Pathogene Vibrionen in der marinen Umwelt
- 4/2010 Riskobewertung stofflicher Belastungen
- 5/2010 Screeningverfahren zur Erfassung endokriner Wirkungen in der aquatischen Umwelt

- 1/2011 Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
- 2/2011 Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
- 3/2011 Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
- 4/2011 EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
- 5/2011 Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit

- 1/2012 Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
- 2/2012 Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
- 3/2012 Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
- 4/2012 Pathogenic *Vibrio* spp. in Northern European Waters
- 5/2012 Baumaterialien und Oberflächengewässer
- 6/2012 Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen