

Neuartige kombinierte Rechenreinigung mit Fischabstieg

Reinhard Hassinger

Fischschutz und Fischabstieg sind als funktionelle Einheit anzusehen, da durch einen guten Fischschutz, das heißt z.B. durch einen feinen Rechen, der Wanderkorridor durch die Turbine geschlossen wird, so dass alternative Abwandermöglichkeiten eröffnet werden müssen. Die Effizienz der bekannten und angewandten Konzepte mit gegenüber der Strömung schräg stehenden Rechen ist zweifelhaft, denn sie basiert auf der Erschöpfung der Fische, was nicht als ökologisch befriedigende Lösung angesehen werden kann. Deshalb wurde an der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau eine Rechenreinigung dahingehend weiterentwickelt, dass sie nicht nur das Rechengut, sondern auch alle vor dem Rechen stehenden Fische aufnimmt und in das Unterwasser leitet.

Fish protection and fish bypassing have to be regarded as a functional combination, because effective fish protection by fine screens has to be completed by an effective fish bypass. Inclined screens are often used but their efficiency has not been proved. The guiding effect of inclined screens is based on an the exhaustion of fishes, because many species try to keep clear off the screen until they are exhausted. A functional concept depending on the exhaustion of fish can not be ecologically satisfying. As an alternative solution, at the Hydraulics Lab of the Kassel university a combined trash screen cleaner with fish-lifting trough was developed. Debris and fishes are collected by vertical movement of the trough. The trough is drained by a lowering sluice gate and water, fish and debris are swept out through a bypass channel with low slope and a smooth inner surface

1 Einleitung

Die Verbesserung des Fischschutzes und des Fischabstiegs werden bei der Umsetzung maßgeblicher europäischer und deutscher Direktiven als wesentliche Bestandteile im Maßnahmenkatalog angesehen. Zielsetzung dieser Maßnahmen muss es sein, wanderstimmig ankommende Fische ohne Zeitverzögerung im Vollbesitz der Kräfte unbeschadet in das Unterwasser zu leiten. Zusätzlich ist noch eine geringe Irritation zu fordern, denn Fische, die stark irritiert in das Unterwasser gelangen, werden dort leicht Beute von Räubern.

Derzeit besteht noch eine erhebliche Unsicherheit darüber, wie diese Verbesserungen mit hoher Effizienz und wirtschaftlichem Mitteleinsatz erreicht werden können. Als effizient ist in diesem Zusammenhang ein Fischabstiegssystem anzusehen, wenn mehr als 90% der wanderstimmig ankommenden Fische den Wanderkorridor ohne nennenswerten Zeitverlust im Vollbesitz der Kräfte finden und durchwandern. Der Beitrag beschreibt dazu ein Lösungskonzept, das ein bekanntes, aber bisher nicht erfolgreich umgesetztes Prinzip aufgreift, nämlich das Aufnehmen der Fische in Fördertröge und der Abtransport mit dem Rechengut. Der Erfolg soll sich dadurch einstellen, dass Rechenreinigung und Fischtransport auf neue Art und Weise kombiniert werden.

2 Problemstellung

Wenn durch feine Rechen, bei denen wirklich von einem effektiven Fischschutz gesprochen werden kann (Stababstand 10 bis 12 mm), der Wanderkorridor durch die Turbine versperrt ist, muss eine leicht auffindbare alternative Wanderoute angeboten werden. Die einfachen Öffnungen mit Bypassrohren und Rinnen sind ineffizient, da die dort hinein fließenden Senkenströmungen aus prinzipiellen hydraulischen Gründen praktisch nicht auffindbar sind, da keine Lockwirkung von der Strömungssenke ausgeht.

Derzeit geht die Entwicklung dahin, Rechen entweder in Strömungsrichtung geneigt oder im Grundriss schräg zu stellen (horizontaler Schrägrechen). Im ersten Fall soll der Fisch zu einer oben liegenden Abstiegsrinne geleitet werden; im zweiten Fall soll er den tangentialen Komponenten zu einem Abstieg folgen, der in der hintersten Ecke der Abschrägung angeboten wird. Allerdings ist die Effizienz dieser Systeme zweifelhaft, denn leicht zu machende Beobachtungen vor solchen Rechen zeigen, dass die erwartete Leitwirkung nicht unmittelbar und ohne Zeitverzug eintritt. Damit ist festzustellen, dass die bekannten und angewandten Fischabstiegskonzepte Schwächen aufweisen, die Anlass zu weiteren Entwicklungen geben.

3 Diskussion der Schrägstellung von Rechen als wesentliches Merkmal derzeit propagierter Lösungen

3.1 Zielsetzung der Schrägstellung

Bei der derzeit vielfach angewandten Schrägstellung sollen auf der Rechenfläche tangentielle Geschwindigkeitskomponenten wirksam werden, die Grundlage einer Leitwirkung für die Fische sein sollen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass besondere geometrische Randbedingungen vorliegen müssen, wenn die Stromlinien die Rechenfläche schräg schneiden sollen. In einer nicht unerheblichen Zahl von realisierten Fällen schneiden die Stromlinien die Rechenfläche sehr steil, obwohl diese zur Flußachse einen kleinen Winkel aufweist. Entscheidend ist, dass der Rechen schräg zu den Stromlinien steht, deren Verlauf durch die Berandung vor und nach dem Rechen bestimmt wird.

Für die Neigung oder Schrägstellung von Rechen werden u. A. folgende Argumente angeführt:

1. Wegen der größeren Fläche verringert sich die für den Fisch relevante Geschwindigkeit, womit die Anforderungen hinsichtlich Anströmgeschwindigkeit ($v \leq 0,50 \text{ m/s}$) besser eingehalten werden können.
2. Die Schrägstellung erzeugt eine Leitwirkung, mit der Fische auf eine Seite der Rechenfläche (seitlich oder oben) und damit zu einem Bypass geleitet werden können.
3. Die auf der Rechenfläche liegenden Fische unterliegen nur noch der Normalkomponente der Geschwindigkeit, sind damit geringer belastet.
4. Wegen der geringeren Geschwindigkeit bleibt der Rechenverlust in Grenzen.
5. Die größere Rechenfläche kann mehr Rechengut aufnehmen, so dass sie sich nicht so schnell komplett zusetzt.

Diese Argumente sind nachstehend einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

3.2 Anmerkungen zu den vermuteten Vorteilen schräger Rechen

3.2.1 Zur Verminderung der maßgebenden Geschwindigkeit für Fische

Die dem erstgenannten Argument zugrunde liegenden Überlegungen sind zwar weit verbreitet, aber teilweise falsch.

Aus neueren Untersuchungen (*Hübner et. al., 2011*) ist bekannt, dass Fische die Information eines Hindernisses in der Strömung auf unterschiedliche Weise verarbeiten. Die hydraulischen Signale des Rechens (Schwingungen, Vibrationen, Töne) veranlassen einen überwiegenden Teil der Fische dazu, sich in einem gewissen Abstand vor den Rechen zu stellen und dort zu verweilen. Erst nach längerem Schwimmen lassen sie sich soweit abtreiben, dass sie ab und zu mit dem Schwanz den Rechen berühren, aber auch immer wieder durch eine kurze Fluchtbewegung vom Rechen frei halten. Wenn der Fisch so erschöpft ist, dass ihm nach Berührung des Rechens keine Flucht nach vorne mehr gelingt, gerät er zwischen die Rechenstäbe und wird rein mechanisch dann zurückgehalten, wenn der lichte Abstand etwas kleiner ist als die Körperdicke

Für einen effektiven Fischschutz müssen die Fische betrachtet werden, die im Vollbesitz der Kräfte in einem bestimmten Abstand vor dem Rechen in der Strömung stehen. In diesem Abstand haben die Hydraulik im Nahbereich der Rechenstäbe und damit der Winkel der Rechendurchströmung keinerlei Bedeutung. Die für die Fische maßgebende Geschwindigkeit ist dort lediglich durch die Durchströmfläche senkrecht zu den Stromlinien bestimmt, nicht aber durch die Rechenfläche. Dies wird auch im Themenband Fischschutz und Fischabstiegsanlagen (*ATV-DVWK, 2005*) zum Ausdruck gebracht, indem dort „nicht die Normalgeschwindigkeit, sondern die Anströmgeschwindigkeit“ für den Schutz von Fischen für ausschlaggebend angesehen wird.

Dies bedeutet zusammengefasst, dass die Fische, um die Zielgruppe des Fischschutzes sein sollten, an einem Ort anzutreffen sind, wo die Stellung des Rechens praktisch keine Rolle spielt. Die Schrägstellung hilft auch nicht beim Nachweis der Anströmgeschwindigkeit.

3.2.2 Leitwirkung an schrägen oder geneigten Rechen

Die Schrägstellung im Grundriss oder Neigung im Längsschnitt soll u. A. eine Leitwirkung erzeugen, die den Fisch zum unterwasserseitigen Ende des Rechens leitet, wo er eine Abstiegsmöglichkeit vorfindet. Die in der Literatur (z.B. *ATV-DVWK, 2005*) beschriebene Leitwirkung beruht auf der pendelnden Bewegung vor dem Rechen, bei der nur die Fische, die von Natur aus den Kontakt mit der Rechenfläche nicht vermeiden oder so schwach oder erschöpft sind, dass sie diesen Kontakt nicht vermeiden können, nach längerer Zeit an das unterwasserseitige Ende zum Abstieg geraten. Ein Abstiegskonzept, das darauf setzt, dass die Fische der Strömung nicht mehr widerstehen können, kann nicht wirklich als ökologisch überzeugend angesehen werden.



Abbildung 1: Modellfischkörper für Versuche zur Auflagekraft

3.2.3 Anpresskraft

Die Auffassung, dass Fische auf der Fläche eines zur Strömung schräg stehenden Rechens einer geringeren Anpresskraft unterworfen sind, trifft nur zum Teil zu. In der Untersuchung von Hübner et. al (2011) wurde basierend auf Daten von Berthold (2009) mit dem in Abbildung 1 gezeigten Modellfischkörper der bei senkrechter Abströmung der in Abbildung 2 dargestellte Zusammenhang festgestellt.

Die Eintragungen zeigen folgendes:

- a) Die Anpresskraft hängt erstaunlich linear vom Verlust des Rechens ab.
- b) Insbesondere bei kleinen Stababständen sind die Verlustbeiwerte und damit auch die Auflagekräfte bei den besten Profilen erheblich geringer als bei den herkömmlichen Stabquerschnittsformen. Da der Verlustbeiwert noch sehr stark von der Rechenverlegung abhängt, ergeben sich große Vorteile, wenn sich ein Rechen leicht und vollständig reinigen lässt.
- c) Bei den besten Profilen sind die Auflagekräfte auf dem Rechen kleiner als der Strömungswiderstand im Freiwasser. Dieses zunächst verblüffende Ergebnis erklärt sich dadurch, dass die Rechenstäbe mit dem aufliegenden Fischkörper eine umströmte Kontur ergeben, die strömungsgünstiger ist als der Fischkörper alleine.

Fazit dieser Untersuchungen ist, dass für die auf der Rechenfläche liegenden Fische es grundsätzlich günstig ist, wenn die Verlusthöhen klein sind, was mit günstigen Rechenstabprofilen und mit häufiger Reinigung angestrebt werden kann. Zur Einordnung sei an dieser Stelle noch einmal erwähnt, dass auf der Rechenfläche liegende Fische nicht die Zielgruppe der Fischschutzmaßnahmen sein sollten, denn diese Fische sind bereits entkräftet und womöglich auch durch den Rechenkontakt geschädigt.

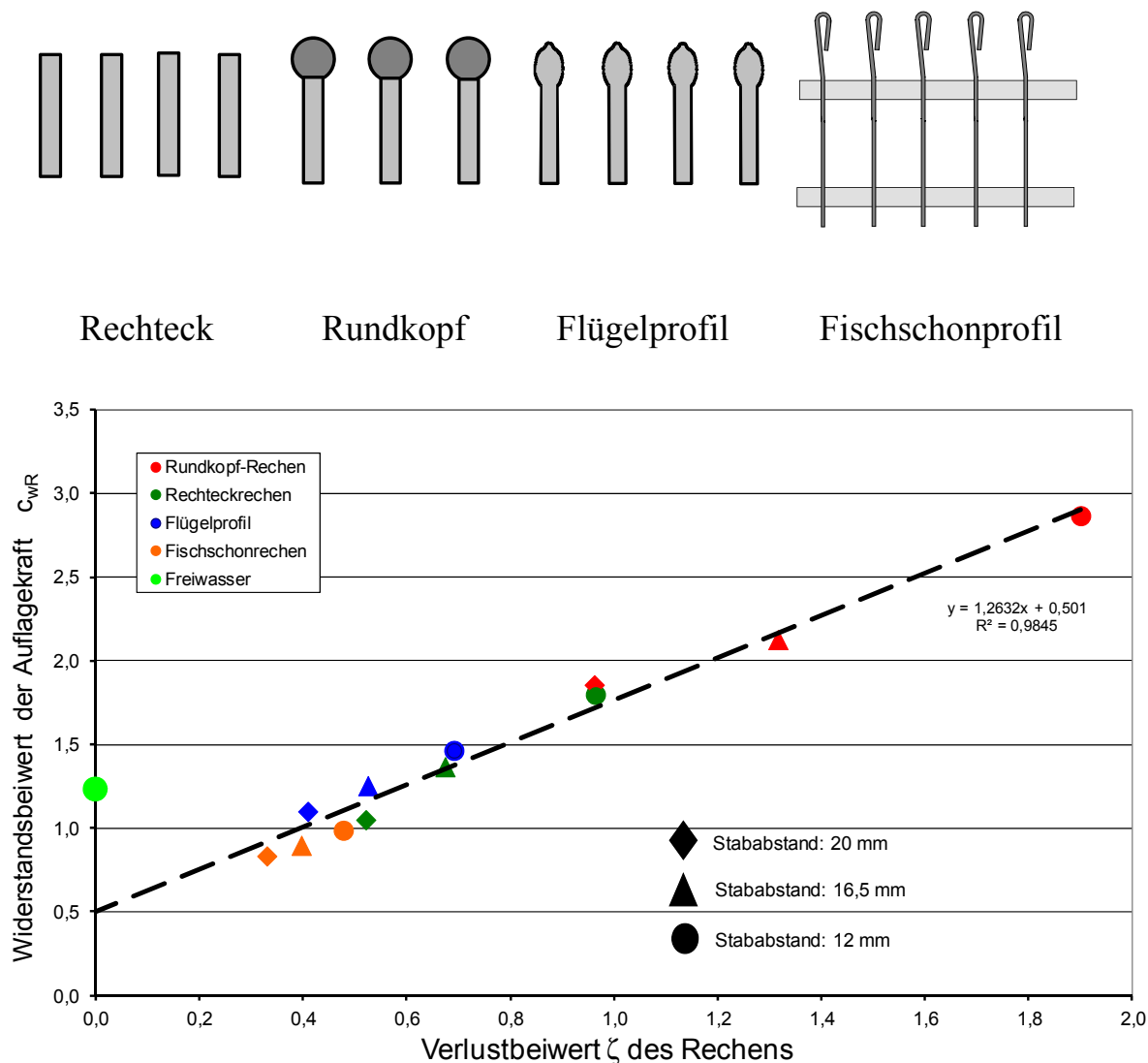


Abbildung 2: Auflagerkraft in Abhängigkeit vom Verlustbeiwert (3 Winkel zur Stabrichtung gemittelt; 3 Stababstände)

3.2.4 Rechenverlust

Die modernen Rechenprofile erzeugen auch bei kleinen Stababständen bei den geforderten geringen Geschwindigkeiten auch bei normaler Durchströmung Verluste in der Größenordnung von wenigen Zentimetern. Damit fallen sie für die Stromerzeugung nicht ins Gewicht fallen. Erreicht wird dies durch strömungsgünstige Profile, gutes Reinigungsverhalten und häufige Reinigung.

3.2.5 Rechenreinigung

Das letztgenannte Argument eines gutmütigeren Verhaltens der schrägen Rechen bei Anfall von viel Treibzeug ist sicher zutreffend, jedoch insofern zu relativieren, dass zur Reinigung einer größeren Fläche auch ein höherer Aufwand

getrieben werden muss. Immerhin ist bei einem Winkel zur Sohle von 30 Grad die Rechenfläche etwa doppelt so groß wie die durchflossene Querschnittsfläche. Deshalb ist es fraglich, ob es im Hinblick auf Baukosten und Betrieb Vorteile bringt, die Rechenfläche durch starke Neigung drastisch zu vergrößern. Genauso könnte man die Rechenreinigung auf der kleineren Fläche effektiver gestalten und so auslegen, dass eine häufigere Tätigkeit keinen übermäßigen Verschleiß erzeugt.

3.3 Fazit der Betrachtungen zu den schrägen Rechen

Das Vorstehende zusammenfassend ist festzustellen, dass zur Strömung schräg stehende Rechen die ihnen zugeschriebenen positiven Eigenschaften nur in einem eingeschränkte Maße auch zeitigen. Damit ist zu befürchten, dass die hohen Aufwendungen für flächenmäßig vergrößerte schräge Rechen nicht zielführend eingesetzt sind.

4 Neuartiges Konzept eines mit der Rechenreinigung kombinierten Fischabstiegs

4.1 Funktionsprinzip

Es muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass wanderstimmige Fische an beliebiger Stelle an den Rechen geraten können und dort gegen die Anströmung gerichtet zunächst stehen bleiben. Deshalb ist es die funktionelle Grundidee des neuartigen Konzepts, die vor dem Rechen stehenden oder auf der Rechenfläche liegenden Fische zusammen mit dem Rechengut einzusammeln und behutsam mit reichlich Wasser in das Unterwasser zu leiten. Dies gelingt unter Bezug auf Bild 3, indem auf der Oberwasserseite eine vertikal verfahrbare Rinne angeordnet wird, die mit folgenden Komponenten ausgestattet ist:

- Drehbarer Fischschutzkamm auf der Oberwasserseite
- Schwenkbare Abstreifleiste zum Rechen hin
- Bodenöffnungen mit Rückschlagklappen
- Absenkschutz seitlich an einem oder an beiden Enden
- Bypassrinne mit geringem Gefälle, glatter Innenwand

Die Abstreifleiste weist eine glatte Kante auf. Sie streift bei der Aufwärtsfahrt des Troges das Rechengut in diesen ab. Bei der Abwärtsfahrt wird die Leiste

- Wenn die Spitzen des Fischschutzkammes den Wasserspiegel durchstoßen haben, sind die Fische gefangen.
- Umlegen des Fischschutzkammes über den Trog (Funktion: Rausspringen verhindern und Räuber abhalten)
- Wenn die Oberkante des Troges den Wasserspiegel erreicht hat, öffnet das Absenkschütz die Verbindung zum Bypasskanal; die Entleerung beginnt.
- Abheben der Abstreifleiste vom Rechen
- Zur Entleerung wird der Trog langsam weiter angehoben; dabei wird die Oberkante des Absenkschützes synchron mit angehoben.
- Nachlaufzeit mit Wasserzufuhr durch die Bodenöffnungen bis alle Fische den Trog verlassen haben
- Schließen des Absenkschützes durch Anheben; dabei langsames Absenken mit Füllen des Troges durch die Bodenöffnungen
- Abwärtsfahrt des Troges
- Auflegen des Fischschutzkammes auf die Oberwassersohle (Funktion: Verbindungsrampe) und der Abstreifleiste auf die Rechenfläche

Der Zyklus sollte incl. Wartezeiten zur Entleerung nicht mehr als 4 min betragen. Im Interesse einer unverzüglichen Fischabwanderung sollte der Fischhebetrog etwas alle 15 bis 20 min fahren. Die Antriebe müssen darauf ausgelegt werden.

4.1.1 Ergebnisse im Labor

Die Laborversuche ergaben mit Lachs-Smolts und Aalen eine gute Funktion. Die Lachse nutzten den Strömungsschatten des Fischschutzkammes, flüchteten nicht aus dem Bereich über der Rinne und ließen sich aus der Rinne abschwemmen. Eine Naturuntersuchung ist geplant. Derzeit wird dazu noch eine Wasserkraftanlage gesucht.

4.2 Konstruktive und betriebliche Aspekte

4.2.1 Antrieb

Die vertikale Bewegung des Troges kann mit handelsüblichen Antrieben in Form von Seilwinden oder Kranantrieben oder Ähnlichem erfolgen. Das heißt, dass die Antriebstechnik wesentlich einfacher als bei üblichen Rechenreinigern gestaltet werden kann. Allerdings ist die benötigte Steuerungsanlage etwas aufwändiger als bisher, da das zu durchfahrende Programm mehr Komponenten anzusteuern hat und mehr Aktionen aufweist als bei herkömmlichen Reiniger-

Steuerungen. Sowohl der Fischschutzkamm als auch die Abstreifleiste sind mit hydraulischen Drehantrieben zu bewegen. Diese stehen auch in Edelstahlausführung für Unterwasserbetrieb auf dem Markt zur Verfügung

4.2.2 Grobrechen

Moderne Feinrechen und Fischabstiege müssen wegen der feineren Strukturen empfindlicher und verstopfungsanfällig sein als bisherige Rechensysteme. Deshalb sollten sie mit einem vorgeschalteten Grobrechen vor grobem Treibzeug geschützt werden. Hierzu sind neue Grobrechensysteme in der Entwicklung, die halbautomatisch leicht zu reinigen sind..

5 Literatur

- ATV-DVWK (2005): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen. Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., DWA Hennef.
- Berthold, H. (2009): Untersuchung zur Umsetzung der Hessischen Fischereiverordnung im Hinblick auf die Installation von Feinrechen mit 15 mm Stababstand und den Fischabstieg. Diplomarbeit am FB Bauingenieurwesen, Kassel, 2009 (unveröffentlicht, Auszüge erhältlich vom Autor)
- Hassinger, R. (2009): Neuartiger Fisch schonender Rechen für Wasserkraftanlagen. Tagungsband Wasserbauliches Kolloquium an der TU Dresden, Dresden 2009
- Hübner, D.; Hassinger, R.; Fricke, R.; Rahn, S.: (2011) Laboruntersuchungen zu Auswirkungen von Kraftwerksrechen auf Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Brassen (*Abramis brama*) in Abhängigkeit von Stababstand und Anströmgeschwindigkeit. Untersuchungsbericht im Auftrag des RP Kassel, Kassel/Marburg, 2011

Autor:

Dr.-Ing. Reinhard Hassinger

Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau,
Universität Kassel
Kurt-Wolters-Straße 3
34109 Kassel

Tel.: +49 561 804 3291;
Fax: +49 561 804 2684;
E-Mail: vpuw@uni-kassel.de