

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Hassinger, Reinhard**

## **Neuartiger Fisch schonender Rechen für Wasserkraftanlagen**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische  
Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103708>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hassinger, Reinhard (2009): Neuartiger Fisch schonender Rechen für Wasserkraftanlagen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserkraftnutzung im Zeichen des Klimawandels. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 39. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 251-258.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## Neuartiger Fisch schonender Rechen für Wasserkraftanlagen

Reinhard Hassinger

In order to develop a new bypass system at water intakes a new fish-friendly trash rack for water power stations and water intakes was tested. The paper summarizes the most important features concerning construction, hydraulic losses and cleaning behaviour.

Im Zuge von Versuchen mit Aalen wurde ein neuartiger Fisch schonender Rechen hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften und dem Verhalten von Fischen untersucht. Der Beitrag erläutert Aufbau, hydraulische Parameter incl. Verlusthöhen sowie die vorteilhaften Merkmale.

### 1 Einleitung

Im Mix der erneuerbaren Energien stellt die Wasserkraft eine erhebliche und wichtige Komponente dar. Es bedarf allerdings noch erheblicher Anstrengungen und Investitionen, um die Wasserkraft auch umweltfreundlich zu machen und die Ziele nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen. Als wichtiger Faktor dabei haben in den letzten Jahren der Fischschutz und der Fischabstieg erheblich an Bedeutung gewonnen.

Im Zuge laufender Versuche mit Aalen an der Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau sind wir zur Überzeugung gelangt, dass die herkömmlichen Rechen in Bezug auf Fischschutz, Betriebsverhalten und hydraulische Charakteristik noch nicht optimal sind. So ist es sicherlich als äußerst unbefriedigend anzusehen, wenn nach Umrüstung auf Rechen mit 20 mm Stababstand verstärkt Aale von der Rechenreinigung verletzt oder getötet werden, wie es von der Lahn berichtet wurde (<http://www.fliessgewaesserschutz.de/folgen.html>). Daneben ist der Rechen auch eine für die Funktion maßgebliche Komponente in Fischabstiegsanlagen, denn er muss primär die Fische von Ihrem Wanderweg mit der Hauptströmung sicher abbringen und dem Abstiegssystem zuleiten. Dazu müssen nach unseren Erkenntnissen mit Aalen die Stababstände deutlich kleiner als 20 mm sein.

Auf der Suche nach einem geeigneten Rechen wurde die Neuentwicklung der Firma Oppermann Alternative Technologien in Görwihl aufgegriffen. Derartige

Rechen sind bereits an den Kraftwerken Ziegenrück/Saale und Stadtmühle Forst/Neiße im Einsatz.

## 2 Aufbau, Merkmale und Eigenschaften

### 2.1 Aufbau

Der Rechen nach Oppermann ist dadurch gekennzeichnet, dass er aus einem Gitter aus umgebördelten Edelstahl-Blech-Streifen als Rechenstäbe und Querverbindern aus Spannstäben und Abstandshülsen besteht (Abb. 1). In Abb. 2 sind die Abmessungen der Rechenstäbe dargestellt.



Abbildung 1 Ansicht der Oberkante des Oppermann-Rechens

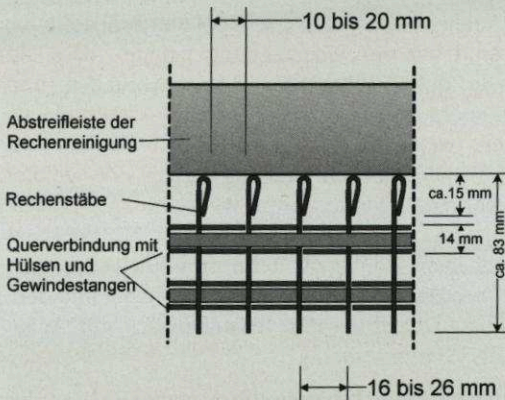


Abbildung 2 Schnitt durch die Rechenstäbe

Die Rechenstäbe haben in Längsrichtung durch die relativ engmaschige Ver-  
spannung eine ausreichende Stabilität für eine Spannweite der Unterstützung  
von 1 bis 1,5 m. In Querrichtung ist die Stabilität geringer als bei herkömm-  
lichen Stäben. Infolge der Tatsache, dass der Rechen aber mit einer Leiste ohne  
Zinken abgestreift wird, sind Verklebungen von Rechengut beim Reinigen  
sehr selten zu erwarten.

## **2.2 Fischeschutz**

Die Rechenstäbe sind oberwasserseitig kreisrund und glatt. Wenn ein Fisch vor  
oder zwischen den Stäben das Material berührt, trifft er nur auf gerundete  
Konturen und glatte Flächen. Im Versuch haben Aale den Rechen mit und gegen  
die Strömungsrichtung ohne sichtbare Spuren passiert. Auf der Rechenfläche  
liegend haben im Versuch die Aale sich erfolgreich in schwächer durchströmte  
Bereiche zurückziehen können. Ein effektiver Fischeschutz ist natürlich durch die  
Tatsache gegeben, dass dieser Rechen mit engen Stababständen (ab ca. 10 mm)  
wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Selbstverständlich ist der engmaschige  
Rechen alleine als Fischeschutz nicht ausreichend, denn dem zurückgehaltenen  
Fisch muss ein leicht aufzufindender alternativer Wanderkorridor angeboten  
werden.

## **2.3 Reinigungsverhalten**

Die engste Stelle liegt beim Rechen System Oppermann nur ca. 3 bis 4 mm  
unterstrom der Oberfläche. Wenn Partikel den Rechen nicht passieren können,  
dann bleiben sie zwangsläufig soweit oben auf dem Rechen hängen, dass sie mit  
einer zahnlosen Kunststoff-Leiste, die optimal federnd gelagert ist, abgestreift  
werden können. Da diese Kunststoffleiste nicht exakt mit den Stäben bewegt  
werden muss wie z. B. eine Harke, entfallen Querkräfte aus der Reinigung. Bei  
engen Stababständen deutlich unter 20 mm können nur dünne Äste zwischen die  
Stäbe eindringen, die dann bei Zwängungen keine großen Kräfte mehr ausüben  
können bzw. leicht abbrechen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass in diesem Rechen sich praktisch keine  
Rechengutpartikel in einer hinteren Ebene verklemmen, die von der Harke nicht  
erreicht wird. Von einer Wasserkraftanlage an der Lahn ist bekannt, dass der  
dortige Rechteckstab-Rechen mit 20 mm Stababstand jährlich von Hand mühsam  
von den verklemmten Holzstückchen, Korken usw. zu befreien ist. Dieses  
Phänomen tritt beim Oppermann-Rechen nicht mehr auf, da die engste Stelle nur  
extrem kurz ist und so weit vorne liegt, dass sie von der Rechenreinigung sicher  
erreicht wird.

## 2.4 Notwendigkeit eines Grobrechens

Es ist klar, dass ein als Fein-Rechen konzipiertes System einen separaten Grobrechen benötigt. Dieser muss größere Partikel, Baumstämme und Äste sicher zurückhalten. Eine Stabweite von 100 bis 150 mm ist dazu ausreichend. Welche Grobrechenweite optimal ist, muss noch in der Praxis erprobt werden.

Wie ein solcher Grobrechen zu reinigen ist, muss in Abhängigkeiten vom Standort entschieden werden. Bei kleineren Lichtweiten des Grobrechens und normalem Baumbestand am Gewässer dürfte jedoch eine automatische Reinigung sinnvoll sein. Es dürfte jedoch bei den feineren Rechen moderner Bauart in den meisten Fällen ratsam sein, einen Grobrechen zum Schutz davor anzuordnen.

## 2.5 Materialeinsatz und Kosten

Aufgrund der Tatsache, dass die Stabkontur durch Profilierung eines dünnen Bleches erzeugt wird, ergibt sich ein extrem geringer Materialeinsatz, der es erlaubt, solche Rechen mit kleinen Stababständen und in Edelstahl zu vertretbaren Kosten herzustellen. Die Rechenstäbe werden entweder durch Abkanten auf eine Abkantbank (Längenbegrenzung auf 4 m) oder durch Rollen gefertigt. Bei dieser Methode werden die Blechstreifen automatisch vom Coil abgewickelt, mit Laser gebohrt, in der Rollvorrichtung umgebördelt und abgelängt. Wenn diese Vorrichtung einmal eingerichtet ist, sind die Rechenstäbe in großer Stückzahl wirtschaftlich in beliebigen Längen zu produzieren. Das Gewicht der Rechenstäbe ( $g = 1208,4 \text{ g/lfm}$ ) beträgt beim Oppermann-Rechen nur 43 % des Gewichts eines Rechens mit Rechteckstäben  $6 \times 60$  ( $g = 2842 \text{ g/lfm}$ ). Der neue Rechen ist deshalb auch bei 10 mm Stababstand noch deutlich leichter als ein herkömmlicher Rechteckstab-Rechen mit 20 mm. Diese Effizienz des Materialeinsatzes erlaubt die Nutzung hochwertiger Werkstoffe, wie z. B. von Edelstahl.

## 3 Hydraulische Eigenschaften

Aufgrund der glatten Oberfläche, der gerundeten Form und der allmählichen Wiederaufweitung des Querschnitts sind günstige Eigenschaften sowohl im Hinblick auf die Rechenverluste, als auch die Schräganströmung zu erwarten. Die Verluste wurden vor kurzem im Labor im Vergleich zu einem Rechteckstab-Rechen untersucht. Der Versuchsstand war 30 cm breit und das Wasser ca. 33 cm tief. Es wurde die Rechenverlustformel nach Giesecke / Mosonyi (2005) verwendet:

$$\Delta H = \zeta \cdot \frac{v_0^2}{2g} \quad (1)$$

$$\Delta H = \beta \cdot \left( \frac{P_{re}}{1 - P_{re}} \right)^{1,5} \cdot \left( 1 - \frac{\delta}{90} \right) \cdot P_{re}^{(-1,4 \cdot \tan \delta)} \cdot k_{vi} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

$$P_{re} = \text{Verbauungsgrad} = \frac{A_{VS} + A_{VA}}{A_{RE}}$$

Darin sind:

$\Delta H$  = Verlusthöhe in m

$\zeta$  = Verlustbeiwert [-]

$v_0$  = Anströmgeschwindigkeit des Rechens in m/s

$\beta$  = Formbeiwert der Rechenstäbe [-];  $\delta$  = Winkel der Schräganströmung;  
 $\alpha$  = Neigungswinkel des Rechens zur Sohle

$k_{vi}$  = Faktor für Verlegung ( $k_{vi} = 1$  bei sauberem Rechen; Näheres siehe Giesecke / Mosonyi 2005<sup>1</sup>)

$A_{VS}$  = Querschnitts-Fläche Rechenstäbe an der engsten Stelle

$A_{VA}$  = Querschnittsflächen der Verstreungen und des Unterbaus

$A_{RE}$  = totale Querschnitts-Fläche des Rechens

Der Rechen stand vertikal und horizontal senkrecht zur Strömung ( $\alpha = 90$  Grad und  $\delta = 0$  Grad). Er war sauber (Verlegungsfaktor  $k_{vi} = 1$ ). Der Oppermann-Rechen wurde mit lichten Weiten von 19,0 und 12,5 mm untersucht; die Verlustbeiwerte wurden linear für andere Weiten interpoliert bzw. extrapoliert. Beim Rechteckstab-Rechen wurden die Messungen mit 12 und 20 mm Lichtweite durchgeführt und ebenfalls interpoliert bzw. extrapoliert.

Es wurden Geschwindigkeiten von 0,2; 0,4; 0,6 und 0,8 m/s gefahren.

Der zum Vergleich unter gleichen Bedingungen gemessene Rechteckstab-Rechen besaß Stäbe 6 x 60 mm mit leichter Kantenverrundung. Tabelle 1 und Abb. 3 zeigen die Verlustbeiwerte in Abhängigkeit von der lichten Weite.

Tabelle 1 Verlustbeiwerte

Stab- abstand licht	Opper- mann- Rechen	Rechteck- rechen	Faktor Opperm.-R. zu Flachrechen
	Verlustbeiwerte $\zeta$		
mm	[-]	[-]	%
10	0,53	1,13	47,0%
11	0,51	1,07	47,8%
12	0,49	1,01	48,7%
13	0,47	0,95	49,7%
14	0,45	0,89	50,8%
15	0,43	0,83	52,1%
16	0,41	0,77	53,6%
17	0,39	0,70	55,4%
18	0,37	0,64	57,5%
19	0,35	0,58	60,0%
20	0,33	0,52	63,1%

Den Daten ist zu entnehmen, dass bei den kleineren Spaltweiten der Oppermann-Rechen nur halb so große Verluste erzeugt wie ein herkömmlicher Rechteckstab-Rechen. Die größere Rauheit von herkömmlichen Rechenstäben, die nicht aus Edelstahl sind, dürfte den Unterschied weiter vergrößern.

Die aus diesen Messungen abgeleiteten Formbeiwerte sind nicht konstant und hängen ebenfalls vom Stababstand ab. Sie beinhalten den Unterschied zwischen der formelmäßigen Darstellung des Einflusses des Verbauungsgrades und dem tatsächlichen Einfluss, wobei bei kleinen Lichtweiten die sich auf der Staboberfläche entwickelnde Grenzschicht zusätzlich deutlich spürbar wird. Da ein Formbeiwert für eine Stabform konstant sein sollte, müsste die Verlustformel nach Vorliegen weiterer Versuchsergebnisse für kleinere Spaltweiten modifiziert werden. Größenordnungsmäßig liegen die aus obiger Formel 2 abgeleiteten Formbeiwerte für den Oppermann-Rechen zwischen 1,3 und 1,6 und für den Rechteckstabrechen zwischen 2,5 und 2,7, wobei in beiden Fällen eine Zunahme mit dem Stababstand festzustellen ist.

Neben den reinen Höhen-Verlusten ist bemerkenswert, dass der Oppermann-Rechen auch bei Schräganströmung gutmütig reagieren wird, auch wenn dies messtechnisch noch nicht im Detail überprüft ist. Dies liegt in der allgemein anerkannten Tatsache begründet, dass oberwasserseitig runde Stabkonturen bei schräger Anströmung unempfindlich reagieren, da durch die runde Kontur die Ablösungstendenz verringert ist.

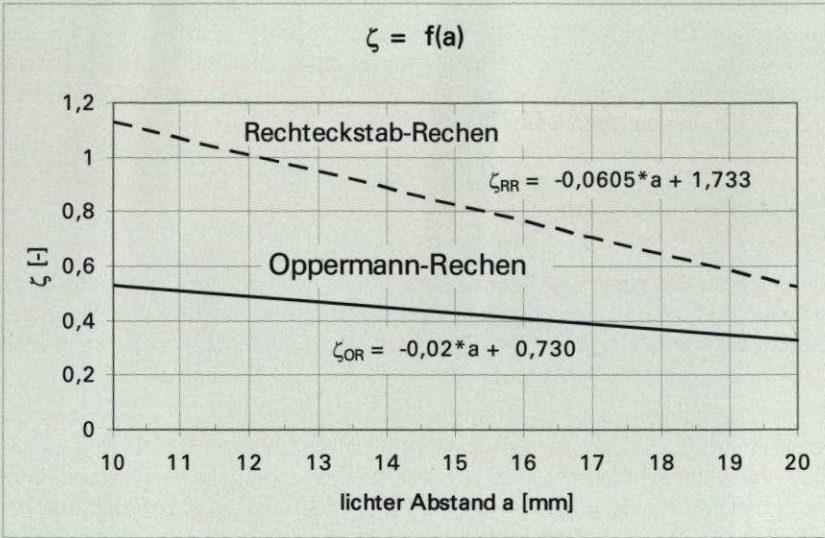


Abbildung 3 Verlustbeiwerte im Vergleich

Um eine Vorstellung zu vermitteln, mit welchen Verlusten bei sauberen neuen Rechen zu rechnen ist, sind in Abb. 4 die Verlusthöhen noch einmal dimensionsbehaftet dargestellt.

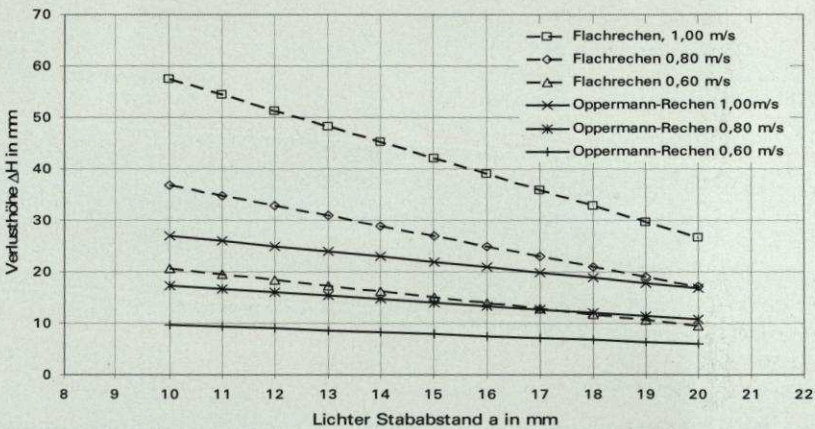


Abbildung 4 Verlusthöhen



An diesem neuen Rechenprofil treten ebenfalls Schwingungen auf; jedoch sind diese wegen der nur sehr kleinen Wirbel relativ hochfrequent und werden eher als ein „Singen“ des Rechens hörbar. Schwingungen, die eine Materialbelastung bedeuten würden, wurden weder im Labor noch an den beiden in Betrieb befindlichen Pilotanlagen beobachtet.

#### **4 Zusammenfassung**

Der vorgestellte neuartige Rechen, der aus umgebördeltem Edelstahl-Blech gefertigt wird, erlaubt einen besonders effektiven Fischschutz, da er bei mäßigen Kosten mit kleinen Spaltweiten hergestellt und eingesetzt werden kann. Der Fisch kann nur gerundete Konturen und glatte Oberflächen berühren.

Die Abreinigung ist sehr einfach, da das Rechengut nicht weit zwischen die Stäbe eindringt, sondern so nah an der Oberfläche hängen bleibt, dass es mit einer einfachen Kunststoff-Leiste abgestreift werden kann. Dies erlaubt einfache und kostengünstige Reinigungssysteme. Ein Verklemmen von Treibzeugstücken zwischen den Rechenstäben weiter unterstromseitig, wie es bei flachen Stäben bekannt ist, kann nicht auftreten.

Die hydraulischen Eigenschaften sind erheblich besser als bei Rechteckstab-Rechen, indem die Verluste auch bei kleinen Spaltweiten noch geringer sind als bei Rechteckstäben mit 20 mm Abstand.

Eine effektive automatische Fertigung ist bereits in der Entwicklung, so dass die bei engen Stababständen große Zahl von Rechenstäben wirtschaftlich und Material sparend hergestellt werden kann.

#### **Literatur**

Giesecke, J. Mosonyi, E.: Wasserkraftanlagen: Planung, Bau und Betrieb.  
Springer Verlag, Berlin 2005

#### **Autor:**

Dr.-Ing. Reinhard Hassinger  
Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik u. Wasserbau  
Universität Kassel  
Kurt-Wolters-Straße 3  
D-34125 Kassel  
Tel.: +49-561-804 3291  
Fax: +49-561-804 2684  
vpuw@uni-kassel.de