

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 92 (2000)
Heft: 9-10

Artikel: Fischschäden durch Turbinen
Autor: Hässig, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940302>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fischschäden durch Turbinen

■ Peter Hässig

Bei der Behandlung des Konzessionsgesuchs für die Erstellung des WKW Brügg hat das Bundesamt für Wald, Umwelt und Landschaft (Buwal) die Forderung erhoben, den Rechenstababstand am Einlauf des Kraftwerks zum Schutze der wandernden Fische von den geplanten 84 auf 20 mm zu reduzieren. Das Buwal stützte sich dabei auf eine Veröffentlichung von Günter Jens im «Wassertriebwerk», dem Verbandsorgan des Bundesverbandes Deutscher Wasserkraftwerke, mit dem Titel «Plädoyer für den 20-mm-Turbinenrechen». Der Fischereibiologe Jens hält darin Folgendes fest:

«Wenn der Fischereigesetzgeber vor mehr als einem halben Jahrhundert Turbinenrechen mit einer lichten Stabweite von weniger als 20 mm forderte, so war das genau das einzige Mittel, um den Aal zu einem Umweg um das Kraftwerk herum zu zwingen. ... Der «20-mm-Rechen» – ein anderer zuverlässiger Schutz bietet sich auch heute nicht an.»

Jens versucht im Weiteren nachzuweisen, dass die Leistungsverluste der Kraftwerke durch einen engeren Rechenstababstand unbedeutend seien. Dabei begeht er allerdings eine Reihe von Fehlern in der Anwendung der physikalischen Gesetze, die ihn zu diesem falschen Schluss führen. Die Redaktion des «Wassertriebwerks» war sich dieser Mängel offensichtlich bewusst, fügte sie doch dem Artikel von Jens folgende Anmerkung an: «Wir sind uns darüber klar, dass der vorstehende Artikel bei vielen Wasserkraftwerksbesitzern auf Widerspruch stossen wird. Sie befürchten Leistungsverminderung der Turbine und erhöhten Rechenreinigungsaufwand, wenn der Stababstand auf nur noch 20 mm festgesetzt wird. ... Die Frage «Rechenabstand» ist also sehr aktuell, und wir sind der Meinung, dass auch die andere Seite, nämlich die der Biologen und Fischereisachverständigen, zu Wort kommen sollte.»

Diese Grosszügigkeit gegenüber anderen Meinungen kann, selbst unter Missachtung elementarer physikalischer Regeln, für Kleinkraftwerke akzeptiert werden, bei denen ein hoher Wirkungsgrad nicht erste Priorität geniesst.

Beim WKW Brügg trifft dies aber sicherlich nicht zu. Der Durchmesser der Turbinenräder des WKW Brügg beträgt 4,2 m! Der Einfluss einer Reduktion des Rechenstababstands auf die Produktion ist beachtlich. Aus diesem Grunde war in einer Stellungnahme an das Kantonale Wasserwirtschafts-

amt eine Richtigstellung zu den Forderungen des Buwal vorzunehmen. Die Verringerung des Rechenstababstands von 84 auf 20 mm ergibt die aus Tabelle 1 ersichtliche Änderung der hydraulischen Daten und der Energieproduktion.

Es ist klar, dass die Wirtschaftlichkeit des geplanten WKW Brügg durch die Frage des Rechenstababstandes in entscheidendem Masse beeinflusst wird. Es gab somit gute Gründe, sich mit den befürchteten Fischverlusten durch Turbinen eingehend auseinanderzusetzen.

Der schwedische Fischereibiologe Erik Montén gilt als anerkannter Fachmann in der Vorhersage von Fischverlusten in Turbinen. Er führte zwischen 1950 und 1970 eine Serie von Versuchen in schwedischen Kraftwerken durch, die er in seinem Buch «Fish and Turbines» zusammen mit älteren Untersuchungen anderer Forscher veröffentlichte. Interessant ist dabei, dass systematische Untersuchungen über Fischverluste durch Turbinen in Schweden 1939 mit dem Bau der Untra Power Station mit dem Ziel begannen, von dem bis dahin vorgeschriebenen Rechenstababstand von 20 mm wegzukommen. Ein königlicher Erlass erlaubte diese Änderung unter der Bedingung, dass die Kraftwerksgesellschaften Grundlagen zur Vorhersage der Fischverluste durch Turbinen erarbeiteten.

Die angewendeten Versuche waren zwar relativ einfach, aus tierschützerischer Betrachtungsweise aber recht brutal. Durch Aussetzen einer bestimmten Anzahl Versuchsfische mit definierter Grösse vor der Turbine und Einfangen aller überlebenden und toten Fische im Unterwasser war es möglich, durch Auszählen Aussagen über die Verluste von Fischen dieser Länge bei einem bestimmten Betriebspunkt dieser Turbine zu

machen. Durch Variation der Fischgrösse und der Betriebspunkte der Turbine von Teillast bis Vollast war es möglich, die unterschiedlichen Einflüsse zu erfassen. Um eine verlässliche Aussage zu erhalten, war es allerdings nötig, eine sehr grosse Anzahl von Versuchsfischen einzusetzen.

Allein für die veröffentlichten 14 Versuche des Motala-Experiments von 1952/53 wurden 3900 Fische unterschiedlicher Art und Grösse verwendet. Die Hauptzahl der Versuchsfische waren in Schweden natürlich Lachse und Aale. Die Art und die Lage der Verletzungen an den eingefangenen Fischen wurden mit wissenschaftlicher Exaktheit aufgezeichnet, um Hinweise auf die Schwimmlage der Fische beim Turbinendurchgang zu erhalten.

Aus den durchgeführten Versuchen lagen für die untersuchten Kraftwerke recht genaue Vorhersagen für die Fischverluste vor. Es ist das Verdienst von Montén, die unterschiedlichen Versuchsergebnisse geordnet und in einer allgemein gültigen Berechnungsformel zusammengefasst zu haben. Es gelang ihm vorerst nachzuweisen, dass unter normalen Verhältnissen

1. die Fische die extremen Druckschwankungen beim Durchgang durch die Turbine unbeschadet überstehen;
2. die Zentrifugalkraft der im Laufrad rotierenden Wassermasse keinen schädlichen Einfluss auf die Fische hat, da das spezifische Gewicht der Fische jenem des Wassers derart ähnlich ist, dass kein Herausschleudern an den Turbinenmantel vorkommt;
3. die Stütz- und Leitschaufeln keinen schädlichen Einfluss auf die Fische haben, da sie relativ dick sind und parallel zur Strömung stehen. So wird der Fisch durch das Wasser unbeschädigt an diesen Hindernissen vorbei geleitet.

Rechenstababstand	84 mm	20 mm
Stabdicke	16 mm	12 mm
Durchflussgeschwindigkeit	1,00 m/s	1,36 m/s
Geschwindigkeitsverhältnis	100%	136%
Rechenverlust gerade Anströmung	8 mm	36 mm
Verlustverhältnis schräge Anströmung	100%	450%
Verlustverhältnis	13 mm	53 mm
Verlustverhältnis	100%	408%
Rechenpreis	Fr. 490 000.–	Fr. 860 000.–
Preisverhältnis	100%	175%
Stromproduktion	25,3 GWh	22,3 GWh
Produktionsverlust absolut	0	3,0 GWh
Produktionsverlust prozentual	0	12%

Tabelle 1.
Rechenstab-
abstand.

Die Fischschäden in den Turbinen werden somit einzig durch Schläge der Lauf-
radkanten gegen die Fische verursacht. Montén baute daher seine Berechnungsformel für die Vorhersage der Fischverluste auf die typischen Turbinendaten «relative Fliessgeschwindigkeit» und «relative Spaltweite» auf. In diesen Kennwerten sind alle wesentlichen Turbinendaten wie Eintrittswinkel, Schaufelzahl, Drehzahl, Fliessgeschwindigkeit usw. enthalten. Auf Grund seiner Versuche konnte er ausserdem nachweisen, dass ernst zu nehmende Fischschäden erst bei relativen Fliessgeschwindigkeiten über 6 m/s auftreten. Unter dieser kritischen Geschwindigkeit vermag der Fisch die Schläge der Turbinenschaufeln ohne Verletzung auszuhalten. Damit fand Montén auch die Erklärung, warum Kaplan-turbinen bei vergleichbaren Verhältnissen höhere Fischverluste ergeben als Francisturbinen: Die relative Fliessgeschwindigkeit in Kaplan-turbinen liegt bedeutend höher. Mit den ändernden relativen Geschwindigkeiten und Spaltweiten können auch die stark ändernden Fischverluste bei unterschiedlichen Betriebspunkten der Kaplan-turbinen erklärt werden. In Teillast sind kleine Spaltweiten vorhanden, in Vollast nimmt die Fliessgeschwindigkeit stark zu. Die geringsten Fischschäden treten somit im Bestpunkt des Turbinenwirkungsgrads auf.

Zur Vereinfachung seiner Berechnungsformel liess Montén die relative Fliessgeschwindigkeit weg und kam für die Kaplan-turbinen zu einer Schadenswahrscheinlichkeit, die zwischen $T = 0,46$ L/S für den Bestpunkt der Turbine und $T = 0,57$ L/S für Teil- und Vollast der Turbine liegt. Im Bereich kleiner Spaltweiten glich er die Verlustkurve empirisch aus. Auf Grund dieser Auslegungskurve hat auch Heinz Marrer in der Umweltverträglichkeitsprüfung für das WKW Brugg Vorhersagen über die zu erwartenden Fischverluste gemacht.

Wir wissen, dass durch die Turbinen der WKW Flumenthal und Bannwil Fische, vor allem Aale, getötet werden. Die uns bekannte Zahl liegt aber auch unter Annahme einer bedeutenden Dunkelziffer unter den von Marrer errechneten Werten. Wir glauben, die Begründung für diesen Widerspruch aus dem Vergleich der Turbinendaten in den von Montén untersuchten Kraftwerken und denjenigen des WKW Brugg geben zu können. Die von Montén untersuchten Turbinen weichen in wesentlichen Kennwerten wie Gefälle, Grösse und Drehzahl stark von den Turbinendaten des WKW Brugg ab. Daher ergibt die Vorhersage der Fischverluste nach der Formel von Montén zu hohe Verluste. Montén gibt in seinem Buch selbst den Hinweis auf ein Kraftwerk, das viel besser auf das WKW

		Montén	Obernau	Bannwil	Brugg
Durchmesser	m	2,15	4,45	4,20	4,20
Fallhöhe	m	9,25	3,15	8,10	2,79
Durchfluss	m ³ /s	30	65	116,7	109,7
Drehzahl	U/min	254	68,2	107,1	74
Schaufelzahl		4	4	4	3
Schaufeldurchgänge pro Minute		1016	273	428	222
Gefährdungszahl nach von Raben		546	303	450	310
Länge des Wasserabschnitts	m	0,66	1,20	1,70	2,90
Verlustwahrscheinlichkeit					
Fischlänge	%				
10 cm	%	6,5	3,6	2,5	1,5
20 cm	%	12,9	7,2	5,1	3,0
50 cm	%	32,4	17,8	12,7	7,4

Tabelle 2. Fischverluste für verschiedene Wasserkraftwerke.

	Gefälle (m)	Durchmesser (m)	Drehzahl (U/min)	Durchfluss (m ³ /s)	Schaufelzahl
Gustavsberg	11,50	1,30	375	11	4
Langgöl	11,50	1,30	375	12	4
Nöbbelev	10,00	1,94	250	23	4
Broby	9,00	2,06	250	23	4
Kvarnaholm	7,50	3,00	150	50	4
Ängabäck	6,00	3,30	125	60	4
Durchschnitt	9,25	2,15	254	30	4
Obernau	3,15	4,45	68,2	65	4
Brugg	0,50–3,00	4,20	74	109,7	3

Tabelle 3. Turbinenkennwerte der von Montén untersuchten Kraftwerke im Vergleich mit Obernau und Brugg.

Brugg passt: das WKW Obernau. Er hat selbst die Versuchsdaten von Obernau nicht berücksichtigt, da sie nach seiner Formel zu geringe Verluste ergaben.

Für uns war es somit wichtig, die Untersuchungen des deutschen Fischereibiologen Kurt von Raben über das WKW Obernau zu besorgen.

Von Raben untersuchte als Mitarbeiter des niedersächsischen Instituts für Binnenfischerei mit Hilfe von Berufsfischern die Fischverluste im WKW Obernau (am Main in der Nähe von Aschaffenburg gelegen) während der natürlichen Wanderperiode der Aale. Er verzichtete bewusst auf das Aussetzen von Versuchsfischen vor der Turbine. Die von ihm ermittelten Fischverluste liegen deutlich unter den Werten von Montén. Von Raben baute auch seine Berechnungsformel für die Fischverluste auf einer anderen Theorie auf als Montén. Er errechnet aus den Turbinendaten die Länge von Wasserabschnitten, die bei der in der Turbine vorhandenen Fliessgeschwindigkeit unbehindert zwischen dem Durchgang von zwei Turbinenschaufeln durchfliessen. Darin eingebettet kann ein Fisch ohne Zusammenprall mit der Laufrad-Eintrittskante unverletzt die Turbine passieren. Das Verletzungsrisiko entspricht somit theoretisch dem Verhältnis zwischen der Länge des Fisches und der Länge dieses Wasserabschnittes. Die effektiven Verluste betragen allerdings nur zwischen 40 und 50%

dieses theoretischen Wertes. Von Raben fand die Erklärung darin, dass die Fische nur verletzt werden, wenn die Aufprallgeschwindigkeit der Schaufel auf den Fisch einen kritischen Wert von 11 m/s überschreitet. Da die Geschwindigkeit der rotierenden Kaplan-Laufräder nach aussen mit wachsendem Durchmesser zunimmt, lässt sich also ein innerer sicherer Kreisring und ein äusserer Ring mit Gefährdung der Fische unterscheiden. Auf Grund des Flächenverhältnisses dieser Ringe kann die Reduktion der theoretischen Verluste berechnet werden. Mit diesen Basiswerten lassen sich die Fischverluste für verschiedene Wasserkraftwerke voraussagen (siehe Tabelle 2).

Daraus kann abgeleitet werden, dass die von Marrer in der Umweltverträglichkeitsprüfung nach der Formel von Montén ermittelten Fischverluste eine obere Grenze darstellen. Es besteht nach der Theorie von von Raben eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die für den 84-mm-Rechen vorhergesagten Verluste deutlich unterschritten werden. Die Forderung nach einem 20-mm-Rechen darf somit zurückgewiesen werden, ohne dass die wandernden Fische deswegen einem unverantwortlichen Verlustrisiko ausgesetzt wären.

Adresse des Verfassers

Peter Hässig, dipl. Ing., BKW FMB Energie AG, Viktoriaplatz 2, CH-3000 Bern 25.