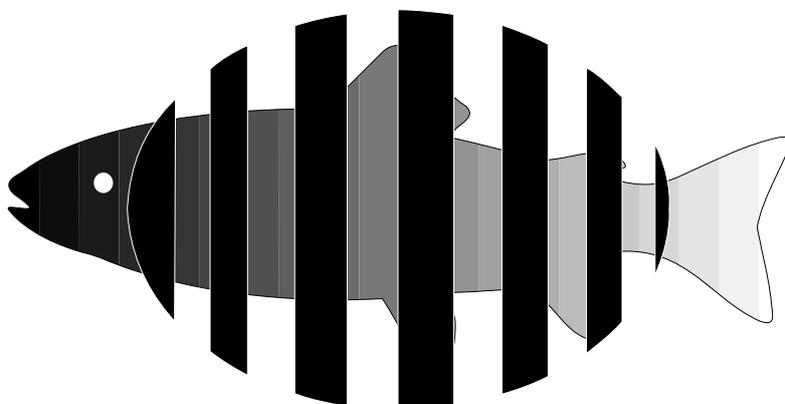


# **Notwendigkeit der Begrenzung der lichten Stabrechenweite**



**vor Turbinen von  
Wasserkraftanlagen  
auf 20 mm**



## Inhalt

	Seite
1. Einleitung	4
2. Problemstellung und rechtliche Voraussetzungen	5
3. Fischartengemeinschaften an den Standorten der Wasserkraftnutzung in Sachsen	7
4. Schädigungen von Fischen in für Sachsen typischen Turbinenanlagen	8
4.1. Schäden in Abhängigkeit vom Turbinentyp	9
4.2. Schäden in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad der Turbine	10
4.3. Schäden in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades	10
4.4. Schäden in Abhängigkeit von der Fallhöhe	10
4.5. Schäden in Abhängigkeit von Abständen und Spaltmaßen in der Turbine	11
4.6. Schäden in Abhängigkeit von Wasserdruck und Wassergeschwindigkeit	11
4.7. Schäden in Abhängigkeit von der Fischlänge	11
5. Schlußfolgerungen	12
Zusammenfassung	15
Literaturverzeichnis	16

## 1. Einleitung

Der Nutzung der Wasserkraft kamen und kommen in Sachsen die teilweise günstigen Gefälleverhältnisse zu Gute. Etwa 33 % der heutigen Fläche des Freistaates (von West nach Ost: Vogtland, Erzgebirge, Elbsandsteingebirge, Lausitzer Bergland, Zittauer Gebirge) sind Mittelgebirge (RICHTER, 1995). Die Nutzung der Wasserkraft in Sachsen hat nicht zuletzt aus diesem Grund eine lange Tradition. Erste schriftliche Erwähnungen der Anlegung von Mahl- und Brettmühlen datieren aus dem 13. Jahrhundert (KOSEL, 1995). Entsprechend den wirtschaftlichen Erfordernissen und der technischen Entwicklung wurden Mühlen später als Loh- und Walkmühlen, zur Wasserhebung im Bergbau, für den Betrieb von Poch- und Hammerwerken, als Pulvermühlen sowie für Anlagen der Zellstoff- und Papierherstellung genutzt.

Die Möglichkeit der Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung von elektrischem Strom führte Ende des 19., Anfang des 20. Jahrhunderts zu einem außerordentlich massiven Ausbau der Wasserkraftnutzung in Sachsen. So wurden im Jahr 1930 in Sachsen an 3.513 Wasserkraftanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von insgesamt etwa 130 MW Strom erzeugt (PETERS, 1997a). Von diesen Anlagen waren 1990 nur noch 147 betriebsfähig (RÖTTJES, 1992).

Durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit wurde seit 1991 die Reaktivierung, Modernisierung und Neuerrichtung von Kleinwasserkraftanlagen in Form von nicht rückzahlbaren Zuschüssen zu den Investitionskosten gefördert. Diese Förderung wird seit diesem Jahr durch das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung in anderer Form fortgeführt. Die Bereitstellung zinsgünstiger Darlehen, Investitionszuschüsse und steuerliche Vergünstigungen sowie die mit dem Energieeinspeisungsgesetz getroffenen Regelungen stellen weitere Formen staatlicher Förderung dar.

Durch die großzügigen staatlichen Regelungen nahm die Zahl der in Sachsen betriebenen Wasserkraftanlagen in den letzten Jahren gegenüber 1990 auf gegenwärtig etwa 350 zu. Eine größere Anzahl von Anlagen befinden sich gegenwärtig in der Planung oder im Bau.

Die Nutzung der Wasserkraft zur Energieerzeugung verzichtet auf die Nutzung fossiler Energieträger, emittiert kein Kohlendioxid und kann allein aus dieser Sicht positiv bewertet werden, wenn auch das Einsparungspotential an fossiler Primärenergie häufig überschätzt wird. Die Wasserkraftnutzung hat jedoch in jedem Fall einschneidende ökologische Folgen. Die Veränderung der Abflußverhältnisse und die Zerstörung der Fließgewässerkontinuums führt zu nachhaltigen Zerstörungen von Gewässerökosystemen.

Nachdem sich die Wasserbeschaffenheit vieler Fließgewässer nach 1990 durch Rückgang von Einleitungen aus der Industrie sowie durch den Neubau von Kläranlagen erheblich gebessert hat und viele anspruchsvolle Fischarten wieder entsprechende Lebensbedingungen vorfinden, führt die Wiederinbetriebnahme von Stauanlagen zu einer erneuten akuten Gefährdung von Fischen.

Durch den notwendigen Aufstau des Wassers mittels einer Querverbauung und der damit verbundenen Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums werden die Lebensräume für Fische ober- und unterhalb von Wehranlagen radikal verändert. Im Staubereich entsteht aus ehemals frei fließenden Bächen ein strömungsberuhigter „See“, in dem sich Feinsedimente ablagern und in dem strömungsliebende Fischarten, wie Äsche oder Barbe keine Lebensbedingungen mehr vorfinden.

Typisch für sächsische Verhältnisse ist der hohe Anteil an Ausleitungskraftwerken. Das hat seine Ursache in den geringen Wassermengen der hauptsächlich genutzten Fließgewässer in den Mittelgebirgen, die nur bei großen Fallhöhen einigermaßen ökonomisch nutzbar sind. Entsprechende Fallhöhen erreicht man durch teilweise kilometerlange Ausleitungen aus dem ursprünglichem Flußbett mit ökologisch besonders bedenklichen Veränderung in den Altbetten der Fließgewässer.

Große Abflußmengen bei Schwellbetrieb verursachen einen hohen Geschiebetransport, der den Laich der Bewohner der Forellenregion nachhaltig schädigen kann.

Daneben werden Fische in den Turbinenanlagen direkt beschädigt. Die Chancen einer schadlosen Passage von Fischen sind bei modernen High-tech-Turbinen leider viel geringer, wie weiter unten noch gezeigt wird, als bei den in der Vergangenheit benutzten Mühlrädern.

***Die Wasserkraftnutzung ist heute in Sachsen der bedeutendste Gefährdungsfaktor für die einheimischen Fischbestände geworden.***

Dieser Tatsache hat der Gesetzgeber erkannt und entsprechende Regelungen in geltende Gesetze einfließen lassen. Um die ökologischen Schäden der Nutzung der Wasserkraft auf die Fauna und Flora der Fließgewässer so gering wie möglich zu halten, ohne auf die Wasserkraftnutzung verzichten zu müssen, wurden z. B. im Fischereigesetz für den Freistaat Sachsen (Sächsisches Fischereigesetz - SächsFischG) Vorschriften erlassen, die dem Schutz der Fischbestände dienen.

In § 41 Abs. 1 SächsFischG wird das Anlegen von Fischwegen gefordert: *„Wer eine Stauanlage in einem Gewässer errichtet, hat durch geeignete Fischwege den Fischwechsel zu gewährleisten. Das gleiche gilt bei Errichtung anderer Anlagen, die den Wechsel der Fische dauernd verhindern oder erheblich beeinträchtigen.“*

Eine Nachrüstung bestehender Anlagen durch Fischwege ist nach § 41 Abs. 2 SächsFischG ebenfalls möglich: *„Bei bestehenden Anlagen, die den Fischwechsel verhindern, kann die Errichtung von Fischwegen nachträglich gefordert werden.“*

§ 39 Abs. 3 SächsFischG regelt das Problem der im Gewässerbett eines Flusses zu sichernden Mindestwassermenge: *„Einem Fischwasser darf nicht soviel Wasser entzogen werden, daß hierdurch das Gewässer als Lebensraum nachhaltig geschädigt wird.“*

§ 38 Abs. 1 SächsFischG zielt nun direkt auf das in dieser Stellungnahme zu behandelnde Problem und fordert als schadensverhütende Maßnahme an Anlagen zur Wasserentnahme und an Triebwerken: *„Wer Anlagen zur Wasserentnahme oder Triebwerke errichtet oder betreibt, hat auf seine Kosten durch geeignete Vorrichtungen das Eindringen von Fischen zu verhindern.“*

## **2. Problemstellung und rechtliche Voraussetzungen**

Gemäß § 38 Abs. 1 SächsFischG hat der Betreiber von Wasserkraftanlagen auf seine Kosten das Eindringen von Fischen in die Turbinenanlagen zu verhindern. In § 13 der Vierten Verordnung zur Durchführung des Fischereigesetzes für den Freistaat Sachsen (Fischereiverordnung - FischVO) hat das Sächsische Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten von seiner Verpflichtungsermächtigung Gebrauch gemacht, und den Rechenabstand

vor Turbinenanlagen auf höchstens 20 mm festgelegt. Damit entsprechen die Regelungen in Sachsen denen der anderen Bundesländer mit bedeutendem Potential an Wasserkraftnutzung.

Analoge Regelungen haben beispielsweise folgende Länder getroffen:

Hessen: § 8 Abs. 5 der Landesfischereiverordnung (LFO) vom 27. Oktober 1992 i. V. mit § 35 Abs. 1 des Fischereigesetzes für das Land Hessen: *„Bei Anlagen zur Wasserentnahme und an Triebwerken darf die lichte Stabrechenweite der Rechenanlagen höchstens zwei Zentimeter betragen, ...“*

Nordrhein-Westfalen: § 17 der Ordnungsbehördlichen Verordnung zum Landesfischereigesetz (Landesfischereiverordnung - LFischO) vom 6. Juni 1993 i. V. mit § 40 Abs. 1 des Fischereigesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen vom 22. Juni 1984: *„Bei Absperrvorrichtungen (§ 1 Abs. 3 Nr. 1 und § 40 Abs. 1 der Landesfischereigesetzes) dürfen die Gitterstäbe einen lichten Abstand von höchstens 2 cm haben...“*

Sachsen-Anhalt: § 19 der Fischereiordeung des Landes Sachsen-Anhalt (FischO LSA) vom 11. Januar 1994 i. V. mit § 38 des Fischereigesetzes (FischG) vom 31. August 1993: *„Mechanische Vorrichtungen, die das Eindringen von Fischen in Anlagen oder in Triebwerke verhindern sollen, dürfen einen Stababstand, einen Lochdurchmesser oder eine lichte Weite von nicht mehr als zwei Zentimetern haben.“*

Erstmalig wurde der lichte Stababstand von 20 mm in Deutschland in der Polizeiverordnung zum Preußischen Fischereigesetz (Fischereiordeung) vom 29. März 1917 angewandt. Dieser Rechenabstand wurde als ausreichend angesehen, Fische i. S. des Fischereirechtes am Wechsel zwischen offenen und geschlossenen Gewässern zu hindern.

Die Forderung einer lichten Stabweite von weniger als 20 mm war zuvor bereits im Jahr 1900 in schwedisches Recht eingeflossen (REINDL, 1928). Diese Regelung wurde hier als notwendig erachtet, das Eindringen von Fischen in die Turbinenanlagen zu unterbinden.

Der berechtigte Anspruch der Fischerei nach 20 mm lichter Stabweite vor Turbinen zum Schutz der Fischbestände floß seither in zunehmendem Maße in wasserrechtlicher Bescheide ein, nachgewiesenermaßen auch seit den zwanziger Jahren bei Wasserkraftanlagen in Sachsen (PETERS, 1997).

Seitens der Wasserkraftwerksbetreiber wird seit dieser Zeit immer wieder versucht, diese Auflage zur lichten Stabrechenweite zu umgehen bzw. größere lichte Stababstände zuzulassen.

In diesem Zusammenhang werden dazu folgende Argumente angeführt:

1. Der Einsatz eines Rechens mit geringer lichter Stabrechenweite führt zu einem Gefälleverlust, der eine geringere elektrische Leistung und damit einen Einkommensverlust zur Folge hat.
2. Aus fischereirechtlicher Sicht werden in Deutschland (auch nach § 2 SächsFischG) als Fische nicht nur adulte Exemplare der einzelnen Spezies der Pisces verstanden, sondern darüber hinaus Krebse, Neunaugen und Muscheln und deren juvenile Stadien, also Jungfische, Brut und Laich. Das Eindringen aller dieser „Fische“ im fischereirechtlichen Sinne in Turbinenanlagen zu verhindern, ist praktisch nicht möglich, ohne auf die Wasserkraftnutzung generell zu verzichten. Weil das Einhalten der Vorschrift nicht möglich ist, wird die Vorschrift selbst in Zweifel gezogen.

3. Bei entsprechenden Versuchen passieren Fische nachgewiesenermaßen manche Turbinen schadlos. Rechen wären hier also überflüssig.
4. An Rechen mit zu geringen lichten Stababständen verenden angetriebene Fische. Dieser Fakt ist inzwischen hinreichend an Flußkraftwerken im Zusammenhang mit abwandernden Aalen belegt.

### **3. Fischartengemeinschaften an den Standorten der Wasserkraftnutzung in Sachsen**

Neben den Ansprüchen an die Qualität des sie umgebenden Wassers, spielt die Gewässer-morphologie eine entscheidende Rolle dafür, ob ein Gewässer als Lebensraum für eine bestimmte Fischart geeignet ist, oder nicht. Grundsätzlich gilt: Je vielfältiger die Gewässer-morphologie, um so reichhaltiger sind die möglichen Lebensräume für unterschiedliche Fischarten. Reich strukturierte, fließende aber auch stehende Gewässer weisen daher die größte Artendiversität an Fischen auf. Viele Fischarten beanspruchen allein in unterschiedlichen Entwicklungsstadien unterschiedliche Lebensräume. Besonders anspruchsvoll in dieser Hinsicht ist beispielsweise die Bachforelle. Große, räuberisch lebende Bachforellen, leben gut getarnt in strömungsberuhigten Unterständen. Jungforellen, die sich von niederen Krebsen und Wirbellosen ernähren, finden nahrungsreiche Plätze an kiesigen, schnell fließenden Bachabschnitten. Die Laichplätze der Bachforelle müssen grobkiesig sein, um den aus den Eiern schlüpfenden Larven Schutz vor Bruträubern (auch der eigenen Art) zu geben. Die Laichgruben dürfen nicht versanden oder gar verschlammen und müssen gut durchströmt sein, um die Sauerstoffversorgung der Eier während der mehrere Monate dauernden Entwicklungszeit zu sichern. Die Laichplätze müssen auch im strengen Winter frostfrei bleiben.

Auf Grund der unterschiedlichen Ansprüche an Laichhabitate, Lebensräume oder aber zum Aufsuchen oder Verlassen von Winterquartieren oder auch aus Gründen des Nahrungserwerbs führen viele Fischarten regelmäßig ausgedehnte oder kürzere Wanderungen durch. Werden diese Wanderwege in Flüssen durch Querverbauungen, wie zum Beispiel Wehre unterbrochen, können bestimmte zeitweise notwendige Lebensräume nicht mehr erreicht werden. Fischarten, die während ihres Lebens ausgedehnte Wanderungen unternehmen müssen, sind daher naturgemäß am stärksten gefährdet.

Die Nutzung der Wasserkraft erfolgt in Sachsen

1. in Ausleitungskraftwerken an den Oberläufen der Flüsse (Standorte mit großem Gefälle, aber relativ geringen Wassermengen). Diese Oberläufe entsprechen der fischereilich interessanten, aber gegen vielfältige Gefährdungen außerordentlich empfindlichen Forellen- und Äschenregion.
2. an den Mittelläufen der Flüsse (relativ geringe Niveaunterschiede zwischen Ober- und Unterwasser aber große Wassermengen). Die Standorte von Wasserkraftanlagen im Mittellauf befinden sich in der Barbenregion der Flüsse. Wasserkraftanlagen im Mittellauf finden sich in Sachsen vor allem an Vereinigter Mulde und Lausitzer Neiße. Im Gegensatz zu den Ausleitungskraftwerken im Oberlauf werden hier auch Flußkraftwerke betrieben.

Den Anteil der Querverbauungen in den jeweiligen fischereilichen Regionen in ausgewählten Flüssen Sachsens zeigt Tab. 1.

**Tab. 1: Anteil der Querverbauungen mit Wasserkraftnutzung in den fischereilichen Fließgewässerregionen (in Prozent). Nach PETERS (1997b)**

	<b>Forellenregion</b>	<b>Äschenregion</b>	<b>Barbenregion</b>
<b>Mulden</b>	19,0	35,7	45,2
<b>Zschopau</b>	12,5	41,7	45,8
<b>Flöha</b>	45,5	40,9	13,6
<b>Schwarzwasser</b>	100	-	-

Durch die Wasserkraftnutzung sind demnach vor allem die Forellen-, die Äschen- und Barbenregionen der sächsischen Flüsse betroffen. Tab. 2 listet die typischen Fischartengemeinschaften der betroffenen Fließgewässerregionen auf. Aus der Tabelle wird deutlich, daß ein hoher Anteil der die betreffenden Fließgewässerregionen bewohnenden Fischarten in hohem Maße gefährdet sind. Daraus wird die besondere Brisanz der Wasserkraftnutzung in Sachsen deutlich, gleichzeitig aber auch die hohe Verantwortung der Behörden bei der Erarbeitung wasserrechtlicher Bescheide.

**Tab. 2: Leitfischarten und typische Begleitfische der von Wasserkraftnutzung betroffenen Fließgewässerregionen in Sachsen**

<b>Fließgewässerregion</b>	<b>Leitfischart</b>	<b>Begleitfische</b>	<b>Gefährdungsgrad*)</b>
<b>Forellenregion</b>	Bachforelle		stark gefährdet
		Elritze	gefährdet
		Bachneunauge	stark gefährdet
		Edelkrebs	vom Aussterben bedroht
<b>Äschenregion</b>	Äsche		stark gefährdet
		Quappe	vom Aussterben bedroht
		Schmerle	gefährdet
		Döbel	nicht gefährdet
		Gründling	nicht gefährdet
		Schneider	ausgestorben
		Nase	vom Aussterben bedroht
		Lachs	ausgestorben
<b>Barbenregion</b>	Barbe		stark gefährdet
		Rapfen	gefährdet
		Hasel	nicht gefährdet
		Zährte	vom Aussterben bedroht

\*) nach Roter Liste Sachsen (in FÜLLNER ET AL., 1996)

#### **4. Schädigungen von Fischen in für Sachsen typischen Turbinenanlagen**

Mit dem massiven Ausbau der Wasserkraftnutzung zur Erzeugung elektrischer Energie werden auch die Schäden an Fischen durch Turbinen in der Literatur kontrovers diskutiert. Während seitens der Fischereiausübungsberechtigten stets von einer hohen Schädigungsrate von Fischen in Turbinen ausgegangen wurde, widersprachen andere Autoren diesem Fakt (z. B. REINDL, 1929; ANONYM, 1929). v. RABEN (1957) konnte für die Berührungshäufigkeit zwischen Fischen und Turbinenanlagen unterschiedlicher Bauart erstmals ein mathematisches Modell vorstellen, welches mit Ergebnissen von Praxisversuchen gut übereinstimmte.

Alle Untersuchungen in der Vergangenheit beschäftigten sich allerdings in der Regel mit den Verhältnissen an großen Flußkraftwerken und die Untersuchungen über Beschädigungen an Fischen reduzierten sich auf die Probleme beim Aal. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind insofern für die Verhältnisse in Sachsen nicht übertragbar.

Die Problematik sächsischer Kleinwasserkraftanlagen kann wie folgt charakterisiert werden:

1. Der größte Teil von Anlagen sind solche mit niedriger installierter elektrischer Leistung. Der am häufigsten eingesetzte Turbinentyp ist die Francisturbine. Darüber hinaus sind Kaplan-, Ossberger- und daraus abgeleitete Turbinen in Einsatz.
2. Die zu schützenden Fischarten sind Fische der oberen Fließgewässerregionen von spindelförmiger Gestalt, vor allem Salmoniden (Forellenartige), jedoch fast nie der Aal.

Erst neuere Untersuchungen beschäftigen sich eingehender mit der Schädigung von Salmoniden in Kleinwasserkraftanlagen.

Den gegenwärtigen Kenntnisstand haben auf Grundlage eines umfangreichen Studiums der internationalen Fachliteratur sowie eigener Versuche HÖFER UND RIEDMÜLLER (1996) zusammengefaßt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind für sächsische Verhältnisse in vollem Umfang übertragbar.

Danach hängt der Umfang der Schädigung von Fischen von einer Reihe von Faktoren ab:

1. vom Turbinentyp
2. vom Wirkungsgrad der Turbine
3. von der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades
4. von der Fallhöhe
5. von Abständen und Spaltmaßen in der Turbine
6. von Wasserdruck und Wassergeschwindigkeit
7. von der Fischlänge

Diese Abhängigkeiten sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

#### 4.1. Schäden in Abhängigkeit vom Turbinentyp

In Kleinwasserkraftwerken in Sachsen kommen werden folgende Bauarten von Turbinen eingesetzt:

- Francisturbinen
- Kaplan- und Ossbergerturbinen
- Ossbergerturbinen

Kaplan- und Francisturbinen sind sogenannte Überdruckturbinen, während die Ossbergerturbine zu den Gleichdruckturbinen (wie auch die bei sehr großen Fallhöhen eingesetzte Pelton-turbine) zählt.

Aus Tabelle 3 geht hervor, daß Francis- und Kaplan-turbinen Salmoniden in geringerem Maße schädigen, als Ossbergerturbinen. Die hohen Schadensraten in Ossbergerturbinen werden von HÖFER (1997) mit der zweifachen Beaufschlagung des Laufrades erklärt.

Kaplan-turbinen scheinen nach den Daten in Tab. 3 geringere Schäden an Salmoniden zu verursachen, als Francisturbinen. LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) führen die Differenz zwischen beiden Turbinentypen jedoch nicht auf die Bauart, sondern auf die unterschiedlichen Einsatzbedingungen zurück. Francisturbinen werden mit größeren Fallhöhen (und damit größeren Umfangsgeschwindigkeiten betrieben). Bei vergleichbaren Fallhöhen und Umfangsgeschwindigkeiten sind die durch beide Turbinen an Fischen verursachten Schäden praktisch gleich (MONTEN, 1985).

Tab. 3: Schadensraten beim Durchgang von Salmoniden durch die in Sachsen eingesetzten Turbinentypen (nach HÖFER, 1997)

Turbinentyp	beobachtete Fälle	Mittlere Schadensrate (%)	Median (%)	Schwankungsbreite (%)
Francisturbine	84	34	29	0...90
Kaplanturbine	38	13	11	1...42
Ossbergerturbine	28	49	41	8...100

#### 4.2. Schäden in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad der Turbine

Der Wirkungsgrad einer Turbine ist abhängig von der Menge des durch die Turbine strömenden Wassers. Die höchsten Wirkungsgrade erreichen Francis- und Kaplan-turbinen bei Beaufschlagungen im Bereich von 60...90 % der maximalen Durchflußmenge. In diesem Betriebszustand treten auch die geringsten Schädigungen an Fischen auf. HÖFER (1997) erklärt das mit den geringen Turbulenzen des durchströmenden Wassers in diesem Bereich (dem relativ „glatten“ Durchströmen) und in der gleichzeitig bereits recht weiten Öffnung der Turbinenschaufeln.

#### 4.3. Schäden in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades

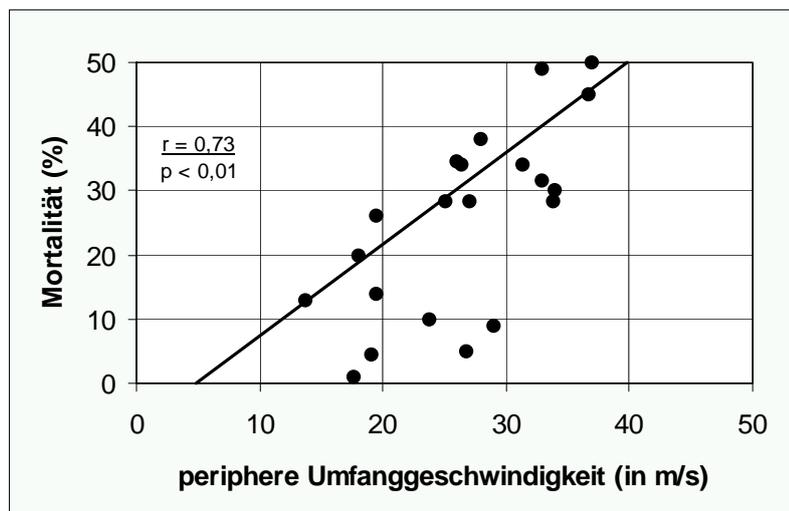


Abb. 1: Beziehung zwischen Mortalität und peripherer Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades bei Francisturbinen (neu berechnet und gezeichnet nach EICHER, 1987)

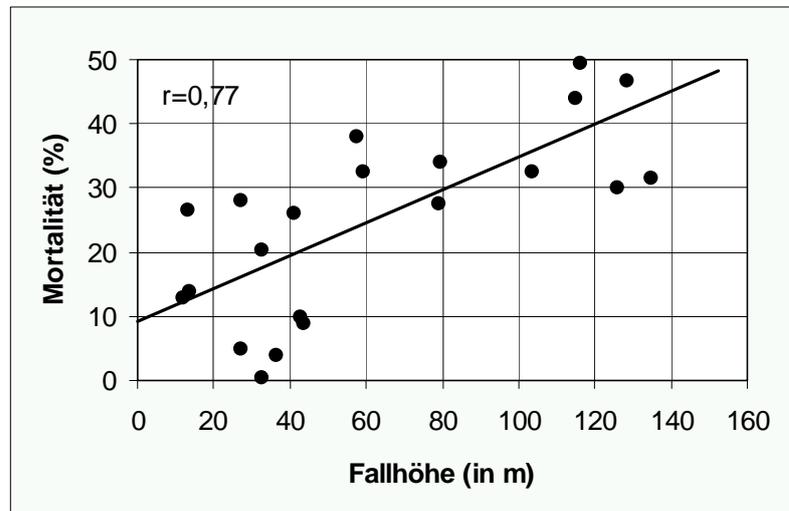
Die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades steht in direktem Zusammenhang mit der Verletzungsrates bei Fischen (Abb. 1). Bei höherer Laufradgeschwindigkeit erhöht sich die Begegnungshäufigkeit zwischen den sich drehenden Laufrad- und den feststehenden Leit-schaufeln und damit die Verletzungsmöglichkeit für Fische.

#### 4.4. Schäden in Abhängigkeit von der Fallhöhe

Aus Abb. 2 kann ein direkter Einfluß der Fallhöhe auf die Mortalitätsrate bei Fischen abgeleitet werden. Allerdings wirkt sich die Fallhöhe direkt auf die Umfangsgeschwindigkeit aus, so daß die Fallhöhe eher einen indirekten Einfluß auf die Schadensraten hat. Dies drückt sich in einer deutlicheren Korrelation zwischen Fallhöhe und Umfangsgeschwindigkeit aus. Der sich innerhalb von Sekundenbruchteilen in der Turbine ändernde hydrostatische Druck hat offenbar bei Salmoniden keinen Einfluß. Salmoniden sind generell relativ unempfindlich

gegen Turbinenpassagen, da ihnen z.B. die in Sekundenbruchteilen auftretenden Druckschwankungen kaum Probleme bereiten.

Die Fallhöhen an Turbinen in Kleinwasserkraftanlagen in Sachsen liegen darüber hinaus nur im Bereich zwischen 2 und 42 Metern (abgesehen von Anlagen in Talsperren). In diesem Bereich ist eine Abhängigkeit in Abb. 2 kaum ersichtlich.



**Abb. 2: Abhängigkeit der Mortalität von Salmoniden bei Francisturbinen in Abhängigkeit von der Fallhöhe (neu berechnet und gezeichnet nach EICHER, 1987)**

#### 4.5. Schäden in Abhängigkeit von Abständen und Spaltmaßen in der Turbine

Als Ort der Verletzung von Fischen wurde in Francisturbinen der Spalt zwischen Lauf- und Leitschaufeln erkannt. Wegen der in dieser Hinsicht ähnlichen Bauweise ist der Verletzungs-ort bei Ossbergerturbinen ebenfalls zwischen Laufrad und Leitschaufeln lokalisiert. Kaplan-turbinen haben generell einen größeren Freiraum zwischen Laufrad und Leitschaufeln. Die Verletzungen rühren hier von Berührungen bzw. Scherkräften zwischen Laufrad und Gehäuse.

Das Verletzungsrisiko wird (bei gleicher Fischgröße) generell größer, je geringer die Spalt- maße und Abstände in Turbinen sind. Mit abnehmenden Spaltmaßen steigt die Berührungs- wahrscheinlichkeit an. Kleinere Turbinen verursachen daher generell höhere Schädigungen an Fischen.

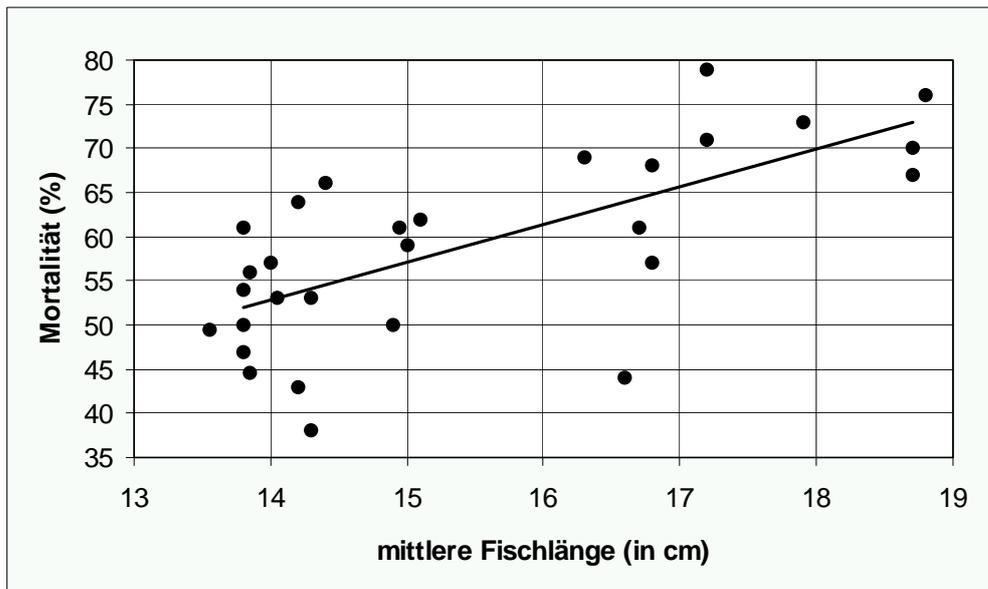
#### 4.6. Schäden in Abhängigkeit von Wasserdruck und Wassergeschwindigkeit

Wasserdruck und Wassergeschwindigkeit haben zumindest bei Salmoniden keinen direkten Einfluß auf die Schädigungsrate bei Fischen. Beide Größen wirken sich jedoch auf die Um- fangsgeschwindigkeit aus.

#### 4.7. Schäden in Abhängigkeit von der Fischlänge

Da die Spaltmaße und die Berührungshäufigkeit zwischen Fisch und Turbinenteilen einen entscheidenden Einfluß auf die Verletzungshäufigkeit haben, ist einleuchtenderweise die Fischgröße ein entscheidender Faktor für das Verletzungsrisiko. Bereits v. RABEN (1957) konnte diese Beziehung für Aale in mathematische Modelle fassen und durch praktische Un-

tersuchungen belegen. Ähnliche Abhängigkeiten fanden LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) für Atlantische Lachse (Abb. 3).



**Abb. 3: Beziehung zwischen der mittleren Fischlänge von Atlantischen Lachsen und ihrer Mortalität bei der Passage durch eine Francisturbine (neu gezeichnet nach LARINIER & DARTIGUELONGUE, 1989)**

## 5. Schlußfolgerungen

Fische werden in Turbinen zu einem hohen Anteil verletzt bzw. getötet. Die Schädigungsrate hängt vor allem von den Spaltmaßen in den Turbinen, der peripheren Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades sowie von der Fischgröße ab. Darüber hinaus schädigen Ossbergerturbinen bauartbedingt Fische in einem höheren Maße als Kaplan- und Francisturbinen.

Im Vergleich zu den meisten Anlagen, an denen die hier beschriebenen Untersuchungen zu Fischschädigungen durchgeführt wurden (Anlagen bis über 100 MW), werden in sächsischen Kleinwasserkraftwerken generell sehr kleine Turbinen eingesetzt. Die größten Anlagen im Freistaat haben maximal 500 kW installierter Leistung, häufig kommen nur Kleinstturbinen mit Leistungen zwischen 50 und 150 kW zum Einsatz. Der somit technisch bedingten besonders hohen Schädigungsrate in sächsischen Kleinwasserkraftanlagen muß durch wirkungsvolle Schutzmaßnahmen begegnet werden.

Die für die Wasserkraftwerke genutzten Flüsse unterliegen (vor allem im Erzgebirge) starken Abflussschwankungen. Deshalb müssen die Anlagen häufig im Teillastbereich gefahren werden, wobei das Verletzungsrisiko der Fische weiter ansteigt.

Geringen Einfluß auf die Verletzungsrate haben andererseits die meist geringen Fallhöhen (und die daraus resultierenden geringen Umfangsgeschwindigkeiten der Laufräder) in sächsischen Kleinwasserkraftwerken.

Um das Eindringen von Fischen in Turbinenanlagen zu verhindern, gibt es eine Reihe technischer Möglichkeiten, wie z. B.

- Verhaltensbarrieren (Elektrische Felder, Luftblasenvorhänge, Kettenvorhänge, Lichtsperrern, akustische Sperrern, Wasserstrahlvorhänge)

- Physikalische Barrieren (Rechen, Schirme unterschiedlicher Bauart und Konstruktion, Netze)

Auf Grund der einfachen Konstruktion und Wartung werden an sächsischen Kleinwasserkraftanlagen ausschließlich Rechenanlagen verwendet.

Um einen ausreichenden Schutz für Fische vor dem Eindringen in Turbinenanlagen zu sichern, kann die lichte Rechenstabweite variiert werden. Wie weiter oben gezeigt werden konnte, ist das Zurückhalten aller Fische (aus fischereirechtlicher Sicht) nicht möglich.

Für die sinnvolle Festlegung der lichten Rechenstabweite sind grundsätzlich zwei Denkansätze möglich:

1. Die lichte Stabweite muß so bemessen werden, daß die reproduktionsfähigen Exemplare der zu schützenden Arten die Turbinen nicht mehr passieren können.

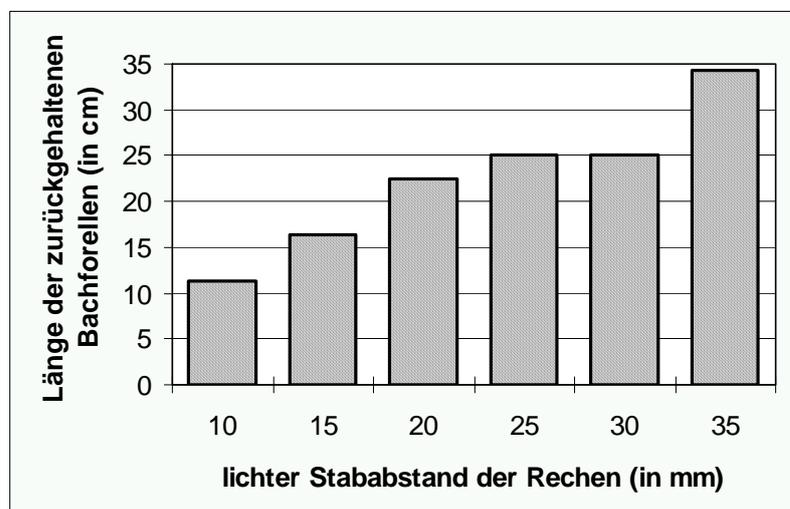
Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß gerade in Sachsen die Reproduktionsfähigkeit von Bachforellen in verschiedenen Fließgewässern bei sehr verschiedenen Fischgrößen erreicht werden kann. Es existieren Bestände, die sich bereits mit 15 cm Körperlänge vermehren, während in anderen Bächen 25 cm erreicht sein müssen, bis sich die autochthone Bachforelle erfolgreich fortpflanzen kann.

2. Die lichte Stabweite sollte so bemessen werden, daß nur kleinere Fische die Turbine passieren können, deren Schädigungsrate geringer ist. Eine gewisse, turbinenverursachte Schädigungsrate von kleineren Fischen bzw. Jungfischen wird dabei toleriert.

Dieser Ansatz führt zu einem tragfähigem Kompromiß zwischen Wasserkraftwerksbetreibern und Fischerei. Diesem Prinzip wurde in Sachsen mit der Festlegung der lichten Rechenstabweite auf 20 mm gefolgt.

In Versuchen an Bachforellen konnten HÖFER UND RIEDMÜLLER (1996) eine mathematische Abhängigkeit zwischen lichter Rechenstabweite und zurückgehaltenen Größe von Bachforellen ermitteln. Annäherungsweise gilt folgende Beziehung (s. a. Abb. 4):

$$\text{Kleinste passierbare Rechenweite (in mm)} = 1,01 \times \text{Totallänge Bachforelle (in cm)}$$



**Abb. 4: Grenzlängen von Bachforellen für die Passage durch Stabrechen (nach HÖFER & RIEDMÜLLER, 1996)**

Rechen mit einer lichten Stabweite von 20 mm können demnach von Bachforellen von 20 cm gerade noch passiert werden.

Bei den in Sachsen vorrangig eingesetzten Kaplan- bzw. Francisturbinen muß daher der 20-mm-Rechen in Salmonidengewässern mindestens gefordert werden. Nach den dargelegten Schadenseinflüssen auf forellenartige Fische in Turbinen kann die Forderung des § 13 der Vierten Verordnung zur Durchführung des Fischereigesetzes für den Freistaat Sachsen (Fischereiverordnung - FischVO) nach höchstens 20-mm Stababstand vor Feinrechen gegenüber den Wasserkraftwerksbetreibern sogar als Entgegenkommen gewertet werden, da bei einer Einzelfallprüfung an vielen Anlagen niedrigere Stababstände gefordert werden müßten. Bei den teilweise eingesetzten, gegenüber Fischen wesentlich schädlicheren Ossbergerturbinen bzw. bei den wenigen Anlagen im Freistaat mit Fallhöhen über 10 Metern sollte der Rechenabstand trotzdem auf 15 bzw. sogar 10 mm verringert werden, um die Fischbestände gemäß § 38 Abs. 1 SächsFischG ausreichend zu schützen.

Die kontrovers geführte Diskussion für und wider 20-mm-Rechenanlagen zum Schutz abwandernder Aale ist für sächsische Verhältnisse kaum von Bedeutung. Fast alle Kleinwasserkraftanlagen in Sachsen befinden sich *nicht* in Gewässern, in denen Aale eine nennenswerte Rolle spielen.

Der geforderte 20-mm-Rechen sollte jedoch auch an den Standorten sächsischer Kleinwasserkraftwerke in unseren Forellen-, Äschen- oder Barbenregionen der Flüsse mit maximal 100 cm/s angeströmt werden. Zurückgehaltenen Fischen muß es darüber hinaus durch bauliche Maßnahmen möglich gemacht werden, über als Bypaß angeordnete Fischwege flußabwärts zu wandern. Damit wird die gewünschte abweisende Wirkung der Rechenanlagen effektiv unterstützt.

Der 20-mm-Rechen ist für die Wasserkraftwerksbetreiber zumutbar, weil er seit Jahren in Sachsen Anwendung findet, darüber hinaus in mehreren Bundesländern gesetzlich vorgeschrieben ist. Der geringfügige Gefälleverlust durch einen 20-mm-Rechen gegenüber größeren Rechenanlagen kann konstruktiv durch schräge Anordnung des Rechens in Hinblick auf den Leistungsverlust der Wasserkraftanlage kompensiert werden. Schräg angeordnete Rechen können darüber hinaus sinnvoll mit dem anzubietenden Bypaß für abwandernde Fische kombiniert werden.

## **Zusammenfassung**

Standort für Kleinwasserkraftwerke in Sachsen sind hauptsächlich die gefährdetsten Fließgewässerregionen in den Ober- und Mittelläufen der Flüsse. Die Verantwortung der Behörden bei der Genehmigung von Kleinwasserkraftanlagen ist entsprechend hoch.

Auch die Anlagenbetreiber tragen eine hohe Verantwortung, da die Wasserkraftnutzung in Sachsen der bedeutendste Gefährdungsfaktor für die einheimischen Fischbestände ist. Die im Zusammenhang mit Wasserkraftanlagen zu errichtenden Stauanlagen unterbrechen das Fließgewässerkontinuum und verändern die Abflußverhältnisse der Fließgewässer. Damit verschlechtern sich die Lebensbedingungen für anspruchsvolle Fließgewässerfischarten, von denen wiederum die wandernden Arten am stärksten betroffen sind.

Fische werden darüber hinaus in den Turbinen von Wasserkraftwerken direkt verletzt oder getötet. Entscheidenden Einfluß auf die Verletzungsrate von Fischen hat die Bauart der Turbine sowie die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades. Kleinere Turbinen, wie die in allen sächsischen Anlagen, sind durch geringere Spaltmaße generell gefährlicher für Fische. Werden Turbinen im Teillastbereich gefahren, steigt das Verletzungsrisiko der Fische weiter an. Einen geringen Einfluß auf das Verletzungsrisiko haben andererseits die meist geringen Fallhöhen in sächsischen Kleinwasserkraftwerken.

Das Verletzungsrisiko von Fischen steigt mit der Körperlänge der Fische. Deshalb gilt es, vor allem die gefährdeten großen Fische durch geeignete Maßnahmen vor der Turbinenpassage zu bewahren. Als Mittel der Wahl werden dazu in allen Anlagen in Sachsen Feinrechen eingesetzt.

Rechen mit 20 mm lichter Stabweite können von Bachforellen von 20 cm Körperlänge gerade noch passiert werden.

Die in der Fischereiverordnung geforderten 20 mm lichte Stababstand sind für die spezifischen sächsischen Verhältnisse unbedingt zu fordern. Sie erfüllen nicht alle Anforderungen an einen angemessenen Fischartenschutz, sind aber ein tragfähiger Kompromiß für die Wasserkraftwerksbetreiber. 20-mm-Rechen verringern bei entsprechend angepaßter Bauweise die Effektivität der Kleinwasserkraftanlagen nicht.

Bei einigen wenigen Anlagen in Sachsen mit für Fische besonders kritischer Bauweise muß allerdings ein noch geringerer Rechenabstand verlangt werden.

## Literatur:

ANONYM: Versuche über den zulässigen Abstand der Stäbe von Turbinenrechen. *Wasserkraft und Wasserwirtschaft* 25 (1929), S. 102-103

EICHER ASSOCIATES, INC.: Turbine-Related Fish Mortality: Review and Avaluation of Studies. Electric Power Research Institute (EPRI), Research Project 2694-4, Report AP 5480, Palo Alto, California (1987)

FÜLLNER, G., M. PFEIFER, S. SIEG U. A. ZARSKE: Die Fischfauna von Sachsen. Rundmäuler, Fische, Krebse. Geschichte, Verbreitung, Gefährdung, Schutz. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (1996), 166 S.

HÖFER, R. U. U. RIEDMÜLLER: Fischschäden bei Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. *Kirchzarten* (1996), 82 S.

HÖFER, R.: Gefährdung von Salmoniden durch Turbinen von Wasserkraftanlagen. Manuskript Vortrag SVK-Tagung Bad Godesberg (1997), 16 S.

KOSEL, H.-S.: Die Renaissance der Kleinwasserkraft in Sachsen. Eine Auswahl der vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit in den Jahren 1991-1995 geförderten Anlagen zur Nutzung der Kleinwasserkraft. Hrsg.: Projektträger „Energieförderung“ des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit im Forschungszentrum Rossendorf e.V. (1995)

LARINIER, M. & J. DARTIGUELONGUE: La Circulation des Poissons Migrateurs: Le Transit a Travers Les Turbines des Installations Hydroelectriques. *Bull. Francais de la Peche et de la Pisciculture* 312-313(1989), S. 1-90

MONTEN, E.: Fish and turbines. *Vattenfall*, Stockholm (1985), 112 S.

PETERS, U.: Gutachterliche Bewertung der Ergebnisse zum Projekt Wasserkraft-, Wehr- und Stauanlagen. Teil I. (1997a), 33 S.

PETERS, U.: Gutachterliche Bewertung der Ergebnisse zum Projekt Wasserkraft-, Wehr- und Stauanlagen. Teil II. (1997b)

V. RABEN, K.: Über Turbinen und ihre schädliche Wirkungen auf Fische. *Z. Fischerei N.F.* 6 (1957), S.171-182

REINDL, C.: Wasserkraftanlagen. Über die Entbehrlichkeit von Fischrechen. *Wasserkraft und Wasserwirtschaft* 24 (1928), S. 372-373

RICHTER, H.: Natur- und Landschaftskomponenten in Sachsen. In: Mannsfeld, K. u. H. Richter: *Naturräume in Sachsen. Forschungen zur Deutschen Landeskunde* 238 Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Trier (1995), 228 S.

RÖTTJES, M.: Ökonomisch und ökologisch vertretbare Reaktivierung von Kleinwasserkraftanlagen in der Sächsischen Schweiz (Landkreise Pirna und Sebnitz). *FAKT Stuttgart* (1992), 82 S.







**Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Referat Fischerei  
Hauptstr. 12 a,  
**02699 Königswartha**  
☎ 0359311/20206

**Redaktion:** Dr. G. Füllner

**Redaktionsschluß:** Dezember 1997