Kurzfristige Wasserstandsschwankungen durch Wasserkraftanlagen

– das unterschätzte Phänomen Hydrofibrillation

Mag. Clemens Ratschan, ezb-TB Zauner GmbH; ratschan@ezb-fluss.at

Viele größere Fließgewässer in Tirol werden durch Schwall-Sunk-Erscheinungen beeinflusst, die von alpinen Speicherkraftwerken erzeugt werden. In diesem Artikel soll es aber um eine andere Problematik gehen, nämlich Abflussschwankungen, die abseits dieser „Schwall-Strecken“ auch in vielen anderen Flüssen auftreten und vorwiegend durch Kleinwasserkraftanlagen verursacht werden.

Ein diskontinuierlicher Schwellbetrieb von Wasserkraftanlagen zur Anpassung an Verbrauchsspitzen stellt eine in Österreich energiewirtschaftlich sehr bedeutsame Betriebsform dar. Speziell im alpinen Raum mit der für Speicheranlagen günstigen Topografie wirkt dieser auf eine Reihe von Fließgewässern ein. Dort treten Schwall-Sunk-Wellen auf, die rasche vertikale Wasserstandsänderungen mit Amplituden von vielen Dezimetern bis hin zu ein bis zwei Metern aufweisen. Die ökologischen Auswirkungen sind gut untersucht, bei intensivem Schwellbetrieb kommt es insbesondere durch Stranden von Larven und Jungfischen zu einem Einbruch von Fischbeständen. In Hinblick auf derartige Auswirkungen ist vor allem die Geschwindigkeit der Wasserstandsänderungen, die Amplitude und die Tages- und Jahreszeit sowie die Häufigkeit der Ereignisse Ausschlag gebend, aber auch die Struktur der Uferzonen.

Gemäß „Qualitätszielverordnung Ökologie“ kann ein guter Zustand in kleinen und mittleren Flüssen prinzipiell dann erreicht werden, wenn ein Verhältnis von 1 zu 3 zwischen Sunk und Schwall nicht überschritten wird und die Wasserbedeckung der Gewässersohle bei Sunk mindestens 80% der bei Schwall bedeckten Sohlfläche beträgt. Bei einer Schwallamplitude > 1:5 ist bei kleinen und mittleren Gewässern jedenfalls von einer „signifikanten Belastung“ auszugehen, bei großen Gewässern durch „jede Schwallbelastung“.

Aber auch abseits dieser „klassischen Schwallstrecken“ findet man in vielen Fließgewässern mit Kraftwerksnutzungen rasche Wasserstandsänderungen, die sich nicht plausibel durch natürliche Phänomene erklären lassen. Das ist oft auch dann der Fall, wenn ein „Schwellbetrieb“ der Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet nicht wasserrechtlich genehmigt ist. Solche Phänomene kann man auch bei einigen online abrufbaren Pegelmessstellen beobachten. Meist handelt es sich dabei um wiederkehrende, rasche Wasserstandsänderungen mit einer geringeren Amplitude von maximal wenigen Dezimetern. Die Firma ezb-TB Zauner hat in den letzten Jahren an zahlreichen Fließgewässern in Oberösterreich, Niederösterreich und in Bayern Messungen und Analysen durchgeführt, die sich speziell mit diesem Phänomen der „Hydrofibrillation“ beschäftigen. Die dort erarbeiteten Erkenntnisse sind auch für die Fischerei in Tirol von hohem Interesse.

Ausprägung natürlicher und künstlicher Wasserstandsschwankungen

Wasserstandschwankungen sind ein natürlicher und wesentlicher Bestandteil des Lebensraums Fließgewässer. Diese natürlichen Schwankungen lassen sich im Hinblick auf ihre ökologische Funktion wie folgt charakterisieren:

- Positive Korrelation von Abfluss und Wasserstand (steigender Abfluss bewirkt steigenden Wasserstand; in durch Stau beeinflussten Gewässern ist das nicht notwendigerweise so).
- Bei Nieder- und Mittelwasserphasen treten kaum kurzfristige Schwankungen auf
- Bei Schmelzwasserereignissen, auch bei erhöhter Wasserführung, nur langsame Schwankungen
- Bei Regenereignissen zum Teil stärker ansteigende Hochwasserwellen mit flacherem Abklingen.

Es kommt in Fließgewässern also aus unterschiedlichen, natürlichen oder anthropogenen Gründen zu kurzfristigen Abflussschwankungen. Diese können einander überlagern und sind unter Umständen bezüglich ihrer Ursachen schwer unterscheidbar (Greimel et al. 2016). Allerdings gibt es dazu eine Reihe von einfachen Zugängen, beispielsweise:

- Zeigen flussauf gelegen Pegelstellen diese Änderungen nicht, so sind anthropogene Ursachen im Zwischeneinzugsgebiet als Ursache anzunehmen.
- Schmelzwellen treten nur zu gewissen Jahreszeiten und in manchen Gebieten auf und zeigen im Tagesverlauf regelmäßige Muster.
- Niederschlagswellen weisen typischerweise eine charakteristische Form mit rascher Anlaufkurve und langsamer Ablaufkurve auf (siehe Abbildung 1)
- Natürliche Abflussschwankungen weisen in der Regel wesentlich geringere Änderungsgeschwindigkeiten als viele anthropogene Abflussschwankungen auf

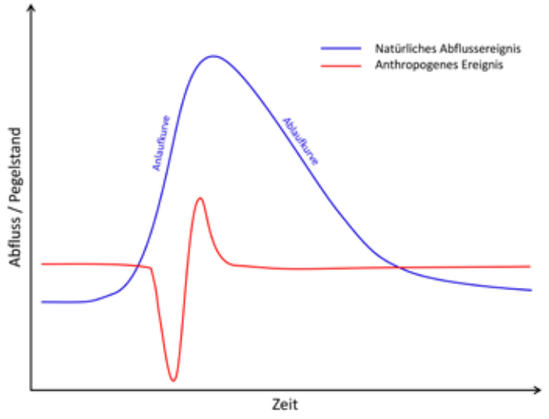

Abb. 1: Idealisierte Form und Änderungsgeschwindigkeit einer natürlichen, Regen bedingten Abflussschwankung mit steiler Anlauf- und flacherer Ablaufkurve sowie eines anthropogenen „Pegelsprungs“.

Die Änderungsgeschwindigkeit des Wasserstands wird entweder in cm / h oder auch in cm / min angegeben (siehe Tabelle 1). Analysen in oberösterreichischen Gewässern haben gezeigt, dass fallende Wasserstände natürlicherweise so gut wie nie eine Änderungsgeschwindigkeit über 10 cm / h aufweisen, und steigende Wasserstände nie über 20 cm / h. Ereignisse, die diese Werte überschreiten, werden also fast ausschließlich durch menschliche Einflüsse verursacht, konkret in der Regel durch Wasserkraftanlagen.

Charakteristische Formen von Hydrofibrillation

Neben der Änderungsgeschwindigkeit lassen sich unnatürliche Pegelschwankungen meist auch anhand ihrer Form erkennen. Sie können grob in folgende 5 Typen eingeteilt werden (siehe Abbildung 2):

A) Fibrillieren
B) Pegelsprünge
C) Versteilung natürlicher Wasserstandsänderungen
D) Schwall niedriger Intensität
E) Überwasser in Restwasserstrecken

Beim **Fibrillieren** (A) handelt es sich um oszillierende, rasche Schwankungen meist geringer Amplitude, die phasenweise oder auch über längere Zeiträume auftreten können. Von **Pegelsprüngen** (B) kann man sprechen, wenn vereinzelt Schwankungen mit rascher Änderungsgeschwindigkeit und teils hoher Amplitude vorliegen, der Pegel kehrt in der Regel danach wieder in den Ausgangszustand zurück. Typischerweise tritt zuerst ein Sunk auf, gefolgt von einem Schwall (siehe Abbildung 1 und 2). In Gewässern mit hohen Speichervolumina (z.B. Seenausrinne, große Staue und Talsperren) kann es durch **versteilte Weitergabe von Abflussschwankungen** (C) zu raschen Wasserstandsschwankungen teils hoher Amplitude kommen, der Pegel kehrt dann nicht wieder in den Ausgangszustand zurück. Weiters kann man auch bei **Schwall niedriger Intensität** (D) von Hydrofibrillation sprechen, in diesem Fall treten steile Abflussänderungen mit meist im Tages-/Wochenverlauf wiederkehrender Charakteristik auf, die teilweise annähernd eine Rechteckfunktion aufweisen. Und schließlich kann es als Sondertyp durch Abwerfen von **Überwasser in Restwasserstrecken** (E) zu unnatürlichen, flutartigen Schwall-Sunk-Erscheinungen mit sehr steilen Flanken kommen.

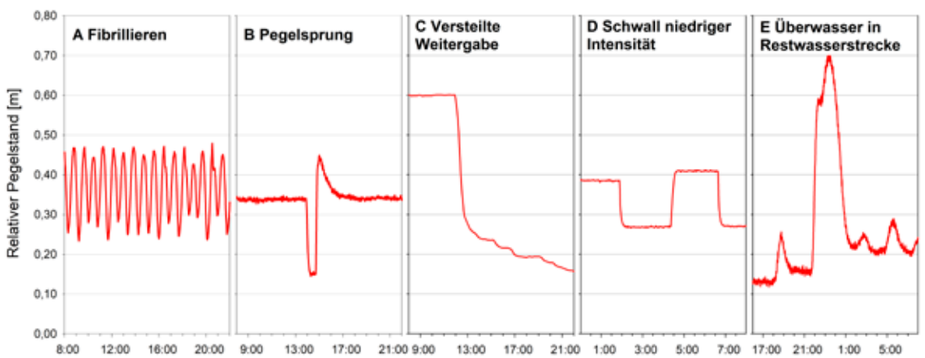

Abb. 2: Typische Formen von Hydrofibrillation. Es handelt sich um reale Messdaten aus unterschiedlichen Fließgewässern.

Auswirkungen auf Fische und Grenzwerte

Fließgewässerorganismen haben sich evolutionär an gewisse Schwankungen von Abfluss bzw. Wasserspiegel und Strömung angepasst. Auch in manchen natürlichen Gewässern, beispielsweise in Wildbächen oder Gletscherbächen, führen unter anderem Abflussschwankungen dazu, dass geringe Fischbestände vorhanden sind. Die hier behandelten anthropogenen Schwankungen treten aber intensiver und häufiger auf, sodass es durch unterschiedliche Wirkmechanismen zu Beeinträchtigungen kommt. Der aus fischökologischer Sicht bedeutendste ist wohl das Stranden, das zu Ausfällen von Larven und Jungfischen führen kann. Jungfische vieler Arten präferieren aufgrund günstiger Habitateigenschaften sehr flache und seichte Uferzonen (geringe Strömung, Erwärmung, geringer Prädationsdruck etc.). Durch häufige Sunkerscheinungen kommt es zu Lebensraumverlust (Abbildung 3, Abbildung 4), Jungfische stranden und verenden oder driften in ungünstige Habitate ab. Ähnliches gilt für Fischnährtiere.

Speziell in alpinen Gewässern liegen natürlicherweise über den Winter sehr konstante Niederwasserphasen vor. Treten hingegen häufige Abflussschwankungen auf, so werden wiederkehrend Feinsedimente und organische Partikel mobilisiert und dringen verstärkt in den Kieslückenraum ein. Auch durch solche Effekte können sich negative Auswirkungen auf den Reproduktionserfolg insbesondere der Bachforelle sowie die Eignung der Sohlsedimente für Fischnährtiere ergeben.

Auf Basis von Versuchen in Fließrinnen sowie Freilanduntersuchungen wurden in den letzten Jahren viele Grundlagen zu Auswirkungen von Schwall-Sunk Erscheinungen auf Fische erarbeitet, sodass v.a. zu den Salmoniden ein guter internationaler Wissensstand verfügbar ist.

Analysen von umfangreichen Fischdaten aus alpinen Gewässern zeigen, dass eine Degradation der Fischpopulationen in jenen Gewässern auftritt, wo Schwall-/Sunkereignisse mit mehr als 15 cm/h Änderungsgeschwindigkeit mehr als 20 mal pro Jahr auftreten (Schmutz et al. 2014). Hayes et al. (2021) untersuchten, welche Variablen den Status von Aschenpopulationen in Gewässern mit Schwall oder Hydrofibrillation erklären. Bei beiden Belastungstypen waren die Äschenbestände viel geringer als in Strecken ohne hydrologische Belastung. Als besonders aussagekräftig erwiesen sich die Sunkrate und die Schwallamplitude, wobei als kritische Werte für den Sunk 12-24 cm/h und für die Amplitude 10-25 cm angegeben werden. Die Ergebnisse aus einem internationalen Review zeigen, dass bei den Salmoniden ab Sunkgeschwindigkeiten von 10-15 cm/h Strandungsphänomene auftreten (Moreira et al. 2019). Am sensibelsten verhalten sich dabei Larven der Gattung Salmo, worunter die heimische Bachforelle fällt. Larven der Äsche stranden ähnlich wie Forellen bei 30 cm/h in bereits recht hohen Anteilen, Juvenile beider Gattungen erst bei noch rascheren Sunkerscheinungen.

Typische Hydrofibrillation weist geringere Amplituden auf als dies bei „klassischem Schwellbetrieb“ der Fall ist (siehe Abbildung 2). Weil frühe Lebensstadien häufig seichte oder sehr seichte Uferzonen nutzen (siehe Abbildung 6), sind bei häufigem Auftreten trotz geringerer Amplituden ähnliche Auswirkungen wie bei intensivem Schwall möglich. Auch deshalb, weil speziell in der Nähe von Wasserkraftanlagen auch bei geringen Amplituden oft hohe Änderungsgeschwindigkeiten beobachtet werden können (Abbildung 2).

Sunkgeschwindigkeit		Auswirkungen durch Stranden
cm/min	cm/h	
0,17	10	Beginn des Strandens
0,25	15	
0,50	30	Starkes Stranden
1,00	60	
2,00	120	Sehr starker Sunk

Tabelle 1: Änderungsgeschwindigkeiten und ökologische Grenzwerte zum Stranden von Salmonidenlarven. Quellen siehe Text.

Zum Verständnis der Auswirkung ist auch die räumliche Erstreckung der hydrologischen Belastung zu beachten. Im Unterwasser einer Kraftwerksanlage kommt es im Längsverlauf eines Fließgewässers sukzessive zur Dämpfung der anthropogenen Wasserstandsschwankungen. In Abhängigkeit von der Intensität kommt es nach einigen bis vielen Kilometern zur Abschwächung auf ein ökologisch verträgliches Ausmaß. Es gibt aber auch Beispiele für Hydrofibrillation an Wasserkraftanlagen, die sehr großräumig wirkt oder sich bei nachfolgenden Anlagen verstärkt. Nachfolgende Kraftwerksanlagen können die Schwankungen unter Umständen aber auch dämpfen. Interessanterweise wurde von uns häufiger bei neueren Kraftwerken besonders intensives Hydrofibrillieren gefunden als bei älteren Anlagen, deren Steuerung vermutlich träger reagiert.

Abb. 3: In kleinen Fließgewässern führt schon ein Sunk von 1-2 Dezimetern zum Trockenfallen breiter Uferzonen und Sohlbereiche. Fotos U. Hammerschmied.

Spezialfall Restwasserstrecken

In Restwasserstrecken können besonders heftige Formen kurzfristiger Wasserstandsschwankungen auftreten. Der Basisabfluss ist dort aufgrund einer Ausleitung gering. Kommt nun aus dem Einzugsgebiet eine anthropogene oder natürliche Abflussspitze (z.B. durch einen Pegelsprung), so wird dadurch häufig das Fassungsvermögen überschritten und dieser Teilabfluss wird in die Restwasserstrecke abgeworfen. Dies kann etwa bei einer gewollten Abschaltung (etwa bei negativem Strompreis oder überlastetem Netz) in extremem Maß auftreten und zu flutartigem Schwall mit anschließendem Sunk in der Restwasserstrecke führen. Solche Erscheinungen sind nicht nur ökologisch sehr problematisch, sondern natürlich auch für am Gewässer Erholungssuchende wie watende Fischer gefährlich.

Böse Absicht?

Häufig wird Wasserkraftbetreibern automatisch eine „böse Absicht“ unterstellt, wenn Hydrofibrillation im Unterwasser ihrer Anlagen auftritt. Also ein wirtschaftliches Interesse bzw. ein Zusammenhang künstlicher Wasserstandsschwankungen mit kurzfristigen Strompreisschwankungen im Netz bei Anlagen ohne genehmigtem Schwall. Zwar wird es auch solche beabsichtigen Betriebsweisen geben (z.B. vom Typ C oder D in Abbildung 2), häufig wissen die Betreiber aber nicht einmal, dass sie solche Erscheinungen auslösen, geschweige denn, dass diese ökologisch schädlich sind. Hydrofibrillation ist energiewirtschaftlich meist nicht von Vorteil oder wirkt sich sogar nachteilig auf die Stromproduktion aus (z.B. Typ A oder B). Eine Beseitigung des Problems kann also sogar eine „win-win“ Situation zwischen Fischerei, Ökologie und Wasserkraft darstellen. Als erster Schritt ist daher ein Gespräch mit den verursachenden Betreibern sehr anzuraten.

Abb. 4: Sunk-Phänomene führen zum Trockenfallen ökologisch wertvoller Flachuferzonen.

Abb. 5: Messrohr zur Erfassung kurzfristiger Schwankungen direkt neben amtlichem Pegel.

Was tun?

Was kann man als Betroffener also tun, wenn man den Verdacht oder konkrete Beobachtungen zu den hier beschriebenen Erscheinungen hat? Liegt zufällig ein offizieller Messpegel in der Nähe, so kann dies am besten gemeinsam mit Fotos von trockenfallenden Uferbereichen schon als Grundlage ausreichen. Zu beachten ist, dass Messintervalle von 1 h ungeeignet sind, und auch 15 Minuten oder 5 Minuten Messdaten diese kurzfristigen Wasserstandsschwankungen deutlich unterschätzen können. Für eine aussagekräftigere Dokumentation sind zeitlich hochauflösende Messungen notwendig. Standard ist dabei ein Messintervall von 1 Minute und eine Messdauer von zumindest 1-2 Monaten, besser eines vollen Kalenderjahres, wodurch erhebliche Datenmengen anfallen. Die Kosten für die Erfassung durch temporäre Pegelsonden sind jedoch durchaus überschaubar. Um eine gute Grundlage zu haben, um an die Betreiber oder die Wasserrechtsbehörde heranzutreten, wird es hilfreich oder notwendig sein, ein fachkundiges Büro mit einer professionellen Messung, Darstellung und Interpretation der Wasserstandsschwankungen zu beauftragen. Zu differenzieren sind in weiterer Folge durch den wasserrechtlichen Konsens gedeckte Maßnahmen (z.B. Spülung Treibgut, Entsander-Spülungen), Ursachen mit Potential zur freiwilligen Verbesserung oder mit Anpassungserfordernis an den Stand der Technik (§21a WRG) und schließlich Erscheinungen, die dem wasserrechtlichen Konsens klar widersprechen (illegaler Schwall, fehlerhafte Steuerung etc.) und signifikante negative Auswirkungen mit sich bringen.

Ausblick

Bei einer Studie in Oberösterreich wurde bei 25 von 26 untersuchten Pegelstellen typische Hydrofibrillation durch Wasserkraftanlagen gefunden (Ratschan & Zauner 2020). Frei davon war nur eine einzige Pegelstelle, deren Einzugsgebiet in einem Nationalpark ohne Wasserkraftanlagen liegt. Bei 7 der untersuchten Pegelstellen wies dieses Hydrofibrillieren ein Ausmaß auf, das teils starke ökologische Auswirkungen erwarten lässt, bei weiteren 8 Stellen konnte dies nicht ausgeschlossen werden. Greimel et al. (2016) analysierten 542 österreichische Messpegel und fanden neben 71 Stellen (13%) mit intensivem Schwall bei weiteren 250 (46%) Hydrofibrillations-Erscheinungen. Offensichtlich handelt es sich also um eine bisher deutlich unterschätzte Problematik. Dies sollte künftig durch ein entsprechendes Monitoring und durch Maßnahmen bei Verstößen, aber auch Formulierung geeigneter Auflagen bei wasserrechtlichen Verfahren entsprechend berücksichtigt werden.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei DI Dr. Franz Greimel, Inst. für Hydrobiologie und Gewässermanagement / Univ. für Bodenkultur Wien, für die Durchsicht und Anmerkungen zum Manuskript.

Abb. 6: Jugendstadien von Cypriniden (links: Nasenlarven) wie auch Salmoniden (rechts: Äschen, Foto G. Zauner) bevorzugen Flachwasserzonen und sind durch Sunk besonders gefährdet.

Anmerkungen Landesfischereiverband

In letzter Zeit traten vermehrt Bewirtschafter und Aufsichtsorgane an den Fischereiverband heran und berichteten über schwallähnliche Zustände in ihren Restwasserstrecken. Diese Strecken sind amtsseitig nicht als Schwall-Sunk-Strecken ausgewiesen und waren bisher eigentlich durch eine recht konstante – wenn auch oft geringe – Restwasserführung geprägt. Es erfolgten Gespräche mit den Fachabteilungen des Landes Tirol, wobei zunächst keine schlüssige Erklärung gefunden werden konnte. Erst durch den direkten Austausch mit Kraftwerksbetreibern, mit Mag. Clemens Ratschan und den Wissenschaftlern der Boku Wien, wurde klar, was hinter den Beobachtungen stand. Das für uns noch recht unbekannte Phänomen Hydrofibrillation ordnen wir als sehr problematisch ein, da es zunehmend auch außerhalb der bekannten Schwall-Sunk-Strecken zu schädlichen Strandungsereignissen kommt. Offenbar tritt es mittlerweile vermehrt ein, dass Stromüberschuss herrscht und zur Netzstabilisierung und/oder weil am Strommarkt negative Strompreise herrschen, Wasserkraftwerke schnell abgeschaltet werden. Verfügen diese über kein „Bypass-System“ hat dies zur Folge, dass die Restwasserstrecke plötzlich Vollwasser erhält und Schwallsituationen eintreten. Geht das Kraftwerk wieder ans Netz bzw. in Betrieb, kommt es in der Restwasserstrecke zu Sunkerscheinungen. Bei der Ökologisierung alter Kraftwerke und bei Neubauten müssen aus unserer Sicht unbedingt technische Vorkehrungen getroffen werden, sodass es zu keinen künstlichen Wasserstandsschwankungen kommt. Es darf auch hinterfragt werden, ob es wirklich notwendig ist im großen Stil neue Ausleitungskraftwerke zu errichten, wenn zeitgleich immer mehr Kraftwerke immer öfter vom Netz genommen werden müssen?

QUELLEN

Greimel F., Zeiringer B., Höller N., Grün B., Godina R. & Schmutz S. (2016): A method to detect and characterize sub-daily flow fluctuations. Hydrological Processes 30: 2063–2078.

Hayes D. S., Lautsch E., Unfer G., Greimel F., Zeiringer B,. Nöller N. & Schmutz S. (2022): Response of European grayling, Thymallus thymallus, to multiple stressors in hydropeaking rivers. Journal of Environmental Management 292: 1-10.

Moreira M., Hayes D. S., Boavida I., Schletterer M., Schmutz S. & Pinheiro A. (2019): Ecologically-based criteria for hydropeaking mitigation: A review. Science of the Total Environment 657: 1508-1522.

Ratschan C. & Zauner G. (2020): Schwall - Sunk - Untersuchungen in mittelgroßen Gewässern in Oberösterreich: Hydrologische und gewässerökologische Analyse. I. A. Land OÖ, Abt. Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftliche Planung. 106 S. + Anhänge.

Schmutz S., Bakken T. H., Friedrich T., Greimel F., Harby A., Jungwirth M. Melcher A., Unfer G. & Zeiringer B. (2014): Response of Fish Communities to Hydrological and Morphological Alterations in Hydropeaking Rivers of Austria. River Research and Applications 31(8).

BEZIRK KITZBÜHEL

Anfragen an:
Wolfgang Schneider
+43 (0) 664 87 63 178
info@landhaus-schneider.com

Infos zum Fischbestand