

Die Sense ist als eines der letzten natürlichen und unverbauten Gewässer dieser Grösse eine absolute Ausnahme im gesamten Alpenraum.



Kräfte messen zwischen Wasserkraft und Ökologie

Der Kraftwerksboom des 20. Jahrhunderts hat kaum einen Fluss im Alpenraum verschont. Doch der Druck steigt weiter, auch die letzten freien Fließstrecken für die Wasserkraft auszubauen. Somit ist es unabdingbar, sich die mannigfaltigen ökologischen Auswirkungen vor Augen zu führen, die durch die verschiedenen Kraftwerkstypen verursacht werden.

von Daniel S. Hayes

Die Ressource Wasser ermöglicht durch eine Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten sozialen Wohlstand und ökonomisches Wachstum. Jedoch unterliegen gerade Flusslandschaften einem Dauerdruck durch menschliche Eingriffe und zählen zu den gefährdetsten Ökosystemen weltweit. Neben einer Vielzahl an Belastungen wie dem Flussbau, der Schifffahrt oder der Landwirtschaft ist es vor allem die Wasserkraft, die das Bild unserer Flüsse im Alpenraum verändert. Leider bleiben auch ökologische Funktionen und Prozesse davon nicht unberührt.

Wasserkraftwerke verändern Flüsse, indem sie künstliche Seen schaffen, Flussnetze zerstückeln und Ufer durch grosse Wasserbausteine stabilisieren. Sie verändern den Geschiebehalt sowie die jahreszeitlichen Abfluss- und Wassertemperaturschwankungen (Poff et al. 1997; Hayes et al. 2018) und verhindern die Wanderung von Fischen und anderen Organismen im Gewässer. Durch diese hochgradige Veränderung der Umweltbedingungen führen Wasserkraftwerke zu erheblichen Beeinträchtigungen von Flussökosystemen: Unter anderem senken sie die biologische Produktivität und verdrängen Arten oder führen schlimmstenfalls zu deren Ausrottung (Poff & Schmidt 2016).

Obwohl viele ökologische Auswirkungen auf alle Wasserkraftwerkstypen zutreffen, sind einige speziellen Nutzungsformen zuzuordnen. Die Unterschiede zwischen Lauf-, Speicher- und Kleinkraftwerken (Abb. 1) sind nicht nur im Hinblick auf ökologische Veränderungen von Bedeutung, sondern auch in Bezug auf mögliche Sanierungsmassnahmen. Kraftwerke verändern primär abiotische Verhältnisse wie Abfluss- und Sedimentmuster und wirken sich erst aufgrund dieser Modifikationen auch auf Tier- und Pflanzengemeinschaften aus. Dementsprechend muss zuerst jeweils auf die abiotischen und danach auf die biotischen Veränderungen eingegangen werden.

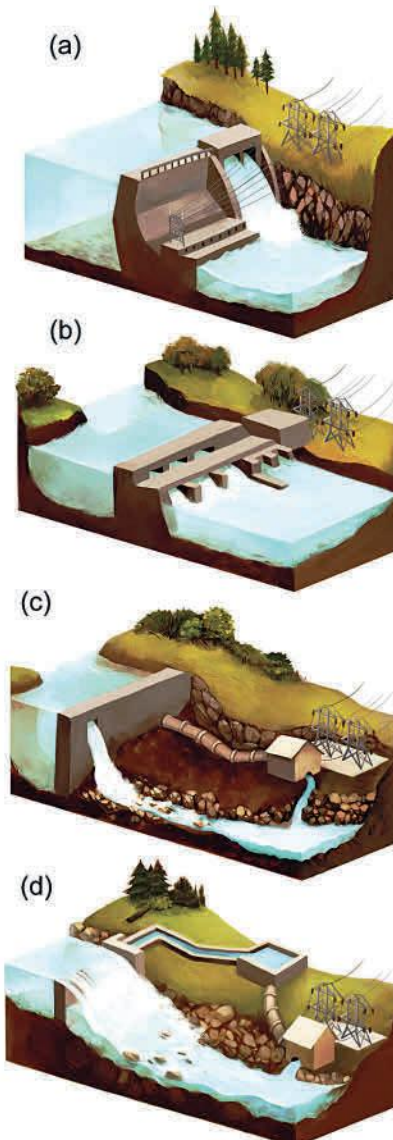
Auswirkungen stromauf der Staumauer

Staudämme zählen zu den schädlichsten menschlichen Eingriffen in Flusseinzugsgebieten. Sie transformieren den Gewässerabschnitt stromauf der Anlage in ein Hybridökosystem: Je näher wir der Staumauer kommen, desto stärker entwickelt sich das Fließ- zum Stillgewässer. Während Kraftwerke mit grossem Speichervolumen (Abb. 1a,c) im Staubereich dadurch signifikante Veränderungen bewirken, können bei kleineren Kraftwerken ohne Speicher (Abb. 1b,d) noch flussähnliche Ausprägungen aufrechterhalten werden. Im Vergleich

zur freien Fließstrecke kommt es bei Stauseen zudem zu einer Modifikation der Struktur und Dynamik von Primärproduzenten (Wasserpflanzen, Algen, Bakterien) sowie zu veränderten Gesellschaften von Makroinvertebraten und Fischen. Des Weiteren stellen sie Sedimentfallen dar, verschlickten das Flussbett, verändern den Austausch zwischen Fluss- und Grundwasser und verursachen oft eine Verschlechterung der Wasserqualität (Schmutz & Moog 2018). Stauseen können ausserdem Treibhausgase wie Methan und Kohlendioxid an die Atmosphäre abgeben (Deemer et al. 2016).

Laufkraftwerke

Zu den ökologischen Auswirkungen von Laufkraftwerken gehören unter anderem die Unterbrechung des Kontinuums (entlang des Flusses wie auch zwischen Fluss und Aue inklusive Fischmigration, Sediment- und Nährstofftransport), die Homogenisierung von Lebensräumen (gemeint ist der Verlust der Strukturvielfalt, die für verschiedene Arten und Lebensstadien notwendig ist) sowie die Eintiefung des Flusses stromab des Wehres. Obligatorische Stauraumpülungen mindern zwar das Sedimentdefizit im Fluss, können gleichzeitig aber auch lokale Fischbestände vernichten. Die Konzentration an gelösten Schwebstoffen ist bei solchen Spü-



▲ Abb. 1: Kraftwerksklassifizierung basierend auf ihrer Kapazität zum Speichern und Ausleiten von Wasser: (a) Laufkraftwerk mit Speicher und (b) ohne Speicher, (c) Ausleitungskraftwerk mit und (d) ohne Speicher (adaptiert nach: Couto & Olden 2018).

lungen oft um ein Vielfaches höher, als bei natürlichen Hochwassern (Schmutz & Moog 2018). Die Zerstückelung und Degradation von Habitaten führt dazu, dass vor allem Fischbestände von Mittel- und Langstreckenwanderern einbrechen. Dies kann anhand historisch dokumentierter Daten nachgewiesen werden. Aber auch strömungsliebende

Arten verlieren passende Lebensräume, insbesondere zur Reproduktion. So hat etwa der Huchen 90 Prozent seiner Habitate in Europa verloren und auch die fischereilich begehrte Äsche ist laut Schweizer Roter Liste als «verletzlich (VU)» eingestuft.

Ausleitungskraftwerke

Im Gegensatz zu Laufkraftwerken entnehmen Ausleitungskraftwerke das meiste Wasser an der Staumauer und führen es abseits des Flusses zur Turbine (Abb. 1c,d). Der beeinträchtigte Gewässerabschnitt – die sogenannte Restwasserstrecke – erfährt somit eine Abflussenkung wie auch eine Abflussstabilisierung durch die Reduktion der jährlichen Dynamik. Dies führt neben dem Verlust von Habitaten und der Reduktion von hydraulischen Parametern wie Fließgeschwindigkeit oder Wassertiefe zur Verringerung des Kieslückenraums, welcher unter anderem für Kieslaicher zur Eiablage und -entwicklung notwendig ist. Die Abflussänderungen senken zudem den (Grund-)Wasserspiegel, was zur Austrocknung von Seitenarmen und Auenhabitaten führen und die Verbindung zu Zubringern unterbinden kann. Der kleinere Wasserkörper verringert zudem die thermische Pufferkapazität (bei Temperaturerhöhungen im Sommer und Gefrieren im Winter). Auch die Wasserqualität leidet aufgrund des geringeren Verdünnungsverhältnisses, was zu Algenblüten und erhöhtem Makrophytenwachstum mit Sauerstoffüber- bzw. -untersättigungen führen kann. Da (semi-)aquatische Organismen an natürliche Abflüsse und Dynamiken angepasst sind, können Ausleitungskraftwerke zu einer Abnahme der Häufigkeit und Vielfalt von Fischen, Makrozoobenthos, Ufervegetation und anderen Organismengruppen führen (Hayes et al. 2018). Allerweltsarten und Neobiota breiten sich auf Kosten von einheimischen Spezialisten aus. In Kombination mit dem Rückhalt von

Sedimenten im Speicher kann sich die Restwasserstrecke unter Umständen sogar in einen anderen Flusstyp umformen (zum Beispiel von einem vergabelten Gewässer mit Seitenarmen in ein monotones, einfaches Gerinne).

Einen Spezialfall von Ausleitungskraftwerken stellen Schwallkraftwerke dar. Sie ergänzen den Basisabfluss der Restwasserstrecke durch kurze, künstliche Hochwasser, um Stromspitzen abzudecken. Solche Schwallstrecken sind häufig auch unterhalb von Speicherseen zu finden. Gewässer mit Schwall- und Sunk-Ereignissen weisen meist erheblich reduzierte Biomassen und Organismendichten auf (Hayes et al. 2021) und wirken sich negativ auf die Reproduktion, Überlebensrate und das Wachstum zahlreicher Arten aus. Fische und Makroinvertebraten werden durch den plötzlich erhöhten Abfluss verdriftet beziehungsweise erfahren hohen mechanischen Stress durch mobilisierte Sedimente (Greimel et al. 2018). Beim Rückgang der Schwallwelle können insbesondere Jungfische durch schnell fallende Wasserspiegel stranden. An der Drau wurden beispielsweise je Sunkereignis 50 bis 500 gestrandete Äschenlarven pro 100 Meter Uferlinie dokumentiert (Unfer et al. 2011). Die periodischen Veränderungen der Wasserwechselzone schaden dem gesamten Nahrungsnetz.

Kleinwasserkraftwerke

Als Kleinwasserkraftwerke werden in der Schweiz Anlagen mit einer mittleren mechanischen Bruttoleistung von bis zu zehn Megawatt bezeichnet. Da Kleinkraftwerke aber vielfältig betrieben werden (zum Beispiel mit oder ohne Ausleitung; vgl. Abb. 1), ist diese Definition eigentlich widersprüchlich. Nichtsdestotrotz muss dieser «Typ» einzeln beleuchtet werden, da er vielerorts im Hinblick auf die Energiewende und Klimaziele gefördert wird. Dies liegt un-



▲ Wasserkraftwerke beeinträchtigen Flüsse, indem sie künstliche Seen schaffen, Flussnetze zerstückeln und Ufer durch grosse Wasserbausteine stabilisieren - hier das Kraftwerk am Schiffensee.

ter Umständen an der (falschen) Auffassung, dass Kleinwasserkraftwerke aufgrund ihrer Dimension (welche sich meist nur auf die Ausbaugröße in Megawatt bezieht, nicht jedoch auf aussagekräftigere Merkmale wie Stauhöhe oder Ausleitungsgrad) geringere ökologische Effekte verursachen. Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Annahme irreführend ist und nicht dem aktuellen Wissensstand entspricht (Couto & Olden 2018; Opperman 2018). Manche Studien folgern sogar, dass die ökologischen Auswirkungen pro Megawatt bei der Kleinwasserkraft höher sind als bei der Grosswasserkraft (Kelly-Richards et al. 2017). In jedem Fall sind die oben beschriebenen Eingriffsarten auch für Kleinwasserkraftwerke zutreffend (bspw. Wanderbarrieren, Modifikation von Abfluss- und Wassertemperaturregimen, Sedimenttransport, Geomorphologie, Wasserqualität etc.). Kleinwasserkraftwerke sind zudem meist in den Oberläufen der Flüsse positioniert, welche oftmals eine zentrale Rolle für den Erhalt der Biodiversität für das gesamte Gewässernetz spielen (Meyer et al. 2007).

In diesem Zusammenhang müssen auch die kumulativen Auswirkungen der Kleinwasserkraft berücksichtigt werden, die grösser als die Summe der einzelnen Effekte sein können (Kelly-Richards et al. 2017).

Sanierungsmassnahmen und Revitalisierungen

Obwohl weltweit die meisten Flusssysteme von Kraftwerken beeinflusst sind, ist noch nicht aller Tage Abend. Innovative Massnahmen können helfen, die ökologischen Auswirkungen zu sanieren beziehungsweise einzudämmen. Dazu zählen etwa Habitatverbesserungen in Stauräumen, das Sedimentmanagement aber auch die Wiederherstellung der Durchgängigkeit, zum Beispiel durch Fischaufstiegshilfen. Integrative Projekte zeigen, dass sich Vertreter:innen der Wasserkraft und Ökologie auf Augenhöhe begegnen und gemeinsam Ausgleichsmassnahmen erarbeiten und bewerten können (Greimel et al. 2017).

Der hohe Ausbaugrad der Wasserkraft im alpinen Raum unterstreicht, dass neue Projekte nicht nur wirtschaftlich,

sondern auch ökologisch und gesellschaftlich bewertet werden müssen (Seliger et al. 2016). Allem voran ist hier von Bedeutung, dass die letzten freien Fließstrecken für zukünftige Generationen adäquat geschützt werden.

Überarbeitete Version des Artikels aus aqua viva – Mythos Wasserkraft (3/2019)



Daniel S. Hayes
Dr., forscht im Themenfeld der Ökohydraulik, mit einem Schwerpunkt betreffend den ökologischen Auswirkungen und Sanierungsmöglichkeiten in Restwasser- und Schwallgewässern.

Daniel S. Hayes
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement
Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien
daniel.hayes@boku.ac.at