

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 verschiedene Kraftwerkstypen verursacht werden.

von Daniel S. Hayes

Eine der größten Herausforderung unserer Zeit ist es, die Gesellschaft durch umweltverträgliche Entwicklungen zu unterstützen. Insbesondere die Ressource Wasser ermöglicht durch eine Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten sozialen Wohlstand und ökonomisches Wachstum. Jedoch unterliegen aber gerade Flusslandschaften einem Dauerdruck durch menschliche Eingriffe und zählen somit 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. Und leider bleiben auch ökologische Funktionen und Prozesse davon nicht unberührt.

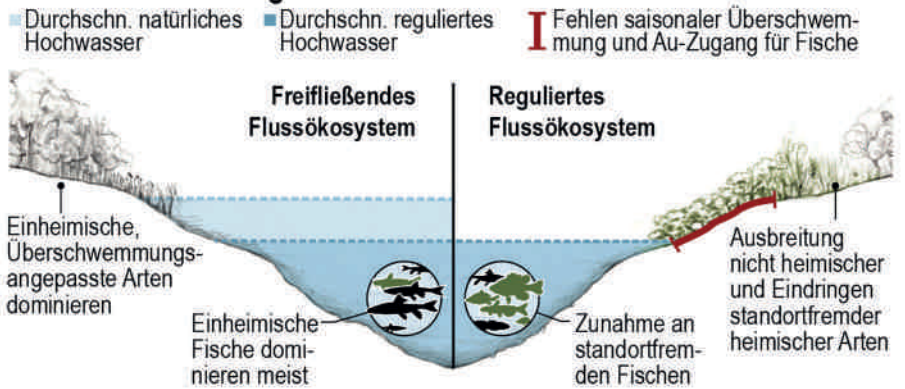
Wasserkraftwerke verändern Flüsse, indem sie künstliche Seen schaffen, Flussnetze zerstückeln, Ufer durch Blockwürfe

stabilisieren, sowie Geschiebehaushalt und die jahreszeitlichen Abfluss- und Wassertemperaturschwankungen modifizieren (Poff et al. 1997; Hayes et al. 2018). Die Verhinderung von Auf- und Abwärtswanderung von Fischen und anderen Organismen sowie die hochgradige Veränderung der Umweltbedingungen führen zu erheblichen Beeinträchtigungen von Flussökosystemen, da unter anderem die Produktivität gesenkt und Arten ver-

▼ Es gibt nur noch wenige, wirklich unverbaute Flüsse in Europa. Die Vjosa in Albanien ist (noch) einer davon. Doch auch hier sind gleich mehrere Kraftwerksprojekte geplant.



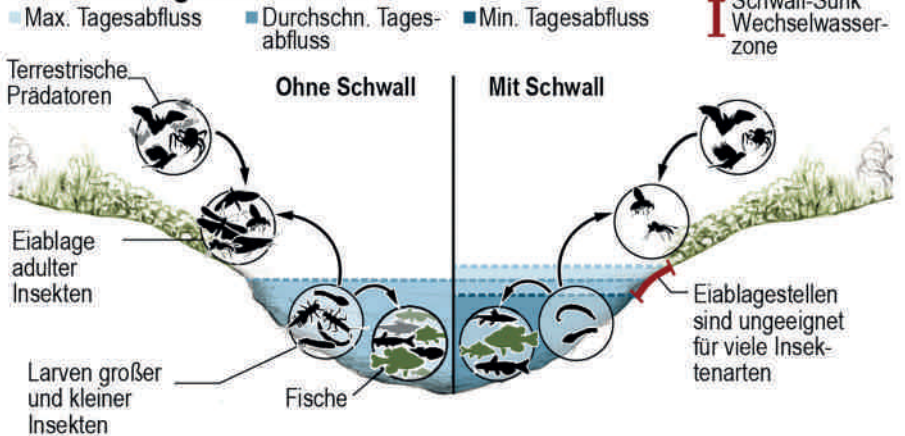
Freifließende VS. Regulierte Flüsse



drängt bzw. ausgerottet werden (Poff & Schmid 2016; Abb. 1).

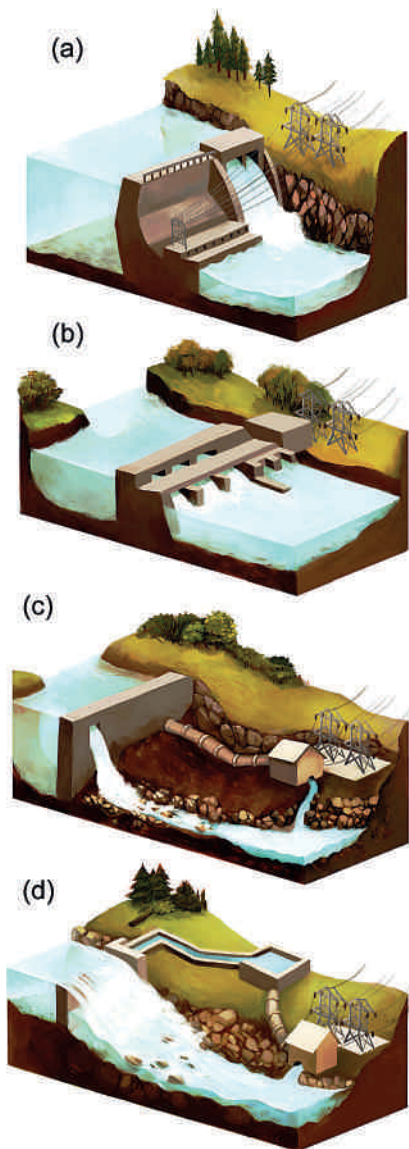
Obwohl viele ökologische Auswirkungen auf alle Wasserkraftwerkstypen zutreffen, sind einige speziellen Nutzungsformen zuzuordnen. Die Unterschiede zwischen Laufkraft- und Speicherkraftwerken mit bzw. ohne Ausleitung (Abb. 2) sowie Kleinkraftwerken sind dabei nicht nur im Hinblick auf ökologische Veränderungen von Bedeutung, sondern auch in Bezug auf mögliche Sanierungsmassnahmen. Da Kraftwerke primär abiotische Verhältnisse wie Abfluss- und Sedimentmuster ändern und erst aufgrund dieser Modifikationen Tier- und Pflanzengemeinschaften transformieren, muss zuerst jeweils auf die abiotischen und danach auf die biotischen Änderungen eingegangen werden.

Kraftwerksregulierte Flüsse



▲ Abb. 1: Wie Wasserkraft Flüsse verändert (adaptiert nach: Poff & Schmid 2016).





▲ Abb. 2: 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).

Auswirkungen stromauf der Staumauer

Staudämme zählen zu den schädlichsten menschlichen Eingriffen in Flusseinzugsgebieten. Sie transformieren den Gewässerabschnitt stromauf der Anlage in ein Hybrid-ökosystem, welches einen hydrologischen Gradienten von der Staumauer (Seenzone)

zur Stauwurzel (Flusszone) aufweist. Während es bei Kraftwerken mit grossem Speichervolumen (Abb. 2a, c) im Staubereich zu signifikanten Veränderungen kommt, können bei kleineren Kraftwerken ohne Speicher (Abb. 2b, d) unter Umständen noch flussähnliche Ausprägungen aufrechterhalten werden. Im Vergleich zur freien Fließstrecke weisen Stauseen jedoch eine Modifikation der Struktur und Dynamik von Primärproduzenten (Wasserpflanzen, Algen, Bakterien) wie auch eine Änderung der Gesellschaft von Makroinvertebraten und Fischen auf. Des Weiteren stellen sie Sedimentfallen dar, verschlickten das Flussbett, kolmatieren die Lückenräume, verändern den Austausch zwischen Fluss und Grundwasser und zeigen oft eine Verschlechterung der Wasserqualität (Schmutz & Moog 2018). Stauseen können ausserdem eine wesentliche Quelle für Treibhausgase wie Methan und Kohlendioxid darstellen, die an die Atmosphäre abgegeben werden (Deemer et al. 2016).

Laufkraftwerke

Die ökologischen Auswirkungen flussab von Laufkraftwerken werden im Detail vom Wasser- und Sedimentmanagement bestimmt, welches unter anderem von der Grösse der Staustrecke abhängt (Abb. 2a, b). Die wesentlichsten Veränderungen, die Laufkraftwerke in Fließgewässern hervorrufen, beinhalten aber unter anderem (Abb. 1 oben) die Unterbrechung des Kontinuums (entlang des Flusses wie auch zwischen Fluss und Aue, inkl. Fischmigration, Sediment- und Nährstofftransport), die Homogenisierung von Lebensräumen (gemeint ist damit der Verlust der Vielfalt, 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, da die Konzentration an gelösten Schwebstoffen oft um ein Vielfaches höher ist, als bei natürlichen Hochwässern (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. 2c, d). Der beeinträchtigte Gewässerabschnitt – die sogenannte Restwasserstrecke – erfährt somit eine Abflusssenkung 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 zu der Verringerung des Porenvolumens und der Kolmation des Sohlmaterials. Die Abflussänderungen haben überdies eine Senkung des (Grund)wasserspiegels zur Folge, welches zur Vertrocknung von Seitenarmen und Auenhabitaten führen und auch die Verbindung zu Zubringern unterbinden kann. Von physiochemischer Seite beinhaltet der kleinere Wasserkörper auch eine Reduktion der thermischen Pufferkapazität (das heisst Temperaturerhöhung im Sommer und Gefrieren im Winter) und eine Verschlechterung der Wasserqualität durch ein geringeres Verdünnungsverhältnis, was dann wieder zu Algenblüten und erhöhtem Makrophytenwachstum mit Sauerstoffüber- bzw. -untersättigungen führen kann. Da (semi-) aquatische Organismen

¹ Für ein ausführliches Review zu den ökologischen Auswirkungen und Sanierungsmöglichkeiten von Ausleitungskraftwerken siehe Hayes et al. (2018).



Foto: B.Prokupek / BMFLUW

▲ Natürliche Uferstrukturen, wie hier an der Thaya, gehen durch kraftwerksbedingte Regulierungen verloren.

an natürliche Abflüsse und -dynamiken angepasst sind, können Ausleitungskraftwerke zu einer Abnahme der Abundanz und Diversität von Fischen, Makrozoobenthos, Ufervegetation und anderen Organismengruppen führen. 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 einer Furkationszone in ein monotones, einfaches Gerinne).¹

Einen Spezialfall dieser Kategorie stellen Schwallkraftwerke dar, die den Basisabfluss der Restwasserstrecke durch kurze künstliche Hochwässer ergänzen, um Stromspitzen abdecken zu können. Solche Schwallstrecken sind häufig auch unterhalb von Speicherseen zu finden. Gewässer mit Schwall- und Sunk-Ereignissen weisen meist erheblich reduzierte Biomassen und Organismendichten auf und zeigen auch negative Effekte in Bezug auf Reproduktion, Überlebensrate und Wachstum (Abb. 1 unten). Fische und Makroinvertebraten werden durch den plötzlich erhöhten Abfluss verdriftet bzw. erfahren hohen mechanischen Stress durch mobilisierte Sedimente (Greimel et al. 2018). Beim Rückgang der Schwallwelle können insbesondere Jungfische durch schnell fallende Wasserspiegel stranden, wobei zum Beispiel an der Drau je Sunker-

eignis 50–500 gestrandete Äschenlarven pro 100 m Uferlinie dokumentiert wurden (Unfer et al. 2011). Die periodischen Veränderungen der Wasserwechselzone schaden dem gesamten Nahrungsnetz.

Kleinwasserkraftwerke

Die Terminologie «Kleinwasserkraft» bezieht sich im Allgemeinen auf Anlagen, die weniger Strom als Grosskraftwerke produzieren. Da Kleinkraftwerke aber vielfältig betrieben werden können (zum Beispiel mit oder ohne Ausleitung; vgl. Abb. 2) 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 unter 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 Wissenstand entspricht (Couto & Olden 2018; Opperman 2018). Manche Studien folgern sogar, dass die ökologischen Auswirkungen pro MW bei der Kleinwasserkraft höher sind als bei der Grosswasserkraft (Kelly-Richards et al. 2017), wobei die oben beschriebenen Ein-

griffsarten (Wanderbarrieren, Modifikation von Abfluss- und Wassertemperaturregimen, sowie von Sedimenttransport, Geomorphologie, Wasserqualität, etc.) auch hier zutreffen. Eine weitere Problematik der Kleinwasserkraft ist, dass die Kraftwerke meist in den Oberläufen positioniert sind, wobei gerade solche Zubringer 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 mehrerer Projekte 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 bzw. einzudämmen. Dazu zählen etwa Habitatverbesserungen in Stauräumen und Sedimentmanagement, aber auch die Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Organismen, zum Beispiel durch Fischaufstiegshilfen. Integrative Projekte zeigen auch, dass sich Vertreter der Wasserkraft und Ökologie auf Augenhöhe begegnen und gemeinsam Ausgleichsmassnahmen erarbeiten und bewerten können (Greimel et al. 2017).



Foto: Alexander Haiden / BMLFUW

▲ Die Oberläufe der Flüsse spielen häufig eine zentrale Rolle für den Erhalt der Biodiversität für das gesamte Gewässernetz.

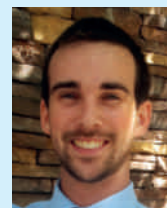
Der hohe Ausbaugrad der Wasserkraft im alpinen Raum unterstreicht aber, dass neue Projekte nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ökologisch und gesellschaftlich bewertet werden müssen (Seliger et al. 2016). Allem voran ist hier von Bedeutung, dass die letzten freien Fließstrecken für zukünftige Generationen adäquat geschützt werden. ◆

Literatur

- Couto TBA & Olden JD (2018). Global proliferation of small hydropower plants—science and policy. *Front. Ecol. Environ.*, 16(2), 91–100.
- Deemer BR et al. (2016). Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *BioScience*, 66, 949–964.
- Greimel F et al. (2017). Sustainable River Management - Energiewirtschaftliche und umweltrelevante Bewertung möglicher schwalldämpfender Massnahmen. BMLFUW, Wien.
- Greimel F et al. (2018). Hydropeaking Impacts and Mitigation. In: Schmutz S & Sendzimir J (2018). *Riverine Ecosystem Management, Science for Governing Towards a Sustainable Future*, Springer Open.
- Hayes DS et al. (2018). Advancing towards functional environmental flows for temperate floodplain rivers. *Sci. Tot. Environ.*, 633, 1089–1104.
- Kelly-Richards S et al. (2017). Governing the transition to renewable energy: A review of impacts and policy issues in the small hydropower boom. *Energy Policy*, 101, 251–264.
- Meyer JL et al. (2007). The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks. *JAWRA*, 43(1), 86–103.
- Opperman J (2018). The Unexpectedly Large Impacts of Small Hydropower. *Forbes*, <https://www.forbes.com/sites/jeffopperman/2018/08/10/the-unexpectedly-large-impacts-of-small-hydropower/#79f751807b9d> (aufgerufen am 18.09.2018).
- Schmutz S & Moog O (2018). Dams: Ecological Impacts and Management. In: Schmutz S & Sendzimir J (2018). *Riverine Ecosystem Management, Science for Governing Towards a Sustainable Future*, Springer Open.
- Seliger C et al. (2016). Hy:Con: A Strategic Tool For Balancing Hydropower Development And Conservation Needs. *River Res. Applic.*, 32(7), 1438–1449.
- Unfer G et al. (2011). Der Einfluss von Schwallbetrieb auf den Fischbestand der Oberen Drau. VERBUND – Austrian Hydro Power AG und BMLFUW, Wien.
- Poff NL et al. (1997). The Natural Flow Regime. *BioScience*, 47(11), 769–784.
- Poff NL & Schmidt JC (2016). How dams can go with the flow. *Science*, 353(6304), 1099–1100.

Daniel S. Hayes

Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement
 Universität für Bodenkultur Wien
 Gregor-Mendel-Strasse 33/DG
 1180 Wien
 Österreich
 daniel.hayes@boku.ac.at
 +43 1 47654–81223



Daniel S. Hayes

forscht im Zuge des FCT-PhD Programms «FLUVIO – River Restoration and Management» an den ökologischen Auswirkungen und Sanierungsmöglichkeiten in Restwasser- und Schwallgewässern.