



Die Drei-Schluchten-Talsperre in China.

Die weltweite Situation bei der Wasserkraft

Potenzial, Umweltauswirkungen und Aussichten | Wasserkraft ist effizient, flexibel und klimafreundlich. Zudem können Stauseen bei extremen Niederschlägen oder in Dürreperioden schützend wirken. Doch Staudämme können der Gewässerökologie auch schaden, und Extremwetterereignisse setzen den Anlagen zu. Welche Rolle spielt die Technik in Zukunft?

JANOSCH DEEG

Eine Talsperre ist für Schweizer kein ungewöhnlicher Anblick. Immerhin stammen knapp 60% der eidgenössischen Energie aus Wasserkraft. Auch die grünen Berge, in die das Bauwerk eingerahmt ist, wirken vertraut. Nur die Ausmasse irritieren. Die Mauer ist über 2,3 km lang und besteht aus knapp 30 Millionen m³ Beton. Der gestaute See bringt es auf eine Länge von 663 km bei einer Fläche von mehr als 1000 km². Unter dem Wasser: ehemalige landwirtschaftliche Flächen, Wälder und andere Naturräume sowie 13 Städte und 1350 Dörfer. Rund 1,3 Millionen Menschen mussten bis zur vollständigen Inbetriebnahme im Jahr 2012 umgesiedelt werden. Das klingt nicht nach Schweizer Verhältnissen.

Natürlich steht die beschriebene Staumauer nicht hierzulande, sondern in der Volksrepublik China, dem Land der Superlative. Die Drei-Schluchten-Talsperre am Jangtsekiang ist das leistungsstärkste Wasserkraftwerk der Welt. Mit 22,5 GW kann die Anlage so viel Strom erzeugen wie rund 20 mittlere Atomkraftwerke oder fast 4000 moderne Windkraftanlagen. Zum Vergleich: Das stärkste Wasserkraftwerk der Schweiz, Bieudron im Kanton Wallis, hat eine maximale Leistung von etwas mehr als 1,2 GW.

Die Technologie ist extrem wirksam: Sie kann mehr als 90% der Wasserenergie in Strom umwandeln und ist damit die effizienteste Form der Energiegewinnung. Auch in China ist sie deshalb ein wesentlicher Baustein

einer CO₂-ärmeren Energieversorgung. Doch an der gigantischen Anlage wird das Dilemma der Technik deutlich: Einerseits ist sie effizient und klimaschonend, andererseits hat sie massive Auswirkungen auf Flora, Fauna und auch den Menschen. Dementsprechend gehen die Meinungen über den Ausbau der Technik auseinander.

Welches Potenzial steckt noch in der Wasserkraft?

Zunächst das Naheliegende: «Die Schweiz ist das Land mit der höchsten Dichte an Wasserkraftnutzung», erklärt Robert Boes, Professor für Wasserbau und Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) am Departement

Bau, Umwelt und Geomatik an der ETH Zürich. Das Potenzial sei hierzulande weitgehend ausgeschöpft, so der Experte. «Maximal 10% sind noch drin», schätzt Boes. Künftig werde die Solarenergie einen immer grösseren Anteil einnehmen – vor allem im Sommerhalbjahr. Dann dient die Wasserkraft vor allem dazu, die Fluktuationen von Sonne und Wind auszugleichen. «Daher baut man besonders Speicherkraftwerke aus, um das Energieversorgungssystem noch flexibler gestalten zu können», sagt Boes.

Diese Flexibilität ist neben der Effizienz für Hans-Josef Fell, Fachmann für erneuerbare Energien, eines der wichtigsten Argumente für den Ausbau der Wasserkraft. «Wenn die Sonne schwach ist, dann brauchen wir andere Methoden der Stromerzeugung, die flexibel einspringen. Genau das kann die Wasserkraft.» Denn über die aus dem Stausee entlassene Wassermenge, die die Generatoren antreibt, lässt sich die gewonnene Energiemenge relativ präzise steuern.

Fell beschäftigt sich schon seit 50 Jahren mit erneuerbaren Energien, 2006 hat er den Think Tank «Energy Watch Group» gegründet, ein internationales Netzwerk aus Wissenschaftlern und Parlamentariern, das zur Senkung der CO₂-Emissionen sowie zur Abkühlung der Erdatmosphäre auf globaler, nationaler und kommunaler Ebene beitragen möchte. Gemeinsam mit seinem Kollegen Heinrich Strössenreuther hat Fell 2024 eine Studie publiziert, die – in seinen Worten – «das Potenzial der Wasserkraft herausarbeitet» [1]. Sie wollten damit die Akzeptanz der Technik in der Bevölkerung und besonders in der Politik erhöhen. «Ich habe in den letzten Jahren eine zunehmende Abneigung gegen die Wasserkraft bemerkt und wollte dem etwas entgegensetzen.»

In den meisten Ländern Europas wird die Wasserkraft allerdings schon relativ gut genutzt. Spitzenreiter ist Norwegen, wo über 90% des Stroms mit der Technik erzeugt werden. In Ländern wie der Schweiz und Deutschland hätte es laut Fell noch Potenzial. «In erster Linie sollte man mit Modernisierungsmassnahmen die Leistung von bestehenden Wasserkraftwerken erhöhen», rät er. «Ferner könnte man schon bestehende Rückhaltebecken, die dem Hochwasserschutz dienen, zur



Die seit 2011 im Bau befindliche Grand-Ethiopian-Renaissance-Talsperre umfasst eine ca. 2 km lange und 145 m hohe Gewichtstaumauer. Der Bau soll 2028 abgeschlossen sein.

Stromerzeugung nutzen.» Auch in Wasserstrassen, in denen das Wasser aufgestaut wird, um es für Schiffe fahrbar zu machen, sieht er noch Potenzial.

Eine chinesische Studie von 2022 kommt zum Schluss, dass es weltweit noch etwa 5270 TWh pro Jahr an ungenutztem, rentablem Wasserkraftpotenzial gibt [2]. Bisher werden jährlich rund 4200 TWh erzeugt [3]. Zwei Drittel des ungenutzten Potenzials entfallen auf die Himalaya-Region. Afrikas ungenutzter Anteil liegt bei 600 TWh jährlich, das ist etwa viermal mehr, als die Wasserkraft auf dem Kontinent bisher an Energie liefert. Andere Quellen gehen sogar davon aus, dass Afrika noch nicht einmal 10% der möglichen Gesamtkapazität ausschöpft [4].

Dennoch liegt der Anteil der Wasserkraft an der Stromerzeugung in einigen afrikanischen Ländern wie Äthiopien, Mosambik, Uganda, Sambia und der Demokratischen Republik Kongo heute schon bei mehr als 80% [5]. Dies überrascht nicht, wenn man bedenkt, dass die Länder von grossen Flüssen wie dem Nil, dem Niger, dem Kongo und dem Sambesi durchzogen werden. Das Wasserkraftwerk der Cahora-Bassatalsperre am Sambesi in Mosambik hat beispielsweise eine Leistung von etwa 2 GW, die Anlage bei Assuan am Nil im südlichen Ägypten sogar noch etwas mehr. Und in Äthiopien entsteht am Blauen Nil mit der Grand-Ethiopian-Renaissance-Talsperre das leistungsstärkste Wasserkraftwerk des afrikanischen

Kontinents mit rund 6 GW. Die ersten Turbinen nahmen 2022 ihren Betrieb auf, bis 2028 soll die Anlage fertiggestellt sein. Ziel ist es, die wachsende Bevölkerung Äthiopiens mit Strom zu versorgen.

Ungewisse Zukunft

Doch geht dieser Plan auf? In einer Studie aus dem Jahr 2023 hat ein Forscherteam die afrikanische Energielandschaft von 2020 bis 2050 analysiert [6]. Sie prognostizieren, dass die sinkenden Kosten für Wind- und Solarenergie dazu führen werden, dass ein grosser Teil der heutigen Wasserkraftanlagen in diesem Zeitraum wirtschaftlich nicht mehr wettbewerbsfähig sein wird. Hinzu kommen die Unwägbarkeiten des Klimawandels. Schon heute verzeichnet der Kontinent eine Zunahme von Hitzeperioden und Dürren. In einigen Städten Mosambiks, Simbabwe und Ghanas kam es in den vergangenen Jahren bereits zu Wassermangel. Und ein knappes Gut birgt Konfliktpotenzial: So sorgen sich Ägypten und der Sudan wegen der Grand-Ethiopian-Renaissance-Talsperre um ihre Wasserversorgung. Nicht wenige Beobachter befürchten in der Region einen Krieg um Wasser [7].

Aber auch in Europa sind Interessenskonflikte in Dürreperioden denkbar: «Dann will zum Beispiel die Landwirtschaft mehr Wasser. Und Naturschützer fordern, mehr Wasser aus den Stauseen abzugeben, weil



Fassung des hochalpinen Wasserkraftwerks Gletsch-Oberwald. Dieses Kraftwerk ist ein gutes Beispiel für eine konsensbasierte Kombination aus hydraulischer Energieerzeugung mit begleitenden Umweltmassnahmen, denn dank den Revitalisierungsmassnahmen erhielt die Rhone in Oberwald wieder ihren ursprünglichen Charakter.

sonst die Flüsse austrocknen und die Fische sterben. Und schliesslich braucht man Wasser für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung, weil Quellen weniger schütten», skizziert Boes ein mögliches Szenario. Für die Energieversorgung bleibt dann im Zweifel kaum noch Wasser übrig.

Sinkende Pegel

In manchen Teilen der Welt ist das schon Realität. Beispiel Kalifornien. Dort lag der Anteil der Wasserkraft an der gesamten Stromproduktion 2021 bei 19%, im Jahr 2022 sank er auf weniger als die Hälfte [8]. Schuld daran waren Dürren und ungewöhnlich lange Hitzeperioden, die die Wasserstände der Stauseen auf historische Tiefststände sinken liessen. Nächstes Beispiel: Brasilien. Alle Flüsse des Amazonasbeckens weisen seit Jahren immer wieder kritisch niedrige Pegel auf. Der Rio Negro, der bezüglich Durchflussmenge sechstgrösste Fluss der Welt, hatte in der Provinzhauptstadt Manaus 2024 den niedrigsten Wasserstand seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1902 [9]. Dies blieb nicht ohne Folgen für die Energieerzeugung: Viele Kraftwerke produzierten zeitweise nur einen Bruchteil ihrer Kapazität [10].

Dass besonders der Klimawandel zu solchen Szenarien führen kann, glaubt auch Hans-Josef Fell. Das spreche jedoch nicht gegen die Wasserkraft, fin-

det er. «In Ländern, die zu 70 bis 80% von Wasserstrom leben, kann der Klimawandel zum echten Problem werden. Wie überall auf der Welt sollte man auch dort die erneuerbaren Alternativen – also Wind- und Solarenergie – stärker ausbauen.» Auf diese Weise werde man unabhängiger von der Wasserkraft, und gerade in Dürreperioden gebe es meist genug Sonne, so seine Argumentation.

In Mitteleuropa könnte die Wasserkraft vom Klimawandel sogar profitieren. «Die Klimamodelle für die Schweiz zeigen, dass der Jahresniederschlag in etwa gleich bleibt, die Verteilung übers Jahr aber anders wird: Im Sommer wird es trockener, im Winter feuchter», sagt Boes. «In den Wintermonaten ist viel Wasser im Schnee gebunden. Gleichzeitig ist die Nachfrage nach Energie hoch, weil die Solarkraft wenig liefert.» Vor allem für Laufwasserkraftwerke wäre es daher positiv, wenn es im Winter mehr regnen würde. «Insgesamt zeigen die Modellierungen, dass sich Wasserkraft in der Schweiz auch noch in hundert Jahren wirtschaftlich rentiert», so Boes.

Extremes Wetter als Herausforderung

Allerdings könnten extreme Wetterereignisse die Kosten für die Wasserkraft in die Höhe treiben. «Starkregen mobilisiert viel Sediment, das sich in den Stauseen ansammelt», erklärt Boes –

also Geröll, Steine, Kies, Sand und Schlack. Zum einen können diese Sedimente die Kraftwerksturbinen beschädigen, zum anderen verringern sie das eigentlich nutzbare Volumen der Stauseen. Und weil durch die Klimaerwärmung die Gletscher in den Alpen zurückgehen, wird das Problem noch grösser. «Der vormals vom Eis überdeckte Boden erodiert stärker, weshalb noch mehr Sediment in den Wasserspeichern landet.» In den letzten zehn, zwanzig Jahren beobachtet man diese Entwicklung bereits, so Boes. Zwar lässt sich das Problem dieser sogenannten Stauraumverlandung technisch lösen, aber zu hohen Kosten.

Zudem könnten einige der bestehenden Stauanlagen den zunehmenden Wassermassen nicht mehr gewachsen sein. So lief während der Flutkatastrophe 2021 in Deutschland eine Talsperre bei Swisttal in Nordrhein-Westfalen über. Die Sturzfluten rissen bis zu zwei Meter tiefe Furchen in den Damm. Mehrere flussabwärts gelegene Dörfer mussten evakuiert werden. Die daraus resultierenden Sanierungsmassnahmen erhöhen am Ende wieder die Betriebskosten. Ungeachtet dessen schützen die künstlichen Talsperren in der Regel vor Überflutungen. «Die Stauseen der Wasserkraftwerke sind nichts anderes als ein Rückhaltebecken», sagt Fell. «Wenn sie dezentral an den Oberläufen der Flüsse liegen, dann ist das ein wirksamer Hochwasserschutz.»

Darüber hinaus wären solche Becken natürlich nicht nur bei starken Regenfällen, sondern auch in Dürreperioden nützlich. Und das nicht nur wegen des Wassers, auf das man zurückgreifen könnte. «Wenn man Wasser aufstaut, dann steigt auch der Grundwasserspiegel. Und in der Umgebung kommt es zur vermehrten Taubildung», erklärt Fell. In Trockenzeiten sei das für die Natur in der Umgebung von Vorteil. «Wenn man keine Stauanlage hat, dann läuft das Regenwasser einfach weg.» Für Fell sind die Wasserspeicher der Wasserkraftwerke daher nicht nur Hochwasserschutz, sondern auch «vorbeugender Dürreschutz». Er glaubt, dass die grossen Talsperren im Zuge des Klimawandels eine noch wichtigere Rolle spielen werden. Boes sieht das genauso; beide plädieren deshalb für den weiteren Ausbau dieser technischen Anlagen der Wasserwirtschaft.

Kleinwasserkraft

Gilt das auch für kleinere Laufkraftwerke? In der Schweiz gibt es davon immerhin etwas mehr als 2100. Zu den Kleinwasserkraftwerken zählen hierzulande alle Anlagen bis 10 MW Leistung. Die Grenze ist willkürlich; in einigen Ländern liegt sie höher, zum Beispiel in China mit 25 MW, oder niedriger, wie in Deutschland mit 1 MW. Auch hier sieht Fell nur Vorteile. «Kleinwasserkraftwerke machen die Energieversorgung dezentraler und stützen die Netze in den ländlichen Gebieten, sie schaffen also Netzstabilität», betont er. In der Schweiz machen sie allerdings nur rund 10 % der Wasserkraft aus. Deshalb gelte überschlägig: «90 % des gesamten Stroms aus Wasserkraft kommen von etwa 10 % der Anlagen», sagt Boes. Daher betrachtet er die kleinen Anlagen etwas kritischer. «Die Auswirkungen auf die Gewässerökologie sind gemessen an der produzierten Energiemenge unverhältnismässig gross.»

Stauanlagen verhindern den natürlichen Lauf von Flüssen. Fachleute sprechen von Fragmentierung: Der Transport von Sedimenten und Nährstoffen zwischen den Flussabschnitten vor und hinter der Stauanlage wird stark beeinträchtigt. Auch Fische und andere Lebewesen können die Querbauwerke nicht immer ohne Weiteres passieren und gelangen zu den Turbinen einer Wasserkraftanlage. Laut einer globalen Untersuchung eines Forschungsteams des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) in Deutschland wird mehr als ein Fünftel der Fische bei der Passage getötet oder zumindest potenziell tödlich verletzt [11].

Fischverträglichkeitsstudien

Da die meisten Süsswasserfischarten auf Lang- und Mittelstreckenwanderungen angewiesen sind, um etwa Laichgründe, Jungfischhabitate und Futterplätze zu erreichen, können Dämme die Bestände gefährden. Zusätzlich zur Fragmentierung führt der flexible Betrieb von Wasserkraftwerken manchmal zu schnellen und ungewöhnlichen Schwankungen der Wassermenge und der Fliessgeschwindigkeit. In einer Übersichtsarbeit von 2024 kommt ein US-amerikanisches Forscherteam zum Schluss, dass dies ebenfalls negative Auswirkungen auf

das Ökosystem im Fluss hat, weil etwa Fische stranden oder der gesamte Lebensraum destabilisiert wird [12].

Dass selbst moderne Wasserkraftwerkstypen, die als fischschonend gelten, problematisch sind, zeigte beispielsweise eine Studie eines Teams um Jürgen Geist, Professor für Aquatische Systembiologie an der TUM School of Life Sciences in München [13]. In den Turbinen massen sie eine Mortalitätsrate von bis zu 44 %. Die Arbeitsgruppe von Geist konnte auch nachweisen, dass fünf neue Anlagen in Bayern das Flussökosystem erheblich beeinflussen. Für ihre Studie untersuchten sie nicht nur Fische, sondern vor allem auch Kleinlebewesen, Wasserpflanzen und Algenbewuchs [14]. An allen Standorten wurden nach dem Bau erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung der aquatischen Lebensgemeinschaften zwischen den stromaufwärts und stromabwärts gelegenen Abschnitten festgestellt. Laut Geist sei die ökologische Durchgängigkeit und Verbindung von verschiedenen Flussabschnitten ein wichtiges Kriterium für gesunde Flusssysteme.

Fell kritisiert die unzureichende Methodik solcher Studien: «Die Zuchtfische werden direkt vor Wasserkraftanlagen massenhaft ausgesetzt und nach der erzwungenen Passage wieder eingefangen.» Man wisse daher etwas über die Auswirkungen der Turbinen auf Zuchtfische, nicht aber auf Wildbestände. «Fische sind lernfähig», sagt er. Zudem sei die Technik so weit entwickelt, dass die Fische gefahrlos durchkommen. «Abgesehen von den ganz grossen Anlagen werden überall Fischschutzanlagen eingebaut; es werden Fischtreppen errichtet oder sogenannte gegenläufige langsame Förderschnecken nachgerüstet, die die Fische wie in einem Aufzug nach oben befördern», so sein Eindruck. «Fischmortalität durch Wasserkraft ist beim heutigen Stand der Technik ein zu vernachlässigendes Thema», heisst es daher in Fells Studie. Er vertritt sogar die Position, dass die Stauanlagen dem Naturschutz dienen, weil sie zum Beispiel für höhere Grundwasserspiegel sorgen und Auen- und Flusslandschaften fördern. Das steigere die Artenvielfalt und stabilisiere die Flora und Fauna rund um die Flüsse. Die Meinungen gehen also auseinander.

Das lässt sich auch bei einem neuen chinesischen Mammut-Projekt beobachten: Am Unterlauf des Flusses Yarlung Tsangpo am Ostrand der tibetischen Hochebene plant China derzeit ein Wasserkraftwerk, das die dreifache Leistung der Drei-Schluchten-Talsperre erbringen soll. Es soll dem Land helfen, CO₂-neutral zu werden, wie Spiegel.de Ende 2024 berichtet [15]. Doch die Behörden schweigen sich darüber aus, wie sich der Bau auf das lokale Ökosystem auswirkt, das zu den reichhaltigsten und vielfältigsten im Hochland zählt. Indien und Bangladesch hätten bereits Bedenken gegen den Damm geäussert, da das Projekt nicht nur die Flora und Fauna, sondern auch die Strömung und den Flussverlauf verändern könnte.

Referenzen

- [1] Hans-Josef Fell, Heinrich Strössenreuther, Wasserstrom – der neue Gamechanger für Klimavorsorge, Heimatenergie und Gewässernatur, eine Studie der Energy Watch Group, 2024.
- [2] Rongrong Xu et al., «A global-scale framework for hydropower development incorporating strict environmental constraints», *Nature Water*, Vol. 1, Januar 2023, S. 113-122, 2023.
- [3] de.statista.com/statistik/daten/studie/41998/umfrage/welt-ingesamt-verbrauch-an-wasserkraft-in-millio-nen-tonnen-oelaequivalent/
- [4] voith.com/corp-de/ueber-voith/maerkte-standorte/afrika/voith-hydro-in-afrika.html
- [5] www.iewa.org/reports/climate-impacts-on-african-hydro-power/climate-risks-to-african-hydropower#abstract
- [6] Angelo Carlino et al., «Declining cost of renewables and climate change curb the need for African hydropower expansion», *Science*, Vol. 381, Issue 6658, 11. August 2023.
- [7] www.t-online.de/nachrichten/ausland/internationale-politik/id_100551066/wasserkrise-um-nil-droht-aegypten-sudan-und-aethiopien-krieg.html
- [8] Erin Zimmerman, «Drought and heat stress California's infrastructure», *San José Spotlight*, 15 Juni 2022.
- [9] «Dürre lässt Amazonas-Nebenfluss austrocknen», *tagesschau.de*, 5.10.2024.
- [10] Luz Adriana Cuartas et al., «Recent Hydrological Droughts in Brazil and Their Impact on Hydropower Generation», *Water* 14(4), 601, 16. Februar 2022.
- [11] Angelina Tittmann, «Jeder fünfte Fisch stirbt bei der Passage von Wasserkraftturbinen», *Medienmitteilung IGB Berlin*, 31. Januar 2022.
- [12] B. B. Bozeman et al., «The environmental impact of hydropower: a systematic review of the ecological effects of sub-daily flow variability on riverine fish», *Rev Fish Biol Fisheries* 35, S. 45-76, 2025.
- [13] Josef Knott et al., «Ecological assessment of the world's first shaft hydropower plant», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 187, November 2023.
- [14] Josef Knott et al., «Habitat quality and biological community responses to innovative hydropower plant installations at transverse in-stream structures», *Journal of Applied Ecology*, Volume 61, Issue 4, S. 606-620, 26. Februar 2024.
- [15] www.spiegel.de/wirtschaft/china-startet-bau-des-weltweit-groessten-wasserkraftwerks-a-bd4d872e-6bd6-4b91-a319-c719b669747b



Autor

Dr. Janosch Deeg ist Physiker und freier Wissenschaftsjournalist.
→ Deschawi.de, DE-69221 Dossenheim
→ deeg@deschawi.de