

# „Unbequeme Wahrheiten“ über Wasserkraft

geschrieben von Chris Frey | 22. Januar 2025

Dr. Lars Schernikau

[Linkedin](#) [Instagram](#) [Youtube](#) [Twitter](#)

## Inhalt

1. [Wasserkraft: Eine Geschichte](#)
2. [Stromerzeugung aus Wasserkraft, Zuverlässigkeit und die „Energiewende“](#)
3. [Klima?... Rohstoffe, Landnutzung, Biodiversität und mehr](#)
4. [Zusammenfassung](#)

**Quellenangaben** (hier finden Sie alle im Artikel genannten Links und Quellen)

Während sich die nördliche Hemisphäre Ende 2024 abgekühlt und verdunkelt hat und die Schneehöhen in vielen Teilen Russlands, Kanadas, Koreas [1], der USA und anderen Teilen der Welt neue Höchstwerte erreichten, stellten sich mehr und mehr Menschen die Frage nach einer zuverlässigen Stromversorgung.

Die berühmte deutsche „Dunkelflaute“ im November und Dezember 2024 hat den Menschen vor Augen geführt, dass Wind- und Sonnenenergie vielleicht nicht die beste Idee sind, um uns durch den Winter zu bringen... aber sind „saubere“ Wasserkraft und Pumpspeicher die Lösung?

Wasserkraft, ist elektrische Energie erzeugt aus natürlichem, fließendem Flusswasser, wird seit Jahrhunderten genutzt und ist eine der ältesten und größten Formen „erneuerbarer“ Energie. Wasserkraft ist natürlich, verschmutzt die Luft nicht und hinterlässt keine besorgniserregenden Abfälle.

In einer von Experten begutachteten Studie [2] über Wasserkraft heißt es jedoch: **„Die Wasserkraft ist derzeit die größte erneuerbare Stromquelle, aber ihr Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels ist noch nicht vollständig bekannt.“**

„Erneuerbare“ Energie aus Wasser scheint somit nicht so ‚grün‘ zu sein, wie uns gesagt wird, warum?

Lassen wir uns die Ursprünge und die derzeitige Nutzung der Wasserkraft, ihre Bedeutung für unser globales Stromsystem und die Auswirkungen auf die Umwelt genauer betrachten.

Wie immer sind die Umstände nicht so einfach und „sauber“, wie sie scheinen. *Hinweis: Im Gegensatz zu Wind- und Solarenergie unterstütze ich die Entwicklung und Nutzung der Wasserkraft trotz der damit verbundenen Herausforderungen voll und ganz.*

**Ich fasse für diejenigen zusammen, die es auf den Punkt bringen wollen:**

1. Die Wasserkraft ist mit einem Anteil von fast 15 % an der weltweiten Stromerzeugung wichtig, aber ihr künftiger Ausbau ist begrenzt, da die geeigneten Flüsse weitgehend aufgebraucht sind und Wasserknappheit eine Herausforderung bleibt.
2. Die Wasserkraft ist wetterabhängig und daher NICHT zuverlässig, da sich Wasserstand und Verfügbarkeit je nach Wetterlage ändern. Aber die Zuverlässigkeit der Wasserkraft ist viel höher und ihre Leistung ist besser vorhersehbar als die von Wind- oder Solarenergie.. Ich würde Wasserkraft nicht als „intermittierend“ bezeichnen.
3. Die Wasserkraft hat schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt, sie ist NICHT „Netto-Null“ oder „grün“, sie hat Auswirkungen auf die Landnutzung, die Flora und Fauna und damit auf die biologische Diversität. Für ihren Bau werden große Mengen an Rohstoffen und Energie benötigt.
  - In Bezug auf das „Klima“ scheint Wasserkraft etwa „halb so schädlich“ wie Kohle oder Gas zu sein, wenn man das Erderwärmungspotenzial über 20 Jahre betrachtet.



## 1. Wasserkraft: Eine Geschichte

Seit Jahrtausenden nutzt der Mensch Wasser in vielen Formen. Vor mehr als 2.000 Jahren setzten die Griechen Wasserräder ein, um Weizen zu Mehl zu mahlen, während die Ägypter im dritten Jahrhundert v. Chr. archimedische Wasserschrauben zur Bewässerung einsetzten. Innovationen in der Nutzung der Wasserkraft kamen auch in China während der Han-Dynastie zwischen 202 v. Chr. und 9 n. Chr. auf [3].

Die Entwicklung der modernen Wasserkraftturbinen begann Mitte des 17. Jahrhunderts mit dem französischen Wasserbau- und Militäringenieur Bernard Forest de Bélidor, der die bahnbrechende **Architecture Hydraulique** verfasste. Im Jahr 1849 entwickelte der britisch-amerikanische Ingenieur James Francis die erste moderne Wasserturbine, die so genannte **Francis-Turbine**, die bis heute die weltweit am häufigsten eingesetzte Wasserturbine ist. Das weltweit erste hydroelektrische Projekt wurde 1878 für den Betrieb einer einzigen Lampe im Landhaus Cragside in Northumberland, England, genutzt [3].

Weltweit gibt es geschätzt 60.000 bis 70.000 Wasserkraftwerke (HPPs), wobei es sich nur um Anlagen mit einer Leistung von über 75 MW handelt [4]. Allein in Europa sind etwa 21.000 Wasserkraftwerke in Betrieb und weitere 8.500 geplant, von denen viele kleinere Anlagen sind.

*Die Wasserkraft* ist heute die größte Quelle für „erneuerbare“ Elektrizität, direkt gefolgt von der Solarenergie. 1,4 TW der weltweit

installierten Wasserkapazität im Jahr 2023 erzeugten im vergangenen Jahr etwa 4.400 TWh oder 16 % des weltweiten Stroms. Zum Vergleich: 2 TW an Kohlekapazität erzeugten über 10.000 TWh oder etwa 36 % des weltweiten Stroms. Zur Erinnerung: Strom ist nur ein Bruchteil der Gesamtenergie, die wir verbrauchen und die 40 % der Primärenergie ausmacht; wir sprechen hier wirklich nur von Elektrizität = Strom.

Abbildung 2 verdeutlicht die Erzeugungskapazität der Wasserkraft im Vergleich zur geplanten Wind- und Solarstromerzeugung. *Der Anteil der Pumpspeicherkraft an der gesamten installierten Wasserkraftkapazität beträgt etwa 1/7 (13 %), der Großteil entfällt auf konventionelle Wasserkraftwerke wie Staudämme oder Flussturbinen.*

Neue Kapazitäten werden durch die verfügbare Flussmenge und Umweltbelange begrenzt, so dass die Welt nicht damit rechnet, dass noch viel mehr neue Wasserkraftwerke ans Netz gehen werden.

Einige Länder sind reicher an Wasserkraft als andere. Norwegen (85+% des Stroms), Island (~75%), Brasilien (~65%) und Kanada (~60%) sind einige der bekanntesten Länder, die durch natürliche Wasserströme bereichert sind und im Vergleich zu ihrer Landmasse relativ kleine Bevölkerungen und Industrien bedienen.

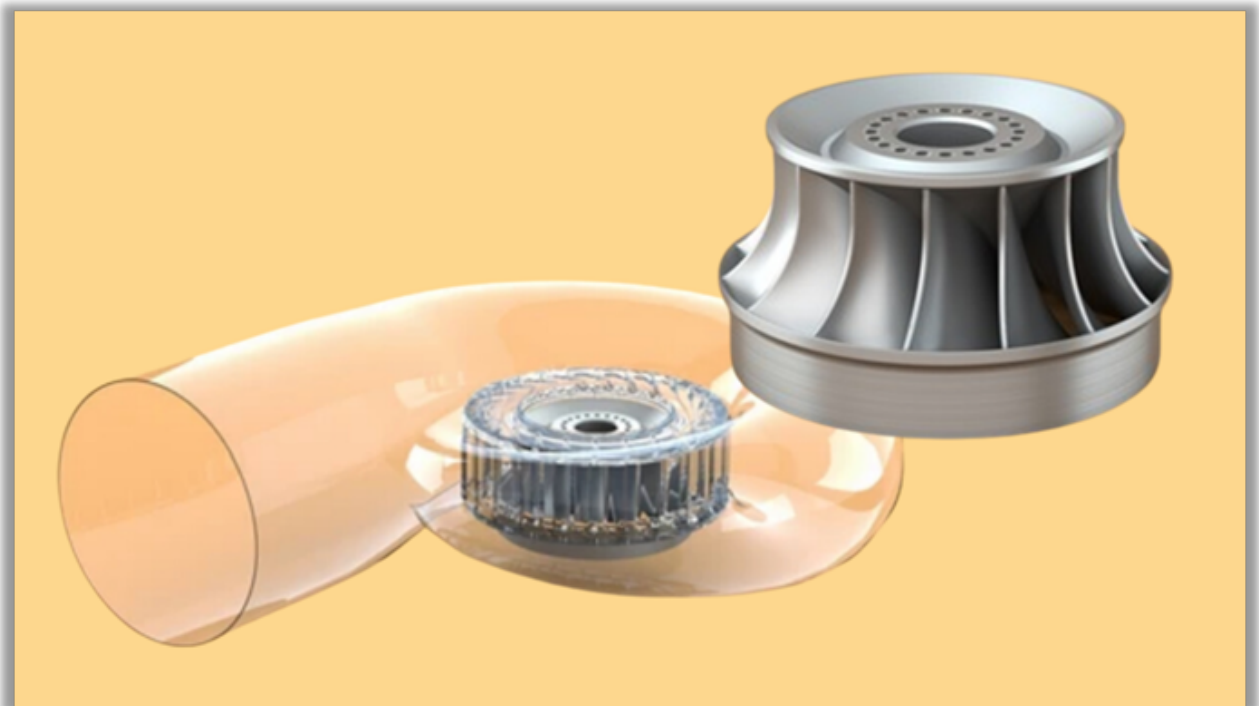


Abbildung 1: Francis Turbine (basierend auf kostenlosen Bildern von Shutterstock)

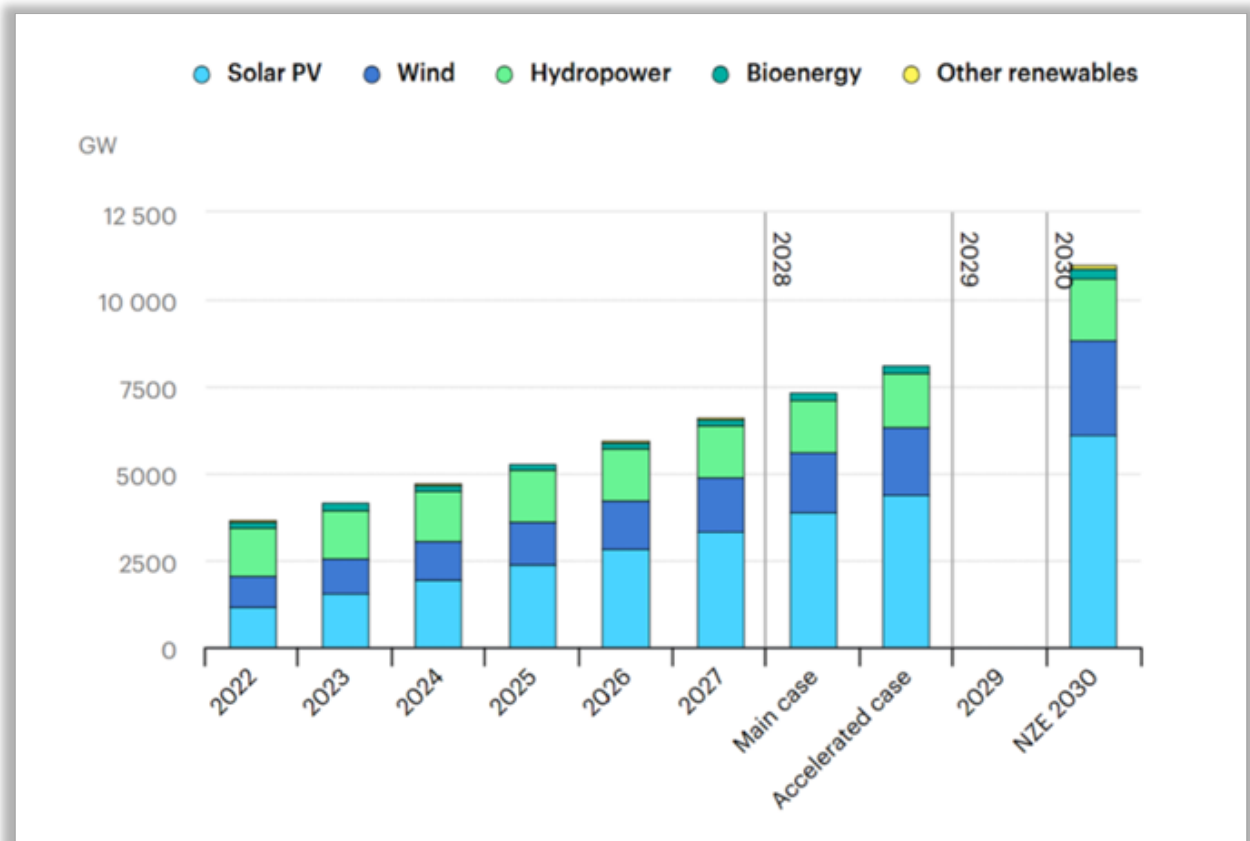


Abbildung 2: Globale Stromerzeugungskapazität aus Sonnen-, Wind-, Wasser- und Bioenergie auf dem „Netto-Null“-Pfad der IEA; Quelle IEA [5]



Abbildung 3: Der Schweizer Stausee Grande Dixence

## 2. Stromerzeugung aus Wasserkraft, Zuverlässigkeit und die „Energiewende“

Wasserkraft schwankt stark und ist – für viele Europäer überraschend – unzuverlässig. Zur Darstellung der Schwankungen und der Wetterabhängigkeit der Wasserkrafterzeugung hat BloombergNEF kürzlich bestätigt, dass die Wasserkraft im Jahr 2022 135 TWh mehr als im Vorjahr und im Jahr 2023 über 50 TWh weniger erzeugen wird. Diese Zahlen erscheinen gering im Vergleich zur globalen Wasserkrafterzeugung von 4.400 TWh, aber man sollte die Auswirkungen nicht unterschätzen (Abbildung 3). Diese Veränderungen werden durch unterschiedliche Flussläufe, Niederschläge und Temperaturen verursacht.

- Zu Information, über sich ändernde Niederschläge und ihre Ursachen: Kapitel 12 des IPCC AR6 stützt sich auf den konventionellen Ansatz des IPCC zur Erkennung und Zuordnung von Wetterereignissen zum „menschlich verursachten Klimawandel“ und scheint Studien zur Zuordnung [attribution] von Ereignissen in einem Satz abzulehnen bzw. wenigstens in Frage zu stellen:
- **„Die Nützlichkeit oder Anwendbarkeit der verfügbaren Methoden zur Zuordnung [attribution] von Extremereignissen für die Bewertung von klimabezogenen Risiken bleibt umstritten.“ [5]**

Ein weiteres Beispiel: In den ersten fünf Monaten des Jahres 2024 war die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Vietnam um mehr als 20 % niedriger als im Vorjahr. Solche Schwankungen sind weltweit bekannt, wie Sie der nachstehenden Abbildung entnehmen können, und bedeuten eindeutig, dass man die Zuverlässigkeit der Wasserkraft niemals mit der eines Wärme- oder Kernkraftwerks vergleichen kann. Der natürliche Kapazitätsfaktor der meisten Wasserkraftwerke liegt unter 80 %, während derjenige von Wärmekraftwerken bei nahezu 100 % liegt. Die Auslastung von Wasserkraftwerken kann sehr hoch sein, *aber Auslastung ist nicht gleich natürlicher Kapazitätsfaktor*. Weitere Einzelheiten zu diesem Thema finden Sie in meinem Blogbeitrag über den natürlichen Kapazitätsfaktor.

Wasserkraft gilt als „erneuerbar“, weil der „Brennstoff“ natürlich vorkommendes Wasser ist. Wenn es um die „Klimadiskussion“ geht, wird *Wasserkraft in allen großen „Dekarbonisierungsstudien“ als „Netto-Null“ betrachtet, genau wie Wind, Sonne und sogar Biomasse. Dies ist eindeutig ein Fehler*, wie im nächsten Abschnitt erläutert wird.

*Über Wasserkraft und Pumpspeicherung als Backup:* Bei der Pumpspeicherung wird mit Hilfe von Elektrizität Wasser in einen Stausee gepumpt und später bei Bedarf zur Stromerzeugung wieder freigegeben. Natürlich erfordert die Pumpspeicherung den Zugang zu Bergregionen, die weit von großen Städten wie New York, Washington, Chicago, Peking, Moskau, London, Paris, Warschau oder Berlin entfernt sind

Das norwegische Wasserkraftsystem wird weithin als Backup für die deutschen und europäischen „erneuerbaren“ Energiesysteme diskutiert.

Norwegens „Wasserkraftwerk“ ist eines der besten der Welt mit einer Energiespeicherkapazität von fast 90 TWh, verglichen mit einer jährlichen Gesamtstromproduktion von fast 140 TWh, was fast dem gesamten Stromverbrauch Norwegens entspricht (NVE-Bericht 2021). Diese Zahlen zeigen, dass die Niederschläge jährlich etwa 50 TWh auffüllen müssen. Die Wasserkraftreserve selbst schwankt von Jahr zu Jahr um 60 TWh, so dass die *Nettoexportkapazität Norwegens leicht auf Null sinken kann*.

Weder Deutschland noch Europa könnten sich auf Norwegen als Backup verlassen, selbst wenn das gesamte Wasserkraftsystem für das deutsche oder europäische Backup bestimmt wäre und nichts nach Norwegen selbst gehen würde. Wann werden deutsche Politiker und Energieplaner das verstehen?

Würde Norwegen oder ein anderes wasserreiches Land seinen wertvollen Strom freiwillig an die Nachbarländer verschenken? Die Financial Times [7] hatte die Antwort bereits parat und schrieb Anfang des Monats über Norwegens Energieminister Terje Aasland: *„Norway campaigns to cut energy links to Europe as power prices soar...country’s energy minister describes ,shit situation’ as domestic prices hit highest level since 2009“*.

*(frei übersetzt: Norwegen kämpft für eine Kürzung der Stromverbindungen zu Europa, da die Strompreise in die Höhe schießen ... Der norwegische Energieminister spricht von einer „beschissenen Situation“, da die Inlandspreise den höchsten Stand seit 2009 erreicht haben)*

Letztes Jahr hat Herr Aasland bereits vorsorglich klargestellt: *“We are looking at how to limit exports in situations where reservoir filling becomes critically low. Then we must secure enough power for our national consumption”* and *“Norway Will Curb Power Exports If Home Supplies Are at Risk”* [7]

*(frei übersetzt „Wir prüfen, wie wir die Exporte in Situationen begrenzen können, in denen die Füllung der Reservoirs kritisch niedrig wird. Dann müssen wir genügend Strom für unseren nationalen Verbrauch sichern“ und **“Norwegen wird Stromexporte drosseln, wenn die heimische Versorgung gefährdet ist”** [7]*

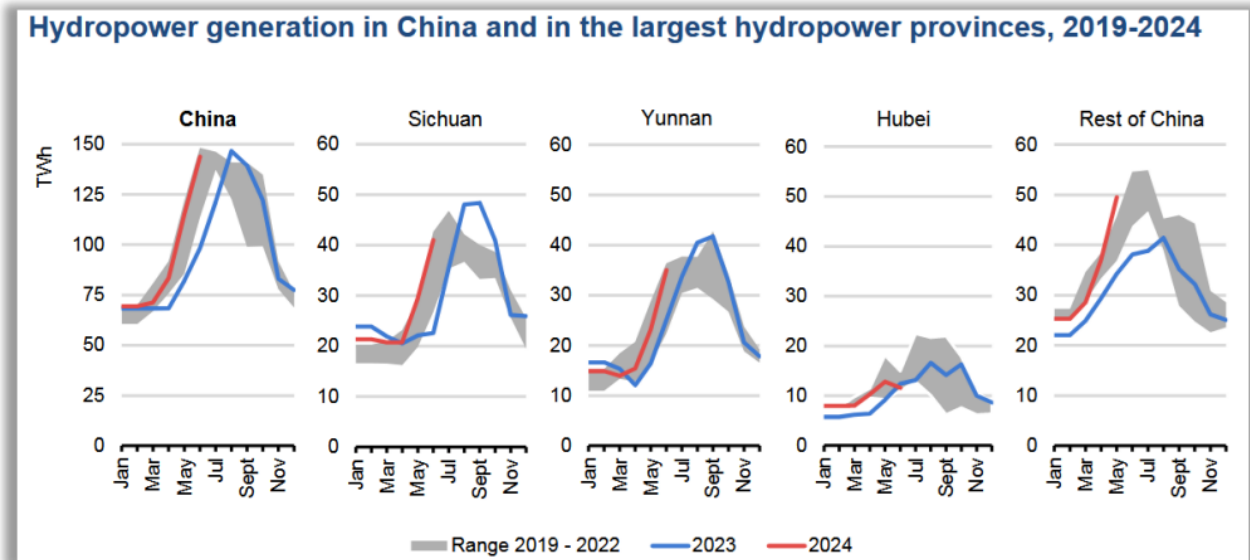


Abbildung 4: Quelle: IEA Electricity Report, Jul 2024, basierend auf dem National Bureau of Statistics of China [8]

### 3. Klima?... Rohstoffe, Landnutzung, Biodiversität und mehr

Kommen wir nun zum Kern der Sache: Wie gut oder schlecht ist die Wasserkraft wirklich für die Umwelt? Nun, ich persönlich würde sagen, sie ist eine erstaunliche Energiequelle mit begrenzten Auswirkungen auf die Umwelt, wenn und nur wenn sie vernünftig und nur dort eingesetzt wird, wo sie wirklich geeignet ist. Es liegt auf der Hand, dass ein „*blindes Drängen*“ auf möglichst viel Wasserkraft zur „*Rettung des Klimas*“ mehr Schaden als Nutzen bringt.

*Ein positives Beispiel für die Wasserkraft. Wir untersuchen die Möglichkeit, in ungenutzten, völlig menschenleeren Gebieten im südlichen Afrika mit Flussläufen kleine Wasserturbinen einzusetzen, die eine netzunabhängige Stromversorgung für die Datenverarbeitung (KI oder sogar Bitcoin-Mining) sicherstellen können. Hier wird niemand geschädigt, es ist netzunabhängig, d. h. wir nehmen niemandem die „grüne Energie“ weg, und es ist einfach, wirtschaftlich effizient und sicher, ohne den natürlichen Lebensraum zu verändern*

Um einen Eindruck von den „unbestrittenen“ Problemen im Zusammenhang mit der Wasserkraft zu vermitteln, wollen wir uns kurz mit den Rohstoffen, dem „Klima“, den Ökosystemen, dem Fischsterben und den Energieunfällen befassen.

**Rohstoffe:** Es wird Sie vermutlich nicht überraschen, dass für den Bau großer Staudämme enorme Mengen an Zement benötigt werden ... aber wie sieht es im Vergleich zu anderen Quellen für zuverlässige und weniger zuverlässige Elektrizität aus? Das Amerikanische Energieministerium hat dies untersucht und ist zu dem folgenden Vergleich gekommen, der viele überraschen dürfte.



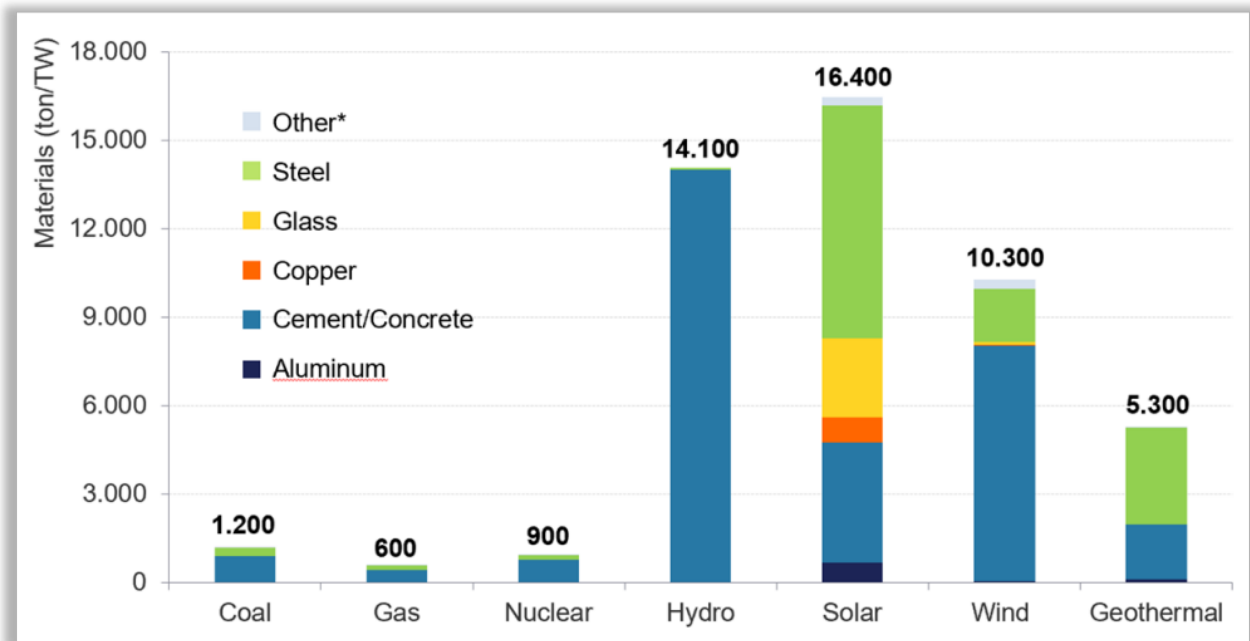


Abbildung 5: Rohstoffverbrauch für Wasserkraft und andere Formen der Stromerzeugung

Quelle: Ministerium für Energie, Einzelheiten unter [www.unpopular-truth.com/graphs](http://www.unpopular-truth.com/graphs)

“Klima“: Interessanterweise ist die tatsächliche „Klimawirkung“ eines Staueses der Unterschied zwischen den Treibhausgasemissionen vor und nach der Flutung [9].

Die Emissionen von Wasserkraftwerksstauesen entstehen durch die Zersetzung von organischem Material, das entweder beim Bau des Staueses geflutet wurde, durch Flussabflüsse in den Stauesee gelangt ist, im Stauesee gewachsen ist, z. B. durch Algenproduktion, Stämme von abgestorbenen Bäumen, die aus dem Wasser ragen, oder in neu angelegten Sümpfen im Absenkungsbereich gewachsen ist.

Neben den Stauesen gibt es noch andere Ökosysteme, die den Fluss von Treibhausgasen (THG) beeinflussen. Während Flüsse und Seen Treibhausgase emittieren, binden Wälder, Torfmoore und Feuchtgebiete diese eher [10].

Der IPCC (Abbildung unten) schätzt die *Lebenszyklusemissionen der Wasserkraft am oberen Ende bis auf das Doppelte der Kohleemissionen!*

Emissions of selected electricity supply technologies (gCO <sub>2</sub> eq/kWh)					
Options	Direct emissions	Infrastructure & supply chain emissions	Biogenic CO <sub>2</sub> emissions and albedo effect	Methane emissions	Lifecycle emissions (incl. albedo effect)
	Min/Median/Max	Typical values			Min/Median/Max
<b>Currently Commercially Available Technologies</b>					
Coal—PC	670/760/870	9.6	0	47	740/820/910
Gas—Combined Cycle	350/370/490	1.6	0	91	410/490/650
Biomass—cofiring	n. a. <sup>1</sup>	—	—	—	620/740/890 <sup>2</sup>
Biomass—dedicated	n. a. <sup>1</sup>	210	27	0	130/230/420 <sup>2</sup>
Geothermal	0	45	0	0	6.0/38/79
Hydropower	0	19	0	88	1.0/24/2200
Nuclear	0	18	0	0	3.7/12/110
Concentrated Solar Power	0	29	0	0	8.8/27/63
Solar PV—rooftop	0	42	0	0	26/41/60
Solar PV—utility	0	66	0	0	18/48/180
Wind onshore	0	15	0	0	7.0/11/56
Wind offshore	0	17	0	0	8.0/12/35
<b>Pre-commercial Technologies</b>					
CCS—Coal—Oxyfuel	14/76/110	17	0	67	100/160/200
CCS—Coal—PC	95/120/140	28	0	68	190/220/250
CCS—Coal—IGCC	100/120/150	9.9	0	62	170/200/230
CCS—Gas—Combined Cycle	30/57/98	8.9	0	110	94/170/340
Ocean	0	17	0	0	5.6/17/28

Abbildung 6: Der IPCC gibt für die Wasserkraft einen sehr großen Lebenszyklus-Emissionsbereich an... am oberen Ende mehr als doppelt so hoch wie bei Kohle [10]

Logischerweise setzen *Wasserkraftwerke mit Speichieranlagen tendenziell mehr „Emissionen“ frei als Laufwasserkraftwerke*. Es gibt keine „Netto-Null“-Auswirkungen von Pumpspeicherkraftwerken zur Unterstützung von intermittierendem Wind- und Sonnenstrom.

Eine weitere Studie von Fearnside 2016 [15] führte aus: „Die Berechnungen wurden für 18 geplante oder im Bau befindliche Staudämme im brasilianischen Amazonasgebiet durchgeführt und zeigen, dass *die Emissionen von Staudämmen mit Speicherkraftwerken die Emissionen der Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen übersteigen würden.*“

**Ökosysteme:** Wasserkraft in großem Maßstab hat **schwerwiegende Auswirkungen auf Süßwasserökosysteme** und verändert die Ökosystemleistungen natürlicher Flüsse. In Europa betrifft sie eines der am stärksten geschädigten Ökosysteme, denn nur 40 % der Oberflächengewässer befinden sich in einem gesunden ökologischen Zustand. Über 80 „grüne“ Umweltorganisationen schrieben an die EU: „*Auf neue Wasserkraft zu setzen, um den Ausbau der erneuerbaren Energien in Europa zu beschleunigen, ist unverantwortlich.*“ [11]



**Fischsterblichkeit:** Eine der wenigen umfassenden Studien zur Fischsterblichkeit wurde von Radinger et al. 2021 [13] durchgeführt. Sie fanden heraus, dass im Durchschnitt *über 20 % der vorbeiziehenden Fische*

*an den Turbinen der Wasserkraftwerke sterben.* Für den wissenschaftlich interessierten Leser liegt der gemessene Durchschnitt bei 22,3 % mit einem 95%-igen Konfidenzintervall von 17,5-26,7 %.

Die Autoren kommen in ihrer Studie zu dem Schluss: *„Wir argumentieren, dass es bei derartigen Interessenkonflikten schwierig ist, sich auf tolerierbare [Fisch-]Sterblichkeitsraten zu einigen, und dass die Beteiligten Aspekte des Tierschutzes, der Populationsökologie und der Erhaltung der biologischen Diversität, aber auch die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraft, die Umweltpolitik und die gesellschaftliche Akzeptanz berücksichtigen müssen.“*

**Energieunfälle:** Kim et al. 2021 [12] untersuchten die weltweiten Energieunfälle und stellten fest, dass Wind- und Wasserkraftwerke bei einer Normalisierung der erzeugten Elektrizität eindeutig die meisten Todesopfer pro erzeugter Energieeinheit verursachen.

Wenn ich über diese Todesstatistik mit Energiefachleuten spreche, dann können sie es oft nicht glauben. Ich bitte nur folgendes zu beachten

- Grosse Dämme dürfen eigentlich nie kaputtgehen, denn wenn sie es tun, dann gibt es ein Unglück. Die grossen bekannten Unglücke sind z.b. 2023 Derna Dam Failure in Libyen mit 20.000 Toten, oder das 1979 Banqiao Dam Failure in China mit bis zu 200.000 Toten
- *Dämme halten oft für tausende von Jahren und können eigentlich nie zurückgebaut* werden wie ein Kernkraftwerk, das wird beim Bau oft vergessen. Grosse Dammbauten sind wie die Pyramiden, sie halten fast ewig
- Bryan Layland aus Neuseeland und das normale Internet sind gute Quellen zum Nachlesen [Mehr Details unter 16]

b. Normalized by energy production (MTOE)

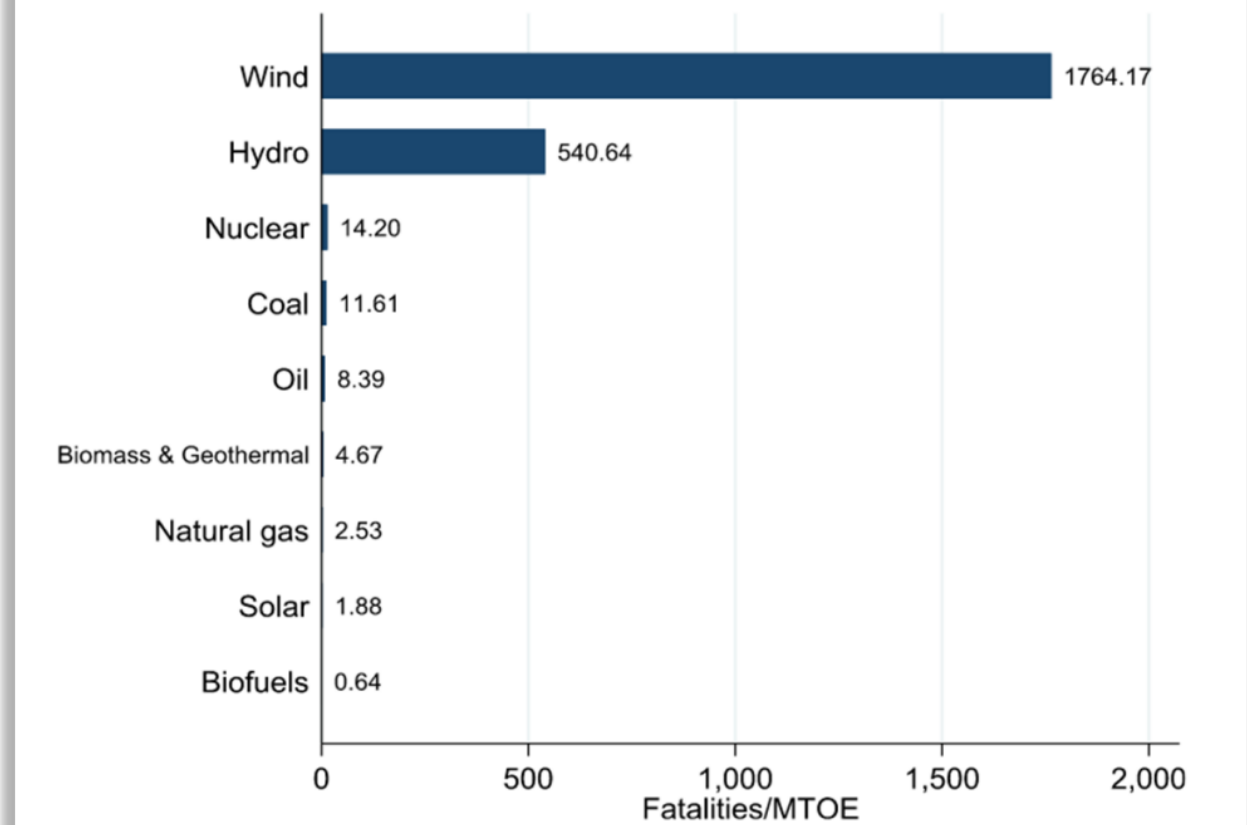


Abbildung 7: Todesopfer normalisiert nach Stromerzeugung (MTOE) Quelle: Kim et al 2021, [9]

*Das grüne Image der Wasserkraft als gutartige Alternative zu fossilen Brennstoffen ist falsch, sagt Éric Duchemin, Berater des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) **“Everyone thinks hydro is very clean, but this is not the case”** [10]*

*(„Jeder denkt, Wasserkraft sei sehr sauber, aber das ist nicht der Fall“ [10].)*

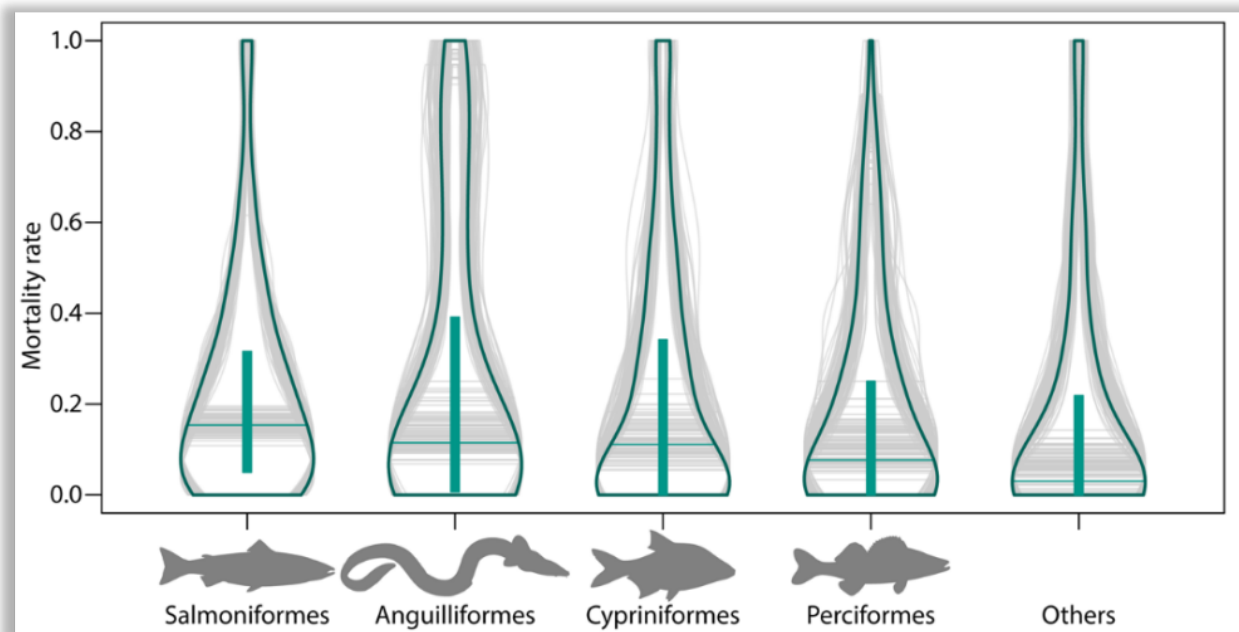


Abbildung 8: Ausgewählte Fischsterblichkeit durch Wasserturbinen (Radinger et al 2021) [13]

#### 4. Zusammenfassung

Wenn sie verantwortungsvoll entwickelt wird, ist die Wasserkraft von Vorteil, aber sowohl die Wasserkraft aus Flüssen als auch Dammanlagen haben viele wirtschaftliche und ökologische Probleme. Wasserkraft ist NICHT zuverlässig, und in weiten Teilen der Welt gibt es erhebliche Schwankungen bei den Flussläufen, was die Wasserkraft saisonal und von Jahr zu Jahr unberechenbar macht. Diese Unvorhersehbarkeit ist jedoch nur ein Bruchteil der Schwankungen, die bei Wind- und Solarenergie innerhalb eines Tages auftreten. Aus diesem Grund ist die Wasserkraft meiner Meinung nach wirtschaftlich wünschenswert.

Die Wasserkraft hat einen großen Rohstoff-Fußabdruck, eine erhebliche Auswirkung auf die Treibhausgase und vor allem negative Auswirkungen auf die biologische Diversität und die Fische.

Auch die menschliche Sterblichkeit im Verhältnis zur erzeugten Elektrizität scheint sehr hoch zu sein.

Ich bin immer noch der Meinung, dass Wasserkraft ökologisch „akzeptabel“ ist, solange sie bewusst und nicht „blind“ entwickelt und betrieben wird.

Die Behauptung, dass Wasserkraft „netto null“ ist, ist jedoch nicht nur unrealistisch, sondern schlichtweg falsch. Die meisten großen Studien gehen fälschlicherweise davon aus, dass die Auswirkungen der Wasserkraft auf die Treibhausgase gleich Null sind (wie auch bei Wind- und Sonnenenergie). Sollten wir nicht ehrlich zu uns selbst sein?

Das Klimaportal des MIT [14] schreibt zutreffend: „*Große Staudämme sind mit einer Reihe sozialer und ökologischer Bedenken verbunden*“ und fährt fort: “*There’s still room for hydro to grow, but most countries will not build out as much hydropower as they theoretically could—and that may be for the best.*”

(frei übersetzt „*Es gibt immer noch Raum für ein Wachstum der Wasserkraft, aber die meisten Länder werden nicht so viel Wasserkraft ausbauen, wie sie theoretisch könnten – und das ist vielleicht auch gut so.*“)



## Quellenangaben

[1] Kältereport (“cold report”) No 46, Dec 2024, with all sources, [link](#)

[2] Scherer Pfister 2016: Hydropower’s Biogenic Carbon Footprint, *PLoS One*, [link](#)

[3] Energy.gov and hydropower.org, [link](#) and [link](#)

[4] Hydropower Tracker, [link](#)

[5] IEA on hydro power capacity, Dec 2024, [link](#) [6] IPCC AR6 Chapter 12, summarized by Prof. Pielke Oct 2024, [link](#)

[6] Financial Times, Dec 2024, [link](#)

[7] Montel 2022 and Bloomberg 2023 on Norway’s Power exports, [link](#) and [link](#)

[8] IEA Electricity Mid-Year Update, Jul 2024, [link](#)

- [9] Hydroelectric Power's Dirty Secret Revealed, resilience, Feb 2005, [link](#)
- [10] IPCC: WG3 AR5 Annex 3 – Technology-Specific Cost and Performance Parameters, 2018, [link](#)
- [11] Open Letter to EU: Counting on New Hydropower to Accelerate Renewable Energy Deployment in Europe Is Irresponsible, Feb 2023, [link](#)
- [12] Kim et al 2021, Critically Assessing and Projecting the Frequency, Severity, and Cost of Major Energy Accidents, Jul 2021, [link](#)
- [13] Radinger et al 2021: Evident but Context-Dependent Mortality of Fish Passing Hydroelectric Turbines." *Conservation Biology*, [link](#)
- [14] MIT Climate Portal, Why Aren't We Looking at More Hydropower?, Mar 2021, [link](#)
- [15] Fearnside 2016: Greenhouse Gas Emissions from Brazil's Amazonian Hydroelectric Dams, *Environmental Research Letters*, Jan 2016, [link](#)
- [16] Bryan Layland about Hydro dams [link](#), and world largest known dam failures, [Wikipedia](#), [BigDitch](#), [Asterra](#)