

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 91 (2000)

Heft: 2

Artikel: Ökologische Qualitäten der Wasserkraft im Vergleich zu anderen Stromproduktionsarten

Autor: Dettli, Reto / Buholzer, Christoph / Kaufmann, Yvonne

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855512>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ökologische Qualitäten der Wasserkraft im Vergleich zu anderen Stromproduktionsarten

Der Beitrag vergleicht die ökologische Qualität der Wasserkraft mit anderen Elektrizitätsproduktionssystemen. Als Produktionstechniken wurden Dampfturbinen-Kraftwerke (Brennstoffe: Kohle, Öl und Uran), kombinierte Gas- und Dampfturbinen-kraftwerke (Brennstoff Erdgas), Wasserkraftwerke sowie Windenergie- und Sonnenenergiekraftwerke berücksichtigt. Die Wasserkraftnutzung schneidet bei beiden angewendeten Bewertungsverfahren am besten ab.

■ Reto Dettli, Christoph Buholzer und Yvonne Kaufmann

Ziel und Umfang

Mit vorliegender Arbeit wird die ökologische Qualität der Wasserkraft im Vergleich zu anderen Elektrizitätsproduktionssystemen basierend auf unterschiedlichen wissenschaftlichen Quellen dargestellt. Es werden keine neuen Grundlagen geschaffen, sondern bestehende Untersuchungen möglichst transparent bewertet und dargestellt.

Berücksichtigte Elektrizitätserzeugungssysteme

Der Vergleich umfasst nachfolgende Elektrizitätserzeugungssysteme:

- Dampfturbinenkraftwerke: Braunkohlekraftwerke, Steinkohlekraftwerke, ölthermische Kraftwerke und Kernkraftwerke
- Kombinierte Gas- und Dampfturbinenkraftwerke mit Erdgas befeuert (Gaskombianlagen)
- Wasserkraftnutzung (Bild 1): Laufwasserkraftwerke und Speicherkraftwerke
- Windenergie und Sonnenenergienutzung (Photovoltaikanlage)

Berücksichtigte Kriterien

Berücksichtigt werden jeweils Emissionen in Luft, Boden und Wasser, Abfälle, Ressourcenverbrauch, Kernenergieproblematik, Natur- und Landschaftsaspekte, Risikoaspekte und weitere Auswirkungen.

Umfassender Vergleich methodisch sehr anspruchsvoll

Ein umfassender Vergleich der erwähnten Kriterien und Auswirkungen ist methodisch sehr anspruchsvoll. Beispielsweise gilt es, lokale Auswirkungen auf Fauna und Flora gegenüber klimawirksamen Emissionen oder Risikoaspekten zu gewichten und zu bewerten. Die Wissenschaft hat verschiedene Methoden entwickelt, deren Resultate eine gute Grundlage für Entscheidungsprozesse bilden. Je nach Verwendungskontext sind die am besten geeigneten Bewertungsmethoden auszuwählen. Die Resultate sind in jedem Falle zu interpretieren.

Qualität der Grundlagen

Für die Bewertungskriterien Emissionen, Abfälle, Ressourcenverbrauch, Kernenergieproblematik bestehen gute

Zusammenfassung einer Studie des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands
Rütistrasse 3A
5401 Baden

Autoren

Reto Dettli

Dipl. Ing. ETH, dipl. NDS ETH in Betriebswissenschaften (Projektleitung)

Christoph Buholzer

dipl. Natw. ETH, Umweltnaturwissenschaftler

Yvonne Kaufmann

dipl. Natw. ETH, Umweltnaturwissenschaftlerin

Econcept
Lavaterstrasse 66
8002 Zürich



Bild 1 Wasserkraft: hohe ökologische Qualität (im Bild Stausee «Lac de la Gruyère»/FR).

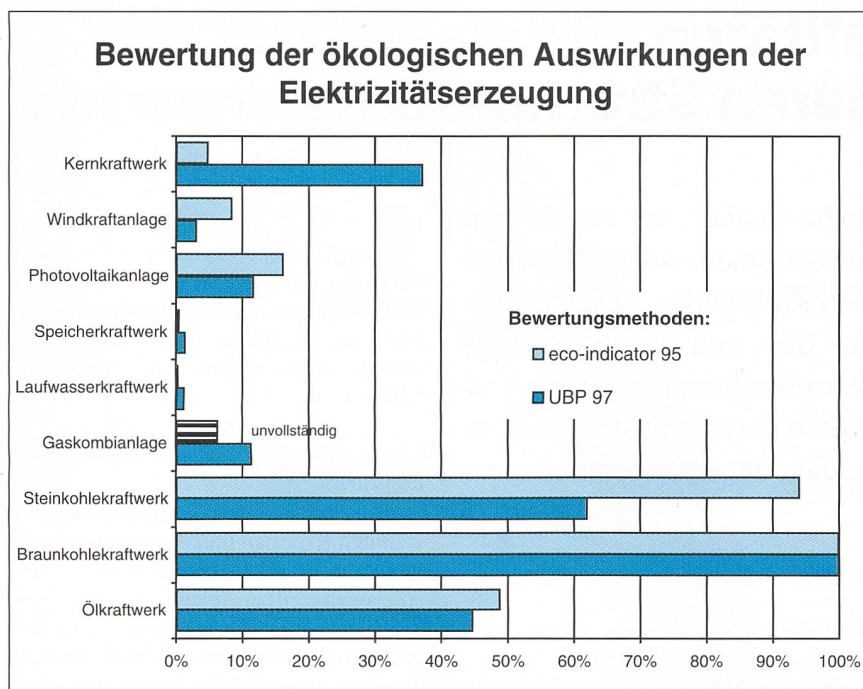


Bild 2 Relativer Vergleich der ökologischen Bewertung mit Umweltbelastungspunkten und eco-indicator.

Quellen: ESU (1996), Vattenfall (1996), ÖBU (1998)

Bemerkung: Die Bewertungsmethoden berücksichtigen keine Auswirkungen auf Natur- und Landschaft sowie Risikoaspekte.

und für die Schweiz repräsentative Grundlagen. Bei den Natur- und Landschafts- sowie Risikoaspekten sind die Grundlagen zurzeit lückenhaft, neue Arbeiten zur Bewertung sind in Ausarbeitung. Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang die laufenden Arbeiten zur Zertifizierung von Ökostrom.

Bewertung der ökologischen Qualität

In der Zusammenfassung beschränken wir uns auf folgende ausgewählte, voll aggregierte Bewertungsverfahren: Umweltbelastungspunkte, eco-indicator und externe Kosten. Nachfolgend die wichtigsten Resultate (Bild 2).

Resultate

Unabhängig von der Bewertungsmethode lassen sich folgende Aussagen festhalten:

- Die Reihenfolge bei der ökologischen Bewertung bleibt unabhängig von der verwendeten Methode mit wenigen Ausnahmen die gleiche.
- Konventionelle fossile Stromerzeugung verursacht im Vergleich die grössten negativen ökologischen Auswirkungen, wobei Braunkohlekraftwerke vor Kohlekraftwerken und Ölkraftwerken die Negativrangliste

anführen. Gaskombianlagen zeichnen sich durch relativ geringe ökologische Auswirkungen aus.

- Die Wasserkraftnutzung schneidet bei beiden Bewertungsverfahren am besten ab.
- Windkraftanlagen schneiden im Vergleich mit Photovoltaikanlagen besser ab.

Vorleistungen und Strommix

Die relativ hohen Auswirkungen bei den neuen erneuerbaren Energien Windkraft und Photovoltaik beruhen auf den Auswirkungen zur Herstellung der Anlagen (Vorleistungen). Bei den Vorleistungen wird in den verwendeten Quellen eine durchschnittliche Europäische Stromproduktion mit einem entsprechenden Anteil aus fossiler und nuklearer Elektrizitätsproduktion (UCTE-Mix) zugrunde gelegt.

Natur- und Landschaftsaspekte nicht berücksichtigt

Beide Methoden berücksichtigen die gerade für die Wasser- und Windkraftnutzungen relevanten Auswirkungen auf Natur- und Landschaft nicht. Mittels der Methode der externen Kosten lassen sich diese berücksichtigen.

Die Ergebnisse aus Bild 3 lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

- Die erneuerbaren Energien verursachen relativ geringe externe Effekte,

die in der gleichen Grössenordnung liegen. Sie sind deutlich unter den externen Kosten von fossilen Energiesystemen.

- Wegen der sehr hohen Bandbreite der Risikoeinschätzung sind die externen Effekte der Kernkraftnutzung schwierig zu interpretieren. Das Minimum ist im Bereich der erneuerbaren Energien, das Maximum ist mit 35 Rp./kWh etwa doppelt so hoch wie die durchschnittlichen Werte der fossilen Energien.
- Die fossile Stromerzeugung verursacht wegen der Luftbelastung und dem Klimaeffekt relativ hohe externe Effekte, die um einen Faktor von 2 bis 5 über den mittleren Stromgestehungskosten der Schweiz liegen.

Erläuterungen zu den Resultaten

Lokale Effekte zu wenig berücksichtigt

Die aufgeführten Werte sind das Ergebnis eines modellhaften Vergleichs. Ein effektiver Vergleich ist bei der Wasserkraft nur am Einzelobjekt bzw. Einzelvorhaben möglich. Die lokalen Gegebenheiten spielen bei den Aspekten des Natur- und Landschaftsschutzes eine massgebende Rolle und sind mit den bestehenden Bewertungsmethoden nicht angemessen berücksichtigt.

Die aufgeführten Resultate geben ebenfalls keine Auskunft darüber, wann und wo die Auswirkungen anfallen.

Relevante Auswirkungen bei Vorleistungen und Betrieb

Bei den Emissionen, Abfällen und Ressourcenverbrauch fallen die relevanten Auswirkungen bei den fossilen Systemen und insbesondere bei Vorleistungen (Prospektion, Förderung) und Betrieb an.

Natur- und Landschaftsbeeinträchtigung

Die Natur- und Landschaftsbeeinträchtigung ist relevant bei der Förderung und Aufbereitung der fossilen und nuklearen Betriebsstoffe sowie dem Betrieb der Anlagen bei den Erneuerbaren (Ausnahmen Photovoltaik auf überbauten Flächen).

Risiko für Energieaufbereitung und Bau der Anlagen

Die Risikoaspekte, ausgedrückt durch die Indikatoren Tote, Verletzte und Evakuerte, sind bei der Kernenergie während Vorleistungen, Betrieb und Entsorgung relevant. Bei den übrigen Elektrizitätserzeugungssystemen sind Risikoaspekte nur bei den Vorleistungen von Bedeutung. Bei den fossilen Energien

sind die Risiken mit der Förderung und Transport der Energie verbunden, es ist deshalb weiter laufend mit Unfällen zu rechnen. Bei der Wasserkraft sind Unfälle mit Ausnahmen von wenig wahrscheinlichen Grossunfällen bei Staudämmen vorwiegend während der Bauphase zu erwarten. Das Risiko während der Betriebsphase ist deshalb relativ gering.

Wo sind Verbesserungen der ökologischen Auswirkungen möglich?

Fossile Elektrizitätserzeugung

Bei den fossilen Elektrizitätserzeugungssystemen sind Verbesserungen durch Filtertechnologien möglich, die CO₂-Produktion ist jedoch untrennbar mit der Energieerzeugung verbunden. Bei der Förderung der Energieträger sind ebenfalls Verbesserungen möglich, die Einflussmöglichkeiten für das Durchsetzen verbesserter Standards in den jeweiligen Förderländern jedoch sehr beschränkt.

Wasserkraft

Bei der Wasserkraftnutzung fällt vor allem die Beeinflussung von Natur und Landschaft ins Gewicht. Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ist mit der Erstellung der Anlage für die gesamte Nutzungsdauer mehrheitlich unwiederbringlich, punktuelle Verbesserungen in beschränktem Umfang sind möglich. Die Beeinträchtigung der Natur ist mit dem Betrieb der Anlage verbunden. Ökologische Verbesserungen (Restwassermengen, Durchlässigkeit, Sunk-/Schwallbetrieb) sind möglich und können schrittweise erfolgen.

Bei der Kernenergie fällt die Uranförderung sowie die Entsorgungsproblematik ins Gewicht. Bei der möglichen ökologischen Verbesserung der Uranförderung gelten die gleichen Einwendungen wie bei der Förderung und Aufbereitung der fossilen Energieträger. Während die schweizerischen Kernenergieanlagen als sicher gelten, ist die Entsorgungsproblematik in der Schweiz nach wie vor ungeklärt.

Wind und Sonne

Bei der Windenergie können die ökologischen Auswirkungen durch die Wahl

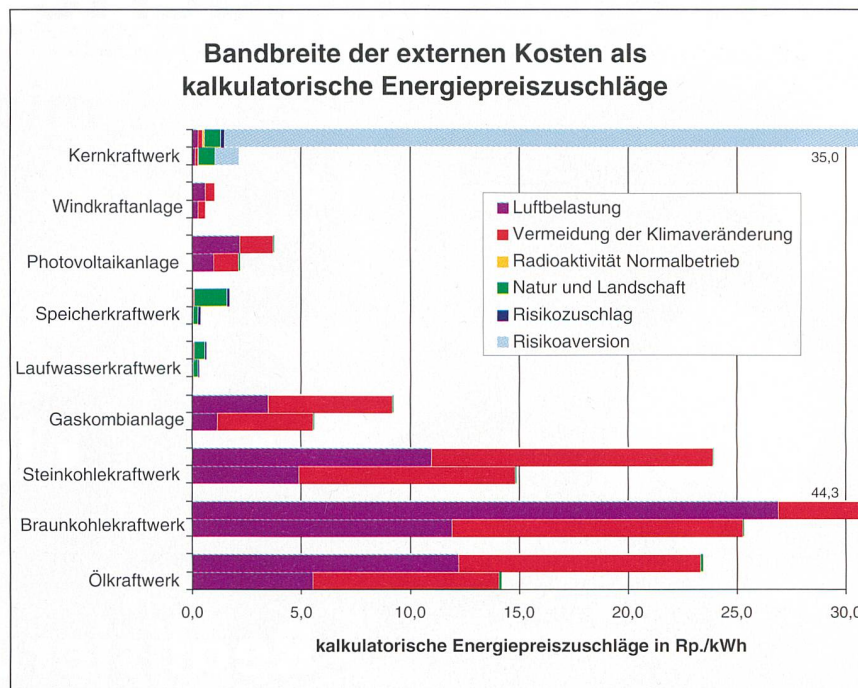


Bild 3 Externe Kosten als kalkulatorische Energiepreiszuschläge.

Quellen u.a.: Infrac/Econcept/Prognos (1996), ESU (1996), Infraconsult (1999), Hauenstein et. al. (1999)

des Standortes entscheidend verbessert werden. Bei den bestehenden Anlagen ist das Verbesserungspotential unbedeutend. Bei Photovoltaikanlagen fällt fast ausschliesslich die Produktion der Zellen ins Gewicht, Verbesserungen sind hier mittel- bis langfristig zu erwarten.

Wo bestehen Lücken?

Bei der Beurteilung der ökologischen Qualität der Energieerzeugung beste-

hen trotz guten und umfangreichen Unterlagen nach wie vor erhebliche Lücken.

Darunter gehören:

- die Bewertung von Natur- und Landschaftsaspekten,
- die Risikoaspekte von Talsperrenbrüchen sowie eine
- gesamtschweizerische Übersicht über die lokalen Auswirkungen auf Fauna und Flora bei den Wasserkraftanlagen.

Qualité écologique de l'énergie hydraulique

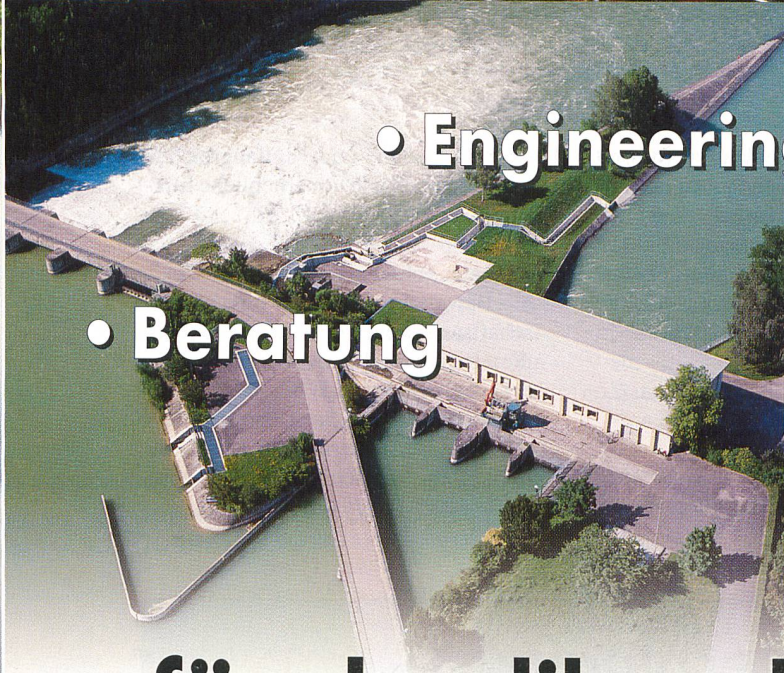
Dans ce résumé d'étude, la qualité écologique de l'énergie hydraulique est comparée à d'autres modes de production d'électricité sur la base de diverses sources scientifiques. Les auteurs n'amènent pas d'idées nouvelles, mais ils s'efforcent de présenter et d'évaluer de manière claire les recherches actuelles. Dans les deux modes d'évaluation, la production de l'énergie hydraulique obtient les meilleures notes.

Massgeschneiderte Lösungen



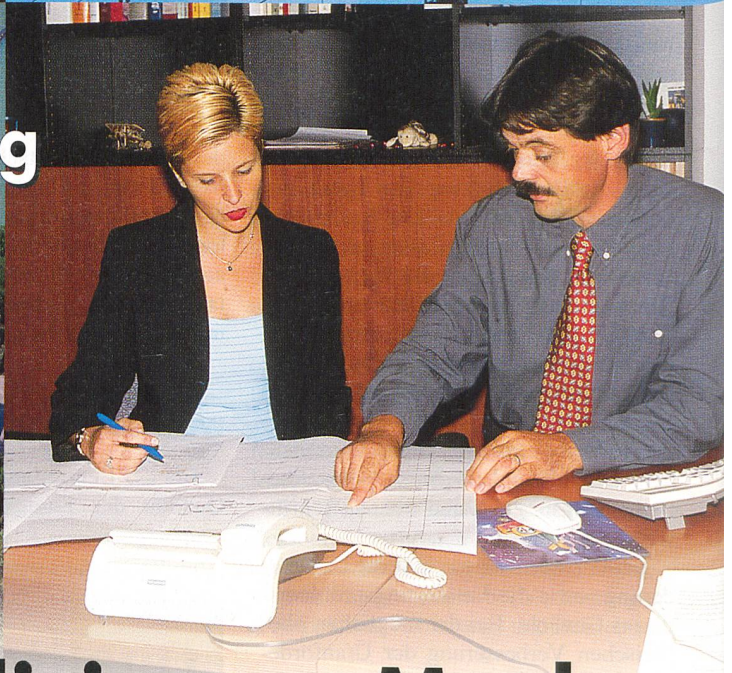
• Instandhaltung

• Realisierung



• Engineering

• Beratung



für den liberalisierten Markt

BKW 



BKW FMB Energie AG
Technik und Engineering
Viktoriaplatz 2
3000 Bern 25
Telefon 031 330 51 11
www.bkw-fmb.ch