

Kleinwasserkraft

Basiswissen-Dokument, Stand März 2020

1. Zusammenfassung

In der Schweiz werden Wasserkraftanlagen mit einer Leistung unter 10 MW als Kleinwasserkraftwerke bezeichnet. Die Stromgestehungskosten liegen im Vergleich zu Grosswasserkraft in der Regel um einiges höher. Mittels dem marktorientierten Einspeisevergütungssystem (EVS, früher KEV) konnten viele Anlagen bereits erneuert oder neu gebaut werden, weitere sind in Planung. Für den zukünftigen Ausbau der Kleinwasserkraft besteht noch ein Potenzial von zusätzlich rund 1 bis 2 TWh. Ob dieses Potenzial ausgeschöpft werden kann, ist stark abhängig von den gesetzlichen Entwicklungen im Bereich der Schutzinteressen (zum Beispiel Restwassermengen) und im Besonderen von der finanziellen Förderung, welche zeitlich bis 2022 begrenzt wurde.

2. Heutige Situation in der Schweiz

In der Schweiz waren für die Versorgung im letzten Jahrhundert mehr als 10'000 Kleinwasserkraftanlagen im Betrieb. Es ist bis heute eine Erfolgsgeschichte. Die meisten Anlagen wurden im Zuge des Ausbaus der Elektrifizierung durch kostengünstigere Energieangebote beispielsweise aus Grosskraftwerken stillgelegt. 1914 wiesen die Schweizerischen Wasserregister noch rund 7000 Kleinwasserkraftwerke mit einer Leistung bis 10 MW auf. Davon waren über 90 % der Anlagen mit einer kleinen Leistung von bis zu 300 kW versehen.

Wasserkraftanlagen mit einer Leistung unter 10 MW gelten hier als Kleinwasserkraftanlagen.¹ Diese Grenze ist weit verbreitet und wird auch so von den European Small Hydropower Association (ESHA) in Anwendung gebracht. In der Literatur oder in Statistiken wird oft die «installierte elektrische Leistung» gemäss Lieferantenangaben verwendet. Bei der Wasserkraft wird diese Leistung real nicht immer erreicht oder aber übertroffen. Oft werden die Wasserkraftwerke noch feiner gegliedert, dabei gilt die Leistung als Kategorieeinteilung.

- Kleinwasserkraftwerke: Wasserkraftwerke mit einer maximalen Leistung von <10 MW_{el}
- Kleinstwasserkraftwerke: Wasserkraftwerke mit einer maximalen Leistung von <300 kW_{el}
- Picokraftwerke: Wasserkraftwerke mit einer maximalen Leistung von <50 kW_{el}

2.1 Statistische Daten zur Kleinwasserkraft

Vom Bund wurde bislang keine separate Statistik zum Stand der Kleinwasserkraft geführt. Diese ist integraler Bestandteil der (Gross-)Wasserkraftstatistik WASTA. In dieser jährlich vom BFE publizierten Statistik sind alle Anlagen ab 300 kW aufgeführt. Die Produktion der Kleinstwasserkraft (Anschlussleistung kleiner 300 kW) wurde per Ende 2017 in einer Studie der Skat Consulting AG, im Auftrag des BFE, erstmals zusammengetragen und abgeglichen.

¹ Quelle: BFE 2012

Leistungsklasse (Nach maximaler Leistung ab Generator)	Anzahl Anlagen	Maximale Leistung ab Generator (MW)	Mittlere Produktions-erwartung (GWh/a)
bis 300 kW	ca.900	ca.65	ca.300
300 kW bis <1 MW	243	142	679
1 MW bis 10 MW	221	755	3001
Total	1364	962	3980

Tabelle 1: Strategie Wasserkraftnutzung Schweiz Quelle: BFE 2017, Stand 1. Januar 2017; Statistik Kleinstwasserkraftwerke (<300 kW) Quelle: BFE, Stand 17. April 2019

Mit dem Einspeisevergütungssystem (EVS, früher KEV) werden seit 2009 unter anderem Kleinwasserkraftwerke gefördert. In der untenstehenden Tabelle ist der aktuelle Stand der geförderten Anlagen abzulesen. Die KEV wird mit der Energiestrategie 2050 revidiert. Damit werden die Anspruchsberechtigten für die KEV eingeschränkt und das neue Instrument Investitionsbeiträge wird geschaffen (siehe dazu 9 Neuerungen der Energiestrategie 2050).

Stand Pronovo	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung (MW)	Projektierte Produktion (GWh/a)
Geförderte EVS-Anlagen mit Referenzmarktpreis	487	160	494
Geförderte EVS-Anlagen in der Direktvermarktung	98	279	987
Projekte mit positiven EVS-Bescheid	93	164	551
EVS-Warteliste	298	271	928

Tabelle 2: Kleinwasserkraftwerke, die im EVS-Förderprogramm abgewickelt werden. Quelle: Pronovo-Cockpit, 1.Quartal 2019, Stand 1. April 2019

3. Stand und weitere Entwicklung der Technik

Bei Kleinwasserkraftwerken werden in der Regel bekannte und bewährte Technologien eingesetzt, wie die Peltonturbine, die bei Fallhöhen von mindestens 30 m und geringen Wassermengen zum Einsatz kommt, oder die Kaplan-turbine, die kleinere Fallhöhen von 2 bis 20 m mit grossen Wassermengen nutzen kann. Wie bei der Grosswasserkraft handelt es sich um eine sehr ausgereifte Technik. Wasserturbinen haben einen Wirkungsgrad von zirka 95 %.²

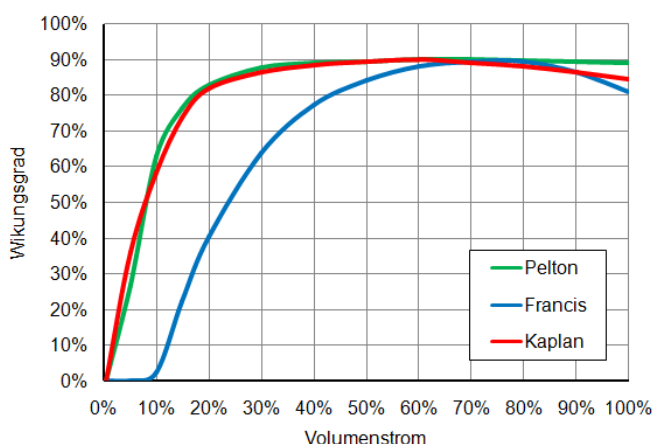


Abbildung 1 Wirkungsgrad von Wasserturbinen Quelle: energie.ch

² Quelle: Energie.ch

Art der genutzten Ressource	Kraftwerktyp
offenes Fließgewässer	<ul style="list-style-type: none"> - Ausleit- und Durchlaufkraftwerke - Dotierkraftwerke (Nutzung von Restwasser von grösseren Kraftwerken) - Restpotenziale in alpinen Stauanlagen - Kraftwerke an wasserbaulichen Schwellen
überschüssiger Druck	<ul style="list-style-type: none"> - Trinkwasserkraftwerke - Bewässerungskraftwerke - Drainagekraftwerke - Abwasserkraftwerke - Bergwasserableitung - Wasserkraftnutzung im Zusammenhang mit Beschneigung
Industrieprozesswasser	Nebennutzungen

Alternative Nutzungskonzepte für sehr kleine Fallhöhen sind beispielsweise die Wasserkraftschnecke, die Steffturbinen³, das Wasserrad, die VLH-Turbine oder das Wasserwirbelkraftwerk. Weitere Informationen zu diesen verschiedenen Nutzungsvarianten findet man im Fachartikel «Kleinwasserkraft-Konzepte – Hydraulische Strömungsmaschinen für kleine Durchflüsse und niedrige Fallhöhen» im Bulletin SEV/VSE 2/2014. Moderne computergestützte Simulationsmethoden erlauben ferner die Planung von massgeschneiderten Anlagen, um die lokalen hydrologischen Gegebenheiten möglichst optimal auszunutzen. Dies verbessert die energetische Ausbeute und reduziert die Projektkosten.

4. Potenzial

In einer Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050 vom Juni 2012 erwartet das BFE ein Zubaupotenzial an Kleinwasserkraftanlagen von 1,29 TWh bei heutigen Nutzungsbedingungen und von 1,6 TWh unter optimierten Nutzungsbedingungen bis 2050.⁴ Grundlage für diese Abschätzung ist eine vertiefte Umfrage bei den betroffenen Fachstellen der Kantone.

In einer aktuellen Studie des PSI im Auftrag des BFE wird das ausschöpfbare Potenzial von Kleinwasserkraftanlagen auf 4,3–5,5 TWh geschätzt. Das entspricht einem Zubaupotenzial von 0,5–1,7 TWh.⁵

Potenzial (TWh)	2017 ⁶	2035	2050
erwartet/realisierbar (TWh)	3,8	4,3–5,5	4,3–5,5
erwarteter Zubau (TWh)	–	0,5–1,7	0,5–1,7

Tabelle 3: Potenzial der Stromerzeugungstechnologie bis 2050. Quelle: BFE 2017b

Entscheidend für das gesamthaft erwartete Potenzial aus Kleinwasserkraft ist nicht nur der Zubau von Anlagen, sondern auch die Erneuerung bestehender Anlagen sowie die Minderproduktion infolge von Restwas-

³ Steffturbinen <http://www.steffworld.com/>

⁴ Quelle: BFE 2012 a

⁵ Quelle: BFE 2017 b

⁶ Quelle: BFE 2017

serbestimmungen. Abschätzungen zu diesen Kriterien finden sich nur für die gesamte Gross- und Kleinwasserkraft (siehe Basiswissen-Dokument «Grosswasserkraft»).

5. Einschätzung zu Leistungsverfügbarkeit und Energiequalität

Kleinwasserkraftwerke liefern Grundlaststrom. Da sie meist keine oder nur geringe Speichermöglichkeiten besitzen, besteht eine grosse Abhängigkeit von den Niederschlags- und Schneeschmelzverhältnissen.

Verhältnis zwischen verfügbarer Leistung und installierter Leistung im Winterhalbjahr	Heute und bis 2050
Grundlast (Laufwasserkraft)	100 %

Tabelle 4: Leistungsverfügbarkeit der Technologie im Winterhalbjahr bis 2050.

6. Gestehungskosten

Aufgrund der kleineren Leistungseinheiten und standortspezifischer Erschliessungskosten sind die Investitionskosten und damit auch die Gestehungskosten von Kleinwasserkraftwerken in aller Regel höher als beispielsweise bei grossen Laufwasserkraftwerken. Sie weisen eine grosse Bandbreite auf und sind sehr abhängig vom Projekt (Erneuerung versus Neubau, Lauf- versus Speicherkraftwerk, Leistungsgrösse, Wasserzins).

Es ist davon auszugehen, dass die Investitionskosten von Neubauten aufgrund der zunehmenden Standorterschließung und der Verstärkung der Umweltvorschriften leicht ansteigen werden.

Der VSE⁷ schätzt die heutigen Gestehungskosten entsprechend den Sätzen der kostendeckenden Einspeisevergütung auf rund 22 bis 36 Rappen pro kWh. Andere Einschätzungen liegen bei 7 bis 11 Rappen pro kWh. Bei Neubauten bis 2050 wird mit höheren Kosten gerechnet. Es wird insbesondere davon ausgegangen, dass die spezifischen Investitionskosten mit der Zeit zunehmen, da kostengünstige Standorte bereits erschlossen sind. Die Stromgestehungskosten wurden mit einem Zinssatz von 5 % und 10 % sowie einer Lebensdauer von 25 Jahren berechnet, was zur dargestellten Bandbreite führt.

Auch das BFE rechnet mit steigenden Gestehungskosten. Für 2017 werden die Kosten auf 12–28 Rp./kWh geschätzt, welche bis 2050 auf 14–34 Rp./kWh ansteigen. Die Schätzungen des BFE liegen damit leicht unter den Prognosen des VSE.

⁷ Quelle. VSE 2012

Quelle Swiss Small Hydro, Factsheet Kleinwasserkraft Version 1.0 vom 15. Oktober 2018

Kosten	2013	2035	2050
Investitionskosten (CHF/kW)	9300	10'800	11'200
Betrieb und Unterhalt	Jährlich 1,5 % der Investitionskosten		
Wasserzins* (Rp./kWh)	1,1	1,1	1,1
Gestehungskosten (Rp./kWh)	22–36	25–41	26–43

* Anlagen bis 1 MW von Abgabe befreit, für Anlagen bis 2 MW reduziert

Tabelle 5: Gestehungskosten bis 2050 gemäss Schätzungen des VSE. Quelle: VSE 2012

7. Umwelt/Klima

Wasserkraft im Allgemeinen gehört bezüglich CO₂-Ausstoss zu den umweltfreundlichsten Technologien auf dem Markt. Für Laufkraftwerke liegt der Treibhausgasausstoss bei 11 Gramm CO₂ pro kWh und für Speicherkraftwerke bei 20 Gramm CO₂ pro kWh über den gesamten Lebenszyklus (CO₂-Äquivalente pro kWh). Damit schneidet die Wasserkraft von allen Produktionstechnologien am besten ab.⁸

Bei der Wasserkraftnutzung sind speziell lokale gewässerökologische Folgen zu beachten, also die Veränderung der Flora und Fauna des Gewässers, in dem das Kleinwasserkraftwerk betrieben wird. Im Besonderen zu beachten sind die Restwassermenge, das Fließgewässerkontinuum (Fischwanderung), der Stauraum (Absetzen von Feststoffen, Verlandung), der Schwallbetrieb (unnatürliche Schwankungen der Wasserführung), Landschaftsschutz etc.⁹ Die Einhaltung dieser Schutzinteressen ist durch gesetzliche Vorgaben geregelt.

Neuere Studien gehen davon aus, dass der Klimawandel bis 2050 keinen nennenswerten Einfluss auf die hydraulische Stromproduktion haben wird. Die Unsicherheiten, wie sich die Klimaveränderung in den verschiedenen Regionen der Schweiz bemerkbar machen wird, bleiben jedoch hoch.¹⁰

8. Rahmenbedingungen

Der Bund übt die Oberaufsicht (Rahmengesetzgebung und Schutzfunktion) über die Nutzbarmachung der Wasserkraft in öffentlichen und privaten Gewässern aus. Im Wasserrechtsgesetz finden sich Bestimmungen zur Verleihung einer Wasserrechtskonzession durch den Träger der Gewässerhoheit. Das Wasserrecht wird meist auf 80 Jahre befristet. Anlagen bis 1 MW Leistung sind vom Wasserzins, einer Abgabe an die Träger der Gewässerhoheit für die Wassernutzung, befreit. Für Anlagen bis 2 MW ist der Wasserzins reduziert.

Die Gewässerhoheit liegt mehrheitlich bei den Kantonen, vereinzelt auch bei den Gemeinden (zum Beispiel Graubünden), bei den Bezirken (Schwyz) oder Allmend- und Waldkorporationen (zum Beispiel Uri). Im Kan-

⁸ Quelle: ESU Services 2012

⁹ Quelle: PSI 2005

¹⁰ Quelle: Swisselectric 2011

ton Glarus gehört das Wasserrecht den Uferanstössern. Kleinere Stauanlagen sind der Aufsicht der Kantone unterstellt.¹¹

Bei der Planung von Kleinwasserkraftanlagen sind zwingend verschiedene Schutzinteressen zu berücksichtigen, namentlich aus den Bereichen der Fischerei, des Natur- und Landschaftsschutzes, des Umwelt- und Gewässerschutzes (zum Beispiel Mindestrestwassermengen) sowie der Raumplanung.

9. Neuerungen der Energiestrategie 2050

Aufgrund des totalrevidierten Energiegesetzes und weiterer revidierter Bundesgesetze zur Energiestrategie 2050 sind in Bezug auf Kleinwasserkraft folgende Punkte im Speziellen zu beachten.

9.1 Einspeisevergütungssystem

Mit Gültigkeit per 1. Januar 2018 wurde auch die kostendeckende Einspeisevergütung KEV revidiert. Die bisherige KEV wurde in ein marktorientiertes Einspeisevergütungssystem EVS mit Direktvermarktung umgestaltet. Mit der Revision wurde für Kleinwasserkraftanlagen eine Untergrenze hinsichtlich der Förderung eingeführt. Im EVS werden nur noch Anlagen mit einer Leistung von 1 bis 10 MW gefördert. Ausnahmen von der Leistungsuntergrenze werden gemäss Art. 19 Abs. 5, oder Art. 9 Bst. a–c EnFV nur dann gemacht, wenn es sich um Anlagen der Trinkwasserversorgung, Abwasseranlagen, Dotierkraftwerke oder um Nebennutzungsanlagen handelt. Es können nur noch Neuanlagen mit Inbetriebnahme nach dem 1. Januar 2013 teilnehmen. Erneuerte oder erweiterte Anlagen können nicht mehr ins EVS aufgenommen werden. Zu beachten ist auch die zeitliche Befristung bis 2022, dies obschon grundsätzlich mehr Fördermittel zur Verfügung stehen oder gestellt werden. Ab 2020 werden die Anlagen mehrheitlich durch die Direktvermarktung gefördert sein. Die Vergütung der Direktvermarktung besteht aus dem durch den Verkauf erzielten Preis und der Einspeiseprämie (Vergütungssatz abzüglich Referenzmarktpreis). Die Direktvermarktung ist für den Betreiber Chance und Risiko gleichermaßen.

9.2 Investitionsbeiträge

Vom neuen EVS werden gewisse Anlagengrössen sowie auch erhebliche Erweiterungen und Erneuerungen ausgeschlossen. Für sie besteht die Möglichkeit, Investitionsbeiträge zu beantragen. Der Investitionsbeitrag beträgt maximal 60 % der anrechenbaren Investitionskosten für erweiterte Anlagen und maximal 40 % der anrechenbaren Investitionskosten für erneuerte Anlagen. Der Investitionsbeitrag darf die nicht amortisierbaren Mehrkosten nicht übersteigen. Der Anspruch orientiert sich demnach am tieferen der beiden Werte. Für die Berechnung der nicht amortisierbaren Mehrkosten stellt das BFE eine Methode zur Verfügung. Kleinwasserkraftanlagen ab 300 kW können neu nur noch von Investitionsbeiträgen profitieren.¹²

¹¹ Quelle: BFE 2012

¹² Quelle: BFE 2017

Bewertungskriterium	2017	2035	2050
Investitions- und Gestehungskosten	Kosten über dem Marktpreis	Kosten über dem Marktpreis	Kosten über dem Marktpreis
Umweltverträglichkeit	CO ₂ -Bilanz sehr gut, mögliche lokale negative Umweltauswirkungen	CO ₂ -Bilanz sehr gut, mögliche lokale negative Umweltauswirkungen	CO ₂ -Bilanz sehr gut, mögliche lokale negative Umweltauswirkungen
Verfügbarkeit der Energie	Grundlast	Grundlast	Grundlast
Produktionspotenzial	ca. 3,8 TWh, genaue Angabe schwierig, da keine nationale Kleinwasserkraftstatistik vorhanden	Zuwachs gegenüber heute um ca. 0,5–1,7 TWh	Zuwachs gegenüber heute um ca. 0,5–1,7 TWh
Gesellschaftliche Akzeptanz	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)
Politische Akzeptanz	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)	vertraute Technologie, aber dennoch einige Konfliktthemen (Restwasser, Landschaft, Fische)

Tabelle 6: Bewertung der Kleinwasserkraft nach verschiedenen Kriterien für die Zeiträume 2017, 2035 und 2050. Grün: gut; orange: genügend; rot: schlecht.

Extern	<p>Chancen</p> <ul style="list-style-type: none"> - falls sich die neuen Hoffnungsträger unter der neuen erneuerbaren Energie nicht bewähren sollten, wird man verstärkt wieder auf die Kleinwasserkraft zurückkommen - Turbinierung von Trinkwasser und Abwasser (besonders kostengünstig und umweltfreundlich) - viele Konzessionen vorhanden, aber nicht genutzt 	<p>Risiken</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umweltbeeinflussung relativ zum Produktionspotenzial wird im Vergleich zur Grosswasserkraft als zu gross angesehen (bei Neubauten an natürlichen Gewässern)
Intern	<p>Stärken</p> <ul style="list-style-type: none"> - vertraute Technologie, die sich mit einem vergleichsweise geringen Investitionsbedarf realisieren lässt - CO₂-frei - «nur» lokale Umweltauswirkungen - lange Konzessionsdauern liefern Planungssicherheit 	<p>Schwächen</p> <ul style="list-style-type: none"> - im Vergleich zu Grosswasserkraftwerken benötigen Kleinwasserkraftwerke grosse Staulängen pro MW, die Umweltbeeinflussung ist dadurch überdurchschnittlich hoch - Potenzial in der CH bereits weitgehend genutzt; dadurch wenig Zubbaumöglichkeiten

Tabelle 7: SWOT-Analyse.

10. Quellenverzeichnis

BFE 2012	Handbuch Kleinwasserkraftwerke: Informationen für Planung, Bau und Betrieb, Bundesamt für Energie BFE, Bern, Dezember 2012
BFE 2012a	Wasserkraftpotenzial der Schweiz, Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050, Bundesamt für Energie BFE, Bern, Juni 2012
BFE 2017	Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Bern, Stand 1. Januar 2015
BFE 2017a	Wichtigste Neuerungen im Energierecht ab 2018, Stand: 2. November 2017
BFE 2017b	Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen, PSI, 2017
BFE 2017	Faktenblatt Investitionsbeiträge für Kleinwasserkraftanlagen. Version 1.0 vom 2. November 2017
BFE 2017	Statistik Kleinstwasserkraftwerke (<300 kW) Quelle: BFE Stand 17. April 2019
Energie.ch	Wasserturbinen, www.energie.ch , besucht: 5. Dezember 2017
ESU-services 2012	ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2012
Pronovo	Pronovo-Cockpit. 1. Quartal 2019, Stand 1. April 2019, www.pronovo.ch
PSI 2005	S. Hirschberg et al., Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen (GaBE), Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten, Paul Scherrer Institut, Villigen, Mai 2005
Swisselectric 2011	Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung, Synthesebericht, Swisselectric Research, Bern, 2011
VSE 2012	Wege in die neue Stromzukunft, 2012
Swiss Small Hydro	Factsheet Kleinwasserkraft Version 1.0 vom 15. Oktober 2018