



Bern, 13. Juni 2025

Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen bei der Grosswasserkraft

Bericht des Bundesrates

in Erfüllung des Postulates 23.3006 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrates (UREK-N) vom 24. Januar 2023



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Sintesi	4
1 Inhalt des Postulates 23.3006	5
2 Einleitung	5
2.1 Wasserkraftwerke in der Schweiz	5
2.2 Bedeutung von Erneuerungen und Erweiterungen	6
2.3 Vorgehen zur Erfüllung des Postulats	7
2.4 Bisherige Studien	10
2.5 Verwandte Geschäfte	10
3 Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial	11
3.1 Potenzial Jahresproduktion	11
3.2 Potenzial Winterproduktion und Saisonspeicherung	11
3.3 Potenzial nach Art der Massnahmen	12
3.4 Wirtschaftlichkeit der Massnahmen	13
3.5 Aufteilung der Potenziale nach Kantonen	15
3.6 Gründe für eine Nichtrealisierung	16
4 Schlussfolgerungen	17
5 Anhang	19
Übersicht zu möglichen Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen	19

Zusammenfassung

Eine Umfrage des Bundesamtes für Energie (BFE) und des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands (SWV) hat gezeigt, dass bei den bestehenden Wasserkraftwerken noch ein grosses theoretisches Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen vorhanden ist. Neuanlagen wurden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, weshalb beispielsweise die Potenziale an Winterspeicherung geringer ausfallen als z.B. beim Runden Tisch Wasserkraft.

Gemäss Umfrage beträgt dieses Potenzial bezogen auf die Jahresproduktion insgesamt 1'351 GWh pro Jahr. Davon sind 1'254 GWh pro Jahr Erweiterungen. Allerdings betreffen 361 GWh pro Jahr von diesen Erweiterungen Projekte, welche im Rahmen des Runden Tisches Wasserkraft bereits untersucht wurden. Erneuerungen haben demgegenüber lediglich ein Potenzial von 97 GWh pro Jahr. Es gibt zudem ein Potenzial von 1'816 GWh pro Jahr an zusätzlicher Winterspeicherung, das vor allem durch Staumauererhöhungen realisiert werden könnte. Davon waren bereits 1'626 GWh aus dem Runden Tisch Wasserkraft bekannt. Staumauererhöhungen, die Fassung neuer Zuflüsse sowie die Erhöhung der Ausbauwassermenge und der Leistung haben ein Potenzial von 942 GWh pro Jahr. Allerdings haben diese Massnahmen auch die grössten Auswirkungen auf die Umwelt. Daneben haben Massnahmen zur Effizienzsteigerung ein Potenzial von insgesamt 409 GWh pro Jahr.

Gemäss den Umfrageantworten der Betreiber sei nur ein sehr kleiner Teil der Massnahmen mit einem Potenzial von 24 GWh pro Jahr für die Betreiber ohne Förderung wirtschaftlich. Dabei handelt es sich überwiegend um Unterhaltsmassnahmen oder um Dotierwassernutzungen. Etwas weniger als die Hälfte der Jahresproduktion im Umfang von 792 GWh pro Jahr kann mit den bestehenden Förderinstrumenten realisiert werden. Projekte mit einer Jahresproduktion von 431 GWh pro Jahr könnten nur realisiert werden, wenn die Förderung ausgebaut würde oder die Marktbedingungen sich verbessern würden. Bei den restlichen Projekten liegen keine Angaben zur Wirtschaftlichkeit vor.

Als Hindernisse für die Realisierung des vorhandenen Potenzials wurden von den Betreibern in dieser Reihenfolge Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Auslaufen der Konzessionen, Restwassermengen, Beschwerden und Einsprachen, Anpassung Erheblichkeitsschwelle für die Förderung, Restwertvereinbarungen sowie weitere umweltrechtliche Themen wie Ausgleichsmassnahmen und Schutzgebiete von nationalem Interesse, sowie die fehlende Rentabilität genannt.

Der Bericht kommt zum Schluss, dass bei den bestehenden Wasserkraftwerken noch ein erhebliches Ausbaupotenzial besteht. Dieses Potenzial besteht vor allem bei Erweiterungen, die jedoch mit Unsicherheiten im Konzessionsrecht und zusätzlichen Eingriffen in die Umwelt verbunden sind. Das Potenzial für Erneuerungen und Effizienzsteigerungen ist dagegen sehr begrenzt. Verschiedene Massnahmen wurden bereits ergriffen, um die Realisierung zu fördern.

Als zusätzliche Massnahme wäre eine Effizienzverpflichtung denkbar. Insbesondere ältere Anlagen sind nicht immer optimal dimensioniert. Dem könnte durch eine Verpflichtung zur Optimierung der Anlage bei Konzessionserneuerungen begegnet werden.

Sintesi

Da un sondaggio svolto dall'Ufficio federale dell'energia (UFE) e dall'Associazione svizzera di economia delle acque (ASEA) è emerso che le centrali idroelettriche esistenti presentano ancora un grande potenziale teorico di rinnovamento e di ampliamento. Il presente studio non prende in considerazione i nuovi impianti, motivo per cui, ad esempio, il potenziale di accumulo invernale risulta inferiore rispetto a quello indicato in occasione della Tavola rotonda sull'energia idroelettrica.

Stando al sondaggio, in termini di produzione annua, questo potenziale ammonta complessivamente a 1351 GWh all'anno, di cui 1254 GWh sono relativi all'ampliamento. 361 GWh all'anno riguardano però progetti già esaminati nell'ambito della Tavola rotonda sull'energia idroelettrica. I rinnovamenti hanno invece un potenziale annuo di soli 97 GWh. Esiste inoltre un potenziale di accumulo invernale supplementare pari a 1816 GWh all'anno, che potrebbe essere realizzato soprattutto con l'innalzamento delle dighe. Di questi, 1626 GWh erano già risultati dalla Tavola rotonda sull'energia idroelettrica. L'innalzamento delle dighe, la captazione di nuovi afflussi nonché l'aumento della portata massima dell'acqua e della potenza hanno un potenziale annuo di 942 GWh. Queste misure hanno però anche un impatto maggiore sull'ambiente. Inoltre il potenziale complessivo annuo delle misure volte ad aumentare l'efficienza ammonta a 409 GWh.

Soltanto un'esigua parte delle misure con un potenziale di 24 GWh all'anno è, senza promozione, economicamente vantaggiosa per i gestori. Si tratta prevalentemente di misure di manutenzione o di utilizzo di acqua di dotazione. Poco meno della metà della produzione annua, pari a 792 GWh all'anno, può essere realizzata con gli strumenti di promozione esistenti. I progetti con una produzione annua di 431 GWh possono essere realizzati soltanto se viene potenziata la promozione o se migliorano le condizioni di mercato. Per gli altri progetti non sono disponibili dati sulla redditività.

I gestori hanno indicato come ostacoli alla realizzazione del potenziale esistente le incertezze legate alla scadenza delle concessioni, gli aspetti di diritto ambientale quali i deflussi residuali, le misure di compensazione e le zone protette di interesse nazionale, i ricorsi e le opposizioni, nonché la mancanza di redditività.

Il rapporto giunge alla conclusione che le centrali idroelettriche esistenti presentano ancora un notevole potenziale di sviluppo, soprattutto in termini di ampliamento che, tuttavia, comporta un ulteriore impatto sull'ambiente. Il potenziale di rinnovamento e di aumento dell'efficienza è

invece molto limitato. Per promuoverne la realizzazione sono già state adottate diverse misure. Come misura supplementare si potrebbe prevedere un obbligo di efficienza. Specialmente gli impianti più datati non sempre hanno il dimensionamento ottimale, circostanza a cui si potrebbe ovviare introducendo l'obbligo di ottimizzazione dell'impianto in sede di rinnovo delle concessioni.

1 Inhalt des Postulates 23.3006

Das Postulat mit dem Titel «Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen bei der Grosswasserkraft» wurde am 24. Januar 2023 von der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrats (UREK-N) eingereicht. Der Bundesrat beantragte am 15. Februar 2023 die Annahme. Das Postulat wurde am 15. März 2023 vom Nationalrat angenommen.

Eingereichter Text

Der Bundesrat wird beauftragt, in einem Bericht das Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen bei der Grosswasserkraft zu konkretisieren. Es sollen dabei schweizweit die Potenziale für den Ausrüstungsersatz, den Höherstau und Flussaustiefungen, Stollenaufweitungen bzw. Parallelstollen, Staumauererhöhungen sowie die Fassung neuer Zuflüsse analysiert werden. Er bezieht dabei die Fachstellen der Kantone und die Betreiber bestehender Anlagen ein.

2 Einleitung

2.1 Wasserkraftwerke in der Schweiz

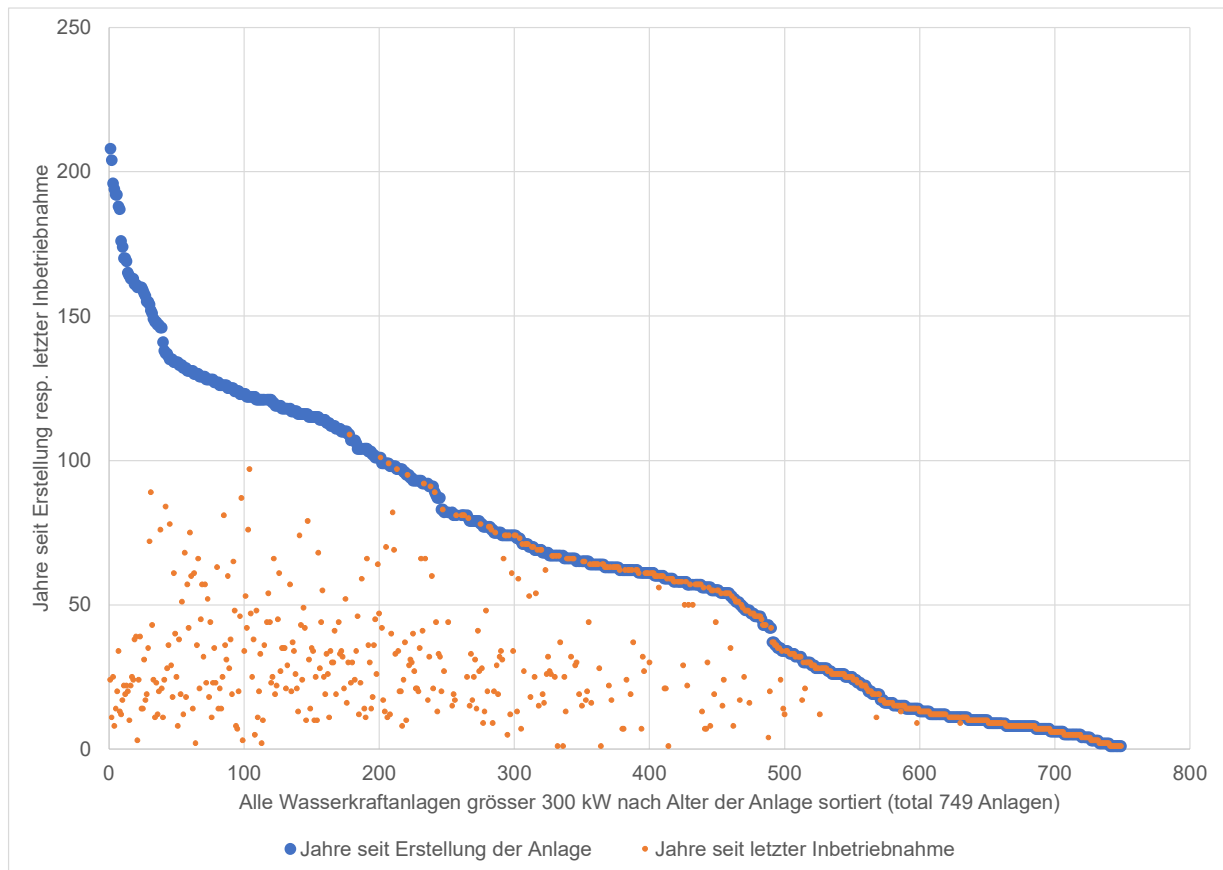
2024 waren gemäss Statistik der Wasserkraft (WASTA¹) in der Schweiz insgesamt 704 Wasserkraftwerke mit einer maximal möglichen Leistung von total 16'533 MW und einer mittleren Produktionserwartung von total 37'350 GWh pro Jahr in Betrieb.

In Abbildung 1 sind alle Kraftwerke der WASTA chronologisch nach der Erstinbetriebnahme (blaue Punkte) geordnet. Die orangen Punkte stellen die letzte Inbetriebnahme der Kraftwerke dar, z.B. nach einem Umbau. Liegen die beide Punkte einer Anlage übereinander, so ist dies ein Hinweis darauf, dass die Anlage seit ihrem Bau nie wesentlich umgebaut oder erneuert wurde. Auch viele Anlagen, die bereits mehrere Jahrzehnte alt sind, wurden vermutlich noch nie grundlegend erneuert. Beispielsweise gibt es Kraftwerke mit einer Leistung von 4'551 MW, die älter als 40 Jahre sind und deren Jahr der Erstinbetriebnahme mit demjenigen der letzten Inbetriebnahme identisch ist. Diese Kraftwerke verfügen über eine Produktion von 10'900 GWh pro Jahr und umfassen damit rund 25 Prozent der Wasserkraftwerke der Schweiz. Insofern dürfte ein gewisses Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen vorhanden sein. Allerdings ist die Wasserkraft eine reife Technologie und Fortschritte in der Nutzungseffizienz sind relativ gering. Die Abbildung erlaubt keine Aussage über die Grösse der entsprechenden Anlagen.

¹ Bundesamt für Energie (2023): Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz, Stand 1.1.2024.

Tendenziell handelt es sich bei den noch nicht erneuerten Anlagen eher um kleinere Kraftwerke.

Abbildung 1: Wasserkraftanlagen der Schweiz: Zeitraum seit der Erstellung und seit der letzten Inbetriebnahme



2.2 Bedeutung von Erneuerungen und Erweiterungen

Die Steigerung der Wasserkraftproduktion durch Erneuerungen und Effizienzsteigerungen bestehender Anlagen wird weitgehend akzeptiert, da sie aus ökologischer Sicht vergleichsweise unbedenklich ist oder sogar mit Aufwertungen verbunden sein kann. Auch Erweiterungen wie Staumauererhöhungen oder die Erschliessung neuer Zuflüsse werden in vielen Fällen besser akzeptiert als Neuanlagen, sind aber meist mit zusätzlichen Eingriffen in die Umwelt verbunden. Häufig wird daher gefordert, dass Erneuerungen und Erweiterungen vor dem Bau neuer Anlagen durchgeführt werden sollen. In der Diskussion um neue Kraftwerke und für die Frage der Erreichbarkeit der Ausbauziele ist daher die Kenntnis über das Erneuerungs- und Ausbaupotenzial von zentraler Bedeutung.

2.3 Vorgehen zur Erfüllung des Postulats

Bei der Planung von Wasserkraftanlagen werden jeweils der spezifische Standort mit seinen hydrologischen Gegebenheiten sowie die zum Zeitpunkt der Erstellung geltenden Rahmenbedingungen (z.B. wirtschaftliche Zukunftsaussichten) berücksichtigt. Die bestehenden Anlagen wurden über mehrere Jahrzehnte errichtet und je nach Unterhalts- und Modernisierungsstrategien der einzelnen Unternehmen sehr unterschiedlich gewartet. Aus diesen Gründen weisen die bestehenden Anlagen unterschiedliche Ausbaustandards und Erhaltungszustände auf. Generelle Abschätzungen des Potenzials von Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen bei bestehenden Wasserkraftwerken sind daher schwierig und nur sehr grob möglich.

Aufgrund der Vielfalt der Erneuerungs- und Erweiterungsmöglichkeiten wurde für die Potenzialerhebung eine Umfrage zu Einzelanlagen gemacht. Die Umfrage hat das Bundesamt für Energie (BFE) zusammen mit dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (SWV) durchgeführt. In der Umfrage wurden entsprechend dem Auftrag des Postulats nur die Potenziale der Grosswasserkraft (installierte Leistung grösser 10 MW) abgefragt. Teilweise wurden jedoch auch Potenziale der Kleinwasserkraft gemeldet. Diese werden in den nachfolgenden Kapiteln auch aufgeführt, sind jedoch nicht vollständig. Die Ergebnisse der Umfrage wurden zudem mit den kantonalen Fachstellen für Wassernutzung gespiegelt. Zudem wurde auch untersucht, aus welchen Gründen das Potenzial bisher nicht realisiert wurde bzw. welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit dies in Zukunft geschieht. Die erhaltenen Ergebnisse wurden analysiert und zusammengefasst, so dass für die einzelnen Massnahmenkategorien das Gesamtpotenzial sowie Teilpotenziale dargestellt werden können.

Die Grosswasserkraft deckt in der Schweiz rund 90 Prozent der gesamten Wasserkraftproduktion ab. In der Umfrage wurden Angaben zur Anlage, zu bereits durchgeführten Erneuerungen und Erweiterungen sowie zu möglichen Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen abgefragt. Neben dem energetischen Potenzial der Massnahmen wurden auch die Investitionskosten sowie eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit ermittelt. Des Weiteren wurde nach einer Einschätzung der Realisierungswahrscheinlichkeit gefragt sowie nach den Bedingungen, die für die Realisierung einer Massnahme erfüllt sein müssten.

Im Jahr 2024 gab es in der Schweiz rund 190 Wasserkraftwerke mit einer maximalen Leistung ab Generator von über 10 MW. Diese hatten zusammen eine maximale Leistung ab Generator von rund 15'700 MW. Im Rahmen der Umfrage hat das BFE Rückmeldungen zu 82 Wasserkraftwerken mit einer Gesamtleistung von rund 6'924 MW erhalten. Davon wurden für 61 Wasserkraftwerke mit einer Leistung von 5'644 MW mögliche Massnahmen identifiziert. Damit besteht bei rund einem Drittel der Wasserkraftwerke ein Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen. Bei 21 Wasserkraftwerken mit einer installierten Leistung von 1'280 MW wurden keine Massnahmen als möglich erachtet. Bei den restlichen 108 Wasserkraftwerken mit einer installierten Leistung von 10'173 MW sind keine Erneuerungen oder Erweiterungen möglich

oder sie wurden nicht gemeldet. Aufgrund dieser Ausgangslage kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei den ausgewiesenen Potenzialen eher um konservative Werte handelt.

2.3.1 Konsultation der Kantone und weitere Projekte

Die kantonalen Fachstellen wurden ebenfalls zu den in ihrem Kanton vorhandenen Potenzial befragt. Die Ergebnisse der Umfrage wurden – soweit sie von den Betreibern nicht als vertraulich eingestuft wurden – den jeweiligen Kantonen mit der Bitte um Plausibilisierung und Angabe der zusätzlichen bekannten Potenziale zugestellt. Die Einschätzungen der kantonalen Fachstellen flossen ebenfalls in die Ermittlung des Gesamtpotenzials ein.

Um eine Übersicht über das vorhandene Potenzial von Erneuerungen und Erweiterungen zu erhalten, wurden auch die Erweiterungsprojekte, welche im Rahmen des Runden Tisches Wasserkraft untersucht wurden, in die Auswertung einbezogen. Zusätzlich wurden Potenziale, die dem BFE aus öffentlichen Quellen bekannt sind, aber weder von den Betreibern noch von den Kantonen gemeldet wurden, in der Auswertung berücksichtigt. Es handelt sich dabei jedoch um einen anteilmässig kleinen Teil des ausgewiesenen Gesamtpotenzials.

2.3.2 Massnahmen zu Erneuerungen und Erweiterungen

Gemäss Postulat sollen die Potenziale für den Ausrüstungsersatz, den Höherstau und Fluss-
austiefungen, Stollenaufweitungen bzw. Parallelstollen, Staumauererhöhungen sowie die Fassung neuer Zuflüsse untersucht werden. Daneben gibt es weitere mögliche Massnahmen, wie die Erhöhung des Ausbaugrades, die Wiederherstellung des Stauvolumens, die Erstellung von Dotierkraftwerken, Leistungserhöhungen oder die Verbesserung des Teillastwirkungsgrades, welche in der Umfrage ebenfalls berücksichtigt wurden.²

Es stellt sich zudem die Frage nach der Unterscheidung zwischen Erneuerungen und Erweiterungen. Im vorliegenden Bericht wurden die folgenden Definitionen verwendet:

- **Erneuerungen:** Ersatz veralteter wasserbaulicher, maschineller oder elektrischer Anlageteilen durch neue Komponenten ohne wesentliche Erhöhung des Bruttogefälles, der gefassten Wassermenge, der Ausbauwassermenge oder der Speicherkapazität. Diese führen primär durch Effizienzsteigerung zu einer Zusatzproduktion.
- **Erweiterung:** Erhöhung der Leistung, der mittleren Produktionserwartung oder der Speicherkapazität durch den Ausbau wasserbaulicher und elektromechanischer Komponenten der Wasserkraftanlage mit wesentlicher Erhöhung des Bruttogefälles, der Ausbauwassermenge, der Speicherkapazität oder der Zuleitung von zusätzlichem Wasser. Ein Komplettersatz einer bestehenden Anlage wird auch als Erweiterung angesehen, da dies meist mit einem Ausbau einhergeht.

² Ein Beschrieb der einzelnen Massnahmenkategorien findet sich im Anhang.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts werden keine Aussagen über das verbleibende Potenzial von Neuanlagen gemacht. Als Neuanlagen wurden Projekte eingestuft, bei denen alle wesentlichen Anlagenteile (Fassung, allenfalls Speicher, Zuleitung, Zentrale) neu erstellt werden und die ein komplett neues hydraulisches Potenzial nutzen.

Gemäss den geltenden Förderbestimmungen können nur **erhebliche** Erneuerungen und Erweiterungen unterstützt werden. Die Massnahmen müssen deshalb einen gewissen Schwellenwert im Verhältnis zur Grösse der bestehenden Anlage erreichen. In der Umfrage wurden auch Massnahmen abgefragt, welche diese Schwelle nicht erreichen und somit nicht gefördert werden könnten. Diese Massnahmen werden in der Auswertung der Umfrageergebnisse als «Massnahme unterhalb Schwelle» dargestellt.

2.3.3 Potenzialbegriffe

Die Betreiber wurden aufgefordert, alle möglichen Massnahmen zu melden und nicht nur solche, welche bewilligungsfähig und wirtschaftlich sind. Das erhobene Potenzial entspricht somit dem technischen Potenzial. Die Betreiber wurden auch gebeten anzugeben, unter welchen Bedingungen die Massnahmen wirtschaftlich sind (u.a. ohne oder mit Förderung). Diese Angaben liegen jedoch nicht für alle Massnahmen vor. Aussagen zum wirtschaftlichen Potenzial sind daher nur eingeschränkt möglich. Darüber hinaus sollten Gründe angegeben werden, die einer Realisierung entgegenstehen. Diese werden in der Auswertung ebenfalls dargestellt. Es kann aber kein bewilligungsfähiges Potenzial angegeben werden, da die Wirkungen der Gründe, weshalb ein Projekt nicht bewilligungsfähig ist, nur schwer quantifiziert werden können.

2.3.4 Datenlieferung und Darstellung der Ergebnisse

Es besteht keine gesetzliche Grundlage, welche die Betreiber zur Bereitstellung von Informationen über das Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial verpflichtet. Gespräche mit der Branche im Vorfeld der Umfrage haben gezeigt, dass bei den Betreibern Vorbehalte gegen die Abfrage des Erneuerungspotenzials bestehen. Gemäss Artikel 67 Absatz 3 des Wasserrechtsgesetzes (WRG, SR 721.80) ist der Konzessionär verpflichtet, die Anlagen und Einrichtungen, an denen das Heimfallrecht besteht, in betriebsfähigem Zustand zu erhalten. Einzelne kantonale Gesetze sprechen von einem guten betriebsfähigen Zustand. Die Aufwendungen zur Sicherstellung dieses Zustandes bis zum Ende der Konzession gehen zu Lasten des bisherigen Betreibers. Verschiedene Konzessionserneuerungsverfahren haben gezeigt, dass zwischen den Konzedenten und den Betreibern unterschiedliche Auffassungen darüber bestehen, was ein betriebsfähiger Zustand ist und welche Massnahmen vom Betreiber zu dessen Erreichung zu erbringen sind. Die Branche befürchtet, dass die Konzedenten im Hinblick auf das Auslaufen der Konzession mögliche Erneuerungsmassnahmen entschädigungslos einfordern, wenn sie davon Kenntnis erlangen. Um dennoch genügend Rückmeldungen in der Umfrage zu erhalten, werden die Angaben zu den einzelnen Anlagen vertraulich behandelt und entsprechend im vorliegenden Postulatsbericht nur aggregierte Angaben zu den Potenzialen dargestellt.

2.4 Bisherige Studien

In den Jahren 1997 und 2000 veröffentlichten das damalige Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) und das damalige Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) je eine Studie zum Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial der Wasserkraftwerke für die Kantone Graubünden³ und Wallis⁴. Darin wurden die Potenziale auf Stufe Einzelkraftwerk mittels Umfragen und Anlagenbegehungen erhoben. Im Kanton Wallis wurde ein Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial von 417 GWh pro Jahr ermittelt, im Kanton Graubünden von 290 GWh pro Jahr. Vergleichbare Studien für die ganze Schweiz gibt es nicht. Es ist auch nicht bekannt, welcher Anteil des damals in den beiden Kantonen vorhandenen Potenzials bis heute realisiert wurde.

Das gesamtschweizerische Potenzial von Erneuerungen und Erweiterungen wurde letztmals im Rahmen einer Studie des BFE von 2012⁵ abgeschätzt. Die Schätzung basierte primär auf Angaben der Branche, wobei die Bewertung über allgemeine Prozentsätze und eine anschließende Hochrechnung erfolgte. Das Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen wurde damals mit 870 bis 1'530 GWh pro Jahr zusätzlicher Jahresproduktion angegeben. Im Rahmen der Aktualisierung der Studie im Jahr 2019⁶ wurde diese Schätzung mangels neuer Erkenntnisse unverändert übernommen. Das Potenzial der Studie von 2012 stimmt gut mit dem in der vorliegenden Studie ausgewiesenen Potenzial von 1'351 GWh pro Jahr überein. Die beiden Studien beruhen aber nicht auf derselben Methodik und es ist auch nicht bekannt, welcher Teil des 2012 ausgewiesenen Potenzials seither bereits realisiert wurde. Zudem ist zu erwarten, dass sich die Betreiber erst im Hinblick auf anstehende Konzessionserneuerungen konkretere Gedanken zu möglichen Erneuerungen und Erweiterungen machen und dadurch das vorhandene Potenzial dadurch in Zukunft auch noch zunehmen könnte.

2.5 Verwandte Geschäfte

Im Bericht in Erfüllung des Postulats 21.3974 UREK-N «Analyse des Wasserkraftpotenzials der Gletscherschmelze» wurde das Wasserkraftpotenzial in periglazialen Gebieten analysiert. Dieses Potenzial umfasst grösstenteils Neuanlagen, aber auch Ausbauten bestehender Kraftwerke. Die dort ausgewiesenen Potenziale überschneidet sich daher mit den Potenzialen der vorliegenden Studie und dürfen deshalb nicht addiert werden.

³ Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW (1997): Erneuerungs- und Erweiterungspotential der Wasserkraftwerke in Graubünden.

⁴ Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (2000): Erneuerungs- und Erweiterungspotential der Wasserkraftwerke im Kanton Wallis

⁵ Bundesamt für Energie BFE (2012): Wasserkraftpotenzial der Schweiz – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050.

⁶ Bundesamt für Energie BFE (2019): Wasserkraftpotenzial der Schweiz – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050.

3 Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial

3.1 Potenzial Jahresproduktion

Das gesamte gemeldete Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial der Grosswasserkraft - bezogen auf die erwartete Jahresproduktion - beträgt 1'351 GWh pro Jahr. Die Werte für die Jahresproduktion, die Aufteilung in Sommer- und Winterproduktion sowie die Erhöhung der saisonalen Speicherung sind in Tabelle 1 resp. Abbildung 2 ersichtlich.

Das Potenzial aus Erneuerungen ist mit rund 97 GWh pro Jahr bescheiden. Der weitaus grösste Teil des verbleibenden Potenzials ist mit 1'254 GWh pro Jahr bei den Erweiterungen. Davon entfallen allerdings 270 GWh pro Jahr auf Kraftwerksprojekte, die bereits im Anhang 2 des StromVG enthalten sind. Weitere 91 GWh pro Jahr sind zudem aus der Longlist des Runden Tisches Wasserkraft bekannt (vgl. Tabelle 1).

Das Potenzial bei der Grosswasserkraft besteht zu weniger als 10 Prozent (85 GWh pro Jahr) aus Massnahmen, die voraussichtlich nicht die Erheblichkeitsschwelle erreichen und somit nicht gefördert werden können. Ein Teil dieser Massnahmen dürfte jedoch im Rahmen von periodischen Erneuerungsmassnahmen (z.B. Maschinenersatz) auch ohne Förderung realisiert werden, da sonst ein Weiterbetrieb der Anlage nicht möglich ist.

Zusätzlich wurde ein Potenzial von 254 GWh pro Jahr aus Kleinwasserkraft gemeldet, davon 67 GWh pro Jahr aus Erneuerungen und 180 GWh pro Jahr aus Erweiterungen. Beim Rest handelt es sich ebenfalls um Massnahmen unterhalb der Erheblichkeitsschwelle.

3.2 Potenzial Winterproduktion und Saisonspeicherung

Die bestehenden Projekte weisen ein Potenzial von 2'096 GWh pro Jahr an zusätzlicher Winterproduktion auf. Dabei handelt es sich mehrheitlich um Projekte mit Staumauererhöhungen. Da es sich dabei grösstenteils um eine reine Produktionsverlagerungen handelt, bedeutet dies auch eine entsprechende Reduktion der Sommerproduktion (vgl. Abbildung 2). In geringerem Umfang kann zusätzliches Wasser auch im Winter gefasst und teilweise genutzt werden, so dass das Potenzial der zusätzlichen Winterproduktion höher ist als dasjenige der zusätzlichen saisonalen Speicherung (1'816 GWh pro Jahr).

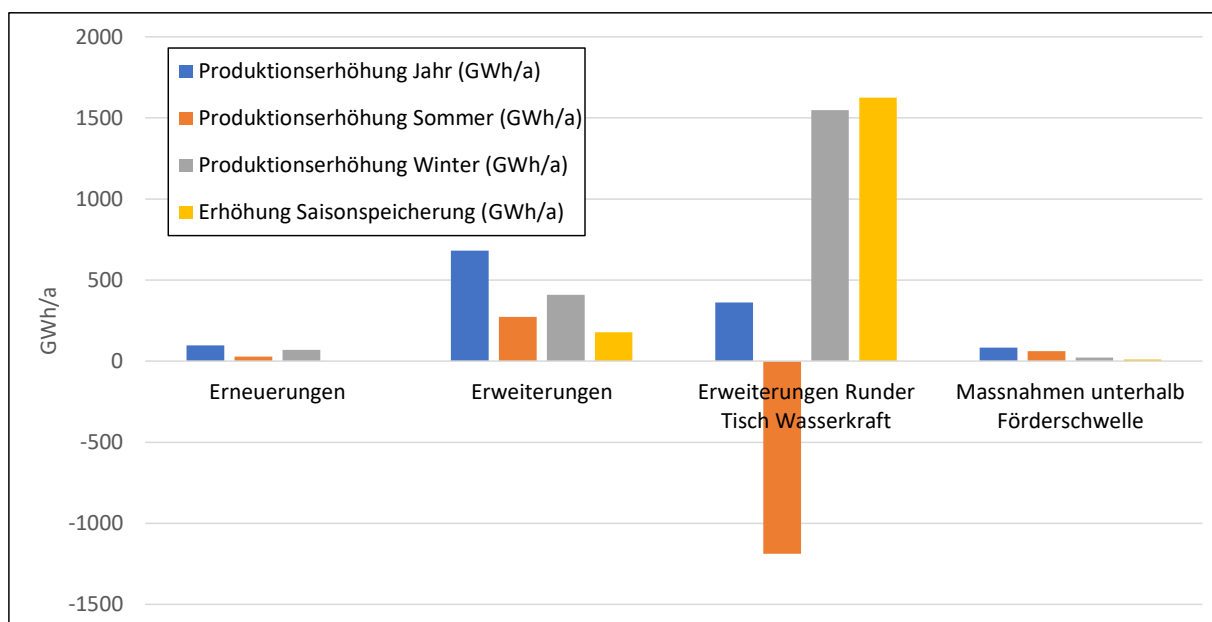
Bei den beiden Kriterien zusätzliche Winterproduktion und zusätzliche Winterspeicherung ist der Anteil am gesamten Zubaupotenzial, der durch die bereits am Runden Tisch Wasserkraft bekannten Projekte erreicht werden könnte (Kategorie Runder Tisch in Tabelle 1 resp. Abbildung 2), mit 1'548 GWh pro Jahr (Winterproduktion) bzw. 1'626 GWh pro Jahr (saisonale Speicherung) noch deutlich grösser als bei der Jahresproduktion, d.h. ohne die Potenziale des Runden Tisches Wasserkraft sind die vorhandenen Potenziale deutlich geringer.

Die hier ausgewiesenen Potenziale für die saisonale Speicher sind tiefer als beim Runden Tisch Wasserkraft, da hier keine Neuanlagen berücksichtigt wurden.

Tabelle 1: Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial (GWh pro Jahr) nach Kategorien

	Produktions- erhöhung Jahr (GWh/a)	Produktions- erhöhung Sommer (GWh/a)	Produktions- erhöhung Winter (GWh/a)	Erhöhung Saisonspeicherung (GWh/a)
Erneuerungen	98	27	70	1
Erweiterungen	807	352	456	178
Erweiterungen Runder Tisch Wasserkraft	361	-1187	1548	1626
Massnahmen unterhalb Förderschwelle	85	63	22	11
Total Grosswasserkraft	1351	-745	2096	1816

Abbildung 2: Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial (GWh pro Jahr)



3.3 Potenzial nach Art der Massnahmen

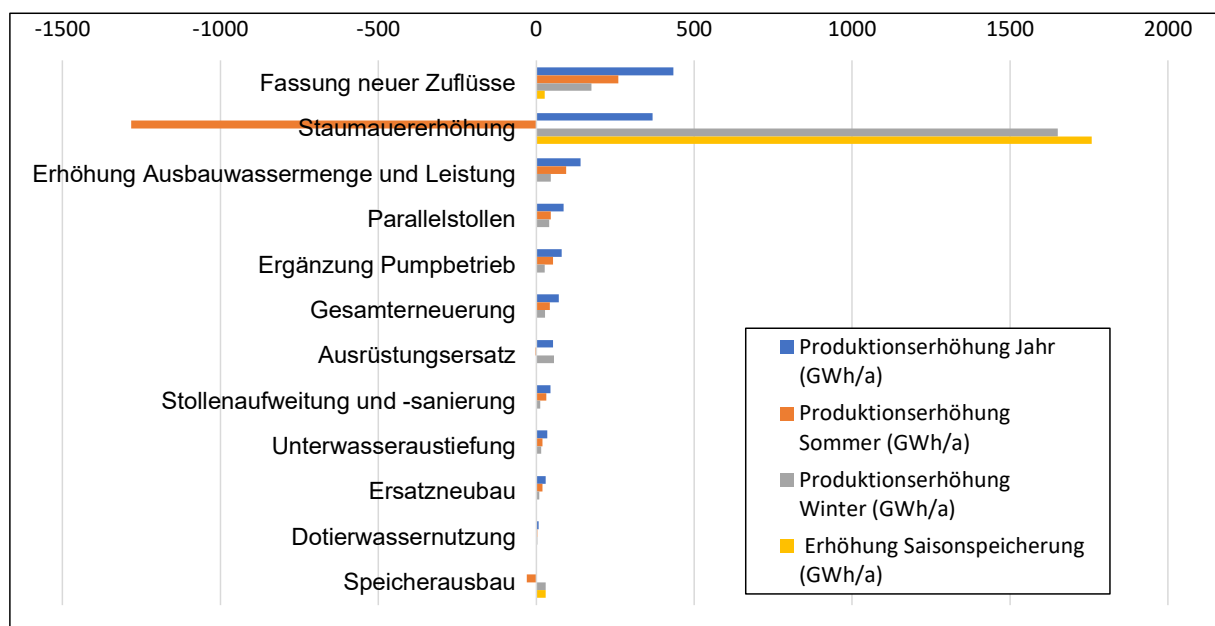
In Tabelle 2 bzw. Abbildung 3 ist das Potenzial für die Grosswasserkraft nach Art der Massnahme aufgeschlüsselt. Es zeigt sich, dass vor allem die Staumauererhöhungen, die Fassung neuer Zuflüsse sowie die Erhöhung der Ausbauwassermenge und der Leistung mit einer Summe von 942 GWh pro Jahr massgeblich zum vorhandenen Potenzial beitragen. Dies sind allerdings auch diejenigen Massnahmen mit den potenziell grössten Umweltwirkungen, da die Nutzung auf neue Ressourcen ausgeweitet wird. Daneben gibt es eine grössere Anzahl von Massnahmen wie Parallelstollen, Stollenaufweitungen, Ausrüstungsersatz oder Flussaustiefungen, die in erster Linie auf eine Effizienzsteigerung abzielen. Diese Kategorien weisen ein Potenziale von insgesamt 409 GWh pro Jahr auf.

Staumauererhöhungen sind die einzige Massnahme, die zu einer massgeblichen Erhöhung der saisonalen Speicherung und damit zur Erhöhung der Winterproduktion beitragen. Da diese Projekte oft nur eine geringe zusätzliche Produktion aufweisen, wird zwar die Winterproduktion erhöht, im Gegenzug aber die Sommerproduktion reduziert. Kleinere Beiträge zur Steigerung der Winterproduktion liefern auch die Fassung neuer Zuflüsse, die Erhöhung der Ausbauwassermenge und Leistung sowie der Ausrüstungsersatz.

Tabelle 2: Potenzial bei der Grosswasserkraft nach Art der Massnahme (GWh pro Jahr) inklusive Projekte des Runden Tisches Wasserkraft⁷

	Produktions- erhöhung Jahr (GWh/a)	Produktions- erhöhung Sommer (GWh/a)	Produktions- erhöhung Winter (GWh/a)	Erhöhung Saisonspeicheru- ng (GWh/a)
Fassung neuer Zuflüsse	434	260	174	26
Staumauererhöhung	368	-1283	1651	1759
Erhöhung Ausbauwassermenge und Leistung	140	94	46	0
Parallelstollen	87	46	41	0
Ergänzung Pumpbetrieb	80	53	28	0
Gesamterneuerung	71	43	28	0
Ausrüstungsersatz	53	-3	56	1
Stollenaufweitung und - sanierung	45	32	13	0
Unterwasseraustiefung	35	19	16	0
Ersatzneubau	30	20	10	0
Dotierwassernutzung	7	4	4	0
Speicherausbau	0	-30	30	30
Total Grosswasserkraft	1351	-745	2096	1816

Abbildung 3: Potenzial bei der Grosswasserkraft nach Art der Massnahme



3.4 Wirtschaftlichkeit der Massnahmen

Insgesamt wurden Grosswasserkraftpotenziale mit einer Jahresproduktion von 816 GWh pro Jahr gemeldet, die unter den heutigen Bedingungen voraussichtlich rentabel sind. Dies entspricht rund 60 Prozent des insgesamt gemeldeten Potenzials. Gemäss den Umfrageergebnissen sei ein sehr kleiner Teil davon (24 GWh pro Jahr) für die Betreiber ohne Förderung rentabel. Dabei handelt es sich vor allem um Massnahmen wie den Ersatz von Turbinen und

⁷ Aus den Projekten, welche bereits im Rahmen des Runden Tisches Wasserkraft bekannt waren, resultiert ein Potenzial von 1'602 GWh pro Jahr zusätzlicher Winterproduktion bzw. 1'626 GWh pro Jahr saisonale Speicherung.

Generatoren (Ausrüstungsersatz), die zum Erhalt der Betriebsfähigkeit ohnehin gemacht werden müssen, oder um Dotierwassernutzungen. Die restlichen Potenziale (792 GWh pro Jahr) sind gemäss Einschätzung der Betreiber mit den erwarteten Markterlösen nicht wirtschaftlich realisierbar. Sie können aber mit den bestehenden Förderinstrumenten (sofern die entsprechende Förderung zugestanden wird) realisiert werden. Die Aufteilung der rentablen Projekte sowie deren Auswirkungen auf die saisonale Produktion sowie die saisonale Speicherung ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Rentable Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen

	Produktions- erhöhung Jahr (GWh/a)	Produktions- erhöhung Sommer (GWh/a)	Produktions- erhöhung Winter (GWh/a)	Erhöhung Saison- speicherung (GWh/a)
Erneuerungen	67	3	64	1
Erweiterungen	390	156	233	32
Erweiterungen Runder Tisch Wasserkraft	345	-893	1238	1316
Massnahmen unterhalb Förderschwelle	14	10	5	0
Total Grosswasserkraft	816	-724	1540	1349

Projekte mit einer Jahresproduktion im Umfang von 431 GWh pro Jahr würden gemäss den Angaben der Betreiber nur realisiert, wenn die Förderung ausgebaut wird oder sich die Marktbedingungen verbessern (vgl. Tabelle 4). Dies betrifft vor allem Projekte mit Stollenaufweitungen und Parallelstollen sowie teilweise Staumauererhöhungen.

Tabelle 4: Unrentable Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen

	Produktions- erhöhung Jahr (GWh/a)	Produktions- erhöhung Sommer (GWh/a)	Produktions- erhöhung Winter (GWh/a)	Erhöhung Saison- speicherung (GWh/a)
Erneuerungen	20	15	5	0
Erweiterungen	327	168	159	100
Erweiterungen Runder Tisch Wasserkraft	16	-294	310	310
Massnahmen unterhalb Förderschwelle	68	52	16	11
Total unrentable Projekte	431	-59	490	422

Bezogen auf die zusätzliche Jahresproduktion wurden für Projekte im Umfang von 105 GWh pro Jahr keine Angabe zur Wirtschaftlichkeit gemacht. Dies dürfte primär Projekte in frühen Planungsstadien betreffen, da noch keine belastbaren Zahlen vorhanden sind.

Die Angaben zur Wirtschaftlichkeit unterteilt nach einzelnen Massnahmentypen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Wirtschaftlichkeit der Erneuerungen und Erweiterungen bezogen auf die zusätzliche Jahresproduktion aufgeschlüsselt nach Massnahmenkategorie (Projekte ohne Angaben wurden nicht aufgeführt)

	ja (ohne Förderung)	ja (mit heutigen Förderinstrumenten)	nein (auch mit aktuellen Fördersätzen nicht)
Ausrüstungsersatz	17	37	
Dotierwassernutzung	1	7	
Ergänzung Pumpbetrieb		55	25
Erhöhung Ausbauwassermenge und Leistung		60	80
Ersatzneubau		30	
Fassung neuer Zuflüsse	6	257	90
Gesamterneuerung		35	26
Parallelstollen		87	
Staumauererhöhung		225	130
Stollenaufweitung und -sanierung			45
Unterwasseraustiefung			35
Total Grosswasserkraft	24	792	431

3.5 Aufteilung der Potenziale nach Kantonen

Die Erneuerungs- und Erweiterungspotenziale aufgeteilt nach Kantonen ist in Tabelle 6 dargestellt. Das Potenzial konzentriert sich auf die Gebirgskantone, da in diesen auch ein Grossteil der Wasserkraftproduktion liegt. In verschiedenen Kantonen besteht demgegenüber kein Potenzial für Erneuerungen und Erweiterungen. Die grössten Potenziale für die Erstellung von zusätzlicher Saisonspeicherung liegen in den Kantonen Bern, Graubünden und Wallis.

Tabelle 6: Erneuerungs- und Erweiterungspotenzial nach Kantonen

	Produktions erhöhung Jahr (GWh/a)	Produktions erhöhung Sommer (GWh/a)	Produktions erhöhung Winter (GWh/a)	Erhöhung Saisonspeic herung (GWh/a)
Aargau	71	41	31	0
Basel-Landschaft	25	14	12	0
Bern	120	-228	348	319
Freiburg	14	7	7	0
Genf				
Glarus	56	11	45	18
Graubünden	234	-36	269	207
Neuenburg	12	5	7	0
Nidwalden	7	5	2	0
Obwalden	7	5	3	0
Schaffhausen				
Schwyz	0			
Solothurn				
St.Gallen	7	5	2	0
Tessin	91	-9	100	78
Uri	44	-16	60	60
Waadt	95	12	83	40
Wallis	562	-563	1125	1094
Zürich	6	3	3	0
Basel-Stadt				
Total Grosswasserkraft	1351	-745	2096	1816

3.6 Gründe für eine Nichtrealisierung

Im Rahmen der Umfrage wurde auch abgefragt, welche Hindernisse beziehungsweise Verhinderungsgründe der Realisierung des Potenzials entgegenstehen (vgl. Abbildung 4).

Am häufigsten wurden Gründe genannt, welche mit einem nahen Konzessionsende in Verbindung stehen. Bei Kraftwerken, deren Konzession in naher Zukunft ausläuft, ist oft unklar, ob und in welcher Form die heutigen Betreiber nach der Konzessionserneuerung noch beteiligt sein werden. In diesem Zusammenhang wurde häufig auf die Notwendigkeit einer Restwertvereinbarung hingewiesen.

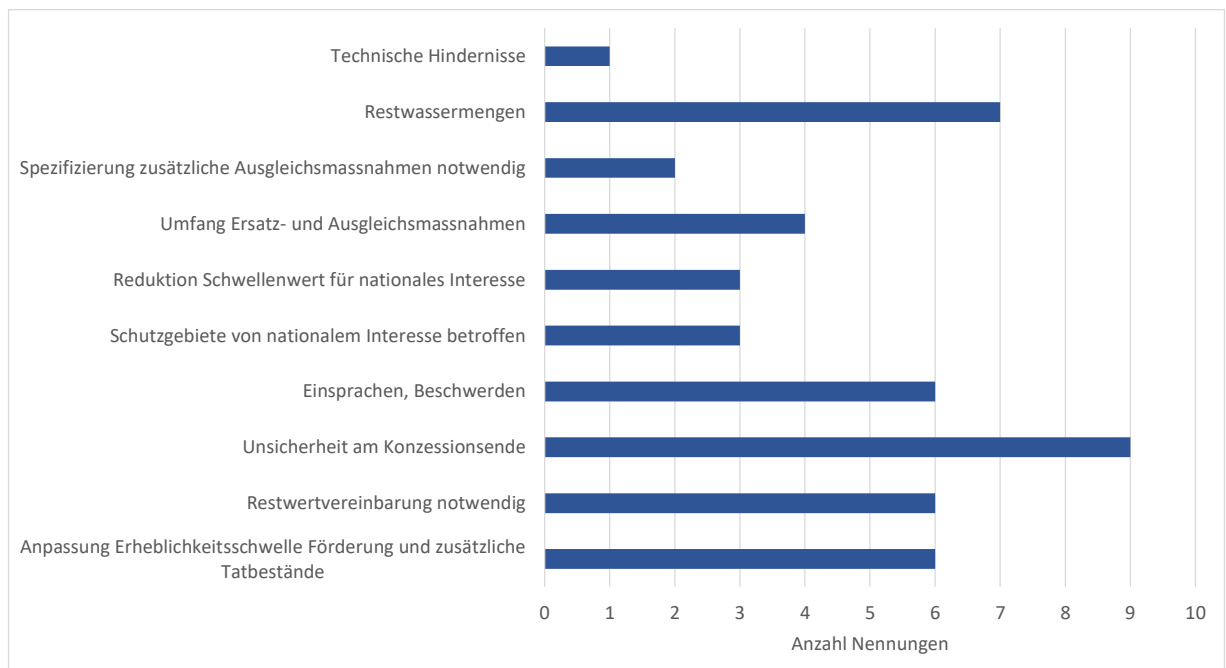
Einen zweiten Komplex bilden die umweltrechtlichen Themen. Explizit genannt wurden die Restwassermengen, die notwendige Festlegung zusätzlicher Ausgleichsmassnahmen sowie Schutzgebiete von nationalem Interesse. Dabei ist jedoch zu erwähnen, dass bei Erneuerungen und Erweiterungen – im Gegensatz zu Neuanlagen – kein genereller Ausschluss⁸ gilt. Ebenfalls häufig wurden Beschwerden und Einsprachen als Hindernis genannt.

⁸ Gemäss Artikel 12 Absatz 2 des Energiegesetzes (EnG, SR 730.0) sind in Biotopen von nationaler Bedeutung und in Wasser- und Zugvogelreservaten neue Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgeschlossen.

Die fehlende Rentabilität wurde als weiteres Hindernis genannt. Im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit wurden primär die Anpassung der Erheblichkeitsschwelle – nur erhebliche Erneuerungen und Erweiterungen können gefördert werden – sowie die Notwendigkeit zusätzlicher Fördertatbestände (z.B. die Erweiterung von Anlagen mit Pumpen) angeführt.

Technische Hindernisse spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Es ist jedoch davon auszugehen, dass technisch nicht realisierbare Projekte auch nicht gemeldet wurden.

Abbildung 4: Verhinderungsgründe für die Realisierung von Erneuerungen und Erweiterungen (n=47)



4 Schlussfolgerungen

Bei den bestehenden Wasserkraftwerken gibt es noch ein erhebliches Ausbaupotenzial. Dieses Potenzial besteht vor allem bei Erweiterungen (Staumauererhöhungen, Fassung neuer Zuflüsse, Erhöhung Ausbauwassermenge und Leistung), die jedoch mit zusätzlichen Eingriffen in die Umwelt verbunden sind. Das Potenzial für Erneuerungen und Effizienzsteigerungen ist dagegen sehr begrenzt. Das am häufigsten genannte Hindernis für die Realisierung sind Unsicherheiten im Hinblick auf das Konzessionsende.

Das vorhandene Potenzial sollte im Sinne einer Gesamtbetrachtung insbesondere realisiert werden, falls im Vergleich mit anderen Energieträgern ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis aus diesem Potenzial resultiert. Verschiedene Massnahmen wurden bereits ergriffen, um die Realisierung zu fördern. Als zusätzliche Massnahme wäre eine Effizienzverpflichtung denkbar. Insbesondere ältere Anlagen sind nicht immer optimal dimensioniert. Dem könnte durch eine Verpflichtung zur Optimierung der Anlage bei Konzessionserneuerungen begegnet werden. Bereits heute ist das BFE gemäss Artikel 5 WRG berechtigt, die Pläne der anzulegenden Werke daraufhin zu prüfen, ob sie in ihrer generellen Anlage der zweckmässigen Nutzung

entsprechen. Das Wasserrechtsgesetz könnte dahingehend ergänzt werden, dass Anlagen nach der Konzessionserneuerung einen gewissen Effizienzgrad (Ausbaugrad, Wirkungsgrad, energiewirtschaftliche Zweckmässigkeit) erreichen müssen.

5 Anhang

Übersicht zu möglichen Erneuerungs- und Erweiterungsmassnahmen

Speicher

- **Erhöhung von Stauanlagen:** Erhöhung der Stauanlage eines bestehenden Stausees zur Vergrösserung des Speichervolumens. Damit kann zwar in der Regel nur eine relativ bescheidene Produktionserhöhung auf Jahresbasis erreicht werden, dafür aber eine erhebliche zusätzliche Verlagerung vom Sommer in den Winter.
- **Speicherausbau:** Erstellung eines neuen Speichersees, der an ein bestehendes Wasserkraftwerk angeschlossen wird. Aus energetischer Sicht weist diese Massnahme sehr ähnliche Eigenschaften wie die Stauanlagenerhöhung auf.
- **Wiederherstellung und Aufrechterhaltung Speichervolumen:** Durch den Eintrag von Sedimenten verringert sich im Laufe der Jahre das vorhandene Speichervolumen. Bis 2100 dürften dadurch über 300 GWh an Speicherkapazitäten verloren gehen⁹. Dieses könnte durch die Entfernung von Sedimenten wiederhergestellt resp. durch Massnahmen des Speichermanagements langfristig erhalten werden. Im Rahmen der durchgeführten Umfrage wurden keine derartige Massnahme gemeldet.

Fassung neuer Zuflüsse

Entweder werden Abflüsse von bisher ungenutzten Einzugsgebieten in die Triebwasserwege von nahegelegenen Wasserkraftwerken eingeleitet oder die Kapazität bestehender Fassungen wird erhöht. Dadurch kann die Produktion erhöht werden. Sofern nicht auch die Speichermöglichkeiten ausgebaut werden, fällt die Zusatzproduktion in der Regel vor allem im Sommer an.

Triebwassersystem

Als Triebwasserweg bezeichnet man die gesamten Anlagen zwischen der Wasserfassung bzw. dem Speichersee und der Zentrale. Dazu gehören beispielsweise Freispiegelstollen, Druckleitungen, Druckschächte, das Wasserschloss und die Apparatkammer. Alle Massnahmen im Triebwassersystem zielen darauf ab, die Energieverluste zwischen der Wasserfassung bzw. -speicherung und der Wasseraufbereitung im Kraftwerk durch Verringerung der Fließgeschwindigkeit bzw. der Reibung zu reduzieren. Dadurch kann die produzierte Energie pro m³ genutztem Wasser (Energiegleichwert) erhöht werden. Dies kann entweder durch die Erstellung eines parallelen Triebwasserwegs (Parallelstollen) oder die Stollenaufweitung und -sanierung (z.B. Reparatur von Fehlstellen an Stolleninnenflächen) bestehender Triebwasserwege

⁹ Dahal, S. (2025): Reservoir sedimentation management in Switzerland for sustainable hydropower under climate change. Dissertation Thesis, ETH Zurich (in review).

erfolgen. Teilweise werden auch Freispiegelstollen durch eine Druckleitung ersetzt, wodurch zusätzliches Gefälle genutzt werden kann.

Zentrale

- **Erhöhung Ausbauwassermenge und Leistung:** Durch den Einbau grösserer bzw. zusätzlicher Turbinen und Generatoren.
- **Ausrüstungsersatz:** Dazu gehört der Austausch veralteter Kraftwerksausrüstungen wie Turbinen und Generatoren. Dies kann zur Erhöhung des Wirkungsgrades oder zur Verbesserung des Teillastverhaltens und damit zur Reduktion der Verluste führen.

Dotierwassernutzung

Bei Konzessionserneuerungen müssen die Restwassermengen gemäss Artikel 29 ff. des Gewässerschutzgesetzes (GSchG, SR 814.20) eingehalten werden, was in der Regel eine Mehrdotierung zur Folge hat. Zur Nutzung der Höhendifferenz bis an den Fuss einer Stauanlage oder Wasserfassung können Dotierwasserkraftwerke eingebaut werden.

Unterwasseraustiefung

Durch die Austiefung des Flussbetts unterhalb von Flusskraftwerken kann das nutzbare Gefälle und damit auch die Energieproduktion erhöht werden.

Gesamte Anlage

- **Gesamterneuerung:** Damit sind Projekte zusammengefasst, bei denen verschiedene Anlagenteile wie beispielsweise Fassung, Triebwasserweg, Maschinen oder Leittechnik gleichzeitig erneuert werden.
- **Ersatzneubau:** Ältere Anlagen wurden teilweise noch nicht mit dem heute möglichen und üblichen Ausbaugrad erstellt. Durch den vollständigen Ersatz des bestehenden Kraftwerks mit allen relevanten Anlagenteilen kann dabei teilweise eine deutliche Produktionssteigerung erreicht werden.

Ergänzung Pumpbetrieb

Durch die Installation von Pumpen kann Wasser aus einem Teileinzugsgebiet in einem höhergelegenen Speicher zwischengespeichert werden. Wenn das Wasser anschliessend über eine grössere Fallhöhe turbinieren kann, kann daraus eine deutliche Mehrproduktion resultieren.