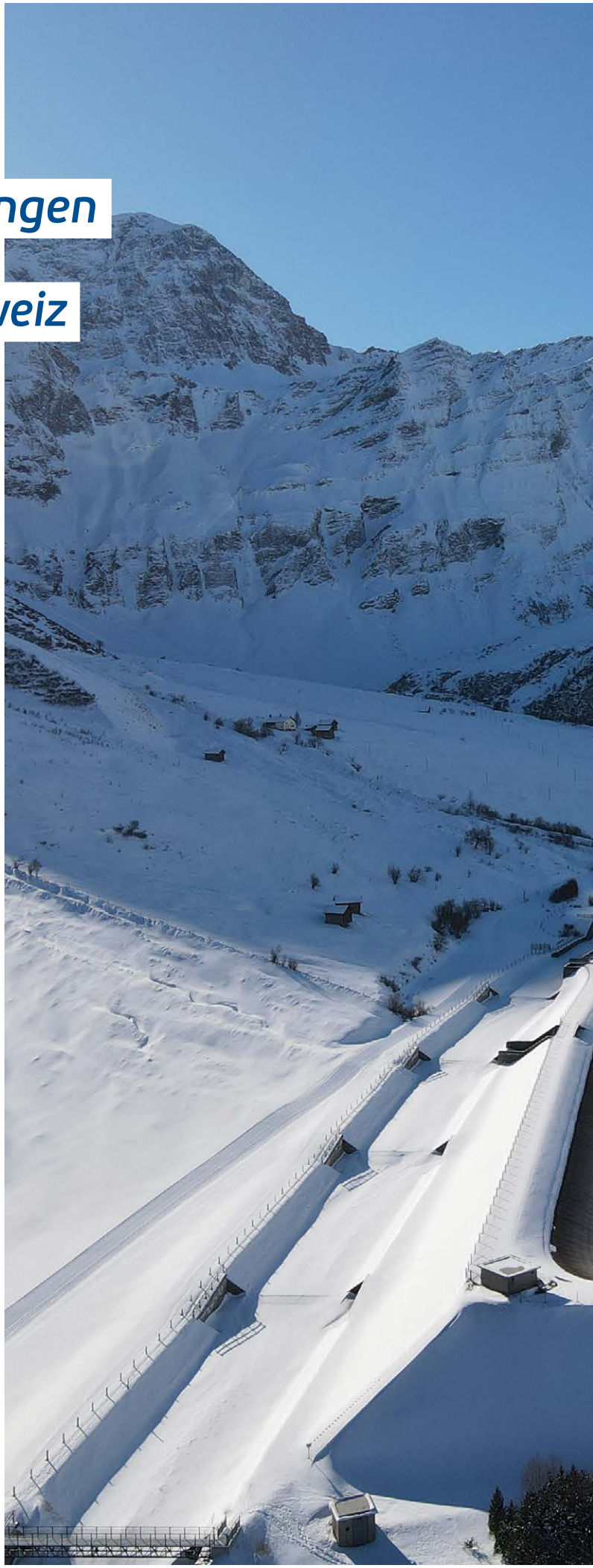
Auswirkungen der Restwasserbestimmungen auf die Wasserkraftproduktion in der Schweiz



Der erweiterte Ausbau der Wasserkraftproduktion steht im Spannungsfeld zur Sicherstellung der ökologischen Funktion der Fliessgewässer – ein Konflikt, der emotional geführte Debatten auslöst. Bisher fehlten reproduzierbare, datenbasierte Abschätzungen der Produktionsminderungen infolge festgelegter Restwassermengen. Öffentlich zugängliche Daten sind wichtig, um eine nachhaltige Wasserwirtschaft zu ermöglichen und fundierte Entscheidungsprozesse zu unterstützen.

Von Tobias Wechsler, Hanna Baumann, Max Hurni und Bettina Schaefli

Der Klimawandel hat vielfältige Auswirkungen auf die schweizerische Wasserwirtschaft. Die erwarteten und schon beobachteten hydrologischen Veränderungen bringen insbesondere eine Abflusszunahme im Winter und eine Abflussabnahme im Sommer mit sich (Muelchi et al. 2021; BAFU 2021). Die Abflussabnahmen im Sommer gehen einher mit steigenden Nachfragen nach Wasser in einem wärmeren Klima, zum Beispiel zur Bewässerung. Somit dürfte die Konkurrenz sowohl zwischen verschiedenen Nutzungen der Wasserressourcen als auch zwischen den Nutzungen und den Bedürfnissen der Gewässer als Ökosysteme und Landschaftselemente weiter steigen (Lanz 2021). Durch den Klimawandel steigen ebenfalls die Wassertemperaturen im Sommer (Michel et al. 2020), was den Druck auf die aquatische Lebenswelt erhöht (BAFU 2021; BAFU 2022a). Bereits heute sind aquatische Lebewesen auf den Roten Listen der bedrohten Arten überrepräsentiert (BAFU / info fauna 2022). Steigende Wassertemperaturen schränken aber auch anthropogene Wassernutzungen, zum Beispiel als Kühlwasser, ein (Brunner et al. 2019). Gleichzeitig ist ein erweiterter Ausbau der Stromproduktion aus Wasserkraft politisch gewünscht und geplant (BFE 2012).

Gefülltes Ausgleichsbecken der Kraftwerke Zervreila bei Thalkirch im Safiental (GR). Die Restwasserstrecke der Rabiusa links im Bild ist hingegen mit Ausnahme der Monate Mai und Juni praktisch ganzjährig trockengelegt.

© Tobias Wechsler

Das Thema Restwasser bewegt sich im Spannungsfeld von Klimawandel, Biodiversität, Wasserqualität und Energie (Wechsler & Weber 2024). Den rechtlichen Rahmen bilden die Bundesverfassung (BV), das Gewässerschutzgesetz (GSchG) und die Gewässerschutzverordnung (GSchV). Diese sollen sicherstellen, dass sowohl die ökologische Funktion der Gewässer als auch jene ihres Umlands erhalten bleiben (BUWAL 2000; Uhlmann & Wehrli 2006) und weitere Nutzungen – etwa zur Stromproduktion – möglich sind (Wechsler et al. 2025a). Trotz dieser gesetzlichen Grundlage sorgt das Thema Restwasser immer wieder für emotionale Debatten. Folgende Schlagzeile der Neuen Zürcher Zeitung aus dem Jahr 2012 bringt es treffend auf den Punkt: «Restwasser sorgt für rote Köpfe» (NZZ 2012). Vereinfacht gesagt: Einer Ausweitung der Stromproduktion aus Wasserkraft stehen die geforderte Verbesserung der ökologischen Funktion der Fliessgewässer und deren Rolle als Landschaftselement gegenüber. In der Debatte fehlte bis anhin eine Grundlage, wie hoch heute die Produktionsminderungen aufgrund der geltenden Restwasserbestimmungen sind. Frühere, nationale Abschätzungen bezogen sich jeweils auf zukünftige Entwicklungen – etwa darauf, wie hoch die Produktionsminderungen bis zum Jahr 2050 oder 2070 ausfallen könnten (BAFU 2019; BFE 2012; Pfammatter & Semadeni Wicki 2018). Ein Rückblick zeigt, dass der Einfluss von Restwasserbestimmungen auf die Wasserkraftproduktion wiederholt überschätzt wurde – sowohl im Zusammenhang mit Produktionsminderungen nach Neukonzessionierungen (BAFU 2019) als auch im Rahmen der Verordnung zur befristeten Produktionserhöhung im Winter 2022/2023 (BAFU 2023). Für politische Entscheidungsprozesse, wie etwa bei der genannten Verordnung, fehlten häufig belastbare Datengrundlagen (Schaefli et al. 2022): Parlamentarier:innen erhofften sich im Vorfeld der Verordnung 600 Gigawattstunden zusätzlichen Winterstrom (Wechsler & Weber 2024). Der Bundesrat schätzte 150 Gigawattstunden. Eine Umfrage bei den Kantonen ergab jedoch, dass durch die Verordnung lediglich 26 Gigawattstunden zusätzlich produziert wurden (BAFU 2023).

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen von SPEED2ZERO (https://speed2zero.ethz.ch) eine Restwasser-Datenbank entwickelt. Sie soll eine öffentlich zugängliche Datengrundlage als Basis für vielfältige Anwendungen schaffen. In diesem Artikel zeigen wir erstmals simulationsbasiert, wie gross die aktuellen Produktionsminderungen infolge der festgelegten Restwassermengen sind.

Restwasserbestimmungen

Bei Ausleitkraftwerken wird Wasser aus einem Fliessgewässer entnommen, um es zur Stromproduktion zu nutzen. Der Flussabschnitt zwischen Wasserentnahme und -rückgabe wird als Restwasserstrecke bezeichnet (Abb. 1). In diesem Abschnitt soll eine angemessene Mindestabflussmenge verbleiben: das Restwasser (Art. 76 BV). Zur Umsetzung dieses verfassungsrechtlichen Auftrags sieht das GSchG ein mehrstufiges Verfahren vor, welches in Wechsler et al. (2025a) ausführlich beschrieben wird. Kurz: Ausgangspunkt ist eine Mindestrestwassermenge in Abhängigkeit vom jeweiligen Niedrigwasserindikator Q347 (Art. 31 Abs. 1 GSchG), die so lange erhöht werden muss, bis bestimmte ökologische Kriterien erfüllt sind (Art. 31 Abs. 2 GSchG). In einem weiteren Schritt sind die Inhaber der Wasserrechte verpflichtet, die Restwassermengen im Rahmen einer Interessensabwägung möglichst noch weiter zu erhöhen (Art. 33 GSchG). Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Mindestrestwassermenge jedoch auch unterschritten werden (Art. 32 GSchG).

Produktionsminderungen durch Restwasserbestimmungen

Mit Produktionsminderung ist die Reduktion der Stromerzeugung aus Wasserkraft gemeint, die aufgrund gesetzlicher Restwasserbestimmungen erfolgt – also durch jene Wassermengen, die im natürlichen Gewässer verbleiben müssen und nicht zur Energiegewinnung genutzt werden können. Wie gross diese Produktionsminderungen in der Schweiz tatsächlich sind, wurde in der Vergangenheit wiederholt diskutiert. Bisherige Abschätzungen auf nationaler Ebene richten sich auf zukünftige Entwicklungen wie etwa bis zum Jahr 2050 oder 2070. Im Laufe der Zeit wurden dabei unterschiedliche Grössenordnungen genannt:

- 1987 prognostizierte der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV, neu hydrosuisse) eine jährliche Produktionsminderung von 1500 Gigawattstunden bis ins Jahr 2070, verursacht durch die Mindestrestwassermengen gemäss Artikel 31 GSchG. Die damals in einzelnen Konzessionen bereits bestehenden Restwasservorgaben wurden dabei nicht berücksichtigt (BAFU 2019).

- 1992 wurde im Abstimmungsbüchlein zur Volksabstimmung über das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) erläutert, dass die Mindestrestwassermengen gemäss Artikel 31 die damalige Wasserkraftproduktion bis 2070 um knapp 6 Prozent – rund 2000 Gigawattstunden pro Jahr – reduzieren würden (BAFU 2019). Zusätzlich wurde eine weitere Produktionsminderung von 2000 Gigawattstunden pro Jahr vermutet, insbesondere durch Interessensabwägungen gemäss Artikel 33. Insgesamt ergäbe sich eine Minderung von rund 4000 Gigawattstunden pro Jahr. Dies hätte etwa 12 Prozent der damaligen Wasserkraftproduktion entsprochen. Trotz dieser Befürchtungen wurde die Vorlage mit einer Zweidrittelmehrheit angenommen.

– 2003 schätzte der Bundesrat, dass die Produktionsminderungen infolge der Restwasserbestimmungen bis 2070 kaum über 2000 Gigawattstunden pro Jahr hinausgehen dürften. Grundlage war eine Analyse des BAFU aus dem Jahr 2002, die zeigte, dass durch Artikel 33 GSchG nur selten erhöhte Restwassermengen festgelegt wurden. Die Produktionsminderung seit Einführung von Artikel 31 GSchG fiel mit 3,5 Prozent deutlich geringer aus als die zuvor befürchteten 6 beziehungsweise 12 Prozent (BFE 2012).

– 2011, im Zuge der Revision des Gewässerschutzgesetzes wurde angenommen, dass durch zusätzliche Ausnahmen für tiefere Mindestrestwassermengen (Art. 32 GSchG) die Produktionsminderungen abgeschwächt werden könnten und nur mit einer Produktionsminderung von 700 Gigawattstunden pro Jahr zu rechnen ist (BFE 2011; BFE 2012).

– 2012, im Zusammenhang mit der Energiewende 2050, wurde dieser Wert wieder nach oben korrigiert (BFE 2012). Für alle weiteren Arbeiten zur Energiewende wurde die jährliche Produktionsminderung durch Restwasser bis 2050 auf 1400 Gigawattstunden festgelegt.

– 2018 schätzte der SWV (hydrosuisse), dass die Umsetzung der Restwasserbestimmungen gemäss GSchG bis ins Jahr 2050 jährliche Produktionsminderungen von mindestens 2280 Gigawattstunden verursachen werde – rund 6 Prozent der jährlichen Wasserkraftproduktion (Pfammatter & Semadeni Wicki 2018). In einzelnen Szenarien der Studie von Pfammatter & Semadeni Wicki (2018) könnten die Minderungen bis 2050 sogar über 6000 Gigawattstunden pro Jahr betragen (Boes et al. 2021).

– 2019 wurde im Rahmen einer Aktualisierung (BFE 2019) der Wert für die durch Restwasserbestimmungen verursachte Produktionsminderung auf 1900 Gigawattstunden pro Jahr (entsprechend 5 Prozent der damaligen Jahresproduktion) für den Zeitraum 2019 bis 2050 erhöht (Boes et al. 2021).

Da bislang weder die zugrunde liegenden Daten noch die verwendeten Methoden im Detail offengelegt wurden, konnten die in der Vergangenheit genannten Werte nicht reproduziert werden. Im Unterschied zu den bisherigen Schätzungen zukünftiger Produktionsminderungen konzentriert sich diese Arbeit auf die aktuellen Auswirkungen der festgelegten Restwassermengen. Die neu entwickelte Restwasser-Datenbank sowie die hier angewandte Methodik schaffen auch eine Grundlage, um reproduzierbare Abschätzungen für zukünftige Entwicklungen zu ermöglichen.

Restwasser-Datenbank

Informationen zu festgelegten Restwassermengen sind in unterschiedlichen Datenquellen zu finden. Deren Zugänglichkeit ist jedoch oft ein limitierender Faktor für Restwasser-Analysen (Wechsler et al. 2025b). Mit der im Rahmen von SPEED2ZERO entwickelten Restwasser-Datenbank steht nun erstmals eine öffentlich zugängliche Datengrundlage für grossräumige Anwendungen zur Verfügung. Sie umfasst rechtliche, hydrologische und technische Attribute. Der Fokus liegt auf Wasserkraftanlagen. Jeder Eintrag in der Datenbank lässt sich eindeutig über die in der Statistik der Wasserkraftanlagen (WASTA) hinterlegten Nummern einem Ausleitkraftwerk zuordnen. Ob es sich bei einer Wasserkraftanlage um ein Ausleitkraftwerk handelt, ist erst seit 2022 als Attribut in der WASTA-Datenbank enthalten. Frühere Studien, wie jene von Pfammatter & Semadeni Wicki (2018), konnten sich noch nicht auf diese Information stützen. Zusätzlich enthält die Restwasser-Datenbank tägliche Abflusszeitreihen für die Referenzperiode 1991 bis 2020, die von Dr. Massimiliano Zappa (WSL) mit dem hydrologischen Modell PREVAH simuliert wurden (Viviroli et al. 2009; Speich et al. 2015). Diese Zeitreihen sind für sämtliche Einzugsgebiete der in der Restwasser-Datenbank enthaltenen Ausleitkraftwerke verfügbar. Eine ausführliche Dokumentation sowie sämtliche Daten zur Restwasser-Datenbank sind über Envidat verfügbar (Wechsler et al. 2025b).

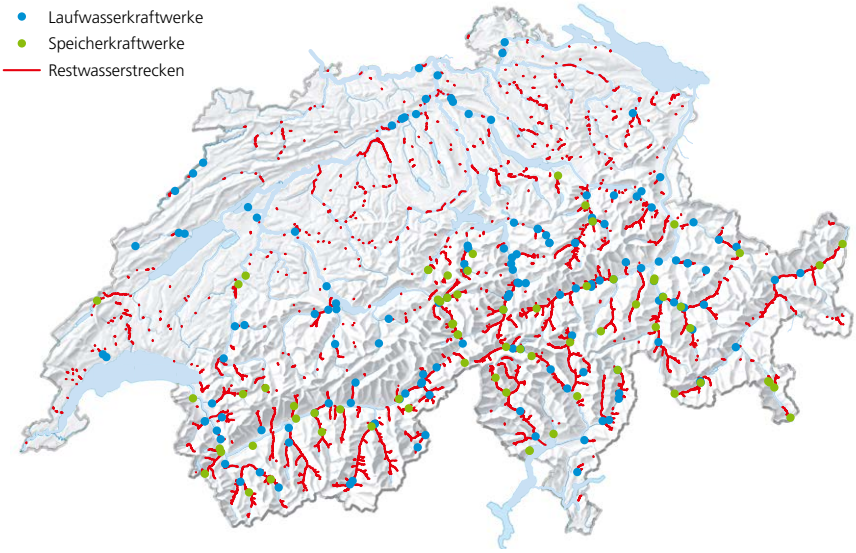


Abb. 1: Übersicht zu den in diesem Artikel betrachteten 147 Laufwasserkraftwerken, 70 Speicherkraftwerken sowie den 2684 Flusskilometern umfassenden Restwasserstrecken im Zusammenhang mit der Wasserkraft (Wechsler et al. 2025b).

Methodik

Die kraftwerkszentrierte Betrachtung in Kombination mit den hydrologischen Zeitreihen ermöglicht eine simulationsbasierte Aufteilung des Abflusses in Restwasser, Nutzwasser und Überlauf (Abb. 3). Dadurch können erstmals Produktionsminderungen infolge der festgelegten Restwassermengen simulationsbasiert quantifiziert werden. Berücksichtigt werden Laufwasserkraftwerke und Speicherkraftwerke aus der Restwasser-Datenbank mit einer installierten Leistung von über 3 Megawatt, die Wasser aus einem natürlichen Gewässer ausleiten und dadurch eine Restwasserstrecke verursachen. Insgesamt wurden 217 Wasserkraftanlagen in die Analyse einbezogen (Abb. 2). 18 Wasserkraftanlagen ohne Angaben zu den festgelegten Restwassermengen wurden nicht berücksichtigt.

Auf Basis der in der Restwasser-Datenbank dokumentierten Restwasser- und Ausbauwassermengen eines Kraftwerks wird mittels Dauerkurvenansatz – wie er auch in anderen Studien zur Wasserkraft angewendet wurde (z. B. Hänggi & Weingartner 2012; Wechsler et al. 2023b) – für jeden Zeitschritt ermittelt, welcher Anteil des Abflusses als Restwasser vorgesehen ist, welcher für die Stromproduktion genutzt werden kann (Nutzwasser) und welcher Anteil aufgrund der limitierten Ausbauwassermenge überläuft. Der Restwasseranteil bildet die Grundlage, um mit der folgenden Formel die Produktionsminderung E_{rw} im Verhältnis zur kraftwerkspezifischen Produktionserwartung gemäss WASTA 2023 (BFE 2024) zu berechnen:

$$E_{\mathrm{rw}} = \sum_{i=1}^{n} E_i \frac{V_{\mathrm{rw},i}}{V_{\mathrm{nw},i}}.$$

E_i steht für die erwartete Stromproduktion einer spezifischen Wasserkraftanlage gemäss WASTA 2023, $V_{rw,i}$ für deren Restwasseranteil gemäss der Restwasser-Datenbank und $V_{nw,i}$ für den entsprechenden Nutzwasseranteil ebenfalls gemäss der Restwasser-Datenbank. Der Formel liegt die Annahme zugrunde, dass zwischen Abfluss und Stromproduktion ein linearer Zusammenhang besteht. Ein Ansatz, der auch als Energiekoeffizient (kWh/m³) bezeichnet wird (Schaefli et al. 2019). Diese Vereinfachung basiert auf der Annahme einer konstanten mittleren Fallhöhe und eines konstanten Wirkungsgrads der Wasserkraftanlagen. Für die Abschätzung durchschnittlicher Produktionswerte ist dieser Ansatz vertretbar (Schaefli et al. 2019), zumal detaillierte Betriebsdaten häufig nicht verfügbar sind und eine präzise Modellierung daher nicht möglich ist. Aufgrund fehlender Betriebsdaten wurde angenommen, dass bei Speicherkraftwerken kein Überlauf stattfindet. Ein Überlauf kann beispielsweise bei starken Niederschlagsereignissen auftreten, wenn die Speicherkapazität der Wasserfassung oder des Reservoirs überschritten wird. Die Produktionsminderungen werden in diesem Artikel sowohl für das gesamte Jahr als auch für das Winterhalbjahr (Oktober bis März) simuliert.

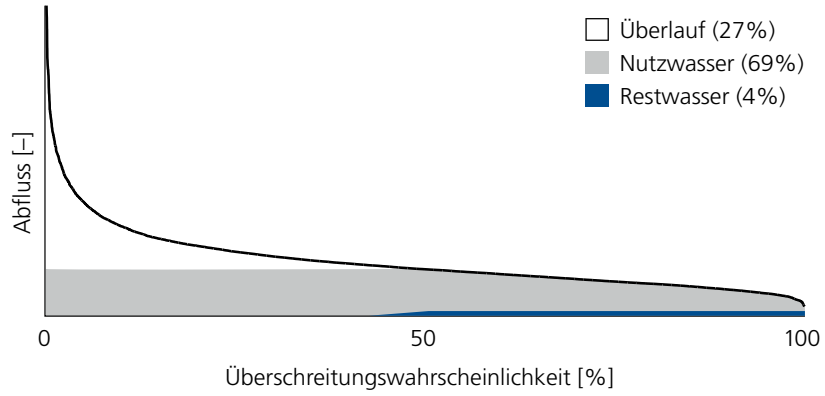


Abb. 2: Dauerkurve der Überschreitungswahrscheinlichkeit von Tagesabflusswerten für Laufwasserkraftwerke, unterteilt in Restwasser, Nutzwasser und Überlauf. Die dargestellten Anteile basieren auf dem arithmetischen Mittelwert aller 147 in dieser Analyse berücksichtigten Laufwasserkraftwerke, wobei der durchschnittliche Restwasseranteil 4 % beträgt.

Resultate und Diskussion

Aggregiert über die 217 betrachteten Wasserkraftanlagen ergibt sich bei den Laufwasserkraftwerken ein Restwasseranteil am jährlichen Gesamtabfluss im Interquartilsbereich (IQB) von 0 bis 5,5 Prozent. Der Median beträgt 1,5 Prozent (Abb. 4a). Der IQB bezeichnet die Spannweite zwischen dem ersten und dritten Quartil beziehungsweise dem 25. und 75. Perzentil aller Werte und dient im Folgenden als Mass zur Beschreibung der Werteverteilung. Auf den Nutzwasseranteil entfallen 60,5 bis 85 Prozent und auf den Überlauf 10 bis 38,5 Prozent. Bei den Speicherkraftwerken liegt der aggregierte Restwasseranteil zwischen 0 und 3 Prozent (Median: 0 %) und damit noch tiefer. Aufgrund der Annahme, dass bei Speicherkraftwerken kein Überlauf auftritt, beträgt der Nutzwasseranteil entsprechend 93,5 bis 100 Prozent. Die festgelegten Restwassermengen der 217 Wasserkraftanlagen bewegen sich zwischen 0 und 5,5 Kubikmeter pro Sekunde. In den Wintermonaten sind aufgrund saisonaler Abstufungen teils noch geringere Restwassermengen festgelegt. Die maximal festgelegte Restwassermenge von 5,5 Kubikmeter pro Sekunde mag überraschen. Sie lässt sich jedoch dadurch erklären, dass in Fällen mit höheren festgelegten Restwassermengen stets ein Dotierwasserkraftwerk vorhanden ist, welches das Restwasser nutzt, um mit einer zusätzlichen Turbine Energie zu erzeugen. In der Restwasser-Datenbank wurde jedoch nur jenes Wasser als Produktionsminderung berücksichtigt, das

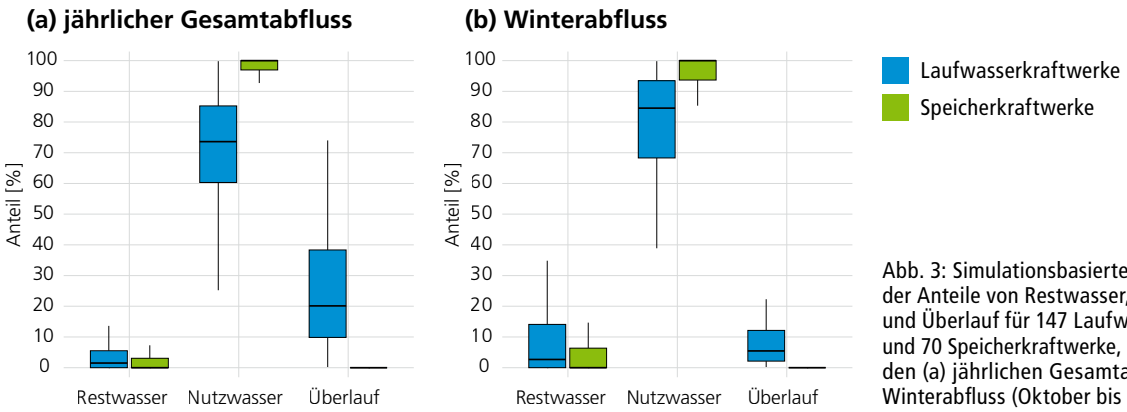


Abb. 3: Simulationsbasierte Aggregierung der Anteile von Restwasser, Nutzwasser und Überlauf für 147 Laufwasserkraftwerke und 70 Speicherkraftwerke, bezogen auf den (a) jährlichen Gesamtabfluss und (b) Winterabfluss (Oktober bis März).

nicht durch eine Turbine fliesst – bei Dotierwasserkraftwerken beispielsweise für Fischwanderhilfen.

Die Restwasseranteile von 0 bis 5,5 Prozent bei Laufwasserkraftwerken beziehungsweise 0 bis 3 Prozent bei Speicherkraftwerken, liegen unter den Werten anderer Quellen, die angeben, dass für die Natur 6 bis 12 Prozent des Abflusses verbleiben (BAFU 2022b; Bittner & Bischof 2024). In der Arbeit von Wechsler et al. (2023a) wurde bereits für 4 Laufwasserkraftwerke festgestellt, dass die angegebenen Restwasseranteile von 6 bis 12 Prozent zu hoch sind. Sie vermuteten, dass diese Werte lediglich das Verhältnis zwischen Nutzwasser- und Restwasseranteil widerspiegeln und den Überlauf nicht berücksichtigen.

Die kraftwerkspezifische Betrachtung verdeutlicht die Anteile von Restwasser, Nutzwasser und Überlauf. Die Laufwasserkraftwerke, geordnet nach abnehmender Grösse des mittleren jährlichen Abflusses ihres Einzugsgebiets, zeigen eine leichte Tendenz: Anlagen an kleineren Gewässern weisen tendenziell höhere Restwasseranteile auf (Abb. 5a). Dies entspricht der Logik des GSchG (Art. 31 Abs. 1), das für kleinere Fliessgewässer verhältnismässig höhere Mindestrestwassermengen vorsieht. Allerdings liegt die Untergrenze der installierten Leistung der in der Restwasser-Datenbank berücksichtigten Wasserkraftanlagen bei drei Megawatt. Es handelt sich also nicht um typische Wasserkraftanlagen an sehr kleinen Fliessgewässern. Bei den Speicherkraftwerken zeigt sich, dass bei Anlagen an kleineren Fliessgewässern häufig keine Restwassermengen festgelegt sind (Abb. 5b). Insgesamt enthalten 10 Laufwasserkraftwerke (4 davon nur im Winter) und 41 Speicherkraftwerke (2 davon nur im Winter) eine festgelegte Restwassermenge von 0 Kubikmeter pro Sekunde.

Die Simulationen ergeben eine jährliche Produktionsminderung von 1113 Gigawattstunden im Zusammenhang mit den festgelegten Restwassermengen. Dies entspricht rund 3 Prozent der jährlichen Produktionserwartung der Wasserkraft (BFE 2024). Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von grösser / gleich 3 Megawatt einschliesslich der Nicht-Ausleitkraftwerke machen lediglich 12 Prozent der erfassten Wasserkraftanlagen in der Schweiz aus, erzeugen jedoch 94 Prozent der gesamten Wasserkraftproduktion (Wechsler et al. 2025b; Wechsler & Zappa 2024). Gemäss Art. 31 Abs. 1 sind ausleitende Wasserkraftanlagen an kleinen Fliessgewässern stärker von Restwasserbestimmungen betroffen. Dies kann die wirtschaftliche Situation einzelner Wasserkraftanlagen beeinträchtigen. Ihr Restwasseranteil im Verhältnis zur gesamtschweizerischen Wasserkraftproduktion ist jedoch sehr klein.

Für das Winterhalbjahr (Oktober bis März) beträgt die Produktionsminderung 204 Gigawattstunden und somit rund 1,5 Prozent der Produktionserwartung im Winterhalbjahr (BFE 2024). Zwar ist der Restwasseranteil im Verhältnis zum Gesamtabfluss im Winter höher (Abb. 4b), die daraus resultierenden Produktionsverluste fallen jedoch geringer aus. Dies lässt sich einerseits durch die generell niedrigeren Abflüsse im Winter erklären. Andererseits spielen auch die saisonal abgestuften Restwassermengen eine Rolle, bei denen die abgegebenen Wassermengen in den Wintermonaten ebenfalls geringer sind. Zudem gibt es im Winter weniger Überlauf, da die Abflussmenge die Ausbauwassermenge seltener überschreitet.

Schlussfolgerung

Diese Studie legt erstmals eine reproduzierbare, datenbasierte Abschätzung der Produktionsminderungen aufgrund festgelegter Restwassermengen vor. Die Berechnungen stützen sich auf eine detaillierte (öffentlich zugängliche) Restwasser-Datenbank und schweizweite Abflusssimulationen. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten legt diese Studie den Fokus nicht auf zukünftige Szenarien, sondern auf die aktuell festgelegten Restwassermengen für die analysierten 217 Wasserkraftanlagen mit Restwasserstrecken. Die Ergebnisse zeigen eine jährliche Produktionsminderung von 1113 Gigawattstunden. Dies entspricht rund 3 Prozent der jährlichen Produktionserwartung der Wasserkraft. Im Winterhalbjahr (Oktober bis März) beträgt die Produktionsminderung lediglich 204 Gigawattstunden oder rund 1,5 Prozent der erwarteten Winterproduktion. Obwohl der Restwasseranteil im Winter, unter anderem aufgrund von weniger Überlauf, im

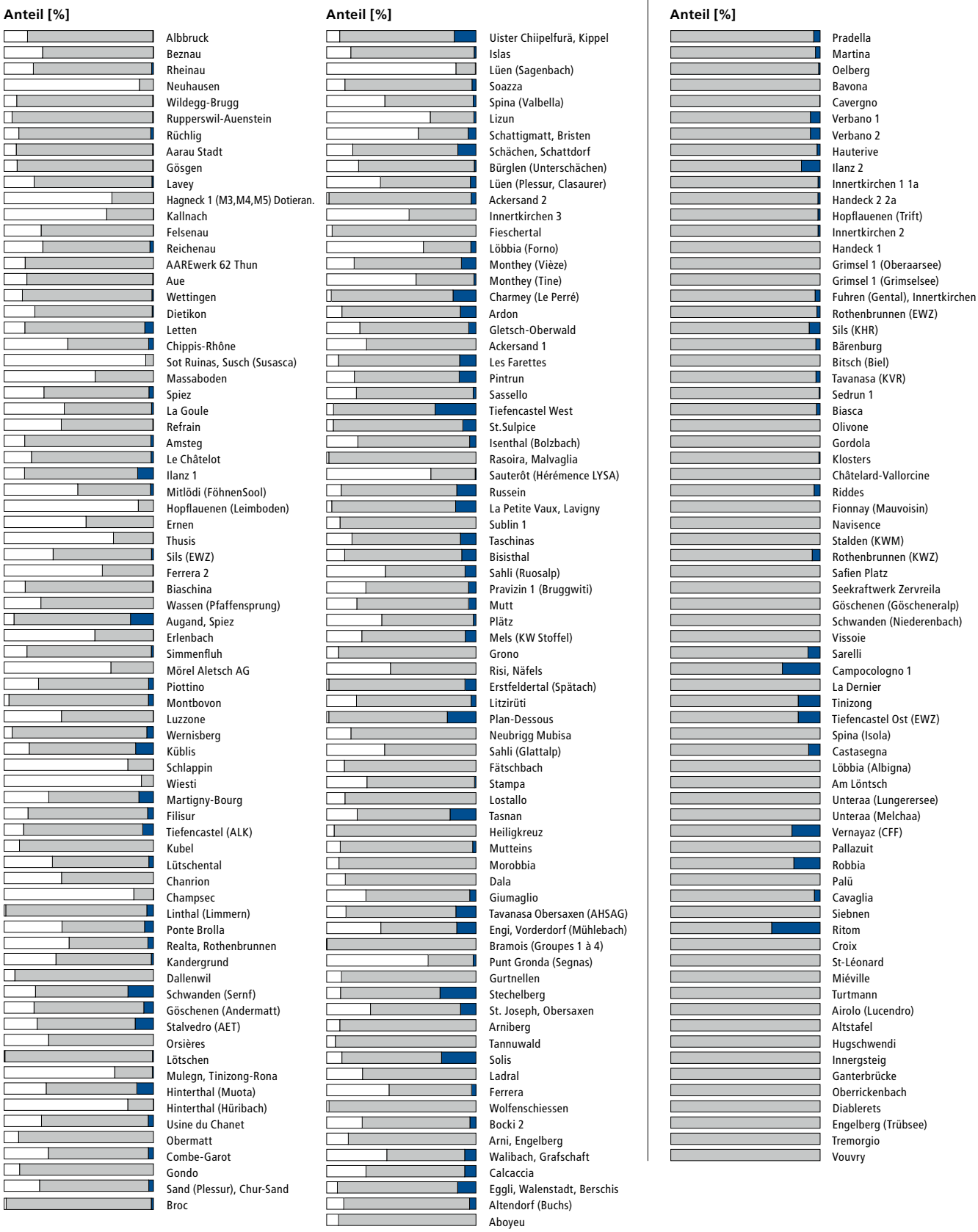


Abb. 4: Simulationsbasierte Bestimmung der Abflussanteile von Restwasser, Nutzwasser und Überlauf für (a) 147 Laufwasserkraftwerke und (b) 70 Speicherkraftwerke. Die Kraftwerke sind nach der Grösse des mittleren jährlichen Abflusses ihres Einzugsgebiets geordnet.

Verhältnis zum Gesamtabfluss, höher ist, fallen die durch Restwasser resultierenden Produktionsminderungen deutlich geringer aus. Dies lässt sich durch die generell niedrigeren Abflüsse in den Wintermonaten erklären. Zudem verfügen einige Wasserkraftanlagen über saisonal abgestufte Restwassermengen, die im Winter ebenfalls tiefer festgelegt sind. Es bleibt anzumerken, dass diese Ergebnisse (Jahres- und Winterproduktion) die tatsächlichen, gesamtschweizerischen Produktionsminderungen leicht unterschätzen, da Produktionsminderungen bei ausleitenden Wasserkraftanlagen mit weniger als 3 Megawatt installierte Leistung nicht berücksichtigt werden.

Da das Gewässerschutzgesetz (GSchG) sowohl die ökologische Funktion eines Gewässers sicherstellen als auch dessen Nutzung ermöglichen soll, ist der Begriff «Produktionsminderung» in diesem Zusammenhang irreführend. Zwar können Restwasserbestimmungen existentielle Auswirkungen auf einzelne Wasserkraftanlagen haben (insbesondere an kleinen Fliessgewässern), doch mit einem Restwasseranteil zwischen 0 und 5,5 Prozent am jährlichen Gesamtabfluss bei Laufwasserkraftwerken sowie 0 bis 3 Prozent bei Speicherkraftwerken sind die Auswirkungen auf die gesamtschweizerische Wasserkraftproduktion gering. Im öffentlichen Diskurs sollte der ökologische Wert des Restwassers stärker betont werden, da die Gewässer in der Schweiz unter Druck stehen. Ein Druck, der sich durch den anhaltenden Eintrag von Schadstoffen und den Klimawandel, insbesondere in den Sommermonaten, weiter verstärken wird.

Wie lassen sich die für die Schweiz wichtigen, aber teils widersprüchlichen Ansprüche von Wasserkraftnutzung, Wasserqualitäts- und Biodiversitätsschutz besser in Einklang bringen? Einerseits sollten zukünftige Wassernutzungsrechte (Konzessionen) flexibler auf sich verändernde Bedingungen reagieren können, ohne eine gewisse Planungssicherheit für Wasserkraftbetreiber zu gefährden. Dies könnte durch ein adaptives Management erfolgen – etwa in Form einer wiederkehrenden Überprüfung der Angemessenheit der festgelegten Restwassermenge. Andererseits erfordert eine nachhaltig gestaltete Wasserwirtschaft öffentlich zugängliche Daten. Neben der Nutzung zur Stromproduktion sind auch Daten zu weiteren Wassernutzungen nötig (z. B. für die landwirtschaftliche Bewässerung oder zu Kühlzwecken). Nur so lassen sich die unterschiedlichen Bedürfnisse innerhalb der Wasserwirtschaft quantifizieren und Entscheidungsprozesse fundiert unterstützen.

Tobias Wechsler

Hanna Baumann

Max Hurni

Bettina Schaefli

Autor:innen
Die Autor:innen erforschen hydrologische Fragestellungen, unter anderem mit Auswirkungen auf natürliche und anthropogene Systeme an der WSL sowie an der Universität Bern. Dieser Artikel ist im Rahmen der ETH-Initiative SPEED2ZERO entstanden, die Klimadienstleistungen in den Bereichen Klimawandel, Biodiversitätsverlust und Energiewende erbringt. Grundlage für diesen Beitrag ist die neu veröffentlichte Restwasser-Datenbank (Wechsler et al. 2025b).
Tobias Wechsler, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Gruppe Hydrologische Vorhersagen. ✉ tobias.wechsler@wsl.ch