

Anhang: Datenbasierte Restwasserberechnungen

Grundlage der im Januar 2026 im Rahmen von SPEED2ZERO durchgeführten Berechnungen zu den zukünftigen Produktionsminderungen infolge der Restwasserbestimmungen bis zum Jahr 2050 bildet die neu entwickelte Restwasser-Datenbank (Wechsler et al., 2025b). Auf Basis dieser Datenbank wurden bereits die Produktionsminderungen berechnet, die sich aus den heute festgelegten Restwassermengen – dem Ist-Zustand – ergeben (Wechsler et al., 2025d). Diese Ergebnisse bezüglich dem Ist-Zustand sind insofern relevant, als die Restwasserbestimmungen gemäss Art. 31 ff. GSchG für laufende Konzessionen, die vor 1992 erteilt wurden, erst bei der Neukonzessionierung verbindlich werden (Wechsler et al., 2025a). Bisherige Abschätzungen auf nationaler Ebene bezogen sich hingegen auf zukünftige Entwicklungen und untersuchten, wie gross die Produktionsminderungen (GWh pro Jahr) im Vergleich zum jeweils aktuellen Stand bis 2050 oder 2070 ausfallen werden (Tabelle 1).

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen beschrieben, mit dem auf Basis der Restwasser-Datenbank ein Vergleich mit früheren Studien hergestellt wird.

Hintergrund

Frühere Studien zu zukünftigen Produktionsminderungen infolge der Restwasserbestimmungen unterschieden jeweils zwischen zwei Szenarien:

1. der formelhaften Festlegung der Mindestrestwassermenge nach Art. 31 Abs. 1 GSchG, und
2. dem Szenario nach Art. 31 ff. GSchG, bei dem zusätzliche Erhöhungen der Mindestrestwassermenge möglich sind.

Das Vorgehen zur Festlegung der Restwassermenge in der Schweiz wird in Box 1 beschrieben. In früheren Studien wurden im Szenario nach Art. 31 ff. meist lediglich Art. 31 Abs. 2 und Art. 33 berücksichtigt, welche eine Erhöhung der Mindestrestwassermenge vorsehen. Art. 32, der eine Absenkung ermöglicht, blieb in der Regel unberücksichtigt.

Im Zusammenhang mit der Verordnung zur befristeten Produktionssteigerung im Winter 2022/23 wurde erstmals sichtbar, bei wie vielen Kraftwerken die Gesetzesartikel zur Erhöhung der Mindestrestwassermenge tatsächlich angewendet wurden (Wechsler & Weber, 2024):

- Art. 31 Abs. 2 GSchG wurde seit 1992 insgesamt 28-mal angewendet und
- Art. 33 GSchG insgesamt 31-mal.
- Für Art. 32 liegt keine verlässliche statistische Grundlage vor. Das BAFU (2019) hält jedoch fest, dass „in nicht wenigen Fällen [...] Artikel 32 in Anspruch genommen [wurde], wodurch die [...] gemäss Art. 33 erfolgten Auswirkungen [...] wieder kompensiert wurden“.

Es ist daher nicht gesichert, dass die gängige Praxis im Vollzug des GSchG tatsächlich dazu führt, dass ein Szenario nach Art. 31 ff. stärkere Produktionsminderungen bewirkt als ein Szenario nach Art. 31 Abs. 1. In Abbildung 1 wird exemplarisch dargestellt, wie sich die jährlichen Produktionsminderungen je nach Anwendung der Gesetzesartikel theoretisch bis ins Jahr 2050 entwickeln könnten.

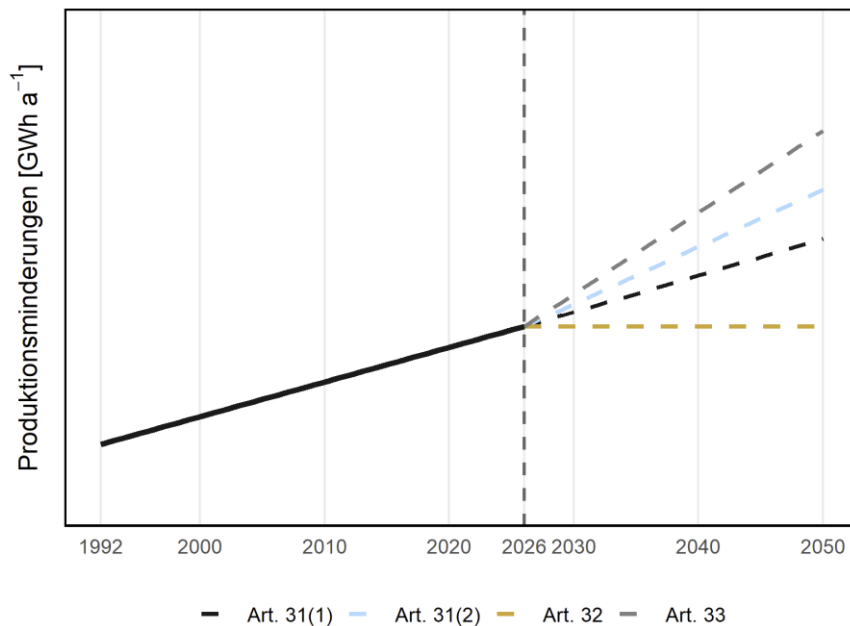


Abbildung 1. Exemplarische Darstellung, wie sich die jährlichen Produktionsminderungen seit 1992 bis heute entwickelt haben und wie sich diese unter den Szenarien Art. 31 Abs. 1 GSchG und Art. 31 ff. GSchG (umfassend Art. 31 Abs. 2, Art. 32 und Art. 33 GSchG) entwickeln könnten.

Box 1: Seit 1975 ist die Sicherung «angemessener Restwassermengen» als Ziel in der schweizerischen Bundesverfassung verankert (Art. 76). Um diesen Verfassungsauftrag zu erfüllen, sieht das GSchG ein dreistufiges Verfahren vor: Im ersten Verfahrensschritt wird national anhand des Niedrigwasserindikators Q_{347} formelhaft eine Mindestrestwassermenge hergeleitet (Art. 31 Abs. 1 GSchG). Im zweiten Schritt (Art. 31 Abs. 2 GSchG) müssen die Kantone (resp. die Inhaber der Wasserrechte) diese Mindestrestwassermenge erhöhen, bis gewisse Kriterien erfüllt sind [...]. Im dritten Schritt (Art. 33 GSchG) werden die Inhaber der Wasserrechte verpflichtet, die Restwassermengen im Rahmen einer Interessenabwägung so weit wie möglich weiter zu erhöhen. [...]. Art. 32 GSchG formuliert mögliche Ausnahmen für eine Absenkung der Mindestrestwassermenge [...]. Die Gesetzesartikel ermöglichen auch eine dynamische Ausgestaltung der Restwassermenge, um beispielsweise ein Abflussregime nachzubilden.

Formulierungen übernommen aus (Wechsler et al. 2025a).

Methodik

Aufgrund fehlender Erfahrungswerte zur Anwendung von Art. 32 GSchG sowie der Vielzahl an Annahmen, die für ein Szenario nach Art. 31 ff. getroffen werden müssten (z.B. welche Absätze oder Buchstaben der jeweiligen Gesetzesartikel einzeln oder kumulativ berücksichtigt werden), konzentrieren wir uns in dieser Analyse auf das Szenario nach Art. 31 Abs. 1 GSchG. Um dennoch ein besseres Verständnis für die Sensitivität der Produktionsminderungen gegenüber den möglicherweise gesetzlich erhöhten Restwasserbestimmungen (Art. 31 Abs. 2 und Art. 33 GSchG) zu gewinnen, betrachten wir ergänzend ein zweites Szenario, in dem saisonal abgestufte Restwassermengen berücksichtigt werden.

Eine Auswertung der 35 Wasserkraftanlagen (WKA) in der Restwasser-Datenbank, für die heute bereits saisonal abgestufte Restwassermengen festgelegt sind und die bis 2050 neukonzessioniert werden, zeigt den in Abbildung 3 dargestellten Medianverlauf im Vergleich zur im Januar festgelegten Dotierwassermenge. In den Monaten Juni bis August ist in diesem Szenario die Restwassermenge doppelt so hoch wie in den Monaten November bis April. In den Monaten Mai und September ist sie um 80 % höher und im Oktober um 25 % höher als die Baseline. Als Baseline wird im nachfolgend beschriebenen Szenario 2 die Mindestrestwassermenge gemäss Art. 31 Abs. 1 GSchG definiert, auf deren Grundlage die monatlichen Restwassermengen berechnet werden.

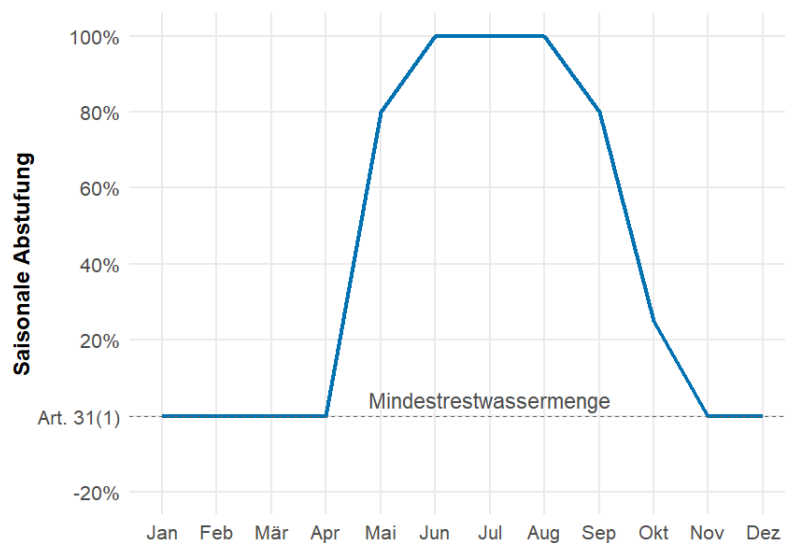


Abbildung 2. Der Medianverlauf bei 35 WKA in der Restwasser-Datenbank, bei denen heute saisonal abgestufte Restwassermengen festgelegt sind und die bis 2050 neukonzessioniert werden, im Vergleich zur im Januar festgelegten Dotierwassermenge. Als Baseline dient in diesem Szenario Art. 31 Abs. 1 GSchG.

Auf Basis dieser Einschätzung analysieren wir zwei Szenarien:

- **Szenario 1:** Strikte Anwendung von Art. 31 Abs. 1 GSchG für alle Neukonzessionierungen im Zeitraum von 2026 bis 2050.
- **Szenario 2:** Gleiche Annahmen wie in Szenario 1 (ausgehend von Art. 31 Abs. 1 GSchG), jedoch mit dynamisch erhöhten (saisonal abgestuften) Restwassermengen für sämtliche Neukonzessionierungen.

Die zukünftigen Produktionsminderungen im Jahr 2050 werden anhand simulierter Abflusszeitreihen berechnet. Dabei handelt es sich nicht um Klimaszenarien, sondern um sogenannte Hindcast-Szenarien für die Periode 1991–2020, simuliert mit dem hydrologischen Modell PREVAH (Viviroli, 2009). Diese Szenarien basieren auf beobachteten Temperatur- und Niederschlagsdaten und repräsentieren somit die heutige Klimatologie. Wir haben bewusst auf Klimaszenarien verzichtet, um die Ergebnisse mit früheren Analysen, aufgeführt in Tabelle 1, vergleichen zu können. Diese früheren Analysen verwendeten keine Abflusszeitreihen, sondern statistische Kennwerte, die ebenfalls auf der heutigen Klimatologie beruhen. Die simulierten Abflusszeitreihen in täglicher Auflösung sind über Envidat verfügbar (Wechsler et al., 2025c) und werden in der Dokumentation von Wechsler et al. (2025b) beschrieben.

Für die Simulationen der zukünftigen Produktionsminderungen im Jahr 2050 berücksichtigen wir folgende Grundsätze:

Szenario 1

- Für den Wert gemäss Art. 31 Abs. 1 GSchG verwenden wir für jede WKA die in der Restwasser-Datenbank ausgegebene Mindestrestwassermenge, berechnet mittels der Abszissenmittelung für das Q_{347} .
- Ist die heute festgelegte Restwassermenge einer WKA bereits höher als die nach Art. 31 Abs. 1 vorgegebene Mindestrestwassermenge, wird diese beibehalten.
- Sind bei einer WKA bereits saisonal abgestufte Restwassermengen festgelegt, werden diese beibehalten und nur jene Mengen werden erhöht, die unter der Mindestrestwassermenge liegen.

Szenario 2

- Ausgangspunkt ist in allen Fällen die Mindestrestwassermenge gemäss Art. 31 Abs. 1 GSchG.
- WKA, deren heutige saisonale Restwassermengen über dem Median liegen (Abbildung 3), behalten diese bei.

Betroffene Wasserkraftanlagen

Analog zur Studie von Wechsler et al. (2025d), in der die Produktionsminderungen infolge der heute festgelegten Restwassermengen berechnet wurden, berücksichtigen wir für die Zukunftsszenarien ausschliesslich Laufwasserkraftwerke und Speicherkraftwerke. Bei WKA mit einem Dotierwasserkraftwerk werden, analog zur bisherigen Vorgehensweise, nur jene Wassermengen berücksichtigt, die beispielsweise für Fischwanderhilfen abgegeben werden, also nicht durch eine Turbine fließen. Zwischen 2026 und 2050 läuft bei insgesamt 130 WKA, die in der Restwasser-Datenbank erfasst sind, die Konzession aus. Diese Periode bildet somit einen Peak für mögliche Neukonzessionierungen (Abbildung 4).

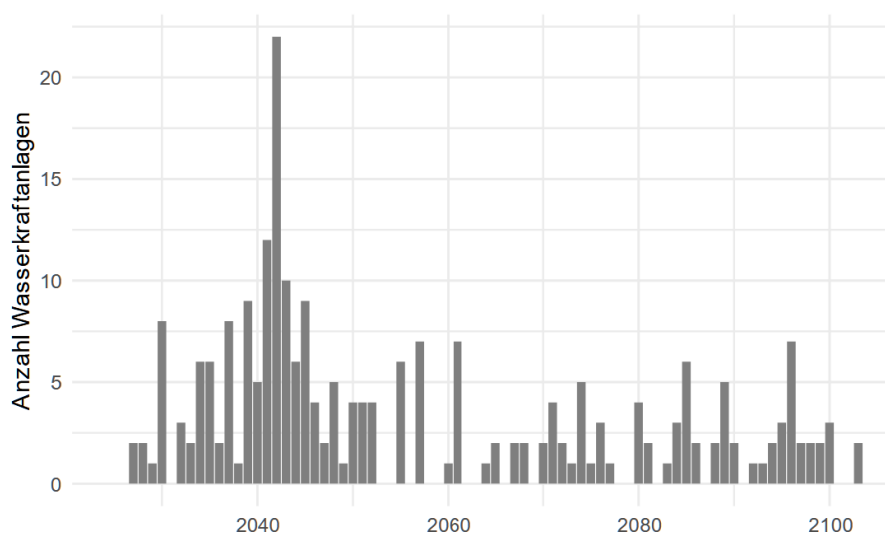


Abbildung 3. Anzahl der Wasserkraftanlagen pro Jahr in der Restwasser-Datenbank, bei denen die Konzession ausläuft (Abbildung übernommen aus Wechsler et al. 2025b).

Für acht WKA, die zwischen 2026 und 2050 neu konzessioniert werden, sind in der Restwasser-Datenbank keine Angaben zu den Dotierwassermengen enthalten; hinzu kommen acht weitere Pumpspeicherkraftwerke. Diese 16 Anlagen werden in den Zukunftsszenarien nicht berücksichtigt. Insgesamt werden für die Zukunftsszenarien 114 WKA berücksichtigt.

Resultate

In der veröffentlichten Studie von Wechsler et al. (2025d), die auf den heute festgelegten Restwassermengen basiert, wurden jährliche Produktionsminderungen von 1113 GWh und winterliche Produktionsminderungen von 771 GWh simuliert (Ist-Zustand). Für die zwei hier definierten Zukunftsszenarien für das Jahr 2050 infolge der geltenden Restwasserbestimmungen haben wir folgende Werte simuliert:

Szenario 1 (Art. 31 Abs. 1 GSchG)

- Jährliche Produktionsminderungen: 484 GWh (1597 GWh, inkl. Ist-Zustand)
- Winterliche Produktionsminderungen: 440 GWh (1211 GWh, inkl. Ist-Zustand)

Szenario 2 (Art. 31 Abs. 1 GSchG mit saisonal abgestuften Restwassermengen)

- Jährliche Produktionsminderungen: 725 GWh (1838 GWh, inkl. Ist-Zustand)
- Winterliche Produktionsminderungen: 462 GWh (1233 GWh, inkl. Ist-Zustand)

Einordnung der Resultate

Im Vergleich zu früheren Analysen, welche die zukünftigen Produktionsminderungen jeweils zum Zeitpunkt ihrer Datenerhebung betrachteten, fallen die hier berechneten Produktionsminderungen infolge der Restwasserbestimmungen tiefer aus (Tabelle 1).

Tabelle 1. Zusammenfassung der im Artikel von Wechsler et al. (2025d) berichteten Analysen zu den zukünftigen Produktionsminderungen (GWh pro Jahr) infolge der Restwasserbestimmungen für die beiden Szenarien Art. 31 Abs. 1 GSchG und Art. 31 ff. GSchG (für 2050/2070).

Jahr	Art. 31 (1)	Art. 31 ff.	Kontext
1987	1500		Geschätzte jährliche Produktionsminderungen im Jahr 2070 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands (SWV, heute hydrosuisse), aufgeführt in der Botschaft zur Volksinitiative und zur Revision des GSchG (BAFU, 2019).
1992	2000	4000	Angaben im Abstimmungsbüchlein zur Volksabstimmung über das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG) – jährliche Produktionsminderungen im Jahr 2070 (BAFU, 2019).
2003		<2000	Der Bundesrat schätzte, dass die Produktionsminderungen bis 2070 kaum über 2000 GWh pro Jahr hinausgehen dürften. Diese Einschätzung basierte auf einer Analyse des BAFU, die zeigte, dass aufgrund von Art. 33 GSchG nur selten höhere Restwassermengen festgelegt wurden (BFE, 2012).
2011		700	Mit der Revision des GSchG wurden zusätzliche Ausnahmen für tiefere Mindestrestwassermengen (Art. 32 GSchG) möglich, wodurch geringere Produktionsminderungen bis zum Jahr 2050 erwartet wurden (BFE, 2011).
2012		1400	Im Zusammenhang mit der Energiestrategie 2050 wurde dieser Wert bis zum Jahr 2050 wieder nach oben korrigiert (BFE, 2012).
2018	2280	bis zu 6000	Der SWV (hydrosuisse) veröffentlichte eine Schätzung bis 2050 und 2070 (Pfammatter & Semadeni Wicki, 2018).
2019		1900	Im Rahmen einer erneuten Aktualisierung wurden die erwarteten Minderungen bis 2050 angehoben (BFE, 2019).
2026	484	725	In SPEED2ZERO wurden auf Basis von Abflusszeitreihen die Produktionsminderungen von heute bis zum Jahr 2050 simuliert – einmal für Art. 31 Abs. 1 GSchG und einmal für saisonal abgestufte Restwassermengen im Sinne von Art. 31 ff.

Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse dürften leicht unterschätzt sein, da Klein- und Kleinstwasserkraftwerke mit einer installierten Leistung unter 3 MW nicht berücksichtigt wurden. Gemäss der Dokumentation der Restwasser-Datenbank tragen diese Anlagen jedoch lediglich rund 6 % zur jährlichen Stromproduktion der Wasserkraft bei (Wechsler et al. 2025b).

Ein Vergleich mit früheren Analysen erweist sich als schwierig, da deren Datengrundlagen nicht öffentlich zugänglich sind. Potenzielle Unterschiede könnten darin liegen, dass in dieser Untersuchung erstmals auf der Basis simulierter Abflusszeitreihen die Anteile von Restwasser, Nutzwasser und Überlauf bestimmt wurden. Dadurch ist die Datengrundlage realitätsnäher als in früheren Arbeiten, in denen häufig statistische Werte (in Prozenten) aus wenigen Referenzanlagen – meist Kleinwasserkraftwerken – abgeleitet und auf den restlichen Anlagenpark hochgerechnet wurden. Da WKA gemäss Art. 31 Abs. 1 GSchG entlang von Fliessgewässern mit geringem Abfluss stärker von den Restwasserbestimmungen betroffen sind, könnte dies in früheren Studien zu einer Überschätzung der jährlichen Produktionsverluste geführt haben.

Zudem wurde in der Arbeit von Wechsler et al. (2025d) für jede berücksichtigte Anlage ausgewiesen, wie hoch die heutigen Produktionsminderungen bereits sind (Ist-Zustand). Die hier präsentierten Werte berücksichtigen daher ausschliesslich die zusätzliche Produktionsminderung bis 2050 im Vergleich zum Ist-Zustand. Zwar wurde auch in früheren Studien der zukünftige Zustand den heutigen Verhältnissen gegenübergestellt, jedoch wurde der Ist-Zustand nach unserem Kenntnisstand bislang nicht systematisch erfasst. Wichtig dabei ist, dass Restwassermengen bereits vor der gesetzlichen Verankerung 1991 festgelegt wurden, bspw. für ausreichende Mischverhältnisse bei Abwasserreinigungsanlagen (ARAs), oder zur Sicherung der Wasserqualität an Trinkwasserfassungen entlang von Restwasserstrecken.

Rückblickend zeigte sich, dass der Einfluss von Restwasserbestimmungen auf die Wasserkraftproduktion dort, wo ein Vergleich möglich war, mehrfach überschätzt wurde. Dies gilt sowohl für die Produktionsminderungen nach Neukonzessionierungen (BAFU, 2019) als auch für die Verordnung zur befristeten Produktionserhöhung im Winter 2022/2023 (BAFU, 2023; Wechsler & Weber, 2024). Diese Erkenntnisse stützen die Resultate der vorliegenden Studie: Die zukünftigen Produktionsminderungen infolge der Restwasserbestimmungen dürften tiefer liegen als bislang angenommen.

Das Thema Restwasser ist nicht nur für die Wasserkraft und die Gewässerökologie bedeutsam, sondern betrifft auch die Wasserqualität sowie weitere Nutzungen wie die Trinkwasserversorgung, die landwirtschaftliche Bewässerung, die Kühlung und den Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen (ARAs). Es ist daher nicht überraschend, dass dieses Thema immer wieder zu emotional geführten Debatten führt (Wechsler & Weber, 2024). Für eine nachhaltige Wasserwirtschaft ist es jedoch unerlässlich, transparente und fundierte Datengrundlagen zu schaffen, die eine Quantifizierung und Abwägung unterschiedlicher Interessen ermöglichen. Auf dieser Basis lassen sich die bislang häufig emotional geprägten Diskussionen versachlichen und Entscheidungsprozesse gezielt unterstützen, die zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft beitragen.

Referenzen

- BAFU (2019). Auswirkungen des Vollzugs der Restwasserbestimmungen im Gewässerschutzgesetz (GSchG) auf die Produktion bei Wasserkraftwerken. Bundesamt für Umwelt BAFU, 7 S. [Link](#)
- BAFU (Hrsg., 2023). Auswirkungen der Verordnung über die befristete Erhöhung der Stromproduktion bei Wasserkraftwerken. Bundesamt für Umwelt BAFU, 28 S. [Link](#)
- BFE (2011). Faktenblatt. Energieperspektiven 2050. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung unter neuen Rahmenbedingungen. Bundesamt für Energie BFE, 2 S. [Link](#)
- BFE (2012). Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050. Bundesamt für Energie BFE, 26 S. [Link](#)
- BFE (2019). Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050. Bundesamt für Energie BFE, 31 S. [Link](#)
- Pfammatter, R., Semadeni Wicki, N. (2018). Energieeinbussen aus Restwasserbestimmungen – Stand und Ausblick. Wasser Energie Luft, 110(4), S. 233–245. [Link](#)
- Viviroli, D., Zappa, M., Gurtz, J., Weingartner, R. (2009). An introduction to the hydrological modelling system PREVAH and its pre- and post-processing-tools, Environ. Model. Softw. [Link](#)
- Wechsler, T., Weber, C. (2024). Das umkämpfte Restwasser. Im Spannungsfeld dreier Krisen. Bulletin Electrosuisse. 5 S. [Link](#)
- Wechsler T., Schirmer M., Bryner A. (2025a). Restwasser. Die Suche nach der angemessenen Menge – Festlegung, Wirkung und Anforderungen. Aqua Gas. 105(3), 48-53. [Link](#)
- Wechsler, T., Baumann, H., Hurni, M., & Schaepli, B. (2025b). Restwasser-Datenbank: eine schweizweite Datengrundlage zu festgelegten Dotierwassermengen bei Ausleitkraftwerken (≥ 3 MW). Dokumentation. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. [Link](#)
- Wechsler, T., Baumann, H., Hurni, M., Schaepli, B. (2025c). Restwasser-Datenbank – eine schweizweite Datengrundlage zu festgelegten Restwassermengen bei Ausleitkraftwerken (≥ 3 MW). Envidat. [Link](#)
- Wechsler, T., Baumann, H., Hurni, M., Schaepli, B. (2025d). Auswirkungen der Restwasserbestimmungen auf die Wasserkraftproduktion in der Schweiz. Aqua Viva, 67(3), 22-31. [Link](#)