Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Der Bundesrat

Bern, 15.12.21

Wasserversorgungssicherheit und Wassermanagement - Grundlagenbericht

Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.3610 Rieder vom 15. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 3

1 Ausgangslage und Zielsetzung 4

1.1 Hintergrund 4
1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen 4

2 Wasserdargebot Schweiz 6

2.1 Das heutige Wasserdargebot in der Schweiz 6
2.2 Erwartete Veränderungen aufgrund des Klimawandels 7

3 Heutiger Wasserverbrauch und zukünftiger Wasserbedarf 9

3.1 Wassernutzungen 9
3.2 Wasserbedarf aquatischer Ökosysteme 11

4 Druck auf aquatische Ökosysteme und auf Wassernutzung 12

4.1 Druck auf aquatische Ökosysteme und Gegensteuer 12
4.2 Druck auf Wassernutzungen und Gegensteuer 14

5 Integrales Wassermanagement 15

5.1 Ausgangslage und Zielsetzung 15
5.2 Umsetzung in den Kantonen 16
5.3 Datenbedarf für ein integrales Wassermanagement 18
5.3.1 Datenbedarf Bund und Kantone 18
5.3.2 Heutige Datenlage in den Kantonen 18
5.3.3 Bestrebungen zur Verbesserung der Datenlage 19

6 Infrastrukturbedarf 20

6.1 Infrastruktur für die Trinkwasser- und Brauchwasserversorgung 20
6.2 Zusätzliche Wasserspeicherung im Mittelland 20
6.3 Wasserspeicherung im Alpenraum 21

7 Internationale Zusammenarbeit 22

8 Zielsetzungen und Massnahmen 24

Literaturverzeichnis 27

Anhang 1 29

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beantwortet die Fragen aus dem Postulat Rieder 18.3610 «Wasserversorgungssicherheit und Wassermanagement. Grundlagenbericht» zum heutigen und zukünftigen Wasserdargebot und Wasserbedarf in der Schweiz, zu Schutz- und Nutzungsaspekten, zum integralen Wassermanagement, zum Wasserinfrastrukturbedarf und zur internationalen Zusammenarbeit im Wasserbereich.

Die neuen hydrologischen Szenarien Hydro-CH2018 zeigen, dass ohne Klimaschutz die verfügbaren Wassermengen in den Gewässern im Sommer stark abnehmen werden und es vermehrt zu Trockenheitsperioden und somit regionaler und zeitlich begrenzter Wasserknappheit kommen wird. Über das Jahr gesehen wird die Schweiz als Ganzes jedoch weiterhin genügend Wasser zur Verfügung haben. Dieser aktuelle Wissensstand über das Wasserdargebot in der Schweiz soll bei Bedarf aktualisiert werden.

Der Klimawandel erhöht den Druck auf die bereits stark beeinträchtigten Gewässerökosysteme durch hohe Gewässertemperaturen und durch geringe oder sogar fehlende Abflüsse zusätzlich und gefährdet so ihre für den Menschen unverzichtbaren Leistungen. In Trockenperioden nimmt zudem der Wasserbedarf, v.a. für die Bewässerung zu, was wiederum die Wasserknappheit in Gewässern verschärfen kann. Die Resilienz der Gewässerökosysteme gegenüber dem Klimawandel muss durch einen konsequenten Vollzug des Gewässerschutzgesetzes erhöht werden.

Der Wasserbezug aus bestimmten Gewässern muss zum Schutz der Ökosysteme eingeschränkt werden, dies betrifft v.a. die landwirtschaftliche Bewässerung. Die haushälterische und an den Klimawandel angepasste Nutzung der Wasserressourcen zur Reduktion des Wasserverbrauchs bei der landwirtschaftlichen Bewässerung soll im Rahmen von Planungs- und Förderinstrumenten unterstützt werden. Zudem soll die natürliche Wasserspeicherung im Einzugsgebiet wiederhergestellt und gefördert werden.

Ein regionales Wassermanagement zum Schutz der Ökosysteme und zum frühzeitigen Erkennen und Lösen von Nutzungskonflikten ist zielführend. Zurzeit verfügt etwa die Hälfte der Kantone darüber, es besteht aber keine rechtliche Verpflichtung dazu. Weiter soll über eine Anpassung der Gewässerschutzverordnung eine kantonale Berichterstattungspflicht bei Trockenheitssituationen eingeführt werden, um eine allfällige Verschärfung der Problematik zu erkennen.

Weder Bund noch Kantone führen eine umfassende Statistik der Wassernutzungen. Der Bund verfügt über Daten zum Wasserverbrauch der öffentlichen Wasserversorgung. Informationen über die Wassernutzung aus Eigenversorgungen, z.B. für die Landwirtschaft sind jedoch nicht vorhanden. Solche Daten wären aber notwendig, um Trends im Wasserverbrauch zu erkennen und Prognosen zu erstellen. Für das regionale Wassermanagement und den Vollzug des Gewässerschutzes durch die Kantone braucht es zudem bessere Wassernutzungsdaten auf regionaler Ebene.

Öffentliche Wasserversorgungen sowie die Eigenversorgungen von Industrie und Gewerbe haben selbst für die notwendige Wasserinfrastruktur zu sorgen. Dort, wo trotz klima- und standortangepasster Landwirtschaft Wasserknappheit besteht, braucht es zusätzliche landwirtschaftliche Bewässerungsinfrastruktur. Diese muss auf die regionale Wasserverfügbarkeit abgestimmt und in der Regel unabhängig von der öffentlichen Trinkwasserversorgung sein.

Die Schweiz hat sich zum Schutz grenzüberschreitender Gewässer verpflichtet und regelt deren Schutz und Nutzung gemeinsam mit den Unterliegern in internationalen Gremien und mit bestehenden Abkommen. Die Zusammenarbeit ist etabliert und erkannter Handlungsbedarf, z.B. zur Anpassung an den Klimawandel, wird in den bestehenden Gremien behandelt.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Hintergrund

Ständerat Beat Rieder (Die Mitte, VS) reichte am 15. Juni 2018 das Postulat «18.3610 Wasserversorgungssicherheit und Wassermanagement. Grundlagenbericht» ein. Das Postulat beauftragt den Bundesrat, einen Grundlagenbericht zur aktuellen Situation der Schweiz im Bereich der Wasserversorgungssicherheit sowie des Wassermanagements zu erstellen. Dieser Grundlagenbericht soll insbesondere folgende fünf Themenbereiche abdecken:

1. *Wasserbedarf:* Aktueller und zukünftiger Wasserbedarf der Schweiz unter Berücksichtigung des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums bis 2050;
2. *Wasserdargebot:* Mengenmässige Entwicklung der Ressource Wasser in der Schweiz bis 2050;
3. *Wassermanagement:* Notwendigkeit eines integrativen Wassermanagements und allfälliger Infrastrukturbedarf im Bereich der Wasserspeicherung;
4. *Schutz- und Nutzungskonflikte* im Bereich der Wasserversorgung unter Berücksichtigung der verschiedenen Nutzungsmodelle;
5. *Internationale Implikationen* bei der Nutzung der Ressource Wasser in der Schweiz unter Berücksichtigung allfälliger bestehender rechtlicher Verpflichtungen der Schweiz.

Am 6. Mai 2020 hat Ständerätin Maya Graf (Grüne Schweiz, BL) das Postulat «20.3429 Integrales Wassermanagement für die Schweiz» eingereicht, welches Informationen zum aktuellen Stand der Umsetzung in den Kantonen und Überlegungen des Bundes für eine schweizweite Einführung verlangt. Wie in der Antwort des Bundesrates vom 19. August 2020 dargelegt, fliesst die Erfüllung dieses Postulats in den vorliegenden Bericht ein.

1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Gemäss **Artikel 76 der Bundesverfassung [BV]**[1] sorgt der Bund im Rahmen seiner Zuständigkeiten für die haushälterische Nutzung und den Schutz der Wasservorkommen sowie für die Abwehr schädigender Einwirkungen des Wassers (Art. 76 Abs. 1 BV). Über die Wasservorkommen verfügen die Kantone (Art. 76 Abs. 4 BV). Die Wasserhoheit liegt also bei den Kantonen. Sie stellen die Wasserversorgung sicher und konzessionieren Wasserentnahmen für die Wasserversorgung, die Wasserkraft sowie für weitere Nutzungen. Der Bund legt Grundsätze über die Erhaltung und die Erschliessung der Wasservorkommen fest (Art. 76 Abs. 2 BV).

Das **Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG)**[2] bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Die Kantone haben insbesondere dafür zu sorgen, dass Grundwasservorkommen langfristig nicht mehr Wasser entnommen wird, als ihnen zufliesst (Art. 43 Abs. 1 des Gewässerschutzgesetzes GSchG). Eine kurzfristige Übernutzung kann nur gestattet werden, wenn das Gleichgewicht zwischen Entnahme und Neubildung in absehbarer Zeit wiederhergestellt wird. Darüber hinaus müssen bei Wasserentnahmen aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung sowie aus Seen und Grundwasservorkommen, welche die ständige Wasserführung von Fliessgewässern beeinflussen, angemessene Restwassermengen festgelegt und eingehalten werden (Art. 31 ff. GSchG). Gemäss dem geltenden Recht erhebt der Bund Daten zur Umweltbelastung, zur Wasserqualität und zu den hydrologischen Verhältnissen in der Schweiz und informiert die Öffentlichkeit darüber.[3] Dies geschieht häufig in Zusammenarbeit mit den Kantonen. Wo der

[1] Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101).

[2] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20).

[3] Gesetzesgrundlage für Datensammlung des Bundes: zur Umweltbelastung (Art. 65 BV, Art. 44 USG); zur Wasserqualität und zu den hydrologischen Verhältnissen (Art. 57 GSchG); zur Information der Öffentlichkeit über die entsprechenden Ergebnisse (Art. 10e USG, Art. 50 u. Art. 57 GSchG).

Bund zur Erfüllung seiner Aufgaben Datengrundlagen zur Gewässernutzung und zu den verfügbaren Wasserressourcen benötigt, kann er Gewässerdaten im gesamtschweizerischen Interesse erheben (Art. 57 Abs. 1 GSchG). Die Kantone erfassen die Wasserverbrauchsdaten auf ihrem Gebiet gemäss ihren eigenen Bedürfnissen. Über diese Berichterstattung der Kantone und zusätzliche Datenerhebungen überprüft der Bund, ob während Trockenperioden eine haushälterische Nutzung von Trink- und Brauchwasser sichergestellt ist (Art. 1 Bst. b i.V.m. Art. 46 Abs. 1 GSchG)[4]. Er informiert über die Sachlage und weist auf festgestellte Probleme und Defizite hin (Art. 50 Abs. 1 GSchG).

In der Bundesgesetzgebung besteht hingegen keine Verpflichtung, dass der Bund nationale oder die Kantone regionale Wasserressourcenplanungen erstellen bzw. ein nationales oder regionales Wassermanagement einführen müssen. Dies bedeutet insbesondere: Der Bund kann den Kantonen nur empfehlen, ein regionales Wassermanagement einzuführen, um schwerwiegende Nutzungskonflikte bei Trockenheit zu vermeiden. Weitergehende aufsichtsrechtliche Anordnungen sind gestützt auf der aktuellen Bundesgesetzgebung nicht möglich.

Im Gegensatz zur Bundesgesetzgebung sieht die EU-Wasserrahmenrichtlinie solche Planungen für die Mitgliedstaaten vor. In der Schweiz gilt die EU-Wasserrahmenrichtlinie nicht und sie ist somit nicht verpflichtet, solche Planungen zu erstellen. Hingegen ist die Schweiz zur Berichterstattung (Datenlieferung) an die Europäische Umweltagentur EUA verpflichtet.

Der Bundesrat hat Strategien und Aktionspläne zu den Themen Anpassung an den Klimawandel, Biodiversität, Energie sowie Landwirtschaft und Ernährung verabschiedet, die ebenfalls Forderungen und Ansprüche in den Bereichen Gewässerschutz und Wasserressourcenplanung beinhalten.

Die Schweiz hat die UNECE-Konvention zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen[5] ratifiziert. Diese verpflichtet die Schweiz dazu, alle geeigneten Massnahmen zu ergreifen, um jede grenzüberschreitende Beeinträchtigung zu vermeiden, zu kontrollieren und zu verringern. Für Wassernutzungen an Grenzgewässern, für die Staatsverträge notwendig sind, erteilt der Bund die Konzession und Bewilligung.

---

[4] Daniela Thurnherr, Aufsicht des Bundes über den kantonalen Vollzug des Grundwasserschutzes Rechtsgutachten im Auftrag der Parlamentarischen Verwaltungskontrolle vom 26. Mai 2021, Rn 100.

[5] Übereinkommen zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen vom 17. März 1992 (SR 0.814.20).

2 Wasserdargebot Schweiz

2.1 Das heutige Wasserdargebot in der Schweiz

Die Schweiz gehört zu den wasserreichsten Ländern Europas. Wegen der Alpen und der Nähe zu Atlantik und Mittelmeer fällt mehr Niederschlag als anderenorts. Ausserdem besitzt die Schweiz grosse Wasserspeicher in Form von Seen, Grundwasser, Gletschern und Schnee. Der Bund betreibt und koordiniert mehrere Messnetze im Wasserbereich (Anhang 1), welche die folgenden Erkenntnisse zulassen (NCCS, 2021):

- In der Schweiz fallen ca. 1440 mm Niederschlag als Regen und Schnee pro Jahr. Die Jahresniederschlagsmengen haben sich in der Schweiz seit Beginn der Niederschlagsmessung 1864 kaum verändert. Während die Winterniederschläge in vielen Regionen zunahmen, gingen die Sommerniederschläge zurück.
- Seit 1850 haben die Gletscher über die Hälfte ihres Volumens verloren. Als Folge der zunehmenden Erwärmung schmilzt im Sommerhalbjahr wesentlich mehr Gletschermasse ab, als sich im Winter bilden kann. Die Eisschmelze setzt zudem immer früher im Jahr ein.
- Weil es wärmer wird, steigt die winterliche Nullgradgrenze seit Jahrzehnten an, seit 1960 um 400 Meter. Deshalb fällt im Winter mehr Regen als Schnee. In tiefen Lagen (unterhalb 800 m ü.M.) ist die Anzahl der Tage mit Schneefall seit 1970 um die Hälfte zurückgegangen, oberhalb von 2000 m ü.M. um 20 Prozent.
- Die Jahresmengen der Abflüsse in Bächen und Flüssen haben sich in den letzten hundert Jahren kaum verändert. Allerdings nahmen die Winterabflüsse in vielen Gebieten zu und die Sommerabflüsse ab. Seit 2000 leidet die Schweiz besonders im Sommer gehäuft unter wochenlangen Trockenphasen. 2018 fiel beispielsweise von April bis September ein Drittel weniger Regen als üblich. Die Wasserstände von Flüssen, Seen und die Grundwasservorkommen sanken, das Wasser wurde lokal knapp.
- Fliessgewässer und Seen haben sich in den letzten Jahrzehnten deutlich erwärmt. Seit 1970 stiegen die mittleren Wassertemperaturen in Schweizer Flüssen und Bächen um mehr als ein Grad an.
- Oberflächennahe Grundwasservorkommen haben sich mancherorts leicht erwärmt. Während längerer Trockenzeiten ging die verfügbare Grundwassermenge an einigen Quellen und Trinkwasserfassungen temporär stark zurück. Das tiefere Grundwasser ist dagegen noch kaum vom Klimawandel betroffen.

Die Messnetze von Bund und Kantonen liefern wertvolle Grundlagen für die Beobachtung des Wasserhaushalts der Schweiz, für das Verständnis hydrologischer Systeme, für den Hochwasserschutz und für die Beurteilung von Gesuchen zur Wasserentnahme. Punktuell sollten die bestehenden Messnetze jedoch erweitert werden. So sind kleine Fliessgewässer in den bestehenden Messnetzen unterrepräsentiert und es fehlen für diese Gewässer wichtige Informationen zu Wassermenge, -temperatur und -qualität. Bei der Grundwasserbeobachtung fehlen Messstellen in Grundwasservorkommen, die sensitiv auf den Klimawandel reagieren, z.B. Vorkommen, die einen starken Wasseraustausch mit Oberflächengewässern aufweisen. Diese Vorkommen werden häufig für die Trinkwasserförderung genutzt. Das chemische und biologische Gewässermonitoring sollte durch Messstandorte an durch Wasserentnahmen wesentlich beeinflussten Flussabschnitten ergänzt werden, um mögliche Effekte zu beobachten und geeignete Massnahmen ergreifen zu können.

Eine Verbesserung des Monitorings ist notwendig, um lokale/regionale Wasserknappheit besser vorherzusagen und die lang- und kurzfristigen Massnahmen zum Umgang mit Trockenheit festzulegen und ist ebenfalls Teil der «Früherkennung von Trockenheit», einer Massnahme aus dem Aktionsplan 2020–2025 «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz» (Bundesrat, 2020). Dazu

wird aktuell ein Antrag an den Bundesrat «Zunehmende Trockenheit – Monitoring, Information - Vorhersage und Warnung vor Trockenheit» vorbereitet (in Erfüllung der Motion UREK-N 18.4099).

2.2 Erwartete Veränderungen aufgrund des Klimawandels

Die Entwicklung der Wasserressourcen der Schweiz bis 2100 wurde im Rahmen des Themenschwerpunkts Hydrologische Grundlagen zum Klimawandel (Hydro-CH2018) des National Center for Climate Services (NCCS) untersucht (BAFU, 2021a und NCCS, 2021). Das Projekt kommt zu folgenden Resultaten:

Der Beitrag von Schmelzwasser aus Schnee und Eis zu den Abflüssen nimmt weiter ab. Dadurch verändert sich deren jahreszeitliche Verteilung. Die Gewässer der Schweiz werden in Zukunft mehr Wasser im Winter und weniger im Sommer führen (Abbildung 1). Die gesamte Jahresmenge nimmt jedoch – auch bei einem Szenario ohne Klimaschutz – bis Ende Jahrhundert nur geringfügig ab, im Schnitt schweizweit um -10%. Am stärksten ist der Rückgang der Jahresabflüsse bis 2100 in Gebieten spürbar, die heute noch vergletschert sind.

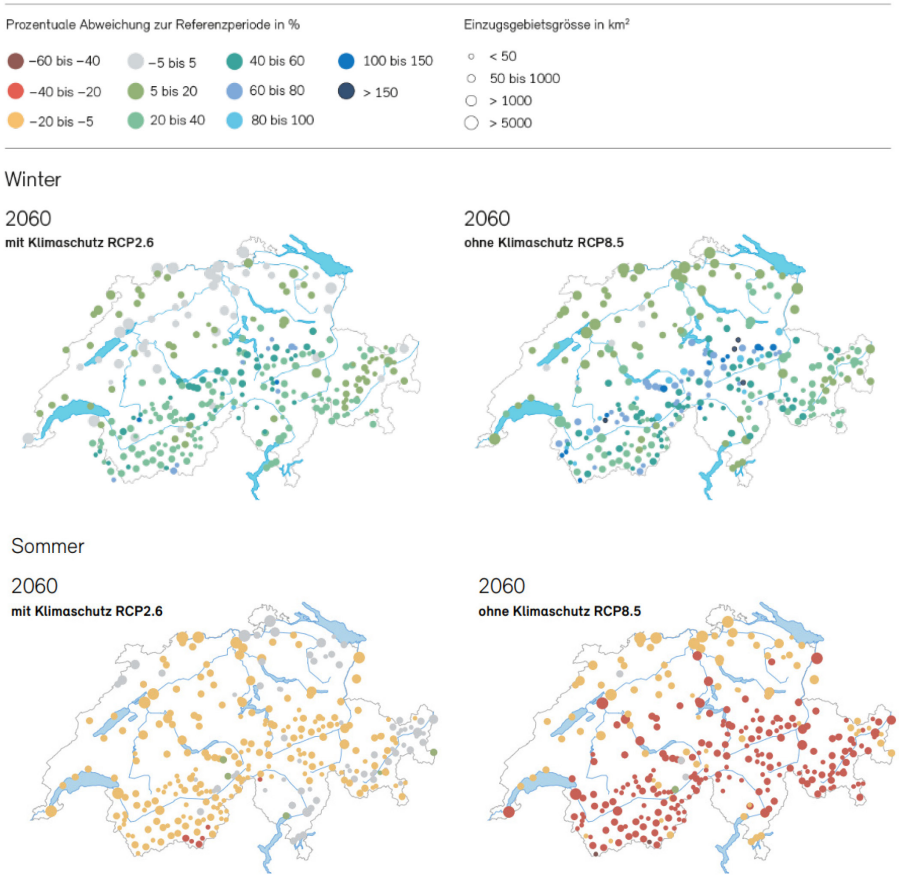

Abbildung 1 Erwartete Abflussveränderungen. Die Karten zeigen die voraussichtlichen Veränderungen der saisonalen Abflüsse für verschiedene Einzugsgebiete bis zur Mitte des Jahrhunderts (2045-2074) im Vergleich zur Referenzperiode (1981-2010), mit und ohne Klimaschutz. Quelle: BAFU 2021a.

Die saisonale Verschiebung der Abflüsse bedeutet auch, dass die Niedrigwasserphasen im Sommer häufiger und ausgeprägter auftreten werden. Zudem werden gemäss Klimaszenarien CH2018 Trockenphasen häufiger und länger. Im Sommer werden zudem die Gewässertemperaturen stark ansteigen, ohne Klimaschutz um 3 bis 9° C. Damit steigt die Gefahr, dass in regenarmen Zeiten Quellen, Feuchtgebiete und kleine Fliessgewässer häufiger trockenfallen und das Leben in und an den Gewässern öfter durch mangelnde Wassertiefe und hohe Temperaturen beeinträchtigt wird. Grössere und besonders alpine Fliessgewässer werden jedoch auch in Zukunft nicht vollständig austrocknen. Während dieser Extremereignisse kann es regional und zeitlich begrenzt zu Wasserknappheit kommen.

Die Grundwasserneubildung innerhalb eines Jahres wird ohne verstärkten Klimaschutz leicht abnehmen. Auch hier wird eine saisonale Verschiebung erwartet, mit einer stärkeren Grundwasserneubildung im Winter und Frühling und einer entsprechenden Abnahme im Sommer und Herbst.

In Zukunft werden also im Sommer und Herbst Niedrigwassersituationen in Oberflächengewässern und im Grundwasser ausgeprägter und wahrscheinlich auch häufiger auftreten – und dies besonders im Mittelland, im Jura und auf der Alpensüdseite. Anders präsentiert sich das Bild in den Alpen: In der dortigen bisherigen Niedrigwassersaison im Winter werden die Abflüsse eher ansteigen. Bei konsequentem Klimaschutz (Einhaltung des Klimaschutzabkommens von Paris) fallen diese Veränderungen viel geringer aus.

Das heutige Wasserdargebot ist weitgehend bekannt und Szenarien über das zukünftige Wasserdargebot liegen vor. Das heutige Monitoring des Wasserdargebots sollte beibehalten werden und es sind nur kleinere Anpassungen notwendig, die im Rahmen der laufenden Prozesse durchgeführt werden können. MeteoSchweiz beginnt mit den Arbeiten an einer neuen Generation von Klimaszenarien mit Partnern aus der Forschung. Sobald diese vorliegen, muss überprüft werden, ob auch eine Aktualisierung der wasserwirtschaftlichen Grundlagen notwendig wird (siehe Zielsetzung 1 in Kapitel 8).

3 Heutiger Wasserverbrauch und zukünftiger Wasserbedarf

3.1 Wassernutzungen

Die Schweiz verfügt über keine umfassende Statistik der Wassernutzungen. Es gibt jedoch gewisse Daten zur öffentlichen Wasserversorgung[6], welche der Schweizerische Verband des Gas- und Wasserfachs (SVGW) jährlich erhebt und mit denen er Hochrechnungen für die gesamte Schweiz erstellt (Abb. 2) .

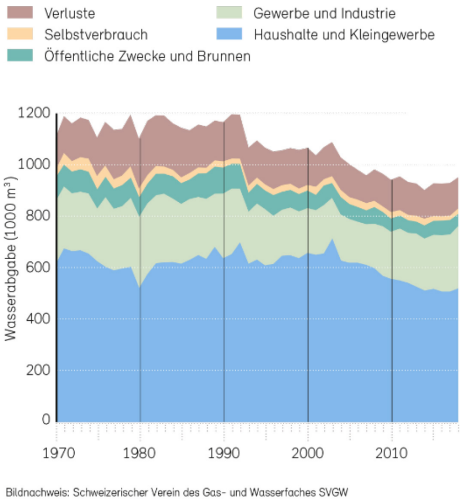

Abbildung 2 Entwicklung der Wasserabgabe aus der öffentlichen Wasserversorgung in der Schweiz 1970 – 2018 (SVGW, 2019).

Der Verbrauch der **öffentlichen Wasserversorgung** betrug 2018 rund 953 Mio. m³.Trotz Bevölkerungswachstum ist der Verbrauch seit den 1990er-Jahren leicht rückläufig, dies aufgrund Wassersparmassnahmen in Haushalten und in Industrie und Gewerbe sowie Strukturveränderungen. In den letzten Jahren ist der Verbrauch jedoch wieder leicht ansteigend. Die derzeitigen Verbrauchsprognosen gehen aber weiterhin von einer relativ konstanten Nachfrage aus (Freiburghaus, 2015). Kritisch für die Wasserversorgungen ist ein hoher Spitzenbedarf während Trocken- und Hitzeperioden, der die Infrastruktur überlastet. Infolge des Klimawandels könnten solche Situationen in Zukunft häufiger auftreten.

Neben der öffentlichen Wasserversorgung gibt es noch Eigenversorgungen[7] durch Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft aus Oberflächengewässern, Grundwasser und Quellen. Zum Wasserverbrauch aus diesen Eigenversorgungen liegen jedoch nur eine einmalige Erhebung und Hochrechnungen für das Jahr 2006 vor (Abb. 3) (Freiburghaus, 2009). Die fehlenden Daten zur aktuellen Wassernutzung erschweren es, verlässliche quantitative Aussagen zum zukünftigen Wasserbedarf zu machen. Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung (zusammengefasst in Lanz, 2020) sind aber möglich.

Der Wasserverbrauch über die **Eigenversorgung** für **Industrie[8], Gewerbe und Dienstleistungssektor** betrug 2006 1'120 Mio. m³. Davon werden rund zwei Drittel zur Kühlung und Klimatisierung verwendet. Hinzu kommt die Wassermenge der Flusswasserkühlung der Kernkraftwerke von rund 1'600 Mio. m³/a (in Abb. 3 nicht dargestellt). Je nach Kühlnutzung wird das Wasser dauerhaft den Gewässern entnommen (z.B. durch die Kühltürme der Kraftwerke Gösgen und Leibstatt) oder das Wasser wird erwärmt wieder in die Gewässer zurückgegeben und steht für andere Nutzungen zur Verfügung. Bei der Wasserversorgung für Industrie und Gewerbe ist nur lokal und im Einzelfall eine Zunahme des Wasserbedarfs zu erwarten, insbesondere, weil noch Potenzial für eine effizientere Wasserverwendung besteht. Es wird jedoch erwartet, dass in Zukunft vor allem der Bedarf an Prozess- und Gebäudekühlung zunimmt. Flüsse lassen sich dafür in Zukunft jedoch nur noch eingeschränkt nutzen, denn auch sie werden immer wärmer. Auf einzelnen Gewässerstrecken werden mit dem Ausstieg aus der Kernkraft aber grosse Wärmeeinträge wegfallen, was eine Entlastung der Ökosysteme darstellen wird. Das Potential für die Wärmenutzung von Gewässern, und hier insbesondere der grossen Seen, ist jedoch gross.

---

[6] Öffentliche Wasserversorgung: Erschliessung und Bereitstellung von Trinkwasser durch die öffentliche Hand. In der Schweiz liegt die Wasserversorgung in der Kompetenz der Kantone. Diese delegieren den Versorgungsauftrag weiter an die Gemeinden und räumen ihnen diesbezüglich erhebliche Entscheidungsfreiheiten ein (SVGW).

[7] Eigenversorgung: Wasser wird vom Verbraucher selbst aus Grundwasser oder Oberflächenwasser gefördert (private Wasserversorgung).

[8] Ohne Wasserkraftnutzung

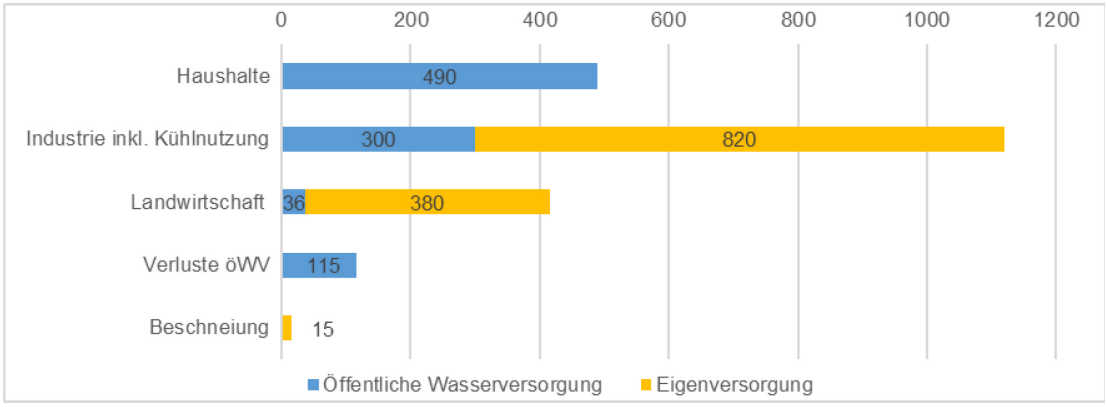

Abbildung 3 Wasserverbrauch in Mio. m³ pro Jahr in der Schweiz, unterschieden nach Endnutzungen und Nutzungszugang, gemäss Daten des SVGW von 2006 (Freiburghaus, 2015). Die «Öffentliche Wasserversorgung» meint die Trinkwasserversorgung der Haushalte sowie von Industrie und Gewerbe über das öffentliche Wasserleitungsnetz, «Eigenversorgung» meint alle privaten Wasserversorgungen. Der Wasserverbrauch durch Haushalte und Industrie steht zu einem grossen Teil nach Reinigung für Unterlieger und aquatische Ökosysteme wieder zur Verfügung.

Die **Landwirtschaft** nutzte 2006 rund 410 Mio. m³ Brauchwasser[9], meist aus Eigenversorgungen, ein kleinerer Anteil auch aus der öffentlichen Wasserversorgung. 140 Mio. m³ davon wurden für die Bewässerung verwendet, der Rest für die Betriebe und die Speisung der Laufbrunnen. In Trockenjahren wie 2018 dürfte der Verbrauch für die Bewässerung deutlich höher gelegen haben, Daten sind dazu aber nicht vorhanden. Mit fortschreitendem Klimawandel werden bereits heute bewässerte Kulturen bis Ende Jahrhundert rund 40% mehr Bewässerungswasser benötigen (BAFU, 2021). Zudem zeigt sich in der Schweiz ein Trend zu mehr Spezialkulturen, die bewässert werden müssen. So nahmen z.B. die bewässerten Gemüseanbauflächen in der jüngeren Vergangenheit stark zu (+24% zwischen 2010 und 2016). Das Wasser für die Bewässerung wird den Gewässern und damit auch den Unterliegern dauerhaft entzogen. Daten zur landwirtschaftlichen Wassernutzung in der Schweiz fliessen auch in die globale Wassernutzungsdatenbank AQUASTAT der FAO ein. Aktuell ist die Schweiz nicht in der Lage, die Daten im gefragten Detaillierungsgrad zu liefern.

Die **Wasserkraft** nutzt das energetische Potential des Wassers und verbraucht das Wasser nicht direkt. In den Fällen, bei denen das Wasser entnommen und ausgeleitet wird, resultieren jedoch Gewässerstrecken mit reduziertem Abfluss (Restwasserstrecken). 6'000 Mio. m^3/a werden aktuell in Speicherseen zwischengespeichert (Brunner et al, 2019). Dabei werden Regen und Schmelzwasser im Frühjahr und Sommer gespeichert und im Winter zur Stromerzeugung wieder in die Fliessgewässer abgelassen. Je nach Steuerung der Speicherseen können diese während Trockenperioden im Sommer die Abflüsse in den Gewässern noch weiter reduzieren oder auch erhöhen. Laut Energiestrategie 2050 des Bundes und der Revision des Energie- und des Stromversorgungsgesetzes vom Juni 2021 soll die Wasserkraftproduktion gesteigert werden. Dazu sind neben Ausbauten der bestehenden Kraftwerke auch Neuanlagen notwendig. Der Klimawandel führt in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts vor allem zu einer saisonalen Umverteilung der Abflüsse in den Winter und damit auch der Stromproduktion, insbesondere bei Laufkraftwerken. Im Sommer wird die mittlere Stromproduktion in Laufkraftwerken 2021-2050 gegenüber 1980-2009 um 4 bis 6% sinken, während sie im Winter um 10% steigen wird (BFE, 2019).

Der Anteil künstlich **beschneiter Pisten** ist seit den 1980er Jahren gestiegen. Die entsprechende Wassernutzung konzentriert sich auf die Wintermonate und führt lokal und kurzfristig zu erheblichen Verbrauchsspitzen. Infolge der Klimaerwärmung wird sich die technische Beschneiung auf höhere Lagen konzentrieren.

[9] Brauchwasser: für gewerbliche oder industrielle Zwecke bestimmtes Wasser, das nicht als Trinkwasser geeignet ist.

Nicht berücksichtigt im vorliegenden Bericht wurde der **Wasserfussabdruck der Schweiz** ausserhalb ihrer Landesgrenze, verursacht durch die Nachfrage und den Import von Gütern, die mit Wasser produziert wurden.

Global wird gereinigtes Abwasser vermehrt als Ressource zur Produktion von Brauchwasser oder auch Trinkwasser verwendet (WWAP United Nations World Water Assessment Programme, 2017). In der EU gibt es seit 2020 Vorgaben für die **Wasserwiederverwendung** in der Landwirtschaft und in der Industrie (EU, 2020). In Deutschland ist die Wasserwiederverwendung explizit Teil der nationalen Wasserstrategie (BFU, 2021). Solch eine Wasserwiederverwendung ist in der Schweiz heute gesetzlich nicht zulässig, wird aber in Fachkreisen vermehrt diskutiert.

Bei den meisten Wassernutzungen wird in Zukunft kein starker Anstieg des Wasserbedarfs erwartet. Ausnahme ist die landwirtschaftliche Bewässerung, bei der mit einer Zunahme des Wasserbedarfs im Sommer und während Trockenperioden gerechnet werden muss. Dies ist umso problematischer, als genau im Sommer das Wasserdargebot in der Schweiz abnehmen wird und es damit regional zu Wasserknappheit kommen kann. Aufgrund der fehlenden Daten zur Wassernutzung besonders der Landwirtschaft, können aber keine quantitativen Aussagen über die vergangenen Entwicklungen gemacht werden. Um den zukünftigen Wasserbedarf besser abschätzen zu können, ist eine Verbesserung der Datengrundlage zur Wassernutzung in der Schweiz wichtig (siehe Zielsetzung 2 mit Massnahmen 2.1 bis 2.4 in Kapitel 8). Ebenso werden bessere Wassernutzungsdaten für ein integrales Wassermanagement benötigt (siehe Kap. 5.3).

3.2 Wasserbedarf aquatischer Ökosysteme

Der Wasserbedarf aquatischer Ökosysteme und Feuchtgebiete beschreibt die Wassermenge, die nötig ist, um diese als Lebensräume für eine standorttypische Artengemeinschaft zu erhalten. Nur so können sie weiterhin ihre natürlichen Funktionen erfüllen und damit viele – auch für den Menschen zentrale – Leistungen erbringen. Dazu zählen beispielsweise der Hochwasserschutz, die Nahrungsmittel- und Trinkwasserbereitstellung oder die Naherholung. Die Gewässer und mit ihnen verknüpfte Lebensräume zählen zu den Biodiversitätshotspots der Schweiz. Gleichzeitig stehen sie durch Verbauungen, Gewässernutzungen und Stoffeinträge seit langem stark unter Druck und gehören zu den am stärksten gefährdeten Ökosystemen der Schweiz. Die Biodiversität am und im Wasser ist in Folge sehr stark bedroht und nimmt weiter ab. Die Existenz von kälteliebenden und für die Fischerei wichtigen Fischarten wie der Forelle oder der Äsche ist in grossen Teilen des Mittellands gefährdet. Insgesamt sind drei Viertel der einheimischen Fisch- und Krebsarten als gefährdet eingestuft. Kürzlich musste die Gefährdung von 10 Fischarten höher eingestuft werden (Revision der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei VBGF per 1. Januar 2021).

Mit dem Klimawandel werden Extremereignisse in Form sommerlicher Hitze und Trockenheit zunehmen. In Folge kommt es häufiger zu Wasserdefiziten in den aquatischen Lebensräumen. Der damit verbundene Anstieg der Wassertemperaturen verstärkt den Druck auf Tiere und Pflanzen noch weiter (vgl. Kapitel 4.1).

Der ökologische Wasserbedarf von aquatischen Ökosystemen und Feuchtgebieten muss im Einzelfall bestimmt werden. Der Bund hat ein Interesse an besseren Daten und Wissen zum Einfluss der Wasserentnahmen auf das aquatische Ökosystem.

4 Druck auf aquatische Ökosysteme und auf Wassernutzung

4.1 Druck auf aquatische Ökosysteme und Gegensteuer

Während Trockenheitsperioden wie 2003, 2011, 2015 und 2018 wurden lokal und regional Gewässerökosysteme durch die hohen Wassertemperaturen, die geringen oder sogar fehlenden Abflüsse in Fliessgewässern und die tiefen Grundwasserstände stark beeinträchtigt (z.B. Fischsterben am Hochrhein 2003 und 2018). Gegen Ende des 21. Jahrhunderts wird es bei extremen sommerlichen Trockenperioden vor allem im Mittelland und im Jurabogen vermehrt zu Wasserdefiziten kommen. Der Druck auf aquatische Ökosysteme wird sich erhöhen und unter den Wasserwirtschaftsakteuren sind häufiger Nutzungskonflikte zu erwarten (Abbildung 4).

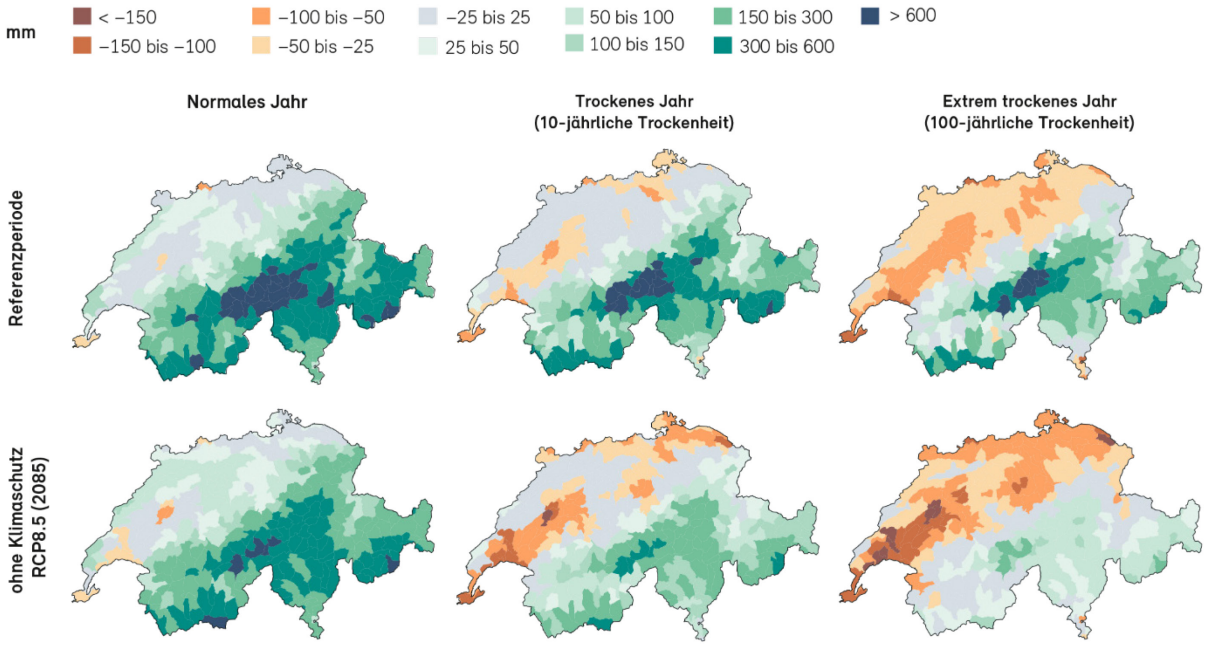

Abbildung 4 **Risiko von Wasserknappheit im Sommer (Juni, Juli, August); für ein normales, ein trockenes und ein extrem trockenes Jahr. Wasserbilanz, berechnet aus Dargebot der Oberflächengewässer pro Einzugsgebiet minus Wasserbedarf in diesem Gebiet unter heutigen (1980-2010) und künftigen Bedingungen (2070-2099) ohne Klimaschutz (RCP8.5). Braune Farbtöne bedeuten Wasserknappheit, grünblaue Farbtöne Wasserüberschuss. Quelle: NCCS, 2021.**

Die Regulierung von Wasserentnahmen für die unterschiedlichen Nutzungen (z.B. Landwirtschaft, Wasserkraft, Industrie, öffentliche Trinkwasserversorgung etc.) und die konsequente Renaturierung der Gewässer wirken diesen negativen Entwicklungen entgegen.

Im Gewässerschutzgesetz (GSchG) sind die Voraussetzungen für die Bewilligung von Wasserentnahmen aus oberirdischen und unterirdischen Gewässern geregelt. Zum Schutz der aquatischen Ökosysteme sind im GSchG Mindestrestwassermengen für Wasserentnahmen aus Flüssen mit ständiger Wasserführung festgelegt, welche sich an der statistisch berechneten Abflussmenge Q347[10] orientieren. Die in Abhängigkeit der charakteristischen Niedrigwasserabflüsse Q347 bestimmten Mindestrestwassermengen müssen in bestimmten Fällen erhöht werden, wenn damit im konkreten Fall Anforderungen an Wasserqualität, Grundwasser, seltene Lebensräume und -gemeinschaften, freie Fischwanderung und Laichplätze nicht erfüllt sind (Art. 31 Abs. 2 GSchG). Für diese Mindestrestwassermenge ist keine Interessenabwägung zulässig.

[10] Q347 ist der Abfluss in einem Gewässer, der gemittelt über die letzten 10 Jahre an 347 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird.

Unter gewissen Voraussetzungen kann die Mindestrestwassermenge auch unterschritten werden (Art. 32 GSchG). Zu diesen Ausnahmen zählen auch Notsituationen für befristete Wasserentnahmen insbesondere zur Trinkwasserversorgung, für Löschwasserzwecke oder zur landwirtschaftlichen Bewässerung (Art. 32 Bst. d GSchG). Die Erteilung von Ausnahmebewilligungen bei Trockenheitsereignissen kann jedoch zu Nutzungskonflikten führen. Solche befristeten Wasserentnahmen, insbesondere aus kleinen Fliessgewässern für die landwirtschaftliche Bewässerung, dürfen nicht zur Normalsituation werden. Knappheitssituationen, die regelmässig auftreten, sind keine seltenen Notsituationen gemäss Art. 32 Bst. d GSchG und dürfen nicht zu befristeten Wasserentnahmen mit Unterschreitung der Mindestrestwassermenge führen.

Die Erhöhung der Mindestrestwassermenge ergibt sich aus einer Abwägung der Interessen für und gegen eine vorgesehene Wasserentnahme (Art. 33GSchG). Die Bestimmung angemessener Restwassermengen erfolgt durch die Kantone, separat für jedes Gewässer und einzelne Entnahmeorte, und zwar dann, wenn das Nutzungsrecht (Konzession) für eine neue Wasserentnahme beantragt wird oder für bestehende Wasserentnahmen erneuert werden muss.

Im Rahmen der Volksabstimmung zum Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 17. Mai 1992 hat der Bundesrat geschätzt, dass sich die Wasserkraftproduktion aufgrund der verlangten Mindestrestwassermengen bis 2070 um 6% bis 12% reduzieren werden. Eine Analyse von 107 bis Ende 2017 erteilten Konzessionen hat gezeigt, dass die Kantone die Restwasserbestimmungen moderat umsetzen. Auf der Basis dieser Zahlen wird davon ausgegangen, dass die Einbussen rund 7% betragen werden und sich damit am unteren Rand des Schätzbereichs bei Gesetzeinführung bewegen. Da die Analyse von 107 Konzessionen nur einen kleinen Teil der bis 2050 ablaufenden Konzessionen betrifft, wird eine künftige Analyse zur Minderproduktion belastbarere Aussagen machen können (BFE, 2019).

Die zum Zeitpunkt der Konzessionserteilung festgelegte angemessene Restwassermenge ist während der Gesamtdauer des Nutzungsrechts gültig, welche für die Wasserkraft höchstens 80 Jahre beträgt (Art. 58 WRG). Über einen solchen langen Zeitraum hinweg werden sich aufgrund des fortschreitenden Klimawandels die Abflüsse und die Gewässertemperatur in den jeweiligen Einzugsgebieten aber im Laufe der Zeit verändern. Bei der Festlegung der angemessenen Restwassermengen sind deshalb Überlegungen zur Entwicklung des Abflussregimes und des Abflusses Q347 während der Konzessionslaufzeit anzustellen.

In vergangenen Trockenperioden kam es zu Konflikten zwischen den kantonalen Behörden und Landwirten, wenn bereits erteilte Bewilligungen für Wasserentnahmen aufgrund der tiefen Pegelstände und Wassertemperaturen sistiert wurden. Im Jahr 2003 wurde zudem in mehreren Kantonen Wasser illegal entnommen (BUWAL, 2004). Im Vergleich zu 2003 kam es in den vergangenen Trockenperioden 2015 und 2018 weniger häufig zu solchen Konflikten, da einige Kantone in der Zwischenzeit ihre Handlungsabläufe zur Bewältigung der Wasserknappheit bereits verbessert haben (vgl. Kapitel 5 Integrales Wassermanagement).

Weitere Massnahmen zum Schutz und der Aufwertung der aquatischen Ökosysteme sind Revitalisierungen, die Festlegung und extensive Bewirtschaftung von Gewässerräumen sowie die ökologische Sanierung der Wasserkraft (Sanierung Schwall/Sunk, Geschiebe und Fischgängigkeit an Wasserkraftwerken). Durch die Umsetzung dieser Renaturierungsmassnahmen werden die Gewässer widerstandsfähiger: Fische können beispielsweise während Trocken- und Hitzeperioden in Gewässern mit fischgängig sanierten Wasserkraftanlagen in kühlere Seitengewässer und höhere Lagen wandern, wo sie weniger Stress ausgesetzt sind.

Die Anpassungen im Gewässerschutzrecht 2011 verpflichten die Kantone, korrigierte, begradigte und verbaute Gewässer (Fliessgewässer und Seeufer) wieder in einen naturnahen Zustand zu bringen – zu revitalisieren. Innerhalb von 80 Jahren soll rund ein Viertel der rund 14’000 km verbauten Gewässer aufgewertet werden. Im Zeitraum von 2011-2019 wurden bisher vor allem kleine Fliessgewässer und Gewässer im Mittelland revitalisiert, wobei bisher insgesamt 160 km aufgewertet werden konnten (BAFU, 2021b). Die erwähnten Massnahmen stellen wichtige Säulen der Gewässerschutzpolitik dar, welche konsequent umgesetzt werden müssen (siehe Zielsetzung 3 in Kapitel 8).

4.2 Druck auf Wassernutzungen und Gegensteuer

Öffentliche Wasserversorgung

Schwerwiegende Versorgungsengpässe in der öffentlichen Wasserversorgung werden auch in Zukunft keine erwartet. Mit den zukünftigen klimatischen Veränderungen wird es aber häufiger vorkommen, dass die öffentliche Trinkwasserversorgung mit verschiedenen Ansprüchen aus Gesellschaft, Wirtschaft und der Ökologie konfrontiert wird.

Wo die genutzten Grundwasserleiter geringmächtig sind und mit den angrenzenden Fliessgewässern interagieren, können durch die Entnahme von Grundwasser die Abflüsse in den Gewässern stark verringert und damit die Gewässerlebensräume beeinträchtigt werden.

Probleme für die öffentliche Wasserversorgung ergaben sich in den vergangenen Trockenperioden insbesondere durch den Spitzenbedarf der Landwirtschaft. Aufgrund der tiefen Pegelstände und hohen Wassertemperaturen im Trockensommer 2018 erliessen 13 Kantone Einschränkungen für Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern zur Bewässerung (EPB, 2019). Da die betroffenen Landwirtschaftsbetriebe teilweise auf die öffentliche Trinkwasserversorgung auswichen, führte dies bei einigen öffentlichen Wasserversorgern zu Engpässen. Der Wasserbezug für die landwirtschaftliche Bewässerung während Trockenzeiten ist kritisch, da die öffentliche Trinkwasserversorgung nicht für diesen Spitzenbedarf dimensioniert ist und so die Versorgungssicherheit gefährdet wird. Die landwirtschaftliche Brauchwasserversorgung muss deshalb in der Regel unabhängig von der öffentlichen Trinkwasserversorgung sein (vgl. Kapitel 6 Infrastrukturbedarf). Als weitere Massnahme zur Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung und zum Schutz aquatischer Ökosysteme muss wo nötig, während Trockenperioden der Spitzenbedarf verringert werden. Dies ist beispielsweise möglich durch das vorübergehende Einschränken untergeordneter Wasserverwendungen wie das Bewässern von Grünflächen, Befüllen von Schwimmbecken oder Autowaschen.

Um den verschiedenen Ansprüchen gerecht zu werden, ist vor allem eine vorausschauende Planung des Wasserbedarfs nötig. Diese würde eine ideale Wasserverteilung erlauben, um den Spitzenbedarf z.B. während Trockenperioden abdecken zu können. Um das Risiko von Engpässen in der Trinkwasserversorgung während Trockenperioden zu minimieren, ist grundsätzlich darauf zu achten, dass heute und auch künftig das als Trinkwasser nutzbare Grundwasservorkommen weder eingeschränkt noch beeinträchtigt wird. Es ist konsequent vor Verschmutzung zu schützen (BAFU, 2014b). Dazu gehört auch die Durchsetzung einer rechtskonformen Nutzung in den Schutzzonen von Grundwasserfassungen. Wenn Fassungen aufgrund von Nutzungskonflikten aufgegeben werden, nehmen die Vulnerabilität des Systems und die Wichtigkeit der verbleibenden Fassungen zu.

Infolge des Klimawandels steigt das Risiko für Wasserknappheit aber auch für Wasserversorgungen, die vor allem Quellwasser oder Uferfiltrat als Trinkwasser nutzen. Durch den Rückgang von Gletscher- und Schneeschmelze ist mit sehr viel tieferen Wasserständen in den Flüssen im Sommer zu rechnen, was sich auf die Infiltration in den Untergrund auswirken wird.

Brauchwasser für Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe sowie Wasserkraft

Mit dem steigenden Bedarf an Brauchwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung werden das Mittelland inklusive Jurabogen sowie die inneralpinen Trockentäler Wallis und Engadin in Zukunft potenziell am stärksten von Wassernutzungskonflikten betroffen sein. Der Bewässerungsbedarf muss durch eine klima- sowie standortangepasste landwirtschaftliche Produktion in Einklang mit den verfügbaren Wasserressourcen gebracht werden. Zu den möglichen Massnahmen gehören Anpassungen bei der Bewirtschaftung (u.a. Kulturen-, Sorten- und Standortwahl, Bodenbearbeitung) oder der Infrastrukturen (u.a. Wasserzuleitungen, intelligente Bewässerungssysteme). Die Agrarpolitik fördert bereits eine sparsame Bewässerung mit Beiträgen für Strukturverbesserungen. Dort, wo trotz klima- und standortangepasster Landwirtschaft Wasserknappheit besteht, braucht es zusätzliche landwirtschaftliche, wassersparende Bewässerungsinfrastruktur. Diese muss auf die

regionale Wasserverfügbarkeit abgestimmt und in der Regel unabhängig von der öffentlichen Trinkwasserversorgung sein, da bei einer Überdimensionierung des Leitungssystems Wasserqualitätsprobleme aufgrund von Stagnation (Rostwasserbildung und Verkeimung) entstehen können.

Die Brauchwassernutzung in Industrie und Gewerbe erhöht sich in Trockenperioden im Allgemeinen weniger stark. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass Industriebetriebe ihren Wasserbedarf aufgrund wirtschaftlicher Eigeninteressen einschränken und in der Standortwahl berücksichtigen. Jedoch sind aufgrund erhöhter Temperaturen der Fliessgewässer Einschränkungen bei der thermischen Nutzung möglich, besonders in Regionen mit hohem industriellem Kühlbedarf. In den Hitzesommern 2015 und 2018 mussten die Kernkraftwerke in Mühleberg und Beznau ihre Leistung zeitweise drosseln, um die zusätzliche Aufheizung des Flusswassers zu begrenzen (BAFU, 2016 und 2019). Mit dem beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie fallen diese Wärmeeinträge in die Aare und den Rhein längerfristig weg.

Wasserknappheit im Winterhalbjahr wird sich vor allem auf touristische Regionen in hohen Lagen konzentrieren, wo ein steigender Wasserbedarf für die künstliche Beschneiung zu erwarten ist. Das Wasser dafür stammt heute schon mehrheitlich aus künstlich angelegten Speicherseen und Teichen, welche im Jahresverlauf gefüllt werden.

Die Gewässer der Schweiz werden schon lange und verbreitet zur Erzeugung von Wasserkraft genutzt. Im Juni 2021 verabschiedete der Bundesrat das Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, welche eine Revision des Energie- und des Stromversorgungsgesetzes beinhaltet. Er strebt dabei einen Ausbau der Wasserkraft an, um die Versorgungssicherheit insbesondere im Winter zu stärken. Ein vom UVEK einberufener Runder Tisch zur Wasserkraft mit den Kantonen sowie mit Naturschutz- und Stromverbänden hat sich über die künftigen Herausforderungen ausgetauscht. Sie haben eine gemeinsame Erklärung verabschiedet, welche ausgewählte Wasserkraftprojekte sowie Ausgleichsmassnahmen und allgemeine Empfehlungen zum Schutz von Biodiversität und Landschaft enthält. Diese Liste zeigt die Möglichkeit eines Ausbaus der Wasserkraft unter Wahrung des bestehenden Naturschutzes. Die heutige Gewässerschutzgesetzgebung regelt den Umgang mit den Beeinträchtigungen durch die Wasserkraft. Die Prozesse sind etabliert.

5 Integrales Wassermanagement

5.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Mit einem integralen Wassermanagement wird eine sektorübergreifende und regionale Bewirtschaftung der Wasserressourcen angestrebt. Dabei werden Gewässer als Gesamtsysteme betrachtet und auf Ebene der Einzugsgebiete bewirtschaftet. Dies ermöglicht eine effiziente und zielorientierte Wasserwirtschaft mit regionaler Abstimmung, transparenter Güterabwägung und klaren Prioritäten (Wasser-Agenda 21, 2011; BAFU, 2012 und 2013; Schmid et al., 2014).

Heute ist im Bundesrecht ein integrales Wassermanagement nicht verankert. Sowohl der Bund als auch die Kantone fördern aber diesen Ansatz seit Jahren. Als Inhaber der Wasserhoheit sind die Kantone in der direkten Verantwortung, ein nachhaltiges Wassermanagement sicherzustellen. Der Bund (BAFU) unterstützte die Kantone mit Grundlagenarbeiten wie z.B. mit dem Leitbild für die integrale Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz (Wasser-Agenda 21, 2011) und mit der Vollzugshilfe «Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben» (BAFU, 2013). Mit der Verabschiedung des Postulats Walter 2010 hat der Bundesrat dem UVEK und dem WBF den Auftrag erteilt, die in ihrer Kompetenz liegenden Massnahmen anzugehen, um die Kantone im Umgang mit Wasserknappheit mit Praxisgrundlagen zu unterstützen. Das BAFU stellte den Kantonen darauf drei Grundlagenmodule zur Verfügung, welche die Identifizierung von Risikogebieten (Modul 1), die langfris-

tige Bewirtschaftung der Wasserressourcen (Modul 2) und die Bewältigung von Ausnahmesituationen (Modul 3) abdecken. Im Rahmen von Umfragen nach Hitze- und Trockenheitsereignissen verfolgt das BAFU die Umsetzung des integralen Wassermanagements in den Kantonen.[11]

Besonders in Regionen, in denen zunehmend Wasserdefizite erwartet werden, sollten Kantone – falls nicht vorhanden – ein integrales Wassermanagement etablieren, um die Nutzungskonflikte während Trockenheitsereignissen frühzeitig zu erkennen, vorbeugend Massnahmen einzuleiten sowie die Prioritäten zwischen den verschiedenen Nutzungsarten und der Gewährleistung der Lebensraumfunktionen und der Ökosystemleistungen zu definieren (Interessensabwägung). Bei dieser Interessensabwägung muss dem Schutz der Ökosysteme besondere Beachtung geschenkt werden. Damit die Kantone die richtigen Entscheide dafür fällen können, müssen sie fähig sein, die Situation zu beurteilen. Dafür müssen sie auf zeitlich und räumlich ausreichend detaillierte Wassernutzungs- und Wasserbedarfsdaten zurückgreifen können.

5.2 Umsetzung in den Kantonen

Bereits länger etabliert sind regionale Trinkwasserversorgungsplanungen. Durch eine vorausschauende Verteilung des Wassers sollen Versorgungsengpässe verhindert oder reduziert werden. Zentral sind dabei die Vernetzung benachbarter Wasserversorgungen oder die Erschliessung unterschiedlicher Wasserbezugsorte. Wie eine Umfrage bei den Kantonen nach dem Trockensommer 2018 gezeigt hat, verfügen aktuell 10 Kantone über regionale Wasserversorgungsplanungen. Jedoch äussern auch viele der anderen 16 Kantone Bestrebungen zur Förderung der Vernetzung, beispielsweise über die Erneuerung der Generellen Wasserversorgungsplanung (GWP) oder auch Finanzierungszuschüsse für den Bau von Verbundleitungen (EBP, 2019).

Die Fachverbände stellen den Kantonen Empfehlungen zur Erarbeitung einer regionalen Trinkwasserversorgungsplanung zur Verfügung. Das BAFU unterstützt die Verbände dabei. Für die Sicherstellung der Versorgungssicherheit führen die Kantone gemäss ihren Regelungen die Erstellung der regionalen Trinkwasserversorgungsplanungen fort (siehe Zielsetzung 4 Kapitel 8).

Durch die neue VTM vom 19.8.2020 (Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in schweren Mangellagen, SR 531.32) sind die Kantone verpflichtet, im Rahmen einer regionalen Betrachtung die für die Trinkwasserversorgungen unverzichtbaren Fassungen und Anlagen zu identifizieren. Diese haben bei der Erhöhung der Resilienz der Trinkwasserversorgung bei schweren Mangellagen einen hohen Stellenwert. Dadurch werden die Kantone zu einer Wasserversorgungsplanung verpflichtet, welche auch der Versorgung im Normalbetrieb, u.a. bei Trockenperioden, zugutekommt.

Eine zunehmende Anzahl Kantone wendet ein regionales Wassermanagement an, bei welchem der Fokus auf Wassermengen- und Versorgungsfragen von Trink- und Brauchwasser liegt, die integral über alle relevanten Nutzungen betrachtet werden. Angespornt durch die Trockenheitsereignisse in den Jahren 2003, 2015 und 2018 hat die Hälfte der Kantone eine regionale Wasserressourcenplanung umgesetzt oder in Angriff genommen. Eine solche Planung umfasst die Angebotsseite (nötige Infrastrukturanpassungen wie Verbindungsleitungen/Speicher) ebenso wie die Bedarfsseite (Interessensabwägung, strategische Planung mit räumlichen Schwerpunkten, Anpassungen für weniger Verbrauch resp. hin zu einer klima- und standortangepassten landwirtschaftlichen Produktionsweise). Für die Erarbeitung eines integralen Wassermanagements sowie für die Beschaffung der dafür erforderlichen Datengrundlagen ist je nach Stand der Vorarbeiten ein erheblicher Mehraufwand zu betreiben, der heute in den Kantonen nicht einfach über bestehende finanzielle und personelle Ressourcen abgedeckt werden kann.

Der Bund (Bundesamt für Landwirtschaft BLW) fördert bereits heute eine sparsame und effiziente Bewässerung über Strukturverbesserungsbeiträge. Forschungsresultate zu trockenheitsresistenten Sorten und wassersparender Bewirtschaftung gelangen via Landwirtschaftsschulen und kantonale Beratungsstellen zu den Landwirten. Die nächste Revision der Strukturverbesserungsverordnung

11 Gestützt auf Art. 57 Bst. c und d GSchG

(SVV) sieht vor, die Strukturverbesserungsbeiträge an Bewässerungsanlagen an eine «vorausschauende Planung der Wasserressourcen» seitens der Kantone zu binden. Für eine Planung des ländlichen Raums unter Berücksichtigung der Interessen aller Stakeholder kann das BLW die Durchführung eines «Entwicklungsprozesses Ländlicher Raum ELR» über Strukturverbesserungsbeiträge unterstützen. Dieser standardisierte Prozess fördert die Implementierung einer standortangepassten Landwirtschaft. Der Vorschlag des Bundesrats sah das Konzept der Regionalen Landwirtschaftsstrategien (RLS) in der Agrarpolitik ab 2022 (AP22+) vor[12]. Mit einer unter Einbezug der Stakeholder zu erarbeitenden RLS, sollte grundsätzlich eine ressourceneffiziente, standortangepasste Landwirtschaft gefördert werden (siehe Zielsetzung 4 in Kapitel 8).

Handlungsbedarf besteht bei Kantonen, die trotz aktuellem und künftigem Wasserdefizit noch keine regionale Planung der Wasserressourcen vorsehen. Solche Planungen sind zentral, um langfristig ein Gleichgewicht zwischen dem Wasserbedarf für Mensch und Natur und den verfügbaren Wasserressourcen sicherzustellen. Die Anwendung eines regionalen Wassermanagements dient zudem der Umsetzung der nationalen und kantonalen Strategien in den Bereichen Energie, Landwirtschaft und Biodiversität.

Aktuell kann der Bund seinem Verfassungsauftrag zur Sicherstellung der haushälterischen Wassernutzung (Art. 76 Abs. 1 BV) nicht zufriedenstellend nachkommen, da er nur ungenügende Informationen aus den Kantonen bezüglich deren eingeleiteten Massnahmen während Trockenperioden hat. Der Bund schlägt deshalb eine kantonale Berichterstattungspflicht nach Trockenheitsereignissen vor (siehe Zielsetzung 4 Massnahme 4.1 in Kapitel 8). Die Kantone sollen dem Bund über die während Trockenperioden ergriffenen Massnahmen (Entnahmeverbote, Wassersparaufrufe, Einrichtung von Notwasserversorgungen, Massnahmen im Bereich Fischerei, etc.) berichten. In diese Berichte sollen Überlegungen der Kantone einfliessen, welche Anpassungen am Wassermanagement sie im Hinblick auf künftige Ereignisse ins Auge fassen. Die Massnahme soll bewirken, dass sich die Kantone mit ihrem Wassermanagement auseinandersetzen und ihre Instrumente (z.B. Brauchwasserplanungen) auf freiwilliger Basis anpassen und vorantreiben.

Die kantonalen Trockenheitsberichte sollen auch Angaben über die Anzahl der befristeten Ausnahmebewilligungen enthalten, welche die Kantone in Notsituationen u.a. für die landwirtschaftliche Bewässerung erteilen können (Art. 32 Bst. d GSchG) und bei denen die Mindestrestwassermengen in Gewässern unterschritten werden. Der Bund wird ein besonderes Augenmerk auf diese Entwicklung legen, da solche Ausnahmebewilligungen nur in seltenen Situationen zulässig sind und nicht zur Normalsituation werden dürfen. Die Aufsichtspflicht des Bundes in Bezug auf den bundesrechtskonformen Vollzug der Restwasserbestimmungen wird durch die kantonale Berichterstattungspflicht erleichtert. Regelmässig auftretende Brauchwasserversorgungsengpässe müssen im Rahmen eines regionalen Wassermanagements angegangen werden und dürfen nicht über befristete Ausnahmebewilligungen für die Unterschreitung der Mindestrestwassermengen gelöst werden.

Anhand der Trockenheitsberichte verfolgt der Bund den Stand der Umsetzung eines regionalen Wassermanagements durch die Kantone und ermittelt allfällige Vollzugsdefizite beim Gewässerschutz. Bei Bedarf fordert der Bund bei den Kantonen gestützt auf diese Berichterstattung zusätzliche Massnahmen ein, falls z.B. Grundwasservorkommen langfristig übernutzt werden oder Restwassermengen während Trockenheitsperioden nicht eingehalten werden. Dazu gehören eine Aufforderung an säumige Kantone zum Handeln und der Austausch mit Kantonen zur Förderung von guten Lösungsansätzen (Best Practice Beispiele).

12 Die AP22+ wurde am 16.3.2021 vom Nationalrat sistiert. Dieser Punkt war in der parlamentarischen Debatte nicht umstritten.

5.3 Datenbedarf für ein integrales Wassermanagement

5.3.1 Datenbedarf Bund und Kantone

Die Kantone verfügen über die Wasservorkommen, sie vergeben Konzessionen zur Wassernutzung und sind für den Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung zuständig. Räumlich und saisonal aufgeschlüsselte Daten zur Wassernutzung (inkl. Wasserentnahmen) und zu den Wasserressourcen sind zur Erfüllung dieser Aufgaben sehr wertvoll:

- Damit können die Kantone Nutzungskonflikte sowie lokale oder regionale Engpässe erkennen und durch ein integrales Wasserressourcenmanagement vermeiden. Konkrete Anwendungen solcher Daten betreffen z.B. Brauchwasserplanungen oder Wasserressourcenplanungen.
- Auch sind die Kantone für die Umsetzung nationaler Strategien zuständig und regional differenzierte Daten dienen als wichtige Grundlage für die Ziel- und Massnahmendefinition, die Planung, die Umsetzung, die Erfolgskontrolle und die Wirkungsmessung. Dies betrifft die Landwirtschaftspolitik, die Energiepolitik (Energiestrategie 2050) sowie die Biodiversitätspolitik (Strategie Biodiversität Schweiz).
- Im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung unterstützt eine verbesserte Datenbasis die im Rahmen der Landesversorgungsgesetzgebung vorgesehene Stärkung der Resilienz von Wasserversorgungen.

Aber auch der Bund hat Interesse sowohl an Daten zur Wassernutzung als auch an Informationen über den kantonalen Vollzug der Restwasserbestimmungen. Diese Daten sollten für die gesamte Schweiz mindestens in regionaler räumlicher und saisonaler zeitlicher Auflösung vorliegen.

- Die Agrarpolitik fördert eine sparsame Bewässerung im Rahmen der Strukturverbesserungen. Um beurteilen zu können, ob Subventionsanträge zu Strukturverbesserung an das verfügbare Wasserangebot angepasst sind, sowie für das Wirkungsmonitoring von Strategien und Anreizsystemen ist räumlich lokal aufgelöstes, saisonales und für die betreffenden Regionen flächendeckendes Wissen zur zukünftigen Entwicklung des Bewässerungsbedarfs dringlich.
- Schweizweite Daten zur Gewässernutzung unterstützen den Bund bei der Überprüfung der Umsetzung der oben erwähnten, nationalen Strategien.
- Die Schweiz hat sich zu einem internationalen Datenaustausch verpflichtet. Dies betrifft internationale Erhebungen, wie die von der FAO geführte AQUASTAT-Datenbank zu Wassernutzung und Landwirtschaft oder die Indikatoren der Sustainable Development Goals (SDG).
- Für die in Kapitel 5.2 geforderte kantonale Berichterstattungspflicht bei Trockenheitsereignissen braucht das BAFU insbesondere Informationen über die Anzahl der erteilten Ausnahmebewilligungen bei der Unterschreitung der Mindestrestwassermengen in Flüssen, welche in Notsituationen u.a. für die landwirtschaftliche Bewässerung erteilt werden (Art. 32 Bst. d GSchG).

5.3.2 Heutige Datenlage in den Kantonen

Im Hintergrundbericht Wassernutzungsdaten wurde genauer untersucht, welche Daten der Bund zur Wahrung seiner Aufgaben und zur genaueren Beantwortung der Postulatsfragestellung zum Wasserbedarf der Schweiz bräuchte und ob diese Daten bei den Gemeinden, bei den Kantonen oder beim Bund vorliegen (EBP, 2020).

Die exemplarische Befragung von drei Kantonen mit unterschiedlichen naturräumlichen und rechtlich-organisatorischen Voraussetzungen (Kantone Aargau, Wallis und Basel-Landschaft) bestätigte, dass Daten zur aktuellen Wassernutzung nicht in der nötigen räumlichen und zeitlichen Auflösung und nicht im gewünschten inhaltlichen Detaillierungsgrad verfügbar sind.

- Einer der drei Kantone verfügt über eine Wasserstatistik mit Daten zum Wasserverbrauch verschiedener Endnutzungen ab der öffentlichen Wasserversorgung pro Monat und Gemeinde. Die beiden anderen Kantone nutzen die vom SVGW erhobenen Jahresverbrauchsmengen.
- Die Daten zur privaten Wasserversorgung über Eigenversorgung sind sehr unterschiedlich: Ein Kanton verfügt beim Wasserverbrauch von Gewerbe und Industrie aus privater Grundwasserförderung über monatliche Daten. Ansonsten verfügen alle drei Kantone nur über Jahressummen oder bewilligte Maximalwerte (Obergrenze), oder die Daten fehlen ganz.
- Abschätzungen zum zukünftigen Wasserbedarf sind bei allen Kantonen nur lückenhaft vorhanden, beispielsweise als einmalige projektbezogene Erhebungen.

Als Hauptgrund für diese Datenlücken nennen die Kantone das Fehlen eines entsprechenden Auftrags sowie fehlende rechtliche Grundlagen und Ressourcen. Eine Erhebung zusätzlicher Wassernutzungs- und Wasserbedarfsdaten sollte durch die Kantone erfolgen, da die Kantone über die Nutzung der Wasservorkommen verfügen und in der Umsetzung bzw. im Vollzug der nationalen Strategien eine zentrale Rolle einnehmen. Wo ein Datenbedarf des Bundes besteht, sind einheitliche Definitionen und Methoden nötig, insbesondere im Hinblick auf die prognostizierten Wassermengen. Dazu bedarf es einer Koordination durch den Bund (Zielsetzung 2 Kapitel 8).

5.3.3 Bestrebungen zur Verbesserung der Datenlage

Der Bedarf für eine Verbesserung des Wissens zum Wasserbedarf wurde bereits erkannt. Der neue Aktionsplan 2020-2025 zur Anpassung an den Klimawandel (Bundesrat, 2020) führt eine neue Massnahme AP2-w1 «Erhebung Wasserbedarfsdaten Schweiz» auf. Im Rahmen der Bearbeitung dieser Massnahme wurde 2021 das Forschungsprojekt SwissIrrigation in Zusammenarbeit von BAFU, BLW, Agroscope und HAFL gestartet. Ziel des Projekts ist es, das Potential von vorhandenen Daten zur Bewässerung, Fernerkundungsdaten und physikalisch-biologischen Modellen zur Bestimmung des Wasserverbrauchs der Landwirtschaft zu ermitteln und Empfehlungen zu erarbeiten, welche Daten in Zukunft zusätzlich erhoben werden sollten.

Weiter beabsichtigt das BFS, die Machbarkeit von vereinfachten Wasserkonten auf nationaler Ebene im Rahmen der Umweltgesamtrechnung zu prüfen. Vollständige Wasserkonten würden insbesondere die physischen Wasserflüsse im Wirtschaftssystem sowie die Wasservorräte abbilden und damit eine neue Datengrundlage zur Wassernutzung und zur Entwicklung der Ressource Wasser bilden. Die Wasserkonten sollen nach einem internationalen Standard aufgebaut sein[13] und können in der erwünschten räumlichen (national, kantonal, Gemeinde, Einzugsgebiet) und zeitlichen Auflösung (z.B. jährlich, monatlich) strukturiert sein. Dank ihrer Kohärenz mit den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen können Wasserkonten auch in die weit verbreiteten monetären Input-Output-basierten Modelle einfliessen, um die zukünftige Wassernachfrage zu prognostizieren, die Erklärungsfaktoren für die Entwicklung des Wasserverbrauchs zu berechnen oder den Wasserfussabdruck der Schweiz zu schätzen. Zudem können sie dazu dienen, politische Massnahmen und die wirtschaftlichen Instrumente zu deren Erreichung zu analysieren und zu bewerten.

Das Konzipieren eines Wasserbedarfsmonitorings auf Bundesebene bedarf einer vertieften Abklärung, um den konkreten Datenbedarf zu benennen und zu priorisieren sowie um Ziele und Verantwortlichkeiten zu klären. Dies ginge einher mit der Prüfung der Machbarkeit von Wasserkonten im Rahmen der Umweltgesamtrechnung des BFS.

Um einen besseren Überblick über die landwirtschaftlichen Infrastrukturen zu erhalten, ist das BLW daran, ein minimales Geodatenmodell für diese Infrastrukturen zu erarbeiten. Dieses wird sowohl die Bewässerungsnetze als auch die Drainagenetze beinhalten. Für die Bewässerungsnetze, welche mit Strukturverbesserungsgeldern unterstützt werden, soll neu der Einbau von Wasserzählern als Subventionsbedingung gefordert werden. Mit diesen beiden Massnahmen soll die Datenlage zum landwirtschaftlichen Wasserverbrauch verbessert werden.

---

13 System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water) bietet einen konzeptionellen Rahmen für die kohärente und konsistente Organisation von hydrologischen und wasserbezogenen Wirtschaftsinformationen.

6 Infrastrukturbedarf

6.1 Infrastruktur für die Trinkwasser- und Brauchwasserversorgung

Die Infrastruktur der öffentlichen Wasserversorgung werden Kantone, Gemeinden und Wasserversorger auch in Zukunft mit den bisherigen kantonalen Instrumenten wie beispielsweise der «Generellen Wasserversorgungsplanung» (GWP) planen und bei Bedarf erneuern oder ausbauen. Industriebetriebe mit eigener Wasserversorgung sind selber für die Planung und den Bau ihrer Infrastrukturen zuständig. Dabei haben sie ein wirtschaftliches Eigeninteresse, den Infrastrukturbedarf möglichst gering zu halten. Dies gilt auch für die technische Beschneiung.

Dort, wo trotz klimaangepasster und standortgerechter Landwirtschaft Wasserknappheit besteht, werden allenfalls Infrastrukturen für die Bewässerung nötig werden. Neben den eigentlichen Bewässerungssystemen auf dem Feld geht es dabei auch um Wasserspeicher sowie um Transportleitungen zwischen Entnahmestelle, Speicher und Kulturland.

Die landwirtschaftliche Brauchwasserversorgung soll in der Regel durch eine Infrastruktur erfolgen, die von der Trinkwasserversorgung unabhängig ist. Die Infrastruktur für die Bewässerung muss auf die regionale Wasserverfügbarkeit abgestimmt werden. Zusätzlich könnten Fassungen für die Brauchwasserversorgung genutzt werden, welche nicht mehr den gesetzlichen Anforderungen der Lebensmittel- und/oder des Gewässerschutzrechtes entsprechen und vom Trinkwassernetz getrennt wurden. Als weitere Wasserquelle könnten die natürlichen Seen des Mittellandes einen Beitrag leisten. Allerdings müssen auch hier Restwassermengen im Ausfluss und Mindestwasserspiegel gewährleistet werden. Für Landwirtschaftsgebiete in grosser Distanz zu den Mittellandseen sind solche Investitionen zum Teil jedoch nicht wirtschaftlich. Befristete Wasserentnahmen aus grossen Flüssen und kleinräumige Wasserrückhalte (künstliche Teiche) könnten allenfalls einen Beitrag leisten, deren Potenzial ist jedoch beschränkt (siehe Kapitel 6.2). Grundlage dazu liefern die vorgängig beschriebenen regionalen Wasserressourcen- oder Brauchwasserplanungen (siehe Kapitel 5.1).

6.2 Zusätzliche Wasserspeicherung im Mittelland

Auf regionaler Ebene kann der Wasserrückhalt gefördert werden, beispielsweise durch das Revitalisieren von Gewässern mit Reaktivierungen von Auen- und Feuchtgebieten, Aufheben oder temporäres Einstauen von Drainagen oder durch die Aufhebung und Revitalisierung von Quellwassernutzungen zugunsten der Wasserführung in kleinen Bächen (siehe Zielsetzung 5 in Kapitel 8). Damit können im Zusammenhang mit der Biodiversitätsstrategie und dem Landschaftskonzept[14] diverse Synergien geschaffen werden.

Die Möglichkeiten für eine zusätzliche künstliche Wasserspeicherung für die landwirtschaftliche Bewässerung sind beschränkt: Dort wo die grössten Wasserdefizite erwartet werden, nämlich im dicht besiedelten Mittelland, mangelt es an Platz für Speicherseen zur saisonalen Wasserspeicherung. Lokale Regenwasserspeicher und Teiche auf Betriebsebene können für Spezialkulturen interessant sein, insbesondere für Obstkulturen mit einem eher kleinen Wasserbedarf pro Einheit.

Auch im Siedlungsgebiet kann eine Förderung des kleinräumigen Wasserrückhalts einen wichtigen Beitrag leisten, um saisonale Bedarfsschwankungen zu dämpfen und den natürlichen Wasserkreislauf zu erhalten. Regenwasser kann z.B. durch klimaangepasste Infrastrukturen im Siedlungsgebiet lokal versickert oder gespeichert werden (Schwammstadt-Prinzip). Im Siedlungsgebiet lassen sich über die Generelle Entwässerungsplanung (GEP) klimaangepasste Infrastrukturen fördern. Eine

[14] Ziel 6.G Feuchtflächen und Entwässerung «Grundsätzlich sind keine grösseren Feuchtflächen neu entwässert. Die Wiedervernässung von Böden geringerer landwirtschaftlicher Produktionseignung oder mit hoher Bedeutung für die Arten- und Lebensraumvielfalt und ihre räumliche Vernetzung kann zugelassen und wo möglich als Aufwertungsmassnahme gefördert werden. Die Erneuerung bestehender Drainagen ist in der Regel auf Flächen beschränkt, die aufgrund ihrer Bodenqualität für die Ernährungssicherung im Vordergrund stehen.»

Wasserspeicherung kann nicht nur über Versickerungsanlagen und technische Speicher im Untergrund erreicht werden, sondern auch mit zusätzlichen Grünflächen, die Regenwasser auffangen. Private Regenwasserspeicher zur Gartenbewässerung leisten ebenfalls einen Beitrag zum kleinräumigen Wasserrückhalt.

6.3 Wasserspeicherung im Alpenraum

Mit der Energiestrategie 2050 und der Revision des Energie- und des Stromversorgungsgesetzes vom Juni 2021 wurde beschlossen, die erneuerbaren Energien auszubauen. Der Ausbau der Wasserkraft (Produktionserhöhung) dient einer Dekarbonisierung des Energiesystems und hilft damit, den Klimawandel abzumindern. Neue Saisonwasserspeicher können einen Beitrag zur Erreichung der Energiestrategieziele 2050 (Produktionsanteil Wasserkraft), zur Integration der Photovoltaik ins Stromsystem, wie auch für den Erhalt der Versorgungssicherheit leisten (BFE, 2019).

Die Wasserkraftnutzung beeinträchtigt jedoch die Ökosysteme der Gewässer sowie das Landschaftsbild (BAFU, 2020). Der notwendige Erhalt und Ausbau der Wasserkraft hat deshalb so zu erfolgen, dass möglichst geringe negative Auswirkungen auf Gewässer und Landschaften entstehen. So sieht es auch der Bundesrat mit dem Landschaftskonzept Schweiz vor (BAFU, 2020). Der vom UVEK einberufene Runde Tisch zur Wasserkraft hat ausgewählte Wasserkraftprojekte sowie allgemeine Empfehlungen zum Schutz von Biodiversität und Landschaft identifiziert und ein Vorgehen zur Bestimmung von projektspezifischen Ausgleichsmassnahmen vorgeschlagen. Diese Liste zeigt die Möglichkeit eines Ausbaus der Wasserkraft unter Wahrung des bestehenden Naturschutzes.

Das Hydro-CH2018-Forschungsprojekt «Potential von Mehrzweckspeichern» (Brunner et al., 2019) untersuchte, welchen Beitrag die Mehrzwecknutzung von grossen Wasserspeichern leisten kann, um die Wasserknappheit im Sommer zu mindern. Wie eine Erhebung aus dem Kanton Graubünden zeigt, unterstützen bereits heute die meisten Wasserkraftanlagen neben der Energieversorgung andere Nutzungen. Etabliert sind die Löschwassernutzung sowie die Nutzung zugunsten des Hochwasserschutzes (Roth und Björnsen, 2020). Das Bereitstellen von Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung oder die technische Beschneiung wird bisher dort praktiziert, wo die zu bewässernden Flächen genügend nah am Speicher liegen. Multifunktionale Nutzungen von Wasserspeichern können durchaus weitere positive Auswirkungen haben: Der Landverbrauch für zusätzliche Speicher wird reduziert und die Finanzierung ist über mehrere Sektoren abgestützt. Voraussetzung ist aber, dass die potenziellen Nutzer voneinander wissen – beispielsweise indem die Konzessionsgeber eine multifunktionale Nutzung prüfen (Kellner und Weingartner, 2018).

Theoretisch könnte das Wasser aus den Stauseen im Alpenraum für die Bewässerung im Mittelland verwendet werden. Der Transport des Wassers über Leitungen wäre aber bei den grossen Distanzen im Moment nicht wirtschaftlich. Das Wasser aus den alpinen Stauseen könnte aber auch über die natürlichen Gewässer in unterliegende Regionen mit Wasserknappheit abgelassen werden. In trockenen Sommern würden davon auch die Gewässerlebensräume und die Wassernutzungen im Bereich der betroffenen Gewässer profitieren (Kellner et al., 2021). In der Praxis ist eine solche Wassernutzung auf grössere Distanzen jedoch wenig sinnvoll. Dies vor allem wegen der dafür benötigten sehr grossen Wassermengen und den grossen Wasserverlusten in den Oberflächengewässern selbst durch Verdunstung und Infiltration ins Grundwasser. Eine solche Mehrzwecknutzung konkurriert zudem die Stromerzeugung im Winter und damit die Versorgungssicherheit, da die Speicher dazu angelegt wurden, das Wasser im Sommer für die Winterstromproduktion zu speichern. Sie ist in den laufenden Konzessionen nicht vorgesehen. Sie bringt viele offene Fragen mit sich, beispielsweise zu allfälligen finanziellen Entschädigungen für die Kraftwerkbetreiber (siehe Zielsetzung 5 in Kapitel 8).

7 Internationale Zusammenarbeit

Mit der Ratifizierung der UNECE-Konvention zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen von 1992 hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, grenzüberschreitende Abkommen abzuschliessen und gemeinsame Institutionen zu gründen. Für die internationalen Flüsse wurden deshalb Kommissionen zur grenzüberschreitenden Abstimmung geschaffen. Zudem bestehen Abkommen, Staatsverträge und Gremien, welche die Regulierung von Abfluss und Wasserständen, die Schifffahrt, die Fischerei, die Wasserqualität, die Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung, die Wasserkraftnutzung oder die Wasserentnahme aus Seen und Flüssen regeln (siehe Abbildung 5).

Für die grenzüberschreitenden Flüsse und Seen trägt die Schweiz eine Oberliegerverantwortung hinsichtlich der Wasserqualität und -quantität. Die Unterlieger- und Nachbarstaaten sind auf diese Gewässer für vielerlei Nutzungen angewiesen – vor allem für Trinkwasser, die Wasserkraft, die Kühlung von Kraftwerken und die landwirtschaftliche Bewässerung. Weiter auch für die Fischerei, die Schifffahrt und den Tourismus. Die Bewirtschaftung der grenzüberschreitenden Gewässer geht über Fragen der Wassermenge hinaus: Die Qualität des Wassers, die Gewässerökologie und der Hochwasserschutz spielen ebenso eine Rolle.

Verschiedene Nutzungsinteressen der Schweiz könnten von Unterliegeransprüchen zunehmend betroffen sein: die Wasserkraft, die touristische Nutzung und der Hochwasserschutz (Ufer von Genfersee und Lago Maggiore) sowie die Schifffahrt (Rhein). An Luganersee und Lago Maggiore ist auch die Ökologie (Schilfbestände Luganersee, Flussdelta Bolle di Magadino) ein zentraler Bestandteil der internationalen Abstimmung.

Die Gremien und Prozesse zur internationalen Abstimmung sind implementiert. Wasserwirtschaftliche Abstimmungen und Planungen mit den Nachbarstaaten werden durch die klimabedingten Veränderungen noch wichtiger werden. Im Mittelpunkt stehen die saisonale Verlagerung der alpinen Abflüsse vom Sommer- ins Winterhalbjahr sowie zunehmende Extremereignisse mit Auswirkungen auf den Hochwasserschutz, die Trockenheitsvorsorge oder die Geschiebemobilisierung.

Vor allem im Sommer und Herbst dürften die ins Ausland abfliessenden Wassermengen zurückgehen. In diesen Monaten ist bei den südlichen Unterliegern Frankreich und Italien die Wassernachfrage für die Bewässerung am grössten; gleichzeitig benötigt die Schweiz Wasser für ihre Speicherkraftwerke. Verbunden mit den Auswirkungen des Klimawandels, bedeutet dies ein wachsendes Konfliktpotenzial. Für den Genfersee und den Lago Maggiore finden im Moment Gespräche mit Frankreich und Italien über die zukünftige Regulierung dieser Seen statt. Am Rhein wirken sich häufigere Trockenheitsphasen vor allem auf die Schifffahrt aus, aber auch auf das Wassermanagement der Niederlande, wo ein reduzierter Rheinabfluss Probleme mit ins Grundwasser eindringendem Meerwasser verursacht.

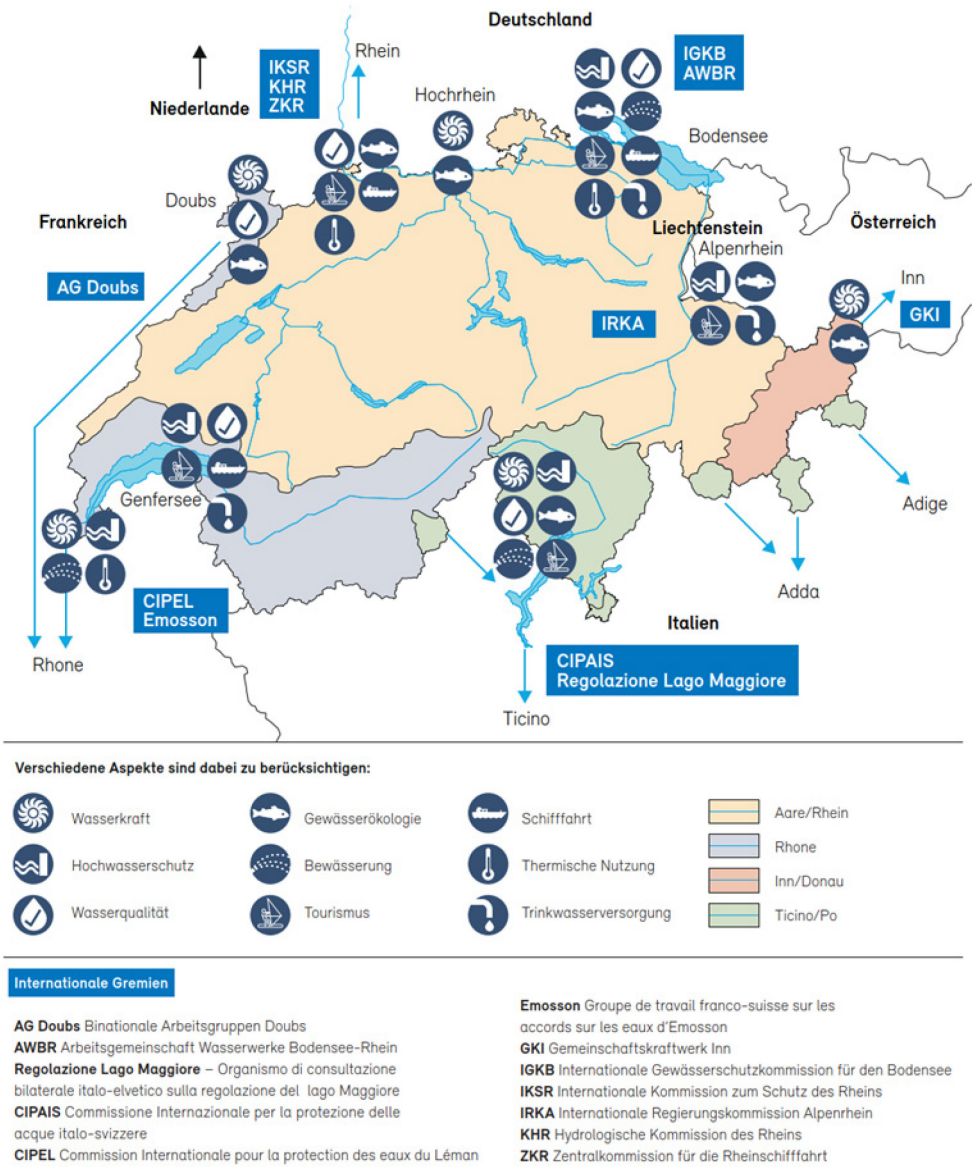

Abbildung 5 International abzustimmende Bewirtschaftungsaspekte grenzüberschreitender Gewässer: Institutionen und Aspekte (BAFU, 2021a)

Künftige Abkommen zur internationalen Mengenbewirtschaftung sollten nicht allein auf die Verteilung der Wasserressourcen fokussieren, sondern auch zu deren effizienten Verwendung verpflichten. Die Schweiz müsste zudem zur Erfüllung ihrer internationalen Berichterstattungspflicht (AQUASTAT, SDG6) die Datenlage zum Wasserverbrauch besonders durch die Landwirtschaft verbessern.

8 Zielsetzungen und Massnahmen

Die Schweiz wird auch in Zukunft gesamthaft über genügend Wasser verfügen. Saisonal und regional begrenzt wird es jedoch vermehrt zu Wasserknappheit kommen. Treiber sind der Klimawandel und der dadurch zunehmende Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung. In den betroffenen Regionen muss die Übernutzung der Gewässerökosysteme verhindert und die nachhaltige Nutzung und Verteilung von Trink- und Brauchwasser sichergestellt werden. Um dies zu erreichen, verfolgt der Bundesrat bereits folgende fünf Zielsetzungen, welche nun teilweise durch zusätzliche Massnahmen gestärkt werden sollen:

Zielsetzung 1: Aktuelles und zukünftiges Wasserdargebot in der Schweiz kennen

Das heutige Wasserdargebot ist bekannt und aktuelle Zukunftsszenarien liegen vor. Dies dank der Massnahmen AP1-wg1 «Regelmässige Erstellung von regionalen Klimaszenarien für die Schweiz» und AP1- wg2 «Hydrologische Grundlagen und Szenarien für die Anpassung an den Klimawandel» im ersten und zweiten Aktionsplan zur Anpassung an den Klimawandel (BAFU, 2014a und Bundesrat, 2020). Methoden, Abschätzungen und Studien zum Wasserdargebot müssen weiterhin durch den Bund erarbeitet und bei Bedarf weiterentwickelt werden. Die Grundlagen zu den Auswirkungen des Klimawandels sollten zudem periodisch aktualisiert werden.

Die bestehenden, oft langjährigen Messnetze von Bund und Kantonen liefern wertvolle Datengrundlagen zum Wasserdargebot und müssen erhalten werden. Zum Teil sind Anpassungen der Erhebungs- und Monitoringkonzepte notwendig, um die Auswirkungen des Klimawandels besser beobachten zu können.

Die Massnahme AP1-w10 «Früherkennung von Trockenheit» aus dem Aktionsplan 2020-2025 «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz» (Bundesrat, 2020) hat zum Ziel, lokale/regionale Wasserknappheit besser vorherzusagen und die lang- und kurzfristigen Massnahmen zum Umgang mit Trockenheit festzulegen (s. auch Motion UREK-N 18.4099 «Bereitstellung von Ressourcen zur Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der Systeme zur Warnung und Alarmierung vor Naturgefahren»).

Zielsetzung 2: Bessere schweizweite Datengrundlage zur aktuellen Wassernutzung und zum zukünftigen Wasserbedarf schaffen

Da schweizweit keine regional und saisonal genügend aufgelöste Wassernutzungs- und Wasserbedarfsdaten erhoben werden, bestehen zur heutigen Wassernutzung und zum künftigen Wasserbedarf der Schweiz Informationslücken. Im Aktionsplan 2020-2025 der Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz wird die Erhebung von Wasserbedarfsdaten jedoch schon angestrebt (vgl. Massnahme AP2-w1). Solche Daten werden benötigt, um Massnahmen zur Vermeidung von Konflikten und Versorgungsengpässen vorausschauend zu planen und dabei die verschiedenen Interessen ausgewogen berücksichtigen zu können. Der Bundesrat schlägt folgende Massnahmen zur Zielerreichung vor:

Massnahme 2.1: Das Bundesamt für Umwelt prüft, welche Daten zur Wassernutzung mit geringem Aufwand schweizweit erhoben werden könnten z.B. durch eine Kombination von Fernerkundung, bestehenden Statistiken und Daten sowie Modellierungen. Im Fokus soll hier die Wassernutzung für die landwirtschaftliche Bewässerung stehen.

Massnahme 2.2: Das Bundesamt für Umwelt stellt Wissensgrundlagen und Konzepte zur Verfügung, die es den Kantonen ermöglichen sollen, Wassernutzungsdaten besser und standardisiert zu erheben.

Massnahme 2.3: Im Rahmen von SEEA-Water[15] prüft das Bundesamt für Statistik die Machbarkeit von vereinfachten Wasserkonten auf nationaler Ebene.

---

[15] System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water) bietet einen konzeptionellen Rahmen für die kohärente und konsistente Organisation von hydrologischen und wasserbezogenen Wirtschaftsinformationen.

Massnahme 2.4: Infolge des Klimawandels wird mit einem Anstieg des Bewässerungsbedarfs in der Landwirtschaft gerechnet. Mit besseren Daten zum heutigen Wasserverbrauch und mit Zukunftsszenarien wie z.B. den sozioökonomischen Zukunftsszenarien für die Schweiz, die im Rahmen des 2. Aktionsplans zur Anpassung an den Klimawandel durch das NCCS erstellt werden, kann der zukünftige Bedarf im Rahmen einer Forschungsaktivität abgeschätzt werden.

Zielsetzung 3: Resilienz der Gewässerökosysteme erhöhen

Ökologisch intakte Gewässer können den Klimawandel besser verkraften und die vielfältigen Ansprüche der Gesellschaft erfüllen. Es gilt daher, Wasserressourcen vor übermässigen Entnahmen sowie vor Verunreinigungen durch Schadstoffe und Düngemittel zu schützen. Ausserdem müssen Bäche, Flüsse, Seen und Grundwasservorkommen in einem möglichst naturnahen Zustand gehalten oder in diesen überführt werden. Dies erfordert einen konsequenten Vollzug des Gewässerschutzes durch die Kantone (Vernetzung und Revitalisierung der Gewässer, ökologische Sanierung Wasserkraft, Festlegung und Extensivierung Gewässerraum sowie gewässergerecht gestalteter Uferbereich und Reduktion der chemischen Gewässerbelastung). Der Bund unterstützt die Kantone dabei mit den bestehenden Instrumenten.

Zielsetzung 4: Umsetzung der regionalen Wasserressourcenplanung stärken, mit speziellem Fokus auf Brauchwasserplanung

Wasserversorgungssicherheit und Wassermanagement haben heute einen zentralen Stellenwert. Das Wassermanagement liegt in der Verantwortung der Kantone, die über die Wasservorkommen verfügen. Zur Unterstützung der Kantone hat sich der Bund dieser Thematik aber bereits intensiv angenommen: In Erfüllung des Postulates Walter Hansjörg 10.3533 thematisiert der Bericht "Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz" vom 14.11.2012 die Wasserversorgungssicherheit. Mit der Verabschiedung des Postulats-Berichtes Walter beschloss der Bundesrat Massnahmen für die Bewirtschaftung der Wasserressourcen, die es erlauben, Knappheitssituationen kurz- wie langfristig integral zu bewältigen. Das BAFU erarbeitete darauf gestützt Praxisgrundlagen zum Wasserressourcenmanagement, um die Kantone bei der Umsetzung zu unterstützen. Zudem fördert das BLW die Durchführung eines «Entwicklungsprozesses Ländlicher Raum ELR» über Strukturverbesserungsbeiträge. Dieser Prozess fördert die Implementierung einer standortangepassten Landwirtschaft.

Die Kantone führen gemäss kantonalen Regelungen die Erstellung von regionalen Trinkwasserversorgungsplanungen fort und sorgen für die Umsetzung der darin vorgesehenen Massnahmen. Damit kann die Trinkwasserversorgung auch während Trockenperioden sichergestellt werden. Durch die Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in schweren Mangellagen (VTM vom 19.8.2020) werden die Kantone zu einer Wasserversorgungsplanung verpflichtet, was auch die Versorgungssicherheit im Normalbetrieb (u.a. bei Trockenperioden) verbessert.

Zur Erreichung von Zielsetzung 4 und zur Erfüllung des Verfassungsauftrages zur Sicherstellung der haushälterischen Wassernutzung (Art. 76 Abs. 1 BV) braucht der Bund regelmässige Informationen aus den Kantonen bezüglich deren eingeleiteten Massnahmen während Trockenperioden. Der Bundesrat schlägt folgende Massnahme vor, damit der Bund die Situation in den Kantonen beobachten und bei einer allfälligen Verschärfung der Trockenheitsproblematik weitere Massnahmen einleiten kann:

Massnahme 4.1: Der Bund führt eine kantonale Berichterstattungspflicht bei Trockenheitssituationen ein. Diese erfolgt mittels Anpassung der GSchV. Die Trockenheitsberichte umfassen Informationen zu den beobachteten Wasserdefiziten und Konflikten, Schutzmassnahmen für Ökosysteme und Überlegungen zu Anpassungen für künftige Trockenheitsereignisse. Die Kantone sollen dem Bund neu insbesondere auch Bericht über die Anzahl der erteilten Ausnahmebewilligungen zur Unterschreitung der Mindestrestwassermengen in Gewässern erstatten, welche in Notsituationen u.a. für die landwirtschaftliche Bewässerung erteilt werden (Art. 32 Bst. d GSchG). Die Berichterstattungspflicht basiert auf Art. 57 Abs. 4 GSchG.

Zielsetzung 5: Wiederherstellung der natürlichen Wasserspeicherung im Einzugsgebiet fördern und multifunktionale Nutzungen von bestehenden Speicherseen prüfen

In der Strategie Biodiversität Schweiz und im Landschaftskonzept Schweiz wird die Wiederherstellung der natürlichen Wasserspeicherung im Einzugsgebiet angestrebt. Je mehr Wasser natürlich in einem Einzugsgebiet gespeichert werden kann, umso weniger stark sind die negativen Auswirkungen bei Trockenheit. Die Kantone und Gemeinden sorgen deshalb für einen verbesserten Wasserrückhalt in Einzugsgebieten (z.B. Revitalisierung von Quellen, Aufhebung oder temporärer Einstau landwirtschaftlicher Drainagen um Wasserspeicherung im Boden zu erhöhen).

Im Aktionsplan 2020-2025 der Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz (Bundesrat 2020) wird in der laufenden Massnahme AP1-w4 u.a. das Potential von multifunktionalen Nutzungen von Speicherseen abgeschätzt. Mit dieser Massnahme wird die Grundlage gelegt, damit die Kantone bei Bedarf mit Wasserwirtschaftsakteuren multifunktionale Nutzungen von bestehenden und möglichen künftigen neuen Speicherseen prüfen können.

Literaturverzeichnis

BAFU (Hrsg.) (2012): Einzugsgebietsmanagement. Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1204.

BAFU (2013): Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben. Die Abstimmung wasserwirtschaftlicher Vorhaben in und zwischen den Bereichen, den Staatsebenen und im Einzugsgebiet. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Umwelt-Vollzug Nr. 1311: 58 S.

BAFU (Hrsg.) 2014a: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. Umwelt-Diverses, 1081, Bern: 100.

BAFU (2014b): Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen, in Umwelt-Wissen Nr. 1404, Bern, Bundesamt für Umwelt.

BAFU (Hrsg.) 2016: Hitze und Trockenheit im Sommer 2015. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1629: 108 S.

BAFU (Hrsg.) (2017): Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung. Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1630: 60 S.

BAFU et al. (Hrsg.) 2019: Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1909: 91 S.

BAFU (Hrsg.) (2020): Landschaftskonzept Schweiz. Landschaft und Natur in den Politikbereichen des Bundes. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Info Nr. 2011: 52 S.

BAFU (Hrsg.) (2021a): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 140S.

BAFU (2021b): Renaturierung der Schweizer Gewässer - Stand Umsetzung Revitalisierungen 2011-2019. Bundesamt für Umwelt BAFU. 19 S.

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

Brunner M., Björnsen Gurung A., Speerli J., Kytzia S., Bieler S., Schwere D., Stähli M. 2019a: Wasserspeicher. Welchen Beitrag leisten Mehrzweckspeicher zur Verminderung zukünftiger Wasserknappheit? Hydro-CH2018 Bericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern: 66 S. Bundesrat (Hrsg.) (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz: Aktionsplan 2020–2025.

Bundesministerium für Umwelt, N.u.n.S.B. (2021) Nationale Wasserstrategie Entwurf des Bundesumweltministeriums, https://www.bmu.de/download/nationale-wasserstrategie/.

Bundesrat (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. Umwelt-Info, 2022. Bern: 155

BUWAL, BWG, MeteoSchweiz, 2004: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriften reihe Umwelt Nr. 369. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 174 S.

EBP (2019), Trockenheit im Sommer und Herbst 2018. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft.

Ecoplan (2021): Überprüfung des Gewässerschutzrechts hinsichtlich Klimawandel - Diskussionsgrundlage zur Weiterentwicklung des Vollzugs. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

EBP (2020): Hintergrundbericht Wassernutzungsdaten. Grundlage zur Beantwortung des Postulats Rieder 18.3610. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/hintergrundbericht-wassernutzungsdaten.pdf.download.pdf/hintergrundbericht-wassernutzungsdaten.pdf

EU (2020) Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse, http://data.europa.eu/eli/reg/2020/741/oj.

Freiburghaus, M. (2009): «Wasserbedarf der Schweizer Wirtschaft» gwa (Gas, Wasser, Abwasser), pp. 1001-1009, 12 2009.

Freiburghaus, M. (2015): Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt. Aqua & Gas, Nr. 3, 2015.

Kellner, E., Weingartner, R. (2018), Chancen und Herausforderungen von Mehrzweckspeichern als Anpassung an den Klimawandel. «Wasser Energie Luft» – 110. Jahrgang, 2018, Heft 2, CH-5401 Baden.

Kellner E., Stähli M., Unterberger C., Olschewski R., Thür A. und Björnsen Gurung A. 2021. Herausforderungen der Governance sowie der ökologischen, landschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen von Mehrzweckspeichern. Hydro-CH2018 Projekt. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Bern, Schweiz, 82 S. doi: 10.5281/zenodo.4680488

Lanz K. (Hrsg.) 2020: Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz. Hydro-CH2018 Bericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern: 400.

NCCS (Hrsg.) 2021: Schweizer Gewässer im Klimawandel. National Centre for Climate Services, Zürich. 28 S.

Roth, Ph., Björnsen G. A. (2020): Die Mehrzwecknutzung von Grosswasserkraftwerken im Kanton Graubünden heute und in Zukunft. Wasser Energie Luft, 112. Jhg., 2020, Heft 2. Baden.

Schmid, F. et al. (2014): Nachhaltige Wassergouvernanz: Herausforderungen und Wege in die Zukunft. Thematische Synthese 4 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.

Sinreich, S. et. al. (2012): Grundwasserressourcen der Schweiz – Abschätzung von Kennwerten. In: Aqua & Gas n°9.

SVGW (2019), Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz, Betriebsjahr 2018, Information W 15 001, Zürich.

Wasser-Agenda 21 (Hrsg.) (2011): Einzugsgebietsmanagement. Leitbild für die integrale Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. Bern, 20 Seiten.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2017) The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater the Untapped Resource, UNESCO, Paris.

Anhang 1

Messnetze des Bundes

— *Meteorologische Messnetze:* Der Bund (MeteoSchweiz und WSL) betreibt verschiedenen Messnetze, die Informationen über Niederschlag, Verdunstung, Temperatur, Schnee und andere meteorologische und klimatologische Parameter liefern.

— *Hydrologisches Basismessnetz:* Der Bund (BAFU) betreibt ein Basismessnetz mit rund 260 Messstationen an Oberflächengewässern. Dort wird der Wasserstand an Seen gemessen, bei den Flüssen zusätzlich auch der Abfluss. Teilweise liegen sehr langjährige Messreihen vor. Die Kantone betreiben zusätzliche Messstationen.

— *NAQUA:* Die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA (BAFU) liefert ein landesweites, regional differenziertes Bild über den Zustand und die Entwicklung der Grundwasserressourcen, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht, in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen.

— *Schweizerisches Gletschermessnetz GLAMOS:* Der Bund finanziert das Gletschermessnetz GLAMOS, welche durch die ETH Zürich und die Universitäten Freiburg und Zürich betrieben wird, eng begleitet von der Eidgenössischen Kryosphärenkommission des SCNAT.