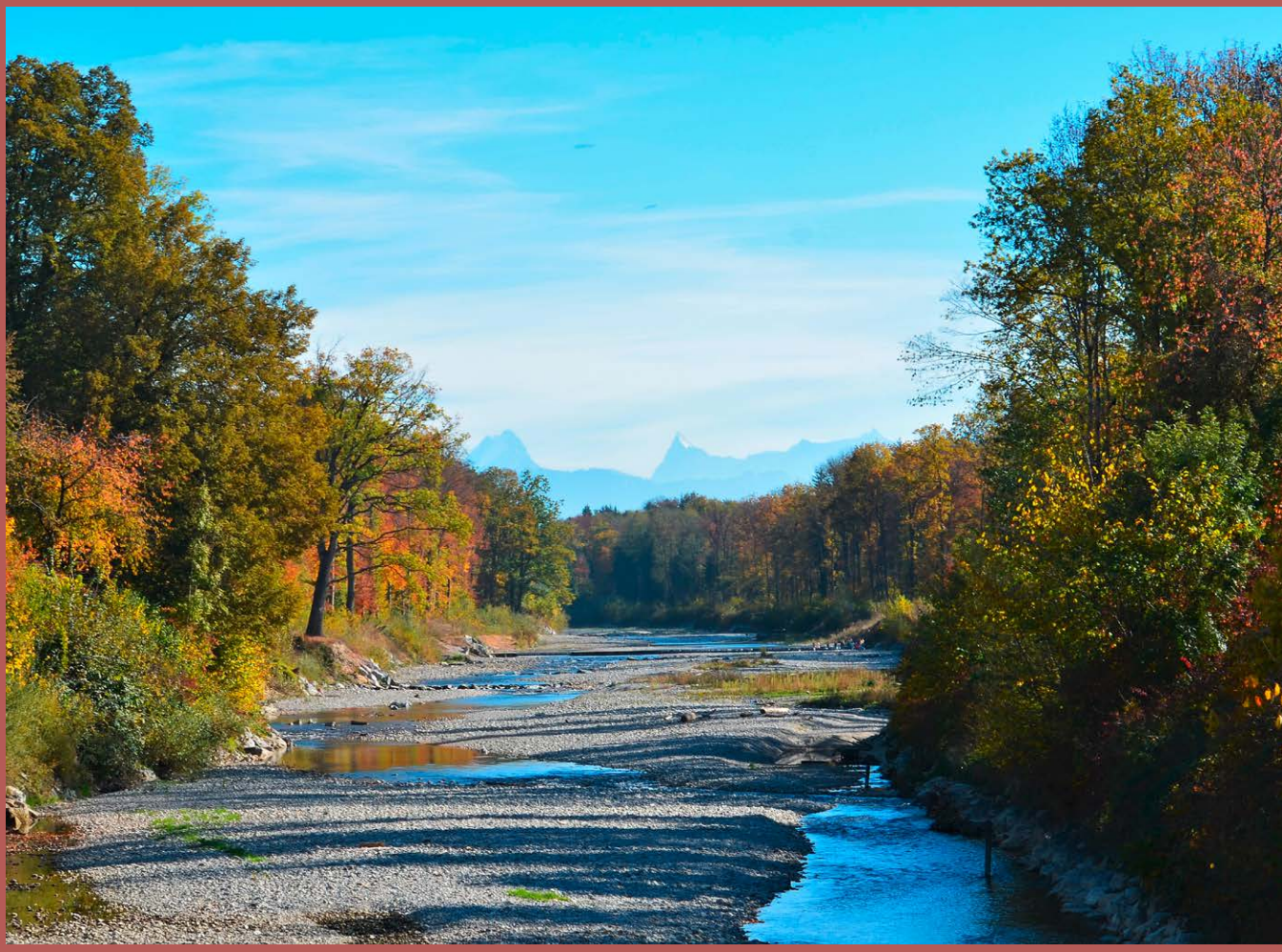
Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2019

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Redaktion
Abteilung Hydrologie des BAFU
Besonderheiten im Jahr 2018, Teil zum Faverges-See: Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg und Geotest AG
Witterung: Bundesamt für Klimatologie und Meteorologie (MeteoSchweiz)
Schnee: WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF)
Gletscher: Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg und Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich
Wasserqualität: in Zusammenarbeit mit der Eawag, dem Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs

Zitiervorschlag
BAFU (Hrsg.) 2019: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1907: 40 S.

Lektorat
Jacqueline Dougoud, Zürich

Layout
Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild
Niedrigwasser an der Emme bei Kirchberg (BE) im Oktober 2018.
© Esther Scheidegger, BAFU

Bildnachweis
Seite 13: Isabelle Kull, Geotest AG
Seite 16: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg

Datengrundlage
Die hydrologischen Analysen basieren auf provisorischen Daten des Jahres 2018.

PDF-Download
www.bafu.admin.ch/uz-1907-d
Eine gedruckte Fassung liegt nicht vor.

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

Weiterführende Informationen und Datenbezug unter www.bafu.admin.ch/wasser

© BAFU 2019

Inhaltsverzeichnis

Abstracts 5

Vorwort 6

Zusammenfassung 7

1 Besonderheiten im Jahr 2018 8

2 Witterung 14

3 Schnee und Gletscher 15

4 Oberflächengewässer 17

5 Grundwasser 35

Anhang 39

Abstracts

The Hydrological Yearbook of Switzerland is published by the Federal Office for the Environment (FOEN) and gives an overview of the hydrological situation in Switzerland. It shows the changes in water levels and discharge rates of lakes, rivers and groundwater and provides information on water temperatures and the physical and chemical properties of the principal rivers in Switzerland. Most of the data is derived from FOEN surveys.

Keywords:
hydrology, rivers, lakes, groundwater, water level, discharge, water temperature, water quality

Das Hydrologische Jahrbuch der Schweiz wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) herausgegeben und liefert einen Überblick über das hydrologische Geschehen auf nationaler Ebene. Es zeigt die Entwicklung der Wasserstände und Abflussmengen von Seen, Fliessgewässern und Grundwasser auf und enthält Angaben zu Wassertemperaturen sowie zu physikalischen und chemischen Eigenschaften der wichtigsten Fliessgewässer der Schweiz. Die meisten Daten stammen aus Erhebungen des BAFU.

Stichwörter:
Hydrologie, Fliessgewässer, Seen, Grundwasser, Wasserstand, Abfluss, Wassertemperatur, Wasserqualität

Publié par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Annuaire hydrologique de la Suisse donne une vue d'ensemble des événements hydrologiques de l'année au niveau national. Il présente l'évolution des niveaux et des débits des lacs, des cours d'eau et des eaux souterraines. Des informations sur les températures de l'eau ainsi que sur les propriétés physiques et chimiques des principaux cours d'eau du pays y figurent également. La plupart des données proviennent des relevés de l'OFEV.

Mots-clés :
hydrologie, cours d'eau, lacs, eaux souterraines, niveaux d'eau, débits, température de l'eau, qualité de l'eau

L'Annuario idrologico della Svizzera, edito dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), fornisce una visione d'insieme degli eventi idrologici in Svizzera. Illustra l'andamento dei livelli idrometrici e delle portate dei laghi, dei corsi d'acqua e delle acque sotterranee e contiene informazioni sulle temperature e sulle proprietà fisiche e chimiche dei principali corsi d'acqua in Svizzera. I dati in esso pubblicati provengono in gran parte da rilevazioni effettuate dall'UFAM.

Parole chiave:
idrologia, corsi d'acqua, laghi, acque sotterranee, livelli delle acque, portate, temperatura dell'acqua, qualità dell'acqua

Vorwort

«Hitze-Alarm in Basel: …», «Wird der Rheinfall zum Rekordrinnsal?» oder «Die Schweiz lechzt nach Regen», aber auch «Klimawandel ist eine Tatsache». So und ähnlich titelten Medienberichte im Sommer und Herbst 2018. Die lange anhaltende Trockenheit und das Niedrigwasser in den Gewässern war 2018 eines der wichtigen Themen in den Schweizer Medien und beschäftigte auch das BAFU sowohl auf fachlicher wie auch auf kommunikativer Ebene.

Der schneereiche Winter und die darauffolgende Trockenperiode zeigten auf, wie sich Wetterextreme abwechseln und künftig auch häufen könnten. Das Muster von mehr Niederschlag im Winter und weniger im Sommer ist eines, welches in den Studien zum Klimawandel in der Schweiz immer wieder erwähnt wird. Ob der Klimawandel Auswirkungen auf die Schweizer Gewässer haben wird – oder bereits hat – wurde im Laufe des Jahres 2018 denn auch von grossen Bevölkerungskreisen gar nicht mehr hinterfragt. Vielmehr wurde ergründet, was die Schweiz nun tun kann, um solchen Hitzewellen und Trockenperioden künftig besser begegnen zu können, ohne dass es zu grossen Problemen für Mensch und Umwelt kommt.

Um für solche Fragestellungen bessere Datengrundlagen zu erhalten, koordiniert das BAFU den Themenschwerpunkt «Hydrologische Grundlagen zum Klimawandel» (Hydro-CH2018) des «National Centre for Climate Services» (NCCS). Zahlreiche Forschungsprojekte werden im Jahr 2020 hydrologische Szenarien vorlegen und Lösungswege für verschiedene Sektoren der Wasserwirtschaft vorschlagen. Diese Ergebnisse basieren auf den neuen Klimaszenarien CH2018 und werden als Klimadienstleistungen auch öffentlich zur Verfügung stehen.

Ein Ort, wo solche Resultate zum Klimawandel ebenfalls einfliessen und sichtbar werden, ist der «Hydrologische Atlas der Schweiz» (HADES). Der HADES feierte 2018 sein 30-jähriges Bestehen und hat zugleich den Übergang in das digitale Zeitalter vollzogen. Das Webportal *www.hydrologischeratlas.ch* weist mit der Rubrik «Daten und Analysen» einen weiteren Zugang zu digitalen Wasserdaten auf. Es wird laufend ausgebaut. Lehrmittel und Exkursionsführer ergänzen die Daten und laden die Bevölkerung ein, sich auf den Weg zu mehr Wasserwissen und Klimaschutz zu machen.

Lassen Sie nun aber mit dem vorliegenden Hydrologischen Jahrbuch 2018 erst einmal das vergangene Jahr Revue passieren. Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre.

Karine Siegwart
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung

Witterung
Im landesweiten Mittel registrierte die Schweiz 2018 eine Jahrestemperatur von 1,5 °C über der Norm 1981 – 2010 und damit einen neuen Rekord seit Messbeginn 1864. Die Jahresniederschläge erreichten verbreitet 80 bis 95 %, auf der Alpensüdseite regional auch 100 bis 115 % der Norm. In der Ostschweiz blieb die Jahressumme deutlich unterdurchschnittlich.

Schnee und Gletscher
Über den ganzen Winter betrachtet, lag oberhalb von 1500 m ü. M. etwa gleich viel Schnee wie 2008/09. Mehr war es letztmals im Winter 1981/82. Unterhalb von 1000 m ü. M. lag hingegen nur halb so viel Schnee wie üblich. Im Hitzesommer 2018 verzeichneten die Gletscher wieder massive Verluste. Ohne die riesigen Winter-Schneemengen wäre die Gletscherschmelze aber noch viel dramatischer ausgefallen.

Abflussverhältnisse und Seestände
Auf der Alpennordseite sowie im Wallis gab es zwei grosse Abflussereignisse im Januar. In wenig vergletscherten Gebieten sanken die Abflüsse ab Mitte Juni bis Anfang Dezember. In dieser Zeit traten an zahlreichen Messstationen neue tiefste Monatswerte auf. Viele Flüsse des Mittellands verzeichneten über das Jahr gesehen sehr tiefe Abflusswerte. Nur die Jahresabflüsse in stark vergletscherten Einzugsgebieten waren klar über dem Durchschnitt. In der Südschweiz lagen die Jahresabflüsse trotz Niedrigwasserphasen deutlich über dem Durchschnitt. Ende Oktober und Anfang November verursachte anhaltender Niederschlag bei den Gewässern in den Einzugsgebieten des Ticino und der Maggia schnelle und markante Abflussanstiege.

Die Pegel der meisten grossen Seen bewegten sich unter dem langjährigen Mittelwert. Mit – 21 cm wich der Lago Maggiore am stärksten von der Norm ab. Durch die grossen Niederschlagsmengen im Januar erreichten die Pegel von Bodensee und Jurarandseen zuerst noch sehr hohe Werte für die Jahreszeit. Aufgrund der Trockenheit gab es in der zweiten Jahreshälfte aber auch neue monatliche Tiefstwerte an den grösseren Mittellandseen. Auf der Alpennordseite entspannte sich die Niedrigwassersituation erst im Dezember.

Wassertemperaturen
Bei den Wassertemperaturen wurden an zahlreichen Messstationen neue Höchstwerte der Jahresmitteltemperatur gemessen. Aufgrund der geringen Wasserführung und der langen Perioden mit intensiver Sonneneinstrahlung und gleichzeitig hohen Lufttemperaturen verzeichneten viele Stationen im Verlauf des Sommers neue absolute Maxima der Wassertemperatur.

Stabile Isotope
Der milde Winter 2017/18 führte zu für die Jahreszeit überdurchschnittlich angereicherten δ-Werten im Niederschlag. Im Frühling 2018 wurden entsprechend der hohen Lufttemperatur schon früh hohe δ-Werte im Vergleich zur langjährigen Beobachtung gemessen. In Fliessgewässern war dieser jahreszeitliche Verlauf der δ^2H- und $\delta^{18}O$-Werte ebenfalls erkennbar.

Schwebstofffrachten
Wegen der Trockenheit und des Niedrigwassers lagen die monatlichen Feststofffrachten im Sommer an fast allen Messstationen unter den Werten der Vergleichsperiode. Überdurchschnittliche Mengen wurden im Sommer nur an der Rhone im Wallis sowie nach starken Regenfällen im Januar und Ende Jahr an mehreren Stationen der Alpennordseite wie auch im Tessin beobachtet.

Grundwasser
Die Grundwasserstände und Quellabflüsse lagen infolge der lange anhaltenden Trockenheit im Jahresverlauf 2018 zunehmend tief. Wie die Oberflächengewässer stiegen sie erst gegen Ende des Jahres wieder an. An jeder zweiten Messstelle wurden in der zweiten Jahreshälfte hohe Grundwassertemperaturen gemessen.

1 Besonderheiten im Jahr 2018

Nach 2017 wird auch das Jahr 2018 wieder als Niedrigwasserjahr in Erinnerung bleiben: Nach einem schneereichen Winter war 2018 geprägt von grosser Trockenheit und Wärme. Über Monate sehr tiefe Wasserstände in den Schweizer Flüssen und Seen sowie im Grundwasser waren die Folge, aber auch rekordhohe Wassertemperaturen im Sommer. Kurze Hochwasserereignisse unterbrachen diese Periode: Der Ausbruch eines Gletschersees auf der Plaine Morte führte zu Hochwasser an der Simme, und der Lago Maggiore stieg, im Oktober nach starken Regenfällen in kurzer Zeit schnell an und trat über die Ufer. Erst Ende Jahr beendeten ergiebige Niederschläge auch auf der Alpennordseite die lange Zeit des Niedrigwassers.

1.1 Schon wieder ein Niedrigwasserjahr – und ein Hitzesommer

Die überdurchschnittlichen Schneemengen in den Alpen Anfang 2018 erinnerten an den Winter 1999. Mancherorts wurde befürchtet, es könne im Frühling zu grossen Hochwassern kommen. Ein ausserordentlich warmer und trockener Frühling liess den Schnee früh und rasch schmelzen. Zu Überschwemmungen kam es jedoch nur lokal, da es nicht zusätzlich noch Regenfälle gab. Es folgte gemäss Angaben von MeteoSchweiz eines der niederschlagsärmsten Sommerhalbjahre seit Messbeginn 1864 (Kap. 2). Die Niederschlagsarmut, kombiniert mit den hohen Temperaturen in den darauffolgenden Wochen und der dadurch verstärkten Verdunstung, war die Ursache für die lange vorherrschende Trockenheit und eine ausgeprägte Niedrigwassersituation in zahlreichen Gewässern, die bis weit in den Herbst hinein anhielt.

Sehr wenig Wasser in den Flüssen

Viele kleinere und mittlere Flüsse führten Niedrigwasser und fielen streckenweise sogar trocken. Sehr niedrige Abflüsse wurden aber auch an vielen grösseren Flüssen registriert (Limmat, Reuss, Aare und Rhein, Kap. 4). Am stärksten vom Niedrigwasser betroffen waren das zentrale und östliche Mittelland, der Jura sowie die Voralpen im Kanton Bern und in der Zentralschweiz. Im Herbst führten allerdings auch die Gewässer in der Westschweiz immer weniger Wasser. Im Tessin wurden ebenfalls sehr tiefe Wasserstände beobachtet.

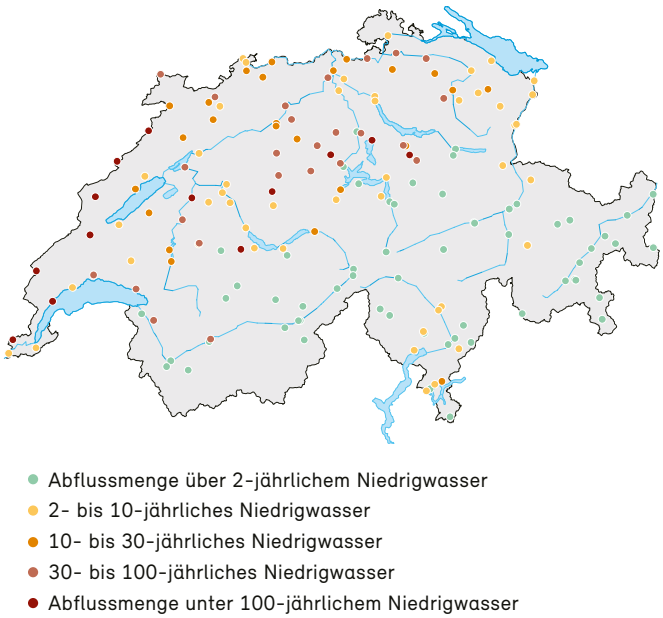
Einige Fliessgewässer erreichten erst im November ihren Tiefststand des Niedrigwasserjahres 2018, so z. B. die Aare und der Rhein unterhalb des Bodensees, aber auch kleinere Gewässer wie die Areuse bei Boudry, die Glatt bei Rheinsfelden oder die Sitter bei St. Gallen.

Reiht man die beobachteten Messwerte in die Niedrigwasserstatistik ein, so wurden an vielen Flüssen Abflussmengen gemessen, wie sie nur alle 2 bis 10 Jahre auftreten. An zahlreichen Flüssen lag die Jährlichkeit des Niedrigwassers auch deutlich höher: Im Niedrigwasserjahr 2018 wurden bei etwas mehr als einem Drittel der Messstationen des BAFU an Fliessgewässern Werte gemessen, die statistisch gesehen nur alle 10 Jahre oder seltener auftreten. Bei fast jeder 10. Messstation werden solche Abflussmengen gar nur alle 100 Jahre oder seltener beobachtet, so z. B. an der Lorze bei Zug, am Allondon in Dardagny oder am Doubs in Le Noirmont (Abb. 1.1), aber auch an der Areuse bei St-Sulpice, deren Jahresverlauf des Abflusses in Abbildung 1.2 zu sehen ist.

Auswirkungen der Trockenheit

Die lange Trockenheit und der heisse Sommer hatten zahlreiche Auswirkungen auf die Bevölkerung, die Umwelt und die Wirtschaft in der Schweiz: Die Folge waren u. a. niedrige Wasserstände, Aktivierung von Hitzeplänen zum Schutz der Bevölkerung, grosse Waldbrandgefahr, starke Zunahme der Borkenkäfer, Fischsterben im Rhein und in anderen Flüssen, überdurchschnittliche Gletscherschmelze, Einschränkungen der Wassernutzung und Einbussen in der Landwirtschaft. Die Ausführungen in diesem Jahrbuch beschränken sich auf die hydrologische Situation in den Flüssen und Seen sowie im Grundwasser. Angaben zur Gletscherschmelze sind in Kapitel 3 zu finden. Ausführlichere Informationen zu den Auswirkungen der Trockenheit werden im BAFU-Bericht «Hitze und Trockenheit im Sommer 2018» publiziert, der im Sommer 2019 erscheint.

Abb. 1.1: Niedrigwassersituation der Fliessgewässer im Jahr 2018
Vergleich der Niedrigwasserkenngrösse NM7Q (siehe Anhang) mit der Niedrigwasserstatistik des BAFU.



Intensivierte Gletscherschmelze

Ganz anders präsentierte sich die Lage in den hochalpinen, vergletscherten Einzugsgebieten: Hier intensivierte die Hitze die Gletscherschmelze. Die Flüsse in den höheren Lagen führten daher bis September normal bis überdurchschnittlich viel Wasser. So erreichten die Abflüsse der Massa bei Blatten im Wallis Anfang August 2018 mehrmals Werte für Hochwasser im Bereich der Gefahrenstufe 3 (erhebliche Gefahr). Die Simme bei Oberried/Lenk führte am 27. Juli 2018 kurzzeitig Hochwasser nach dem Ausbruch des Lac de Faverges auf dem Plaine Morte-Gletscher (Kap. 1.2).

Tiefststände in den Seen

Bereits im Sommer fielen die Wasserstände in einigen Seen auf sehr tiefe Werte. Am Zuger- und am Ägerisee wurden im August so niedrige Pegelstände gemessen, wie sie nur alle 30 bis 100 Jahre vorkommen, und am Greifen- und am Lauerzersee wurden so tiefe Pegelstände verzeichnet, wie noch nie seit Messbeginn (1987 bzw. 1984). Pegelstände, wie sie nur alle 10 bis 30 Jahre vorkommen, wiesen im September der Baldegger- und der Sempachersee sowie, im Oktober der Hallwilersee auf. Ende November erreichte der Pfäffikersee den tiefsten Wasserstand seit Messbeginn 1987.

Im Herbst waren auch einige Seen in der Westschweiz stark vom Niedrigwasser betroffen, so zum Beispiel der Lac des Brenets im Jura. Aufgrund des geringen Zuflusses des Doubs und des verkarsteten Untergrundes sank der Pegel dieses Sees bis im November täglich um mehrere Zentimeter. Grosse Teile des Sees waren Mitte September bereits trockengefallen. Die automatische Messung des niedrigen Pegels wurde an der BAFU-Messstation bei Les Brenets schwierig bis unmöglich, da die Messinstallation nicht auf ein so tiefes Niveau eingestellt ist. Der Tiefststand (Tagesmittel) wurde am 22. November erreicht und betrug 736,00 m ü. M. Der tiefste Wert, der beim Lac des Brenets je gemessen worden war, betrug 734,66 m ü. M. (5. Oktober 1906). Zum Vergleich: Der langjährige Mittelwert liegt bei rund 750 m ü. M., also rund 15 m darüber.

Die Pegel der Jurarandseen konnten noch bis Mitte Oktober auf durchschnittlichem Niveau gehalten werden. Im November fielen aber auch diese auf sehr tiefe Werte: Die Wasserstände von Bielersee, Murtensee und Neuenburgersee lagen ab Mitte des Monats unter dem bisherigen Novemberminimum der 36-jährigen statistischen Auswertungsperiode (Abb. 4.10). Die Wiederkehrperiode der Pegel der Jurarandseen betrug 10 bis 30 Jahre.

Der Lago Maggiore, der Walensee und der Untersee des Bodensees verzeichneten im Jahr 2018 Pegelstände mit einer Wiederkehrperiode von 2 bis 5 Jahren. Der Vierwaldstätter-, der Zürich- und der Brienzersee hatten in den Sommer- und Herbstmonaten im Vergleich zu anderen Jahren zwar ebenfalls sehr tiefe Wasserstände. Die statistische Einordnung zeigt jedoch, dass solche Wasserstände bei diesen Seen fast in jedem Jahr auftreten, normalerweise aber nicht im Sommer bzw. Herbst, sondern im Winter.

Der Jahresverlauf der Seepegel wird in Kapitel 4.2 näher beschrieben.

Auch tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse

Die Trockenheit machte sich nicht nur in den Flüssen und Seen bemerkbar. Auch die Grundwasserstände und

Quellabflüsse waren bereits im Laufe des Frühlings stetig zurückgegangen. Anfang August 2018 waren sie aufgrund des Niederschlagsmangels in fast der ganzen Schweiz ausgeprägt unterdurchschnittlich. Dies betraf vor allem die Grundwasserstände in Lockergesteins-Grundwasserleitern, die an Flüsse mit Einzugsgebiet im Mittelland bzw. auf der Alpensüdseite gebunden sind, und solche ohne Flussanbindung und mit geringem Flurabstand. Dagegen wiesen Grundwasservorkommen in Talschotterebenen entlang der grossen Alpenflüsse infolge der ausgeprägten und frühen Schneeschmelze zunächst noch normale, dann aber auch zunehmend sinkende Grundwasserstände auf. Karstquellen im Jura zeigten während der Trockenphasen teilweise niedrigere Abflüsse als 2003 und 2015, jedoch bei überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen sowie im Zuge der wiederholten Gewitterniederschläge bis Mitte Jahr zwischenzeitlich auch deutlich erhöhte Quellabflüsse, wie z. B. die Areusequelle in St-Sulpice (NE) (Abb. 1.2).

Trotz der ausgeprägt tiefen Grundwasserverhältnisse war die öffentliche Versorgung mit Trinkwasser, welches zu 80 % aus dem Grundwasser stammt – der Rest aus Oberflächenwasser (Seen) –, landesweit sichergestellt. In Gebieten mit nur lokalen Grundwasservorkommen und kleineren Quellen jedoch kam es zeitweise zu Versorgungsengpässen, wie z. B. im Jura, in den Voralpen oder in der Ostschweiz.

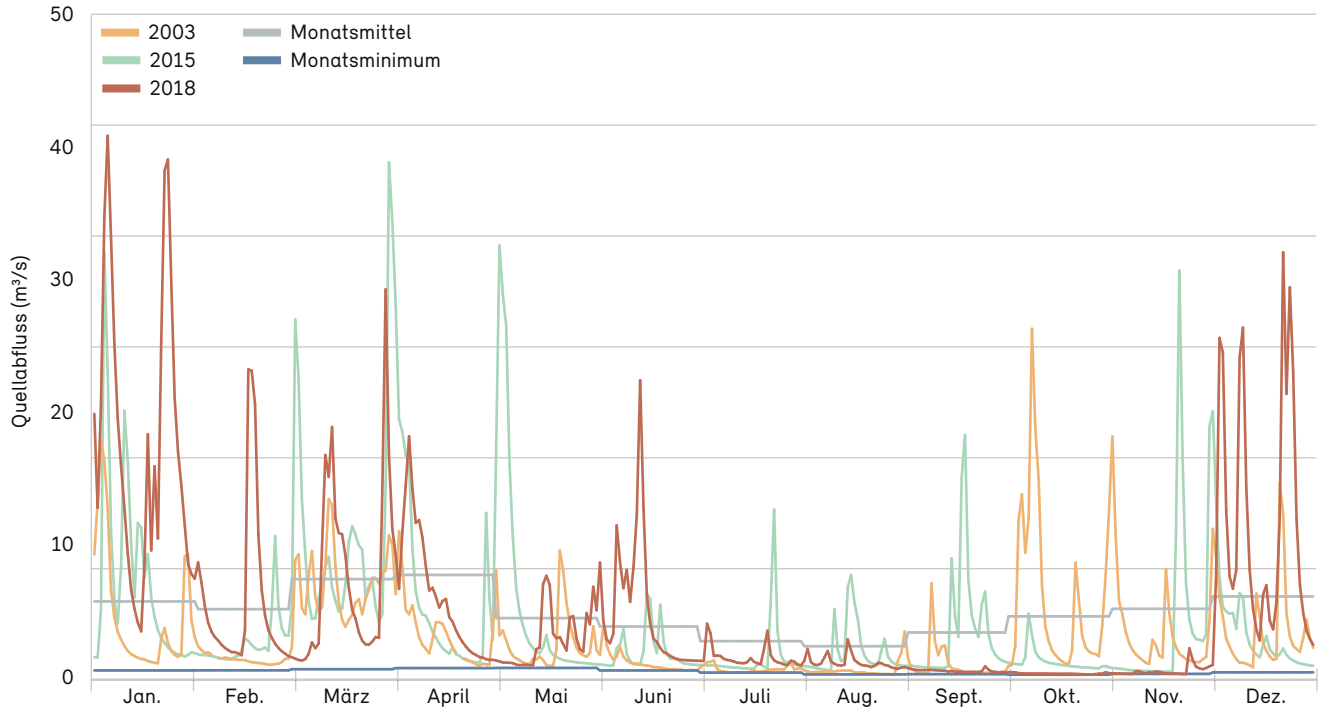
Rekordhohe Wassertemperaturen

Die geringe Wasserführung in Kombination mit der starken Sonneneinstrahlung führte an vielen Flüssen im Mittelland bis Anfang August zu aussergewöhnlich hohen Wassertemperaturen, die auch bis im Oktober für die Jahreszeit zu hoch blieben.

An 25 von 83 Temperaturmessstellen des BAFU wurden neue Höchstwerte seit Messbeginn verzeichnet. An weiteren Stationen wurden neue Maxima für den Monat August registriert (Abb. 1.3). Die Temperatur zahlreicher

Abb. 1.2: Abfluss der Areusequelle im Jahr 2018 (m³/s)

Abfluss der Areusequelle in St-Sulpice (Karst-Grundwasserleiter) im Jahr 2018 im Vergleich zu den Monatswerten der Messperiode 1959–2017 sowie zu den Tageswerten von 2003 und 2015. Der Verlauf der Ganglinie widerspiegelt deutlich den Verlauf der verschiedenen Trockenphasen des Jahres.



Flüsse lag Anfang August somit höher als in den Hitzesommern 2003 und 2015. So wurde zum Beispiel am 5. August im Rhein bei Rekingen 26,6 °C (Abb. 4.12) oder am 6. August in der Aare bei Bern 23,8 °C warmes Wasser gemessen. Deutlich über der 25 °C-Marke lag die Wassertemperatur an allen Rhein-Stationen unterhalb des Bodensees. Auch andere Fliessgewässer überschritten diese kritische Marke, u. a. die Limmat bei Baden (27,0 °C) und die Thur bei Andelfingen (27,5 °C). Die Rhone erreichte beim Ausfluss aus dem Genfersee 27,6 °C.

Abb. 1.3: Wassertemperaturen der Fliessgewässer 2018

BAFU-Messstationen, bei denen im August 2018 ein neues monatliches Maximum gemessen wurde (rot). Die grauen Punkte kennzeichnen Stationen ohne neues Maximum.



Bei den Gewässern mit einem hohen Anteil an Gletscherwasser, wie z. B. bei der Messstation Massa-Blatten unterhalb des Aletschgletschers, waren keine aussergewöhnlichen Abkühlungen wie im Hitzesommer 2003 zu beobachten.

Auch im September und Oktober blieb die Wassertemperatur in vielen Gewässern stark erhöht. Sie erreichte aber saisonbedingt nicht mehr die kritisch hohen Werte, die für Wasserlebewesen gefährlich werden können. Dennoch wurden an einigen Flüssen für die zweite Septemberhälfte neue Maxima gemessen: In der Aare in Bern lag die Temperatur immer noch bei 20 °C (Abb. 4.12), in der Rhone in Genf bei 22 °C und bei der Tresa (Seeausfluss aus dem Lago di Lugano) bei 24 °C.

Normalisierung zuerst im Süden, dann auch im Norden

Während der Sommermonate und bis in den Oktober hinein entschärfte sich nach Gewittern oder einzelnen Regentagen die Niedrigwasserlage an kleineren Flüssen und Seen nur kurzfristig und lokal: Wenige Tage nach dem Niederschlag fielen die Gewässer meist bereits wieder auf tiefe Wasserstände zurück. Auf der Alpensüdseite entspannte sich die Lage infolge der starken Niederschläge von Ende Oktober und Anfang November. Der Pegel des Lago Maggiore stieg markant an (Kap. 4.2), und der See trat stellenweise sogar über die Ufer. Auch die Grundwasserstände und Quellabflüsse reagierten deutlich.

Auf der Alpennordseite führten erst die ergiebigen Regenfälle Anfang Dezember zu einem starken Anstieg der Wasserstände. Der Abfluss des Rheins bei Basel zum Beispiel betrug Anfang Dezember zeitweise über 1000 m^3/s, was fast einer Verdreifachung der gemessenen Menge von Ende November entspricht. Das Tauwetter mit starken Niederschlägen über Weihnachten liess die Flüsse und Seen auf der Alpennordseite dann nochmals rasch ansteigen. Einige Flüsse führten Hochwasser, und die Seepegel normalisierten sich infolge der erhöhten Zuflüsse zusehends. Ende Dezember 2018 herrschten in den meisten Gewässern der Schweiz wieder für die Jahreszeit normale Verhältnisse. Auch die Grundwasserstände stiegen durch die Niederschläge im Dezember vielerorts, aber längst noch nicht überall etwas an. Generell braucht es im Grundwasser aufgrund der verzögerten Reaktion auf Niederschläge eine längere regenreiche Periode, bis die Pegel wieder im Normbereich liegen.

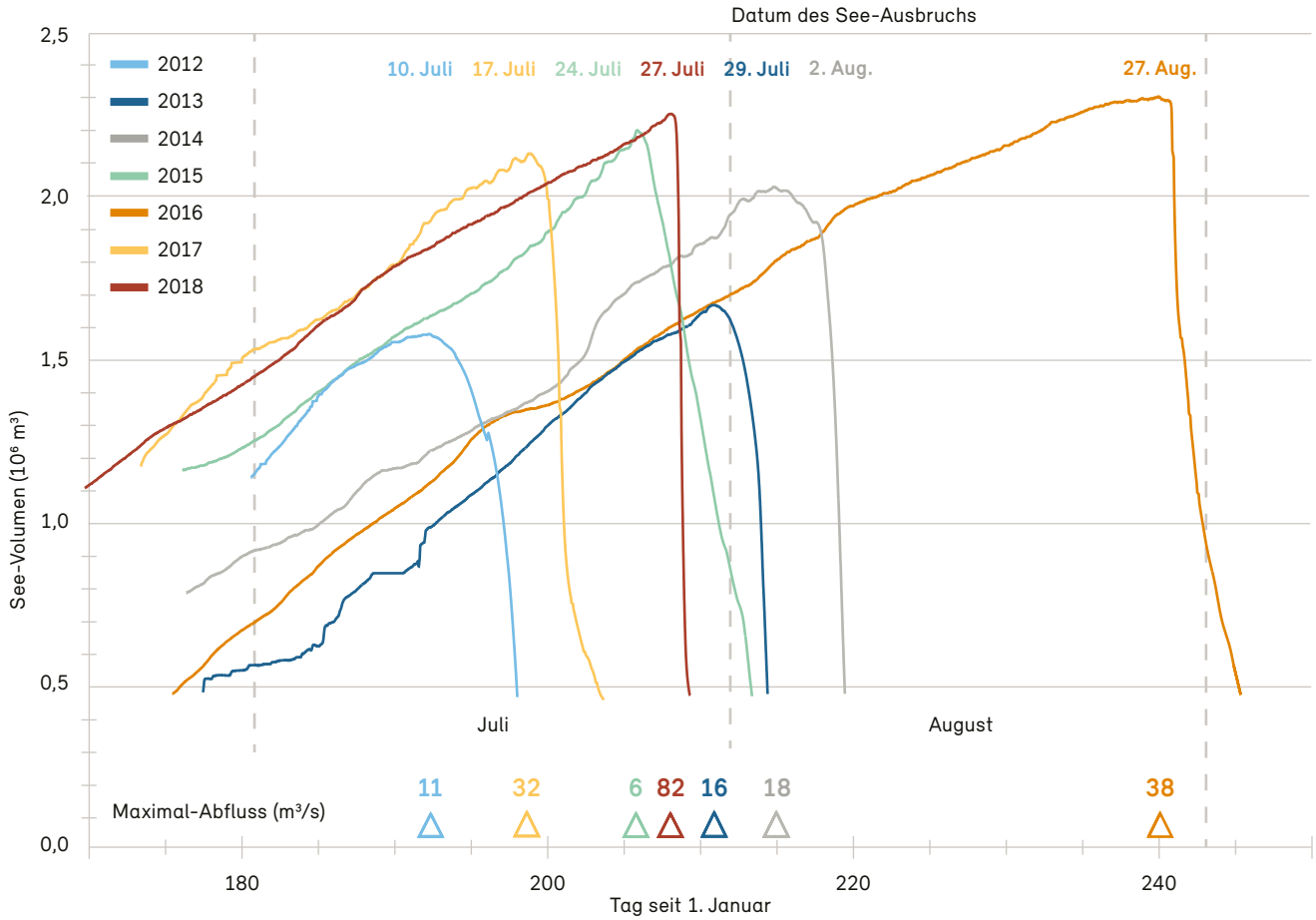
1.2 Der Ausbruch des Faverges-Gletschersees auf der Plaine Morte

Seit 2011 werden jährliche Gletschersee-Ausbrüche des Faverges-Sees auf der Plaine Morte an der Grenze zwischen Bern und Wallis beobachtet. Der See liegt am südlichen Rand des Gletschers und wird durch das Eis aufgestaut. Die Kanäle im und unter dem Gletscher werden im Winterhalbjahr durch die Auflast des Gletschers zugedrückt. Im Frühsommer kann sich somit das Schmelzwasser sammeln. Im Sommer öffnen sich die Kanäle plötzlich, und der See entleert sich ins Simmental. Die Entwicklung des Seespiegels wird seit Juni 2012 mittels eines automatischen Frühwarn- und Alarmierungssystems überwacht. Die Füllung des Gletschersees beginnt jedes Jahr mit der Schneeschmelze im Mai, und das Seevolumen nimmt kontinuierlich auf bis zu über 2 Millionen Kubikmeter zu. Während der Gletschersee-Ausbrüche im Juli/August entleert sich der See innerhalb von wenigen Tagen vollständig (Abb. 1.5). Dies kann innerhalb von wenigen Stunden zu einem ausserordentlichen Anstieg des Abflusspegels in der Simme führen. Während die Gletschersee-Ausbrüche in den Jahren vor 2018 nur zu kleinräumigen Überflutungen geführt hatten, verursachte der See-Ausbruch im Sommer 2018 in der Gemeinde Lenk Schäden in Millionenhöhe.

Die Füllung und Entleerung des Gletschersees zeigt eine starke Dynamik und variiert von Jahr zu Jahr. Durch eine Kombination von kontinuierlichen Seespiegel-Messungen und digitalen Geländemodellen des Seebeckens kann die Entwicklung des Seevolumens bestimmt werden

Abb. 1.4: Entwicklung des Volumens des Faverges-Gletschersees zwischen 2012 und 2018

Die Kurven basieren auf einer Kombination von gemessenem Seespiegel und Form des Seebeckens. Der Zeitpunkt des Ausbruchs ist oben, der Maximal-Abfluss aus dem See ist unten vermerkt.



(Abb. 1.4). Der Faverges-See ist in den letzten Jahren deutlich angewachsen, da das Becken durch den Gletscherrückgang immer grösser wird. Der Zeitpunkt der Gletscherflut hängt stark mit der Witterung im einzelnen Jahr zusammen. So fand der Ausbruch im vergleichsweise kühlen Sommer 2016 erst Ende August statt, nach dem schneearmen Winter 2017 hingegen schon Mitte Juli. Die Maximal-Abflüsse aus dem See in die Kanäle unter dem Gletscher lagen zwischen 2012 und 2015 bei 10 bis 20 m^3/s. 2016 und 2017 wurden deutlich höhere Werte beobachtet, und in der Nacht vom 27./28. Juli 2018 flossen rund 80 m^3/s über einen Zeitraum von mehreren Stunden aus dem Gletschersee. Der Abfluss wurde auf dem Weg durch den Gletscher noch etwas gedrosselt und glücklicherweise nicht durch Niederschläge weiter verstärkt. Die Abflussmenge lag bei der BAFU-Messstation Simme-Oberried/Lenk aber in der Grössenordnung eines über 300-jährlichen Hochwassers und war deutlich höher als der bisherige Spitzenabfluss von rund 40 m^3/s am 1. August 2014. Die grossen Schneehöhen im Winter 2018 und die darauffolgenden hohen Temperaturen im Sommer 2018 führten zu einer ausserordentlich intensiven Schmelze. Dies hat möglicherweise zu einer starken Vergrösserung der Abfluss-Kanäle unter dem Eis geführt und damit den gewaltigen Gletschersee-Ausbruch begünstigt.

Quelle Text und Grafik: Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg und Geotest AG

Abb. 1.5: Das leere Becken des Faverges-Sees kurz nach dem Ausbruch Ende Juli 2018



2 Witterung

Im landesweiten Mittel registrierte die Schweiz 2018 eine Jahrestemperatur von 1,5 °C über der Norm 1981–2010 und damit einen neuen Rekord seit Messbeginn 1864. Die Jahresniederschläge erreichten verbreitet 80 bis 95 %, auf der Alpensüdseite regional auch 100 bis 115 % der Norm. In der Ostschweiz blieb die Jahressumme deutlich unterdurchschnittlich.

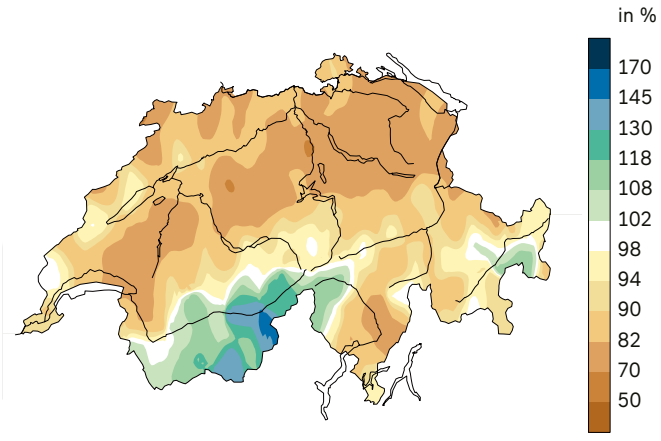
Die Wintertemperatur 2017/18 lag im landesweiten Mittel im Bereich der Norm 1981–2010, dies allerdings mit grossen Schwankungen von Monat zu Monat. Der Dezember zeigte sich 0,6 °C, der Februar 3,0 °C kühler als die Norm. Dazwischen platzierte sich ein rekordwarmer Januar. Die winterlichen Niederschlagsmengen erreichten verbreitet über 130 % der Norm 1981–2010. Im Wallis stiegen die Werte in vielen Gebieten und in Graubünden regional auf über 200 %. Im Januar 2018 registrierten knapp 100 Messstandorte rekordhohe Monatsniederschläge. Im Wallis brachte der Januar 2018 an vier über 50-jährigen Messstandorten nicht nur die höchste Januarsumme, sondern die höchste Monatssumme überhaupt.

Der Frühling 2018 startete kühl. Der März blieb im landesweiten Mittel 1 °C unter der Norm. Auf den kühlen März folgte der zweitwärmste April seit Messbeginn 1864. Von April bis September 2018 erreichten alle Monate Temperatur-Spitzenplätze. Die anhaltend hohen Monatswerte mündeten in den neuen Wärmerekord des Sommerhalbjahrs. Selbst die bisher alles überragende Wärme des legendären Hitzesommers 2003 wurde leicht übertroffen. Nach einem extrem regenarmen April und einem verbreitet regenarmen Mai brachte der Sommer eine weiter anhaltende Regenarmut. Im Mittel über die ganze Schweiz erreichte die Regensumme von Juni bis August nur 71 % der Norm 1981–2010. Der Juni lieferte in einigen Gebieten nur 20 bis 40 % der normalen Regenmengen. Einzelne Messstandorte in den Zentral- und Ostalpen mit über 100-jährigen Messreihen registrierten beim Juniniederschlag ein Rekorddefizit. Im Juli gab es lokal im östlichen Mittelland und abermals entlang des östlichen Alpennordhangs ein massives Regendefizit mit Regensummen von nur 20 bis 30 % der Norm.

Die Schweiz erlebte den drittwärmsten Herbst seit Messbeginn 1864. Die Alpensüdseite registrierte regional den wärmsten Herbst seit Messbeginn. In der Ostschweiz hat sich die vom Frühling bis zum Herbst anhaltende Regenarmut zu einem Jahrhundertereignis entwickelt. Über die ganze Schweiz gemittelt, lag die Regenarmut von April bis November 2018 auf Rang 3 – mit 69 % der Norm 1981–2010.

Ende Oktober fielen auf der Alpensüdseite innerhalb von 3 Tagen verbreitet 200 bis 300 mm Niederschlag. Auch im angrenzenden Bündnerland gab es mit über 200 mm grosse Niederschlagsmengen. Ein grosser Teil davon fiel als Schnee. Auf der Alpensüdseite regnete es Anfang November kräftig weiter. Während auf der Alpensüdseite die Niederschlagssummen im Oktober und im November deutlich über der Norm 1981–2010 lagen, zeigten sich die beiden Monate auf der Alpennordseite erneut ausgesprochen niederschlagsarm. Erst im Dezember erhielt die Alpennordseite seit langer Zeit wieder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen.

Abb. 2.1: Jahresniederschlagssumme (% des Normwertes)
Mit Ausnahme des Wallis und von Teilen der Südschweiz war das Jahr 2018 zu trocken. Im Mittelland, insbesondere in der Ostschweiz, fiel deutlich weniger Niederschlag als in anderen Jahren.



Quelle Text und Grafik: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)

3 Schnee und Gletscher

Über den ganzen Winter betrachtet, lag oberhalb von 1500 m ü. M. etwa gleich viel Schnee wie 2008/09. Mehr war es letztmals im Winter 1981/82. Unterhalb von 1000 m ü. M. lag hingegen nur knapp halb so viel Schnee wie üblich. Im Hitzesommer 2018 verzeichneten die Gletscher wieder massive Verluste. Ohne die riesigen Winter-Schneemengen wäre die Gletscherschmelze aber noch viel dramatischer ausgefallen.

3.1 Schnee

Ende Oktober 2017 war es oberhalb von rund 2500 m ü. M. schon recht winterlich. Im Westen und Süden hingegen war der Oktober extrem trocken, und die Berge zeigten sich entsprechend bis ins Hochgebirge meist schneefrei. Den ganzen November über schneite es an jedem Wochenende, und dies teils intensiv. Über den ganzen Monat gesehen, waren die Schneehöhen im November in den Bergen des Alpennordhangs und des nördlichen Wallis überdurchschnittlich, sonst verbreitet leicht unterdurchschnittlich. In tiefen Lagen fiel viel weniger Schnee als üblich. Insgesamt waren die Schneehöhen im Dezember am Alpenhauptkamm vom Oberwallis bis ins Oberengadin und im Flachland der Deutschschweiz unterdurchschnittlich, in allen anderen Gebieten überdurchschnittlich. Sogar viel mehr Schnee als üblich lag am östlichen Alpennordhang und auch in den Talsohlen des Wallis und des Tessins.

Das neue Jahr startete extrem niederschlagsreich und mild. Bis am 23. Januar waren in hohen Lagen innerhalb von 25 Tagen verbreitet 2,5 bis 5 m Schnee gefallen. Auch wenn es danach im Wesentlichen trocken blieb, waren die Schneehöhen im Januar insgesamt in mittleren und hohen Lagen doch klar, im Wallis sogar massiv überdurchschnittlich. In tiefen Lagen dagegen waren die Schneemengen stark unterdurchschnittlich.

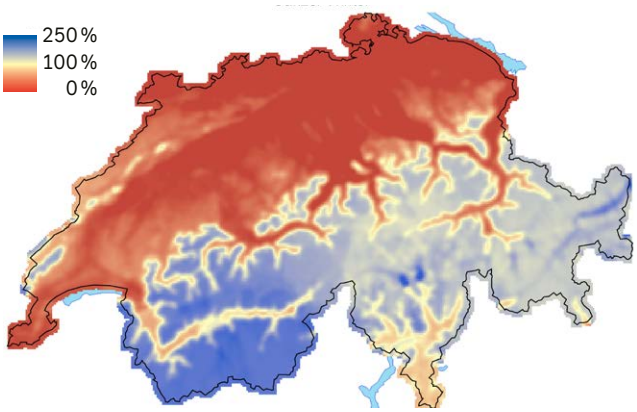
In den Niederungen fiel den ganzen Februar über kaum Schnee. Damit zeigten dort die Schneehöhen das gleiche Bild wie bereits Ende Januar.

Im März bescherten mehrere schwache Schneefälle im Norden auch dem Flachland vorübergehend etwas Schnee, und mit den kräftigen Niederschlägen am Monatsende wurden in der Höhe leicht überdurchschnittliche Neuschneesummen registriert. Ende März lagen auf 2000 m in den gesamten Schweizer Alpen ausser dem mittleren und südlichen Tessin sowie in Teilen des Engadins 2 bis 4 m Schnee. Damit waren die Schneehöhen vielerorts 1,5- bis 2-mal so hoch wie üblich. Auch über den ganzen März betrachtet, waren die Schneehöhen in der Höhe über-, in tiefen Lagen dagegen verbreitet unterdurchschnittlich.

Die Schneeschmelze schritt im April rasch voran. In hohen Lagen nahm die Schneehöhe im April nördlich einer Linie Rhone – Rhein um mehr als 1 m ab, südlich davon um knapp 1 m. Bis Ende April hatte sich die Schneehöhe auch in hohen Lagen vielerorts dem langjährigen Mittel angenähert.

Abb. 3.1: Schneehöhe (% des Normwertes)

Schneehöhen des Winters 2017/18 im Vergleich zur Periode 1971–2000. Berücksichtigt sind die Monate November bis April.



Auch der Mai war aussergewöhnlich warm und, trotz anhaltender Gewitteraktivität, in den meisten Gebieten niederschlagsarm. Die Schneehöhen nahmen weiter schnell ab. In hohen Lagen waren sie am Monatsende am zentralen und östlichen Alpennordhang, in Graubünden und im Tessin unterdurchschnittlich. Im Westen lag

immer noch leicht überdurchschnittlich, in den Vispertälern sowie im Simplon-Gebiet stark überdurchschnittlich viel Schnee.

Quelle Text und Grafik: WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

3.2 Gletscher

Auf den Schweizer Gletschern wurden im April und Mai 2018 sehr grosse Schneehöhen gemessen. Diese waren 20 bis 70 % höher als normal. Besonders im Wallis waren die Gletscher zu Beginn der Schmelzperiode ausserordentlich gut eingeschneit. Die warmen Frühlings- und Frühsommermonate haben der Schneedecke dann aber stark zugesetzt, und das Eis aperte schnell aus. Im Zuge der grossen Trockenheit wurde während des ganzen Sommers kein nennenswerter Neuschneefall auf den Gletschern festgestellt. In normalen Jahren gibt es auch im Sommer noch ab und zu Neuschnee, was jeweils die Schmelze für einige Tage deutlich reduziert. Im sehr heissen August, aber auch bis Ende September 2018 war die Gletscherschmelze extrem.

Die Massenbilanz der Gletscher – also die Bilanz zwischen Zuwachs durch Schnee und Verlust durch Schmelze – ist gemäss Messungen auf 20 Gletschern in allen Landesteilen einmal mehr stark negativ. Der Schutz durch die dicke Schneedecke reichte angesichts der anhaltenden Hitzephasen bei Weitem nicht aus, um für eine ausgeglichene Bilanz zu sorgen: Die Gletscher verloren massiv an Volumen. Viele Gletscher verzeichneten Einbussen der mittleren Eisdicke von 1,5 bis 2 m, teilweise auch deutlich mehr. Dank der grossen Schneemengen des Winters fielen die Dickenverluste im südlichen Wallis aber mit etwas weniger als 1 m geringer aus (z. B. am Allalingletscher, am Findelengletscher und am Glacier de Giétro).

Für alle der rund 1500 Schweizer Gletscher wird für das hydrologische Jahr 2017/18 ein Verlust von etwa 1400 Millionen Kubikmetern Eis geschätzt. Das derzeit noch vorhandene Gletschervolumen ist somit in diesem Jahr um über 2,5 % zurückgegangen. Aufsummiert über die letzten 10 Jahre ging fast ein Fünftel des verbleibenden Gletschereises verloren. Damit könnte die gesamte Fläche der Schweiz mit einer 25 cm hohen Wasserschicht gleichmässig bedeckt werden. Die Gletscherschmelze im Sommer 2018 war aussergewöhnlich. Nur dank der enormen Schneemengen im Winter 2017/18 wurde ein absoluter Rekordverlust verhindert. So reiht sich 2018, etwa gleichauf mit den Hitzesommern 2015 und 2017, nach wie vor hinter dem Jahr 2003 ein. Die Häufung von Extremjahren macht aber vor allem kleinen Gletschern stark zu schaffen. Viele von ihnen zerfallen richtiggehend.

Quelle Text: Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg und Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich

Abb. 3.2: Eine gewaltige Gletschermühle auf dem Glacier de la Plaine Morte (BE), durch welche sich Ende Juli 2018 der Faverges-See entleert hat (siehe auch Kapitel 1)



4 Oberflächengewässer

Während viele Flüsse des Mittellands über das Jahr gesehen sehr tiefe Abflusswerte verzeichneten, lagen die Jahresabflüsse in der Südschweiz oder auch in stark vergletscherten Einzugsgebieten deutlich über dem Durchschnitt. Aufgrund der Niederschlagsarmut lagen auch die Pegel der meisten grossen Seen deutlich unter dem langjährigen Mittelwert. An vielen Gewässern der Schweiz wurden im Verlaufe des warmen Sommers neue Höchstwerte der Wassertemperatur gemessen.

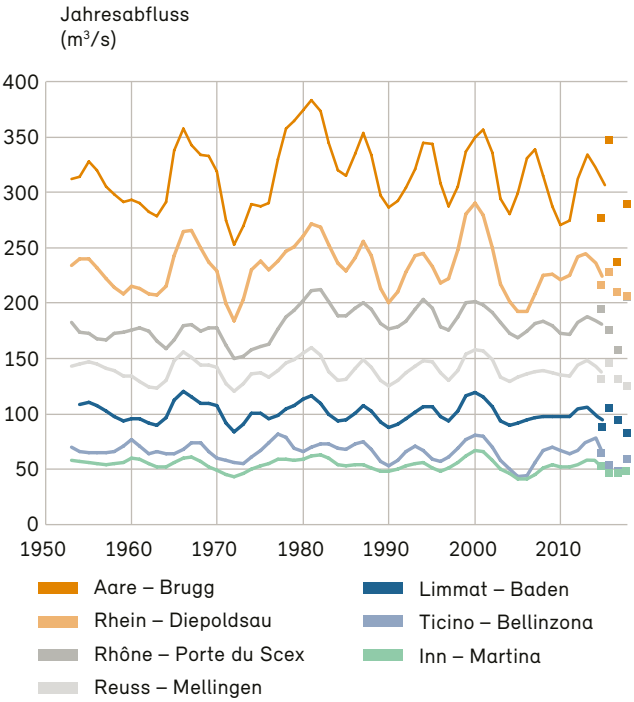
4.1 Abflussverhältnisse

Von 30 % unter bis zu 30 % über den Werten der Normperiode 1981–2010: Das ist die beachtliche Spannweite, in der sich in den grossen Flussgebieten die Jahresmittel des Abflusses im Jahr 2018 bewegten. Die Thur bildete dabei die untere, die Maggia die obere Grenze des Bereichs. Dazwischen erreichten die mittleren Jahresabflüsse der Limmat und der Birs rund 80 % der Norm; etwa 90 % waren es an Aare, Reuss, Alpenrhein, Inn und Tessin. Der Abfluss des Doubs lag sehr nahe beim langjährigen Mittel und derjenige der Rhone etwas mehr als 10 % darüber.

In den mittelgrossen Einzugsgebieten (Abb. 4.2) ist die Spannweite beim Jahresmittel des Abflusses nur unwesentlich breiter als bei den grossen Flussgebieten. Am unteren Rand, mit Abflussmengen im Bereich von 65 bis 70 % der Norm, finden sich Einzugsgebiete vor allem in der Zentralschweiz (Lorze, Suhre) und im Nordosten der Schweiz (Murg, Glatt, Sitter). Ebenfalls in dieser Klasse liegen die Broye und der Brenno. Für die Lorze sind die 1,9 m^3/s das kleinste Jahresmittel der gesamten Messperiode seit 1983 (bisher 2,1 m^3/s im Jahr 1997). Der bescheidene Zufluss in den Zugersee hatte zur Folge, dass dessen Wasserstand im August auf den tiefsten dort je gemessenen Wert sank (Kap. 4.2). Deutlich überdurchschnittlich war – wenig überraschend – der Abfluss aus dem stark vergletscherten Einzugsgebiet der Massa: Der Jahresabfluss aus dem Aletschgletscher lag mehr als 30 % über dem langjährigen Mittelwert (Kap. 3.2).

Abb. 4.1: Veränderung des Jahresabflusses ausgewählter grosser Einzugsgebiete ab 1950

Dargestellt sind gleitende Mittel (über 7 Jahre) als Linien und die letzten 4 Jahresabflüsse als Punkte.



Wechselt man bei der Betrachtung von den Jahresabflüssen zu den Monats- (Abb. 4.3 und 4.4) und Tagesabflüssen (Abb. 4.5 bis 4.8), fallen mehrere besondere Situationen auf:

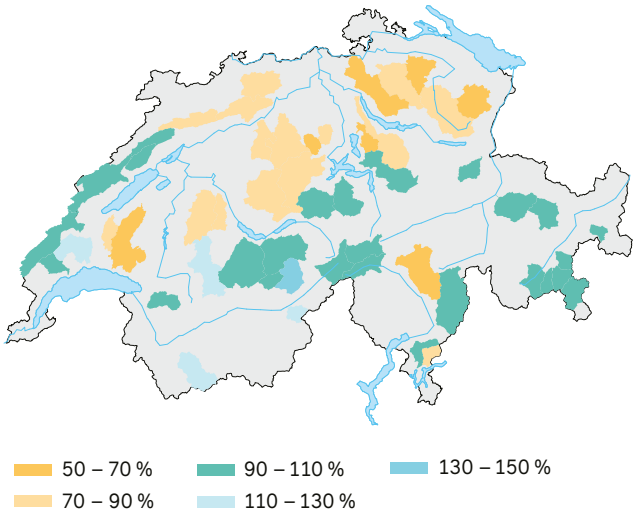
- Auf der Alpennordseite, von der West- bis in die Ostschweiz, sowie im Wallis gab es zwei grosse Abfluss-Ereignisse im Januar, gefolgt von einem kleineren dritten Ereignis im Februar. Auf der Alpennordseite sind im Verlauf des Dezembers ausserdem zwei Abfluss-Wellen deutlich erkennbar.
- In kaum oder nicht vergletscherten Gebieten sanken die Abflüsse ab Mitte Juni bis Anfang Dezember. Der stetige Rückgang der Wassermengen wurde nur durch einige kleine Ereignisse kurzzeitig unterbrochen. In Gebieten mit einem grösseren Vergletscherungsgrad waren die Abflüsse durch die Schmelze schon von April bis Juni überdurchschnittlich hoch. In Gegenden mit hohem Gletscheranteil – wie beim Einzugsgebiet der Massa, das zu über 50 % mit Eis bedeckt ist –

lagen vor allem die Abflüsse der Sommer- und Herbstmonate deutlich über den entsprechenden Werten der Normperiode.
- Auf der Alpensüdseite brachte anhaltender Niederschlag Ende Oktober und Anfang November den beiden grossen Tessiner-Einzugsgebieten des Ticino und der Maggia schnelle und markante Abflussanstiege.

Die rekordhohen Niederschläge im Januar bescherten zahlreichen Stationen des Abflussmessnetzes neue höchste Januarmaxima und ausserordentliche Monatsmittelwerte. Die Monatsmittel waren oft mehr als doppelt (z. B. Aare, Reuss, Limmat, Thur) und in einigen Einzugsgebieten 3- bis 4-mal so gross wie die entsprechenden langjährigen Mittelwerte (z. B. Emme, Lütschine, Muota, Maggia). Zwei Ereignisse von Anfang Jahr verdienen eine besondere Erwähnung: Das Sturmtief Burglind zog am 2. und 3. Januar über Europa. Die intensiven Niederschläge führten bei rund 20 Stationen der Alpennordseite zu 2-jährlichen Abflussspitzen; bei 10 Stationen war die Jährlichkeit noch grösser. Ab dem 20. Januar gelangte in mehreren Schüben sehr feuchte und milde Luft von Nordwesten in die Schweiz. Die Schnee- und Regenfälle haben in Kombination mit Tauwetter in den bereits stark vorbelasteten Einzugsgebieten erneut verbreitet zu ähnlich hohen oder noch höheren Abflussspitzen und Seeständen geführt, als sie Anfang des Monats aufgetreten waren. Beim Bieler-, Neuenburger und Bodensee stiegen die Pegel in dieser Phase auf neue Höchstwerte für den Monat Januar. Nach dem trockenen Sommer fielen auf der Alpennordseite erst im Dezember wieder überdurchschnittliche Niederschläge. Nach markanten Pegelanstiegen Anfang des Monats kam es beim Weihnachtshochwasser zu einer mässigen Hochwassergefahr an Thur, Töss, Sihl, Hochrhein und an der Aare unterhalb des Bielersees sowie an der Simme.

Abb. 4.2: Abflussverhältnisse ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

Jahresmittel 2018 ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete im Vergleich zum mittleren Abfluss der langjährigen Normperiode 1981 – 2010 [%].



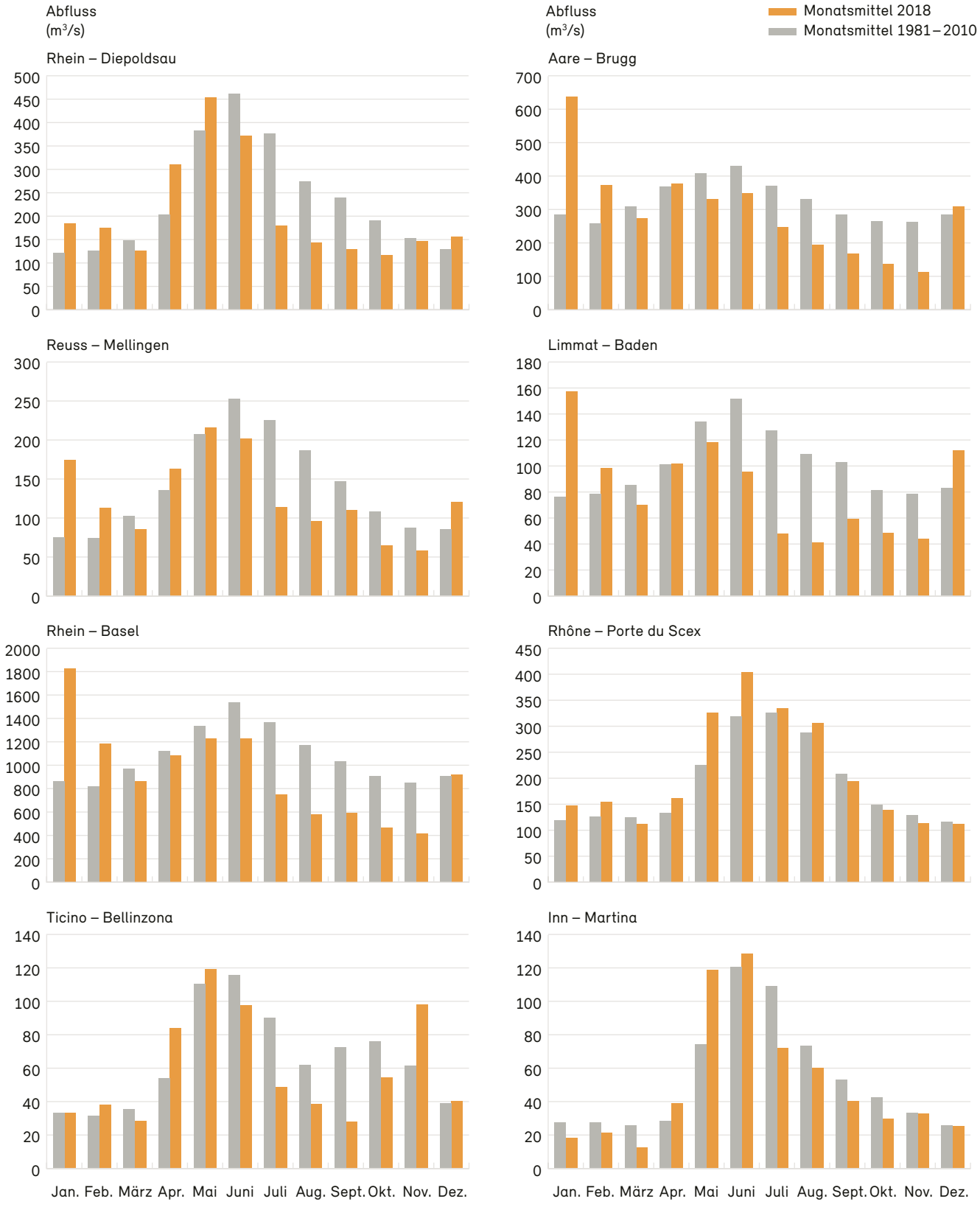
Die ausgeprägte Niederschlagsarmut des Sommers kann in den Abbildungen der Monats- und Tagesabflüsse sehr schön nachvollzogen werden. Das extremste Beispiel ist wohl die Thur bei Andelfingen (Abb. 4.7), wo von März bis November die Monatsabflüsse des Jahres 2018 im Vergleich mit der Normperiode 1981 – 2010 nicht über 70 % gestiegen sind und im Juli mit bloss 17 % und im November mit 15 % sehr tiefe Anteile verzeichnet wurden. Von Juni bis Dezember traten an zahlreichen Messstationen neue tiefste Monatswerte auf.

Ende Oktober und Anfang November fielen auf der Alpensüdseite intensive Niederschläge. Da sich sowohl die Abflüsse der Fliessgewässer als auch die Pegel der Seen zu Beginn des Ereignisses auf einem tiefen Niveau befanden, kam es trotz starker Abflussanstiege nicht zu Überschwemmungen. Am Ticino bei Bellinzona und an der Maggia bei Locarno trat am 29. Oktober der grösste Abflusswert des Jahres auf. Am Ticino wurde dabei die Gefahrenstufe 2 klar nicht erreicht, die Maggia hingegen stieg bis in diese Gefahrenstufe an.

Mehrere heftige Gewitter haben während des Jahres 2018 in kleinen und mittelgrossen Einzugsgebieten, die nicht alle mit Messstationen versehen sind, zu Murgängen und Überschwemmungen geführt. So ereignete sich z. B. Anfang Juli ein verheerendes Hochwasser im Val d'Anniviers.

Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete

Abb. 4.3: Monatsmittel 2018 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981 – 2010 (grau)



Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

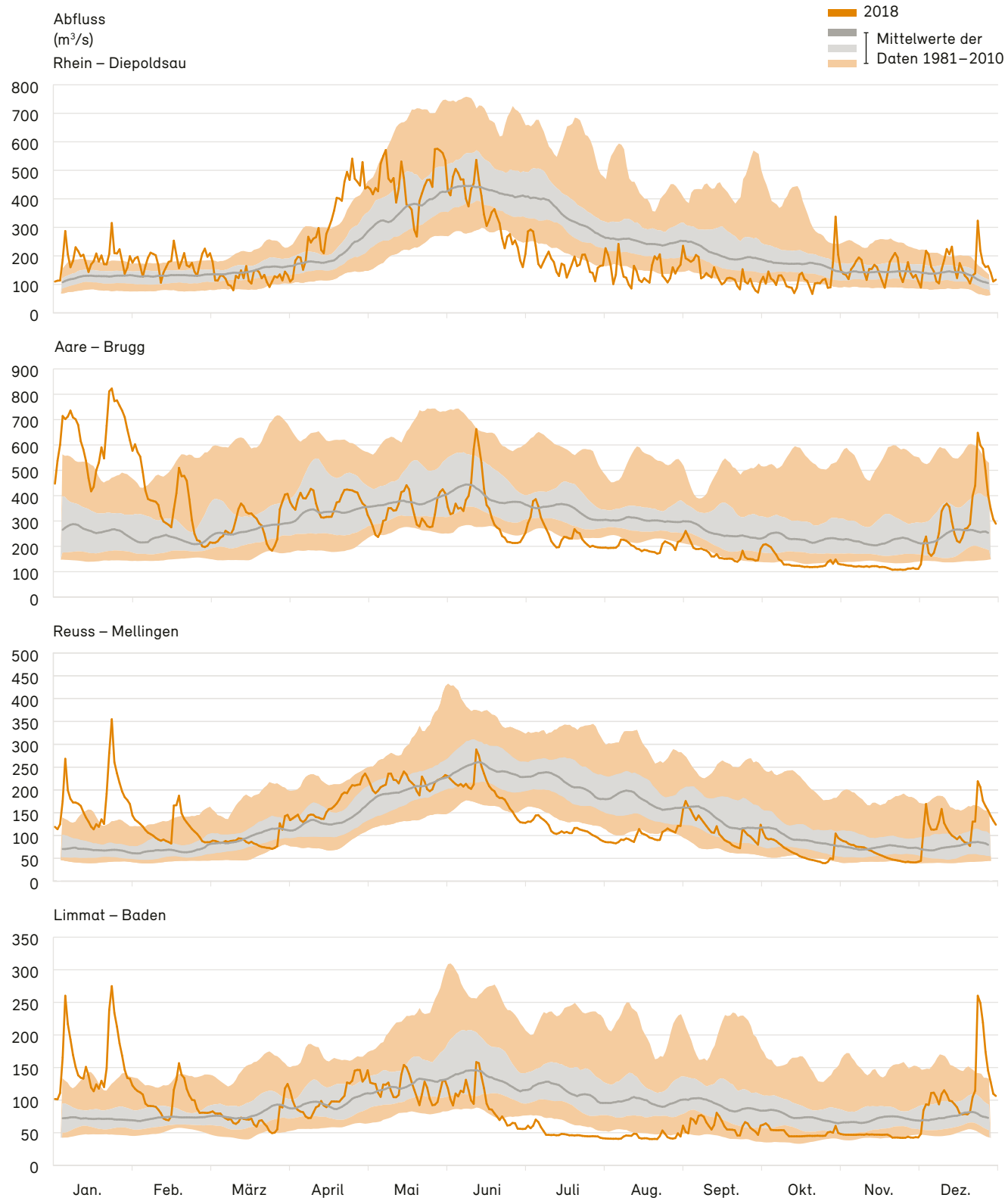
Abb. 4.4: Monatsmittel 2018 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.5: Tagesmittel 2018 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

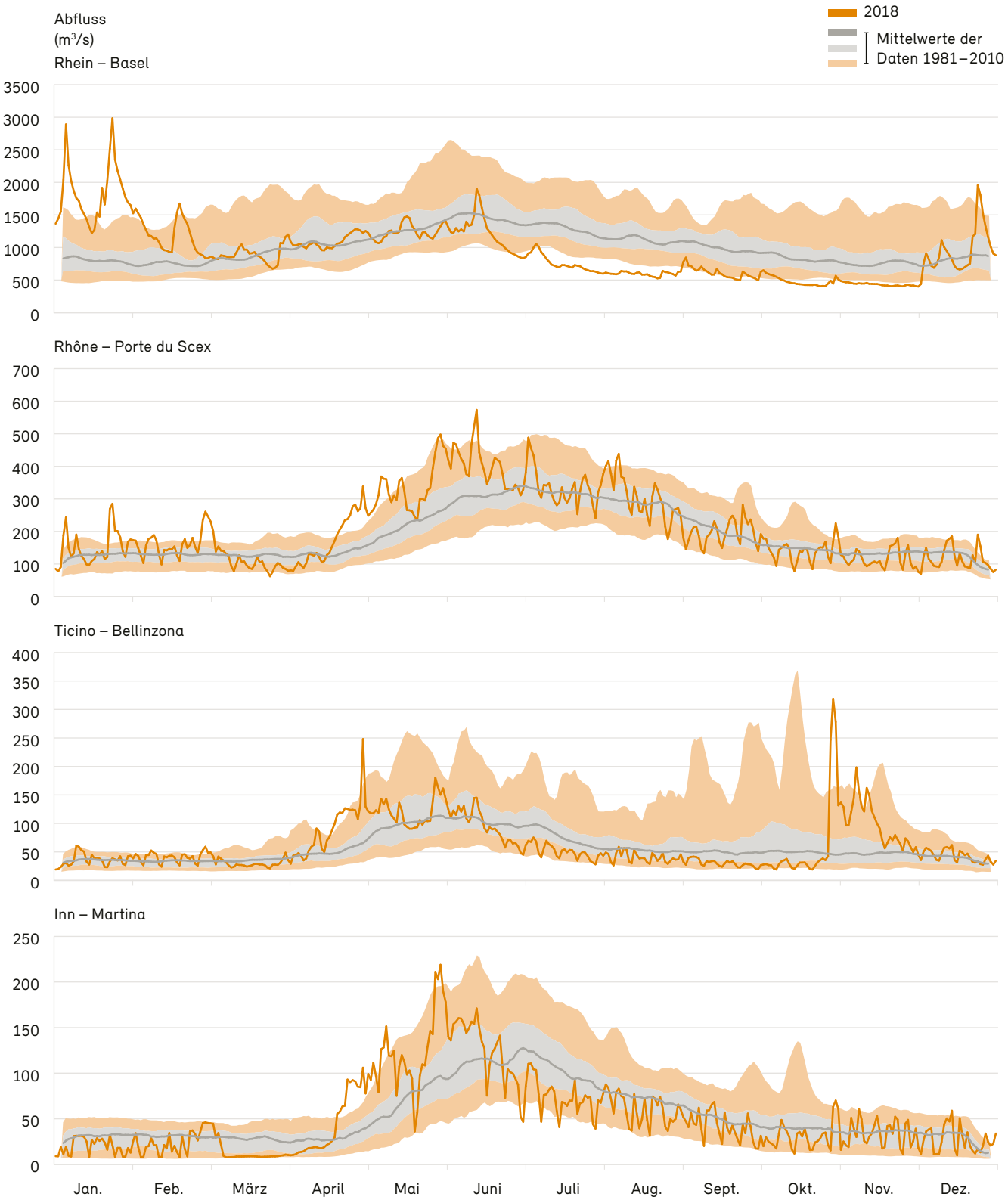
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.6: Tagesmittel 2018 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981 – 2010

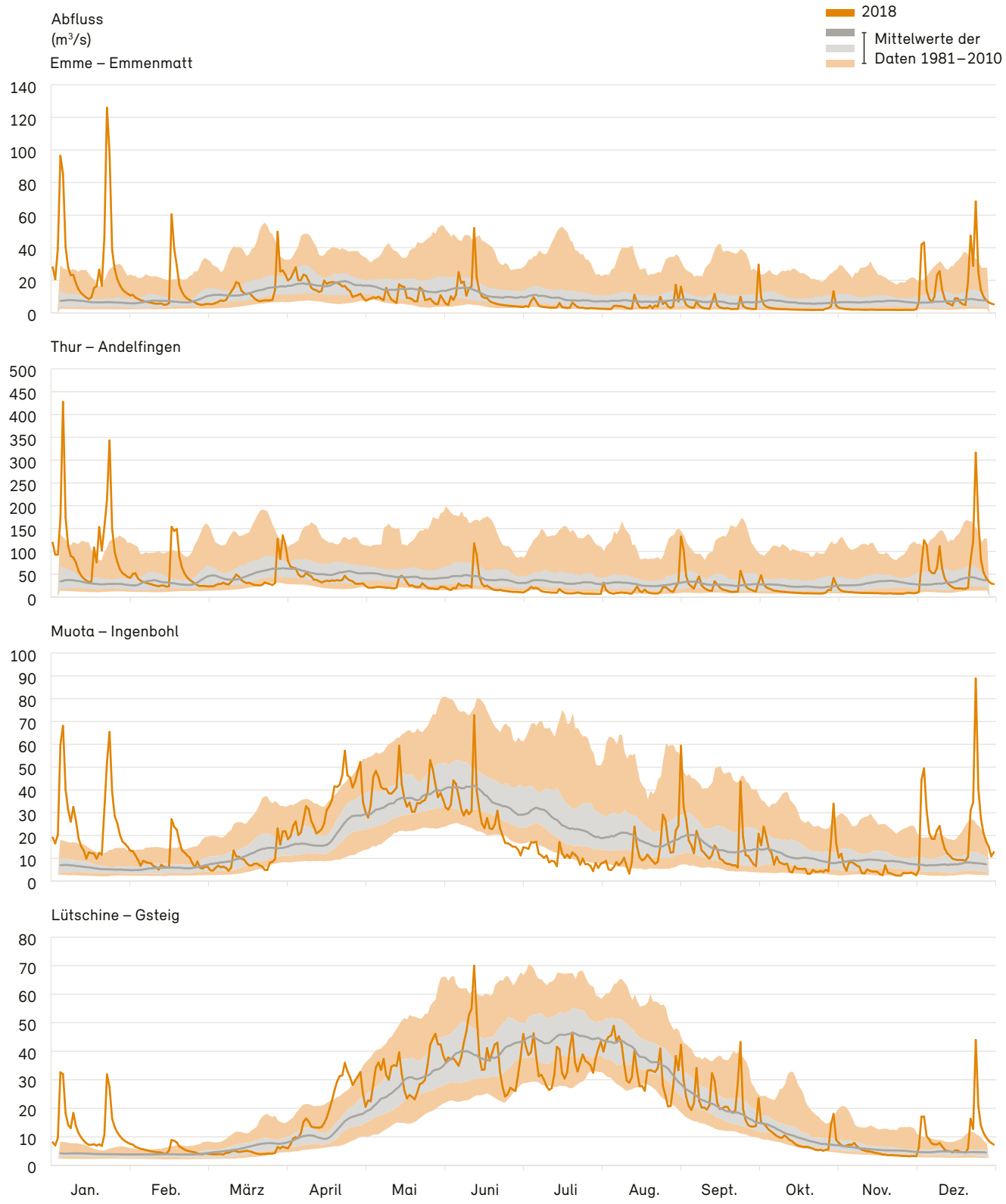
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.7: Tagesmittel 2018 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981 – 2010

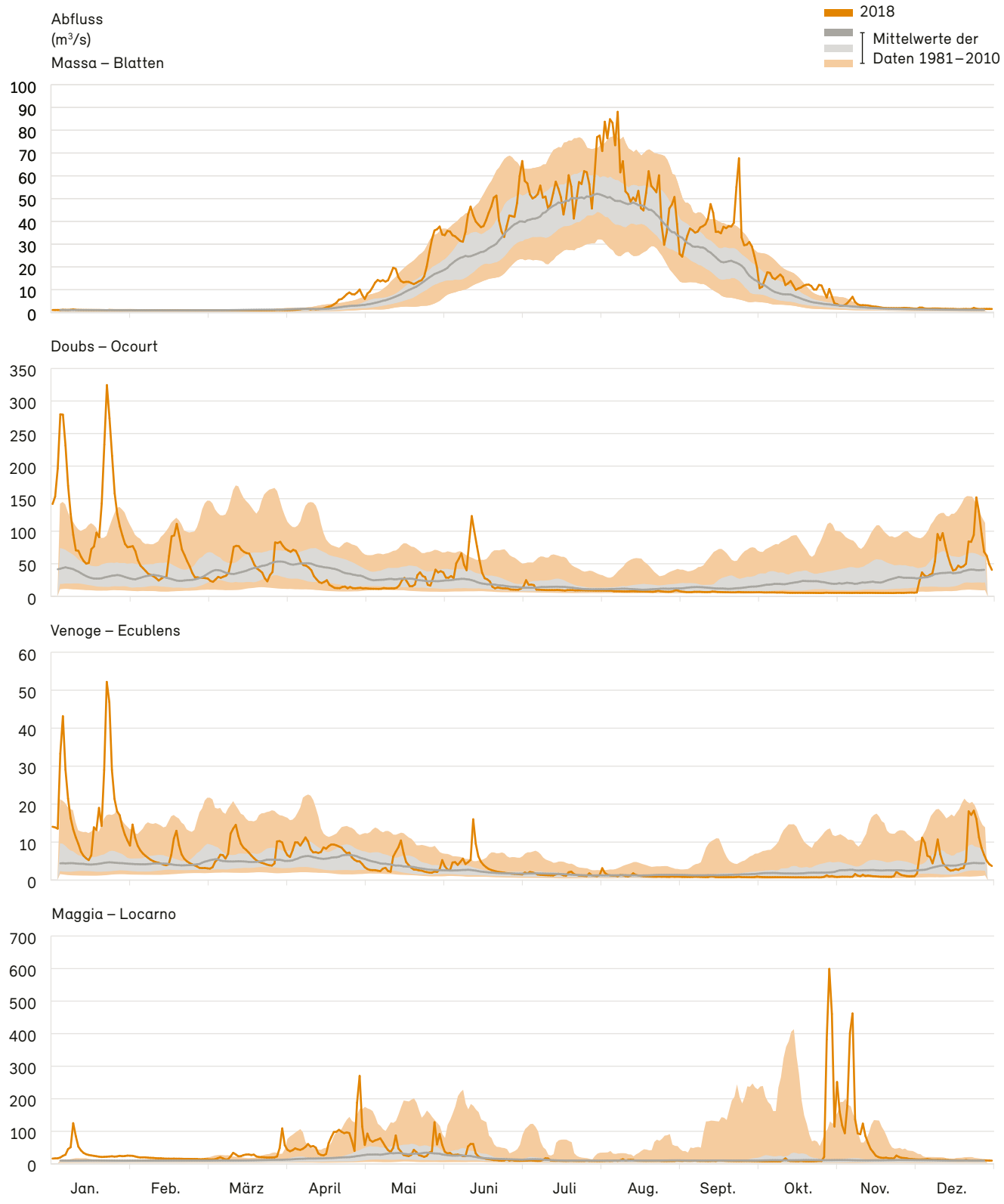
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.8: Tagesmittel 2018 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



4.2 Seestände

Die ausgeprägte Niederschlagsarmut hat sich 2018 auch bei den Seen bemerkbar gemacht: Die Jahresmittelwerte des Wasserstands liegen bei den meisten grossen Seen unter dem langjährigen Mittelwert. Mit – 21 cm weicht der Pegel des Lago Maggiore am stärksten von der Norm ab. Ebenfalls zweistellige Abweichungen weisen der Bodensee (Untersee), der Walensee sowie der Zugersee auf. So grosse Abweichungen sind beim Boden- und Walensee sowie am Lago Maggiore nichts Aussergewöhnliches, beim Zugersee hingegen schon. Dort wurde mit – 13 cm letztmals im Jahr 2003 eine Abweichung von der Norm von mehr als 10 cm verzeichnet. Das Wasserstands-Regime bewegt sich am regulierten Zugersee in viel engeren Grenzen als bei einigen anderen Seen. Die Differenz vom grössten zum kleinsten gemessenen Wert der gesamten Messperiode beträgt beim Zugersee 135 cm. Zum Vergleich: Beim Bodensee sind es über 330 cm, beim Walensee rund 420 cm und beim Lago Maggiore mehr als 550 cm. An keinem der grossen Seen der Schweiz gab es 2018 neue tiefste Jahresmittel. Auch am Zugersee nicht: Er egalisierte zwar am 22. August mit 413,11 m ü. M. das bisherige absolute Minimum, das Jahresmittel 2018 blieb jedoch 10 cm über dem Wert aus dem Jahr 1949. Und auch am Zürichsee blieb das Jahresmittel nur 1 cm über dem tiefsten Mittelwert aus dem Jahr 1951.

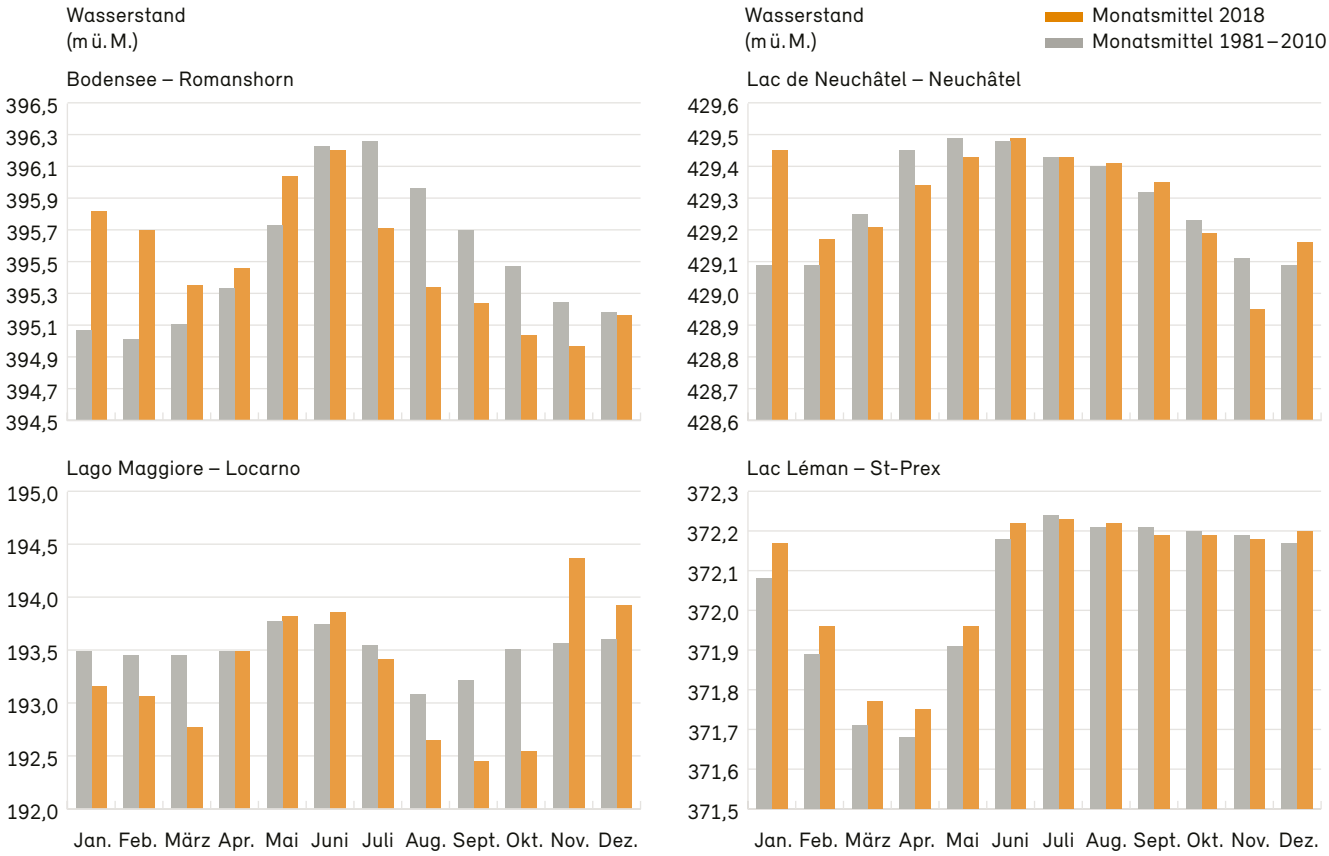
Durch die ausserordentlich grossen Niederschlagsmengen im Januar erreichten die Pegel des Bodensees und der Jurarandseen sehr hohe Werte für die Jahreszeit. Neuenburgersee, Bielersee und Bodensee erhielten neue Januarmaxima. Am Bodensee war auch das Februarmaximum das grösste seit Messbeginn. Die Abbildung 4.10 zeigt, dass der Bodensee schon auf einem hohen Niveau ins neue Jahr gestartet war. Ausser in einer kurzen Phase von Ende März bis Mitte April lagen die Wasserstände bis Ende Mai teilweise weit über dem langjährigen saisonalen Mittel. Während der hohe Wasserstand im Januar am Neuenburgersee nicht an die Schwelle zur Gefahrenstufe 2 herankam, wurde sie am Bielersee kurzzeitig erreicht.

Im Gegensatz zu den hohen Pegelständen von Anfang Jahr standen dann die tiefen Pegelstände in der zweiten Jahreshälfte aufgrund der anhaltenden Trockenheit. Neue monatliche Tiefstwerte gab es im Juli am Bodensee und am Vierwaldstättersee, im Juli und August am Zugersee und am Zürichsee und im August am Walensee. An den Jurarandseen wurden neue Novemberminima registriert. Der Zürichsee verzeichnete ausser im September in allen Monaten der zweiten Jahreshälfte ein neues monatliches Minimum. Daraus resultierte ein sehr tiefer Jahresmittelwert von 405,89 m ü. M. Der Lac Léman folgte – abgesehen von drei kurzen Phasen mit überdurchschnittlichen Wasserständen – weitgehend dem bekannten Regime, das sich in der zweiten Jahreshälfte in sehr engen Grenzen bewegt.

Am Lago Maggiore wurden Anfang November während rund zweier Wochen für die Hochwasserwarnung relevante Schwellen überschritten. Der höchste Wasserstand des Jahres wurde mit 195,36 m ü. M. am 7. November gemessen. Dieser Wert liegt 86 cm über der Schwelle zur Gefahrenstufe 2. Nur einen Monat vorher, am 8. Oktober, lag der Pegel noch auf 192,27 m ü. M., dem tiefsten Niveau des Jahres. Rasche Anstiege des Pegels werden am Lago Maggiore ab und zu beobachtet. Ein Anstieg von 3 m in wenigen Tagen ist aber auch hier ein seltenes Ereignis. Am Lago di Lugano wurde die Gefahrenstufe 2 nur ganz knapp nicht erreicht. Der grösste Wert des Jahres blieb 2 cm unter der entsprechenden Schwelle. An den drei anderen Seen in Abbildung 4.10 wurden keine Schwellen zu Gefahrenstufen überschritten.

Monatsmittel der Wasserstände ausgewählter Seen

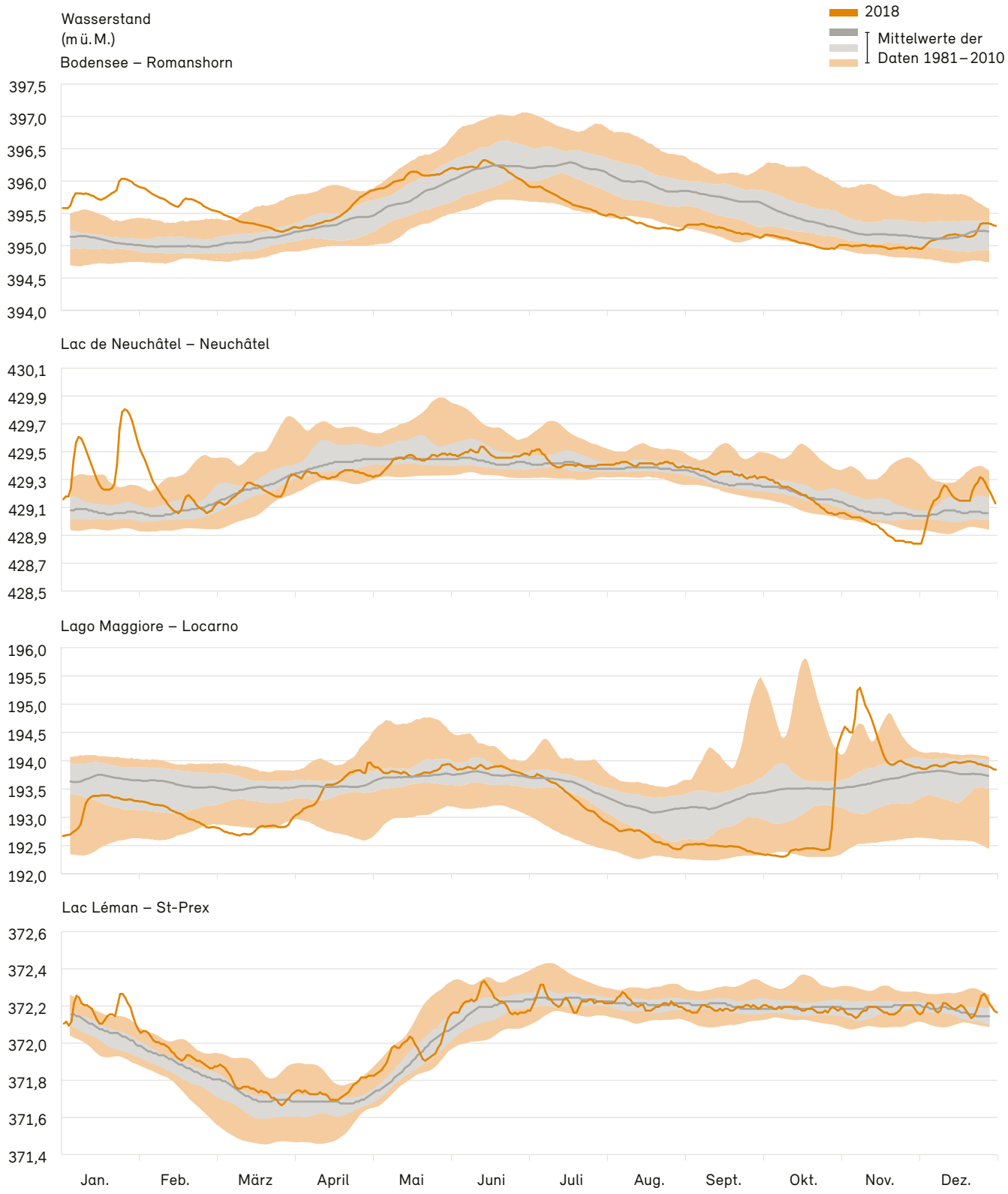
Abb. 4.9: Monatsmittel 2018 der Wasserstände (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981 – 2010 (grau)



Tägliche Wasserstände ausgewählter Seen

Abb. 4.10: Tagesmittel 2018 der Wasserstände (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



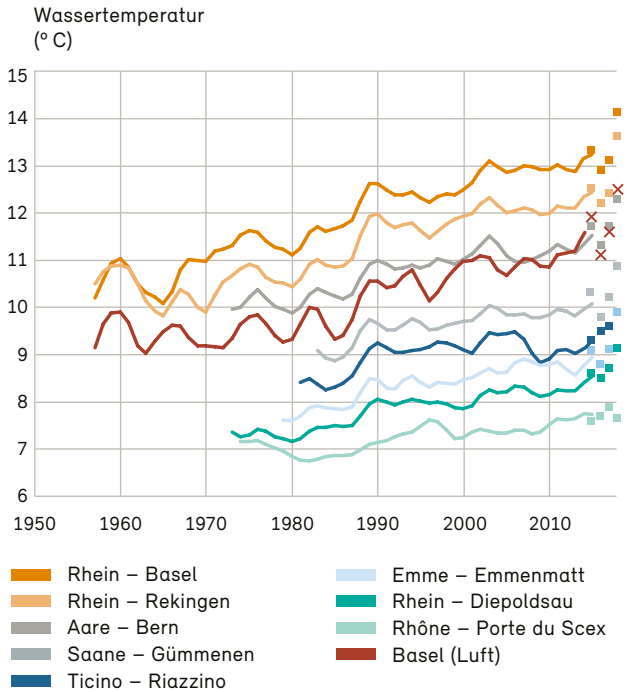
4.3 Wassertemperaturen

Die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur erreichten im Jahr 2018 Rekordhöhen (Kap. 2). Dies führte bei den Wassertemperaturen der Schweizer Fliessgewässer ebenfalls zu einem neuen Rekordjahr der jährlichen Temperaturmittelwerte (Abb. 4.11). Im Vergleich zu den vorhergehenden Extremjahren 2011, 2014 und teilweise 2015 wurden im Jahr 2018 daher bei aussergewöhnlich vielen Messstationen für Wassertemperatur neue Maxima der Jahresmittelwerte registriert. Insgesamt betrifft dies mehr als 50 Stationen des Messnetzes. Die Rekordwerte treten vor allem auf im Jura, in der Rheintalebene unterhalb des Bodensees, im Mittelland sowie in südlich gelegenen Gebieten wie im Genferseegebiet oder auf der Alpensüdflanke (TI und GR).

Zu Beginn des Jahres 2018 gab es bereits intensivere Wärmeschübe. Bei den meisten Flüssen führte dies schon im Januar und teilweise bis in den Februar hinein zu deutlich überdurchschnittlichen Wassertemperaturen. Bereits im Verlauf des Februars sanken die Temperaturen in den Gewässern wieder, um dann im März den langjährigen Durchschnitt zum Teil bedeutend zu unterschreiten. An einigen Stationen im Mittelland, in den westlichen und östlichen Zentralalpen wie auch auf der Alpensüdflanke führte diese Abkühlung zu neuen Tiefstwerten der Messwerte in diesem Monat seit Messbeginn.

Abb. 4.11: Entwicklung der Wassertemperaturen von 1954 bis 2018 in ausgewählten Flüssen der Schweiz

Dargestellt sind gleitende Mittel (über 7 Jahre) als Linien und die letzten 4 Jahresmittel als Punkte bzw. Kreuze (Luft).



Die markante Frühlingserwärmung ab April führte bei den Gewässern wieder zu stark steigenden und überdurchschnittlichen Temperaturen. Überschreitungen der bisherigen Maximalwerte in den entsprechenden Monaten wurden aber nicht beobachtet.

Erst im Verlauf der Sommermonate mit den langen Hitzeperioden, den Sonnenscheinrekorden und den abnehmenden Abflüssen kam es zu einer massiven Erwärmung der Schweizer Fliessgewässer. Während im Juli bereits bei einigen Stationen im Hochrheingebiet, im Mittelland und in den Südalpen die bisherigen Höchstwerte ihrer langen Messreihen überschritten wurden, kam es im August zu einer deutlich steigenden Anzahl von mehr als 30 Überschreitungen der bisherigen Höchsttemperaturen (Abb. 1.3 und 4.12). Davon betroffen waren vor allem das westliche Mittelland, das Hochrheingebiet, das Genferseegebiet wie auch erneut die Alpensüdflanke. Im September ging dieser Trend dann wieder deutlich zurück.

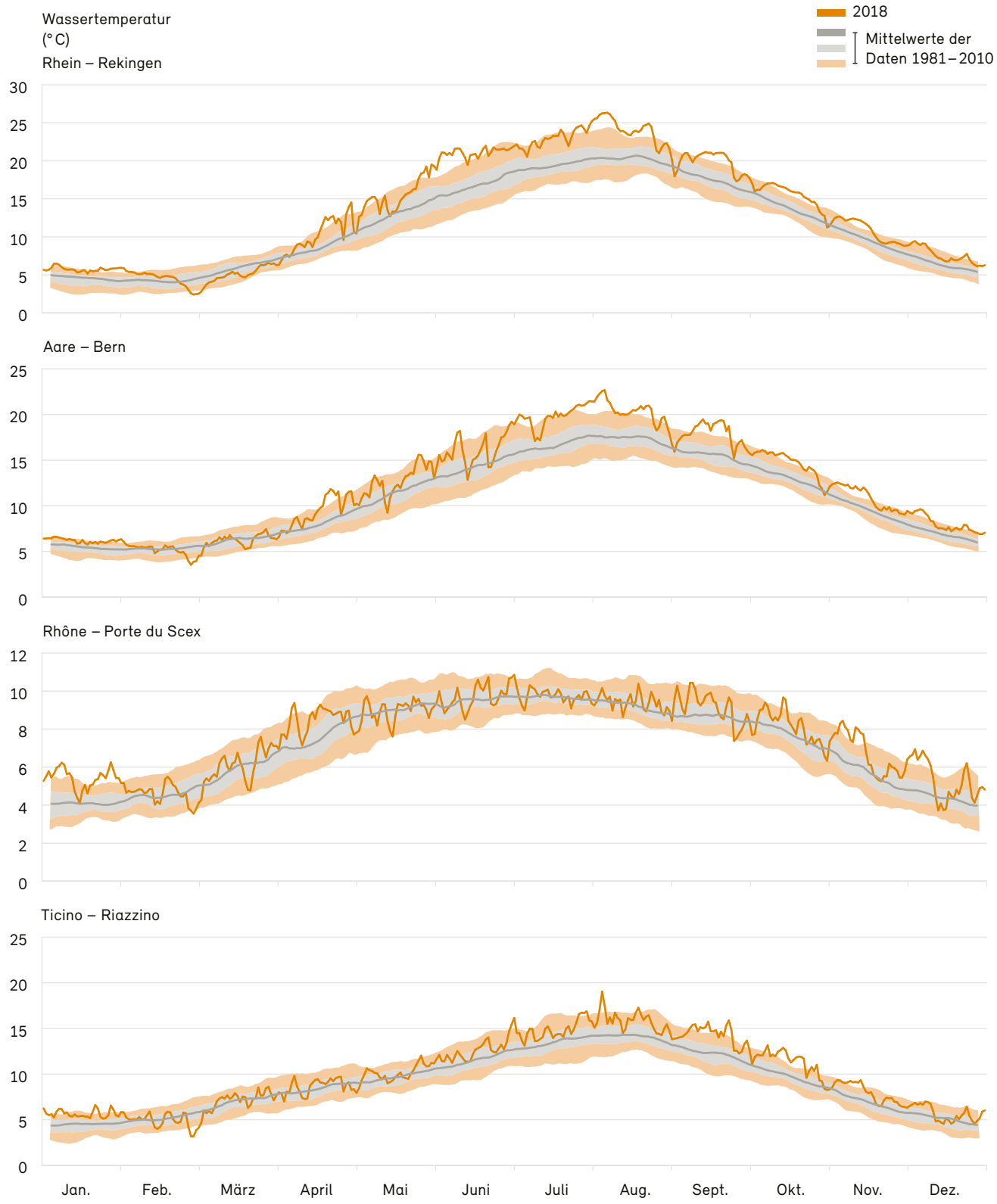
Von Juli bis September wurden bei einigen Stationen zudem in jedem Monat in Folge die bisherigen Maximalwerte überschritten. Bei der Station Vorderrhein-Ilanz waren die Temperaturschwankungen so stark, dass im August nicht nur Höchstwerte, sondern auch neue Tiefstwerte gemessen wurden.

Ab September nahmen dann vor allem in der Südostschweiz die Überschreitungen der monatlichen Höchstwerte ab; gleichzeitig wurden auch die bisherigen Tiefstwerte zunehmend unterschritten. Im Dezember nahm die Anzahl Stationen leicht zu, an denen nur die bisherigen Temperaturmaxima überschritten und auch nur die Minima unterschritten wurden, aber nicht beides. Im gleichen Zeitraum wurden jedoch auch bei 3 Stationen im westlichen Mittelland und an 1 Station in den Südalpen (GR) die Maximal- und Minimalwerte über- und unterschritten.

Mittlere Tagestemperatur ausgewählter Stationen

Abb. 4.12: Tagesmittel 2018 der Wassertemperatur (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



4.4 Stabile Wasserisotope

Die stabilen Wasserisotope in Niederschlag, Oberflächengewässern und Grundwasser sind natürliche Tracer, die in regionalen Klima-, Umwelt- und Gewässerstudien als wichtige zusätzliche Informationsträger eingesetzt werden. Sie erlauben, im Grundwasser die einzelnen Wasserkomponenten nachzuverfolgen oder die mittlere Höhe des Einzugsgebietes von Wasservorkommen abzuschätzen. Die Beziehung der stabilen Wasserisotope zur Temperatur und zur relativen Luftfeuchte in den Herkunftsgebieten der Niederschläge wird zudem vermehrt in meteorologischen Studien eingesetzt. Im Rahmen des Moduls ISOT (Wasserisotope) der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA wird die langjährige regionale Entwicklung von Deuterium (^{2}H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) landesweit an 13 Niederschlagsmessstellen und 9 Messstellen an Fliessgewässern beobachtet, wodurch Referenzdaten für solche Studien zur Verfügung gestellt werden können.

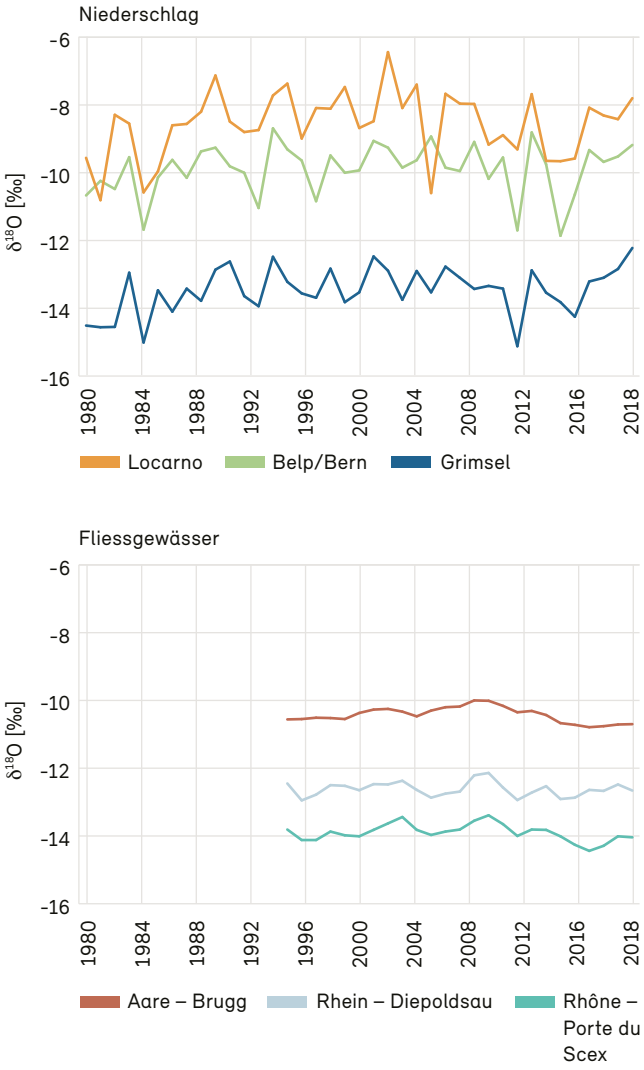
Regelmässige jahreszeitliche Schwankungen prägen die Isotopenwerte im Niederschlag. Diese werden durch längerfristige Entwicklungen überlagert. Entsprechend dem allgemeinen Temperaturtrend stiegen die $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte im Niederschlag ab etwa 1980 bis Anfang dieses Jahrhunderts an allen Niederschlagsmessstellen generell an. Zwischen 2005 und 2015 waren dagegen eher stagnierende bis sinkende $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte im Niederschlag zu verzeichnen; seitdem stiegen sie grösstenteils wieder an. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2018 fort (Abb. 4.13).

Die Winter 2015/16, 2016/17 und 2017/18 waren relativ mild, was sich im Niederschlag in für die Jahreszeit überdurchschnittlich angereicherten δ-Werten ausdrückte. Im Frühling 2018 wurden entsprechend der hohen Lufttemperatur früh hohe δ-Werte im Vergleich zur langjährigen Beobachtung gemessen. Ein Kälteeinbruch Ende Oktober führte dann zu niedrigeren δ-Werten im Niederschlag.

In Fliessgewässern ist der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte ebenfalls erkennbar. Er ist allerdings durch regionale Mischeffekte im Abfluss stark gedämpft (z. B. in Aare, Rhein und Rhone). Auch hier war zwischen 2009 und 2015 ein Unterbruch im generell ansteigenden Trend der Isotopenwerte ersichtlich. Der seit 2015 beobachtete Anstieg der δ-Werte in der Aare bei Brugg setzte sich auch im Jahr 2018 fort. Der warme Frühling und der Sommer hatten jedoch zur Folge, dass in dieser Zeit mehr Gletscherschmelzwasser – mit negativeren δ-Werten – zum Abfluss kam. Dies führte insbesondere im Rhein bei Diepoldsau und in der Rhone bei Porte du Scex zu tieferen Jahresmittelwerten (Abb. 4.13).

Abb. 4.13: Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Modul ISOT)

Entwicklung der $\delta^{18}O$-Werte in Niederschlag und Fliessgewässern an ausgewählten Messstellen von 1980 bis 2018.



4.5 Wasserqualität/physikalische und chemische Eigenschaften

Die Wasserqualität der Fliessgewässer wird im Rahmen der Nationalen Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF) an 14 Messstellen und zusammen mit den Kantonen im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA Trend) an 127 Messstellen erfasst (Abb. 4.14). Neben der Beobachtung der Wasserinhaltsstoffe (z. B. Nährstoffe und Mikroverunreinigungen) ist das Ziel, die Wirksamkeit von Gewässerschutzmassnahmen zu beurteilen. Die Betrachtungen fokussieren mehr auf längerfristige Veränderungen als auf saisonale Schwankungen. Deshalb werden die Analysen mit thematischen Schwerpunkten im Jahrbuch publiziert. Umfangreichere Daten sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

Bikarbonat, Kalzium und Magnesium in Flüssen

Die Wassertemperaturen stiegen während der letzten 30 Jahre im Durchschnitt um 0,8 bis 1,3 °C, während die Abflüsse weitgehend unverändert blieben. Die Alkalinität und die Gesamthärte sowie die Konzentrationen, von Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg), die durch dominante Karbonatgehalte in Gesteinen und Sedimenten in den Einzugsgebieten reguliert werden, haben von 1985 – 2010 um bis zu über 10 % zugenommen (Stationen Rhein – Diepoldsau und Rhône – Porte du Scex, Abb. 4.15). Der Temperaturanstieg lässt Mikroorganismen in Böden aktiver werden und mehr Kohlendioxid (CO_2) produzieren. Damit bildet sich in feuchten Böden mehr Kohlensäure, was zu rascher Auflösung von karbonathaltigen Mineralien und damit bei deren Aus- und Abschwemmung zu erhöhten Bikarbonat-Konzentrationen in den Gewässern führt.

Da der Temperaturanstieg mit dem Klimawandel nicht kontinuierlich, sondern oft sprunghaft verläuft, sind auch die Erhöhungen der Bikarbonat-, Ca- und Mg-Konzentrationen nicht kontinuierlich. Diese sind vor allem nach dem starken Anstieg der Wassertemperaturen von 1985 – 1990 zu erkennen. Mit dem eher geringen Anstieg der Temperaturen von 2005 – 2015 hat sich die Zunahme der Bikarbonat-Konzentrationen abgeschwächt, sie kann sich aber zukünftig mit weiteren Temperaturerhöhungen wieder verstärken.

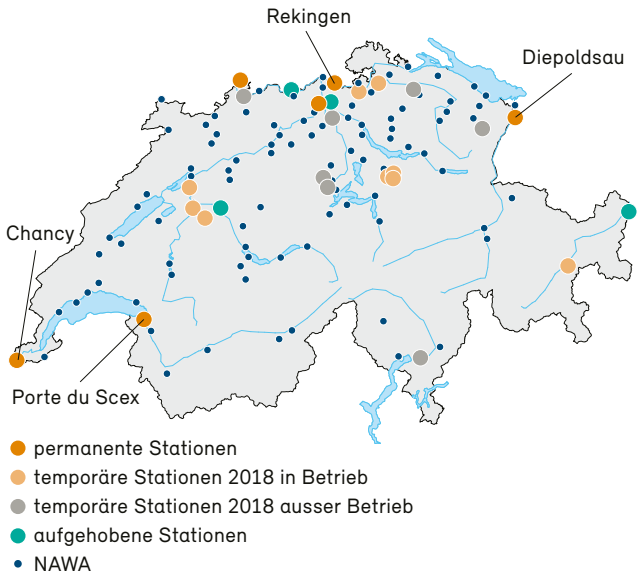
Unterhalb von Seen zeigt deren Reoligotrophierung (Abnahme von Nährstoffen im Gewässer) einen Effekt: Weil das Angebot an Phosphor in der untersuchten Zeitperiode sank, wuchsen in den Seen weniger Algen, die über die Photosynthese CO_2 binden. Wenn mehr CO_2 im Wasser gelöst bleibt, wird weniger Kalzit ausgefällt, und infolgedessen nehmen auch die Bikarbonat-Konzentrationen unterhalb der Seen zu (z. B. bei den Stationen Rhein – Rekingen und Rhône – Chancy, Aux Ripes, Abb. 4.15).

Diesem Prozess entgegenwirkend sind aber die Temperaturen in den Seen: Hohe Wassertemperaturen vermögen das Ausgasen von gelöstem CO_2 und die Fällung von Kalzit zu beschleunigen, was eine Abnahme der Bikarbonat-, Ca- und Mg-Konzentrationen bewirken kann.

Eine kontinuierliche und zuverlässige Erfassung der Konzentrationen kann wichtige Hinweise zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die geochemischen Prozesse und die zu erwartenden Änderungen der Konzentrationen liefern.

Abb. 4.14: Messstellen NADUF und NAWA Trend

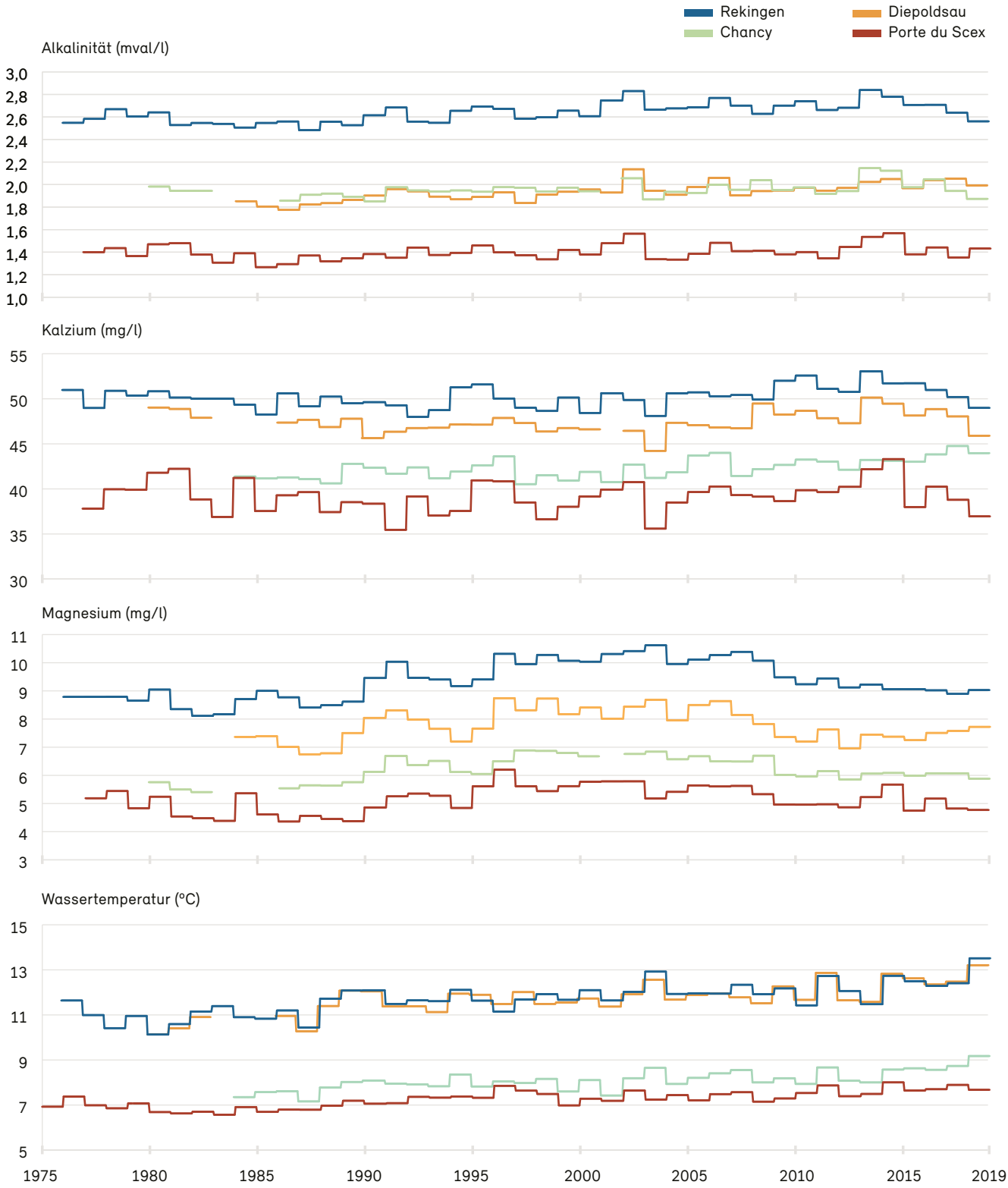
Messstellen der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF) und der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA Trend) zur Beobachtung der Wasserqualität in der Schweiz. Stand 2018.



Alkalinität, Konzentrationen von Kalzium und Magnesium sowie Wassertemperatur in ausgewählten Flüssen 1975 – 2018

Abb. 4.15: Alkalinität, Konzentrationen von Kalzium und Magnesium sowie die Wassertemperatur in 14-tägigen Sammelproben von 1975 – 2018 bei den NADUF-Stationen Rhône – Porte du Scex, Rhein – Rekingen, Rhein – Diepoldsau und Rhône – Chancy, Aux Ripes

Dargestellt sind die mit dem Abflussvolumen gewichteten Jahresmittel.

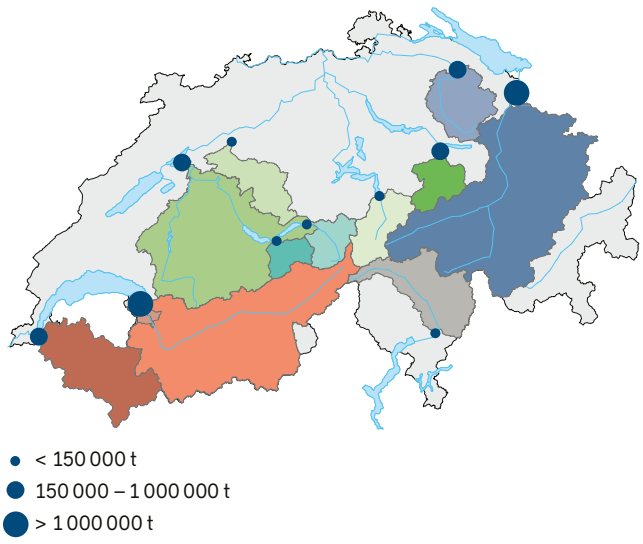


4.6 Schwebstofffrachten

Das BAFU misst die Konzentration von Schwebstoffen, die durch Flüsse transportiert werden, 2-mal pro Woche an 13 hydrometrischen Stationen (Abb. 4.16). Diese Stichproben werden mit den online gemessenen Trübungsdaten korreliert und mit Abflussdaten zu Monats- und Jahresfrachten hochgerechnet. Zusammen mit hydrologischen und ökologischen Beobachtungen ermöglichen diese Daten eine Optimierung der Bewirtschaftung und des Schutzes der Gewässer.

Die Schwebstoffkonzentrationen in den Gewässern sind, nebst anderen Faktoren, stark abhängig von den Turbulenzen und der Wassermenge. Deutlich erkennt man dies daran, wie in den Wintermonaten mit Niedrigwasser die Schwebstofffrachten in den meisten Gewässern nur einen geringen Teil zu den Jahresfrachten beitragen (Abb. 4.17). Demgegenüber können Gewitterereignisse schon eine Tagesfracht ergeben, die einen grossen Anteil der Jahresfracht ausmacht. Die Mittelwerte der fünfjährigen Vergleichsperiode 2014 – 2018 können deshalb stark von aussergewöhnlichen Ereignissen in einem einzelnen Jahr geprägt sein. Die Wiedergabe einer längeren Vergleichsperiode ist aus methodischen Gründen noch nicht möglich.

Abb. 4.16: Schwebstofffrachten 2018 ausgewählter Einzugsgebiete
Klassierte Jahresfrachten 2018 bei den Messstellen des Schwebstoffmessnetzes des BAFU.



Das Jahr 2018 war von Trockenheit geprägt, die monatelang zu sehr niedrigen Wasserständen in den Flüssen führte. Im Sommer, insbesondere im Juni und Juli, lagen an fast allen Messstationen die monatlichen Feststofffrachten unter denjenigen der Vergleichsperiode (Abb. 4.17). Nur bei der Station Rhône – Porte du Scex waren die Frachten für die Sommermonate höher, da Anfang Juli heftige Regenfälle dieses Einzugsgebiet getroffenen haben und die Abflüsse den ganzen Sommer über wegen der Gletscherschmelze erhöht waren.

Auf der Alpennordseite verursachte Rekordregen im Januar Feststofffrachten über dem Monatsdurchschnitt. An der Messstation Thur – Halden gab es im Januar eine aussergewöhnliche monatliche Fracht von rund 130 000 Tonnen. Auf der Alpensüdseite führten Ende Oktober und Anfang November starke Niederschläge zu einem Anstieg des Ticino. Diese Regenfälle resultierten auch in einem Anstieg der Schwebstoffe an der Messstation bei Bellinzona. Im Dezember gab es auch nördlich der Alpen wieder reichlich Niederschläge. Dies führte zu überdurchschnittlichen Feststofffrachten an allen Messstationen.

Die jährlichen Feststofffrachten, die 2018 vom Rhein im Bodensee (ca. 1,8 Mio. Tonnen) und von der Linth im Walensee (ca. 0,2 Mio. Tonnen) abgelagert wurden, liegen in der gleichen Grössenordnung wie die des Jahres 2017 und entsprechen dem Durchschnitt der Vergleichsperiode.

Die Zunahme der jährlichen Frachten an den Stationen Thur – Halden (plus 30 %) und Arve – Genève (plus 50 %) ist hauptsächlich auf die starken Regenfälle im Januar zurückzuführen. Aufgrund heftiger Sommerregen hat die Rhone im Genfersee im Jahr 2018 etwa 3 Millionen Tonnen Sediment abgelagert. Dies ist das Doppelte der Ablagerung des Vorjahres.

Im Tessin und nördlich der Alpen wirkte sich auch der unterdurchschnittliche jährliche Abfluss auf die jährlichen Feststofffrachten aus: An der Messstation Ticino – Bellinzona sank die Feststofffracht, die Richtung Lago Maggiore transportiert wurde, im Vergleich zu 2017 um 40 % und zum Durchschnitt der Referenzperiode um 75 %. Bei den Messstationen Reuss – Seedorf und Lütschine – Gsteig sank die jährliche Feststofffracht um rund ein Drittel gegenüber dem Vorjahr.

Monatsmittel der Schwebstofffrachten ausgewählter Einzugsgebiete

Abb. 4.17: Monatsmittel 2018 der Schwebstofffrachten (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der Periode 2014 – 2018 (grau)



5 Grundwasser

Die Grundwasserstände und Quellabflüsse lagen infolge der lange anhaltenden Trockenheit im Jahresverlauf 2018 zunehmend tief. An jeder zweiten Messstelle wurden in der zweiten Jahreshälfte hohe Grundwassertemperaturen gemessen.

5.1 Grundwasser-Quantität

Die kontinuierliche Beobachtung von Grundwasserstand und Quellabfluss an etwa 100 Messstellen im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA ermöglicht es, den aktuellen Zustand und die Entwicklung der Grundwassermenge auf Landesebene abzubilden. Hiermit können auch mögliche langfristige Auswirkungen der Klimaänderung – so etwa die prognostizierte Zunahme von Extremereignissen wie Hochwasser und Trockenheit – auf die Grundwasserressourcen aufgezeigt werden.

Entsprechend dem langfristigen Witterungsverlauf (Temperatur und Niederschläge) lassen sich im Grundwasser der Schweiz häufig mehrjährige Perioden mit eher niedrigen und eher hohen Grundwasserständen erkennen. In dieser Hinsicht liegt das Jahr 2018 in einer seit 2015 anhaltenden Periode mit eher niedrigen Grundwasserständen und Quellabflüssen (Abb. 5.1).

Anfang 2018 lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse infolge der hohen Niederschlagsmengen vom Dezember 2017 landesweit im Normalbereich oder darüber. Der Februar 2018 war dagegen niederschlagsarm, sodass Anfang März verbreitet sinkende Grundwasserstände und Quellabflüsse im Normalbereich zu beobachten waren (Abb. 5.2 und Abb. 5.3, Grundwassersituation am 6. März 2018).

Im April und Mai 2018 nahmen die Grundwasserstände in Lockergesteins-Grundwasserleitern ausserhalb der Flusstäler infolge der insgesamt unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen stetig ab, sodass Ende Mai in der Zentral- und Ostschweiz erste Messstellen mit tiefem Grundwasserstand zu beobachten waren (Abb. 5.2

Abb. 5.1: Grundwasserstände und Quellabflüsse 1998–2018
Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von 1998–2018. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 1998 und 2017. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 1998 und 2017. Rot: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 1998 und 2017.

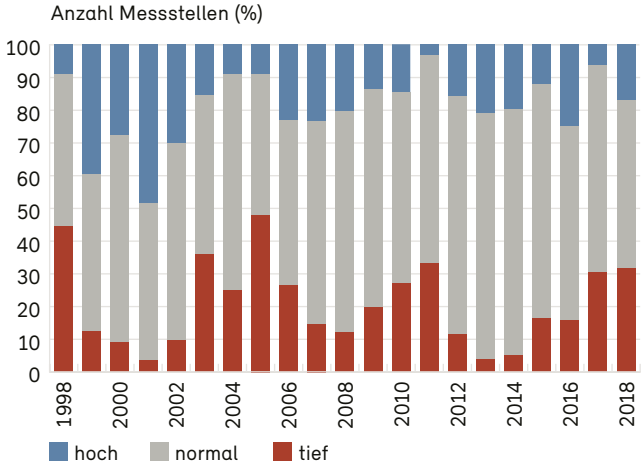
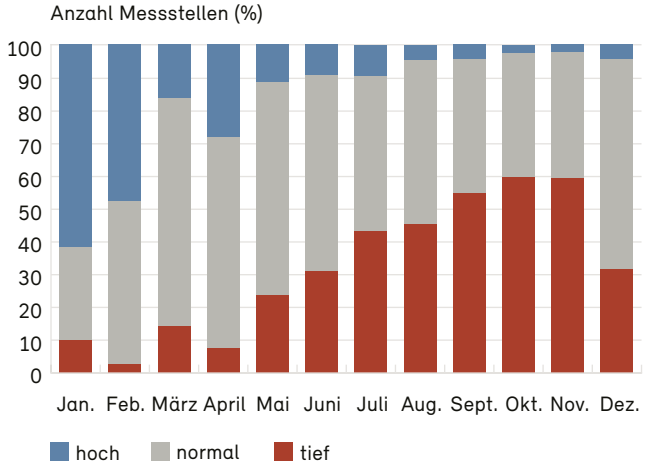


Abb. 5.2: Grundwasserstände und Quellabflüsse 2018
Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von Januar bis Dezember 2018. Grau: Monatswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 1998 und 2017. Blau: Monatswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 1998 und 2017. Rot: Monatswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 1998 und 2017.



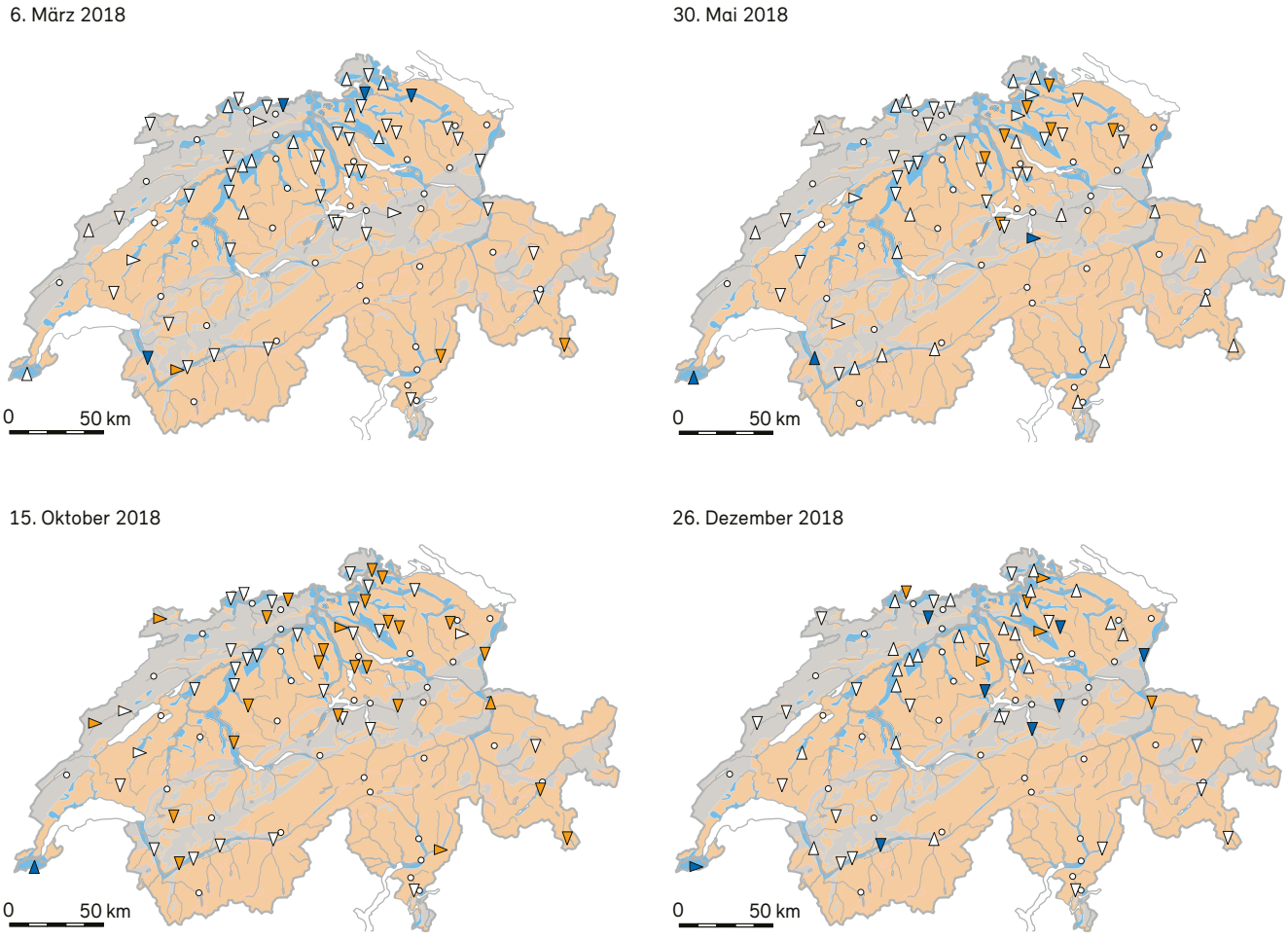
und Abb. 5.3, Grundwassersituation am 30. Mai 2018). In den Talebenen der grossen Flüsse aus den Alpen lagen die Grundwasserstände hingegen infolge der starken Schneeschmelze weiterhin im Normalbereich.

Im Zuge der anhaltenden Trockenheit nahm von Juli bis Oktober landesweit die Anzahl Messstellen mit tiefen Grundwasserständen und Quellabflüssen zu. So lagen im Oktober die Grundwasserstände und Quellabflüsse in der Schweiz an 60 % der Messstellen tief (Abb. 5.2 und Abb. 5.3, Grundwassersituation am 15. Oktober 2018). Vereinzelt traten neue Monatsminima auf (z. B. bei Buechberg (TG), Gossau (SG), Oberdorf (NW), Trub (BE)).

Die intensiven Niederschläge im Tessin und in Graubünden von Ende Oktober und Anfang November liessen dort die Grundwasserstände und Quellschüttungen ansteigen. Auf der Alpennordseite fielen erst im Dezember

Abb. 5.3: Grundwassersituation 2018

Grundwasserstände und Quellabflüsse sowie deren Tendenz an vier Daten des Jahres 2018 im Vergleich zur Messperiode 2001–2017.



überdurchschnittliche Niederschläge, welche vor allem oberflächennahe Lockergesteins- und Karst-Grundwasserleiter beeinflussten. Im Dezember lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse aber insgesamt noch an jeder dritten Messstelle tief (Abb. 5.2 und Abb. 5.3, Grundwassersituation am 26. Dezember 2018).

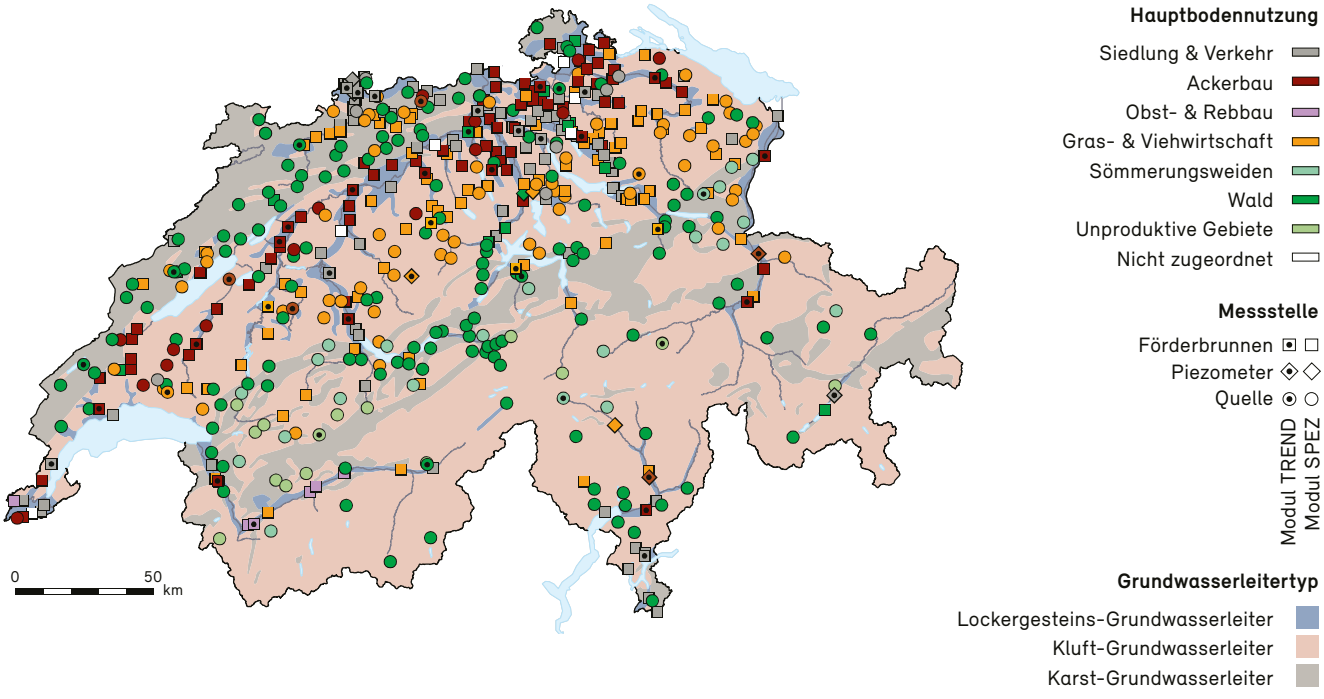
5.2 Grundwasser-Qualität

Das Grundwasser in der Schweiz weist in der Regel eine gute Qualität auf. In Ballungsräumen und intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten kann es aber auch unerwünschte künstliche Spurenstoffe enthalten.

Zustand und Entwicklung der Grundwasser-Qualität werden im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA landesweit an 550 Messstellen erfasst (Abb. 5.4). Neben der Früherkennung problematischer Substanzen und unerwünschter Entwicklungen steht auch die Kontrolle der Wirksamkeit von Massnahmen zum Schutz des Grundwassers im Vordergrund. Analysen zur Grundwasser-Qualität fokussieren daher auf statistisch signifikante längerfristige Veränderungen und nicht auf saisonale Schwankungen. Diese Analysen werden daher nicht im Rahmen des hydrologischen Jahrbuchs publiziert, sondern im Bericht «Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz», der im Laufe des Jahres 2019 erscheinen wird. Weiterführende Informationen und Daten sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

Abb. 5.4: Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Module TREND und SPEZ)

Messstellen der Module TREND und SPEZ zur Beobachtung der Grundwasser-Qualität mit Hauptbodennutzung im Einzugsgebiet sowie Grundwasserleitertyp.



5.3 Grundwassertemperatur

Die kontinuierliche Beobachtung der Grundwassertemperatur an etwa 100 Messstellen im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA ermöglicht es, Zustand und Entwicklung auf Landesebene abzubilden. Zudem können anhand der Grundwassertemperatur mögliche Auswirkungen der Klimaänderung – z. B. Folgen der prognostizierten Zunahme von Hitzeperioden – auf die Grundwasserressourcen aufgezeigt werden.

Im langjährigen Vergleich stellen die Jahre 2015 bis 2018 eine Periode mit eher höheren Grundwassertemperaturen dar. Im Jahr 2018 waren insgesamt an gut jeder zweiten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu verzeichnen (Abb. 5.5).

Im Vergleich zu den Vorjahren traten im Jahr 2018 die Minima der Grundwassertemperaturen rund einen Monat früher auf, d. h. bereits im März. Im Zuge der im Jahresverlauf anhaltend überdurchschnittlichen Lufttemperaturen stiegen die Grundwassertemperaturen rasch an und erreichten im Oktober/November ein Maximum. Vereinzelt traten im Oktober neue Monatsmaxima der Grundwassertemperatur auf (z. B. bei Glattfelden [ZH]). In urbanen Gebieten sind die Grundwassertemperaturen oftmals höher (Abb. 5.6). Sie werden in diesen Gebieten durch Infrastrukturen wie Erdwärmesonden, Grundwassernutzungen zum Kühlen und Heizen oder Installationen im Untergrund (Tunnel, Tiefgeschosse, Leitungen) beeinflusst.

Abb. 5.5: Grundwassertemperatur 2000–2018.
Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für die Grundwassertemperatur von 2000–2018. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 2000 und 2017. Rot: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 2000 und 2017. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 2000 und 2017.

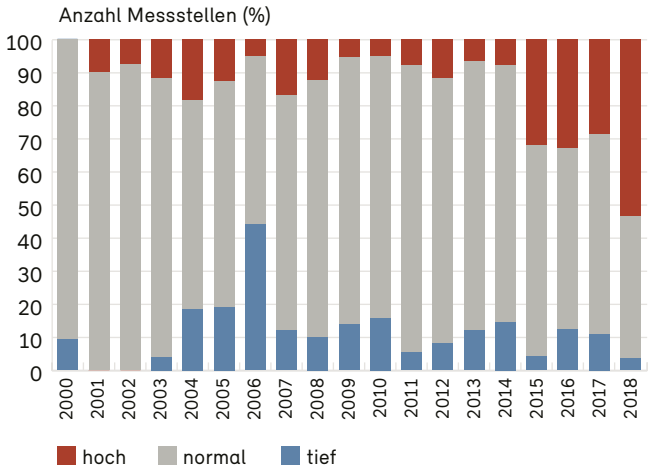
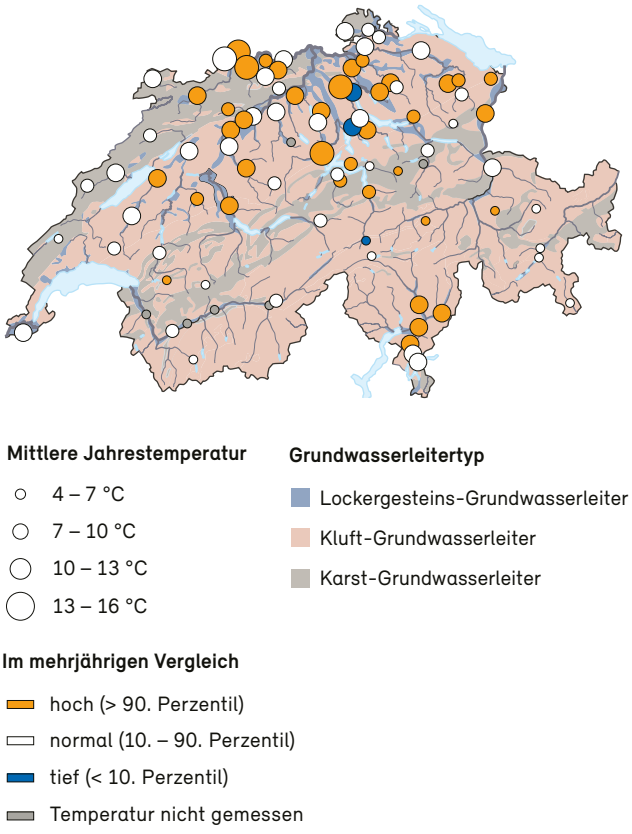


Abb. 5.6: Mittlere Grundwassertemperatur 2018 im Vergleich zur Periode 2000–2017



Anhang

Glossar

Gefahrenstufe
Entsprechend den Bestimmungen der Alarmierungsverordnung verwendet das BAFU für die Warnung vor Hochwasser eine fünfstufige Gefahrenskala. Die Gefahrenstufen geben Auskunft über die Intensität des Ereignisses und die möglichen Auswirkungen und machen Verhaltensempfehlungen. Die Hochwassergrenze bei Seen bezeichnet den Übergang von der Stufe 3 («erhebliche Gefahr») zur Stufe 4 («grosse Gefahr»). Bei diesem Wasserstand können vermehrt Überflutungen auftreten. Dabei können Gebäude und Infrastrukturanlagen betroffen sein.

Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA)
Das BAFU schafft in Zusammenarbeit mit den Kantonen die Grundlagen, um den Zustand und die Entwicklung der Schweizer Gewässer auf nationaler Ebene zu dokumentieren und zu beurteilen.

Nationale Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF)
Das Messprogramm verfolgt die Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe in ausgewählten Schweizer Flüssen.

Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA
Die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA besteht aus den 4 Modulen QUANT, TREND, SPEZ und ISOT. Im Modul QUANT wird die Grundwasserquantität, in den beiden Modulen TREND und SPEZ die Grundwasserqualität beobachtet. Das Modul ISOT dient der Beobachtung der Wasserisotope im Niederschlag und in den Fliessgewässern als Referenzdaten für das Grundwasser.

NM7Q
Wie bei den Hochwasserwerten werden auch für Niedrigwassermesswerte Jährlichkeiten berechnet, die angeben, wie häufig der Wert aufgrund der Statistik im Mittel erwartet wird bzw. welches seine Wiederkehrperiode ist. Ein 5-jährliches Niedrigwasser tritt beispielsweise statistisch im Durchschnitt 1-mal in 5 Jahren auf. In der routinemässigen Niedrigwasserstatistik des BAFU werden die jährlich kleinsten über 7 Tage gemittelten Abflüsse (NM7Q) als Niedrigwasserkenngrössen verwendet. Sie liegen in einer ähnlichen Grössenordnung wie die kleinsten Tagesmittel, sind aber weniger anfällig auf Messfehler oder kurzfristige anthropogene Einflüsse, da diese ausgemittelt werden.

Normwert
Zur Beschreibung der mittleren klimatologischen oder hydrologischen Verhältnisse einer Station werden Mittelwerte (Normwerte) verschiedener Parameter aus einer langjährigen Messperiode benötigt. Im vorliegenden Jahrbuch wird, wenn möglich, die Normperiode 1981 – 2010 verwendet.

Quantil
Ein Quantil ist ein Lagemass in der Statistik. Es legt fest, welcher Anteil der Werte einer Verteilung über oder unter einer bestimmten Grenze liegt. Das 95 %-Quantil beispielsweise ist der Schwellenwert, für den gilt, dass 95 % einer Datenmenge kleiner und 5 % grösser sind. Das bekannteste Quantil ist der Median (oder 50 %-Quantil). Er teilt die Werte einer Verteilung in zwei gleich grosse Teile.

^{2}H, ^{18}O
Deuterium (^{2}H) ist ein natürliches stabiles Isotop des Wasserstoffs. Sauerstoff-18 (^{18}O) ist ein natürliches stabiles Isotop des Sauerstoffs. Isotope sind Atome eines Elementes mit gleicher Protonenzahl, aber mit unterschiedlicher Neutronenzahl. δ-Werte (Delta-Werte) sind Verhältniszahlen der entsprechenden Isotope $\delta(^{2}H/^{1}H)$, abgekürzt als $\delta^{2}H$, und $\delta(^{18}O/^{16}O)$, abgekürzt als $\delta^{18}O$.

Weiterführende Informationen im Internet

Ausführliche Informationen zu den Themen des Hydrologischen Jahrbuchs und den hydrometrischen Messnetzen des BAFU sowie aktuelle und historische Daten sind im Internet zu finden unter:
www.bafu.admin.ch/hydrologischesjahrbuch

Aktuelle und historische Messdaten:
www.hydrodaten.admin.ch

Hydrologisches Bulletin des BAFU:
www.hydrodaten.admin.ch/de/hydro_bulletin.html

Grundwasserbulletin des BAFU:
www.hydrodaten.admin.ch/de/grundwasserbulletin.html

Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA:
www.bafu.admin.ch/naqua

Ergebnisse der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF) – Datendownload:
www.eawag.ch/de/abteilung/wut/schwerpunkte/chemie-wasserressourcen/naduf

Nationale Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF) – Beschreibung Messnetz:
www.bafu.admin.ch/naduf

Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) in Kartenform:
https://s.geo.admin.ch/7902c509b7

Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) – Beschreibung Messnetz:
www.bafu.admin.ch/nawa

Indikatoren Gewässer und weiterführende Informationen zum Thema Wasser:
www.bafu.admin.ch/wasser