Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2017

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2017

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2018

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
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.) 2018: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2017. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1804: 44 S.

Lektorat
Jacqueline Dougoud, Zürich

Layout
Cavelti AG, medien. digital und gedruckt, Gossau

Titelbild
Niedrigwasser am Lac de Joux beim Hafen Le Pont im Oktober 2017.
Foto: Gabriel Peier, BAFU

Bildnachweis
Seite 19: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg

Datengrundlage
Die hydrologischen Analysen basieren auf provisorischen Daten des Jahres 2017.

PDF-Download
www.bafu.admin.ch/uz-1804-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 2018

Inhaltsverzeichnis

Abstracts		7
Vorwort		9
Zusammenfassung		10
1	Besonderheiten im Jahr 2017	11
2	Witterung	17
3	Schnee und Gletscher	18
4	Oberflächengewässer	20
5	Grundwasser	38
Anhang		41

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

Das Hydrologische Jahrbuch, welches vor Ihnen liegt, fasst die wichtigsten Entwicklungen im Wasserhaushalt der Schweiz während des Jahres 2017 zusammen. Das Jahr war geprägt von längeren Niedrigwasserperioden. Niedrigwasserereignisse sind die Folge von Niederschlagsmangel und können im Sommer vorkommen, häufig kombiniert mit einer Hitzewelle. Sie können aber auch im Winter auftreten, wenn das Phänomen wegen der Kälte noch verstärkt wird, da die ohnehin schon geringen Niederschlagsmengen in Form von Schnee fallen und daher nicht gleich zum Abfluss beitragen.

Für die Hydrologinnen und Hydrologen gibt es bei Niedrigwasser verschiedene Herausforderungen: Da die Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten sehr klein sind, sind genaue Abflussmessungen sehr schwierig. Diese eher unzuverlässigen Messungen erschweren es, das Ausmass eines Niedrigwassers abzuschätzen. Sie erschweren aber auch den Vergleich zwischen mehreren Ereignissen sowie die Extrapolation der Werte bis hin zu Extremereignissen. Ausgeprägte Kälte im Winter wirkt sich verstärkend auf die Ungenauigkeiten aus, da die Gewässer häufig gefroren sind. Während Niedrigwasserperioden beeinflusst die Wassernutzung ausserdem den Wasserstand und damit die gemessenen Werte stark, da der Wasserverbrauch an der gesamten, natürlicherweise schon tiefen Abflussmenge einen grösseren Anteil ausmacht.

Eine zusätzliche Herausforderung ist die Vorhersage von Niedrigwasser, die nur von Nutzen ist, wenn sie sich über längere Zeithorizonte erstreckt, das heisst über mehrere Wochen. Leider erlauben es die derzeit zur Verfügung stehenden Methoden nicht, solche hydrologischen Situationen über lange Perioden vorherzusehen. Noch eine Herausforderung ist es letztlich, plausible Szenarien zur Verfügung zu stellen, die die Entwicklung von Niedrigwassersituationen infolge des Klimawandels aufzeigen.

Ich hoffe, dass Ihnen dieses Jahrbuch hilfreich sein wird für die Einordnung des Jahres 2017 aus hydrologischer Sicht. Es wurde aufgrund von sorgfältig geprüften Daten und Modellierungen realisiert und basiert auf gründlichen wissenschaftlichen Auswertungen. Vielen Dank allen, die dazu beigetragen haben! Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre.

Olivier Overney
Leiter der Abteilung Hydrologie
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung

Witterung
Das Jahresmittel der Temperatur lag 0,8 Grad über der Norm. 2017 ist damit das sechstwärmste Jahr seit Messbeginn 1864. Die Jahresniederschläge erreichten nördlich der Alpen verbreitet 70 bis 90 % der Norm. Die Alpen erhielten meist 90 bis 115 %, die Walliser Südtäler jedoch nur 60 bis 80 %. Auf der Alpensüdseite fielen vielerorts 80 bis 95 % des normalen Jahresniederschlags.

Schnee und Gletscher
Über den ganzen Winter betrachtet, waren die Schneehöhen schweizweit deutlich unterdurchschnittlich. Der Süden war stärker betroffen als der Norden des Landes. Nach einem kurzen und sehr schneearmen Winter – er zählt zu den schneeärmsten und kürzesten seit Messbeginn – setzten die Hitzewellen im Juni und August den Schweizer Gletschern stark zu. Sie verloren zwischen Oktober 2016 und September 2017 rund 3 % ihres Eisvolumens.

Abflussverhältnisse
In allen grossen Flussgebieten lagen die Jahresmittel des Abflusses 2017 unter den Normwerten. Ausgedehnte Niedrigwasserphasen Anfang Jahr sowie im Sommer und Herbst prägten das Abflussgeschehen und führten teilweise zu sehr tiefen Pegeln in Flüssen und Seen. An zahlreichen Stationen der Alpennordseite gab es neue Januarminima. Ganz grosse Abflussereignisse sind 2017 ausgeblieben.

Seestände
Bei den grossen Seen der Schweiz weichen einmal mehr die Jahresmittelwerte des Lago Maggiore und des Bodensees (Obersee) am stärksten von den langjährigen Mittelwerten ab. Bei der Station Lago Maggiore – Locarno sind es –29 cm im Jahr 2017, bei der Station Bodensee – Romanshorn +15 cm. Die anderen grossen Seen verzeichneten Mittelwerte nahe an den oder nur ein paar Zentimeter unter den Werten der Normperiode 1981–2010. An keinem der grossen Seen wurden für die Warnung relevante Schwellen überschritten.

Wassertemperaturen
Nach einem sehr kalten Start ins Jahr 2017 mit sehr tiefen Wassertemperaturen waren der Frühling und der Sommer von sehr hohen Lufttemperaturen geprägt. Auf die Wassertemperatur der Schweizer Fliessgewässer wirkte sich dies in einer deutlichen Zunahme an Überschreitungen der Jahresmaximalwerte im Vergleich zum Vorjahr aus.

Stabile Isotope
Der Winter 2016/17 war relativ mild, was sich im Niederschlag in überdurchschnittlich angereicherten δ-Werten für diese Jahreszeit ausdrückte. Im Sommer 2017 wurden entsprechend der hohen Lufttemperatur ebenfalls hohe δ-Werte gemessen. In Fliessgewässern ist der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte auch erkennbar.

Schwebstofffrachten
Wegen des trockenen Sommers und des Niedrigwassers lagen im Jahr 2017 im Sommer, speziell im Juli, bei fast allen Messstellen die Schwebstofffrachten unter denjenigen der Vergleichsperiode. Deutlich sichtbar sind dann nach intensiven Regenfällen in der Zentral- und Ostschweiz die erhöhten Frachten im September. Die unterdurchschnittlichen Jahresabflussmengen im Tessin wirkten sich auch auf die Schwebstoff-Jahresfrachten aus. Nur rund ein Drittel der üblichen Menge wurde Richtung Lago Maggiore transportiert.

Grundwasser
Die Grundwasserstände und Quellabflüsse lagen im Jahresverlauf mehrheitlich im Normalbereich. Zu Jahresbeginn, im Sommer und im Herbst waren sie jedoch an der Hälfte der Messstellen tief. Wie bei den Oberflächengewässern erholte sich die Situation erst gegen Ende des Jahres, sodass die Grundwasserstände und Quellabflüsse im Dezember landesweit wieder im Normalbereich lagen.

1 Besonderheiten im Jahr 2017

Im Winter 2016/17 herrschte Niedrigwasser an den Gewässern der Schweiz. Nach einer Entspannung im Frühling fielen die Pegel an den Oberflächengewässern und im Grundwasser im Sommer und Herbst 2017 teilweise erneut auf sehr tiefe Werte. Niedrigwasser genau zu messen, stellt häufig eine grosse Herausforderung dar. Das Jahr 2017 wartete aber auch mit weiteren besonderen Messsituationen auf.

1.1 2017 – ein Jahr mit Niedrigwasser

Bereits der Herbst 2016 war trocken, und es folgte ein aussergewöhnlich trockener Winter. Gemäss den Daten von MeteoSchweiz erreichten die Niederschlagsmengen von Dezember 2016 bis Februar 2017 im landesweiten Mittel nur die Hälfte der Norm 1981–2010 (Abb. 1.1). In der Westschweiz war es der niederschlagsärmste Winter seit rund 50 Jahren. Dies führte zu ausgeprägter Schneearmut in den Bergen, sodass bei einer etwas wärmeren Witterung auch kaum Schmelzwasser in die Gewässer gelangte.

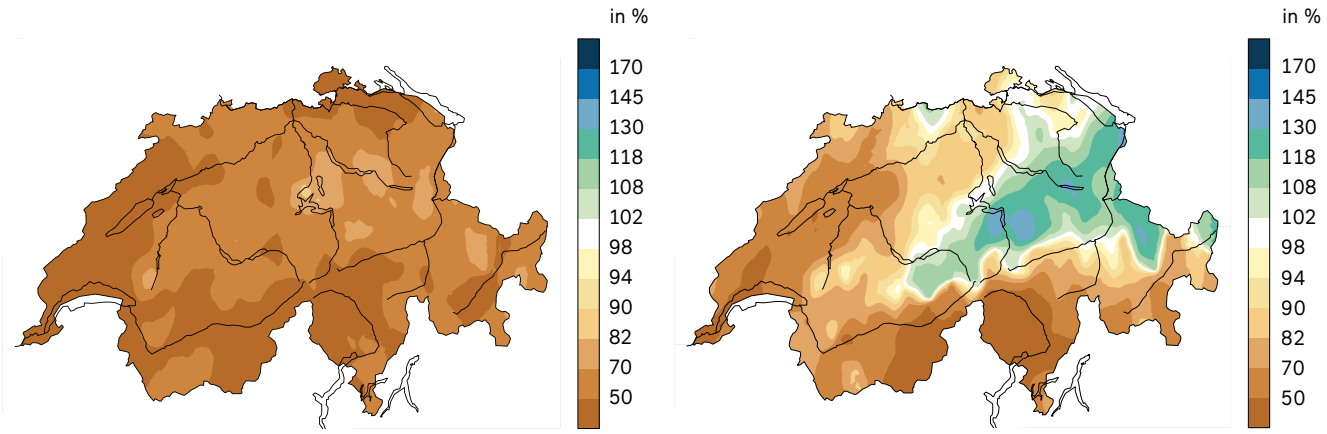
Niedrigwasser zu Beginn des Jahres in Fliessgewässern und im Grundwasser

Die Niederschlagsarmut hatte sich schon im Herbst und mehr noch im Verlaufe des Dezembers 2016 in den Gewässern bemerkbar gemacht. Im Januar 2017 waren die Pegel der Fliessgewässer und des Grundwassers dann noch weiter zurückgegangen. Sie lagen während Wochen auf unterdurchschnittlichem bis stark unterdurchschnittlichem Niveau.

An zahlreichen Flussmessstationen des BAFU wurden im Januar neue kleinste Monatsmittel registriert, auch bei einigen Stationen mit sehr langen Beobachtungsperioden. So wurde an der Aare in Brugg das bisher kleinste Januarmittel aus dem Jahr 1921 unterschritten. Für die Niedrigwasserkenngrösse NM7Q (siehe Anhang) wurden verbreitet Jährlichkeiten von zwei bis zehn Jahren berechnet. Vielerorts wurden Abflüsse beobachtet, die statistisch gesehen noch seltener zu erwarten sind (Abb. 1.2 links). Durch die geringe Wasserführung in den Flüssen und die tiefen Lufttemperaturen waren die Flüsse Ende Januar vielerorts mit einer Eisschicht bedeckt, was

Abb. 1.1: Niederschlagssummen (% des Normwertes)

Räumliche Verteilung der Niederschläge: links der Winterniederschlag von Dezember 2016 bis Februar 2017, rechts der Niederschlag im Herbst 2017 (Summen von September bis November).



Quelle: MeteoSchweiz

die genaue Messung der Wasserstände weiter erschwerte (siehe dazu auch Kap. 1.2).

Neue Tiefststände in den Jurarandseen

Sehr tiefe und unterdurchschnittliche Wasserstände wiesen auch einige Seen auf. Verglichen mit früheren Messungen lagen der Zürichsee, der Sarner- und der Zugersee sowie die Jurarandseen besonders tief. Der Neuenburgersee beispielsweise erreichte Ende Januar mit 428,75 m ü. M. einen neuen Tiefststand seit Änderung des Regulierreglements der Jurarandseen Anfang der 1980er-Jahre (siehe Abb. 4.10). Details zu den gemessenen Seepegeln sind im Kapitel 4.2 zu finden.

Vorübergehende Entspannung der Lage ab Februar

Erst Ende Januar und im Februar kam es wieder zu nennenswerten Niederschlägen, die sich auch auf die Wasserstände und Abflüsse in Oberflächengewässern und im Grundwasser auswirkten. Dies ist auch deutlich am Abfluss der Areusequelle bei St-Sulpice in Abbildung 1.3 sichtbar. Bei einzelnen Flüssen war am 31. Januar – verursacht durch Regenfälle und steigende Temperaturen – ein sogenannter Eisgang zu beobachten. Dabei brach die Eisdecke auf den Flüssen durch den Wasserdruck des Pegelanstiegs auf, und es trieben Eisschollen mit einer Flutwelle flussabwärts, so etwa in der Kleinen Emme und der Sihl. Dadurch nahmen die Wassertemperaturen in diesen Gewässern kurzfristig um mehrere Grad ab.

Bei grösseren Gewässern sowie in höher gelegenen Einzugsgebieten, wo der Niederschlag noch als Schnee fiel und damit nicht gleich zum Abfluss beitrug, dauerte es länger, bis sich die Niedrigwassersituation entspannte.

Niedrigwassersituation im Herbst

Nach einem durchschnittlichen Sommer auf der Alpennordseite und einem Sommer mit überdurchschnittlichen Regenmengen auf der Alpensüdseite, im Wallis und im Engadin stellte sich im Herbst in vielen Regionen eine erneute Trockenheit ein. In der Folge wurden vereinzelt schon im Sommer, verbreitet dann aber ab September, wiederum sehr tiefe Abflüsse beobachtet (Abb. 1.2 rechts und Abb. 1.3). Besonders betroffen waren Fliessgewässer in der Westschweiz, im Jura und im Mittelland.

Auch die Grundwasserstände und Quellabflüsse blieben im Herbst in Gebieten mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen insgesamt am unteren Rand des Normalbereichs, teilweise auch noch tiefer. Dagegen konnten oberflächennahe bzw. flussgebundene Grundwasser-

Abb. 1.2: Niedrigwassersituationen der Fliessgewässer im Jahr 2017

Vergleich der NM7Q mit der Niedrigwasserstatistik des BAFU: links die winterliche Niedrigwasserphase (ab Januar 2017), rechts die Niedrigwasserphase vom Sommer und Herbst 2017.

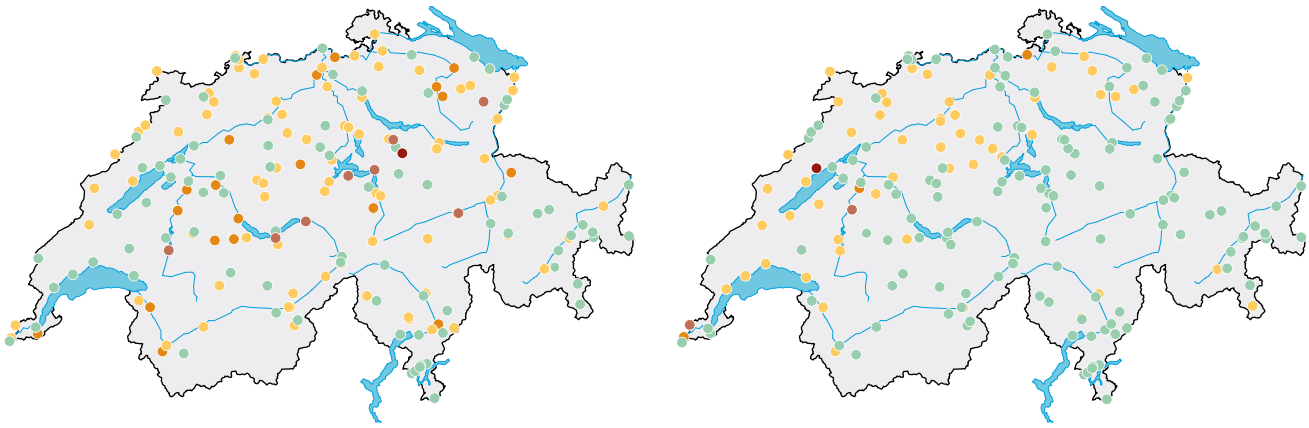
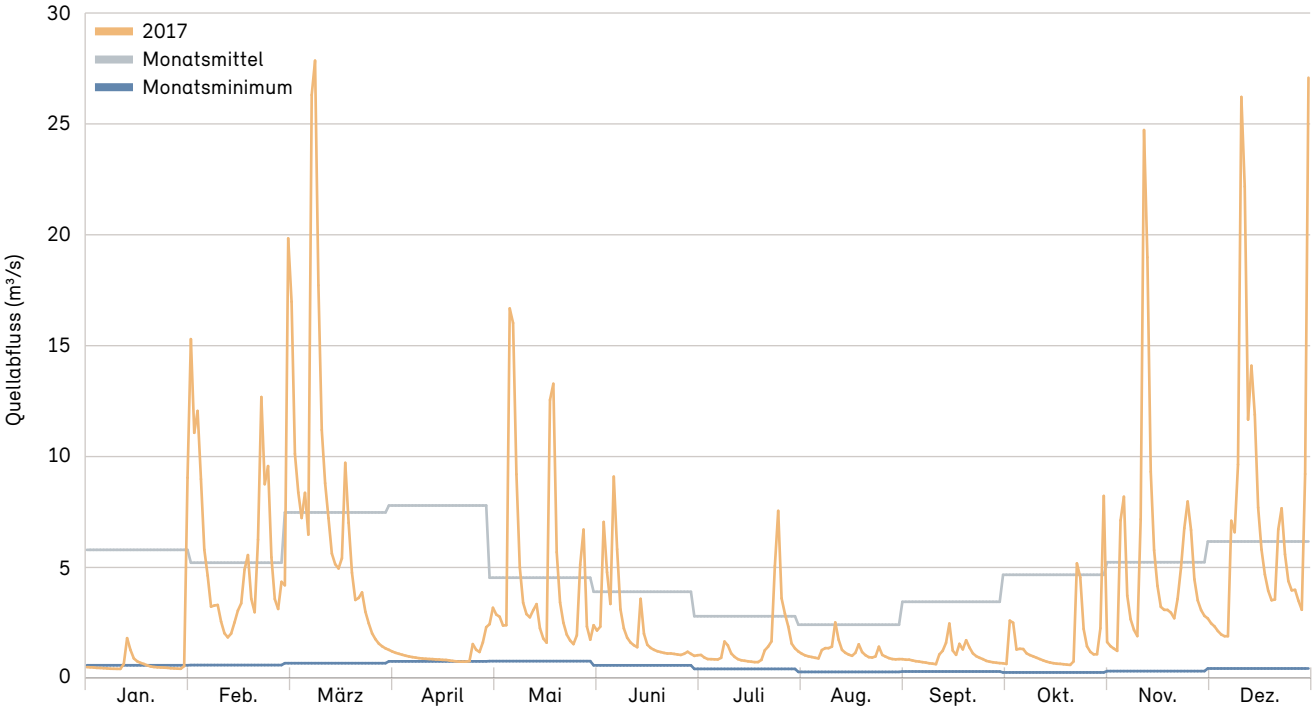


Abb. 1.3: Abfluss der Areusequelle im Jahr 2017 (m³/s)

Abfluss der Areusequelle in St-Sulpice (Karst-Grundwasserleiter) im Jahr 2017 im Vergleich zu den Monatswerten der Messperiode 1959–2016. Der Verlauf der Ganglinie widerspiegelt deutlich den Verlauf der verschiedenen Trockenperioden des Jahres.



vorkommen mitunter von lokalen Starkniederschlägen profitieren und stiegen hier kurzfristig an (Abb. 1.3). Die Trockenheit auf der Alpensüdseite endete hingegen erst Mitte Dezember. Die Wasserstände des Lago di Lugano und des Lago Maggiore fielen bis dahin auf aussergewöhnlich tiefe Werte (siehe auch Kap. 4.2).

1.2 Besondere Situationen bei den Messungen

Schwierigkeiten oder Unregelmässigkeiten bei der Abfluss- und Wasserstandsmessung können vielerlei Ursachen haben, beispielsweise starkes Pflanzenwachstum im Bachbett (Verkrautung) sowie Änderungen der Abflussverhältnisse nach einem Hochwasser, durch Bauarbeiten im Fluss oder auch wegen Biberbauten im Gewässer. Nachfolgend sind einige weitere Beispiele genannt, die im Jahr 2017 besondere Aufmerksamkeit verlangten.

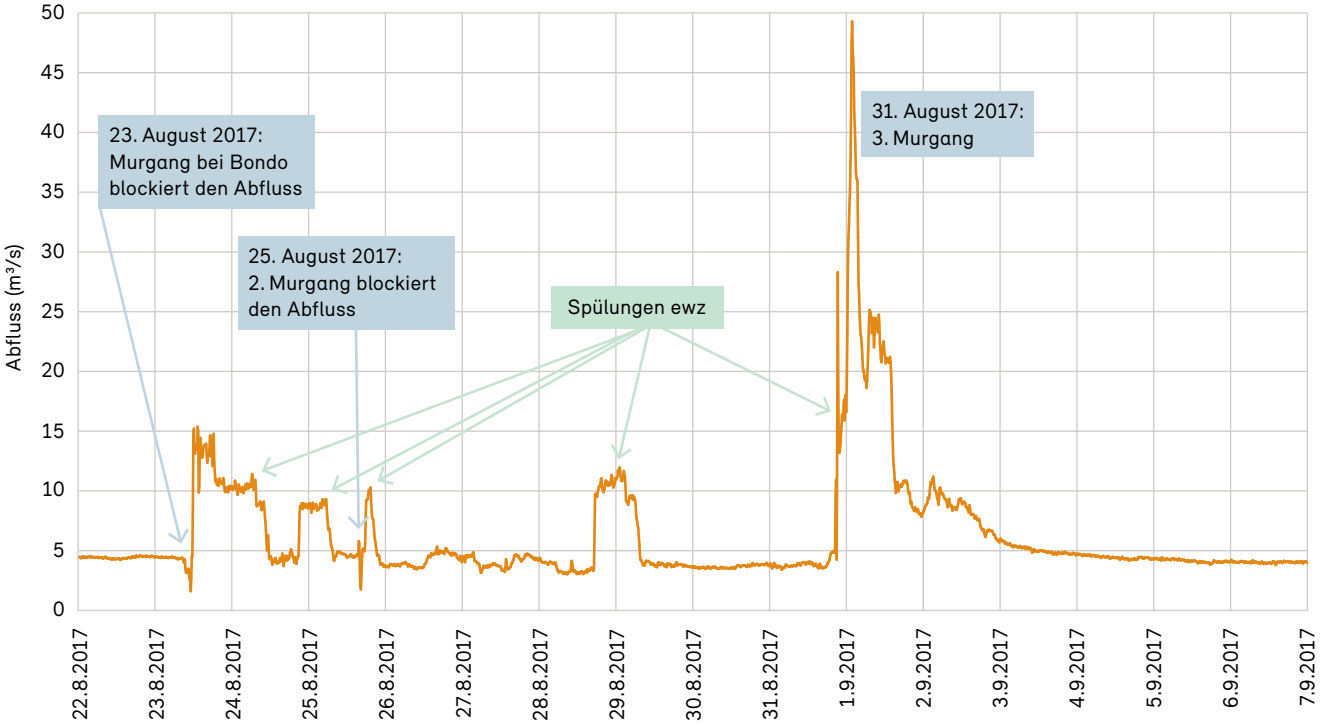
Messungen bei Niedrigwasser und Eisbildung

Die Messung von sehr tiefen Wasserständen und sehr kleinen Abflüssen kann anspruchsvoll und zum Teil ungenau sein. Bei Niedrigwasser können die Fliessgeschwindigkeiten stellenweise so klein sein, dass eine exakte Messung der Geschwindigkeiten und der daraus resultierenden Abflüsse nicht möglich ist. Zudem gibt es Messquerschnitte, bei denen das Wasser bei tiefen Wasserständen nur einen Teil des Profils benetzt, sodass dies die Genauigkeit der Messung weiter reduziert. Um Messungen auch bei Niedrigwasser zu ermöglichen, wurde bei einigen Messstationen eine Niedrigwasserrinne eingebaut.

Bleiben – wie im Winter 2016/17 – zusätzlich die Temperaturen über eine längere Zeit unter dem Gefrierpunkt, treten bei den Messstationen Vereisungen auf. Die Folge sind Messwerte, die durch die Eisbildung verändert wurden oder nicht repräsentativ sind für den gesamten Quer-

Abb. 1.4: Abfluss der Mera bei Soglio im August 2017 (m³/s)

Abflussganglinie bei der BAFU-Messstation Mera – Soglio vom 22. August bis 6. September 2017. Nach den Murgängen bei Bondo war der Abfluss durch Geröll im Flussbett gestaut und danach durch Kraftwerksentlastungen deutlich erhöht.



schnitt. Die Ganglinien der Rohdaten weisen dann viele Ausreisser nach oben oder nach unten auf. Bei solchen Bedingungen ist es wertvoll, wenn die Pegelstände parallel mit zwei verschiedenen Messgeräten mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten erfasst werden. Dadurch kann bestimmt werden, ab wann die Fehler auftreten und wie gross die Abweichungen zu den effektiv repräsentativen Messwerten sind. So lassen sich die Werte nachträglich korrigieren.

Abflussmessung nach den Murgängen bei Bondo

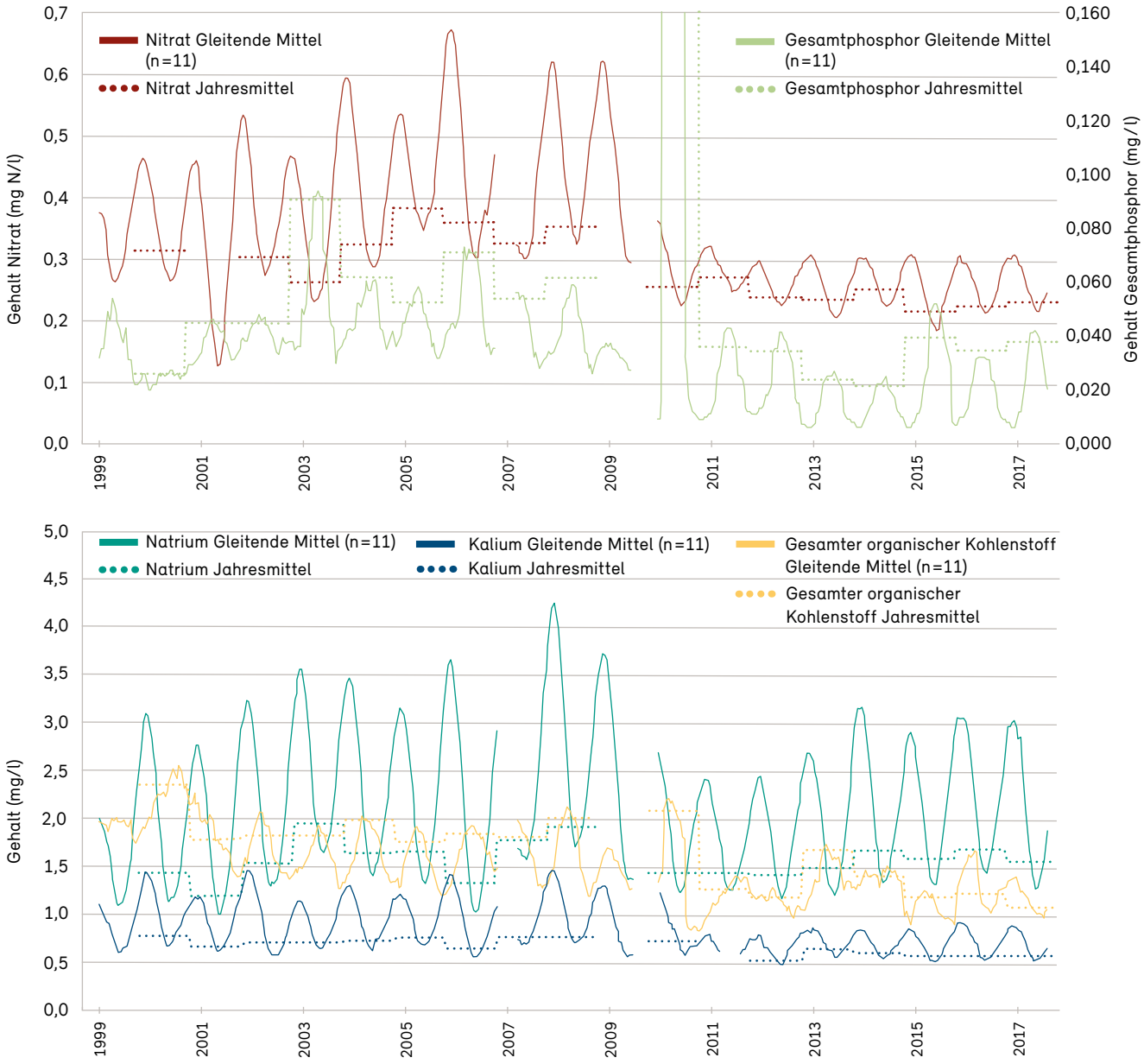
Ende August 2017 ereigneten sich im Bergell am Piz Cengalo mehrere grosse Bergstürze und Murgänge. Das Absturzmaterial wurde mit den Murgängen bis ins Dorf Bondo transportiert und gelangte dort auch in die Mera, dem Hauptfluss des Bergells. Weiter talwärts befindet sich die BAFU-Messstation Mera – Soglio. In der Abflussganglinie dieser Station ist das Ereignis gut sichtbar (Abb. 1.4): Da das Wasser kurzzeitig im mit dem Geröll gefüllten Flussbett gestaut wurde, ging die Abflussmenge flussabwärts zuerst deutlich zurück. Kurz darauf floss das Wasser vermutlich über die Ablagerungen weiter. Da die Flusssohle am Ort der Messstation durch das Material erhöht war, wurden bei der automatischen Radarmessung ein höherer Wasserstand und dadurch eine grössere Abflussmenge angezeigt. Wie hoch die Ablagerungen während der Zeit tatsächlich waren, liess sich nicht bestimmen, da das Wasser stark getrübt und die Sohle nicht sichtbar war. Der über mehrere Stunden deutlich erhöhte Abfluss nach dem Rückgang kurz nach dem Murgang hatte aber noch eine weitere Ursache: Die Gemeinde Bondo hatte zusammen mit dem Kanton Graubünden und den Elektrizitätswerken der Stadt Zürich (ewz) entschieden, beim ewz-Kraftwerk Löbbia in Vicosoprano mehr Wasser abzulassen, um das Bett der Mera zu spülen und so vom Geröll zu befreien. Diese Entlastungen sind in der Abbildung 1.4 ersichtlich, teilweise auch an Tagen, an denen der Abfluss nicht wegen Niederschlägen oder Murgängen erhöht gewesen wäre.

Solche Ereignisse verändern die Bedingungen im Flussbett, sodass danach meist die Wasserstand-Abfluss-Be-

ziehung bei der Messstation neu bestimmt werden muss. Zu diesem Zweck werden in den Wochen und Monaten nach einem Hochwasser oder Murgang Nachmessungen durchgeführt, um die automatischen Messungen der betroffenen Station neu zu eichen. Im Fall von Mera – Soglio stellte sich bei den Nachmessungen heraus, dass diese Beziehung für die Abflussbestimmung unverändert geblieben ist! Der Grund: Die Messstation befindet sich an einer Schluchtstrecke, in der das Flussbett aus Fels besteht. In den Wochen nach den Murgängen hat die Mera – unterstützt durch die Kraftwerksentlastungen – ihr Flussbett an dieser Stelle mit ihrem eigenen Wasser

Abb. 1.5: Wasserqualität des Inn bei S-chanf

Entwicklung des Gehalts von Wasserinhaltsstoffen in 14-tägigen Sammelproben von 1999 bis 2017 an der Messstation Inn – S-chanf. Der Sammelkanal für die Umleitung der Abwässer wurde im Jahr 2009 in Betrieb genommen. Dargestellt sind die gleitenden Mittel über 11 Sammelproben (durchgehende Linie) und die mit dem Abflussvolumen gewichteten Jahresmittel (gepunktete Linie). Die Jahresmittel sind nur berechnet, wenn mindestens 80 % der Messdaten des Jahres vorhanden sind. In der zweiten Hälfte 2009 konnten die Beprobungen wegen einer technischen Störung nicht durchgeführt werden.



vom Schutt befreit und fliesst seither wieder wie zuvor über den Fels.

Eine Optimierung der Wasserstand-Abfluss-Beziehung bei Soglio ist dennoch nötig: In Schwellen in der Mera oberhalb der Messstation wurden Niedrigwasserkanäle zur Verbesserung der Fischgängigkeit eingebaut. Dieser Umbau hat generell die Abflussverhältnisse in diesem Gebiet verändert.

Änderungen in der Wasserqualität an der Messstation Inn – S-chanf

Nicht nur die Abflussverhältnisse können sich durch Ereignisse oder bauliche Massnahmen verändern. Auch bei der Interpretation von Messdaten der Wasserqualität muss genau hingeschaut werden, wie ein Beispiel aus dem Engadin zeigt:

Seit 1999 wird die Wasserqualität im Inn bei S-chanf im Rahmen der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer NADUF (einem Messprogramm im Rahmen von NAWA, siehe Anhang) gemessen. Das alpine Einzugsgebiet weist eine relativ kleine Einwohnerdichte und einen geringen Anteil an intensiver Landwirtschaft auf. Trotzdem ist die Wasserqualität im Inn durch grosse und schwankende Abwasserfrachten aus den Siedlungen beeinträchtigt – insbesondere im Winter bei geringer Wasserführung. Im Zusammenhang mit dem Bau der regionalen Abwasserreinigungsanlage Oberengadin (ARO) in S-chanf (siehe Anhang) wurde im Jahr 2009 ein Sammelkanal für Abwasser von Samedan bis S-chanf in Betrieb genommen. Seitdem werden die gereinigten Abwässer von den oberliegenden alten Abwasserreinigungsanlagen in Celerina und Bever über die neue ARO unterhalb der Messstation in den Inn geführt.

Die Umleitung der Abwässer hat die Wasserqualität an der Messstation in S-chanf bedeutend beeinflusst. Die Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe, die hauptsächlich durch kommunale Abwässer in die Gewässer gelangen, haben seit der Inbetriebnahme des Abwasserkanals 2009 deutlich abgenommen. So verringerten sich zum Beispiel die mittleren Jahresgehalte von Nitrat, Gesamtphosphor sowie dem gesamten organischen Kohlenstoff etwa um ein Drittel und von Kalium um ein Fünftel (Abb. 1.5). Die Gehalte der geogenen Inhaltsstoffe aus der Verwitterung von Steinen, etwa Natrium, zeigen dagegen keine Veränderungen. Der ausserordentlich hohe Gehalt an Gesamtphosphor und gesamtem organischem Kohlenstoff im Juni 2010 wurde wahrscheinlich durch Abschwemmungen bei einem Hochwasser verursacht.

Die Auswirkungen des Baus des Abwasserkanals auf die Wasserqualität können nun – ein paar Jahre nach dem Bau des Kanals – sehr schön gezeigt werden. Bei der Interpretation von langjährigen Datenreihen sind deshalb auch solche Hintergrundinformationen aus dem Umfeld sehr entscheidend.

2 Witterung

Das Jahresmittel der Temperatur lag 0,8 Grad über der Norm. 2017 ist damit das sechstwärmste Jahr seit Messbeginn 1864. Die Jahresniederschläge erreichten nördlich der Alpen verbreitet 70 bis 90 % der Norm. Die Alpen erhielten meist 90 bis 115 %, die Walliser Südtäler jedoch nur 60 bis 80 %. Auf der Alpensüdseite fielen vielerorts 80 bis 95 % des normalen Jahresniederschlags.

Der Januar 2017 lieferte mit –2,9 Grad einen ungewöhnlich tiefen Monatswert. Kälter war der nordalpine Januar letztmals im Jahr 1987. Am 23. Februar schwappten mit stürmischen Südwestwinden extrem milde Luftmassen in die Schweiz. Die winterlichen Niederschlagmengen von Dezember 2016 bis Februar 2017 erreichten im landesweiten Mittel nur die Hälfte der Norm 1981–2010. In der Westschweiz und im Wallis fielen nur 30 bis 50 % der üblichen Niederschlagsmengen: Die Westschweiz verzeichnete regional den niederschlagsärmsten Winter seit 45 bis 55 Jahren.

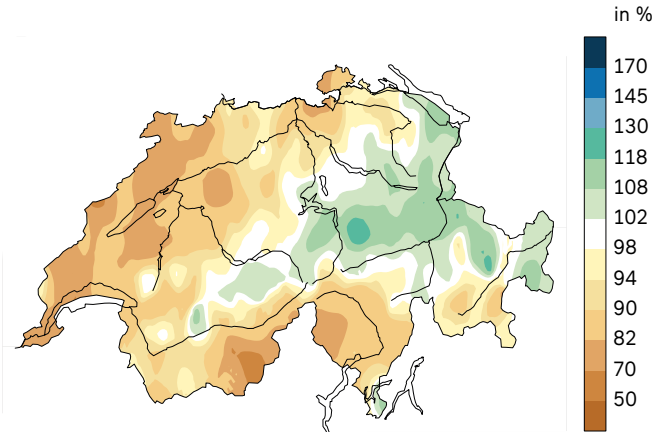
Die Schweiz erlebte den drittwärmsten Frühling seit Messbeginn im Jahr 1864. Die milde Witterung im März und Anfang April gab der Vegetation einen kräftigen Entwicklungsschub. Scharfe Nachtfröste vom 20. und 21. April machten dann vieles zunichte. Kaltluft aus Norden brachte am 26. April auf der Alpennordseite winterliche Verhältnisse. Grössere Neuschneemengen fielen vom 27. bis am 29. April entlang des Alpennordhangs und in den Alpen.

Auf den drittwärmsten Frühling folgte der drittwärmste Sommer seit Messbeginn. Wärmer waren bisher nur die Sommer 2003 und 2015. Heiss war vor allem der Anfang des Sommers. Der Juni zeichnete sich durch eine anhaltend hohe Temperatur und eine fünftägige Hitzewelle in der zweiten Monatshälfte aus. Der Juli, leicht wärmer als die Norm, verlief ohne grosse Hitze. Im August kehrte dann das heisse Sommerwetter zurück. Am Abend des 1. und in der Nacht zum 2. August entluden sich auf der Alpennordseite heftige Gewitter mit Hagel und kräftigen Sturmböen. Der Gewitterzug am frühen Morgen des 2. August am Nordrand der Schweiz brachte einen neuen Schweizer Regenrekord: Am Messstandort Eschenz fielen zwischen 02.40 Uhr und 02.50 Uhr 36,1 mm Regen.

Der Herbst zeigte einen sehr bewegten Witterungsverlauf. Der September war ausgesprochen kühl, vor allem in den Bergen. Das frühwinterliche Wetter hielt auch während der ersten Oktobertage an. Die Oktobermitte war dann während 10 Tagen geprägt von Hochdrucklagen. Auf der Alpensüdseite dauerte die Schönwetterperiode 20 Tage. Während des ganzen Oktobers fiel kaum Niederschlag. Der häufige Nordföhn trug zusätzlich zur trockenen Witterung bei.

Im November fiel auf der Alpennordseite mehrmals Schnee bis in tiefere Lagen. Auf die ersten Dezembertage hin gab es auch im Mittelland vorübergehend eine Schneedecke von wenigen Zentimetern. Viel Schnee fiel im Dezember in den Bergen. Kurz nach Monatsmitte lagen in den Alpen verbreitet über 170 % der normalen Schneemengen.

Abb. 2.1: Jahresniederschlagssumme (% des Normwertes)
Die Jahresniederschläge erreichten nördlich der Alpen verbreitet 70 bis 90 % der Norm. Während in den Alpen durchschnittliche Niederschlagsmengen fielen, war das Jahr 2017 in der West- und Südschweiz ausgesprochen trocken.



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

3 Schnee und Gletscher

Über den ganzen Winter betrachtet, waren die Schneehöhen schweizweit deutlich unterdurchschnittlich. Der Süden war stärker betroffen als der Norden des Landes. Nach einem kurzen und sehr schneearmen Winter – er zählt zu den schneeärmsten und kürzesten seit Messbeginn – setzten die Hitzewellen im Juni und August den Schweizer Gletschern stark zu. Sie verloren zwischen Oktober 2016 und September 2017 rund 3 % ihres Eisvolumens.

3.1 Schnee

Der Oktober 2016 war relativ kalt und wechselhaft. Nach zwei Wintereinbrüchen mit ergiebigen Schneefällen in der ersten Novemberhälfte im Norden und Westen brachte eine anhaltende Südstaulage in der zweiten Novemberhälfte ergiebige Niederschläge am Alpensüdhang. Der anschliessend mehrtägige Föhn liess den Schnee bis in grosse Höhen wieder schmelzen. Im Dezember liess der Schnee auf sich warten. Es war der trockenste und schweizweit der schneeärmste Dezember seit Messbeginn 1864.

Erst Anfang Januar 2017 und in den nachfolgenden Wochen fiel der ersehnte Schnee. Es war im Norden der kälteste Januar seit 30 Jahren. Dadurch gab es Schnee bis in tiefe Lagen, und am Nordrand der Alpen und im Mittelland blieb, dank der Kälte und des Nebels, wochenlang eine dünne Schneedecke liegen. In den Alpen schneite es in den ersten drei Januarwochen vor allem im Norden und Westen. Mit starkem Föhn schmolz der Schnee in den tiefen Lagen des Nordens. Im Süden hielt die extreme Trockenheit auch im Januar an.

In den ersten zwei Februarwochen fiel wiederholt Niederschlag. Kurzzeitig schneite es bis in tiefe Lagen, oft regnete es aber auch bis über 2000 m ü. M. Mit Summen bis zu 80 cm waren die Schneefälle in hohen Lagen des Südens und Westens am ergiebigsten. In der zweiten Februarhälfte fiel dann auch im Norden in hohen Lagen wenig Schnee.

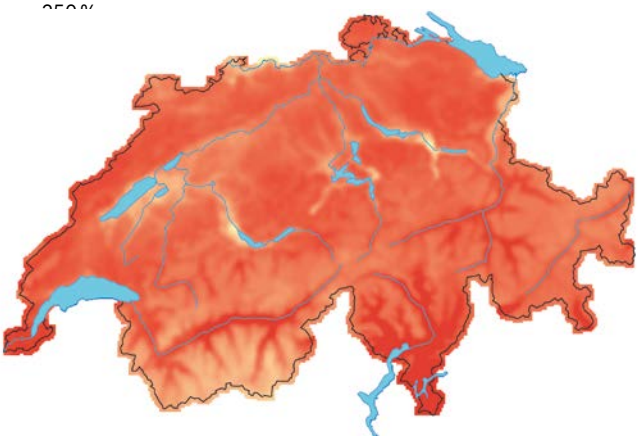
Die relativ grossen Niederschlagsmengen in der ersten Märzhälfte waren verantwortlich dafür, dass der März als einziger Monat vielerorts überdurchschnittlich nass bzw. in der Höhe schneereich war. In der zweiten Märzhälfte fiel am Alpennordhang, im Süden und im westlichen Tessin Schnee oberhalb von 2200 bis 2500 m ü. M. Durch die Wärme und die erneut hohe Schneefallgrenze war die Schneedecke Ende März an Nordhängen unterhalb von rund 2400 m ü. M. und an Südhängen unterhalb von rund 2800 m ü. M. durchfeuchtet. Der Schnee schmolz schnell dahin, sodass einige wenige Stationen so früh ausaperten wie noch nie seit Messbeginn.

Die erste Monatshälfte im April war wechselhaft. Ab Mitte Monat kühlte es nochmals markant ab, und der Winter kehrte spät zurück. In der dritten Aprilwoche fiel im Norden vom östlichen Berner Oberland bis nach Nordbünden Schnee in hohen Lagen. Ende Monat schneite es verbreitet, im Süden am ergiebigsten.

In der ersten Maihälfte schneite es in hohen Lagen wiederholt. Mitte Mai begann sich die Schneedecke im Hochgebirge sowie an Nordhängen oberhalb von rund 2500 m ü. M. zu durchfeuchten. Sie verlor in der zweiten Maihälfte schnell an Masse.

Abb. 3.1: Schneehöhe (% des Normwertes)

Schneehöhen des Winters 2016/17 im Vergleich zur Periode 1971–2000. Berücksichtigt sind die Monate November bis April.



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

3.2 Gletscher

Die Kombination des extrem schneearmen Frühwinters und der frühen Ausaperung haben im Winterhalbjahr 2016/17 dazu geführt, dass die Dicke und Dauer der Schneedecke in hohen Lagen so gering war wie schon lange nicht mehr. Vor allem kleinere Gletscher waren zum Teil im Juli schon komplett ausgeapert. Hätte der September auf den Gletschern keine schützende Schneeschicht gebracht, wäre der Eisverlust noch höher ausgefallen.

Die Massenbilanz wurde im September 2017 für 20 Schweizer Gletscher bestimmt. Einmal mehr ist die Bilanz zwischen Zuwachs durch Schnee und Verlust durch Schmelze stark negativ. Der Sommer 2017 ist charakterisiert durch deutlich überdurchschnittliche Verluste in allen Regionen der Schweiz. Vielerorts zerfallen die Gletscherzungen aufgrund der fortwährenden Schmelze. Am stärksten eingebüsst haben die Gletscher zwischen westlichem Berner Oberland und Wallis (Glacier de Tsanfleuron, Glacier de la Plaine Morte, Griesgletscher) mit einer Abnahme der mittleren Eisdicke von 2 bis 3 m. Auch auf den meisten anderen Gletschern waren die Verluste mit einer mittleren Dickenabnahme von 1 bis 2 m sehr gross. Der Dickenverlust fiel am Rhonegletscher und anderen Gletschern im Gotthardgebiet mit gut 1 m am geringsten aus. Dies ist auf mehr Winterschnee und einige Sommerschneefälle zurückzuführen, welche die Schmelze zwischenzeitlich verlangsamten.

Auf alle Gletscher der Schweiz übertragen, ergibt sich für das hydrologische Jahr 2016/17 ein geschätzter Volumenverlust von etwa 1500 Millionen Kubikmetern Eis. Dies würde ausreichen, um für jeden einzelnen Schweizer Haushalt ein eigenes 25-m-Schwimmbecken mit Gletscherwasser zu füllen! Das derzeit noch vorhandene Eisvolumen ist um rund 3 % zurückgegangen. Die Gletscherschmelze im Sommer 2017 war extrem – schweizweit verloren die Gletscher noch mehr Eis als im Hitzesommer 2015 und etwa ähnlich viel wie 2011. Die Rekordverluste von 2003 wurden aber nicht ganz erreicht. Die 100 Jahre langen Messungen der Gletscherschmelze auf dem Claridenfirn im Glarnerland bestätigen: Das Jahr 2017 gehört zu den drei schmelzintensivsten Jahren.

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

Abb. 3.2: Blick vom Eis des Pizolgletschers (SG) ins Gletschervorfeld und auf den Wildsee



4 Oberflächengewässer

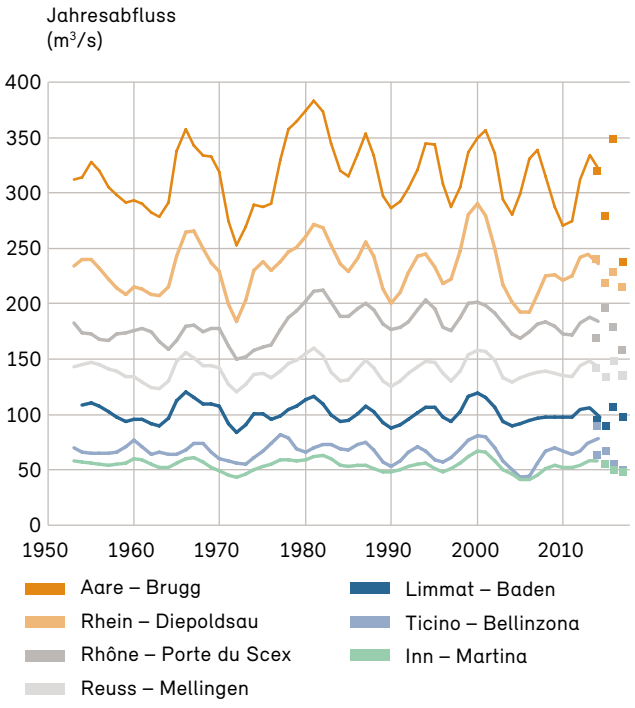
In allen grossen Flussgebieten lagen die Jahresmittel des Abflusses 2017 unter den Normwerten. Ausgedehnte Niedrigwasserphasen Anfang Jahr sowie im Sommer und Herbst prägten das Abflussgeschehen und führten teilweise zu sehr tiefen Pegeln in Flüssen und Seen. An zahlreichen Stationen der Alpennordseite gab es neue Januarminima. Ganz grosse Abflussereignisse sind 2017 ausgeblieben.

4.1 Abflussverhältnisse

Die Jahresmittel des Abflusses der grossen Flussgebiete lagen allesamt unter den Werten der Normperiode 1981 bis 2010. Die Jahresmittel der Abflüsse von Doubs, Birs und Maggia lagen mehr als ein Drittel unter den langjährigen Mittelwerten. In den Flussgebieten der Aare, der Rhone, des Ticino, der Thur und des Inn flossen 75 bis 90 % der normalen Wassermengen ab, an Reuss, Limmat und Alpenrhein waren es über 90 %.

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.



Nur eines der in Abbildung 4.2 dargestellten mittelgrossen Einzugsgebiete erreichte überdurchschnittliche Jahresabflüsse: dasjenige der Massa. Vor allem der heisse Sommer mit der starken Gletscherschmelze hat zum überdurchschnittlichen Wert beigetragen. Der Juni lag mehr als 60 % und der August knapp 20 % über den entsprechenden langjährigen Monatsmittelwerten (Abb. 4.4 und 4.8). Gebiete mit Abflüssen unter 70 % der Norm liegen vorwiegend in der West- und Nordwestschweiz sowie im Nordtessin. Neue kleinste Jahresabflüsse wurden an der Areuse bei Boudry (Messreihe seit 1983) und an der Sorne bei Delémont gemessen (Messreihe seit 1983, in der Karte nicht dargestellt). Weitgehend normale Werte verzeichneten die Gebiete in der Zentral- und Nordostschweiz.

In zahlreichen mittelgrossen Einzugsgebieten der West- und Nordwestschweiz wurden im März und im Dezember durchschnittliche oder überdurchschnittliche, in den Monaten davor und dazwischen unterdurchschnittliche Abflüsse gemessen; so auch am Doubs bei Ocourt (Abb. 4.4). Mit nur rund 15 % des normalen Monatsabflusses lagen die Werte im Januar sehr weit unter der Norm. Der Januar war nicht nur am Doubs ein Monat der Extreme: An knapp 30 Stationen der Alpennordseite gab es neue Januarminima (Kap. 1). Nach einer zwischenzeitlichen Erholung im Februar und März blieben die Pegelstände vieler Einzugsgebiete von April bis in den November hinein auf einem tiefen Niveau. Erst die in weiten Teilen der Alpennordseite überdurchschnittlichen Niederschläge im November brachten eine Entspannung der Niedrigwasserlage. Die Monatsmittel vieler Flüsse übertrafen im Dezember die Normwerte deutlich. In den Einzugsgebieten der Zentral- und Ostschweiz wurden im April und Mai keine Niedrigwasser registriert, da die Niederschlagssummen dort im April deutlich über der Norm lagen. In diesen Regionen waren die Pegelstände vor allem im Sommer sehr tief. Im Herbst normalisierte sich die Lage vielerorts. Die Flüsse Linth, Limmat, Thur sowie Alpenrhein führten schon im September wieder erhöhte Abflüsse.

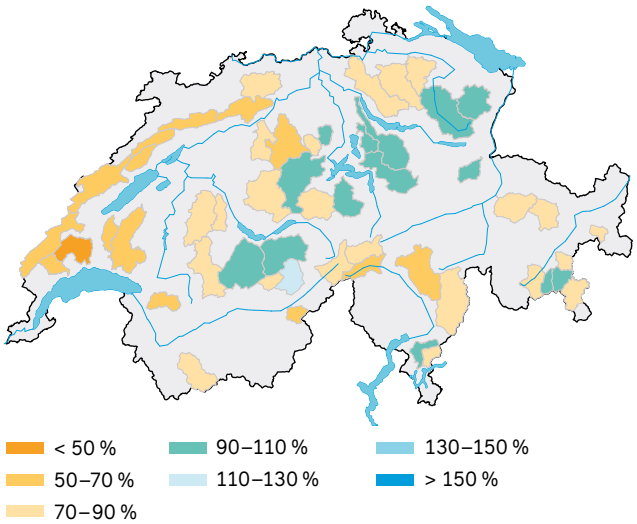
Es gibt Starkniederschlagsereignisse, deren Auswirkungen auf den Abfluss mit dem relativ grobmaschigen Messnetz des BAFU nicht erfasst werden können. So hatte der

ausserordentlich intensive Gewitterregen, der am frühen Morgen des 2. August am Nordrand der Schweiz niederging (Kap. 2), an keiner Abflussmessstation nennenswerte Pegelanstiege zur Folge. Am Rhein bei Neuhausen, wo am 1. August im Mittel gut 400 m^3/s abflossen, ist in der Ganglinie am 2. August lediglich ein kleiner Anstieg erkennbar. Oft sind die Auswirkungen von intensiven Gewitterregen in kleineren Einzugsgebieten deutlich sichtbar, wenn die Gewitterzelle genau diese Gebiete treffen: Das Einzugsgebiet des Schwändlibach bei Plaffeien zum Beispiel gehört mit einer Fläche von knapp 1,4 km^2 zu den kleinsten Einzugsgebieten des BAFU-Messnetzes. Am 2. Juni wurde dort ein Spitzenabfluss von über 6000 l/s gemessen; ein 20- bis 30-jährliches Ereignis und der grösste Juni-Wert in der seit 1962 erhobenen Messreihe. Im Rotenbach, dessen 1,69 km^2 grosses Einzugsgebiet direkt an den Schwändlibach angrenzt, wurde ebenfalls ein Hochwasser registriert. Das Einzugsgebiet erhielt jedoch nicht auf der ganzen Fläche intensiven Regen. Die Abflussspitze war im Rotenbach nicht einmal halb so gross wie im Schwändlibach und lag in einer Grössenordnung, die jedes Jahr mehrmals erreicht werden kann.

Die ganz grossen Abflussereignisse sind 2017 ausgeblieben. Erwähnenswert ist aber das Hochwasser von Ende August/Anfang September, das im Naturgefahrenbulletin des Bundes vom 31. August so angekündigt wurde: «Eine kräftige Höhenströmung aus Südwesten führt warme und feuchte Luft vom westlichen Mittelmeerraum zu den Alpen. Im Bodenfeld bildet sich ein Tief über Norditalien, das eine nordöstliche Strömung in den unteren Luftschichten der Alpennordseite verursacht. Mit beiden Strömungen entsteht eine Gegenstromlage, die zu intensiven Regenfällen in den zentralen und östlichen Landesteilen führt.» Der Rheintaler Binnenkanal bei St. Margrethen sowie die Goldach bei Goldach verzeichneten je ein 30-jährliches, die Sitter bei St. Gallen ein 10-jährliches Hochwasser. Im Gegensatz zu einem gewittrigen Niederschlag hatte dieses Niederschlagsereignis eine überregionale Ausdehnung und brachte deshalb auch in grossen Flüssen bemerkenswerte Pegelanstiege. Im Rhein bei Diepoldsau wurde an diesen Tagen die grösste Abflussspitze des Jahres verzeichnet; sie lag jedoch immer noch um 200 m^3/s unterhalb eines zweijährlichen Hochwassers (Abb. 4.5).

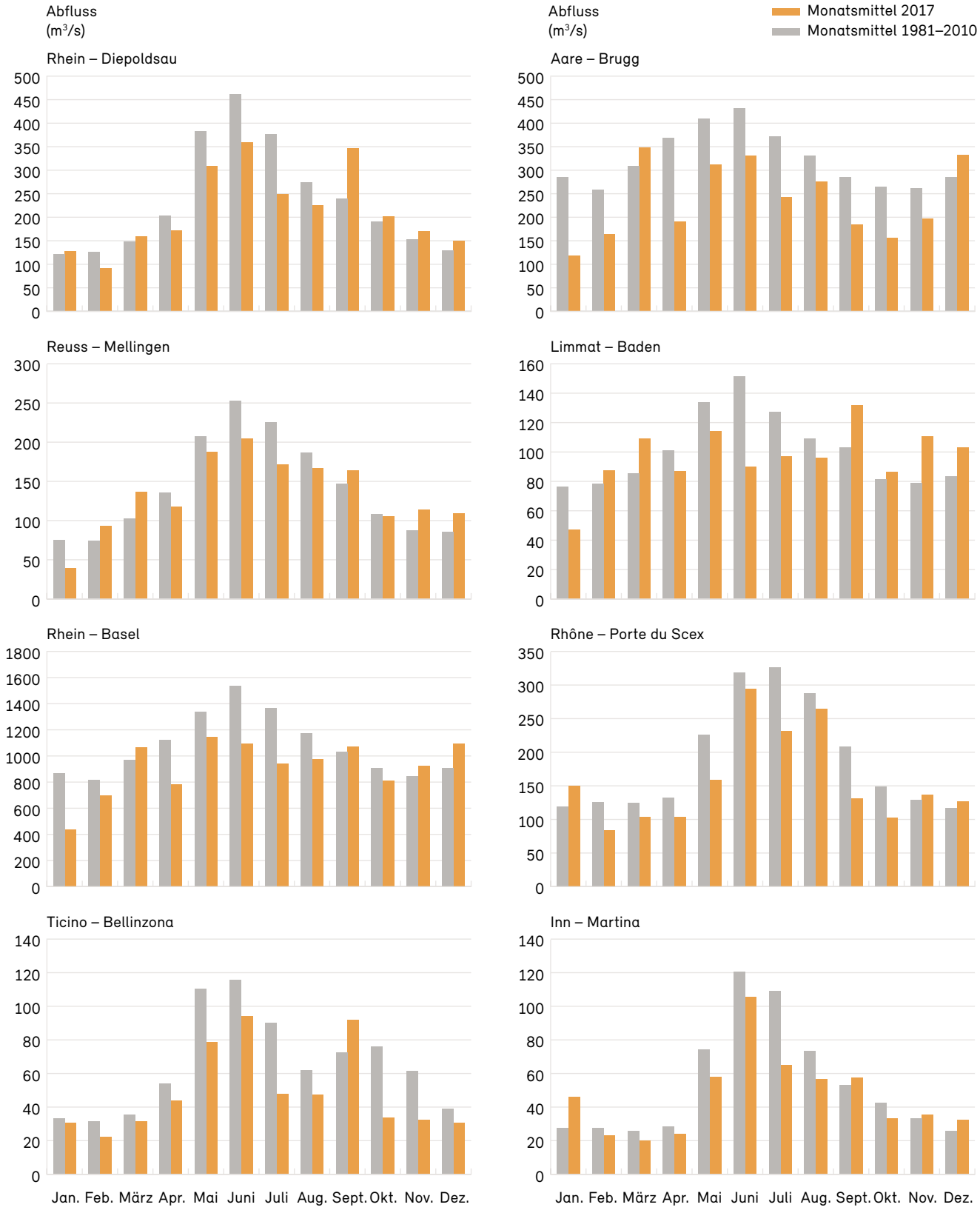
Abb. 4.2: Abflussverhältnisse ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

Jahresmittel 2017 im Vergleich zum mittleren Abfluss der langjährigen Normperiode 1981–2010 ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete [%].



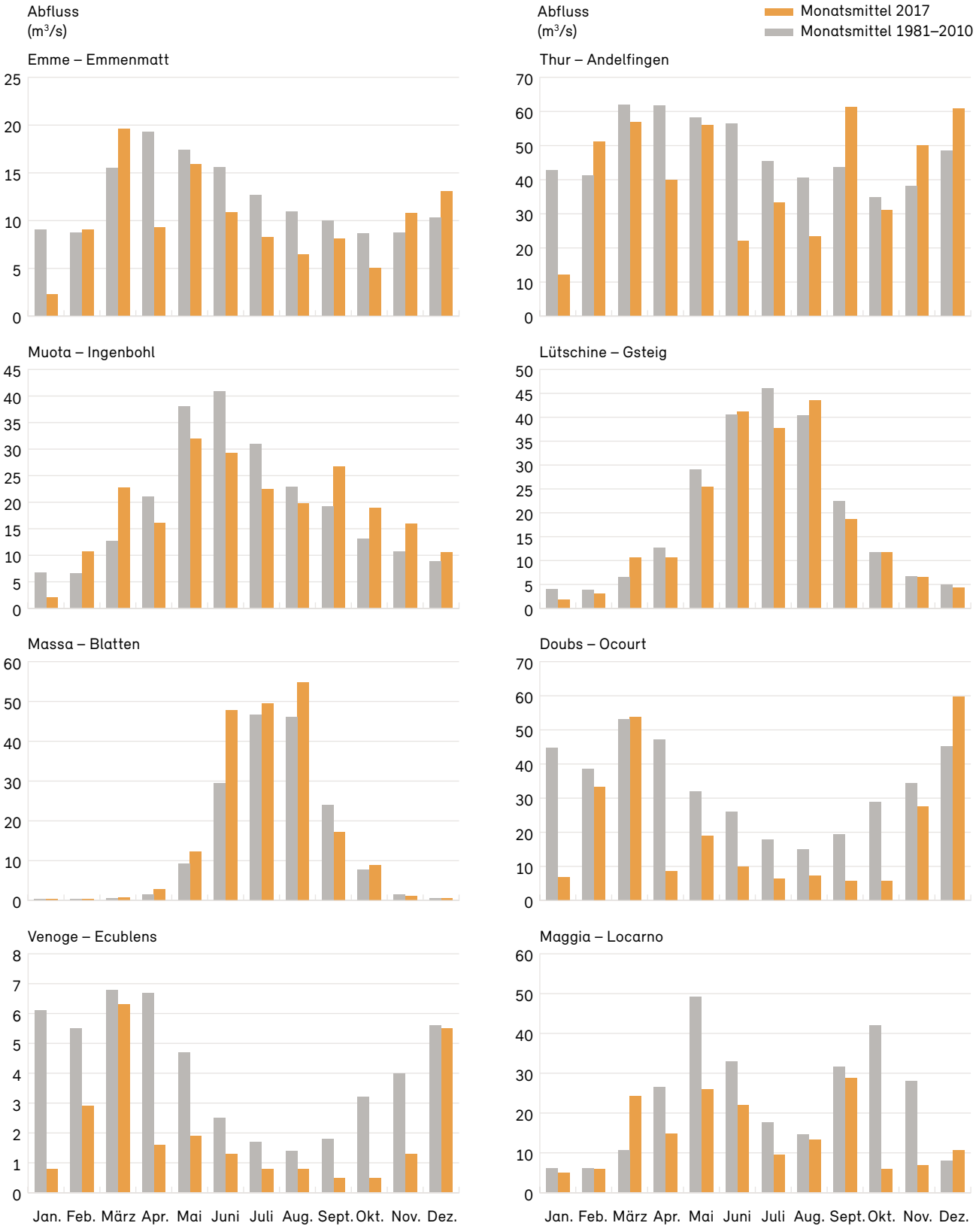
Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete

Abb. 4.3: Monatsmittel 2017 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

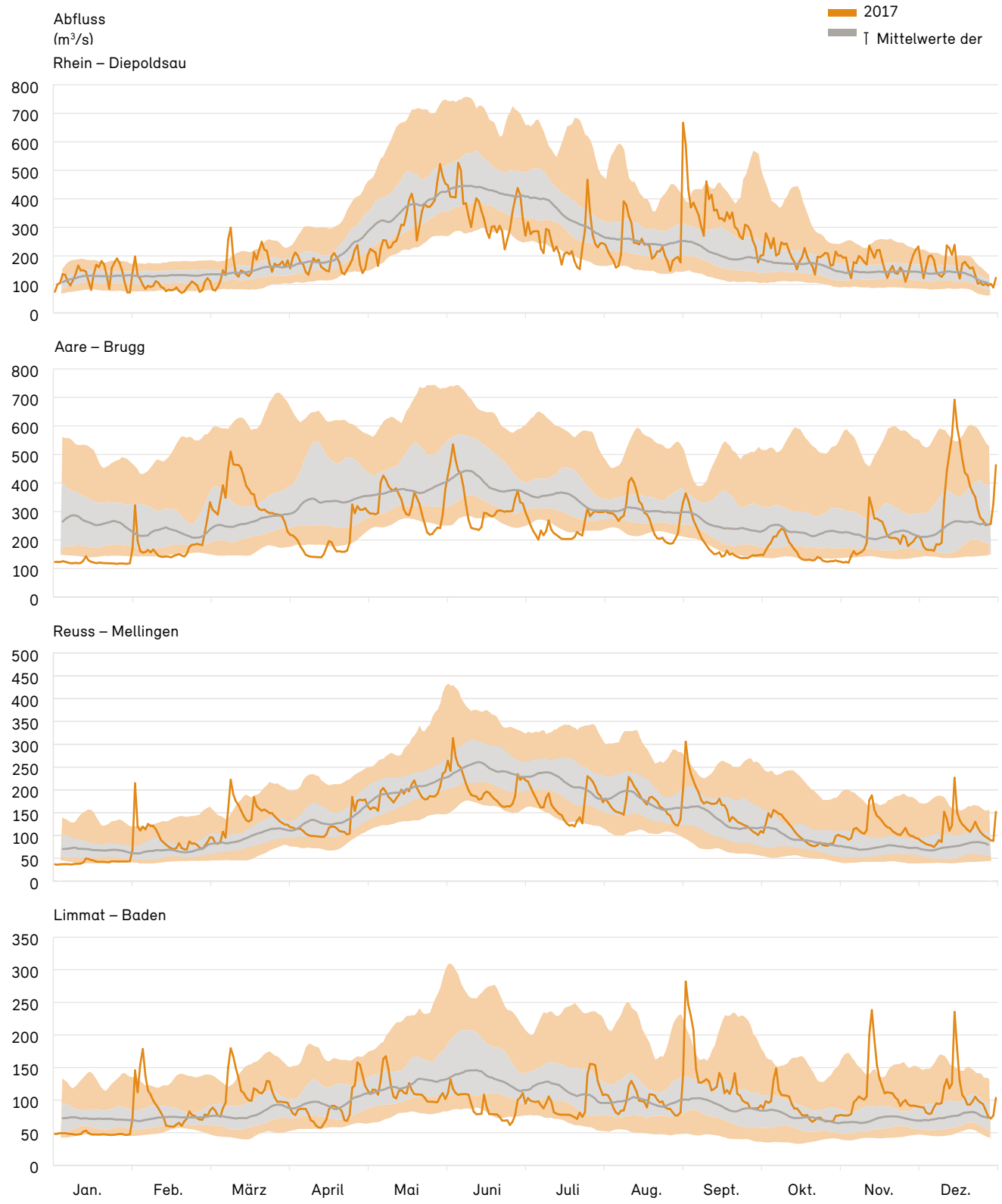
Abb. 4.4: Monatsmittel 2017 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.5: Tagesmittel 2017 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

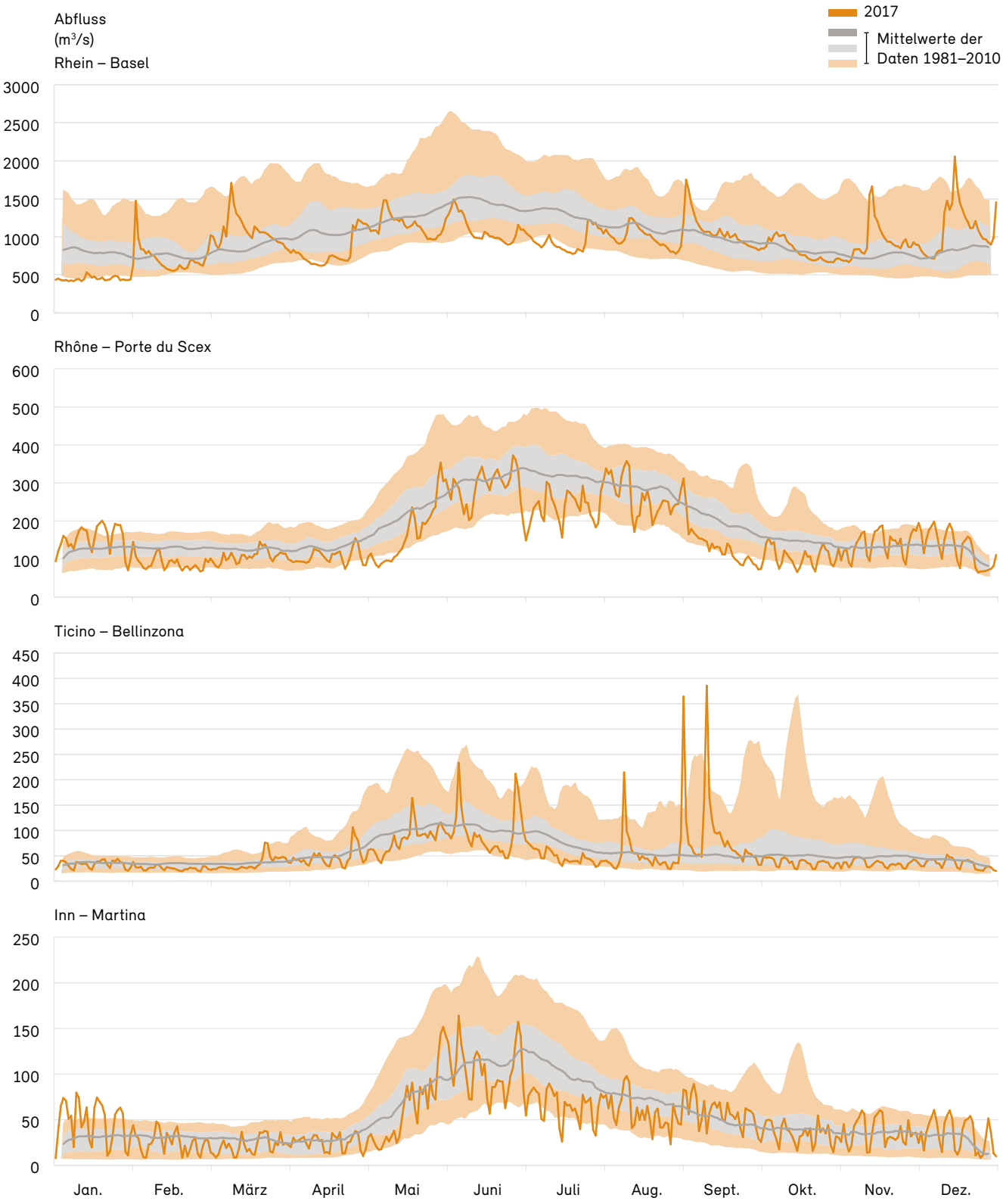
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.6: Tagesmittel 2017 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

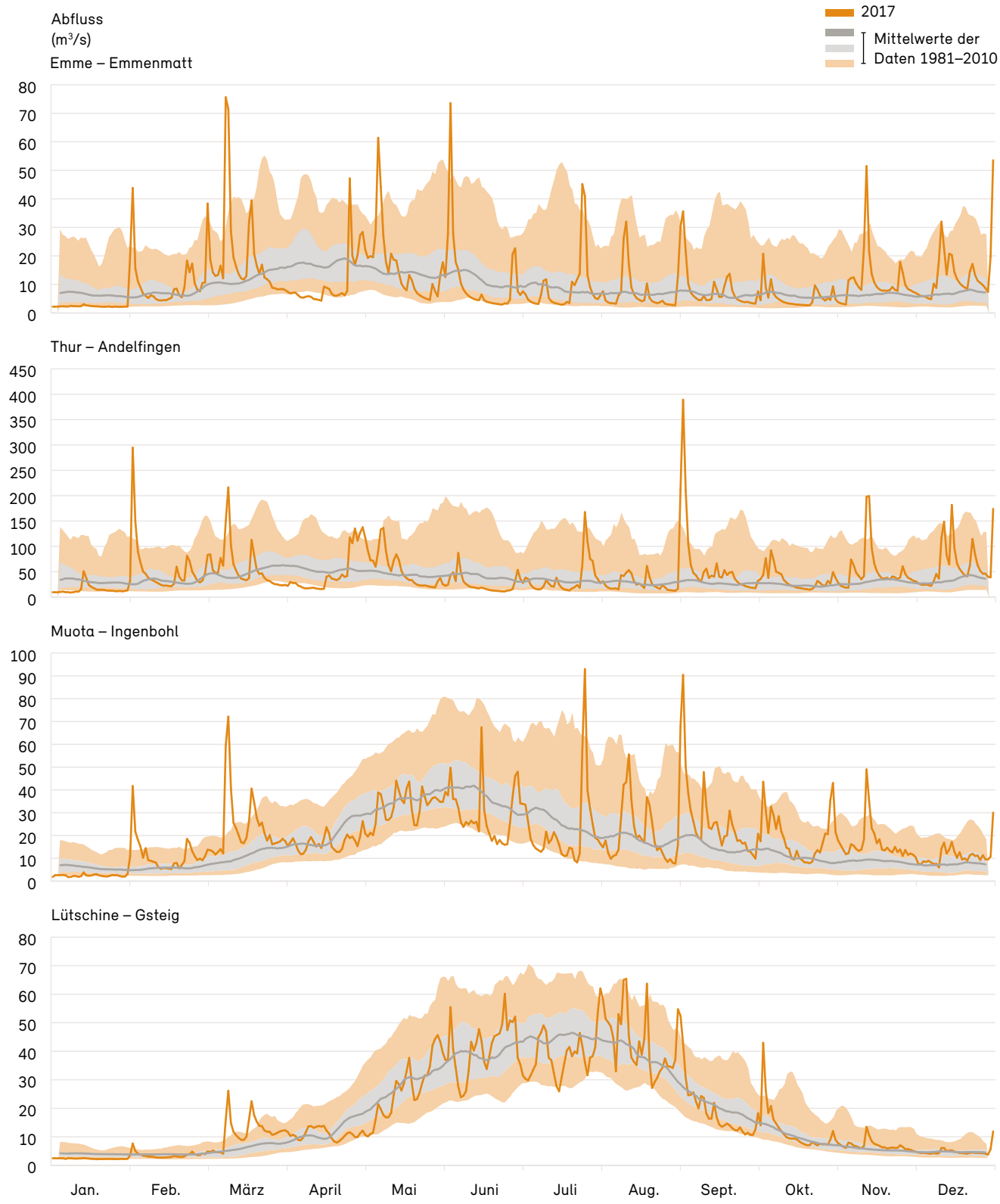
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.7: Tagesmittel 2017 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010

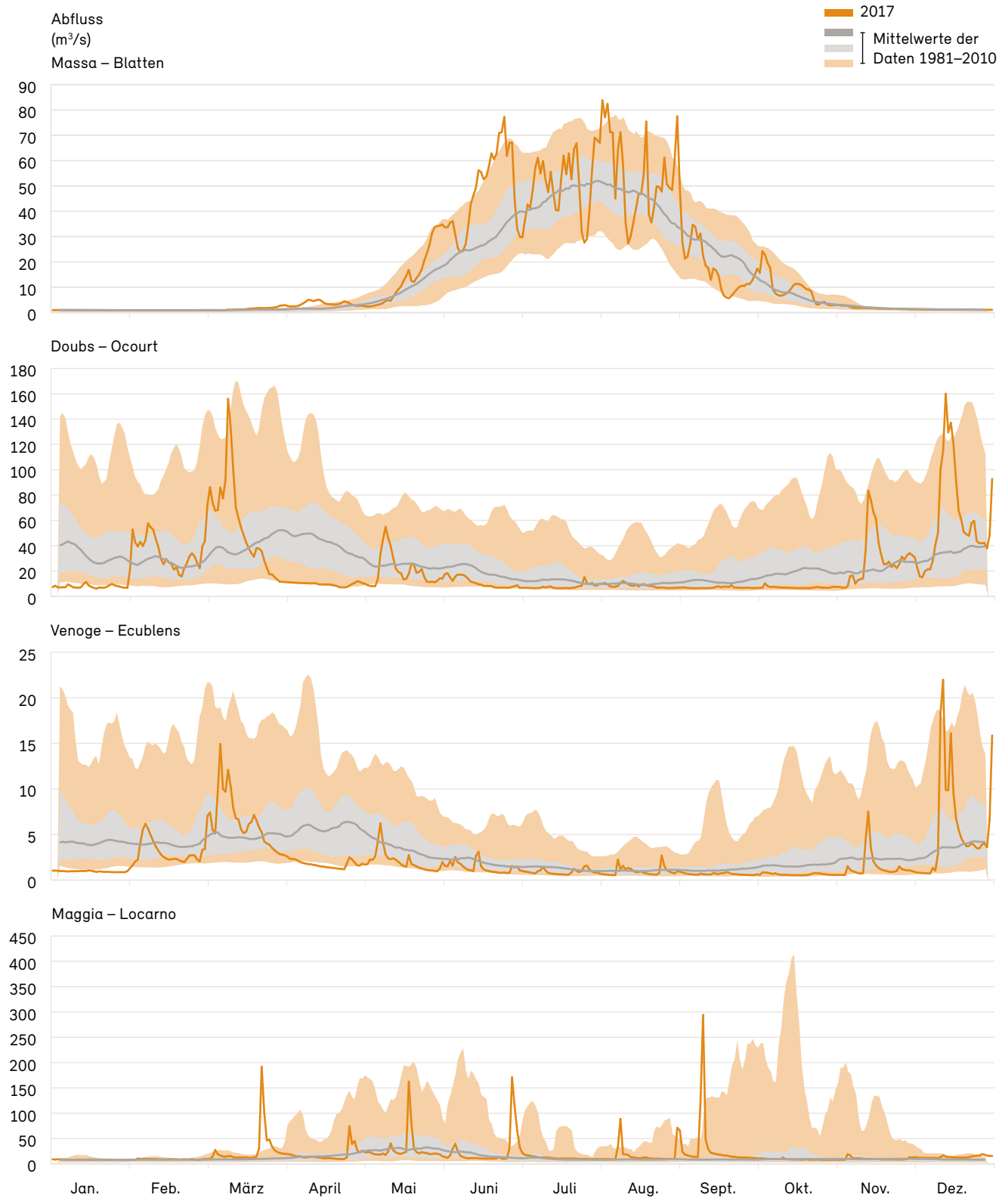
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.8: Tagesmittel 2017 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

Bei den grossen Seen der Schweiz weichen einmal mehr die Jahresmittelwerte des Lago Maggiore und des Bodensees (Obersee) am stärksten von den langjährigen Mittelwerten ab. Bei der Station Lago Maggiore – Locarno sind es –29 cm im Jahr 2017, bei Bodensee – Romanshorn +15 cm. Die anderen grossen Seen verzeichneten Mittelwerte nahe an den oder nur ein paar Zentimeter unter den Werten der Normperiode 1981–2010. Dass der Bodensee etwas aus dem Rahmen fällt, überrascht nicht weiter (vgl. Hydrologisches Jahrbuch 2016): In den letzten 10 Jahren hat sich die Wasserstandsdifferenz zwischen Obersee und Untersee kontinuierlich vergrössert. Sie betrug 2017 rund 35 cm und war damit so gross wie noch nie seit Messbeginn.

Die Wasserstände der vier in Abbildung 4.9 dargestellten Seen haben sich im Jahresverlauf unterschiedlich entwickelt. Bodensee, Lago Maggiore und Lac Léman starteten auf einem für die Jahreszeit üblichen Niveau. Der Neuenburgersee dagegen lag im Januar 31 cm unter dem langjährigen Monatsmittel. Die Wasserstände von Anfang Jahr sind die tiefsten, die am Neuenburgersee in der 35-jährigen Messperiode aufgezeichnet wurden. Das neue Minimum wurde mit 428,75 m ü. M. am 30. Januar registriert. Von Februar bis Ende Jahr waren die Abweichungen der Monatsmittel zur Norm nicht mehr grösser als 9 cm. Neuenburgersee, Bielersee und Murtensee sind durch den Zihlkanal und den Canal de la Broye miteinander verbunden. Tiefe Pegelstände am Neuenburgersee bedeuten dadurch ebenfalls tiefe Pegelstände an den beiden anderen Seen. So gab es auch da neue Januar- und Februarminima. Von den grösseren Seen der Schweiz verzeichneten neben den bereits erwähnten auch der Zugersee (Messungen seit 1930) und der Sarnersee (Messungen seit 1974) neue Januarminima; der Zürichsee blieb nur 2 cm über dem bisherigen Januar-Tiefstwert.

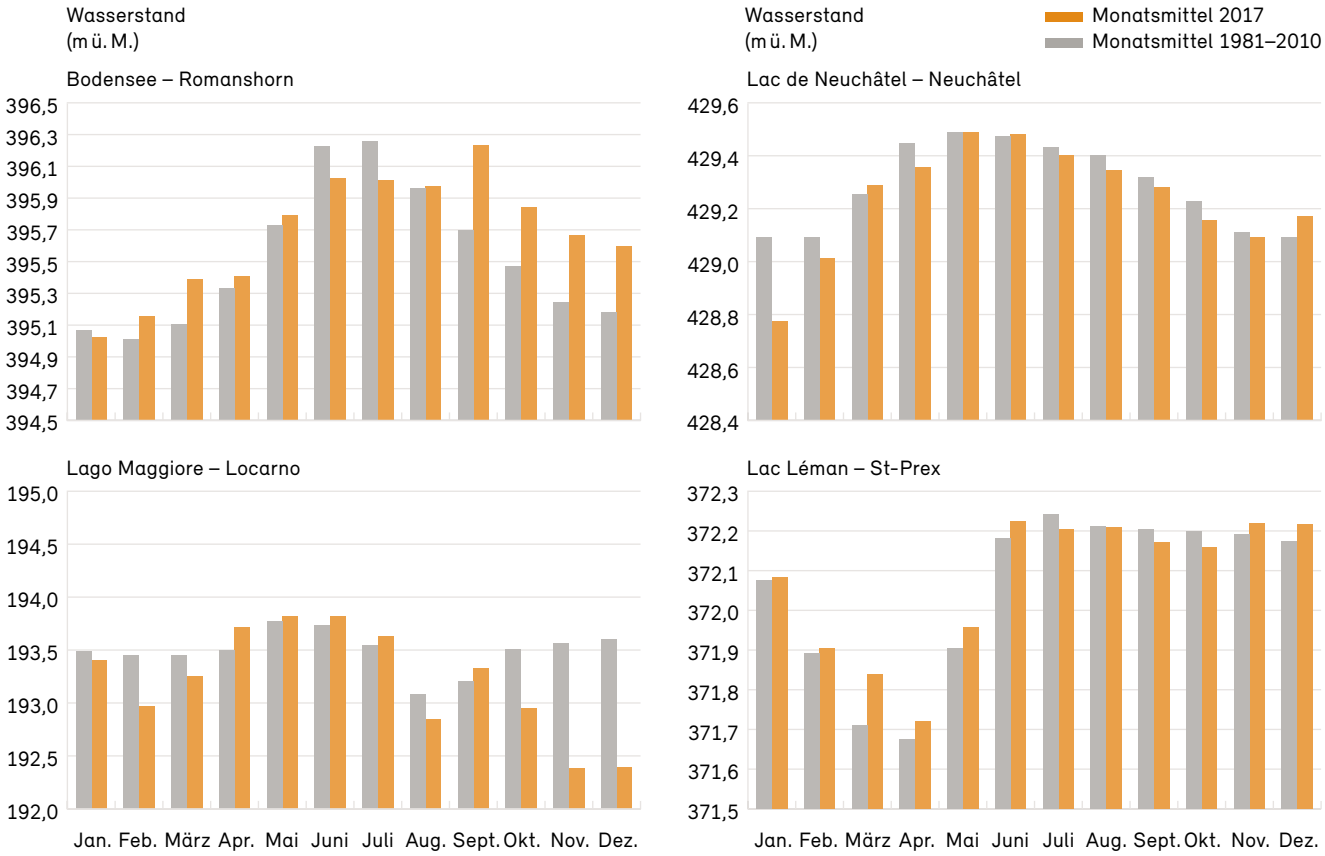
Am Lac Léman ist einzig der März erwähnenswert. Der Pegel lag im Mittel 13 cm über dem langjährigen Wert. In den restlichen Monaten war die Abweichung nie grösser als 5 cm.

Gegenläufige Entwicklungen zeigten der Bodensee und der Lago Maggiore. Im Februar und März sowie von September (bzw. Oktober) bis Ende Jahr gab es am Bodensee verhältnismässig hohe und am Lago Maggiore tiefe Pegelstände. Dabei waren die Abweichungen von den langjährigen Monatsmittelwerten deutlich grösser als bei den Seen am Jurasüdfuss. Die positiven Abweichungen am Bodensee lagen von September bis Ende Jahr zwischen 37 und 54 cm. Die Niederschlagsdefizite im Tessin im 4. Quartal führten nicht zu neuen Rekorden (5 cm über dem Dezemberminimum), aber doch zu Pegelständen, die rund 120 cm unter den üblichen Werten lagen.

An keinem der vier Seen wurden für die Warnung relevante Schwellen überschritten. Am Bodensee lag der höchste Wasserstand des Jahres 2017 um 32 cm unter der Grenze zur Gefahrenstufe 2 und damit ziemlich genau 1 m unter dem höchsten Wasserstand des Vorjahres. Mit 4 cm Differenz ist der Pegel am Genfersee der untersten Warnschwelle relativ nahegekommen. Es muss in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass der Wasserstand am Genfersee durch die Seeregulierung ab Mitte Jahr jeweils in einem sehr engen Band gehalten wird, sodass er sich auch unter normalen Bedingungen nahe an dieser Schwelle bewegt. Die langjährigen Monatsmittel von Juli, August und September liegen nur rund 15 cm unter der Gefahrenstufe 2.

Monatsmittel der Wasserstände ausgewählter Seen

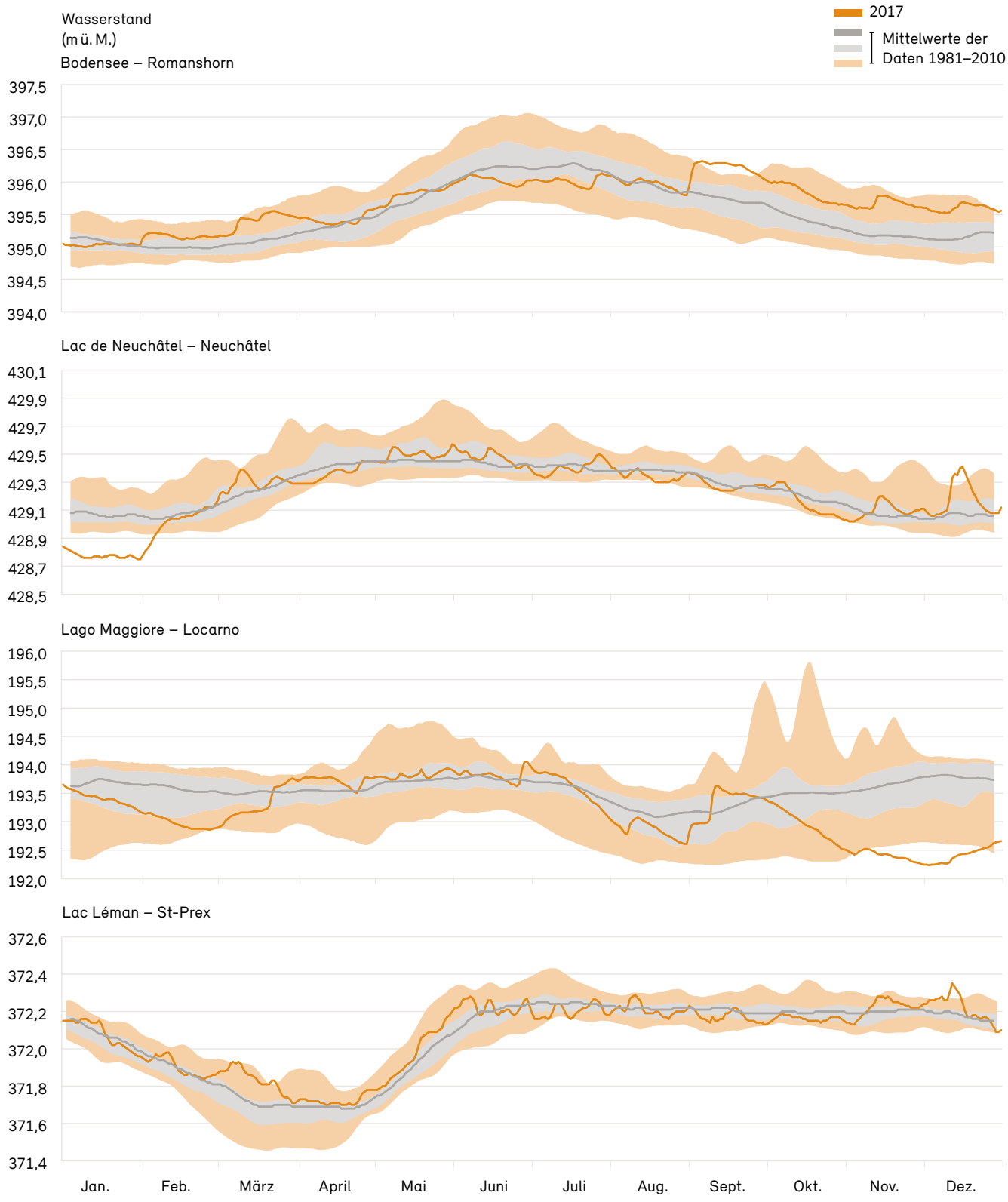
Abb. 4.9 Monatsmittel 2017 der Wasserstände (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



Tägliche Wasserstände ausgewählter Seen

Abb. 4.10: Tagesmittel 2017 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.



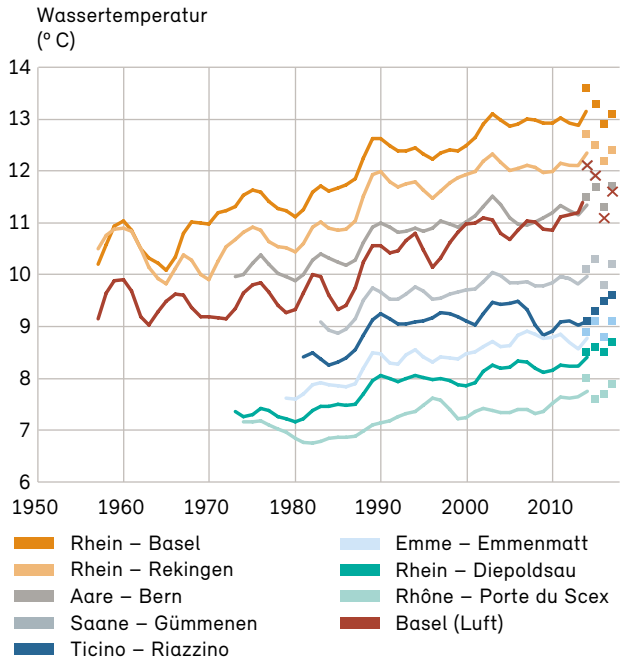
4.3 Wassertemperaturen

Das Jahr 2017 war im Winter und Sommer von sehr hohen Lufttemperaturen geprägt (Kap. 2). Einige Regionen der Schweiz, vor allem die Alpensüdseite, verzeichneten überdurchschnittlich viele Sonnentage. Auf die Wassertemperatur der Fliessgewässer wirkte sich dies in einer deutlichen Zunahme an Überschreitungen der Jahresmaximalwerte im Vergleich zu 2016 aus. Im Verhältnis zum Extremjahr 2015 wurden die Maximalwerte aber weniger häufig überschritten, nämlich an 10 % der Messstellen der Nordalpen, vereinzelt auch im Bodenseeraum und in den östlichen Zentralalpen. Neue Jahresminima gab es, wie im Vorjahr, nicht.

Die Darstellung des langfristig steigenden Trends der Jahresmittelwerte zeigt immer wieder sprunghafte Erwärmungsphasen. Bei der seit 2003 stagnierenden Entwicklung der gleitenden Mittel ist ab 2014/15 wieder mit einer deutlichen Erwärmung zu rechnen (Abb. 4.11). Die Analysen der nächsten Jahre werden zeigen, ob sich dieser Anstieg der Wassertemperaturen bestätigt.

Abb. 4.11: Entwicklung der Wassertemperaturen von 1954 bis 2017 in ausgewählten Flüssen der Schweiz

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



Das erste Quartal des Jahres 2017 war durch zwei entgegengesetzte Verläufe geprägt: Im Januar war es ungewöhnlich kühl. Schweizweit unterschritten die Temperaturen bei mehr als einem Drittel der Stationen die bisherigen Tiefstwerte. Die Abnahme der Tagesmittelwerte unter den langjährigen Verlauf ist in der Abbildung 4.12 (Stationen Rhein – Rekingen und Ticino – Riazzino) gut zu sehen.

Im Gegensatz dazu führten kräftige Wärmeschübe ab dem 23. Februar zu einer deutlichen Erwärmung der Fliessgewässer. Dadurch wurden die bisherigen Höchstwerte im Februar vereinzelt überschritten. Im März 2017 nahm die Wassertemperatur weiter zu, und ein weiteres Viertel der Stationen verzeichnete neue Höchstwerte für diesen Monat. Während dieser Monate wurden bei den Stationen im Bereich des Jurabogens jedoch keine Maximalwerte überschritten.

Nach den darauffolgenden eher kühlen Wochen gab es im Mai wieder deutlich wärmere Tage. Bei rund einem Viertel der Stationen überschritten die Temperaturen die bisherigen Maximalwerte. Jedoch wurden bei zusätzlich einem Zehntel der Stationen die bisherigen Minimalwerte unterschritten. Bei weiteren 10 % der Stationen traten im Mai gleichzeitig neue Höchst- wie auch neue Tiefstwerte für den Monat auf.

Auf den warmen Frühling folgte ein sehr warmer Sommer (Kap. 2). Im Juni wirkten sich die Erwärmung und eine fünftägige Hitzewelle deutlich auf die Temperatur der Gewässer aus. An über einem Drittel der BAFU-Messstationen wurden neue höchste Juniwerte verzeichnet.

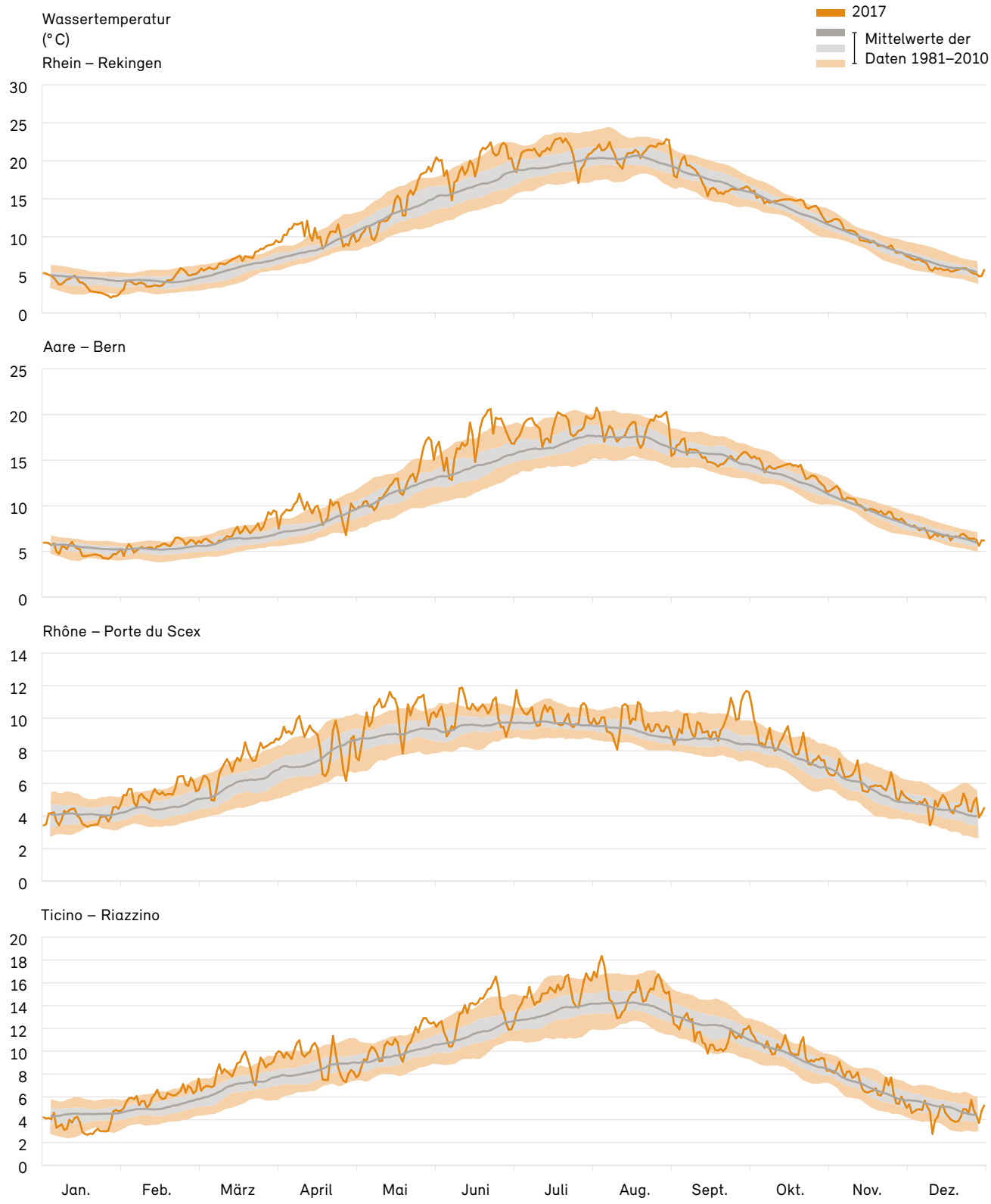
Nachdem der Juli nur leicht wärmer war als die Norm, sorgte der August wieder für wärmeres Sommerwetter (Kap. 2). Auf die Wassertemperatur wirkte sich dies aber nicht so stark aus wie die Hitze im Juni.

Der sehr kühle September und ein sonniger Oktober hatten keine bedeutenden Folgen für die Wassertemperatur. Es kam nur vereinzelt zu neuen Monatsmaxima oder -minima. Im Dezember jedoch lag die Wassertemperatur bei knapp einem Viertel der Stationen unterhalb der bisher gemessenen Minimalwerte.

Mittlere Tagestemperatur ausgewählter Stationen

Abb. 4.12: Tagesmittel 2017 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.

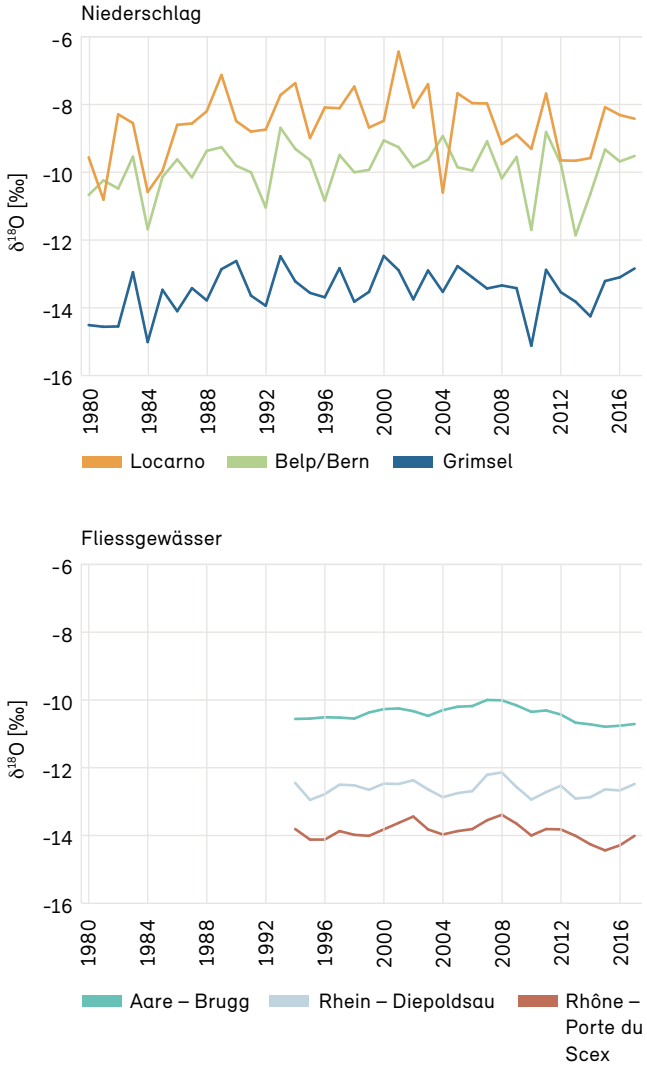


4.4 Stabile Wasserisotope

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 in den letzten Jahren 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) an 13 repräsentativen Niederschlagsmessstellen und 9 Messstellen an Fliessgewässern beobachtet (Abb. 4.13), wodurch Referenzdaten für alle oben genannten Arten von Studien zur Verfügung gestellt werden können.

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 2017.



Regelmässige jahreszeitliche Schwankungen prägen die Isotopenwerte im Niederschlag. 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 steigen sie grösstenteils wieder an (Abb. 4.13).

Die Winter 2015/16 und 2016/17 waren relativ mild, was sich im Niederschlag in überdurchschnittlich angereicherten δ-Werten für diese Jahreszeit ausdrückte. Im Sommer 2017 wurden entsprechend der hohen Lufttemperatur ebenfalls hohe δ-Werte gemessen. Der Kälteeinbruch im September führte dann zu niedrigeren δ-Werten im Niederschlag. Der Oktober war dagegen wieder mild.

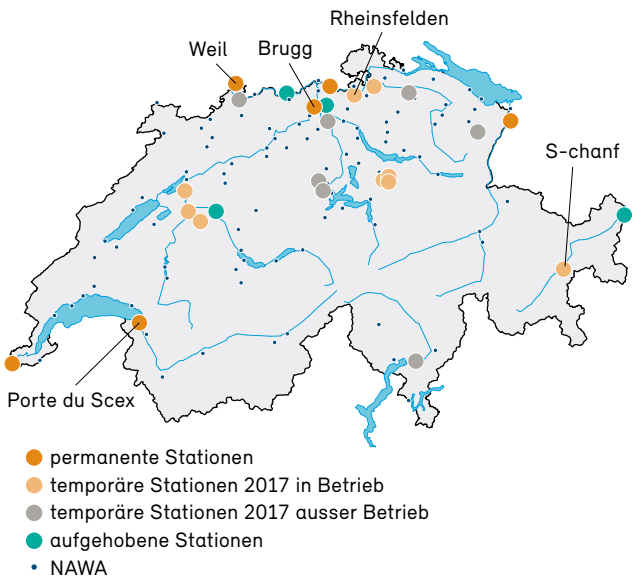
In Fliessgewässern ist der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^{2}H$- und $\delta^{18}O$-Werte ebenfalls erkennbar. Er ist allerdings wegen der unterschiedlichen regionalen Mischungsverhältnisse im Abfluss stark gedämpft (z. B. in Aare, Rhein und Rhone). Auch hier war zwischen 2009 und 2015 ein Unterbruch im generell ansteigenden Trend der Isotopenwerte ersichtlich. Die seit 2015 wieder ansteigenden δ-Werte in der Aare bei Brugg, im Rhein bei Diepoldsau und in der Rhone bei Porte du Scex setzten sich auch im Jahr 2017 fort. Der warme Sommer und Oktober 2017 hatten jedoch zur Folge, dass in dieser Zeit mehr Gletscherschmelzwasser – mit negativeren δ-Werten – zum Abfluss kam.

4.5 Wasserqualität/physikalische und chemische Eigenschaften

Der Zustand und die Entwicklung der Wasserqualität der Schweizer Fliessgewässer werden vom BAFU im Rahmen der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF, neu Teil des Messprogramms NAWA, siehe Anhang) an 17 Messstellen und zusammen mit den Kantonen im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA Trend) an 111 Messstellen erfasst (Abb. 4.14). Neben der Beobachtung der Entwicklungen der Wasserinhaltsstoffe (z. B. Nährstoffe und Mikroverunreinigungen) haben die Messungen zum Ziel, die Wirksamkeit von Gewässerschutzmassnahmen zu beurteilen. Die Betrachtungen zur Wasserqualität fokussieren daher hauptsächlich auf längerfristige Veränderungen und weniger auf saisonale Schwankungen. Deshalb werden diese Analysen jeweils mit thematischen Schwerpunkten im Hydrologischen Jahrbuch publiziert. Die umfangreichen Daten von NAWA Trend und NADUF sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

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 2017.



Chlorid in Flüssen

In Schweizer Gewässern wird die Chloridbelastung, neben einem kleinen geogenen Anteil, hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten beeinflusst. Chloride gelangen in Gewässer durch Strassensalze sowie durch Abwässer aus Industrie und Haushalten, wo Chloride vor allem für die Wasserenthärtung verwendet werden. Während der natürliche Chloridgehalt in Gewässern einige mg/l beträgt, werden in Fliessgewässern mit einem dichtbesiedelten Einzugsgebiet und im Winter, wenn Strassen gesalzen werden, zehnmal höhere Gehalte gemessen. Toxisch sind die Chloride aber erst bei deutlich höheren Gehalten (> 200 mg/l).

Da die Belastungsursachen sehr unterschiedlich und – im Gegensatz zur Nährstoffbelastung – nicht direkt mit Verbesserungen in der Abwasserreinigung verbunden sind, ist keine eindeutige und flächendeckende Entwicklung der Chloridbelastung in den Schweizer Gewässern festzustellen. An den vier ausgewählten Messstationen hat der Chloridgehalt in den letzten Jahrzehnten generell zugenommen, ausser im Rhein bei Basel/Weil (Abb. 4.15). Am stärksten war der Anstieg in der Rhone von Anfang der 1980er-Jahre bis zur Jahrtausendwende.

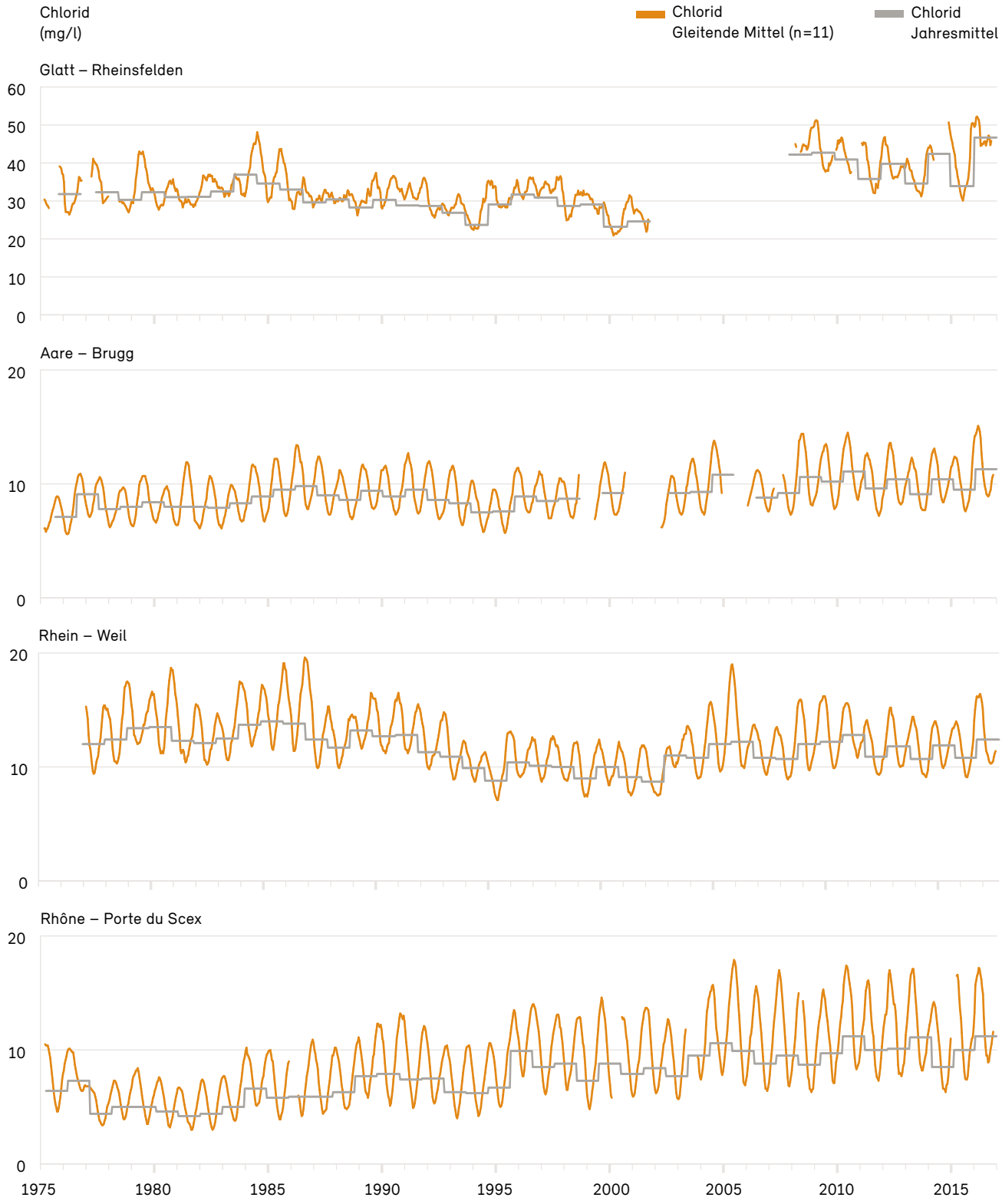
Dass die Chloridbelastung in Schweizer Gewässern wahrscheinlich zum grössten Teil auf das Strassensalz zurückzuführen ist, ist sowohl in den saisonalen als auch in den langfristigen Schwankungen des Gehaltes an den vier Messstationen ersichtlich (Abb. 4.14). Die Jahresverläufe zeigen maximale Gehalte in den Wintermonaten von Januar bis März, gelegentlich auch schon im Dezember. Ende der 1980er-Jahre erfolgte in der Schweiz ein sprunghafter Wechsel zu wärmeren Wintertemperaturen. Folglich nahm der mittlere Jahresgehalt des Chlorids nach Ende der 1980er-Jahren im Rhein, in der Aare und in der Glatt ab. In den letzten 15 Jahren gab es wieder einige kühlere Winter, was die deutlich höheren Chloridgehalte seit der Jahrtausendwende wahrscheinlich mindestens teilweise erklären kann. In der Rhone, die ein relativ dünn besiedeltes Einzugsgebiet hat und einen tiefen Chloridgehalt aufweist, ist der Anstieg seit Anfang der 1980er-Jahre vermutlich stärker durch geogene Faktoren und möglicherweise durch chloridhaltige Abwässer aus der Industrie beeinflusst.

Chloridgehalt in ausgewählten Flüssen 1974 bis 2017

Abb. 4.15: Entwicklung des Chloridgehalts in 14-tägigen Sammelproben von 1974 bis 2017 bei ausgewählten NADUF-Stationen

Dargestellt sind die gleitenden Mittel über 11 Sammelproben (orange) und die mit dem Abflussvolumen gewichteten Jahresmittel (grau).

Die Jahresmittel sind nur berechnet, wenn mindestens 80 % der Messdaten des Jahres vorhanden sind.



4.6 Schwebstofffrachten

Die Konzentration von Sedimenten, die in Form von Schwebstoffen (Suspensionen) durch Flüsse transportiert werden, wird durch das BAFU an 13 hydrometrischen Stationen zwei Mal pro Woche gemessen (Abb. 4.16). Die Konzentrationen dieser Stichproben werden mit den online gemessenen Trübungsdaten korreliert und mit den Abflussdaten zu Monats- und Jahresfrachten hochgerechnet. Zusammen mit hydrologischen und ökologischen Beobachtungen ermöglichen die Schwebstoffdaten eine Optimierung der Bewirtschaftung und des Schutzes der Schweizer Gewässer.

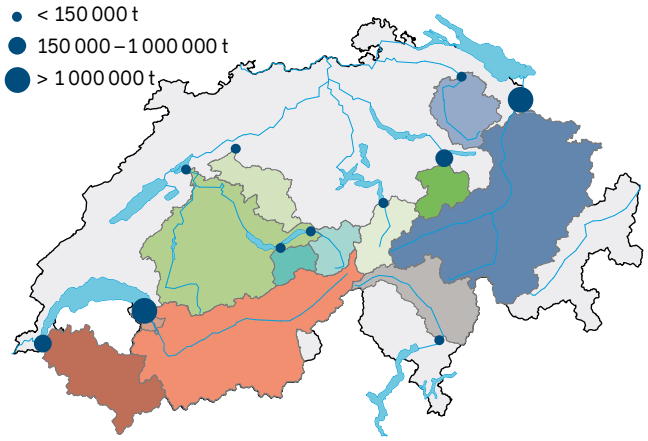
Die gesetzliche Grundlage für das Monitoring bilden das Gewässerschutzgesetz (GSchG) und die Gewässerschutzverordnung (GSchV).

Die Schwebstoffkonzentrationen in den Gewässern sind stark abhängig von den Turbulenzen und der Wassermenge. Deutlich erkennt man dies daran, wie die Schwebstofffrachten der Wintermonate mit Niedrigwasser 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 vierjährigen Vergleichsperiode 2014 – 2017 können deshalb noch stark von aussergewöhnlichen Ereignissen in einem einzelnen Jahr geprägt sein. Eine längere Vergleichsperiode ist derzeit aus methodischen Gründen noch nicht möglich.

Wegen des trockenen Sommers und des entsprechenden Niedrigwassers lagen im Jahr 2017 im Sommer, speziell im Juli, bei beinahe allen Messstellen die Schwebstofffrachten unter denjenigen der Vergleichsperiode (Abb. 4.17). Deutlich sichtbar sind dann nach intensiven Regenfällen in der Zentral- und Ostschweiz die erhöhten Frachten im September bei den Stationen Rhein – Diepoldsau, Thur – Halden und Linth – Mollis. Die Thur wies zudem Anfang Februar ein mit viel Schwebstoff belastetes Hochwasser aus, das sich entsprechend auf den Monatsmittelwert auswirkt. Bei dieser Messstelle sind die Monatsfrachten ähnlich wie das Abflussregime über das Jahr relativ ausgeglichen. Im Rhein bei Diepoldsau ist das hohe Juni-Monatsmittel der Periode 2014 – 2017 stark geprägt vom Hochwasser im Jahr 2016.

Die unterdurchschnittlichen Jahresabflussmengen im Tessin wirken sich auch auf die Schwebstoffjahresfrachten aus (Abb. 4.16). Bei Bellinzona wurde mit rund 57 000 Tonnen Schwebstoff nur rund ein Drittel der üblichen Menge Richtung Lago Maggiore transportiert. Auf das Jahr verteilt, sieht man diese geringeren Frachten in jedem einzelnen Monat. Bei der Arve bei Genf fielen nur rund zwei Drittel des Periodenmittels an, was einerseits im Juli 2017 wegen unterdurchschnittlicher Abflussmengen sichtbar ist. Andererseits rührt das Periodenjahresmittel vom Hochwasser mit enormen Schwebstofffrachten im Mai 2015 her.

Abb. 4.16: Schwebstofffrachten 2017 ausgewählter Einzugsgebiete
Klassierte Jahresfrachten 2017 bei den Messstellen des Schwebstoffmessnetzes des BAFU.



Monatsmittel der Schwebstofffrachten ausgewählter Einzugsgebiete

Abb. 4.17: Monatsmittel 2017 der Schwebstofffrachten (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der Periode 2014–2017 (grau)



5 Grundwasser

Die Grundwasserstände und Quellabflüsse lagen im Jahresverlauf mehrheitlich im Normalbereich. Zu Jahresbeginn, im Sommer und im Herbst waren sie jedoch an der Hälfte der Messstellen tief.

5.1 Grundwasserquantität

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

Entsprechend dem langfristigen Witterungsverlauf (Temperatur und Niederschläge) lassen sich im Grundwasser der Schweiz häufig mehrjährige Perioden mit eher niedrigen oder eher hohen Grundwasserständen erkennen. Innerhalb dieses generellen Musters sind deutliche zwischenjährliche und regionale Unterschiede aber die Regel. In dieser Hinsicht stellen die Jahre 2015 – 2017 eine Periode mit eher niedrigen Grundwasserständen und Quellabflüssen dar (Abb. 5.1).

Der Jahresverlauf 2017 der Grundwasserstände und Quellabflüsse in der Schweiz lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Im Zuge der geringen Niederschläge vom Dezember 2016 waren die Grundwasserstände und Quellabflüsse im Januar 2017 an etwa jeder zweiten Messstelle tief (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 10.01.2017, und Abb. 5.2). Im Februar stiegen die Grundwasserstände und Quellabflüsse dann in der Westschweiz und im Tessin aufgrund überdurchschnittlicher Niederschlagsmengen sowie mit der einsetzenden Schneeschmelze infolge der warmen Witterung an.

Abb. 5.1: Grundwasserstände und Quellabflüsse 1997 bis 2017: *Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten hinsichtlich Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von 1997 bis 2017. Hellorange: Aktueller Messwert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 1997 und 2016. Orange: Aktueller Wert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 1997 und 2016. Grau: Aktueller Wert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 1997 und 2016.*

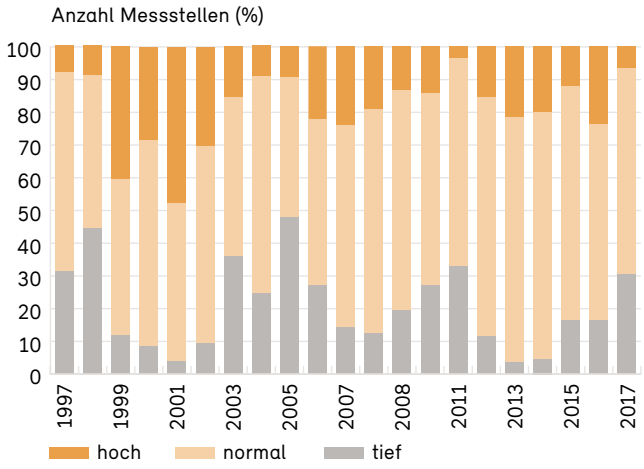
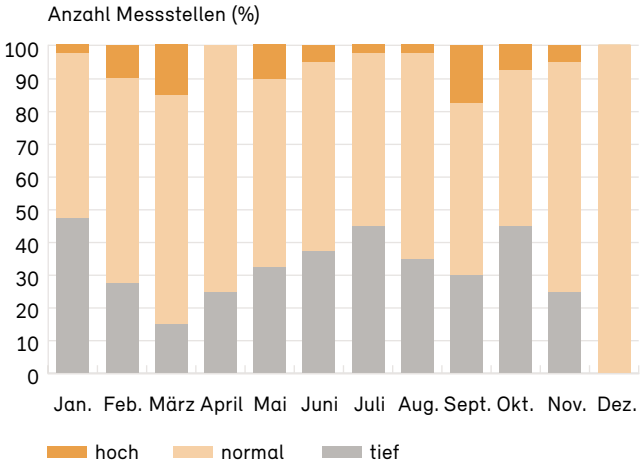


Abb. 5.2: Grundwasserstände und Quellabflüsse 2017: *Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten hinsichtlich Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von Januar bis Dezember 2017. Hellorange: Aktueller Messwert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 1997 und 2016. Orange: Aktueller Wert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 1997 und 2016. Grau: Aktueller Wert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 1997 und 2016.*

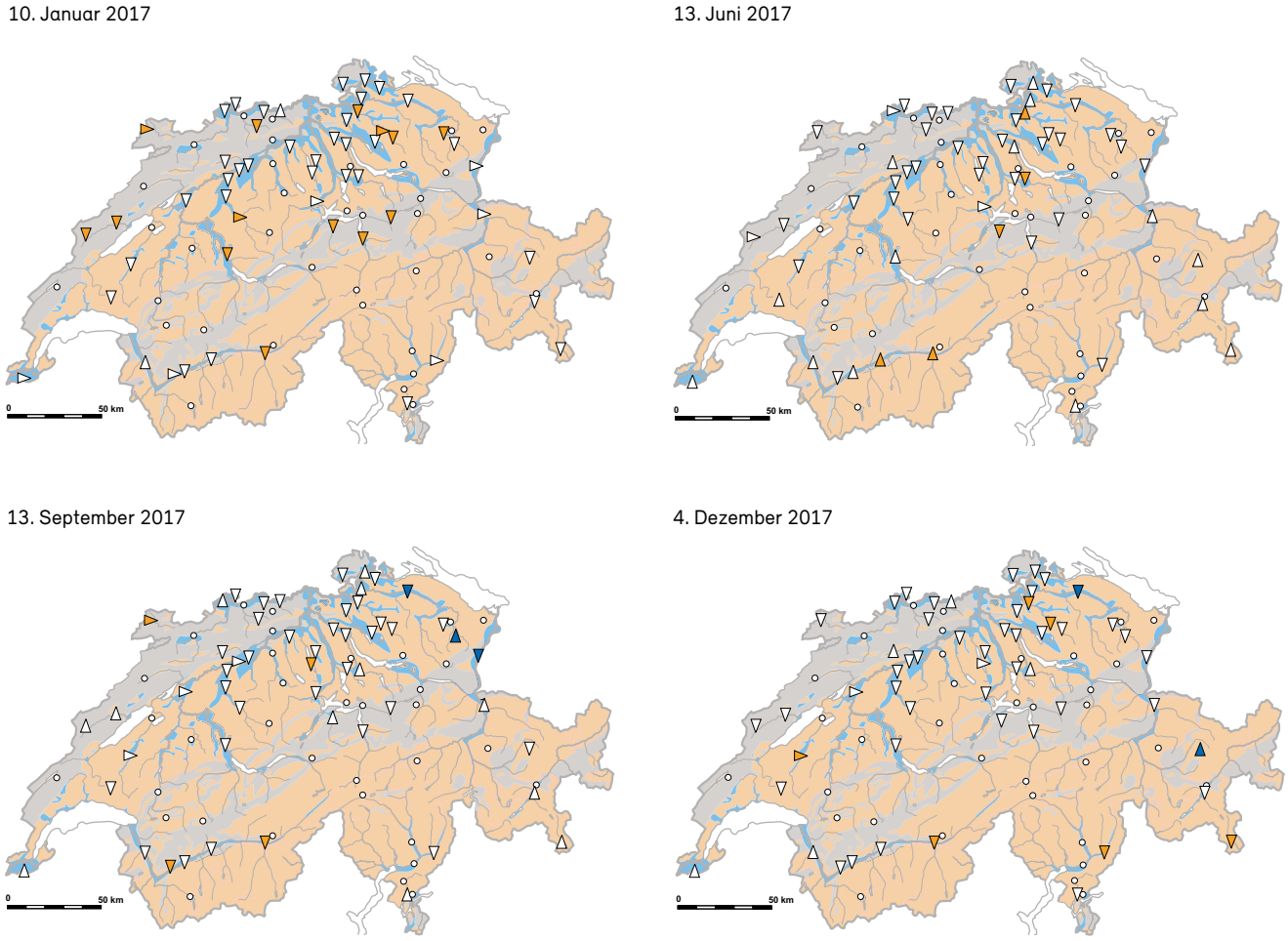


Von März bis Mai blieben die Grundwasserstände und Quellabflüsse infolge der durchschnittlichen Niederschlagsmengen grösstenteils im Normalbereich. In Gebieten mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen waren jedoch vorübergehend tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu verzeichnen. Insgesamt waren Mitte- Juni verbreitet normale Grundwasserstände und Quellabflüsse mit sinkender Tendenz zu beobachten (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 13.06.2017).

Vom Juni bis August fielen in der Westschweiz durchwegs unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen, während in der Zentral- und Ostschweiz Starkregen zu überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen führten. Von diesen konnten vor allem oberflächennahe und an Flüsse gebundene Lockergesteins-Grundwasserleiter profitieren. So waren Mitte September verbreitet normale Grundwasserstände und Quellabflüsse mit uneinheitlicher Tendenz zu verzeichnen (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 13.09.2017).

Abb. 5.3: Grundwassersituation

Grundwasserstände und Quellabflüsse sowie deren Tendenz an 4 Stichtagen im Jahr 2017 im Vergleich zur Messperiode 2001–2016.



Der Oktober war allgemein warm und trocken. Der November zeigte sich auf der Alpensüdseite und in der Westschweiz weiterhin niederschlagsarm, was in diesen Gebieten teilweise zu tiefen Grundwasserständen und Quellabflüssen führte. Dagegen liessen im November ergiebige Niederschläge in der Zentral- und Ostschweiz Grundwasserstände und Quellabflüsse ansteigen. Anfang Dezember lagen Grundwasserstände und Quellabflüsse auf der Alpennordseite verbreitet im Normalbereich, teilweise bereits darüber. Auf der Alpensüdseite waren normale bis tiefe Grundwasserstände zu verzeichnen (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 04.12.2017).

Im Laufe des Monats Dezember fielen landesweit hohe Niederschlagsmengen – teilweise als Schnee bis ins Mittelland. Ende Dezember lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse somit landesweit im Normalbereich (Abb. 5.2).

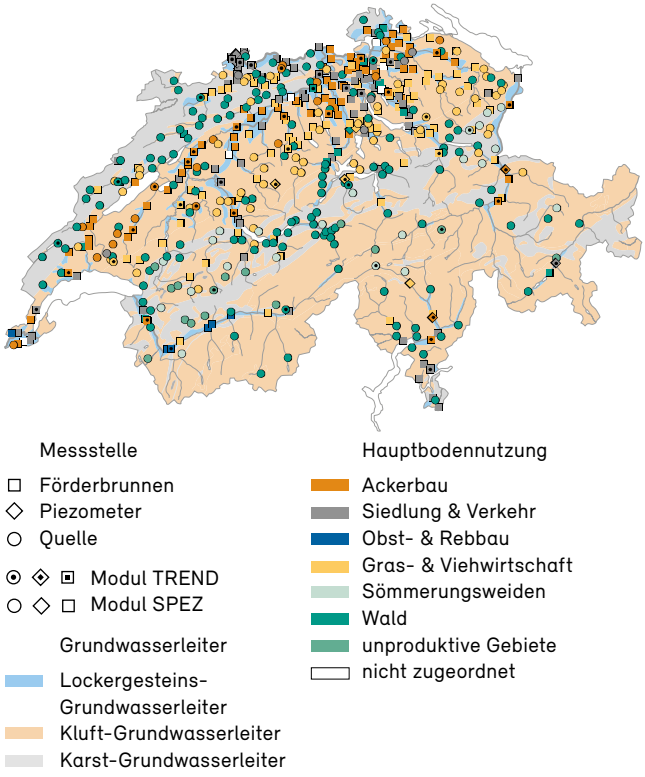
5.2 Grundwasserqualität

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

Zustand und Entwicklung der Grundwasserqualität 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 Grundwasserqualität fokussieren daher auf statistisch signifikante längerfristige Veränderungen und nicht auf saisonale Schwankungen. Diese Analysen werden daher nicht im Rahmen des Hydrologischen Jahrbuchs publiziert. Weiterführende Informationen und Daten sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

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

Messstellen der NAQUA-Module TREND und SPEZ zur Beobachtung der Grundwasserqualität mit Hauptbodennutzung im Einzugsgebiet und Grundwasserleitertyp. Stand 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 vier 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 einmal 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

Abwasserreinigung Oberengadin (ARO):
www.ara-oberengadin.ch

Informationen zum Thema Wasser:
www.bafu.admin.ch/wasser

Aktuelle hydrologische Daten:
www.hydrodaten.admin.ch