

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2019

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2019

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer

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)

Glatscher: 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.) 2020: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2019. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2019: 40 S.

Layout

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild

Aare bei Bremgarten bei Bern im Oktober 2019.

© Urs Helg, BAFU

Bildnachweis

Seite 9: Andreas Kohler, BAFU (Abb. 1.2)

Seite 11: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg (Abb. 1.4)

Seite 11: Christophe Ogier, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich (Abb. 1.5)

Seite 14: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg (Abb. 3.2)

Datengrundlage

Die hydrologischen Analysen basieren auf provisorischen Daten des Jahres 2019.

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uz-2019-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 2020

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5
-----------	---

Vorwort	6
---------	---

Zusammenfassung	7
-----------------	---

1	Besonderheiten im Jahr 2019	8
---	-----------------------------	---

2	Witterung	12
---	-----------	----

3	Schnee und Gletscher	13
---	----------------------	----

4	Oberflächengewässer	15
---	---------------------	----

5	Grundwasser	34
---	-------------	----

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

Liebe Leserinnen und Leser

Das Jahr 2019 war für die Abteilung Hydrologie des Bundesamts für Umwelt BAFU ein Jahr der Wechsel und Veränderungen.

Im Februar 2019 kam mein Vorgänger Olivier Overney bei einem Lawinenunglück ums Leben. Er hinterliess eine grosse Lücke, sowohl in fachlicher wie auch in menschlicher Hinsicht. Wir werden Olivier Overney in dankbarer Erinnerung behalten.

Ronald Kozel hat die Abteilungsleitung in dieser Zeit ad interim übernommen und die Geschäfte zusammen mit allen Mitarbeitenden im Sinne von Olivier Overney weitergeführt, bis eine neue Abteilungsleitung gefunden werden konnte.

Im Oktober schliesslich, durfte ich die Leitung der Abteilung Hydrologie übernehmen. Ich freue mich, die vielseitigen Aufgaben der Abteilung wahrzunehmen, wovon einige auch das Jahr 2019 prägten:

Im Laufe des Jahres wurden die Datenbestände des BAFU im Bereich Hydrologie in die neue Datenbank WISKI migriert. Die Haltung aller Daten an einem Ort ermöglicht nun eine einheitliche Be- und Verarbeitung der Messdaten, einen einfacheren Datenaustausch mit zahlreichen Kantonen und den Aufbau neuer Produkte und Datenservices in der Umweltbeobachtung.

Im August 2019 erzeugte der Bericht «Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz» mit den Ergebnissen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA bei Fachleuten aber auch medial eine grosse Aufmerksamkeit. Er zeigte auf, dass insbesondere im intensiv landwirtschaftlich genutzten und dicht besiedelten Mittelland die Grundwasserqualität vor allem durch Nitrat und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln nachhaltig beeinträchtigt ist. Das Monitoring ermöglicht es, die Entwicklung zu verfolgen und vorausschauend Massnahmen zum Schutz und Erhalt der Grundwasserressourcen zu treffen.

Auch beim hydrologischen Geschehen in den Flüssen und Seen war Abwechslung zu verzeichnen: Im Juni 2019 suchte ein Hochwasser die Ost-, Zentral- und Südschweiz heim. Im Juli stiegen während zweier Hitzewellen die Wassertemperaturen in sehr hohe Bereiche an. Ebenso gab es Perioden mit Niedrigwasser, wenn auch weniger ausgeprägt als im Vorjahr. Im Oktober führten die Tessiner Flüsse und Seen nach starken Niederschlägen Hochwasser. Mehr zu diesen Ereignissen ist im vorliegenden Jahrbuch zu lesen.

Ich wünsche Ihnen eine angenehme Lektüre. Die Abteilung Hydrologie steht für weiterführende Analysen und für einen Fachaustausch jederzeit zur Verfügung.

Carlo Scapozza

Chef der Abteilung Hydrologie des Bundesamts für Umwelt BAFU

Zusammenfassung

Witterung

Die Jahrestemperatur 2019 der Luft stieg in den meisten Gebieten der Schweiz 0,8 bis 1,2°C über die Norm 1981–2010. Die Jahresniederschläge erreichten verbreitet 80 bis 100 % der Norm. Vom Oberwallis über das Nordtessin und das Gotthardgebiet bis nach Graubünden sowie am östlichen Alpennordhang lagen die Niederschlagsmengen meist zwischen 110 und 130 % der Norm.

Schnee und Gletscher

Der Winter 2018/19 war im Norden einer der sechs schneereichsten der letzten 20 Jahre. Vor allem die Monate Dezember und Januar waren sehr niederschlagsreich. Im Süden war der Winter aussergewöhnlich trocken, der Niederschlag fiel hauptsächlich in den Monaten November und April. Im Mai 2019 sah es gut aus für die Schweizer Gletscher: In hohen Lagen lag noch überdurchschnittlich viel Schnee. Doch während der Hitzewellen im Sommer führte eine massive Gletscherschmelze zu einem weiteren Jahr mit starken Verlusten an Eisvolumen.

Abflussverhältnisse und Seestände

Nach dem ausgeprägten Niedrigwasserjahr 2018 verlief 2019 aus hydrologischer Sicht recht unspektakulär. Die Jahresmittel des Abflusses der grossen Flussgebiete lagen in einem Bereich zwischen –25 % und +20 % verglichen mit den Werten der Normperiode 1981–2010. Deutlich unterdurchschnittliche Abflüsse wurden im Norden und Nordwesten der Schweiz gemessen. Klar überdurchschnittlich waren die Werte im Süden und Südosten des Landes. Im Juni gab es ein überregionales Hochwasser. Starke Niederschläge kombiniert mit Schneeschmelze führten in zahlreichen Gewässern der Ost-, Zentral- und Südschweiz zu hohen Wasserständen und Abflüssen. An einzelnen BAFU-Messstationen erreichten die Abflüsse dabei neue Höchstwerte.

Nachdem im Jahr 2018 die Jahresmittelwerte des Wasserstands der meisten grossen Seen wegen der anhaltenden Trockenheit unter dem langjährigen Mittelwert lagen, zeigte sich das Jahr 2019 sehr ausgeglichen. Der Pegel des Bodensees jedoch lag während des Hochwassers vom 12. Juni an trotzdem knapp 30 Tagen im Bereich der Gefahrenstufe 2 und 3. Die Gefahrenstufe 2 wurde

auch am Lago Maggiore erreicht: Der Wasserstand lag Ende Oktober an fünf, Ende November an vier Tagen in diesem Bereich.

Wassertemperaturen

Obwohl 2019 bezüglich der Lufttemperatur erneut ein sehr warmes Jahr war, erreichten die Jahresmittelwerte der Wassertemperatur keine neuen Rekordhöhen. Es wurden im 2019 keine neuen Jahresmaxima erreicht. Nach einem ausgeglichenen Frühling wurden während der lang anhaltenden Wärmeperioden im Juni und Juli an einzelnen Orten der Schweiz neue Monatsmaxima beobachtet.

Stabile Isotope

Im Februar 2019 führte ein Kälteeinbruch zu für die Jahreszeit überdurchschnittlich abgereicherten δ -Werten im Niederschlag. Im Frühling, Sommer und Herbst wurden entsprechend der hohen Lufttemperaturen im Vergleich zur langjährigen Beobachtung im Niederschlag erhöhte δ -Werte gemessen. Ein Kälteeinbruch im November führte in der Folge wieder zu niedrigeren δ -Werten. In Fließgewässern ist der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ebenfalls erkennbar.

Schwebstofffrachten

Im Gegensatz zu 2017 und 2018 war 2019 ein relativ nasses Jahr. Im Sommer waren die monatlichen Feststofffrachten bei fast allen Messstationen höher als jene der Vergleichsperiode von 2014 bis 2019. Auf der Alpennordseite verursachten starke Niederschläge im Juni und August Feststofffrachten, die über dem Monatsdurchschnitt lagen.

Grundwasser

Vom Jahresbeginn bis in den Herbst 2019 wurden an einem Drittel der Messstellen im langjährigen Vergleich tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse gemessen. An knapp der Hälfte der Messstellen waren für 2019 hohe Grundwassertemperaturen zu verzeichnen.

1 Besonderheiten im Jahr 2019

Nach dem ausgeprägten Niedrigwasserjahr 2018 verlief 2019 aus hydrologischer Sicht recht unspektakulär. Nur im Juni gab es ein überregionales Hochwasser in der Ost-, Zentral- und Südschweiz. An einzelnen BAFU-Messstationen erreichten die Abflüsse dabei sogar neue Höchstwerte. Die hohen Lufttemperaturen im Juni und Juli führten zu einer intensiven Schnee- und Gletscherschmelze. Dies liess einen erneuten Ausbruch des Faverges-Gletschersees befürchten, welcher im Vorjahr zu massiven Schäden geführt hatte.

1.1 Juni 2019: Viel Regen und Schneeschmelze führten zu Hochwasser

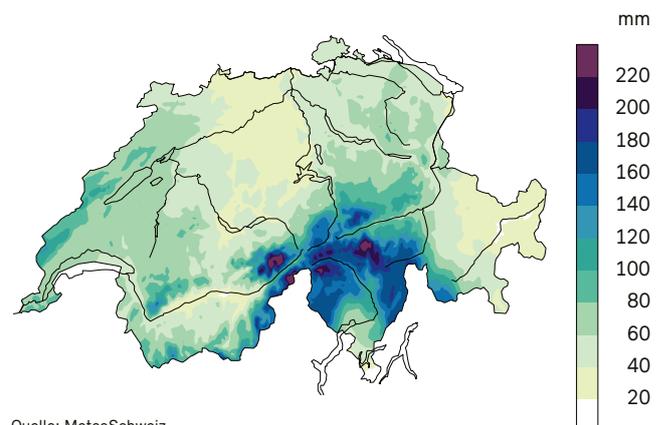
Nach einem Winter, der auf der Alpennordseite sehr schneereich war, blieben die Niederschläge im Frühling in weiten Teilen der Schweiz unterdurchschnittlich. Grosse Niederschlagsmengen gab es dagegen vor allem im April auf der Alpensüdseite, in Graubünden, in den Zentralalpen und im Oberwallis. Regelmässige Neuschneefälle und ein ungewöhnlich kühler Mai konservierten die alpine Schneedecke auf hochwinterlichem Niveau. Mit den ersten heissen Tagen Anfang Juni setzte dann eine intensive Schneeschmelze ein.

Vom 10. bis 12. Juni 2019 wurde mit einer starken südlichen bis südwestlichen Höhenströmung feuchte und instabil geschichtete Mittelmeerluft an die Alpensüdseite geführt. Vor allem in den Nächten vom 10./11. Juni und 11./12. Juni fielen intensive Niederschläge, teilweise begleitet von Gewittern. Im Oberwallis und im Gotthardgebiet gab es vor allem am 10. Juni sehr hohe Niederschlagsmengen. Im angrenzenden Graubünden folgte der Hauptschub am 11. Juni, wobei dort bereits an den beiden Vortagen grössere Mengen registriert wurden.

Über den gesamten Zeitraum hinweg am meisten Regen verzeichneten die Zentralalpen (vgl. Abb. 1.1). Im Oberwallis, im Bedretto-Tal und in der Leventina kamen teilweise über 160 mm Niederschlag zusammen.

Abb. 1.1: Niederschläge vom 9. bis 12. Juni 2019

In den Tagen vom 9. bis 12. Juni 2019 fiel insbesondere im Oberwallis, in der Zentral- und Südschweiz sowie in den angrenzenden Bündner Tälern viel Niederschlag.



Quelle: MeteoSchweiz

Im Tessin und den Einzugsgebieten der Rhone, des Alpenrheins, der Urner Reuss und des Inns stiegen die Wasserstände vieler Flüsse im Laufe des 10. Juni und insbesondere in der Nacht auf den 11. Juni innerhalb kurzer Zeit deutlich an. Die Abflussmengen erreichten Werte, wie sie statistisch höchstens alle 2 Jahre auftreten. An der Urner Reuss, kleineren Flüssen im Tessin sowie in den Einzugsgebieten der oberen Rhone und des Alpenrheins wurden 10-jährliche oder noch seltenere Hochwasser verzeichnet.

Nach einer kurzen Beruhigung führten erneute, regional intensive Niederschläge und eine verbreitet starke Schneeschmelze zu weiteren Abflussanstiegen an Flüssen in den Einzugsgebieten des Ticino, des Alpenrheins (vgl. Abb. 1.2) und des Inns sowie in den Bündner Südtälern. Sie erreichten teilweise Werte, wie sie höchstens alle 30 Jahre auftreten, insbesondere im Einzugsgebiet des Hinterrheins, am Unterlauf des Inns und an der Moesa.

Die hohen Abflüsse machten sich an den Unterläufen dieser Flüsse und in den Seen verzögert bemerkbar. So erreichten der Vierwaldstättersee und der Walensee am 13. Juni und der Bodensee erst am 17. Juni ihren Höchststand dieses Hochwasserereignisses. In der Folge führten auch die Ausflüsse dieser Seen Hochwasser. Mehr Informationen zu den Pegelständen und Abflüssen dieser Gewässer sind im Kapitel 4 zu finden.

In den nachfolgenden Tagen gab es lokal immer wieder heftige Gewitter, die teilweise zu Überschwemmungen führten, wie z. B. im Val-de-Ruz im Neuenburger Jura in der Nacht auf Samstag, 22. Juni.

Neue Höchstwerte am Hinterrhein und an der Moesa

Ein Vergleich mit den langjährigen Messreihen des BAFU zeigt, dass an mehreren Messstationen neue absolute Höchstwerte verzeichnet wurden. So am Hinterrhein bei Fürstenu (Messungen seit 1974) und an der Moesa bei Lumino. Am Landwasser bei Davos und am Chamuerabach bei La Punt-Chamuesch wurden die bisherigen Höchstwerte praktisch egalisiert. Einige weitere Stationen registrierten neue Juni-Maxima, z. B. die Maggia bei Bignasco, die Rhone bei Recking, die Reuss bei Andermatt oder der Rhein bei Domat/Ems (siehe Kapitel 4.1).

Detaillierte Angaben sind der Abbildung 1.3 und den Tabellen 1.1 und 1.2 zu entnehmen.

Abb. 1.2: Hochwasser am Alpenrhein bei der BAFU-Messstation bei Diepoldsau am 13.6.2019



Abb. 1.3: Hochwassersituation der Fliessgewässer im Juni 2019
Vergleich der maximalen Abflüsse mit der Hochwasserstatistik des BAFU.



- Abflussmenge unter 2-jährlichem Hochwasser
- 2- bis 10-jährliches Hochwasser
- 10- bis 30-jährliches Hochwasser
- 30 bis 100-jährliches Hochwasser

Tab. 1.1: Hochwasserereignisse Juni 2019 – Seen

Stationsname	Periodenlänge (Jahre)	Bisheriges Maximum (m ü. M.)	Zeitpunkt (Monat/Jahr)	Bisheriges Maximum Juni (m ü. M.)	Zeitpunkt (Jahr)	HW ₂₀₁₉ (m ü. M.)	Datum	Zeit	Max. erreichte Gefahrenstufe
Bodensee (Obersee) – Romanshorn	90	397,89	06/1999	397,89	1999	396,98	17.06.19	3:00	3
Bodensee (Untersee) – Berlingen	90	397,66	06/1999	397,66	1999	396,73	17.06.19	5:10	3
Vierwaldstättersee – Luzern	84	435,23	08/2005	434,86	1970	434,21	13.06.19	2:00	2
Walensee – Murg	90	422,15	05/1999	422,11	1953	420,87	13.06.19	4:20	2

Tab. 1.2: Hochwasserereignisse Juni 2019 – Fließgewässer

Stationsname	Periodenlänge (Jahre)	Bisheriges Maximum (m ³ /s)	Zeitpunkt (Monat/Jahr)	Bisheriges Maximum Juni (m ³ /s)	Zeitpunkt (Jahr)	HQ ₂₀₁₉ (m ³ /s)	Datum	Zeit	Jährlichkeit	Max. erreichte Gefahrenstufe
Albula – Tiefencastel	98	127	08/2014	108	1999	110	12.06.19	21:00	10–30	2
Chamuerabach – La Punt-Chamues-ch	47	23.8	08/1977	20.6	1987	23.8	12.06.19	15:45	30–50	4
Dischmabach – Davos	56	19.1	07/1975	16.1	1999	17.8	12.06.19	13:10	10–30	3
Hinterrhein – Fürstenau	46	713	09/1981	607	2016	794*	12.06.19	10:20	30–50	4
Inn – Cinuos-chel	46	300	07/1987	203	1991	179	12.06.19	16:40	10–30	–
Inn – Martina	51	481	07/1987	466	1991	450	12.06.19	19:30	30–50	4
Inn – St. Moritzbad	96	56	09/1956	47.0	1963	44.3	13.06.19	2:25	10–30	2
Inn – Tarasp	51	441	07/1987	295	1997	295	12.06.19	21:10	10–30	3
Julia – Tiefencastel	43	119	08/2014	98.2	2001	84.7	10.06.19	21:30	5–10	2
Landwasser – Davos	53	52.5	07/1975	45.5	1982	52.5	12.06.19	13:15	50–100	4
Maggia – Bignasco	38	647	08/1992	326	2016	502	11.06.19	0:45	5–10	3
Moesa – Lumino	59	567	09/1983	433	2001	593*	12.06.19	7:20	50–100	4
Ova da Cluozza – Zernez	58	15.9	09/1999	12.6	1991	9.15	13.06.19	3:10	5–10	2
Ova dal Fuorn – Zernez	59	14.8	06/2003	14.8	2003	9.48	11.06.19	17:10	5–10	2
Plessur – Chur	89	90	06/1953	90.0	1953	63.9	12.06.19	14:00	5–10	–
Reuss – Andermatt	75	291	08/1987	130	2002	166	11.06.19	0:25	10–30	3
Reuss – Luzern	97	473	08/2005	395	1999	343	12.06.19	20:50	5–10	2
Reuss – Seedorf	97	733	08/1987	414	1991	480	11.06.19	1:55	10–30	3
Rhein – Diepoldsau	98	2661	07/1987	2193	2016	1879	12.06.19	16:10	5–10	2
Rhein – Domat/Ems	59	1750	07/1987	1304	2016	1508	12.06.19	10:55	50–100	3
Rhône – Branson	62	978	10/2000	600	1963	649	11.06.19	7:25	5–10	2
Rhone – Brig	54	557	10/2000	326	2002	377	10.06.19	23:00	10–30	2
Rhône – Porte du Scex	62	1363	10/2000	756	1999	848	11.06.19	9:55	10–30	2
Rhone – Reckingen	70	180	08/1987	99.0	1997	131	11.06.19	1:05	10–30	3
Rhône – Sion	62	910	10/2000	550	1963	577	11.06.19	2:15	5–10	2
Riale di Calneggia – Cavigno	53	104	08/1987	93.1	2002	108*	11.06.19	0:19	50–100	4
Saltina – Brig	54	123	10/2000	42.7	2002	37.8	10.06.19	23:10	5–10	2
Seez – Mels	54	75.4	07/1987	58.6	2016	62.8	12.06.19	9:46	10–30	3
Seyon – Valangin	40	33.9	09/1987	13.0	1987	27.9	22.06.19	1:00	5–10	2

* neue absolute Höchstwerte

fett: neue Juni-Maxima

In der Tabelle nicht aufgeführt sind Messstationen, an denen Abflussmengen mit einer Jährlichkeit unter 5 registriert wurden.

1.2 Künstliche Entleerung des Faverges-Gletschersees auf der Plaine Morte

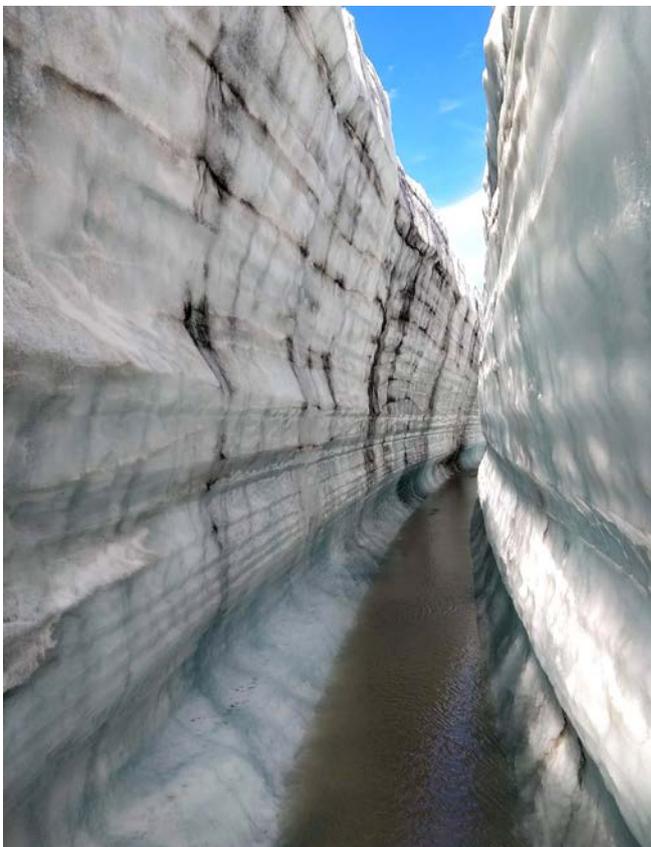
Der Ausbruch des Gletschersees Lac des Faverges auf der Plaine Morte an der Grenze zwischen Wallis und Berner Oberland hat im Juli 2018 im Simmental Schäden in Millionenhöhe verursacht (siehe «Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018»). Das Schmelzwasser staut sich jeweils im Frühsommer auf und die rund zwei Millionen Kubikmeter fliessen innerhalb weniger Stunden bis Tage durch Kanäle unter dem Eis ab. Aufgrund der jährlich ansteigenden Abflussspitzen entschied sich die Gemeinde Lenk, das Seevolumen und damit den zu erwartenden Maximalabfluss künstlich zu reduzieren. Dafür wurde eine spektakuläre Methode angewendet, welche in diesem Ausmass weltweit noch nie eingesetzt wurde: Ein

über ein Kilometer langer und bis zu neun Meter tiefer Kanal wurde in die Eisoberfläche gegraben. Diese Arbeiten nahmen ab April 2019 rund zwei Monate in Anspruch. Sobald der See etwa zwei Drittel seines möglichen Volumens erreicht hatte, begann Wasser kontrolliert durch den Kanal abzufließen. Dies bewirkte, dass sich die Kanalsole durch die Eisschmelze langsam weiter eingetieft und sich das Wasservolumen im Gletschersee über mehr als einen Monat hinweg kontinuierlich reduzierte. Ende August entleerte sich das verbleibende Wasser im Gletschersee plötzlich subglazial, also durch denselben Prozess wie in den Vorjahren. Da jedoch das Volumen künstlich so stark limitiert werden konnte, führte dies zu keinerlei Schäden.

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

Abb. 1.4 und 1.5: Entwässerungs-Kanal im Eis der Plaine Morte

Der Entwässerungskanal wurde künstlich erstellt und hat sich anschliessend natürlich weiter eingetieft. Links die Bauarbeiten und rechts der weiter eingetiefte Kanal.



2 Witterung

Die Jahrestemperatur 2019 der Luft stieg in den meisten Gebieten der Schweiz 0,8 bis 1,2° C über die Norm 1981–2010. Die Jahresniederschläge erreichten verbreitet 80 bis 100% der Norm. Vom Oberwallis über das Nordtessin und das Gotthardgebiet bis nach Graubünden sowie am östlichen Alpennordhang lagen die Niederschlagsmengen meist zwischen 110 und 130% der Norm.

Der Winter 2018/19 blieb auf der Alpensüdseite als Folge des häufigen Nordföhns ausgesprochen niederschlagsarm. In den Bergen gab es massive Temperaturwechsel. Nach einem milden Dezember registrierten die Berglagen oberhalb von 1000 m ü.M. den kältesten Januar seit mehr als 30 Jahren. Anschliessend kletterte die Bergtemperatur gebietsweise auf den zweit- bis fünftmildesten Februarwert seit Messbeginn. Ein lebhaftes Westwindregime brachte verbreitet überdurchschnittliche winterliche Niederschlagsmengen, ausser im Süden. Die grössten Niederschlagsüberschüsse verzeichneten die Ostalpen.

Der Frühling lieferte in weiten Teilen der Schweiz unterdurchschnittliche Niederschlagssummen. Regional fielen hingegen grosse Mengen. Die Zentral- und Ostalpen erhielten gebietsweise 150 bis 200% der Norm 1981–2010. Lokal wurde einer der niederschlagsreichsten Frühlinge seit Messbeginn registriert. Grosse Niederschlagsmengen gab es vor allem im April auf der Alpensüdseite, in Graubünden, in den Zentralalpen und im Oberwallis. Lokal fielen dabei Rekordschneemengen für den Monat April. Regelmässige Neuschneefälle und ein ungewöhnlich kühler Mai konservierten die alpine Schneedecke auf hochwinterlichem Niveau. Die Sommerwärme liess die Schneedecke anschliessend rasch schmelzen.

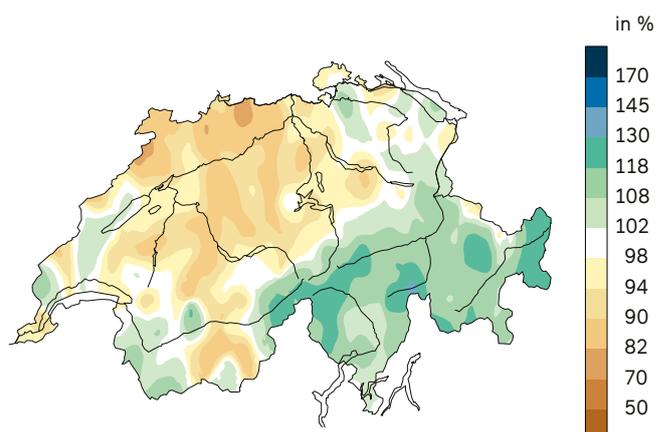
Die anhaltende Wärme im Juni und Juli mündete in zwei längeren Hitzewellen mit einem täglichen Temperaturmaximum von mindestens 30° C. Im Gegensatz zum extrem warmen und extrem trockenen Sommer des Vorjahres erhielten in diesem Sommer viele Gebiete der Schweiz ausreichend Niederschlag. Die Mengen bewegten sich meist zwischen 80 und 100% der Norm. Im Wallis und im Tessin gab es lokal auch Werte zwischen 120 und 140%.

Nach dem drittwärmsten Sommer registrierte die Schweiz den sechstwärmsten Herbst seit Messbeginn 1864. Zur hohen Herbsttemperatur hat insbesondere der extrem milde Oktober beigetragen. In der Schweiz zeigte sich der September generell niederschlagsarm und der Oktober niederschlagsreich. Viel Niederschlag in kurzer Zeit fiel auf der Alpensüdseite kurz nach der Oktobermitte. Im November erhielt die Alpensüdseite erneut grosse Niederschlagsmengen. Alle drei Herbstmonate zusammen lieferten dort knapp 150% der Norm. Nördlich der Alpen lagen die Herbstniederschläge im durchschnittlichen Bereich.

Mit dem vielen Niederschlag und sinkender Schneefallgrenze im November gab es in höheren Lagen des Alpennordhangs erhebliche Neuschneemengen. Regional summierte sich der Neuschnee zu neuen Novemberrekorden. Ab Dezembermitte brachte der häufige Südfohn am Alpennordhang extrem mildes Tauwetter. Auf das Jahresende hin nahmen die Schneehöhen am ganzen Alpennordhang ab auf 60 bis 90% im Vergleich zum langjährigen Mittel. Im südlichen Wallis, im nördlichen Tessin und in Teilen Graubündens lagen die Werte mit 110 bis 140% über dem Durchschnitt. Mit einem landesweiten Mittel von 2,5° C über der Norm 1981–2010 endete der Dezember als drittwärmster seit Messbeginn 1864.

Abb. 2.1: Jahresniederschlagssumme (% des Normwertes)

Auf der Alpennordseite und in Teilen des Wallis waren die Niederschlagsmengen im Jahr 2019 durchschnittlich bis leicht unterdurchschnittlich. Mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel gab es im Tessin und Graubünden sowie in den angrenzenden Regionen.



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

3 Schnee und Gletscher

Der Winter 2018/19 war im Norden einer der sechs schneereichsten der letzten 20 Jahre. Vor allem die Monate Dezember und Januar waren sehr niederschlagsreich. Im Süden war der Winter aussergewöhnlich trocken, der Niederschlag fiel hauptsächlich in den Monaten November und April. Im Mai 2019 sah es gut aus für die Schweizer Gletscher: In hohen Lagen lag noch überdurchschnittlich viel Schnee. Doch während der Hitzewellen im Sommer führte eine massive Gletscherschmelze zu einem weiteren Jahr mit starken Verlusten an Eisvolumen.

3.1 Schnee

Am 27. Oktober 2018 brachte eine Südstaulage bedeutende Niederschläge, die auch nach Norden übergriffen. Bis dahin lag ausser im Hochgebirge noch kaum Schnee. In den folgenden Tagen fielen vor allem im Süden in der Höhe sehr grosse Schneemengen. Nach dem kräftigen Wintereinbruch Ende Oktober führten auch im November Südstaulagen immer wieder zu Niederschlägen im Süden. Im Norden hingegen blieb es meist trocken. Im Dezember schneite es zunächst im Norden nur in hohen Lagen. Während einer Niederschlagsperiode vom 8. bis zum 10. Dezember fiel dann viel Schnee. Im gesamten Schweizer Alpenraum war oberhalb von 2000 m ü.M. eine geschlossene Schneedecke vorhanden. Zwei weitere Niederschlagsereignisse mit hoher Schneefallgrenze an den Tagen vor Weihnachten brachten am Alpennordhang in der Höhe erneut viel Schnee.

Im Januar verteilten sich die Schneefälle ähnlich wie im Dezember: im Norden viel Niederschlag, im Süden oft trocken. Zwischen dem 2. und 15. Januar fielen am zentralen und östlichen Alpennordhang und in Nordbünden verbreitet zwei bis drei Meter Neuschnee. Erst in der letzten Januarwoche gab es erneut Schnee auf der Alpennordseite, diesmal mit Schwerpunkt im Westen. Im Norden war es in den Bergen der kälteste Januar seit über 30 Jahren. Mit den tiefen Temperaturen schneite es häufig bis in tiefe Lagen, so dass die Schneehöhe dort vor allem auch in den Tälern stark überdurchschnittlich war.

In der ersten Februarhälfte gab es in allen Regionen der Schweizer Alpen etwas Niederschlag. Ab Mitte Februar war das Wetter hochdruckdominiert und sehr mild. Mit der Wärme aperten die Täler, die im Januar überdurchschnittlich viel Schnee hatten, wieder aus. Trotz der milden Temperaturen war die Schneeschmelze in der Höhe nur gering.

Vom 6. bis zum 7. März fielen im Süden knapp 50 cm Schnee. Ansonsten konzentrierten sich die Niederschläge auch im März auf den Norden. Am meisten Schnee (50 bis 80 cm) fiel dabei am 15./16. März.

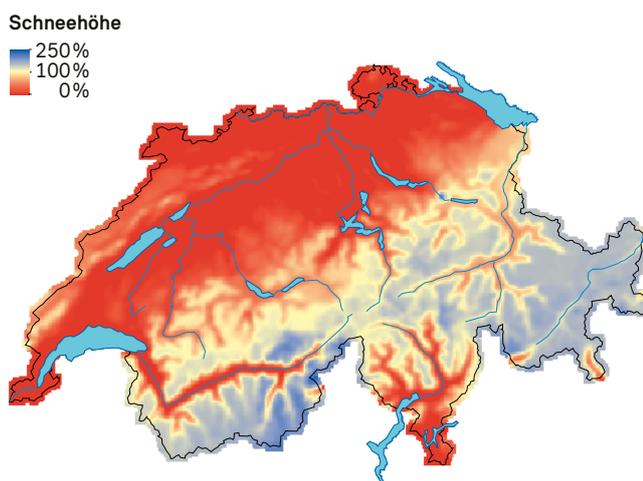
Am 3. und 4. April floss aus Süden milde und feuchte Luft über die Alpen, während die Alpennordseite aus Westen von kalten Luftmassen erfasst wurde. Die aus Süden über die Kaltluft gleitende feuchte Luft löste am zentralen Alpennordhang extreme Schneefälle aus. Gegen Ende Monat blies mit dem Niederschlag im Süden gleichzeitig im Norden starker Föhn. Dieser trieb mit den einhergehenden hohen Temperaturen die Schneeschmelze im Norden voran.

Der Mai war aussergewöhnlich kühl und sonnenarm. Es schneite immer wieder bis in mittlere, Anfang Mai sogar bis in tiefe Lagen. Mit dem oft trüben und kalten Wetter schmolz der Schnee dieses schneereichen Winters in der Höhe nur langsam. Zusammen mit den grossen Neuschneemengen führte dies dazu, dass die Schneehöhen im Mai insgesamt eher zu- als abnahmen und Ende Mai in hohen Lagen immer noch aussergewöhnlich viel Schnee lag.

Der zweitwärmste Juni seit Messbeginn trieb die Schneeschmelze, die im Mai sehr schwach ausgefallen war, schnell voran. In mittleren Lagen aperte die Schneedecke weitgehend aus. In der Höhe lag Ende Juni immer noch etwas mehr Schnee als normal um diese Jahreszeit. Dies besonders am nördlichen Alpenkamm und in Nordbünden.

Abb. 3.1: Schneehöhe (% des Normwertes)

Schneehöhen des Winters 2018/19 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

Seit einiger Zeit folgt ein Jahr mit rekordnahen Gletscherverlusten dem nächsten. Die Messung der Massenbilanzen auf 20 Schweizer Gletschern zeigt für das Jahr 2019 dasselbe Bild: Die Bilanz zwischen Zuwachs durch Schnee und Verlust durch Schmelze ist wiederum stark negativ. Allerdings ist die Situation weniger dramatisch als in den letzten beiden Jahren. Im April und Mai lagen 20 bis 40 % mehr Schnee auf den Gletschern als üblich. Noch anfangs Juni wurde stellenweise eine Schneehöhe von sechs Metern gemessen. Da die Schmelze relativ spät einsetzte, bestand bis zum Eintreffen der ersten Hitzewelle im Sommer die Hoffnung auf ein Jahr mit geringeren Einbussen an Gletschervolumen als in den Vorjahren. Während der zwei intensiven, einwöchigen Hitzeperioden Ende Juni und Ende Juli schmolzen aber innerhalb von nur 15 Tagen auf den Schweizer Gletschern Schnee- und Eismassen, die dem jährlichen landesweiten Trinkwasserverbrauch entsprechen. Die dicke Schneedecke war dadurch schnell weg, und die starke Schmelze hielt bis Anfang September an. Während der letzten zwölf Monate gingen damit rund 2 % des gesamten Schweizer Gletschervolumens verloren. Über die letzten fünf Jahre aufsummiert sind es über 10 % – ein derartiger Verlust

wurde in den über 100-jährigen Datenreihen noch nie beobachtet.

Die Gletscher-Massenbilanz im Jahr 2019 ist durch regionale Unterschiede geprägt. Vor allem im Osten und auf der Alpennordseite waren die Verluste stärker als im Durchschnitt des letzten Jahrzehnts. Bei vielen Gletschern wurde eine Reduktion der mittleren Eisdicke von ein bis zwei Metern gemessen (z. B. Silvrettagletscher, Glacier de Tsanfleuron). Im Gotthardgebiet und südlich davon waren die Bedingungen aufgrund starker Schneefälle zu Beginn und Ende des Winters aber günstiger. Einige Gletscher verzeichneten nur relativ geringe Verluste (z. B. St. Annafirn, Ghiacciaio del Basòdino). Der Zerfall kleiner Gletscher schreitet weiter voran: Über 500, meist namenlose Gletscher, sind seit etwa 1900 bereits verschwunden. Mit dem Pizolgletscher musste einer der ersten Gletscher mit langen Datenreihen aus dem Messnetz gestrichen werden.

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

Abb. 3.2: Der Pizolgletscher ist weiter zerfallen und liegt nur noch in Form von kleinen, abgetrennten Eisresten vor, die stark von Schutt bedeckt sind



4 Oberflächengewässer

Über das Jahr gesehen lagen die Abflüsse und Wasserstände der Schweizer Seen meist im Bereich des langjährigen Durchschnitts. Kurzfristig gab es kleinere Hochwasser und auch einzelne Niedrigwasserperioden. Die Wassertemperaturen erreichten im Frühsommer teilweise sehr hohe Werte und in den regenreichen Wochen im Sommer und Herbst wurden hohe Schwebstofffrachten registriert.

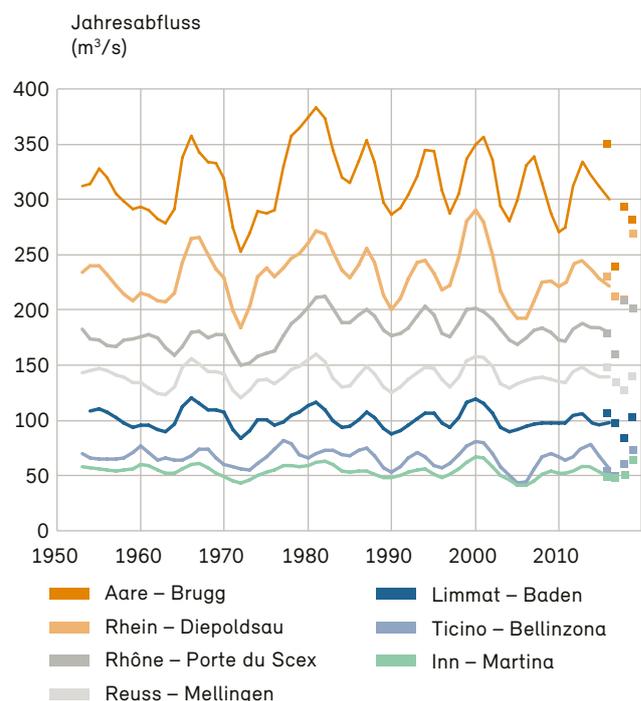
4.1 Abflussverhältnisse

Die Jahresmittel des Abflusses der grossen Flussgebiete lagen im Jahre 2019 in einem Bereich zwischen – 25 % und + 20 % verglichen mit den Werten der Normperiode 1981 – 2010. Deutlich unterdurchschnittliche Abflüsse wurden im Norden und Nordwesten der Schweiz an der Birs, am Doubs und an der Aare bei Brugg gemessen. Deutlich überdurchschnittlich waren die Werte im Süden und Südosten des Landes, an der Maggia, am Inn und am Rhein bei Diepoldsau. Normale Werte mit einer Abweichung von weniger als +/- 10 % vom langjährigen Referenzwert traten an der Thur, der Limmat, der Reuss und an der Rhone auf.

Die erwähnten unterdurchschnittlichen Abflüsse an der Aare bei Brugg können mit Hilfe der Abbildung 4.1 eingeordnet werden. Selbst in der Darstellung mit einem gleitenden Mittel ist die grosse Variabilität noch gut zu erkennen. Das relativ bescheidene Jahresmittel 2019 ist an diesem Ort nichts Aussergewöhnliches. Seit 1950 war der entsprechende Wert in 19 Jahren kleiner als im Berichtsjahr; das letzte Mal 2017. Am Inn bei Martina hingegen, wo das Jahresmittel deutlich höher war als der Durchschnitt, liegen die Abflüsse nur jedes 9. Jahr über dem Wert von 2019.

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.



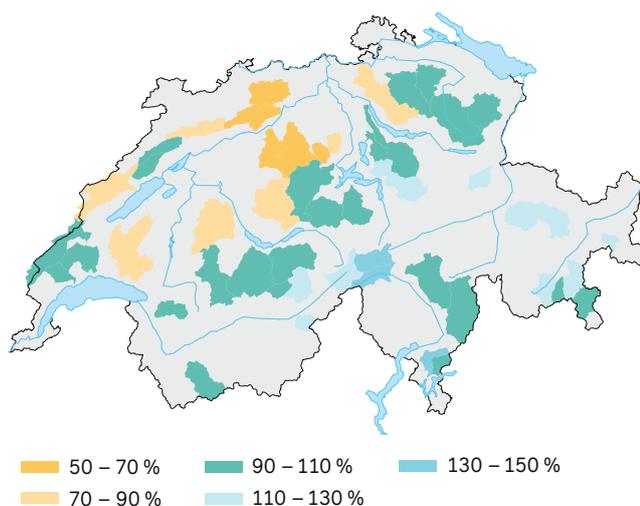
In den mittelgrossen Einzugsgebieten lagen die Jahresmittel im Bereich von knapp 60 % bis 140 % der Norm (Abb. 4.2). Über 130 % der Norm erreichten die Jahresabflüsse in den Einzugsgebieten um den Gotthard und im Südtesin. Einen neuen höchsten Jahresabfluss verzeichnete die Julia bei Tiefencastel, wo der Abfluss seit 1977 gemessen wird. Der bisherige Höchstwert aus dem Jahr 1987 wurde dort deutlich übertroffen.

Die tiefsten Werte, mit Jahresabflüssen unter 70 % des entsprechenden Referenzwertes, findet man an Flüssen im zentralen Mittelland (Dünnern, Murg, Wigger und Suhre) und an der Ergolz. An der Murg bei Murgenthal war der Jahresabfluss in den vergangenen knapp 40 Jahren noch nie so tief. Die Ergolz bei Liestal blieb als einziges Einzugsgebiet unter 60 % der Referenz. 2019 war dort aber kein Extremjahr. Das Jahresmittel von 2003 zum Beispiel kam nur auf rund 52 % der Norm, 1943 waren es gar nur 41 %.

Das Beispiel dieser beiden Flüsse zeigt, dass bei einem Vergleich der Abflussmengen verschiedener Einzugsgebiete dieselben Messperioden betrachtet werden sollten – im Jahrbuch wird daher wenn möglich jeweils Bezug genommen auf die Normperiode 1981 – 2010. Verglichen zu dieser Norm lag der Jahresabfluss der Ergolz 2019 tiefer als der Wert für die Murg. Die Murg verzeichnete jedoch einen Rekord, die Ergolz nicht. Der Grund: Während der Abfluss an der Ergolz bei Liestal schon seit 1934 gemessen wird, ist die Messstation an der Murg bei Murgenthal erst seit 1981 in Betrieb. Ein niedriger Abfluss erreicht in einer kurzen Messreihe rascher einen neuen Rekordwert als in einer langen Periode. Je kürzer eine Messreihe aber ist, desto kleiner ist die Aussagekraft zum Verhalten eines Einzugsgebietes. Aus diesem Grund sind langfristig angelegte Messnetze von grosser Bedeutung, insbesondere, wenn Aussagen zu langsamen Veränderungen in einem Einzugsgebiet dokumentiert werden sollen (z. B. Nutzungsänderungen oder Folgen des Klimawandels).

Abb. 4.2: Abflussverhältnisse ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

Jahresmittel 2019 ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete im Vergleich zum mittleren Abfluss der langjährigen Normperiode 1981 – 2010 [%].



Die Einzugsgebiete mit den tiefen Jahresabflüssen der West- und Nordwestschweiz verzeichneten mehrheitlich von Anfang Jahr bis in den Spätsommer hinein unterdurchschnittliche Werte, mit verhältnismässig kleinen

Abflussmengen im Januar, April, Juli und September. Beispiele dafür sind die Aare bei Brugg (Abb. 4.3) und der Doubs bei Ocourt (Abb. 4.4). Im Dezember wurden dann auch in diesen Einzugsgebieten erhöhte Abflüsse gemessen.

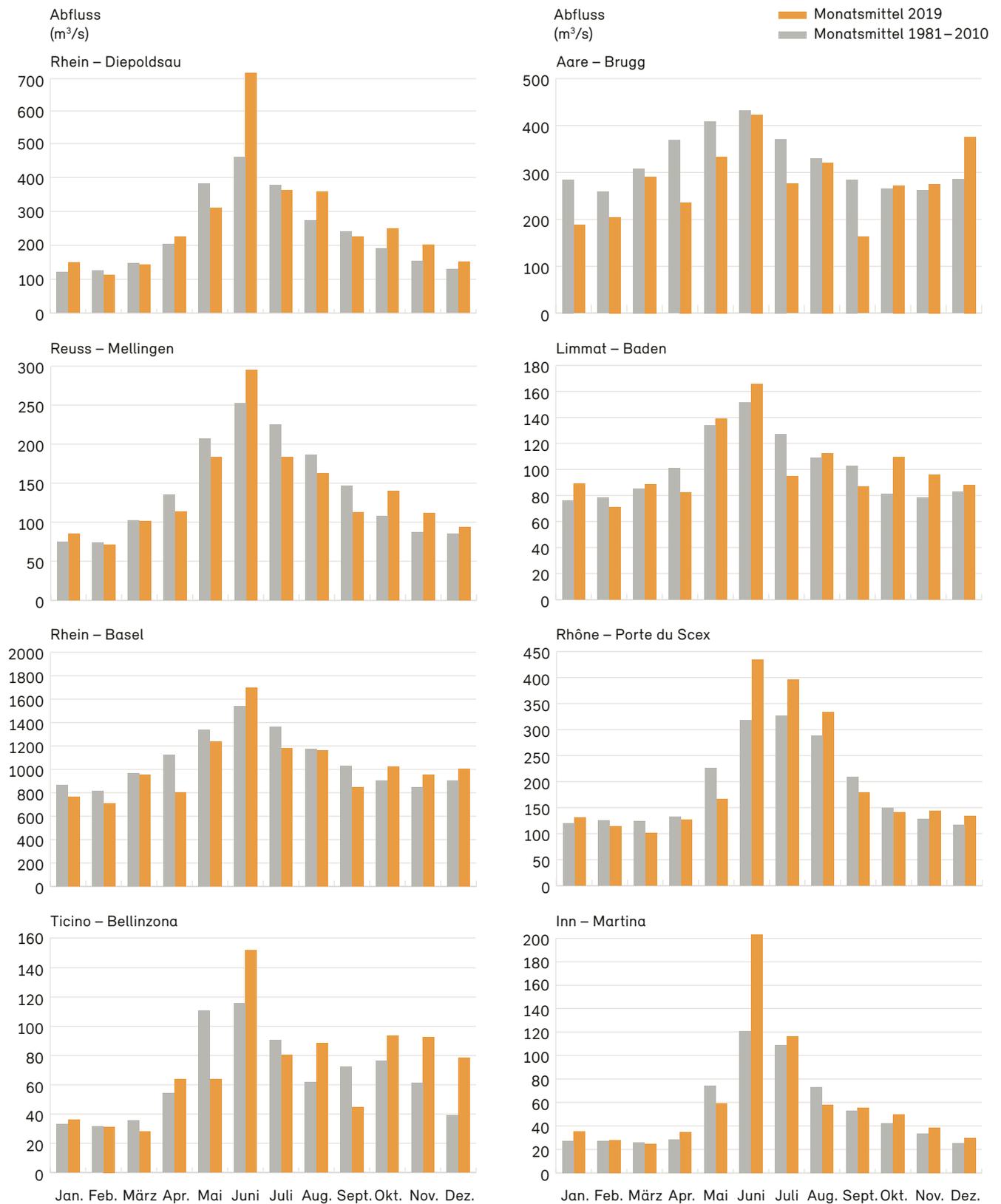
Ein einzelner Monat kann unter Umständen für ein überdurchschnittliches Jahresergebnis sorgen, wie dies auch am Inn bei Martina geschah. Die Monatsabflüsse waren mit Ausnahme vom Juni auf einem Niveau, wie man es aufgrund der langjährigen Mittelwerte erwarten kann (Abb. 4.6) – in der zweiten Jahreshälfte immer etwas höher als die Norm, aber doch nicht allzu weit davon entfernt. Zusammen mit dem stark überdurchschnittlichen Juni-Wert (knapp 70 % über dem langjährigen Monatsmittel) ergab das den ausserordentlich hohen Jahresabfluss.

In den grossen Einzugsgebieten der Zentral- und Ostschweiz sowie im Tessin wurden neben dem Juni auch in den Monaten Oktober, November und Dezember verbreitet erhöhte Abflüsse registriert (Abb. 4.3); im Flussgebiet der Aare vor allem im Dezember. An der Rhone machte sich in den Monaten Juni, Juli und August die massive Gletscherschmelze bemerkbar.

Selbst in einem ereignisarmen Jahr wie 2019 gibt es in einem umfangreichen Messnetz Stationen, an denen Abflüsse gemessen werden, die dort zuvor so noch nicht aufgetreten sind. Erwähnenswert sind diesbezüglich die Monate Juni und Juli: Im Juni gab es an über einem Dutzend Stationen neue höchste Juni-Maxima. Diese Stationen liegen vor allem im Tessin, in Graubünden und im Oberwallis (vgl. Abb. 1.3). Im Juli wurden an einigen Stationen neue tiefste Monatswerte gemessen, so an einzelnen Stationen in der Westschweiz, im Tessin und in der Nordostschweiz sowie an mehreren Stationen im Einzugsgebiet der Emme und im Oberaargau. Die Messung von sehr tiefen Wasserständen und sehr kleinen Abflüssen kann anspruchsvoll und zum Teil ungenau sein (vgl. «Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2017»). Es ist deshalb empfehlenswert, beim Vorliegen von aussergewöhnlichen Messwerten auch Aufzeichnungen von Nachbarstationen in eine Beurteilung einzubeziehen, insbesondere dann, wenn – wie in diesem Fall – provisorische Daten ausgewertet werden.

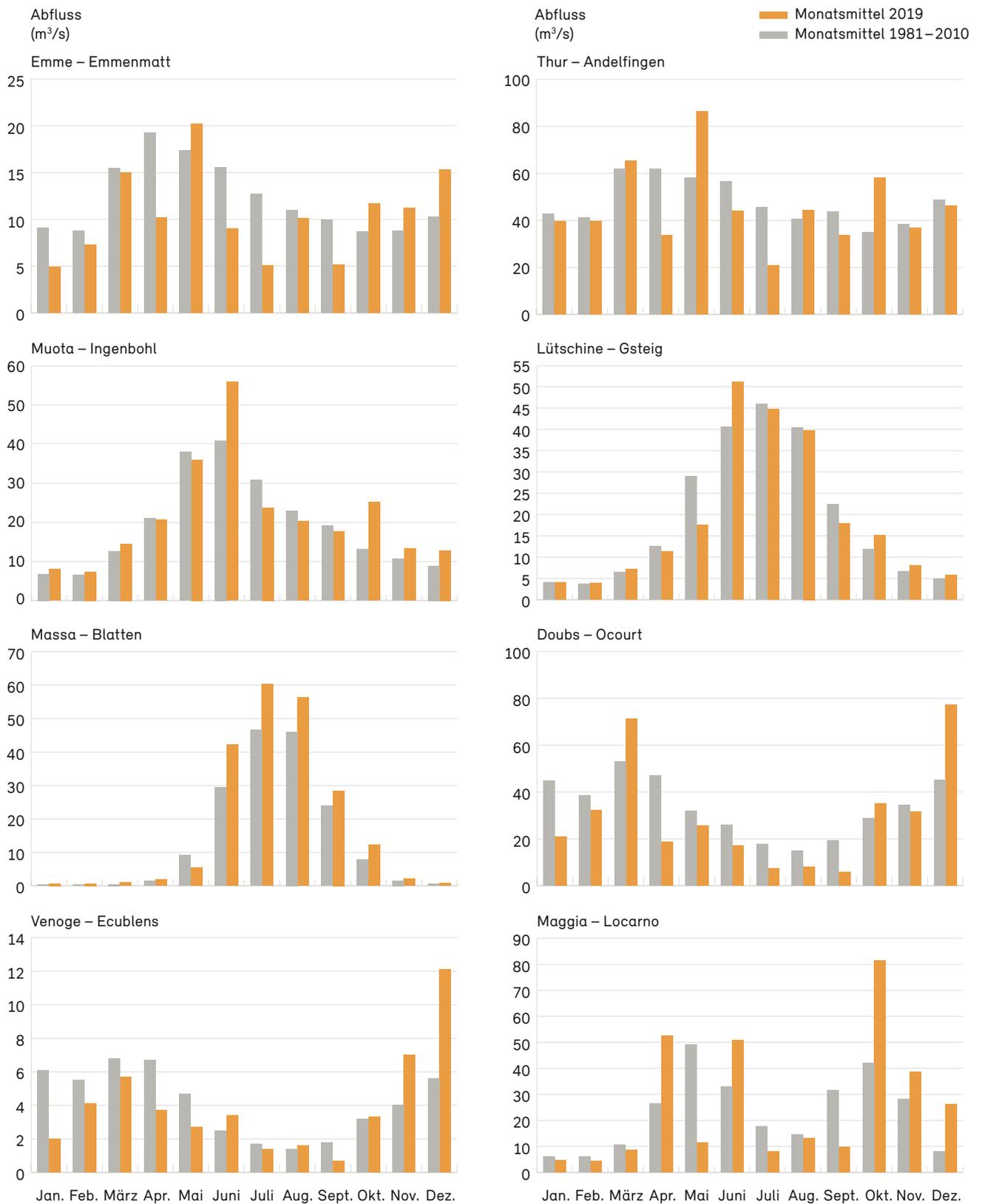
Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete

Abb. 4.3: Monatsmittel 2019 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



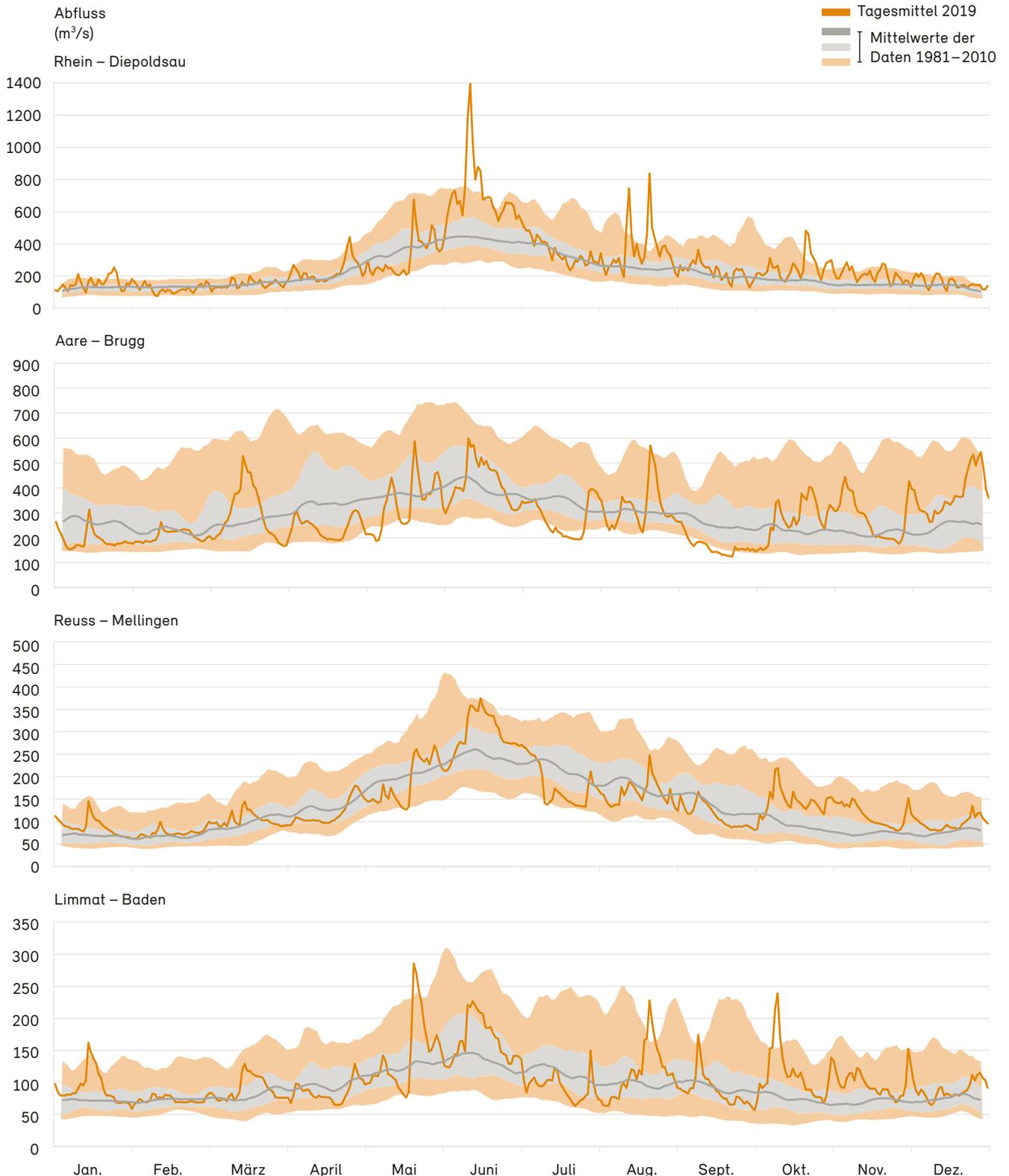
Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

Abb. 4.4: Monatsmittel 2019 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



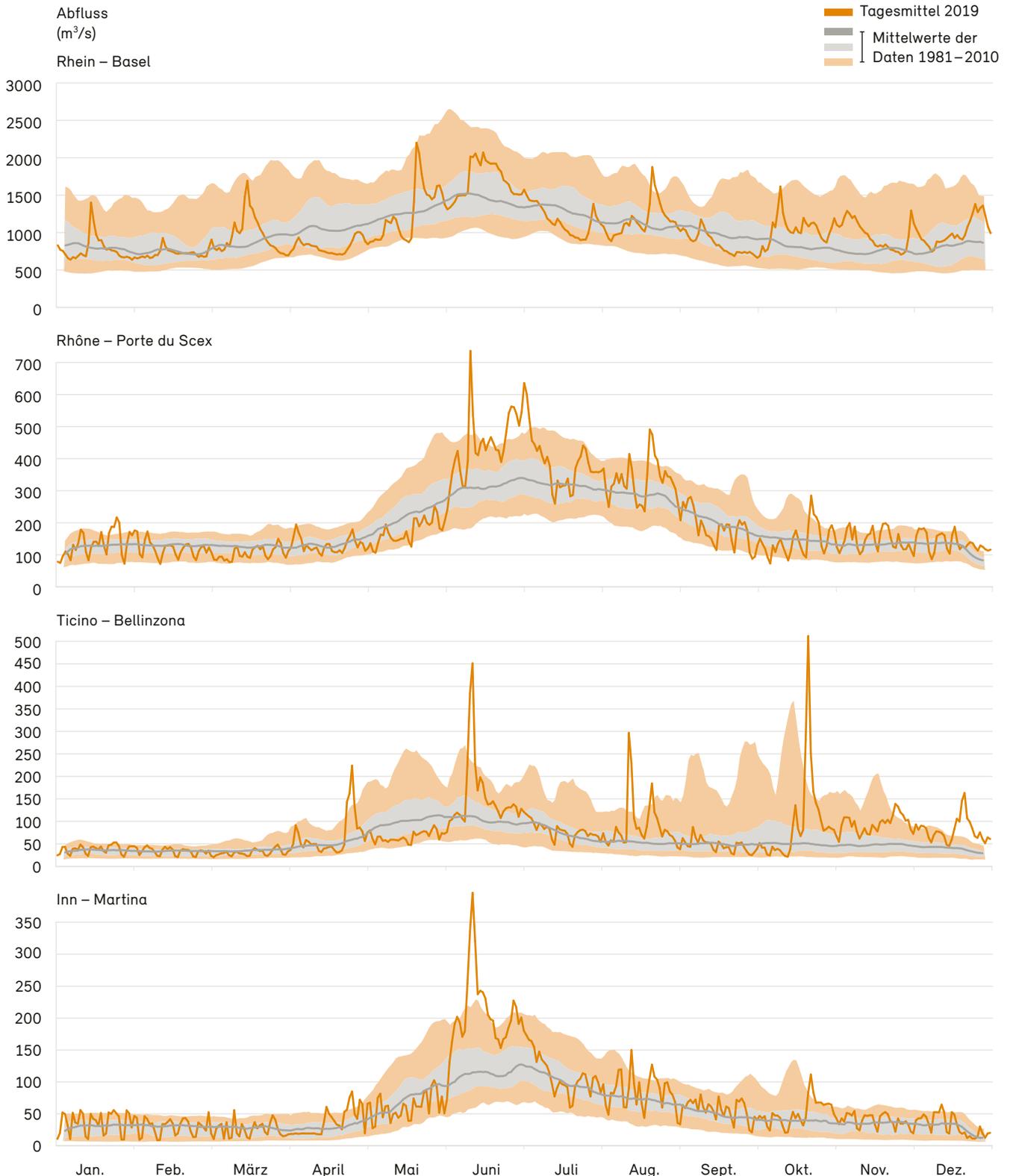
Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.5: Tagesmittel 2019 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.



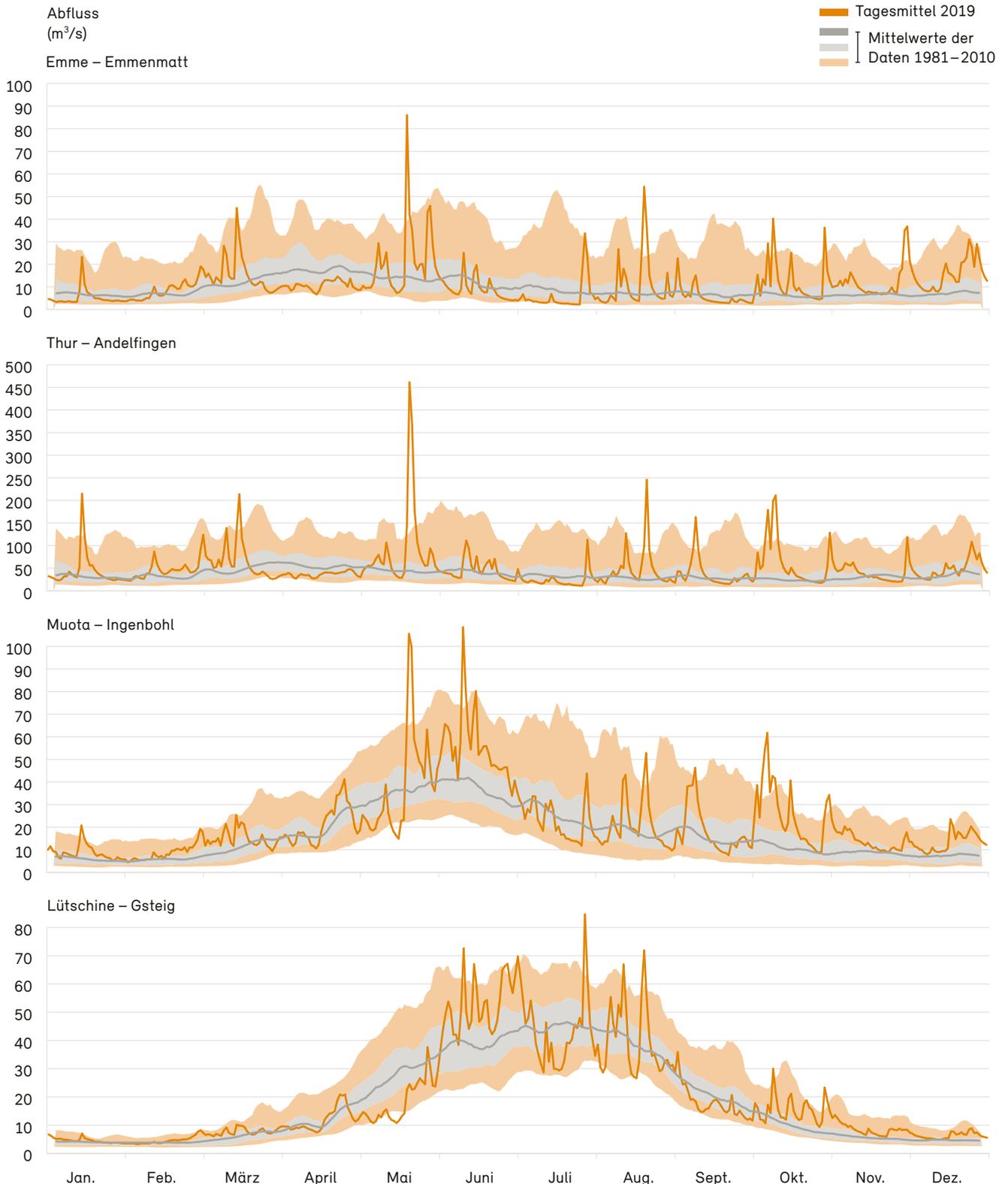
Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.6: Tagesmittel 2019 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.



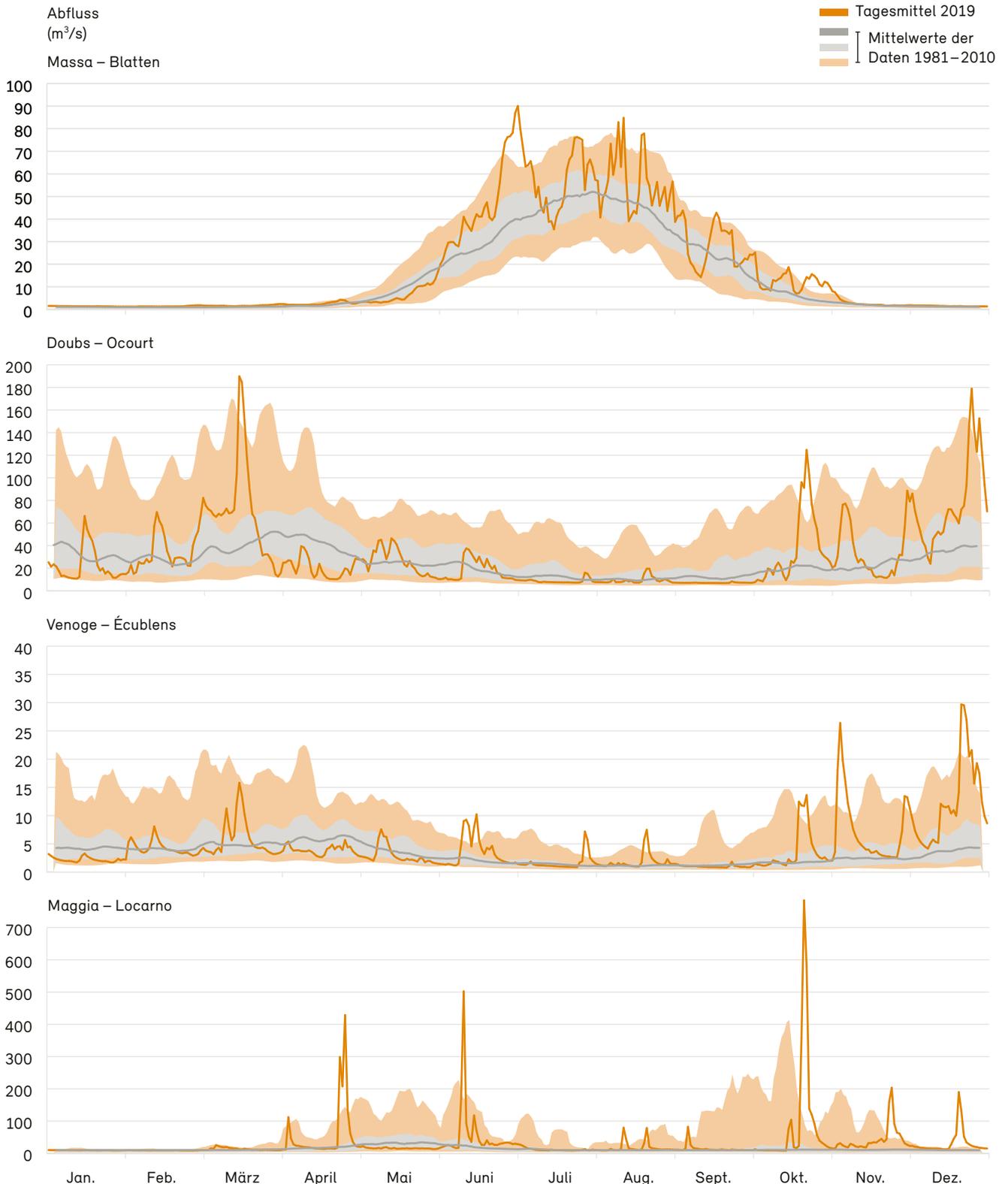
Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.7: Tagesmittel 2019 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 2019 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

Nachdem im Jahr 2018 die Jahresmittelwerte des Wasserstands der meisten grossen Seen wegen der anhaltenden Trockenheit unter dem langjährigen Mittelwert lagen, zeigte sich das Jahr 2019 sehr ausgeglichen. Am Bodensee (Obersee) betrug die Abweichung von der Norm +23 cm, am Walensee +5 cm und am Lago di Lugano –7 cm. Bei den anderen grossen Seen jedoch betrug die Differenz weniger als 5 cm. Grosse Abweichungen von der Norm sind an regulierten Seen auch nicht zu erwarten. Wenn sie trotzdem auftreten, deuten sie auf aussergewöhnliche Situationen hin, in denen es nicht möglich ist, ein Regulierreglement einzuhalten. So wie eben 2018, als wegen der Trockenheit nicht immer die geforderten Mindestmengen aus den Seen abgelassen werden konnten. In einem Jahr wie 2019 sind bei einer ganzjährigen Betrachtung keine grossen Differenzen zum langjährigen Mittelwert zu sehen.

Bei einer monatlichen Auflösung zeigt sich, wie die Jahresmittelwerte zu Stande gekommen sind (Abb. 4.9). Am Bodensee lag der Wasserstand in keinem Monat des Jahres unter dem entsprechenden Wert der Normperiode. Der Höhepunkt der monatlichen Abweichungen von der Norm wurde mit einem knappen halben Meter im Juni erreicht. Und in der zweiten Jahreshälfte betrug die Differenz nie weniger als 19 cm. Am Neuenburgersee, wo das Jahresmittel 2019 bloss 1 cm über dem langjährigen Wert lag, wichen die Monatswerte des Wasserstands von April bis September nicht mehr als 2 cm von der Norm ab. Wegen des niederschlagsarmen Winters 2018/19 auf der Alpensüdseite blieben die Pegelstände am Lago Maggiore verhältnismässig tief (–41 cm im Februar und –72 cm im März). Die Defizite wurden im Sommer und vor allem Ende Jahr kompensiert (+42 cm im November und +47 cm im Dezember). Die monatlichen Abweichungen am Lac Léman sind wie üblich sehr klein: Im Januar betrugen sie –5 cm und von Februar bis Dezember nie mehr als 2 cm.

2019 war insgesamt ein ereignisarmes Jahr (vgl. Abb. 4.10). Für den Bodensee resultierten trotzdem knapp 30 Tage mit Pegelständen im Bereich der Gefahrenstufe 2 und 3. Vom 12. Juni bis am 8. Juli lag der Wasserstand über der Schwelle zwischen Stufe 1 und Stufe 2 von 396,65 m ü.M. Der Pegel erreichte am 14. Juni die Gefah-

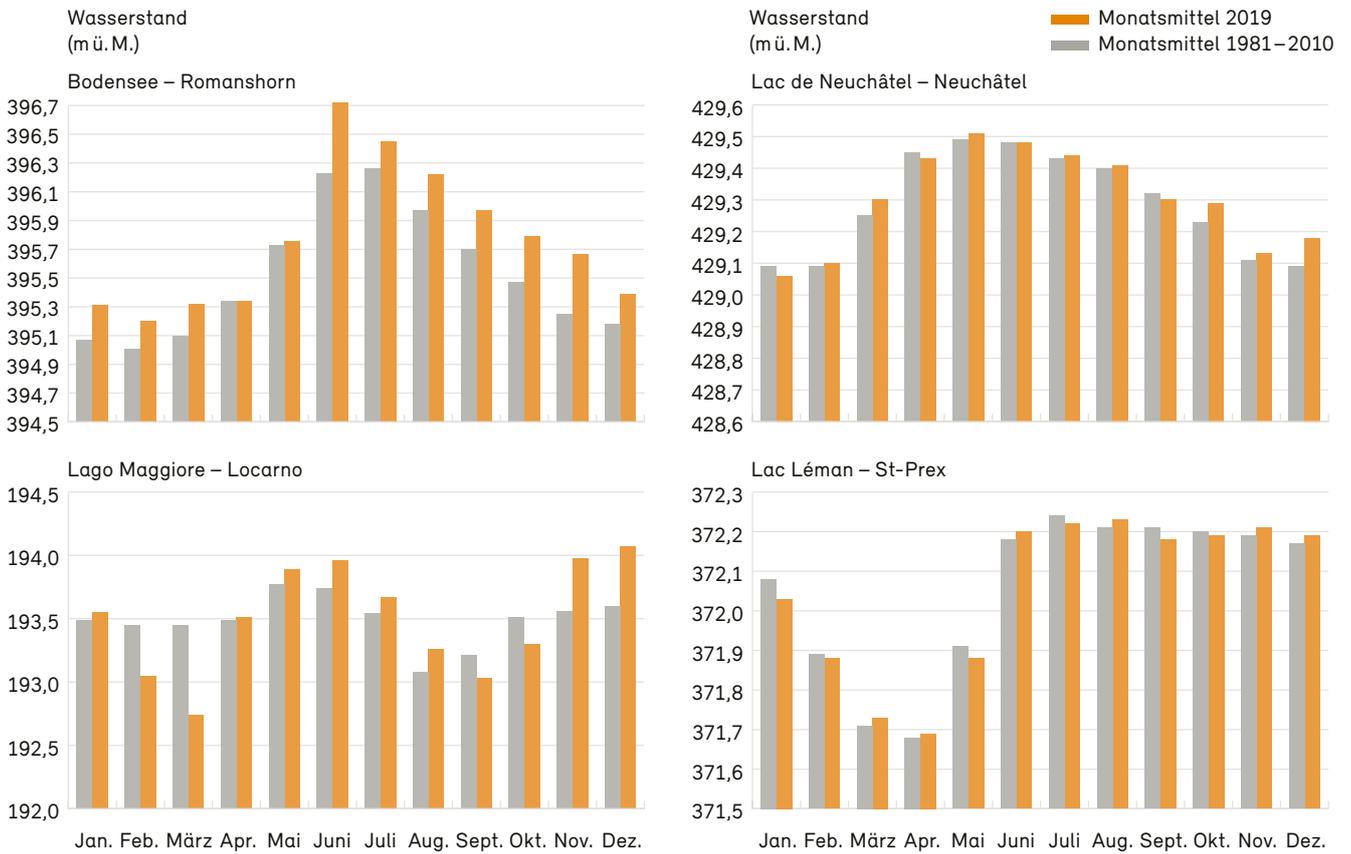
renstufe 3, stieg bis am 17. Juni auf 396,98 m ü.M. an und sank erst rund 10 Tage später wieder unter den Schwellenwert zur Stufe 3. Der Grund für dieses Hochwasser war eine starke südliche bis südwestliche Höhenströmung mit starken Niederschlägen sowie die intensivierete Schneeschmelze (siehe auch Kapitel 1). Es ist nicht ganz ungewöhnlich, dass der Bodensee auf ein Niveau um 397 m ü.M. ansteigt. In den letzten Jahren erreichte er bei der Messstation Romanshorn mehrmals noch höhere Pegelstände, so im Juni 2016 (397,35 m ü.M.) und im Juni 2013 (397,04 m ü.M.). Ganz anders sah es im Juni 2018 aus: Der Seepegel lag Ende des Monats noch bei 395,10 m ü.M. und sank infolge der langen Trockenperiode bis Oktober auf 394,92 m ü.M.

Der Neuenburgersee blieb das ganze Jahr über deutlich unterhalb der Gefahrenstufe 2. Nur Mitte Mai näherte sich der Wasserstand der Gefahrenstufe 2, blieb aber immer noch 26 cm darunter. 2019 traten keine Hochwasser auf, aber auch Niedrigwasserphasen waren am Neuenburgersee kein Thema.

Der Verlauf der Pegelstände am Lago Maggiore zeigte im Jahr 2019 gewisse Ähnlichkeiten mit dem Verlauf des Jahres 2018: Verhältnismässig tiefe Pegelstände im Frühjahr und Herbst sowie ein sehr rascher Anstieg im Herbst und Winter. Die Gefahrenstufe 2 wurde auch hier erreicht: Der Wasserstand lag Ende Oktober an fünf, Ende November an vier Tagen in diesem Bereich. Das höchste Niveau des Jahres 2018 (195,36 m ü.M.) wurde allerdings nicht erreicht. Das Maximum lag 2019 bei 194,90 m ü.M. und damit 46 cm tiefer als im Vorjahr und mehr als zwei Meter unter dem Höchststand seit 1943 (197,57 m ü.M. im Oktober 2000). Diese Zahlen zeigen einmal mehr den grossen Schwankungsbereich der Wasserstände (5,52 m), die am Lago Maggiore auftreten können. Im Gegensatz dazu ist der entsprechende Bereich am Genfersee schmal. Er beträgt zwischen dem kleinsten und dem grössten gemessenen Wert in der 77-jährigen Messreihe bloss 1,85 m. 2019 lagen zwischen dem minimalen und maximalen Wasserstand 71 cm.

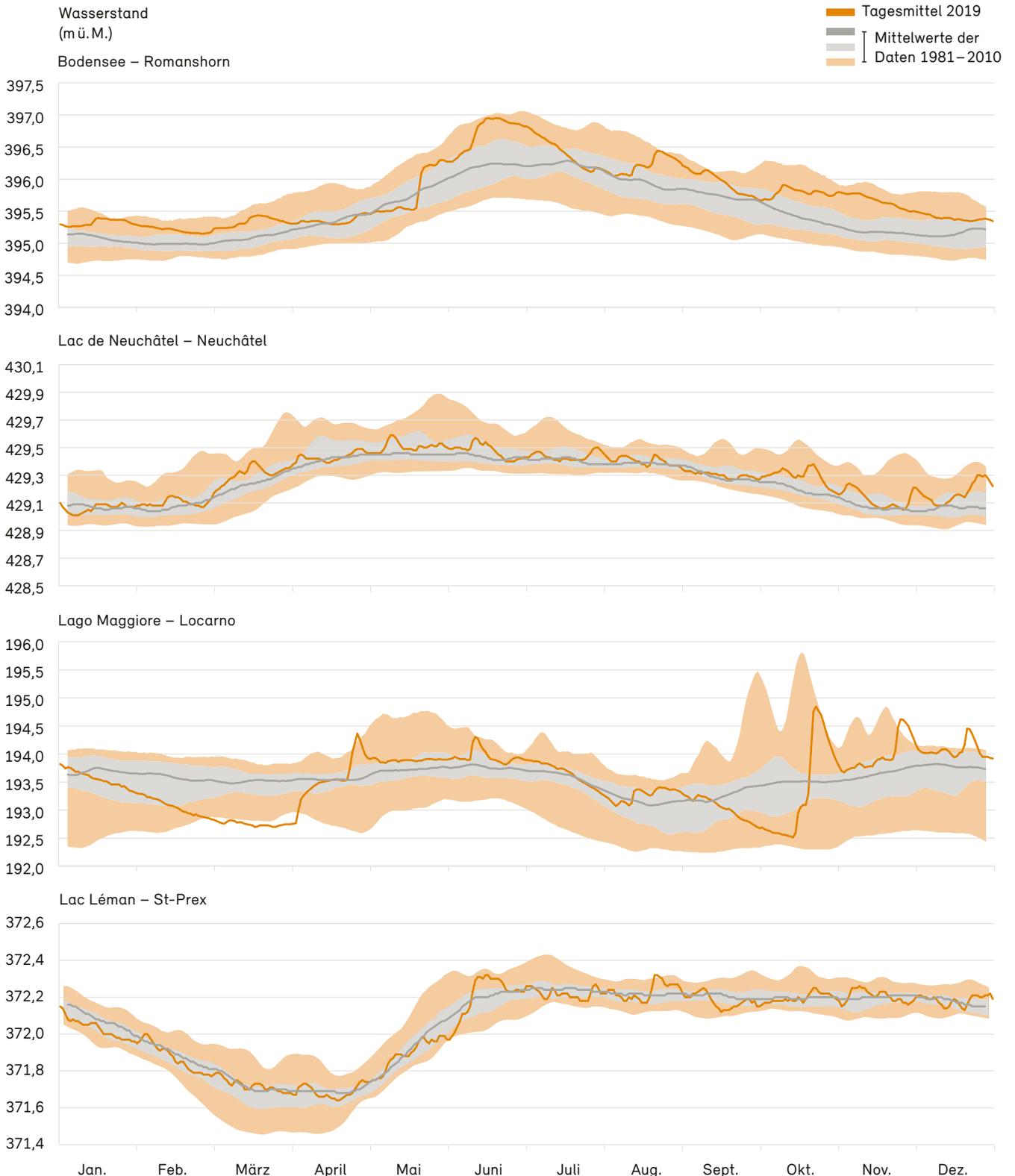
Monatsmittel der Wasserstände ausgewählter Seen

Abb. 4.9: Monatsmittel 2019 der Wasserstände (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau)



Tägliche Wasserstände ausgewählter Seen

Abb. 4.10: Tagesmittel 2019 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

Obwohl 2019 bezüglich der Lufttemperatur wieder ein sehr warmes Jahr war, erreichten die Jahresmittelwerte der Wassertemperatur keine neuen Rekordhöhen. Es wurden im 2019 keine Überschreitungen der Jahresmaxima, aber auch keine Unterschreitungen der Jahresminima beobachtet.

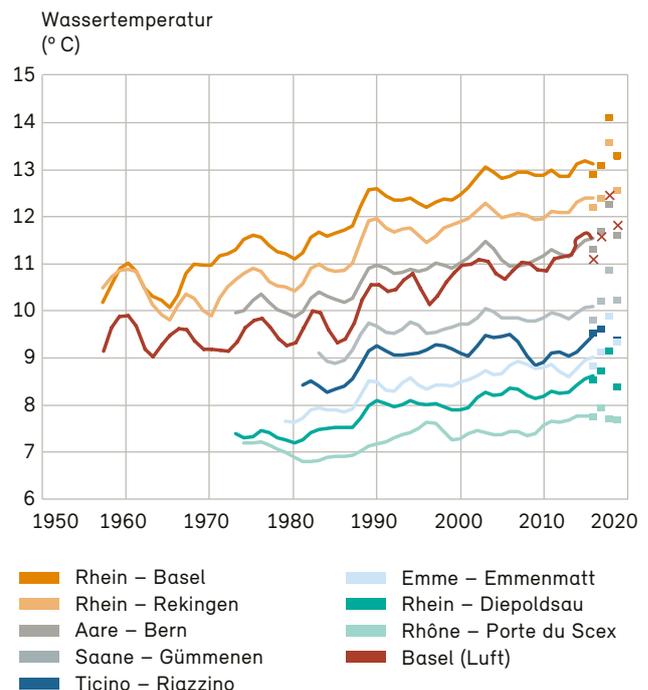
Dagegen zeigt sich bei den Monatsmaxima bzw. -minima der Wassertemperatur ein leicht anderes Bild: In den Bergen war der Winter von massiven Temperaturschwankungen gekennzeichnet. Dies führte im Alpenraum vereinzelt zu Unter- bzw. Überschreitungen der bisherigen monatlichen Extremwerte bei den Wassertemperatur-Messstationen. Einzig im Süden, wo zwar mildere Temperaturen herrschten, aber auch aufgrund der Nordföhn-Lage sehr geringe Niederschläge auftraten, traten bei wenigen Stationen sowohl neue Höchsttemperaturen wie auch neue monatliche Tiefstwerte auf. Unterschreitungen der bisherigen minimalen Temperaturen sind z. B. bei stark von Gletschern beeinflussten Gewässern zu beobachten.

Erst mit den lang anhaltenden Wärmeperioden im Juni und Juli wurden nach einem ausgeglichenen Frühling in der ganzen Schweiz an einzelnen Orten wieder vermehrt neue Monatsmaxima beobachtet. Die Anzahl Überschreitungen war in beiden Monaten in etwa gleich verteilt und variierte nur räumlich in ihrem Auftreten. Im Vergleich zu den Extremjahren 2011, 2014, 2015 oder gar 2018 wurden jedoch nur wenige Höchstwerte registriert. Diese Maxima traten bereits im Juni und Juli auf, und damit früher im Sommer als z. B. im Hitzesommer 2018, als die Wassertemperaturen erst im Juli und August sehr hoch waren.

Im November schliesslich erreichte die Wassertemperatur bei einzelnen Stationen im westlichen Teil der Schweiz nochmals monatliche Extremwerte. Ebenso führte eine Südföhnlage im November und die über der Norm liegende Lufttemperatur während dieses Monats vor allem im Mittelland und vereinzelt auch im Süden zu Überschreitungen der Monatsmaxima. Interessanterweise traten in dieser Zeit auch wieder Monatsminima bei von Gletschern beeinflussten Stationen auf.

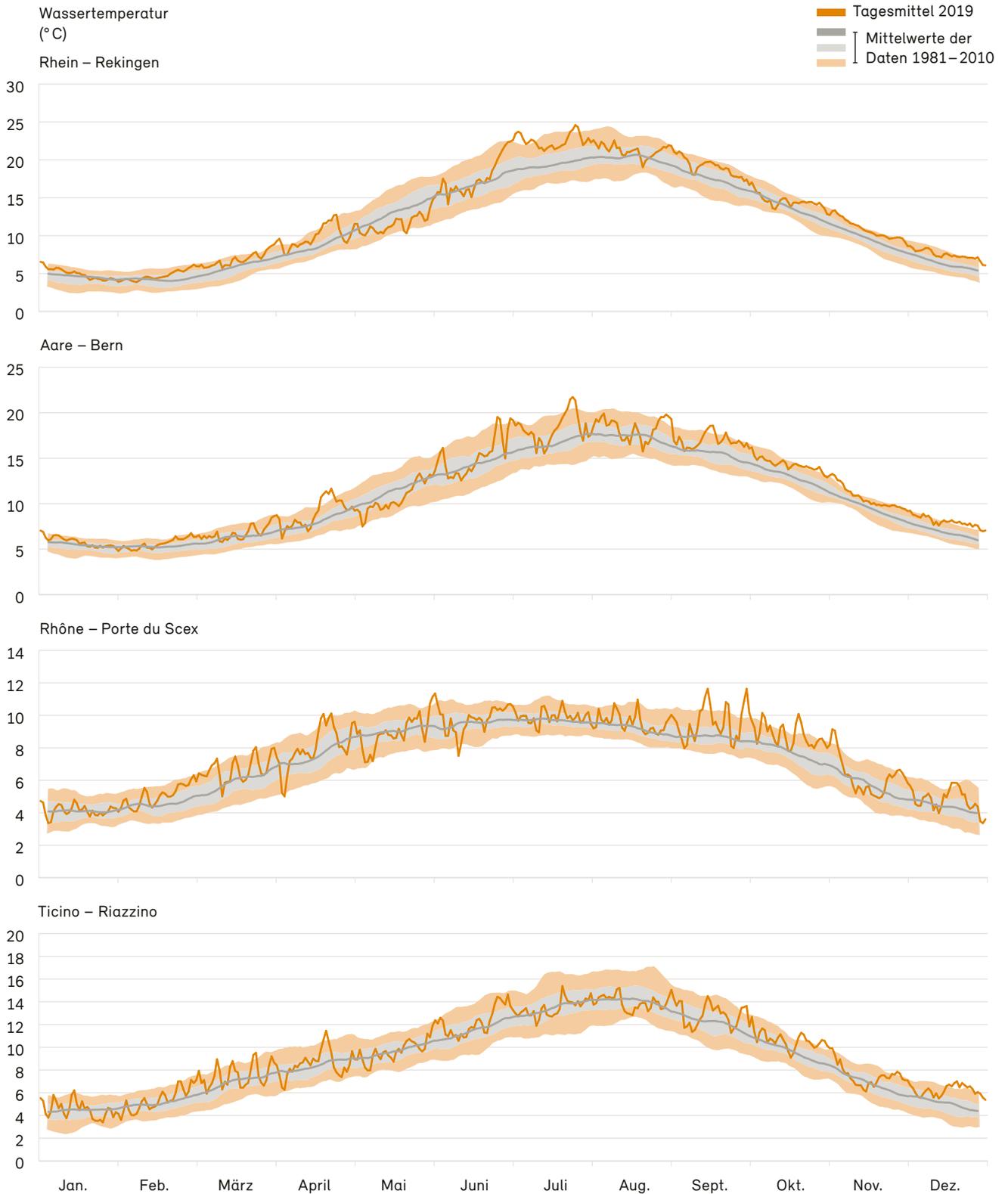
Abb. 4.11: Entwicklung der Wassertemperaturen von 1954 bis 2019 in ausgewählten Flüssen der Schweiz

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



Mittlere Tagestemperatur ausgewählter Stationen

Abb. 4.12: Tagesmittel 2019 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 Herkunft, Verweilzeit und die Mischungsverhältnisse von einzelnen Wasserkomponenten nachzuerfolgen oder die mittlere Höhe des Einzugsgebietes von Wasservorkommen abzuschätzen. Sie leisten daher sowohl bei praktischen hydrogeologischen Fragestellungen als auch in Forschungsprojekten einen Beitrag für ein verbessertes Prozessverständnis. Isotopenhydrologische Informationen stellen vor allem für die Untersuchung von Wasservorkommen in alpinen Einzugsgebieten einen Mehrwert dar, da hiermit oft weiterführende Aussagen insbesondere über die Verweilzeit «junger» Wasserkomponenten oder über gebietsübergreifende Wasserflüsse erfolgen können. Die physikalisch basierte Abhängigkeit der Zusammensetzung stabiler Wasserisotope von Lufttemperatur und relativer 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 (^2H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) landesweit an 13 Niederschlagsmessstellen und 9 Messstellen an Fließgewässern beobachtet. Dadurch stehen langfristig Referenzdatenreihen für hydro(geo)logische und meteorologische Studien zur Verfügung.

Regelmässige jahreszeitliche Schwankungen prägen die Isotopenwerte im Niederschlag. Diese werden durch längerfristige Entwicklungen überlagert. Entsprechend dem allgemeinen Temperaturtrend stiegen die $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Niederschlag ab Beginn der 1980er Jahre bis Anfang dieses Jahrhunderts an allen Niederschlagsmessstellen an. Zwischen 2005 und 2015 waren dagegen vorübergehend eher stagnierende bis sinkende $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Niederschlag zu verzeichnen; seitdem stiegen sie erneut an. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2019 grösstenteils fort (Abb. 4.13).

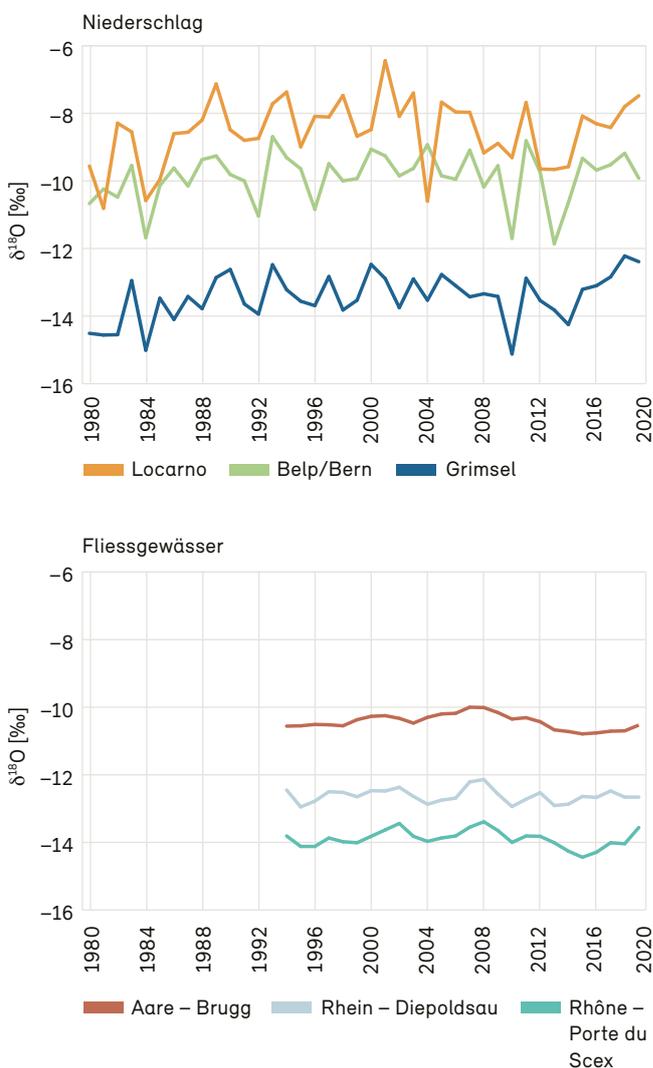
Im Februar 2019 führte ein Kälteeinbruch zu für die Jahreszeit überdurchschnittlich abgereicherten δ -Werten im

Niederschlag. Im Frühling, Sommer und Herbst wurden entsprechend den hohen Lufttemperaturen im Vergleich zur langjährigen Beobachtung im Niederschlag erhöhte δ -Werte gemessen. Ein Kälteeinbruch im November führte in der Folge wieder zu niedrigeren δ -Werten.

In Fließgewässern ist der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ebenfalls erkennbar. Er ist allerdings durch regionale Mischeffekte im Abfluss stark gedämpft (z. B. in Aare, Rhein und Rhone). Auch hier war zwischen 2008/09 und 2015 vorübergehend ein Unterbruch im

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

Entwicklung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in Niederschlag und Fließgewässern an ausgewählten Messstellen von 1980 bis 2019.



generell ansteigenden Trend der Isotopenwerte ersichtlich. Der seit 2015 beobachtete Anstieg der δ -Werte in der Aare bei Brugg und in der Rhone bei Porte du Scex setzte sich auch im Jahr 2019 fort (Abb. 4.13). Intensive Niederschläge in der kalten Jahreszeit (Januar – März und Oktober – Dezember) im Einzugsgebiet des Rheins führten in Diepoldsau im Jahr 2019 zu tieferen Jahresmittelwerten als in den Vorjahren.

4.5 Wasserqualität/physikalische und chemische Eigenschaften

Das Programm der Nationalen Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF) begann 1972 und umfasst Analysen von Nährstoffen, durch den Untergrund und Boden geprägten (geogenen) Elementen und Metallen, die parallel zu kontinuierlichen Messungen (z. B. Abfluss, Temperatur) an etwa zehn Stationen des Bundes durchgeführt werden. Eine dieser Stationen, Weil am Rhein,

ist seit 1993 zugleich Rheinüberwachungsstation (RÜS). Dort werden im Rahmen des RÜS-Messprogramms Mikroverunreinigungsmessungen durchgeführt. Detaillierte Informationen zu den Messprogrammen und der Station finden sich im Anhang dieses Jahrbuchs.

Messungen von Mikroverunreinigungen an der RÜS von 2013 bis 2019

An der RÜS werden täglich rund 300 Mikroverunreinigungen gemessen. Die in Tabelle 4.1 dargestellten organischen Mikroverunreinigungen umfassen sieben Humanarzneimittel und zwei Stoffe für industrielle Anwendungen, die flächendeckend im Zulauf von Schweizer Kläranlagen vorkommen und in diesen mit Aktivkohle- oder Ozonierungsbehandlung wirksam entfernt werden können (siehe auch weiterführenden Informationen im Anhang). Diese Substanzen wurden für die Überwachung des Reinigungseffektes in den Kläranlagen ausgewählt, bilden die Belastung der Gewässer durch Mikroverunreinigungen aber nur sehr begrenzt ab.

Tab. 4.1: Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein/RÜS: Zwischen 2013 und 2019 gemessene Konzentrationen, Anteile an der Gesamtfracht und Veränderung der Frachten von neun Mikroverunreinigungen

Stoff (Stoffart)	Konzentration: Median der Tageswerte ($\mu\text{g/l}$)	Anteil an der Gesamtfracht der 9 Stoffe (%)	Veränderung der Frachten gegenüber dem Jahr 2013 (2019 – 2013)/2013 (%)	Zusammenhang der Frachtänderung 2013 – 2019 mit der Zeit: Linearer Korrelationskoeffizient R^2	Veränderung der Verkaufsmengen gegenüber dem Jahr 2014 (2016 – 2014)/2014 (%)	Zusammenhang von Abfluss und Fracht*: linearer Korrelationskoeffizient R^2
Benzotriazol (IA)	0,210	50	– 20	0,58	–	0,75
Summe 4- und 5-Methylbenzotriazol (IA)	0,100	24	– 31	0,75	–	0,69
Diclofenac (HA)	0,030	7	– 25	0,49	– 6	0,26
Hydrochlorothiazid (HA)	0,021	5	– 26	0,54	0	0,37
Carbamazepin (HA)	0,018	4	– 58	0,91	– 10	0,37
Candesartan (HA)	0,016	3	196	0,85	8	0,69
Metoprolol (HA)	0,011	3	– 38	0,91	– 1	0,50
Venlafaxin (HA)	0,009	3	– 16	0,05	3	0,30
Clarithromycin (HA)	0,005	1	– 70	0,85	– 6	0,26

IA: Industrielle Anwendungen

HA: Humanarzneimittel

* tägliche Abflüsse und tägliche Frachten

fett: $R^2 > 0,50$. R^2 zeigt an, wie deutlich ein linearer Zusammenhang zwischen zwei Parametern ist (z. B. Frachtänderung und Zeit oder Abfluss und Fracht). Trägt man die zwei Parameter im x/y-Diagramm gegeneinander auf und alle Punkte liegen auf einer Linie, hat R^2 den Wert 1. Ist kein linearer Zusammenhang gegeben und die Punkte streuen rein zufällig, hat R^2 den Wert 0.

Die Konzentrationen von Benzotriazol und Methylbenzotriazol liegen um eine Grössenordnung höher als die von Arzneimitteln und tragen zusammen 74 % zu den Frachten aller neun hier betrachteten Substanzen für den Zeitraum 2013 bis 2019 bei (Tabelle 4.1). Die Gesamtfrachten der neun quantifizierten Stoffe sanken von etwa 16 Tonnen im Jahr 2013 auf 12 Tonnen im Jahr 2019 (Abb. 4.14). Die Trends der Frachtänderungen sind überwiegend statistisch signifikant. Dies zeigen die entsprechenden Koeffizienten für eine lineare Frachtänderung mit der Zeit in Tabelle 4.1. Bei allen quantifizierten Substanzen nimmt die Fracht zwischen 2013 und 2019 ab, mit Ausnahme von Candesartan (+196 %, Tabelle 4.1 in Gelb). Die Verkaufszahlen für dieses Medikament, die nur für den Zeitraum zwischen 2014 und 2016 vorliegen, zeigen ebenfalls einen Anstieg (+8 %). Carbamazepin und Clarithromycin sind die Substanzen, die zwischen 2013 und 2019 die grössten Rückgänge bei der Fracht erfahren (58 % und –70 %, Tabelle 4.1 in Gelb); Rückgänge, die tendenziell auch in den Verkaufszahlen sichtbar sind (–10 % und –6 %).

Die entgegen dem Trend leicht höhere Gesamtfracht im Jahr 2016 (Abb. 4.14) entspricht einer Periode hoher Abflüsse (Abb. 4.15). Die täglichen Frachten von Benzotriazol und Methyl-Benzotriazol sind positiv mit den Abflüssen korreliert (R^2 0,75 und 0,69, Tabelle 4.1). Dies könnte auf eine verstärkte Abschwemmung von im Aussebereich eingesetzten Stoffen (z. B. Enteiser) oder verstärkte Entlastungen aus dem Kanalnetz zurückzuführen sein. Trotz hoher Verdünnung resultieren bei grossen Abflüssen daher hohe Frachten für diese Stoffe, die einen hohen Anteil an der Gesamtfracht haben. Entsprechend erhöhte sich auch die Gesamtfracht im Jahr 2016 leicht entgegen dem längerfristig fallenden Trend.

Mögliche Erklärungen für den Frachtrückgang

Die Ursachen für den oben beschriebenen Rückgang um vier Tonnen sind noch unklar. Eine mögliche Erklärung sind sinkende Verkaufsmengen der untersuchten Substanzen. Die Erhebung der Verkaufsmengen ist jedoch mit grossen Unsicherheiten behaftet, so auch der Zusammenhang zwischen Verkaufs- und Verbrauchsmengen. Weitere Möglichkeiten sind ein (temperaturbedingter) besserer biologischer Abbau der Mikroverunreinigungen

in den Kläranlagen oder Schwankungen in der Produktion oder in der Verarbeitung im Industriesektor.

Der Frachtrückgang könnte auch zum Teil durch den Ausbau von Kläranlagen im Einzugsgebiet der Station Weil am Rhein/RÜS bedingt sein. In Letzterem wurden seit 2013 sieben Kläranlagen mit weitergehender Aufbereitung (Aktivkohle/Ozonierung) aufgerüstet. Die optimierte Abwasserbehandlung deckt damit bereits 11 % der angeschlossene Einwohner im Einzugsgebiet ab. Der grösste Teil der Arbeiten steht jedoch noch aus, da im Einzugsgebiet der Station Weil am Rhein/RÜS innerhalb der nächsten 20 Jahre rund 100 Anlagen optimiert werden sollen. Dies wird erhebliche Auswirkungen auf die Frachten der neun in Tabelle 4.1 aufgeführten Stoffe haben.

Abb. 4.14: Zeitliche Entwicklung der Jahresfrachten der neun untersuchten Mikroverunreinigungen

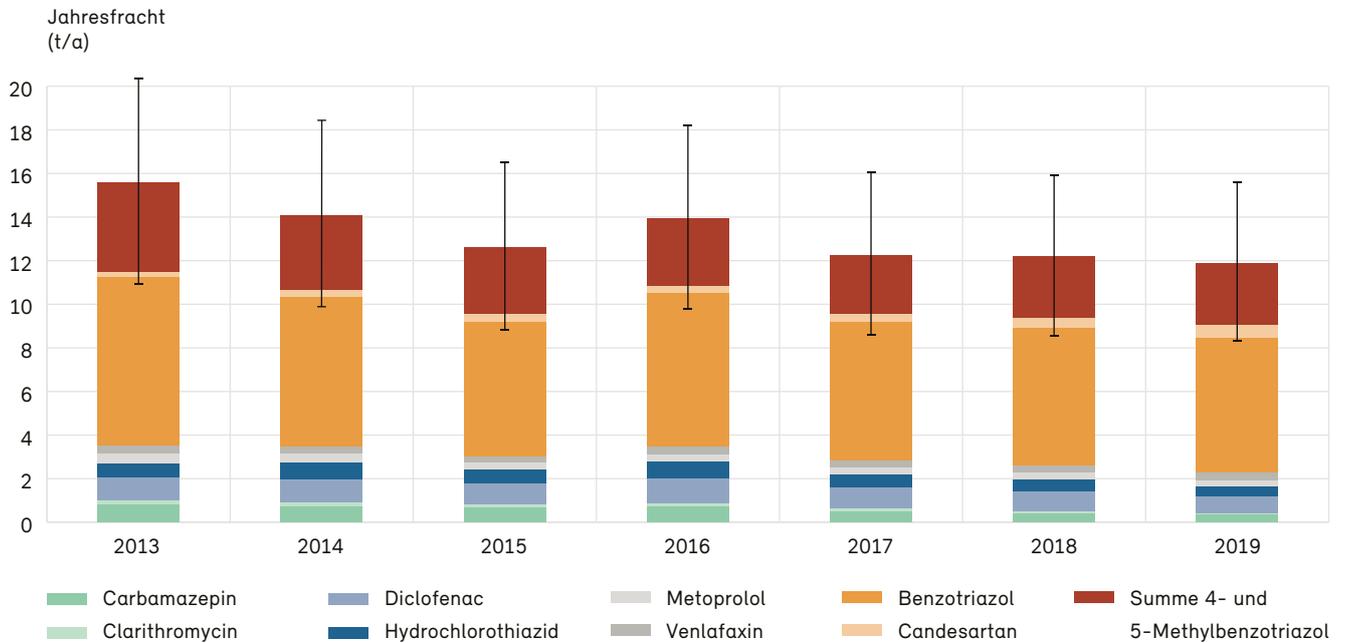
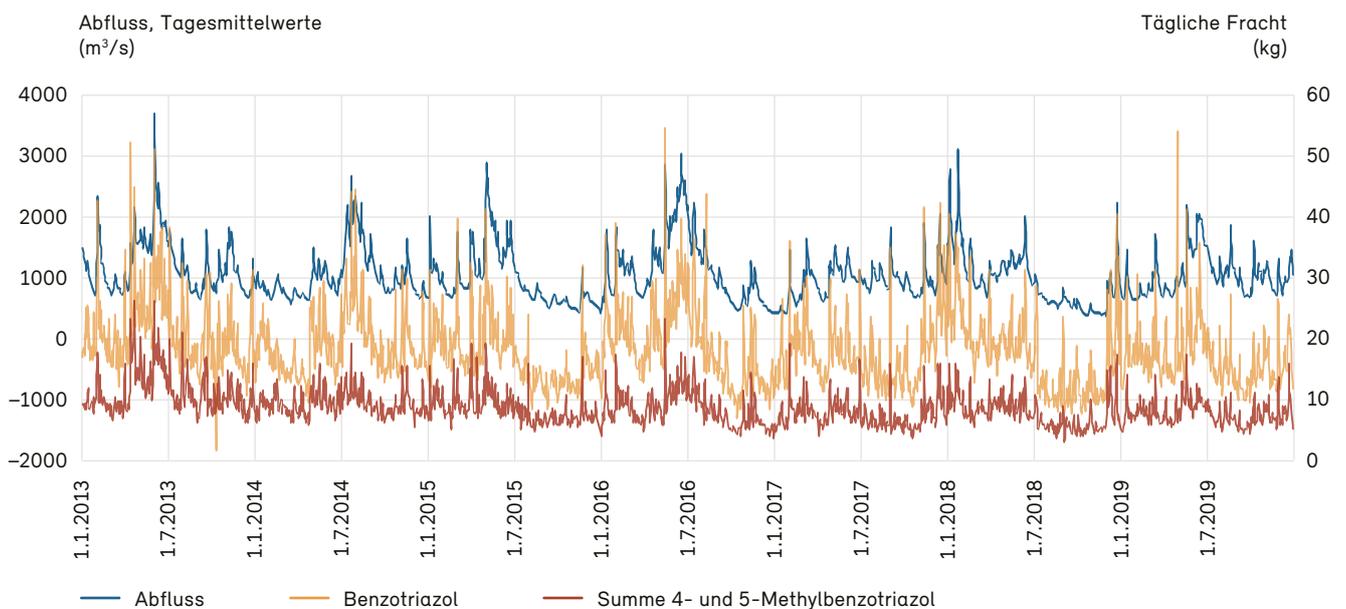


Abb. 4.15: Zeitliche Entwicklung der Abflüsse und Tagesfrachten für zwei der neun untersuchten Mikroverunreinigungen

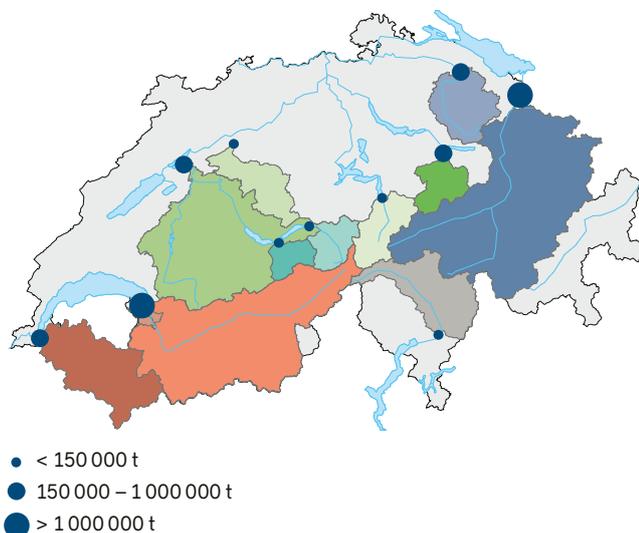


Schwebstofffrachten

Das BAFU misst zweimal wöchentlich an 13 hydrometrischen Stationen die Konzentration von Schwebstoffen, die durch Flüsse transportiert werden (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 die Schwebstofffrachten in den Wintermonaten mit Niedrigwasser in den meisten Gewässern nur einen geringen Teil zu den Jahresfrachten beitragen (Abb. 4.17). Demgegenüber können Gewitterereignisse schon eine Tagesfracht erzielen, die einen grossen Anteil der Jahresfracht ausmacht. Die Mittelwerte der sechsjährigen Vergleichsperiode 2014 bis 2019 können deshalb stark von aussergewöhnlichen Ereignissen in einem einzelnen Jahr geprägt sein. Eine längere Vergleichsperiode ist aktuell aus methodischen Gründen noch nicht möglich.

Abb. 4.16: Schwebstofffrachten 2019 ausgewählter Einzugsgebiete
Klassierte Jahresfrachten 2019 bei den Messstellen des Schwebstoffmessnetzes des BAFU.



Im Gegensatz zu 2017 und 2018 war 2019 ein relativ nasses Jahr. Im Sommer waren die monatlichen Feststofffrachten bei fast allen Messstationen höher als jene der Vergleichsperiode (2014–2019) (Abb. 4.17).

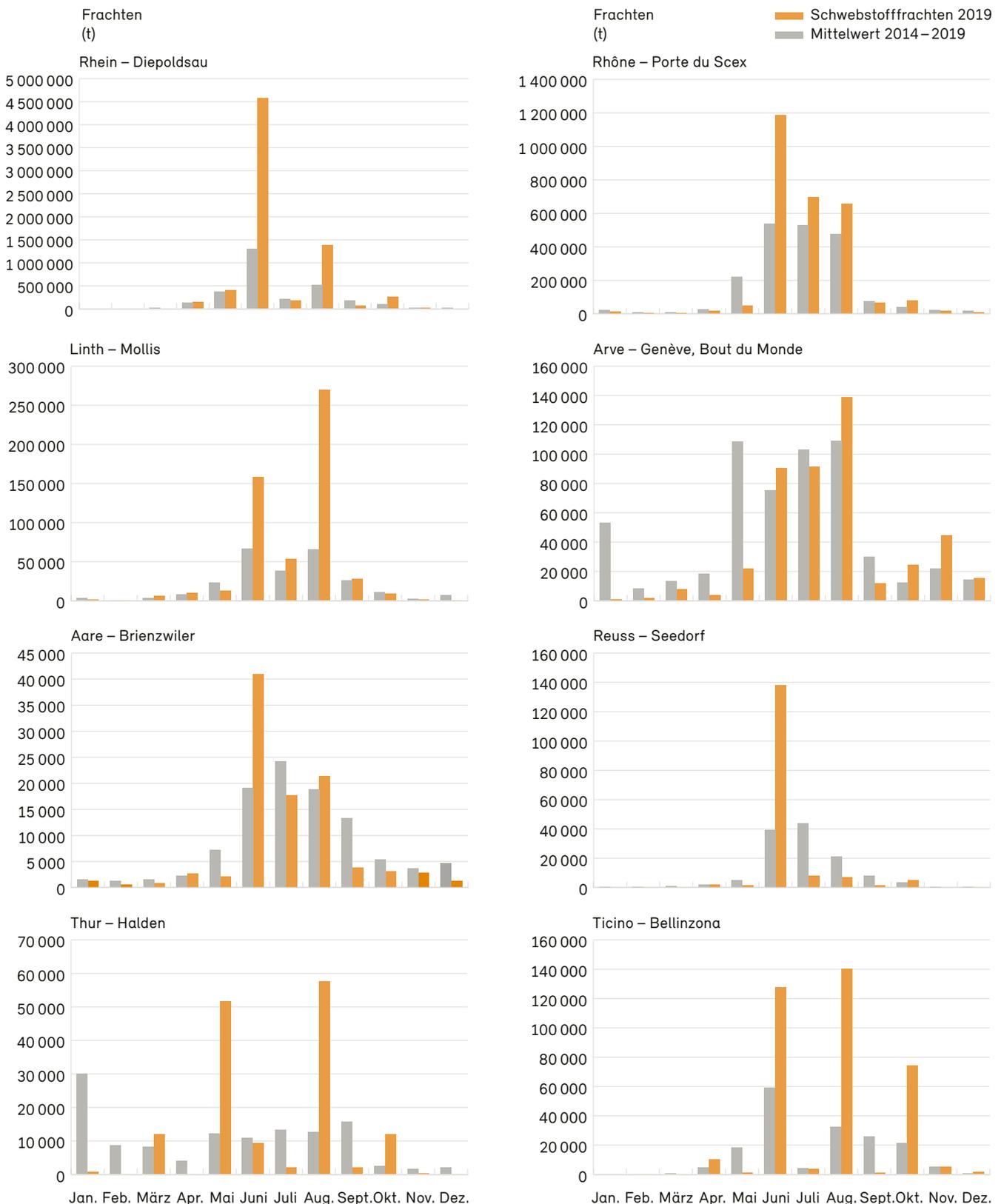
Auf der Alpennordseite verursachte der Rekordregen im Juni und August Feststofffrachten, die über dem Monatsdurchschnitt lagen: Im Juni gab es bei den Messstationen Rhein–Diepoldsau, Rhône–Porte du Scex, Aare–Brienzwiler und Reuss–Seedorf eine aussergewöhnlich hohe monatliche Fracht. Bei der Station Rhein–Diepoldsau wurde mit rund 4,5 Millionen Tonnen ein neuer Rekord gemessen. An den Messstationen Linth–Mollis, Thur–Halden, Arve–Genève und Ticino–Bellinzona wurden im August die höchste Monatsfrachten gemessen. Auf der Alpensüdseite trugen heftige Regenfälle Ende Oktober und Anfang November zu einem Anstieg des Ticino bei. Dieser Niederschlag führte auch zu einem erneuten Anstieg der Schwebstoffe an der Messstation von Bellinzona.

Die jährlichen Feststofffrachten, die im Jahr 2019 vom Rhein im Bodensee und von der Linth im Walensee abgelagert wurden, sind drei- bzw. zweimal höher als die Frachten von 2018 und mehr als doppelt so hoch wie der Durchschnitt der Vergleichsperiode. Bei der Messstation Reuss–Seedorf waren die Feststofffrachten doppelt so hoch wie 2018 und etwa 30% höher als in der Vergleichsperiode. Im Gegensatz dazu nahmen die jährlichen Frachten an den Stationen Thur–Halden (–6%), Rhône–Porte du Scex (–9%) und Arve–Genève (–18%) ab.

Auf der Alpensüdseite hatte der überdurchschnittliche jährliche Abfluss einen sehr starken Einfluss auf die jährlichen Feststofffrachten. An der Messstation Ticino–Bellinzona nahm die Richtung Lago Maggiore transportierte Fracht deutlich zu. Im Vergleich zu 2018 wurden zehnmal mehr Schwebstoffe gemessen. Dies ist ungefähr das Dreifache des Durchschnitts der Referenzperiode.

Monatsmittel der Schwebstofffrachten ausgewählter Einzugsgebiete

Abb. 4.17: Monatsmittel 2019 der Schwebstofffrachten (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der Periode 2014–2019 (grau)



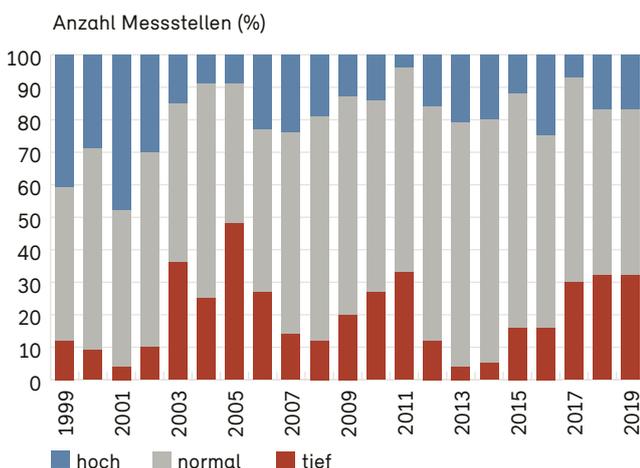
5 Grundwasser

Vom Jahresbeginn bis in den Herbst 2019 wurden an einem Drittel der Messstellen im langjährigen Vergleich tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse gemessen. An knapp der Hälfte der Messstellen waren für 2019 hohe Grundwassertemperaturen zu verzeichnen.

5.1 Grundwasser-Quantität

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

Abb. 5.1: Grundwasserstände und Quellabflüsse 1999 – 2019
Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von 1999 bis 2019. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 1999 und 2018. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 1999 und 2018. Rot: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 1999 und 2018.



Entsprechend dem mehrjährigen Witterungsverlauf (Temperatur und Niederschläge) lassen sich im Grundwasser der Schweiz häufig längere Perioden mit eher niedrigen bzw. hohen Grundwasserständen und Quellabflüssen erkennen. In dieser Hinsicht liegt das Jahr 2019 in einer seit 2015 anhaltenden Periode mit im langjährigen Vergleich niedrigen Grundwasserständen und Quellabflüssen (Abb. 5.1).

Im Januar 2019 lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse infolge der Trockenheit 2018 immer noch an jeder dritten Messstelle tief (Abb. 5.2). Die überdurchschnittlichen Niederschläge in der Ostschweiz von Januar 2019 beeinflussten dort vor allem oberflächennahe Grundwasservorkommen. In der Zentral- und Westschweiz sowie im Tessin waren im Zuge der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen von Januar und Februar weiterhin tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu verzeichnen (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 5. März 2019).

Abb. 5.2: Grundwasserstände und Quellabflüsse 2019
Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von Januar bis Dezember 2019. Grau: Monatswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte für diesen Monat zwischen 1999 und 2018. Blau: Monatswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 1999 und 2018. Rot: Monatswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 1999 und 2018.

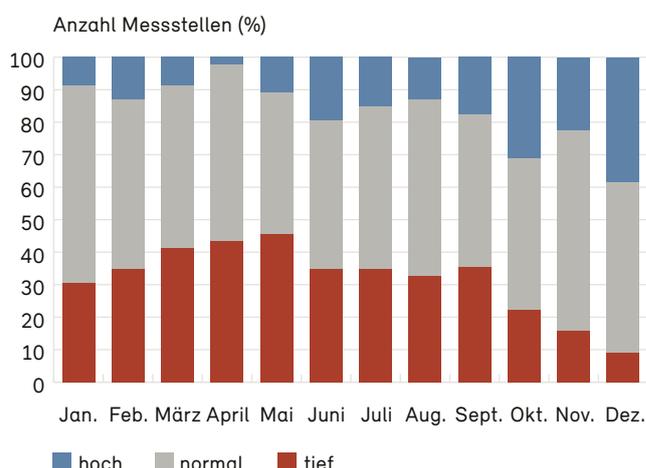
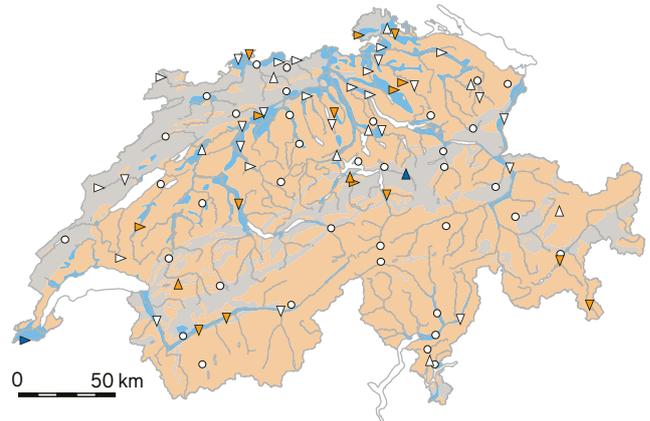
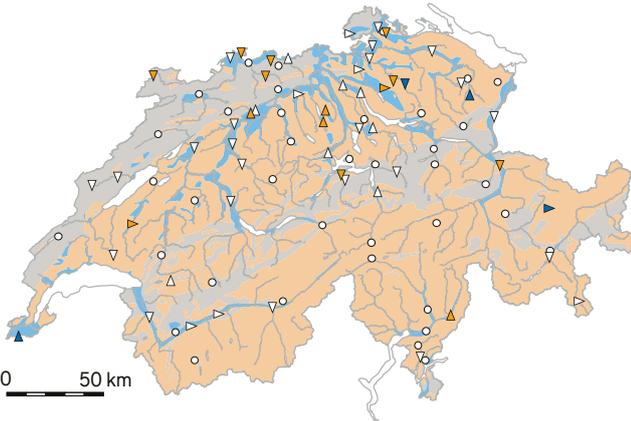


Abb. 5.3: Quantitative Grundwasserverhältnisse 2019

Grundwasserstände und Quellabflüsse sowie deren Tendenz an vier Stichtagen des Jahres 2019 im Vergleich zur Messperiode 1999–2018.

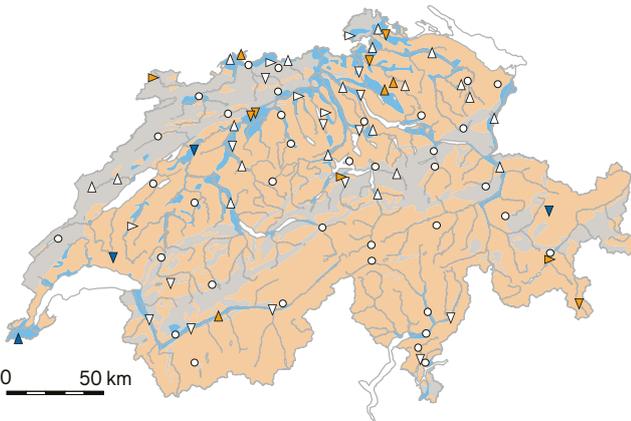
5. März 2019

6. Mai 2019



15. August 2019

9. Dezember 2019



Im mehrjährigen Vergleich

- hoch (> 90. Perzentil)
- normal (10. – 90. Perzentil)
- tief (< 10. Perzentil)
- Länge der Datenreihe unzureichend

Tendenz

- △ steigend
- ▷ stagnierend
- ▽ sinkend

Grundwasserleitertyp

- Lockergesteins-Grundwasserleiter
- Kluft-Grundwasserleiter
- Karst-Grundwasserleiter

Im April und Mai 2019 nahmen auf der Alpennordseite die Grundwasserstände und Quellabflüsse infolge der verbreitet unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen stetig ab. In Graubünden und im Tessin liessen dagegen im April ergiebige Niederschläge die Grundwasserstände und Quellabflüsse kurzfristig ansteigen. Anfang Mai waren auf der Alpennordseite normale bis tiefe und auf der Alpensüdseite normale Grundwasserstände und Quellabflüsse zu beobachten (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 6. Mai 2019).

Die ergiebigen Niederschläge in der Zentral- und Ostschweiz vom Mai liessen in diesen Gebieten die Grundwasserstände in kleinen Vorkommen sowie in solchen mit Anbindung an Fließgewässer ansteigen. Im Zuge der hohen Temperaturen von Anfang Juni erfolgte in mittleren und hohen Lagen eine erhöhte Schnee- und Gletscherschmelze. In der Folge verblieben die Grundwasserstände in den Talebenen der Flüsse aus den Alpen wegen der erhöhten Flusswasserinfiltration im Normalbereich. In den anderen Gebieten sanken sie infolge der insgesamt unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen entsprechend ab (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 15. August 2019).

Im Zuge der landesweit intensiven Niederschläge von Oktober und November stiegen die Grundwasserstände und Quellabflüsse verbreitet an. So waren von Oktober bis Dezember zunehmend für diese Jahreszeit normale bis hohe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu beobachten (Abb. 5.2 und Abb. 5.3, Grundwassersituation am 9. Dezember 2019).

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 zwischenjährliche oder saisonale Schwankungen. Diese Analysen werden daher nicht im Rahmen des hydrologischen Jahrbuchs publiziert, sondern sind im Bericht «Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz» von 2019 aufgeführt. Weiterführende Informationen und Daten sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

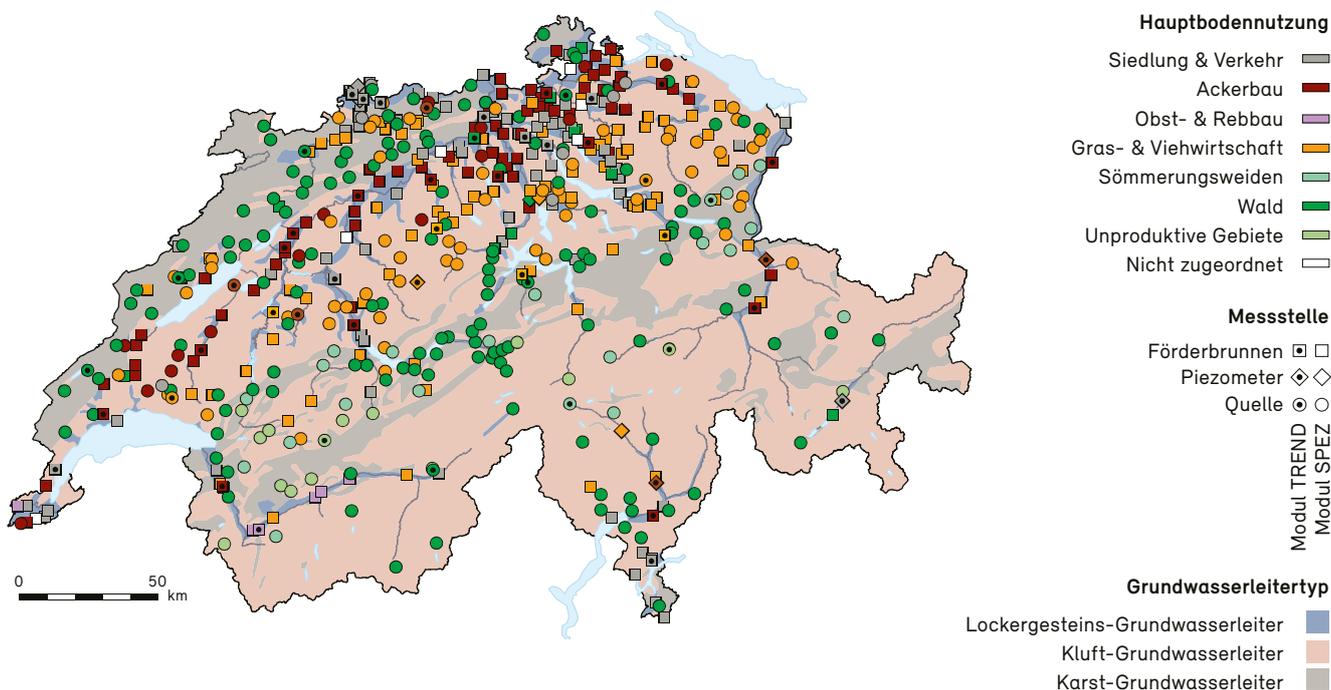
5.3 Grundwassertemperatur

Die kontinuierliche Aufzeichnung der Grundwassertemperatur an etwa 100 Messstellen im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA ermöglicht es, deren Zustand und Entwicklung auf Landesebene im Vergleich zu langjährigen Datenreihen abzubilden. So können auch mögliche Auswirkungen der Klimaänderung – insbesondere infolge des Anstiegs der Lufttemperatur oder der prognostizierten Zunahme von Hitzeperioden – auf die Grundwassertemperatur erfasst werden.

Im langjährigen Vergleich stellen die Jahre 2015 bis 2019 eine Periode mit eher höheren Grundwassertemperaturen dar (Abb. 5.5). Im Zuge der überdurchschnittlichen Temperaturen von 2018 waren auch im Januar 2019 insgesamt noch an rund jeder zweiten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu verzeichnen (Abb. 5.6 und 5.7). Mit der Schneeschmelze im Frühling nahm dann die Anzahl Messstellen mit hohen Temperaturen stetig ab. So waren von Juni bis August 2019 nur noch an jeder dritten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu beobachten.

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

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



Die überdurchschnittlichen Lufttemperaturen vom Sommer 2019 liessen die Grundwassertemperaturen wiederum ansteigen, so dass im November und Dezember wieder an knapp der Hälfte der Messstellen für diese Jahreszeit hohe Grundwassertemperaturen vorlagen (Abb. 5.6).

Abb. 5.5: Grundwassertemperatur 2000 – 2019

Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für die Grundwassertemperatur von 2000 – 2019. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 2000 und 2018.

Rot: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 2000 und 2018. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 2000 und 2018.

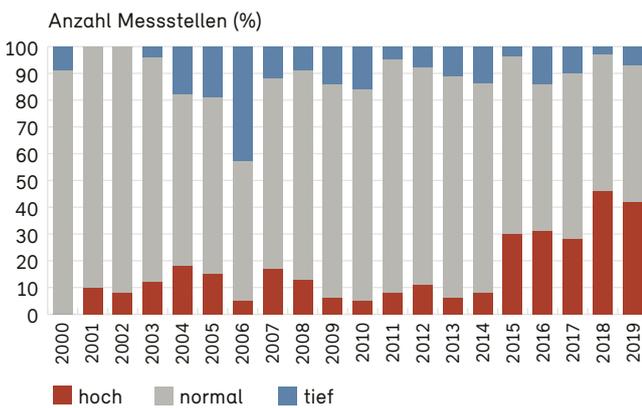


Abb. 5.6: Grundwassertemperatur 2019

Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten für die Grundwassertemperatur im Jahr 2019. Grau: Monatswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte für diesen Monat zwischen 2000 und 2018. Rot: Monatswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2000 und 2018. Blau: Monatswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2000 und 2018.

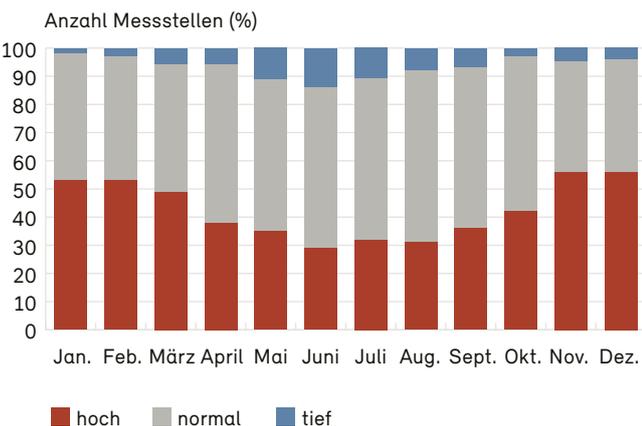
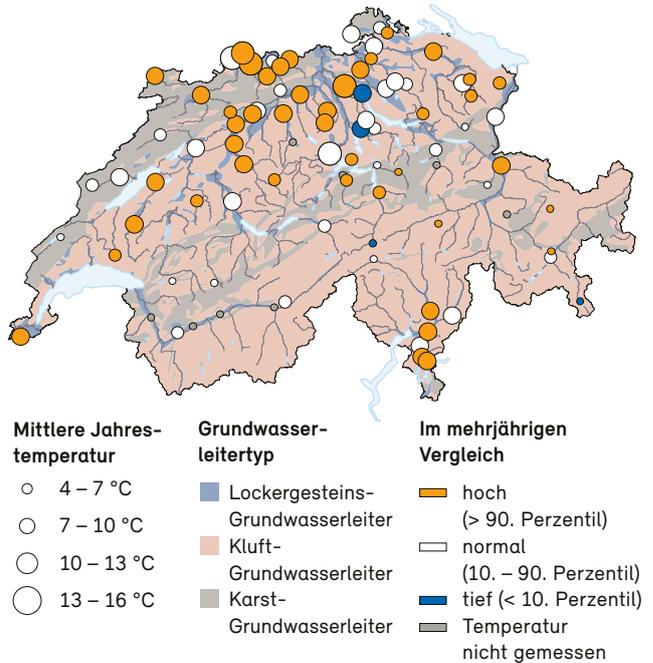


Abb. 5.7: Mittlere Grundwassertemperatur 2019 im Vergleich zur Periode 2000 – 2018 (Modul QUANT)



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.

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 und 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.

^2H , ^{18}O

Deuterium (^2H) 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 $\delta(^2\text{H}/^1\text{H})$, abgekürzt als $\delta^2\text{H}$, und $\delta(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})$, abgekürzt als $\delta^{18}\text{O}$.

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:

<https://opendata.eawag.ch/dataset/naduf-national-long-term-surveillance-of-swiss-rivers-2020-1>

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

Mehr Informationen zu Spurenstoffen

Gewässerüberwachung: Den Schadstoffen im Rhein auf der Spur. Artikel im BAFU-Magazin «umwelt» 1/2017 über die Station Weil am Rhein/RÜS

www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/magazin--umwelt--1-2017---wasserqualitaet/den-schadstoffen-im-rhein-auf-der-spur.html

Überprüfung des Reinigungseffekts. Auswahl geeigneter organischer Spurenstoffe. Artikel in der Zeitschrift «Aqua&Gas» 2/2015, S. 34 – 40

www.aquaetgas.ch

Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Massnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen vom 3. November 2016

www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20160123/index.html