

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2022

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2022

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)

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

Layout

Funke Lettershop AG

Titelbild

Niedrigwasser an der Orbe bei der BAFU-Messstation Le Chenit:

Am 27. Juli 2022 betrug der Abfluss an diesem Ort nur noch 2 l/s.

© Eugène Lehmann

Bildnachweis

Seite 11: David Volken, BAFU

Seite 16: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg

Datengrundlage

Die hydrologischen Analysen basieren auf provisorischen Daten des Jahres 2022.

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uz-2312-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 2023

Inhaltsverzeichnis

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

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

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

1	Besonderheiten im Jahr 2022	8
---	-----------------------------	---

2	Witterung	14
---	-----------	----

3	Schnee und Gletscher	15
---	----------------------	----

4	Oberflächengewässer	17
---	---------------------	----

5	Grundwasser	33
---	-------------	----

Anhang	37
--------	----

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 Jahr 2022 wird als heiss und trocken in Erinnerung bleiben. Auf einen schneearmen Winter folgten ein trockener Frühling und ein ebenfalls trockener und sehr warmer Sommer. Nach dem Hochwassersommer 2021 zeigte also auch das Jahr 2022 Wettersituationen, wie sie aufgrund der Veränderungen durch den Klimawandel häufiger erwartet werden.

Auf die Gewässer hatte dies deutliche Auswirkungen: tiefe Grundwasserstände und lange Niedrigwasserperioden in den Flüssen, die zum Beispiel – wie schon 2018 – zu Einschränkungen in der Rheinschifffahrt oder zu Wasserentnahmeverboten führten. Während der Hitzewellen im Sommer stiegen die Wassertemperaturen auf neue Höchstwerte an, was den Wasserlebewesen zu schaffen machte und einzelne Einschränkungen in der thermischen Nutzung der Gewässer zur Folge hatte.

Das vorliegende Hydrologische Jahrbuch geht auf die wichtigsten Fakten des Jahres 2022 zur Situation in den Schweizer Gewässern ein, erläutert aber auch die Schneesituation im Winter sowie die extreme Gletscherschmelze während der Sommermonate.

In den hydrologischen Daten, die in diesem Jahrbuch zusammengefasst sind, werden diese Phänomene sichtbar. Die Gewässer laufend zu beobachten, damit die zuständigen kantonalen und lokalen Behörden rechtzeitig Massnahmen für besondere Lagen treffen können, ist wichtig. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Hitzesommer 2018 konnte der erneuten Trockenheit im Sommer 2022 mancherorts bereits besser begegnet werden als noch 2018. Dank dem Aufbau eines nationalen Frühwarnsystems vor Trockenheit sollen ab 2025 den Kantonen und Gemeinden noch bessere Instrumente zur Verfügung gestellt werden.

Das Gewässermonitoring weiterzuführen und auszubauen ist daher auch für künftige Herausforderungen wichtig: Das BAFU hat deshalb im Rahmen eines Pilotprojekts im Sommer 2022 begonnen, auch die Wassertemperaturen einzelner Seen der Schweiz in verschiedenen Wassertiefen zu messen. So kann auch an diesen Orten die Veränderung in den Gewässern über längere Zeit beobachtet und beurteilt werden.

Carlo Scapozza, Abteilung Hydrologie
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung

Besonderheiten im Jahr 2022

Auf ein Jahr mit grossen Hochwasserereignissen folgte 2022 ein ausgeprägtes Niedrigwasserjahr: Anhaltend überdurchschnittliche Lufttemperaturen und grosse Trockenheit führten zu warmen Gewässern und verbreitet tiefen Wasserständen und Abflüssen. An vielen Stationen wurde die für Gewässerlebewesen kritische Wassertemperaturmarke von 25 °C überschritten und rund ein Drittel der Abflussmessstationen verzeichnete Niedrigwasserabflüsse, wie sie statistisch nur alle zehn Jahre oder seltener auftreten. In stark vergletscherten Einzugsgebieten hatte die massive Eisschmelze dagegen hohe Sommerabflüsse zur Folge.

Witterung

Das Jahr 2022 war das deutlich wärmste und regional das sonnigste Jahr seit Messbeginn. Der Jahresverlauf war geprägt durch anhaltend überdurchschnittliche Temperaturen, grossen Niederschlagsmangel und viel Sonnenschein. Der heisse Sommer brachte drei Hitzewellen und regional eine ausgeprägte Trockenheit.

Schnee und Gletscher

Der Winter 2021/22 sorgte für Rekordwerte: Es war ein warmer, insbesondere im Süden ein eher schneearmer und damit ein kurzer Winter. Das Jahr 2022 war für Schweizer Gletscher katastrophal: Mit sehr wenig Schnee im Winter und anhaltenden Hitzewellen im Sommer wurden sämtliche Rekorde der Eisschmelze gebrochen.

Abflussverhältnisse, Seestände und Wassertemperaturen

Die Pegel der Flüsse und Seen lagen im Jahr 2022 infolge des Niederschlagsmangels in fast allen Regionen der Schweiz über Monate deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt der Normperiode 1991–2020. Aufgrund der kleinen Wasserführung erwärmten sich die Gewässer während der Hitzewellen im Sommer stark. Die Wassertemperaturen vieler Flüsse im Mittelland erreichten neue Höchstwerte.

Stabile Isotope

Das Jahr war aussergewöhnlich warm und sehr trocken. Wenn es Regen gab, fiel dieser mit hoher Intensität. Die gemessenen Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte im Niederschlag waren deshalb im Jahresdurchschnitt aussergewöhnlich stark angereichert.

In Fließgewässern lässt sich der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ebenfalls feststellen. Allerdings wird er aufgrund regionaler Mischeffekte im Abfluss stark abgeschwächt.

Grundwasser

Im langjährigen Vergleich lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse im Jahr 2022 an rund jeder dritten Messstelle tief. Im Zuge der anhaltend geringen Niederschlagsmengen waren im Juli und August 2022 sogar an rund jeder zweiten Messstelle tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu verzeichnen. Ende Jahr waren zudem an rund jeder zweiten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu beobachten.

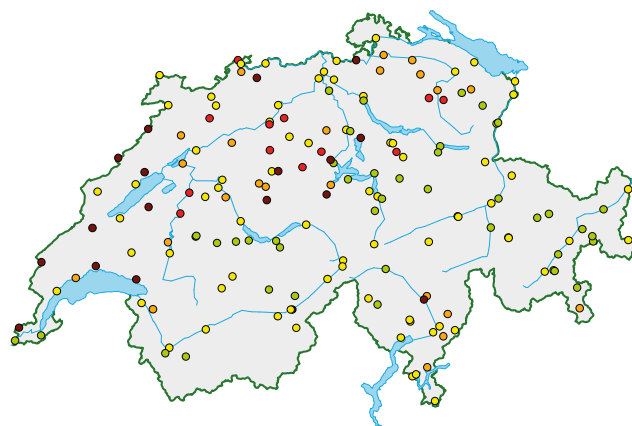
1 Besonderheiten im Jahr 2022

Auf ein Jahr mit grossen Hochwasserereignissen folgte 2022 ein ausgeprägtes Niedrigwasserjahr: Anhaltend überdurchschnittliche Lufttemperaturen und grosse Trockenheit führten zu warmen Gewässern und verbreitet tiefen Wasserständen und Abflüssen. An vielen Stationen wurde die für Gewässerlebewesen kritische Wassertemperaturmarke von 25 °C überschritten und rund ein Drittel der Abflussmessstationen verzeichnete Niedrigwasserabflüsse, wie sie statistisch nur alle zehn Jahre oder seltener auftreten. In stark vergletscherten Einzugsgebieten hatte die massive Eisschmelze dagegen hohe Sommerabflüsse zur Folge.

Bereits der Winter 2021/22 war mild und im Süden sehr trocken (Kap. 2) – dies im Gegensatz zum letzten ausgeprägten Niedrigwasserjahr 2018, das nass und schneereich startete. Es folgte ein warmer und landesweit niederschlagsarmer Frühling. Mit dem sehr milden und sonnigen Wetter im Mai schmolz die für die Jahreszeit ohnehin dünne Schneedecke bis in hohe Lagen sehr rasch ab (Kap. 3).

Auch der Sommer 2022 zeigte sich ausserordentlich warm: Seit Beginn der meteorologischen Messungen war nur der

Abb. 1.1: Niedrigwassersituation der Fliessgewässer im Jahr 2022
Vergleich der Niedrigwasserkenngrösse NM7Q mit der Niedrigwasserstatistik des BAFU.



- Abflussmenge über 2-jährlichem Niedrigwasser
- 2- bis 10-jährliches Niedrigwasser
- 10- bis 30-jährliches Niedrigwasser
- 30- bis 100-jährliches Niedrigwasser
- Abflussmenge unter 100-jährlichem Niedrigwasser

Hitzesommer 2003 noch wärmer. Die Hitze setzte zudem im Juni ungewöhnlich früh ein. Nachdem im Juni die Niederschlagssummen in mehreren Gebieten überdurchschnittliche Werte erreichten, lagen sie im Juli und August wieder verbreitet deutlich unter der Norm 1991–2020. Nördlich der Alpen war der Herbst dann eher nass, wogegen die Niederschlagsmengen auf der Alpensüdseite und in angrenzenden Gebieten unter der Norm blieben.

Niedrigwasser von langer Dauer

Insgesamt war das ganze Jahr 2022 niederschlagsarm (70 bis 90 % der Norm 1991–2020), was zu einer lang vorherrschenden Trockenheit führte. Diese wurde im Sommer noch verstärkt durch die Kombination mit den hohen Temperaturen, welche die Verdunstung erhöhten, und dem Fehlen von Schmelzwasser aus der Schneeschmelze, da diese bereits im Mai abgeschlossen war. In der Folge verzeichneten zahlreiche Gewässer tiefe Wasserstände. Die lange Dauer des Ereignisses zeigt sich auch in den statistischen Werten: Die Jahresmittelwerte der Abflüsse vieler Stationen waren ausserordentlich tief (siehe auch Kap. 4).

Ein Vergleich der Messwerte mit der Niedrigwasserstatistik zeigt, dass an vielen Flüssen Abflussmengen beobachtet wurden, wie sie nur alle zwei bis zehn Jahre auftreten (Abb. 1.1). An zahlreichen Flüssen lag die Jährlichkeit des Niedrigwassers auch deutlich höher: Bei etwa einem Drittel der Messstationen des BAFU an Fliessgewässern wurden Werte gemessen, die statistisch gesehen nur alle zehn Jahre oder seltener vorkommen. Rund jede zehnte Messstation wies gar Abflussmengen auf, welche nur alle 100 Jahre oder seltener beobachtet werden. Die regionalen Unterschiede im Witterungsablauf führten zu einem heterogenen Bild beim zeitlichen und räumlichen Auftreten von Niedrigwasser.

Alpensüdseite praktisch das ganze Jahr von Niedrigwasser betroffen

Aufgrund des sehr trockenen Jahresbeginns auf der Alpensüdseite wurden dort in vielen Bächen und Flüssen bereits im März oder April die tiefsten Abflüsse des Jahres verzeichnet. Die ersten kräftigeren Niederschläge seit November 2021 entspannten die Situation gegen Ende April 2022 vorübergehend etwas, die Abflüsse blieben aber bis in den Herbst hinein unterdurchschnittlich.

Auch die Wasserstände von Lago di Lugano und Lago Maggiore lagen schon ab Jahresbeginn unter der Norm von 1991–2020. Im Vergleich mit dieser Periode wurden beim Lago di Lugano bereits ab Mitte Januar neue Tiefstwerte für die Jahreszeit beobachtet (Abb. 1.2 c). Der tiefste Stand des Jahres 2022 wurde am 22. April erreicht. Der Tagesmittelwert von 269,93 m ü. M. entspricht einem neuen absoluten Minimum in der Messreihe seit 1965. Gegen Ende April stieg der Seepiegel etwas an, doch erst Mitte September erreichten die Wasserstände für die Jahreszeit übliche Werte. In den Vergleichsjahren 2003 und 2018 war der Lago di Lugano deutlich weniger von Niedrigwasser betroffen. Auch am Lago Maggiore wurden im Jahr 2022 sehr tiefe Wasserstände beobachtet (Abb. 4.10). Im Unterschied zum Lago di Lugano erholten sie sich auch im Herbst nicht und verblieben praktisch während des ganzen Jahres unterhalb der durchschnittlichen Werte der Normperiode 1991–2020.

Tiefststände auf der Alpennordseite im Sommer

Auch auf der Alpennordseite führte die Trockenheit bereits im Frühling in einigen Flüssen zu Niedrigwasser. So wurden schon im März und April in der Aare tiefe Abflüsse beobachtet. Stark bemerkbar machte sich die Niedrigwassersituation auf der Alpennordseite dann ab Juli und vor allem im August. Die tiefsten Wasserstände wurden häufig gegen Mitte August verzeichnet. Besonders stark betroffen waren der Jura und das westliche Mittelland, aber auch Flüsse und Bäche in der Napfregion sowie im östlichen Mittelland wiesen in diesem Zeitraum sehr kleine Abflüsse auf. Die Wasserstände vieler Seen waren tiefer als sonst in den Sommermonaten üblich. Stark unterdurchschnittliche Wasserstände wurden auf der Alpennordseite beim Vierwaldstätter-, Walen-, und Bodensee registriert. In der Folge fielen auch die Abflüsse unterhalb dieser Seen auf sehr niedrige Werte.

Die teils kräftigen Schauer und Gewitter ab dem 17. August 2022 führten zu einer vorübergehenden Entspannung der Niedrigwassersituation. Im Herbst fielen dann nördlich der Alpen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen, so dass sich die Wasserstände in den meisten Fließgewässern und Seen erholten. Dies im Gegensatz zu den Vergleichsjahren 2003 und 2018, in welchen die tiefsten Werte vielerorts erst im Herbst erreicht wurden (Abb. 1.2).

Extreme Gletscherschmelze

Anders präsentierte sich die Situation in den hochalpinen, vergletscherten Einzugsgebieten, wo die sommerliche Hitze die Gletscherschmelze stark intensivierte. Die Abschmelzraten der Gletscher übertrafen die bisherigen Rekorde aus dem Hitzesommer 2003 bei weitem (Kap. 3.2). Dies führte zu hohen Abflüssen, wobei nur die BAFU-Messstation mit dem grössten Vergletscherungsanteil (56,5 %) an der Massa bei Blatten einen neuen absoluten Höchstwert verzeichnete. Die grossen Wassermassen brachten den Gibidum-Stausee unterhalb der Messstation zum Überlaufen (Abb. 1.3).

Der Anteil des Gletscherschmelzwassers am Abfluss ist naturgemäss in den Monaten Juli, August und September am grössten. Bei sehr warmem Sommerwetter steigen die Flüsse tagsüber aufgrund des Schmelzwassers stark an. So auch im Jahr 2022. Der mittlere Sommerabfluss blieb aber an allen Messstationen in Einzugsgebieten, in denen mehr als 5 % der Fläche vergletschert ist, kleiner als im Hitzesommer 2003. Dies weist darauf hin, dass in vielen vergletscherten Einzugsgebieten der Schweiz der «peak water» bereits erreicht wurde: Dieser bezeichnet den Zeitpunkt, an dem das Gletscherschmelzwasser den höchsten Anteil am Jahresabfluss ausmacht, während in den Jahren nach dem «peak water» die Schmelzwassermenge aufgrund der schwindenden Gletschergrösse wieder abnimmt. Allerdings spielen beim Vergleich der mittleren Sommerabflüsse neben der Gletscherschmelze auch Faktoren wie die Schneesituation oder lokale Niederschlagsereignisse eine Rolle.

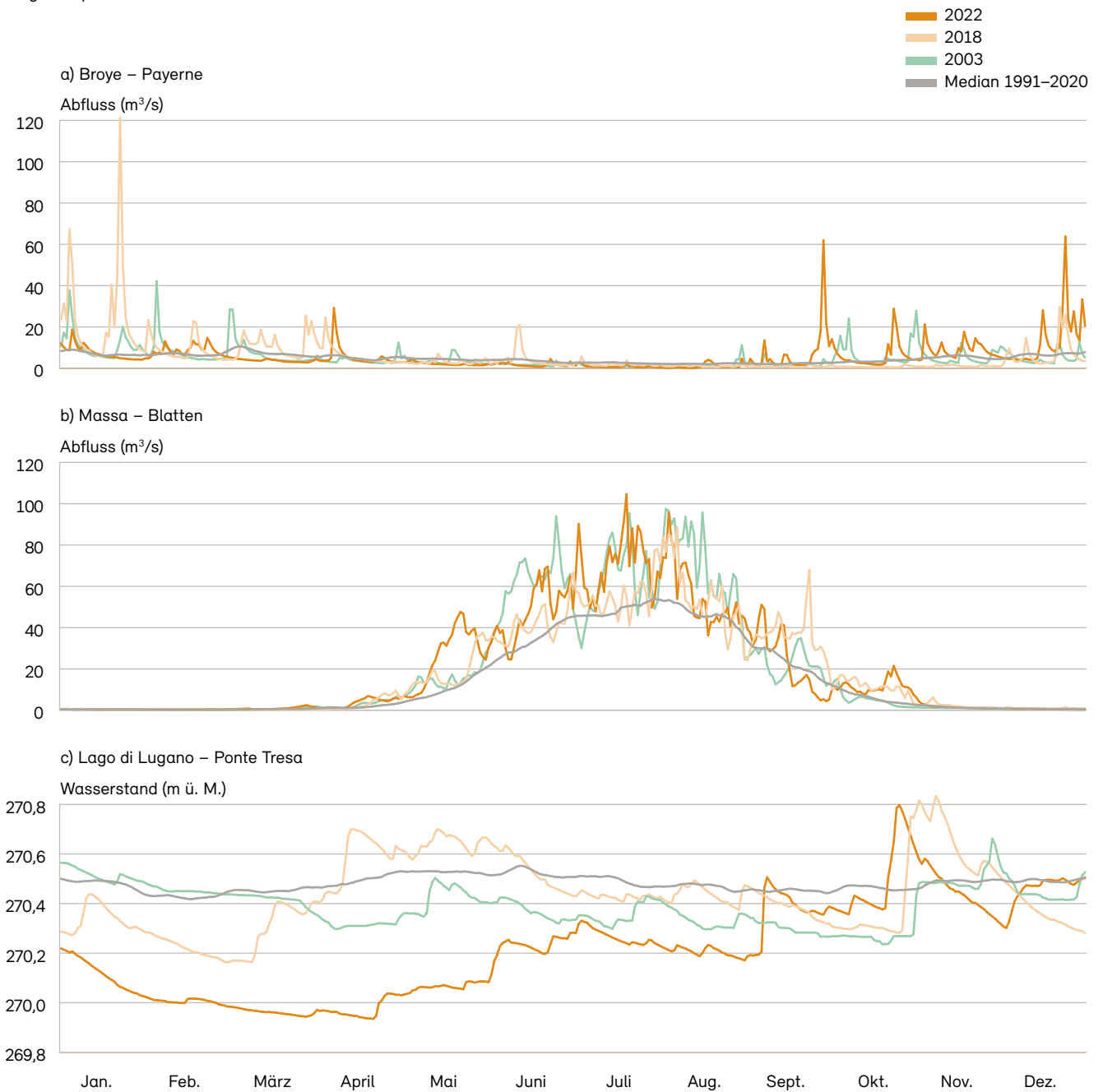
Gewitterereignisse unterbrachen die Trockenheit

Seit Sommerbeginn hatten neben der Gletscherschmelze auch vereinzelt auftretende heftige Gewitter kleinere und mittelgrosse Flüsse kurzzeitig stark ansteigen lassen. Diese Niederschläge hatten lokal teilweise grössere Hochwasser zur Folge, konnten aber die Niedrigwassersituation nicht nachhaltig entspannen. Besonders betroffen war der Oberlauf der Emme am 4. Juli 2022 mit dem Gebiet um Kemmeribodenbad. An der BAFU-Messstation bei Eggwil stieg der Abfluss sogar in die Gefahrenstufe 5.

Von den kräftigen Niederschlägen Mitte August war vor allem der zentrale und östliche Alpennordhang betroffen.

Abb. 1.2: Niedrigwasser an der Broye bei Payerne, an der Massa bei Blatten und am Lago di Lugano bei Ponte Tresa

Vergleich der Abfluss- bzw. Wasserstandsganglinien des Jahres 2022 mit den trockenen Jahren 2003 und 2018 und dem Median der Vergleichsperiode 1991–2020.



Hier fielen verbreitet 50 bis 100 mm Niederschlag, lokal bis 145 mm. An einigen mittleren und grösseren Flüssen wie beispielweise der Sihl, der Thur, der Muota und der Engelberger Aa wurde die Gefahrenstufe 2 erreicht. Die Sitter führte sogar ein grosses Hochwasser. Ebenfalls markant angestiegen sind der Vierwaldstätter-, der Walen-, Zürich- und Bodensee.

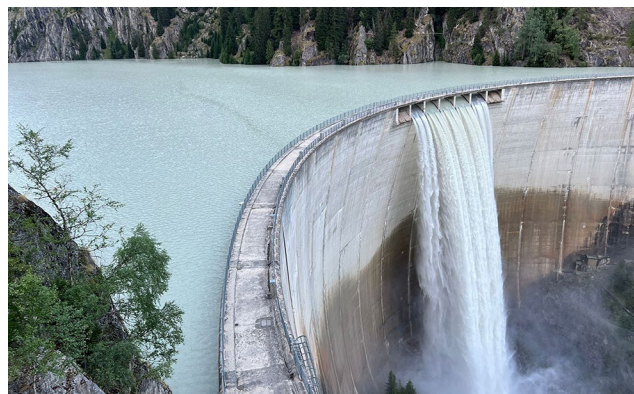
Vom 7. auf den 8. August 2022 wurde das Sottoceneri von heftigen Gewittern heimgesucht. Die höchsten Niederschlagsmengen wurden im Malcantone mit 150 bis 180 mm in zwölf Stunden beobachtet. In der Region um Lugano waren es in der gleichen Zeitspanne 100 bis 150 mm. Diese grossen Regenmengen führten in Flüssen des Südtessins zu markanten Pegelanstiegen. An einigen Zuflüssen zum Lago di Lugano wurden die Gefahrenstufen 2 und 3 erreicht. Das Einzugsgebiet des Ticino war von den Niederschlägen nur teilweise betroffen. Die Abflüsse stiegen dort nur leicht an.

Rekordhohe Wassertemperaturen

2022 lagen die Wassertemperaturen der Schweizer Flüsse bei vielen Stationen von Mai bis Dezember fast durchgehend über den langjährigen saisonalen Durchschnittswerten.

Abb. 1.3: Gibidum-Stausee (VS) Ende Juli 2022

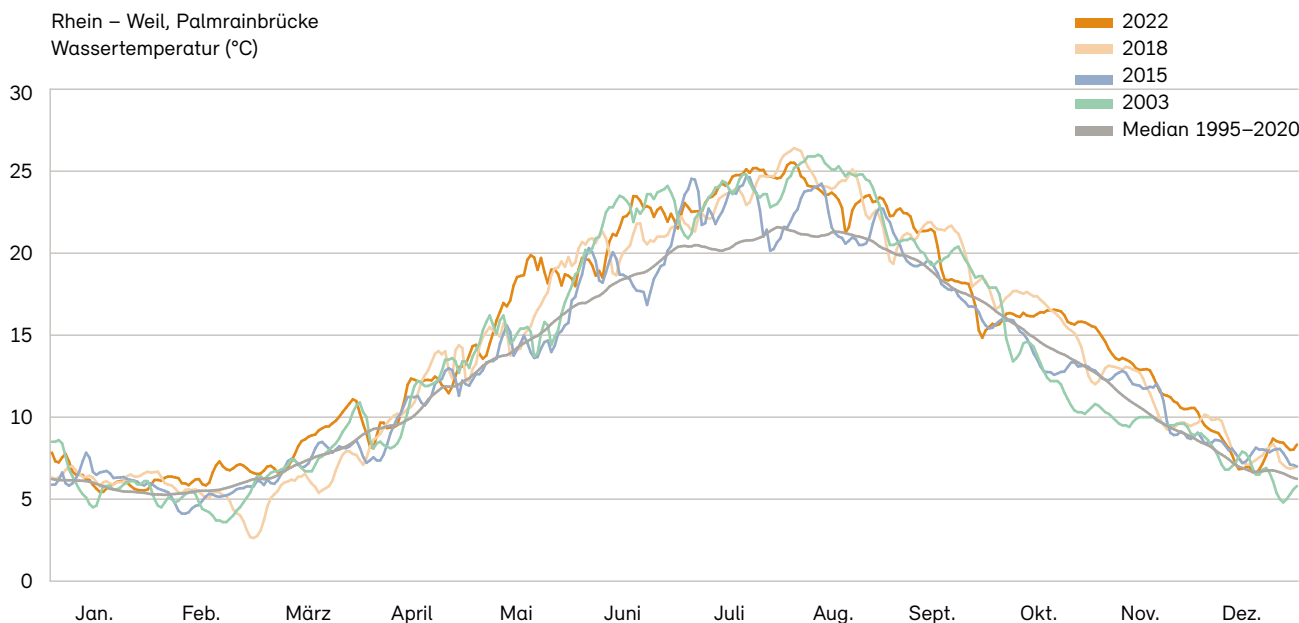
Die extreme Gletscherschmelze während der Hitzewellen im Sommer 2022 hat den Gibidum-Stausee unterhalb des Aletschgletschers zum Überlaufen gebracht. Die Massa führte Hochwasser.



Neue Jahresmaxima wurden beispielsweise bei den beiden Aare-Stationen unterhalb des Thunersees (Aare bei Thun und Bern) und bei fast allen Stationen entlang des Rheins gemessen. Auch die Stationen an den Rheinzufüssen der Aare, Reuss und Limmat wiesen neue Jahreshöchstwerte auf. Ebenso wurden schweizweit an vielen Flüssen neue Maxima für die Monate Juni, Juli und August verzeichnet.

Abb. 1.4: Hohe Wassertemperaturen im Sommer 2022 bei der Messstation Rhein – Weil, Palmrainbrücke

Vergleich der Wassertemperaturen 2022 mit den Temperaturen in den ebenfalls sehr warmen Jahren 2003, 2015 und 2018 und dem Median der Vergleichsperiode 1995–2020. Sehr gut sichtbar wird, dass die Wassertemperatur während der Hitzeperioden im Juni und Juli sowie Anfang August stark anstiegen. Auch im September blieb das Wasser des Rheins lange Zeit sehr warm.



Zunehmend werden für Wasserlebewesen kritische Temperaturschwellen überschritten. So führen bereits Wassertemperaturen von 20 °C für kältebedürftige Fischarten (Forellen, Äschen) zu einer Stresssituation. Hitzeperioden, die wie 2022 mit niedrigen Abflussmengen einhergehen, führen jedoch an vielen Messstellen – insbesondere in tieferen Lagen – immer häufiger zu Wassertemperaturen über 25 °C (Abb. 1.5). Solche Temperaturen sind für die Fische lebensbedrohlich. Zudem darf einem Gewässer dann gemäss Gewässerschutzverordnung grundsätzlich keine Wärme mehr zugeführt werden.

Die hohen Wassertemperaturen hatten 2022 verschiedene Gründe: Die Schneeschmelze war im Juni vielerorts bereits bis in die obersten Höhenlagen weit fortgeschritten oder sogar abgeschlossen. Somit floss nur sehr wenig kaltes Schmelzwasser aus den Bergen in die Gewässer. Eine Ausnahme bildeten Flüsse, die einen hohen Anteil an Gletscherschmelze aufweisen, z. B. die Massa und die Lonza oder der Rom bei Müstair.

Aufgrund der Trockenheit führten die Flüsse – mit Ausnahme der von Schmelzwasser beeinflussten Gewässer – weniger Wasser. Dieses erwärmte sich schnell. Ausserdem trat die erste Hitzewelle früh im Jahr auf und die Lufttemperaturen blieben über lange Zeit hoch.

Im Jahr 2022 hat das BAFU in drei Seen neue Messstellen für Seewassertemperatur einrichten lassen. Bei der neuen Messstelle im Murtensee werden seit Juni 2022 kontinuierlich in verschiedenen Tiefen die Wassertemperaturen erhoben. Bereits im Juni wurden an der Seeoberfläche über 25 °C gemessen. Im Juli gab es dann über mehrere Wochen auch Höchstwerte von bis zu 28 °C.

Auch tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse

Die Trockenheit machte sich nicht nur in den Flüssen und Seen bemerkbar. Auch die Grundwasserstände und Quellabflüsse lagen im Zuge der anhaltend geringen Niederschlagsmengen der ersten Jahreshälfte 2022 zunehmend tief (Abb. 1.6). So waren im Juni bis August an rund jeder zweiten Messstelle tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu beobachten (Kap. 5.1). Die langjährigen Tiefstände wurden jedoch im Jahr 2022 nicht unterschritten, da lokale Niederschläge – vor allem in oberflächennahen Grundwasservorkommen – das Absinken der Stände und Quellabflüsse verlangsamten.

Trotz der langanhaltend tiefen Grundwasserverhältnisse war die öffentliche Versorgung mit Trinkwasser landesweit sichergestellt. Das Trinkwasser stammt zu 80 % aus Grundwasser, der Rest stammt aus Oberflächenwasser, v. a. aus Seen. In Gebieten mit lokal kleinen Grundwasservorkommen und kleineren Quellen kam es jedoch zeitweise zu Versorgungsengpässen, wie z. B. im Jura und in den Voralpen.

Abb. 1.5: Anzahl Tage mit Wassertemperaturen über 25 °C

Zusammenstellung ausgewählter Messstationen des BAFU. Die Anzahl Tage, an denen die Temperatur der Fliessgewässer 25 °C überschreitet, nimmt weiter zu. Je dunkler der Farbton in der Tabelle ist, desto mehr Tage mit Temperaturen über 25 °C wurden im betreffenden Jahr registriert.

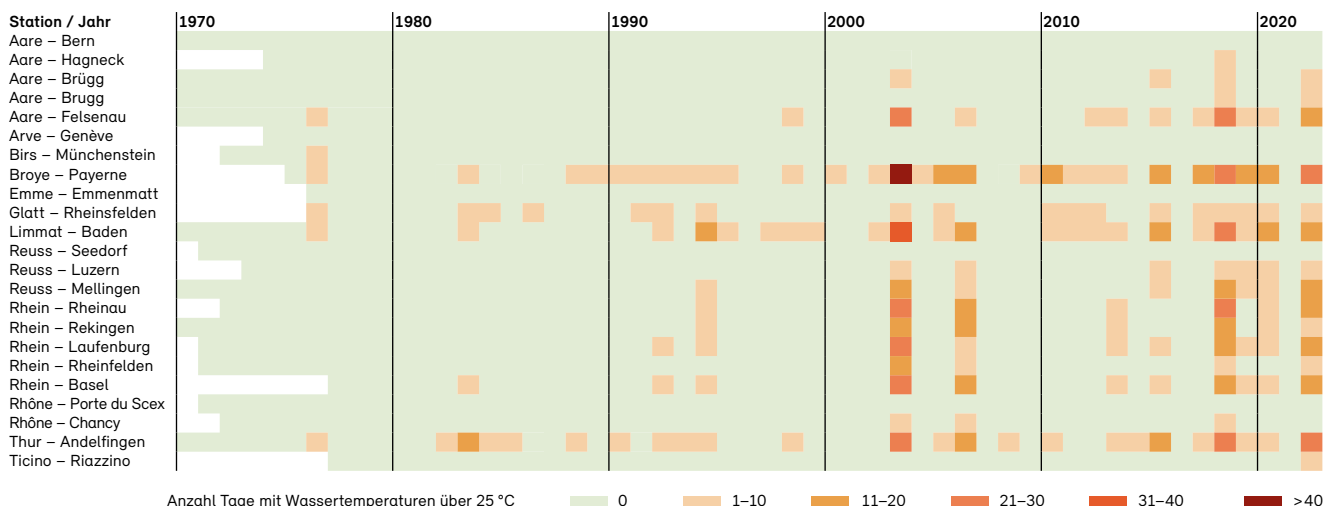
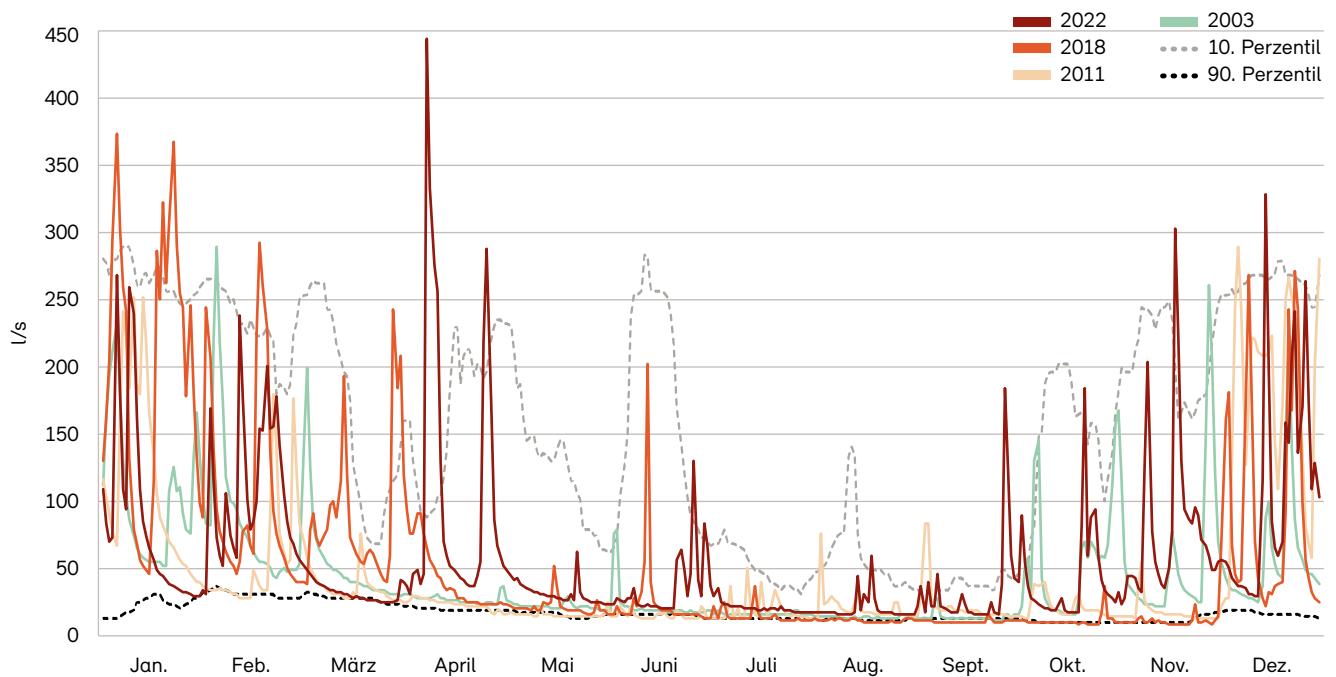


Abb. 1.6: Abfluss der «Source de Milandre Amont»

Abfluss der «Source de Milandre Amont» in Boncourt (JU) (Karst-Grundwasserleiter) im Jahr 2022 im Vergleich zu den 10. und 90. Perzentilwerten der Normperiode 1991–2020 sowie zu den Tageswerten der Jahre 2003, 2011 und 2018. Der Verlauf der Ganglinie widerspiegelt deutlich den Verlauf der verschiedenen Trockenphasen des Jahres.



Auswirkungen und Massnahmen

Einige Kantone verzeichneten Versorgungsengpässe bei der öffentlichen Wasserversorgung, die grösstenteils über die Wasserversorgungsnetze ausgeglichen werden konnten. Vereinzelt waren Nutzungseinschränkungen oder Notversorgungsmassnahmen notwendig. In der Mehrheit der Kantone sprachen Gemeinden bzw. deren Wasserversorgungen Wassersparaufrufe aus. Tiefe Pegelstände der Fliessgewässer gingen mit Einschränkungen der Entnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung im Mittelland, im Jura und an der Alpennordflanke einher. Lokal

entstanden Konflikte zwischen der Wassernutzung, der Fischerei und dem Gewässerschutz. Die geringen Abflussmengen führten vielerorts zur Reduktion der Stromproduktion durch Wasserkraftwerke sowie Einschränkungen der Schifffahrt auf dem Rhein und auf einzelnen Seen. Zum Schutz der Wasserlebewesen gab es zudem elektrische oder manuelle Notabfischungen sowie Bade- und Betretverbote in Fliessgewässern. Eine Studie im Auftrag des BAFU zu den Auswirkungen der Trockenheit 2022 ist publiziert unter www.bafu.admin.ch/wasser > Publikationen und Studien > Studien.

2 Witterung

Das Jahr 2022 war das deutlich wärmste und regional das sonnigste Jahr seit Messbeginn. Der Jahresverlauf war geprägt durch anhaltend überdurchschnittliche Temperaturen, grossen Niederschlagsmangel und viel Sonnenschein. Der heisse Sommer brachte drei Hitzeperioden und regional eine ausgeprägte Trockenheit.

Auf der Alpensüdseite waren alle drei Wintermonate niederschlagsarm. In der übrigen Schweiz erreichte die winterliche Niederschlagssumme verbreitet zwischen 90 und 120 % der Norm 1991–2020.

Im Frühling blieben die Niederschlagsmengen verbreitet deutlich unter der Norm und lagen regional auf rekordtiefen Werten. Auf der Alpensüdseite war es lokal mit weniger als 40 % der Norm der niederschlagsärmste Frühling seit mehr als 60 Jahren. Wenig Niederschlag fiel vor allem in den Monaten März und Mai. Auf der Alpensüdseite fielen lokal nur 10 % der März-Norm 1991–2020. Im Mai blieben die Niederschlagssummen abermals verbreitet unter der Norm. An zahlreichen Messstandorten der Westschweiz war es der niederschlagsärmste Mai seit Messbeginn.

Die Schweiz erlebte den zweitwärmsten Sommer seit Messbeginn 1864. Der heisse Sommer brachte drei Hitzeperioden: Die erste Hitzeperiode setzte Mitte Juni ein, gegen Mitte Juli wurde die Schweiz von einer zweiten Hitzeperiode erfasst und Anfang August setzte die dritte Hitzeperiode ein. Die sommerlichen Niederschlagssummen von Juni bis August erreichten in vielen Gebieten der Schweiz zwischen 60 und 80 % der Norm. In einzelnen Regionen, vor allem in der Westschweiz, fielen weniger als 60 % der normalen Regenmengen, während die Alpensüdseite, die Ostschweiz und das zentrale Mittelland gebietsweise mehr als 80 % erhielten. Im Juni erreichten die Regenmengen in der Schweiz verbreitet zwischen 80 und 120 % der Norm. Einzelne Messstandorte verzeichneten einen der nassesten Junimonate seit Messbeginn. Im Juli hingegen fielen in einigen Regionen der Schweiz weniger als 30 %, lokal auch weniger als 10 % der normalen Regenmengen. In der Südwestschweiz wurde gebietsweise der niederschlagsärmste Juli seit über 50 Jahren verzeichnet. Zusammen mit der hohen Temperatur und der damit ver-

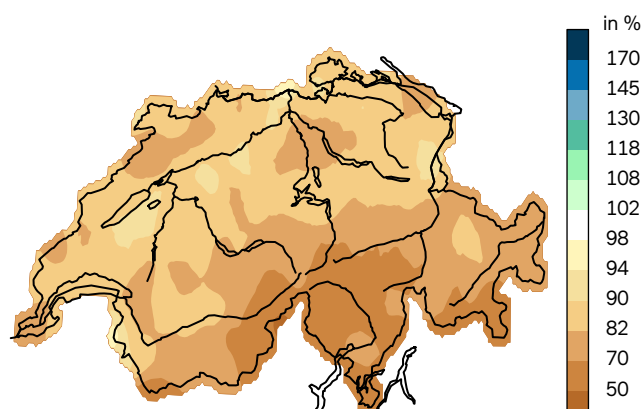
bundenen hohen Verdunstung sowie mit dem Regenmangel der Monate davor ergab sich in dieser Region eine grosse Trockenheit. Im August blieben die Niederschläge – mit nur 40 bis 70 % der Norm – in vielen Gebieten der Schweiz erneut unterdurchschnittlich. Reichlich Regen fiel hingegen zwischen Schaffhausen und dem Bodensee mit 130 bis 180 % der Norm.

Im Herbst fielen nördlich der Alpen verbreitet überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. In der Westschweiz und lokal im zentralen Mittelland stiegen sie über 130 % der Norm. In den Alpen bewegten sich die Werte vielerorts zwischen 80 und 120 %. Die Alpensüdseite und angrenzende Gebiete erhielten demgegenüber verbreitet nur 60 bis 90 % der Norm 1991–2020.

Der Dezember zeigte sich bis nach der Monatsmitte kühl und es fiel mehrmals Schnee bis in tiefe Lagen. Eine kräftige Erwärmung liess anschliessend die Schneefallgrenze auf über 2000 m ansteigen.

Abb. 2.1: Jahresniederschlagssumme (% des Normwertes)

Die Jahresniederschläge 2022 erreichten verbreitet 70 bis 90 % der Norm 1991–2020. Auf der Alpensüdseite lagen die Werte zwischen 50 und 75 % der Norm.



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

3 Schnee und Gletscher

Der Winter 2021/22 sorgte für Rekordwerte: Es war ein warmer, insbesondere im Süden ein eher schneeärmer und damit ein kurzer Winter. Das Jahr 2022 war für Schweizer Gletscher katastrophal: Mit sehr wenig Schnee im Winter und anhaltenden Hitzewellen im Sommer wurden sämtliche Rekorde der Eisschmelze gebrochen.

3.1 Schnee

Das Einschneien erfolgte schweizweit Anfang November 2021 in Höhenlagen oberhalb rund 2200 m, in Graubünden sogar oberhalb von rund 1500 m. Am Alpennordhang bildete sich die winterliche Schneedecke oberhalb 800 m verbreitet am 26. und 27. November. Viele weitere Schneefälle in den nachfolgenden Tagen und Wochen trugen dazu bei, dass einzelne Westschweizer Stationen auf rund 1300 m kurz vor Monatsmitte rekordhohe Schneehöhen für dieses Datum verzeichneten. Eine Woche vor Weihnachten waren die Schneehöhen zwischen 600 und 1500 m am Alpennordhang rund zwei- bis viermal so hoch wie normal, oberhalb von 2000 m noch rund eineinhalbmals so hoch wie im Durchschnitt.

Die Schneedecke blieb oberhalb von 1000 m am Alpennordhang bis Mitte März 2022 erhalten. Damit lag die Anzahl Tage mit Schneedecke bis Ende März im normalen Bereich, mit Ausnahme des Höhenbandes zwischen 600 und 900 m, wo eine leicht überdurchschnittliche Anzahl Tage mit Schnee verzeichnet werden konnte. Im Gegensatz dazu lag im Mittelland verbreitet nur wenig Schnee. Nach einer aussergewöhnlich langen Phase von rund 30 Tagen ohne Neuschnee wurden Ende März oberhalb von 1500 m am Alpennordhang und im Engadin verbreitet noch 30 bis 60 % der üblichen Schneehöhe registriert.

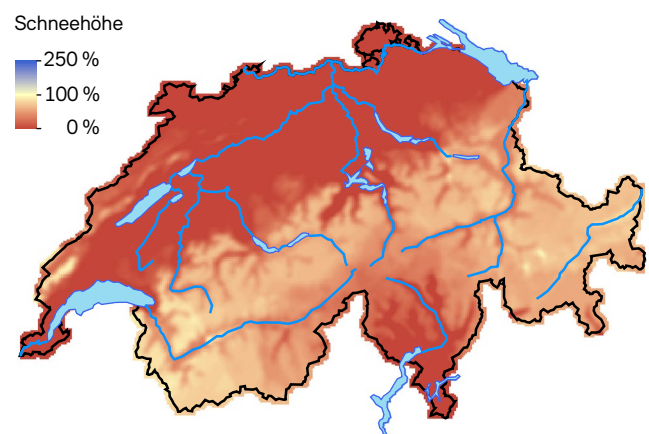
Ganz anders präsentierte sich die Situation am Alpensüdhang, insbesondere im Tessin und im Simplongebiet: Unterhalb von 1800 m lag Ende März kein oder nur wenig Schnee. Aufgrund der seit Anfang Winter anhaltenden Niederschlagsarmut gab es dort seit November nur oberhalb von 1800 m eine dünne permanente Schneedecke. Entsprechend war die seit November täglich aufsummierte Neuschneesumme an vielen Stationen in diesen Regionen der kleinste je gemessene Wert.

Über die ganze Periode von November 2021 bis Ende März 2022 betrachtet, waren die mittleren Schneehöhen am Alpennordhang unterhalb von 800 m wegen überdurchschnittlich hoher Wintertemperaturen und am Alpensüdhang unterhalb von 1700 m wegen gleichzeitiger grosser Niederschlagsarmut stark unterdurchschnittlich. So wurde an den Stationen Airolo (TI, 1140 m), Campo Blenio (TI, 1215 m), Bosco Gurin (TI, 1525 m) und San Bernardino (GR, 1640 m) seit mindestens 1959 noch nie eine so geringe mittlere Schneehöhe gemessen. Oberhalb 2000 m waren die mittleren Schneehöhen am Alpensüdhang nur rund halb so hoch wie normal. Am Alpennordhang und im Engadin lagen die mittleren Schneehöhen seit 1. November zwischen 1200 und 2000 m bei 80 bis 100 % und oberhalb 2000 m bei 70 bis 90 % der langjährigen Normwerte 1991–2020.

Aufgrund stark überdurchschnittlicher Temperaturen im Mai und Juni erfolgte die Ausaperung auf allen Höhenstufen rund einen Monat früher als normal. Die knapp 90-jährige Messreihe auf dem Weissfluhjoch (GR, 2540 m) zeigte das zweitfrüheste je gemessene Ausaperungsdatum (6. Juni). Nur drei Tage früher erfolgte die Ausaperung im Jahr 1947. In beiden Jahren wurden mehrere starke Saharastaub-Ereignisse im Verlauf des Winters beobachtet, welche zu grösseren Schmelzraten geführt haben.

Abb. 3.1: Schneehöhe (% des Normwertes)

Schneehöhen des Winters 2021/22 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

Das Jahr 2022 war für Schweizer Gletscher katastrophal: Mit sehr wenig Schnee im Winter und anhaltenden Hitzewellen im Sommer wurden sämtliche Rekorde der Eisschmelze gebrochen. Die Abschmelzraten übertreffen die bisherigen Rekorde aus dem Hitzesommer 2003 bei weitem: Die Gletscher haben im Jahr 2022 rund drei Kubikkilometer Eis verloren, das sind mehr als sechs Prozent des verbleibenden Volumens. Als Vergleich: Bislang bezeichnete man Jahre mit zwei Prozent Eisverlust als «extrem». Besonders einschneidend war der Verlust für kleine Gletscher. Der Pizolgletscher (SG), der Vadret dal Corvatsch (GR) und der Schwarzbachfirn (UR) sind praktisch verschwunden – die Messungen wurden eingestellt.

Im Engadin und im südlichen Wallis verschwand auf 3000 Metern über Meer eine Eisschicht von vier bis sechs Metern Dicke. Das ist teilweise mehr als doppelt so viel wie das bisherige Maximum. Selbst an den allerhöchsten Messpunkten (z. B. beim Jungfraujoch) wurden deutliche Verluste gemessen. Der mittlere Eisdickenverlust liegt in allen Regionen bei rund drei Metern, erreicht zum Teil gar

Werte über vier Meter (z. B. Griesgletscher (VS), Ghiacciaio del Basòdino (TI)). Beobachtungen zeigen, dass viele Gletscherzungen zerfallen und Felsinseln aus dem dünnen Eis inmitten des Gletschers auftauchen. Diese Prozesse beschleunigen den Zerfall weiter.

Die Situation war schon im Winter und Frühling aussergewöhnlich: Das Einschneien erfolgte im Winter 2021/22 für die meisten Gletscher Anfang November, was ungefähr der Norm entspricht. Allerdings verschwand die Schneedecke auf allen Höhenstufen rund einen Monat früher als üblich (siehe auch Kapitel 3.1). Die Schneehöhe in den Alpen war im Frühling so gering wie noch selten, vor allem im Süden der Schweiz. Hinzu kamen die grossen Mengen an Saharastaub zwischen März und Mai. Der verunreinigte Schnee nahm mehr Sonnenenergie auf und schmolz schneller. Damit verloren die Gletscher den schützenden Schnee bereits im Frühsommer. Die anhaltende, teils massive Hitze zwischen Mai bis Anfang September dezimierte deshalb das Gletschereis.

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

Abb. 3.2: Anfang September 2022 ist der Griesgletscher (VS) bis in die höchsten Regionen komplett schneefrei



4 Oberflächengewässer

Die Pegel der Flüsse und Seen lagen im Jahr 2022 infolge des Niederschlagsmangels in fast allen Regionen der Schweiz über Monate deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt der Normperiode 1991–2020. Aufgrund der kleinen Wasserführung erwärmten sich die Gewässer während der Hitzewellen im Sommer stark. Die Wassertemperaturen vieler Flüsse im Mittelland erreichten neue Höchstwerte.

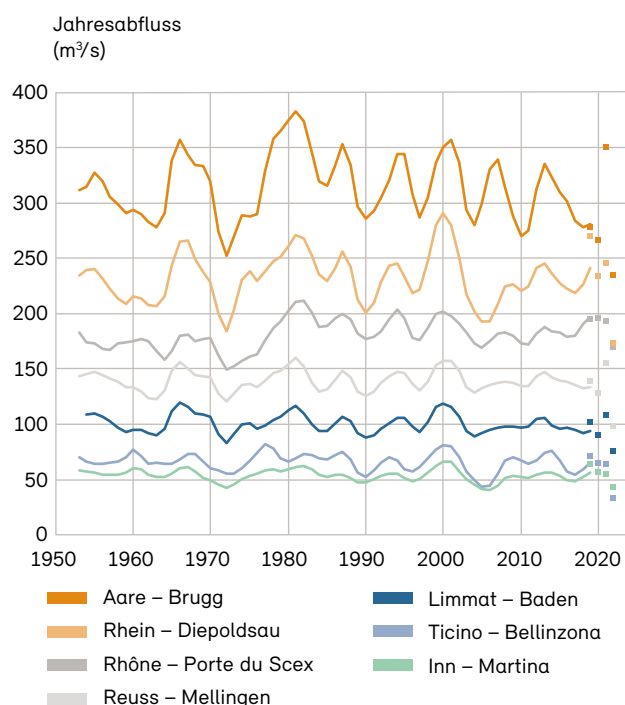
4.1 Abflussverhältnisse

Die Jahresmittelwerte des Abflusses lagen 2022 in allen grossen Flussgebieten der Schweiz deutlich unter dem langjährigen Mittel der Normperiode 1991–2020. Keines erreichte mehr als 90 % des normalen Abflusses. Die Rhone bei Porte du Scex kam auf gut 89 %. Deren Einzugsgebiet weist von den grossen Flussgebieten der Schweiz mit 10 % den grössten Vergleichsgrad auf. Dass die Gletscherschmelze ihren Beitrag zu diesem verhältnismässig hohen Abfluss geliefert hat, zeigen die Messungen an der Station unterhalb des Aletschgletschers: An der Massa wurde der höchste Jahresabfluss in der 92-jährigen Messreihe registriert (Abb. 4.4 und 4.8). Neben der Rhone erreichte nur der Abfluss des Inns einen Anteil von mehr als 80 % der Norm. Zwischen 70 bis 80 % wurden an der Reuss, am Alpenrhein, an der Thur, an der Aare und an der Limmat erreicht. Nur rund zwei Drittel der normalen Wassermenge führten die Birs und der Doubs. Dramatisch war es auf der Alpensüdseite: Mit einem Jahresmittelwert von 33 m³/s sind im Ticino bei Bellinzona nur etwas mehr als die Hälfte der langjährigen durchschnittlichen Wassermenge abgeflossen. Der Wert des Jahres 2022 ist der tiefste in der über 100-jährigen Messreihe. Sogar nur ein Viertel des normalen Abflusses wurde an der Maggia bei Locarno gemessen. Auch das ist ein neuer Rekord in der knapp 40-jährigen Messreihe.

Unter den ausgewählten mittelgrossen Einzugsgebieten (Abb. 4.2) gab es im Jahr 2022 nur je vier Gebiete mit normalen (90 bis 110 % der Norm 1991–2020) und überdurchschnittlichen Abflüssen (110 bis 130 % resp. 130 bis 150 % der Norm). Bei den Gebieten mit überdurchschnittlichen Abflüssen spielte die Vergletscherung eine

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

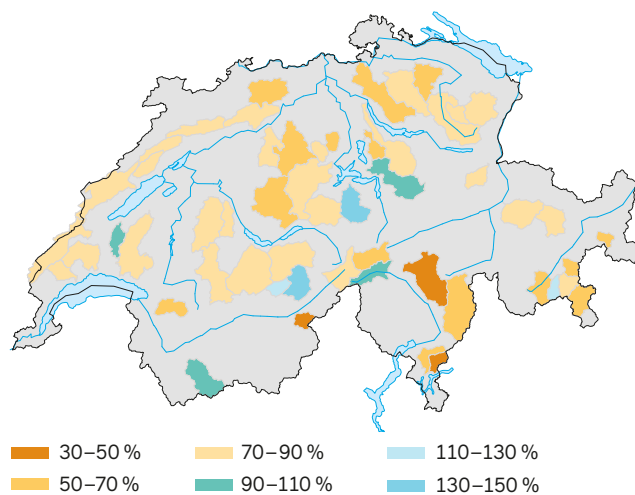
Dargestellt sind gleitende Mittel (über sieben Jahre) als Linien und die letzten vier Jahresabflüsse als Punkte.



massgebende Rolle. Wie bereits erwähnt, verzeichnete die Massa 2022 einen neuen höchsten Jahresabfluss; er lag in diesem Einzugsgebiet 34 % über dem langjährigen Mittelwert. Ebenfalls rund 35 % über der Norm lag der Abfluss an der Engelberger Aa bei Buochs. Dort ist der Jahresabfluss 2022 jedoch kein neuer Höchstwert, er liegt aber nur unwesentlich unter dem Rekordwert vom Vorjahr. Knapp 15 % über dem langjährigen Mittelwert lagen die Abflüsse an der Lonza bei Blatten und beim Rosegbach in Pontresina. Auch dort wurden in früheren Jahren bereits höhere Jahresmittelwerte des Abflusses gemessen. Die Einzugsgebiete mit Abflüssen im Bereich von 70 bis 90 % der Norm liegen zum grössten Teil auf der Alpennordseite, von der West- bis in die Ostschweiz. Die Gebiete mit stark unterdurchschnittlichen Abflüssen findet man in der Zentral- und Nord- bis Nordostschweiz sowie auf der Alpensüdseite. In diesen Regionen gab es bei rund 30 Messstationen des BAFU-Messnetzes neue tiefste Jahresmittelwerte. Drei Gebiete weisen extrem

Abb. 4.2: Abflussverhältnisse ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

Jahresmittel 2022 ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete im Vergleich zum mittleren Abfluss der langjährigen Normperiode 1991–2020 (%).



tiefe Jahresmittelwerte auf: Der Brenno bei Loderio, der Cassarate bei Pregassona und die Saltina bei Brig lieferten nur rund 45 % des jährlichen Abflusses. Nur bei der Saltina bedeuteten die rund 45 % der Norm aber auch ein neuer Tiefstwert. Der Cassarate 2003 und der Brenno 2005 haben Jahre mit noch tieferen Jahresmittelwerten erlebt.

Hinter tiefen Jahresmittelwerten stecken tiefe Monats- und Tagesmittelwerte. Damit es neue Rekordwerte geben kann, braucht es längere Niedrigwasserperioden. Diese gab es im Jahr 2022 in weiten Teilen der Schweiz. Die Abflüsse im Juni, Juli, August und – etwas weniger ausgeprägt – im September lagen verbreitet weit unter den entsprechenden langjährigen Mittelwerten. Die Abbildungen 4.3 (für die grossen Einzugsgebiete) und 4.4 (für die mittelgrossen Einzugsgebiete) zeigen eindrücklich, welch tiefe Abflüsse im Sommer 2022 geherrscht haben. Am Rhein bei Diepoldsau erreichten die Monatsabflüsse von Juni bis September höchstens zwei Drittel der Norm. Im Juli und August lagen sie knapp über 50 %. Der Anteil der Monatswerte im Jahr 2022 an den langjährigen Mittelwerten betrug an der Aare bei Brugg im März (nur 49 %), Mai, Juni Juli und August nie mehr als 60 %. Nimmt man April und September hinzu, führte die Aare sieben Monate

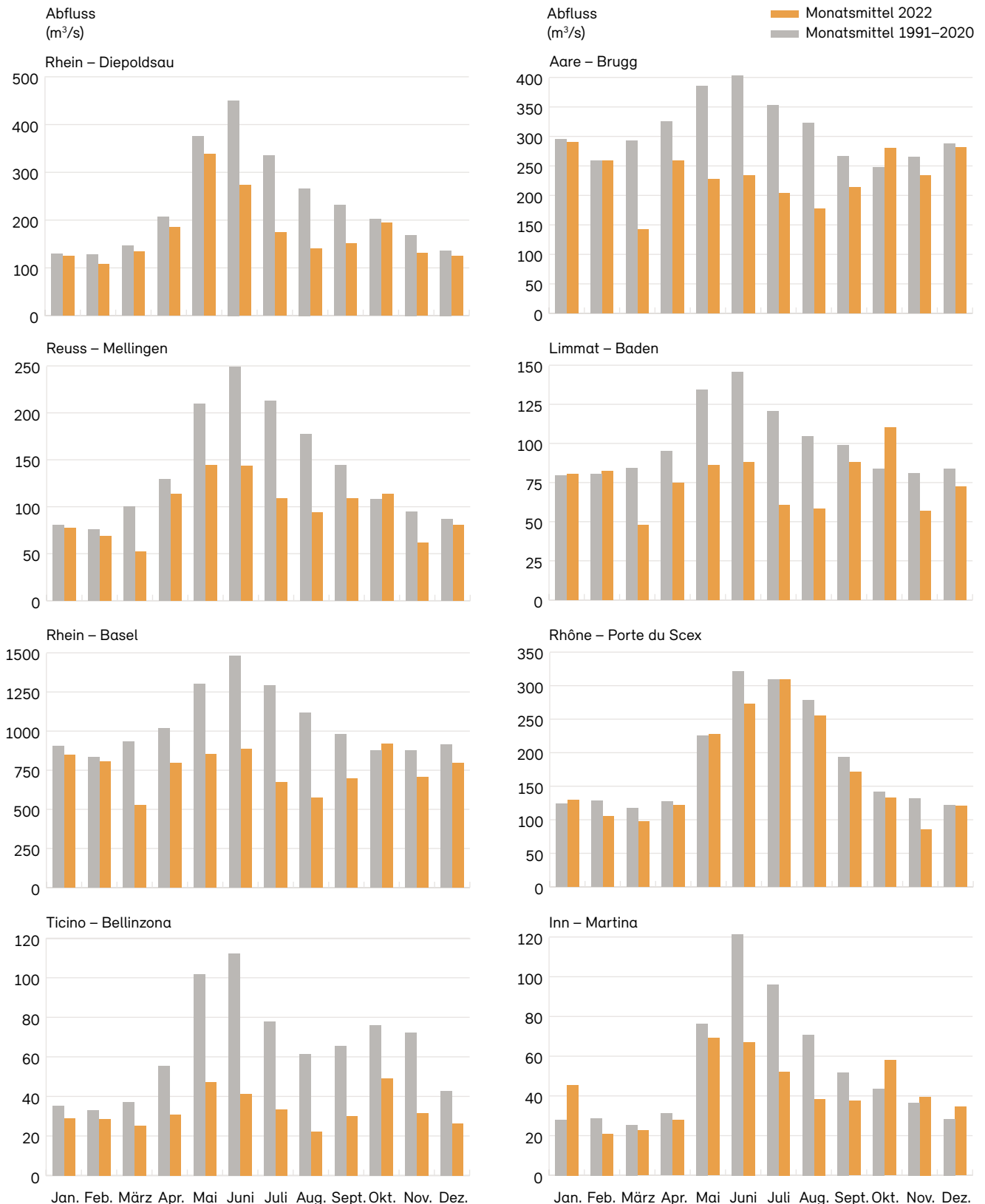
durchgehende deutlich unterdurchschnittliche Abflüsse. Die Venoge bei Ecublens war bereits unterdurchschnittlich ins Jahr gestartet. Von März bis August blieben die Abflüsse dann auf einem sehr bescheidenen Niveau. Im Mai und Juli stiegen sie nicht über 40 % der Norm.

Noch extremer war die Situation auf der Alpensüdseite: Sowohl beim Ticino bei Bellinzona als auch bei der Maggia bei Locarno lagen im Jahr 2022 keine Monatsabflüsse über den entsprechenden Normwerten 1991–2020. An der Maggia blieb der Anteil an der Norm in jedem Monat unter 70 %. Die tiefsten Anteile wurden im Mai (14 %), September und November (je rund 15 %) beobachtet. In der Summe ergab dies in beiden Einzugsgebieten einen neuen tiefsten Jahresmittelwert bezogen auf die ganze Messperiode.

Ein Blick in die Abbildungen mit den Tagesabflüssen (Abb. 4.5 bis 4.8) zeigt, wie weit sich die Abflüsse im Jahr 2022 ausserhalb der normalen Bereiche bewegt haben. Werte unterhalb der orangen Begrenzung gehören zu den 5 % der tiefsten Abflüsse eines bestimmten Tages im Jahr: In Diepoldsau war das von Juni bis Anfang September der Fall; in Brugg mit kurzen Unterbrüchen von Mai bis Anfang September aber auch schon im März; an der Venoge von Mai bis Anfang September und an der Maggia von März bis Mitte Juni sowie von Mitte Juli bis Mitte Oktober. Neue monatliche Tiefstwerte sind vor allem in den Monaten Juni, Juli und August aufgetreten, im Tessin auch schon von März bis Mai. Details dazu sind im Kapitel 1 beschrieben. In den Abbildungen ist ersichtlich, dass die Abflüsse auch während einer längeren Trockenphase den Bereich des Normalen aufgrund von Starkregenereignissen rasch nach oben verlassen können, wie zum Beispiel bei kräftigen Schauern und Gewittern Mitte August (siehe auch hierzu Kapitel 1). Im Herbst schliesslich fielen auf der Alpennordseite überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Die Wasserstände in den meisten Fliessgewässern und Seen haben sich in der Folge erholt.

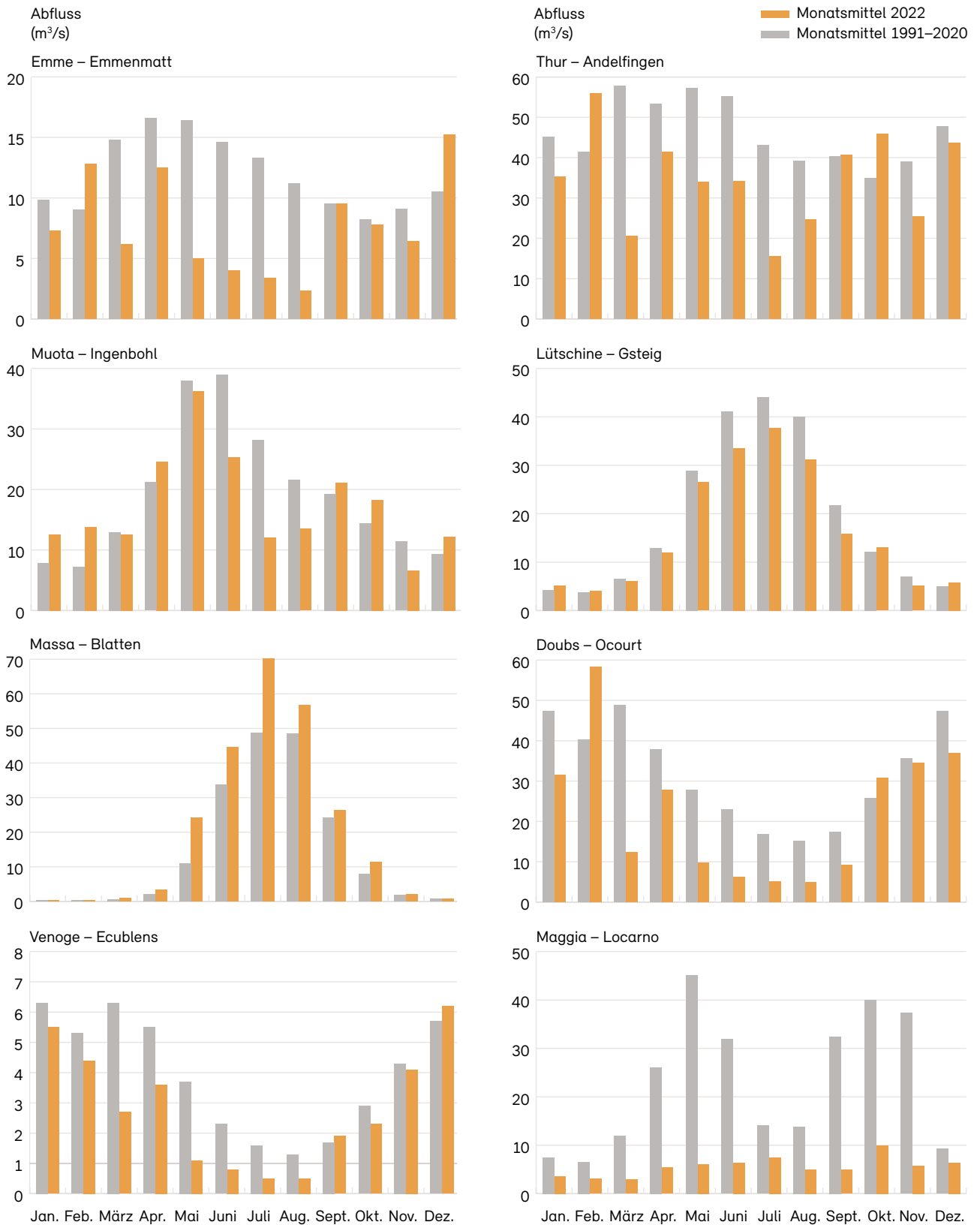
Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete

Abb. 4.3: Monatsmittel 2022 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020 (grau)



Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

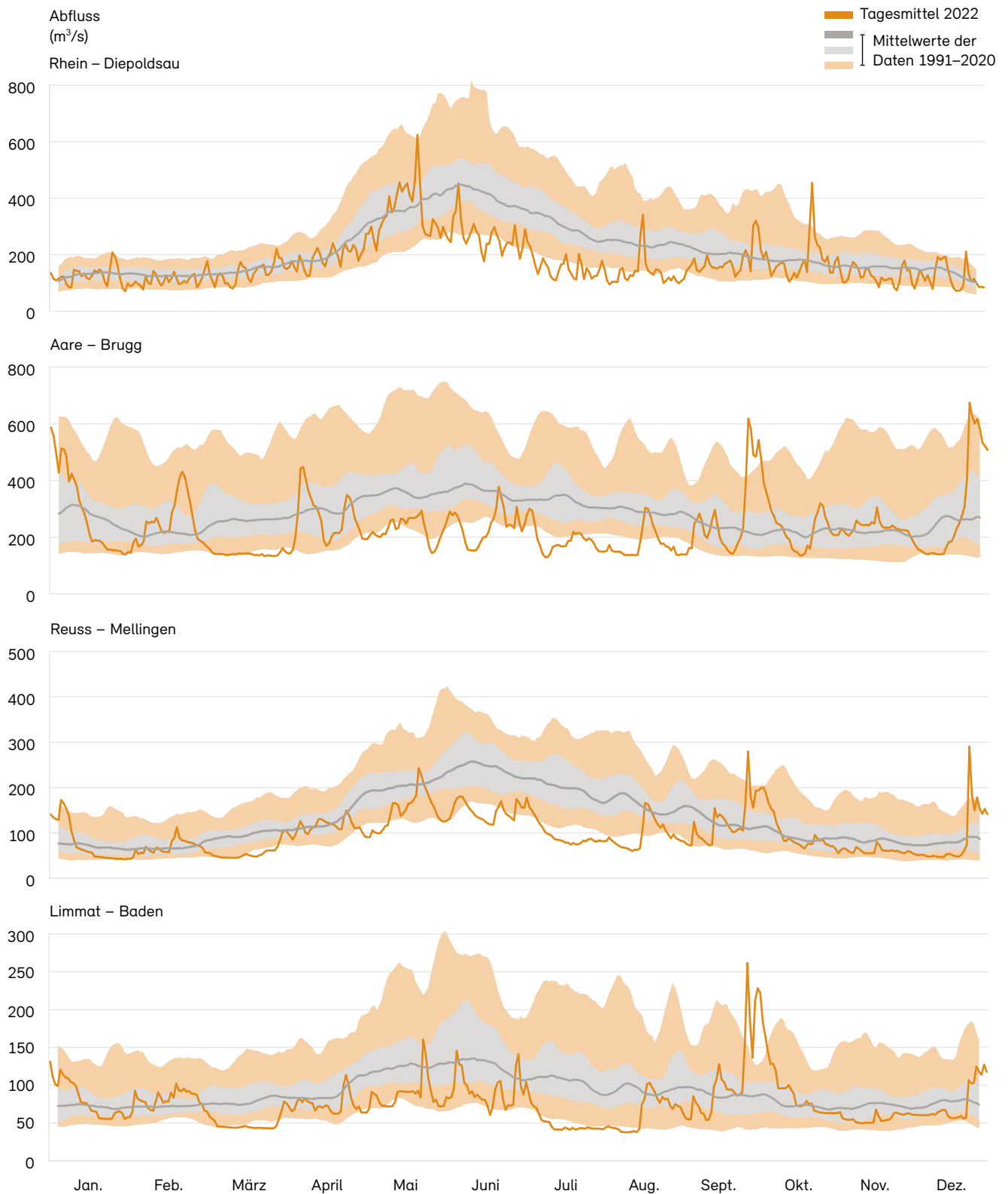
Abb. 4.4: Monatsmittel 2022 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020 (grau)



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.5: Tagesmittel 2022 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020

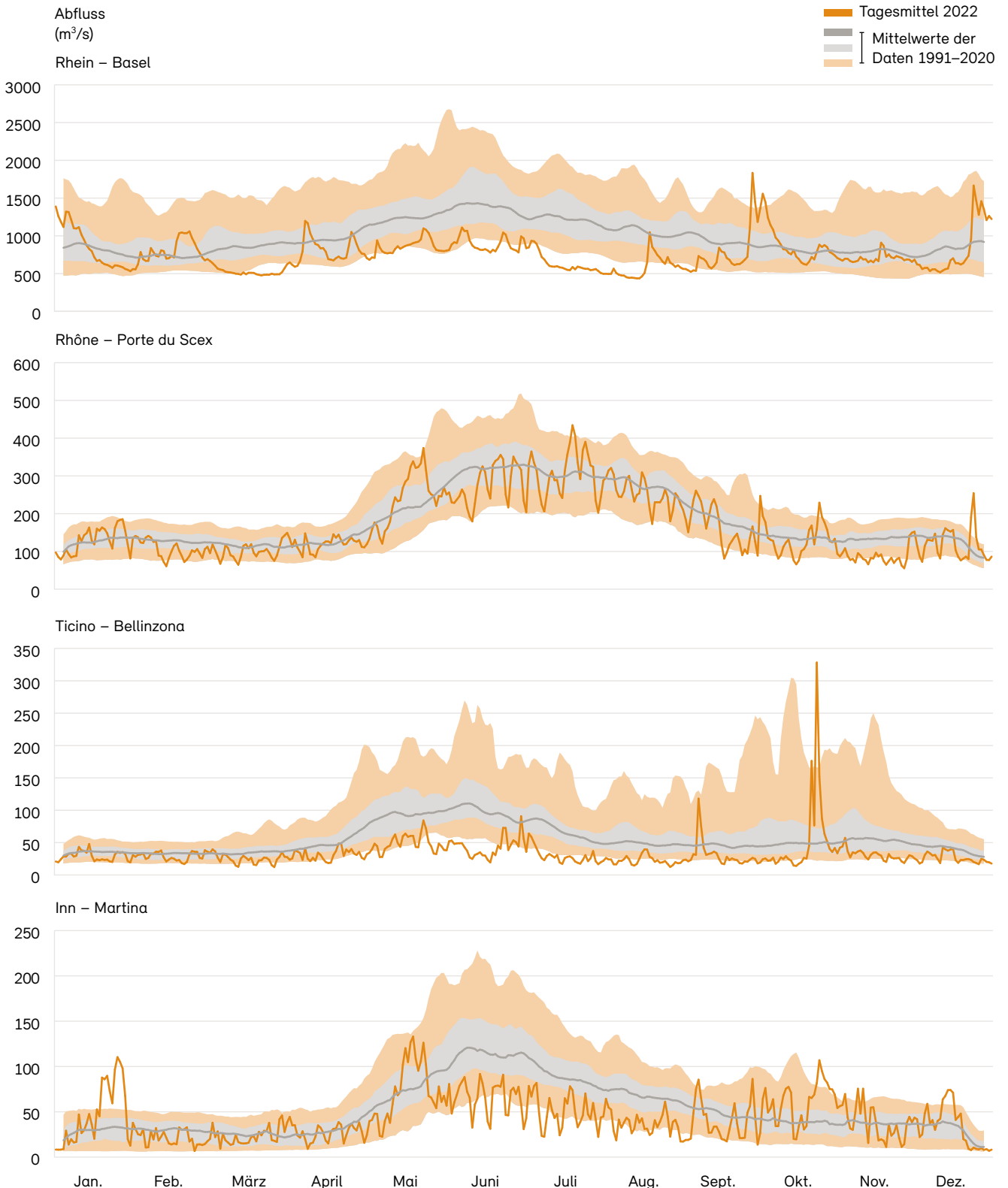
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.6: Tagesmittel 2022 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020

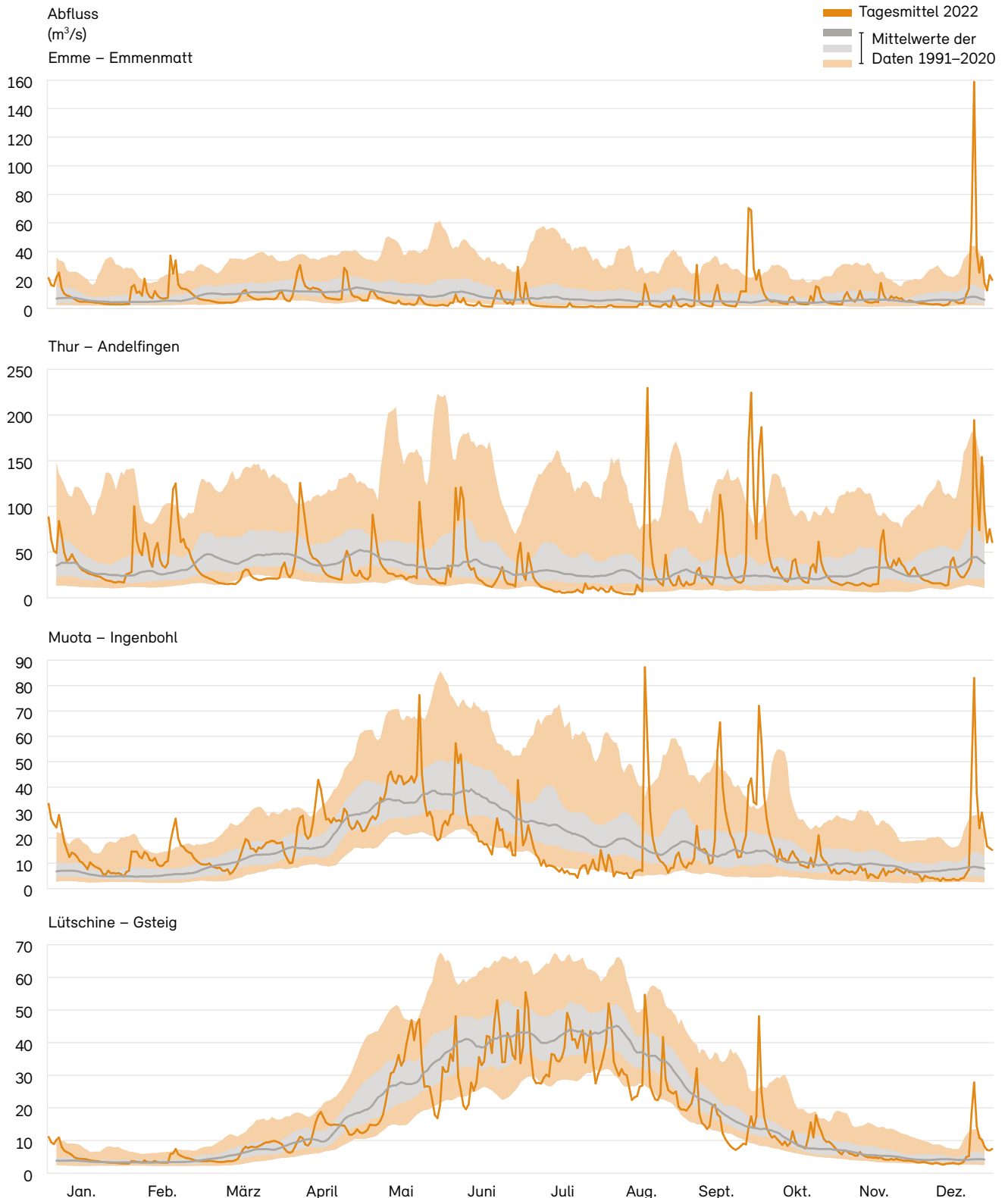
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (1/2)

Abb. 4.7: Tagesmittel 2022 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020

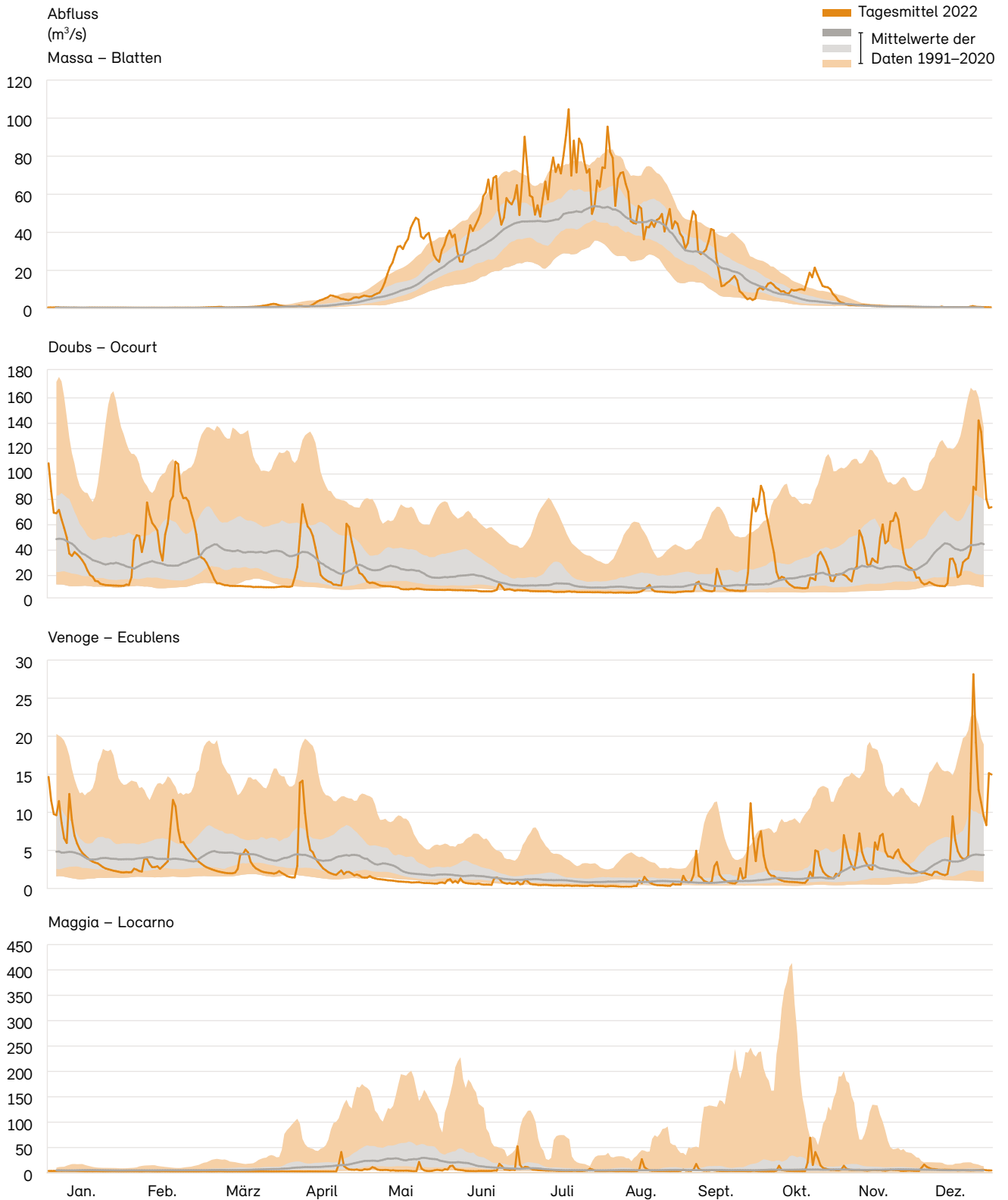
Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (2/2)

Abb. 4.8: Tagesmittel 2022 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020

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



4.2 Seestände

Der anhaltende Niederschlagsmangel und die hohen Temperaturen im Jahr 2022 haben auch bei den Seen Spuren hinterlassen. Von den grossen Seen lag nur beim Genfersee der Jahresmittelwert des Wasserstands mit 3 cm nennenswert über dem langjährigen Mittel der Normperiode 1991–2020. Er profitierte von den stark überdurchschnittlichen Zuflüssen aus den vergletscherten Einzugsgebieten (Abb. 4.8, Massa-Blatten). Bei einem halben Dutzend grosser Seen entsprach das Jahresmittel ziemlich genau dem Normwert. Beim überwiegenden Teil lag der Jahresmittelwert 2022 jedoch deutlich unter dem langjährigen Mittel. Die grössten Unterschreitungen zeigten die Pegel der Stationen an den nicht regulierten Seen Walensee (–20 cm), Bodensee–Romanshorn (–16 cm) und Bodensee–Berlingen (–32 cm) sowie an den beiden Tessiner Seen Lago di Lugano (–29 cm) und Lago Maggiore (–88 cm). Am Lago Maggiore entspricht der Wasserstand von 192,61 m ü. M. dem tiefsten Jahresmittelwert in der 80-jährigen Messreihe. Er liegt mehr als 20 cm unter dem Wert aus dem Jahr 1949. Auch beim Lago di Lugano ist der Wert von 2022 ein neuer Rekord: Es ist der tiefste Wasserstand in der knapp 60-jährigen Messreihe.

Beim Lago di Lugano ist der Jahresverlauf des Pegels mit diesem sehr tiefen Jahresmittelwert sehr eindrücklich: Von Januar bis und mit September gab es an diesem See neue monatliche Tiefstwerte. Mitte September bewegte sich der Pegel erstmals im Jahr 2022 in einem für die Jahreszeit normalen Bereich. Und Ende Oktober wurde dann ein kleines Hochwasser verzeichnet. Am Lago Maggiore gab es trotz der äusserst tiefen Pegelstände nur einen neuen monatlichen Tiefstwert – im Juni. Aber auch wenn es nur diesen einen neuen Tiefstwert gab, ist das Bild des Verlaufs der monatlichen Pegelstände sehr eindrücklich (Abb. 4.9): Alle zwölf Werte blieben deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Periode 1991–2020. Die Abweichung von der Norm betrug im Juni, im Juli und im Dezember mehr als ein Meter. Nur im August und im September lag der Pegel weniger als 70 cm unterhalb des monatlichen Normwerts. Weitere neue tiefste monatliche Pegelstände wurden am Bodensee in Berlingen im Juli und August und am Walensee im August gemessen. Der Wasserstand des Bodensee bewegte sich Anfang und Ende Jahr weitge-

hend innerhalb der gewohnten Grenzen. Ab Mitte Jahr bis in den Herbst hinein blieben die Pegel auf einem für die Jahreszeit tiefen bis sehr tiefen Niveau. Die monatlichen Mittelwerte von Juni bis September lagen mit –37, –54, –55 resp. –34 cm deutlich unter den langjährigen Mittelwerten für diese Monate.

Noch einmal zurück ins Tessin: Obwohl der Jahresmittelwert des Lago Maggiore der tiefste der gesamten Messperiode ist, ist der kleinste Tagesmittelwert des Jahres 2022 nicht aussergewöhnlich. In jedem dritten Jahr der Normperiode 1991–2020 lag das tiefste Tagesmittel unter demjenigen des Jahres 2022. Am Lago di Lugano hingegen war das tiefste Tagesmittel des Jahres (Mitte April) auch das tiefste Tagesmittel der ganzen Messperiode. Der Wert von 269,93 m ü. M. wurde während der Normperiode 1991–2020 nicht annähernd erreicht. Am nächsten kam ihm das Minimum des Jahres 2011 mit 270,06 m ü. M.

Der Wasserstand des Neuenburgersees lag in den ersten und den letzten Tagen des Jahres deutlich über dem Pegel, der in der entsprechenden Jahreszeit zu erwarten wäre. Ausserdem reagierte der See zwischen Mitte August und Ende Oktober mit deutlichen Pegelanstiegen auf die einzelnen Niederschlagsereignisse. Im Gegensatz zu den Seen der Südschweiz lag der Wasserstand am Genfersee häufig über dem langjährigen Mittelwert: Von Anfang Jahr bis Ende April durchgehend. Einzig im Mai gab es eine längere Phase mit unterdurchschnittlichen Pegelständen. Ab Mitte Jahr lag der Wasserstand – mit Ausnahme von ein paar Ausschlägen – auf dem gewohnt konstanten Niveau.

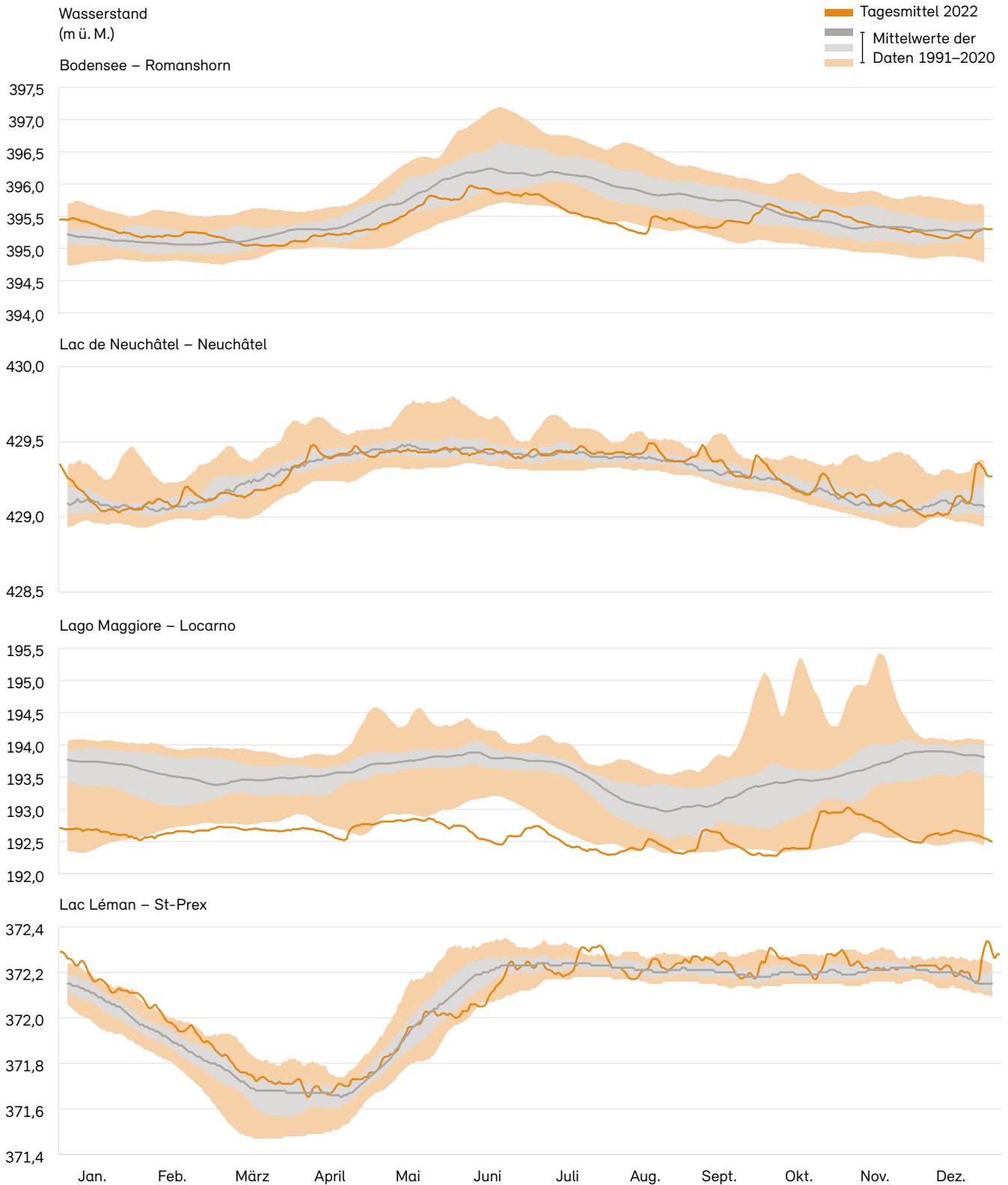
An keinem der grösseren Seen der Schweiz wurde 2022 ein neues monatliches Maximum registriert. Und an keinem der grösseren Seen erreichte der Wasserstand die Gefahrenstufe 2.

Im Jahr 2022 wurde am Brienersee – nach 2018 – wieder eine ausserordentliche Seeabsenkung vorgenommen. Der Wasserstand lag deswegen zwischen Mitte Januar bis um den 20. Februar auf einem besonders tiefen Niveau. Während dieser Zeit ist es möglich, Bauvorhaben im Uferbereich auszuführen. Die Absenkungen finden abwechselnd an den beiden grossen Berner Oberländer Seen Brienersee und Thunersee statt.

Tägliche Wasserstände ausgewählter Seen

Abb. 4.10: Tagesmittel 2022 der Wasserstände (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020

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



4.3 Wassertemperaturen

Die Jahresmittelwerte der Wassertemperatur erreichten im Jahr 2022 Rekordhöhen. Der milde Frühling, aber vor allem die drei saisonal ausgeprägten Hitzeperioden mit gleichzeitigem Niederwasser wirkten sich deutlich auf den Verlauf der Wassertemperaturen aus. Bei knapp einem Drittel der BAFU-Stationen wurden Überschreitungen der bisherigen Jahresmittelwerte beobachtet. Dies ist etwas weniger als im letzten Extremjahr 2018, setzt den Trend der Temperaturerhöhung nach den eher ausgeglichenen Jahren (2019 bis 2021) nun aber wieder deutlich verstärkt fort. Vor allem im Rheingebiet und im Zuflussbereich der Aare in den Rhein überschritten die Temperaturen an praktisch allen Stationen die bisherigen Maximalwerte. Keine neuen höchsten Jahresmittel gab es bei den Stationen im Jurabogen und in den westlichen Zentralalpen.

Bei der Darstellung des Trends der Jahresmittelwerte (Abb. 4.11) wurde schon Ende der 1980er-Jahre und dann nochmals im Jahr 2003 eine sprunghafte Erwärmungsphase beobachtet. Mit den zwei Extremjahren 2018 und 2022 bildet sich nun ein weiterer Anstieg aus, der sich bereits in den Jahren 2014/2015 andeutete.

Vorwiegend Gewässer in tieferen Lagen sind von den langfristigen Temperaturanstiegen betroffen, sofern diese nicht beispielsweise durch Grundwassereinflüsse oder genügend Beschattung abgedämpft werden. In höher gelegenen Gebieten – vor allem bei starkem Gletschereinfluss, wie zum Beispiel bei der Massa bei Blatten – wird eine Erhöhung der Wassertemperatur dank der höheren Schmelzabflüsse noch nicht beobachtet.

Geringe Überschreitungen im Winter und Frühling

Zu Beginn des ersten Quartals des Jahres 2022, während der ersten Januartage, lagen die Wassertemperaturen bei vielen Stationen deutlich höher als die langjährigen Messwerte. Die Lufttemperaturen waren während des gesamten Quartals zwar aussergewöhnlich hoch, dies wirkte sich jedoch nicht übermässig auf die Anzahl Überschreitungen der bisherigen Maximalwerte der Wassertemperaturen der Monate Januar bis April aus. Dagegen war im extrem milden, niederschlagsarmen und gebietsweise sehr sonnigen Mai und vor allem im Juni ein auffälliger Anstieg der Wassertemperaturen zu beobachten, der sich in den darauffolgenden Sommermonaten weiter fortsetzte.

Hitzesommer

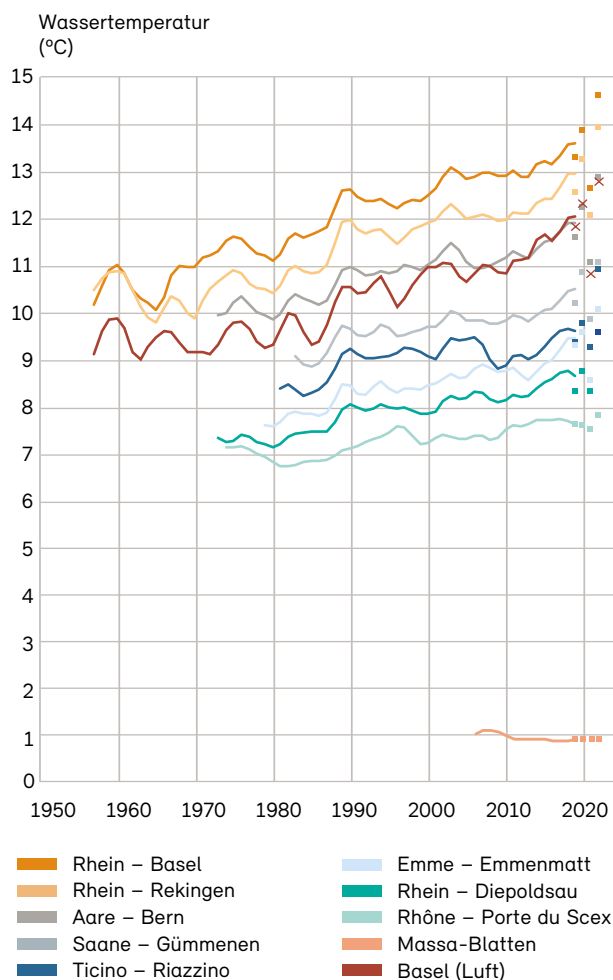
Vor allem im Juli und September wurden bereits bei einem Drittel der Stationen die langjährigen maximalen Monatsmittel überschritten (siehe auch Kapitel 1). Davon ausgenommen waren wieder die Stationen im Jurabogen und in den westlichen Zentralalpen.

Überdurchschnittliche Werte im Herbst und Winter

Auch im Herbst blieben die Wassertemperaturen bei vielen Stationen über mehrere Monate überdurchschnittlich hoch (Abb. 4.12). Neue monatliche Maximalwerte gab es jedoch erst vorwiegend im Monat November bei knapp einem Viertel der Stationen, dies insbesondere im Rheingebiet und im Zuflussbereich der Aare in den Rhein.

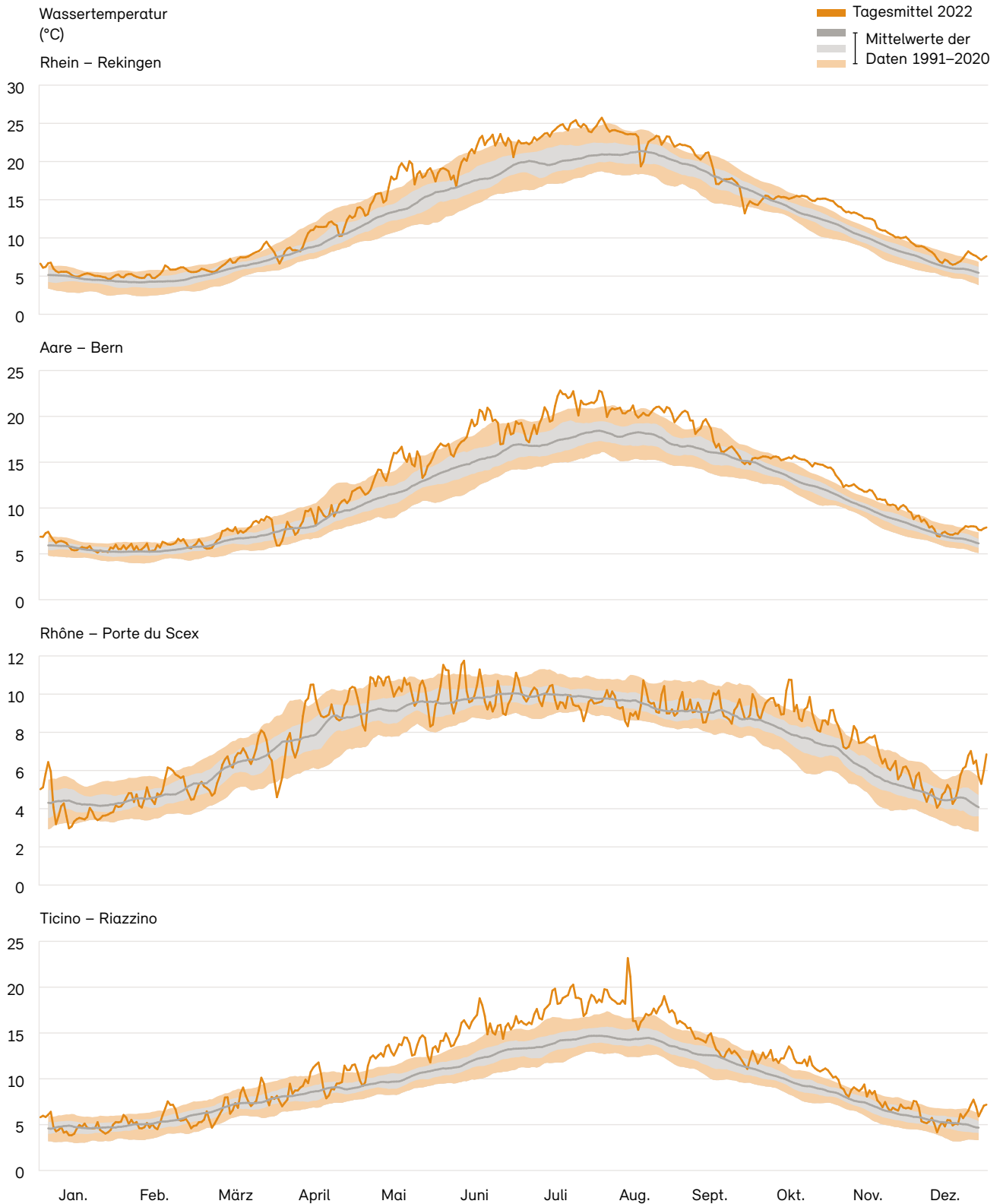
Abb. 4.11: Entwicklung der Wassertemperaturen von 1954 bis 2022 in ausgewählten Flüssen der Schweiz

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



Mittlere Tagestemperatur ausgewählter Stationen

Abb. 4.12: Tagesmittel 2022 der Wassertemperatur (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1991–2020
 Innerhalb der untersten und der obersten orangen Begrenzung liegen 90 % der Tagesmittel. Innerhalb der grauen Fläche liegen 50 % der Tagesmittel.



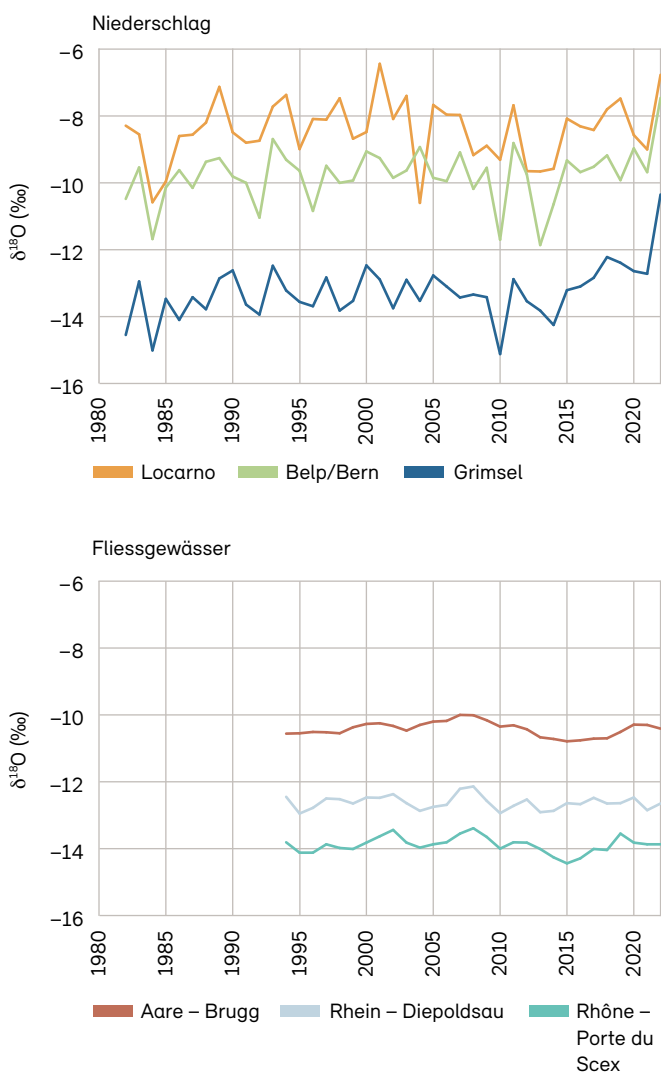
4.4 Stabile Wasserisotope

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 nachzuverfolgen 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 Abhängigkeit der Zusammensetzung stabiler Wasserisotope von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte in den Herkunftsgebieten der Niederschläge wird in meteorologischen Studien und bei der Untersuchung klimabedingter Veränderungen im Wasserkreislauf 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 ein vertieftes Verständnis der komplexen Auswirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf sowie für hydro(geo)logische und meteorologische Studien zur Verfügung.

Regelmässige jahreszeitliche Schwankungen prägen den Jahresgang der Isotopenwerte im Niederschlag. Diese werden durch längerfristige Entwicklungen globaler klimatischer Veränderungen 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 vorübergehend eher stagnierende bis sinkende $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Niederschlag zu verzeichnen; seitdem stiegen sie erneut an (Abb. 4.13). Das Jahr 2022 war aussergewöhnlich warm und wies anhaltende Tro-

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 1982 bis 2022.



ckenperioden auf. Der Niederschlag fiel verbreitet als Starkniederschlag. Die gemessenen Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte im Niederschlag waren somit im Jahresdurchschnitt aussergewöhnlich stark angereichert.

In Fließgewässern lässt sich der jahreszeitliche Verlauf der $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ebenfalls feststellen. Allerdings wird er aufgrund regionaler Mischeffekte im Abfluss stark abgeschwächt. Auch hier war zwischen 2008 und 2015 vorübergehend ein Unterbruch im generell ansteigenden Trend der Isotopenwerte ersichtlich (Abb. 4.13).

4.5 Wasserqualität/physikalische und chemische Eigenschaften

Die Qualität der Fliessgewässer überwacht das BAFU gemeinsam mit den Kantonen an 141 Stationen im Programm «Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität» (NAWA) (Abb. 4.14). Seit 2018 werden im Modul NAWA TREND auch organische Mikroverunreinigungen erfasst. Von 2022 bis 2025 werden diese an 38 Stationen untersucht. Im Modul NAWA Fracht (Nationale Daueruntersuchung der Schweizer Fliessgewässer (NADUF), das im Jahr 2022 sein 50-jähriges Bestehen feierte, erhebt das BAFU an 14 Stationen kontinuierliche, hochaufgelöste physikalisch-chemische Daten in situ (Wasserstand, Abfluss, Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff) und nimmt gleichzeitig wöchentliche oder zweiwöchentliche abflussproportionale Mischproben für die Analyse im Labor (Nährstoffe, geogene/Basisparameter, Schwermetalle). Die Kombination von chemischen Analysen und Abflussdaten ermöglicht eine robuste Berechnung der Stofffrachten in den Flüssen und Massenbilanzen in den Seen. Bei der Betrachtung von Stofffrachten sind zwei Aspekte zu berücksichtigen: Die Abflüsse, die zwischen

den Jahreszeiten und Stationen schwanken, und die Konzentrationen. Das Produkt aus Konzentration und Abfluss ergibt die Fracht, die in Gewichtseinheiten pro Zeiteinheit gemessen wird. Aufgrund dieser Auswertungen können Entwicklungen erkannt und falls nötig Massnahmen zum Schutz der Gewässer vorgeschlagen werden.

Die allgemeinen Resultate der Messungen werden nicht im hydrologischen Jahrbuch publiziert. Daten und weiterführende Informationen sind im Internet verfügbar (siehe Anhang).

Entwicklung der Chlorid-Frachten in wichtigen Einzugsgebieten

Geogene Parameter wie Chlorid werden seit Jahrzehnten im Rahmen von NADUF gemessen. Chlorid kommt natürlicherweise nur in kleinen Mengen in Schweizer Gewässern vor, der weitaus grössere Teil ist menschlichen Ursprungs (z. B. Streusalz auf Verkehrsflächen, Industrie, Abwasserreinigung, Landwirtschaft). Aus ökotoxikologischer Sicht ist Chlorid im beobachteten Konzentrationsbereich völlig unproblematisch, kann jedoch bei hohen Konzentrationen wasserintensive Industrieprozesse beeinträchtigen und Korrosion begünstigen.

Abb. 4.14: Aktive NAWA- und NADUF-Messstellen
Messstellen der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer (NADUF) zur Beobachtung der Wasserqualität in der Schweiz. Stand 2022.

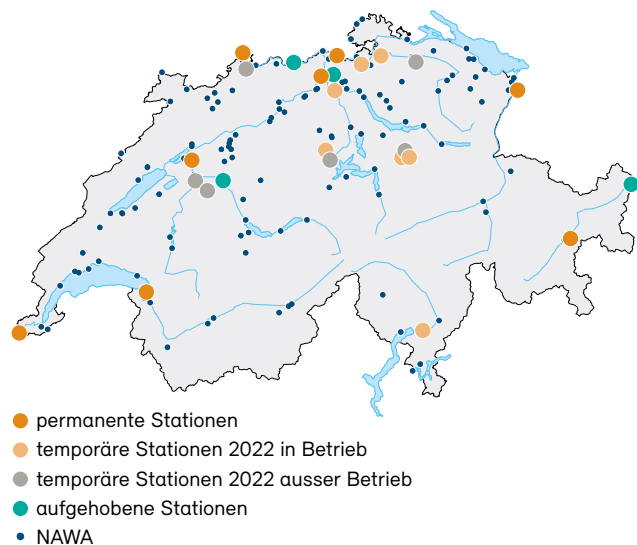


Tabelle 4.1: Mittlerer Abfluss (Qm) im Zeitraum von 1972 bis 2022 und qualitativer Trend der Chloridkonzentrationen, Abflüsse (Q) und Chloridfrachten im Zeitraum von 1983 bis 2022
(- abnehmend, = unverändert, + zunehmend, ++ stark zunehmend).
W: Dezember bis März, S: Juni bis September.

Stationsname	Qm (m³/s)	Chlorid-Konz.		Q		Chlorid-Fracht	
		S	W	S	W	S	W
Rhein – Weil	1054	+	+	-	=	-	=
Thur – Andelfingen	47	+	+	=	=	+	+
Aare – Brugg	314	+	+	-	=	=	+
Rhein – Rekingen	441	+	+	-	=	+	+
Rhein – Diepoldsau	233	+	++	-	=	+	++
Rhône – Chancy	340	++	++	-	=	+	++
Rhône – Porte du Scex	184	+	++	=	=	++	++

Die allgemeinen Trends der Abflüsse, sowie der Konzentrationen und Frachten von Chlorid an den wichtigsten NADUF-Stationen sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst. Die Chloridkonzentrationen sind zwischen 1983 und 2022 insgesamt meist angestiegen. Die Abflüsse sind hingegen in etwa gleichgeblieben oder haben an manchen Standorten im Sommer sogar abgenommen. Die Chloridfrachten haben an allen Standorten ausser bei Weil zugenommen.

Weil ist die einzige Station, die einen Rückgang der Chloridfrachten aufweist. Der Effekt beruht jedoch nur auf einem starken Rückgang in den Jahren von 1983 bis 2002. Danach sind die Chloridfrachten im Sommer eher stabil geblieben und im Winter sogar angestiegen. Eventuell ist dies eine positive Nebenwirkung des Chlorid-Übereinkommens von 1976, das die Salzbelastung aus dem Kalibergbau regulierte. Viele Bergbauaktivitäten wurden daraufhin gegen Ende des 20. Jahrhunderts eingestellt und die Problematik der Salzbelastung von Gewässern rückte stärker ins Bewusstsein.

In Andelfingen und Brugg führte der Anstieg der Chloridkonzentrationen trotz gleichbleibender oder leicht rückläufiger Abflüsse zu einem geringen Anstieg der Frachten, in Diepoldsau und Rekingen war der Anstieg der Frachten deutlicher. Am stärksten ausgeprägt war der Anstieg der Konzentrationen und Frachten von Chlorid an den Stationen Porte-du-Scex und Chancy, die sich jeweils oberhalb bzw. unterhalb des Genfersees befinden.

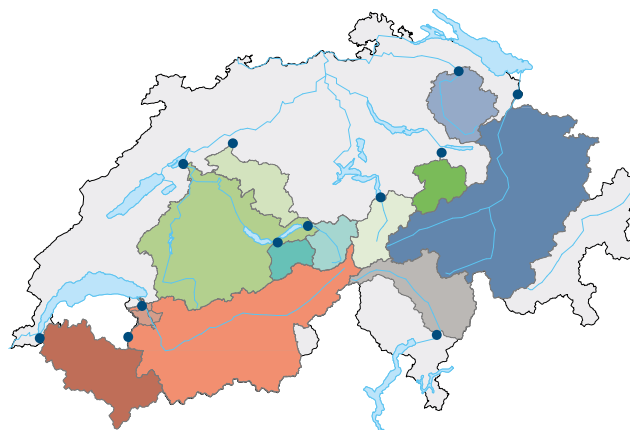
In Zukunft könnten genauere Analysen der zeitlichen Entwicklung und räumlichen Verteilung des Chlorids in der Rhone, zusammen mit einer Untersuchung der Verweildauer des Wassers im Genfersee oder der vorherrschenden Abflussverhältnisse, bestehende Wissenslücken schliessen. Dies könnten beispielsweise Erkenntnisse über die Transportzeit des Streusalzes ins Oberflächenwasser oder die Zwischenspeicherung von Chlorid im See sein. Auch eine detailliertere Untersuchung der Entwicklung des Chlorid-Natrium-Verhältnisses könnte zur Klärung des Anstiegs der Konzentrationen sowie der genauen Quellen der Chlorideinträge (Streusalz, industrielle Einträge oder Einträge aus Kläranlagen) aufschlussreich sein.

4.6 Schwebstofffrachten

Das BAFU misst zweimal wöchentlich an 13 hydrometrischen Stationen die Konzentration von Schwebstoffen, die durch Flüsse transportiert werden (Abb. 4.15). Die Stichproben werden mit den kontinuierlich 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. Demgegenüber können Gewitterereignisse schon eine Tagesfracht erzielen, die einen grossen Anteil der Jahresfracht ausmacht. Mehr Informationen sind im Internet zu finden (siehe Anhang).

Abb. 4.15: Messstellen des Schwebstoffmessnetzes des BAFU



5 Grundwasser

Im langjährigen Vergleich lagen die Grundwasserstände und Quellabflüsse im Jahr 2022 an rund jeder dritten Messstelle tief. Im Zuge der anhaltend tiefen Niederschlagsmengen waren im Juli und August 2022 sogar an rund jeder zweiten Messstelle tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu verzeichnen. Ende Jahr waren zudem an rund jeder zweiten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu beobachten.

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.

Entsprechend dem mehrjährigen Witterungsverlauf (Temperatur und Niederschläge) lassen sich im Grundwasser der Schweiz häufig längere Perioden mit eher niedrigem bzw. eher hohem mengenmässigen Zustand der Grundwasserverhältnisse erkennen. In dieser Hinsicht liegt das Jahr 2022 in einer Periode mit im langjährigen Vergleich tiefen Grundwasserständen und Quellabflüssen (Abb. 5.1).

Während der Dezember 2021 auf der Alpennordseite noch überdurchschnittliche Niederschlagsmengen aufwies, war der Januar 2022 landesweit niederschlagsarm. So waren Anfang Februar normale Grundwasserstände und Quellabflüsse mit uneinheitlicher Tendenz zu verzeichnen (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 7. Februar 2022).

Abb. 5.1: Grundwasserstände und Quellabflüsse 2001 bis 2022

Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von 2001 bis 2022. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 2001 und 2020. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 2001 und 2020. Orange: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 2001 und 2020.

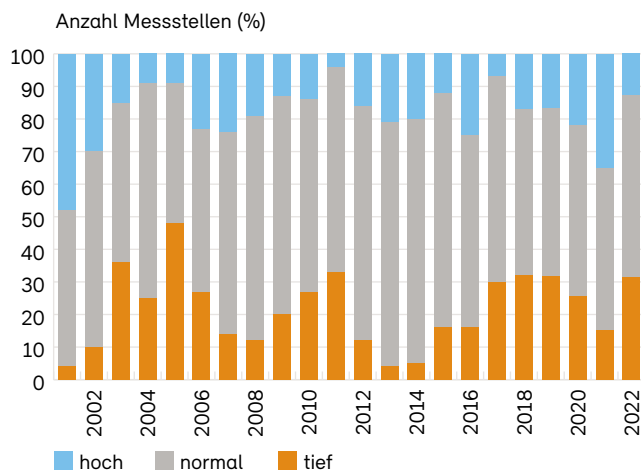
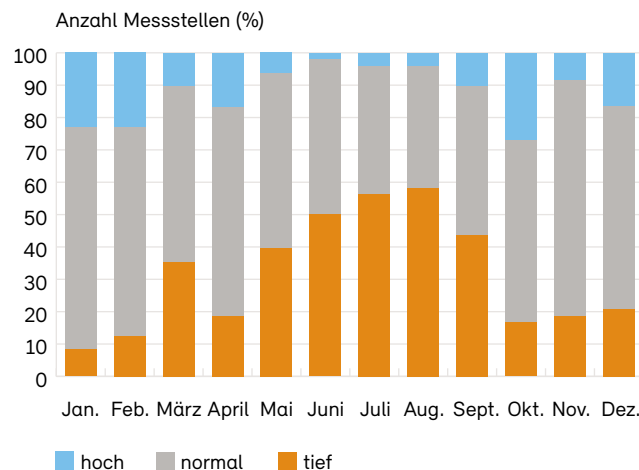


Abb. 5.2: Grundwasserstände und Quellabflüsse 2022

Anzahl Messstellen des NAQUA-Moduls QUANT mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten für Grundwasserstand bzw. Quellabfluss von Januar bis Dezember 2022. Grau: Monatswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020. Blau: Monatswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020. Orange: Monatswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020.



Im Zuge der insgesamt unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen von Januar bis Mai waren Anfang Juni an rund jeder zweiten Messstelle tiefe Grundwasserstände und Quellabflüsse zu beobachten (Abb. 5.2, Abb. 5.3, Grundwassersituation am 7. Juni 2022).

Die Niederschläge vom September liessen die Grundwasserstände und die Quellabflüsse vor allem von oberflä-

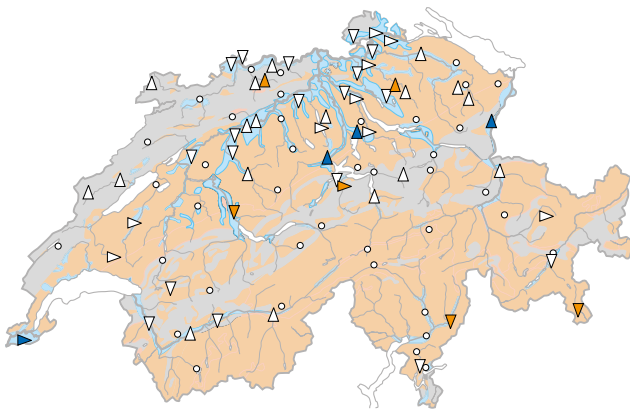
chennahen Grundwasservorkommen ansteigen. So waren Mitte Oktober verbreitet normale Grundwasserstände und Quellabflüsse mit uneinheitlicher Tendenz zu beobachten (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 18. Oktober 2022).

Während im November unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen fielen, begann der Dezember wechselhaft. So lagen im Dezember normale Grundwasserstände und

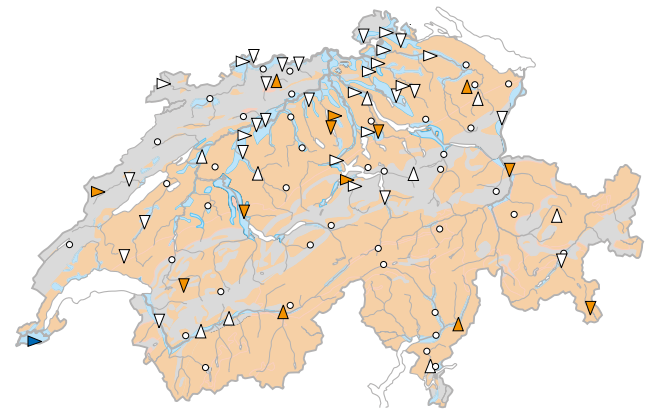
Abb. 5.3: Quantitative Grundwasserverhältnisse 2022

Grundwasserstände und Quellabflüsse sowie deren Tendenz an vier Stichtagen des Jahres 2022 im Vergleich zur Messperiode 2001–2020.

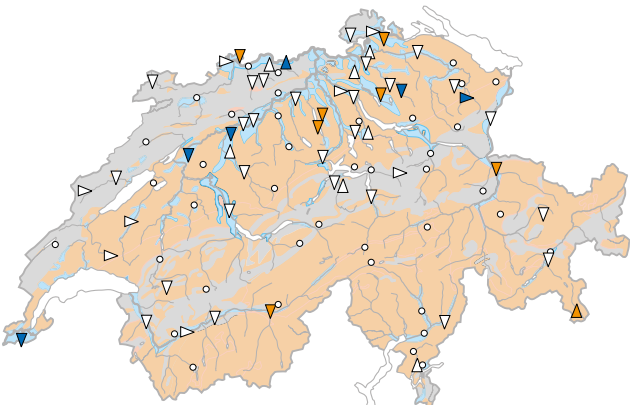
7. Februar 2022



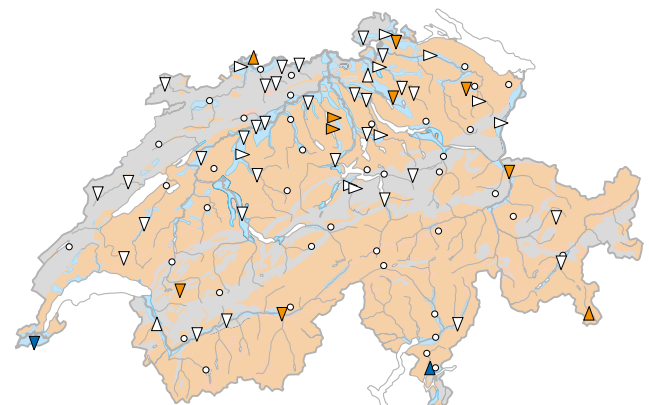
7. Juni 2022



18. Oktober 2022



6. Dezember 2022



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

Quellabflüsse mit uneinheitlicher Tendenz vor (Abb. 5.3, Grundwassersituation am 6. Dezember 2022).

Der Dezember war wieder niederschlagsreich, so dass zum Jahresende verbreitet normale, teilweise hohe Grundwasserstände und Quellabflüsse mit uneinheitlicher Tendenz vorherrschten.

5.2 Grundwasser-Qualität

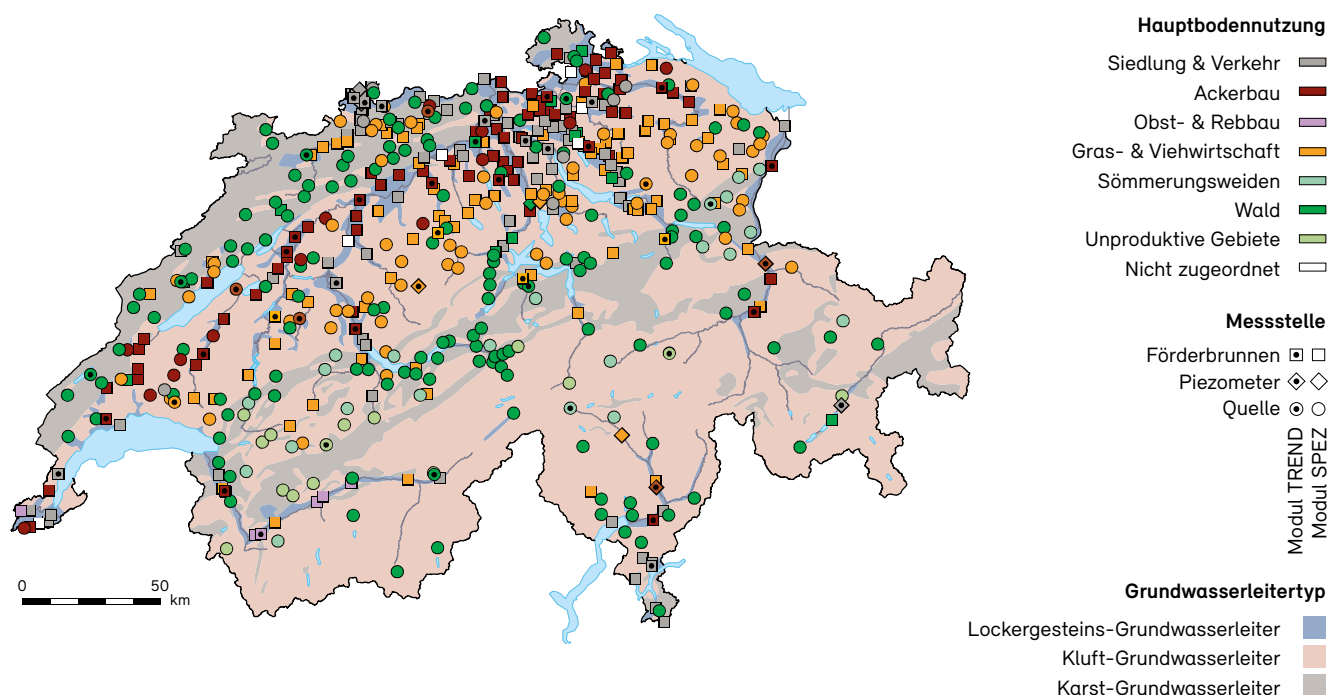
Grundwasser ist die wichtigste Trinkwasserressource der Schweiz. Ausreichend Grundwasser in bester Qualität gewinnen zu können, schien bisher selbstverständlich. Die Grundwasservorkommen geraten jedoch zunehmend unter Druck. Rückstände von künstlichen und meist langlebigen Substanzen beeinträchtigen die Grundwasser-Qualität.

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 zusammenfassend aufgeführt. Weiterführende Informationen und aktuelle 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 Grundwasser-Qualität mit Hauptbodennutzung im Einzugsgebiet und Grundwasserleitertyp



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 2022 eine Periode mit eher höheren Grundwassertemperaturen dar (Abb. 5.5). Im Zuge der überdurchschnittlichen Lufttemperaturen vom Sommer und Herbst 2022 stiegen die Grundwassertemperaturen, so dass im November und Dezember an rund jeder zweiten Messstelle hohe Grundwassertemperaturen zu verzeichnen waren (Abb. 5.6, Abb. 5.7).

Abb. 5.5: Grundwassertemperatur 2001 bis 2022

Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Jahreswerten für die Grundwassertemperatur von 2001 bis 2022. Grau: Jahreswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte zwischen 2001 und 2020. Orange: Jahreswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte zwischen 2001 und 2020. Blau: Jahreswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte zwischen 2001 und 2020.

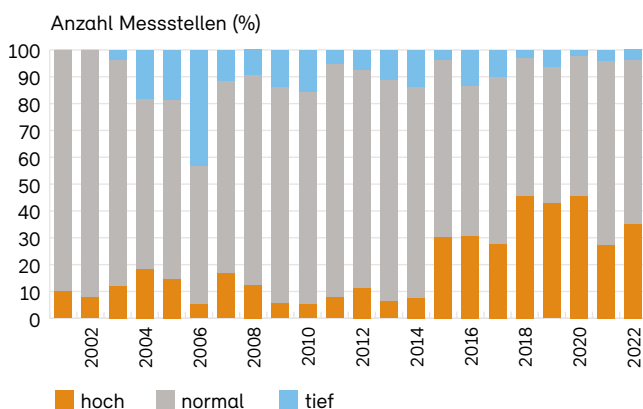


Abb. 5.6: Grundwassertemperatur 2022

Anzahl Messstellen mit tiefen, normalen und hohen Monatswerten für die Grundwassertemperatur im Jahr 2022. Grau: Monatswert liegt im Bereich der mittleren 80 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020. Orange: Monatswert liegt im Bereich der höchsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020. Blau: Monatswert liegt im Bereich der tiefsten 10 % der Werte für diesen Monat zwischen 2001 und 2020.

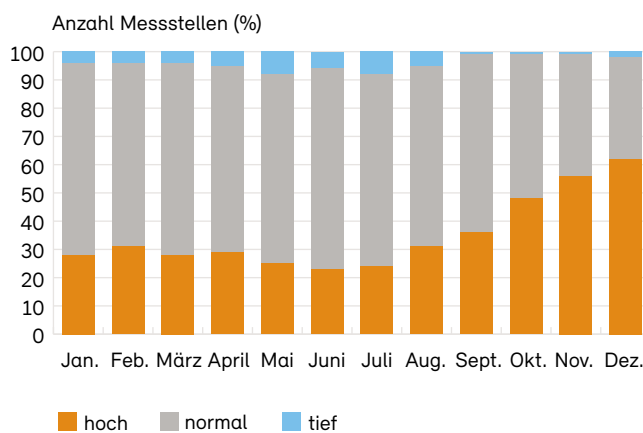
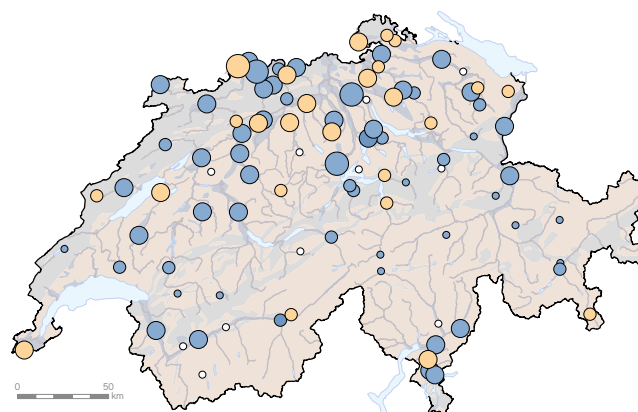


Abb. 5.7: Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Modul QUANT)

Mittlere Grundwassertemperatur 2022 im Vergleich zur Periode 2001 bis 2020.



Mittlere Jahrestemperatur

- 4–7 °C
- 7–10 °C
- 10–13 °C
- 13–16 °C

Im mehrjährigen Vergleich

- hoch (> 90. Perzentil)
- normal (10.–90. Perzentil)
- tief (< 10. Perzentil)
- Temperatur nicht gemessen

Grundwasserleitertyp

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

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)

Programm des BAFU in Zusammenarbeit mit den Kantonen, 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. Es wurde 2014 als Teilprogramm in NAWA integriert.

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

Für Niedrigwassermesswerte werden Jährlichkeiten berechnet, die angeben, wie häufig der Wert aufgrund der Statistik im Mittel erwartet wird bzw. welches seine Wiederkehrperiode ist. Ein fünfjähriges Niedrigwasser tritt beispielsweise statistisch im Durchschnitt einmal in fünf Jahren auf. In der routinemässigen Niedrigwasserstatistik des BAFU werden die jährlich kleinsten über

sieben 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 sowohl bei klimatologischen wie neu auch bei hydrologischen Vergleichen bei Oberflächengewässern die neue Normperiode 1991–2020 bzw. beim Grundwasser die Normperiode 2001–2020 verwendet. Im Hydrologischen Jahrbuch 2021 wurden die hydrologischen Messwerte noch mit der Normperiode 1981–2010 verglichen.

^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

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/bulletin

Grundwasserbulletin des BAFU:

www.hydrodaten.admin.ch/de/grundwasser/bulletin

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-2021-2>

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

Messnetze zum Feststofftransport in Gewässern:

www.bafu.admin.ch > Thema Wasser > Daten, Indikatoren und Karten > Messnetze > Feststofftransport

Indikatoren Gewässer und weiterführende Informationen zum Thema Wasser:

www.bafu.admin.ch/wasser

Schweizer Gewässer im Klimawandel – Hydrologische Szenarien Hydro-CH2018:

www.nccs.admin.ch/hydro

Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES

<https://hydrologischeratlas.ch>

Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen. BAFU-Publikation, August 2022:

www.bafu.admin.ch/uz-2207-d

Hitzewelle und Trockenheit 2022

BAFU-Webdossier mit weiteren Grafiken und Fotos zum Sommer 2022

www.bafu.admin.ch/wasser > Dossiers > Hydrologische Ereignisse