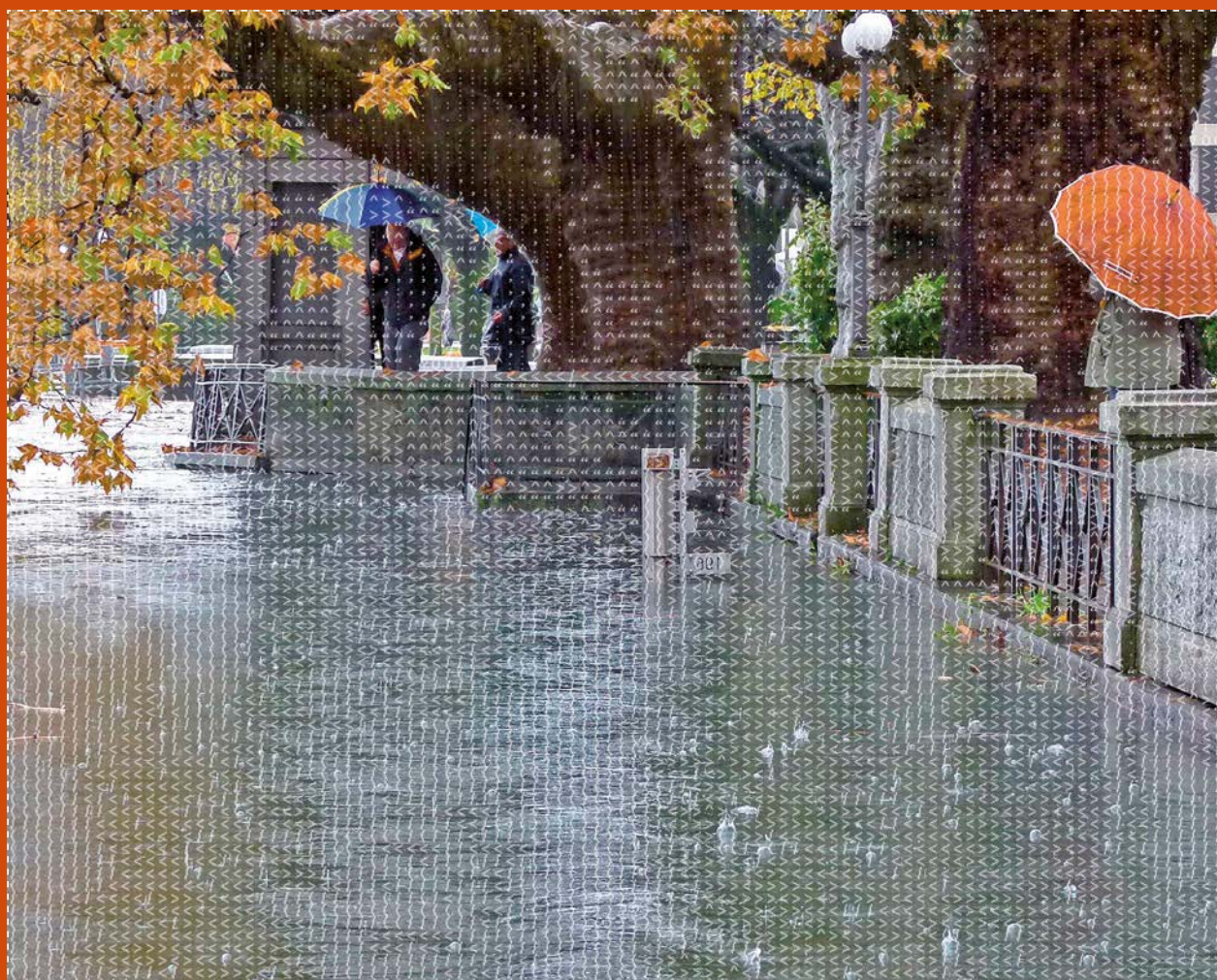


> Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2014

Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Inhalt

Vorwort	3
Abstracts	4
Zusammenfassung	5
<hr/>	
1 Besonderheiten im Jahr 2014	6
<hr/>	
2 Witterung	13
<hr/>	
3 Schnee und Gletscher	14
<hr/>	
4 Oberflächengewässer	16
<hr/>	
5 Grundwasser	31
<hr/>	
Anhang	33

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)

Zitiervorschlag

BAFU (Hrsg.) 2015: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2014.

Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. UZ-1511-D: 36 S.

Lektorat

Jacqueline Dougoud, Zürich

Gestaltung

Magma – die Markengestalter, Bern

Titelfoto

Der Lago Maggiore am 12. November 2014

Foto: Andrea Crose, BAFU

Bildnachweis

Seite 15: Matthias Huss, Departement für Geowissenschaften der Universität Freiburg

Datengrundlage

Die hydrologischen Analysen basieren auf provisorischen Daten des Jahres 2014.

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Vertrieb Bundespublikationen, CH-3003 Bern

Tel. +41 58 465 50 50

verkauf.zivil@bbl.admin.ch

Bestellnummer: 810.200.020d

www.bafu.admin.ch/uz-1511-d

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache erhältlich.

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier.

Weiterführende Informationen und Datenbezug unter

www.bafu.admin.ch/hydrologie

> Vorwort

Der Sommer 2014 bescherte der Alpennordseite einige sehr nasse Wochen. Die überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen führten zu grösseren und kleineren Hochwasserereignissen in Folge. Weitere markante Regenfälle trafen das Tessin im November. Der Lago Maggiore und der Lago di Lugano erreichten Wasserstände im Bereich der Gefahrenstufe 5. Die Ereignisse sind im vorliegenden Jahrbuch beschrieben, einerseits im Kapitel «Besonderheiten», andererseits auch in den Schilderungen der Wasserstände und Abflüsse der Schweizer Gewässer.

Trotz der grossen Regenmengen und wenig Sonnenschein im Sommer war 2014 ein warmes Jahr. Dies zeigen auch die Detailauswertungen des BAFU, die in Kapitel 1 zu finden sind. Die Messdaten von 2014 werden dort verglichen mit denjenigen des Jahres 2003, aus welchem vielen noch «der Hitzesommer» in Erinnerung ist.

Wie die Schweiz künftig mit den Herausforderungen von Hochwassern oder warmen Sommern umgehen könnte, zeigen die Ergebnisse des Nationalen Forschungsprogramms 61 «Nachhaltige Wassernutzung». An einer Tagung im November 2014 wurden die wichtigsten Erkenntnisse aus den 16 Forschungsprojekten präsentiert und mit einem Podium aus Politik, Forschung, Verwaltung und Verbänden diskutiert. Es liegen nun wissenschaftliche Grundlagen und Methoden für einen nachhaltigen Umgang mit den Wasserressourcen in der Schweiz – auch vor dem Hintergrund des Klimawandels – vor, auf die das BAFU baut und die den Aufgabebereich der Hydrologie weiterhin prägen werden.

Neben diesen Ereignissen und Veranstaltungen gab es auch innerhalb des BAFU Neuigkeiten: Der bisherige Leiter der Abteilung Hydrologie, Dominique Bérod, trat aus dem BAFU aus, um neue Herausforderungen innerhalb der *Group on Earth Observations* (GEO) anzunehmen. Ab 2015 wird die Abteilung Hydrologie durch Olivier Overney geführt. Das BAFU dankt Dominique Bérod für seinen grossen Einsatz für die Hydrologie der Schweiz und wünscht ihm und auch seinem Nachfolger Olivier Overney für den Neubeginn alles Gute.

Karine Siegwart
Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> 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 from 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 en Suisse. 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 suisses 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

> Zusammenfassung

Witterung

Das Jahr 2014 war zusammen mit 2011 das wärmste seit Messbeginn 1864. Die über die ganze Schweiz gemittelte Jahrestemperatur 2014 lag 1,2 °C über der Norm 1981–2010. Der Jahresniederschlag erreichte in den meisten Regionen normale oder etwas unterdurchschnittliche Mengen. Auf der Alpensüdseite und im Engadin war das Jahr mit Mengen von 120 bis 170 % des Referenzwertes deutlich zu nass. Die Stationen Lugano und Locarno-Monti registrierten Mengen zwischen 150 und 160 %.

Schnee und Gletscher

Am Alpensüdhang und im Oberengadin sowie in einzelnen angrenzenden Gebieten waren die über den Winter gemittelten Schneehöhen doppelt so gross wie normal, im südlichen Wallis leicht überdurchschnittlich. In den übrigen Gebieten lagen die Schneehöhen unter dem langjährigen Mittelwert. Die Gletscher der Schweizer Alpen zeigten im hydrologischen Jahr 2013/14 verglichen mit dem Jahrzehnt davor relativ geringe Massenverluste. Im Engadin sowie im südlichen Wallis konnten die Gletscher sogar einen geringen Zuwachs verzeichnen.

Abflussverhältnisse

Auf der Alpennordseite lagen die Jahresmittel des Abflusses in den grossen Flussgebieten unter oder nahe der Norm 1981–2010. In einem normalen Bereich lagen der Rhein, die Aare, die Reuss und die Limmat. In der Thur, im Doubs und in der Rhone flossen weniger als 90 % der erwarteten Mengen ab. Deutlich über dem langjährigen Mittel waren die Abflüsse von Inn, Ticino und Maggia.

An der Aare, der Reuss, der Limmat und der Thur waren die Monate März bis Juni zu trocken, Juli und August sowie zum Teil der November waren zu nass. Die Rhone bei Porte du Scex führte von Mai bis September verhältnismässig wenig Wasser. Die ergiebigen und anhaltenden Niederschläge im Tessin im November führten verbreitet zu sehr grossen Monatsmitteln.

Seestände

Die Jahresmittelwerte der Wasserstände der meisten grösseren Seen der Alpennordseite lagen im Jahr 2014 nahe bei den Mittelwerten der Normperiode 1981–2010. Am Lago Maggiore und am Lago di Lugano konnten wegen der anhaltenden Niederschläge im Oktober und November trotz Seeregulierung stark überdurchschnittliche Pegelstände nicht verhindert werden. Am Lago Maggiore lag der Mittelwert des Novembers 2014 147 cm über dem mittleren langjährigen November-Wasserstand.

Wassertemperaturen

In den grösseren Flussgebieten lagen die Abweichungen zu den Mittelwerten der Normperiode 1981–2010 in einem Bereich zwischen +0,5 und +1,1 °C. An einigen Stationen wurden ähnlich hohe Jahresmittelwerte wie im Rekordjahr 2011 erreicht. Im ersten Halbjahr 2014 verzeichneten die Stationen in allen Monaten ausser dem Mai verbreitet durchschnittlich bis überdurchschnittlich hohe Wassertemperaturen. Nach einem durchgezogenen und kühlen Sommer stiegen die Gewässertemperaturen von September bis Dezember auf Werte weit über der Norm.

Stabile Isotope

Auch im Jahr 2014 zeichnen sich die stabilen Isotope im Niederschlag durch für den Winter niedrige δ -Werte aus. Die Sommerwerte liegen im langjährigen Durchschnitt. Im Jura und in den Alpen wurden im Sommer unterdurchschnittliche δ -Werte gemessen. Im Tessin lagen im November 2014 die δ -Werte im Niederschlag infolge der Starkniederschläge tiefer.

Grundwasser

In der Schweiz wurden im Jahr 2014 verbreitet normale Grundwasserstände und Quellschüttungen beobachtet. Im Juni traten jedoch lokal tiefe, im August und zum Jahresende teilweise hohe Grundwasserstände und Quellschüttungen auf.

1 > Besonderheiten im Jahr 2014

«Nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser.» Selten hat sich diese – unter Naturgefahren-Fachleuten bekannte – Aussage so bewahrheitet wie im verregneten Sommer 2014: Kaum waren die Abflüsse und Wasserstände der Schweizer Gewässer einmal gesunken, setzten neue Niederschläge ein, welche die Pegel wieder stark ansteigen liessen. Die Jahresmittel der Wassertemperaturen waren trotz des Regens im Sommer über das Jahr 2014 gesehen überdurchschnittlich hoch. Ende Jahr wurden neue Monatsmaxima gemessen.

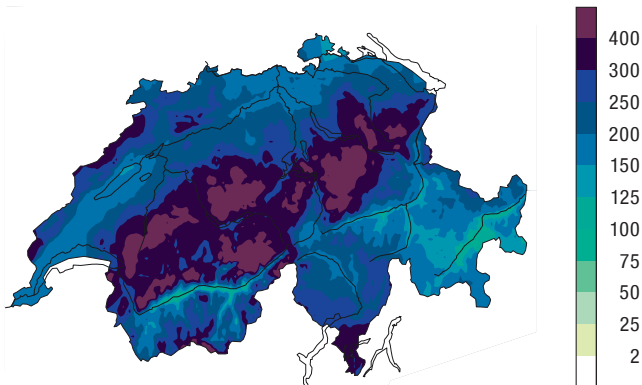
1.1 Hochwasserereignisse von Juli und August 2014

Meist dauert ein Hochwasserereignis einen oder wenige Tage. Dass durch mehrere intensive Niederschlagsphasen über eine längere Zeit ein Ereignis dem anderen folgt und die einzelnen Ereignisse kaum voneinander abzugrenzen sind, ist eher selten. Im Folgenden werden einige Eckpunkte der Ereignisse des Sommers 2014 herausgegriffen und die höchsten Abflussspitzen aufgezeigt.

Zwei- bis dreimal so viel Regen wie normal

Der Juli 2014 wird vielen als sehr regenreich in Erinnerung bleiben. Tatsächlich dauerten die Niederschläge – mit Unterbrüchen – mehrere Wochen an. Es traten ständig wiederkehrende Starkniederschläge auf, die lokal und von Gewittern begleitet auch sehr heftig waren. Im Juli 2014 fiel gemäss Angaben des Bundesamts für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz in grossen Teilen der Schweiz die doppelte, mancherorts sogar die dreifache Regenmenge wie sonst im Juli üblich. Insbesondere westlich der Reuss wurden an zahlreichen Messstationen neue Rekordsummen für den Monat Juli gemessen. Aber auch in der Ostschweiz gab es punktuell neue Juli-Höchstwerte.

Monatliche Niederschlagssumme (mm)



Monatliche Niederschlagssumme in % der Norm (Referenzperiode 1981–2010)

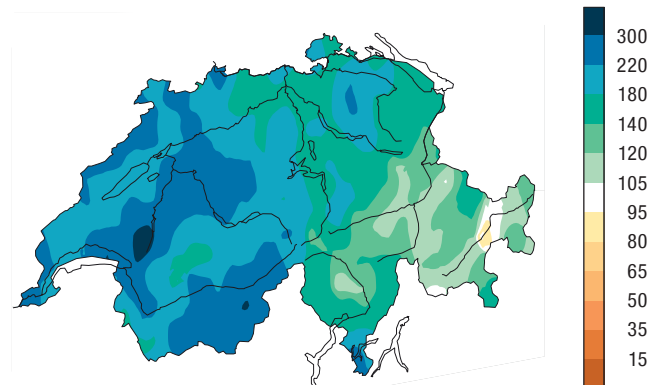


Abb. 1.1 Räumliche Verteilung der monatlichen Niederschlagssummen im Juli 2014: Dargestellt sind die absoluten Werte in Millimetern (links) und die relativen Werte in % der Norm (rechts). Quelle: MeteoSchweiz.

Abflusssituation: «Nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser.»

Trotz der ausgiebigen Niederschläge kam es im Sommer 2014 zu keinem einzelnen grossräumigen Ereignis wie z. B. in den Jahren 2005 oder 2007. Vielmehr gab es an den Fliessgewässern der Schweiz verbreitet immer wieder kleinere Hochwasser, wie sie statistisch gesehen alle 2 bis 5 Jahre vorkommen. Vereinzelt wurden aber auch höhere Jährlichkeiten verzeichnet (Tabelle unten). Zudem waren die Seestände mancherorts erhöht. An einigen Flüssen wurden saisonale oder sogar absolute neue Rekorde verzeichnet. So zum Beispiel an der Gürbe, der Emme, der Albula oder der Simme. Die grossen Abflussmengen haben lokal teilweise zu grossen Schäden geführt.

Hochwasserereignisse Juli/August 2014

Stationsname	Periodenlänge (Jahre)	Bisheriges Maximum (m ³ /s)	Zeitpunkt (Monat/Jahr)	Bisheriges Maximum Juli/August (m ³ /s)	Zeitpunkt (Jahr)	HQ ₂₀₁₄ (m ³ /s)	Datum	Zeit	Jährlichkeit
Aare – Thun	78	570	5/1999	557	2005	403	01.08.2014	10:02:30	10–30
Albula – Tiefencastel	87	123	8/2005	123	2005	133*	13.08.2014	13:05:00	50–100
Emme – Eggwil, Heidbüel	38	245	6/1997	178	2012	312*	24.07.2014	09:27:30	>100
Emme – Emmenmatt	96	495	6/1997	472	1977	426	24.07.2014	10:12:30	10–30
Gürbe – Belp, Mülimatt	90	59	7/1938	55,8	2007	61*	11.08.2014	03:22:30	50–100
Gürbe – Belp, Mülimatt	90	59	7/1938	59	1938	58	13.07.2014	06:27:30	30–50
Gürbe – Belp, Mülimatt	90	59	7/1938	59	1938	49	29.07.2014	08:17:30	10–30
Hinterrhein – Fürstenu	39	715	9/1981	715	1988	688	13.08.2014	13:25:00	10–30
Julia – Tiefencastel	36	101	9/1981	89,5	1988	118*	13.08.2014	12:15:00	10–30
Kander – Hondrich	32	273	8/2005	175	2002	225	22.07.2014	08:22:30	50–100
Kander – Hondrich	32	273	8/2005	175	2002	199	28.07.2014	20:27:30	10–30
Luthern – Nebikon	25	76	7/2002	76	2002	60	28.07.2014	17:57:30	10–30
Lütschine – Gsteig	89	254	8/2005	175	2002	215	22.07.2014	06:55:00	50–100
Ova da Cluoza – Zernez	51	16	9/1999	12,8	1985	11	13.08.2014	13:50:00	10–30
Ova dal Fuorn – Zernez, Punt la Drossa	53	17,3	9/1960	12,7	1999	13	13.08.2014	13:30:00	10–30
Sellenbodenbach – Neuenkirch	22	38,3	8/2007	20,5	2010	25	11.07.2014	19:12:30	10–30
Sense – Thörishaus, Sensematt	85	495	7/1990	333	2007	300	11.08.2014	02:32:00	10–30
Simme – Oberried/Lenk	69	34,5	7/1982	33	1992	42*	01.08.2014	16:45:00	50–100
Simme – Oberried/Lenk**	69	34,5	7/1982	33	1992	28	07.08.2014	17:55:00	10–30
Sionne – Sion	6	5,11	8/2007	5,11	2007	7*	02.08.2014	19:45:00	10–30
Weisse Lütschine – Zweilütschinen	80	112	10/2011	89,5	1982	88	22.07.2014	05:55:00	10–30

* absolute Höchstwerte ** Hochwasser infolge eines Gletscherseeausbruchs auf der Plaine Morte
fett: neue Juli- oder Augustmaxima

Die grössten Ereignisse des Sommers 2014

Nachfolgend werden einige besondere Beispiele herausgegriffen.

- > 22. Juli: Der Abfluss der Kander erreichte nach starken Niederschlägen und gleichzeitig hoher Schneefallgrenze die Gefahrenstufe 5, die Lütchine Gefahrenstufe 4. Die Messstation Kander – Hondrich registrierte ein über 50-jährliches Hochwasser, die Station Lütchine – Gsteig ein Hochwasser, wie es im Schnitt weniger als einmal in 30 Jahren auftritt.
- > 24. Juli: Ein sehr heftiges stationäres Gewitter am Oberlauf der Emme führte zu einem über 100-jährlichen Hochwasser (Gefahrenstufe 5). Bei der Station Emme – Eggiwil wurde ein neuer absoluter Höchstwert registriert. Weiter flussabwärts an der Emme bei Emmenmatt und Wiler wurde je ein 10-jährliches Hochwasser beobachtet. Auch an den Tagen danach stieg die Emme mehrmals stark an (Abb. 1.3).
- > 1. August: Die Simme bei Oberried/Lenk erreichte nach einem stationären Gewitter die Gefahrenstufe 5 und einen Abfluss, der seltener als alle 100 Jahre erwartet wird.
- > 7. August: Ein Gletscherseeausbruch auf der Plaine Morte führte bei schönem Wetter an der Simme bei Oberried/Lenk zu einem 10- bis 30-jährlichen Hochwasser der Gefahrenstufe 3. Dieses lokale Ereignis bot spektakuläre Bilder. Ähnliche Gletscherseeausbrüche sind auch vom Grindelwald- und vom Gornergletscher bekannt und können in den Sommermonaten immer wieder vorkommen.

- > 11. August: Die Gürbe erreichte eine Abflussmenge, die im Schnitt nur alle 50 bis 100 Jahre vorkommt (Gefahrenstufe 5). Innerhalb weniger Stunden fielen im Einzugsgebiet 50 bis 60 mm Niederschlag, und die bereits gesättigten Böden konnten die Wassermassen nicht aufnehmen.
- > 13. August: Auch an der Albula bei Tiefencastel reichte ein Starkregen mit eingelagerten Gewitterzellen von wenigen Stunden aus, um ein Hochwasser der Gefahrenstufe 4 zu verursachen. Diese Abflussmenge tritt statistisch gesehen alle 50 bis 100 Jahre auf.

Hochwassersituation der Fliessgewässer im Juli und August 2014

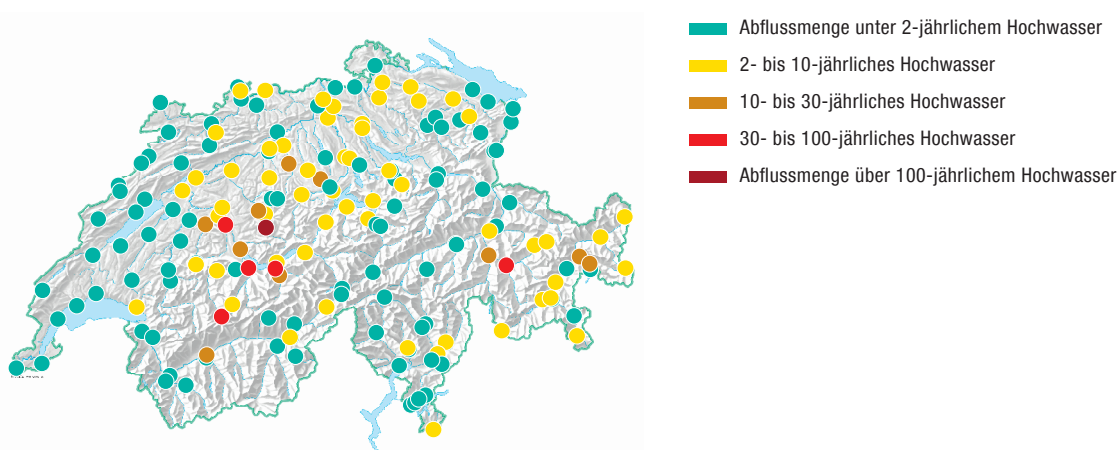


Abb. 1.2 Hochwassersituation der Fliessgewässer im Juli und August 2014: Vergleich der maximalen Abflüsse mit der Hochwasserstatistik.

Gesättigte Böden und kurze, heftige Gewitter

Einige Besonderheiten prägten die oben erwähnten Ereignisse:

- > Niederschläge über mehrere Wochen führten zu gesättigten Böden. Die Böden konnten kaum trocknen, bis wieder Regen fiel.
- > Wegen der gesättigten Böden ab der 2. Julihälfte reichten verhältnismässig kurze Gewitterregen aus, um weitere Hochwasser zu produzieren. Örtlich führten diese Gewitterregen zu teilweise starken Abflussanstiegen in kleineren Gewässern und zu erheblichen Schäden.
- > Nachfolgende Regenfälle konnten oft nicht mehr im Boden versickern, sondern flossen als sogenannter Oberflächenabfluss direkt ab. Daher entstanden lokal nicht nur durch über die Ufer tretende Flüsse Überschwemmungen und Schäden.
- > Die Hauptschadenplätze lagen in den Kantonen Bern, Luzern und St. Gallen. Besonders betroffen waren die Emmentaler Gemeinde Schangnau, die Entlebucher Gemeinde Schüpfheim sowie Altstätten (SG).
- > Aufgrund der lang anhaltenden Wassersättigung der Böden und der grossen Niederschlagssummen und -intensitäten kam es lokal zu Hangrutschungen. Zahlreiche Strassen und Bahnlinien waren zeitweise unterbrochen (z. B. Bahnlinie bei Flamatt oder Zugsunglück bei Tiefencastel).

- > Die Regulierung der grossen Schweizer Seen spielte eine wichtige Rolle bei der Verhinderung von grösseren Schäden. Bei Regenspauzen konnte durch die Öffnung der Wehre am Bieler-, Thuner- und Zürichsee sowie teilweise am Vierwaldstättersee Wasser abgelassen werden, um so Platz zu schaffen für die kommenden Regenfälle. Auch durch Drosseln der Seeausflüsse liess sich vermeiden, dass sich Hochwasserwellen überlagerten und zu noch grösseren Abflussmengen führten (z. B. Bielerseeausfluss und Emme-Hochwasser oder Thunerseeausfluss und Aare).

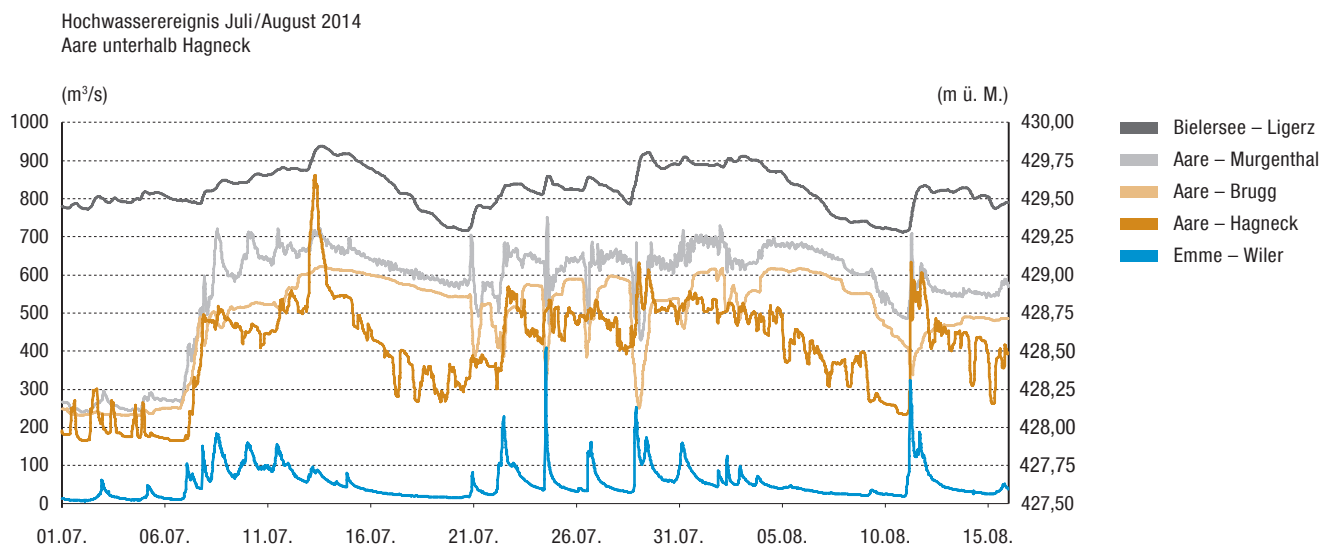


Abb. 1.3 Hochwasser an der Aare: Wasserstand und Abfluss verschiedener BAFU-Messstationen zwischen Hagneck und Brugg von Juli bis Mitte August 2014.

1.2 Wassertemperaturen von Oberflächengewässern

In der Schweiz werden die Temperaturen ausgewählter Fließgewässer seit 1963 kontinuierlich erfasst. In dieser Periode zeigen die Messungen Temperaturerhöhungen von bis zu 2,5°C im Jahresmittel und sogar bis zu 3°C im Sommer (Kapitel 4.3). Neben verschiedenen natürlichen Einflussfaktoren werden die Wassertemperaturen massgeblich durch den Menschen mitbestimmt. Der positive Trend der Jahresmittelwerte in den letzten 50 Jahren wird auf den Klimawandel, aber auch auf direkte anthropogene Einflüsse wie Warmwassereinleitungen (beispielsweise aus Kühlanlagen) zurückgeführt. Nicht alpine Stationen mit Seen im Einzugsgebiet und schwachem Grundwassereinfluss weisen generell die stärkste Temperaturzunahme auf. Im Vergleich zu den Temperaturen der alpinen Stationen werden die Temperaturen bei den ausseralpinen Stationen weniger durch Schmelzwasser, dafür stärker durch Sonneneinstrahlung und Niederschlag (Trockenheit) bestimmt.

Schwach ausgeprägter Jahresgang mit einem aussergewöhnlich warmen Herbst

Gemittelt über das ganze Jahr 2014 erreichten die Temperaturen in den meisten Fließgewässern aussergewöhnlich hohe Werte. Im Gegensatz zum Hitzejahr 2003 war der Jahresgang der Wassertemperaturen jedoch stark abgeschwächt (Abb. 1.4). Die hohen Jahresmittelwerte 2014 kamen nicht durch einen heissen Sommer, sondern durch die überdurchschnittlich hohen Temperaturen im Winter, Frühling und Herbst zustande. Vor allem die Monate Oktober, November und Dezember brachten Temperaturen weit über der Norm. Dementsprechend wurden in dieser Periode an zahlreichen Stationen neue Monatsmaxima verzeichnet.

Trotz Rekordwärme keine hitzebedingten Massensterben von Fischen

Gemäss Gewässerschutzverordnung (GschV) müssen die Temperaturverhältnisse möglichst naturnah sein, damit lokal typische Lebensgemeinschaften gedeihen können. Erhöhte Temperaturen beschleunigen die Stoffwechselprozesse in der aquatischen Lebensgemeinschaft und verändern somit auch die Wachstumsgeschwindigkeit, den Lebenszyklus und die Aktivität von zahlreichen Wasserorganismen. Zugleich wird die Wasserlöslichkeit von Sauerstoff reduziert. Stress, verursacht durch Sauerstoffmangel, und/oder eine temperaturbedingte Krankheitsanfälligkeit von Wasserorganismen – beispielsweise bei Fischen für die proliferative Nierenkrankheit (PKD) – können die Mortalität schon ab einer Wassertem-

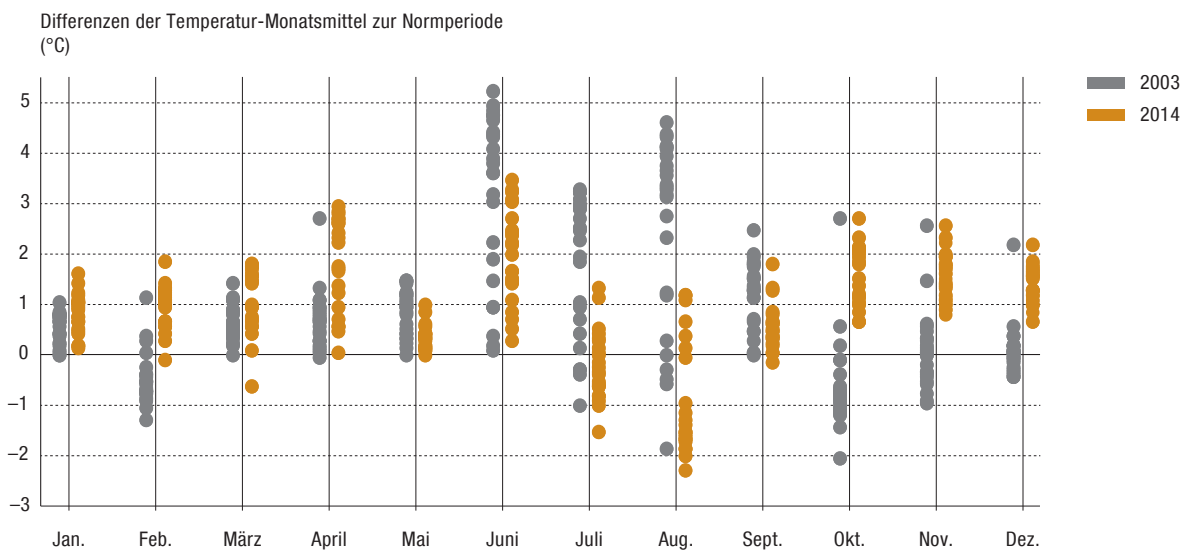


Abb. 1.4 Differenzen der Temperatur-Monatsmittel in den Jahren 2003 (grau) und 2014 (orange) zu den Monatsmitteln der Normperiode 1981–2010. Jeder Punkt stellt eine Temperatur-Messstation dar. Die ausgewerteten Messstationen repräsentieren die wichtigen Flüsse des Mittellandes, der Voralpen und des Wallis.

peratur von 15 °C massiv erhöhen. Temperaturen über 25 °C führen oft bereits nach wenigen Tagen zum Tod von kälte-liebenden Fischarten wie Forelle und Äsche, während ab 30 °C die Belastung des Stoffwechsels für diese Arten akut tödlich wird. Besonders gefährdet sind Wasserlebewesen in Seeausflüssen. Unterhalb von Seen gelegene Stationen weisen aufgrund der erwärmenden Wirkung von Seen grundsätzlich höhere Sommer- und Wintertemperaturen auf als Fliessgewässer in vergleichbarer Höhenstufe ohne Seeinfluss. Zudem sind die Zunahmen der Jahresmitteltemperatur bei Seeausflüssen in den letzten 50 Jahren am grössten.

Die Temperaturen des Rheins bei Rekingen werden hauptsächlich durch den Bodensee bestimmt; es besteht dort ein grosses Risiko für hohe Temperaturen. Um die Gefährdung der aquatischen Lebensgemeinschaft im Jahr 2014 durch erhöhte Temperaturen auszuwerten, wurden die Stunden mit Mittelwerten grösser als 15 °C, 18 °C, 23 °C und 25 °C ausgezählt. Abbildung 1.5 stellt die Überschreitungen der Schwellenwerte des Jahres 2014 im Vergleich zum Hitzejahr 2003 dar. In beiden Jahren reichte es bis Ende Mai nur vereinzelt für Wassertemperaturen von 15 °C und mehr. 2014 führte die mehrtägige heisstrockene Wärmeperiode vom 7. Juni bis zum 13. Juni zu Tagesmitteln höher als 18 °C. Anschliessend blieb es sehr lange warm. Der Wert von 23 °C wurde aber kein einziges Mal überschritten. Erst am 22. Oktober 2014 fielen die Temperaturen wieder unter 15 °C. Im Gegensatz zu 2014 hielten die hohen Temperaturen im Jahr 2003 nur bis zum 5. Oktober an, jedoch stiegen die Temperaturen in der

ersten Augushälfte für mehr als eine Woche auf über 25 °C. Dieses Ereignis führte zu einem Massensterben von mehr als 50 000 Äschen im Rhein unterhalb des Bodensees.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Temperaturen im Jahr 2014 während einer aussergewöhnlich langen Wärmeperiode über 15 °C blieben. Die Wachstumsphase von Pflanzen und Tieren in den Gewässern war stark verlängert. Hitzeperioden mit Temperaturen über 23 °C fehlten jedoch vollständig. Somit konnten keine Massensterben wie in früheren Hitzejahren beobachtet werden.

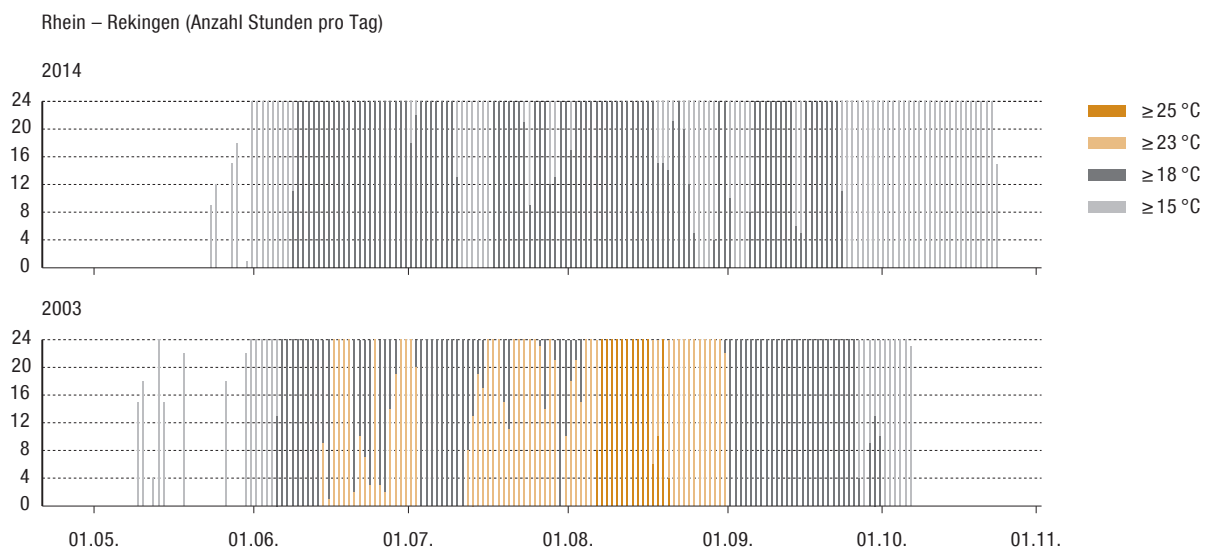


Abb. 1.5 Temperaturen des Rheins bei Rekingen. Dargestellt wird die Anzahl der Stunden pro Tag, an denen die Stundenmittel 15 °C, 18 °C, 23 °C und 25 °C erreichten.

Bedrohung durch Hitze nimmt zu

Trotz grosser Jahresschwankungen können von 1970 bis 2014 immer mehr Werte in den kritischen Temperaturbereichen zwischen 15 und 30 °C beobachtet werden (Abb. 1.6). Am deutlichsten ist beim Beispiel der Station Rhein – Rekingen die Zunahme von hohen Temperaturen über 23 °C, während bei den Werten zwischen 15 und 18 °C kein eindeutiger Trend festzustellen ist. Stundenmittelwerte über 25 °C werden erst ab der zweiten Hälfte der Messperiode in den Jahren 1994, 2003, 2006 und 2013 verzeichnet. In tieferen Lagen beobachten wir auch bei Flüssen ohne dominierenden Seeinfluss eine Zunahme der Überschreitungen von kritischen Grenzwerten, während die Erwärmung in alpinen Lagen durch kühleres Schmelzwasser teilweise stark gedämpft wird. Aufgrund der Klimaveränderung, die einerseits zu immer längeren Perioden mit warmen Temperaturen und andererseits zu immer höheren Temperaturmaxima führt, ist in den kommenden Jahrzehnten mit einer weiteren Zunahme der Wassertemperaturen in den Oberflächengewässern zu rechnen. Für empfindliche Wasserorganismen dürfte die Toleranz für zusätzliche, vom Menschen verursachte Wärme kleiner werden. Dadurch besteht ein erhöhtes Risiko für Krankheiten.

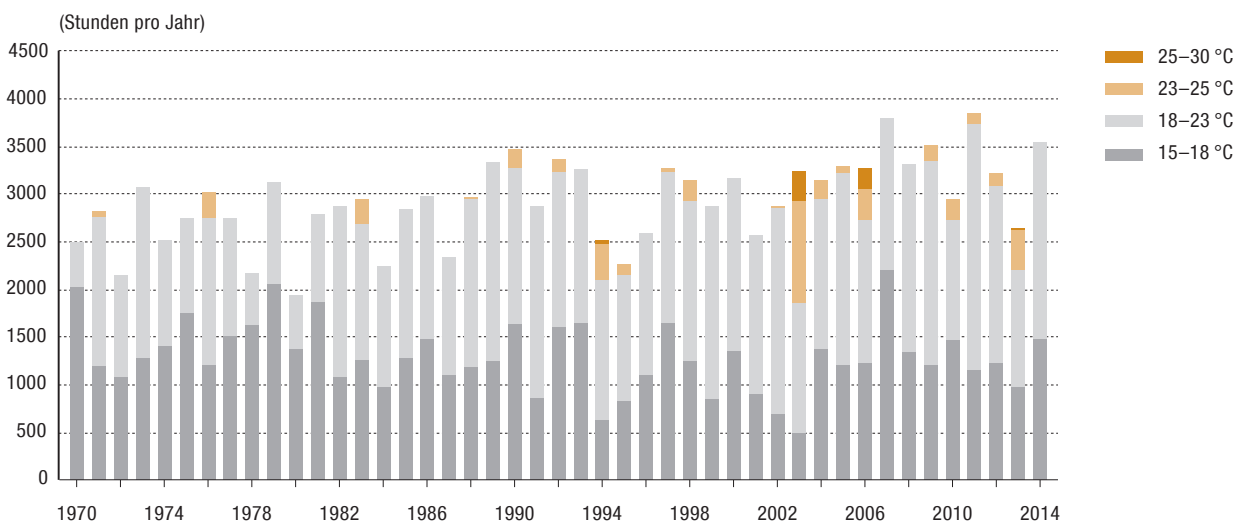


Abb. 1.6 Anzahl Stunden pro Jahr, in denen der Rhein bei Rekingen eine bestimmte Temperatur erreicht. Die Schwellenwerte entsprechen den kritischen Bereichen für ausgewählte Wasserlebewesen.

2 > Witterung

Das Jahr 2014 war zusammen mit 2011 das wärmste seit Messbeginn 1864. Die über die ganze Schweiz gemittelte Jahrestemperatur 2014 lag 1,2 °C über derjenigen der Norm 1981–2010.

Der Jahresniederschlag erreichte in den meisten Regionen normale oder etwas unterdurchschnittliche Mengen. Auf der Alpensüdseite und im Engadin war das Jahr mit Mengen von 120 bis 170 % des Referenzwertes deutlich zu nass.

Das Jahr 2014 begann mit Rekorden auf der Alpensüdseite. Dort wurde regional mit Abstand der niederschlagsreichste Winter seit Messbeginn vor 151 Jahren verzeichnet. Demgegenüber blieb der Winter 2013/14 im Flachland der Nordschweiz meist grün. Die stetige Zufuhr milder Luftmassen aus subtropischen Gebieten führte zum drittwärmsten Winter in der Schweiz seit Messbeginn 1864. Über die ganze Schweiz gemittelt erreichte der Überschuss 1,7 °C im Vergleich zur Norm 1981–2010.

Im ersten Halbjahr zeigten sich alle Monate ausser dem Mai überdurchschnittlich warm. Aus dem anhaltenden Wärmeüberschuss ergab sich die drittwärmste erste Jahreshälfte seit Messbeginn 1864. Die Temperatur lag landesweit gemittelt 1,5 °C über der Norm 1981–2010.

So richtig Sommer wurde es nur während einer rund einwöchigen Hitzewelle in der ersten Junihälfte. Während der Hochsommermonate Juli und August bestimmten häufige und kräftige Regenfälle den Witterungsverlauf. Extrem viel Regen fiel vor allem im Juli. In der westlichen Hälfte der Schweiz wurden an zahlreichen, in der östlichen Hälfte an einzelnen Messstationen neue Juli-Rekordsummen gemessen.

Nach dem kühlen Hochsommer heizte der Herbst wieder so richtig ein. Schweizweit wurde der viertwärmste Oktober sowie der zweitwärmste November seit Messbeginn aufgezeichnet. Zusammen mit dem ebenfalls milden September ergab sich über die ganze Schweiz gemittelt der zweitwärmste Herbst in der 151-jährigen Schweizer Messreihe.

Mit der extremen Wärme kam auf der Alpensüdseite auch der grosse Regen. Nach einem bereits regenreichen Oktober fielen im November im Tessin regional vier- bis über fünfmal höhere Regensummen als in einem durchschnittlichen November. Als Folge der anhaltend kräftigen Niederschläge stiegen der Lago Maggiore und der Lago di Lugano markant an. Gegen Novembermitte traten beide Seen für mehrere Tage über die Ufer und setzten Gebiete von Lugano und Locarno unter Wasser.

Die überdurchschnittliche Wärme des Herbstes setzte sich auch im Dezember fort. Schnee lag meist nur oberhalb von 1000 bis 1500 m ü. M., und auch dort nur in unterdurchschnittlichen Mengen. Auch nach der Dezembermitte erreichte die alpine Schneedecke verbreitet erst 30 bis 60 % der für diese Jahreszeit normalen Höhe. Mit Kaltluft aus Nordwesten und aus Norden kippte die Witterung ab dem 26. Dezember innerhalb von zwei Tagen von extrem mild auf winterlich kalt. Auf der Alpennordseite fiel vom 26. bis am 29. Schnee bis ins Flachland.

Quelle: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)

Jahres-Niederschlagssumme (% des Normwertes)

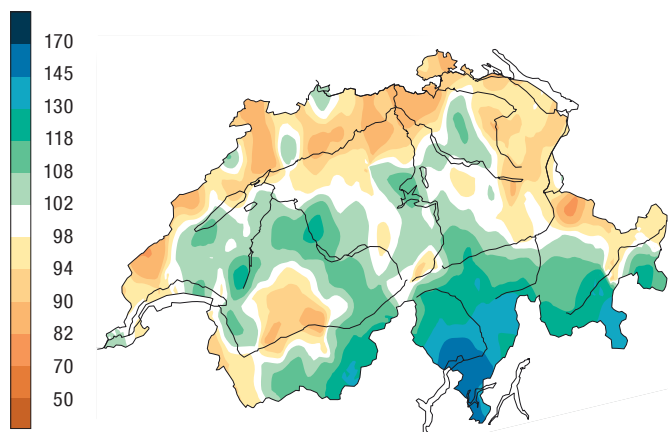


Abb. 2.1 Der Jahresniederschlag war in den meisten Regionen normal bis etwas unterdurchschnittlich. Deutlich zu nass war das Jahr 2014 auf der Alpensüdseite und im Engadin.

3 > Schnee und Gletscher

Am Alpensüdhang und im Oberengadin sowie in einzelnen angrenzenden Gebieten waren die über den Winter gemittelten Schneehöhen doppelt so gross wie normal, im südlichen Wallis leicht überdurchschnittlich. In den übrigen Gebieten lagen die Schneehöhen unter dem langjährigen Mittelwert. Die Gletscher der Schweizer Alpen zeigten im hydrologischen Jahr 2013/14 verglichen mit dem Jahrzehnt davor relativ geringe Massenverluste.

3.1 Schnee

Bereits im Oktober fiel in hohen Lagen und im Hochgebirge in vier Perioden Schnee. An vielen Messstationen in allen Gebieten der Schweizer Alpen wurden zwischen dem 11. und 15. Oktober neue Schneehöhenmaxima für diese Tage gemessen.

Auch im November fiel in allen Gebieten wiederholt Schnee. Die intensivste Niederschlagsperiode dauerte vom 19. bis 23. November und brachte vom Simplongebiet bis ins westliche Tessin 80 bis 120 cm Schnee. Im Wallis sowie am westlichen und zentralen Alpennordhang erreichten die Schneehöhen für die Jahreszeit überdurchschnittliche Werte.

Die ersten zwei Dekaden des Dezembers waren von wenig Niederschlag, viel Sonne und oft milden Temperaturen geprägt. Dementsprechend dünn war die Schneedecke. Über die Weihnachtstage schneite es; am Alpensüdhang waren die Schneefälle intensiv. Vor allem die Neuschneehöhen vom 26. Dezember waren ausserordentlich. An der Messstation San Bernardino war der Messwert von 120 cm der grösste Wert seit Messbeginn vor 63 Jahren.

Im Januar fiel erneut in den südlichen Gebieten am meisten Schnee und sorgte dort für grosse Schneehöhen. Die Kerngebiete lagen im westlichen Unterwallis, im nördlichen und mittleren Tessin, im Oberengadin sowie in den Bündner Südtälern. Auch im Februar folgten am Alpensüdhang mehrere Niederschlagsperioden in kurzen Abständen und brachten grosse Schneemengen. Insgesamt fielen im Februar an einigen Stationen im nördlichen und mittleren Tessin 3 bis 3,5 m Schnee.

Schnee fiel im März nur zum Monatsanfang. Sonst war der März geprägt von sonnigem und mildem Wetter. Anfang Monat traten an Stationen im Süden neue Schneehöhenmaxima auf, dann nahm die Schneehöhe aber vor allem bis in mittlere Höhenlagen durch Schmelze deutlich ab. Am Alpennordhang erreichten die Schneehöhen gegen Ende Monat deutlich unterdurchschnittliche Werte.

Grössere Schneemengen von rund 1 m in drei Tagen fielen Ende April. Betroffen war vor allem der Alpenhauptkamm vom Mattertal bis ins Goms. Im Mai fielen vor allem in hohen Lagen des Wallis, des Alpennordhangs und Graubündens bedeutende Schneemengen. Gleichzeitig setzte sich der Schneehöhenabbau fort, verzögerte sich aber Anfang und Mitte Monat durch ein Absinken der Nullgradgrenze unter 2500 m.

Quelle: WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF)

Schneehöhe (% des Normwertes)

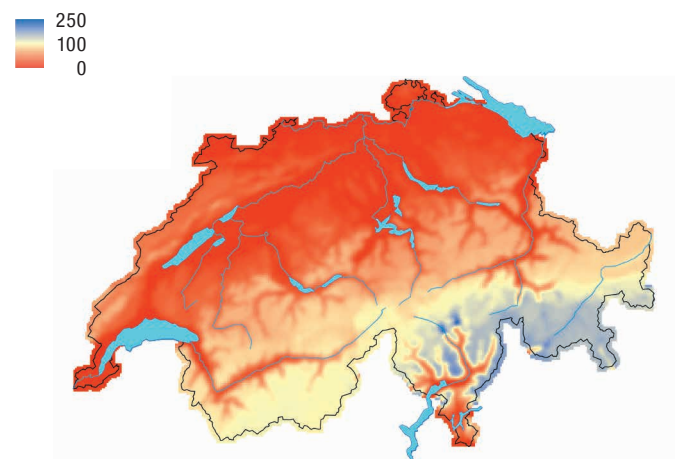


Abb. 3.1 Schneehöhen 2013/14 im Vergleich zur Periode 1971–2000. Berücksichtigt sind die Wintermonate November bis April.

3.2 Gletscher

Im hydrologischen Jahr 2013/14 wurden auf rund 20 Schweizer Gletschern Messungen der Massenbilanz vorgenommen. Diese beinhalten die Bestimmung der Winter-Schneemenge und der Schmelze während des Sommers. Mitte April konnten für die Alpennordseite unterdurchschnittliche und für die Alpensüdseite vorwiegend überdurchschnittliche Schneemengen auf den Gletschern festgestellt werden. Nach einer Periode mit intensiver Schneeschmelze im Juni waren Juli und August durch wechselhaftes Wetter gekennzeichnet. Dies kam vor allem Gletschern in hohen Lagen zugute, da es wiederholte Neuschneefälle gab, welche die Gletscherschmelze deutlich reduzierten. Der relativ warme September führte hingegen zu weiterer Schmelze.

Auf Gletschern des südlichen Alpenhauptkammes und des Engadins (z. B. Findelengletscher, Allalिंगletscher, Vadret dal Murtèl) konnten ausgeglichene oder sogar leicht positive Massenbilanzen gemessen werden. Der Ghiacciaio del Basòdino im Tessin hingegen verlor leicht an Masse. Die untersuchten Gletscher am nördlichen Alpenhauptkamm zeigten moderate Massenverluste (z. B. Rhonegletscher, Glacier du Tsanfleuron). Diese fielen mit einer Reduktion der Eisdicke von 400 bis 900 mm Wasseräquivalent nicht allzu dramatisch aus. Gletscher im Nordosten der Schweiz (Silvrettagletscher, Pizolgletscher) zeigten deutliche Dickenverluste von über 1 m.

Die regionalen Unterschiede der Gletscher-Massenbilanz waren dieses Jahr besonders stark. Die Asymmetrie

zwischen Alpennord- und Alpensüdseite ist auf das häufige Auftreten von Südstaulagen im Winter und Frühling zurückzuführen. Zusätzlich verstärkt wurden die Unterschiede auch durch die Höhenlage der Gletscher: Während auf den eher tief gelegenen Gletschern der Alpennordseite ein Grossteil der Niederschläge in den Sommermonaten in Form von Regen auftrat, konnten vor allem die Gletscher im südlichen Wallis von wiederholten Sommerschneefällen profitieren.

Auf alle Gletscher der Schweiz übertragen, ergibt sich für das hydrologische Jahr 2013/14 ein geschätzter Massenverlust von 380 Millionen m³. Dies entspricht einer Reduktion des derzeit in der Schweiz vorhandenen Eisvolumens um rund 0,75 %. Trotz geringer Massengewinne in einigen Regionen dominieren schweizweit die negativen Massenbilanzen. Insgesamt kann die Wetterentwicklung 2013/14 für die Gletscher der Schweizer Alpen dennoch als relativ günstig bezeichnet werden. Seit 2002 zeigten die Gletscher nur im Jahr 2012/13 ähnlich geringe Massenverluste. Von einer Trendumkehr kann aber nicht gesprochen werden, obwohl die Gletscherschmelze weniger dramatisch ausfiel als im langjährigen Mittel.

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



Abb. 3.2 Blick auf den Glacier de la Plaine Morte (BE) Ende September 2014.

4 > Oberflächengewässer

Auf der Alpennordseite lagen die Jahresmittel des Abflusses verbreitet unter oder nahe dem der Normperiode 1981–2010. Auf der Alpensüdseite und im Engadin wurden überdurchschnittliche Abflüsse gemessen. 2014 geht als extrem warmes Jahr in die Geschichte ein. In den grösseren Flussgebieten lagen die Abweichungen zu den Mittelwerten der Normperiode in einem Bereich zwischen +0,5 und +1,1 °C.

4.1 Abflussverhältnisse

Auf der Alpennordseite lagen die Jahresmittel des Abflusses in den grossen Flussgebieten unter oder nahe dem der Normperiode 1981–2010. In einem normalen Bereich (90 bis 110 %) lagen der Rhein, die Aare, die Reuss und die Limmat. In der Thur, im Doubs und in der Rhone flossen weniger als 90 % der erwarteten Mengen ab. Deutlich über dem langjährigen Mittel waren Inn, Ticino und Maggia. Die Maggia hatte mit knapp 160 % der Norm prozentual am meisten Abfluss der grossen Flussgebiete. Die mittelgrossen Einzugsgebiete zeigen beim Jahresmittel des Abflusses ein differenzierteres, aber nicht gänzlich anderes Bild (Abb. 4.2). Auf der Alpennordseite bewegten sich die Werte verbreitet zwischen rund 80 und 110 %. Unterhalb dieses Bereichs lagen die Dünnern

bei Olten (70 %) sowie der Seyon bei Valangin (74 %); oberhalb davon lag die Gürbe mit knapp 140 %. Auf der Alpensüdseite und im Engadin wurden verbreitet überdurchschnittliche Abflüsse gemessen, mit den höchsten relativen Werten an Moesa, Brenno, Cassarate und Vedeggio. Die Verzasca bei Lavertezzo und die Magliasina bei Magliaso verzeichneten 2014 das grösste Jahresmittel der 25- bzw. 35-jährigen Messperiode.

Die Darstellungen der Monatsmittel der Abflussmengen machen deutlich, dass sowohl markante positive als auch markante negative Abweichen von der Norm aufgetreten sind. An der Aare, der Reuss, der Limmat und der Thur waren die Monate März bis Juni zu trocken, Juli und August sowie zum Teil der November waren zu nass. Der Rhein bei Diepoldsau zeigte ein ähnliches Bild, wobei März und April nicht trocken

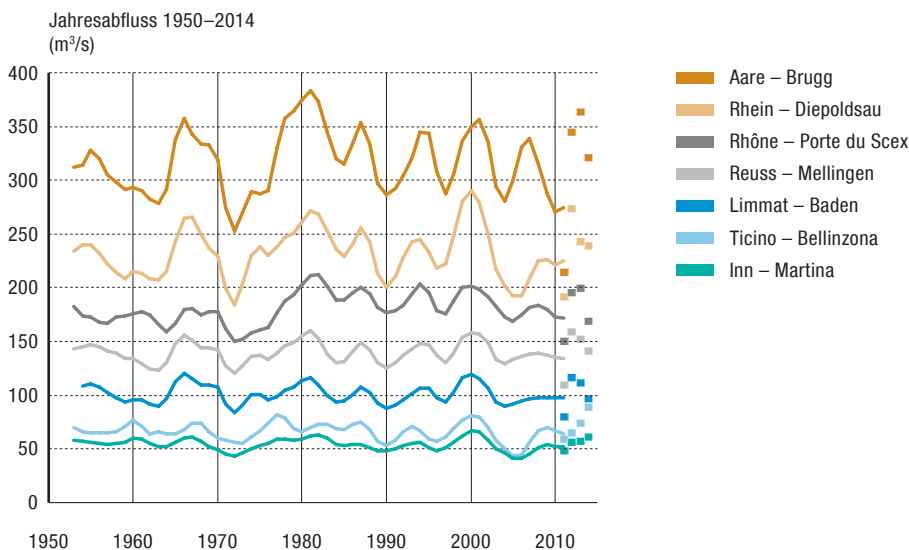


Abb. 4.1 Veränderung des Jahresabflusses ausgewählter grosser Einzugsgebiete ab 1950. Dargestellt sind gleitende Mittel (über 7 Jahre) als Linien und die letzten 4 Jahresabflüsse als Punkte.

waren, sondern ziemlich genau der Norm entsprachen. Die Rhone bei Porte du Scex führte von Mai bis September verhältnismässig wenig Wasser. Am Doubs gab es riesige Abweichungen zur Norm: Im März (44 %), April (25 %) und Dezember (47 %) lagen die Abflussmengen weit darunter, im Juli und August weit darüber (rund 300 % der langjährigen Monatsmittel). Wären 2014 am Doubs die März- und April-Abflüsse im Juli und August aufgetreten und die Juli- und August-Abflüsse im März und April, hätte man in diesen Monaten von normalen Verhältnissen gesprochen. Die ergiebigen und anhaltenden Niederschläge im Tessin im November führten verbreitet zu sehr grossen Monatsmitteln (z. B. Abb. 4.3 Ticino bei Bellinzona oder Abb. 4.4 Maggia bei Locarno). An der Maggia waren die Abflüsse im November beinahe sechsmal grösser als das langjährige Monatsmittel. Die relativen Abweichungen waren bei der Maggia auch im Februar (über 200 %) und im September (nur rund 20 %) sehr gross, die absoluten Differenzen waren jedoch viel kleiner als im November und fallen deshalb weniger auf.

Bei den Tagesabflüssen ähneln sich die Bilder an Aare, Reuss und Limmat: Es herrschten mehrheitlich trockene Verhältnisse in der ersten Jahreshälfte, die von kürzeren Phasen mit normalen oder leicht überdurchschnittlichen Abflüssen unterbrochen wurden. Anschliessend kamen die beiden Hochwassermonate Juli und August, die die Ganglinien auf der Alpennordseite prägten (Kapitel 1.1). Zwischen Aare und Reuss gab es an rund 10 Messstellen neue grösste Juli-Abflussspitzen. Zu diesen Stationen gehören u. a. die Aare bei Bern,

die Emme bei Eggiwil und die Engelberger Aa bei Buochs. Nach einem relativ ruhigen Herbst schwollen die Abflüsse im November noch einmal deutlich an, ohne grosse Hochwasserspitzen zu erzeugen.

Auf der Alpensüdseite waren bereits die ersten vier Monate verhältnismässig nass; dies jedoch auf einem tiefen Winterniveau. Einzelne grössere Abflussereignisse gab es zwischen Mai und August, die grössten traten im Oktober und November auf und führten zu den lang anhaltenden Überschwemmungen am Lago Maggiore und am Lago di Lugano. Für die Maggia bei Locarno wurde in dieser Phase mit rund 1500 m³/s ein neues Oktober-Maximum beobachtet.

An der Rhone bei Porte du Scex wurden 2014 durchwegs die für dieses Einzugsgebiet sehr typischen Abflussschwankungen beobachtet, die aus der Wasserkraftnutzung stammen. Von Anfang Jahr bis Ende April und von Oktober bis Ende Jahr verliefen diese wöchentlichen Schwankungen auf einem für die Jahreszeit normalen Niveau. Von Mai bis September waren die Abflussmengen insgesamt unterdurchschnittlich, einzelne Abflussspitzen überstiegen jedoch das 75 %-Quantil und Ende Juli – mit der höchsten Abflussmenge des Jahres – das 95 %-Quantil.

Abflussverhältnisse ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

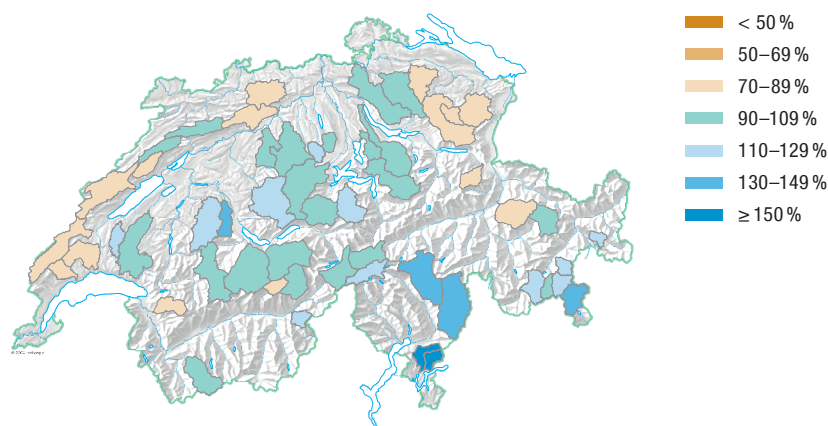


Abb. 4.2 Jahresmittel 2014 im Vergleich zum mittleren Abfluss der langjährigen Normperiode 1981–2010 ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete [%].

Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete

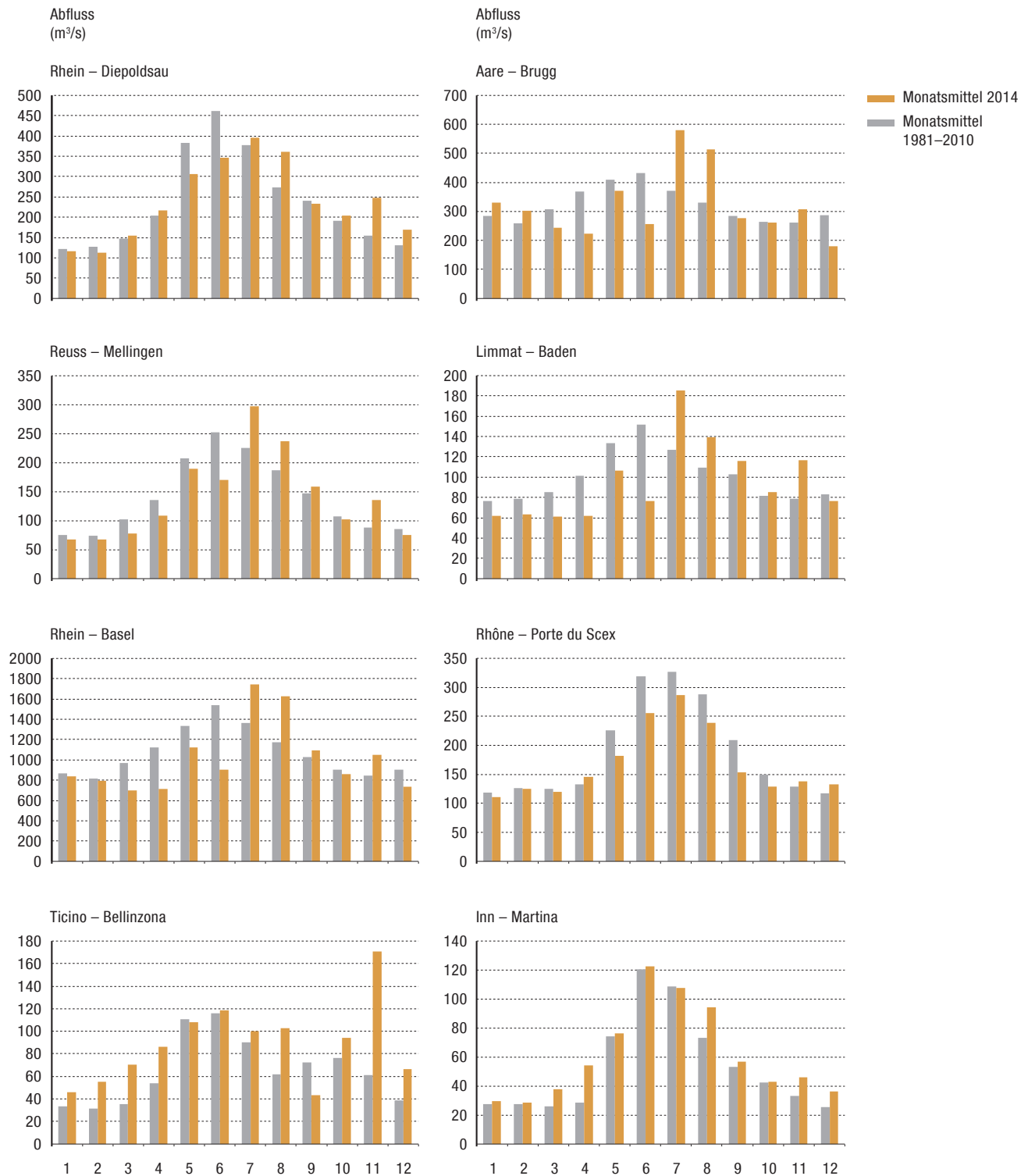


Abb. 4.3 Monatsmittel 2014 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau).

Monatsmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete

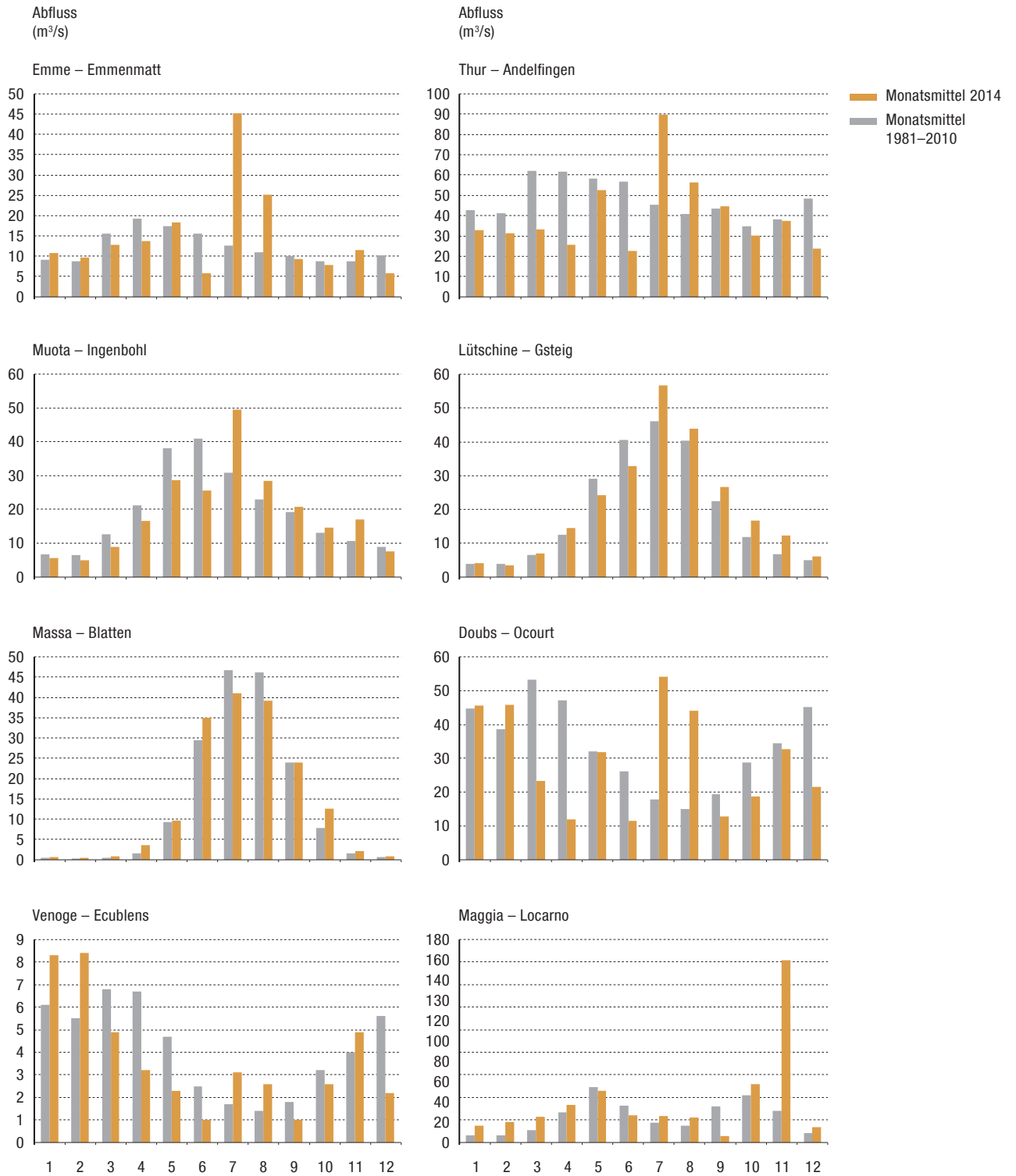


Abb. 4.4 Monatsmittel 2014 der Abflussmengen (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau).

Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (1/2)

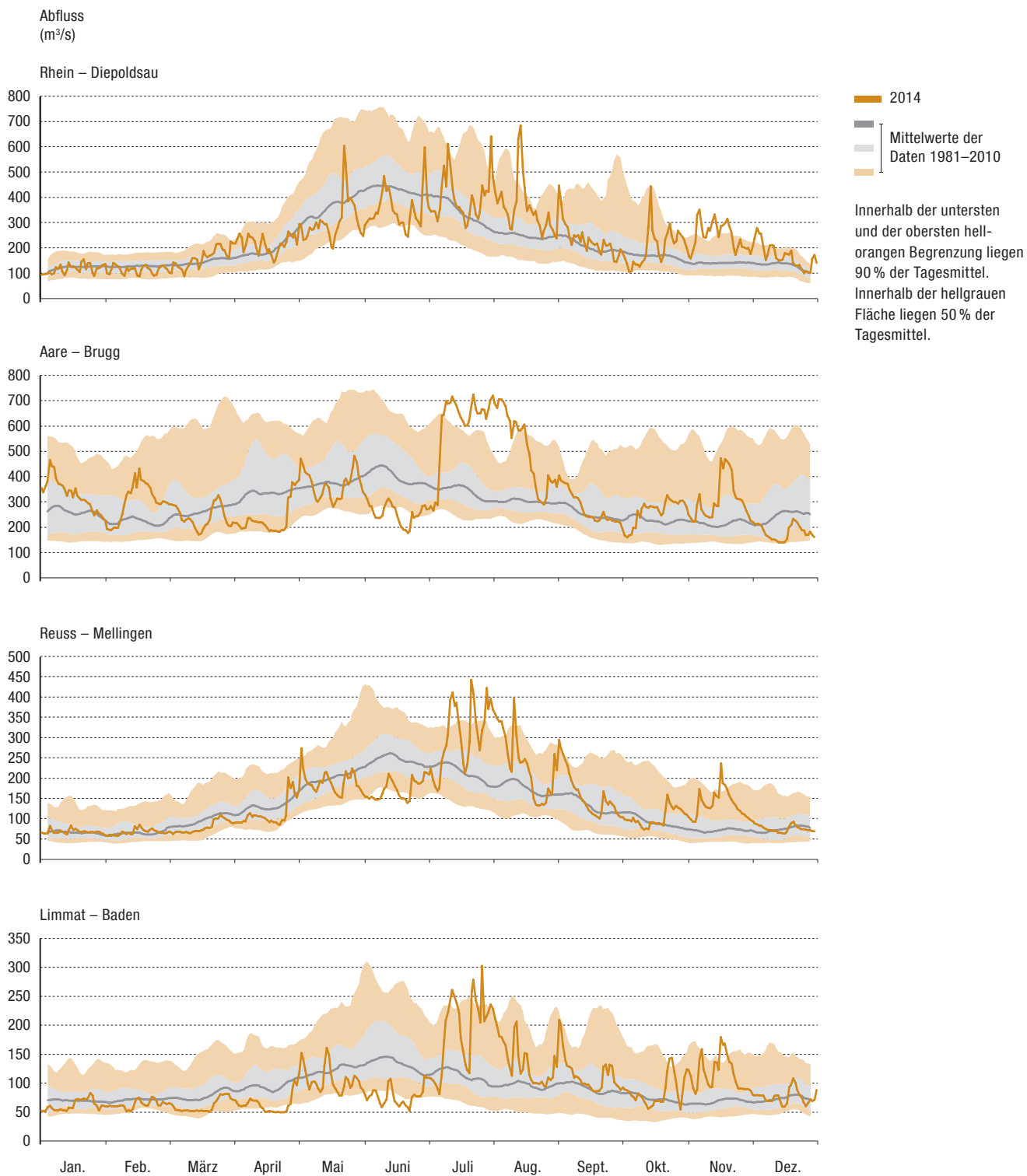


Abb. 4.5 Tagesmittel 2014 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter grosser Einzugsgebiete (2/2)

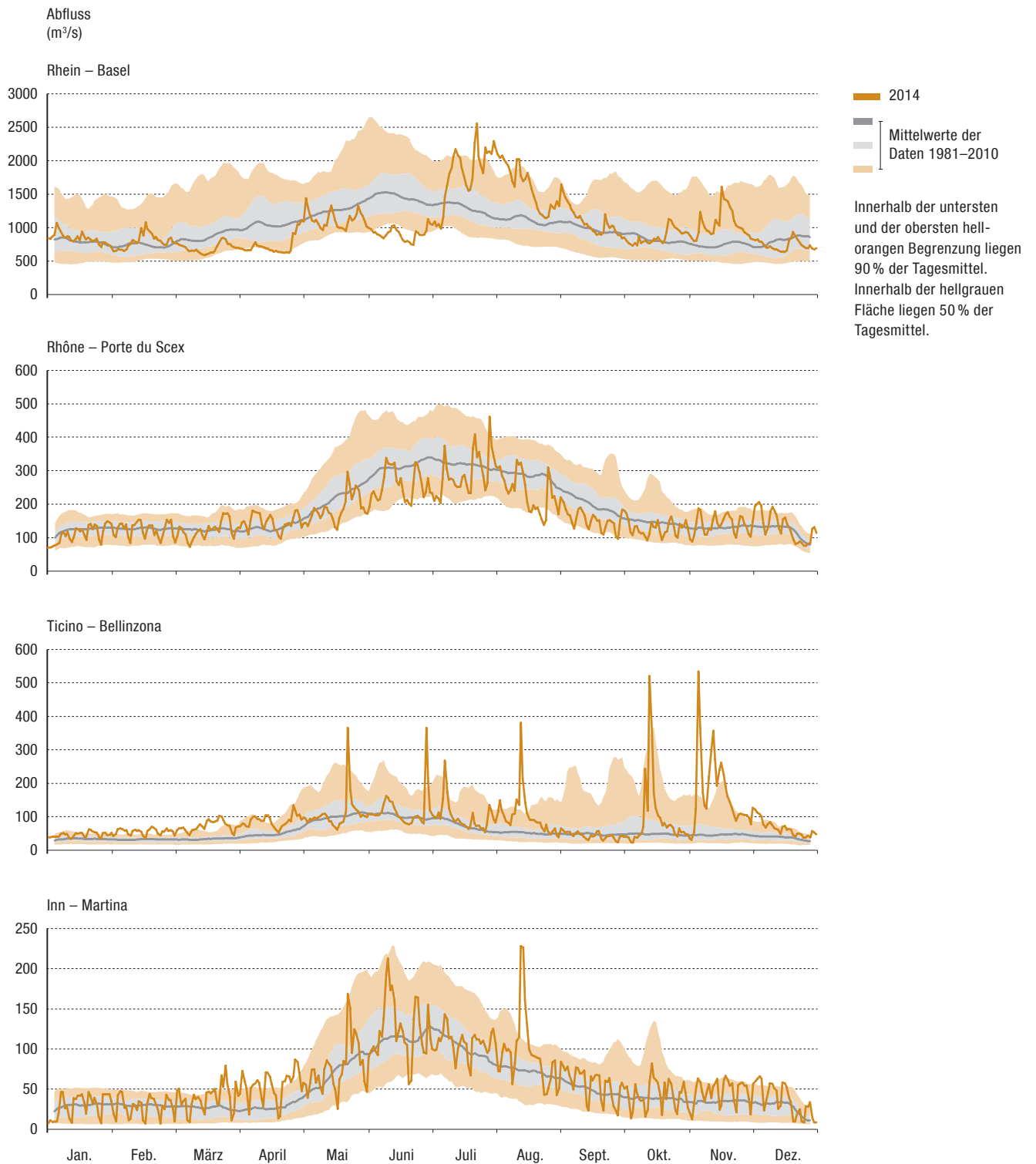


Abb. 4.6 Tagesmittel 2014 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (1/2)

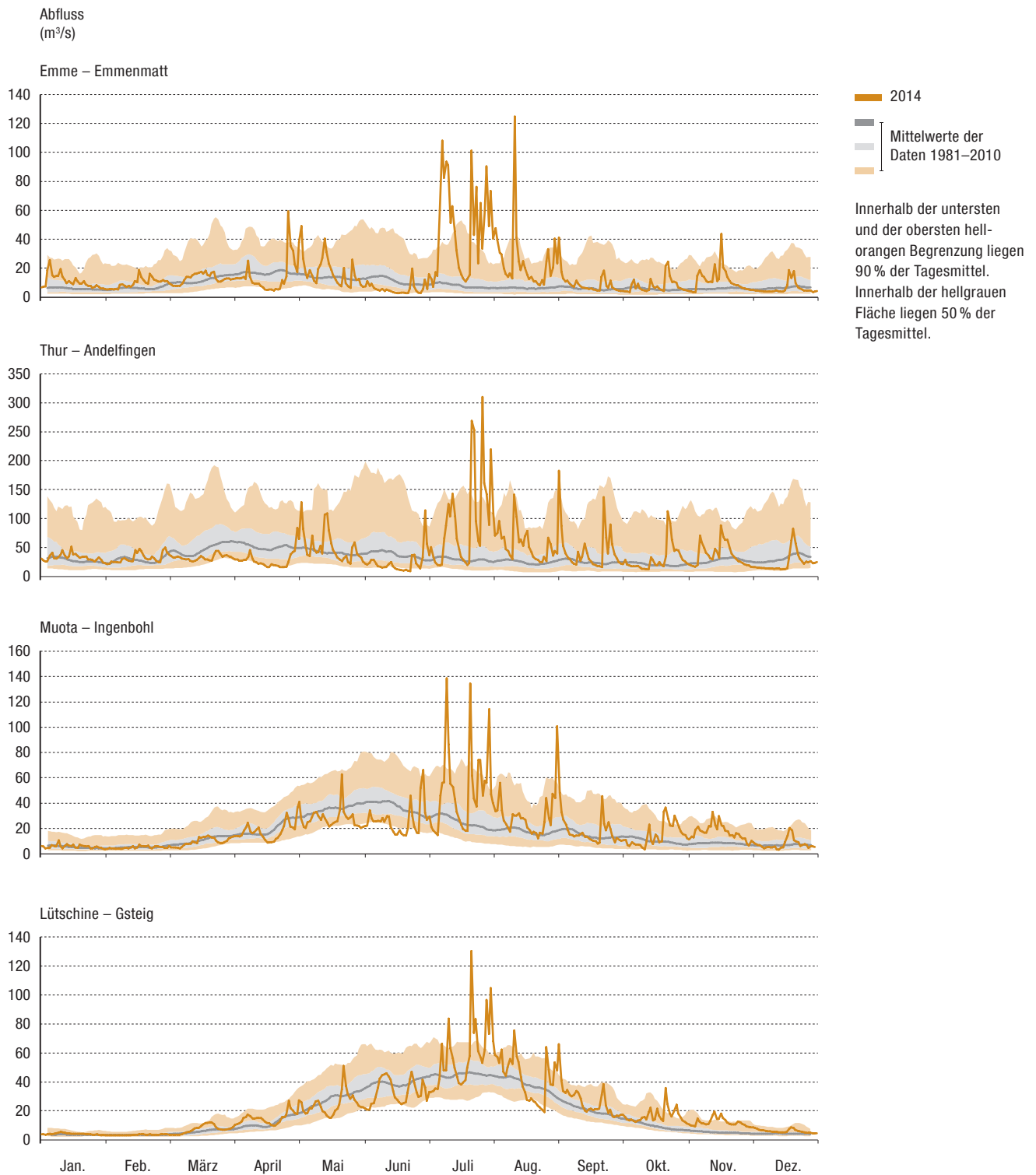


Abb. 4.7 Tagesmittel 2014 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

Tagesmittel der Abflussmengen ausgewählter mittelgrosser Einzugsgebiete (2/2)

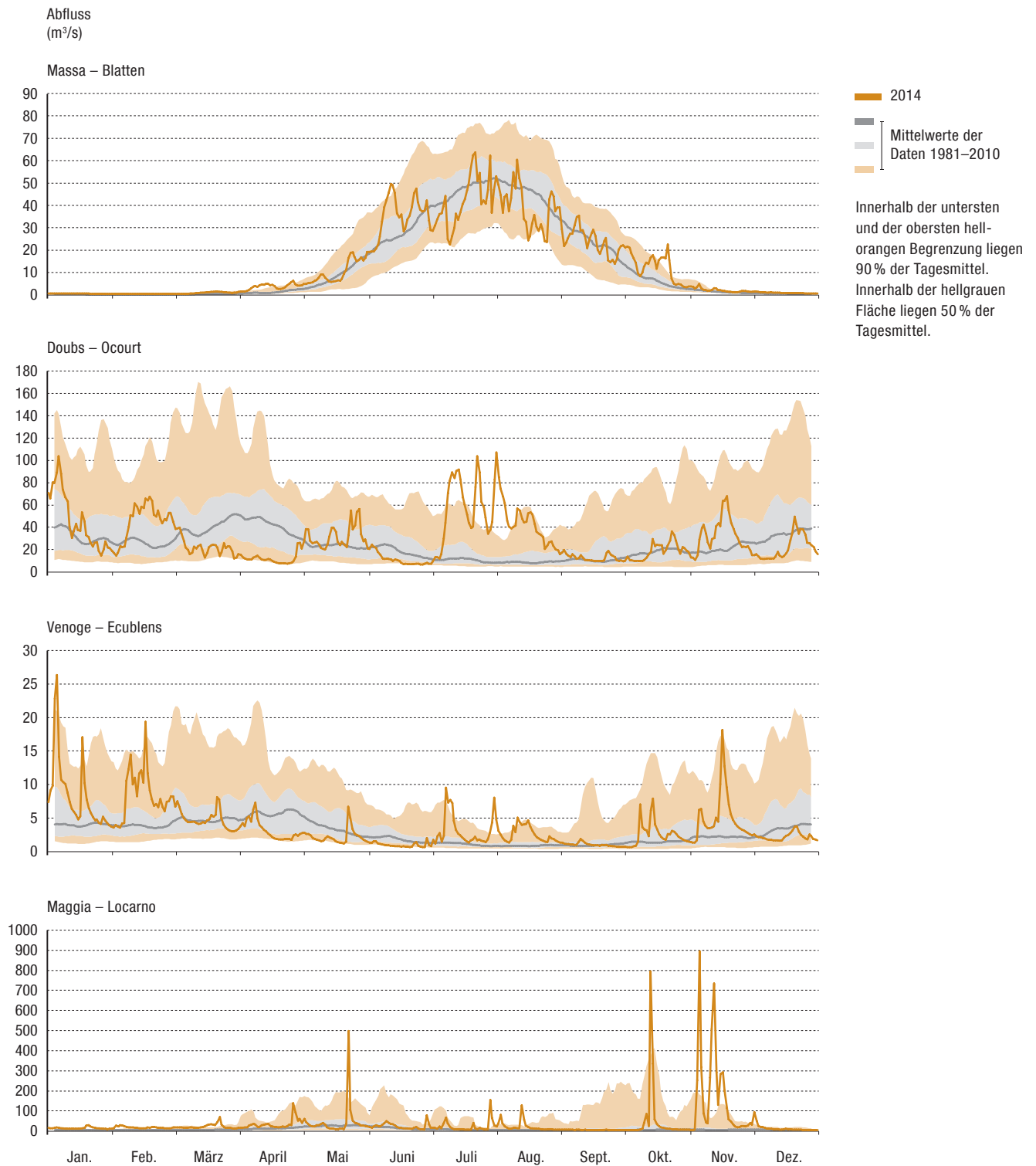


Abb. 4.8 Tagesmittel 2014 der Abflussmengen (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

4.2 Seestände

Die Jahresmittelwerte der Wasserstände der meisten grössten Seen der Alpennordseite lagen im Jahr 2014 nahe bei den Mittelwerten der Normperiode 1981–2010. Auffällig waren die grossen positiven Abweichungen des Lago Maggiore und des Lago di Lugano mit 34 bzw. 16 cm über der Norm. Hier konnten wegen der anhaltenden Niederschläge im Oktober und November trotz Seeregulierung stark überdurchschnittliche Pegelstände nicht verhindert werden. Auch am Walensee gab es grössere, jedoch negative Abweichungen. Das Jahresmittel lag mit 13 cm deutlich unter dem Normwert. Weder die positiven Abweichungen beim Lago Maggiore noch die negativen Abweichungen beim Walensee waren jedoch extrem. Rund 5 % der Jahresmittelwerte des Lago Maggiore seit 1943 waren höher als 2014, und rund 12 % der Jahresmittelwerte des Walensees seit 1930 lagen tiefer als 2014.

Bei der Betrachtung einzelner Monatswerte werden Differenzen naturgemäss grösser als beim Vergleich der Jahresmittel. Am Lago Maggiore lag der Mittelwert des Novembers 2014 147 cm über dem mittleren langjährigen November-Wasserstand und damit immer noch 156 cm unter dem grössten in einem November gemessenen Wert seit 1943. Abbildung 4.9 zeigt, dass sowohl auf der Alpensüdseite als auch auf der Alpennordseite in der Mehrzahl der Monate überdurchschnittliche Wasserstände gemessen wurden. Nachdem es am Bodensee im Juni noch nach Niedrigwasser ausgesehen hatte, waren die Wasserstände ab Juli allesamt über dem Mittelwert der Normperiode, mit den grössten Abweichungen von rund einem halben Meter im August und im September. Der verregnete Sommer lässt sich auch in den Ganglinien des Neuenburgersees sehr schön ablesen: Juli und August 2014 lagen 17 bzw. 11 cm über der Norm.

Eine feinere zeitliche Auflösung zeigt, dass die Wasserstände am Bodensee und am Genfersee den Bereich zwischen dem 5%-Quantil und dem 95%-Quantil kaum verlassen haben. Während am Bodensee die Obergrenze im Juli, August und November knapp erreicht wurde, gab es am Genfersee Anfang und Ende Jahr ganz kurze Phasen, während derer die 95%-Grenze touchiert wurde. Anders am Neuenburgersee

und am Lago Maggiore. Die anhaltenden Niederschläge von Juli und August haben auf der Alpennordseite Spuren hinterlassen. Die beiden Hochwasserphasen führten dazu, dass das hydrologische System an den Jurarandseen an die Grenze stiess. Die hohen Wasserstände im Tessin waren – wie bereits erwähnt – im Rückblick auf die ganze Messperiode nicht extrem, aber wegen der Überschwemmungen im dichtbesiedelten Raum für viele Betroffene sehr eindrücklich. Die warnrelevanten Hochwassergrenzen wurden an über 20 Tagen überschritten, wobei an mehreren Tagen die höchste Gefahrenstufe ausgerufen wurde. Stufe 5 wird am Lago Maggiore erreicht, wenn der Wasserstand 195,75 m ü. M. übersteigt.

Monatsmittel der Wasserstände ausgewählter Seen

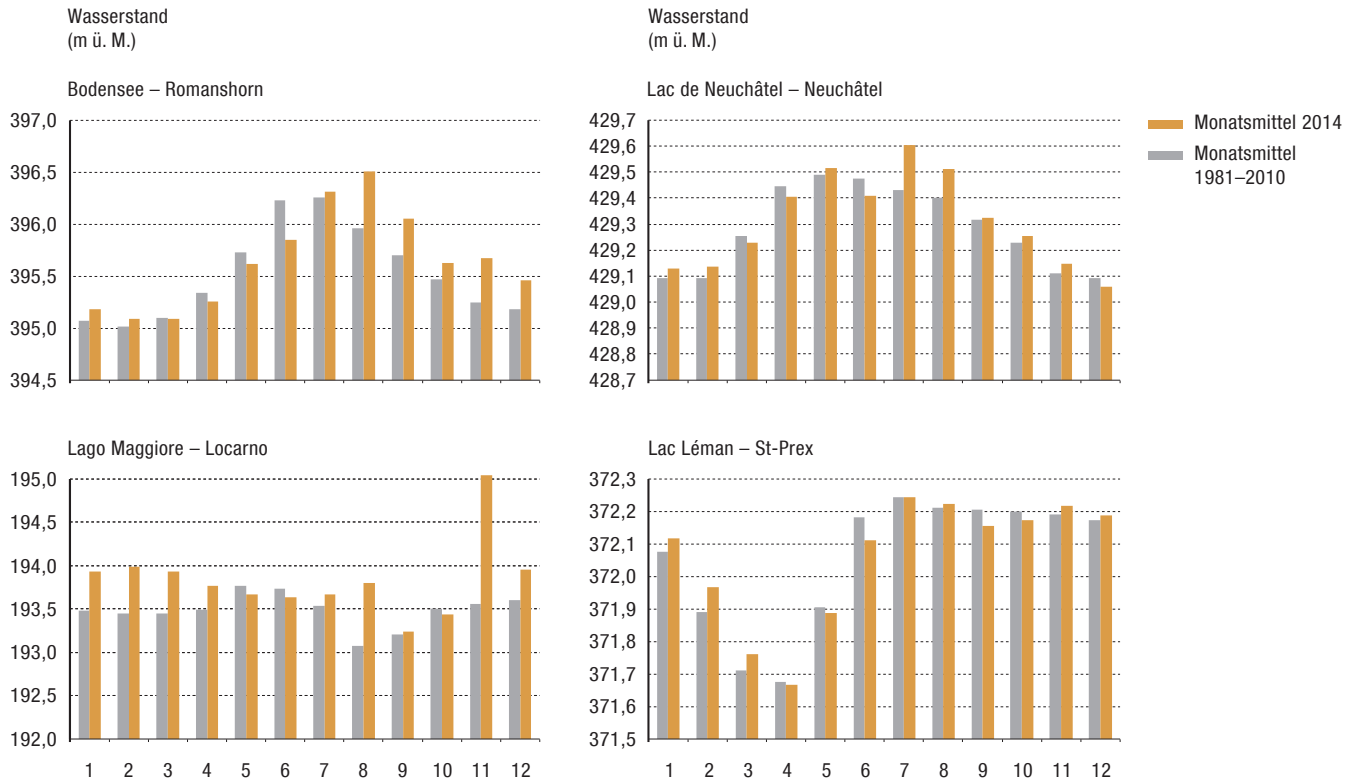


Abb. 4.9 Monatsmittel 2014 der Wasserstände (orange) im Vergleich zu den Monatsmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010 (grau).

Tägliche Wasserstände ausgewählter Seen

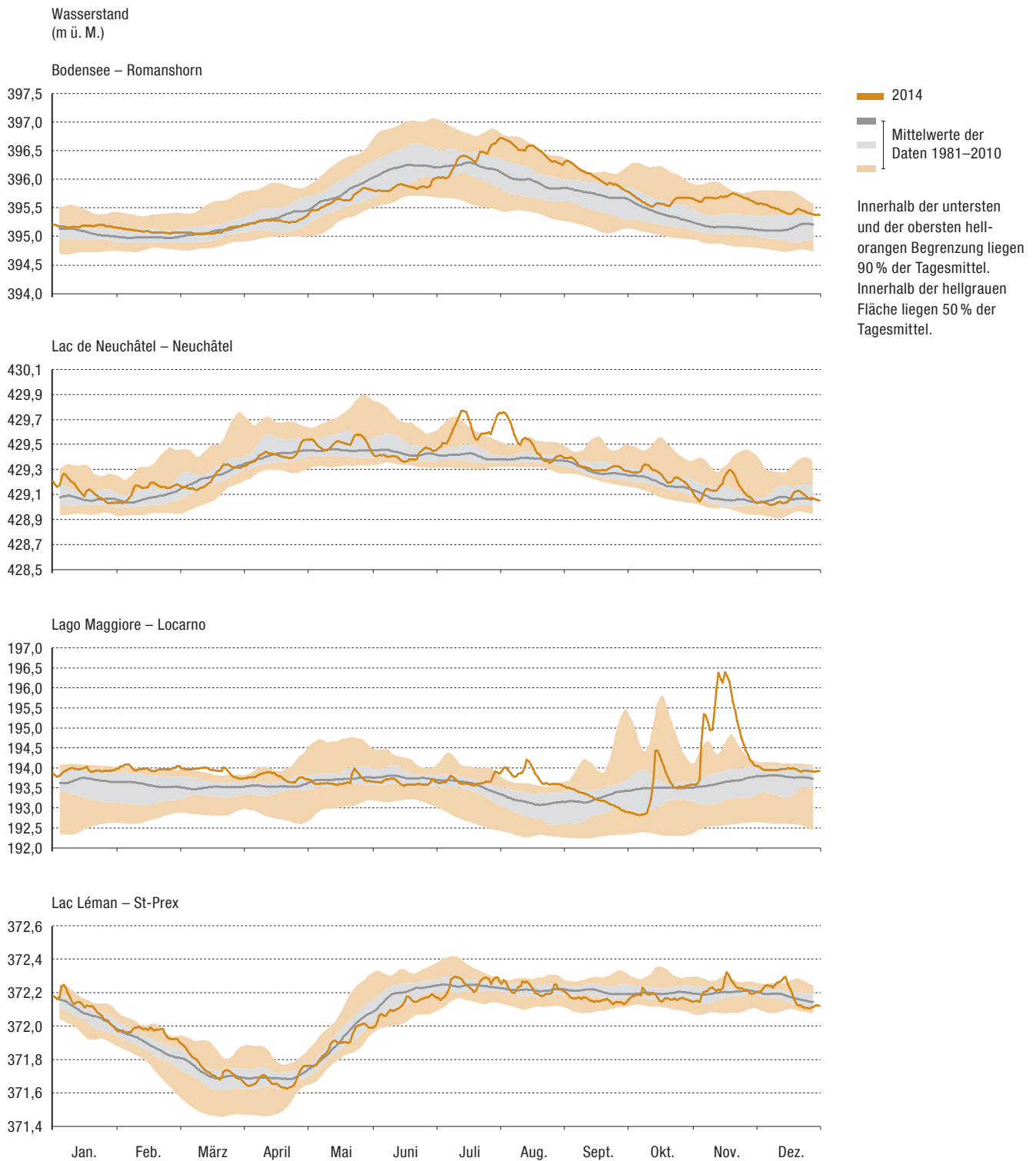


Abb. 4.10 Tagesmittel 2014 der Wasserstände (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

4.3 Wassertemperaturen

2014 ging als extrem warmes Jahr in die Geschichte ein. Die hohen Lufttemperaturen spiegeln sich in den Jahresmittelwerten der Gewässertemperaturen wider. In den grösseren Flussgebieten lagen die Abweichungen zu den Mittelwerten der Normperiode 1981–2010 in einem Bereich zwischen +0,5 und +1,1 °C (Abb. 4.11). An einigen Stationen wurden ähnlich hohe Jahresmittelwerte wie im Rekordjahr 2011 erreicht.

Im ersten Halbjahr 2014 verzeichneten die Stationen in allen Monaten ausser dem Mai verbreitet durchschnittlich bis überdurchschnittlich hohe Wassertemperaturen mit neuen Monatsmaxima. Nach einem durchgezogenen und kühlen Sommer stiegen die Gewässertemperaturen von September bis Dezember auf Werte weit über der Norm. Nebst dem Oktober fiel vor allem der Dezember mit neuen Monatsmaxima an zahlreichen Stationen aussergewöhnlich warm aus.

Frühes Temperaturmaximum beim Rhein

Normalerweise erreicht der Rhein bei Rekingen die höchsten Temperaturen des Jahres im August. Das Jahr 2014 war jedoch durch einen extremen Temperaturanstieg aufgrund einer ausgeprägten Hitzeperiode Anfang Juni gekennzeichnet, sodass das Jahresmaximum der Temperatur schon am 14. Juni erreicht wurde (Abb. 4.12). Die einwöchige Hitzeperiode in der ersten Junihälfte führte zu einem Temperaturüberschuss im Juni mit einem Monatsmittel von 3,1 °C über der Normperiode 1981–2010. In den darauffolgenden Sommermonaten

sanken die Temperaturen wieder unter die Norm. Ausnahmen waren alpine Fliessgewässer wie die Rhone bei Porte du Scex. Hier führte die extreme Sonnenarmut im Sommer 2014 zu einem reduzierten Eintrag von kaltem Schmelzwasser und zu vergleichsweise hohen Temperaturen.

Lang anhaltend hohe Temperaturen im Herbst

Nach dem überwiegend kühlen Sommer stiegen die Wassertemperaturen von September bis Oktober auf ungewöhnlich hohe Werte. Die rekordverdächtige Warmperiode ab Ende September wurde am Abend des 21. Oktober durch eine Nordwestströmung mit einer aktiven Kaltfront und anschliessend einströmender polarer Kaltluft vorerst beendet. Dieser abrupte Temperaturrückgang ist in allen Jahresgängen der Wassertemperatur gut erkennbar. Relativ zur Norm kletterte die Temperatur nach dem prominenten Temperatursturz an den meisten Stationen wieder auf hohe Werte, wo sie bis Ende Jahr verblieb.

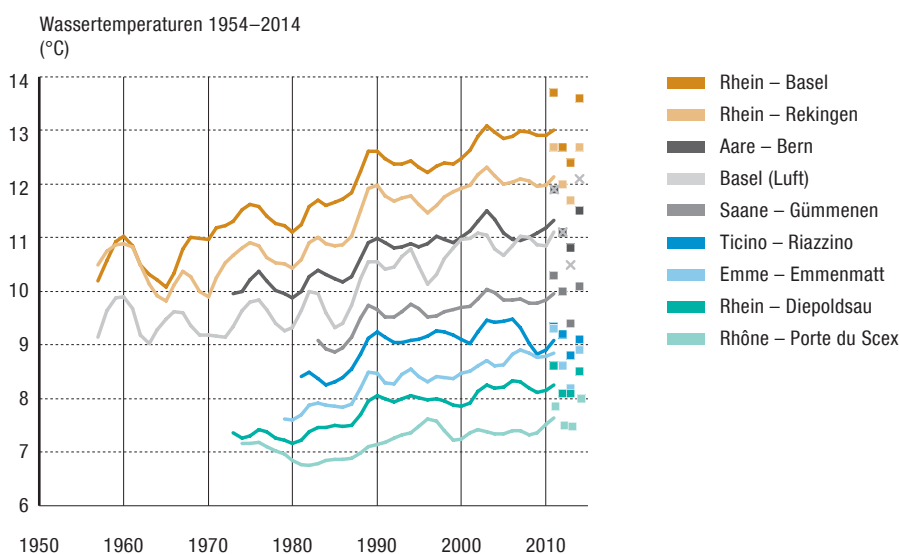


Abb. 4.11 Die Entwicklung der Wassertemperaturen von 1954 bis 2014 in ausgewählten Flüssen der Schweiz. Dargestellt sind gleitende Mittel (über 7 Jahre) als Linien und die letzten 4 Jahresmittel als Punkte bzw. Kreuze (Luft).

Mittlere Tagestemperatur ausgewählter Stationen

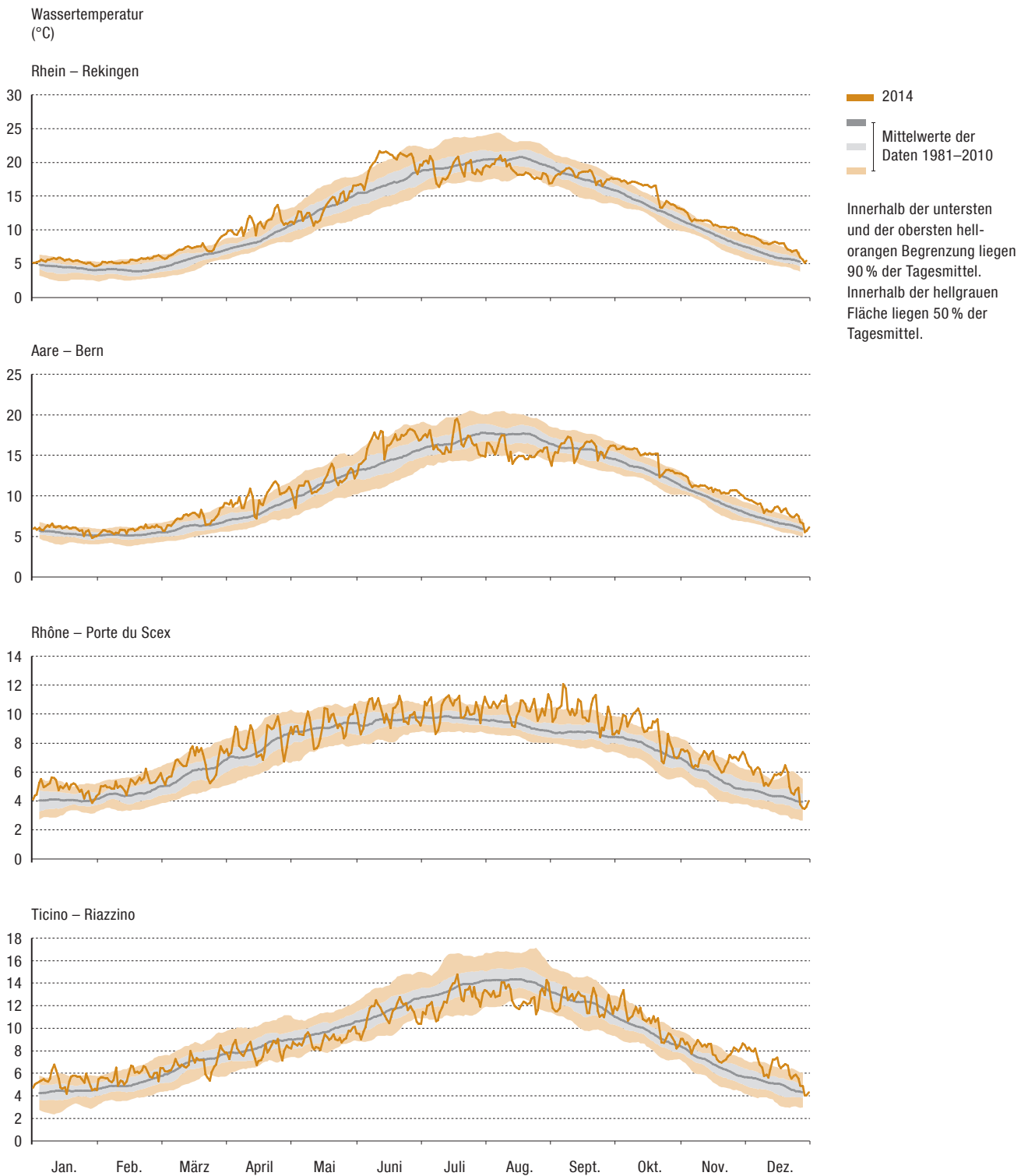


Abb. 4.12 Tagesmittel 2014 der Wassertemperatur (orange Linie) im Vergleich zu den Tagesmitteln der langjährigen Normperiode 1981–2010.

4.4 Stabile Isotope

Die stabilen Wasserisotope sind geeignet, in regionalen Klima-, Umwelt- und Gewässerstudien die Herkunft der Wasserkomponenten zu bestimmen. Im Rahmen des NAQUA-Moduls ISOT wird die langjährige regionale Entwicklung von Deuterium (^2H) und Sauerstoff-18 (^{18}O) an 13 repräsentativen Niederschlagsmessstellen und 9 Messstellen an Fließgewässern erhoben (Abb. 4.14). Dadurch können Referenzdaten für solche Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden.

Im Niederschlag stiegen die $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zwischen 1980 und 2005 an allen Messstellen generell an. Der allgemeine Verlauf ist allerdings nicht stetig, sondern wird von jahreszeitlichen Schwankungen dominiert. Seit 2005 scheint dieser Trend gebrochen. In den Winterhalbjahren sind nun deutlich negativere δ -Werte festzustellen. Auch im Jahr 2014 zeichnen sich die stabilen Isotope im Niederschlag durch für den Winter niedrige δ -Werte aus. Die Sommerwerte liegen im langjährigen Durchschnitt. Im Jura und in den Alpen wurden im Sommer unterdurchschnittliche δ -Werte gemessen. Im Tessin (Messstelle Locarno-Monti) lagen im November 2014 die δ -Werte im Niederschlag infolge der Starkniederschläge tiefer. Das mit dem Niederschlag gewichtete Jahresmittel des $\delta^{18}\text{O}$ war deshalb um 0,6‰ negativer als im Vorjahr.

In Fließgewässern ist der generelle Verlauf der $\delta^2\text{H}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ebenfalls erkennbar, jedoch gegenüber denen der Niederschläge stark gedämpft (z.B. Aare, Rhein, Rhone).

Auch hier ist in den letzten Jahren eine Änderung des Trends ersichtlich. Die im langjährigen Vergleich unterdurchschnittlichen δ -Werte des Jahres 2013 entlang der Aare und im Rhein in Weil setzten sich im Jahr 2014 trotz der erhöhten Lufttemperaturen fort. Die Rhone oberhalb des Genfersees wies 2014 ebenfalls unterdurchschnittliche δ -Werte auf. Im Juni 2014 wurden in den Fließgewässern der Schweiz verbreitet aussergewöhnlich tiefe δ -Werte infolge einer Warmperiode mit einer ausgeprägten Schnee- und Gletscherschmelze beobachtet. Im Ticino in Riazzino wichen die δ -Werte im November 2014 trotz der Starkniederschläge kaum vom Jahresgang des Vorjahres ab. Grund dürfte die Durchmischung mit bereits in den Vormonaten in Boden und Grundwasser infiltrierten Niederschlägen sein.

Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Modul ISOT)

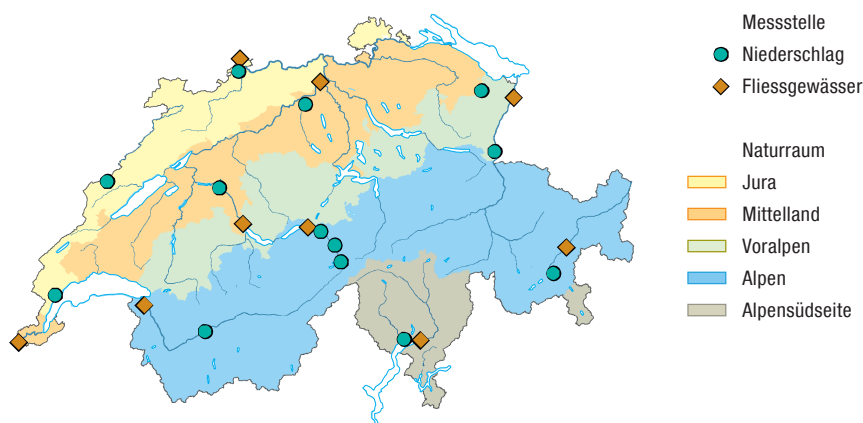


Abb. 4.13 Messstellen des NAQUA-Moduls ISOT zur Beobachtung der Isotope im Niederschlag und in Fließgewässern der Schweiz, Stand 2014.

4.5 Wasserqualität/physikalische und chemische Eigenschaften

Die Wasserqualität der Schweizer Flüsse ist generell gut. Die Belastung mit Nährstoffen hat in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen. Der Eintrag von Mikroverunreinigungen ist jedoch nach wie vor eine Herausforderung. Ausserdem werden bei Regenereignissen in kleineren Gewässern auch Spitzenbelastungen von Pflanzenschutzmitteln und Bioziden nachgewiesen.

Zustand und Entwicklung der Qualität der Schweizer Fliessgewässer werden vom BAFU im Rahmen der Nationalen Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF) an 18 Messstellen und zusammen mit den Kantonen im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) an 111 Messstellen erfasst. Neben der Beobachtung der Entwicklungen der Wasserinhaltsstoffe haben die Messungen zum Ziel, die Wirksamkeit von Gewässerschutzmassnahmen zu beurteilen. Analysen zur Wasserqualität fokussieren daher auf längerfristige Veränderungen und weniger auf saisonale Schwankungen. Diese Analysen werden deshalb nicht regelmässig im Hydrologischen Jahrbuch publiziert. Weiterführende Informationen und Daten sind im Internet verfügbar (siehe S. 34).

Messstellen der Nationalen Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF)

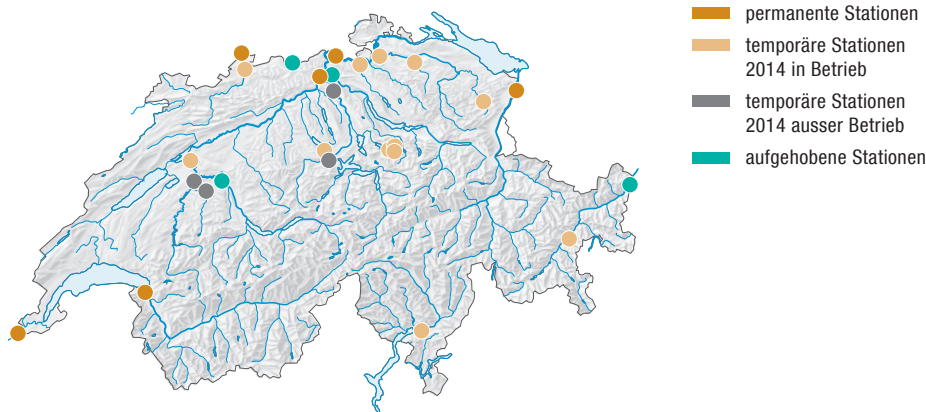


Abb. 4.14 Messstellen der Nationalen Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF) zur Beobachtung der Wasserqualität in der Schweiz, Stand 2014.

5 > Grundwasser

Im Jahr 2014 traten verbreitet normale Grundwasserstände und Quellschüttungen auf.

5.1 Grundwasserquantität

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

Die längerfristige Betrachtung von Grundwasserständen und Quellschüttungen lässt deutliche Fluktuationen mit einer gewissen Periodizität erkennen. So lösen sich im Grundwas-

ser der Schweiz regelmässig mehrjährige Niedrigstand- und Hochstandssituationen ab. Zwischen solchen Situationen liegt meist ein Übergangsbereich, in dem für eine gewisse Zeit durchschnittliche Grundwasserstände und Quellschüttungen auftreten.

Die hohen Grundwasserstände und Quellschüttungen auf der Alpennordseite zu Beginn des Jahres 2014 normalisierten sich grösstenteils infolge der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen im Februar und März, während sie auf der Alpensüdseite infolge der grossen Niederschlagsmengen weiterhin hoch waren (Abb. 5.1, Grundwassersituation am 12.03.2014).

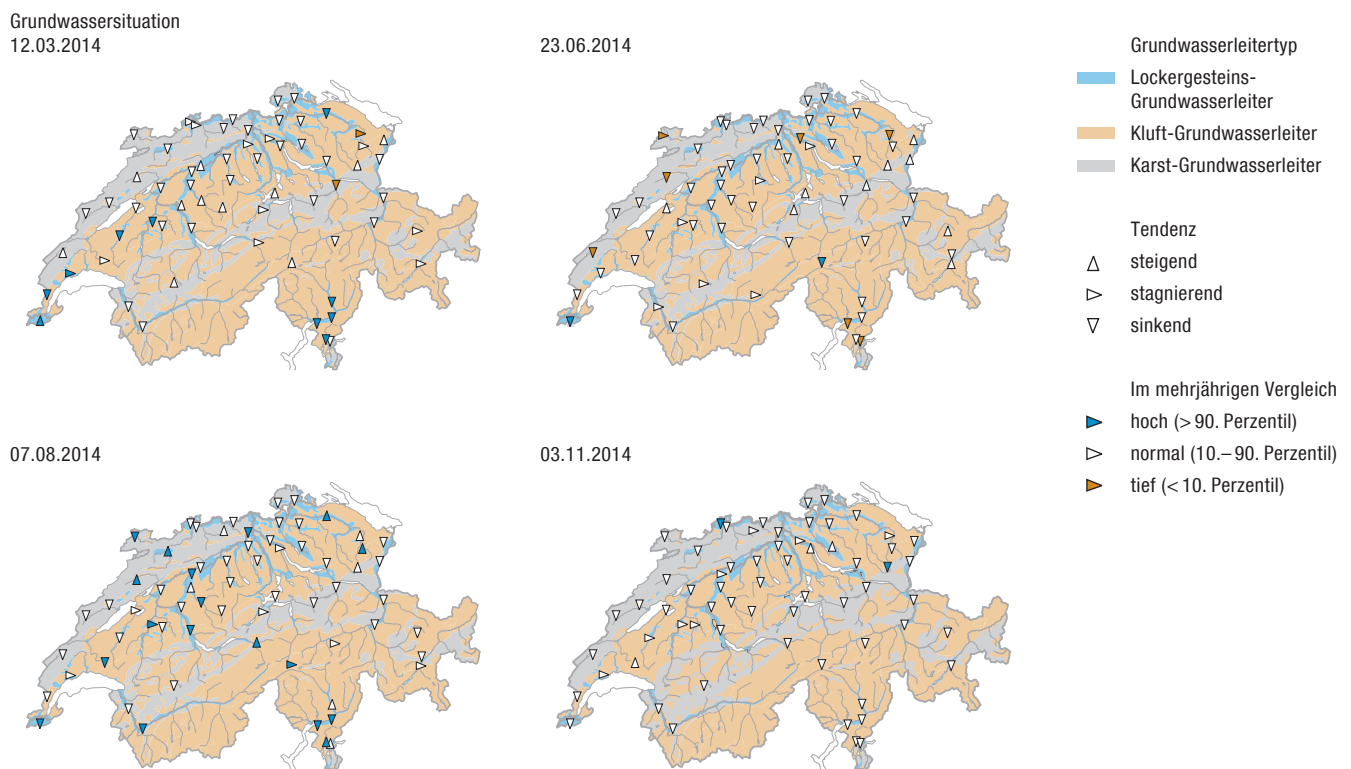


Abb. 5.1 Grundwasserstände und Quellschüttungen sowie deren Trend an vier Stichtagen im Jahr 2014 und im Vergleich zur Messperiode 1994–2013.

Infolge der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen in den drei Frühlingsmonaten sanken die Grundwasserstände und Quellschüttungen landesweit ab. Im Juni lagen die Grundwasserstände in den Talschotterebenen im Mittelland weiterhin im Normalbereich, lokal waren sie sogar tief. In Karst-Grundwasserleitern im Jura waren infolge der unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen der Vormonate die Quellschüttungen teilweise niedrig. Im Tessin wurden im Juni normale bis tiefe Grundwasserstände beobachtet (Abb. 5.1, Grundwassersituation am 23.06.2014).

Anhaltende Starkniederschläge im Juli führten verbreitet zu hohen Grundwasserständen und Quellschüttungen. Die Starkniederschläge liessen die Pegel der Flüsse im Einzugsgebiet der Aare ansteigen, was zu einer verstärkten Flusswasserinfiltration führte. Es kam entlang von Aare und Emme zu einem raschen Anstieg der Grundwasserstände. Die niedrigen Quellschüttungen von Ende Juni normalisierten sich infolge der überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen rasch (Abb. 5.1, Grundwassersituation am 07.08.2014).

Die hohen Grundwasserstände und Quellschüttungen von Anfang August normalisierten sich aufgrund der unterschiedlichen Niederschlagsmengen von September und Oktober. So lagen Anfang November die Grundwasserstände schweizweit im Normalbereich (Abb. 5.1, Grundwassersituation am 03.11.2014).

Die Starkniederschläge vom November im Tessin liessen die Grundwasserstände und Quellschüttungen aussergewöhnlich stark ansteigen. In der Folge kam es an den QUANT-Messstellen im Tessin zu neuen Grundwasserhöchstständen für den Monat November. An der Messstelle Lamone wurde am 17.11.2014 mit 307,71 m ü. M. sogar ein neuer absoluter Höchststand (Bezugsperiode 1981–2014) erreicht.

5.2 Grundwasserqualität

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

Zustand und Entwicklung der Grundwasserqualität werden im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA landesweit repräsentativ an 550 Messstellen erfasst. Neben der Früherkennung problematischer Substanzen und unerwünschter Entwicklungen steht dabei die Kontrolle der Wirksamkeit von Massnahmen zum Schutz des Grundwassers im Vordergrund. Analysen zur Grundwasserqualität fokussieren daher auf statistisch signifikante längerfristige Veränderungen und nicht auf saisonale Schwankungen. Diese Analysen werden daher nicht im Rahmen des Hydrologischen Jahrbuchs publiziert. Weiterführende Informationen und Daten sind im Internet verfügbar (S. 34).

Messstellen der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA (Module TREND und SPEZ)

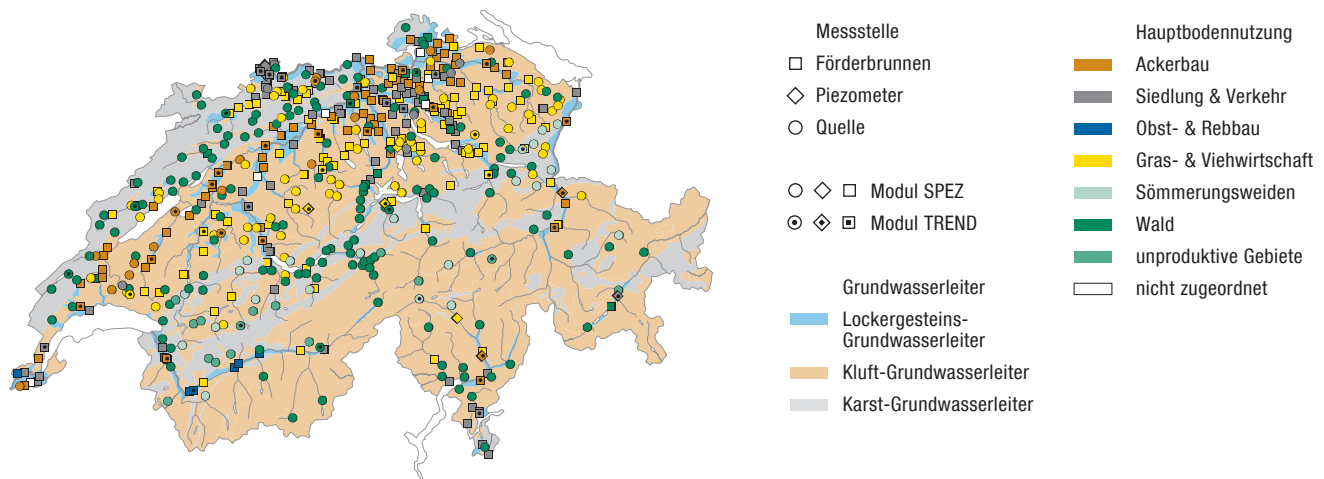


Abb. 5.2 Messstellen der NAQUA-Module TREND und SPEZ zur Beobachtung der Grundwasserqualität mit Hauptbodennutzung im Einzugsgebiet und Grundwasserleitertyp, Stand 2014.

> 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 «erhebliche Gefahr» zur Stufe «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 Wasser-Isotope im Niederschlag und in den Fliessgewässern sowie im Grundwasser.

Normwert

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

Quantil

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

^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 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):
www.bafu.admin.ch/naduf
- > Indikatoren Gewässer:
www.bafu.admin.ch/indikatoren_gewaesser