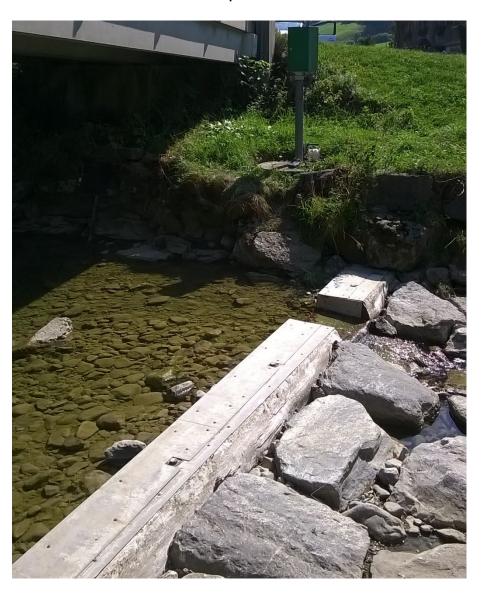


Trockenheit 2018

Auswertung der hydrometrischen Daten im Kanton St.Gallen während der Trockenheitsphase 2018





Impressum

Herausgeber

Amt für Wasser und Energie (AWE) Lämmlisbrunnenstrasse 54 9001 St.Gallen

Autoren

Silja Kempf & Marcel Schirmer (Rhein und Hydrometrie, AWE)

Titelfoto

Ein Liter fliessendes Wasser pro Sekunde in der Niedrigwasserrinne der Messstation 5804 Thur Chlostobel. Das Augustmittel liegt sonst bei 1360 l/s (Periode 1981-2017).

© Rhein und Hydrometrie (2018)

St.Gallen, 18.07.2019





Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	3
2	Acht Monate Trockenheit 2018	4
2.1	Historische Einordnung	5
2.2	Auswirkungen auf die Seewasserstände	8
2.3	Auswirkungen auf die Abflüsse	9
2.4	Auswirkungen auf die Grundwasserstände	14
2.4.1	Übersicht der regionalen Grundwasserstände 2018	14
2.4.2	Vergleich mit 2003	22
2.5	Auswirkungen auf die Wassertemperaturen	24
3	Fazit	26
4	Literaturverzeichnis	27
5	Anhang	27
Exkur	rs 1: Ausgangslage im Frühling 2018	29
Exkur	s 2: Entwicklung ab Dezember 2018	31

1 Ausgangssituation

Das Jahr 2018 war in der Ostschweiz von April bis Ende November das niederschlagärmste seit Messbeginn 1864. Es fehlte der Regen von mehr als drei normalen Sommermonaten. Dies war auch im Wasserkreislauf gut zu erkennen. In diesem Dokument wird der Effekt der Trockenperiode 2018 auf die gefallenen Niederschlagssummen, die Seewasserstände, die Abflüsse, die Grundwasserstände sowie die Wassertemperaturen detailliert analysiert.

Wie kam es zu dieser ausserordentlichen Trockenperiode? Exkurs 1 geht auf die Ausgangslage im Winter und Frühling 2018 genauer ein (vgl. Exkurs 1 im Anhang).



2 Acht Monate Trockenheit 2018

Das Jahr 2018 war in der Schweiz das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnung 1864. Eine aussergewöhnliche Trockenheit bestimmte das Wettergeschehen von April bis November. Die Trockenheit ist vergleichbar mit der von 2003. Im Jahr 2003 lagen zwar die Lufttemperaturen zum Teil höher als 2018, dafür endete die Trockenheit damals Anfang Herbst. Das Jahr 2018 war in der Ostschweiz von April bis Ende November das niederschlagärmste seit Messbeginn 1864. Es fehlte der Regen von mehr als drei normalen Sommermonaten. An einzelnen Grundwasserstationen wurde ein neues Minimum erreicht. An einzelnen Oberflächengewässern wurden neue Wassertemperaturrekorde registriert. Zahlreiche kleine Gewässer sind trockengefallen und mussten abgefischt werden.

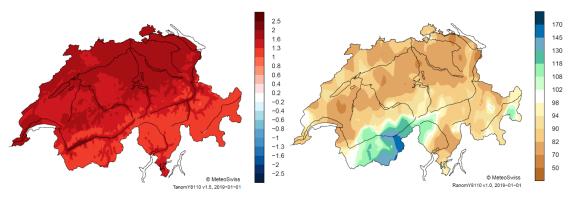


Abbildung 1: Durchschnittliche Abweichung der Temperaturen (links) und durchschnittliche Abweichung der Niederschläge (rechts) der Schweiz im Jahr 2018 gegenüber der Norm (1981-2010) Quelle: Meteo Schweiz (MCH), 2019.

Nach einem schneereichen Winter 2017/2018 kam der Frühling schnell. Geprägt war er von unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen und überdurchschnittlichen Lufttemperaturen. Landesweit wurde der viertwärmste Frühling seit Messbeginn registriert. Auch der darauffolgende Sommer war zu trocken und zu warm. In der ersten Juliwoche fiel teilweise etwas Niederschlag, sodass die fallenden Wasserstände kurzzeitig gehalten werden konnten. Registriert wurde der landesweit drittwärmste Sommer seit Messbeginn.

Der Fachstab Trockenheit im AWE publizierte ab dem 02. Juli 2018 wöchentlich ein Bulletin zur Trockenheit, wobei die Gefahrenstufen schrittweise erhöht wurden. Am 27. Juli wurde die Wasserentnahme aus kleinen Gewässern per Allgemeinverfügung verboten. Wasserentnahmen mit Bewilligung oder Konzession wurde an diesen Gewässern ebenfalls untersagt. Am 30. Juli erliess der kantonale Führungsstab ein absolutes Feuer- und Feuerwerksverbot im ganzen Kanton. Zeitgleich warnte MeteoSchweiz vor einer zehntägigen Hitzewelle. Ende des Monats erreichten endlich kühlere Luftmassen mit Niederschlag die Ostschweiz. Das Feuer- und Feuerwerksverbot wurde am 04. September wieder aufgehoben, die Allgemeinverfügung am 10. September. Einzelne kleine Bäche führten Anfang September immer noch sehr wenig Wasser. Das niederschlagsarme und warme Wetter war auch für die Herbstmonate bestimmend. Erst die überdurchschnittlichen Winterniederschläge im Dezember 2018 setzten der Trockenperiode endgültig ein Ende.



2.1 Historische Einordnung

Im Jahr 2003 war das Niederschlagsdefizit in der gesamten Schweiz über das gesamte Jahr betrachtet gross (vgl. Abbildung 2). Die Jahresmitteltemperatur lag leicht über der Norm. Im Jahr 2003 lagen zwar die absoluten Lufttemperaturen zum Teil höher als 2018, dafür endete die Trockenheit damals Anfang Herbst. Vor allem die Monate Juni und August waren 2003 sehr heiss.

Im Jahr 2015 war die Jahresniederschlagssumme leicht unterdurchschnittlich. Die Jahresmitteltemperatur lag in der gesamten Schweiz über der Norm. Im Sommer wechselten die Niederschlagsverhältnisse ohne eine prägnante Trockenperiode definieren zu können. Vor allem der Dezember war 2015 sehr warm und trocken, wodurch die Wasserbilanz unterdurchschnittliche Werte angenommen hat.

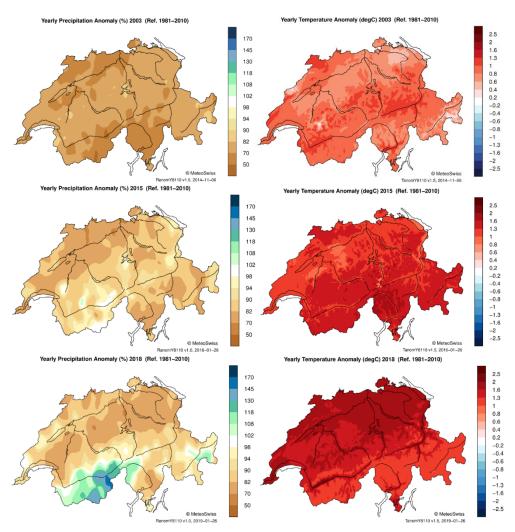


Abbildung 2: Abweichung der Jahresniederschläge (links) und Durchschnittstemperaturen (rechts) des Sommers 2003 (oben), 2015 (Mitte) und 2018 (unten) im Vergleich zur Referenzperiode 1981-2010. Quelle: Meteo Schweiz (MCH), 2019.



2018 gab es im Norden weniger Niederschlag als üblich mit der wärmsten Jahresmitteltemperatur seit Messbeginn 1864. Das Jahr 2018 war im Kanton St.Gallen dahingehend anders als 2003 und 2015, weil die Trockenheit von April bis November kontinuierlich anhielt und jeder Monat zu warm und trocken war. Für die Vegetation und die Wasserlebewesen wie auch für die Landwirtschaft und die Wasserversorgungen gab es kaum Verschnaufpausen. Die gefallenen Sommerniederschläge konnten zum Teil kaum durch den ausgetrockneten Boden aufgenommen werden und flossen nach Gewitterereignissen direkt oberflächlich ab. Erst die langanhaltenden Niederschläge Anfang Dezember beendeten die Trockenheit nachhaltig.

Wie in den Abbildungen 3 bis 8 erkennbar ist, kommt die Trockenperiode 2018 von den Niederschlagssummen auf ähnliche Werte wie 2013. Lokale Unterschiede sind sichtbar.

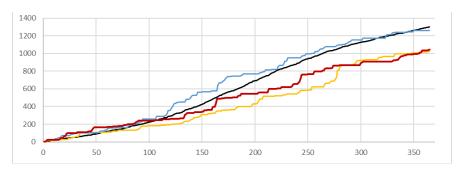


Abbildung 3: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 1180 Eggersriet gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

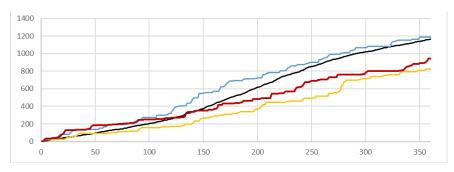


Abbildung 4: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 2180 Widnau gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



Abbildung 5: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 3380 Wartau gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



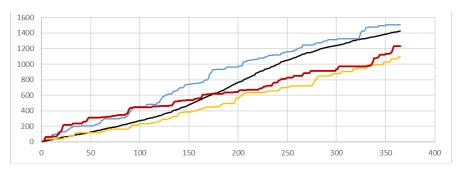


Abbildung 6: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 4380 Weesen gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

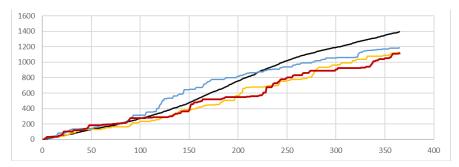


Abbildung 7: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 5380 Jona gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

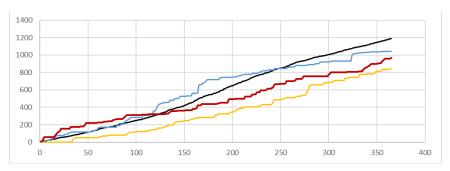


Abbildung 8: Summenkurve der Jahresniederschläge für die Station 8180 Wil gemittelt über den Messzeitraum (schwarz) und die Jahresverläufe 2003 (gelb), 2015 (blau) und 2018 (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



2.2 Auswirkungen auf die Seewasserstände

Trotz überdurchschnittlichen Winterniederschlägen 2017/2018 mit neuem saisonalen Maximum der Seewasserstände Ende Januar im Bodensee und im Walensee, wurden in der Schneeschmelz-Phase ab Mitte April zwar deutlich steigende Seewasserstände gemessen, aber keine Maximalwerte (siehe Abbildungen 9 und 10). Ab Juni lagen die Wasserstände am Bodensee und Walensee immer unter dem saisonalen Mittel. Sie fielen den gesamten Juli hindurch, wobei am Walensee bereits Ende Juni das saisonale Minimum erreicht wurde. Der Bodensee hielt sich ab Ende Juli meist 10 cm über dem saisonalen Minimum. Erst Ende Dezember erholten sich die Seewasserstände auf ein mittleres Niveau.

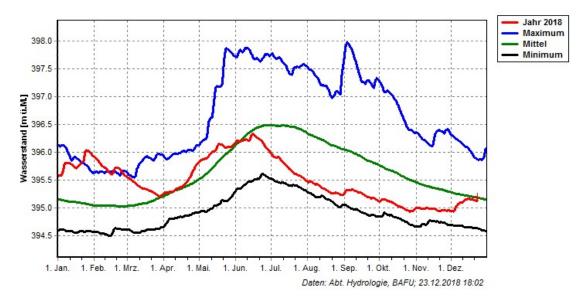


Abbildung 9: Wasserstand des Bodensees am Pegel LH2032 Romanshorn für das Jahr 2018 (rote Linie) im Vergleich zum langjährigen saisonalen Mittel (grüne Linie). Die saisonalen Tiefststände sind schwarz und die saisonalen Höchststände blau dargestellt. Datengrundlage sind die Tageswerte von 1881 bis 2017.

Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Hydrologie, 28.12.2018.

Eine Hypothese, warum sich der Bodenseepegel trotz der geringen Sommerniederschläge über dem langjährigen saisonalen Minimum halten konnte, könnte das Schweizer Laichkraut (Potamogeton helevticus) sein. Die eigentlich seltene und auf gute Wasserqualität angewiesene Wasserpflanze führte zum Aufstau des Obersees, da sie sich am Untersee bei Konstanz wieder angesiedelt hatte. Dadurch wurde der Abfluss gebremst und es floss weniger Wasser in den Seerhein. Deshalb fiel der Wasserstand im Obersee weniger schnell ab. Die Wasserstände im Untersee und der Abfluss in den Rhein waren dagegen unterdurchschnittlich [4].



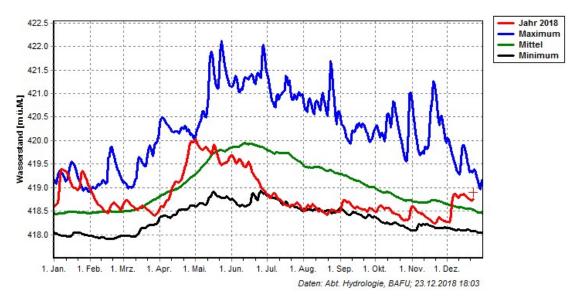


Abbildung 10: Wasserstand des Walensees am Pegel LH2118 Murg für das Jahr 2018 (rote Linie) im Vergleich zum langjährigen saisonalen Mittel (grüne Linie). Die saisonalen Tiefststände sind schwarz und die saisonalen Höchststände blau dargestellt. Datengrundlage sind die Tageswerte von 1930 bis 2017. Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Hydrologie, 28.12.2019.

2.3 Auswirkungen auf die Abflüsse

Ab Mitte Mai sanken die Abflussmengen an den hydrometrischen Messstationen im Kanton St. Gallen und erreichten bald Niedrigwasser. Aus diesem Grund wurden die Abflussmengen systematisch nach Region analysiert und mit Niedrigwasserkennwerten verglichen. Verwendet wurde dazu die in der Schweiz weit verbreitete Niedrigwasserabflussmenge Q_{347} . Diese entspricht dabei der Wassermenge, die an 347 Tagen im Jahr (95 %) erreicht oder überschritten wird. Die Abflussmenge Q_{347} wird dementsprechend in nur 5 % der Fälle unterschritten [3].

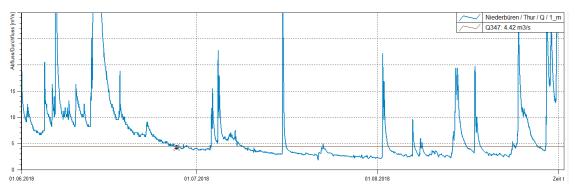


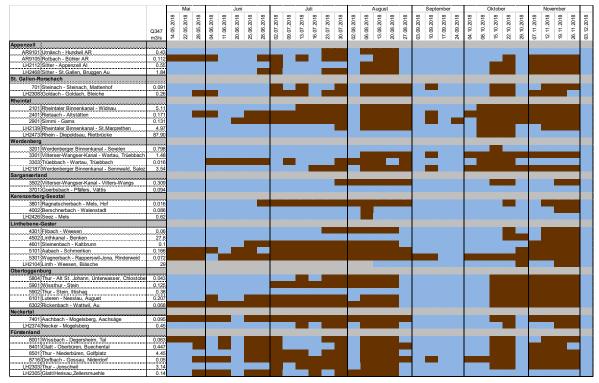
Abbildung 11: Abflussmengen an der Thur in Niederbüren (blau) sowie eingezeichneter Niedrigwasserkennwert Q₃₄₇ von 4.42 m³/s (braun) Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

An der Abflusskurve der Thur in Niederbüren in Abbildung 11 ist zu erkennen, dass sogar bei einem Einzugsgebiet von 700 km² der Abfluss ab dem 27. Juni 2018 unterhalb des Q₃₄₇-Wertes fiel und lange darunterblieb.



Die Trockenheit hat sich nicht überall gleich schnell ausgebreitet (Tabelle 1). Einerseits sind die Fliessgewässer im Flachland schneller auf ein tiefes Niveau gesunken als die der Bergregionen. Andererseits haben die kleinen Bäche durch kleinere Einzugsgebiete früher Niedrigwasserabflüsse erreicht als die grossen Flüsse und Binnenkanäle. Auch eine wichtige Rolle spielt die Speisung des Fliessgewässers durch das Grundwasser. Gewässer mit Grundwasserinfiltration weisen markant höhere Abflüsse in Trockenzeiten auf.

Tabelle 1: Die Abflussmenge Q₃₄₇ (m³/s) im Kanton St.Gallen aufgeteilt nach Region und hydrometrischer Messstation. Eine Unterschreitung des Q₃₄₇ zum angegebenen Datum ist braun dargestellt, eine Überschreitung entsprechend blau. Im Anhang ist die Tabelle in vergrösserter Darstellung zu finden.



Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Den Einfluss der Schneeschmelze auf die Abflussmengen sieht man gut in Tabelle 2. Je höher die mittlere Einzugsgebietshöhe der Station liegt, desto später wurde die Niedrigwasserschwelle Q₃₄₇ unterschritten. Dieser Unterschied machte zwei Monate aus (Anfang Mai bis Anfang Juli).



Tabelle 2: Mittlere Einzugsgebietshöhe ausgewählter Messstationen und Datum der Unterschreitung der Abflussmenge Q₃₄₇.

Stations- nummer	Name	Mittl. Einzugs- gebietshöhe [m ü.M.]	Q ₃₄₇ (Tagesmittel) unterschritten am
HO5101	Aabach - Schmerikon	803	02.05.2018
HO8001	Wissbach – Degersheim	860	02.05.2018
HOAR9105	Rotbach – Bühler	900	21.04.2018
HO6302	Rickenbach – Wattwil	905	22.04.2018
HO4601	Steinenbach – Kaltbrunn	1112	25.06.2018
HO5901	Wissthur – Stein	1259	01.07.2018
HO5804	Thur – Chlostobel	1469	11.07.2018

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Wie in Abbildung 12 zu sehen ist, unterschritten Anfang Mai rund 15% der Messstationen die Abflussmenge Q_{347} , Anfang Juni kurzzeitig bereits über 20 %. Anfang Juli unterschritten bereits 50 % der Messstationen die Abflussmenge Q_{347} .

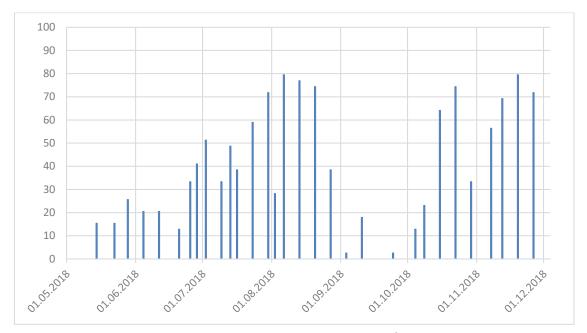


Abbildung 12: Prozentuale Unterschreitung der Abflussmenge Q₃₄₇ (m³/s) an 39 Messstationen im Kanton St. Gallen dargestellt für die Monate Mai - November 2018.

Insbesondere im August war das Abflussdefizit gross, da die Verdunstung bei hohen Lufttemperaturen überwiegte. Zusätzlich war der Wasserbedarf für die Landwirtschaft, Wasserversorgungen und private Nutzungen sehr hoch. Die Hitzewelle Anfang August führte dazu, dass 80 % der hydrometrischen Messstationen im Kanton St.Gallen Niedrigwasser führten. Nur noch die stark grundwasserbeeinflussten Fliessgewässer, Binnenkanäle und der Alpenrhein konnten sich leicht über dem Niveau der Abflussmenge Q₃₄₇ halten.



Die Durchflussmenge an der Messstation 8501 Thur Niederbüren fiel am Morgen des 01. August 2018 auf 1.8 m³/s (vgl. Abbildung 13 links unten). Normalerweise fliessen im August im langjährigen Mittel 24 m³/s über die Messschwelle (Periode 1990-2017). Sowohl an der Thur als auch an der Steinach konnte am 01. August ein starkes Algenwachstum beobachtet werden (vgl. Abbildung 13 links oben). Ein Gewitter über St.Gallen mit einer Niederschlagssumme von 56 mm innerhalb von 30 Minuten bzw. ein Tagesniederschlag von 82.4 mm führte noch am selben Tag zu einem kurzen und heftigen Hochwasser in der Steinach. Der Abfluss erreichte mit ca. 73 m³/s ein neues Maximum seit Messbeginn 1961. Dadurch wurde der komplette Algenbewuchs ausgespült. Ein weiteres Problem für die Wasserstandsmessung bei Niedrigwasser stellen Kiesablagerungen dar (vgl. Abbildung 13 rechts unten). Diese werden nur durch Mittel- bis Hochwasserereignisse regelmässig abgetragen.

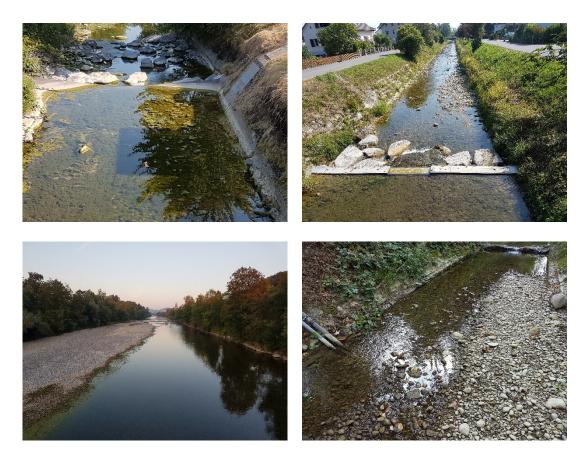


Abbildung 13: Pegelbeobachtungen an den Messstationen 0701 Steinach – Steinach, 1501 Freibach – Rheineck,8722 Chellenbach – Gossau und 8501 Thur – Niederbüren am 01. August 2018 (im Uhrzeigersinn von links oben).

Quelle: Rheinunternehmen (AWE), Josef Sieber, 2018.



Um trotz Niedrigwasserproblemen zuverlässige Abflusswerte während der Trockenheit 2018 bereitzustellen, wurden im Sommer viele Referenzmessungen im Niedrigwasser durchgeführt (80 Abflussmessungen Hydrometrie (AWE), 50 Abflussmessungen externe Büros). Teilweise wurden neue Kleinstmengen mit nur wenigen Sekundenlitern durchgeführt (vgl. Abbildung 14). Trotz der schwierigen Messbedingungen des Wasserstandes durch Kiesbänke und trocken gefallenen Bächen, konnten die Abflussmengen jeweils zuverlässig bestimmt werden. Die Ausstattung der hydrometrischen Messstationen mit Niedrigwasserrinnen hat sich bewährt (vgl. Abbildung 13 rechts oben).







Abbildung 14: Niedrigwassermessungen an den Messstationen 3303 Trüebbach – Wartau, 3801 Ragnatscherbach – Mels und 5804 Thur - Chlostobel (von links nach rechts). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2018.

Anfang September gab es genügend Niederschläge, so dass die Abflüsse an allen Messstationen stiegen. Eine lang anhaltende Südstaulage im Oktober brachte jedoch über drei Wochen keinen oder kaum Niederschlag (Niederschlagsmengen 30 bis 60 % der Norm) und verstärkte die Niedrigwassersituation erneut. Auch der November brachte keinen Niederschlag, er war z.B. in Altstätten gar der trockenste November seit 1864 (12 % Niederschlag von der Norm). Auch in St.Gallen konnten im November nur 20 % der sonst üblichen Niederschläge registriert werden. Deshalb fielen nach diesen zwei trockenen Monaten die Durchflüsse von 80 % der hydrometrischen Messstationen unter die Abflussmenge Q₃₄₇. Anfang Dezember wurde die achtmonatige Trockenperiode durch überdurchschnittliche Niederschläge beendet.



2.4 Auswirkungen auf die Grundwasserstände

Von den 45 Basismessstationen (Kanton + Private) haben 10 Messstationen im Laufe des Jahres 2018 ein neues Minimum aufgezeichnet (22 %). In Ebnat-Kappel wurde das Minimum erneut getroffen (siehe Tabelle 1). Vor allem in der Region Linthgebiet wurden an 7 von 10 Messstationen neue Tiefstwerte gemessen, wovon zwei über 40 cm unter dem bisherigen Minimum lagen.

Tabelle 3: Grundwasserstationen im Kanton St. Gallen, die im Jahr 2018 ein neues Minimum erreichten.

Stations- nummer	Gemeinde	Minimum [m ü.M.]	Datum zum Minimum	Differenz zu bisherigem Min. [m]	Länge d. Messreihe [Jahre]
HG1951	Balgach	403.99	23.08.2018 12:15	-0.11	14
HG3951	Flums	436.55	02.12.2018 08:00	-0.06	19
HG4051	Walenstadt	431.83	02.12.2018 05:35	-0.14	20
HG4052	Walenstadt	429.47	27.11.2018 10:51	-0.02	11
HG4453	Schänis	414.29	27.08.2018 06:38	-0.01	30
HG4651	Kaltbrunn	418.89	24.08.2018 01:15	-0.48	30
HG5153	Schmerikon	407.35	08.08.2018 05:30	-0.45	15 (3)
HG5351	Rapperswil-Jona	438.32	27.10.2018 11:00	-0.12	23
HG6251	Ebnat-Kappel	621.73	30.11.2018 10:00	0	12
HG8152	Wil (SG)	515.98	02.12.2018 08:04	-0.02	12
HG8755	Gossau	636.95	26.11.2018 16:15	-0.2	33

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

An 13 weiteren Messstationen war das Minimum 2018 höchstens 20 cm über dem bisherigen Minimum (29 %). Somit waren gesamthaft über die Hälfte unserer kantonalen Stationen in den untersten 10 % des gemessenen Grundwasser-Schwankungs-Spektrum anzutreffen.

2.4.1 Übersicht der regionalen Grundwasserstände 2018

Im **Linthgebiet** sind die Grundwasserstände am stärksten gesunken (vgl. Abbildungen 15 und 16). Standen sie Anfang des Jahres noch hoch, fielen sie kontinuierlich von Anfang April bis Anfang September ab. Auf die kurze Erholung im September und Oktober kam der trockene November und erneut fielen die Grundwasserpegel. Den Minimalstand verzeichneten die Stationen Ende August.



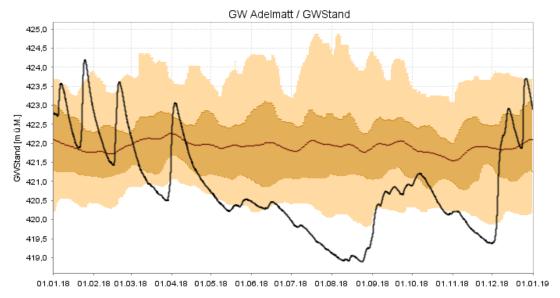


Abbildung 15: Jahresgrafik der Messstation 4651 - Kaltbrunn, GW Adelmatt der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

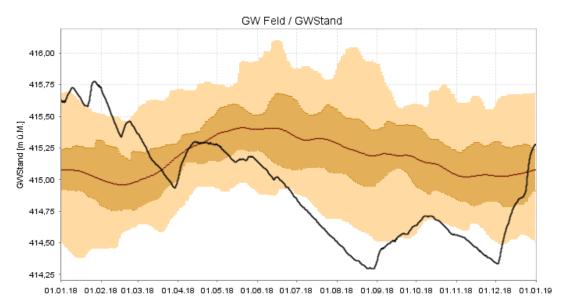


Abbildung 16: Jahresgrafik der Messstation 4453 - Schänis, GW Feld der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



Im **Seeztal** in Flums fiel der Grundwasserstand langsamer und erreichte das Minimum erst Ende November (vgl. Abbildung 17).

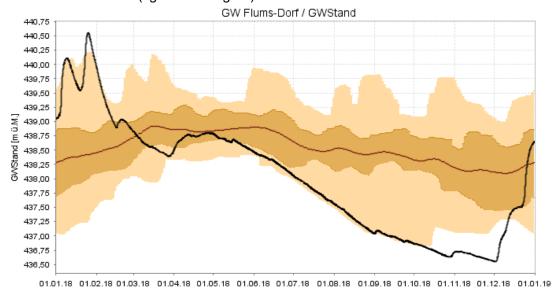


Abbildung 17: Jahresgrafik der Messstation 3951 - Flums, GW Flums-Dorf der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Die Grundwasserstände im **Sarganserland** sind stark mit dem Rhein verknüpft. Deshalb waren die Grundwasserpegel während der Schneeschmelze Ende des Frühlings noch hoch und sanken erst ab Mitte Juni. Dann fielen die Grundwasserpegel kontinuierlich bis Anfang November. Zu sehen ist dies deutlich in den Abbildungen 18 bis 20.

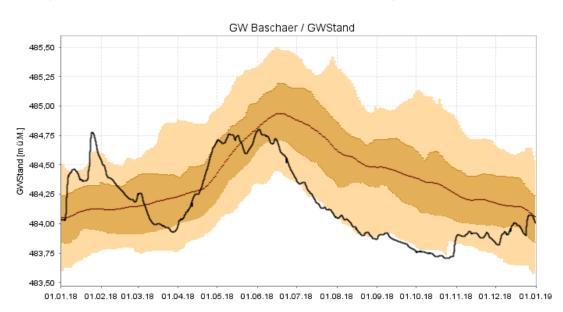


Abbildung 18: Jahresgrafik der Messstation 3553 - Vilters-Wangs, GW Baschär der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



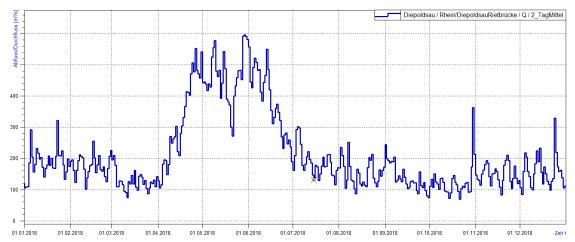


Abbildung 19: Jahresgrafik der Abflüsse am Rhein an der Messstelle LH2473 des BAFU in Diepoldsau. Dargestellt sind die provisorischen Tagesmittelwerte des Abflusses 2018 (blau). Quelle: Rohdaten: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Hydrologie, 2018. Darstellung: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

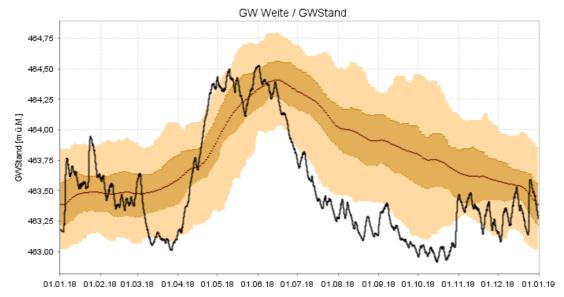


Abbildung 20: Jahresgrafik der Messstation 3352 - Wartau, GW Weite, Neumüli der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



Im **Werdenberg und Rheintal** sind die Effekte des Rheins noch zu erahnen, die natürlichen Schwankungen aber höher. Auch diese Stationen wiesen hohe Grundwasserpegel zur Schneeschmelz-Saison auf und fielen dann ab Mitte Juni kontinuierlich ab, sodass der Minimalstand Anfang September erreicht wurde. In den folgenden drei Monaten wurde der Minimalstand zwischen kurzzeitigen Anstiegen immer wieder registriert (vgl. Abbildungen 21 und 22). Je weiter die Stationen weg vom Rhein sind und je näher sie am Hang liegen, desto schwächer wird das Signal des Rheins.

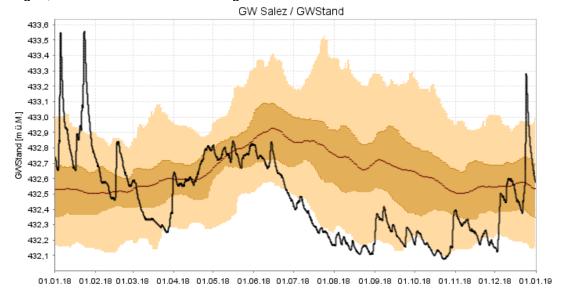


Abbildung 21: Jahresgrafik der Messstation 2851 - Sennwald, GW Salez, Bifang der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

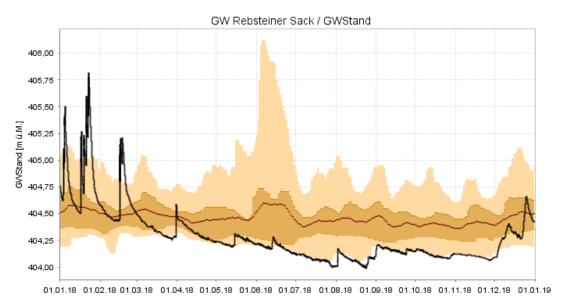
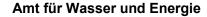


Abbildung 22: Jahresgrafik der Messstation 1951 - Balgach, GW Rebsteiner Sack der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.





Das **Toggenburg** in Ebnat-Kappel wies einen ähnlichen Grundwasserverlauf auf wie das Linthgebiet (vgl. Abbildung 23). Das Minimum der Grundwasserstände wurde im Toggenburg manchmal erst Ende November erreicht. Zum Teil auch schon früher, d.h. Anfang September.

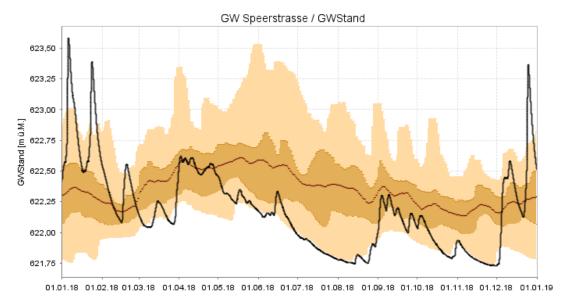


Abbildung 23: Jahresgrafik der Messstation 6251 - Ebnat-Kappel, GW Speerstrasse der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



Das **Neckertal** ist durch Grundwasserbezüge für die Trinkwasserversorgung beeinflusst. Deshalb fiel der Grundwasserstand von Anfang April bis Anfang September auch sehr stark ab (vgl. Abbildung 24), ebenfalls erneut von Anfang November bis Anfang Dezember.

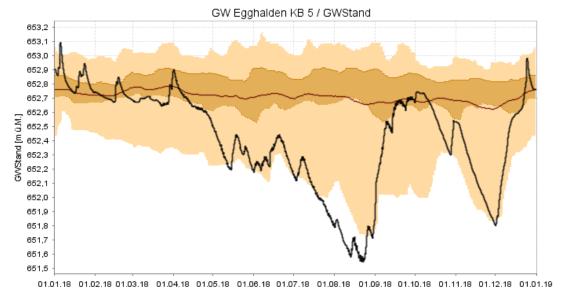


Abbildung 24: Jahresgrafik der Messstation 7452 - Mogelsberg, GW Egghalden KB5 der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Die Messstelle Rifenau-Stocken im **Fürstenland** ist durch ein Pumpwerk beeinflusst. Trotzdem war der Einfluss der Trockenheit mit sinkenden Grundwasserständen ab April bis Mitte August gut sichtbar. Danach verharrten sie auf tiefem Niveau bis in den Dezember hinein (vgl. Abbildung 25). Ein ähnliches Signal, jedoch mit einem neuen Minimumpegel Ende November, zeigte sich in an der Messstelle Hirschberg in Gossau (vgl. Abbildung 26).



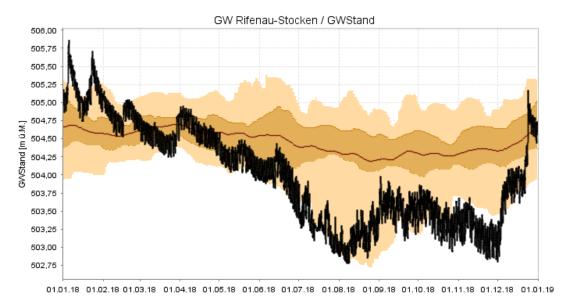


Abbildung 25: Jahresgrafik der Messstation 7851- Uzwil, GW Rifenau-Stocken der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

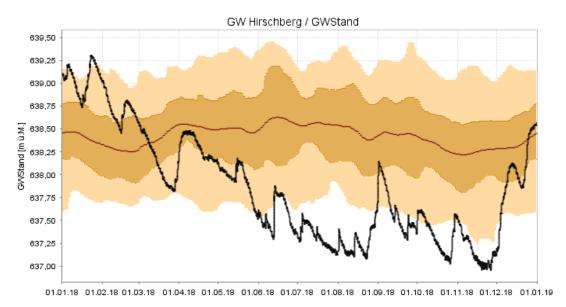


Abbildung 26: Jahresgrafik der Messstation 8755 - Gossau, GW Hirschberg, Migros, BZ II der Grundwasserstände 2018 (schwarz) verglichen mit langjährigen Grundwasserbereichen der Tagesmittel (05-25% und 75-95% in Beige, 25%-75% in ocker). Als braune Linie eingezeichnet ist das langjährige saisonale Mittel.

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



2.4.2 Vergleich mit 2003

Für drei Messstationen in genutzten Grundwasserleitern werden zudem noch die mittleren monatlichen Grundwasserstände seit 2000 betrachtet. Auf diese Weise kann die Auswirkung der Trockenheit 2018 mit jener von 2003 verglichen werden.

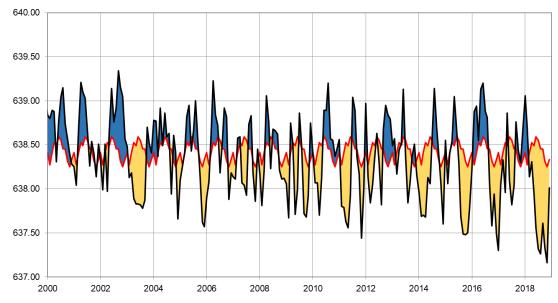


Abbildung 27: Mittlere monatliche Grundwasserstände der Messstation 8755 - Gossau, GW Hirschberg, Migros, BZ II im langjährigen Vergleich 1984-2018 (Jahr 1997 fehlt). Rote Linie = mittlerer Jahresgang, Schwarze Linie = gemessener Jahresgang, Blau = Überschuss, Gelb = Defizit.

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

In den Abbildungen 27, 28 und 29 sind die mittleren monatlichen Grundwasserstände verglichen mit den gemessenen Grundwasserständen zu sehen. Dabei stechen zwei Bereiche in Gelb (= Defizit) hervor: 2003 und 2018. Die grösste defizitäre Fläche ist eindeutig jene von 2018. Auch der Grundwasserstand in Gossau, GW Hirschberg ist 2018 tiefer gesunken als in den 18 Jahren zuvor (vgl. Abbildung 27).

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in Kaltbrunn, GW Adelmatt (vgl. Abbildung 28). Es gab einige kleinere Defizite in den letzten Jahren (2003, 2005, 2015, 2016), jedoch überragt das Defizit 2018 alle vorhergegangen Jahre.

In Mogelsberg, GW Egghalden war der Abfall des Grundwasserstandes während und nach der Trockenheit 2003 stärker als 2018. Der minimale Grundwasserstand von 2003 wurde 2018 nicht erreicht. Die gelben Flächen betrachtend ist das Defizit 2018 aber vergleichbar mit jenem von 2003 (vgl. Abbildung 29).



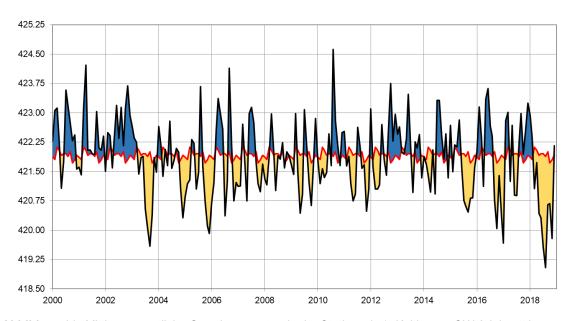


Abbildung 28: Mittlere monatliche Grundwasserstände der Station 4651 -Kaltbrunn, GW Adelmatt im langjährigen Vergleich 1988-2018. Rote Linie = mittlerer Jahresgang, Schwarze Linie = gemessener Jahresgang, Blau = Überschuss, Gelb = Defizit.

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

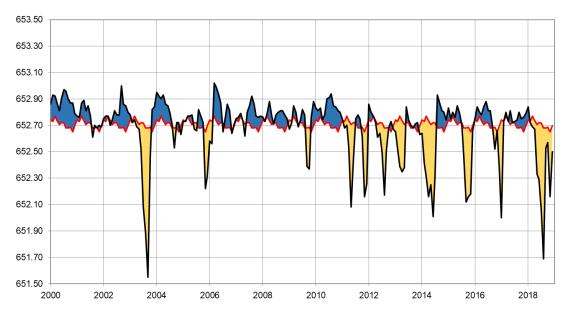


Abbildung 29: Mittlere monatliche Grundwasserstände der Station 7452 -Mogelsberg, Egghalden KB5 im langjährigen Vergleich 1994-2018. Rote Linie = mittlerer Jahresgang, Schwarze Linie = gemessener Jahresgang, Blau = Überschuss, Gelb = Defizit.

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



2.5 Auswirkungen auf die Wassertemperaturen

Die Wassertemperaturen stiegen im Sommer 2018 auf hohe Werte (vgl. Tabelle 4). Durch die geringen Niederschläge und kleinen Abflussmengen wurden neue Temperaturrekorde gemessen. Die Messreihen mit den längsten Perioden werden im Folgendem etwas genauer betrachtet. Dies sind die Messstationen 8501 - Thur, Niederbüren, 3701 - Görbsbach, Vättis, 8722 - Chellenbach, Gossau, 0701 - Steinach, Steinach, 0201 - Sitter Wittenbach und 2401 - Rietaach, Altstätten. Bei den Messstellen 3701 Görbsbach, 2401 Rietaach und 0701 Steinach wurde die Temperatur in der Vergangenheit im Schacht gemessen.

Tabelle 4: Hydrometrische Messstationen im Kanton St. Gallen, die im Jahr 2018 ein neues Temperaturmavimum erreichten

turmaximum erreichten.						
5	Stations-	Messdauer	Max. TgM*	Max. TgM*	Max. Periode	Max. 2018
r	nummer	[Jahre]	Periode [°C]	2018 [°C]	[°C]	[°C]
ŀ	HO8501	29	24.7	25.8	28.4	29.1
ŀ	HO3701	16	11.6	9.6	16.8	13.3
ŀ	HO8722	15	21.2	19.2	24.1	21.3
H	HO0701	15	22.7	22.1	26.2	23.4
ŀ	HO0201	13	25.1	24.8	28.5	29.1
H	HO2401	13	24.8	25.7	30.7	32.5

^{*} Tagesmittel (TgM)

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Zwei Gewässer mit neuen Maxima werden in der Abbildung 30 etwas genauer betrachtet: 8501 und 2401. An der Thur wurden im Oberlauf (Stein, Iltishag) zu keiner Zeit Wassertemperaturen von über 20°C gemessen. Weiter unten in Niederbüren hingegen schon. Hier wurde 20°C als Tagesmittel an 53 Tagen überschritten, wovon 5 sogar ein Tagesmittel von 25°C verzeichneten.

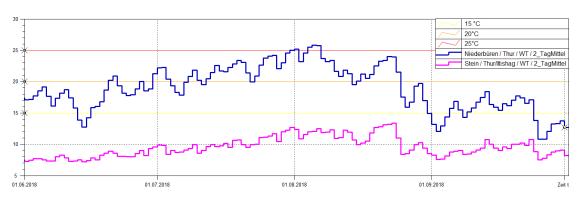


Abbildung 30: Tagesmittel der Wassertemperaturen von Messstationen 5902 - Thur Stein, Iltishag (magenta) und 8501 - Thur Niederbüren (blau) mit eingezeichneten Grenzen 15°C (gelb), 20°C (orange) und 25°C (rot).

Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



Höher stiegen die Wassertemperaturen an der Rietaach. Es wurden bereits Anfang Mai erste Temperaturen über 20°C gemessen (vgl. Abbildung 31). Gesamthaft waren es 88 Tage mit einer Tagesmitteltemperatur von über 20°C, also beinahe drei Monate. Tagesmittel-Wassertemperaturen von über 25°C wurden aber nur an drei Tagen im August überschritten. An 129 Tagen wurde die Spitzentemperatur von 20°C, an 81 Tagen von 25°C und an 14 Tagen von 30°C überschritten.

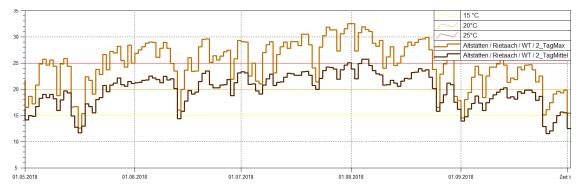


Abbildung 31: Tagesmittel der Wassertemperatur der Messstation 2401 - Rietaach, Altstätten (braun) eingezeichneten Grenzen 15°C (gelb), 20°C (orange) und 25°C (rot). Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.

Die Zeitperiode von Mitte Juli bis Mitte August ist in Abbildung 32 für die Messstation Rietaach in Altstätten zusätzlich hochaufgelöst dargestellt.

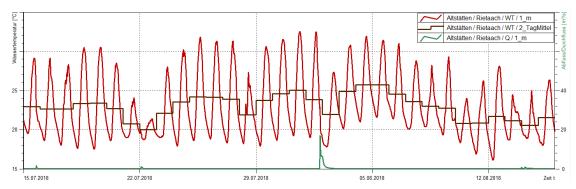


Abbildung 32: Wassertemperaturen der Messstation 2401 - Rietaach, Altstätten als Tagesmittel (braun) und hochaufgelöst als 15-Minutenwerte (rot) mit eingezeichneter Abflusskurve in grün. Quelle: Rhein und Hydrometrie (AWE), 2019.



3 Fazit

Im Kanton St.Gallen kam die Trockenheit 2018 nach dem schneereichem Winter 2017/2018 unerwartet. Es war auch kein lokales Phänomen, denn ganz Nord- und Mittel-Europa war davon betroffen, wohingegen der Süden mehr Niederschlag erhielt als gewöhnlich. Dank den ergiebigen Niederschlägen im Dezember 2018 und Januar 2019 sind die Abflüsse und die Grundwasserstände wieder auf ein normales Niveau gestiegen (vgl. Exkurs 2 im Anhang).

Mit dem Fachstab Trockenheit konnten sich die Fachspezialisten während der Trockenheit 2018 zusammenschliessen und der Bevölkerung und den Medien koordiniert Auskunft geben. Diese Gruppe wird weiterbestehen und sich in Trockenzeiten gemeinsam um Anfragen, Auskünfte (Bulletins) und falls notwendig Verbote kümmern.

Zudem hat sich gezeigt, dass die Abflussmessstationen im Kanton St.Gallen (redundante Messsysteme, Niedrigwasserrinnen) für die Messung von niedrigen Wasserständen gut ausgelegt sind. Die regelmässigen Pegelbeobachtungen (monatlich) und Referenzmessungen der Durchflüsse sind wertvolle zusätzliche Informationen, welche die Qualität des Messnetzes erhöhen. Die Grundwassermessstationen erlauben ebenfalls ein flächendeckendes Monitoring der Grundwasservorkommen während Trockenperioden.

Ein einzelnes Ereignis wird dieser Sommer laut den Klimaprognosen nicht bleiben [5]. Einerseits sind weniger Sommerniederschläge vorhergesagt (-25 % bis +10 %) und mehr Hitzetage (+3 bis +17 Tage mehr sehr heisse Tage), andererseits aber gleichzeitig eine Zunahme der Starkniederschlagsereignisse (+10 %). Das Hochwasser an der Steinach am 01. August 2018 ist ein Beispiel dafür.



4 Literaturverzeichnis

[1] Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft-WSL, Institut für Schnee- und Lawinenforschung-SLF (2019): Winterbericht 2017/2018. Wetter, Schneedecke und Lawinengefahr in den Schweizer Alpen.

URL: https://www.slf.ch/de/lawinenbulletin-und-schneesituation/wochen-und-winterberichte/201718/winterbericht.html (Abruf 29.01.2019).

[2] GIN 5 – Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren.

[3] Aschwanden, H. & Kan C. (1999): Die Abflussmenge Q₃₄₇ - Eine Standortbestimmung. In: Hydrologische Mitteilungen Nr. 27, 1999.

[4] Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee-IGKB (2018): Seespiegel Nr. 48.

URL: https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/dokumente/seespiegel/Seespiegel-Nr-48-Internet.pdf (Abruf 14.02.2019).

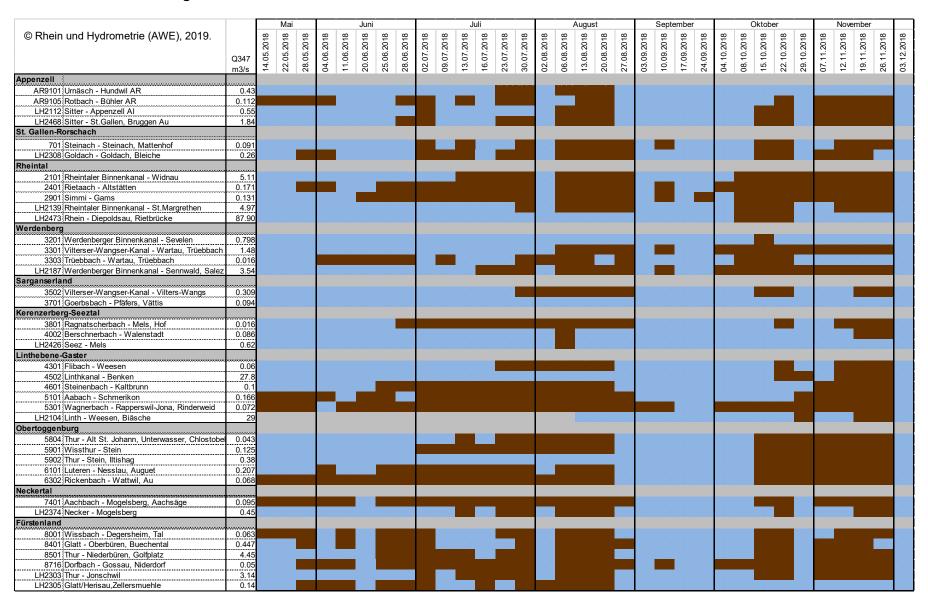
[5] Meteo Schweiz-MCH (2019): Klimaszenarien für die Schweiz. URL: https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Aktuell/doc/Klimabroschuere_DE.pdf (Abruf 20.02.2019).

5 Anhang

Tabelle 4: Die Abflussmenge Q₃₄₇ (m³/s) im Kanton St.Gallen aufgeteilt nach Region und hydrometrischer Messstation. Eine Unterschreitung des Q₃₄₇ zum angegebenen Datum ist braun dargestellt, eine Überschreitung entsprechend blau.

Exkurs 1: Ausgangslage im Frühling 2018

Exkurs 2: Entwicklung ab Dezember 2018





Exkurs 1: Ausgangslage im Frühling 2018

Der Winter 2017/2018 war in den meisten Bergregionen der Schweiz schneereich (vgl. Abbildung 33). Im Flachland fielen die Niederschläge Anfang des Jahres aber grösstenteils als Regen und der wärmste Januar seit Messbeginn 1864 wurde registriert. Die Niederschlagssumme im Januar lag im Kanton St.Gallen 30-100 % über der Norm. Der Bodensee und Walensee stiegen Ende Januar auf ein neues saisonales Maximum. Im Februar und März lag die Schneefallgrenze auf unterdurchschnittlichen Niveau mit Niederschlagssummen innerhalb der Norm. Die Wasserbilanz war bis Ende März relativ ausgeglichen.

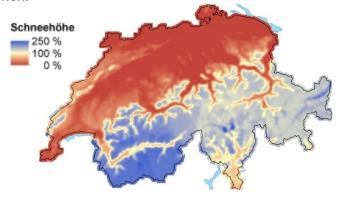


Abbildung 33: Schneehöhen über den ganzen Winter (November bis April) im Vergleich zum langjährigen Mittelwert über den ganzen Winter (1971-2000)

Quelle: WSL-SLF [1], 2019.

Im April führten die warmen Temperaturen schnell zum Abschmelzen der Schneedecke. Die Nullgradgrenze reichte bis in die Hochlagen der Alpen (vgl. Abbildung 34). Die Lufttemperaturen waren dabei so hoch (zweitwärmster April seit 1864), dass ein Grossteil des Schnees direkt verdunstete anstatt zu schmelzen. Dadurch wurden die Böden und das Grundwasser trotz grosser Schneemengen nicht nachhaltig mit Schmelzwasser gefüllt.

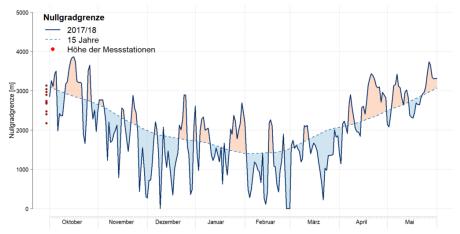


Abbildung 34: Übersicht über den Verlauf der Nullgradgrenze (dunkelblaue Linie) im Winter 2017/2018. Zum Vergleich ist die Nullgradgrenze während der vorhergehenden 15 Jahre gezeigt (hellblaue, gestrichelte Linie, Median). Die rot eingefärbten Flächen illustrieren wärmere Phasen als im Durchschnitt der letzten 15 Jahre und die blauen Flächen dementsprechend kältere Phasen. Quelle: WSL-SLF [1], 2019.



Die Erwartungen, dass die grossen Schneemengen eine Hochwassersituation wie die von 1999 herbeiführen werden, lösten sich sprichwörtlich in Luft auf. Der Winter 2017/2018 war zu mild mit einer zu schnellen Schneeschmelze, sodass die Weichen nicht auf Hochwasser, sondern Niedrigwasser gestellt wurden.

Abbildung 35 zeigt das Schneewasseräquivalent im Einzugsgebiet des Alpenrheins Ende Juni 2018. Das Schneewasseräquivalent ist die in der Schneedecke gebundene Wassermenge. Zu diesem Zeitpunkt war die Schneedecke fast komplett abgeschmolzen und somit der im Schnee gespeicherte Wasservorrat aufgebraucht. Im Hochwasserjahr 1999 waren zu diesem Zeitpunkt noch 100 mm Wasser in der Schneedecke gebunden.

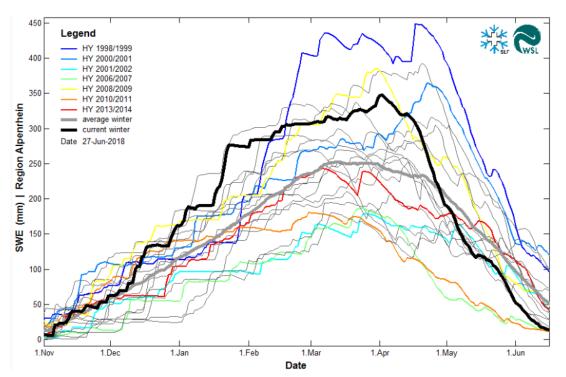


Abbildung 35: Vergleich des Schneewasseräquivalents über das Einzugsgebiet des Alpenrheins in ausgewählten Wintern seit 1998/99. Herausgehoben sind der Winter 2017/2018 (fett schwarz) und der langjährige Durchschnitt (fett grau).

Quelle: WSL-SLF [2], 2019.



Exkurs 2: Entwicklung ab Dezember 2018

Der Dezember war in gewissen Gebieten der niederschlagsreichste Monat im Jahr 2018. Dabei gab es sowohl Neuschnee bis ins Flachland als auch Regen bis in die Berge. In Weesen fielen im Dezember 252.5 mm Niederschlag, was 20 Prozent der gesamten Jahressumme 2018 entspricht. Ab dem 21. Dezember regnete es flächendeckend und zum Teil langanhaltend. Im Toggenburg stieg die Schneefallgrenze immer weiter an und es kam zu einem Regen-auf-Schnee-Ereignis. Am Morgen des 24. Dezembers erreichten die Niederschläge ihren Höhepunkt und führten zu einem Weihnachtshochwasser im Toggenburg und im Einzugsgebiet der Thur. Sowohl die Messstation an der oberen Thur (Iltishag) als auch im Unterlauf (Niederbüren) registrierten neue Dezemberrekorde für den Abfluss (prov. Rohdaten). Thur Iltishag mit 90 m³/s in der Spitze fast 20 m³/s mehr als der bisherige Rekord mit 72.5 m³/s im Dezember 1987. Thur Niederbüren mit 613 m³/s fast 200 m³/s mehr als der bisherige Rekord mit 434 m³/s im Dezember 1991. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Dezember 2018 und Januar 2019 konnten die Defizite in der Wasserbilanz zum Teil schnell ausgleichen. Der lang anhaltende Regen im Dezember füllte erstmals die Bodenporen und das Grundwasser mit Wasser. Der anschliessende starke Schneefall im Januar 2019 lieferte eine gute Grundlage, den Wasserhaushalt nachhaltig auffüllen zu können. Mitte Februar 2019 verzeichneten 40 Prozent der Grundwassermessstationen im Kanton St.Gallen Wasserstände über dem Mittelwert. Die Abflüsse in den Flüssen und Bächen entsprechen den winterlichen Verhältnissen.