



Filialen

Mäderstrasse 8, CH - 5401 Baden  
Dorfstrasse 40, CH - 8214 Gächlingen

Telefon +41 56 222 09 45 Fax +41 44 363 97 44  
Telefon +41 52 681 43 27 Fax +41 44 363 97 44

## Aktennotiz

<i>Projekt</i>				
<b>Konzessionserneuerung Muota-Kraftwerke</b>				
<i>Thema</i>				
<b>Grundwassermessungen 2013 - 2016 im Gebiet Steinibach - Glattalpsee</b>				
<i>Ansprechperson / Verfasser</i>	<i>Datum</i>	<i>Auftrag vM-Nr.</i>	<i>Visum</i>	<i>erg.</i>
Ulrich Jörin / Nina Volze	22.1.2018	<b>11777-7</b>	UJ	
<i>Verteiler</i>				
R. Hediger, ebs S. Schweizer, kwo (Bauherren-Vertreter) S. Schläppi, kwo (Bauherren-Vertreter)				
<b>Inhalt:</b>				
1. Einleitung 2. Grundlagen 3. Grundwasser Messsystem 4. Resultate 5. Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen				
<b>Anhang:</b>				
A1 Situation 1:2'000 A2.1 ÷ A2.5 Grundwassermessungen 2013 - 2016				

## 1. Einleitung

Die Dr. von Moos AG wurde am 23. August 2012 durch R. Inderbitzin (ebs) beauftragt, eine hydrogeologische Beurteilung der Versickerungsverhältnisse im Delta des Steinibachs im Hinblick auf die Sanierung der Betonrinne und der Abdichtung im Wildbachkegel durchzuführen (schriftliches Konzept vom 5. September 2012). Die Ergebnisse dieser ersten Untersuchungsetappe wurden in unserem Bericht Nr. 9887 zusammengefasst. Als Folge davon wurden die Messungen fortgeführt, um die Datenbasis über mehrere Jahre zu vergrössern. Am 5.12.2017 wurden wir von S. Schläppi beauftragt, die aktuell vorliegenden Messungen von 2012 - 2017 auszuwerten und die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Betonrinne besonders zu beurteilen.

## 2. Grundlagen

- Bericht Nr. 9887, Dr. von Moos AG, Konzessionserneuerung Muota-KW, Gem. 6436 Muotathal, Hydrogeologische Untersuchungen im Gebiet Steinibach - Glattalpsee, vom 16. Oktober 2013
- Datenlieferung des ebs durch E-Mail von Daniel Zraggen am 18.12.2017: Messdaten des Pegels Glattalpsee, Wasserflüsse und Meteodaten (Niederschlag)
- Lieferung des gesamten Datensatzes des Ingenieurbüros Ziegler (8825 Hütten) mit diversen E-Mails von F. Ziegler (11.12. bis 17.12.2017 sowie ältere Teillieferungen) mit den Daten der Wasserspiegellogger im Steinibachdelta sowie Eichmessungen

## 3. Grundwassermesssystem

Die Piezometer P2 und P3, die im Jahr 2012 erstellt wurden, sowie das ältere Piezometer P14 sind seit 2012 bzw. Juli 2013 mit Sonden ausgerüstet, die den Wasserspiegel und die Wassertemperatur aufzeichnen. Details zum Einbau sind im Bericht Nr. 9887 erläutert. Die Resultate sind im Anhang A2.1 - A2.5 graphisch dargestellt. Die obere Grafik zeigt jeweils die Wasserstände, die mittlere Grafik die Temperaturen im Grundwasser und im See. Zu unterst sind die Tagesniederschläge an der Station Glattalp dargestellt. In den ersten beiden Jahren funktionierten die Logger generell gut. Ab Herbst 2014 wurden immer wieder Loggerausfälle verzeichnet, die durch die grossen Ausleseintervalle zu längeren Datenlücken geführt haben. Im Oktober 2016 wurden alle Messstellen daher durch das Ingenieurbüro Ziegler mit neuen Datenloggern ausgerüstet. Aufgrund eines Unfalls war Herr Ziegler nicht in der Lage, die Logger im Herbst 2017 auszulesen.

Insgesamt hat sich die messtechnische Datenerfassung als extrem anspruchsvoll herausgestellt. Durch die lange Phase mit Schnee ist das Gebiet nicht das ganze Jahr zugänglich. Die jährlichen Kontrollen und Auslesungen der Daten wurden im Herbst durchgeführt, wobei teilweise der

Wasserspiegel unter den Sonden lag und daher keine Eichung möglich war. Erfahrungsgemäss und anhand der Datengrundlagen ist eine gewisse Mess-Drift in den Loggern vorhanden (einige cm), die durch die wenigen Handmessungen nicht komplet korrigiert werden konnte. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass auch die Piezometer selbst wegen Deformationen des Geländes und des Rohrs (Schneelasten, Kriechen der Schneedecke), und damit die Höhenlage der Sensoren, nicht ganz fix sind. Summarisch schätzen wir deshalb die Ungenauigkeit der absoluten Höhe der Wasserspiegelmessungen in den Piezometern auf wenige Dezimeter (ca. 2 - 3 dm). Die relative Genauigkeit der Drucksensoren, d.h. die Genauigkeit von kurz aufeinander folgenden Messungen (sog. repeatability), ist wesentlich besser ( $< 1$  cm).

Die Messungen des Seespiegels sind demgegenüber genauer (absoluter Fehler  $< 10$  cm). Die Messungen werden nachfolgend unter Einbezug dieser Unsicherheiten der absoluten Höhe der Grundwasserstände vorsichtig interpretiert. Wir empfehlen im 2018 Kontrollmessungen durchzuführen, bevorzugt einmal bei ansteigenden (ca. Ende Juni) und einmal bei absinkenden Wasserständen (Ende August). Dadurch sollen die hier gemachten Aussagen verifiziert werden und die Gradienten und somit die Fliessrichtungen im Steinibachdelta noch genauer ableitbar werden.

#### **4. Resultate**

Der **Seespiegel und die Grundwasserspiegel** liegen z.T. praktisch gleich hoch und oft nur wenige Dezimeter auseinander, obwohl die Jahresamplitude mehr als 20 m erreicht. Im Winterhalbjahr findet eine kontinuierliche Abnahme der Wasserstände statt, da sich ab November i.d.R. eine Schneedecke bildet, in welcher allfälliger Regen praktisch zu keinen Abflüssen in den See führt und wegen der Kälte auch keine Schmelze oder Verdunstung stattfindet. Aufgrund unterirdischer Abflüsse sink der Grundwasser- und Seespiegel langsam ab, d.h. der Porenraum fällt trocken. Generell steigen die Wasserstände im Frühjahr ab März/April durch die einsetzende Schneeschmelze und den Regen an. Ab Sommer (Ende Juni-August) führen vor allem die Wasserentnahmen des Elektrizitätswerks zu sinkendem Seespiegel und grössere Regenereignisse zeigen sich in kurzfristigen Wasserspiegelschwankungen.

Bei intensivem Regen oder Schneeschmelze (erkennbar durch tageszyklische Wasserspiegelschwankungen in den Piezometern bei Abwesenheit von Regen) mit ansteigendem Seespiegel ist die Differenz zwischen See- und Grundwasserspiegel am kleinsten, d.h. die meteorische abhängigen Wasserflüsse sind dominant im System. In P2 und P3 weisen tageszyklische Spiegelschwankungen auf eine hydraulische direkte Verbindung zum Bach bzw. Schmelzwasser hin, d.h. im Steinbachdelta versickert periodisch massiv Wasser. Bei Trockenperioden im Sommer bis Herbst wird deutlich, dass die Grundwasserspiegel stärker absinken als der Seespiegel. Dadurch kann abgeleitet werden, dass Seewasser in den Aquifer strömt und im Aquifer eine unterirdische Senke/Abfluss das Systemverhalten stark prägt. Dieser Zustand ist in der Datenreihe während mehreren Monaten und in allen Jahren mit einer Differenz  $> 3$  dm signifikant belegt.

Da die Logger etwa in gleicher Tiefe hängen sowie eine gleiche relative Lage zum Wasserspie-

gel haben, können Unterschiede in den **Temperaturganglinien** nicht durch die Lage des Loggers erklärt werden. Die Temperaturverläufe setzen sich aus dem vorbeiströmenden Grundwasser, welches das Korngerüst aufwärmt / abkühlt und bei trockenen Poren aus dem Wärmefluss in der Matrix von der Geländeoberfläche und von unten zusammen.

Die Temperaturen in den Grundwassermessstellen schwanken in den Wintermonaten ab dem Trockenfallen nur geringfügig (= glatte Kurve in Grafik), da dann der Wärmefluss dominant über das Korngerüst erfolgt. Ab Mai fallen die Temperaturen im Grundwasser mit deutlichem Einsatz ab, da durch die einsetzende Schneeschmelze kaltes Wasser ins Grundwasser infiltriert. Gleichzeitig steigen die Wasserstände wodurch die Logger wieder im kalten, von Schmelzwasser dominierten Grundwasser sind. In P3, das dem See am nächsten liegt bzw. ab einem Seespiegel von ca. 1855 mü.M. im See steht, steigt die Temperatur dann ab ca. Mitte Juli relativ abrupt stark an. Zeitlich liegt dies meist nach den maximalen See- und Grundwasserständen. Daraus folgt, dass in einigen Wochen das wärmere Seewasser im Aquifer bis zu den Standorten der Grundwasserpegel strömen konnte. Da das Grundwasser in den anderen Piezos kälter ist und ein Eintrag von warmem Regenwasser in allen Messstellen sichtbar sein müsste, kann der Temperaturanstieg nur durch eine Infiltration von Seewasser erklärt werden. An den weiter vom See entfernten Messstellen P14 und P2, kommt der Wärmefluss gedämpfter und mit grösserer Verzögerung an. Im Herbst wird durch die Temperaturen deutlich, dass die Strömung zu P2 anfänglich langsamer ist als zu P14, sich aber länger fortsetzt, sodass die Matrixtemperatur im November ein Maximum bei rund 9°C erreicht, während bei P2 und P314 gleichzeitig bereits die kühleren Herbstniederschläge nachfliessen und sich mit abkühlenden Wassertemperaturen bemerkbar machen. Daraus folgt, dass P2 und P14 näher an der unterirdischen Abflusszone liegen als P3. Als Besonderheit sind in P3 auch einzelne kalte Regenereignisse als Temperatureinbrüche sichtbar (vermutlich Versickerung entlang Piezometerrohr).

Die Auswertung der Grundwassertemperaturen bestätigt damit die Modellvorstellung, dass bei steigenden Wasserständen dominant Schmelz- und Regenwasser ins Grundwasser und ein Teil danach in den See fließen während bei fallenden Wasserständen der See ins Grundwasser infiltriert.

## **5. Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen**

Die Feststellung, dass bei fallenden Wasserständen das Grundwasser tiefer als der Seespiegel liegt, wurde mit den weiteren Messungen bestätigt. Dank der Kombination von mehreren Messjahren mit Ganglinien und Temperaturen wird das System der saisonalen Veränderung der Wasserströme deutlicher und vielfältiger charakterisiert. Aus den Daten folgt, dass im Bereich des Steinibachdeltas mindestens obstromig von P2 und P14 eine unterirdische Abflusszone vorhanden ist. Die Kanalisierung des Steinibachs trägt dazu bei, möglichst viel Wasser direkt in den See abzuleiten, was vermutlich den Erbauern bewusst war. Eine Renaturierung des Gerinnes würde zu einer viel grösseren Fläche mit Versickerung direkt in den Aquifer führen, sodass der

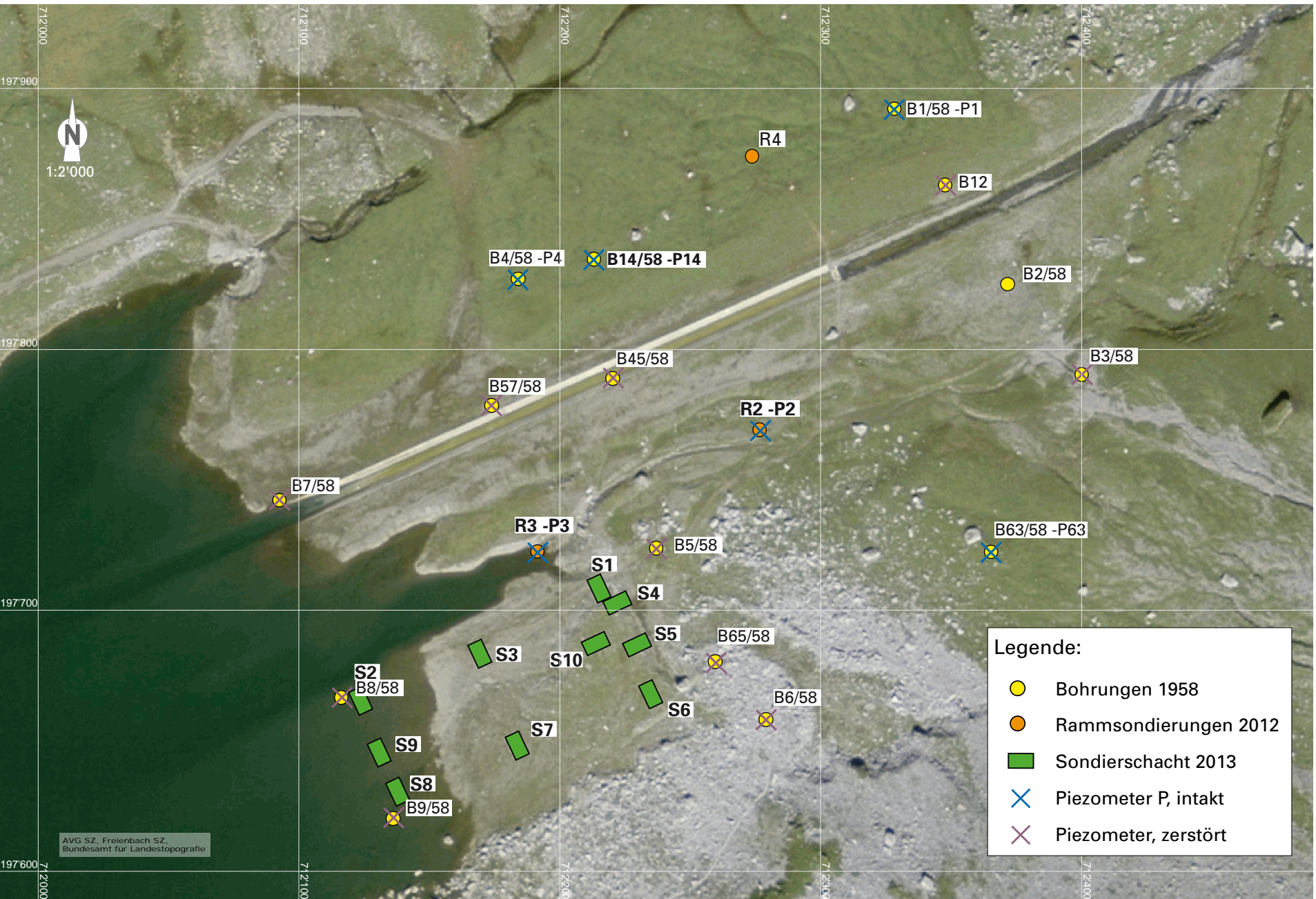
Grundwasserspiegel im Frühjahr noch schneller ansteigen würde. Der unterirdische Abfluss nimmt bei höherem Grundwasserstand zu.

Um die Genauigkeit der Grundwassermessungen in Bezug auf die absolute Höhe zu prüfen, sollten wie im Kap. 3 erläutert Kontrollmessungen durchgeführt werden.

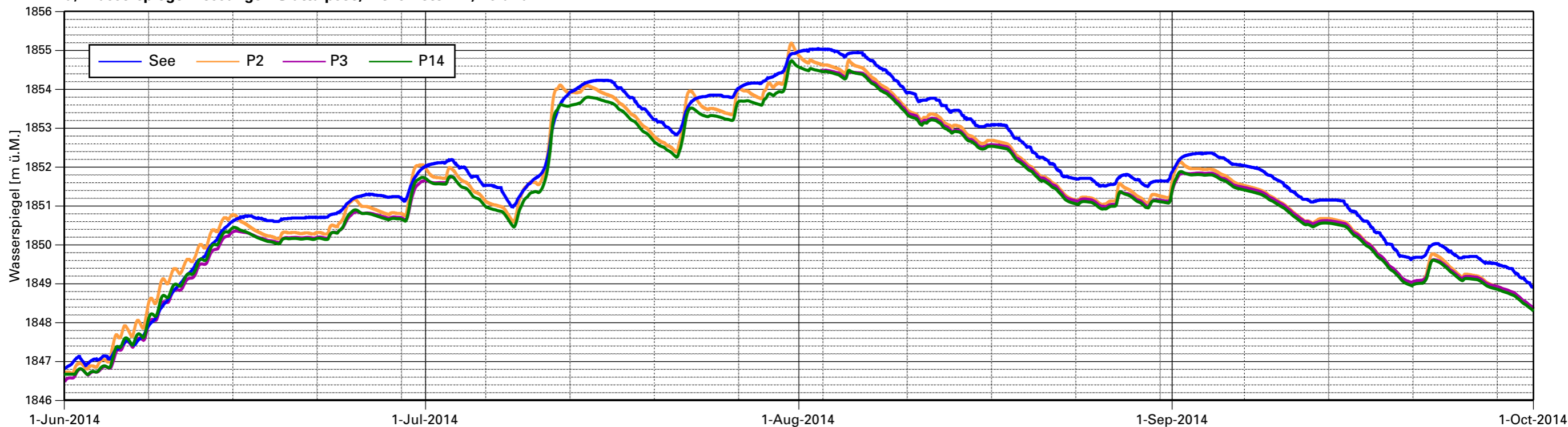
Bearbeitet von:

Dr. Nina Volze, Dipl. Geoökologin

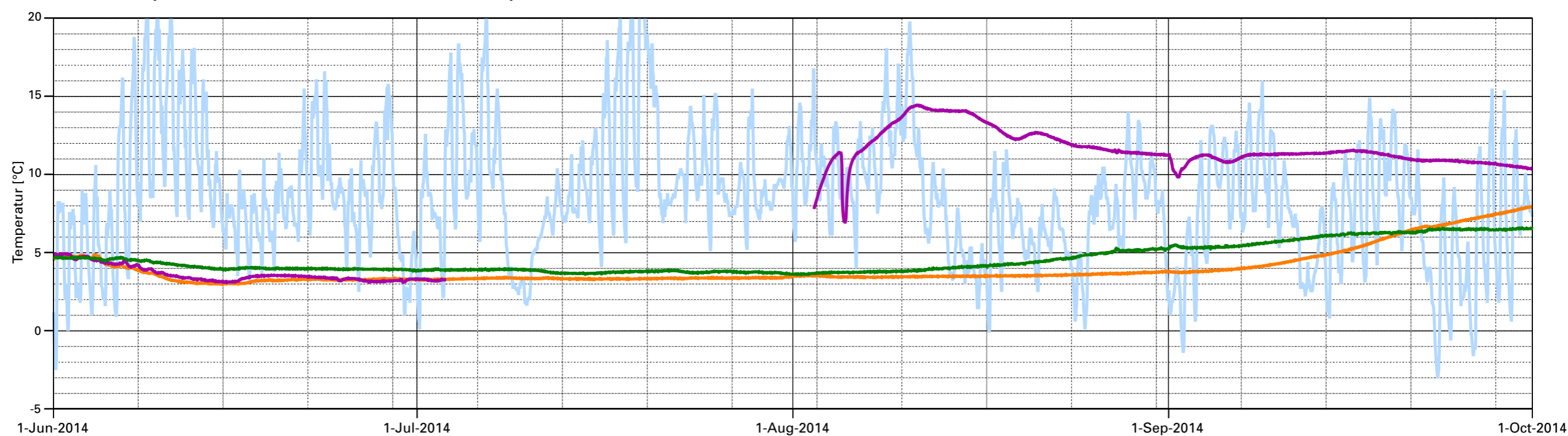
Orthophoto Steinibachdelta mit Lage der Sondierungen 1:2'000



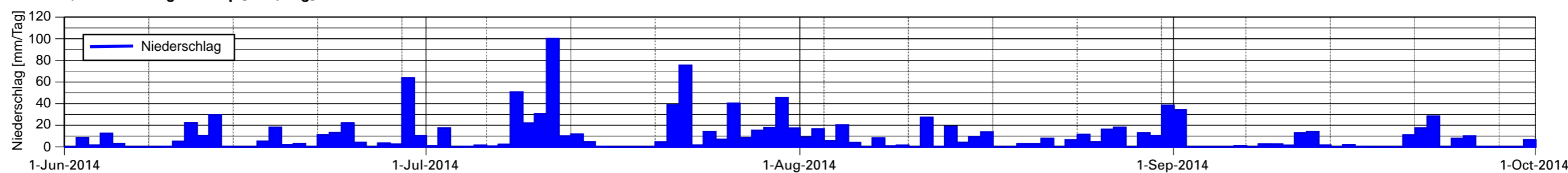
a) Wasserspiegelmessungen Glattalpee, Piezometer P2, P3 und P14



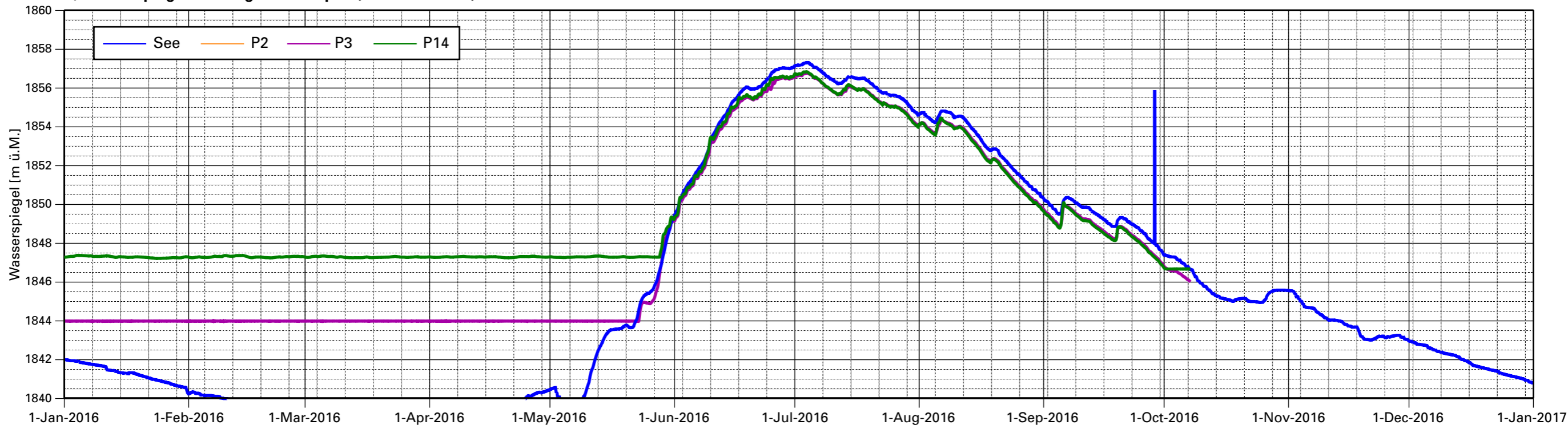
b) Wassertemperatur Piezometern P2, P3 und P14 und Lufttemperatur



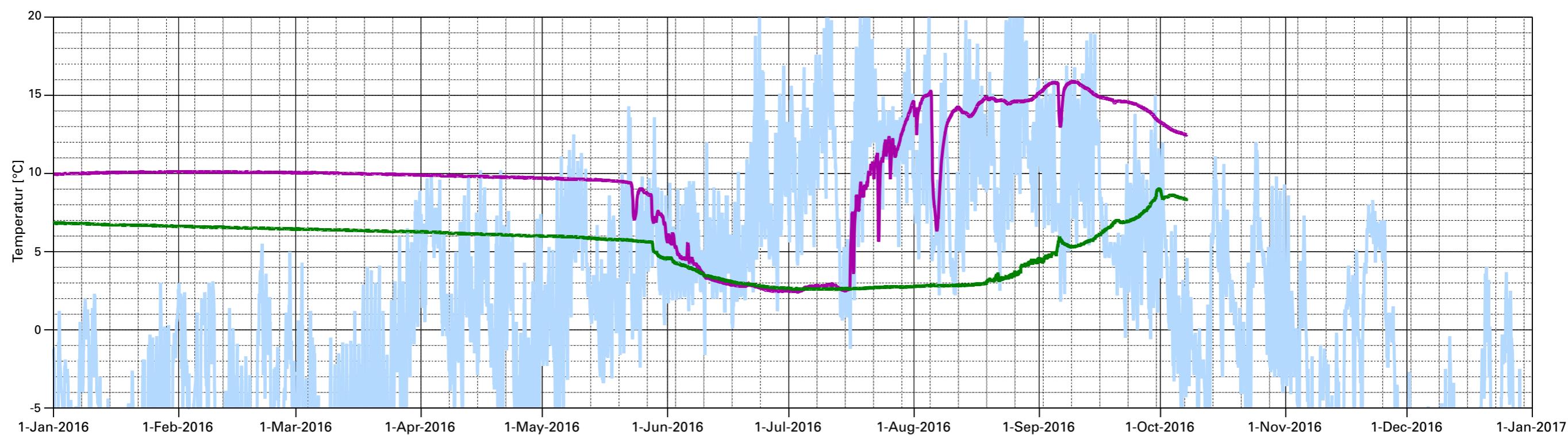
c) Niederschlag Glattalp [mm/Tag]



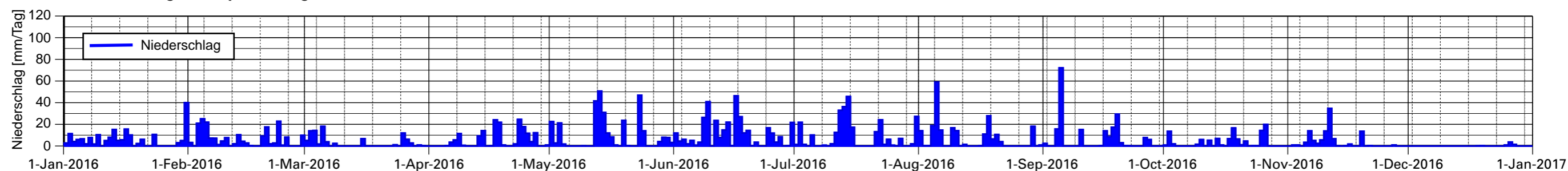
a) Wasserspiegelmessungen Glattalpee, Piezometer P2, P3 und P14



b) Wassertemperatur Piezometern P2, P3 und P14 und Lufttemperatur

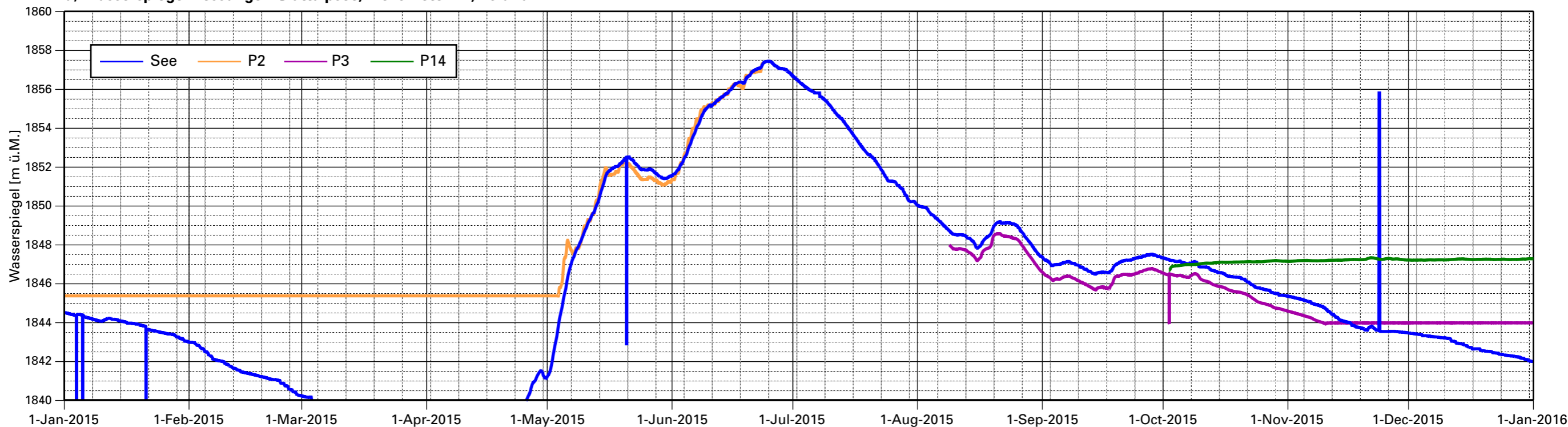


c) Niederschlag Glattalp [mm/Tag]

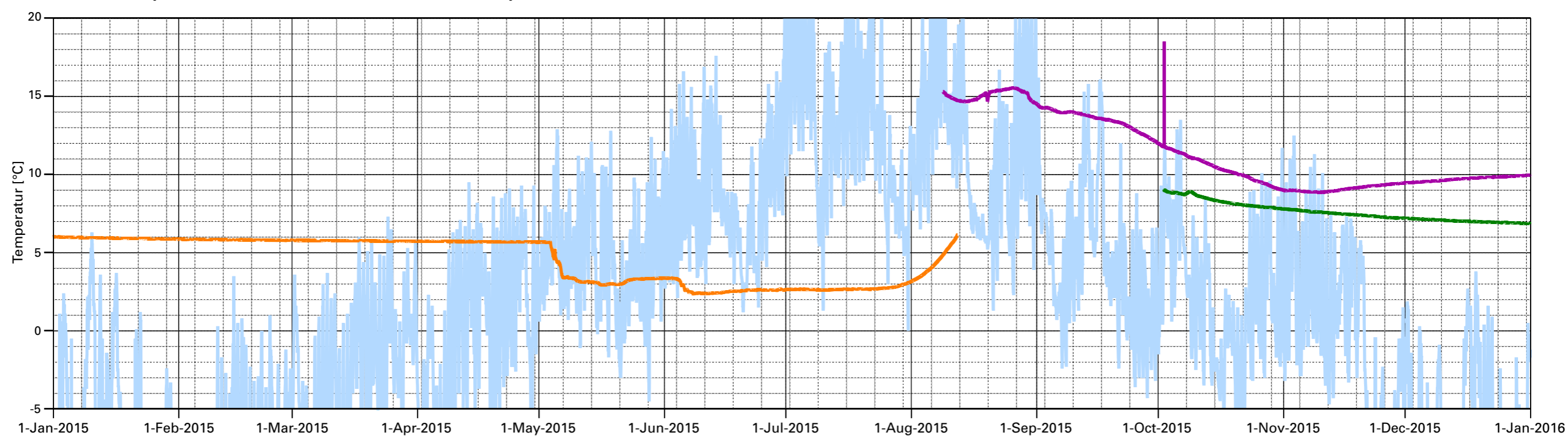




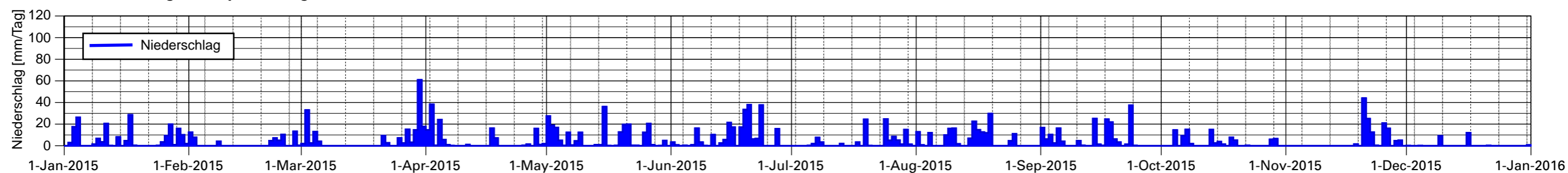
a) Wasserspiegelmessungen Glattalpsee, Piezometer P2, P3 und P14



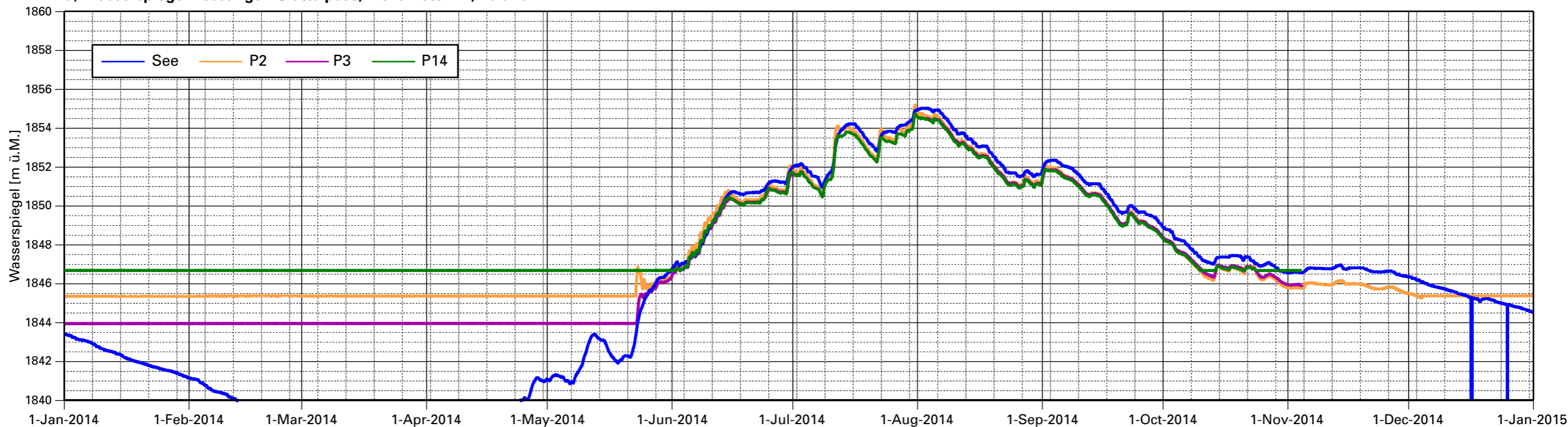
b) Wassertemperatur Piezometern P2, P3 und P14 und Lufttemperatur



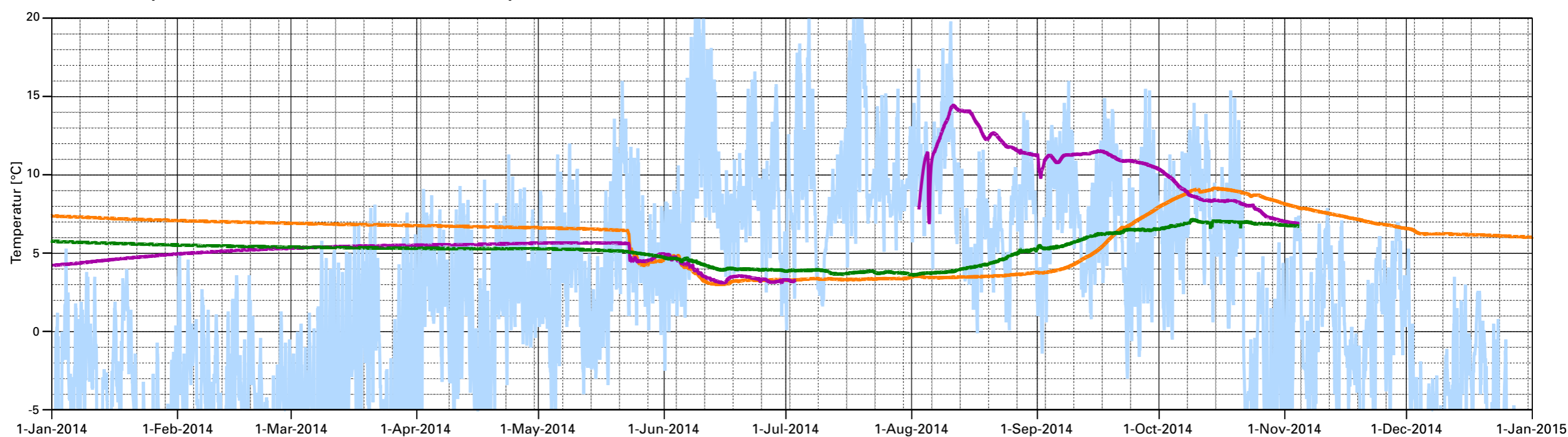
c) Niederschlag Glattalp [mm/Tag]



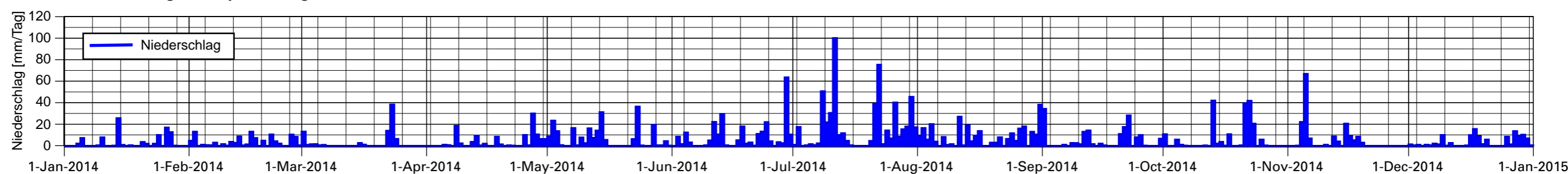
a) Wasserspiegelmessungen Glattalpsee, Piezometer P2, P3 und P14



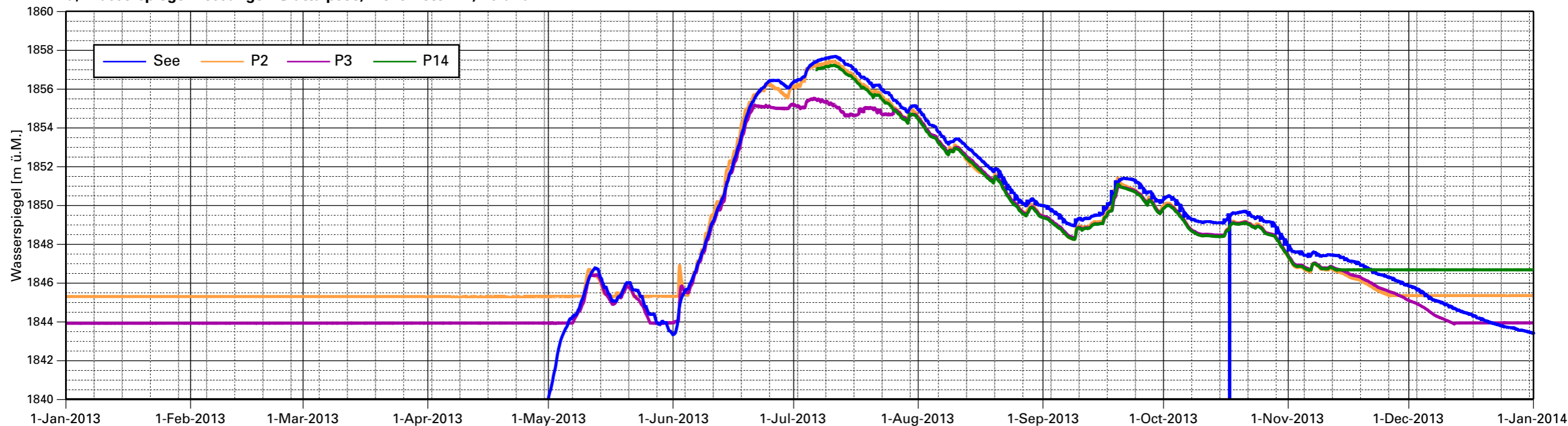
b) Wassertemperatur Piezometern P2, P3 und P14 und Lufttemperatur



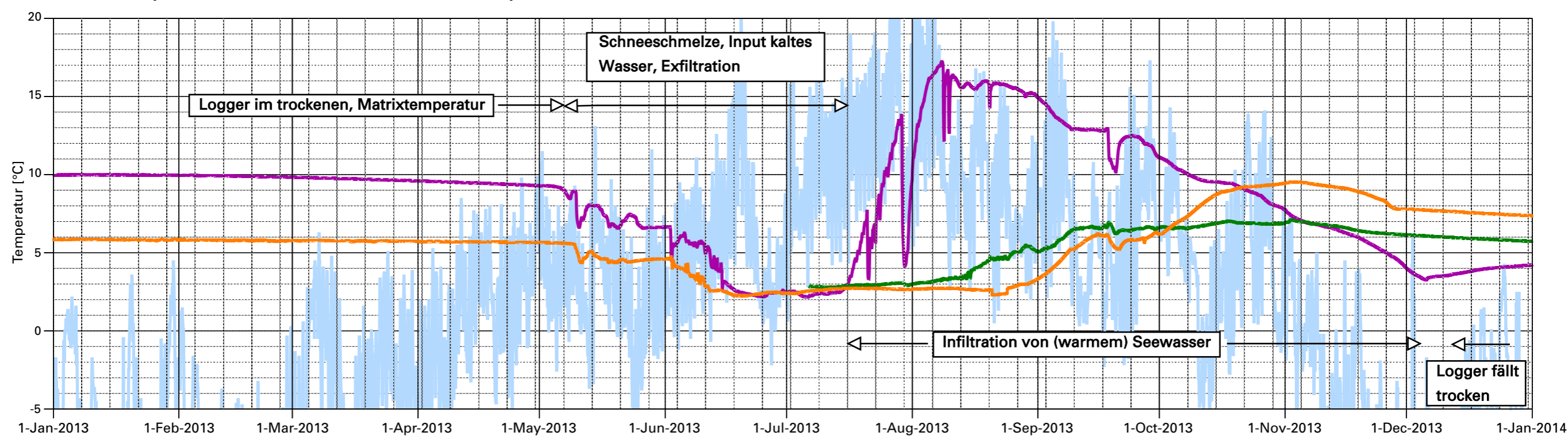
c) Niederschlag Glattalp [mm/Tag]



a) Wasserspiegelmessungen Glattalpsee, Piezometer P2, P3 und P14



b) Wassertemperatur Piezometern P2, P3 und P14 und Lufttemperatur



c) Niederschlag Glattalp [mm/Tag]

