



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt

Amt für Umwelt und Energie

Temperaturen der Oberflächengewässer des Kantons Basel-Stadt 2014 – 2018: Zustand und Perspektiven



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Datenanalyse	6
Resultate	7
Beurteilung, Perspektiven und mögliche Massnahmen.....	9
Literatur	21

Temperaturen der Oberflächengewässer des Kantons Basel-Stadt 2014 – 2018: Zustand und Perspektiven

Juli 2019

Herausgeber: Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt, Fachstelle Oberflächengewässer
Hochbergerstrasse 158, CH-4019 Basel

Titelbild: Wiese in den Langen Erlen

Einleitung

Für die Schweiz wird infolge der globalen Klimaveränderung eine kontinuierliche Zunahme der Lufttemperaturen erwartet. Die steigenden Lufttemperaturen haben auch eine Temperaturerhöhung der Schweizer Gewässer zur Folge. So zeigt z. B. die langfristige Temperaturüberwachung des Rheins bei Basel eine Zunahme der mittleren Jahrestemperatur von 1.1 °C seit 1977 (Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt 2011). Neben erhöhten Lufttemperaturen wird auch eine Zunahme und längere Dauer der sommerlichen Niedrigwasserereignisse prognostiziert (Bundesamt für Umwelt 2012), was zu einer weiteren Erwärmung der betroffenen Gewässer beiträgt. Als Folge der höheren Wassertemperaturen werden auch Veränderungen in der lokalen Zusammensetzung der Gewässerorganismen beobachtet. Allgemein wird eine Zunahme von wärmeliebenden Arten erwartet, während die an kalte Temperaturen angepassten unter Druck geraten.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über aktuelle Kennwerte der Temperaturüberwachten Fliessgewässer des Kantons Basel-Stadt. Die Temperaturdaten und -prognosen wurden hinsichtlich der möglichen ökologischen Auswirkungen auf kälteliebende Fischarten beurteilt. Für Fische sind im Unterschied zu Wirbellosen und Wasserpflanzen relativ viele wissenschaftliche Studien zu Temperaturansprüchen verfügbar.

Auswirkungen der Gewässererwärmung auf die Fischfauna

Die Temperaturpräferenzen verschiedener Fischarten und ihrer verschiedenen Entwicklungsstadien unterscheiden sich stark. Einige einheimische Fischarten, z. B. Welse oder Karpfenartige, sind gut an warme Bedingungen angepasst und werden in Zukunft von höheren Temperaturen profitieren und sich weiter ausbreiten. Doch für Fischarten wie Forelle, Äsche und Lachs, deren Stoffwechsel an kalte Gewässer angepasst ist, sind steigende Wassertemperaturen aus verschiedenen Gründen problematisch:

- Der Sauerstoffgehalt des Wassers sinkt mit steigenden Temperaturen, was bei langanhaltenden Hitzeperioden zu Sauerstoffmangel und Fischsterben führen kann.
- Die bei Salmoniden auftretende Proliferative Nierenkrankheit (PKD) verursacht bei Wassertemperaturen über 15 °C insbesondere bei Forellen meist schwere Krankheitssymptome und endet oft tödlich (Schweizerische Fischereiberatung FIBER). Die Erkrankung, welche durch einen Parasiten hervorgerufen wird, verläuft bei Temperaturen unter 15 °C in der Regel ohne nachhaltige Schädigung der Fische. PKD gilt als wesentliche Ursache für den seit den 1980er-Jahren beobachteten massiven Rückgang der Bachforellen in Schweizer Gewässern.

- Eier der Salmoniden (Familie der Lachsartigen) haben einen engen Temperaturtoleranzbereich und gelten als das gegenüber Temperaturveränderungen empfindlichste Entwicklungsstadium. Steigende Frühlings- und Herbsttemperaturen können daher die Reproduktion beeinträchtigen oder gar verunmöglichen.

Studien zur thermischen Anpassungsfähigkeit von Lachsen, Forellen und Saiblingen haben zudem gezeigt, dass diese – wenn überhaupt – nur ein begrenztes Anpassungspotential an steigende Temperaturen haben (Elliott & Elliott 2010).

Temperaturansprüche kantonal prioritärer Fischarten

Empfindlich auf hohe Wassertemperaturen reagieren vor allem Arten aus der Familie der Salmoniden, welche im Kanton Basel-Stadt mit drei einheimischen Arten vertreten sind. Es sind dies die Äsche (*Thymallus thymallus*), die Bachforelle (*Salmo trutta fario*) und der Atlantische Lachs (*Salmo salar*). Andere Rote Liste-Arten wie Nase, Bachneunauge, Strömer und Schneider scheinen diesbezüglich weniger empfindlich zu sein.

Äsche:

Grössere Äschen-Populationen kommen noch in der Wiese und im Riehenteichsystem (Mühleteich, Neuer Teich) vor. Vereinzelt wird die Äsche auch im Rhein und der Birs gefangen.

Für adulte Äschen wird in der Literatur ein optimaler Temperaturbereich¹ von etwa 4-18 °C angegeben (Küttel et al. 2002). Laboruntersuchungen zeigten, dass Temperaturen von 26 °C während 24 h zum Tod führen. Jedoch können auch bereits Temperaturen ab 24 °C tödlich sein, je nach Akklimatisationszeit und Dauer der Temperaturspitzen.

Für die Eientwicklung sind Temperaturen von 6-13 °C nötig, wobei eine Temperatur von 9 °C eine optimale Entwicklung ermöglicht (Küttel et al. 2002). Temperaturen über 14 °C führen zu einer sehr hohen Mortalität der Eier.

Die Hauptlaichzeit der Äschen liegt je nach Wassertemperatur in den Monaten März bis April.

Bachforelle:

Die Bachforelle kommt im Rhein (Flussforelle), in der Birs und in der Wiese mit ihren Nebengewässern vor. Die Fangzahlen der Forelle sind in den letzten Jahrzehnten in allen kantonalen Gewässern zurückgegangen, was dem gesamtschweizerischen Trend entspricht.

¹ Der optimale Temperaturbereich wird definiert als der Bereich, in dem die Individuen fressen und in dem kein temperaturbedingtes abnormales Verhalten auftritt.

Der Optimumsbereich für adulte Forellen liegt im Bereich von 4-19 °C (Küttel et al. 2002). Die kritische obere Temperaturgrenze für das Überleben (ILT)² von Bachforellen (Parr- und Smoltstadium) liegt bei 22-25 °C (Elliot & Elliot 2010). Die optimale Entwicklungstemperatur für Forelleneier liegt bei etwa 5 °C (Küttel et al. 2002). Gemäss Elliot & Elliot (2010) kann die Eientwicklung bei Temperaturen von 0-13 °C stattfinden, bei Wassertemperaturen > 7-8 °C steigt die Mortalität der Eier jedoch deutlich an. Die Bachforelle laicht je nach Wassertemperatur zwischen Oktober und Januar.

Atlantischer Lachs:

Seit den 1980er-Jahren läuft in der Region ein Programm zur Wiederansiedlung des Lachses im Rahmen des Aktionsprogramms „Lachs 2020“ der Internationalen Kommission für den Schutz des Rheins. Im Kanton Basel-Stadt werden der Rhein, die Wiese und die Birs regelmässig mit Junglachsen besetzt. Vereinzelt Rückkehrer konnten im Rhein auch schon nachgewiesen werden.

Für adulte Lachse liegt der Optimumsbereich bei etwa 6-20 °C (Küttel et al. 2002). Die kritische obere Temperaturgrenze für das Überleben (ILT) von jungen Lachsen (Parr- und Smolt-Stadium) liegt bei 22-28 °C (Elliot & Elliot 2010).

Die optimale Entwicklungstemperatur für Lachseier liegt bei 4-7 °C (Elliot & Elliot 2010). Die Eientwicklung kann bei Temperaturen von 0-16 °C stattfinden, bei Wassertemperaturen > 7-8 °C steigt die Mortalität der Eier jedoch deutlich.

Atlantische Lachse laichen je nach Wassertemperatur von Oktober bis Januar.

Nase:

Sowohl im Unterlauf der Wiese als auch in der Birs befinden sich Nasenlaichplätze von nationaler Bedeutung. Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft tragen deshalb eine besondere Verantwortung für diese vom Aussterben bedrohte Fischart.

Die Temperaturansprüche der Nase sind schlecht erforscht. Für die Eientwicklung sind Temperaturen von 12 bis etwa 17 °C ideal (Küttel et al. 2002). Bei Temperaturen < 10 °C sterben die Embryonen ab. Optimaltemperaturen für Jungtiere und adulte Fische sind keine bekannt. Die Nasen laichen von April bis Mai sobald die Wassertemperatur etwa 10-12 °C erreicht hat.

² Incipient Lethal Temperature: Temperatur, bei welcher die Fische für eine definierte Zeit überleben können (standardmässig 7 Tage).

Bachneunauge:

Für das stark gefährdete Bachneunauge, welches im Rhein, in der Birs sowie in der Wiese und ihren Nebengewässern vorkommt, gibt es praktisch keine Daten zu Temperaturansprüchen. Die Tiere laichen bei Temperaturen von 10 bis 16 °C ab (Fishbase 2018).

Datenanalyse

Im Kanton Basel-Stadt wird die Wassertemperatur von Rhein, Wiese, Mühleleichen und Otterbach von Messstationen des AUE überwacht. Zudem betreibt das BAFU eine Messstation an der Birs in Münchenstein (BL), rund 2.5 km oberhalb der Kantonsgrenze zu Basel-Stadt.

Für den vorliegenden Bericht wurden Daten der Jahre 2014-2018 der folgenden Messstationen verwendet (vgl. Abb. 1):

- Birs, Station Münchenstein (Messstation des BAFU, LH2106)
- Mühleleichen, Station Landesgrenze (Messstation des AUE)
- Otterbach, Station Otterbach (Messstation des AUE)
- Rhein, Station Palmrainbrücke (Messstation des AUE)
- Wiese, Station Hochbergerplatz (Messstation des AUE)

Bei den Daten handelt es sich um Temperaturwerte, die im 10-Minuten- (Birs, Mühleleichen, Rhein) oder im 60-Minuten-Takt (Otterbach, Wiese) erhoben wurden. Im Otterbach und in der Wiese wurden die Temperaturmessungen im betrachteten Zeitraum aufgrund von Revitalisierungsarbeiten wiederholt unterbrochen.

Es wurden folgende Temperatur-Kennwerte pro Jahr berechnet:

- Anzahl Tage mit Tagesmittel-Temperaturen > 25 °C
- Anzahl Tage mit Tagesmittel-Temperaturen > 20 °C
- Anzahl Tage mit Tagesmittel-Temperaturen > 15 °C
- Anzahl Stunden mit Messwerten > 25 °C
- Anzahl Tage mit Messwerten > 25 °C
- Maximale Tagesmittel-Temperatur
- Anzahl Monate mit Durchschnittstemperaturen > 20 °C
- Durchschnittliche Jahrestemperatur

fließt auf Kantonsgebiet und auf dem flussaufwärtigen deutschen Territorium fast durchgängig in einem breiten und oft sehr flachen Bett. Auch fehlt eine nennenswerte beschattende Ufervegetation. Diese Faktoren bewirken, dass sich die Wiese im Vergleich zum Rhein bei hohen Temperaturen und Sonneneinstrahlung wesentlich schneller erhitzt, bei niedrigen Temperaturen und in der Nacht aber auch schneller auskühlt (Abb. 7).

Birs (mittlerer jährlicher Abfluss 1917-2015: 15.4 m³/s):

Für die Birs liegen regelmässig erhobene Temperaturdaten der BAFU-Messstelle in Münchenstein (BL) nahe der Kantongrenze vor (Abb. 4). Die Jahresmitteltemperaturen der Birs sind mit denen der Wiese beinahe identisch (Tab. 1). Jedoch erreicht die Birs deutlich weniger Tagesmittelwerte > 15 °C und > 20 °C als die Wiese. Messwerte > 25 °C, wie sie in der Wiese und auch im Rhein im betrachteten Zeitintervall aufgezeichnet wurden, traten in der Birs nicht auf.

Mühleteich / Neuer Teich / Alter Teich:

Der Mühleteich ist ein kleines Nebengewässer der Wiese und wurde als Gewerbekanal mit reguliertem Abfluss angelegt. Er wird in Lörrach (D) beim Tumringer Wehr abgeleitet und fließt durch Siedlungsgebiet bis zur Schweizer Grenze. Gemäss einer Vereinbarung mit der Wuhrgenossenschaft Lörrach wird ein regelmässiger Abfluss von mindestens 1.2 m³/s in die Schweiz garantiert. Unterhalb der Weilstrasse teilt sich der Mühleteich in den grösseren Neuen Teich und den kleineren Alten Teich auf.

Mühleteich, Neuer Teich und Alter Teich stellen ein ökologisch bedeutendes Nebengewässersystem der Wiese dar. Trotz einer mehrheitlich beeinträchtigten bis naturfremden Ökomorphologie lebt im Mühleteich und im Neuen Teich eine grosse, stabile Äschenpopulation.

Aufgrund stärkerer Beschattung bleibt das Wasser des Mühleteichs kühler als das der Wiese und erreichte von 2014 bis 2018 nur an einem Tag Messwerte > 25 °C (Tab. 1, Tab. 2, Abb. 5). Im Mündungsbereich des Neuen Teichs, der zusätzlich noch das kühle Wasser des Auebachs mitführt, hat das Gewässer bei hohen Temperaturen wohl auch eine Bedeutung als Rückzugsmöglichkeit für Fische aus der Wiese.

Otterbach:

Der Otterbach ist ein künstlich angelegtes Gewässer von ca. 1.8 km Länge, dessen Wasser unterhalb des Schliesse-Wehrs aus der Wiese abgeleitet wird. Das Gewässer fällt teilweise vollständig trocken und ist im unteren Teil eingedolt und durch Kühlwassereinleitungen beeinflusst (Tab. 1, Abb. 6). In den Hochsommermonaten ist die Temperatur des Otterbachs oft tiefer als die der Wiese (Tab. 2). Im Spätherbst und Winter wurden im Vergleich zur Wiese

deutlich erhöhte Temperaturen gemessen, die auf Kühlwassereinleitungen und wohl auch auf den Einfluss von Abwärme im eingedolten Bereich zurückzuführen sind.

Beurteilung, Perspektiven und mögliche Massnahmen

Ursachen für Gewässererwärmung

Die Gewässertemperaturen werden hauptsächlich durch folgende Faktoren bestimmt:

- Lufttemperatur: Die Gewässertemperaturen werden durch die Umgebungstemperaturen beeinflusst. Steigende Lufttemperaturen infolge des Klimawandels führen zu einem Anstieg der Gewässertemperaturen.
- Sonneneinstrahlung: Direkte Sonneneinstrahlung hat einen grossen Einfluss auf die Gewässertemperatur. Insbesondere kleine und flache Gewässer werden stark beeinflusst.
- Gewässermorphologie: Temperaturverlust und –aufnahme findet durch Energieaustausch mit der Umgebung statt. Je grösser die Oberfläche des Wasserkörpers ist, umso rascher läuft der Energieaustausch ab. Ein breites, flaches Gewässer erwärmt sich bei hohen Lufttemperaturen und starker Sonneneinstrahlung schneller als ein vergleichsweise schmales und tiefes.
- Kühlwassereinleitungen: Thermisch belastetes Abwasser aus Kühlsystemen kann zu messbaren Erhöhungen der Gewässertemperatur führen. So zeigen z. B. Modellberechnungen von Eawag und EPFL, dass das Kühlwasser des AKWs Mühleberg den Bielersee um durchschnittlich 0.3 °C erhöht, während den Wintermonaten lokal sogar um über 3°C (Raman Vina et al. 2017).

Beurteilung der Gewässertemperaturen, Auswirkungen auf kälteliebende Fischarten und mögliche Massnahmen

Die verschiedenen Studien zu Temperaturpräferenzen von Fischen sind hinsichtlich der Methodenwahl und der Genetik der getesteten Fische meist nicht vergleichbar. Für manche Fischarten sind zudem nur wenige Daten vorhanden. Auch lassen sich unter konstanten Laborbedingungen ermittelte Erkenntnisse nicht auf natürliche Situationen mit sich ständig verändernden Temperaturen und unterschiedlichen Umweltfaktoren übertragen. Entscheidend für das Überleben von Hitzeperioden dürften neben den täglichen Temperaturmaxima auch die Wassertemperaturen während der nächtlichen Abkühlperioden sein, die eine kurzfristige Erholung der Tiere ermöglichen. Dementsprechend können keine eindeutigen, für die verschiedenen Fischarten tolerierbaren Temperaturgrenzen definiert werden.

Die aktuellen monatlichen Durchschnittstemperaturen während der Laichzeiten von Äsche (März-Mai, Tab. 2, Abb. 9), Forelle und Lachs (Oktober-Januar, Tab. 2) liegen grundsätzlich im Toleranzbereich für die Entwicklung der Eier.

Problematisch sind die Temperaturen in den heissen Monaten Juli und August. In der Wiese werden regelmässig Temperaturspitzen $> 25\text{ °C}$ gemessen, und auch der Rhein überschreitet die 25 °C Marke in heissen Sommern. In der Wiese und im Rhein wurden im heissen und trockenen Sommer 2018 maximale Tagesmitteltemperaturen von 24.7 bzw. 26.5 °C gemessen. Diese Temperaturen liegen für Salmoniden deutlich über dem Optimumsbereich. Insbesondere für die Forelle ist die obere Toleranzgrenze erreicht. Das Temperaturregime der Wiese ist – neben der auf vielen Strecken geringen Strukturvielfalt – vermutlich der Grund für den kleinen Forellenbestand der Wiese (mündliche Mitteilung H.P Jermann, Kantonaler Fischereiaufseher).

Die Modelle der Klimaentwicklung in der Schweiz deuten auf einen Anstieg der Temperaturen während allen Jahreszeiten hin (Bundesamt für Umwelt 2012). Zudem wird eine Zunahme von sommerlichen Trockenperioden und der winterlichen Abflüsse vorausgesagt. Ein moderater Anstieg der Winter- und Frühlingstemperaturen würde die Reproduktion von Salmoniden in Wiese, Birs und Rhein wohl nicht gefährden. Neben den Temperaturbedingungen könnten aber auch die veränderten Abflüsse – z.B. häufigere Winterhochwasser – einen Einfluss auf die Überlebenschancen von Eiern und Jungfischen haben. Zukünftig höhere Wassertemperaturen in Kombination mit verringerten Abflüssen in der warmen Jahreszeit würden den Fortbestand von Äsche und Forelle sowie die Wiederansiedlung des Lachses in den Basler Gewässern ernsthaft gefährden.

Die lokalen Möglichkeiten, der Gewässererwärmung entgegenzuwirken, sind begrenzt. An kleineren Gewässern können Temperaturmaxima durch die Förderung naturnaher Gewässerstrukturen mit Niederwasserrinnen und Kolken sowie beschattender Ufervegetation gesenkt werden. Strukturreichere Gewässer würden zudem mehr Unterstände für Jungfische während Hochwasserereignissen bieten. Bei Revitalisierungen müssen deshalb entsprechende Massnahmen berücksichtigt werden.

Weiter kann die thermische Belastung durch Industrie- und Kraftwerkanlagen verringert werden (Optimierung technischer Anlagen, alternative Massnahmen zur Entsorgung von Abwärme).

Tabelle 1 Temperatur-Kennwerte der Jahre 2014 - 2018. na = keine Daten.

Gewässer/Station	Jahr	Tagesmittel >25°C	Tagesmittel >20°C	Tagesmittel >15°C	Stunden mit Messwerten >25°C	Tage mit Messwerten > 25°C	Maximales Tagesmittel	Monatsmittel >20°C	Jahresmittel- Temperatur
Birs Münchenstein	2014	0	3	62	0	0	20.4	0	11.5
	2015	0	30	92	0	0	22.2	1	11.6
	2016	0	1	76	0	0	20.2	0	10.8
	2017	0	24	107	0	0	22.0	0	11.6
	2018	0	19	120	0	0	22.9	0	na
Mühleteich Landesgrenze	2014	0	5	84	0	0	21.2	0	11.2
	2015	0	36	103	0	0	23.1	1	11.4
	2016	0	5	84	0	0	20.9	0	10.5
	2017	0	26	107	0	0	22.8	0	11.2
	2018	0	42	129	5	1	24.0	2	12.1
Otterbach	2014	na	na	na	na	na	na	na	na
	2015	0	0	156	0	0	19.4	0	12.8
	2016	na	na	na	na	na	na	na	na
	2017	0	0	80	0	0	19.0	0	12.0
	2018	0	0	133	0	0	17.7	0	12.7
Rhein Palmrainbrücke	2014	0	34	156	0	0	21.8	0	13.6
	2015	0	68	136	8	3	24.6	2	13.3
	2016	0	65	133	0	0	22.9	3	12.9
	2017	0	83	156	0	0	23.4	3	13.1
	2018	12	109	168	298	18	26.5	4	14.2
Wiese Hochbergerplatz	2014	na	na	na	na	na	na	na	na
	2015	0	45	111	54	9	24.1	2	11.8
	2016	na	na	na	na	na	na	na	na
	2017	0	42	113	32	6	23.8	0	11.6
	2018	0	52	141	56	8	24.7	2	12.6

Tabelle 2 Monatliche Durchschnittstemperaturen (C°) 2014 - 2018. na = keine Daten.

Jahr	Monat	Birs Mün- chenstein	Mühleteich Landesgrenze	Otterbach	Rhein Palm- rainbrücke	Wiese Hochber- gerplatz
2014	Jan	6.9	5.5	7.5	6.5	5.8
	Feb	7.0	5.6	7.1	6.5	5.8
	Mrz	8.6	7.5	8.5	8.6	7.8
	Apr	11.9	11.6	11.2	12.3	12.2
	Mai	12.5	12.4	12.2	14.1	12.8
	Jun	17.3	17.7	14.5	19.9	18.7
	Jul	15.0	16.0	na	19.5	na
	Aug	14.5	15.2	na	19.1	na
	Sep	14.5	15.2	na	18.5	na
	Okt	12.6	12.7	na	16.6	na
	Nov	9.5	9.0	na	12.0	na
	Dez	6.9	6.0	na	8.7	na
2015	Jan	6.5	4.9	7.2	6.4	5.2
	Feb	5.5	3.8	6.8	5.1	4.1
	Mrz	8.0	6.7	7.4	7.3	6.9
	Apr	10.5	9.8	10.4	10.2	10.1
	Mai	12.4	12.5	12.0	13.9	12.8
	Jun	16.2	16.8	15.0	18.6	17.4
	Jul	20.1	20.6	16.4	22.8	21.5
	Aug	18.7	19.4	16.6	22.0	20.2
	Sep	15.0	15.0	15.9	18.9	15.6
	Okt	11.5	11.6	17.2	14.2	12.0
	Nov	9.3	8.9	15.1	11.4	9.2
	Dez	6.1	6.1	12.7	8.0	6.4
2016	Jan	6.4	5.2	na	6.6	na
	Feb	7.4	6.0	na	6.6	na
	Mrz	7.8	6.3	na	7.1	na
	Apr	10.2	8.9	na	10.3	na
	Mai	11.5	11.6	na	13.0	na
	Jun	13.1	13.2	na	16.5	na
	Jul	16.7	17.3	na	20.5	na
	Aug	17.9	18.3	na	21.4	na
	Sep	16.5	17.0	na	20.6	na
	Okt	11.3	11.1	na	15.0	na
	Nov	8.1	7.4	na	10.4	na
	Dez	3.6	3.6	na	6.9	na
2017	Jan	1.5	1.3	9.3	4.1	1.8
	Feb	6.5	5.3	7.5	5.5	5.6
	Mrz	9.0	8.0	8.4	7.9	8.1
	Apr	11.0	10.4	10.0	11.4	10.9
	Mai	13.6	13.4	12.3	14.4	13.7
	Jun	18.4	18.8	14.8	20.5	19.5
	Jul	18.7	19.1	15.5	21.7	19.8
	Aug	18.7	18.5	16.8	21.7	19.2
	Sep	14.6	14.5	15.0	17.7	14.9
	Okt	12.3	11.8	14.2	15.2	12.4
	Nov	7.8	7.4	10.9	10.1	7.7
	Dez	6.4	5.2	9.0	6.5	5.4
2018	Jan	7.7	6.5	8.4	6.4	6.6
	Feb	5.6	4.0	6.5	5.1	4.3
	Mrz	6.9	5.8	7.2	5.9	6.0
	Apr	12.1	11.4	10.7	11.0	11.4
	Mai	14.9	14.9	12.5	15.6	15.3
	Jun	15.8	17.4	14.8	20.6	18.1
	Jul	18.9	20.4	14.7	23.1	21.1
	Aug	19.7	20.7	16.3	24.6	21.2
	Sep	16.4	16.7	17.0	20.7	17.5
	Okt	12.4	12.5	16.5	16.5	13.3
	Nov	na	8.1	15.6	11.5	8.6
	Dez	na	6.4	11.3	8.3	6.7

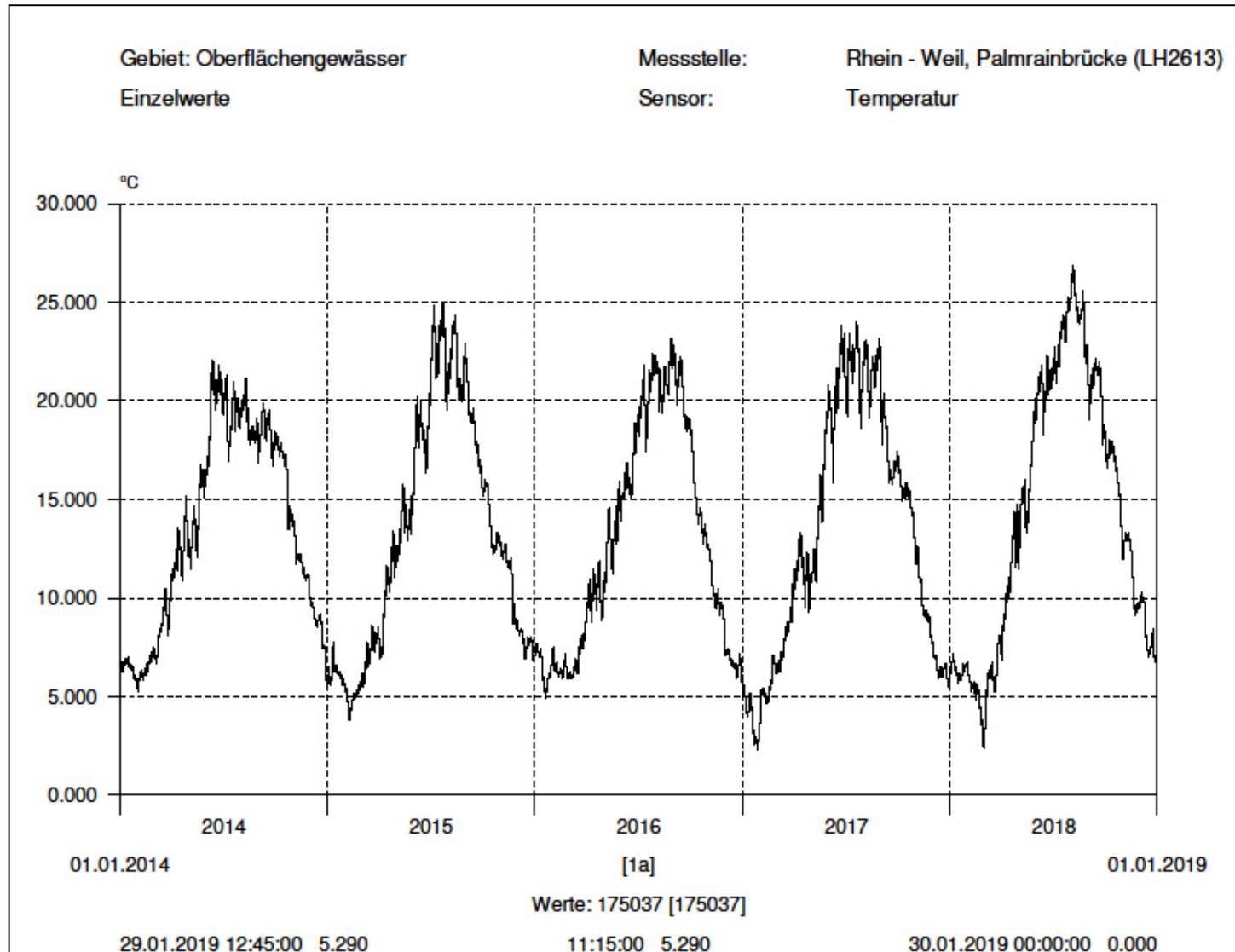


Abbildung 2 Temperaturmesswerte des Rheins (Station Palmrainbrücke) von 2014 bis 2018.

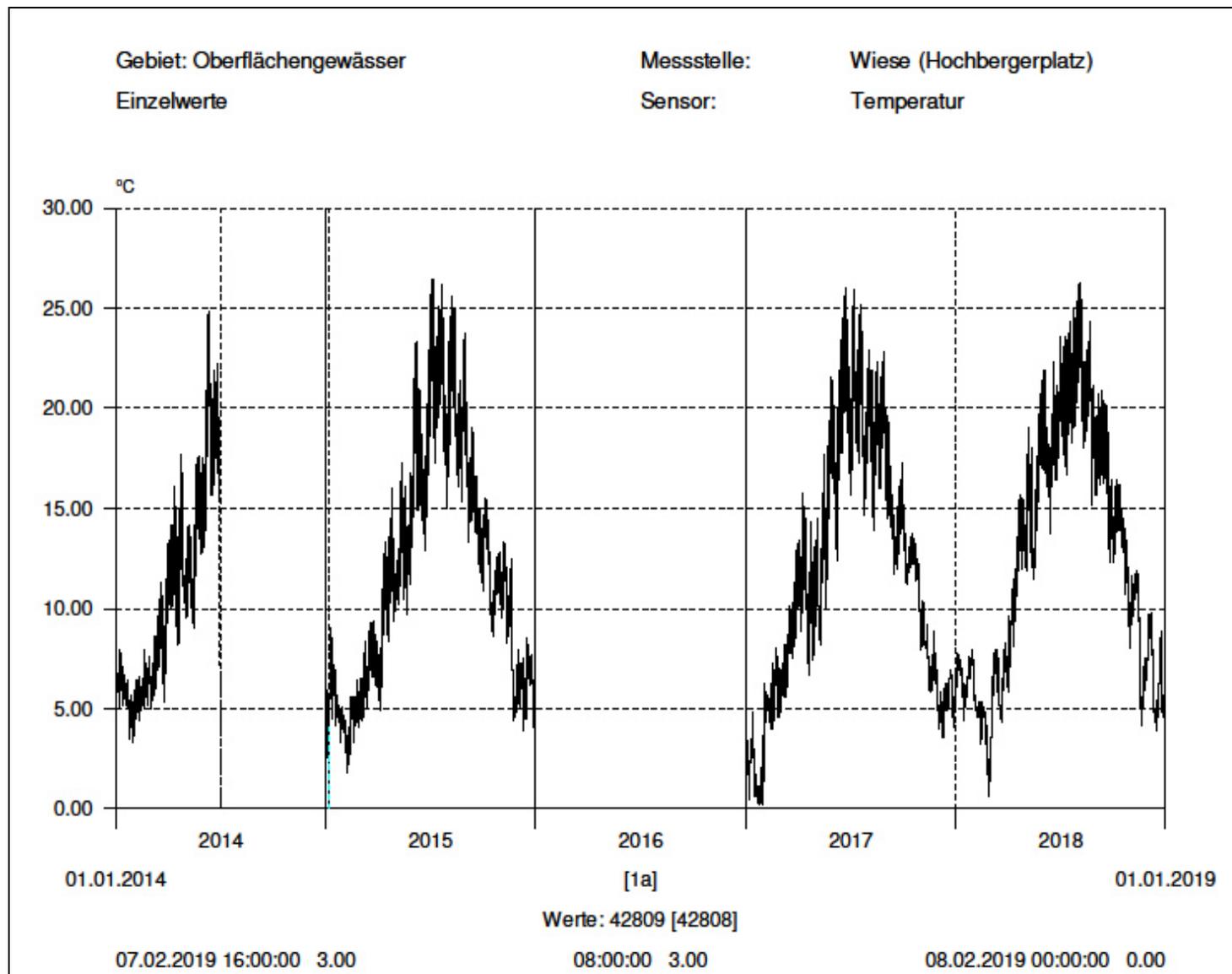


Abbildung 3 Temperaturmesswerte der Wiese (Hochbergerstrasse) von 2014 bis 2018. Für das zweite Halbjahr 2014 und für 2016 liegen keine Messwerte vor.

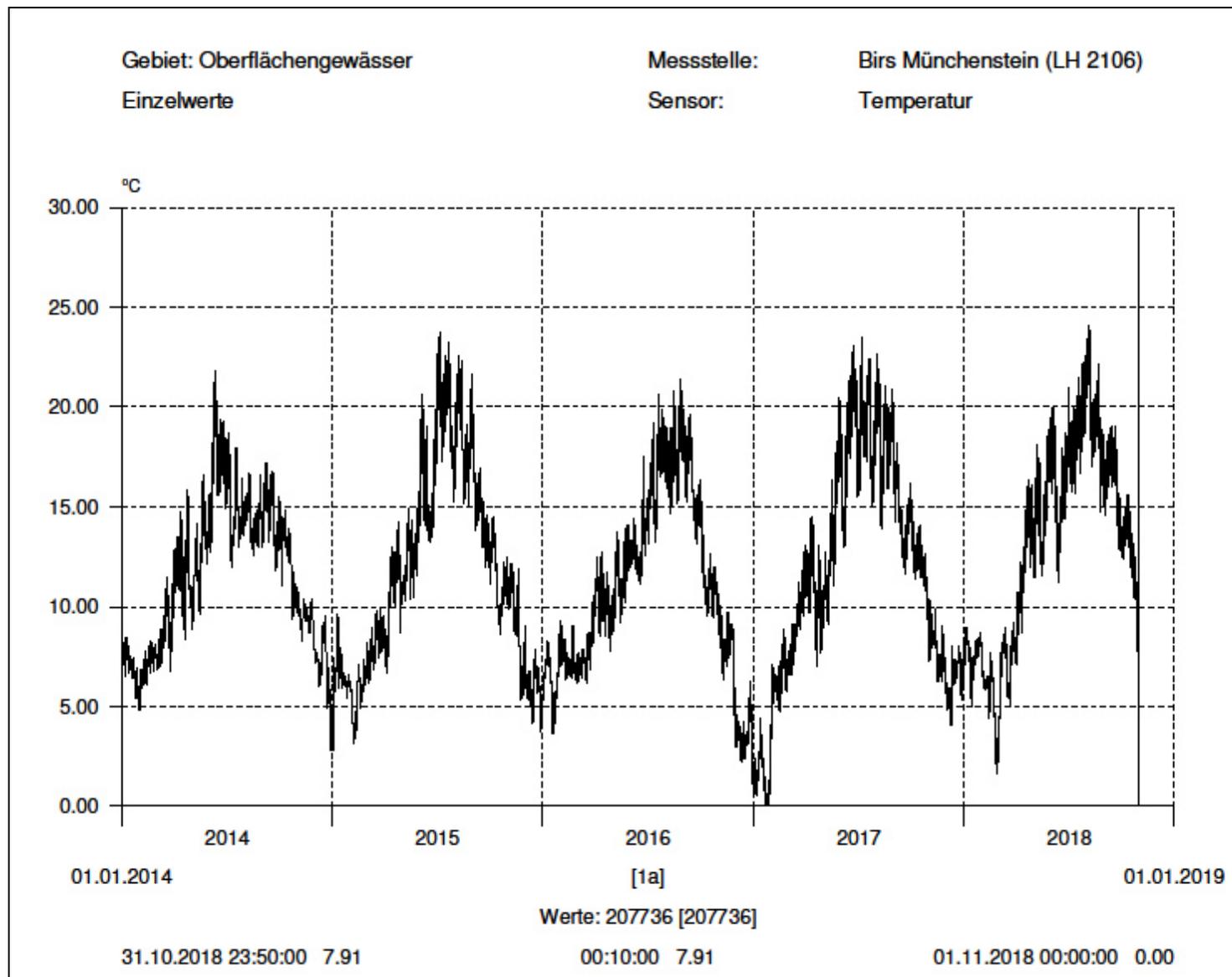


Abbildung 4 Temperaturmesswerte der Birs (Station Münchenstein) von 2014 bis 2018.

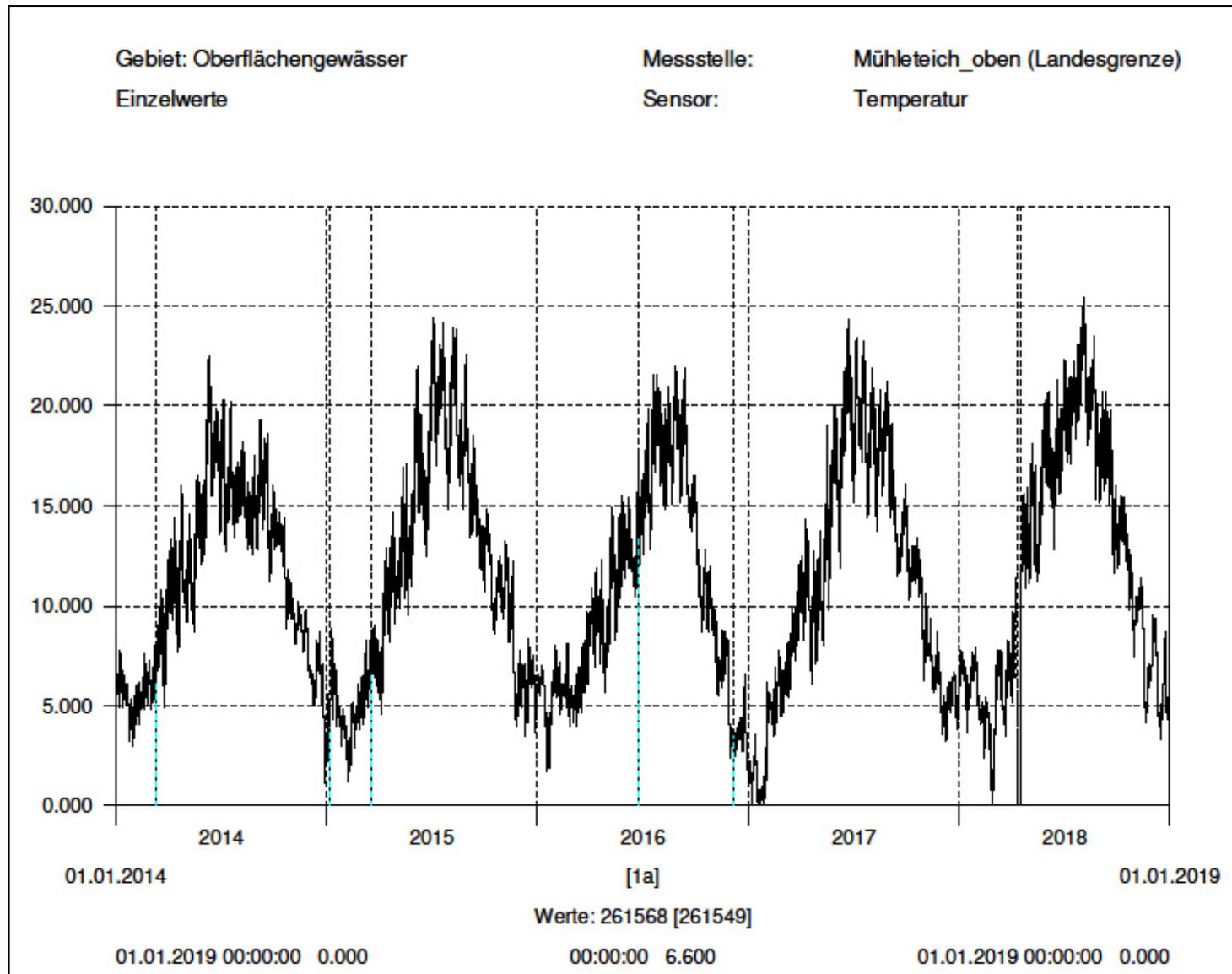


Abbildung 5 Temperaturmesswerte des Mühleleichs (Station Landesgrenze) von 2014 bis 2018.

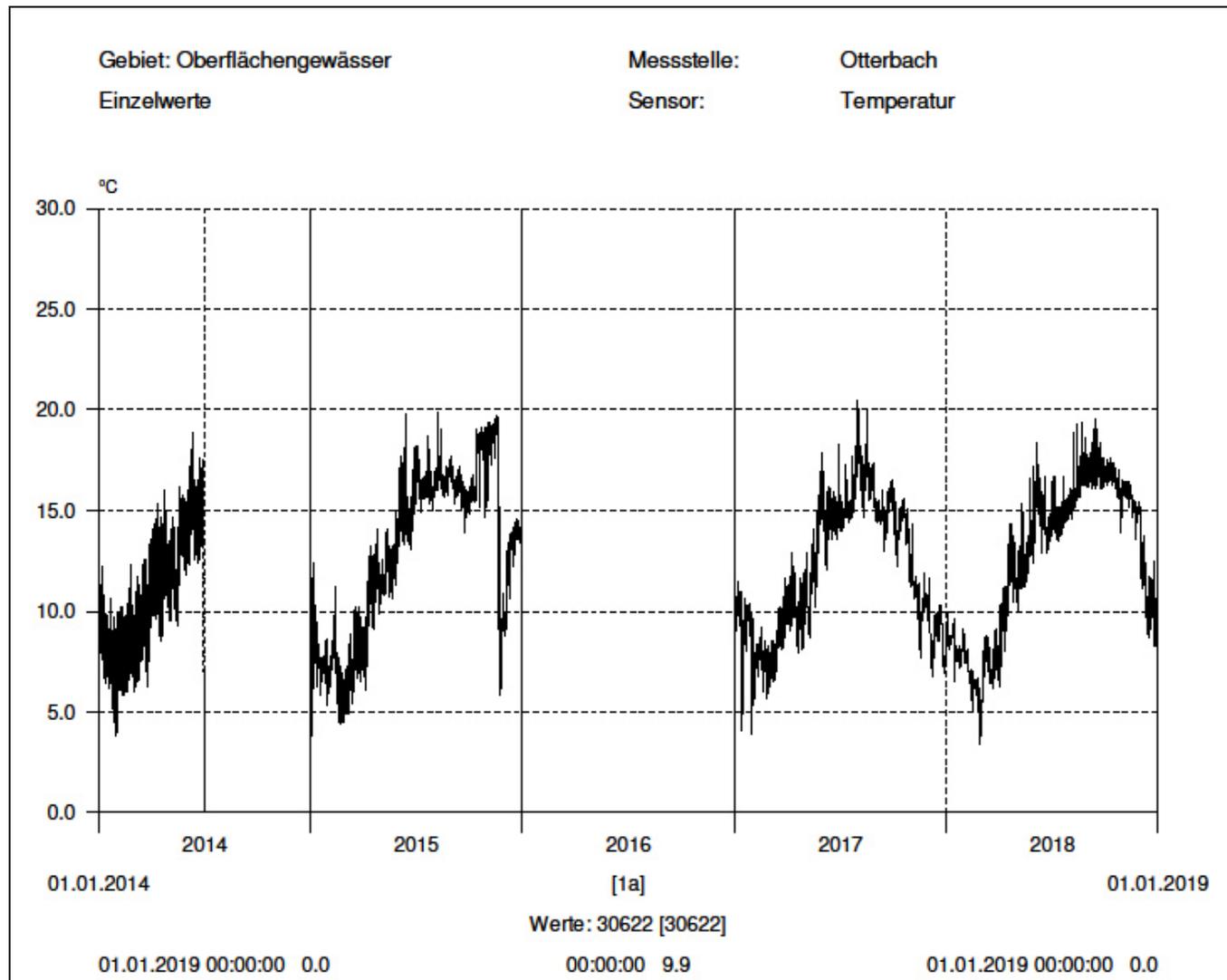


Abbildung 6 Temperaturmesswerte des Otterbachs von 2014 bis 2018. Für das zweite Halbjahr 2014 und für 2016 liegen keine Messwerte vor.

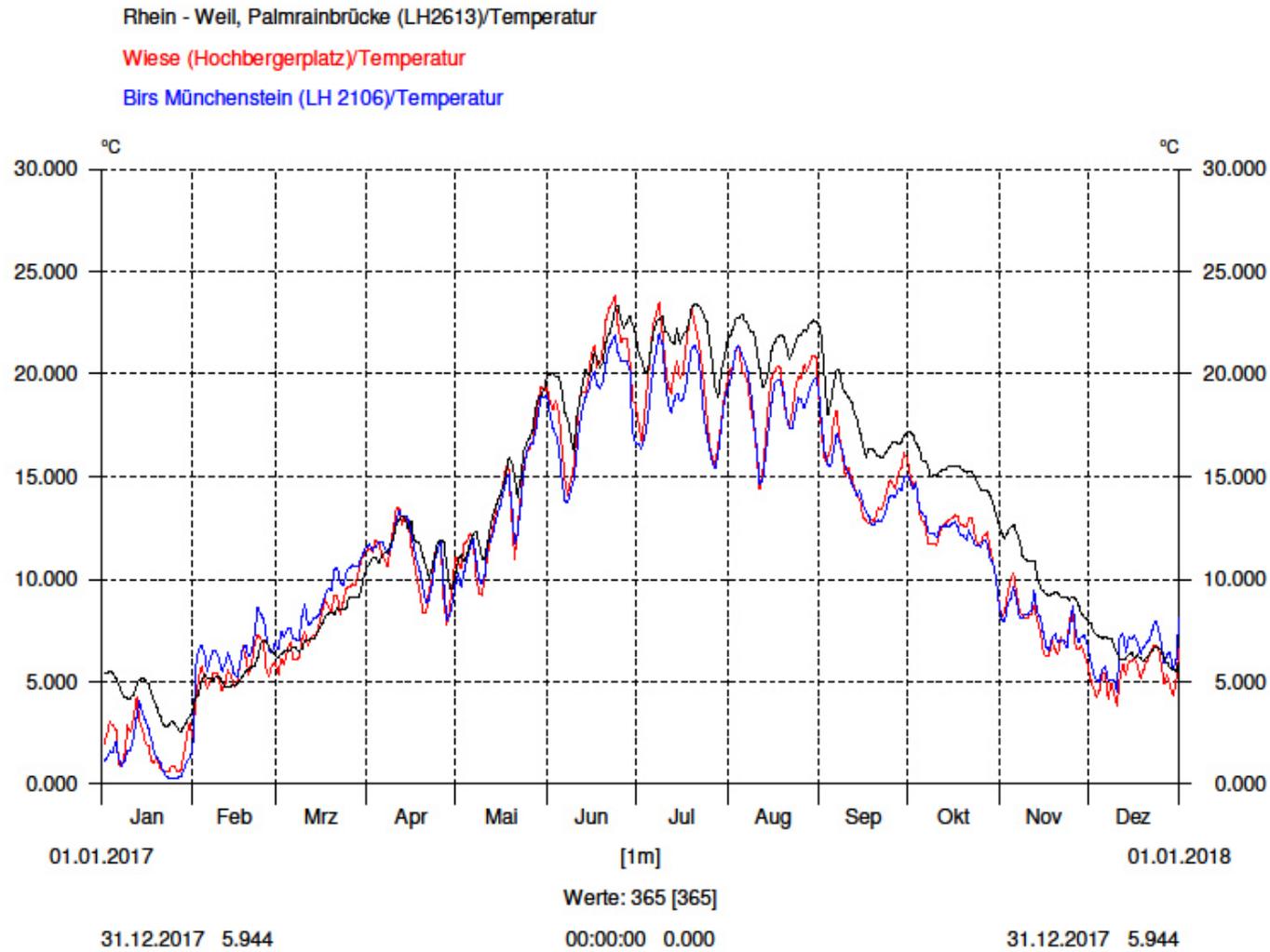


Abbildung 7 Tagesmittel-Temperaturen von Birs, Rhein und Wiese im Jahr 2017. In den Sommer- und Herbstmonaten erreicht der Rhein die höchsten Werte.

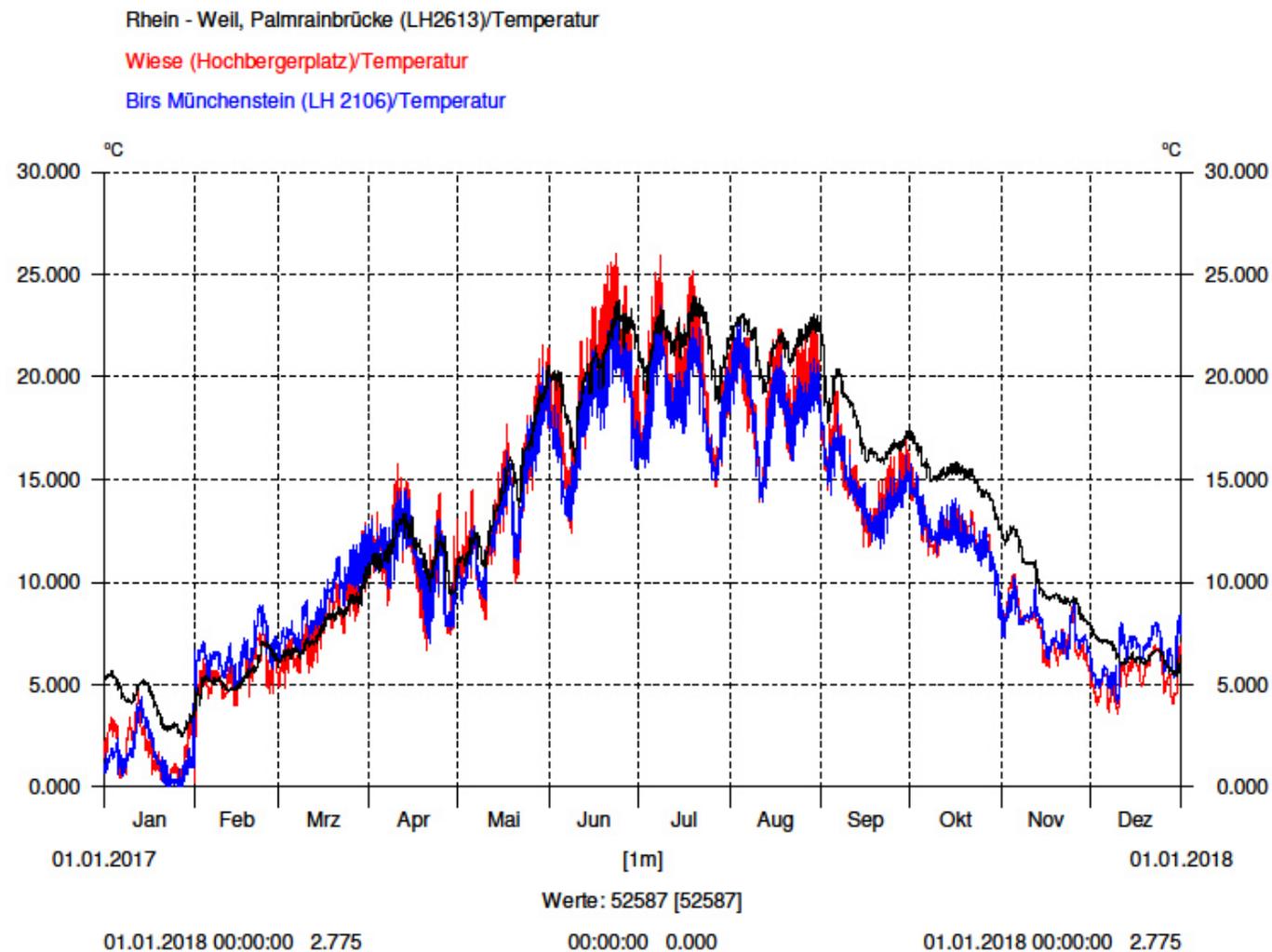


Abbildung 8 Temperaturmesswerte von Birs, Rhein und Wiese im Jahr 2017. Die Wiese erreicht in den Sommermonaten die mit Abstand höchsten Temperaturspitzen.

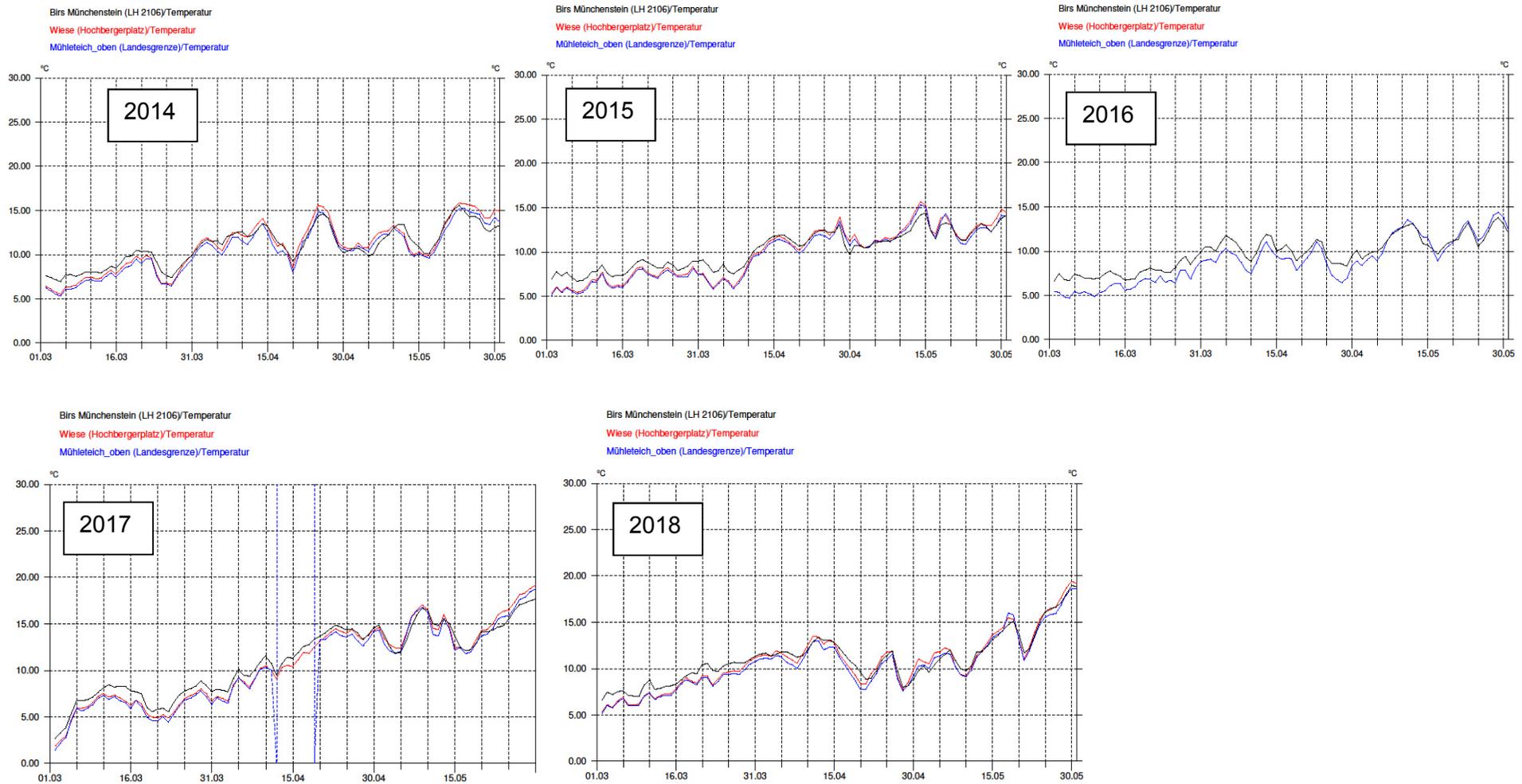


Abbildung 9 Tagesmittelwerte der Temperaturen von Wiese, Birs und Mühleteich während der Äschenlaichzeit. Für das Jahr 2016 liegen keine Daten der Wiese vor

Literatur

Bundesamt für Umwelt 2012: Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt „Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz“ (CCHydro). Umwelt-Wissen Nr. 1217: 76 S.

Elliot J. M., Elliott J.A. 2010: Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. Journal of Fish Biology 77, 1793-1817.

Fishbase 2018: Bachneunauge (*Lampetra planeri*)
<http://www.fishbase.org/summary/Lampetra-planeri.html>

Küttel S., Peter A., Wüest A. 2002: Rhône Revitalisierung - Temperaturpräferenzen und –limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer.
<http://www.rhone-thur.eawaq.ch/temperaturpraeferenzen1.pdf>

Raman Vinna L., Wüest A., Bouffard D. 2017: Physical effects of thermal pollution in lakes. Water Resources Research 53, 3968-3987.

Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt 2011: Bericht über die Folgen des Klimawandels im Kanton Basel-Stadt,
<http://www.bs.ch/publikationen/aue/Bericht-Folgen-Klimawandels-Kanton-Basel-Stadt.html>

Schweizerischer Fischereiberatung FIBER: Die Proliferative Nierenkrankheit.
https://www.fischereiberatung.ch/docs/inhalt/pkd_d.pdf