

Thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol

**Medieninhaber und
Herausgeber:**



Energieagentur Tirol GmbH
Bürgerstraße 1-3
6020 Innsbruck
www.energieagentur.tirol

Titel: Thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol

Redaktion: Dr. Lukas SCHIFFERLE, BSc
Felix THALHEIM, M.Sc.

Berichtslegung: Juli, 2026

Titelbild: Achensee. Energieagentur Tirol GmbH (2024)

**Copyright und Haf-
tung**

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Herausgebers und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin / des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen office@energieagentur.tirol

Zitierweise: Energieagentur Tirol GmbH (2026): Thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	5
2. Veranlassung und Zielsetzung	7
3. Vorgangsweise	8
4. Technische Grundlagen	9
4.1. Begriffsbestimmungen Oberflächengewässer	9
4.1.1. Stehende Gewässer	9
4.1.2. Fließgewässer	10
4.1.3. Quellen	10
4.2. Nutzungsmöglichkeiten	11
4.2.1. Netzkonfigurationen	11
4.2.2. Anergienetze	12
4.2.3. Systemtypen	13
4.3. Wärmeübertragungsmedien	14
4.3.1. Wasser – H ₂ O	15
4.3.2. Ethylenglykol – C ₂ H ₆ O ₂	15
4.3.3. Propylenglykol – C ₃ H ₈ O ₂	16
4.3.4. Sole	16
4.3.5. Kohlenstoffdioxid – CO ₂	16
5. Rechtliche Grundlagen	17
5.1. Allgemeines	17
5.2. Österreich	17
5.2.1. Wasserrechtsgesetz 1959	17
5.2.2. Qualitätszielverordnung Ökologie - Oberflächengewässer	20
5.2.3. Allgemeine Abwasseremissionsverordnung	22
5.2.4. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan	22
5.2.5. Tiroler Naturschutzgesetz 2005	23
6. Mögliche Auswirkungen von thermischen Nutzungen	25
6.1. Stehende Gewässer	25
6.2. Fließgewässer	27
6.3. Allgemeine ökologische Auswirkungen	28
6.4. Auswirkungen auf die Fischfauna	29
6.5. Gewassertemperaturen & Fischkrankheiten	31
6.6. Erkenntnisse aus bestehenden Potenzialstudien	32

7. Praxisbeispiele.....	33
7.1. Seewasserverbunde Zürichsee	33
7.2. Seethermie St. Moritz	35
7.3. Großwärmepumpe Stadtwerke Rosenheim	37
7.4. Neumühle/Elster	39
7.5. Gemeindezentrum Fulpmes.....	41
7.6. Thermische Nutzung Alexbründlquelle, Tux	43
7.7. Thermische Nutzung von Seen in Oberösterreich.....	44
7.8. Thermische Seewassernutzung Bodensee	44
7.9. Technische Herausforderungen	46
8. Thermische Potenziale von Oberflächengewässern in Tirol.....	48
8.1. Gewässerauswahl	48
8.2. Methodik.....	49
8.2.1. Potenzialberechnung Fließgewässer.....	49
8.2.2. Potenzialberechnung stehende Gewässer	52
8.3. Auswertung und Entwicklung der Gewässer-Temperaturdaten	54
8.4. Einschätzung des thermischen Potenzials für Tirol	59
9. Mögliche Umsetzungsvarianten in Tirol.....	63
9.1. Fließgewässer (Flüsse)	63
9.2. Fließgewässer (Bäche, Gießen, Mühlgräben)	64
9.3. Stehende Gewässer (natürliche)	65
9.4. Stehende Gewässer (künstliche).....	65
9.5. Quellen	66
9.6. Übersicht	67
10. Rahmenbedingungen für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol.....	68
11. Ausblick.....	70
Literaturverzeichnis	71

1. Zusammenfassung

Thermische Nutzungen von Oberflächengewässern haben in Tirol das Potenzial, einen zwar eher kleinen, aber dennoch lokal wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Energiesystems und der Erreichung der Ziele der Energiestrategie Tirol 2050 energieautonom zu leisten. Insbesondere in Gebieten mit entsprechend hoher Wärmedichte, in denen nicht ausreichend andere erneuerbare Energieressourcen zur Verfügung stehen, kann diese Technologie zum Einsatz kommen. Im dezentralen Bereich für Individuallösungen bieten sich ebenfalls Einsatzmöglichkeiten.

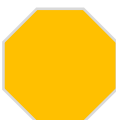
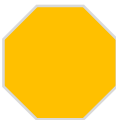
Auch wenn das theoretische thermische Potenzial – wie auch in vergleichbaren Studien in der Schweiz und Bayern – ausgesprochen hoch ist und sogar den aktuellen Gesamt-Wärmebedarf der Tiroler Gebäude übersteigt: Das tatsächlich nutzbare thermische Potenzial der Tiroler Gewässer dürfte deutlich unter 5 % des theoretischen Gesamtpotenzials liegen. Grund dafür sind vor allem die Standortbedingungen in Tirol.

Seen bieten zwar aufgrund stabilerer Temperaturverhältnisse und geringer hydrologischer Dynamik grundsätzlich günstigere Voraussetzungen für eine thermische Nutzung, abgesehen vom Achensee liegen sie jedoch fernab von größeren Siedlungsbereichen. In Tirol sind die Rahmenbedingungen bei Fließgewässern im Vergleich zu anderen Regionen zusätzlich erschwert. Selbst große Flüsse wie der Inn sind technisch-wirtschaftlich oft nicht nutzbar. Grund dafür sind periodische Hochwässer, das Vorhandensein von Treibgut und Geschiebe oder ungeeignete Gewassertemperaturen. Wenn Flüsse über die Heizperiode Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt aufweisen, so können sie nicht für Heizzwecke genutzt werden. Dazu kommt eine Reihe gewässerökologischer Aspekte, die in Projekten mitzuberücksichtigen sind.

Aufgrund zunehmend steigender Wassertemperaturen vieler Tiroler Oberflächengewässer und der damit einhergehenden Herausforderungen für die aquatischen Ökosysteme stehen Kühlnutzungen nicht im Zentrum der Betrachtung und sind kritisch zu sehen. Der Fokus wurde daher auf Potenziale und Standorte für die Wärmenutzung gelegt.

In nachstehender Tabelle sind zentrale Ergebnisse dieser Studie zusammengefasst.

	Das Potenzial zum Heizen	Das thermische Potenzial ist hoch Der theoretische Gesamt-Wärmebedarf der Tiroler Gebäude könnte – theoretisch – allein über Oberflächengewässer gedeckt werden. Das tatsächliche Potenzial hängt aber von vielen lokalen Faktoren ab, die jeweils im Einzelfall betrachtet werden müssen und liegt voraussichtlich deutlich unter 5 % des theoretischen Potenzials.
	Stand der Technik	Die Technologie ist einsatzbereit Hydrothermie einschließlich Seethermie wird in zahlreichen Ländern bereits in den verschiedensten Konfigurationen und Dimensionen genutzt. Stärken und Schwächen sind im Wesentlichen bekannt, Know-how kann abgegriffen werden. Auch in Tirol kann die Technologie einen Beitrag zur Wärmebedarfsdeckung und Dekarbonisierung leisten.

	Standortbezogene Herausforderungen	Es gibt – je nach Standort – gewisse Herausforderungen Die lokalen naturräumlichen und hydrologischen Bedingungen sind bei der Planung adäquat zu berücksichtigen. Beispiele aus der Vergangenheit sowie laufende Auswertungen aktueller Betriebsdaten und Forschungsprojekte sollten zur Orientierung dienen.
	Rechtliche Rahmenbedingungen	Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind klar Die rechtlichen Vorgaben sind durch die entsprechenden Gesetze und Vorgaben in Österreich sowie Tirol gegeben. Es fehlen jedoch weitgehend die Erfahrungswerte aus der Praxis.
	Auswirkungen auf Gewässer	Abkühlungen sind tendenziell positiv – Erwärmungen negativ Insbesondere vor dem Hintergrund allgemein steigender Gewässertemperaturen sind Abkühlungen durch Heizanlagen tendenziell als positiv zu bewerten – Kühlanlagen mit Wärmeeintrag sind hingegen kritisch zu betrachten. Die gewässerökologischen Auswirkungen von Abkühlungen sind bei Einhaltung der Gesetzesgrundlagen und sonstigen Regelwerke gering. Hier gibt es aus Nachbarländern bereits einen größeren Erfahrungsschatz.
	Standortwahl	Auf den geeigneten Standort kommt es an Es sind jeweils eine Vielzahl an Rahmenbedingungen und Standortfaktoren für die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen. An Fließgewässern eignen sich z. B. Standorte an bestehenden Wasserkraftwerken oder anderen Querbauwerken sowie sonstige Ausleitungen aus Oberflächengewässern.
	Einsatzmöglichkeiten	Die technischen Möglichkeiten sind vielseitig Durch die zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten der Wärmeenergie von Oberflächengewässern (offene vs. geschlossene Systeme, Einzelanlagen vs. Wärmenetze) sowie die verschiedenen, auf die Bedarfsstruktur anpassbaren Netzkonfigurationen sind die Einsatzmöglichkeiten vielseitig und skalierbar. Je nach Ressource und Standort ist die am besten geeignete Option zu wählen.
	Grundlagendaten und Forschungsbedarf	Grundlagendaten bei Seen lückenhaft Während es an den Fließgewässern zahlreiche Messstellen von Wasserstand, Abfluss und Wassertemperatur gibt, ist die Datenlage an den Tiroler Seen lückenhaft. Potenziell größere Nutzungen an Oberflächengewässern sollten nach Möglichkeit wissenschaftlich begleitet werden, um zusätzlichen Erkenntnisgewinn zu erzielen.

Legende: grün: positiv bewertet; orange: kritischer Punkt / Verbesserungsbedarf.

2. Veranlassung und Zielsetzung

Gestützt auf energiepolitische Rahmenbedingungen von Europäischer Union sowie des Bundes verfolgt das Land Tirol als Ziel die Erlangung einer bilanziellen Energieautonomie bis zum Jahr 2050. Spätestens bis zu diesem Zeitpunkt soll – im Jahressaldo betrachtet – die Deckung des Energiebedarfes vollständig mittels heimischer, erneuerbarer Energieträger erfolgen. Die derzeitige Abhängigkeit der Energieversorgung von Importen von insbesondere Öl und Erdgas, für die jährlich rund 2 Mrd. Euro aufgewendet werden, soll auf null reduziert werden und im Gegenzug die regionale Wertschöpfung durch Nutzung heimischer Energieträger erhöht werden. Die Studie „*Energie-Zielszenario Tirol 2050 – Aktualisierung 2024*“ [1],[2] zeigt, dass trotz steigender Bevölkerungszahl und fortschreitendem Wirtschaftswachstum durch Effizienzsteigerungen und Einsparungen der Endenergieeinsatz Tirols um rund 30 % gegenüber 2021 unter Einsatz bereits ‚heute‘ verfügbarer Technologien verringert werden kann. Zur Sicherstellung der Energieversorgung sind sämtliche heimischen Energieträger bestmöglich zu nutzen.

Insbesondere die Dekarbonisierung des Wärmesektors stellt Land, Gemeinden, Wirtschaft und Bevölkerung vor eine große Herausforderung. Vor diesem Hintergrund wird vermehrt nach Alternativen Ausschau gehalten, wie der Wärmebedarf über lokal und stets verfügbare Energiequellen gedeckt werden kann. Obwohl Grundwasser und Erdwärmesonden bereits zahlreich für Einzelanlagen genutzt werden, sind die verfügbaren Beispiele für Netzlösungen insbesondere für Bestandsgebäude rar, obwohl technisch möglich. Oftmals sind dabei die hohen Investitionskosten und das Erkundungsrisiko ein Hemmnis.

Unter anderem in diesem Kontext soll die thermische Nutzung von Oberflächengewässern – also von Seen, Speicherseen, Flüssen und Quellen auch für Tirol untersucht werden. Derartige Potenziale werden besonders in der Schweiz seit einigen Jahren intensiver ausgeschöpft, entsprechende Erhebungen durchgeführt und Richtlinien erstellt. So werden ganze Stadtteile und Orte über sogenannte „*Seewasserverbunde*“ mit Wärme und Kälte versorgt.

Im Rahmen der gegenständlichen Studie werden technische und rechtliche Grundlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern zusammengetragen und darüber hinaus eine Abschätzung der Eignung / Potenziale von ausgewählten Tiroler Oberflächengewässern zur thermischen Nutzung (Heizen) getroffen.

3. Vorgangsweise

Zur Zielerreichung wird zunächst auf die technischen Grundlagen zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern eingegangen (Kap. 4), wobei auf wesentliche Begriffsbestimmungen ebenso Bezug genommen wird wie auf technische Nutzungsmöglichkeiten sowie Wärmeübertragungsmedien.

In Kap. 5 wurden die für Österreich bzw. Tirol relevanten rechtlichen Grundlagen recherchiert und zusammengefasst, die die Nutzung von Gewässern im Allgemeinen reglementieren sowie im Speziellen auf die thermische Nutzung von Oberflächengewässern eingehen.

Im nächsten Schritt wurden die möglichen Auswirkungen von solchen Nutzungen auf Basis einer Literaturstudie zusammengetragen (Kap. 6), wobei einerseits separat auf stehende Gewässer und Fließgewässer eingegangen wird und andererseits auf allgemeine ökologische Auswirkungen sowie spezifische Auswirkungen auf die Fischfauna. In diesem Kontext wird auch der Zusammenhang von Fischkrankheiten und (steigenden) Gewässertemperaturen angerissen.

Die Praxisbeispiele in Kap. 7 geben einen Überblick, in welcher Form die Oberflächengewässer – in Anbetracht der zuvor erläuterten Anforderungen und Reglementierungen – in Österreich und dessen Nachbarländern bereits genutzt wurden und werden. In diesem Zusammenhang wurden auch Anlagen besichtigt und Expert*innen-Gespräche geführt (EAWAG, AnEx Ingenieure, TU Darmstadt, Thüringer Wärmeservice, Stadtwerke Rosenheim). Hierbei werden auch Herausforderungen bei der Errichtung und Standortauswahl beschrieben.

In Kap. 8 erfolgt die grobe Potenzialabschätzung des theoretischen thermischen Potenzials der Tiroler Gewässer unter Angabe von u. a. Grundlagendaten, Berechnungsmethodik sowie den zu berücksichtigenden Einschränkungen.

Daran anknüpfend werden in Kap. 9 wesentliche Anforderungen an geeignete Standorte zur thermischen Nutzung zusammengefasst und Beispiele für mögliche Nutzungen skizziert.

Anschließend werden auf Basis dieser Erhebungen im Hinblick auf eine Leitlinie zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol allgemeine technisch-rechtliche Anforderungen aus wasserwirtschaftlicher und gewässerökologischer Sicht an diverse thermische Nutzungen zusammengestellt (Kap. 10).

Schließlich folgt in Kap. 11 ein Fazit einschließlich Ausblick und mögliche Handlungserfordernisse zur Etablierung der Technologie.

Datenherkunft

Als Datengrundlagen dienten hydrologische Pegeldaten vom Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie sowie hydrologische Pegeldaten und Temperaturdaten zu Fließgewässern und dem Achensee, bereitgestellt durch die TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG. Ergänzend wurde das bathymetrische Tiefenmodell des Achensees verwendet, zur Verfügung gestellt vom Institut für Geologie der Universität Innsbruck (Univ.-Prof. Dr. Michael Strasser; Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr. Jasper Moernaut).

4. Technische Grundlagen

Im Folgenden werden eingangs grundlegende Begriffsbestimmungen in Bezug auf Oberflächengewässer vorgenommen. Danach werden technische Grundlagen zur thermischen Nutzung von insbesondere Oberflächengewässern erläutert ¹. Folgend wird u. a. aufgrund der hohen Umweltrelevanz auf die gängigen Wärmeübertragungsmedien eingegangen – nicht jedoch auf Kältemittel.

4.1. Begriffsbestimmungen Oberflächengewässer

Unter die Oberflächengewässer-Definition laut EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fallen:

- > Flüsse als größtenteils an der Erdoberfläche fließende Binnengewässer,
- > Seen als stehende Binnenoberflächengewässer,
- > Übergangswässer (Oberflächengewässer dominant von Süßwasserströmung beeinflusst, aber durch die Nähe zu Küstengewässern mit gewissem Salzgehalt),
- > Küstengewässer als Oberflächengewässer innerhalb des Hoheitsgebietes,
- > sowie künstliche Wasserkörper und
- > erheblich veränderte Wasserkörper (als Sub-Unterteilung).

Zu unterscheiden sind bei den Oberflächengewässern einerseits „künstliche Wasserkörper“, also „von Menschenhand geschaffene Oberflächenwasserkörper“ (Artikel 2 Absatz 8 WRRL), sowie „erheblich veränderte Wasserkörper“, somit „ein Oberflächenwasserkörper, der durch physikalische Veränderungen durch den Menschen in seinem Wesen erheblich verändert wurde“ (Artikel 2 Absatz 9 WRRL). In diesem Zusammenhang ist der Oberflächenwasserkörper als „einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers, z. B. ein See, ein Speicherbecken, ein Strom, Fluss oder Kanal, ein Teil eines Stroms, Flusses oder Kanals (...)“ definiert (Artikel 2 Absatz 10 WRRL).

4.1.1. Stehende Gewässer

Grundsätzlich ist bei den stehenden Gewässern gemäß WRRL zwischen natürlichen stehenden Gewässern und künstlichen stehenden Gewässern zu unterscheiden.

Je nach Größe und Bestandsdauer kann bei den natürlichen stehenden Gewässern noch weiter zwischen folgenden Begrifflichkeiten unterschieden werden ^{2,3}:

- > See: stehende Binnengewässer mit ausreichender Tiefe, in der sich über Tage bzw. Monate eine stabile Temperaturschichtung entwickeln kann. In diesem Rahmen sind flachere Seen als „*Flachseen*“ abzugrenzen,
- > Weiher: ein langlebiges, stehendes Gewässer mit geringer Tiefe, dessen Boden zur Gänze von höheren Pflanzen besiedelt ist,

¹ Absolute Temperaturen werden in diesem Bericht in Grad Celsius (°C) angegeben, Temperaturdifferenzen in Kelvin (K)

² https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/vielfaltleben/gemeindenetz/tipps/unterschied.html, Zugriff am 06.02.2024

³ https://biologie-seite.de/Biologie/Stillgew%C3%A4sser?utm_content=cmp-true, Zugriff am 10.02.2024

- > Tümpel, Pfütze, Lacke: flache, natürlich entstandene Klein- und Kleinstgewässer, welche in der Regel austrocknen und in Senken mit wasserundurchlässigem oder -zurückhaltendem Untergrund entstehen.

Hinsichtlich der künstlichen stehenden Gewässer sei auf die Typzuordnung im Rahmen der WRRL und deren Umsetzung in Österreich [3] bzw. die „*Common implementation strategy for the water framework directive: identification and designation of heavily modified and artificial water bodies*“ verwiesen, wonach in Österreich drei Typzuordnungen erfolgen:

- > Hochgebirgsspeicher,
- > Teiche: Löschwasserteiche, Teiche zur Landschaftsgestaltung. In der Regel ist der Wasserstand regulierbar bzw. vollständig ablassbar,
- > Sonstige: z. B. Bagger- oder Bergbauseen.

4.1.2. Fließgewässer

Gemäß der „*Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer*“ sind Fließgewässer wie folgt definiert: „*ein natürlich vorkommendes, in natürlich entstandenen oder künstlich hergestellten Eintiefungen ständig oder zeitweilig mit gleichgerichtetem Gefälle auf der Landoberfläche fließendes Wasser einschließlich Gewässerbett (Sohle, Ufer) sowie pflanzlicher und tierischer Lebensgemeinschaft*“ (§ 3, Begriffsbestimmungen Punkt 6.).

In der ÖNORM B 2400 [4] wird ein Fließgewässer als „*ständig oder zeitweise fließendes oberirdisches Gewässer*“ definiert, wobei angemerkt wird, dass es sich hier um einen Sammelbegriff für „*Bach, Fluss, Strom, Kanal und Ähnliches*“ handelt.

4.1.3. Quellen

Hinsichtlich der Einstufung von Quellen bzw. des aus Quellen abfließenden Wassers gibt es in den Gesetzen keine einheitliche Definition. In § 3 Absatz 1 Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959) wird bezüglich des Eigentums an Gewässern zwischen dem in einem Grundstück enthaltenen unterirdischen Wasser (Grundwasser) und dem aus einem Grundstück zutage quellenden Wasser unterschieden. In diesem Zuge sei auf die über dem WRG 1959 stehende WRRL verwiesen, wonach Grundwasser als „*alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder Untergrund steht*“ verstanden wird (Artikel 2 Absatz 2 WRRL). In der DIN 4049-3 wird eine Quelle als „*örtlich begrenzter Grundwasseraustritt, der zumindest zeitweise zu einem Abfluss führt*“, definiert.

Gemäß ÖNORM B 2400 [4] wird eine Quelle definiert als „*räumlich begrenzte, natürliche Austrittsstelle von unterirdischem Wasser*“. Bei [5] heißt es: „*Quellen sind Orte eng begrenzter Grundwasseraustritte. Das Grundwasser tritt an diesen Orten zutage und fließt über das oberirdische Gewässer ab, in dessen Einzugsgebiet die Quelle liegt*“.

Quellen sind also Orte des Überganges, an denen das Wasser „*aus dem Grundwasser aus- und in das Oberflächen-/Tagwasser eintritt*“ [6]. Hinsichtlich der Erschließung und Nutzung von Wasser aus Quellen haben sich u. a. deswegen in rechtlicher Hinsicht Unklarheiten aufgetan (Nutzung von Tag- oder Grundwasser), die prinzipiell zwar

wasserrechtliche und bewilligungstechnische Relevanz besitzen (können), auf diese jedoch hier nicht im Detail eingegangen wird⁴.

Abzugrenzen ist im rechtlichen Sinne der Begriff „*Quellwasser*“, da dieser gemäß Artikel 9 Absatz 4 Richtlinie 2009/54/EG (Gewinnung und Handel mit natürlichen Mineralwässern) „*Wasser vorbehalten ist, das im natürlichen Zustand für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist (...)*“. Gemäß der Mineralwasser- und Quellwasserverordnung (MQV) hat Quellwasser des Weiteren folgende Voraussetzungen zu erfüllen: „*es hat seinen Ursprung in einem unterirdischen Wasservorkommen und wird aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen*“ (§ 2 Absatz 1 MQV).

4.2. Nutzungsmöglichkeiten

Nah- und Fernwärmenetze können in verschiedener Weise betrieben werden. Allen gemeinsam ist ein zusammenhängendes Netz, dem die Teilnehmenden angeschlossen sind. Je nach Aufbau können verschiedene Netzkonfigurationen unterschieden werden, die es den Teilnehmenden erlauben, Wärme bzw. Kälte über das Netz zu beziehen bzw. abzugeben.

4.2.1. Netzkonfigurationen

Die Netzkonfiguration von Wärme bzw. Kältenetzen unterscheidet prinzipiell nach der Richtung des Energieflusses bzw. Trägermediums. Dabei wird zwischen vier Typen unterschieden:

- > Energiefluss – unidirektionale Netze und bidirektionale Netze
- > Medienfluss – gerichtete Netze und ungerichtete Netze

Die vier Netztypen werden im Folgenden kurz beschrieben.

Unidirektionale Netze

Bei unidirektionalen Netzen fließt Energie nur in eine Richtung. Dies bedeutet, dass alle an das Netz angeschlossenen Einheiten dem Netz lediglich Energie bzw. Wärme entziehen oder einspeisen. Um eine dauerhafte Wärmeentnahme bzw. Wärmeabgabe durch das Netz zu gewährleisten, ist dauerhaft sicherzustellen, dass ein entsprechender Wärmezuffluss bzw. -abfluss gewährleistet ist [7], [8], [9].

Bidirektionale Netze

Bidirektionale Netze kennzeichnen sich durch einen Energiefluss in beide Richtungen. Dies bedeutet, angeschlossene Einheiten können dem System sowohl Wärme entziehen als auch einspeisen.

Gerichtete Netze

Bei gerichteten Netzen gibt es eine Flussrichtung des Wärmeträgermediums, wobei die entsprechende Pumpe klassischerweise in der Nähe der Wärmequelle platziert ist. Dadurch wird für alle angeschlossenen Einheiten eine Vorlauftemperatur realisiert [9].

⁴ Für nähere Ausführungen siehe [6].

Ungerichtete Netze

Ungerichtete Netze werden von dezentralen Pumpen bedient, wobei jede angeschlossene Einheit ihre eigene Pumpe besitzt, die sowohl zur Wärme- als auch Kälteproduktion genutzt werden kann.

4.2.2. Anergienetze

Klassischerweise werden Fernwärmenetze über einen oder mehrere zentrale Brennkessel (z. B. Gas-, Öl, Hackschnitzel) mit Wärme versorgt. Ziel dabei ist es, die Vorlauftemperatur des Wärmeträgermediums auf eine Temperatur zu bringen, die über der angestrebten Raumtemperatur der Abnehmenden liegt. Nur dann kann Wärme aus dem Wärmenetz direkt an die angeschlossenen Gebäude abgegeben werden und zu Heizzwecken eingesetzt werden. Liegt die Vorlauftemperatur des Wärmeträgermediums darunter, kann keine Heizleistung erzielt werden. Die Temperatur bzw. Wärmeenergie, die zu Heizzwecken genutzt werden kann, wird in diesem Zusammenhang als **Exergie** bezeichnet. Der nicht nutzbare Teil – jene Energie, die unterhalb des gewünschten Raumtemperaturniveaus liegt und somit per se nicht für Heizzwecke zur Verfügung steht – wird als **Anergie** betrachtet (Abb. 1). Anergie-Wärmenetze zielen nun darauf ab, diesen sonst nicht verwendbaren Energieanteil für Heizzwecke nutzbar zu machen.

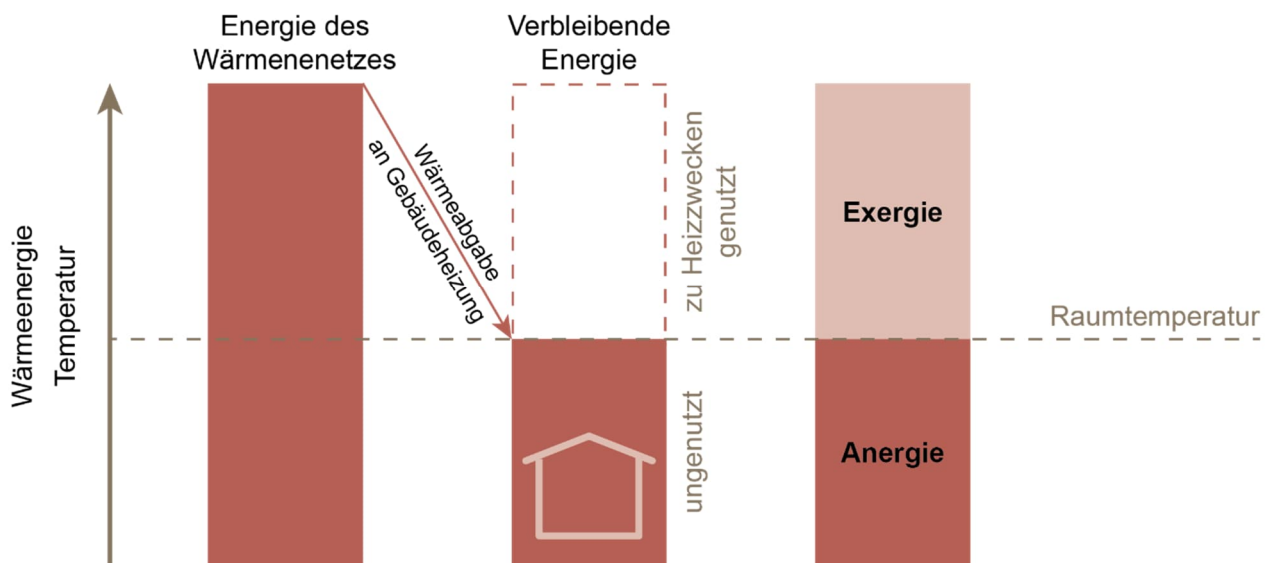


Abb. 1: Energienutzung in klassischen Wärmenetzen

Um ein Wärmenetz zu schaffen, das auf Anergie-Nutzung basiert, muss die Temperatur der zu nutzenden Wärmequelle auf eine Temperatur über der zu erzielenden Umgebungstemperatur gebracht werden und in Exergie umgewandelt werden. Da Anergie keine Arbeit leisten kann [9], muss dem System zur Nutzung der in ihr gespeicherten Wärmeenergie elektrische Energie (Exergie) von außen zugeführt werden. Dies kann beispielsweise durch Wärmepumpen erfolgen. Praktische Beispiele, wie dies bereits in größeren Maßstab umgesetzt wird, sind die Seewasserbündel in der Schweiz, deren Prinzip im Folgenden kurz erläutert wird.

In verschiedenen Schweizer Seen wird Seewasserenergie zur Heizung und Kühlung genutzt. Dabei wird Wasser aus 20 bis 40 Metern Tiefe aus dem See entnommen, über ein Rohrleitungssystem ans Ufer gepumpt, um bei Heizbedarf dem Wasser Wärme zu entziehen und auf ein Wärmeübertragungsmedium zu übertragen. Durch die

große Entnahmetiefe werden die saisonalen Temperaturschwankungen weitestgehend minimiert und es kann jahreskonstant auf eine in etwa gleichmäßige Wassertemperatur zurückgegriffen werden. Dies ist unter anderem durch die Dichteanomalie des Wassers bedingt (größte Dichte bei ca. 4 °C), die verhindert, dass kälteres Wasser in die Tiefen des Sees absinkt. Derartige Systeme finden sich z. B. bei den Seewasserverbunden Zürich, Zug oder Luzern.

In der Betriebsweise unterscheiden sich die Anergienetze je nach Wärmequelle. Es wird zwischen folgenden Betriebsweisen unterschieden:

- > **Monovalent:** Wärmepumpe ist die einzige Wärmequelle,
- > **Bivalent:** Wärmepumpe in Kombination mit anderen Wärmequellen,
- > **Monoenergetisch:** praktisch gleichbedeutend mit monovalent, jedoch dient eine Elektroheizung als zusätzliche Unterstützung.

4.2.3. Systemtypen

Es gibt prinzipiell zwei Arten von Systemtypen zur Nutzung der in den Oberflächengewässern gespeicherten Energie, die sich darin unterscheiden, ob **Wasser** aus dem Gewässer **entnommen** wird (**Offene Systeme**) oder ob der Wärmeenergieentzug direkt im Gewässer über einen **Wärmetauscher** erfolgt (**Geschlossene Systeme**).

4.2.3.1. Offene Systeme

Offene Systeme kennzeichnen sich dadurch, dass dem Gewässer aktiv Wasser entnommen wird. Das Wasser wird dabei ausgeleitet, die gespeicherte Wärmeenergie entzogen und diese über ein Wärmeübertragungsmedium an das Netz abgegeben. Nach dem Wärmeentzug wird das abgekühlte Wasser wieder in das Gewässer zurückgegeben (Abb. 2). Grundsätzlich bieten sich hierzu zwei Möglichkeiten an. Entweder wird das Wasser entnommen und in ein Becken geleitet, in dem sich Plattenwärmetauscher befinden, oder das Wasser wird zu einem Rohrdampfer geleitet, welcher die Wärme entzieht [10], [11].

Typische Beispiele für diesen Anlagentyp sind die Seewasserverbunde in der Schweiz oder auch die thermischen Nutzungen an Attersee und Traunsee in Oberösterreich, bei denen dem See oder auch einer Quelle (bspw. Alexbründlquelle, Tux) oder einem Fließgewässer (bspw. Schlickerbach, Fulpmes) aktiv Wasser entnommen wird und einer Wärmepumpe zugeführt wird, um es anschließend in abgekühlter bzw. erwärmter Form zurückzugeben. Denkbar sind solche Anlagen auch als Entnahme am Unterwasser von Kraftwerken bzw. beim Krafthaus eines Pumpspeicherkraftwerkes.

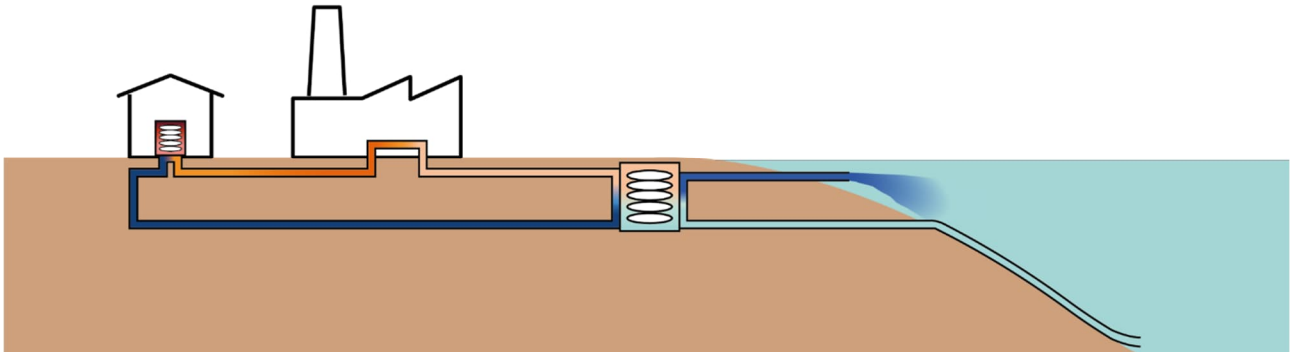


Abb. 2: Funktionsprinzip eines offenen Systems, bei dem einem See aktiv Wasser entzogen wird, zu einer Wärmepumpe geführt wird und dort auf eine höhere Temperatur gebracht wird. Modifiziert nach [12].

4.2.3.2. Geschlossene Systeme

In einem geschlossenen System wird dem Gewässer kein Wasser entzogen. Die Wärmeentnahme erfolgt direkt im Gewässer über Wärmetauscher (Abb. 3). Geschlossene Systeme können unterschiedliche Arten von Wärmetauschern nutzen (siehe [10]), sind aber auch vielfältig einsetzbar, bspw. im Unterwasser von Kraftwerken, unter Steganlagen in Seen oder auch bei Quellen.

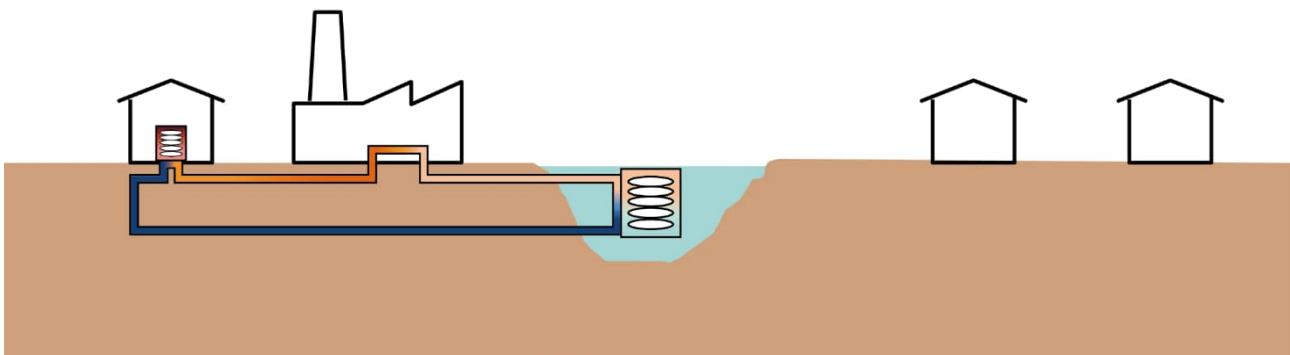


Abb. 3: Exemplarische Darstellung eines geschlossenen Systems, bei dem einem nahen Flusslauf mittels Wärmetauschern Wärme entzogen wird. Modifiziert nach [12].

4.3. Wärmeübertragungsmedien

In Wärmepumpenanlagen dienen Wärmeübertragungsmedien dazu, Wärme von einem Medium auf ein anderes zu übertragen. Konkret dient das Wärmeübertragungsmedium dazu, der Umwelt – somit dem Oberflächenwasser – Energie in Form von Wärme bzw. Kälte zu entziehen und diese Energie über einen Wärmetauscher an das innerhalb der Wärmepumpe zirkulierende Kältemittel zu übertragen. Letztere finden in diesem Kapitel keine Betrachtung. Grundsätzlich werden folgende Anforderungen an die Wärmeübertragungsmedien gestellt:

- > Hohe Wärmekapazität und hohe Wärmeleitfähigkeit,
- > Möglichst niedrige Viskosität,
- > Niedriger Gefrierpunkt (Schutz vor Gefrieren im Winter),

- > Verträglichkeit mit den Leitungsmaterialien,
- > Möglichst geringe Auswirkungen auf die Umwelt (u. a. nicht wassergefährdend).

Tab. 1 enthält die hydraulischen und thermischen Eigenschaften gängiger Wärmeträgermedien. In den folgenden Kapiteln finden sich nähere Details zu Einsatzzweck, Wassergefährdungspotenzial etc. Den Wärmeübertragungsmedien können verschiedenste Additive zugefügt werden – darunter bspw. Korrosionsinhibitoren oder Pufferstoffe, um den pH-Wert zu senken.

Tab. 1: Technische Eigenschaften verschiedener Wärmeträgerflüssigkeiten bei Normalbedingungen. Basierend auf [13], zitiert nach [14].

Wärmeträgerflüssigkeit	Spez. Wärmekapazität c [kJ/(kg·°C)]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	Dynam. Viskosität μ [kg/(m·s)]
Wasser	4,217	0,562	0,0018
Ethylenglykol (25 %)	3,795	0,480	0,0052
Propylenglykol (30%)	3,735	0,450	0,0108
Ethanol (25 %)	4,250	0,440	
Calciumchlorid (20 %)	3,050	0,530	0,0037
Methanol (25 %)	4,000	0,450	0,0040

4.3.1. Wasser – H₂O

- > Schmelzpunkt 0 °C,
- > Siedepunkt 100 °C,
- > Höchste Dichte bei 3,98 °C,
- > Korrosivität im Wesentlichen abhängig von der Lösungszusammensetzung (elektrochemische Korrosion), aber auch mikrobielle Korrosion bei hohem Nährstoffgehalt möglich (v.a. NO₃⁻, SO₄²⁻),
- > Im Vergleich zu Salz- bzw. Glykol-basierten Solen deutlich höherer Gefrierpunkt, dadurch potenziell Winterschäden durch Frostsprengung möglich,
- > Oft Einschränkungen bezüglich des Einsatzbereiches und der möglichen Spreizung,
- > Haupteinsatzzweck als Wärmeträgermedium bei offenen Systemen,
- > Keine Wassergefährdungsklasse.

4.3.2. Ethylenglykol – C₂H₆O₂

- > Schmelzpunkt: -16 °C (GESTIS-Stoffdatenbank),
- > Siedepunkt 197 °C (GESTIS-Stoffdatenbank),
- > Gefrier- bzw. Siedepunkt bei 50/50 Mischung (mit H₂O): -40 °C bzw. 108 °C [15],
- > Wassergefährdungsklasse 1,
- > Benötigt zusätzliche Korrosionshemmer und Puffersubstanzen,

- > Starke Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur (insbesondere unter dem Gefrierpunkt) [14],
- > Günstig,
- > Gute thermodynamische Eigenschaften.

4.3.3. Propylenglykol – $C_3H_8O_2$

- > Schmelzpunkt: $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (GESTIS-Stoffdatenbank),
- > Siedepunkt: $188,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (GESTIS-Stoffdatenbank),
- > Gefrier- bzw. Siedepunkt bei 50/50 Mischung: $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. $104\text{ }^{\circ}\text{C}$ [16],
- > Wassergefährdungsklasse 1,
- > Zulassung für Lebensmittel,
- > I. d. R. teurer als Ethylenglykol und niedrigerer Frostschutz.

4.3.4. Sole

Im traditionellen Verständnis bezeichnet Sole eine Lösung aus Wasser und Natriumchlorid (NaCl , Kochsalz). Bei Wärmepumpenanlagen wird dieser Begriff jedoch oft auch für mit Frostschutzmitteln (i. d. R. Glykole) versetztes Wasser verwendet. Die Zugabe von Glykolen zu Wasser stört die Eisbildung. Daher haben die Mischungen oft einen tieferen Gefrierpunkt als die Reinstoffe [17]. Im Falle von Wasser-Salz-Lösungen können Chloride (NaCl , MgCl , CaCl) oder Karbonate (CaCO_3) zum Einsatz kommen. Insbesondere letztere besitzen im Vergleich zu Chlorid-haltigen Lösungen eine deutlich verringerte Korrosivität.

4.3.5. Kohlenstoffdioxid – CO_2

- > Kommt typischerweise in Erdwärmepumpen als Wärmeträgermedium zum Einsatz,
- > Einsatz in der Regel unter Druck als flüssiges Medium, durch den Phasenwechsel zu gasförmig Wärmetransport zum Wärmetauscher [14],
- > Keine Wassergefährdungsklasse.

5. Rechtliche Grundlagen

5.1. Allgemeines

Die thermische Energie, die in Oberflächengewässern gespeichert ist, gilt gemäß „*Richtlinie EU 2018/2001 des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*“ (kurz „*RL (EU) 2018/2001*“) rechtlich als „erneuerbare Energie“ und fällt unter den Begriff der „**Umgebungsenergie**“. Sie ist „*natürlich vorkommende thermische Energie und in der Umwelt innerhalb eines begrenzten Gebietes angesammelte Energie, die (...) in Oberflächengewässern (...) gespeichert sein kann*“ (Artikel 2, Punkt 2 RL (EU) 2018/2001). In der Vorgängerrichtlinie RL 2009/28/EG wurde dafür der Begriff „**hydrothermische Energie**“ geprägt.

Soll nun die thermische Energie der Oberflächengewässer in Tirol genutzt werden, sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Von wesentlicher Relevanz ist dabei die auf EU-Ebene geschaffene Europäische Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und deren Umsetzung in Österreich durch die in den folgenden Unterkapiteln behandelten Vorgaben und Rechtsvorschriften.

In den folgenden Kapiteln wird auf die als relevant betrachteten Rechtsvorschriften eingegangen. Es wird jedoch festgehalten, dass dies keine vollumfassende Zusammenstellung darstellt.

5.2. Österreich

5.2.1. Wasserrechtsgesetz 1959

Nach **§ 9 Abs. 2** Wasserrechtsgesetz 1959 i. d. g. F. (WRG) „*bedarf die Benutzung der privaten Tagwässer sowie die Errichtung oder Änderung der hierzu dienenden Anlagen dann einer **Bewilligung** der Wasserrechtsbehörde, wenn hierdurch auf fremde Rechte oder infolge eines Zusammenhangs mit öffentlichen Gewässern oder fremden Privatgewässern auf das Gefälle, auf den Lauf oder die Beschaffenheit des Wassers, namentlich in gesundheits-schädlicher Weise, oder auf die Höhe des Wasserstandes in diesen Gewässern Einfluss geübt oder eine Gefährdung der Ufer, eine Überschwemmung oder Versumpfung fremder Grundstücke herbeigeführt werden kann.*“

→ Thermische Nutzungen von Oberflächengewässern fallen – gleich, in welcher Form und in welchem Ausmaß – schon allein deswegen in den Geltungsbereich dieses Gesetzes, da die Wassertemperatur zur Beschaffenheit des Wassers zählt (vgl. Kap. 5.2.2).

Gemäß **§ 11. Abs. 1** sind bei „*Erteilung einer nach § 9 oder § 10 Abs. 2 erforderlichen Bewilligung [...] jedenfalls **der Ort, das Maß und die Art der Wasserbenutzung** zu bestimmen.*“

Wie auch bei thermischen Grundwassernutzungen ist nach **§ 12 Abs. 1** „*das Maß und die Art der zu bewilligenden Wasserbenutzung [...] derart zu bestimmen, daß das öffentliche Interesse (§ 105) nicht beeinträchtigt und bestehende Rechte nicht verletzt werden.*“

Hinsichtlich technischer Vorgaben/Auflagen, die seitens der Wasserrechtsbehörde festgelegt werden können, ist auch **§ 12a zum Stand der Technik** zu beachten. Abs 1 hält dazu fest: „*Bei der Bestimmung des Standes der*

Technik sind insbesondere jene vergleichbaren Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, welche am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.“ In Abs. 2 wird dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft eingeräumt, für u. a. bestimmte Wassernutzungen den Stand der Technik festzulegen. In einer solchen Verordnung kann nach Abs. 4 aber auch die Anwendung des Anzeigeverfahrens (§ 114) für bestimmte Vorhaben vorgesehen werden.

Vorhaben von minderer wasserwirtschaftlicher Bedeutung können nach **§ 12b Abs. 1** per Verordnung aber auch bewilligungsfrei gestellt werden. Gemäß **§ 12c Abs. 1** kann der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Typisierungen von Anlagen und Anlagenteilen vorschreiben, d. h. sie müssen eine Typengenehmigung besitzen.

§ 13 bestimmt **Art und Maß der Wasserbenutzung**. Das Maß muss nach § 13 Abs. 1 jedenfalls durch den Bedarf des Konsenswerbers begründet sein, richtet sich aber auch nach den bestehenden wasserwirtschaftlichen Verhältnissen, die entsprechend dokumentiert sein müssen. Gemäß § 13 Abs. 4 ist das *„Maß der Wasserbenutzung [...] in der Bewilligung in der Weise zu beschränken, daß ein Teil des jeweiligen Zuflusses zur Erhaltung des ökologischen Zustandes des Gewässers sowie für andere, höherwertige Zwecke, insbesondere solche der Wasserversorgung, erhalten bleibt.“*

Kommt es zu Einschränkungen der Fischerei, wie es insbesondere bei thermischen Seewassernutzungen bekannt und in bestehenden Bescheiden berücksichtigt ist, können die Fischereiberechtigten nach **§ 15 Maßnahmen zum Schutz der Fischerei** begehren. Es können nach **§ 117** auch **Entschädigungsleistungen** festgelegt werden, z. B. für Mindererträge durch Entfernung von Plankton und Bauzeitschäden.

Nach **§ 21** ist die **Bewilligung** von Wasserbenutzungen jedenfalls zu befristen und der Zweck festzulegen. Zur Verlängerung/Wiederverleihung ist fristgemäß ein Ansuchen zu stellen. Wird der Zweck einer Anlage geändert (z. B. von reinem Heizbetrieb auf Heiz- und Kühlbetrieb), bedarf dies ebenfalls einer Bewilligung.

In **§ 30** wird festgehalten, dass alle Gewässer so reinzuhalten und zu bewirtschaften sind, dass:

- > „die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet werden kann, (...),
- > eine Verschlechterung vermieden sowie der Zustand der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf ihren Wasserhaushalt geschützt und verbessert werden,
- > eine nachhaltige Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen gefördert wird,
- > eine Verbesserung der aquatischen Umwelt, u. a. durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emission und Verlusten von gefährlichen Schadstoffen gewährleistet wird.“

Insbesondere wird auch sowohl die Reinhaltung der Gewässer als auch die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht festgeschrieben.

Nach **§ 31c Abs. 5 lit. c** ist für Anlagen zur **Wärmenutzung der Gewässer** (i. S. von geschlossenen Systemen ⁵ [18]) das **Anzeigeverfahren gemäß § 114** anzuwenden. Für das Anzeigeverfahren gelten dieselben Vorgaben hinsichtlich der erforderlichen Projektunterlagen wie für das Verfahren nach § 103. Im Anzeigeverfahren gilt die Bewilligung „*im angegebenen Umfang als erteilt, wenn die Behörde nicht innerhalb von drei Monaten ab Einlangen der Anzeige schriftlich mitteilt, dass die Durchführung eines Bewilligungsverfahrens erforderlich ist*“. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn fremde Rechte, öffentliche Interessen oder bestehende wasserwirtschaftliche Verhältnisse auf Grund der vorliegenden Unterlagen beeinträchtigt werden.

Gemäß **§ 32 Abs. 2 lit. b** bedürfen Einwirkungen auf Gewässer durch ionisierende Strahlung und Temperaturänderung einer Bewilligung der Wasserrechtsbehörde. Ebenso einer Bewilligung bedürfen gemäß **§ 38** die Errichtung und Abänderung von Bauten an Ufern und anderen Anlagen innerhalb der Grenzen des Hochwasserabflusses bei Fließgewässern, oder auch bei Vorhandensein eines wasserwirtschaftlichen Regionalprogrammes im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements (vgl. § 55 Abs. 1, Zeile 1), als auch Einbauten in stehende öffentliche Gewässer.

Im **§ 103** des WRG werden zudem die erforderlichen **Unterlagen für den Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung** erteilt. Dies sind (in gekürzter Form, betreffend thermische Nutzungen):

- > Angaben über Art, Zweck, Umfang und Dauer des Vorhabens und das betroffene Gewässer;
- > grundbuchsmäßige Bezeichnung der durch Anlagen beanspruchten Liegenschaften unter Anführung des Eigentümers sowie Bekanntgabe der Wasser-, Fischerei- und Einforstungsberechtigten;
- > Angaben darüber, ob bzw. in welcher Weise den Betroffenen Gelegenheit zur Kenntnisnahme von Vorhaben gegeben wurde, sowie über bereits vorliegende Vereinbarungen, sowie über Anträge an öffentliche Förderungsstellen nach dem Umweltförderungsgesetz oder Wasserbautenförderungsgesetz;
- > die Darstellung der vom Vorhaben zu erwartenden Vorteile oder der im Falle der Unterlassung zu besorgenden Nachteile;
- > Angaben über Gegenstand und Umfang der vorgesehenen Inanspruchnahme fremder Rechte und der angestrebten Zwangsrechte (§ 60) unter Namhaftmachung der Betroffenen;
- > die erforderlichen, von einem Fachkundigen entworfenen Pläne, Zeichnungen und erläuternden Bemerkungen unter Namhaftmachung des Verfassers;
- > bei Wasserbenutzungsanlagen Angaben über die beanspruchte Wassermenge je Sekunde, Tag und Jahr, über die erwarteten Auswirkungen auf Gewässer sowie über die zum Schutz der Gewässer vorgesehenen Maßnahmen;
- > bei Einbringungen in Gewässer Angaben über Menge, Art und Beschaffenheit der Abwässer, insbesondere über Fracht und Konzentration schädlicher Abwasserinhaltsstoffe, und über die zum Schutz der Gewässer vorgesehenen Maßnahmen;
- > bei genossenschaftlichen Vorhaben die Namen derjenigen, die der Genossenschaft beitreten sollen, unter Anführung der hierfür maßgeblichen Gesichtspunkte und Bemessungsgrundlagen;

⁵ Gleiches gilt für die in lit c genannten Anlagen zur Wärmenutzung der Gewässer. Damit werden von § 31c jene Anlagen erfasst, die nicht mit Hilfe einer gem. § 10 bewilligungspflichtigen Wasserentnahme und einer nach § 32 bewilligungspflichtigen (Wieder-)Einleitung des temperaturveränderten Wassers betrieben werden (vgl. Abs 1). § 31c idF 1990 sollte jene (geschlossenen) Wärmepumpensysteme erfassen, bei denen mit einem Wärmeträgermedium gefüllte Rohrleitungen im Boden oder in einem Gewässer verlegt werden, weil diese nicht (hinreichend eindeutig) von §§ 9, 10 bzw. 32 erfasst sind. Mit den Begriffen „Anlagen zur Gewinnung von Erdwärme“ und „Anlagen zur Wärmenutzung der Gewässer“ sollten also nur geschlossene Systeme in unterschiedlichem Umfeld erfasst werden. Wasser-Wasser-Wärmepumpen sollten nicht nach § 31c zu beurteilen sein, sondern weiterhin einerseits als Wasserentnahme aus Oberflächen- oder Grundwasser zwecks Zuleitung zu einem Wärmetauscher, andererseits als Einwirkung auf Gewässer durch Einleitung abgekühlten Wassers, somit nach §§ 9 oder 10 sowie 32 (unter Wahrung der dort geltenden Bagatellgrenzen) zu behandeln sein.“ (LINDNER in [18]).

- > bei Anlagen, bei denen wegen der Lagerung, Verwendung und Produktion von Stoffen, wegen der Betriebsweise der Ausstattung oder sonst die Gefahr von Störfällen besteht, Angaben über die zur Störfallvermeidung und zur Begrenzung oder Beseitigung der Auswirkungen von Störfällen vorgesehenen Maßnahmen;
- > Angaben darüber, welche Behörden sonst mit dem Vorhaben befasst sind;
- > gegebenenfalls vorgesehene Überwachungs- und Betriebsprogramme;
- > Beschreibung möglicher bundesgrenzenüberschreitender Auswirkungen.

5.2.2. Qualitätszielverordnung Ökologie - Oberflächengewässer

In der Qualitätszielverordnung (QZV) Ökologie werden gemäß § 30 Abs. 1 des Wasserrechtsgesetzes 1959 die zu erreichenden Zielzustände für Oberflächengewässer hinsichtlich der biologischen, hydromorphologischen und allgemeinen Bedingungen der physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten für den ökologischen Zustand festgelegt. Die Verordnung gilt für alle Oberflächengewässer (§ 30a Abs. 3 Z1 WRG 1959) mit Ausnahme von künstlichen und erheblich veränderten Gewässern.

Sowohl für Fließgewässer als auch für Seen gelten die anzustrebenden Temperaturverhältnisse laut der QZV als physikalisch-chemische Qualitätskomponenten. Dadurch ist die Wassertemperatur auch ein entscheidender Faktor zur Festlegung des ökologischen Zustands, wobei jeweils der schlechteste Wert der maßgeblichen Parameter entscheidend ist. Werte für den Parameter Temperatur sind dabei in Anlage H1 für Fließgewässer bzw. L1 für Seen angeführt. Seitens der Autoren wird jedoch angemerkt, dass die Temperatur nicht alleinstehend zu betrachten ist, sondern sich auch auf die anderen chemisch-physikalischen Parameter (z. B. Sauerstoffsättigung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ionenlöslichkeit) auswirkt.

Gemäß „Leitfaden zur typspezifischen Bewertung gemäß WRRL. Allgemein physikalisch-chemische Parameter in Fließgewässern“ [19] wurde für Fließgewässer in Hinblick auf die Fische eine Abgrenzung zwischen sehr gutem Zustand und gutem Zustand anhand bestimmter Temperaturgrenzwerte vorgenommen, welche auf dem fischökologischen Standardleitbild in den Bio- und Fischregionen (Abb. 4 bzw. Abb. 5) sowie auf der für die jeweilige Fischart oberen Optimaltemperatur basiert. Daraus resultieren **maximal zulässige Temperaturen** (98 Perzentil) in den Sommermonaten wie auch eine **maximal zulässige Temperaturerhöhung** (ausgedrückt als ΔT) (Tab. 2). Es sei angemerkt, dass sich diese jeweils auf die jahreszeitlich typische Wassertemperatur beziehen, um sicherzustellen, dass z. B. während der Laichzeit die Wassertemperaturen nicht zu hoch liegen.

Für Seen ist die Temperatur gemäß „Leitfaden zur typspezifischen Bewertung gemäß WRRL. Allgemein physikalisch-chemische Parameter in Seen“ [19] von fraglicher Relevanz für die Bewertung des ökologischen Zustandes. Dennoch ist sie ein steuernder Faktor chemisch-physikalischer und biologischer Prozesse und damit ein ökologischer Schlüsselfaktor. Zur Bewertung wird der Jahresmittelwert der hypolimnischen Wassertemperatur herangezogen, der sich jedoch nur auf geschichtete Alpenseen (>50 ha) anwenden lässt. Dabei liegt die Bandbreite des sehr guten und guten Zustandes für die hyperlimnische Wassertemperatur zwischen 4,0 und 6,0 °C.

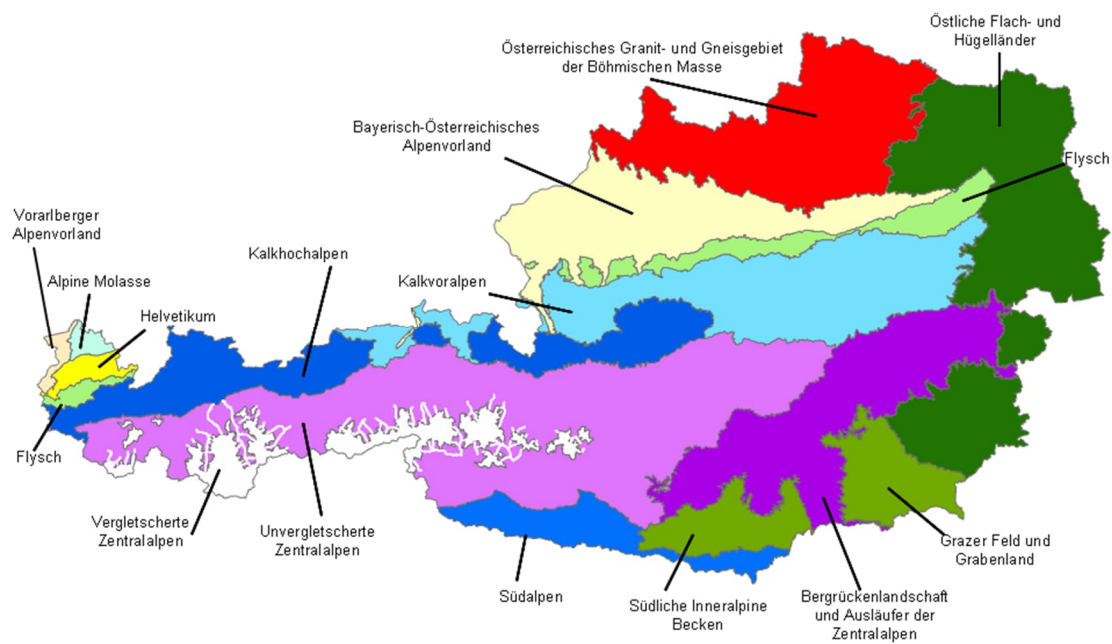


Abb. 4: Aquatische Bioregionen in Österreich, übernommen aus der Anlage A1 der QZV Ökologie Oberflächengewässer.

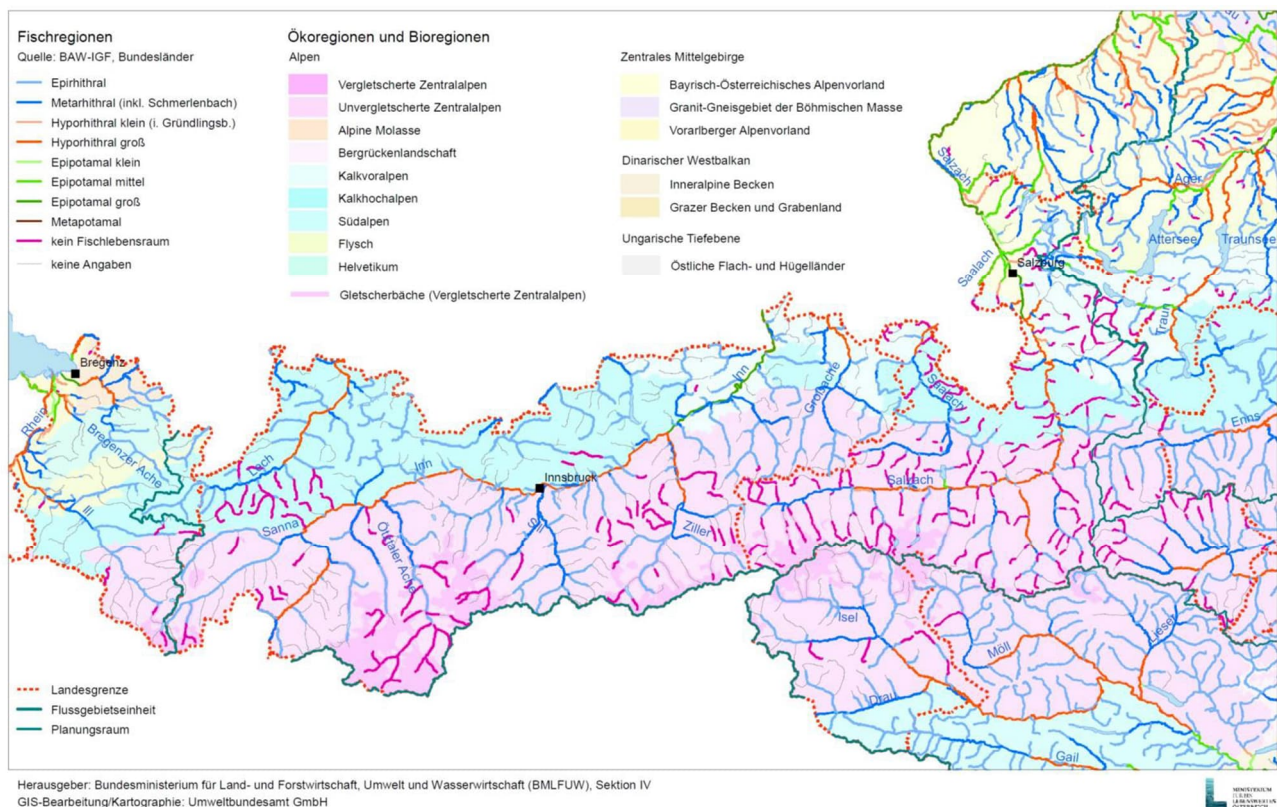


Abb. 5: Fischregionen in Österreich (Blatt West), aus der Anlage A2.4 Fischfauna der QZV Ökologie Oberflächengewässer.

Tab. 2: Temperatur als physikalisch-chemischer Parameter für Bioregionen und Fischregionen gemäß Anlage H1, QZV Ökologie. Bei den Werten für Temperaturerhöhungen (Delta-Temperaturen) sind die jeweils jahreszeitlich typischen Wassertemperaturen zugrunde gelegt. Angeführt sind nur die in Tirol vorhandenen Bioregionen (vgl. Abb. 4). Abkürzungen Bioregion: VZA: Vergletscherte Zentralalpen, UZA: Unvergletscherte Zentralalpen, SA: Südalpen, KH: Kalkhochalpen, KV: Kalkvoralpen. Bezüglich der Einstufung der Fischregionen sei auf Abb. 5 verwiesen. Vorhandensein laut Anlage H1, QZV Ökologie: x = Typ vorhanden, n/v = Typ nicht vorhanden.

Bioregion	Fischregion															
	Epirhithral		Metarhithral		HR klein		HR groß		EP klein		EP mittel		EP groß		Metapotamal	
	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut
VZA	x	x	x	x	n/v	n/v	x	x	n/v	n/v	n/v	n/v	n/v	n/v	n/v	n/v
UZA	x	x	x	x	n/v	n/v	x	x	n/v	n/v	x	x	x	x	n/v	n/v
SA	x	x	x	x	n/v	n/v	x	x	n/v	n/v	x	x	x	x	n/v	n/v
KH, KV	x	x	x	x	n/v	n/v	x	x	n/v	n/v	x	x	x	x	n/v	n/v
Temp. [°C] 98 Perzentil	15	20	17	20	19	21,5	19	21,5	23	26	22	26	23	26	25	28
Delta Temp. Erhöhung [K]	0	1,5	0	1,5	0	1,5	0	1,5	0	3	0	3	0	3	0	3

Allgemeine Abwasseremissionsverordnung

Die „Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisation (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV)“ gilt (unter anderem) für die Einleitung von Abwasser oder Mischwasser in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation. Insbesondere gilt im Sinne dieser Verordnung Wasser als Abwasser, wenn es „in Folge der Verwendung in Aufbereitungs-, Veredelungs-, (...) sowie in Kühl-, (...) oder sonstigen nicht natürlichen Prozessen in seinen Eigenschaften derart verändert wird, daß es Gewässer in ihrer Beschaffenheit (§ 30 WRG 1959) zu beeinträchtigen oder zu schädigen vermag“. Explizit von der Einstufung als Abwasser ausgenommen sind z. B. Tiefengrundwasser aus dem Bohrlochbergbau, natürlich anfallende oder künstlich erschlossene Thermalwässer, Wasser aus Heilquellen oder Heilmooren.

Hinsichtlich der Abwasseremissionen ist die Temperatur einer der Parameter, die für die Überwachung der maßgeblichen Abwasserparameter relevant ist. Auf diese ist die „4 von 5“ Regel auf die Stichproben eines Tages anzuwenden; dabei darf der höchste Messwert das 1,2-fache des Emissionswertes nicht überschreiten (§ 7 AAEV). Für die Temperatur gilt als Emissionsbegrenzung bei Einleitung in ein Fließgewässer eine Maximaltemperatur von 30 °C, bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation gelten 35 °C als Begrenzung (Anlage A, AAEV).

5.2.3. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan

Der nationale Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP), Ausgabe 2021, dient der Verwirklichung der Ziele und Grundsätze der Wasserrahmenrichtlinie und wird alle sechs Jahre in Zusammenarbeit mit den wasserwirtschaftlichen Planungen der Länder erstellt. Darin enthalten ist eine flussgebietsspezifische Planung bzw. Erfassung des Ist-Zustandes von Flüssen und Seen z. B. hinsichtlich bestehender Nutzungen bzw. Belastungen und der Untersuchungen bezüglich der zu erreichenden Bewirtschaftungsziele und dafür notwendigen Maßnahmen. Die in Folge des Klimawandels erhöhten Lufttemperaturen wie auch die verstärkte anthropogene Nutzung wirken sich zunehmend auf die Gewassertemperaturen (Grundwasser, Flüsse und Seen) aus. So wurde über die letzten 30 Jahre

ein Anstieg der Wassertemperaturen in Flüssen und Seen beobachtet, der im Mittel bei +1,5 K lag. Daher sollen laut NGP die Wassertemperaturen bei wasserwirtschaftlichen Maßnahmen verstärkte Berücksichtigung finden.

5.2.4. Tiroler Naturschutzgesetz 2005

Das Tiroler Naturschutzgesetz 2005 (TNSchG 2005) soll die Natur als Lebensgrundlage des Menschen erhalten und pflegen. Insbesondere sollen für den Natur- als auch Kulturraum gesichert werden (§ 1):

- > Vielfalt, Eigenart und Schönheit,
- > Erholungswert,
- > Artenreichtum der heimischen Tier- und Pflanzenwelt sowie deren Lebensräume,
- > Möglichst unbeeinträchtigter und leistungsfähiger Naturhaushalt.

Eine Inanspruchnahme der Natur darf daher nur insoweit stattfinden, dass ihr Wert auch für folgende Generationen erhalten bleibt. Vorhaben sind gemäß § 1 TNSchG 2005 so auszuführen, dass die Natur möglichst wenig beeinträchtigt wird.

Im TNSchG 2005 werden die Gewässer und die von Wasser geprägten Lebensräume als wesentliche Bestandteile der Natur ausgewiesen, denen besondere Bedeutung für Naturhaushalt und Artenreichtum, aber auch Naturerlebnis und Erholung zukommt. Im Sinne des TNSchG 2005 definiert sich das Gewässer (§ 3 Abs. 7) als ein von ständig oder periodisch auftretendem Wasser geprägter Lebensraum, der „*Wasserwelle, Wasserkörper, Wasserbett, Sediment und Ufer einschließlich der dort vorkommenden Tiere und Pflanzen*“ beinhaltet.

Zum Schutz der Gewässer regelt § 7, dass außerhalb geschlossener Ortschaften „*im Bereich von fließenden natürlichen Gewässern und von stehenden Gewässern mit einer Wasserfläche von mehr als 2.000 m² die Errichtung, Aufstellung und Anbringung* von Anlagen eine **naturschutzrechtliche Bewilligung** benötigt. Hinsichtlich der Wasser Ableitung/Entnahme ist dies nur für Stromerzeugungsanlagen der Fall. Die naturschutzrechtliche Bewilligung benötigen zudem Anlagen, welche im Bereich der Uferböschung sowie eines zugehörigen Schutzstreifens (fünf Meter bei Fließgewässern, 500 m bei stehenden Gewässern), errichtet, aufgestellt oder angebracht werden. Änderungen von Anlagen im Gewässerschutzbereich sind bewilligungspflichtig, sofern dadurch Naturschutzinteressen berührt werden. Der Gewässerschutzbereich kann durch Verordnung der Landesregierung vergrößert oder verkleinert werden. Für die Errichtung von Anlagen in Schutzgebieten bestehen Sonderregelungen.

Laut dem TNSchG 2005 ist eine naturschutzrechtliche Bewilligung zu erteilen, wenn das Vorhaben die Interessen des Naturschutzes nach § 1 Abs. 1 nicht beeinträchtigt oder andere (langfristige) öffentliche Interessen überwiegen. Selbst bei einem Überwiegen der (langfristigen) öffentlichen Interessen darf die naturschutzrechtliche Bewilligung nicht erteilt werden, wenn die Erreichung des mit dem Vorhaben verbundenen Zweckes auf eine die Naturschutzinteressen weniger beeinträchtigende Art und Weise möglich ist. Für Projekte der Energiewende sind im Bereich des Artenschutzes mitunter begünstigende Bestimmungen vorgesehen. Nach Erlöschen der naturschutzrechtlichen Bewilligung ist die Anlage unverzüglich zu entfernen und ggf. durch Maßnahmen dafür zu sorgen, dass die Interessen des Naturschutzes nicht mehr beeinträchtigt werden.

Im Antrag auf Erteilung einer naturschutzrechtlichen Bewilligung sind die Art, die Lage und der Umfang des Vorhabens anzugeben. Dem Antrag sind weiters insbesondere Unterlagen anzuschließen,

- > die für die Beurteilung der Zulässigkeit des Vorhabens hinsichtlich einer möglichen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, des Erholungswertes der Landschaft und des Naturhaushaltes erforderlich sind, wie Pläne, Skizzen, Beschreibungen, pflanzen- und tierkundliche Zustandserhebungen und dergleichen,
- > aus denen erkennbar ist, wie Beeinträchtigungen der Naturschutzinteressen vermieden oder verringert werden können, wie landschaftspflegerische Begleitpläne, Bepflanzungspläne, Naturerhaltungspläne und dergleichen,
- > aus denen die Maßnahmen erkennbar sind, durch die Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes sowie des Lebensraumes heimischer Tiere und Pflanzen und der Vorkommen von Lebensraumtypen ausgeglichen und/oder ersetzt werden sollen.

Zudem sind bei Beeinträchtigungen der Naturschutzinteressen die am Vorhaben bestehenden (langfristigen) öffentlichen Interessen darzulegen.

6. Mögliche Auswirkungen von thermischen Nutzungen

Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern zu Heiz- oder Kühlzwecken verändert durch Wärmeentzug bzw. -eintrag deren Wärmehaushalt. Gemäß der WRRL sind die Temperaturverhältnisse der Gewässer als Teil der physikalisch-chemischen Komponenten Teil der Qualitätskriterien zur Bewertung des gewässerökologischen Zustands. Durch das Zustand-Verschlechterungsverbot muss sichergestellt werden, dass die thermische Nutzung keine nachteiligen Veränderungen verursacht. In Österreich sind entsprechende Zielvorgaben in der „Qualitätszielverordnung Ökologie – Oberflächengewässer“ festgehalten, auf die in Kap. 5.2.2 eingegangen wird.

Stehende als auch fließende Gewässer stehen prinzipiell über dieselben Prozesse mit ihrer Umgebung im Austausch. Diese sind:

- > Wärmeaustausch mit der Atmosphäre (über die Lufttemperatur),
- > Sonneneinstrahlung,
- > Zufluss- bzw. Abfluss (andere Gewässer bzw. Grundwasser und Regen),
- > Wärmeaustausch mit dem Untergrund,
- > Sonneneinstrahlung.

Da die Wärmeaustauschprozesse in stehenden Gewässern und Fließgewässern (z. B. durch Strömungen, Turbulenz, thermische Schichtung etc.) auf unterschiedliche Weise beeinflusst werden, erfolgt nach [20] bzw. [12] eine differenzierte Betrachtung der Auswirkungen einer thermischen Oberflächengewässernutzung.

6.1. Stehende Gewässer

In Seen und anderen stehenden Gewässern sind die Auswirkungen einer thermischen Nutzung im Wesentlichen von der Gewässergröße (Oberfläche und Volumen) und der thermischen Tiefenschichtung abhängig. Letztere ist eine Funktion der Temperatur-gesteuerten Dichteschichtung des Gewässerkörpers und der Auswirkungen der saisonalen Temperaturänderungen. Grundsätzlich wird zwischen dem warmen Oberflächenwasser und dem kalten Tiefenwasser unterschieden. Dazwischen befindet sich eine thermische Sprungschicht (Thermokline), an der sehr oft scharfe Temperatursprünge (bzw. Temperaturgradienten) auftreten.

Die Temperaturschichtung basiert auf der Dichteanomalie des Wassers. Demnach sammelt sich in den tiefsten Bereichen eines stehenden Gewässers Wasser mit einer Temperatur von ca. 4 °C, während (je nach Saison) wärmeres, aber auch kälteres Wasser darüber liegen kann. Durch die Sonneneinstrahlung und den Temperaturexaustausch mit der Atmosphäre steigt die Temperatur der obersten Wasserschicht vor allem im Sommer deutlich an, wodurch sich eine thermische Schichtung ausbildet. Im Herbst bzw. Winter sinkt die Temperatur des Oberflächenwassers und die Dicke der Oberflächenwasserschicht nimmt ab bzw. verschwindet zur Gänze. Im Winter kann dann auch kälteres Wasser an der Oberfläche zu liegen kommen. Findet mindestens einmal jährlich eine vollständige vertikale Umwälzung des Oberflächenwassers statt, wird von einer holomiktischen Vermischung des Wasserkörpers gesprochen (Abb. 6). Dies ist insofern relevant, da dadurch ein Austausch von sauerstoffreichen, nährstoffarmen Oberflächenwasser mit dem sauerstoffarmen, nährstoffreichen Tiefenwasser stattfindet.

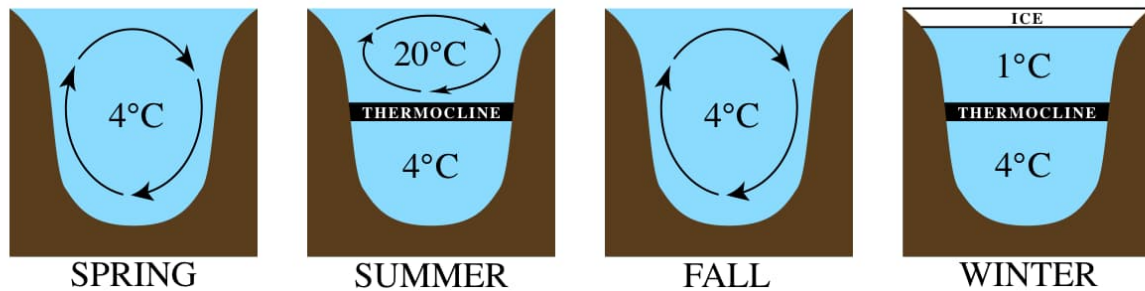


Abb. 6: Holomiktische Durchmischung des Wasserkörpers im Jahresverlauf. Bildquelle: Wikimedia Commons - Hydrated.

Im See vorhandene – z. B. windgetriebene oder temperaturgesteuerte Strömungen bzw. Seitenzutritte (Fließgewässer, Grundwasserzutritte und -abflüsse) – können zusätzlich Upwelling, Downwelling bzw. Horizontalverlagerungen der Wassermassen verursachen und die Temperaturschichtung beeinflussen.

Findet eine thermische Nutzung des Seewassers statt, kann dies Auswirkungen auf bestehende Temperaturverhältnisse, Sauerstoff- und Nährstoffverfügbarkeit und in weiterer Folge die vorhandenen Lebensgemeinschaften haben. Wie sehr sich die thermische Nutzung auswirkt, hängt von verschiedenen Faktoren ab – bspw. von Tiefe und Menge der Wasserentnahme bzw. des Wärmeentzugs sowie von der Tiefe der Rückgabe sowie dem Temperaturexaustausch der entsprechenden Schichten mit ihrer Umgebung [20].

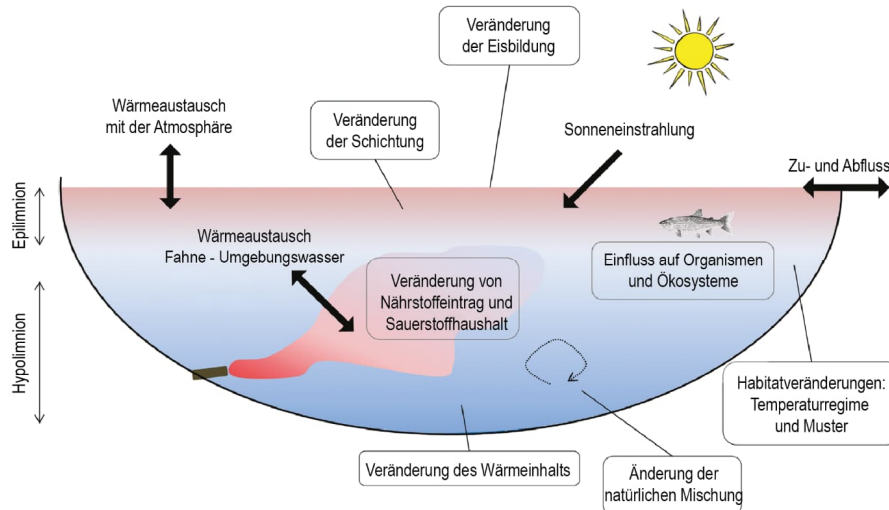


Abb. 7: Einflüsse einer thermischen Einleitung auf ein stehendes Gewässer. Aus [20], geringfügig modifiziert.

Im Review-Artikel von [21] werden in Bezug auf die Auswirkungen thermischer Einleitungen in Seen vier Kategorien unterschieden (vgl. Abb. 7 in [21]):

1. **Temperaturveränderung in der Nähe der Einleitung:** Durch Einleitung bildet sich eine Temperaturfahne, die in der Nähe der Einleitung große Auswirkungen haben kann. Durch den nur graduell fortschreitenden Wärmeaustausch mit der Umgebung sind dort die Variationen in den Temperaturgradienten besonders hoch und können auch höhere Temperaturen erreichen, als dort natürlich vorkommen würden.
2. **Großräumige Temperaturveränderungen:** Durch großmaßstäbliche Einspeisung von warmem Wasser

können große Teile des Wasserkörpers erwärmt werden. Dies ist insbesondere davon abhängig, wo die Einspeisung erfolgt. Findet sie oberhalb der Sprungschicht statt, können die Austauschprozesse mit der Atmosphäre zu einer schnelleren Angleichung der Temperaturen führen und insgesamt die erwärmenden Effekte reduzieren.

3. **Veränderung der Eisbildung:** Durch Einspeisung von warmem Wasser kann die Eisbildung nachweislich in der Nähe der Einspeisung, aber auch im gesamten Wasserkörper gestört werden [22]. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt, falls die Einspeisung oberhalb der Sprungschicht erfolgt. In weiterer Folge kann auch die Albedo des Gewässerkörpers (Wasser vs. Eis vs. Eis mit Schneebedeckung) im Jahresmittel verringert werden.
4. **Einfluss auf thermische Schichtung und Durchmischung:** Die thermische Nutzung kann die Temperaturunterschiede beiderseits der Sprungschicht verstärken, damit die Temperaturgradienten der Thermokline erhöhen und den Austausch (Nährstoffe, Sauerstoff) zwischen den Schichten verringern sowie die Dauer der stabilen Schichtung beeinflussen. Modellierungen für den Bodensee von [23] zeigten, dass die geringsten Auswirkungen bei einer Einbringung in die obersten Wasserbereiche erfolgen. Eine Wärmeentzugs- bzw. Wärmeeinspeisungsleistung von 1 GW verändert dabei die Dauer der sommerlichen Schichtung aber lediglich um wenige Tage.

6.2. Fließgewässer

Durch den steten Durchfluss, die Abwesenheit einer thermischen Schichtung sowie die teilweise hohe Turbulenz innerhalb der Wassermassen wirkt sich die thermische Nutzung bei Fließgewässern anders aus als bei Seen (Abb. 8).

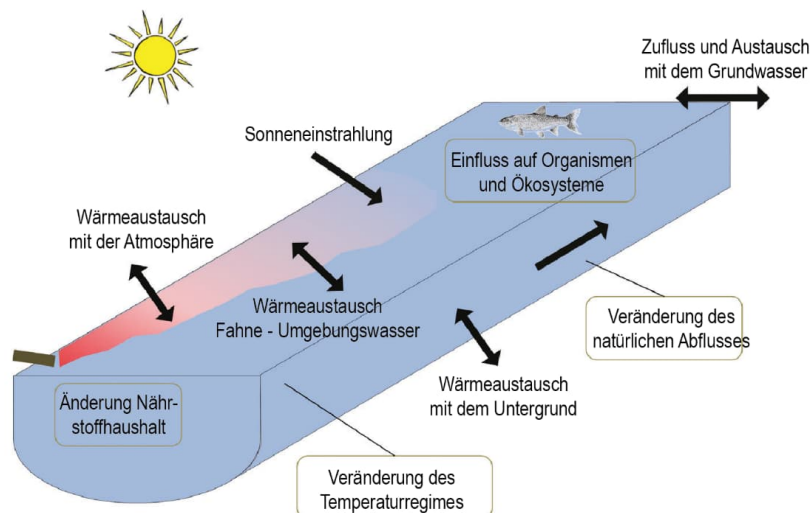


Abb. 8: Einflüsse einer thermischen Einleitung auf ein Fließgewässer. Aus [20], geringfügig modifiziert.

In Bezug auf Flüsse unterscheiden [21] die Auswirkungen nach folgenden Kategorien:

1. **Temperaturänderung flussabwärts der Einleitung:** Durch die Durchmischung des zugeleiteten Wassers mit jenem des Flusses ändert sich dessen Temperatur. Die Geschwindigkeit der Durchmischung ist dabei vor allem von der Turbulenz der Strömung abhängig; teilweise können sich über kilometerlange Strecken laterale Temperaturdifferenzen bilden [24].
2. **Störung der Bildung von Flusseis:** Wärmeeinleitungen bspw. aus Kühlanlagen können die Bildung von Eisschichten auf Flüssen kilometerweit verhindern [25].
3. **Dichteänderung und Eintrittstiefe:** Wird die Temperatur des Flusswassers geändert, so ändert sich auch dessen Dichte. Dies wird insbesondere relevant, sofern der Fluss in ein stehendes Gewässer bzw. auch das Meer einmündet. Durch die veränderte Dichte sinken bzw. steigen die mitgeführten Nährstoffe, Schwebfracht oder auch gelösten Gase (z. B. Sauerstoff) in eine andere Tiefe und können dadurch ökologische Veränderungen auslösen.

6.3. Allgemeine ökologische Auswirkungen

Temperaturänderungen können sich potenziell auf aquatische Lebensgemeinschaften auswirken und deren Verhalten, Biodiversität, Saisonalität der Aktivitäten etc. beeinflussen. Wie sehr ein Individuum von einer Temperaturänderung betroffen ist, hängt von einer Reihe von Faktoren ab – darunter Status im Lebenszyklus, vorangegangene und andere Belastungen, Lebensweise (Neuston, Plankton, Nekton, Benthos) und damit auch zusammenhängend die Möglichkeit auszuweichen. Des Weiteren sind viele natürliche Prozesse – insbesondere Nahrungsaufnahme, Stoffwechsel, Laichen, Schlüpfen und Migration – oft temperaturgesteuert. Grundsätzlich kann gemäß [21] zwischen verschiedenen Prozessen bzw. Beeinflussungen unterschieden werden:

1. **Direkte Effekte:** Dies inkludiert das aktive Vermeiden oder Aufsuchen der Plätze mit veränderter Temperatur. Darunter fällt beispielsweise das Aufsuchen von wärmeren Wasserbereichen durch Fische während des Winterhalbjahrs z. B. im Bereich von Kühlwassereinleitungen. Im Sommer sind jedoch gerade bei erhöhten Wassertemperaturen unterschiedliche Effekte zu beobachten. Fische beispielsweise meiden die Bereiche der höchsten Wassertemperaturen und weichen in tiefere Wasserschichten oder kühlere Teilbereiche aus. Manche Organismen profitieren jedoch auch von den erhöhten Wassertemperaturen.
2. **Veränderungen in der Biodiversität:** Je nach Verteilung der temperaturbezogenen Optima von Laichen, Nahrungsaufnahme und Wachstum der Biota kann eine Temperaturveränderung nach einer gewissen Zeit zum Tod der betroffenen Lebewesen führen.
3. **Einflüsse auf Produktivität und saisonale Zyklen:** Eine Temperaturzunahme kann zu einer Erhöhung der Primärproduktivität führen (z. B. [26]), aber auch eine Asynchronität in der Nährstoffverfügbarkeit und dem Lebenszyklus verursachen. Algenblüten oder Bakterienwachstum sind stark von der Gewässertemperatur abhängig.
4. **Ausbreitung von Krankheiten:** Wird Wasser erwärmt, kann das die Ausbreitung bestimmter Krankheiten z. B. der Proliferativen Kidney Disease (PKD) der Fische fördern (u. a. [27]). Außerdem ist die Sauerstoffsättigung des Wassers auch eine Funktion der Temperatur, kälteres Wasser kann hierbei mehr Sauerstoff aufnehmen, der für Lebewesen oder andere biologische- und chemische Verwertungs- bzw. Zerfallsprozesse von Bedeutung ist.
5. Insbesondere in tieferen Gewässern kann die Temperaturänderung des Wassers eine **Verlagerung** von **Wasser** und darin befindlichen **Nährstoffen** bewirken und in weiterer Folge auch eine Verlagerung der

- davon abhängigen Lebensgemeinschaften mit sich führen.
6. Möglich ist auch der **Austritt** von z. B. wassergefährdenden **Schadstoffen**, welche im Rahmen des Anlagenbetriebs eingesetzt werden.
 7. Durch die Wasserrückgabe kann es lokal zu einer **Erhöhung** des **Wasserflusses** kommen und damit einhergehend auch zu einer Verwirbelung von Sedimenten oder zur Erzeugung von lokalen Strömungen.

6.4. Auswirkungen auf die Fischfauna

Seitens des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei und eines bundesländerübergreifenden Projektbeirates [28] wurde im Rahmen des Projekts O 10.20 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2020 ein Bericht zu den Temperaturempfindlichkeiten der Fischgemeinschaften in den Fließgewässern in besonderer Hinsicht auf die Überprüfung der Orientierungswerte für die Temperatur gelegt. Darin wird einerseits auf Arbeiten der [29] hingewiesen, nach welchen die (auch in Österreich übernommenen) Werte zur maximalen Temperatur bzw. Temperaturerhöhung der Gewässer (vgl. Tab. 5) als Orientierungswerte zu verstehen sind, bei deren Überschreitung/Unterschreitung die biologische Qualitätskomponente ‚Fischfauna‘ mäßigen oder schlechten Zustand anzeigen kann. Insofern stellen gemäß [28] diese Orientierungswerte auch einen Schwellenwert dar, ab dem Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Werden die Temperaturen eingehalten, dann steht zumindest hinsichtlich der Temperatur bei den Fischgemeinschaften nichts dem Erreichen des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials entgegen (jedoch kein weiterer Einfluss auf sehr guten Zustand/Potenzial). Ziel des Projektes ist es, Belege für die Orientierungswerte zu stellen, diese ggf. zu adaptieren und Unterstützung im Falle von Wärme- oder Kälteeinleitungen in Fließgewässer zu schaffen.

Als wechselwarme Organismen besitzen Fische eine Körpertemperatur, die im Wesentlichen von der Gewassertemperatur abhängt (0,1 bis 1 °C über Wassertemperatur) (s. Literatur in [30]) und Parameter wie Stoffwechsel, Wachstum, Fortpflanzung, Mobilität u. a. beeinflusst [28].

Der Auswertung von [28] zufolge sind Temperaturen unter 3 °C für einen großen Teil der untersuchten Fischarten und Lebensstadien kritisch. Hinsichtlich der Temperaturobergrenzen können im Juvenil- und Adultstadium bis 30 °C toleriert werden, Laichzeit und Eientwicklung sind jedoch besonders temperatursensitive Phasen.

Wie [28] für Deutschland schließen, stellt für die Rhithralregion (inkl. Cypriniden-Rhithral) die Bachforelle sehr oft die temperatursensitivste Leitart dar (da bei zu hohen Wassertemperaturen über den Winter ein zu früher Schlupf im Frühjahr unter ungünstigen Überlebensbedingungen erfolgt). Untergeordnet können andere potenziell temperatursensitivere Arten jedoch auch für eine regionale Bewertung relevant sein: bspw. fällt die Vorzugstemperatur der Quappeneier im Winter unter die in Deutschland festgelegten maximal 10 °C. Zu berücksichtigen ist auch die signifikant verringerte Zeit bis zum Schlupf: bspw. bei der Bachforelle ca. 100 Tage bei 4,6 °C und 46 Tage bei 10 °C (dann Schlupf im Jänner bei nicht ausreichendem Nahrungsangebot). Weiters kann als problematisch angesehen werden, dass besonders in den Monaten April, Mai, Oktober und November die Maximaltemperaturen der Gewässer über den Letaltemperaturen für bestimmte Fischarten liegen (Äsche, Bachforelle, Bachneunauge, Hasel).

Neben der Abgabe von Wärme an die Gewässer kann auch die **Einleitung** von **Kälte** zu empfindlichen Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften führen. So ergeben sich beispielsweise bei (auch kurzzeitiger) Kälteexposition signifikant erhöhte Entwicklungszeiten der Fischeier, aber auch Änderung von Geschlechterverhältnissen [31]. Insbesondere bei Stauraumspülungen bzw. Wasserablass aus tiefen Bereichen von Staubecken können Kälte-

schocks bei Fischen ausgelöst werden [28]. Gemäß [30] finden sich zahlreiche Hinweise auf Fischsterben bei kalten Temperaturen, weniger jedoch bei warmen Temperaturen. Daraus schließen sie auf eine höhere Problematik von Kälteschocks als Hitzeschocks. Dies wird vornehmlich auf folgende Gründe zurückgeführt:

- > Fische können sich schneller an warme Temperaturen anpassen als an kalte,
- > Eine gewonnene Wärmetoleranz wird nur langsam verloren,
- > Hohe Temperaturen können einen Aktivitätsschub verursachen, der die Fluchtfähigkeit zusätzlich beschleunigt, wohingegen kalte Temperaturen zu einer Lethargie führen, die eine Flucht verunmöglichen kann,
- > Wärmetoleranzen der Fische liegen bereits über den natürlichen Gewässertemperaturen.

Hinsichtlich der Temperaturanpassungsfähigkeit wurden seitens [30] auf Basis der Auswertung von 450 Temperaturtoleranzen für 130 Fischarten, Unterarten und Hybriden folgende (maximale) Grenzwerte für eine Temperaturerhöhung bzw. Verringerung festgelegt. Bei Unterschreitung des Grenzwertes können Fische ihre Körpertemperatur an die Wassertemperatur anpassen und ggf. eine Toleranz ausbilden, bei Überschreitung kann die Körpertemperatur nicht mehr ausreichend schnell an die geänderte Gewässertemperatur angepasst werden, was in der Folge zum Absterben führen kann:

- > **Temperaturerhöhung:** max. 0,3 K/min
- > **Temperaturverringerung:** max. 0,015 - 0,1 K/min

[28] schließen u. a. auf Basis von [30], dass die zulässige Temperaturdifferenz bei Kaltwassereinleitung bei < 1 K liegen sollte.

Um die Anforderungen der Fischfauna ⁶ besser zu berücksichtigen, werden seitens [28] folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- > Reduktion des Sommerzeitfensters auf die Monate Juni bis September (entsprechend gelten dort die Maximaltemperaturen),
- > Berücksichtigung der Temperaturänderungen auch bei Kälteeinleitungen,
- > Maximale Temperaturveränderung Dezember bis März: 1 K (Sa-ER), 1,5 K Sa-MR bzw. 2 K für die restlichen Bereiche (sowie ggf. geringere Erhöhungen, wenn lokal erforderlich).
- > Übergangszeit April/Mai und Oktober/November: keine Maximaltemperaturen, sondern maximale Temperaturveränderung: 1 K (Sa-ER), 1,5 K (Sa-MR, Sa-HR) und 2 K (Cyp-R, EP, MP, HP),
- > Die Temperaturveränderungen sind in Bezug auf das möglichst thermisch unbeeinflusste Gewässer zu bestimmen.

Zur Bestimmung der zulässigen Temperaturveränderung wird seitens [28] vorgeschlagen, auf einen Referenztemperaturlogger für das Fischgewässer (möglichst unbeeinflusst) zurückzugreifen, um Kumulationseffekte von aufstromigen Einleitungen berücksichtigen zu können.

⁶ Erläuterung der Abkürzungen betreffend die Fließgewässertypen und Fischgemeinschaften: Sa-ER (Salmoniden-Epirhithral), Sa-MR (Salmoniden-Metarhithral), Sa-HR (Salmoniden-Hyporhithral), Cyp-R (Cypriniden-Rhithral), EP (Epipotamal), MP (Metapotamal), HP (Hypopotamal).

6.5. Gewässertemperaturen & Fischkrankheiten

Gewässertemperaturen haben einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung (z. B. [31], [32], [33], [34]), aber auch Gesundheit und Wohlbefinden von Fischen [35]. Änderungen in der Wassertemperatur können

- I) durch die Verursachung von Stress und einer Schwächung des Immunsystems (in Wechselwirkung mit anderen Umweltfaktoren) die Anfälligkeit von Fischen gegenüber Krankheiten beeinflussen [27], [36], [37],
- II) die Vermehrung von Krankheitserregern fördern (vgl. [35]) und
- III) damit in Folge auch vermehrt Epidemien [35], [38], und
- IV) einen Rückgang der Fischpopulation verursachen [39], [40].

Insbesondere der Ausbruch der Proliferativen Kidney Disease, eine durch den Parasiten *Tetracapsuloides bryosalmonae* verursachte Krankheit im Nierengewebe von Salmoniden wie Bachforelle und Bachsaiblingen fand in jüngerer Zeit verstärkte Beachtung und steht im Verdacht (neben Habitatsverlusten [37], [41]), für einen Rückgang der Bachforellenpopulation verantwortlich zu sein [37], [40]. In ersten Untersuchungen konnte für Österreich festgestellt werden, dass sich Befälle insbesondere in Gewässern zeigen, in denen die Wassertemperaturen für eine Periode von 115 Tagen 15 °C (im Median) überschreiten [37]. Im Zuge dieser Erkenntnisse wurden seitens des Amtes der Tiroler Landesregierung – Abteilung Wasserwirtschaft in den Jahren 2020 und 2021 Befischungen und Beprobungen hinsichtlich des Parasiten in den Gewässern Tirols durchgeführt [27], [39]. In folgenden Gewässern wurde der Krankheitserreger nachgewiesen: Lech, Inn (Abschnitte Telfs, Rotholz, Oberaudorf), Sill, Ziller, Weißache, Großache (Gewässerabschnitt Kössen und Kitzbühel), Loferbach, Aschauer Ache.

In den befischten Gewässerabschnitten wurden zudem die Gewässertemperaturen gemonitort und festgestellt, dass längere Intervalle mit Wassertemperaturen über 15 °C ein verstärktes Auftreten von *T. bryosalmonae* und PKD begünstigen könnten [27]. Insbesondere wurde geschlossen, dass das Vorkommen des Parasiten eine erhöhte Erkrankungs- und Mortalitätsrate im ersten Lebensjahr der Bachforellen verursacht und somit zu einem Rückgang der Bachforellenpopulation beitragen kann [39]. Insbesondere unter der Hinsicht der verstärkten Erwärmung der alpinen Gewässertemperaturen im Zusammenhang mit dem Klimawandel [42], [43] könnte dies zu einem verstärkten Auftreten von PKD führen. Angemerkt sei, dass der Populationsrückgang vermutlich auf ein Zusammenspiel von mehreren Faktoren – darunter vor allem Habitatsverluste und Fraßdruck durch Fischjäger (u. a. Kormoran und Fischotter) – zurückzuführen ist [37], [39], [41], [44].

6.6. Erkenntnisse aus bestehenden Potenzialstudien

Für die Schweiz liegen zahlreiche Studien vor, in denen das Potenzial der Seen zu Heiz- und Kühlzwecken analysiert wurde. Aus den ermittelten Simulationsergebnissen bzw. auch rechtlichen Einschätzungen ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- > **Thermische Veränderung:** nach [20] ist eine thermische Veränderung der Gewässer im Sinne des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (Schweiz) als **Verunreinigung** auszulegen.
- > **Seethermie zu Kühlzwecken:** In Anbetracht der hohen sommerlichen Gewässertemperaturen und der Erwärmung im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist die sommerliche Kühlnutzung von Gewässern kritisch zu sehen [20]. Auch wenn die Gewässerschutzverordnung (Schweiz) keine spezifischen Grenzwerte für Seen vorsieht, so soll nach Empfehlung der Eawag [45], [46] die Seewassertemperatur – ausgenommen an der Einleitstelle – nie um mehr als 1 K erhöht werden. Empfohlen wird für Potenzialabschätzungen eine maximale Temperaturabweichung von 0,5 K. Wie [47] aus Erfahrungen für den Zürichsee schließen, führt eine Erwärmung um 1 K in den Wintermonaten bereits zu deutlichen Veränderungen der Schichtung und Nährstoffverfügbarkeit. Weiters wäre eine **Wassertemperaturerhöhung des Tiefenwassers** um **0,2 K** ökologisch unbedenklich, ab **0,5 K** wäre eine genauere Betrachtung notwendig.
- > **Seethermie zu Heizzwecken:** Im Gegensatz zu einer Erwärmung schließen [47], dass eine **Temperaturerniedrigung** um **0,5 K** als unbedenklich gelten kann und diese ggf. **bis 1 K** betragen kann. Im Einzelfall – v. a. bei Kälteakkumulation über mehrere Jahre – sollten nach Simulationsrechnungen geringere Grenzwerte der Abkühlung festgelegt werden (z. B. 0,2 bis 0,5 K für den Walensee) [48].
- > **Monitoring:** Basis für die Berechnung des thermischen Potenzials von Seen und Flüssen sind aktuelle Temperaturmessungen und Berechnungen von Wärmebilanzen. Insbesondere sind diese Ergebnisse wichtig hinsichtlich der möglichen Nutzungsbedingungen (Tiefe der Einleitung in Seen, Lage der Einleitung bei Flüssen). Zudem ist auch ein Monitoring nach Installation der Wärmenutzungen notwendig, um die Auswirkungen festzustellen und Erkenntnisse für weitere Projekte zu gewinnen [20].

7. Praxisbeispiele

In diesem Kapitel werden exemplarisch für bestimmte Anwendungsfälle (Nutzung von Seen, größeren und kleineren Fließgewässern sowie Quellen) in Österreich sowie Deutschland und Schweiz Beispiele zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern angeführt und kurz beschrieben. Dabei wird auch auf Herausforderungen bei Konzeption, Bau sowie Betrieb der Anlagen hingewiesen.

Für weiterführende Informationen zu aktuellen und historischen Anlagen in Deutschland sowie aktuelle Potenzial- und Machbarkeitsuntersuchungen wird auf die an der TU Darmstadt erschienenen Arbeiten hingewiesen (u. a. [10], [49], [50], [51], [52], [53] sowie auf frühere bundesländerübergreifende Ausarbeitungen zu diesem Thema [54].

In der Schweiz, wo bereits in den 1980er Jahren umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von Wärmepumpen an Oberflächengewässern durchgeführt wurden [45], sei vor allem auf die Untersuchungen und Zusammenstellungen der Eawag (ehem.: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) und deren Internetpräsenz hingewiesen⁷. Dort ist auch eine Anlagenkarte einsehbar. Neben den in den Kap. 7.1 und 7.2 vorgestellten Nutzungen sind besonders die Anlagen am Zugersee (Circulago⁸, s. [55], [56]) sowie am Vierwaldstättersee (See-Energie-Luzern⁹, s. [57], [58], [59]) relevant, wo im Endausbau je mehr als 50 GWh/a Wärme aus dem Seewasser gewonnen werden.

7.1. Seewasserverbunde Zürichsee

Über mehrere Entnahmeleitungen (Abb. 9) wird dem Zürichsee Wasser entnommen und über die Pumpstationen in die jeweiligen Energiezentralen befördert (offenes System). Über Wärmepumpen bzw. Kälteanlagen wird dem Wasser Energie entzogen und für das Fernwärme- bzw. Fernkältenetz genutzt. So kann die im Wasser gespeicherte Energie sowohl zum Heizen als auch Kühlen eingesetzt werden.

Im Projektgebiet sollen bei finalem Ausbau über die Seethermie insgesamt 164,9 GWh/a Wärmebedarf sowie 38,7 GWh/a Kältebedarf abgedeckt werden. Laut Elektrizitätswerk der Stadt Zürich ist die Entnahme im Vergleich zum Betrieb fossiler Heizungen mit 80 % geringeren CO₂-Emissionen verbunden. Insgesamt können so 32.400 t CO₂-Einsparung pro Jahr erzielt werden [60].

Die Tiefsttemperatur des Seewassers liegt im Winter bei etwa 5 °C und wird mit einer Spreizung von 3 K genutzt [60]. In den Seewasserverbunden werden dabei mehrere Netze bzw. Netzebenen betrieben – sowohl ein Fernwärmenetz als auch ein Anergienetz. Beim Fernwärmenetz wird dem Seewasser mittels zentraler Wärmepumpe in einer Seewasserzentrale Wärme entzogen und damit das Wärmeträgermedium des Fernwärmenetzes auf 40 bis 65 °C gebracht (Abb. 10). Beim Anergienetz wird das Trägermedium (z. B. Sole) in einer Ringleitung geführt, teils noch Abwärme eingespeist und mit dezentralen Wärmepumpen bei den Abnehmern auf das gewünschte Temperaturniveau gehoben.

⁷ <https://thermdis.eawag.ch/>, Zugriff am 10.06.2024

⁸ <https://www.wvz.ch/de/ueber-wvz/blog/2020/waerme-kaelte/circulago-der-zugersee-die-regionale-energiezentrale>, Zugriff am 10.06.2024

⁹ <https://www.ewl-luzern.ch/privatkunden/energie/see-energie/>, Zugriff am 10.06.2024

Seewasserverbunde Zürichsee

ewz

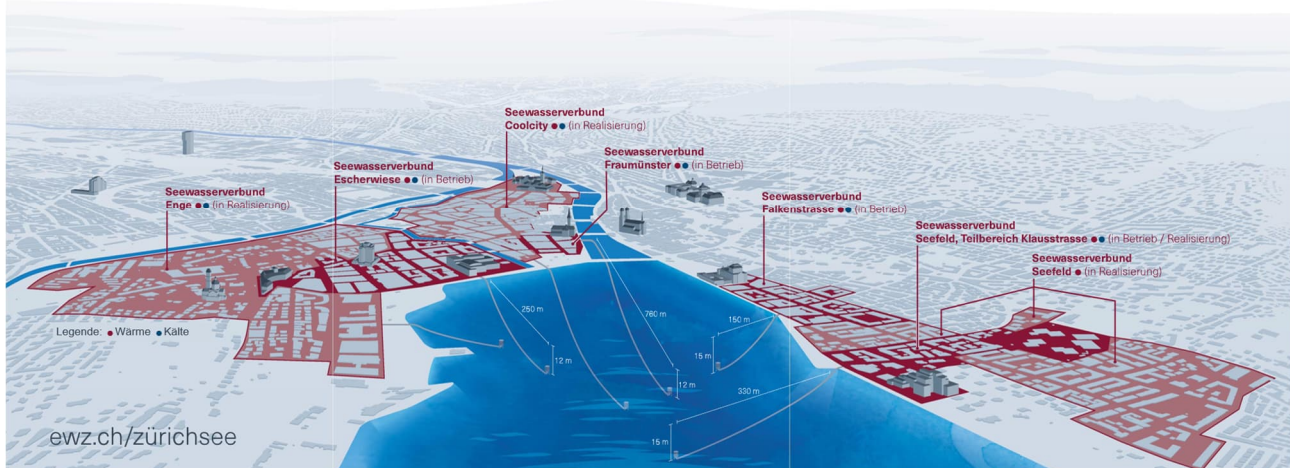
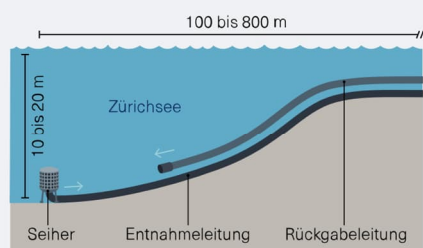


Abb. 9: Konzeption Seewasserverbunde Zürichsee. Bildquelle © ewz.ch

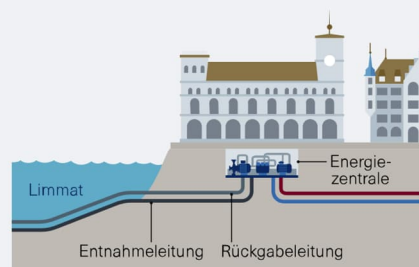
1. Seewasserfassung und -rückgabe

In einem Kreislauf wird Seewasser über Entnahmeleitungen mit Seihern entnommen und nach der Nutzung in den See zurückgegeben.



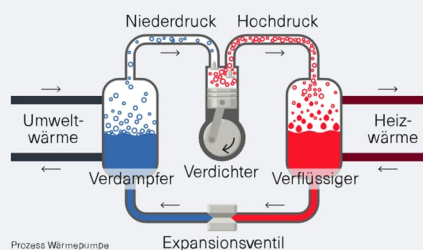
2. Transport in Energiezentrale

Über teils mehrere hundert Meter lange Seewasserleitungen wird das Seewasser in die jeweiligen Pumpstationen und Energiezentralen befördert.



3. Wärme- und Kälteproduktion

Das Seewasser dient als Energiequelle für hocheffiziente Wärmepumpen und Kältemaschinen. Die Anlagen entziehen dem See kein Wasser, sondern lediglich die für die Produktion der Wärme oder Kälte benötigte Energie.



4. Wärme- und Kälteversorgung

Die produzierte Wärme wird im Winter primär für das Heizen genutzt. Im Sommer wird das Wasser direkt oder mit Hilfe von Kältemaschinen effizient für die Kühlung eingesetzt.

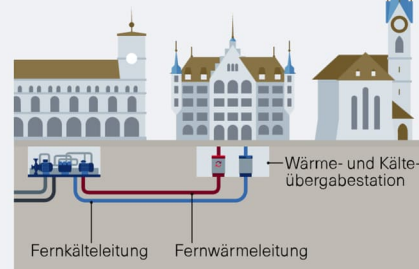


Abb. 10 Funktionsbeschreibung Seewasserverbunde Zürichsee. Bildquelle © ewz.ch.

7.2. Seethermie St. Moritz

In St. Moritz in über 1.800 m ü. A. existieren mittlerweile zwei thermische Seewassernutzungen. Die erste Anlage wurde 2006 von EWZ als Contracting-Lösung umgesetzt [61]. Über diese Anlage werden mit einer Wärmeleistung von 1,1 MW bis zu 4,7 GWh/a an Wärme erzeugt [62] und das Badrutt's Palace Hotel sowie das Schulhaus Grevas mit Wärme versorgt. Die Entnahme erfolgt in 10 Metern Tiefe, die Rückgabe des abgekühlten Wassers erfolgt in 35 Metern Tiefe. Das Funktionsschema zeigt Abb. 11, das Energieflussbild Abb. 12.

Im Jahr 2013 wurde der Wärmeverbund St. Moritz Bad von der St. Moritz Energie in Betrieb genommen. In einer 2,5-MW-Energiezentrale werden bis zu 200 l/s Seewasser mit 4–16 °C Wassertemperatur genutzt, die in einer Tiefe von 12 m angesaugt und mit einer 65 Meter langen Leitung DN 500 zur Zentrale zu den Wärmetauschern geführt werden [63]. Das Wasser wird i. d. R. um 3 K abgekühlt und in den See zurückgegeben. Hiermit können mehr als 5 GWh/a Wärme erzeugt werden.

Möglich macht das die auch in über 1.800 Metern Seehöhe ausgeprägte Temperaturschichtung mit, bereits in zehn Metern Tiefe recht stabilen, 4 °C Wassertemperatur (Abb. 13).

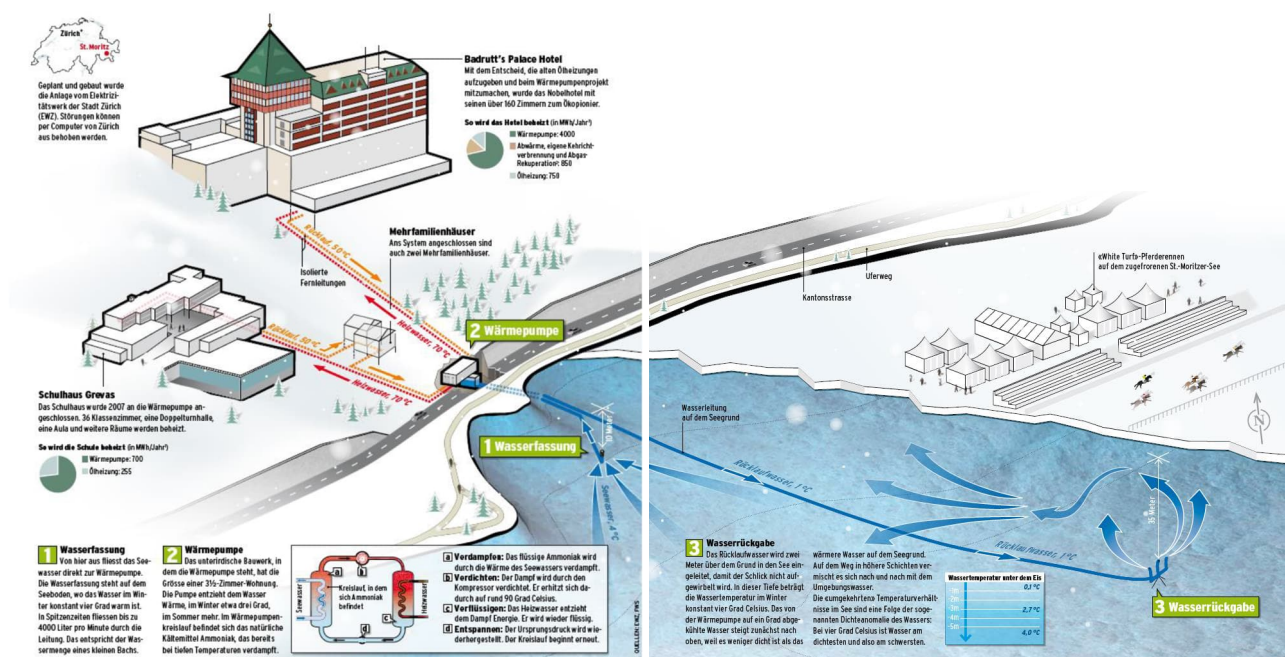


Abb. 11: Funktionsschema Seethermie-Anlage St. Moritz. Bildquelle: [62]

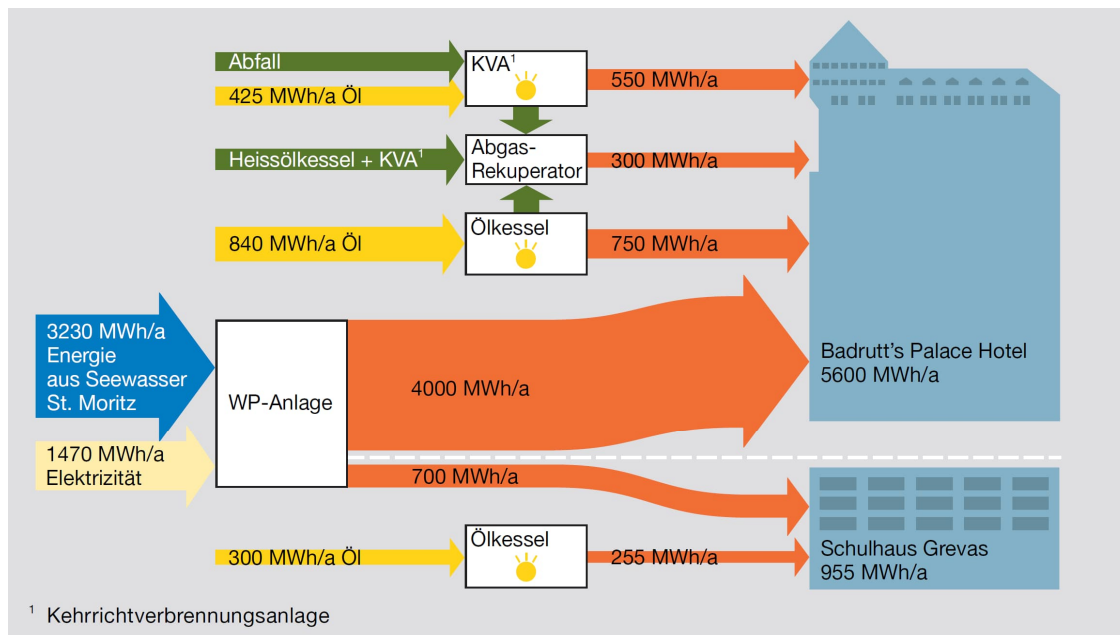


Abb. 12: Energieflussbild der Anlage St. Moritz. Bildquelle: [62]

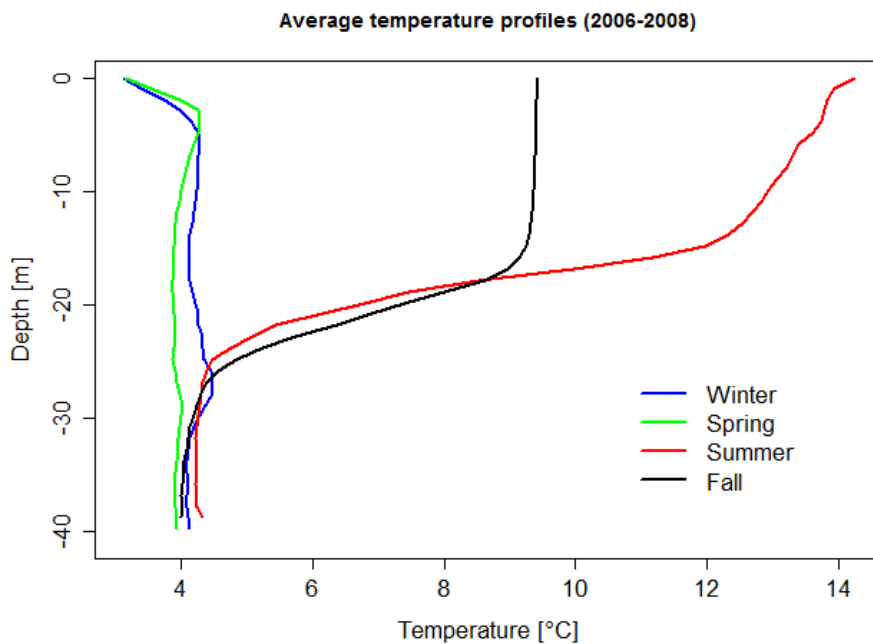


Abb. 13: Temperatur-Tiefenprofile im St. Moritzersee. Bildquelle: <https://thermdis.eawag.ch/static/templates/plots/LakeSt.Moritz.png>, Zugriff am 10.06.2024

7.3. Großwärmepumpe Stadtwerke Rosenheim

Seit 2022 nutzen die Stadtwerke Rosenheim den angrenzenden Mühlbach zur zusätzlichen Wärmegewinnung für die Fernwärmeerzeugung. Wasserrechtlich ermöglicht wurde dies durch eine Konsenserweiterung der bestehenden Kühlwassernutzung des Mühlbachs. Insgesamt wurden drei Wasser-Wasser-Großwärmepumpen mit jeweils 1,5 MW Heizleistung installiert (SABROE / NS-DualPAC, Johnson Controls, zweistufig, mit Schrauben- und Hubkolbenverdichter). Gemäß den von Projektingenieur Sebastian HOCHMUTH zur Verfügung gestellten Unterlagen [64] bestand bereits 1955 am heutigen Standort ein Heizkraftwerk, das 1964 durch eine Müllverbrennungsanlage erweitert wurde. Zusammen mit den bereits 2004 installierten zusätzlichen Gasmotoren erfolgte mit dem Einbau der Wärmepumpen eine Umstellung hin zu einer innovativen KWK-Anlage (iKWKW), um im Sinne der Dekarbonisierungsstrategie sowohl den fossilen Anteil an der Wärmeerzeugung als auch den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil der iKWKW-Anlage ist die gemeinsame Steuerung und Leittechnik von Gasmotor und Wärmepumpe.

Zeitschiene der Umstellung (gemäß Projektunterlagen)

2017-2018	Machbarkeitsstudie (gefördert durch BMWi Förderprogramm effizienter Wärmenetze)
2019	iKWK Ausschreibungen, Erhalt von 3 Zuschlägen von der Bundesnetzagentur, Vorplanung
2020	Anlagen- und Bauplanung, Genehmigungen, EU-Ausschreibungen
2021	Baubeginn (Mai), Lieferung GWP 1 (November), Anlagenmontage. Start Reallabor GWP im Fernwärmenetz mit GWP 1-Betrieb (BMK Förderprogramm)
2022	Inbetriebnahme GWP 1 (April), Lieferung GWP 2 & 3 (Februar)
2022	Inbetriebnahme GWP 2 (4. Quartal)
2023	Inbetriebnahme GWP 3 (4. Quartal)

Anlagenkennwerte

Modell	SABROE / NS-DualPAC, Johnson Controls
Kältemittel	R-717, NH ₃ (Ammoniak), ca. 260 kg
Kälteleistung	1.105 kW
Heizleistung	1.566 kW
Kraftbedarf (el.)	628 kW (max.)
COP	2,49-2,80
Kälteträger ein/aus	+1 / -5 °C
Heizwasser ein/aus	+65 / +88 °C
Entnahmeleitung	250 m Länge
Fördermenge	900 m ³ /h

Mit den Wärmepumpen können bei 4.500 Volllastbetriebsstunden bei einer **Jahresarbeitszahl** von **2,49 bis 2,80** (abhängig von der Wassertemperatur) im Jahr insgesamt **19 GWh Flusswasserwärme** gewonnen werden. Die Flusswassernutzung erfolgt dabei mittels **direkter Entnahme** aus dem Bachwasser (Abb. 14). Somit entspricht dies gem. Kap. 4.2.3 einem offenen System. Zwischengeschaltet ist eine Siebanlage und anschließend erfolgt der Wärmetzug durch Plattenwärmetauscher (je 1 MW) hin zu einem Zwischenkreis (Glykol-Wasser), der von den Großwärmepumpen (Abb. 15) an den Fernwärmekreislauf übertragen wird. Das abgekühlte Flusswasser wird

noch zusätzlich für Kühlzwecke innerhalb des Werkes verwendet, bevor es in den Mühlbach rückgeleitet wird. Die Wärmepumpen sind in einem eigenen Gebäude in je eigenen Räumen untergebracht, zusätzlich sind mehrere Gas-Überwachungssysteme (bezgl. NH_3) verbaut und ein HW-Extrem Hochwasserschutz berücksichtigt.

Betriebsvoraussetzungen

Aufgrund der Frostgefahr beträgt die Mindesttemperatur des Flusswassers zum Wärmepumpenbetrieb $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, die mittlere Plattenwärmetauscher-Temperatur muss jedenfalls größer $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sein. Unter $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist ein Teillastbetrieb zwischen 50 und 99 % möglich.



Abb. 14: Wasserentnahme aus dem Mühlbach im Bereich eines Wehres.



Abb. 15: Eine der drei Großwärmepumpen in Rosenheim.

7.4. Neumühle/Elster

In Neumühle / Elster, einem Stadtteil der Stadt Greiz in Thüringen wird das Wasser der Weißen Elster im Mühlengraben mittels eines direkt im Gewässer anbrachten Flächenwärmetauschers thermisch genutzt. Die Anlage wurde seitens des Architektur- und Ingenieurbüros Seiffert [65] geplant und durch die TU Darmstadt wissenschaftlich begleitet; der Projektstart erfolgte 2017.

In einem ersten Schritt wurde direkt im Gewässer im Bereich der historischen Sternermühle eine Demonstrator-Anlage mit 13 kW Entzugsleistung installiert, um erste Betriebserfahrungen zum Gewässer, Biofouling und Materialalterung zu sammeln (Neumühle / Elster 1). Mittels dieser Pilotanlage bestehend aus Flusswärmetauscher und Direktkondensationswärmepumpe mit Speicher wird das Wohnhaus neben dem Mühlengebäude mit Wärme versorgt. Zum Einsatz kommen Anthermo Platten-Verdampfersysteme, welche durch ihre große Oberfläche einen idealen Temperaturexaustausch mit dem Gewässer ermöglichen. Die Dimensionierung des Wärmetauschers ist in Abb. 16 ersichtlich.

In einem weiteren Schritt erfolgte die Ausweitung des Projektes auf die nahe gelegene Seniorenwohnanlage (Abb. 17), welche im Herbst 2023 in Betrieb genommen wurde (Neumühle / Elster 2). Die Entzugsleistung für diesen Projektabschnitt wurde auf 100 kW erhöht und dient zur Heizung und Warmwasserbereitstellung. Für die Umsetzung von Neumühle / Elster 2 wurde das Projekt aus Mitteln des Förderprogramms „Green Invest“ seitens des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz mit 140.000 EUR unterstützt, wodurch rund 80 % der Gesamt-Investitionskosten (ca. 180.000 EUR) gedeckt werden konnten. Durch das neue Wärmesystem können gegenüber

einer fossilen Heizlösung rund 70 t CO₂eq und 181 MWh pro Jahr eingespart werden¹⁰. Gemäß den Projektunterlagen seitens des Thüringer Wärme Service [66] und zusätzlichen Informationen aus dem Schriftverkehr liegt die Gesamtwärmeleistung nun bei 115 kW, die Kälteentzugsleistung bei 90 kW und die Trassenlänge bei ca. 100 m. Die prognostizierte Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe liegt bei ca. 4,0.

Der weitere Ausbau (Neumühle / Elster 3) um weitere 370 kW (Gesamtwärmeleistung; 280 kW Kälteentzugsleistung, Trassenlänge 860 m, Jahresarbeitszahl ca. 4,0) mit dem Aufbau eines Kaltwärmenetzes zur Versorgung historischer kommunaler und privater Wohngebäude sowie Kindergarten, Ärztehaus und Feuerwehr ist derzeit auf unbestimmte Zeit verzögert.



Abb. 16: Plattenwärmetauscher im Mühlgraben der Weißen Elster.

¹⁰ <https://umwelt.thueringen.de/aktuelles/anzeigen-medieninformationen/waermewende-klimafreundliches-heizen-mit-fluss-waerme-144000-eur-aus-green-invest-fuer-pilotprojekt>; Zugriff am 31.01.2024



Abb. 17: Versorgte Gebäude in Neumühle / Elster: Wohnhaus der Sternmühle (linke Abbildung, rechtes Gebäude) sowie das Senioren-Wohnheim (rechte Abbildung).

7.5. Gemeindezentrum Fulpmes

In der Gemeinde Fulpmes im Stubaital befand sich mit Bewilligung vom 09.08.1979 die historisch erste Anlage zur thermischen Nutzung eines Oberflächengewässers in Tirol (Wasserbuch-Postzahl 3/2714, Bescheid IIIa1-6762/2). Dabei wurde das Wasser aus dem Schlickerbaches entnommen, mittels zwei Wärmepumpen (je 348 kW) zur Beheizung des Gemeindezentrums genutzt und anschließend in den Schlickerbach wieder zurückgegeben.

Sie wurde auf 30 Jahre bewilligt, der Lösungsbescheid 2-WR1.197/2-2004 erging am 05.02.2010. Gemäß den Informationen des Alt-Bürgermeisters der Gemeinde, Robert DENIFL, in dessen erste Amtszeit die Konzeption und Errichtung der Anlage fiel, hat die Anlage bis zuletzt gut funktioniert, im Zuge notwendig gewordener Sanierungen hat sich aber der Anschluss an die Fernwärme angeboten. Verunreinigungen des Bachwassers haben (trotz Filteranlage) gelegentlich Wartungsarbeiten notwendig gemacht – vor allem aufgrund der Einleitung von ungeklärten Abwässern der Oberlieger.

Da das Wasserrecht seit mehr als zehn Jahren gelöscht ist, liegt der Akt im Wasserbuch nicht mehr auf, die Marktgemeinde Fulpmes übermittelte allerdings einen technischen Bericht und dazugehörige Pläne [67] und gab weitere Auskünfte zum Betrieb. Die Anlage lief demzufolge bis zum Ende der Bewilligungsdauer, dann erfolgte die Umstellung des Heizsystems auf Fernwärme, weil u. a. Instandhaltungsmaßnahmen nötig waren und das Fernwärmenetz neu errichtet wurde.

Ein Lageplan mit Informationen zu Leitungsverlauf und Wasserfassung findet sich in Abb. 18. Das Bachwasser wurde gemäß Unterlagen mit minimal 4,0 °C aus dem Bach entnommen und über eine mit Kreislumpen betriebene Saugleitung zu den Wärmetauschern geführt, um 1,5 K abgekühlt und danach etwas unterhalb der Entnahmestelle in den Bach zurückgegeben.

Kenndaten zur Anlage:

- > Konsensmenge: 60 l/s
- > Betroffenes Gewässer: Schlickerbach (2-8-153-50-56)

- > Wasserfassung: Tiroler Wehr
- > Geländehöhe: ca. 930 m ü. A.
- > Trassenlänge: 130 m
- > Leitungen (bis WP): PVC Druckrohr NW 300 ND 10
- > Wärmepumpen: WPH 120 E – 4-stufig
- > Wärmeleistung: 2 x 348 kW
- > Bemessungstemperatur (Bach) 4,0 °C Vorlauf, 2,5 °C Rücklauf
- > Temperaturspreizung: 1,5 K
- > Vorlauf/Rücklauf-T Heizung: 45/35 °C

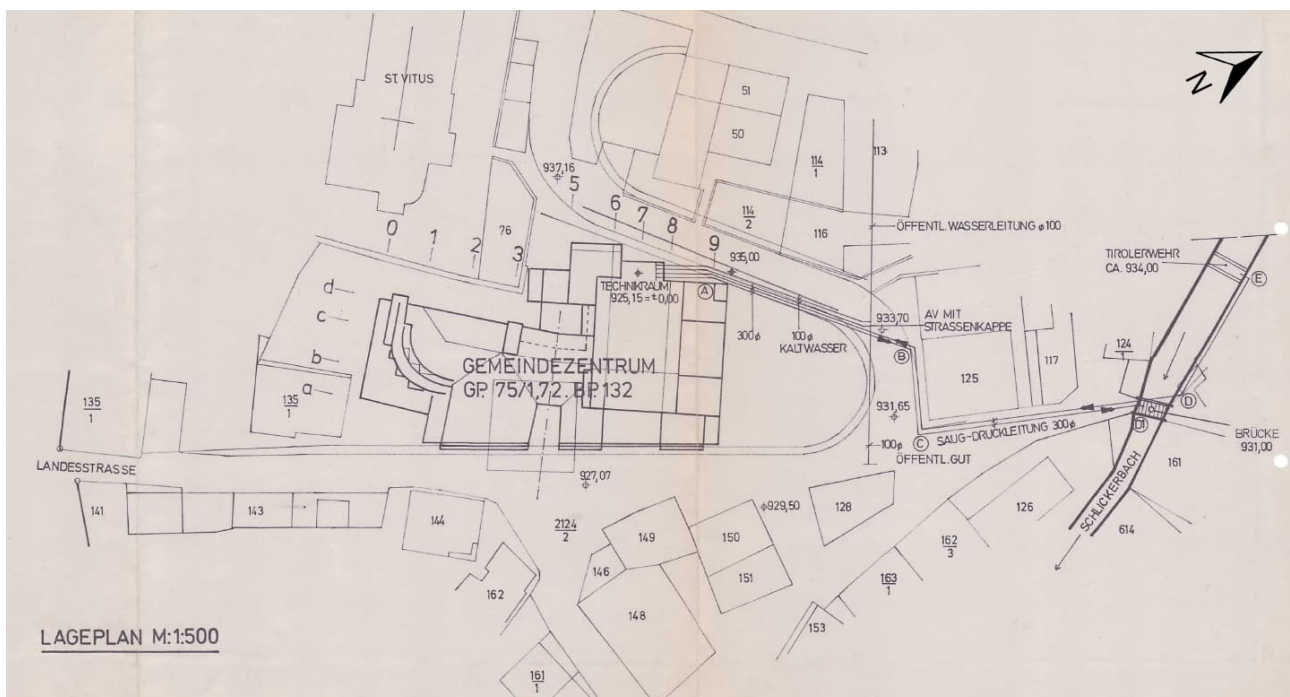


Abb. 18: Auszug aus dem technischen Bericht, Lageplan der Anlage inkl. Wasserfassung und Leitungsverläufen

Kontinuierliche Temperaturaufzeichnungen des Schlickerbaches existieren nicht, im Winter 2023/24 wurden aber gelegentlich Messungen nahe der damaligen Entnahmestelle durchgeführt, die Temperaturen betrugen 4,1 °C (07.12.23), 4,8 °C (31.01.24) und 6,1 °C (27.03.24).

7.6. Thermische Nutzung Alexbründlquelle, Tux

Die thermische Nutzung der Alexbründlquelle (QU70934035) in der KG Tux, auf GP 210/7 stellt eine der wenigen bekannten thermischen Nutzungen von Quellen zu Heizzwecken in Tirol dar. Gemäß vorliegendem wasserrechtlichen Bescheid SZ-WFN/B-4776/12-2022 erfolgt die thermische Quellwassernutzung über eine Entnahme von Quellwasser aus der bereits bestehenden Quellsammelstube, über Einleitung in einen Speicher, der dann durch die Wärmepumpe zu Heizzwecken genutzt wird.

Technische Parameter

- > Quellschüttung: 0,5-0,9 l/s
- > Wassertemperatur: 8,4 °C bis 10,5 °C (Mittlere Temperatur 9,1 °C)
- > Schüttung und Temperaturaufzeichnung im Vorfeld mittels Datenlogger zwischen 01.11.2021 bis 20.01.2022
- > Spreizung 3 K
- > Rückgabetemperatur liegt stets über 5 °C
- > Maximale Gebäudeheizlast: 13 kW

Die Ableitung von der Quellstube zum Wohnhaus erfolgt über ein PE-Rohr ($\varnothing_{\text{innen}}$: 55,4 mm) über eine Länge von 38 Metern hin zu einem Vorlagespeicher, der sich im ehemaligen Öltankraum befindet. Die bestehende Wasserleitung aus verzinkten Stahlrohren konnte aufgrund des zu geringen Innendurchmessers (21,6 mm) nicht als Zuleitung genutzt werden. Der Wasserspeicher hat ein Volumen von rd. 5.430 l (Grundfläche 7,75 m² und Höhe 0,6 m) und ist mit einem Notüberlauf ausgestattet. Die Kontrolle des Zulaufs erfolgt über ein Schwimmerventil. Die Höhendifferenz zwischen Quellsammelschacht und Wasserspiegel im Vorlagebehälter liegt bei 106 cm. Um ein Leerlaufen des Quellsammelschachts zu vermeiden, wurde der mögliche Zulauf mittels Drosselblende auf 0,88 l/s beschränkt. Die effektive Nutzung des Wasserspeichers erfolgt mittels Brunnenpumpe hin zur Wärmepumpe und anschließend zum Ablauf. Die Drehzahl der Brunnenpumpe ist dabei auf den Zulauf abgestimmt, um die maximale Wasserentnahme zu begrenzen. Um die Temperatur im Wasserspeicher aufrecht zu erhalten, ist dieser mit ca. 10 cm dicken XPS-Platten gedämmt und der mit Wasser in Berührung stehende Teil des Vorlagebehälters ist mit Teichfolie ausgekleidet.

Bezüglich der Laufzeit der Wärmepumpe kann in der Heizperiode mit acht Stunden pro Tag gerechnet werden, an besonders kalten Tagen erhöht sich dies auf zwölf bis 14 Stunden pro Tag. Dahingehend musste insbesondere in Bezug auf die Minimalschüttung (0,5 l/s) berechnet werden, wie lange die Wärmepumpe bei einer Entnahme aus dem Vorlagebehälter gefahren werden kann. In diesem Fall ergaben sich maximal 13,6 Stunden pro Tag. Zusätzlich zum bestehenden 1.000 Liter Pufferspeicher sollten noch ein bis zwei weitere 1.000 Liter Pufferspeicher errichtet werden, um bei nicht ausreichendem Quellzufluss eine durchgehende Heizleistung an sehr kalten Tagen zu ermöglichen. Die Ablaufleitung aus dem Gebäude wurde in die bestehende Überlaufleitung der Quellstube verlegt. Die endgültige Einmündung erfolgt in den Regenwasserkanal der Gemeinde Tux (Zustimmungserklärung der Gemeinde Tux zur Einleitung von Wässern wurde diesbezüglich erteilt). Aufgrund der genutzten Spreizung von lediglich 3 K kann nicht die volle Leistung der verbauten Wärmepumpe (AQUA 17 HSTA) genutzt werden (17 kW), sondern lediglich 14 kW, was jedoch zur Beheizung des Gebäudes ausreicht.

Seitens der Behörde wurde ein Wasserbenutzungsrecht unter folgenden Auflagen für Bau und Betrieb der Anlage erteilt:

- > Errichtung der Anlage durch eine fachkundige Person,
- > Dokumentation der Errichtung mittels zu übermittelnder Fotos,
- > Entnahmewassermenge muss gemessen werden,
- > Der Öllageraum muss im Vorfeld der Errichtung durch eine fachkundige Person gereinigt werden,
- > Benennung einer verantwortlichen Person für Betrieb und Wartung der Anlage,
- > Steuerung der Pumpen hat so zu erfolgen, dass die maximale Konsensmenge nicht überschritten wird.

7.7. Thermische Nutzung von Seen in Oberösterreich

An den oberösterreichischen Seen gibt es bereits seit Jahren thermische Seewassernutzungen zu Heiz- und Kühlzwecken. In Tab. 3 ist basierend auf den Wasserbuchbescheiden eine Übersicht zu ausgewählten Seethermie-Anlagen zusammengefasst. Entsprechende Auflagen/Anforderungen zu den einzelnen Anlagen wurden den wasserrechtlichen Bescheiden entnommen und sind in Kap. 10 berücksichtigt.

Tab. 3: Seethermieanlagen am Attersee und am Hallstättersee mit Angaben zu den jeweils festgelegten maximalen Wasserentnahmen.

Bezeichnung	WBPZ Spruchdatum	Gewässer	Maß der Wasserbenutzung	Anmerkungen
Bräugasthof Hallstatt Lobisser GmbH	407/5430 05.06.2019	Hallstätter See	Heizung: max. 2,7 l/s, max. 20 h/d	Rückleitung in den See
Kristina und Paul Harrer	417/5795 11.12.2023	Attersee	Heizung: 0,23 l/s max. 16 h/d. Küh- lung 1,1 l/s, max. 12 h/d	Rückleitung in den See Fischereientschädigung
Sozialhilfeverband Vöcklabruck	417/5789 20.09.2023	Attersee	Heizung & Warmwasser: max. 14,75 l/s, max. 12 h/d	Rückleitung in den See, Fischereientschädigung
Elisabeth Max-Theu- rer	417/5796 13.12.2023	Attersee	Heizung und Warmwasser: max. 12,89 l/s, max. 18 h/d	Rückleitung in den See, Fischereientschädigung & Bauzeitschadenentschädigung
Raiffeisen-IMPULS- Xi Immobilien GmbH	417/4779 29.06.2007	Attersee	Heizung und Kühlung: max. 22 l/s, max. 24h/d	Rückleitung in den See Verwaltungsabgabe für Ent- nahme und Rückleitung
Scheuchl-Vasquez Sibylle	407/5464 15.05.2020	Hallstätter See	Heizung: max. 2,7 l/s, max. 20 h/d. Kühlung: max. 0,9 l/s, max. 20 h/d	Rückleitung in den See
Karl Mayr	417/5773 20.04.2023	Attersee	Heizung: max. 1,42 l/s, max. 18h/d. Kühlung: max. 1,42 l/s, max. 12 h/d	Rückleitung in den See Fischereientschädigung

7.8. Thermische Seewassernutzung Bodensee

Seitens der Stadtwerke Bregenz wird der Bodensee seit dem Frühjahr 2025 für Heiz- und Kühlzwecke genutzt. In einer ersten Ausbaustufe werden Seehallenbad und Festspielhaus versorgt. Dabei wird über eine Entnahmeleitung Wasser aus dem Bodensee entnommen und nach der thermischen Nutzung wieder in den See zurückgeleitet. In der ersten Ausbaustufe werden maximal 170 l/s zum Heizen und Kühlen entnommen, wobei sich die jährliche Entnahmemenge auf 1,885 Mio. m³ zum Heizen bzw. 0,589 Mio. m³ zum Kühlen beschränkt.

Laut dem wasserrechtlichen Bescheid liegt die maximale Wasserentnahme im Endausbau bei rund 700 l/s und fährt eine Spreizung von 3 K, womit eine maximale thermische Leistung von 8 MW erreicht werden kann, die dann verschiedene Verteilernetze versorgen soll. Detailparameter der Nutzung sind in Tab. 4 angeführt.

Tab. 4: Technische Parameter und Genehmigungsaspekte der thermischen Seewassernutzung am Bodensee laut wasserrechtlichem Bescheid, Gutachten der Amtssachverständigen Wasserbau und Gewässerbau [68] sowie Analyse der thermischen Nutzung [69].

Parameter	Beschreibung
Entnahme	Entnahme in 40 m Tiefe (konstant niedrige Wassertemperaturen), 625 m Leitungslänge (NW 700) Vertikal aufgerichteter Entnahmesieher (5 mm Gitterkorb) mit 1,5 m Durchmesser, auf einer Plattform angebracht, ca. 3,9 m über Seegrund. Eintrittsgeschwindigkeit 0,97 m/s Im Endausbau: maximal 51.000 m³/d, 7,331 Mio. m³ (Heizen) und 2,291 Mio. m³ (Kühlen).
Rückgabe	Rückgabe in 25 m Tiefe, 455 m Rückgabelleitung (NW 600) Offenes Rückgaberohr, erhöht angebracht, maximale Fließgeschwindigkeit 1,63 m/s, bei 500 l/s (Regelbetrieb) 1,28 m/s
Leitungsverlegung	Verlegung im Spülbohrverfahren bzw. auf dem Seegrund.
Überwachung	Temperaturfühler in Ein- und Auslauf, mit Aufzeichnung
Energiezentrale	Im Kellergeschoss eines Gebäudes, unter dem Seespiegel. Einlaufbecken zur Entgasung und Sedimentierung. Plattenwärmetauscher zur Wärmeübertragung auf geschlossenen Verteilerkreislauf (Ethanol-Wasser-Gemisch: Pumpetha N15 mit 20 % Ethanol-Konzentration).
Vereinbarungen	Nutzungsvereinbarung mit Republik Österreich (öffentliches Wassergut) und Einverständnis des Fischereiberechtigten
Energiegewinnung	Im Erstausbau: 2,5 MW mit 17,5 TJ Wärmeenergieentzug aus dem See, Zugabe von 6,8 TJ Wärmeenergie im Kühlbetrieb.

Im Vorfeld der Errichtung wurde eine entsprechende Machbarkeitsstudie zur Nutzung in Auftrag gegeben. Darin wurden die Wärmebedarfe der jeweiligen Gebäude und mögliche Versorgungsgebiete eruiert. Folgende Aussagen sind der Machbarkeitsstudie entnommen: Befinden sich die Anlieger-Gemeinden zu weit vom See entfernt, wurden diese als ungeeignet für eine Energieversorgung über das Seewasser erachtet. Um die ökologischen Auswirkungen der thermischen Nutzung einschätzen zu können, wurden entsprechende Modellrechnungen sowohl im Nahbereich (Strahlmodell für Impuls- und Auftriebsstrahl inkl. Einschichtung) als auch gesamtheitlich (Seemodell mit Ausbreitung durch die Rückgabe inkl. Seeströmungen) für den ganzen See berechnet. Dadurch konnte gezeigt werden, dass innerhalb des Mischungsbereiches die erforderliche maximale Temperaturdifferenz von unter 1 K erreicht werden kann. Im Sommer wird durch die Kühlung ein geringer lokaler Wassertemperaturanstieg von 0,1 K verursacht, im Winter werden die Flachwasserbereiche durch die Heiznutzung stärker abgekühlt, was jedoch positiv im Sinne der Durchmischung bewertet wurde.

7.9. Technische Herausforderungen

Neben allgemeinen Kriterien wie Wirtschaftlichkeit und Standortwahl gibt es zahlreiche Aspekte insbesondere aus dem laufenden Betrieb, die bei Projekten zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern berücksichtigt werden sollten. Diese betreffen vor allem die Wassertemperaturen und die korrekte Auslegung und Schutz vor Verschmutzung der Anlagenteile. Auf einige dieser Aspekte und Herausforderungen wird hier eingegangen, teils in Form von Worst-Practice-Beispielen.

Wassertemperaturen (betrifft v. a. offene Systeme)

Die Kenntnis über jahres- wie tageszeitliche Dynamik der Wassertemperaturen am gewählten (Entnahme-) Standort ist notwendige Bedingung für die Planung, Bewilligung, Errichtung und Betrieb einer Anlage. Davon hängt die Systemwahl ab (monovalent, bivalent, monoenergetisch) und ob die Anlage überhaupt umsetzbar ist. Bei zu geringen Wassertemperaturen schalten die Wärmepumpen ab, dann sind z. B. bivalente Systeme nötig, was die Kosten erhöht – vor allem, wenn das nicht in der Planung berücksichtigt wurde.

Beispiel 1: 1976 wurde in Esslingen die zum damaligen Zeitpunkt „größte Laufwasserwärmepumpenanlage Europas“ in Betrieb genommen, die mit einer Leistung von 765 kW etwa 200 Wohneinheiten mit Wärme aus dem Neckar versorgte [10], [70]. Ende 2012 wurde die Anlage gegen ein Erdgas-BHKW ausgetauscht. Sinkende Wassertemperaturen des Neckars durch fehlende Kühlwassereinleitungen aus u. a. Kohlekraftwerken im Oberstrom machten die Anlage ineffizienter, sodass ein Tausch der Sanierung vorgezogen wurde.

Beispiel 2: In Lauterecken sollte ein Nahwärmenetz mit Bestandsgebäuden über ein offenes System mittels Wasserentnahme aus der Lauter versorgt werden [49]. Diverse „Beratungs- und Planungsfehler“ [71] führten nach jahrelangem Rechtsstreit zu einem Vergleich, bei dem die Stadt 500.000 EUR vom Planer zurückerhielt – zehn Jahre, nachdem es als Vorzeige- und Pilotprojekt in Betrieb hätte gehen sollen. Unter anderem schalteten die Wärmepumpen schon bei 4–5 °C Wassertemperatur ab, nicht wie geplant bei 3 °C, sodass sie letztlich ganz abgeschaltet wurden und nur noch mit Gas geheizt wurde [72].

Korrekte Auslegung und Planung

Lauterecken ist daher auch ein Beispiel für Planungsfehler, die begangen werden können und unbedingt zu vermeiden sind. Die genauen Daten zur Wassertemperatur und Wasserbeschaffenheit, die entsprechende Einplanung von Filteranlagen, Dimensionierung der Wärmetauscher, Wahl des geeigneten Systems und der geeigneten Wärmepumpe usw. sind essenziell für den langfristigen, effizienten und möglichst wartungsarmen Betrieb der Anlagen.

Verschmutzung und Schutz der Anlagenteile (betrifft offene wie geschlossene Systeme)

Wenn Anlagenteile (mehr als erwartet) verschmutzen oder gar beschädigt werden, kann das gleichbedeutend sein mit Fehlern oder zumindest Unzulänglichkeiten bei der Planung, aber auch Mängeln bei Betrieb und Wartung der Anlagen.

Bei geschlossenen Systemen müssen die Wärmetauscher im Gewässer so positioniert werden, dass sie keine Verklausungen verursachen und nicht durch Geröll, Treibholz usw. beschädigt werden können. Auch Biofilmen sollte möglichst vorgebeugt bzw. eine regelmäßige Reinigung vorgenommen werden.

Beispiel 1: Korrosive Wässer können selbst in Edelstahl ausgeführte Anlagenteile, insb. Wärmetauscher, auf Dauer beschädigen und zu kostenintensiven Sanierungsmaßnahmen führen, die die Rentabilität des Betriebs verhindern. U. a. aus diesem Grund wurde die monoenergetische Anlage im Mühlenviertel Bamberg [10], [73], [74] stillgelegt und die Gebäude an die Fernwärme angeschlossen.

Beispiel 2: Hohe Anteile an Schwebfracht können zum Verschlammen der Wärmetauscher führen. Bei der Anlage an der Erft in Bergheim-Zieverich, in der eingeleitete Sumpfwässer zu einer Erhöhung der Wassertemperatur v. a. im Winter führten, verursachte dies einen bedeutenden Zusatzaufwand, um den laufenden Betrieb zu gewährleisten – die Anlage läuft dennoch nicht mehr [10], [75].

Beispiel 3: Auch beim Vorzeigeprojekt der EXPO 2000, der sogenannten „**Solarsiedlung am Ohrberg**“ (u. a. [76]), die noch von [49] als aktuelles Praxisbeispiel gelistet wurde, erfolgte schon nach zehn Jahren Betriebszeit eine Umstellung auf Erdgas-Brennwertkessel, mittlerweile unterstützt durch Abwärme vom naheliegenden Uni-Campus der ISFH. Bei [77] heißt es dazu: *„Allerdings erwies sich die Wasserentnahme aus dem Weserlauf als sehr ungünstig: Der Einlauf versandete regelmäßig und musste dann aufwändig freigelegt werden, darüber hinaus gelangte auch viel Sand in die Wärmeübertrager, der diesen sehr schnell zerstörte.“*

8. Thermische Potenziale von Oberflächengewässern in Tirol

8.1. Gewässerauswahl

Zu Bewertung des thermischen Potenzials der Tiroler Flüsse wurde auf Temperaturmessdaten an verschiedenen Pegelstationen Tirols zurückgegriffen (Abb. 19). Diese Daten wurden seitens des Hydrographischen Dienstes sowie der Tiroler Wasserkraft AG zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden Daten von 60 Messtationen ausgewertet, welche die Temperaturen der Flüsse kontinuierlich aufzeichnen. Im konkreten Anwendungsfall wurden (sofern verfügbar) daraus die Tagesmitteltemperaturen der Flüsse vom 01. Jänner 2000 bis 30. September 2023 verwendet. Zum Großteil der Datensätze liegen auch Abflussmessungen vor, lediglich vom Gurglbach (Messstelle Imst-Brennbichl) sowie dem Inn bei Kufstein und Rattenberg sind nur Temperaturmessungen verfügbar. Eine genauere Aufschlüsselung (Fluss, Name der Messtation, Lage, Betreiber etc.) findet sich in Tab A 1, eine Aufstellung nach Gewässerökologischem Zustand, Ökoregion und Fischregion in Tab A 2.

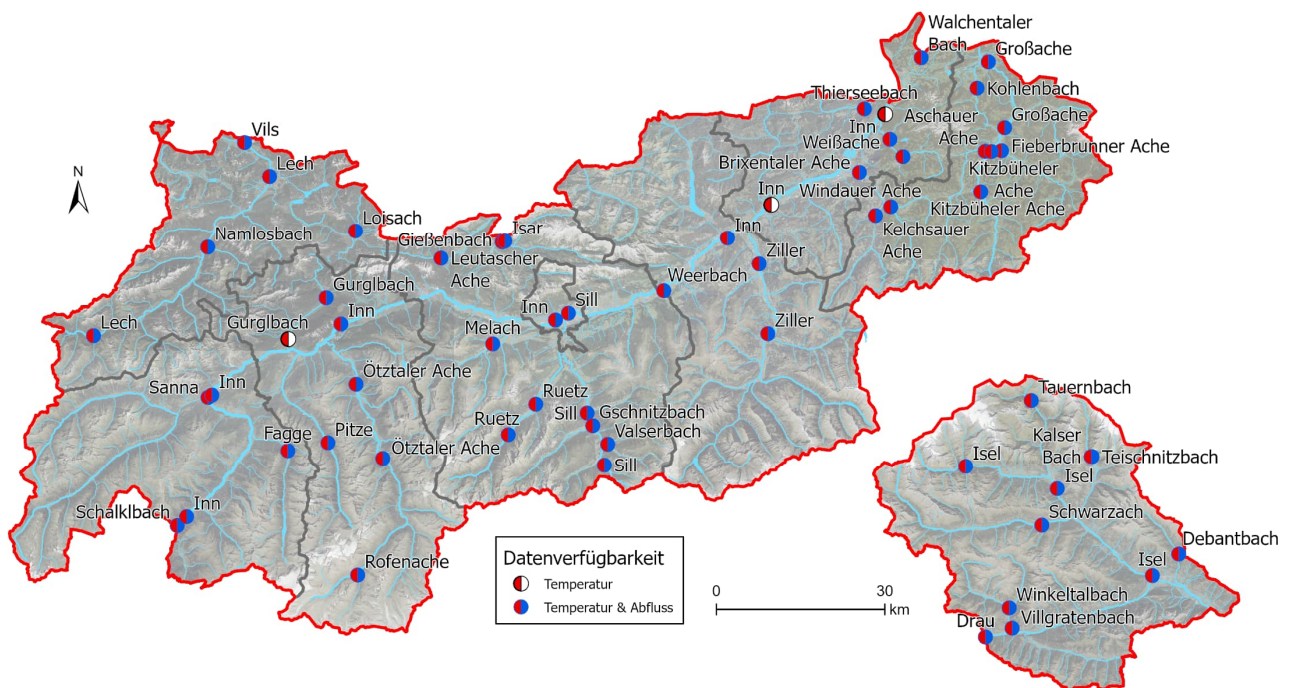


Abb. 19: Lage der Temperaturmessstationen an den Flüssen Tirols.

8.2. Methodik

8.2.1. Potenzialberechnung Fließgewässer

Für die thermische Nutzung von Fließgewässern durch offene Systeme sind einerseits die in der Qualitätszielverordnung Ökologie festgelegten Maximaltemperaturen zu berücksichtigen, aber auch die festgelegten maximalen Temperaturerhöhungen vor und nach der Einleitstelle (Tab. 2).

Dies erlaubt einerseits eine Berechnung der Zulässigkeit einer potenziellen Nutzung sowie in weiterer Folge auch eine Abschätzung des maximalen thermischen Potenzials ¹¹.

Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die seitens des Bayerischen Landesamtes für Umwelt im Merkblatt Nr. 4.5/18 [78] festgelegte Methodik (dort in Bezug auf Kühlwasserentnahmen). In Form eines gewichteten Mittelwertes kann dabei die Temperatur des Mischwassers berechnet werden.

$$T_M = \frac{T_G \cdot (MNQ - Q_T) + (T_G \pm \Delta T_{WP}) \cdot Q_T}{MNQ} \quad \text{Gleichung 1}$$

$$\Delta T_G = |T_G - T_M| \quad \text{Gleichung 2}$$

MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss [m³/s]
Q_T	Entnommene Wassermenge zur thermischen Nutzung [m³/s]
T_G	Wassertemperatur des unbelasteten Gewässers vor der Entnahme [°C]
$\pm \Delta T_{WP}$	Gefahrene Spreizung der Heiz- bzw. Kühlanlage [K] (positiv bei Kühlung, negativ bei Heizung)
T_M	Temperatur des Gewässers nach Einleitung des abgekühlten/erwärmten Wassers [°C]
ΔT_G	Verursachte Temperaturänderung des Gewässers durch die thermische Nutzung [K]

Unter Beachtung der Qualitätszielverordnung Ökologie – Oberflächengewässer und Vorgabe des Grenzwertes der Temperaturänderung (z. B. $\Delta T_G = 1,5 \text{ K}$, 2 K) kann die maximal zulässige Wasserentnahme zur thermischen Nutzung eines gegebenen Gewässers nach Q_T umgestellt werden. Unabhängig davon, ob die Wasserentnahme zu Kühl- oder Heizzwecken erfolgen soll, ergibt sich bei Umstellung von Gleichung 1 folgende Formel zur Ermittlung der maximalen Wasserentnahme:

$$Q_T = \frac{\Delta T_G \cdot MNQ}{\Delta T_{WP}} \quad \text{Gleichung 3}$$

¹¹ Die Autoren weisen darauf hin, dass auf diese Weise lediglich die Temperaturen vor und nach der Entnahme/Rückgabe berücksichtigt werden und Kulminationseffekte durch im Oberlauf befindliche thermische Nutzungen nicht berücksichtigt werden. Insofern erlaubt die Berechnung nur die Abschätzung von Maximalwerten.

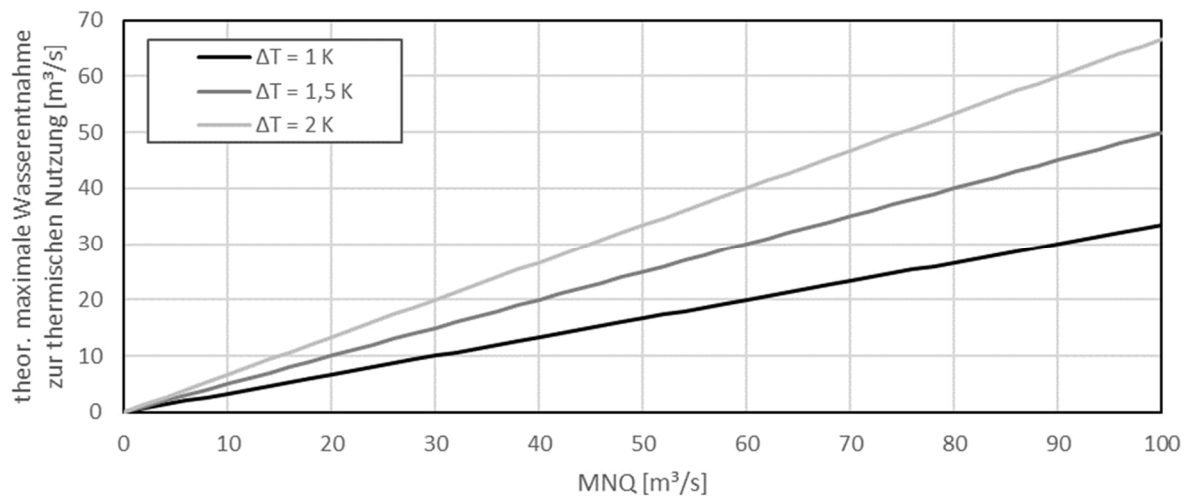


Abb. 20: Theoretische maximal zulässige Wasserentnahme und nachfolgende Einleitung in dasselbe Gewässer bei Einhaltung der Grenzwerte der Temperaturveränderung gemäß Qualitätszielverordnung Oberflächengewässer (ledigliche Betrachtung der Temperatur als Parameter).

Oben angeführte Berechnungsmethodik bietet lediglich eine erste Abschätzung der maximalen Wasserentnahme, wenn keine anderen Parameter als die Temperatur betrachtet werden. Durch Berücksichtigung weiterer wasserwirtschaftlich relevanter Parameter kann sich diese maximal mögliche Entnahmemenge deutlich reduzieren.

Zur Abschätzung des thermischen Potenzials eines bestimmten Fließgewässers wird auf die Methode nach [12] zurückgegriffen, welche auch die Dauer der Heiz- und Kühlperiode berücksichtigt:

$$E_{Fluss} = \begin{cases} c_p \cdot \rho \cdot \Delta T_{WP} \cdot Q_T \cdot \Delta t_{OP} \cdot \frac{COP}{COP - 1} & \text{bei Heizzwecken} \\ c_p \cdot \rho \cdot \Delta T_{WP} \cdot Q_T & \text{bei Kühlzwecken} \end{cases} \quad \text{Gleichung 4}$$

E_{Fluss}	Mögliche aus dem Fluss entnehmbare Menge an Wärme/Kälte [J],
c_p	spezifische Wärmekapazität Wasser [4.200 J/kg*°C],
ΔT_{WP}	Temperaturdifferenz (Spreizung) einer Wärme- oder Kälteeinspeisung [°C],
ρ	Dichte Wasser [1.000 kg/m³],
Δt_{OP}	Dauer der Heiz- bzw. Kühlperiode [s],
COP	Coefficient of performance der Wärmepumpe.

Als Berechnungsgrundlage dienen die hydrologischen Pegelraten zu Abfluss und Wassertemperatur (jeweils Tagesmittelwerte des zur Verfügung stehenden Datenzeitraumes). Um das thermische Potenzial der Gewässer nicht zu überschätzen, wurde für Q_T der Niedrigwasserabfluss (*niedrigster Abflusswert*) auf Monatsbasis berechnet und daraus für die zur Verfügung stehenden Jahressgänge der jeweils monatliche Mittelwert gebildet, um den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) zu erhalten.

Für die Temperaturen wurden die mittleren Monats-Mittel-Temperaturen berechnet. Es sei angemerkt, dass es dadurch durchaus möglich ist, dass an manchen Tagen die Minimaltemperaturen für eine thermische Nutzung unter-

schritten werden. Auf diese Weise kann jedoch sichergestellt werden, dass im Mittel ein Anlagenbetrieb möglich ist. In Anlehnung an [12] wurden weitere Einschränkungen hinsichtlich der Berechnung vorgenommen. Diese unterscheiden sich für Heiz- und Kühlzwecke.

Gemäß der Qualitätszielverordnung Ökologie (Kap. 5.2.2) konnte für die Gewässer, zu denen Temperaturdaten vorliegen, die in Abb. 19 festgehaltene maximale Temperatur bzw. maximale Temperaturerhöhung bestimmt werden (Tab. 5).

Tab. 5: Laut Qualitätszielverordnung Ökologie zugelassene maximale Gewässerstemperatur in den Sommermonaten (T Max) sowie die max. zulässige Temperaturerhöhung (+ΔT Max). Für die Messorte Gurglbach Imst-Brennbichl, Inn Jenbach-Rottholz und Inn Rattenberg liegen keine Abflussdaten vor. Für die Messorte Rofenache und Walchentaler Bach, für die aufgrund der Einstufung als „kein Fischlebensraum“ bzw. „keine Daten verfügbar“ keine Maximaltemperatur bzw. maximale Temperaturerhöhungen vorliegen, wurden 20 °C bzw. 1,5 K angenommen.

Fluss	Messstelle	T Max [° C]	+ΔT Max [K]
Aschauer Ache	Sperten	20,0	1,5
Brixentaler Ache	Bruckhäusl	20,0	1,5
Debantbach	Obernußdorf	20,0	1,5
Drau	Arnbach	20,0	1,5
Fagge	Feichten - Platz Loch	20,0	1,5
Fieberbrunner Ache	Almdorf	20,0	1,5
Gießenbach	Scharnitz (Gießenbach)	20,0	1,5
Großache	Kirchdorf in Tirol	20,0	1,5
Großache	Kössen-Hütte	21,5	1,5
Gschnitzbach	Steinach am Brenner	20,0	1,5
Gurglbach	Nassereith (Wiesenmühle)	20,0	1,5
Gurglbach	Imst-Brennbichl	20,0	1,5
Inn	Pfunds - Kajetansbrücke	21,5	1,5
Inn	Landeck-Perjen	20,0	1,5
Inn	Haiming - Magerbach	21,5	1,5
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	21,5	1,5
Inn	Jenbach-Rotholz	21,5	1,5
Inn	Rattenberg	26,0	3,0
Inn	Kufstein (Bahnhofsbrücke)	26,0	3,0
Isar	Scharnitz (Weidach)	20,0	1,5
Isel	Hinterbichl	20,0	1,5

Fluss	Messstelle	T Max [° C]	+ΔT Max [K]
Leutascher Ache	Klamm	20,0	1,5
Loisach	Ehrwald (Viadukt)	20,0	1,5
Melach	In der Au	20,0	1,5
Namlosbach	Stanzach	20,0	1,5
Öztaler Ache	Huben	20,0	1,5
Öztaler Ache	Tumpen	20,0	1,5
Pitze	St. Leonhard im Pitztal	20,0	1,5
Rofenache	Vent (oberh. Niedertalbach)	-	-
Ruetz	Krössbach	20,0	1,5
Ruetz	Kampl	20,0	1,5
Sanna	Landeck-Bruggen	20,0	1,5
Schalkbach	Schalkhof	15,0	0,0
Schwarzach	Hopfgarten i. Def.-Zwenewald	20,0	1,5
Sill	Lueg	20,0	1,5
Sill	Puig	20,0	1,5
Sill	Innsbruck-Reichenau	20,0	1,5
Stampfangerbach	Söll	20,0	1,5
Tauernbach	Matreier Tauernhaus	20,0	1,5
Teischnitzbach	Spöttling-Taurer	20,0	1,5
Thierseebach	Thiersee	20,0	1,5
Valserbach	St. Jodok am Brenner	20,0	1,5

Fluss	Messstelle	T Max [° C]	+ΔT Max [K]
Isel	Lienz	21,5	1,5
Isel	Brühl	20,0	1,5
Kalser Bach	Spöttling	20,0	1,5
Kelchsauer Ache	Hörbrunn	20,0	1,5
Kitzbüheler Ache	Kitzbühel (Bahn- hofsbrücke)	20,0	1,5
Kitzbüheler Ache	St. Johann in Tirol	20,0	1,5
Kohlenbach	Schwendt-Unter- bichl	20,0	1,5
Lech	Lechaschau	21,5	1,5
Lech	Steeg	20,0	1,5

Fluss	Messstelle	T Max [° C]	+ΔT Max [K]
Villgratenbach	Heinfels	20,0	1,5
Vils	Vils (Lände)	20,0	1,5
Walchentaler Bach	Rettenschöß	-	-
Weerbach	Weer	20,0	1,5
Weißache	Kaiserwerk	20,0	1,5
Windauer Ache	Unterwindau	20,0	1,5
Winkeltalbach	Außervillgraten	20,0	1,5
Ziller	Hart im Zillertal	21,5	1,5
Ziller	Zell am Ziller-Zell- bergeben	20,0	1,5

Bei Heizzwecken wurde eine Spreizung zwischen 1 und 10 K (variierend mit der Wassertemperatur) festgelegt. Als Minimaltemperatur des Wassers wurde für Entnahme sowie Rückgabe 1 °C festgelegt, um ein Gefrieren zu vermeiden. Gemeinsam mit der minimalen Spreizung von 1 K ergibt sich somit eine minimale Wassertemperatur für die thermische Nutzung von 2 °C. Auch wenn in der Qualitätszielverordnung Ökologie keine Beschränkungen hinsichtlich der erlaubten Abkühlung des Wassers festgelegt sind, wurde in Orientierung an [12] die maximal zulässige Temperaturerhöhung je nach Gewässerzustand und Fischregion auch für die Temperaturabsenkung angewandt. Somit ergeben sich maximale Temperaturänderungen durch die thermische Nutzung des Wassers zwischen 0 und 3 K. Basierend auf der maximalen Temperaturänderung ΔT_G , dem mittleren Niederwasserabfluss MNQ und der Spreizung der Wärmepumpe (ΔT_{WP}) kann die maximal entnehmbare Wassermenge zur thermischen Nutzung (Q_T) über Gleichung 3 ermittelt werden.

8.2.2. Potenzialberechnung stehende Gewässer

Neben einer Berechnungsmethodik für Fließgewässer nennt [12] zudem auch eine Möglichkeit, das thermische Potenzial von stehenden Gewässern bei offenen Systemen abschätzen zu können, welche hier angewendet wird.

$$E_{See} = \begin{cases} c_p \cdot \rho \cdot \Delta T_M \cdot V_{Mix} \cdot \frac{COP}{COP - 1} & \text{bei Heizzwecken} \\ c_p \cdot \rho \cdot \Delta T_M \cdot V_{Mix} & \text{bei Kühlzwecken} \end{cases} \quad \text{Gleichung 5}$$

E_{See}	Mögliche aus dem See zu entnehmende Menge an Wärme/Kälte [J],
V_{Mix}	Wasservolumen, in das sich das entnommene Wasser einmischen kann [m³],
ΔT_M	Zulässige Temperaturänderung im See durch die Wassereinleitung.

Gemäß den vorliegenden Potenzialstudien aus der Schweiz ([46], [47], [79], [80], [81], [82]) kann als Grenzwert für die **Erwärmung des Tiefenwassers 0,5 K** (bei Kühlzwecken) und **eine Abkühlung von 1,0 K** (bei Heizzwecken)

angesetzt werden. Hinsichtlich der holomiktischen Durchmischung wird angenommen, dass in Frühjahr, Herbst und Winter V_{Mix} als das gesamte Seevolumen betrachtet werden kann, im Sommer ist hingegen die vertikale Schichtung zu berücksichtigen (Abb. 6). Zusätzlich werden weitere Grenzwerte hinsichtlich der maximalen (15 °C bei Kühlnutzung) und minimalen (1 °C bei Heizzwecken) Einleittemperatur vorgeschlagen.

Als Datenbasis der Berechnungen dienen die Angaben aus dem seitens des Bundesamtes für Wasserwirtschaft erstellten Katalog „*Natürliche und künstliche Seen Österreichs größer als 50 ha*“ [83]. Darin sind u. a. Angaben zu Seehöhe, Wasservolumen, Tiefe des Sees, Durchmischungsverhalten und gewässerökologischem Zustand enthalten. Die projektgegenständlich relevanten Parameter sind in Tab. 6 festgehalten.

Tab. 6: Für die thermische Nutzung relevante Parameter der betrachteten Tiroler Seen und Speicher. Alle Seen sind als oligotroph (nährstoffarm) eingestuft. Alle Angaben gemäß [83] außer * gemäß NGP 2021 (sofern abweichend).

See	Seehöhe [m. ü. A.]	Fläche [ha]	Max. Tiefe [m]	Mittl. Tiefe [m]	Volumen [Mio. m³]	Durchmischung	Ökologischer Zustand	Fischökolo- gisch
Achensee	929	680	133	67	454	Holomiktisch, di- miktisch	Gutes oder bes- seres Potential	Elritzensee
Gepatsch Stau- see	1.767	260	112	54	140	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. Bachfo- rellensee
Haldensee	1.124	73	14	14	10	Holomiktisch	Sehr guter Zu- stand	Elritzensee
Heiterwanger See	976	137	60	40	55	Holomiktisch	Gutes oder bes- seres Potential	Seesaiblingsee
Hintersteiner See	883	56	36	12	7	Holomiktisch	Gutes oder bes- seres Potential	Seesaiblingsee
Plansee	976	287	77	43	124	Holomiktisch	Gutes oder bes- seres Potential	Seesaiblingsee
Schlegeisspeicher	1.782	220	128	59	129	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. See- saiblingsee
Speicher Durlaß- boden	1.405	190	48	28	54	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. See- saiblingsee
Speicher Finster- tal	2.000	103	110	59	61	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. Bachfo- rellensee
Speicher Stillup	1.116	60	22	14	8	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. Bachfo- rellensee
Speicher Ziller- gründl	1.800	140	164	64	90	Nicht bekannt	Gutes oder bes- seres Potential	künstl. Bachfo- rellensee
Vilsalpsee	1.165	51	30	15	8	Holomiktisch	Sehr guter Zu- stand	Seesaiblingsee
Walchsee	655	95	21	12<	11	Holomiktisch, di- miktisch	Mäßiger Zu- stand*	Elritzensee

Da zu den Temperaturtiefenprofilen der Seen im Jahresverlauf keine Daten aus kontinuierlicher Erfassung vorliegen (sondern maximal aus Einzelmessungen aus Projekten (z. B. [84] sowie seit 2007 im Rahmen der GZÜV i. d. R. zweimal pro Jahr ein Profil am Achensee, Heiterwanger See und Plansee), wird angenommen, dass alle Seen eine sommerliche Thermokline in 10 m Tiefe aufweisen. Das Seevolumen oberhalb der Thermokline steht in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) nicht für eine thermische Nutzung zur Verfügung. Da lediglich zum Achensee genaue bathymetrische Vermessungsdaten vorliegen, kann das nicht zur Verfügung stehende Gewässervolumen nicht präzise abgeschätzt werden. Daher wird das nicht zur Verfügung stehende Wasservolumen oberhalb der Thermokline durch Multiplikation der angenommenen Tiefenlage der Thermokline mit der Seeoberfläche in erster Linie abgeschätzt. Diese Daten sind in Tab. 7 angeführt.

Tab. 7: Theoretisch zur Verfügung stehende, thermisch nutzbare Gewässervolumina der betrachteten Tiroler Seen.

See	Thermisch nutzbares Volumen (Gesamt) [m³]	Thermisch nicht nutzbare Volumen (Sommer) [m³]	Reduktion um
Achensee	454.000.000	68.000.000	15 %
Gepatsch Stausee	140.000.000	26.000.000	19 %
Haldensee	10.000.000	7.300.000	73 %
Heiterwanger See	55.000.000	13.700.000	25 %
Hintersteiner See	7.000.000	5.600.000	80 %
Plansee	124.000.000	28.700.000	23 %
Schlegeisspeicher	129.000.000	22.000.000	17 %
Speicher Durlaßboden	54.000.000	19.000.000	35 %
Speicher Finstertal	61.000.000	10.300.000	17 %
Speicher Stillup	8.000.000	6.000.000	75 %
Speicher Zillergründl	90.000.000	14.000.000	16 %
Vilsalpsee	8.000.000	5.100.000	64 %
Walchsee	11.000.000	9.500.000	86 %

8.3. Auswertung und Entwicklung der Gewässer-Temperaturdaten

Die Auswertung der Gewässertemperaturdaten erfolgte primär zur Feststellung, ob ein Gewässer potenziell für eine thermische Nutzung geeignet ist. Darüber hinaus erlaubt die Gesamtheit der Temperaturdaten auch eine Analyse hinsichtlich langfristiger Trends und möglicher Veränderungen der Fließgewässertemperaturen im Zusammenhang mit Klimawandel und anderen Einflussfaktoren.

Die statistische Analyse der Gesamtdaten zeigt im Großteil der Fließgewässer einen deutlichen Erwärmungstrend (Abb. 21). Der lineare Fit des laufenden Mittelwertes (exemplarisch für den Inn, den Valser Bach, die Ötztaler Ache und den Ziller in Abb. 22 bis Abb. 25 dargestellt, weitere Auswertungen im Anhang) zeigt, dass sich die Gewässer in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich erwärmt haben. Um die saisonalen Unterschiede dazustellen, erfolgte auch eine Auswertung der Temperaturveränderungen getrennt für Sommerhalbjahr (21. März bis 23. September) und Winterhalbjahr (24. September bis 20. März). Insbesondere bei den sommerlichen Spitzentemperaturen (95 % Quantil) sind die Temperaturanstiege nochmals deutlich ausgeprägter und liegen bei bis zu 0,7 K pro Dekade. Im winterlichen Temperaturminimum (5 % Quantil) sind die Temperaturen zwar vielfach noch um den Gefrierpunkt angesiedelt, jedoch zeigen einige Fließgewässer auch in den Wintermonaten bereits einen deutlichen Temperaturanstieg.

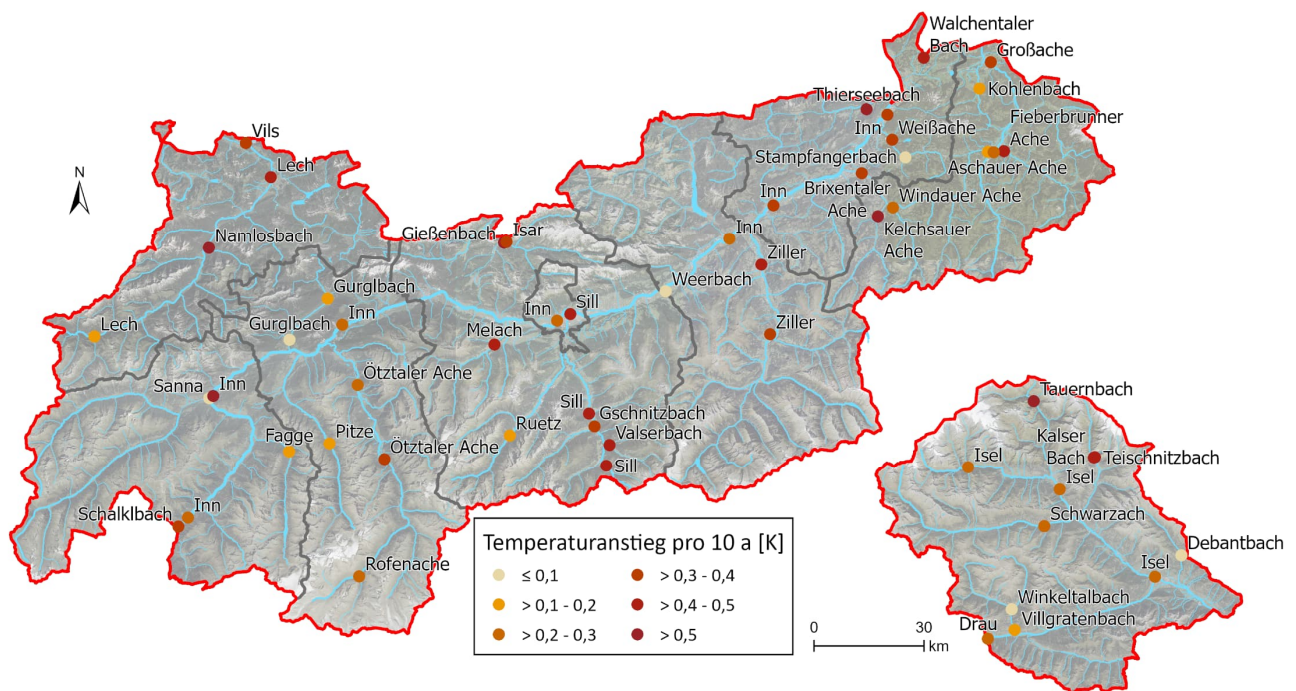


Abb. 21: Mittlere Temperaturanstiege der Tiroler Fließgewässer pro Jahrzehnt.

Im Median liegen die beobachteten Temperaturveränderungen pro Dekade wie folgt:

- > Jahresmittel: +0,31 K,
- > Sommer: +0,58 K,
- > Winter: +0,28 K.

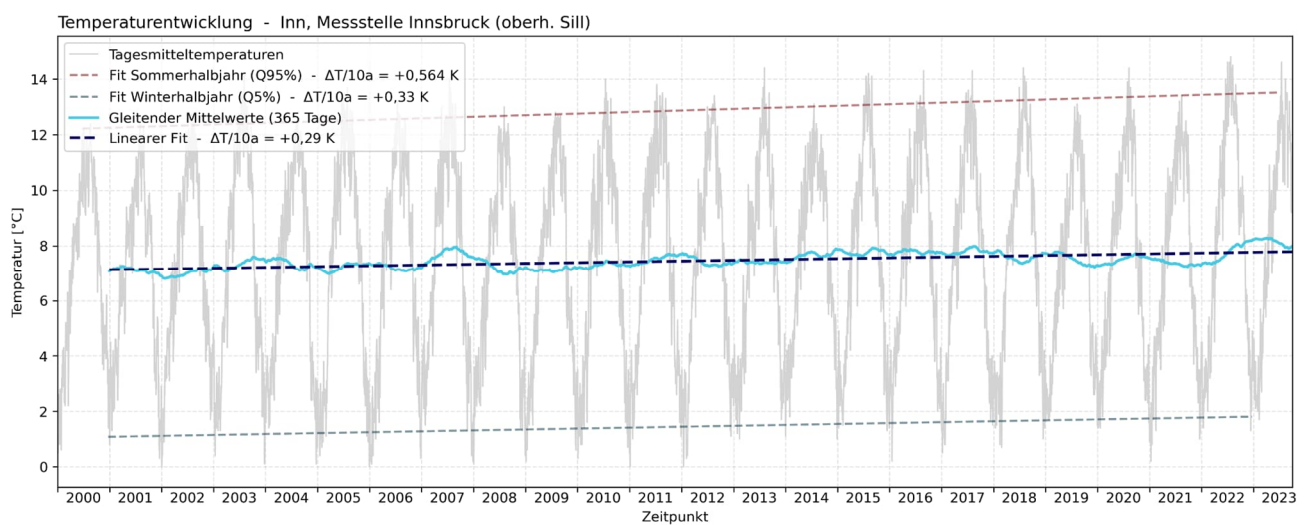


Abb. 22: Temperaturentwicklung des Inns, Messstelle Innsbruck (oberhalb Sill), basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte). Im gleitenden Mittelwert zeigt sich ein Temperaturanstieg von ca. 0,3 K pro Dekade, bei den sommerlichen Spitzentemperaturen (95 % Quantil) ein Anstieg um ca. 0,6 K/10a und im winterlichen Temperaturminimum (5 % Quantil) um ca. 0,3 K/10a.

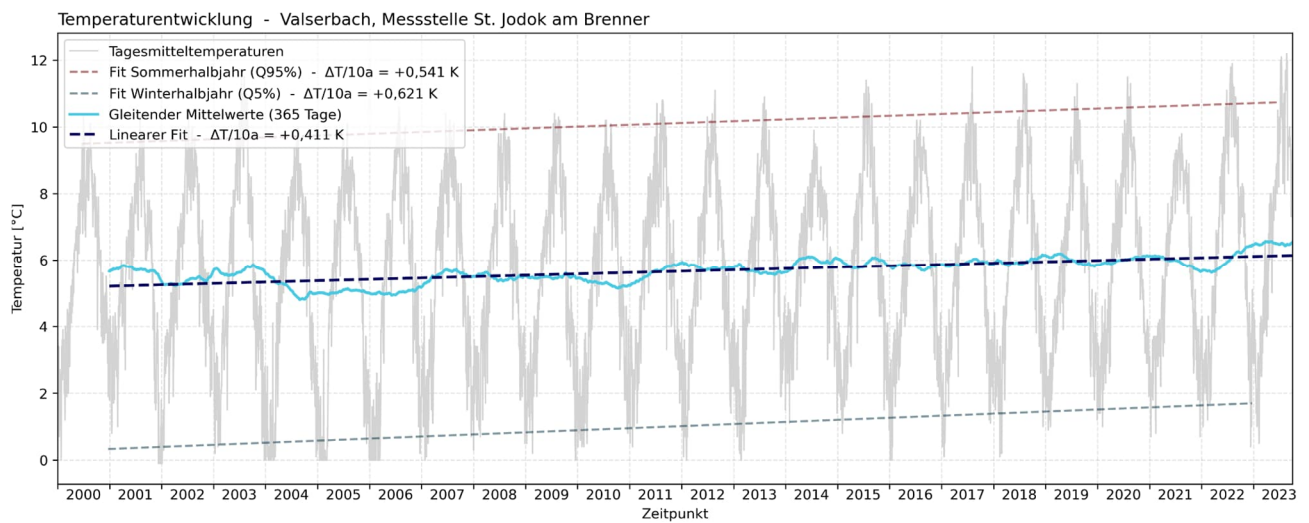


Abb. 23: Temperaturentwicklung des Valserbaches, Messstelle St. Jodok am Brenner, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte). Im gleitenden Mittelwert zeigt sich ein Temperaturanstieg von ca. 0,4 K pro Dekade, bei den sommerlichen Spizentemperaturen (95 % Quantil) ein Anstieg um ca. 0,5 K/10a und im winterlichen Temperaturminimum (5 % Quantil) um ca. 0,6 K/10a.

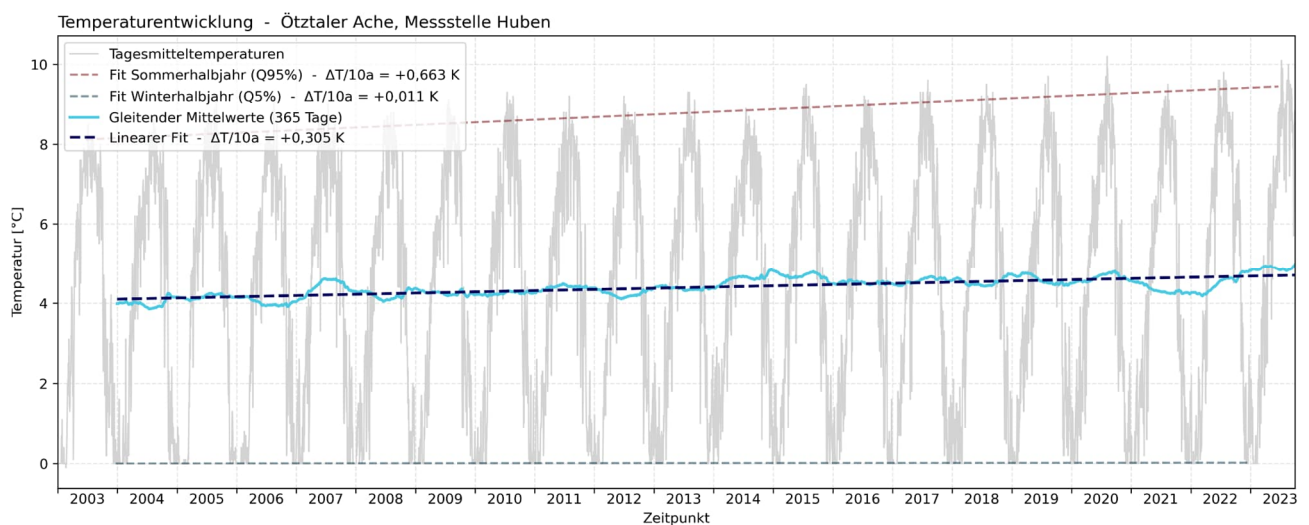


Abb. 24: Temperaturentwicklung der Öztaler Ache, Messstelle Huben, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte). Im gleitenden Mittelwert zeigt sich ein Temperaturanstieg von ca. 0,3 K pro Dekade, bei den sommerlichen Spizentemperaturen (95 % Quantil) ein Anstieg um ca. 0,7 K/10a und im winterlichen Temperaturminimum (5 % Quantil) eine gleichbleibende Temperatur um null Grad Celsius.

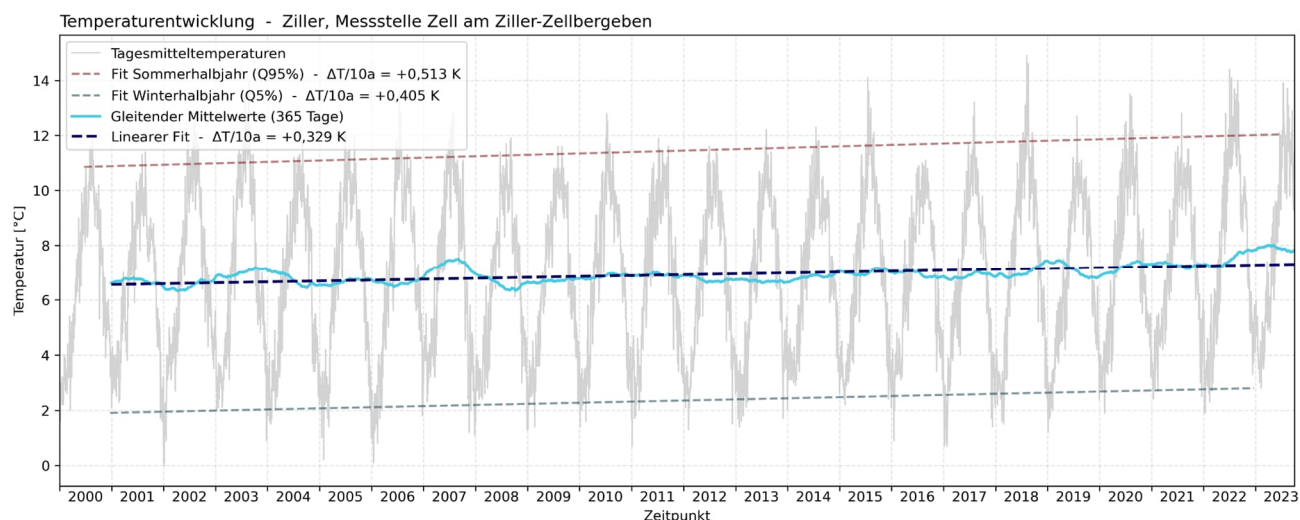


Abb. 25: Temperaturentwicklung des Ziller, Messstelle Zell am Ziller-Zellbergeben, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte). Im gleitenden Mittelwert zeigt sich ein Temperaturanstieg von ca. 0,3 K pro Dekade, bei den sommerlichen Spitzentemperaturen (95 % Quantil) ein Anstieg um ca. 0,5 K/10a und im winterlichen Temperaturminimum (5 % Quantil) um ca. 0,4 K/10a.

Tab. 8: Zusammenstellung der im Beobachtungszeitraum feststellbaren langfristigen Temperaturänderungen an den Tiroler Gewässern pro Dekade (linearer Fit basierend auf den Tagesmittelwerten der Temperaturen)

Gewässer	Messstelle	Gleitender Mittelwert $\Delta T/10a \text{ [K]}$	95 % Quantil (Sommer) $\Delta T/10a \text{ [K]}$	5 % Quantil (Winter) $\Delta T/10a \text{ [K]}$
Achensee	Pertisau - Schifffahrt Achenseepegel	+0,633	+0,999	+0,223
Aschauer Ache	Sperten	+0,150	+0,078	-0,439
Brixentaler Ache	Bruckhäusl	+0,396	+0,475	+0,396
Debantbach	Obernußdorf	+0,082	+0,716	-0,240
Drau	Arnbach	+0,211	+0,259	+0,353
Fagge	Feichten - Platz Loch	+0,151	+0,128	+0,373
Fieberbrunner Ache	Almdorf	+0,417	+0,428	+0,568
Gießenbach	Scharnitz (Gießenbach)	+1,017	+1,144	+0,798
Großache	Kirchdorf in Tirol	n. b.	n. b.	n. b.
Großache	Kössen-Hütte	+0,339	+0,562	+0,422
Gschnitzbach	Steinach am Brenner	+0,394	+0,620	+0,320
Gurglbach	Imst-Brennbichl	+0,082	+0,768	+0,399
Gurglbach	Nassereith (Wiesenmühle)	+0,112	+0,464	-0,172
Inn	Haiming - Magerbach	+0,296	+0,471	+0,377
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	+0,290	+0,564	+0,330
Inn	Jenbach-Rotholz	+0,288	+0,546	+0,337
Inn	Kufstein (Bahnhofsbrücke)	+0,345	+0,533	+0,532
Inn	Landeck-Perjen	+0,876	+0,702	+0,356
Inn	Pfunds - Kajetansbrücke	+0,215	+0,251	+0,344

Gewässer	Messstelle	Gleitender Mittelwert $\Delta T/10a$ [K]	95 % Quantil (Sommer) $\Delta T/10a$ [K]	5 % Quantil (Winter) $\Delta T/10a$ [K]
Inn	Rattenberg	+0,321	+0,642	+0,409
Isar	Scharnitz (Weidach)	+0,351	+0,214	+0,570
Isel	Brühl	+0,231	+0,631	+0,002
Isel	Hinterbichl	+0,280	+1,135	0,000
Isel	Lienz	+0,222	+0,575	+0,094
Kalser Bach	Spöttling	+0,445	+0,601	+0,361
Kelchsauer Ache	Hörbrunn	+0,913	+0,985	-0,385
Kitzbüheler Ache	Kitzbühel (Bahnhofsbrücke)	n. b.	n. b.	n. b.
Kitzbüheler Ache	St. Johann in Tirol	+0,297	+0,627	+0,298
Kohlenbach	Schwendt-Unterbichl	+0,108	+0,214	+0,160
Lech	Lechaschau	+0,494	+0,877	+0,560
Lech	Steeg	+0,186	+0,405	+0,048
Leutascher Ache	Klamm	n. b.	+3,092	+1,151
Loisach	Ehrwald (Viadukt)	n. b.	+2,392	-1,301
Melach	In der Au	+0,495	+1,049	+0,081
Namlosbach	Stanzach	+0,579	+0,162	+0,182
Ötztaler Ache	Huben	+0,305	+0,663	+0,011
Ötztaler Ache	Tumpen	+0,259	+0,550	+0,044
Pitze	St. Leonhard im Pitztal	+0,110	+0,558	-0,100
Rofenache	Vent (oberh. Niedertalbach)	+0,227	+0,605	0,000
Ruetz	Kampl ¹	+3,076	+3,310	+4,799
Ruetz	Krössbach	+0,144	+0,607	-0,148
Sanna	Landeck-Bruggen	+0,057	+0,427	+0,127
Schalklbach	Schalklhof	+0,367	+0,611	+0,032
Schwarzach	Hopfgarten i. Def.-Zwenewald	+0,268	+0,481	+0,169
Sill	Innsbruck-Reichenau	+0,413	+0,736	+0,431
Sill	Lueg	+0,441	+1,131	+0,104
Sill	Puig	+0,410	+0,656	+0,706
Stampfangerbach	Söll	+0,023	+0,359	-0,464
Tauernbach	Matreier Tauernhaus	+0,576	+1,115	+0,139
Teischnitzbach	Spöttling-Taurer	+0,467	+0,952	+0,058
Thierseebach	Thiersee	+1,011	+1,249	+1,410
Valserbach	St. Jodok am Brenner	+0,411	+0,541	+0,621
Villgratenbach	Heinfels	+0,102	+0,248	+0,125
Vils	Vils (Lände)	+0,309	+0,337	+0,244
Walchentaler Bach	Rettenschöß	+0,416	+0,553	+0,524
Weerbach	Weer	+0,028	+0,221	-0,400
Weißache	Kaiserwerk	+0,342	+0,656	+0,281
Windauer Ache	Unterwindau	+0,259	-0,614	+0,096

Gewässer	Messstelle	Gleitender Mittelwert $\Delta T/10a$ [K]	95 % Quantil (Sommer) $\Delta T/10a$ [K]	5 % Quantil (Winter) $\Delta T/10a$ [K]
Winkeltalbach	Außervillgraten	+0,060	-0,228	+0,324
Ziller	Hart im Zillertal	+0,494	+0,793	+0,472
Ziller	Zell am Ziller-Zellbergeben	+0,329	+0,513	+0,405

¹Kurzer Beobachtungszeitraum.

8.4. Einschätzung des thermischen Potenzials für Tirol

Aus der in Kapitel 8.2.1 und 8.2.2 angeführten Potenzialberechnung ergibt sich ein theoretisches thermisches Maximalpotenzial der Tiroler Flüsse und Seen. Insbesondere in Hinblick auf die mögliche Anzahl und Dimension tatsächlich errichtbarer Anlagen bestehen jedoch noch große Unabwägbarkeiten. Obwohl sich ein theoretisches Potenzial für Heizwecke bei den Flüssen von rund 22.000 GWh/a und den Seen von rund 1.900 GWh/a errechnen lässt, ist der Großteil davon erfahrungsgemäß weder technisch noch gewässerökologisch realisierbar. Auf Grund der bestehenden Unsicherheiten, der diversen Anforderungen an die Standortbedingungen (siehe auch Kap. 9) und notwendigen Einzelfallprüfungen kann kein nutzbares Potenzial verlässlich abgeleitet werden. Es kann jedoch angenommen werden, dass das tatsächlich nutzbare Potenzial deutlich unter 5 % des theoretischen Gesamtpotenzials liegen wird.

Auf die Ausweisung von Kühlpotenzialen wurde aufgrund der zunehmend steigenden Wassertemperaturen (vgl. [42], [43] und Tab. 8) sowie die Auswertungen in Kapitel 8.3 und der damit einhergehenden Herausforderungen für die aquatischen Ökosysteme **verzichtet**. Kühlnutzungen der Oberflächengewässer sollen in Tirol nicht forciert werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die thermische Nutzung der Gewässer in Tirol ausgeschlossen ist, vielmehr erfordert die Erschließung dieser Ressource eine gewissenhafte Planung und Abstimmung zwischen Projektanten und Behörde.

Auf Basis der Auswertung der minimalen Gewässertemperaturen im Jahresverlauf (siehe Tab. 9) kann eine erste Einschätzung getroffen werden, welche Gewässer potenziell für thermische Nutzungen in Form von Heizanlagen in Frage kommen. Gemäß den in Kapitel 8.2.1 definierten Anforderungen an die Potenzialabschätzung für offene Systeme sind – insb. für monovalenten Betrieb – jene Gewässer interessant, deren Temperaturminima 2 °C nicht unterschreiten. Dies sind **Gurglbach** (Abb. 26), **Kohlenbach** (Abb. 27) und **Stampfangerbach** (Abb. 28).

In einer erweiterten Betrachtung mit einem Temperaturgrenzwert von 1 °C, die auch geringere Spreizungen in Kauf nimmt, könnten theoretisch (rein auf die Temperaturdaten bezogen) auch **Drau**, **Großache**, **Loisach**, **Ruetz**, **Thierseebach**, **Vils**, **Walchentaler Bach**, **Weißache** und **Ziller** für eine thermische Nutzung in Frage kommen.

Tab. 9: Auswertung der Temperaturminima [°C] der einzelnen Monate (Q 2,5 %) für alle untersuchten Messstellen.

Gewässer	Messstelle	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Achensee	Pertisau - Schifffahrt Achenseepegel	2,8	2,1	2,0	3,9	5,9	9,3	13,6	14,6	11,5	8,4	5,7	4,2
Aschauer Ache	Sperten	0,0	0,1	1,9	3,8	6,3	9,4	11,6	10,9	8,8	6,0	2,1	0,1
Brixentaler Ache	Bruckhäusl	0,0	0,1	1,8	3,7	6,3	8,2	11,0	10,8	8,2	4,3	1,5	0,2
Debantbach	Obernaußdorf	0,2	0,1	0,8	2,1	4,1	6,1	7,9	7,9	6,0	3,7	1,0	0,3

Gewässer	Messstelle	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Drau	Arnbach	1,0	1,3	2,4	4,1	5,4	6,8	7,9	8,1	6,4	4,3	2,4	1,2
Fagge	Feichten - Platz Loch	0,4	0,6	1,9	4,0	5,3	6,1	7,1	7,3	6,1	4,0	2,3	0,8
Fieberbrunner Ache	Almdorf	0,0	0,0	1,3	3,4	6,3	7,9	10,1	10,4	8,0	4,6	1,4	0,0
Gießenbach	Scharnitz (Gießenbach)	0,4	1,2	2,6	3,8	5,4	6,4	7,1	7,0	6,0	4,3	2,0	0,6
Großache	Kirchdorf in Tirol	0,4	0,4	1,8	3,6	6,7	10,6	12,5	10,8	8,8	6,2	2,6	0,0
Großache	Kössen-Hütte	1,0	1,4	2,9	4,5	6,9	8,3	10,5	10,8	8,8	5,9	3,2	1,5
Gschnitzbach	Steinach am Brenner	0,9	1,4	3,2	4,1	5,2	7,0	8,0	8,0	6,3	4,8	2,6	1,7
Gurglbach	Imst-Brennbichl	4,0	3,8	5,2	5,9	7,1	9,0	9,5	9,3	8,3	6,9	5,4	4,3
Gurglbach	Nassereith (Wiesenmühle)	5,3	5,2	5,8	6,2	7,0	8,4	9,3	8,9	7,8	6,6	5,6	5,3
Inn	Haiming - Magerbach	0,3	0,9	1,8	4,3	6,3	7,2	8,7	9,1	7,2	4,6	2,3	0,4
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	0,3	1,1	2,6	5,4	7,1	8,1	9,4	9,9	7,8	5,1	2,6	0,6
Inn	Jenbach-Rotholz	0,7	1,5	3,1	5,5	7,4	8,4	10,0	10,3	8,5	5,6	3,1	1,2
Inn	Kufstein (Bahnhofsbrücke)	0,4	1,5	3,1	5,4	7,5	8,6	10,2	10,8	8,7	5,9	3,2	1,1
Inn	Landeck-Perjen	0,6	0,7	2,3	4,3	5,8	8,1	9,4	9,4	7,6	5,1	2,5	0,7
Inn	Pfunds - Kajetansbrücke	0,4	1,0	1,8	3,6	5,7	7,0	8,9	9,1	7,2	4,4	2,1	0,3
Inn	Rattenberg	0,6	1,5	2,9	5,3	7,2	8,0	9,7	10,2	8,1	5,6	3,0	1,1
Isar	Scharnitz (Weidach)	0,5	0,8	1,6	4,1	5,6	6,1	6,9	7,1	6,0	4,6	2,7	1,3
Isel	Brühl	-0,1	0,0	0,2	2,7	4,8	5,9	7,6	8,0	5,2	2,0	0,0	-0,1
Isel	Hinterbichl	0,0	0,0	0,2	1,1	3,0	4,4	6,4	6,5	3,9	1,2	0,0	0,0
Isel	Lienz	0,0	0,0	1,3	4,4	6,2	7,3	8,8	9,3	6,7	3,4	0,5	0,0
Kalser Bach	Spöttling	0,0	0,1	0,7	1,7	3,1	4,2	5,7	6,2	4,3	1,7	0,5	0,0
Kelchsauer Ache	Hörbrunn	0,0	0,0	0,7	2,5	4,9	8,6	11,0	10,1	7,4	5,1	1,7	0,0
Kitzbüheler Ache	Kitzbüchel (Bahnhofsbrücke)	0,8	0,9	1,6	3,1	6,7	10,5	11,8	10,2	8,3	6,1	2,8	0,8
Kitzbüheler Ache	St. Johann in Tirol	0,0	0,0	1,4	3,6	6,4	8,2	10,6	10,8	8,5	5,0	1,6	0,1
Kohlenbach	Schwendt-Unterbichl	5,0	5,0	5,4	5,9	6,9	7,7	8,3	8,5	7,9	7,2	6,3	5,6
Lech	Lechaschau	0,5	2,8	4,1	4,7	5,9	7,5	9,1	9,3	7,9	6,1	4,0	2,9
Lech	Steeg	0,0	0,0	0,8	2,6	4,3	5,5	6,8	7,6	5,8	2,7	0,6	0,0
Leutascher Ache	Klamm	0,0	0,0	0,8	3,0	4,9	7,1	8,0	7,8	6,4	4,3	1,7	0,4
Loisach	Ehrwald (Viadukt)	1,8	2,3	3,6	4,4	6,7	8,1	8,9	8,6	7,7	6,1	3,9	2,4
Melach	In der Au	0,0	0,0	0,6	2,7	5,2	7,4	9,3	9,0	6,8	2,8	0,9	0,0
Namlosbach	Stanzach	0,0	0,0	1,2	3,0	4,8	6,9	8,3	8,5	6,7	4,1	1,4	0,0
Öztaler Ache	Huben	0,0	0,0	0,0	1,8	3,8	5,1	6,2	6,4	4,5	1,0	0,0	0,0
Öztaler Ache	Tumpen	-0,1	0,0	0,1	2,8	4,9	5,9	7,1	7,5	5,4	2,1	0,0	-0,1
Pitze	St. Leonhard im Pitztal	0,0	0,1	0,9	2,5	4,1	6,2	7,3	6,9	5,1	2,7	0,8	0,2
Rofenache	Vent (oberh. Niedertalbach)	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	2,6	3,7	3,7	1,9	0,0	0,0	0,0
Ruetz	Kampl	1,2	1,6	2,6	3,6	5,0	7,0	8,2	8,2	6,0	4,3	2,4	1,4
Ruetz	Krössbach	0,6	0,6	1,0	2,4	4,1	5,3	6,6	7,2	5,0	2,0	0,9	0,5
Sanna	Landeck-Bruggen	0,0	0,0	2,0	3,6	5,2	7,2	8,9	9,1	6,9	4,1	1,4	0,2
Schalklbach	Schalklhof	0,0	0,0	0,0	1,4	4,3	6,3	8,3	8,5	5,7	1,9	0,0	0,0
Schwarzach	Hopfgarten i. Def.-Zwenewald	0,0	0,0	0,2	3,1	4,9	6,3	8,0	8,2	6,0	2,3	0,2	0,0

Gewässer	Messstelle	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Sill	Innsbruck-Reichenau	0,4	0,5	1,6	4,0	5,9	7,1	8,7	8,9	6,7	3,9	1,8	0,6
Sill	Lueg	0,0	0,0	0,7	2,9	5,3	6,6	9,1	9,1	7,3	4,3	1,5	0,3
Sill	Puig	0,0	0,2	1,3	3,6	5,4	6,5	7,8	8,3	6,4	3,8	1,9	0,4
Stampfangerbach	Söll	2,2	2,5	3,3	3,9	6,3	9,6	11,4	11,3	8,9	6,8	4,8	3,2
Tauernbach	Matreier Tauernhaus	0,0	0,0	0,0	1,0	2,5	4,0	5,3	5,8	3,5	0,8	0,0	0,0
Teischnitzbach	Spöttling-Taurer	0,0	0,1	0,4	0,6	2,4	4,1	5,8	6,2	3,5	0,6	0,0	0,0
Thierseebach	Thiersee	1,8	2,0	3,3	7,0	11,7	17,2	20,3	18,7	15,4	10,2	5,3	2,4
Valserbach	St. Jodok am Brenner	0,0	0,0	0,2	3,3	5,1	5,9	7,1	7,5	5,8	3,8	1,9	0,1
Villgratenbach	Heinfels	0,0	0,0	1,1	2,9	4,5	6,8	8,4	8,2	6,3	3,6	0,9	0,1
Vils	Vils (Lände)	1,5	1,6	2,4	4,3	6,5	8,4	10,1	10,0	8,4	5,6	3,2	1,8
Walchentaler Bach	Rettenschöß	1,6	1,9	3,1	5,4	7,5	8,5	9,5	9,9	8,7	6,3	3,4	2,5
Weerbach	Weer	0,3	0,4	0,9	2,3	4,7	7,5	9,2	9,0	6,6	4,2	1,6	0,5
Weißache	Kaiserwerk	1,2	1,9	3,2	4,6	7,5	9,2	11,3	11,4	9,2	6,6	3,7	1,9
Windauer Ache	Unterwindau	0,6	0,6	1,3	2,9	5,5	9,3	11,4	10,6	7,8	5,6	1,8	0,8
Winkeltalbach	Außervillgraten	0,0	0,0	0,5	2,3	4,2	6,0	7,6	7,6	5,5	2,8	0,9	0,0
Ziller	Hart im Zillertal	1,8	2,2	2,8	4,3	6,3	7,3	9,0	9,6	7,8	5,9	4,1	2,2
Ziller	Zell am Ziller-Zellbergeben	1,0	1,8	2,5	4,1	5,9	7,0	8,5	9,0	7,7	5,6	3,4	1,7

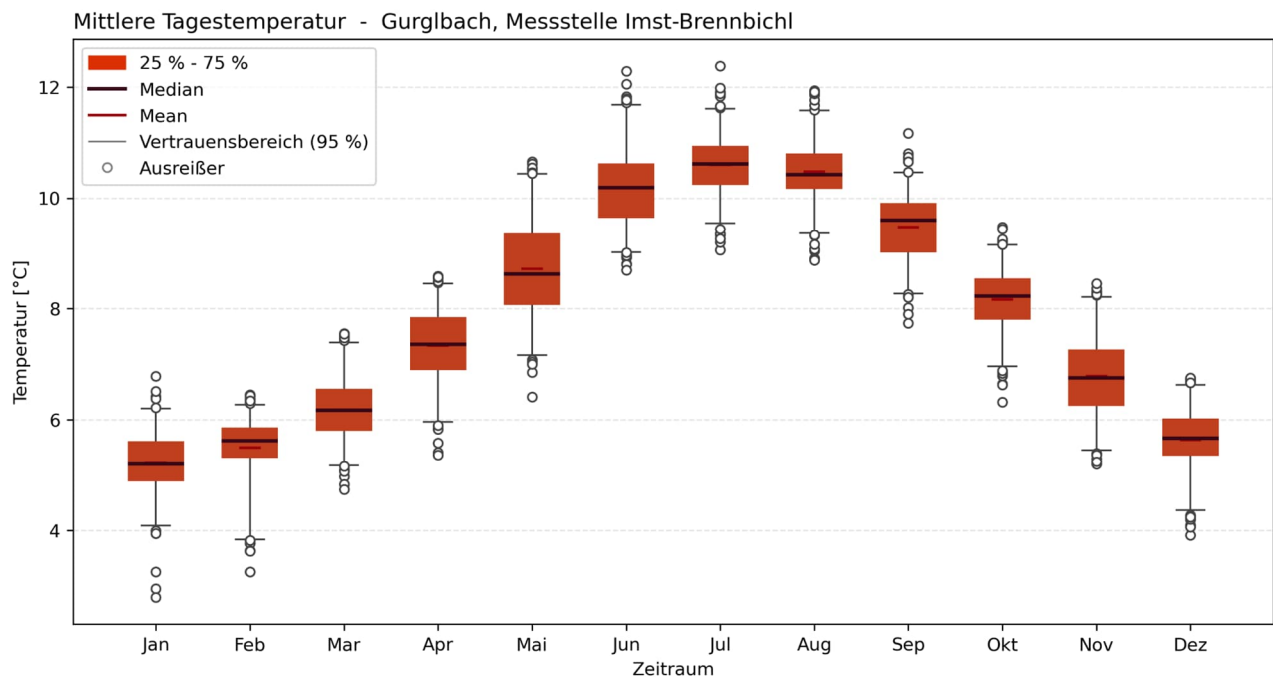


Abb. 26: Gewässertemperaturen des Gurglbaches (Messstelle Imst-Brennbichl) im Jahresverlauf.

9. Mögliche Umsetzungsvarianten in Tirol

Im Folgenden wird typenweise auf mögliche Standort-Arten in Tirol (i. W. Seen, Speicherseen, Fließgewässer und Quellen) eingegangen, an denen potenziell thermische Nutzungsanlagen möglich sind. Da jedoch die lokalen Gegebenheiten jeweils im Einzelfall geprüft werden müssten, wurde auf eine dezidierte Standort-Ausweisung verzichtet. Dazu werden jeweils Standortbedingungen beschrieben, u. a. auch in Hinblick darauf, ob diese Standorte sich eher für größere Anlagen (offene Systeme) oder kleinere Anlagen (geschlossene Systeme) eignen.

9.1. Fließgewässer (Flüsse)

Anlagen an größeren Fließgewässern stehen bei Planung, Bau und Betrieb vor speziellen Herausforderungen. Neben wesentlichen Charakteristika wie Wassertemperatur und -menge muss insbesondere die Abflussdynamik alpiner Flüsse mit höherer Fließgeschwindigkeit, Hochwasserereignissen und entsprechender Sedimentfracht bei der Auswahl von Standorten und der Anlagenplanung berücksichtigt werden.

Sowohl aus den Erfahrungen bei Bestandsanlagen als auch aus den Potenzialstudien zugrunde liegenden Erwägungen (siehe auch die unten beschriebenen einzelnen Kriterien) ergibt sich, dass für offene wie geschlossene Systeme bestehende Querbauwerke, Wasserentnahmen sowie -rückgaben als Standorte besser geeignet sind als solche ohne bestehende Bauwerke. Müssen insbesondere an größeren Flüssen Entnahmebauwerke geplant, genehmigt (sofern genehmigungsfähig) und gebaut werden, verringert sich die Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Hinsichtlich der **Standortwahl** bieten sich für offene wie geschlossene Systeme besonders Entnahmen bei bestehenden oder zu errichtenden Wasserkraftwerken an – sofern diese im Nahbereich potenzieller Versorgungsgebiete liegen. So könnten z. B. in Unterwasserkanälen (falls technisch und rechtlich möglich) direkt Wärmetauscher installiert werden (Kap. 7.4 – Neumühle/Elster) oder aber im Sinne eines offenen Systems über eine Pumpleitung Wasser entnommen und zum Wärmetauscher in der Wärmezentrale geführt und anschließend wieder in den Unterwasserkanal oder den Vorfluter zurückgegeben werden. Sowohl offene wie auch geschlossene Systeme sind auch in Verbindung mit Wehranlagen und dazugehörigen Entsanderbauwerken denkbar, sofern der Betrieb der Anlagen nicht beeinträchtigt oder zumindest entsprechend entschädigt wird. Entnahme und Rückgabe könnten direkt nebeneinander erfolgen, die verfügbare Wassermenge würde nicht verringert. Anders verhält es sich, wenn Wasser an einem gemeinsamen Entnahmebauwerk entnommen und erst später wieder dem Gewässer rückgeführt wird.

Die **Hochwassersicherheit** ist ein weiterer wichtiger Punkt. Weder dürfen Anlagen bei Hochwasser durch Treibgut, Geröll, Muren usw. beschädigt werden noch dürfen z. B. eingebrachte Wärmetauscher und damit zusammenhängende Bauwerke und Leitungen die Gefahr von Verklausungen und Überschwemmungen erhöhen. Dies sollte bereits bei der Vorprüfung von Standorten berücksichtigt werden.

Die **Wasserqualität** spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, wie anhand einiger Beispiele im Kap. 7.9 dargelegt wurde. So sind u. a. Korrosion (z. B. aufgrund hoch korrosiver Wässer aus dem Bergbau), Versinterungen sowie die Bildung von Algenfilmen oder Ansiedlung von Muscheln bei der Standortauswahl und Anlagenplanung ebenso zu berücksichtigen wie Verschmutzungen und mechanischer Abrieb durch Suspensionsfracht (organische Komponenten wie Laub, Zweige, Mikroorganismen) ebenso wie Sedimente (Ton, Silt, Sand, Kies...). Bei offenen Systemen muss dies bei der Planung von Vorfilterung, Pumpen und insbesondere bei den Wärmetauschern berücksich-

tigt werden. Verschmutzte Plattenwärmetauscher führen zur Verringerung der Effizienz bis zum Stillstand der Anlage. Ideal sind mehrere Filter und eine Überwachung der Trübungswerte im Gewässer sowie an der Wärmezentrale, um ab bestimmten Trübungswerten die Anlage (semi-)automatisch ab- und später wieder anschalten zu können. Darüber hinaus können wie in Rosenheim (Kap. 7.3) Differenzdruckmessungen an den Wärmetauschern installiert werden.

Die **Wassertemperatur** ist bei **offenen Systemen** in der Regel der wichtigste Parameter hinsichtlich der Beurteilung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage, insbesondere bei Heizanlagen. Je geringer die Quelltemperatur des Mediums, dem Wärme entzogen wird, desto geringer ist die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, d. h. umso mehr elektrische Energie muss für die nötige Heizleistung aufgewendet werden. Um Vereisungen an den Wärmetauschern zu verhindern, wird die minimale Rückgabetemperatur üblicherweise auf 1 °C beschränkt (behördlich und/oder technisch-planerisch vorgegeben), in Ausnahmen auch auf 0,5 °C. Optimal sind für den Heizbetrieb mögliche Spreizungen von 3 K oder mehr (Volllastbetrieb). Fallen die Gewässertemperaturen z. B. unter 4 °C, muss für dieselbe thermische Leistung zunächst die Wassermenge erhöht werden, ab 3 °C könnte dann in Teillastbetrieb geschaltet werden, bevor dann bei z. B. 2 °C die Anlage abgeschaltet wird. Dies hängt jedoch auch von der Betriebsweise der Anlage ab (monovalent, bivalent, monoenergetisch).

Geschlossene Systeme wie in Neumühle / Elster und zahlreichen anderen Kleinanlagen (s. [51]) funktionieren auch bei niedrigen Wassertemperaturen < 1 °C zuverlässig, sofern sie korrekt geplant und betrieben werden.

Hinsichtlich der **Wassermenge** ist primär darauf zu achten, dass die am Gewässer vorherrschenden Abflussbedingungen – insbesondere in der Niederwasserzeit – ausreichen, um den Anforderungen der Heizwärmebedarfe zu genügen. Dabei müssen die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen (v. a. maximale zulässige Abkühlung des Gewässers nach der Rückgabe) eingehalten werden.

9.2. Fließgewässer (Bäche, Gießen, Mühlgräben)

Für kleinere Fließgewässer gelten im Wesentlichen die in Kap. 9.1 genannten Anforderungen an den Standort und die damit zusammenhängenden Kriterien. Aufgrund der geringeren Abflussmengen sind aber die Anlagen in ihrer Größe stärker beschränkt, ebenso ist das Gefälle von Bächen oftmals höher, sodass geschlossene Systeme weniger gut zur Anwendung kommen können. Hier sind Gießen und weitere künstliche Gewässer mit geringem Gefälle und niedriger Abflussvariation besser geeignet. Ein Vorteil kleinerer Gewässer ist, dass allfällige Querbauten (wie z. B. das Tiroler Wehr der ehemaligen Anlage in Fulpmes, s. Kap. 7.5) in der Regel technisch wenig aufwändig zu realisieren sind.

Wie die mittlere Lufttemperatur mit der Höhe abnimmt, so verhält sich dies im Mittel auch bei Gewässern und Quellen mit der Wassertemperatur in Abhängigkeit von der Messstellen- und Einzugsgebietshöhe. Insbesondere alpine Bäche dürften daher nur bedingt für offene Systeme geeignet sein. Leider ist bei solchen Gewässern die Datenlage nicht ausreichend, weswegen keine genaueren Aussagen getroffen werden können. Vorrangig wären mögliche Standorte an stark von Quellen beeinflussten Bächen denkbar, die ggf. bereits wasserkrafttechnisch genutzt sind. Standortspezifische Messungen mit Datenloggern wären jedenfalls nötig.

9.3. Stehende Gewässer (natürliche)

Grundsätzlich eignen sich stehende Gewässer zum Wärmeentzug mittels eingebrachter Wärmetauscher. Diese geschlossenen Systeme funktionieren auch bei sehr geringen Gewässertemperaturen ($< 1\text{ °C}$) und können insbesondere zur dezentralen Wärmeversorgung von Gebäuden verwendet werden. Vorteile gegenüber Luftwärmepumpen sind dabei konstantere Temperaturen, gegenüber Grundwasser- und Erdwärmepumpen allfällig geringere Investitionskosten. JAZ und COP von Grundwasser- und Erdwärmepumpen sind aber meist höher und aus Effizienzgründen – sofern umsetzbar – vorzuziehen. Für z. B. Einfamilienhäuser können u. U. sogar Teiche herangezogen werden. Für größere Entzugsleistungen über offene Systeme zum Betrieb von Wärmenetzen (z. B. Anergienetze) eignen sich vornehmlich größere, tiefere Seen mit entsprechender Thermokline und relativ stabilen Temperaturen unterhalb der Sprungschicht. Hier sind minimale Temperaturen von $3\text{--}5\text{ °C}$ für einen effizienten Betrieb erforderlich. Durch die Dichteanomalie des Wassers hat das Tiefenwasser zumeist eine Temperatur von 4 °C , wodurch diese Bedingung in der Regel gegeben ist.

Mögliche Standorte könnten sich im Bereich kleinerer Seen befinden, ebenso kommen kleinere stehende Gewässer in Frage, insbesondere solche, die vom Grundwasserstrom gespeist werden. Auch von Quellen gespeiste Naturteiche können sich grundsätzlich eignen.

Werden größere Seen auch zur Stromerzeugung durch Wasserkraft genutzt, ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten der Synergienutzung, wenn sich die Kraftwerke bzw. Unterwasserkanäle im Nahbereich von Siedlungen oder gar bestehenden Wärmenetzen befinden und das Unterwasser der Kraftwerksanlage einer thermischen Nutzung zugeführt würde. Die Realisierbarkeit solcher Anlagen hängt aber auch von betriebstechnischen Faktoren ab, wie im Kap. 9.4 beleuchtet wird.

9.4. Stehende Gewässer (künstliche)

Bei den künstlichen Gewässern weisen aufgrund ihrer Größe und des Volumens insbesondere Speicherseen ein hohes theoretisches Potenzial auf, sofern sie eine entsprechende Temperaturschichtung besitzen. Jedoch befinden sich diese Seen in der Regel in höheren Lagen und außerhalb des Dauersiedlungsraumes. Zudem erschweren die i. d. R. hohen Wasserspiegelschwankungen die Nutzung.

Allerdings wird diesen Seen meist das Tiefenwasser entnommen und über die Druckrohrleitung zu Kraftwerken geführt, die sich wiederum im Tal und damit potenziell eher in Siedlungsnähe befinden. Aus derartigen Erwägungen hat sich das in den 1980er Jahren patentierte „System Enerag“ ergeben, welches in den 1990er Jahren bereits für eine Fallstudie inkl. Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Mayrhofen verwendet wurde [85]. Hierbei sollte vom Verbundkraftwerk-Mayrhofen aus ein Teil des abgearbeiteten Wassers ausgekoppelt und diesem über Wärmetauscher Energie entzogen werden. In einer Heizzentrale sollte dann mittels Hochtemperatur-Großwärmepumpen der Hub auf die nötige Vorlauftemperatur erfolgen. Mögliche Standorte solcher Wärmenetze sind limitiert. Zudem ergibt sich die Schwierigkeit, dass der Betrieb des Kraftwerkes ggfs. an den Wärmebedarf angepasst werden müsste, um eine bestimmte Wassermenge, die abgearbeitet werden muss, gewährleisten zu können.

Insbesondere für geschlossene Systeme können sich Badeseen, Kiesgruben und sonstige Teichanlagen eignen, insbesondere, wenn diese direkt im Grundwasserstrom (Porengrundwasser) liegen oder von Quellen und anderen Oberflächengewässern gespeist werden.

9.5. Quellen

Quellen als natürliche Austrittsorte des Grundwassers können nicht nur zur Trinkwasserversorgung und Stromerzeugung über Trinkwasserkraftwerke genutzt werden, sondern auch zum Heizen von Gebäuden. Derartige Anlagen unterscheiden sich von sonstigen thermischen Grundwassernutzungen insofern, als dass hier nicht über einen Brunnen mittels Pumpe unter Stromeinsatz Wasser zutage gefördert werden muss, sondern das Wasser idealerweise schwerkraftgesteuert zur Wärmepumpe strömt. Zudem muss es nach der Nutzung nicht notwendigerweise ins Grundwasser zurückgegeben werden, sondern kann je nach Gegebenheiten in einen dazugehörigen Quellbach, sonstige Oberflächengewässer, eine Oberflächenentwässerung oder Sickerkörper eingeleitet werden. Vorteile solcher Anlagen sind also in der Regel ein geringerer Strombedarf sowie ein geringerer Erschließungsaufwand durch Wegfall von Brunnenbohrungen. Eine ordnungsgemäße Fassung der Quelle zur Verringerung des Oberflächeneinflusses auf Temperatur und Qualität ist aber Voraussetzung. Eine weitere Unterform der Nutzung sind Drainagewässer, die in einigen Fällen ebenfalls die notwendigen Kriterien erfüllen können. Hier nicht behandelt werden die Nutzungen von Quellbächen – diese sind unter Kap. 9.2 angeführt.

Quellen weisen je nach den spezifischen hydrogeologischen Gegebenheiten relativ stabile Temperaturverhältnisse auf. Daher eignen sie sich auch für thermische Nutzungen. Dabei sollte aber besonders darauf geachtet werden, dass die Trinkwasserqualität nicht gefährdet wird und zudem der Vorrang möglicher Trinkwassernutzungen sichergestellt ist. Von der Einbringung von Wärmetauschern in Quellsammelstuben o. ä. als geschlossene Systeme wird daher abgeraten – es empfehlen sich Systemtrennungen mit Zwischenkreisläufen.

Die Qualität des Wassers ist bei Quellen in Hinblick auf thermische Nutzungen im Regelfall als besonders gut zu bewerten, es kann allerdings auch hier zu Trübungen bei z. B. Unwettern kommen – das hängt aber stark von den hydrogeologischen Gegebenheiten und der Fassungssituation ab.

Die Wassermenge (Quellschüttung) ist für allfällige Nutzungen neben der Temperatur das wichtigste Kriterium: Die Niederwasserzeit tritt oftmals im Winter auf, wenn der Wasserbedarf zum Heizen am höchsten ist. Hier sind genaue und idealerweise zumindest einjährige Messungen der Schüttung zu empfehlen, um die Anlage gut dimensionieren zu können (s. a. Kap. 7.6 – Thermische Nutzung Alexbründlquelle, Tux) – oder eine Ressource auszu-schließen. In Abhängigkeit von Schüttung und Wassertemperatur sind die Anlagen i. W. beliebig skalierbar. Gibt es beispielsweise große und zur Trinkwasserversorgung noch nicht genutzte (und aller Voraussicht nach auch nicht benötigte) Ressourcen, könnten diese auch zur Wärmeversorgung ganzer Siedlungen herangezogen werden.

Grundsätzlich sind thermische Nutzungen von Quellen im eingangs genannten Sinne unter den wasserrechtlichen Rahmenbedingungen nahezu überall möglich, sofern die Ressource zum Bedarf passt. Dies gilt es in jedem Einzelfall darzulegen und zu prüfen. Die in Kap. 7.6 beschriebene Anlage zeigt, dass solche Anlagen auch auf über 1.300 m Seehöhe gut funktionieren können, selbst wenn unter 1 l/s Wasser zur Verfügung steht. Auch in bestehenden Trinkwasserversorgungen ist die Wärmenutzung bei entsprechender Systemtrennung grundsätzlich möglich (z. B. [86]).

9.6. Übersicht

In Tab. 10 wurden die in den vorangehenden Kapiteln angeführten Aspekte exemplarisch für thermische Nutzungen zum Heizen zusammengestellt.

Tab. 10: Zusammenstellung der groben Kriterien für den Betrieb offener und geschlossener Heizsysteme nach der obigen Einteilung

Kriterien für					
Offene Systeme	Flüsse	Bäche/Gießen	Natürliche Seen	Künstliche Seen	Quellen
Geschlossene Systeme					
Wassertemperatur	> 2-3 °C WT _{min}	> 2-3 °C WT _{min}	3-5 °C WT _{min} (Tiefenentnahme)	3-5 °C WT _{min} (Tiefenentnahme)	WT _{min} abhängig von Rückgabeort (GW, Gewässer, Kanal)
	Auch < 1 °C WT _{min}	Auch < 1 °C WT _{min}	Auch < 1 °C WT _{min}	Auch < 1 °C WT _{min}	Wärmetauscher in Sammelstube ohne Zwischenkreislauf nicht zu empfehlen
Wassermenge (Abfluss, Schüttung)	je nach Bedarf	je nach Bedarf	je nach Bedarf	je nach Bedarf	je nach Bedarf
	je nach Bedarf	Ausreichend für Einbringung und Umströmung der Wärmetauscher	je nach Bedarf	je nach Bedarf	s. o.
Wasserqualität	kritisch; Schwebstoffe, pH-Wert usw.	kritisch; Schwebstoffe, pH-Wert usw.	i. d. R. unkritisch; Trübung bei Zuflüssen, Schweb	fallspezifisch; Trübung bei Zuflüssen, KW-Unterwasser	allf. Trübung berücksichtigen
	Kritisch bei Verschmutzung Wärmetauscher	Kritisch bei Verschmutzung Wärmetauscher	unkritisch	unkritisch	s. o.
Hochwasserschutz	entsprechend zu schützen	entsprechend zu schützen	bei Entnahme neben Zuflüssen zu beachten	n. b.	n. b.
	kritisch	kritisch	n. b.	n. b.	s. o.
Betriebssicherheit	Mittel, bivalent	Mittel, bivalent	Hoch; auch monovalent	Hoch / abhängig vom KW-Betrieb. Bivalent	Hoch
	Hoch, auch monovalent	Mittel, auch monovalent	Hoch	Hoch	s. o.

10. Rahmenbedingungen für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol

Die thermische Nutzung der Gewässer stellt eine Benutzung im Sinne des WRG 1959 dar, welche über den Gemeingebrauch gem. § 8 hinausgeht. Somit ist eine Bewilligung durch die Wasserrechtsbehörde nach § 9 notwendig [87]. Jede Beeinträchtigung der Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht wird durch § 30 Abs. 3 WRG 1959 als Verunreinigung verstanden und ist demnach nur nach wasserrechtlicher Bewilligung zulässig (§ 32 Abs. 1). Insbesondere bedarf nach § 32 Abs. 3 lit. b) die Einwirkung auf Gewässer durch Temperaturänderung einer Bewilligung. Je nach Ausgestaltung der Benutzung und Art der Wasserentnahme (offenes System) bzw. ohne Wasserentnahme (geschlossenes System) (vgl. Kapitel 4.2.3) ist ein wasserrechtliches Bewilligungsverfahren notwendig. Gemäß § 31c Abs. 5 lit. c) ist für Anlagen zur **Wärmenutzung der Gewässer** das **Anzeigeverfahren** gemäß § 114 WRG 1959 anzuwenden¹². Dem Antrag im Anzeigeverfahren sind die selben Unterlagen beizufügen, wie in § 103 WRG 1959 für das Bewilligungsverfahren bestimmt. Für **Anlagen ohne Wasserentnahme aus dem Gewässer (geschlossene Systeme)** ist das Anzeigeverfahren anzuwenden. Für Anlagen mit **Wasserentnahme aus dem Gewässer (offene Systeme)** ist eine wasserrechtliche Bewilligung notwendig.

In den folgenden Kapiteln werden Anforderungen aus wasserwirtschaftlicher und gewässerökologischer Sicht für die Projekterstellung zur Erlangung der wasserrechtlichen Bewilligung für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol angeführt. Hinsichtlich der Anlagentypen wird grundsätzlich zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden sowie nach Anlagenstandort an stehenden bzw. fließenden Gewässern.

Anforderungen aus wasserwirtschaftlicher Sicht

Offene Systeme

Bei Anlagen zur thermischen Nutzung von Gewässern mit einer Wasserentnahme aus dem Gewässer (offene Systeme) sind für das **Bewilligungsverfahren** zu den im § 103 WRG angeführten Unterlagen folgende ergänzende Angaben erforderlich:

- > Anlagenbeschreibung der Wasserentnahme, -rückgabe und der Wärmetauscheranlage,
- > Umfang der Wasserentnahme zu Heizzwecken,
- > Entnahmekurve (Anlagenbetriebsdauer im Jahresverlauf),
- > thermische Leistung,
- > minimale und maximale Rückgabetemperatur (Spreizung),
- > Temperaturabsenkung in Bezug auf die vollständige Einmischung in das Gewässer,
- > Wärmeträgermedium und Betriebstemperatur (Art, Menge, Wassergefährdungsklasse, Sicherheitsdatenblatt),
- > vorgesehene Sicherheitseinrichtungen in Wärmepumpe und Wärmeträgermittelkreislauf,
- > Angaben über die Entnahmevorrichtung (Fischschutz, Anströmgeschwindigkeit),

¹² So gelangt bspw. in Niederösterreich für Anlagen ohne Wasserentnahme aus dem Gewässer das vereinfachte Bewilligungsverfahren (Anzeigeverfahren) zur Anwendung, wohingegen Anlagen mit Wasserentnahme analog zu Nutzwasserentnahmen behandelt werden und das ordentliche Bewilligungsverfahren eingeleitet wird [86].

- > Temperaturprofil inklusive Einschichtungsberechnung bei der thermischen Nutzung von Seen,
- > Angaben der Rücklauftemperatur des abgekühlten Wassers an der Einleitungsstelle,
- > Darstellung der Gesamtabkühlung des beanspruchten Gewässers,
- > Nachweis über die Temperaturverhältnisse des Gewässers, bspw. über Mess-/Monitoringdaten aus dem Projektgebiet, welche mindestens den Zeitraum eines Jahres umfassen.

Geschlossene Systeme

Für Anlagen ohne Wasserentnahme aus dem Gewässer mit im Gewässer verbauten Wärmetauscher (geschlossene Systeme) sind für das **Anzeigeverfahren** zu den im § 103 WRG angeführten Unterlagen folgende ergänzende Angaben erforderlich:

- > Anlagenbeschreibung der Wärmetauscheranlage,
- > thermische Leistung,
- > Anlagenbetriebsdauer im Jahresverlauf,
- > Temperaturabsenkung durch den Wärmetauscher (Spreizung),
- > Umfang der Temperaturabsenkung/Erhöhung in Bezug auf das Gewässervolumen,
- > Wärmeträgermedium und Betriebstemperatur (Art, Menge, Wassergefährdungsklasse, Sicherheitsdatenblatt),
- > vorgesehene Sicherheitseinrichtungen in Wärmepumpe und Wärmeträgermittelkreislauf, insbesondere Leckageschutz,
- > Angaben zu einer Bauvollendungspflicht,
- > Nachweis über die Temperaturverhältnisse des Gewässers, bspw. über Mess-/Monitoringdaten aus dem Projektgebiet, welche mindestens den Zeitraum eines Jahres umfassen,
- > Selbstaufgelegte Nebenbestimmungen für die Errichtung.

Systemtyp-unabhängige Anforderungen

Zusätzlich zu den bei Systemtyp-abhängigen Antragsinhalten können z. B. folgende wasserwirtschaftlichen Anforderungen an Errichtung, Bau und Betrieb der Anlagen bestehen. Dabei wird zwischen allgemeinen Anforderungen, welche unabhängig vom Gewässertyp sind, und gewässerspezifischen Anforderungen unterschieden:

- > Die Böschungs- und Sohlstabilität des Gewässers muss gewährleistet sein,
- > Bei Anlagen sind gegebenenfalls technische Schutzvorkehrungen vor Treibgut vorzusehen,
- > Die Errichtung und Inbetriebnahme der gegenständlichen Anlage ist ausschließlich von dazu befähigten und befugten Fachleuten nach dem Stand der Technik durchzuführen,
- > Der Einsatz von wassergefährdenden Stoffen als Wärmeträgermedium ist zu vermeiden,
- > Bei stehenden Gewässern: Bestehende Schichtungs- und Strömungsverhältnisse im See dürfen nicht wesentlich durch die Anlagen verändert werden und es dürfen keine Seespiegelschwankungen auftreten, die zu Beeinträchtigungen im Uferbereich führen können. Die sich einstellenden tatsächlichen Verhältnisse sollten laufend beobachtet werden und sind ggf. durch Maßnahmen zu verbessern,
- > Bei Fließgewässern: Durch die zu errichtenden Einbauten (z. B. Leitungen, Wärmetauscher im Gewässer etc.) darf die Abflusskapazität der Flüsse nicht vermindert werden und es keinesfalls zu nachteiligen Auswirkungen auf die Hochwassersicherheit kommen.

11. Ausblick

Obwohl größere thermische Nutzungen in den meisten der in dieser Studie untersuchten Gewässer kaum umsetzbar scheinen, konnten bereits erste Standorte identifiziert werden, die die grundlegenden Voraussetzungen für lokale Nutzungen erfüllen. Planung und Standortwahl sind jedoch anspruchsvoll, da einerseits geeignete Temperaturverhältnisse im Gewässer herrschen müssen und andererseits zahlreiche ökologische und standortbezogene Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind. Eine sorgfältige Planung ist daher unabdingbar. Für die konkrete Projektumsetzung sind sowohl die Analyse der gewässerbezogenen Standortfaktoren (Temperatur, Abflussverhalten, Hochwassergefährdung, Ökologie etc.) als auch die Erhebung des Wärmebedarfs entscheidend.

Festgehalten werden soll, dass zum derzeitigen Stand lediglich Gewässer mit bekannten Temperatur- und Abflussdaten in die Studie aufgenommen werden konnten. Es ist daher möglich, dass es in Tirol weitere Standorte – insbesondere an Quellen oder Flüssen – gibt, die für eine thermische Nutzung geeignet sind.

In vielen Gewässern zeigen sich Hinweise auf klimawandelbedingte Temperaturanstiege. Daraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf, weshalb eine wissenschaftliche Begleitung ausgewählter Folgeprojekte sinnvoll erscheint.

Literaturverzeichnis

- [1] EBENBICHLER, R., GLEIRSCHER, R., HERTL, A., HOFMANN, A. ET AL. (2024): Energie-Zielszenario Tirol 2050. Aktualisierung 2024, 103 S.
- [2] EBENBICHLER, R., HERTL, A., HOFMANN, A., STREICHER, W. ET AL. (2021): Energie-Ziel-Szenarien Tirol 2050 und 2040 mit Zwischenziel 2030, 158 S.
- [3] BLRT (2020): Methodik zur Ausweisung von künstlichen und erheblich veränderten Wasserkörpern, 52 S.
- [4] ÖSTERREICHISCHES NORMUNGsinstitut (2015): ÖNORM B 2400. Hydrologie - Hydrographische Begriffe und Zeichen. Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772, 52 S.
- [5] HÖLTING, B. & COLDEWEY, W.G. (2013): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 470 S.
- [6] MOSER, G., WALLNÖFER, E., THALHEIM, F. & EBENBICHLER, R. (2021): Quellentschädigung in Tirol - Endbericht, 49 S.
- [7] AVERFALK, H., BENAKOPOULOS, T., BEST, I., DAMMEL, F. ET AL. (2021): Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook, 206 S.
- [8] BUFFA, S., COZZINI, M., D'ANTONI, M., BARATIERI, M. ET AL. (2019): 5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe, in: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104 (2019), S. 504 - 522.
- [9] SULZER, M. & HANGARTNER, D. (2014): Kalte Fernwärme (Anergienetze). Grundlagen-/Thesenpapier, 10 S.
- [10] ABEL, L. (2018): Evaluation und systematische Erfassung von Wärmepumpen-Systemen in Fließgewässern, 61 S.
- [11] RUMPF, H. (1980): Laufwasser-Wärmepumpen; Technik und Wirtschaftlichkeit, in: *elektrowärme international Edition A*, 38 (1980), S. 226 - 233.
- [12] GAUDARD, A., WÜEST, A. & SCHMID, M. (2018): Using lakes and rivers for extraction and disposal of heat: Estimate of regional potentials, in: *Renewable Energy*, S. 1 - 27.
- [13] ZAPP, F. & ROSINSKI, C. (2017): Auswirkungen unterschiedlicher Parameter auf die Wärmeübertragungsfähigkeit von Erdwärmesonden.
- [14] STÖBER, I. & BUCHER, K. (2020): Geothermie. 3. Auflage, 390 S.
- [15] PRO KÜHLsohle (2012): Glykosol N. Kälte- und Wärmeträgerflüssigkeit auf Basis Monoethylenglykol für technische Anwendungen, 4 S.
- [16] CLARIANT (2014): Heat Transfer Fluids. Product sheet, 21 S.
- [17] BAUDOT, A. & ODAGESCU, V. (2004): Thermal properties of ethylene glycol aqueous solutions, in: *Cryobiology*, 48 (2004), S. 283 - 294.
- [18] OBERLEITNER, F. & BERGER, W. (2024): Wasserrechtsgesetz WRG-ON4.02 § 31c.
- [19] WOLFRAM, G. & DONABAUM, K. (2015): Leitfaden zur typspezifischen Bewertung gemäss WRRL. Allgemein physikalisch-chemische Parameter in Seen, 56 S.
- [20] GAUDARD, A., SCHMID, M. & WÜEST, A. (2017): Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung, in: *Aqua & Gas*, 5/2017, S. 40 - 45.
- [21] GAUDARD, A., WEBER, C., ALEXANDER, T., HUNZIKER, S. ET AL. (2018): Impacts of using lakes and rivers for extraction and disposal of heat, in: *WIREs Water*, 2018, S. 1 - 18.
- [22] RICHTER & KOSCHEL (1985): Lake Stechlin. Hydrometeorology Lake Stechlin area, 548 S.

- [23] FINK, G., SCHMID, M. & WÜEST, A. (2014): Large lakes as sources and sinks of anthropogenic heat: Capacities and limits, in: *Water Resources Research*, 50, S. 7285 - 7301.
- [24] JUNG, J., NAM, J., KIM, J., HYE BAE, Y. ET AL. (2020): Estimation of Temperature Recovery Distance and the Influence of Heat Pump Discharge on Fluvial Ecosystems, in: *Water*, 12, S. 1 - 14.
- [25] DINGMAN, S., WEEKS, W. & YEN, Y. (1968): The Effects of Thermal Pollution on River Ice Conditions, in: *Water Resources Research*, 4/2, S. 349 - 362.
- [26] LEWANDOWSKA, A., BREITHAUPT, P., HILLEBRAND, H., HOPPE, H. ET AL. (2012): Responses of primary productivity to increased temperature and phytoplankton diversity, in: *J. Sea Res.*, 72, S. 87 - 93.
- [27] LEWISCH, E. (2020): Abschlussbericht zum Projekt PKD-Screening von Bachforellen aus dem Einzugsgebiet der Großache. Detektion des Erregers der Proliferative Kidney Disease, 35 S.
- [28] VAN TREECK, R. & WOLTER, C. (2021): Temperaturempfindlichkeiten der Fischgemeinschaften in deutschen Fließgewässern - Überprüfung der Orientierungswerte für die Temperatur, 85 S.
- [29] LAWA (2015): LAWA-AO. Rahmenkonzeption Monitoring. Teil B. Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, 32 S.
- [30] BEITINGER, T., BENNETT, W. & MCCAULEY, R. (2000): Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature, in: *Environ. Biol. Fishes*, 58, S. 237 - 275.
- [31] DONALDSON, M., COOKE, S., PATTERSON, D. & MACDONALD, J. (2008): Cold shock and fish. Review paper, in: *Journal of Fish Biology*, 73, S. 1491 - 1530.
- [32] CHADWICK, J. & MCCORMICK, S. (2017): Upper thermal limits of growth in brook trout and their relationship to stress physiology, in: *Journal of Experimental Biology*, 220 (2017), S. 3976 - 3987.
- [33] NEITZEL, D. & BECKER, C. (1985): Tolerance of Eggs, Embryos, and Alevins of Chinook Salmon to Temperature Changes and Reduced Humidity in Dewatered Redds, in: *Transactions of the American Fisheries Society*, 114:2, S. 267 - 273.
- [34] REALIS-DOYELLE, E., PASQUET, A., DE CHARLEROY, D., FONTAINE, P. ET AL. (2016): Strong Effects of Temperature on the Early Life Stages of a Cold Stenothermal Fish Species, Brown Trout, in: *PLoS ONE*, 11(5), S. 1 - 17.
- [35] MARCOS-LOPEZ, M., GALE, P., OIDTMANN, B. & PEELER, E. (2010): Assessing the Impact of Climate Change on Disease Emergence in Freshwater Fish in the United Kingdom, in: *Transboundary and Emerging Diseases*, 57, S. 293 - 304.
- [36] FRANKE, A., BEEMELMANN, A. & MIEST, J. (2024): Are fish immunocompetent enough to face climate change?, in: *Biol. Lett.*, 20, S. 1 - 18.
- [37] LEWISCH, E., UNFER, G., PINTER, K., BECHTER, T. ET AL. (2018): Distribution and prevalence of *T. bryosalmonae* in Austria: A first survey of trout from rivers with a shrinking population, in: *J. Fish Dis.*, 06/2018, S. 1549 - 1557.
- [38] KARVONEN, A., RINTAMÄKI, P., JOKELA, J. & TELLERVO VALTONEN, E. (2010): Increasing water temperature and disease risks in aquatic systems: Climate change increases the risk of some, but not all, diseases, in: *Int. J. Parasitol.*, 40, S. 1483 - 1488.
- [39] LEWISCH, E. (2022): Aktualisierter Abschlussbericht zum Projekt Detektion des Erregers der Proliferative Kidney Disease (PKD) in Bachforellen aus ausgewählten Fließgewässerstrecken Tirols, 25 S.
- [40] OKAMURA, B., HARTIKAINEN, H., SCHMIDT-POSTHAUS, H. & WAHLI, T. (2011): Life cycle complexity, environmental change and the emerging status of salmonid proliferative kidney disease, in: *Freshw. Biol.*, 56, S. 735 - 753.

- [41] BORSUK, M., REICHERT, P., PETER, A., SCHAGER, E. ET AL. (2006): Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network, in: *Ecological Modelling*, 192 (2006), S. 224 - 244.
- [42] NIEDRIST, G., PSENNER, R. & SOMMARUGA, R. (2018): Climate warming increases vertical and seasonal water temperature differences and inter-annual variability in a mountain lake, in: *Climatic Change*, 151, S. 473 - 490.
- [43] NIEDRIST, G. (2023): Substantial warming of Central European mountain rivers under climate change, in: *Regional Environmental Change*, 23/43, S. 10.
- [44] SCHMUTZ, S., RATSCHAN, C., VON SIEMENS, M., GUTTMANN, S. ET AL. (2023): Der Huchen stirbt aus - was tun? Gefährdungsfaktoren und notwendige Maßnahmen in Bayern und Österreich, in: *Österreichs Fischerei*, 76, S. 1 - 176.
- [45] IMBODEN, D., GÜTTINGER, H., RIEDI, C., ZOLLER, M. ET AL. (1981): Wärmepumpen an Oberflächengewässern. Ökologische Probleme und Einsatzmöglichkeiten in der Schweiz, 101 S.
- [46] WÜEST, A. & FINK, G. (2014): Potential zur Wärme- und Kühlenergienutzung aus dem Vierwaldstättersee - Machbarkeit, 29 S.
- [47] SCHMID, M. & GAUDARD, A. (2019): Potenzial des Zürich-Obersees für Wärme- und Kältenutzung, 34 S.
- [48] KÖLL, H. & BADER, M. (2022): Mobilitätserhebung Tirol Frühling 2022 - Auswertung wegbezogener Kenngrößen.
- [49] BERGER, A.K. (2020): Anergienetze zur Oberflächengewässernutzung, 77 S.
- [50] GAPPISCH, J., BORCHARDT, S. & LEHMANN, B. (2024): Potential Analysis and Feasibility Study on the Hydrothermal Utilization of Rivers - Using Marburg on the Lahn River as a Case Study, in: *energies*, 2024, 17(36) S. 1 - 30.
- [51] LEHMANN, B. & WIESEMANN, J. (2023): Wärmeenergetische Nutzung von Oberflächengewässern, 16 S.
- [52] PFLUM, A. (2017): Wärmeenergetische Nutzung von Fließgewässern, 114 S.
- [53] SCHWARZE, S.C. (2023): Machbarkeitsstudie zur Nutzung der Werra-Wärme am Nadelwehr Hann. München, 116 S.
- [54] LAWA (1980): Grundlagen zur Beurteilung des Einsatzes von Wärmepumpen aus wasserwirtschaftlicher Sicht, 52 S.
- [55] TSCHAN, T. & WATTS, R. (2018): Circulago. Wärme und Kälte aus dem Zugersee, in: *Aqua & Gas*, 2/2018, S. 34 - 39.
- [56] TSCHAN, T. (2019): Vorstellung Projekt Circulago, 12 S.
- [57] EWL (2023): Netzanschluss See-Energie Luzern Zentrum, 23 S.
- [58] EWL (2023): See-Energie Region Luzern. Ökologisch heizen und kühlen, 8 S.
- [59] RUST, P. (2017): See-Energie Projektübersicht, 17 S.
- [60] EWZ (2023): Seewasserverbunde Zürichsee, 10 S.
- [61] EWZ (2008): Wärme aus dem St. Moritzersee, in: *planer+installateur*, 1-2008, S. 63 - 65.
- [62] WÜEST, A. (2017): Thermische Nutzung - Beispiele und Stellenwert, 24 S.
- [63] ST. MORITZ ENERGIE (2015): Wärmeverbund St. Moritz Energie, 7500 St. Moritz/GR, in: *Schweizer Solarpreis 2015*, 2015, S. 16 - 17.
- [64] HOCHMUTH, S. (2023): Großwärmepumpe Rosenheim. Bau- und Betriebserfahrungen von drei baugleichen Großwärmepumpen im Rahmen von iKWK-Systemen, 29 S.
- [65] SEIFFERT (2021): Gewässerwärmenutzung Neumühle/Elster, 13 S.
- [66] MÜLLER, I. & URBAN, R. (2022): Elsterwärme - Modellvorhaben Gewässerwärmenutzung, 9 S.

- [67] TONINI (1979): Technischer Bericht Bachwasserentnahme Bachwasserrückführung, 14 S.
- [68] BH BREGENZ (2022): Gutachten der/des Amtssachverständigen für Wasserbau und Gewässerschutz. Stadtwerke Bregenz GmbH, Reutegasse 33, Bregenz; Errichtung einer thermischen Seewassernutzung mit Wasserentnahme aus dem Bodensee. Abt. II - Wirtschaft und Umweltschutz (BHBR-II), 7 S.
- [69] LANG, U. & MIRBACH, S. (2021): Analyse einer thermischen Nutzung des Bodensees durch die Stadtwerke Bregenz im Bereich Festspielhaus und zukünftiges Schwimmbad. Bericht von Kobus und Partner, 32 S.
- [70] BOUILLON, H. (1977): Laufwasser-Wärmepumpenanlage im "Sanierungsprojekt Schelztorstraße" in Esslingen/Neckar, 4 S.
- [71] BÖHM, A. (2021): Kompromiss geschlossen im Rechtsstreit über Nahwärme-Projekt, in: *Die Rheinpfalz*, S. 1 - 4.
- [72] FLIGG, D. (2021): Nahwärme aus der Lauter: Rechtsstreit läuft immer noch, in: *Die Rheinpfalz*, S. 1 - 7.
- [73] HAMERAK, K. (1996): Durch Wasserkraft betriebene Wärmepumpe beheizt Bamberger Mühlenviertel, 10 S.
- [74] ST. JOSEPH-STIFTUNG BAMBERG (1984): Sanierung des Mühlenviertels in Bamberg, 13 S.
- [75] KRAMMER, K. (1982): Erft dient als kalte Fernwärme. Wärmepumpen für Heizzentrale in Bergheim-Zieverich, in: *Sanitär- und Heizungstechnik*, 11/1982, S. 740 - 742.
- [76] VANOLI, K., CHRISTOFFERS, D., ROCKENDORF, G. & KRANZ, R. (1998): Solarsiedlung am Ohrberg, 7 S.
- [77] OHRDES, T., SCHNEIDER, E., KASTNER, P., KNOOP, M. ET AL. (2021): EnEff:Stadt Verbundvorhaben: Wind-Solar-Wärmepumpen-Quartier - Erneuerbar betriebene Wärmepumpen zur Minimierung des Primärenergiebedarfs (WPuQ), 144 S.
- [78] BLFU (2023): Beurteilung von Wärmeeinleitungen. Merkblatt Nr. 4.5/18. Stand Januar 2023, 19 S.
- [79] GAUDARD, A. (2016): Wärme- und Kältenutzung aus Sempacher- und Baldeggersee. Abschätzung des Potenzials, 24 S.
- [80] GAUDARD, A. (2016): Wärme- und Kältenutzung aus Brienzer-, Thuner- und Bielersee. Abschätzung des Potenzials und Beeinflussung der Seeökosysteme, 27 S.
- [81] SCHMID, M. & GAUDARD, A. (2019): Potenzial des Walensees für Wärme- und Kältenutzung, 31 S.
- [82] WÜEST, A., EAWAG & EPFL (2019): Energiegewinnung aus dem Bodensee - Erläuterungen zum Potenzial, 17 S.
- [83] BAW (2010): Natürliche und künstliche Seen Österreichs grösser als 50 ha, in: *Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft*, 33, S. 1 - 200.
- [84] WASSER TIROL (1993): Großquellenhydrogeologie Jenbach. Endbericht Phase 1. Textband, 391 S.
- [85] HIRR, R. (1994): Das System ENERAG. Eine umweltfreundliche Energieversorgungsalternative, 178 S.
- [86] EWZ ENERGIEAGENTUR ZÜRICH (2000): Mit Quellwasser heizen und Ressourcen schonen. Wärmeverbund Moos in Zürich-Wollishofen, 4 S.
- [87] KUPSA, F. (2010): Anlagen zur Nutzung der Erdwärme und der Wärme der Gewässer - wasserrechtliche Erfordernisse, in: *beton*, 2010, S. 8 - 13.

Thermische Nutzung von Oberflächengewässern in Tirol:

Anhang

1. Tabellenanhang

Tab A 1: Auflistung der berücksichtigten Messstellendaten. Abkürzungen: Die Koordinaten der Messstellen liegen in Dezimalgrad bezogen auf das Referenzellipsoid Bessel 1841. Abkürzungen: HD = Hydrographischer Dienst, WT = Wassertemperatur, Q = Abfluss.

Fluss	Messstelle	Betreiber	Einzugs- gebiet [km ²]	Breite [°]	Länge [°]	Höhe [m.ü.A.]	Temp.-Daten seit	Verfügbarkeit
Aschauer Ache	Sperten	HD	147,40	12,40306	47,52	669,24	01.01.2013	WT, Q
Brixentaler Ache	Bruckhäusl	HD	322,30	12,10444	47,49111	524,34	01.01.2007	WT, Q
Debantbach	Obernußdorf	HD	56,80	12,83	46,86528	1.169,17	01.01.2014	WT, Q
Drau	Ambach	HD	162,10	12,37361	46,74167	1.107,73	01.01.2000	WT, Q
Fagge	Feichten – Platz Loch	TIWAG	-	10,74962	47,05771	-	01.01.2000	WT, Q
Fieberbrunner Ache	Almdorf	HD	165,94	12,44167	47,52028	663,59	01.01.2000	WT, Q
Gießenbach	Scharnitz (Gießenbach)	HD	65,10	11,25806	47,38889	965,66	01.01.2013	WT, Q
Großache	Kirchdorf in Tirol	HD	520,50	12,45056	47,55694	636,66	01.01.2022	WT, Q
Großache	Kössen-Hütte	HD	701,40	12,41611	47,66306	588,75	01.01.2000	WT, Q
Gschnitzbach	Steinach am Brenner	HD	111,40	11,46556	47,09333	1.039,69	01.01.2015	WT, Q
Gurglbach	Nassereith (Wiesenmühle)	HD	78,30	10,84194	47,30194	813,39	01.01.2013	WT, Q
Gurglbach	Imst-Brennbichl	HD	-	10,75222	47,23639	737,07	01.01.2017	WT
Inn	Pfunds – Kajetansbrücke	TIWAG	-	10,51213	46,9522	-	01.01.2000	WT, Q
Inn	Landeck-Perjen	HD	3.503,10	10,57194	47,1475	768,73	01.01.2017	WT, Q
Inn	Haiming – Magerbach	TIWAG	-	10,87627	47,25988	-	01.01.2000	WT, Q
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	HD	5.771,60	11,38139	47,26278	568,46	01.01.2000	WT, Q
Inn	Jenbach-Rotholz	HD	7.230,70	11,78972	47,38972	521,48	01.01.2000	WT, Q
Inn	Rattenberg	HD	8.508,70	11,89472	47,44222	508,20	01.01.2000	WT
Inn	Kufstein (Bahnhofsbrücke)	HD	9.502,70	12,16861	47,58333	475,29	01.01.2000	WT
Isar	Scharnitz (Weidach)	HD	203,60	11,26444	47,39028	956,95	01.01.2000	WT, Q
Isel	Hinterbichl	HD	107,00	12,3375	47,01583	1.327,14	01.01.2013	WT, Q
Isel	Brühl	HD	518,40	12,55056	46,97583	919,58	01.01.2001	WT, Q
Isel	Lienz	HD	1.198,70	12,76694	46,83222	667,20	01.01.2000	WT, Q
Kaiser Bach	Spötting	HD	47,00	12,63222	47,02611	1.486,78	01.01.2003	WT, Q
Kelchsauer Ache	Hörbrunn	HD	134,50	12,14028	47,42111	658,11	01.01.2019	WT, Q
Kitzbüheler Ache	Kitzbühel (Bahnhofsbrücke)	HD	153,00	12,39	47,45528	735,44	01.01.2022	WT, Q
Kitzbüheler Ache	St. Johann in Tirol	HD	332,40	12,4175	47,51944	659,70	01.01.2000	WT, Q
Kohlenbach	Schwendt-Unterbichl	HD	47,90	12,38778	47,62139	642,30	01.01.2013	WT, Q

Fluss	Messstelle	Betreiber	Einzugs- gebiet [km ²]	Breite [°]	Länge [°]	Höhe [m.ü.A.]	Temp.-Daten seit	Verfügbarkeit
Lech	Steeg	HD	247,90	10,29389	47,2425	1.109,30	01.01.2000	WT, Q
Lech	Lechaschau	EW Reutte	1.012,20	10,71	47,4975	836,09	01.01.2012	WT, Q
Leutascher Ache	Klamm	HD	45,00	11,11333	47,36389	1.184,07	01.01.2020	WT, Q
Loisach	Ehrwald (Viadukt)	HD	88,40	10,91222	47,40889	958,00	01.01.2020	WT, Q
Melach	In der Au	TIWAG	204,70	11,23306	47,22583	813,58	08.04.2009	WT, Q
Namlosbach	Stanzach	EW Reutte	66,40	10,56333	47,38417	937,39	01.01.2012	WT, Q
Öztaler Ache	Huben	HD	517,20	10,97222	47,04444	1.186,35	01.01.2003	WT, Q
Öztaler Ache	Tumpen	HD	785,50	10,91083	47,16361	931,10	01.01.2000	WT, Q
Pitze	St. Leonhard im Pitztal	TIWAG	165,40	10,84389	47,07028	1.338,77	04.07.2013	WT, Q
Rofenache	Vent (oberh. Niedertalbach)	HD	98,10	10,91139	46,8575	1.891,01	01.01.2000	WT, Q
Ruetz	Krössbach	HD	127,50	11,26694	47,08056	1.086,16	01.01.2000	WT, Q
Ruetz	Kampl	HD	243,80	11,3325	47,12889	957,54	01.01.2019	WT, Q
Sanna	Landeck-Bruggen	HD	727,00	10,56306	47,14389	775,30	01.01.2012	WT, Q
Schalklbach	Schalkhof	HD	107,80	10,49	46,93806	982,19	01.01.2009	WT, Q
Schwarzach	Hopfgarten i. Def.- Zwenewald	HD	268,60	12,51222	46,91806	1.096,27	01.01.2004	WT, Q
Sill	Lueg	HD	22,20	11,49139	47,02944	1.216,24	01.01.2009	WT, Q
Sill	Puig	HD	341,80	11,45278	47,11361	1.004,97	01.01.2000	WT, Q
Sill	Innsbruck- Reichenau	HD	854,40	11,41194	47,27333	567,39	01.01.2000	WT, Q
Stampfangerbach	Söll	HD	20,90	12,20833	47,51472	628,26	01.01.2013	WT, Q
Tauernbach	Matreier Tauernhaus	HD	59,90	12,49556	47,11861	1.502,29	01.01.2008	WT, Q
Teischnitzbach	Spötting-Taurer	HD	13,90	12,63444	47,02611	1.491,09	01.01.2011	WT, Q
Thierseebach	Thiersee	HD	6,20	12,11972	47,59278	615,66	01.01.2019	WT, Q
Valserbach	St. Jodok am Brenner	HD	108,80	11,5	47,06306	1.120,02	01.01.2000	WT, Q
Villgratenbach	Heinfels	HD	175,20	12,43639	46,75472	1.086,28	01.01.2011	WT, Q
Vils	Vils (Lände)	HD	198,10	10,65111	47,55222	806,98	01.01.2000	WT, Q
Walchentaler Bach	Rettenschöß	HD	3,90	12,25722	47,6725	690,12	01.01.2000	WT, Q
Weerbach	Weer	HD	72,80	11,6375	47,30694	547,46	01.01.2013	WT, Q
Weißache	Kaiserwerk	HD	94,00	12,17833	47,54306	554,97	01.01.2000	WT, Q
Windauer Ache	Unterwindau	HD	82,10	12,17667	47,43472	633,87	01.01.2016	WT, Q
Winkeltalbach	Außervillgraten	HD	62,20	12,43083	46,78722	1.256,56	01.01.2010	WT, Q
Ziller	Zell am Ziller- Zellbergeben	HD	696,30	11,88056	47,23528	569,82	01.01.2000	WT, Q
Ziller	Hart im Zillertal	HD	1.094,70	11,86333	47,34722	530,99	01.01.2000	WT, Q

Tab A 2: Fischregion, Bioregion und Gesamtzustand laut NGP 2021.

Fluss	Messstelle	Fischregion	Bioregion	Gesamtzustand
Aschauer Ache	Sperten	Metarhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Brixentaler Ache	Bruckhäusl	Metarhithral	Kalkvoralpen	gut
Debantbach	Obernußdorf	nicht zuordenbar (Epirhithral) ¹	Unvergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Drau	Arnbach	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Fagge	Feichten - Platz Loch	Epirhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gutes oder besseres ökologisches Potential
Fieberbrunner Ache	Almdorf	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Gießenbach	Scharnitz (Gießenbach)	Epirhithral	Nördliche Kalkhochalpen	unbefriedigend
Großache	Kirchdorf in Tirol	Metarhithral	Kalkvoralpen	gut
Großache	Kössen-Hütte	Hyporhithral groß	Kalkvoralpen	gut
Gschnitzbach	Steinach am Brenner	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Gurglbach	Nassereith (Wiesenmühle)	Metarhithral	Nördliche Kalkhochalpen	unbefriedigend
Gurglbach	Imst-Brennbichl	Metarhithral	Nördliche Kalkhochalpen	mäßig
Inn	Pfunds - Kajetansbrücke	Hyporhithral groß	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Landeck-Perjen	Hyporhithral groß (Metarhithral) ¹	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Haiming - Magerbach	Hyporhithral groß	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	Hyporhithral groß	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Jenbach-Rotholz	Hyporhithral groß	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Rattenberg	Epipotamal groß	Große Alpine Flüsse	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Inn	Kufstein (Bahnhofsbrücke)	Epipotamal groß	Große Alpine Flüsse	gutes oder besseres ökologisches Potential
Isar	Scharnitz (Weidach)	Epirhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Isel	Hinterbichl	Epirhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Isel	Lienz	Hyporhithral groß	Unvergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Isel	Brühl	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Kalser Bach	Spöttling	nicht zuordenbar (Epirhithral) ¹	Vergletscherte Zentralalpen	mäßig
Kelchsauer Ache	Hörbrunn	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Kitzbüheler Ache	Kitzbühel (Bahnhofsbrücke)	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Kitzbüheler Ache	St. Johann in Tirol	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Kohlenbach	Schwendt-Unterbichl	Metarhithral	Kalkvoralpen	gut
Lech	Lechaschau	Hyporhithral groß	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Lech	Steeg	Metarhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Leutascher Ache	Klamm	Epirhithral	Nördliche Kalkhochalpen	mäßig
Loisach	Ehrwald (Viadukt)	Epirhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut

Melach	In der Au	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Namlosbach	Stanzach	Epirhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Ötztaler Ache	Huben	Epirhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Ötztaler Ache	Tumpen	Metarhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Pitze	St. Leonhard im Pitztal	Epirhithral	Vergletscherte Zentralalpen	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Rofenache	Vent (oberh. Niedertalbach)	nicht zuordenbar (kein Fischlebensraum) ¹	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Ruetz	Krössbach	Epirhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gutes oder besseres ökologisches Potential
Ruetz	Kampl	Metarhithral	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Sanna	Landeck-Bruggen	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Schalklbach	Schalkhof	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	sehr gut
Schwarzach	Hopfgarten i. Def.-Zwenewald	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Sill	Lueg	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gut
Sill	Puig	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Sill	Innsbruck-Reichenau	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	gutes oder besseres ökologisches Potential
Stampfangerbach	Söll	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Tauernbach	Matreier Tauernhaus	nicht zuordenbar (Epirhithral) ¹	Vergletscherte Zentralalpen	gut
Teischnitzbach	Spöttling-Taurer	nicht zuordenbar (Epirhithral) ¹	Vergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Thierseebach	Thiersee	Metarhithral	Kalkvoralpen	keine Einstufung laut NGP
Valserbach	St. Jodok am Brenner	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Villgratenbach	Heinfels	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Vils	Vils (Lände)	Metarhithral	Nördliche Kalkhochalpen	gut
Walchentaler Bach	Rettenschöß	nicht zuordenbar	Kalkvoralpen	gut
Weerbach	Weer	Epirhithral (Metarhithral) ¹	Unvergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Weißache	Kaiserwerk	Epirhithral	Kalkvoralpen	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Windauer Ache	Unterwindau	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	unbefriedigend
Winkeltalbach	Außervillgraten	nicht zuordenbar (Epirhithral) ¹	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßig
Ziller	Hart im Zillertal	Hyporhithral groß	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential
Ziller	Zell am Ziller-Zellbergeben	Metarhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	mäßiges oder schlechteres ökologisches Potential

2. Auswertungen Gewässerdaten

In folgenden Unterkapiteln finden sich die erstellten Abbildungen zu allen bearbeiteten Gewässern.

2.1. Achensee

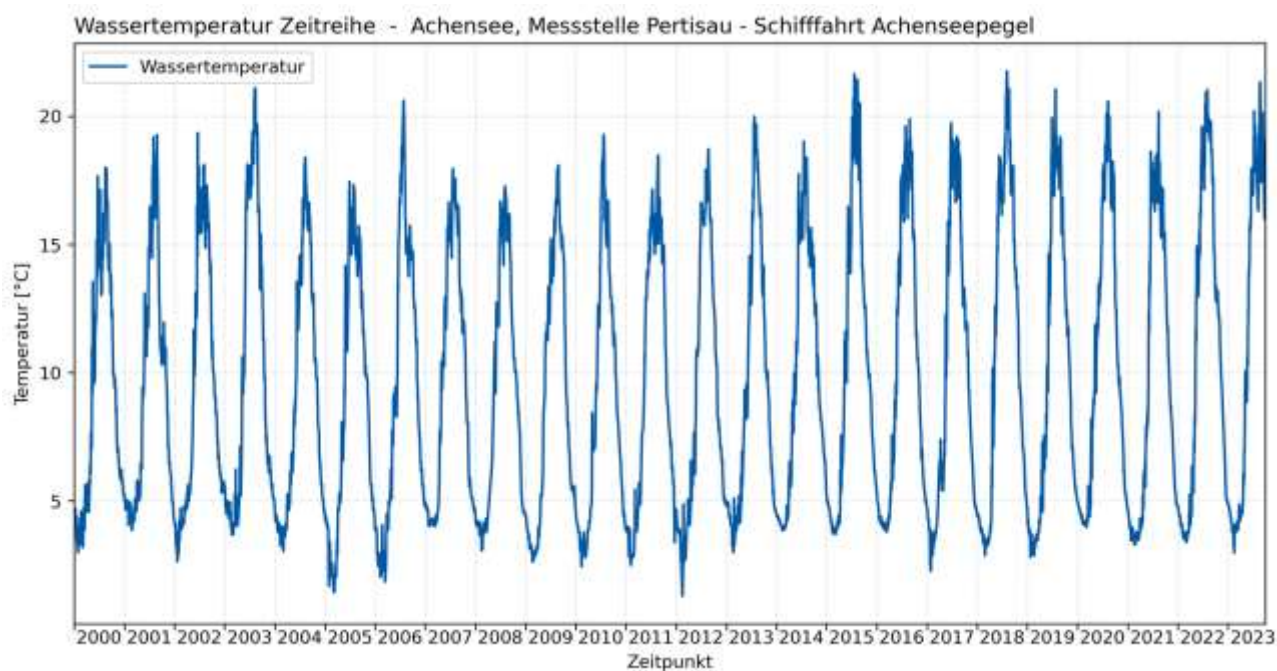


Abb. A 1: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Achensees (Messstelle Pertisau Schifffahrt Achenseepegel) über den verfügbaren Zeitraum.

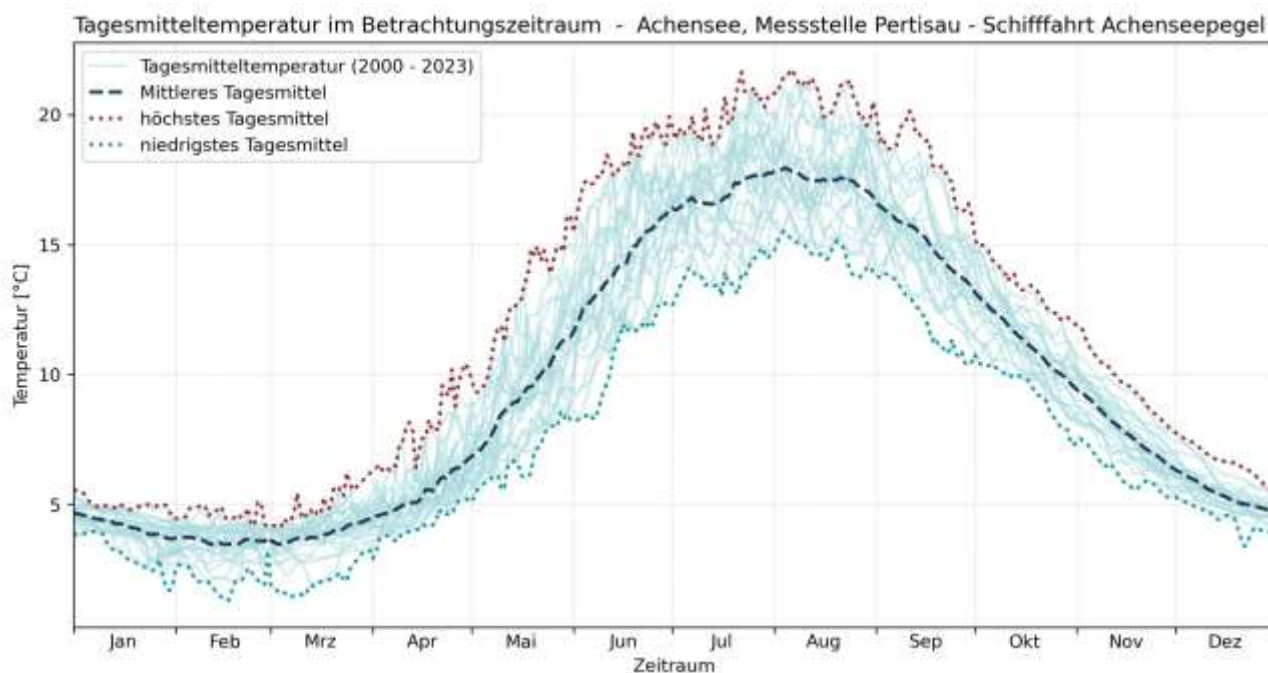


Abb. A 2: Tägliche Temperaturvariation des Achensees (Messstelle Pertisau Schifffahrt Achenseepegel) im Jahresverlauf.

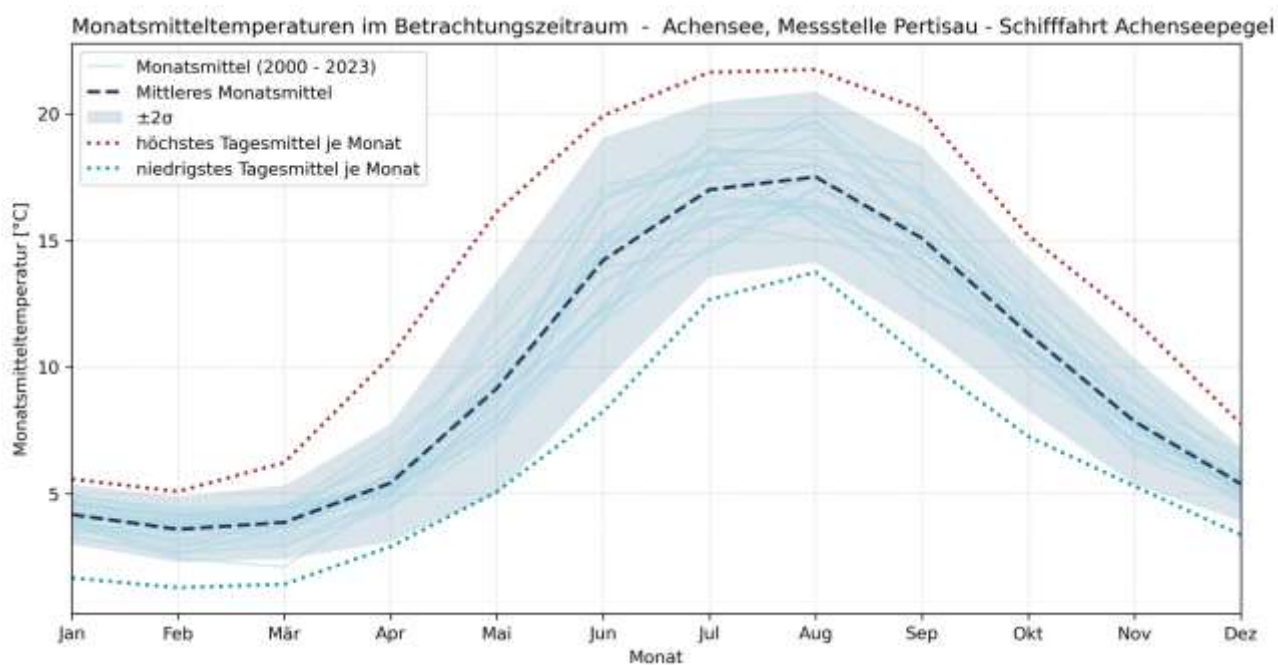


Abb. A 3: Monatsmitteltemperaturen für den Achensee, Messstelle Pertisau Schifffahrt Achenseepegel. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

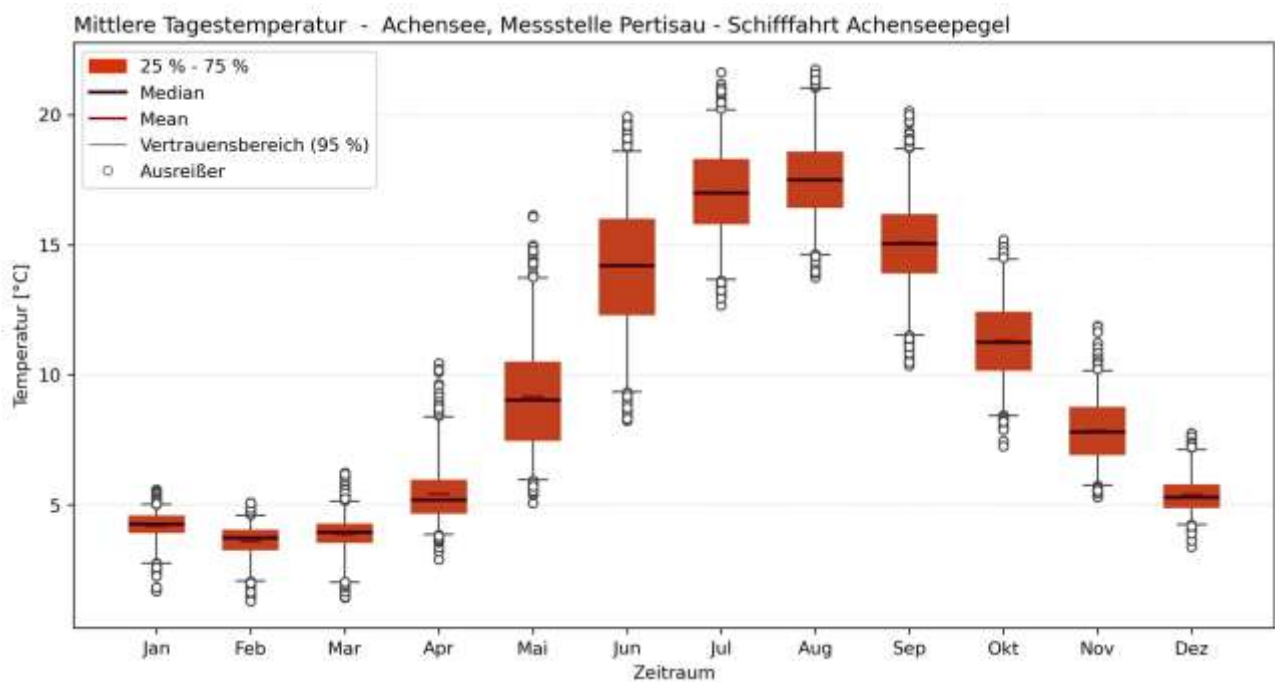


Abb. A 4: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Achensee (Messstelle, Pertisau Schifffahrt Achenseepegel).

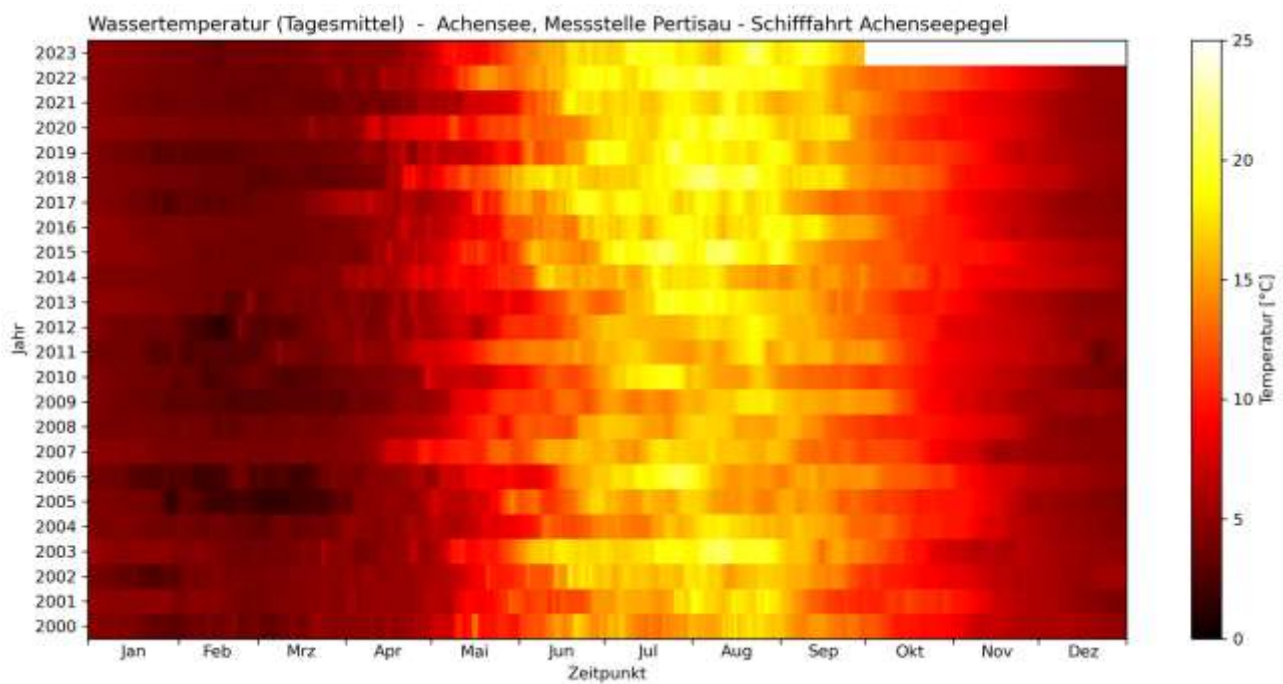


Abb. A 5: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Achensee (Messstelle Pertisau Schifffahrt Achenseepegel). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

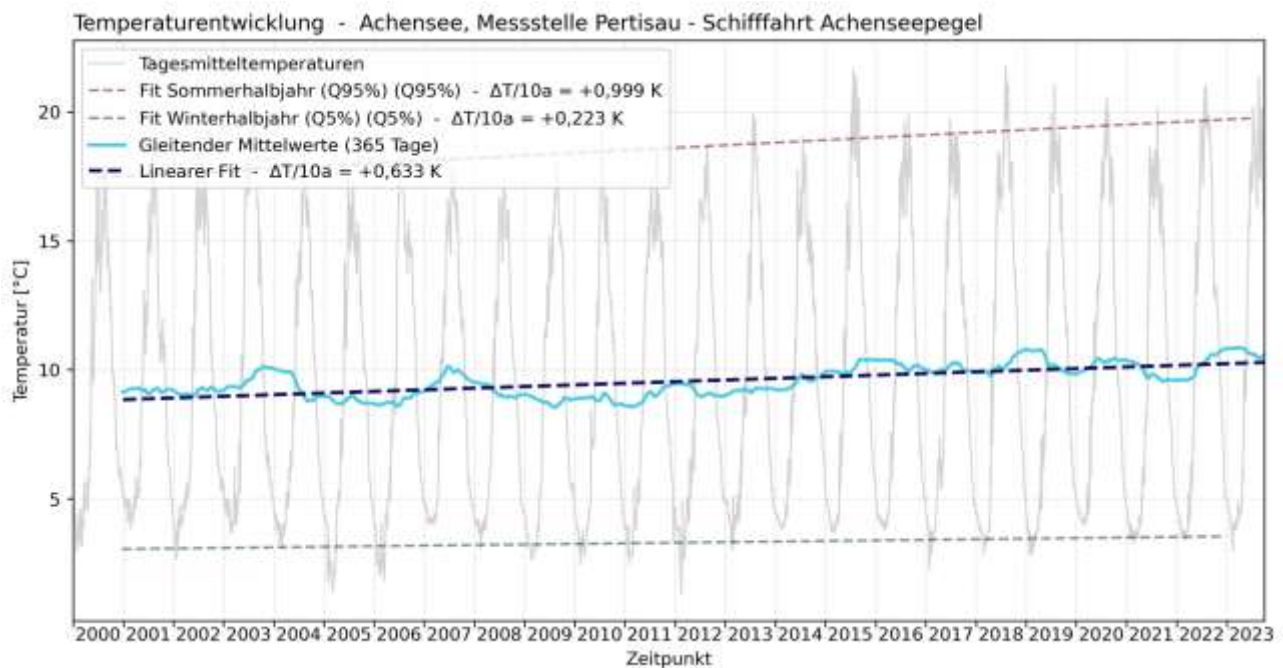


Abb. A 6: Temperaturentwicklung des Achensees, Messstelle Pertisau Schifffahrt Achenseepegel, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.2. Aschauer Ache

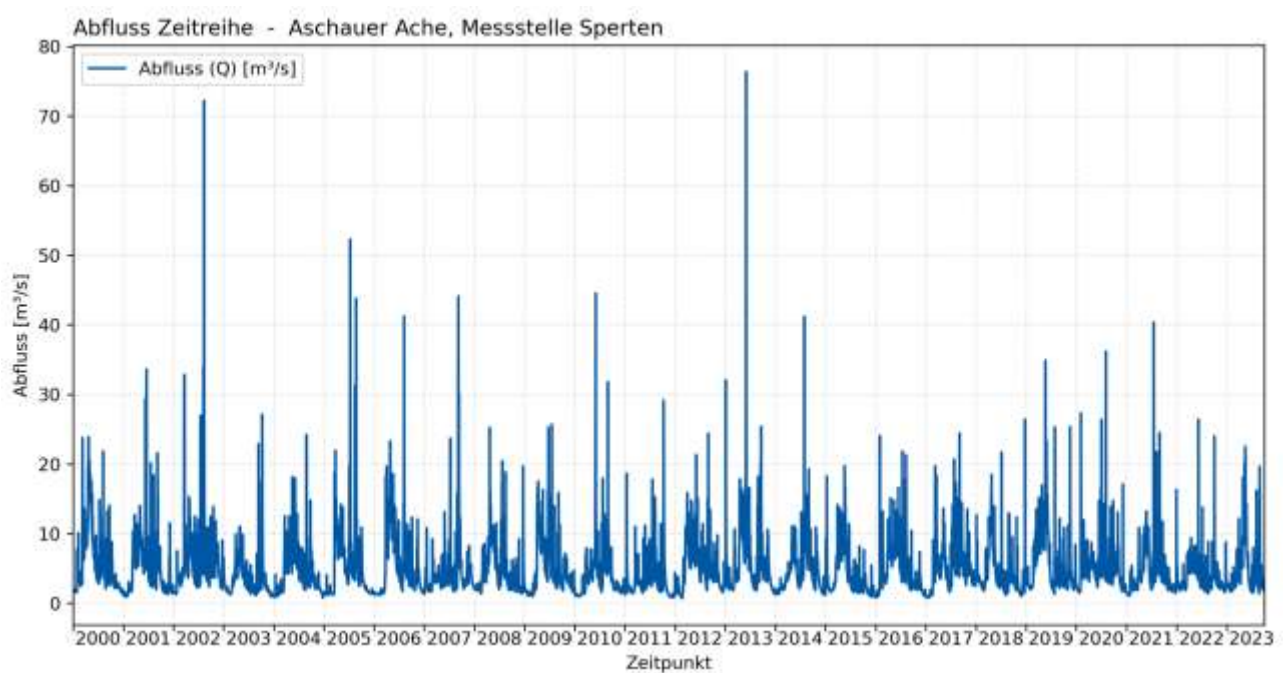


Abb. A 7: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Aschauer Ache, Messstelle Sperten über den verfügbaren Zeitraum.

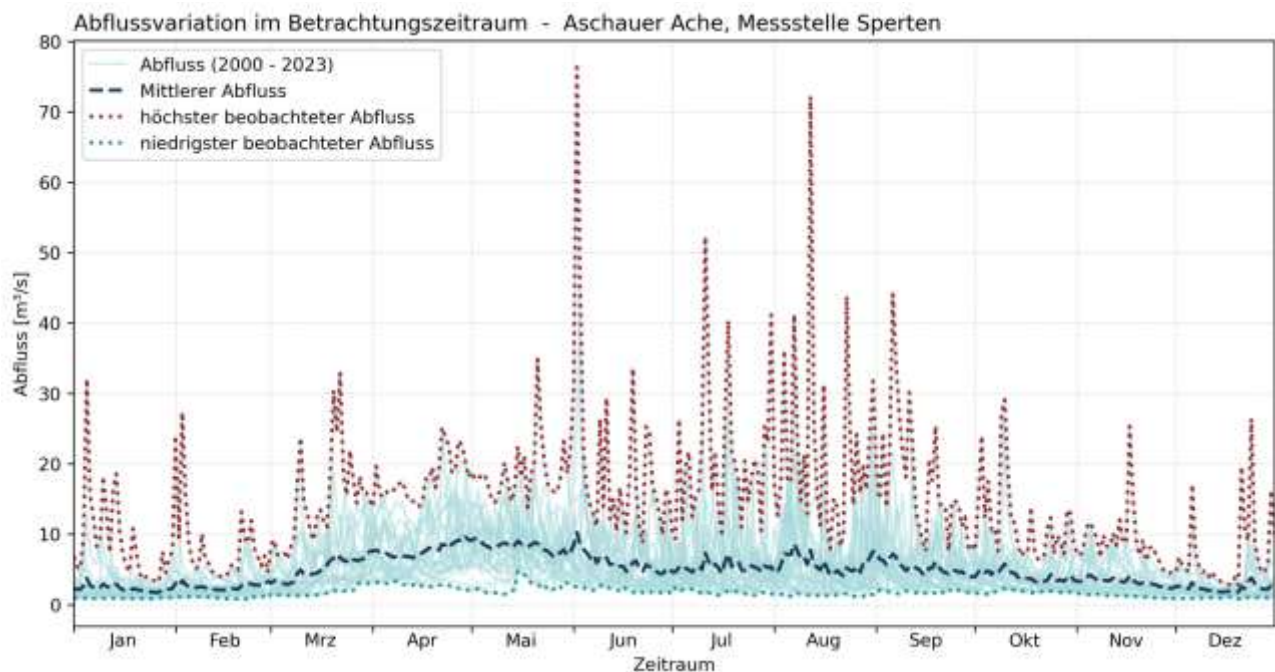


Abb. A 8: Tägliche Abflussvariation der Aschauer Ache (Messstelle Sperten) im Jahresverlauf.

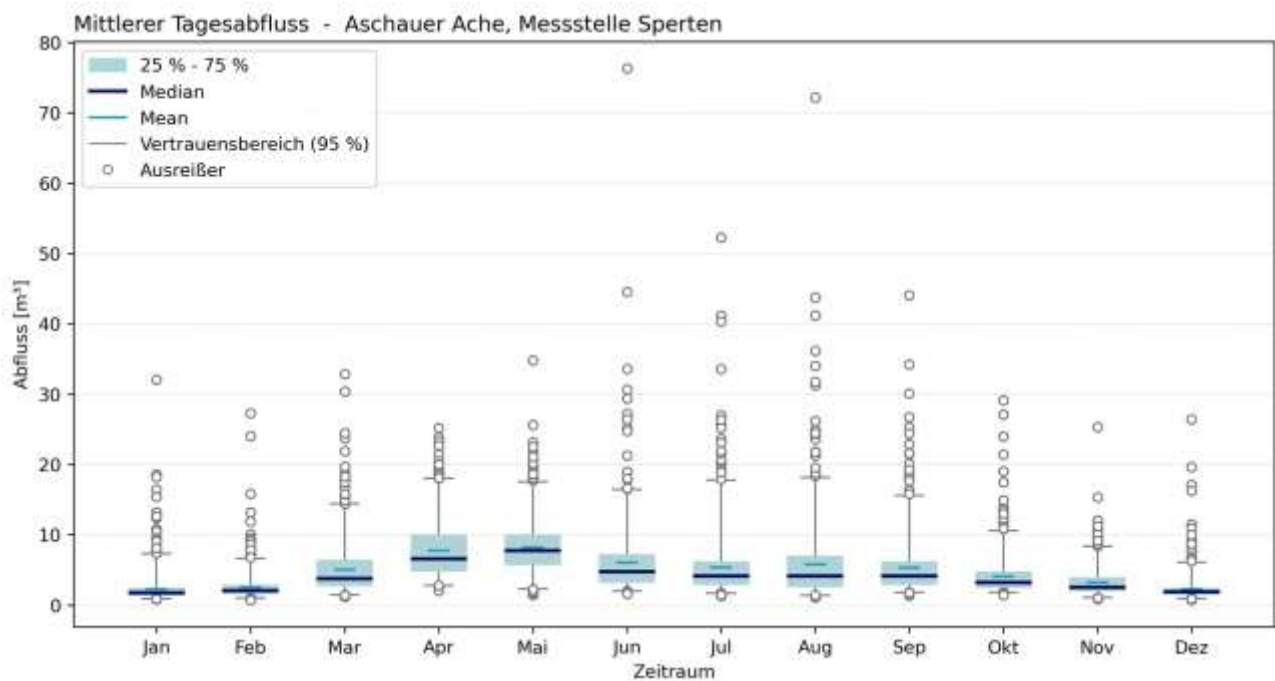


Abb. A 9: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Aschauer Ache (Messstelle Sperten) als Monatswerte.

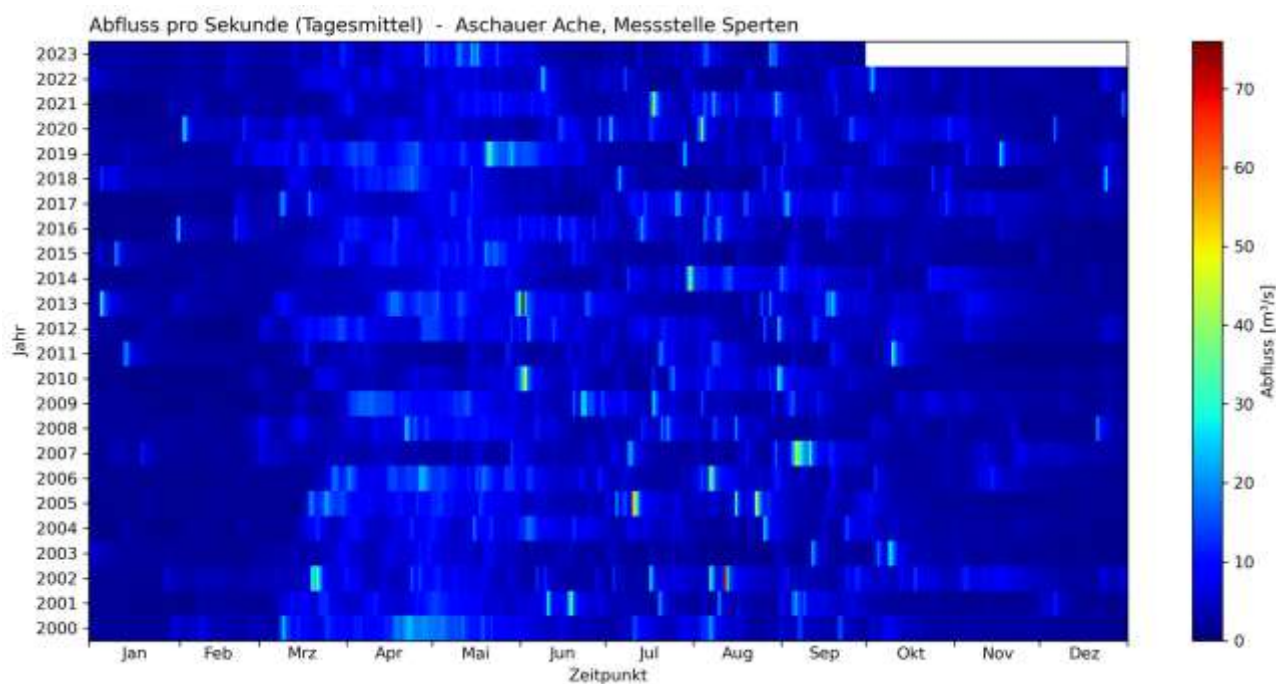


Abb. A 10: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Aschauer Ache, Messstelle Sperten). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

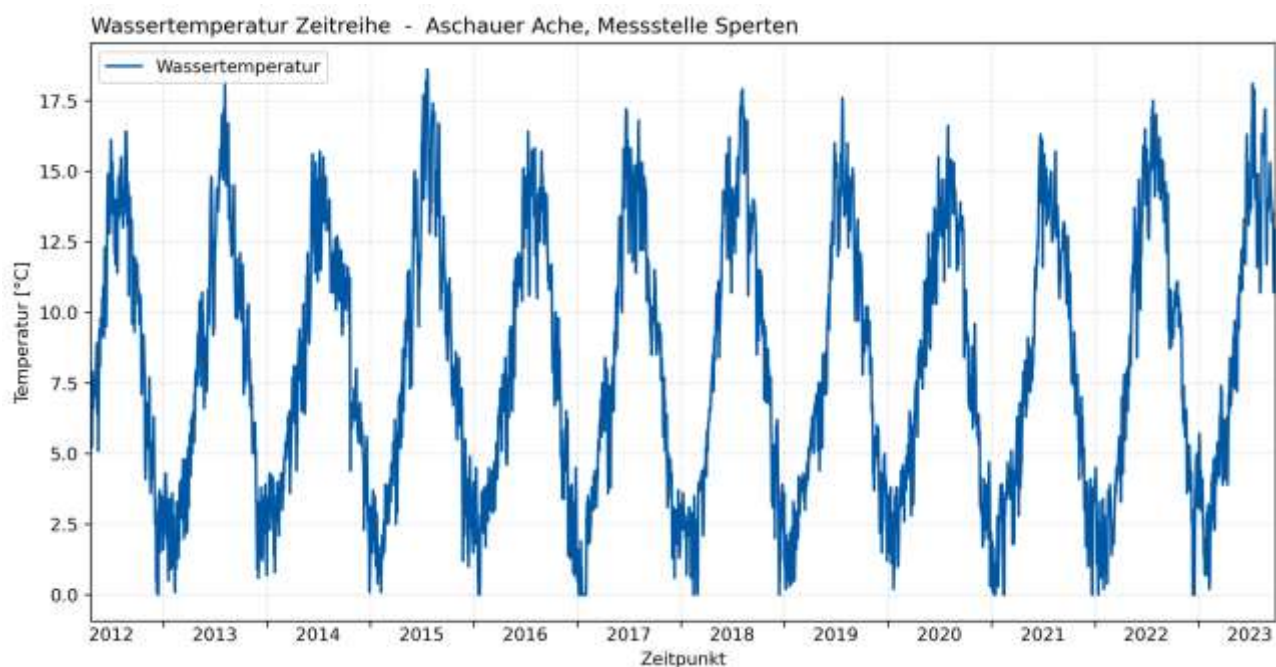


Abb. A 11: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Aschauer Ache (Messstelle Sperten) über den verfügbaren Zeitraum.

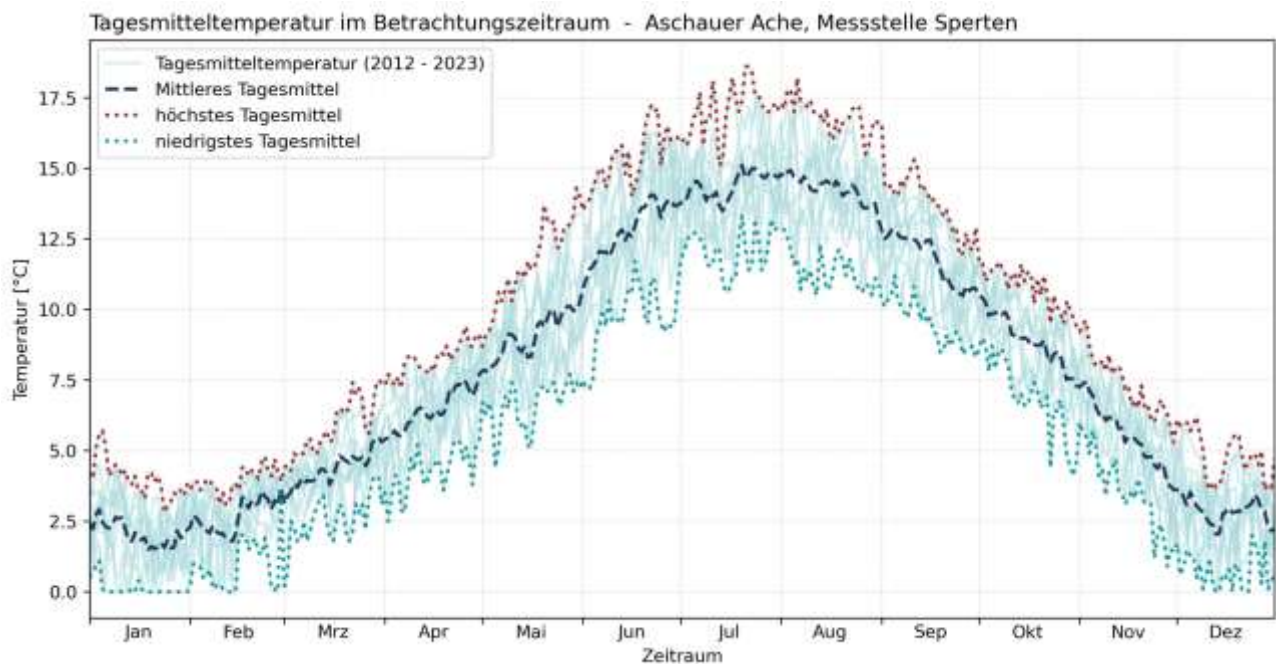


Abb. A 12: Tägliche Temperaturvariation der Aschauer Ache (Messstelle Sperten) im Jahresverlauf.

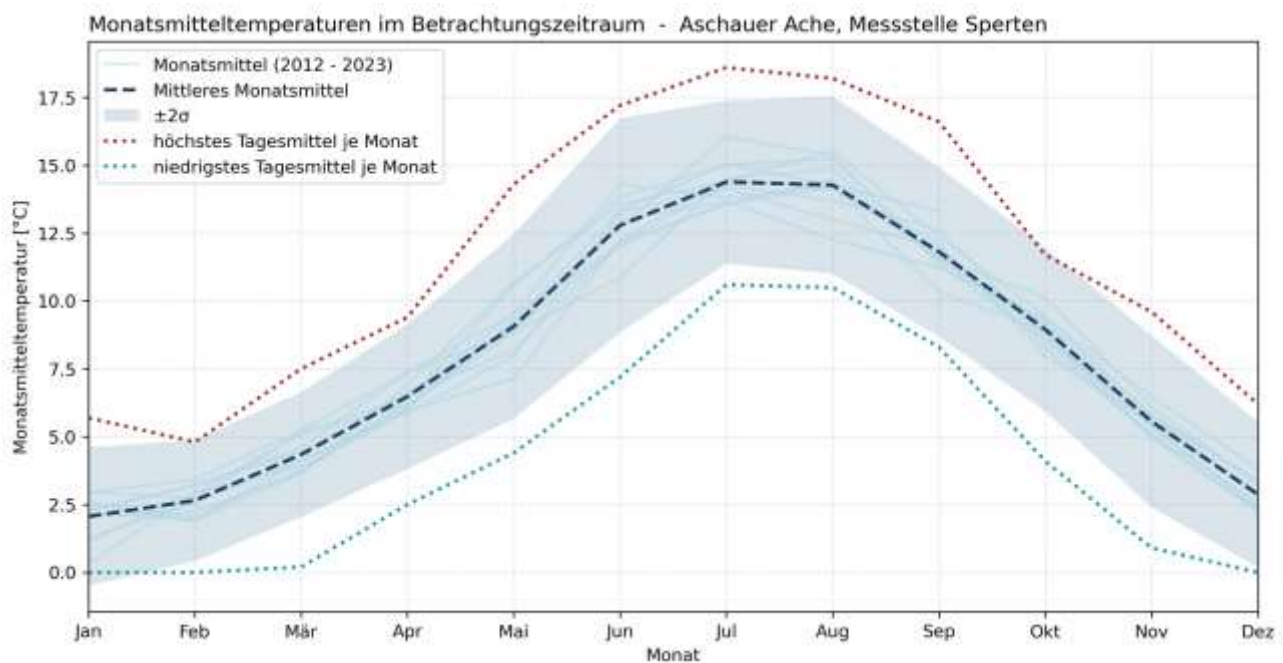


Abb. A 13: Monatsmitteltemperaturen für die Aschauer Ache, Messstelle Sperten. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

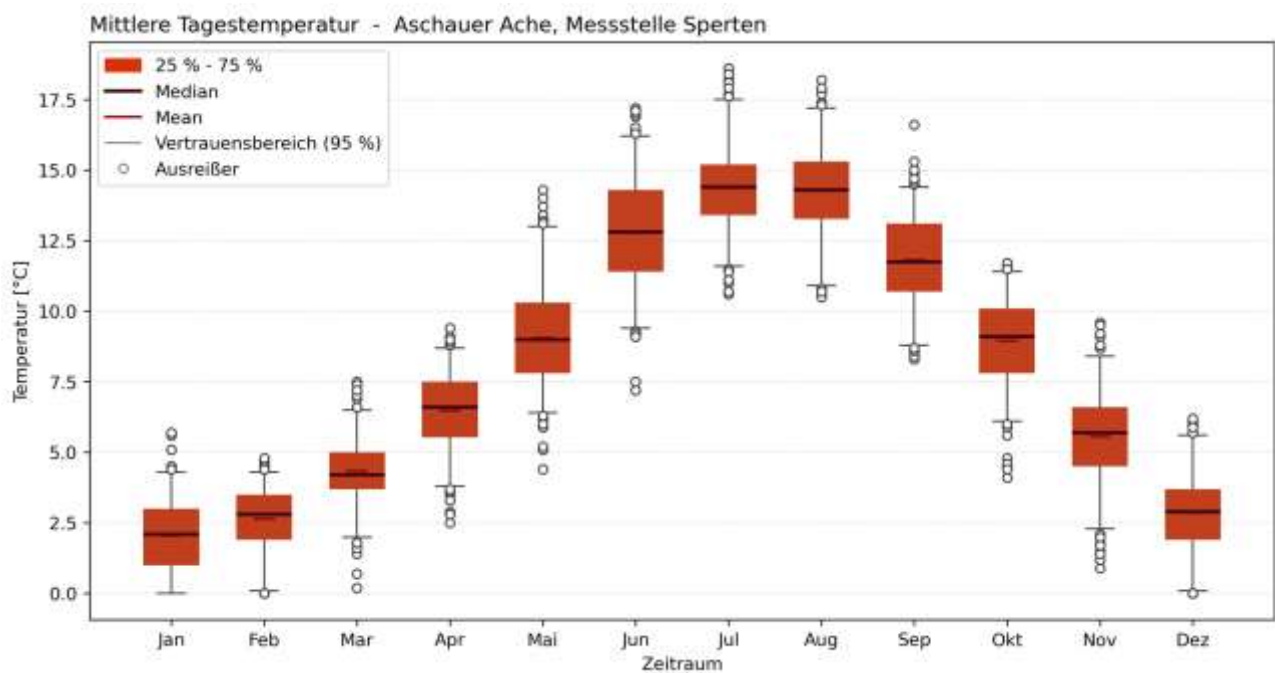


Abb. A 14: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Aschauer Ache (Messstelle, Sperten).

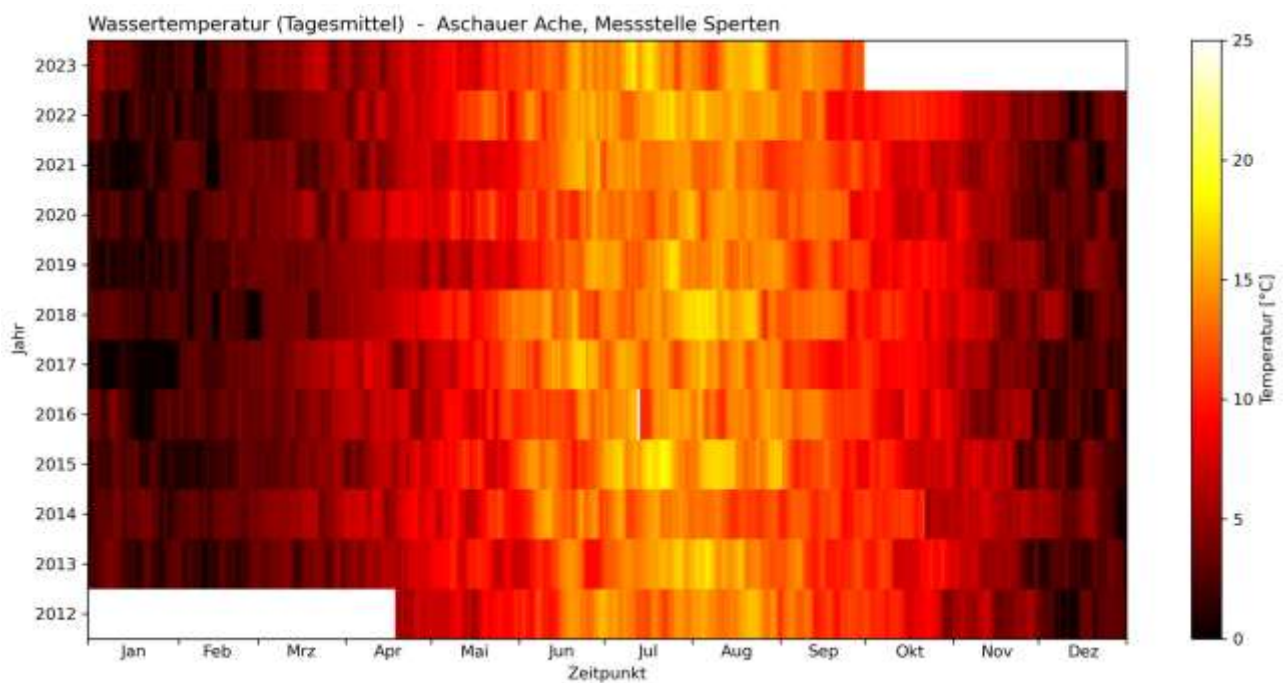


Abb. A 15: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Aschauer Ache (Messstelle Sperten). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

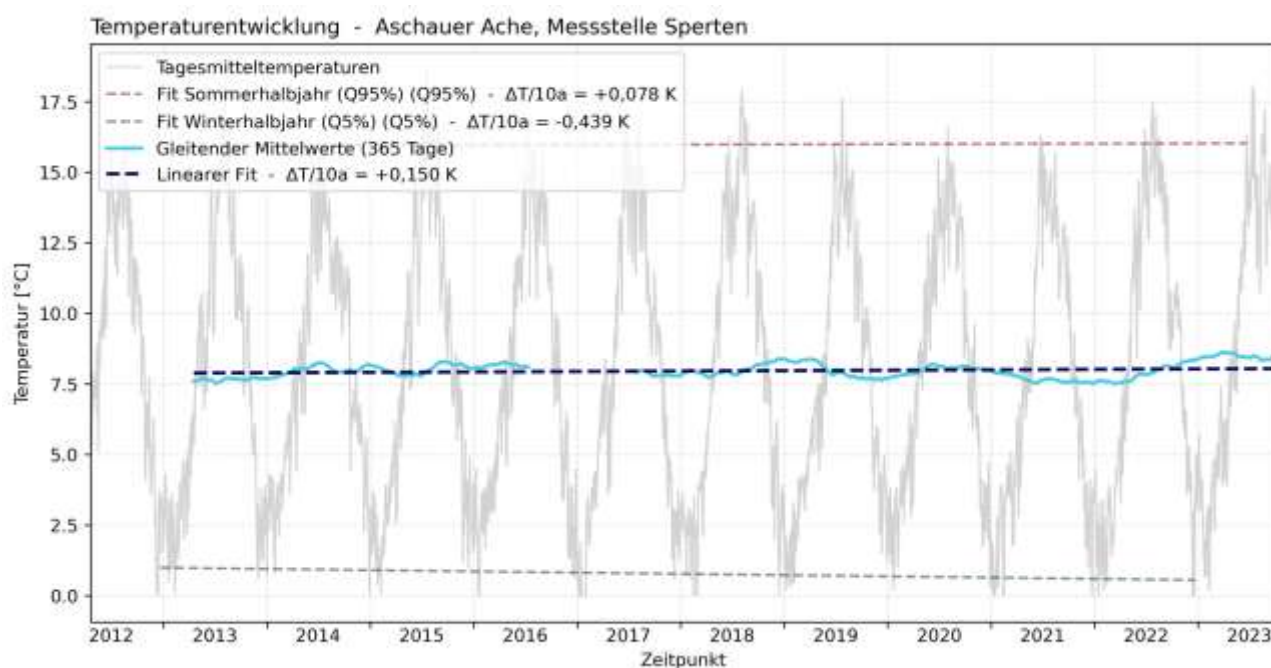


Abb. A 16: Temperaturentwicklung der Aschauer Ache, Messstelle Sperten, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.3. Brixentaler Ache

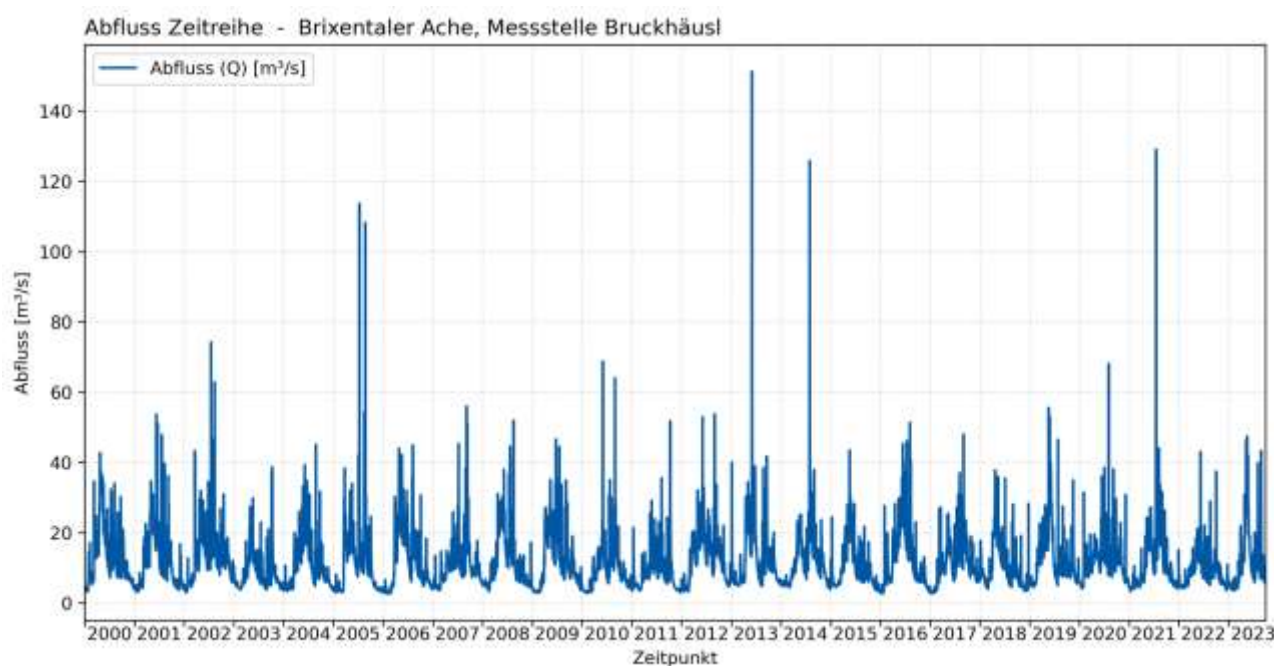


Abb. A 17: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Brixentaler Ache, Messstelle Bruckhäusl über den verfügbaren Zeitraum.

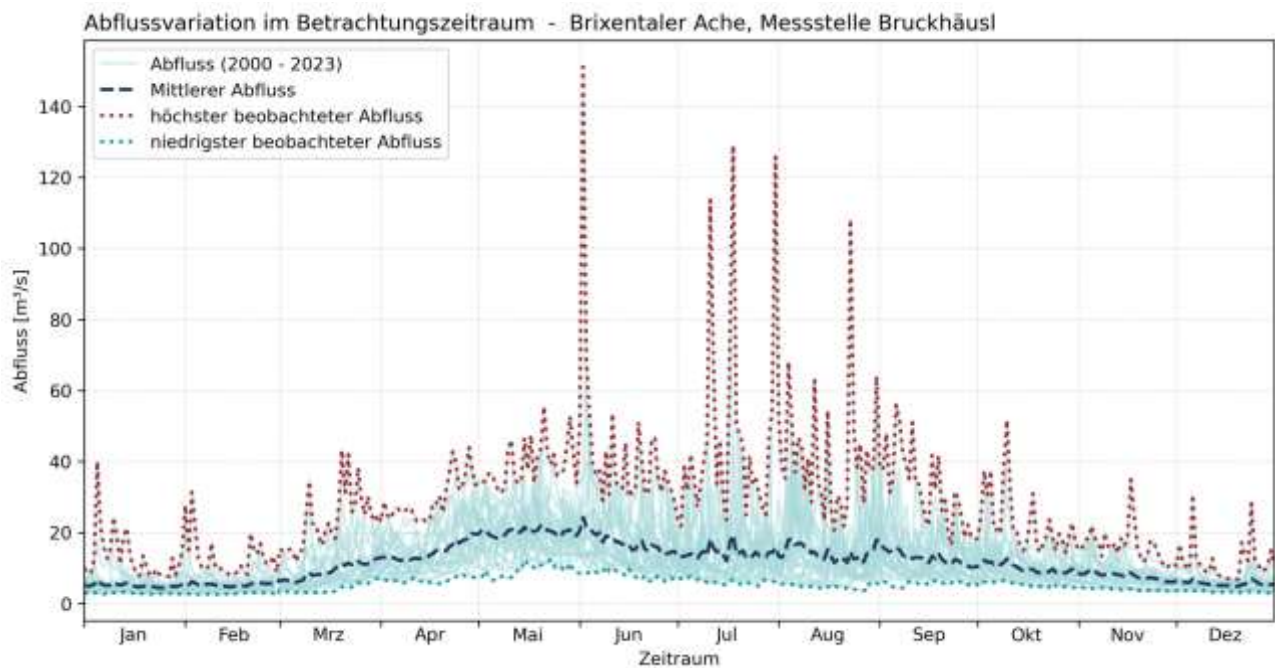


Abb. A 18: Tägliche Abflussvariation der Brixentaler Ache(Messstelle Bruckhäusl) im Jahresverlauf.

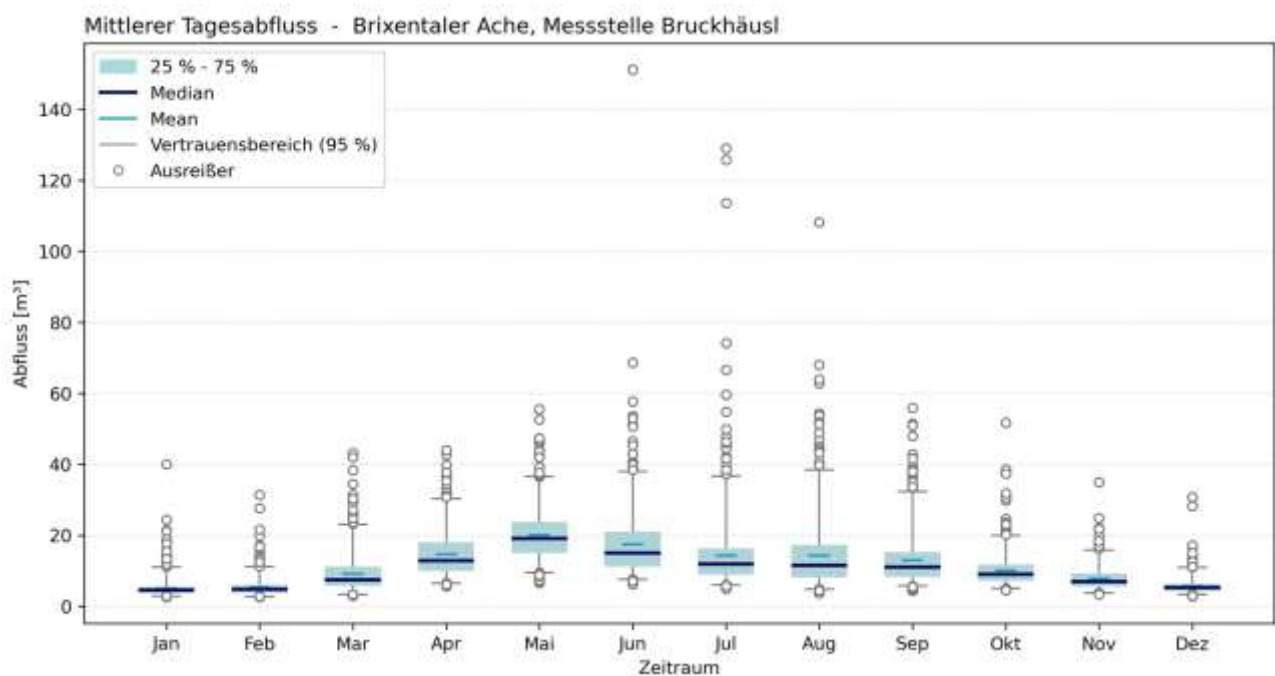


Abb. A 19: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Brixentaler Ache (Messstelle Bruckhäusl) als Monatswerte.

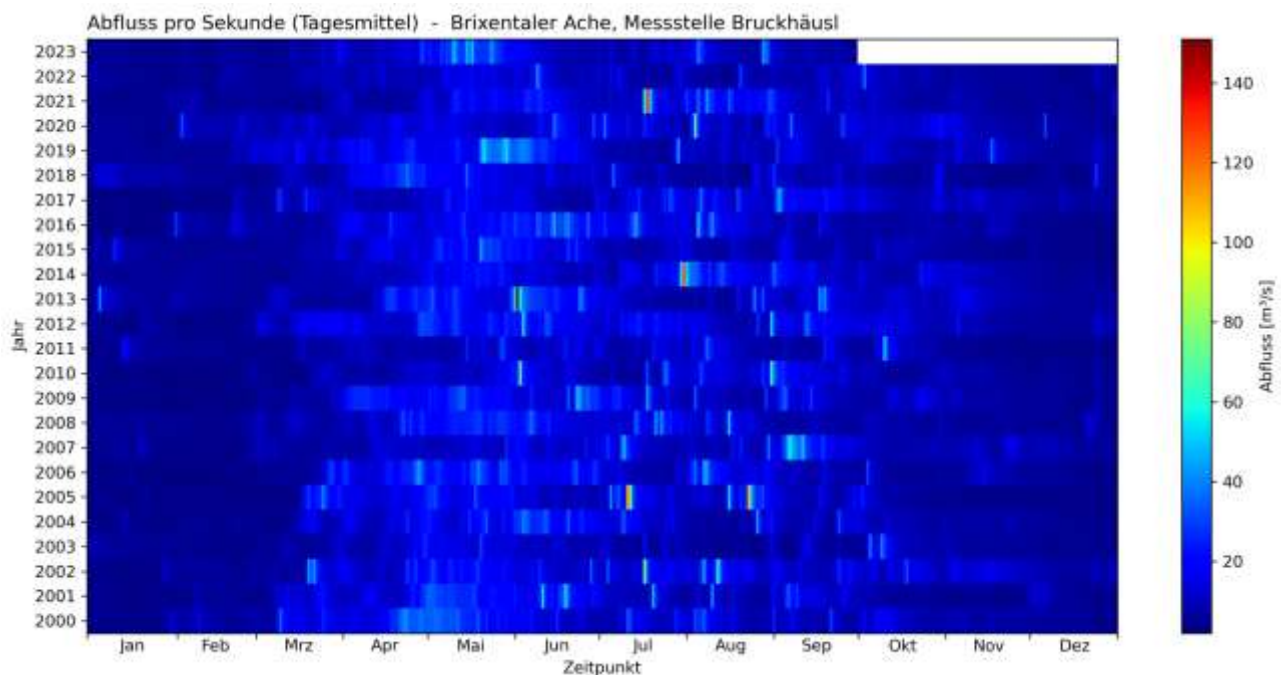


Abb. A 20: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Brixentaler Ache, Messstelle Bruckhäusl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

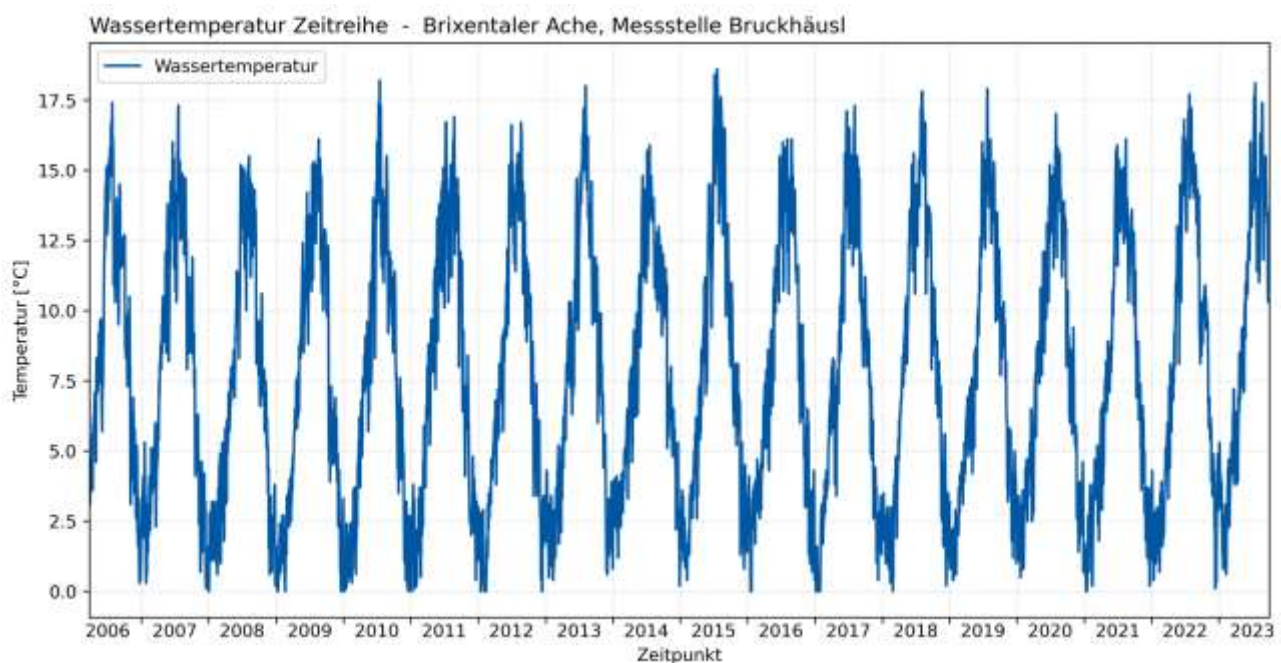


Abb. A 21: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Brixentaler Ache (Messstelle Bruckhäusl) über den verfügbaren Zeitraum.

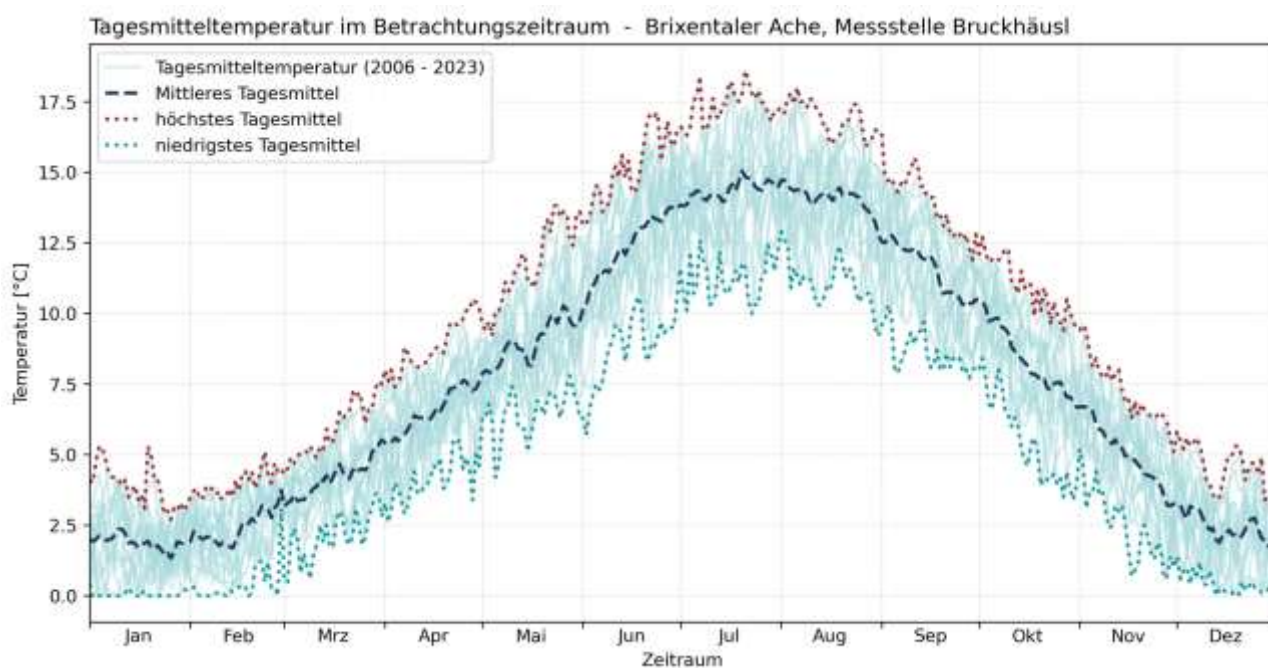


Abb. A 22: Tägliche Temperaturvariation der Brixentaler Ache (Messstelle Bruckhäusl) im Jahresverlauf.

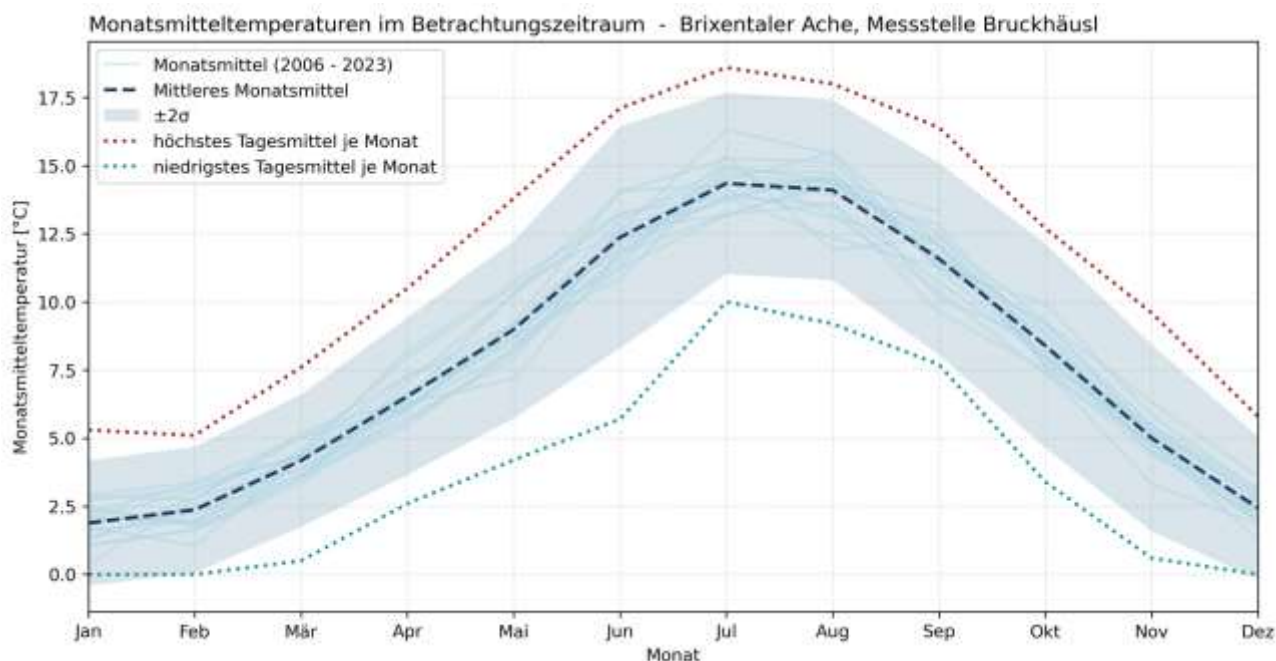


Abb. A 23: Monatsmitteltemperaturen für die Brixentaler Ache, Messstelle Bruckhäusl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

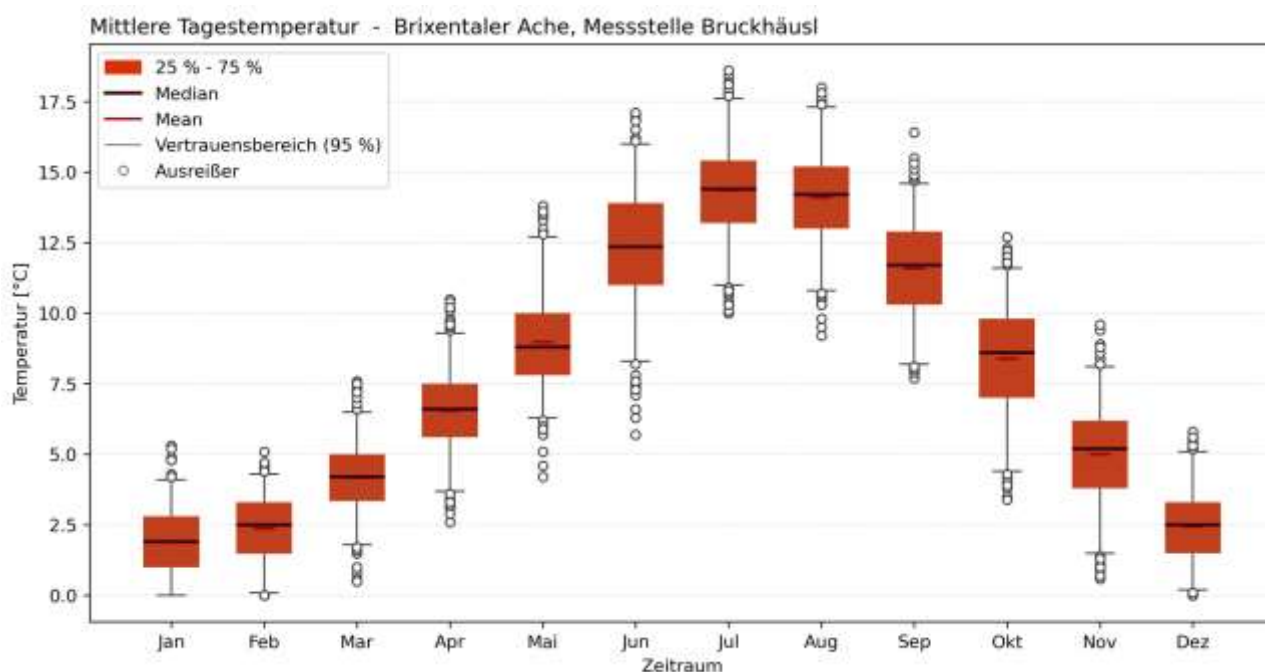


Abb. A 24: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Brixentaler Ache (Messstelle, Bruckhäusl).

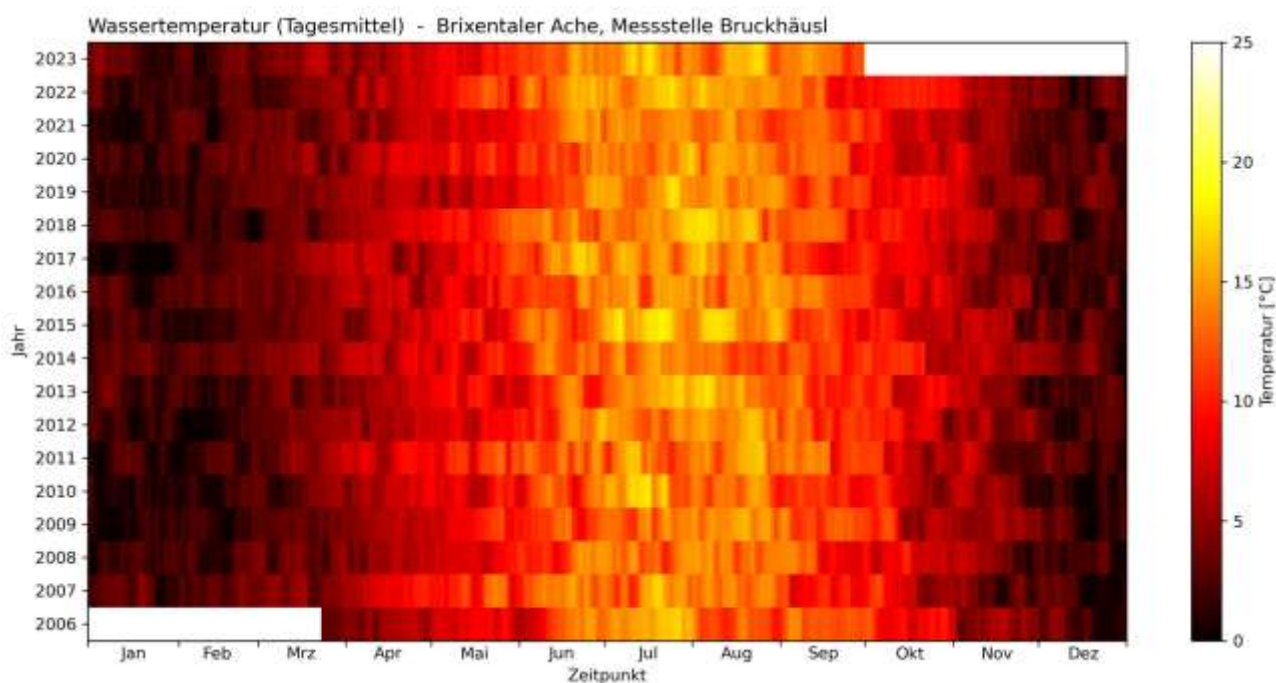


Abb. A 25: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Brixentaler Ache (Messstelle Bruckhäusl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

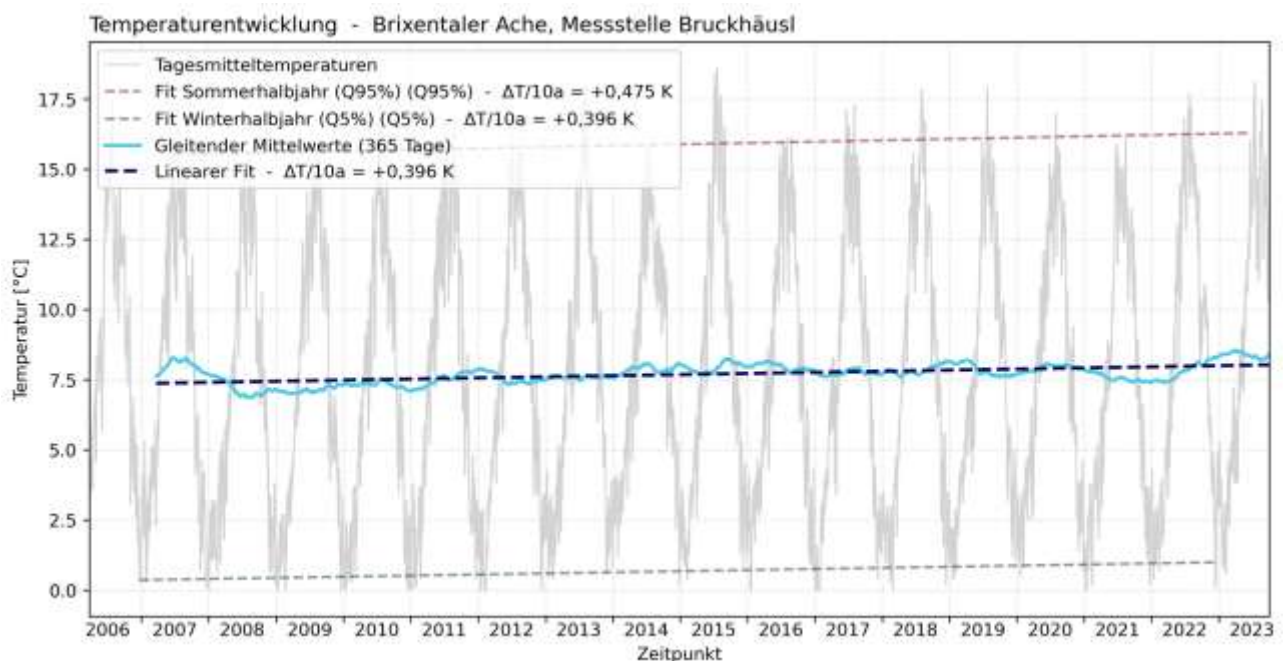


Abb. A 26: Temperaturentwicklung der Brixentaler Ache, Messstelle Bruckhäusl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.4. Debantbach

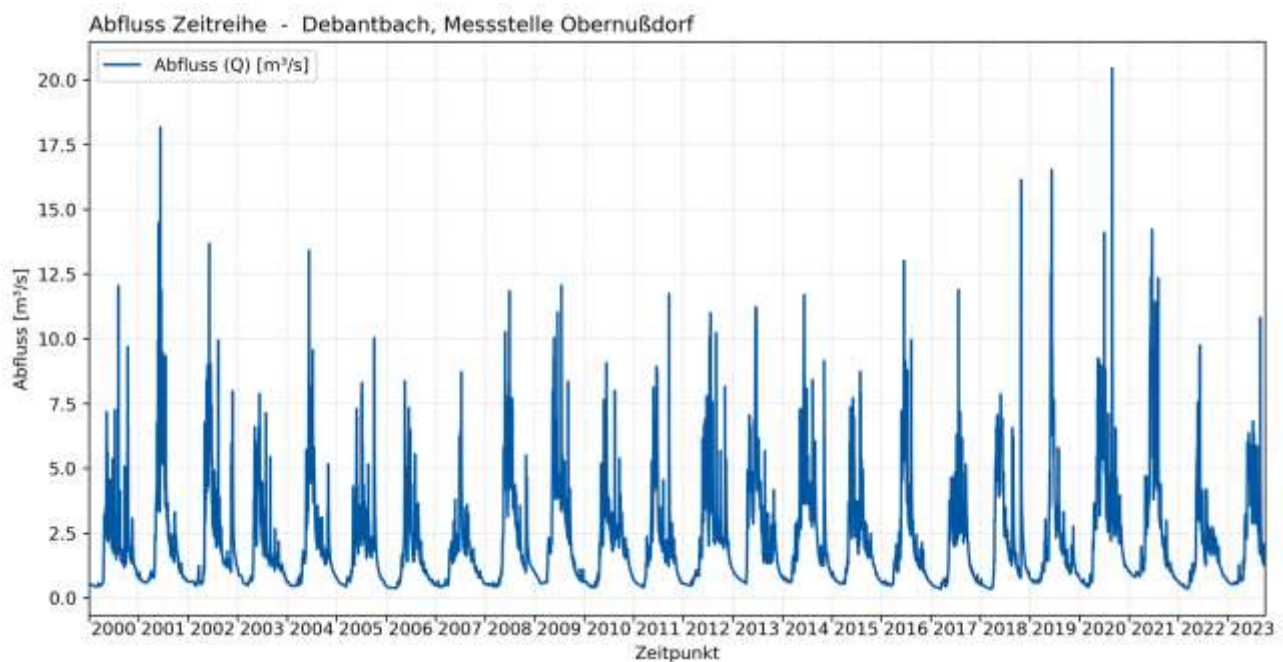


Abb. A 27: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Debantbach, Messstelle Obernußdorf über den verfügbaren Zeitraum.

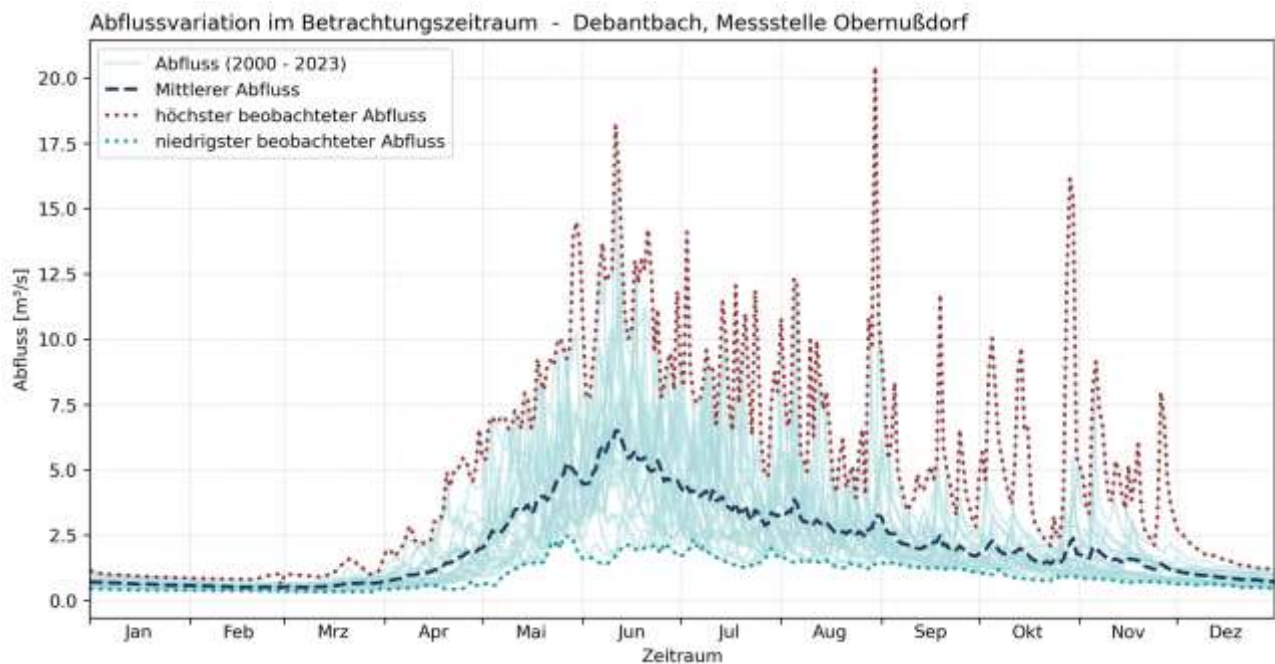


Abb. A 28: Tägliche Abflussvariation des Debantbach(Messstelle Obernußdorf) im Jahresverlauf.

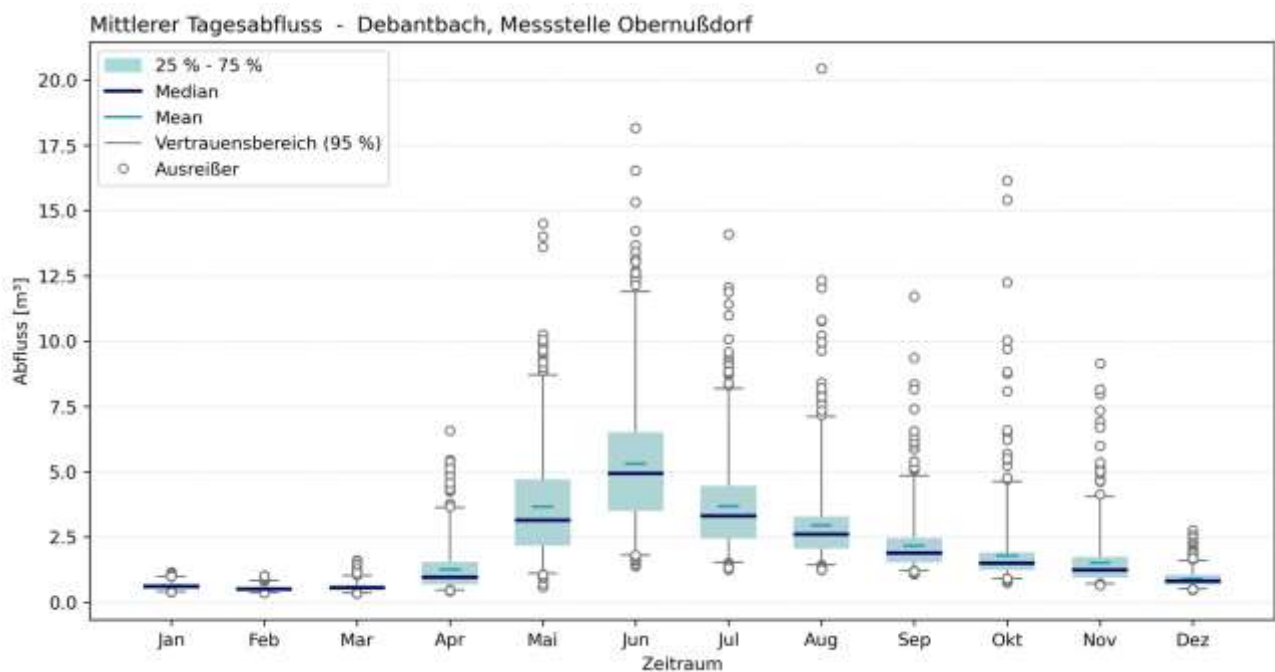


Abb. A 29: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Debantbach (Messstelle Obernußdorf) als Monatswerte.

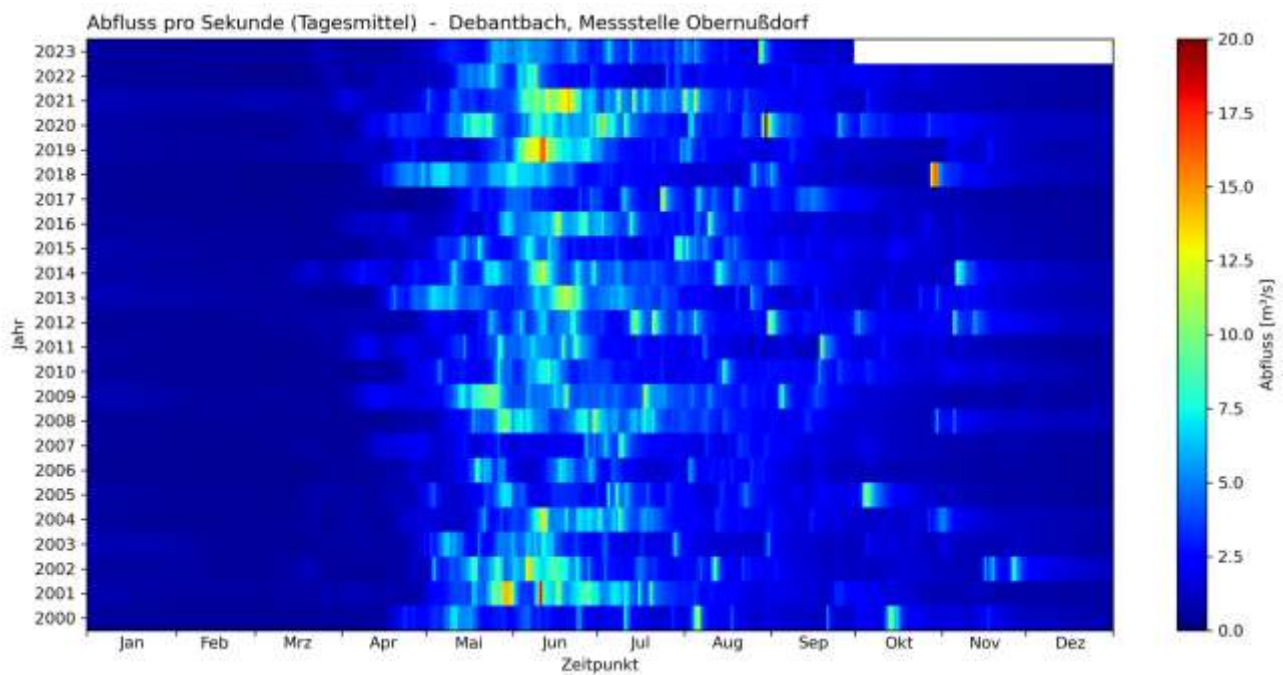


Abb. A 30: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Debantbach, Messstelle Obernußdorf). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

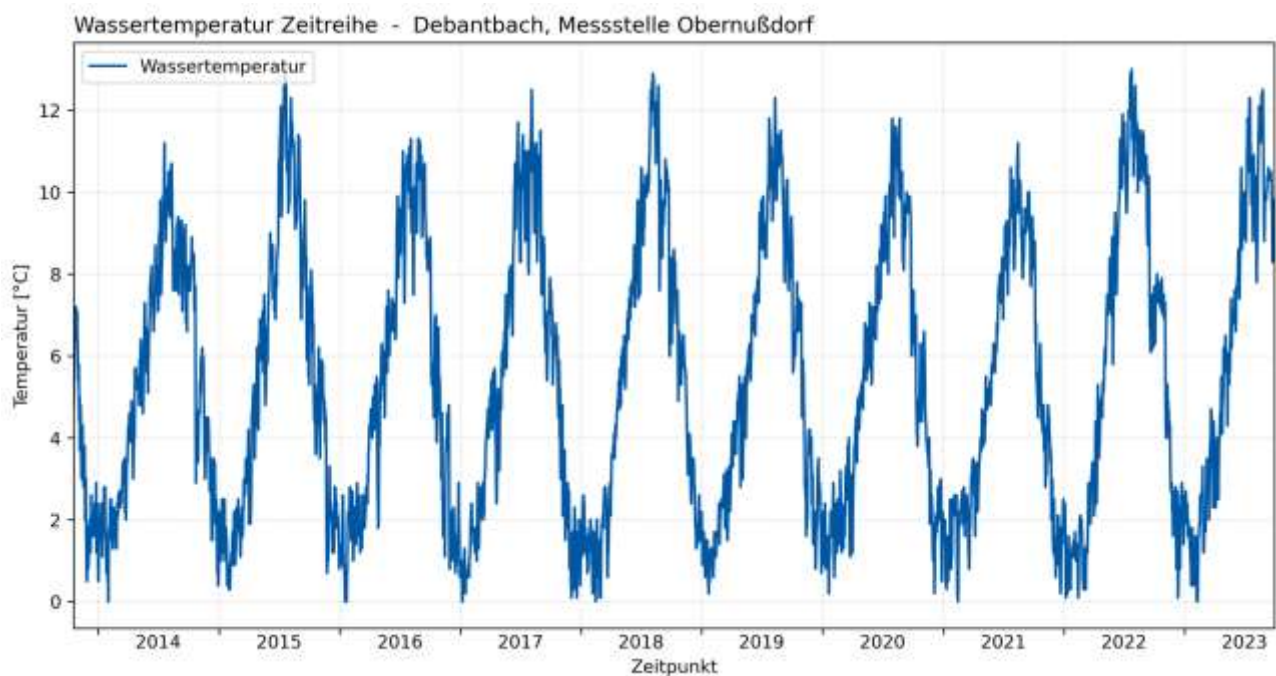


Abb. A 31: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Debantbach (Messstelle Obernußdorf) über den verfügbaren Zeitraum.

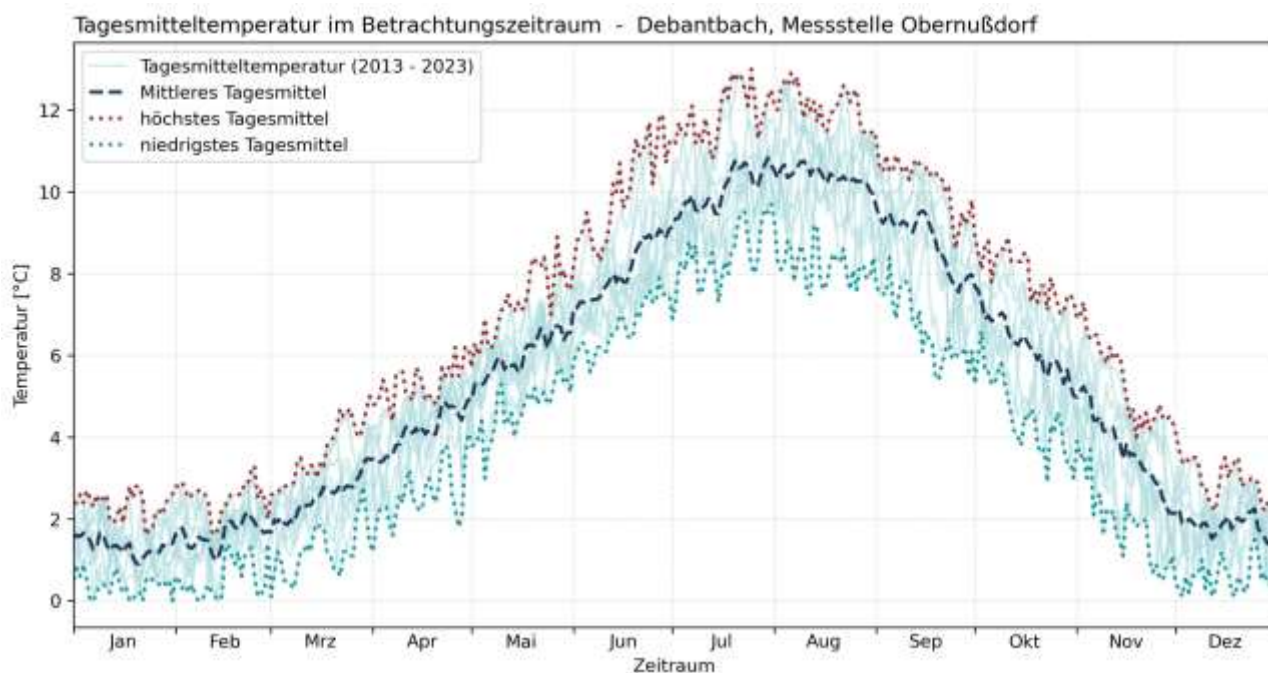


Abb. A 32: Tägliche Temperaturvariation des Debantbach (Messstelle Obernußdorf) im Jahresverlauf.

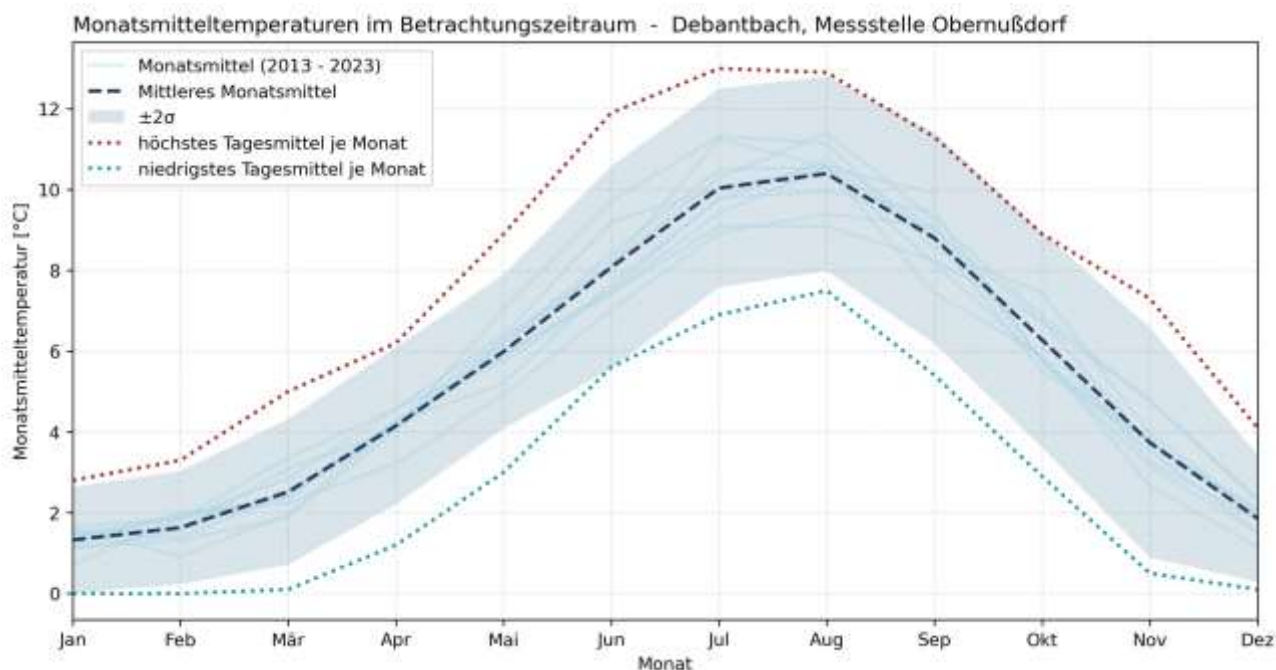


Abb. A 33: Monatsmitteltemperaturen für den Debantbach, Messstelle Obernußdorf. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

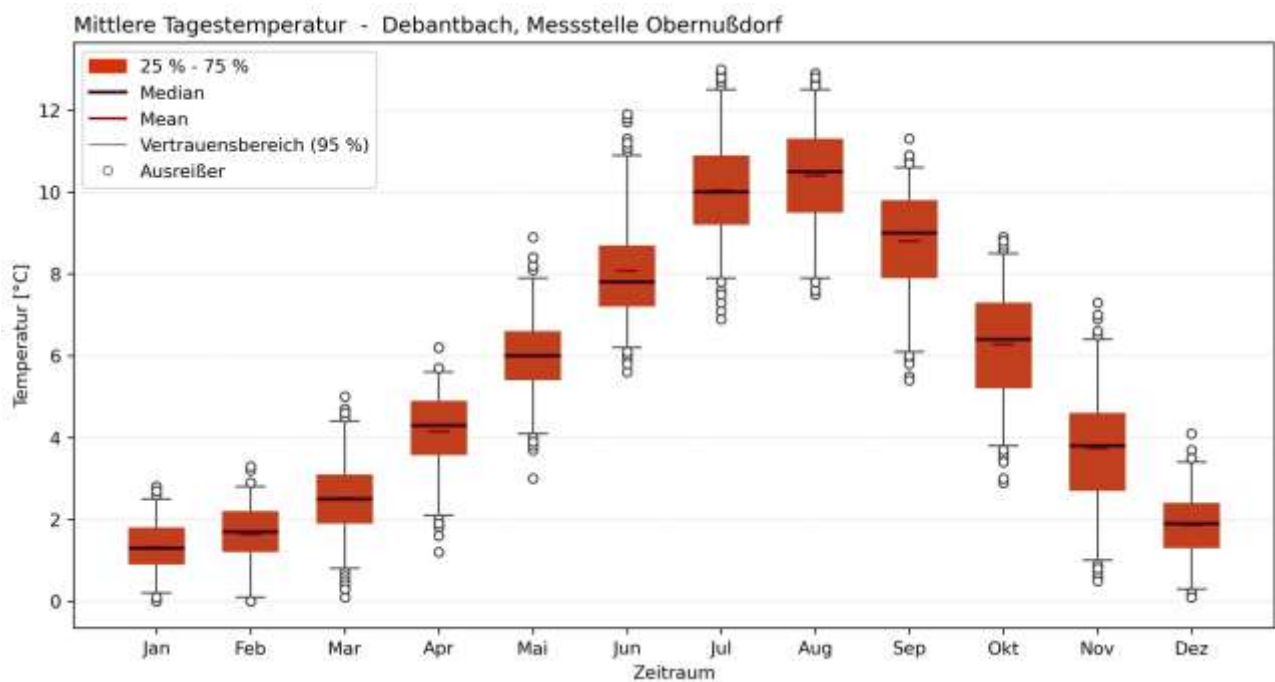


Abb. A 34: Mittlere Tägesterperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Debantbach (Messstelle, Obernußdorf).

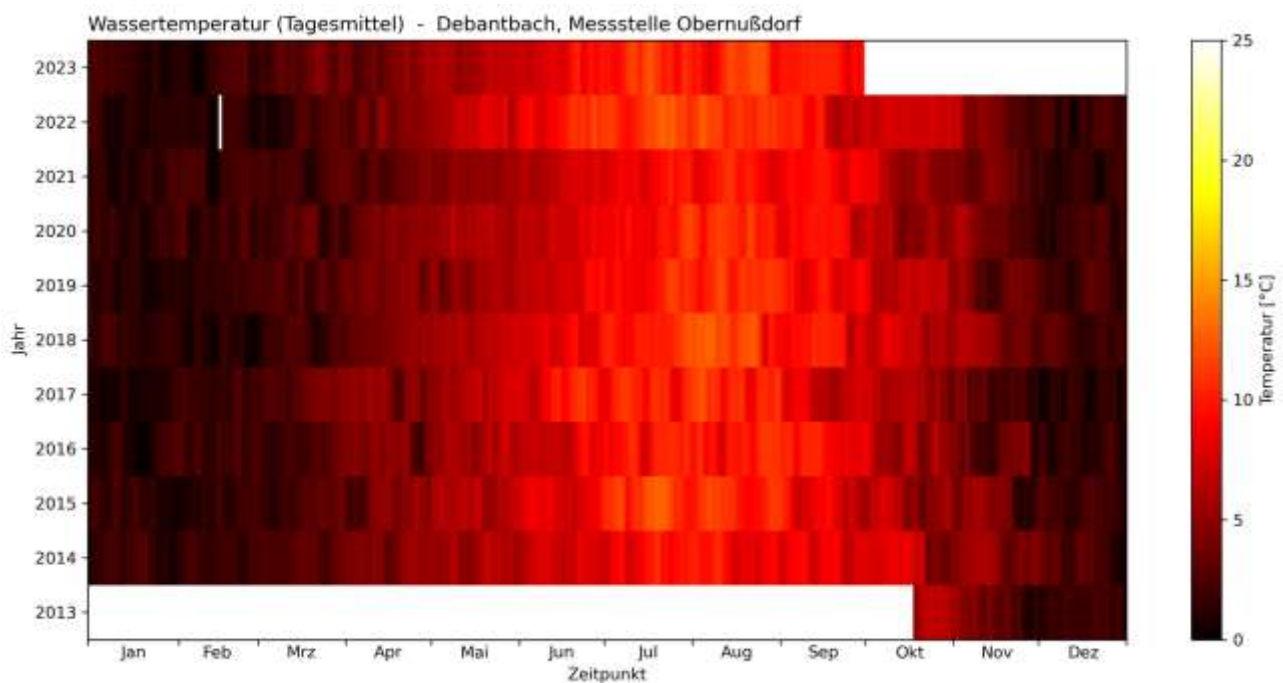


Abb. A 35: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Debantbach (Messstelle Obernußdorf). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

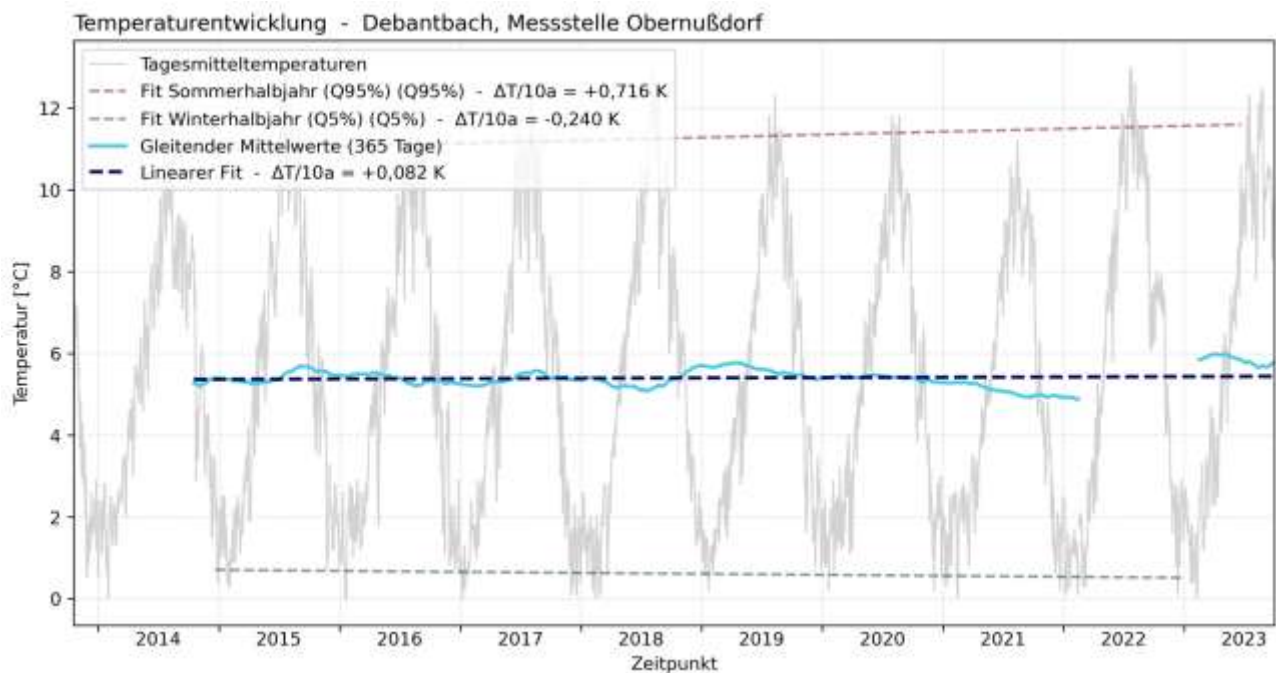


Abb. A 36: Temperaturentwicklung des Debantbach, Messstelle Obernußdorf, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.5. Drau

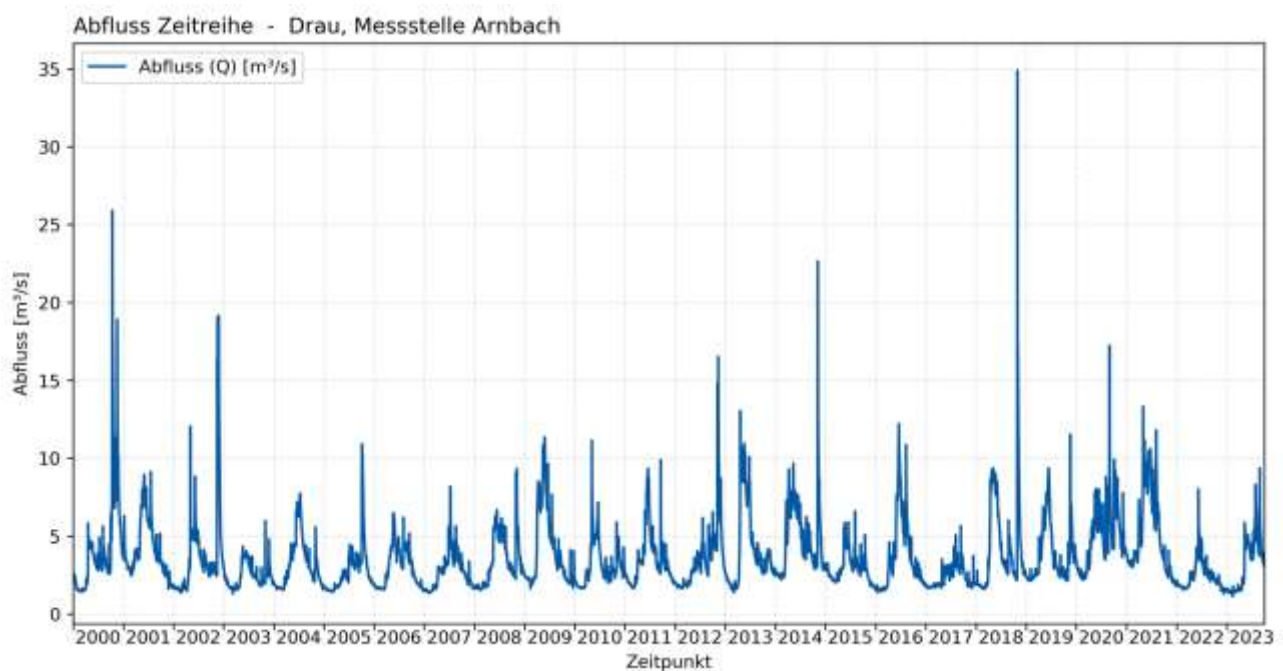


Abb. A 37: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Drau, Messstelle Arnbach über den verfügbaren Zeitraum.

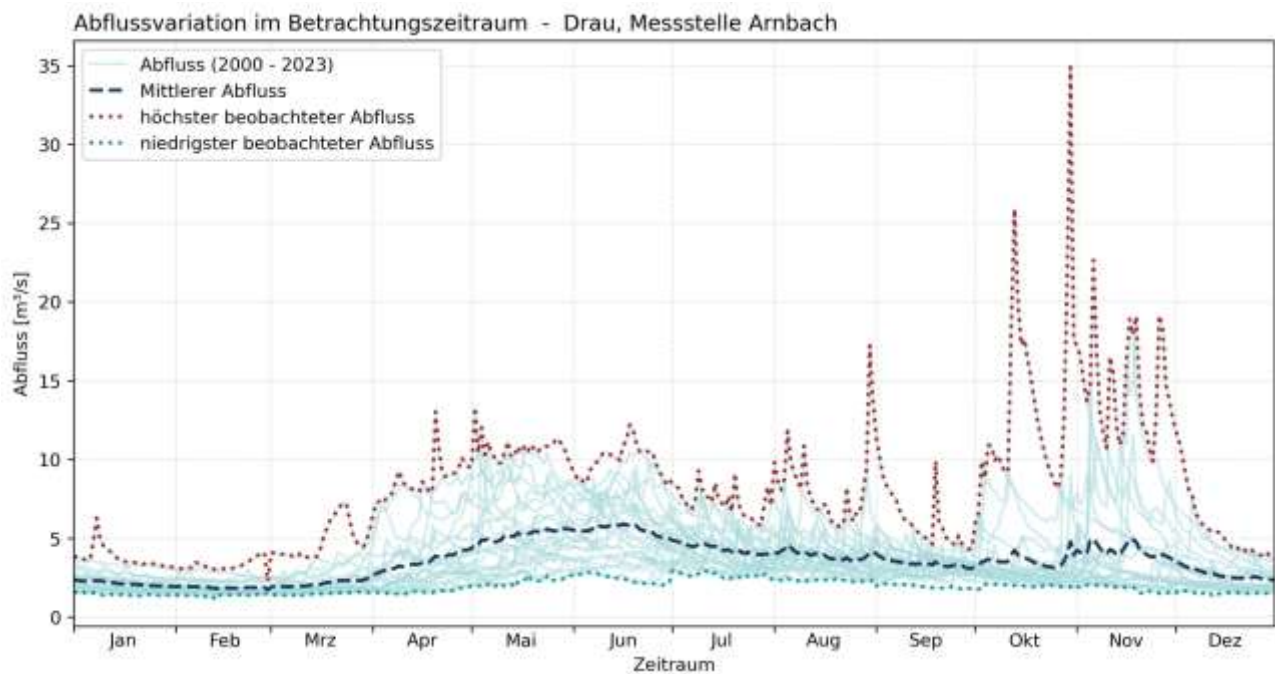


Abb. A 38: Tägliche Abflussvariation der Drau(Messstelle Ambach) im Jahresverlauf.

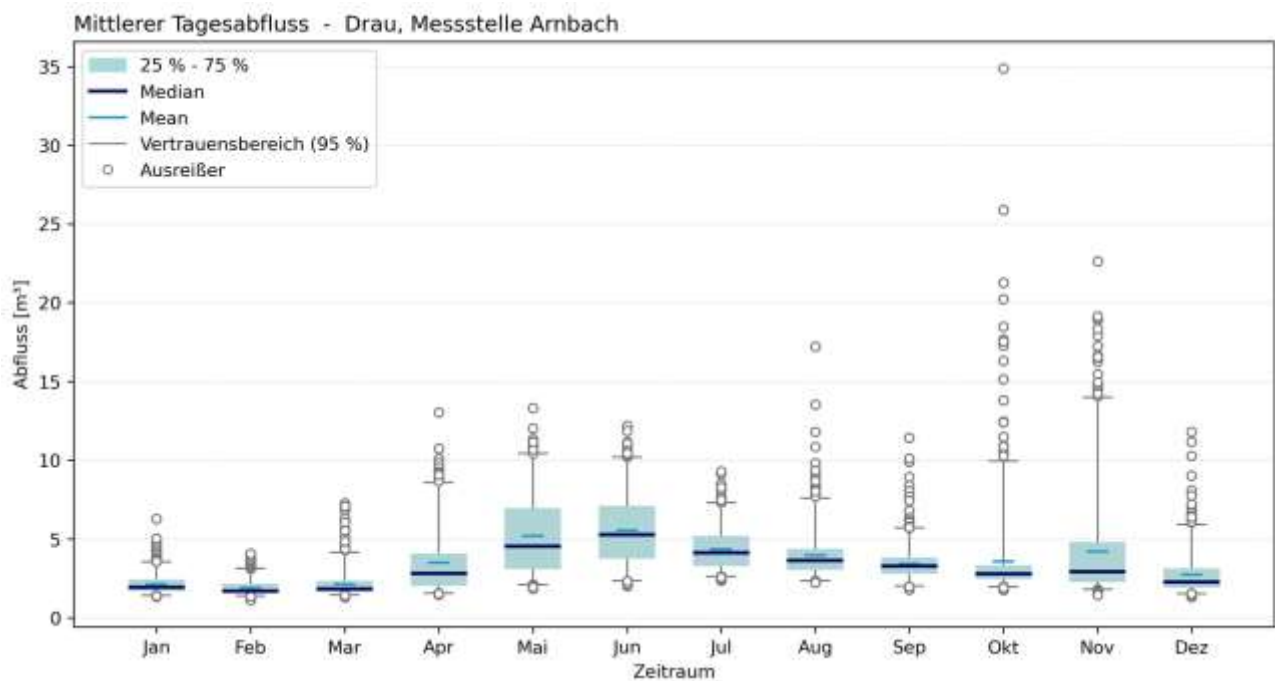


Abb. A 39: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Drau (Messstelle Ambach) als Monatswerte.

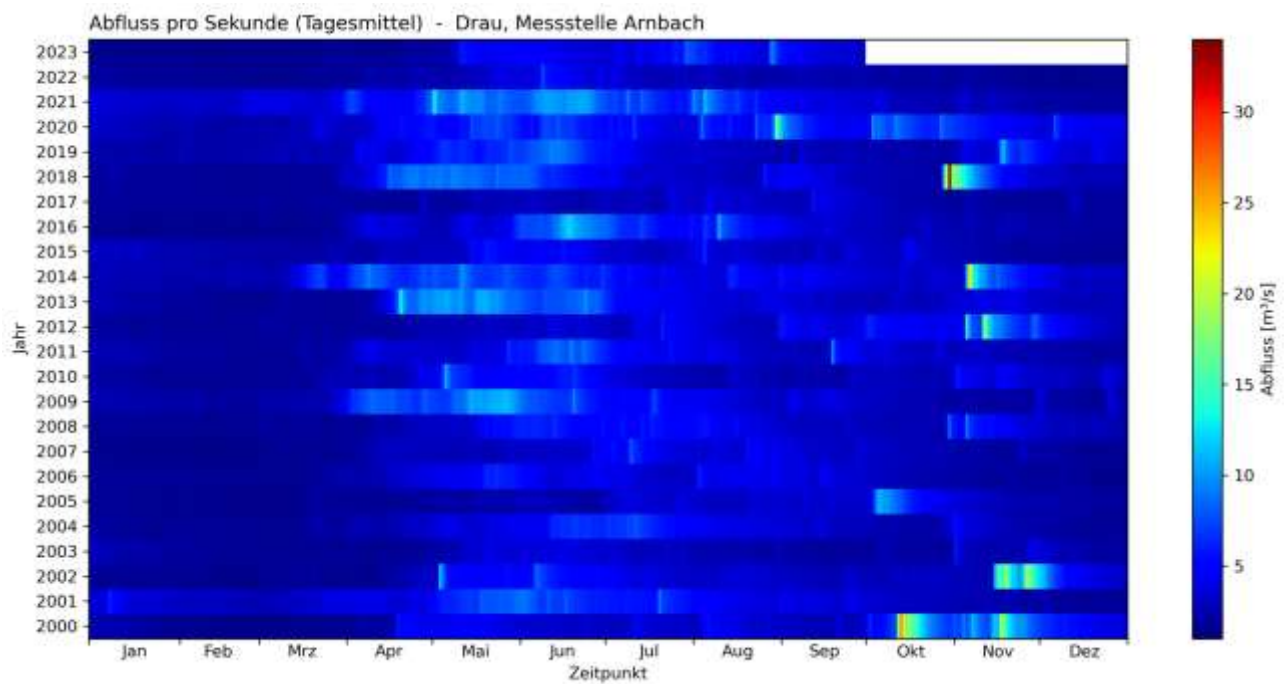


Abb. A 40: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Drau, Messstelle Arnbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

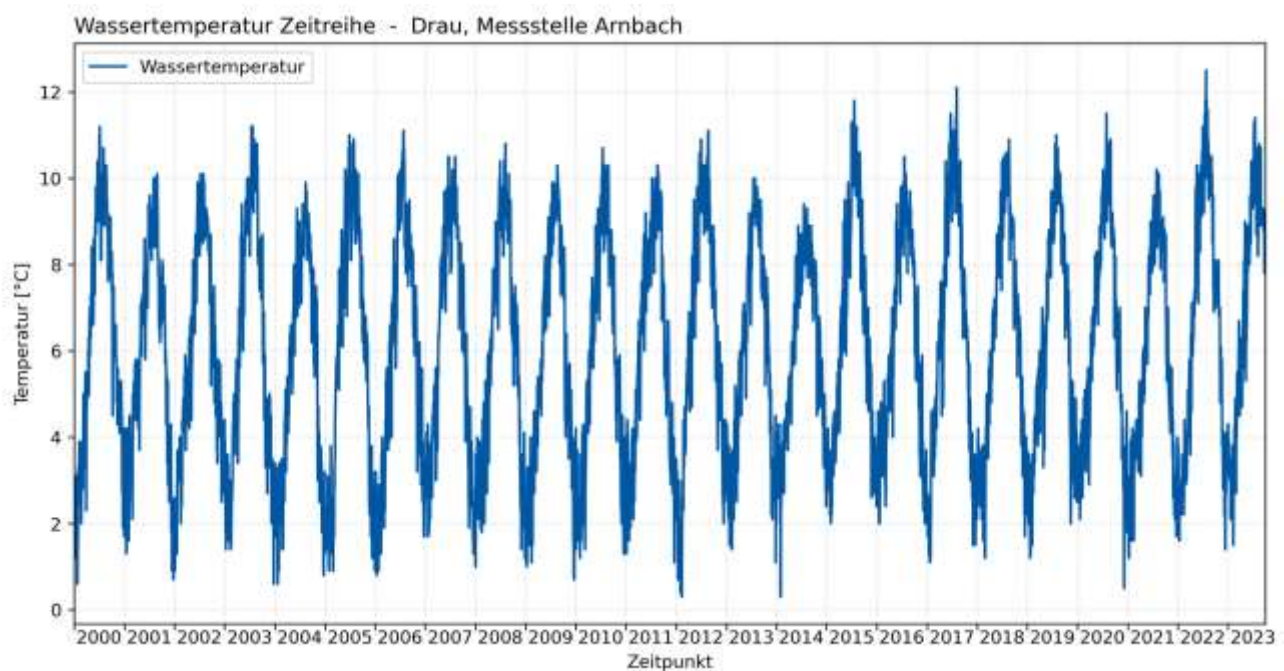


Abb. A 41: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Drau (Messstelle Arnbach) über den verfügbaren Zeitraum.

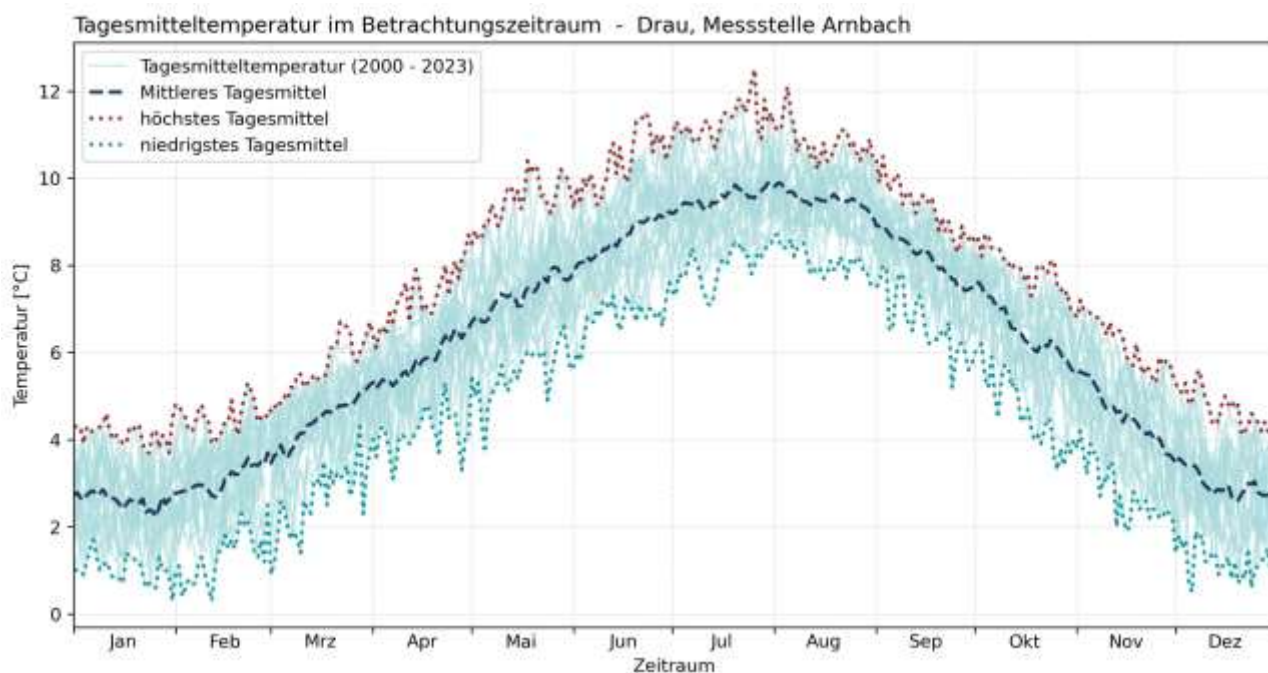


Abb. A 42: Tägliche Temperaturvariation der Drau (Messstelle Arnbach) im Jahresverlauf.

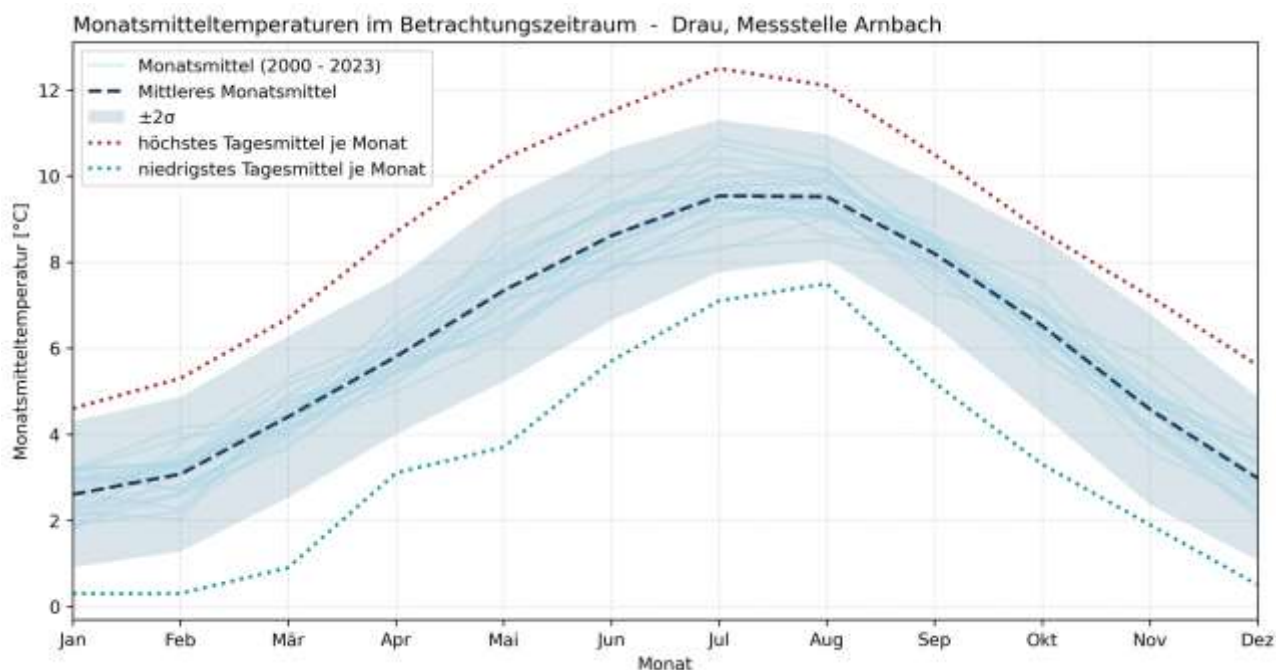


Abb. A 43: Monatsmitteltemperaturen für die Drau, Messstelle Arnbach. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

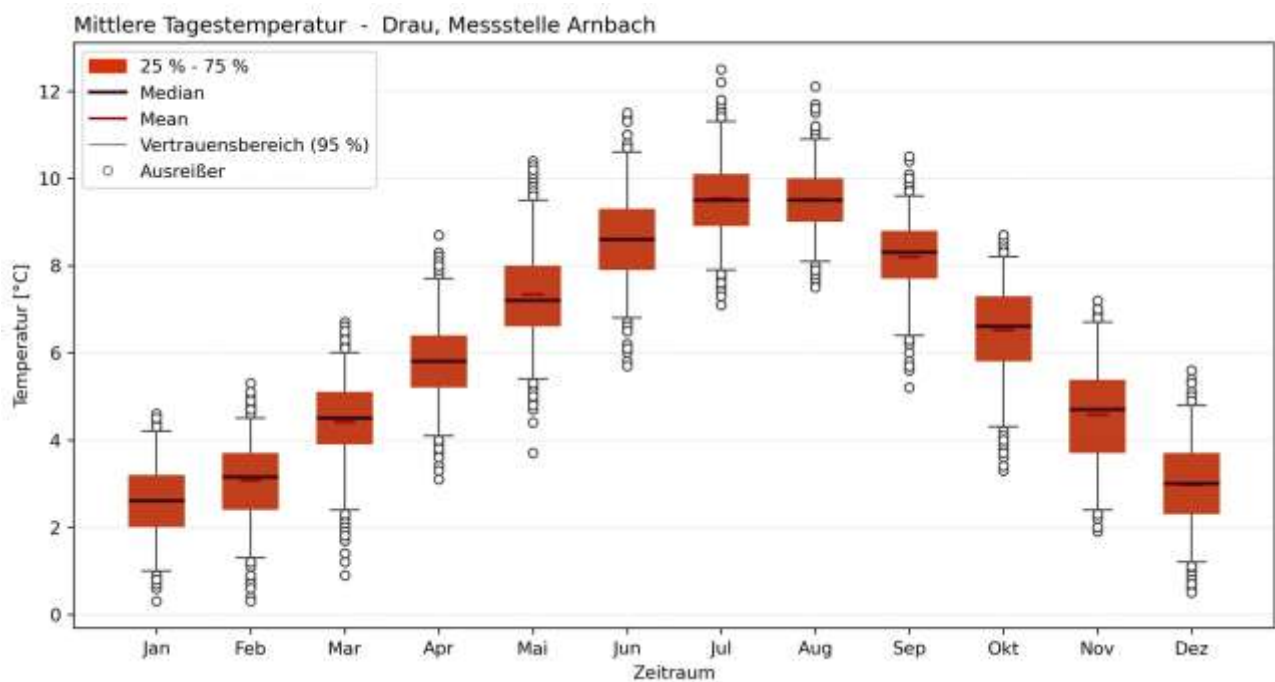


Abb. A 44: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Drau (Messstelle, Arnbach).

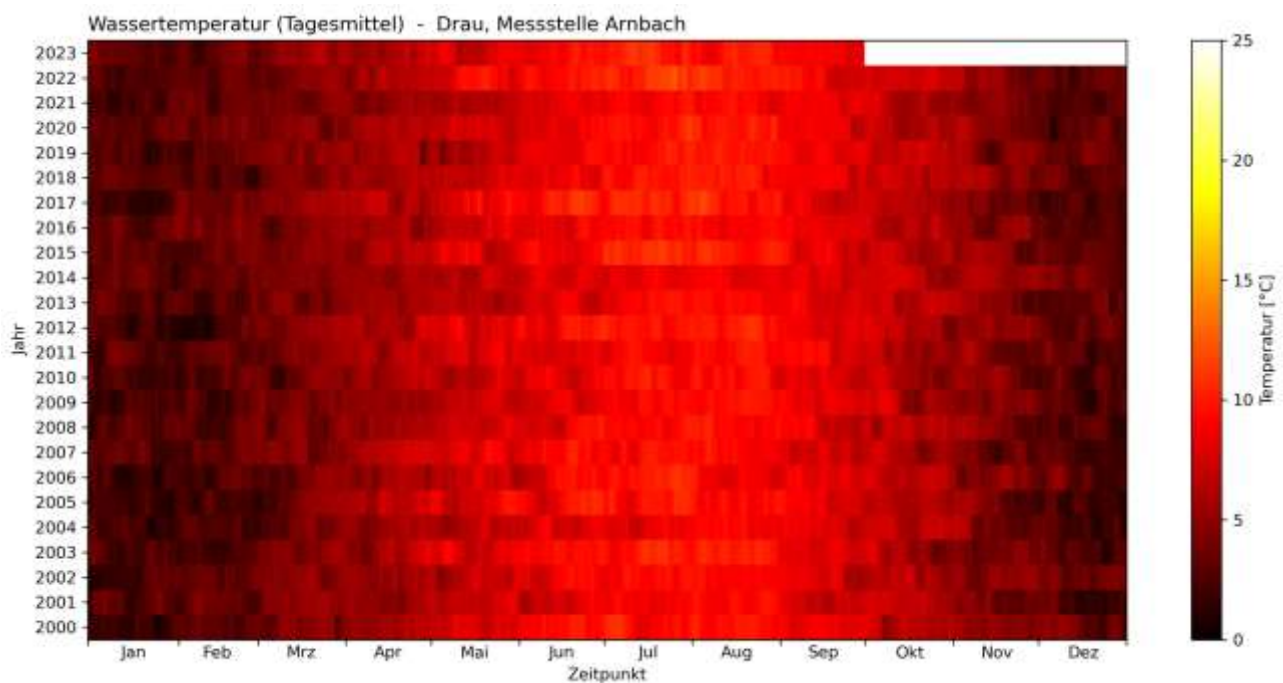


Abb. A 45: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Drau (Messstelle Arnbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

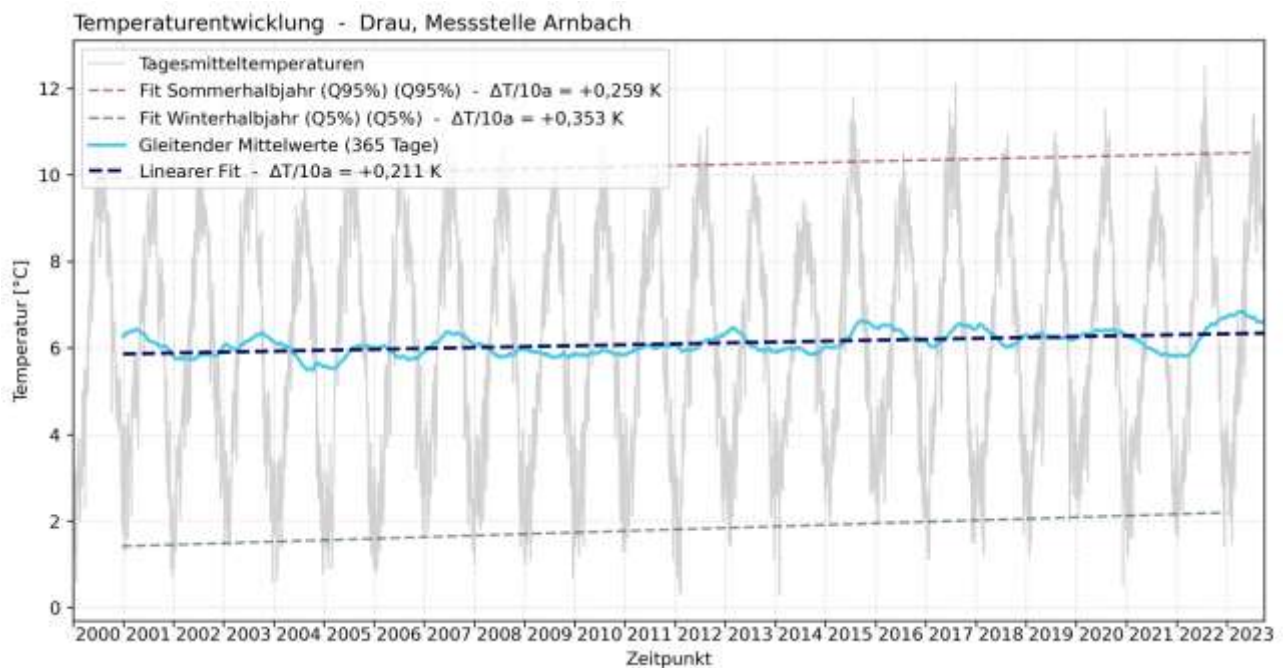


Abb. A 46: Temperaturentwicklung der Drau, Messstelle Arnbach, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.6. Fagge

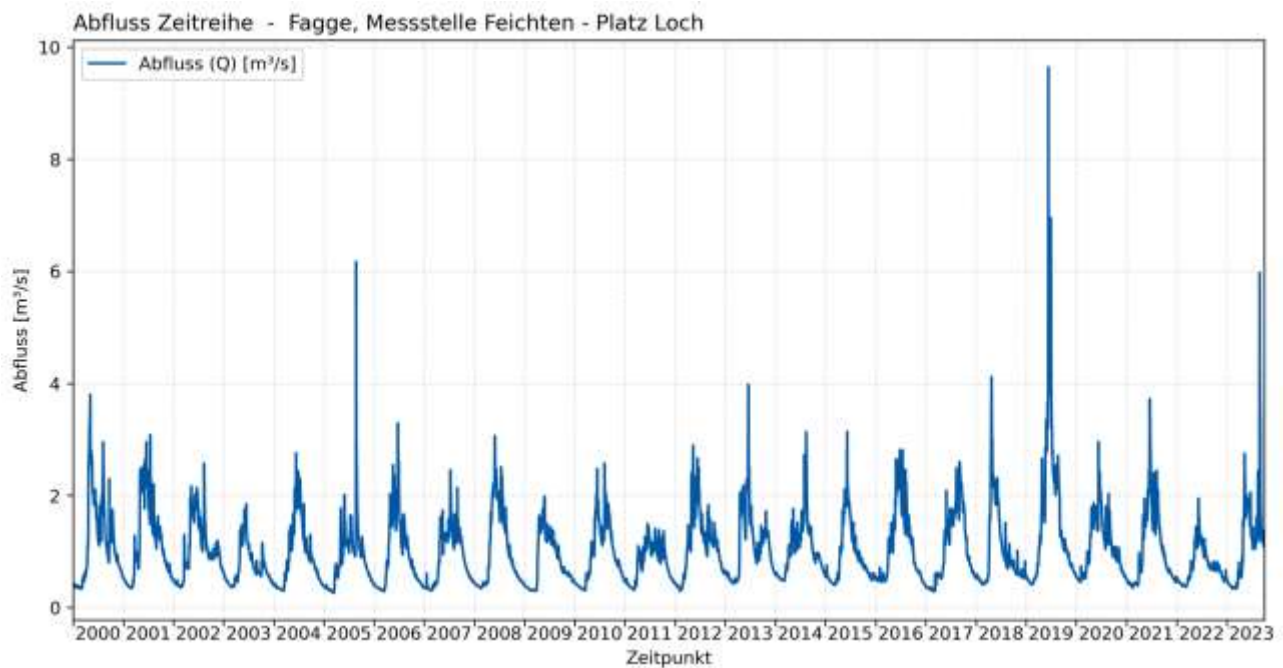


Abb. A 47: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Fagge, Messstelle Feichten Platz Loch über den verfügbaren Zeitraum.

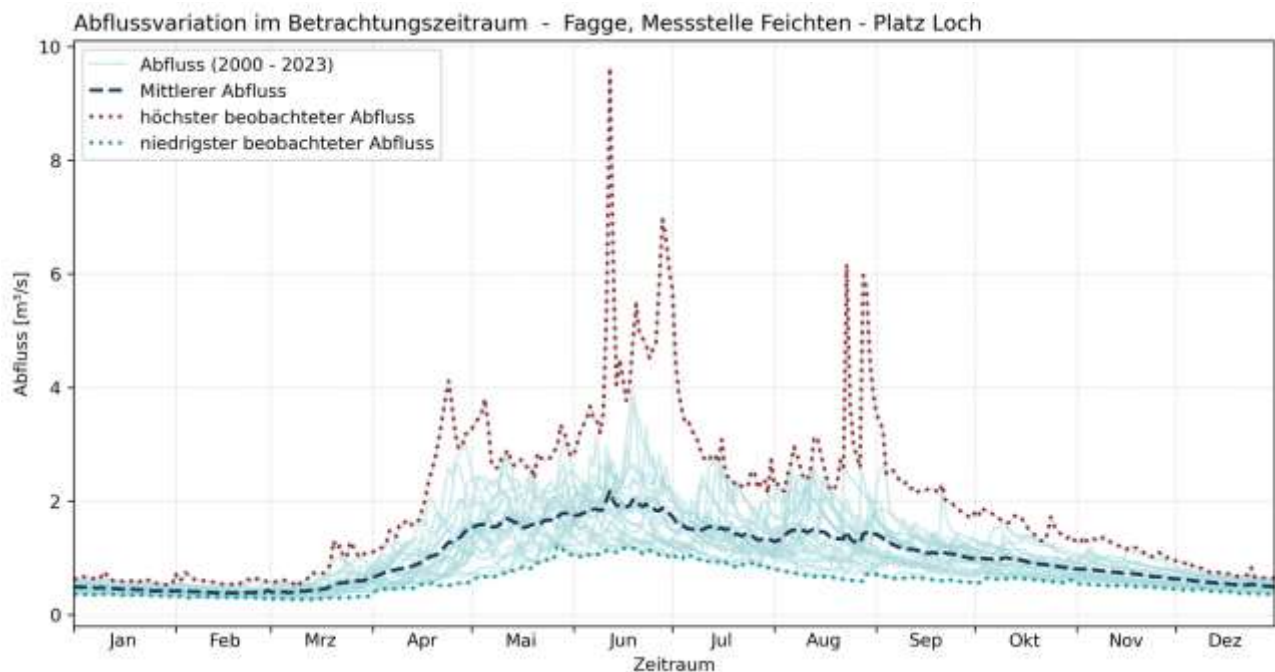


Abb. A 48: Tägliche Abflussvariation der Fagge(Messstelle Feichten Platz Loch) im Jahresverlauf.

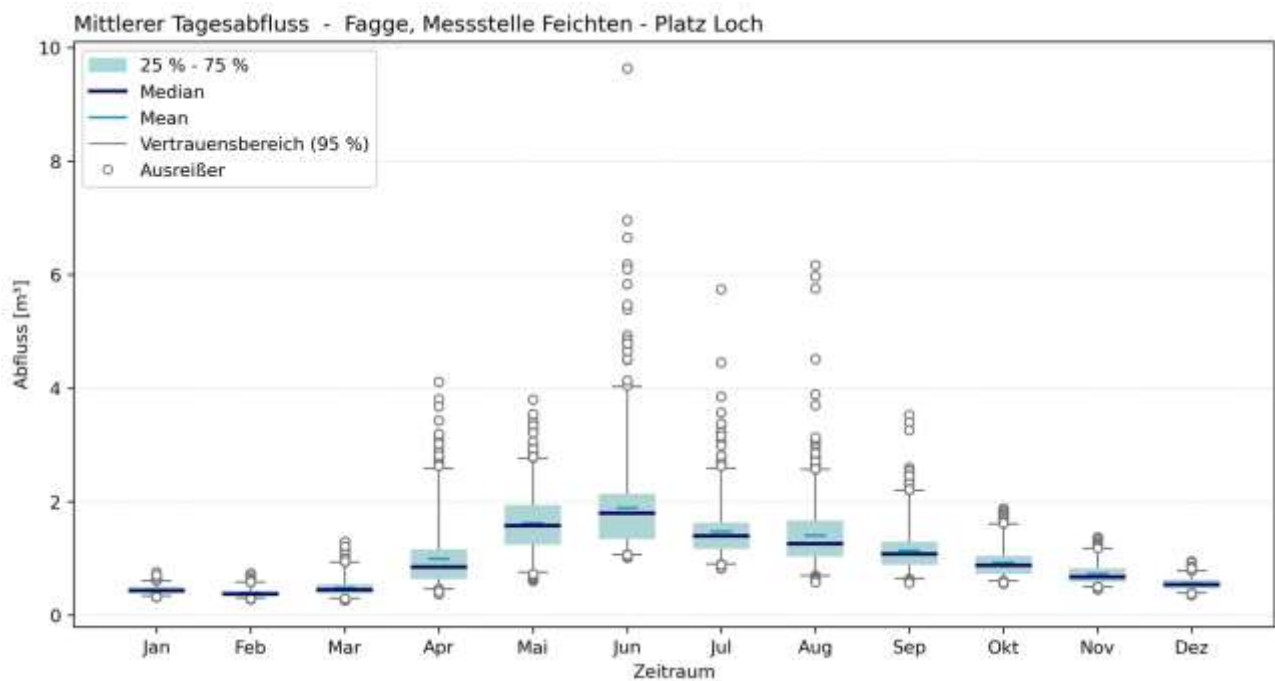


Abb. A 49: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Fagge (Messstelle Feichten Platz Loch) als Monatswerte.

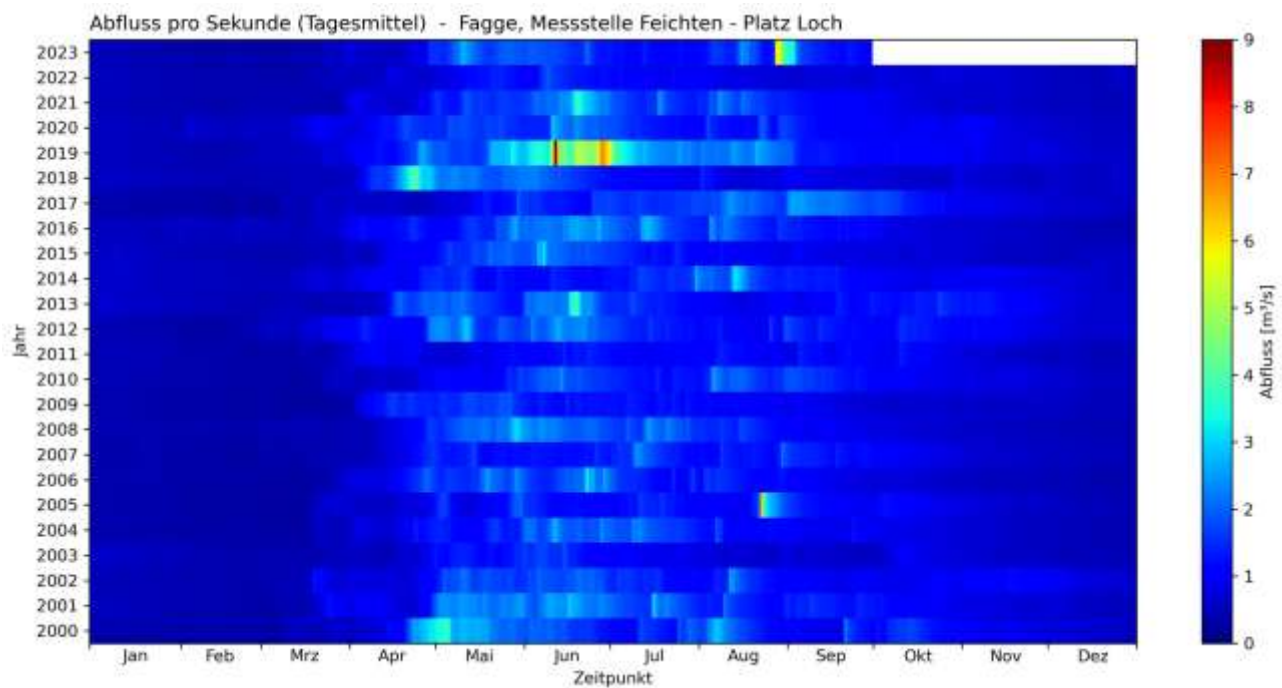


Abb. A 50: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Fagge, Messstelle Feichten Platz Loch). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

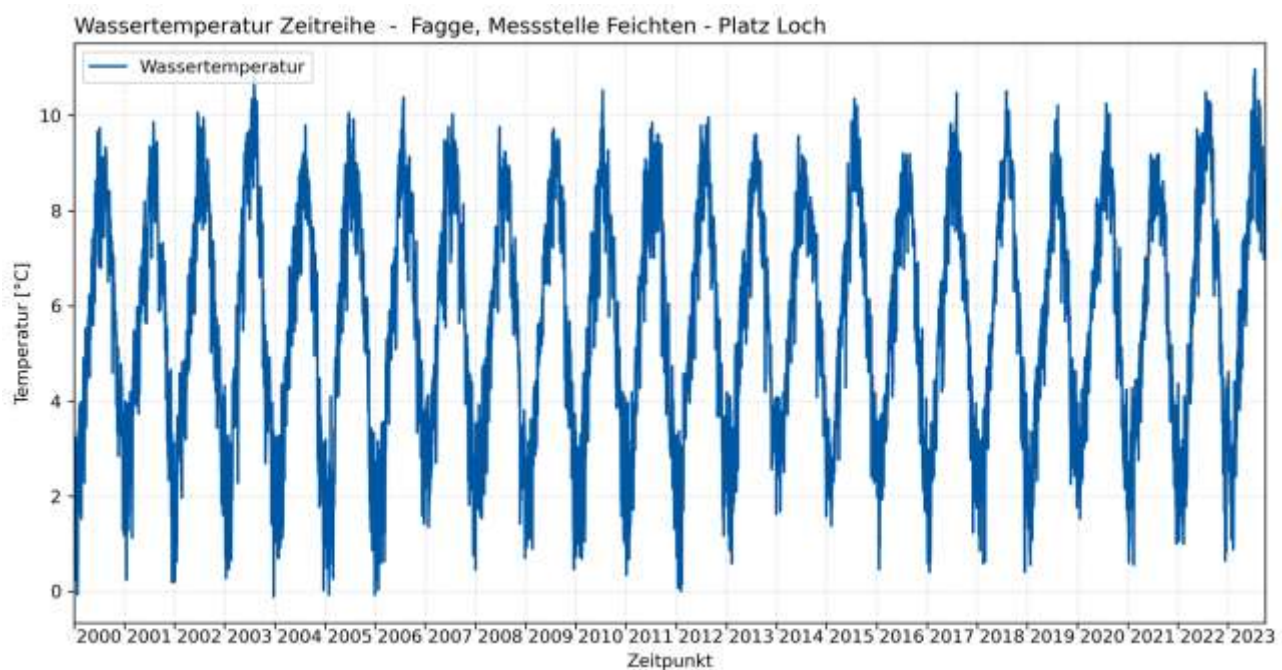


Abb. A 51: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Fagge (Messstelle Feichten Platz Loch) über den verfügbaren Zeitraum.

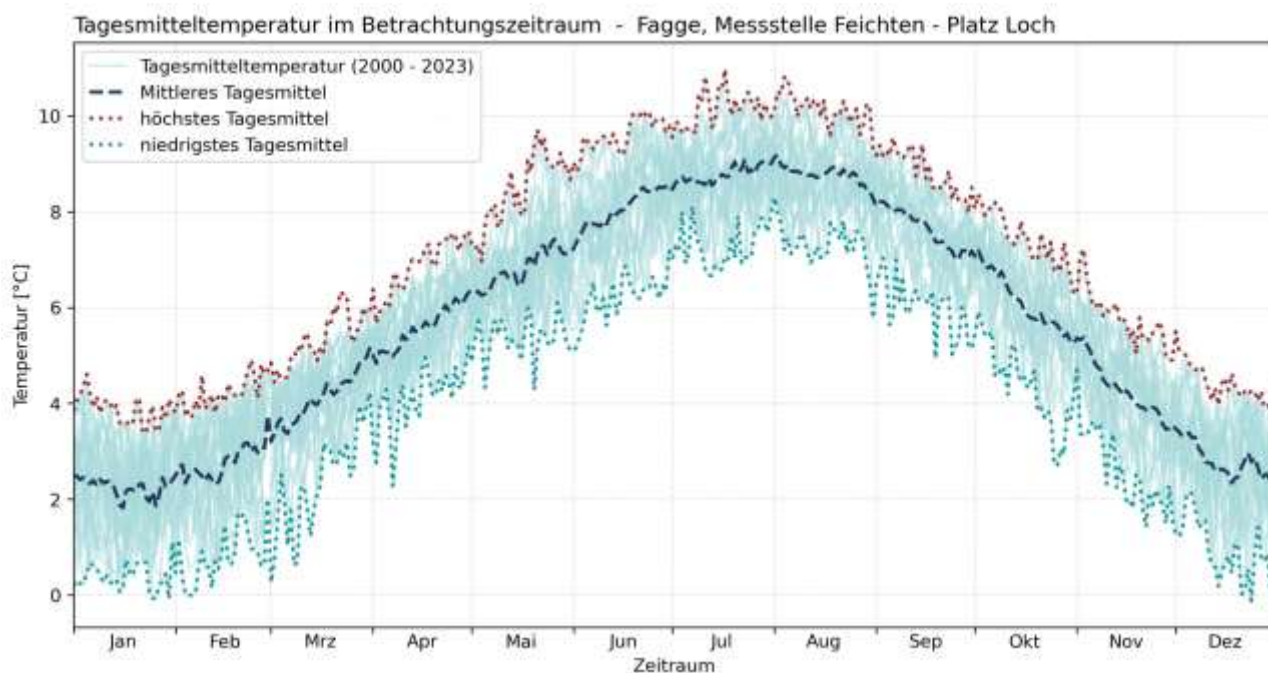


Abb. A 52: Tägliche Temperaturvariation der Fagge (Messstelle Feichten Platz Loch) im Jahresverlauf.

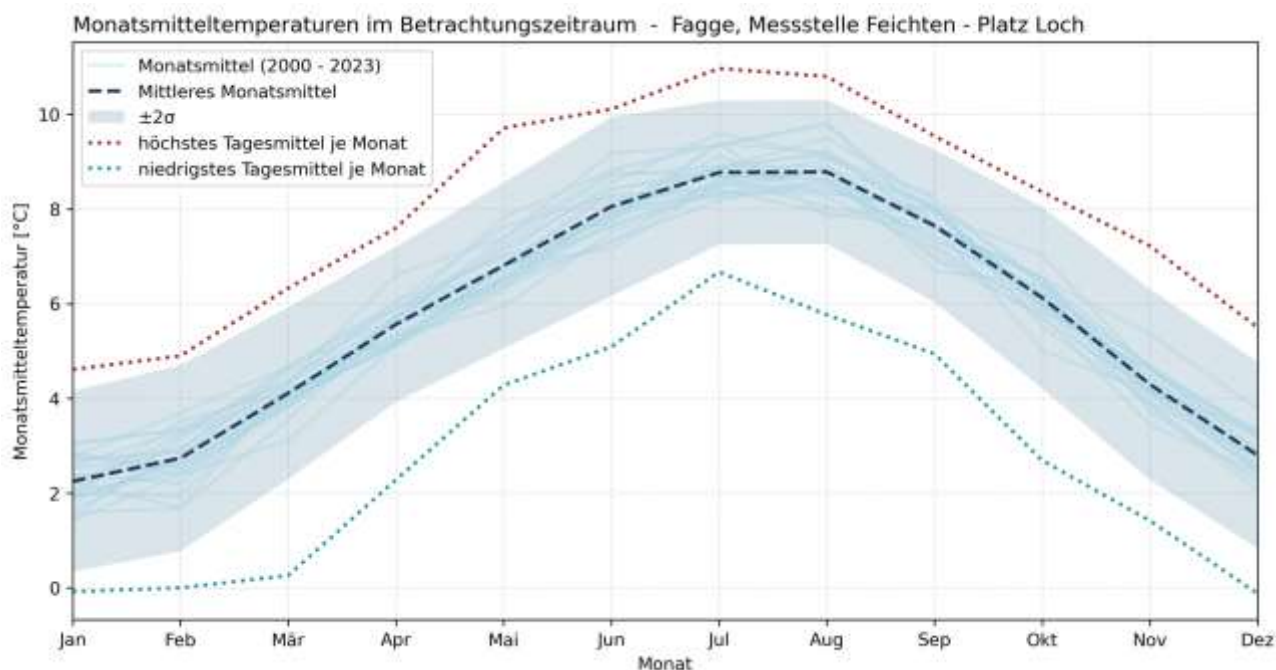


Abb. A 53: Monatsmitteltemperaturen für die Fagge, Messstelle Feichten Platz Loch. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

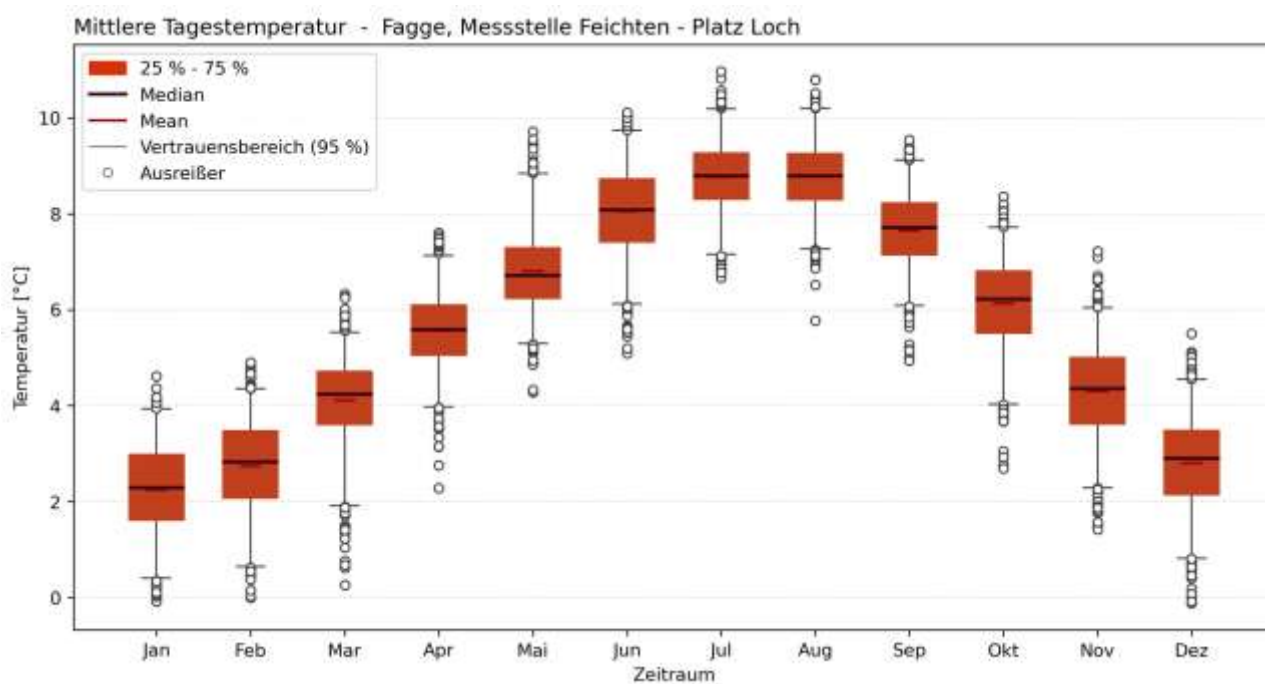


Abb. A 54: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Fagge (Messstelle, Feichten Platz Loch).

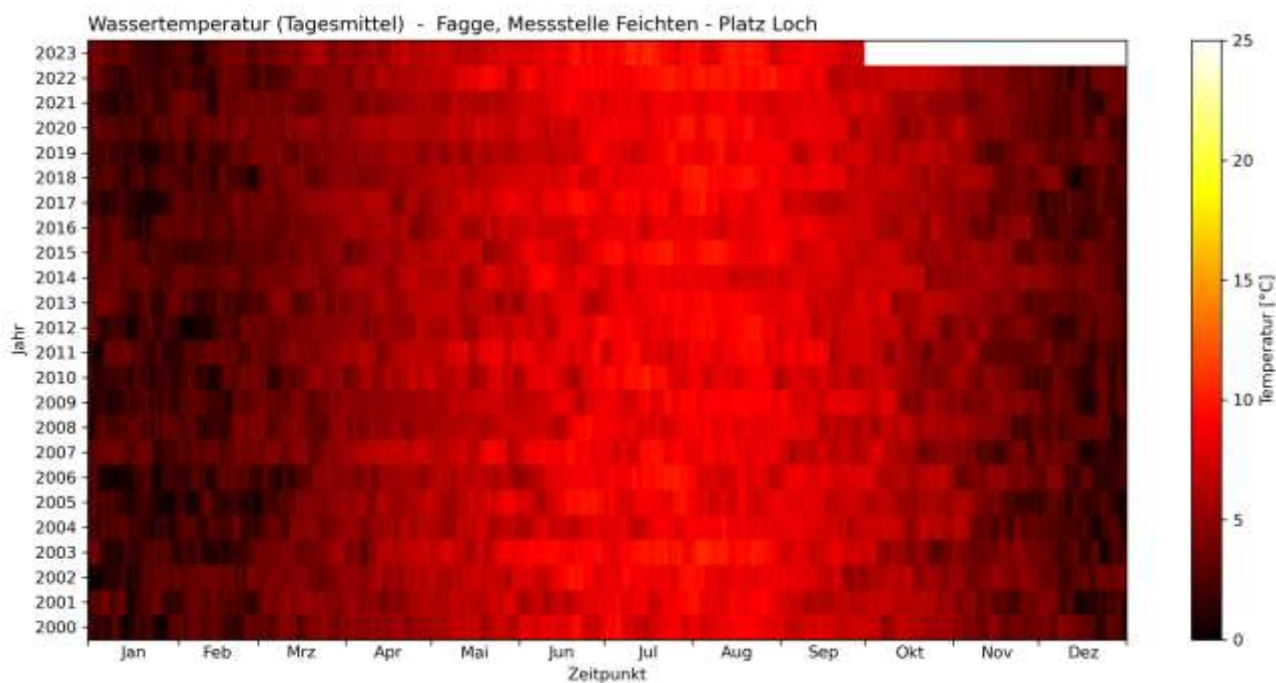


Abb. A 55: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Fagge (Messstelle Feichten Platz Loch). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

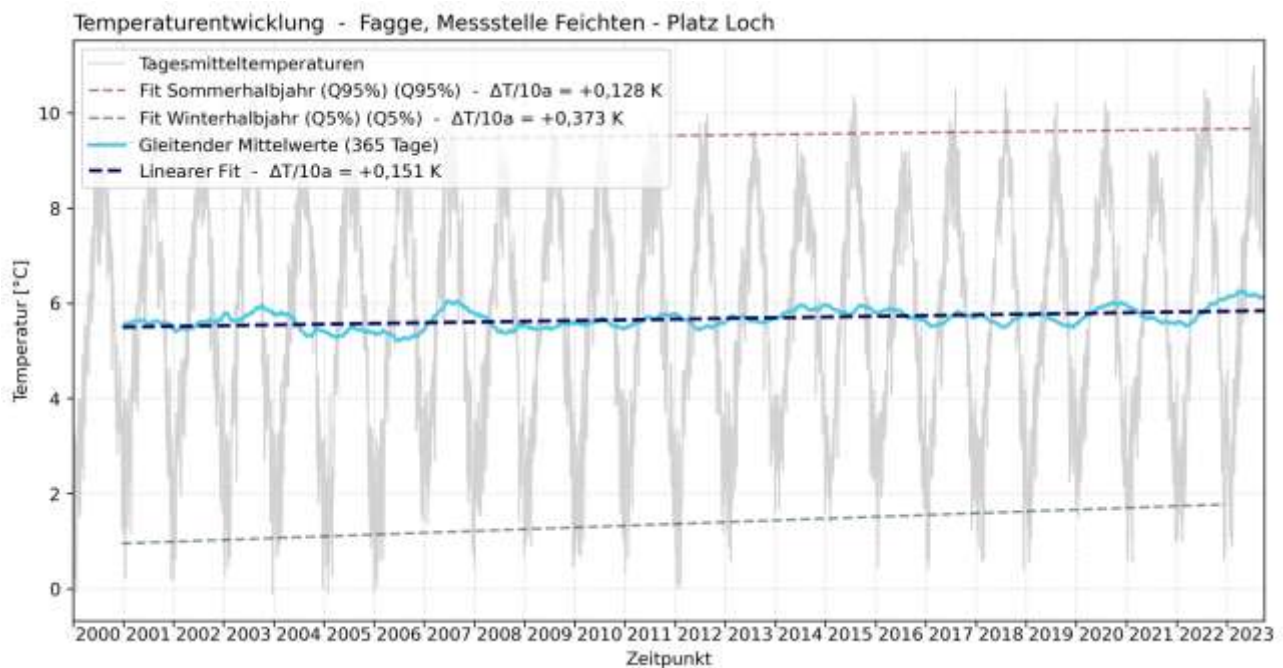


Abb. A 56: Temperaturentwicklung der Fagge, Messstelle Feichten Platz Loch, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.7. Fieberbrunner Ache

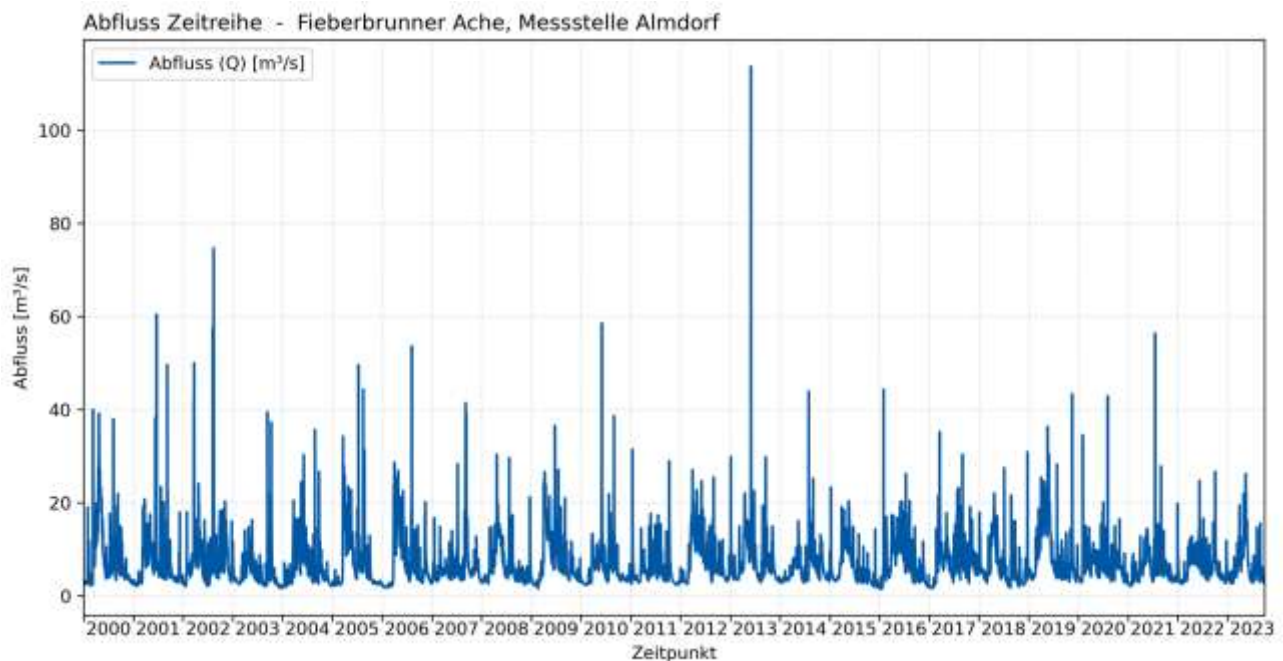


Abb. A 57: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Fieberbrunner Ache, Messstelle Almdorf über den verfügbaren Zeitraum.

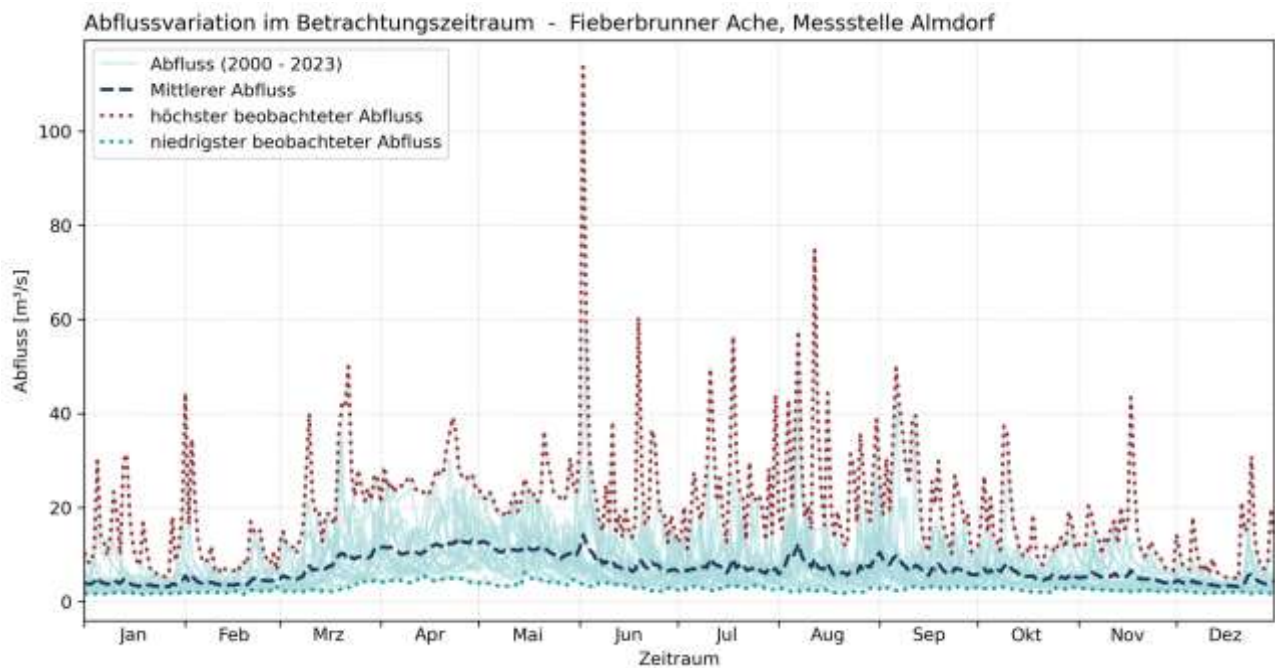


Abb. A 58: Tägliche Abflussvariation der Fieberbrunner Ache(Messstelle Almdorf) im Jahresverlauf.

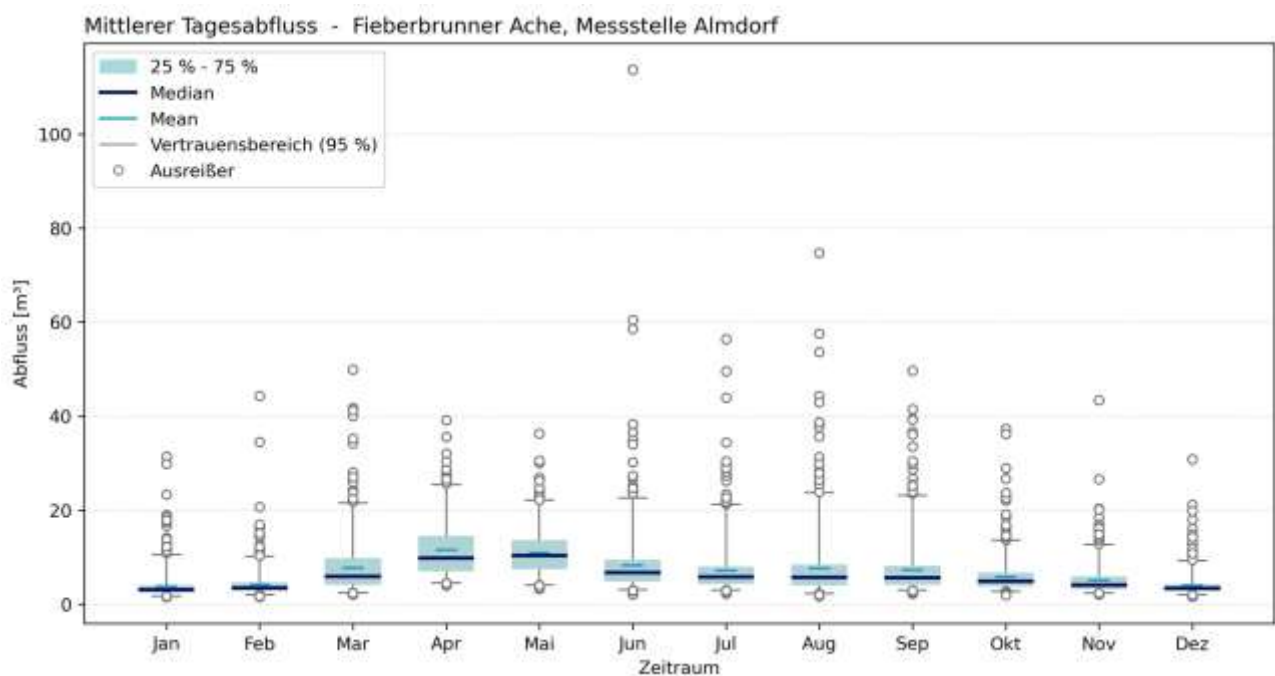


Abb. A 59: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Fieberbrunner Ache (Messstelle Almdorf) als Monatswerte.

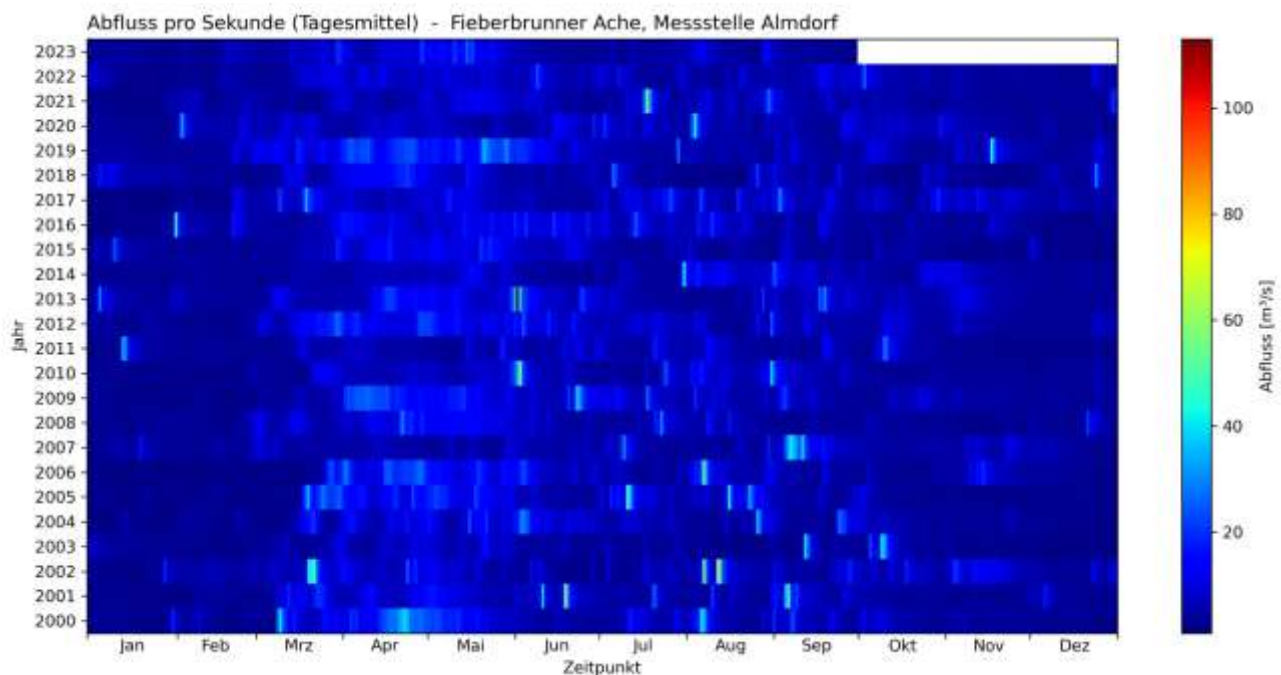


Abb. A 60: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Fieberbrunner Ache, Messstelle Almdorf). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

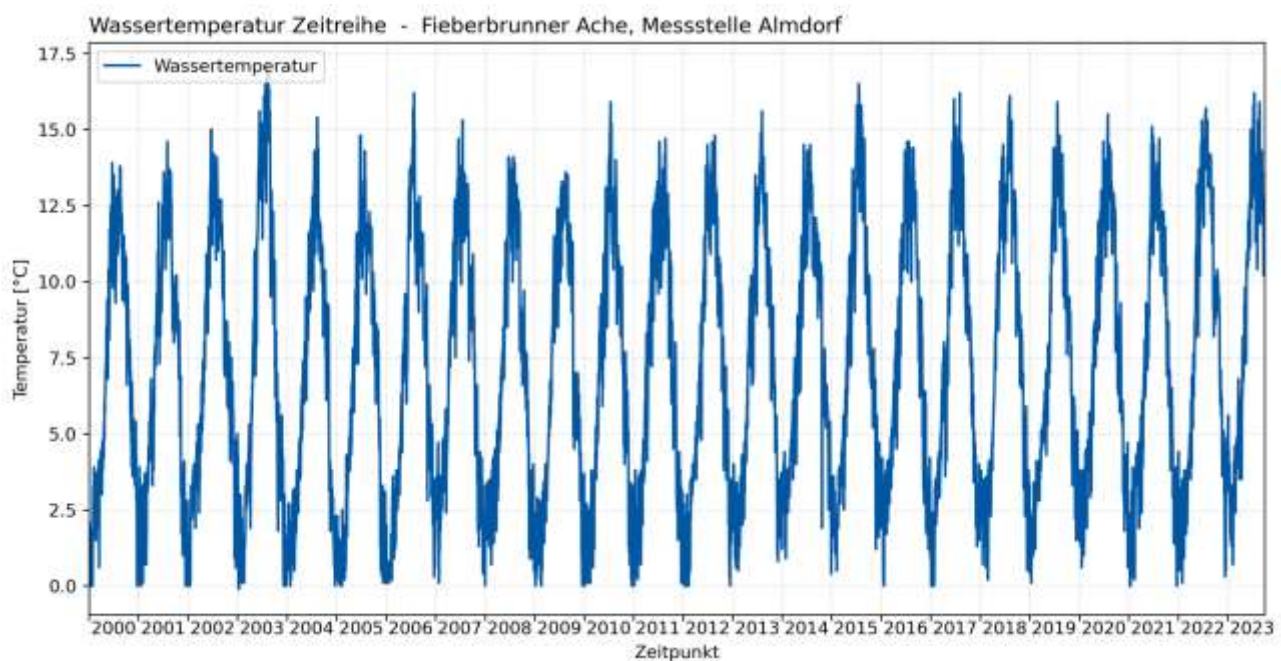


Abb. A 61: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Fieberbrunner Ache (Messstelle Almdorf) über den verfügbaren Zeitraum.

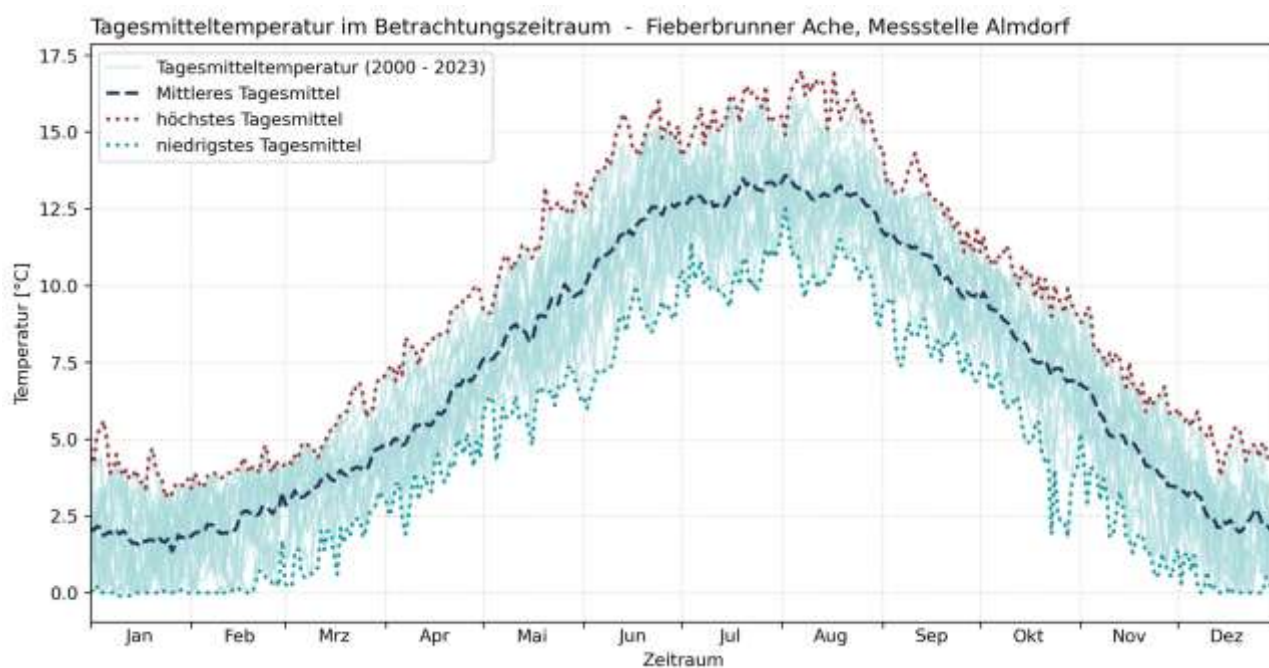


Abb. A 62: Tägliche Temperaturvariation der Fieberbrunner Ache (Messstelle Almdorf) im Jahresverlauf.

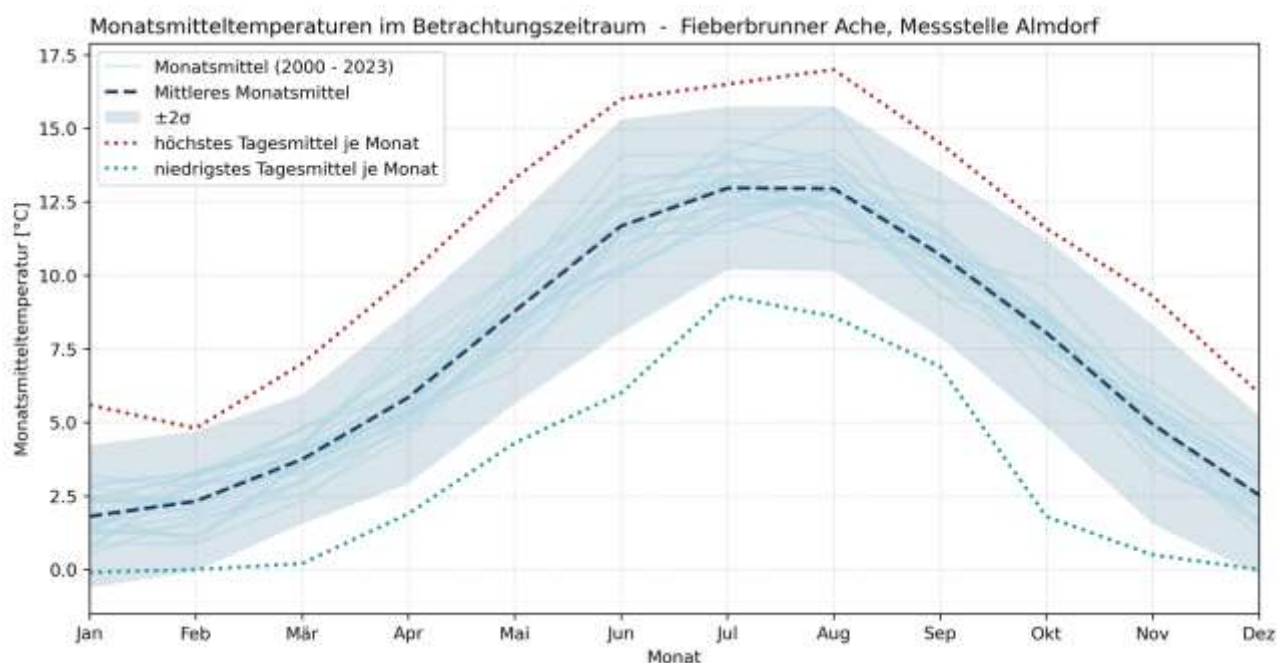


Abb. A 63: Monatsmitteltemperaturen für die Fieberbrunner Ache, Messstelle Almdorf. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

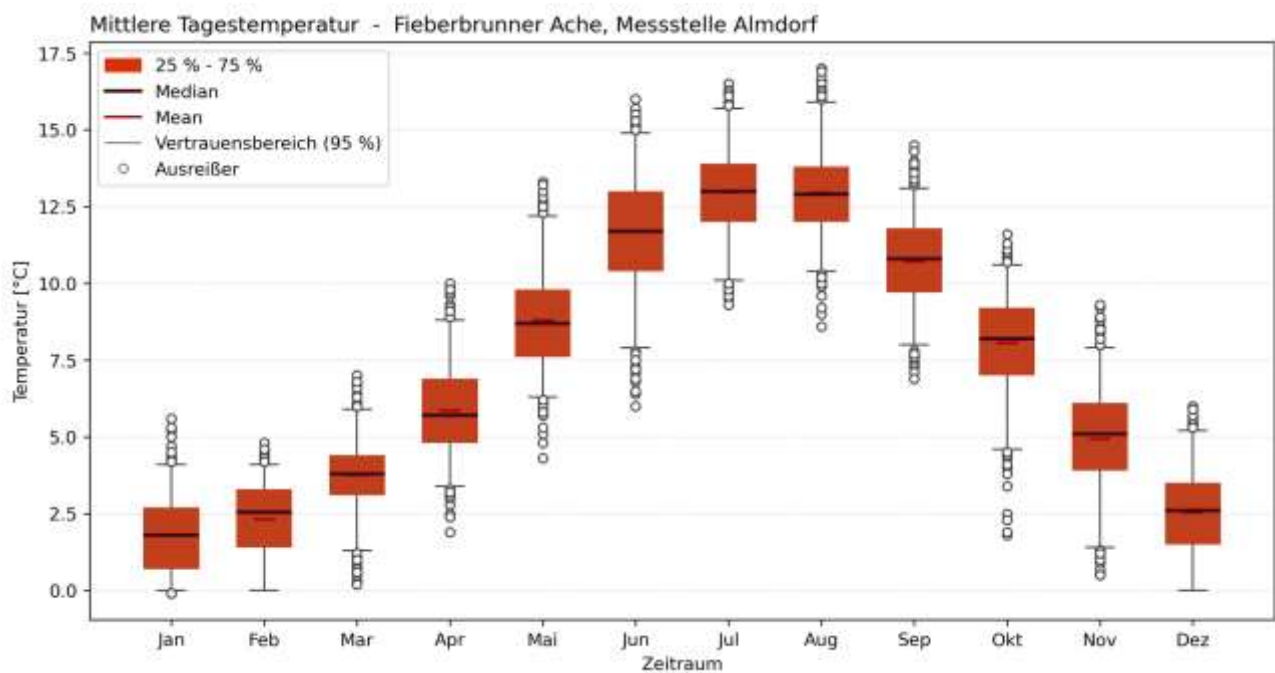


Abb. A 64: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Fieberbrunner Ache (Messstelle, Almdorf).

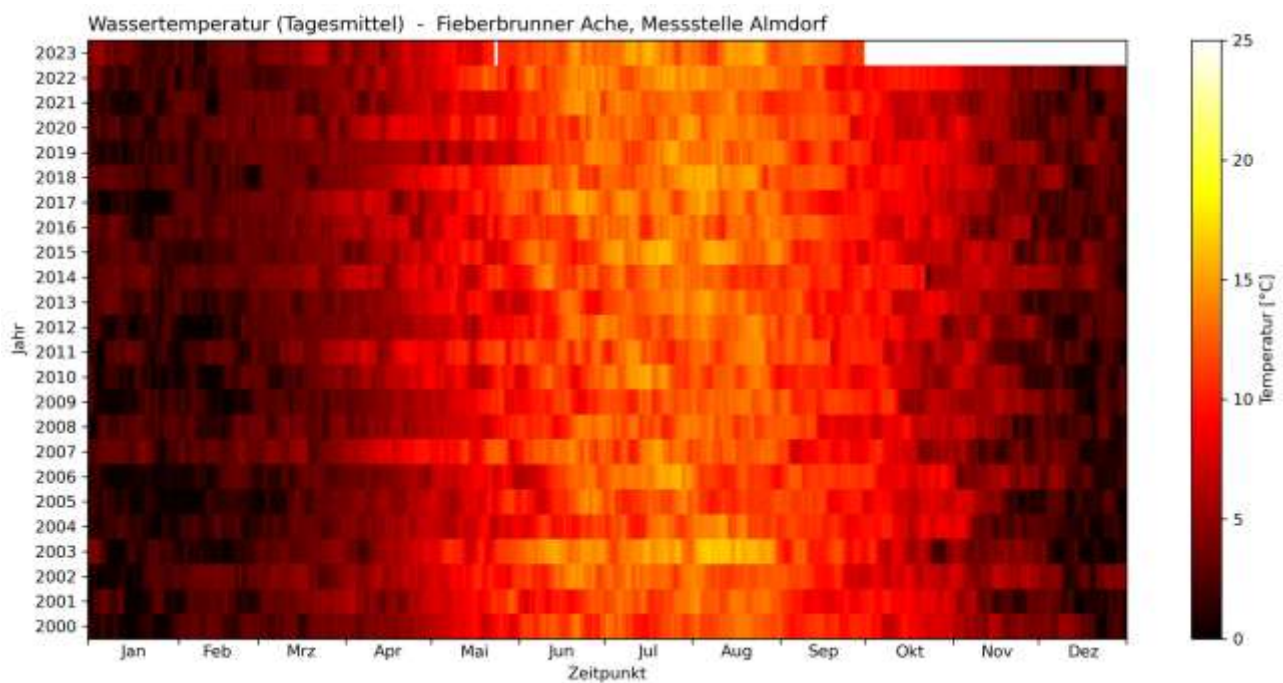


Abb. A 65: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Fieberbrunner Ache (Messstelle Almdorf). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

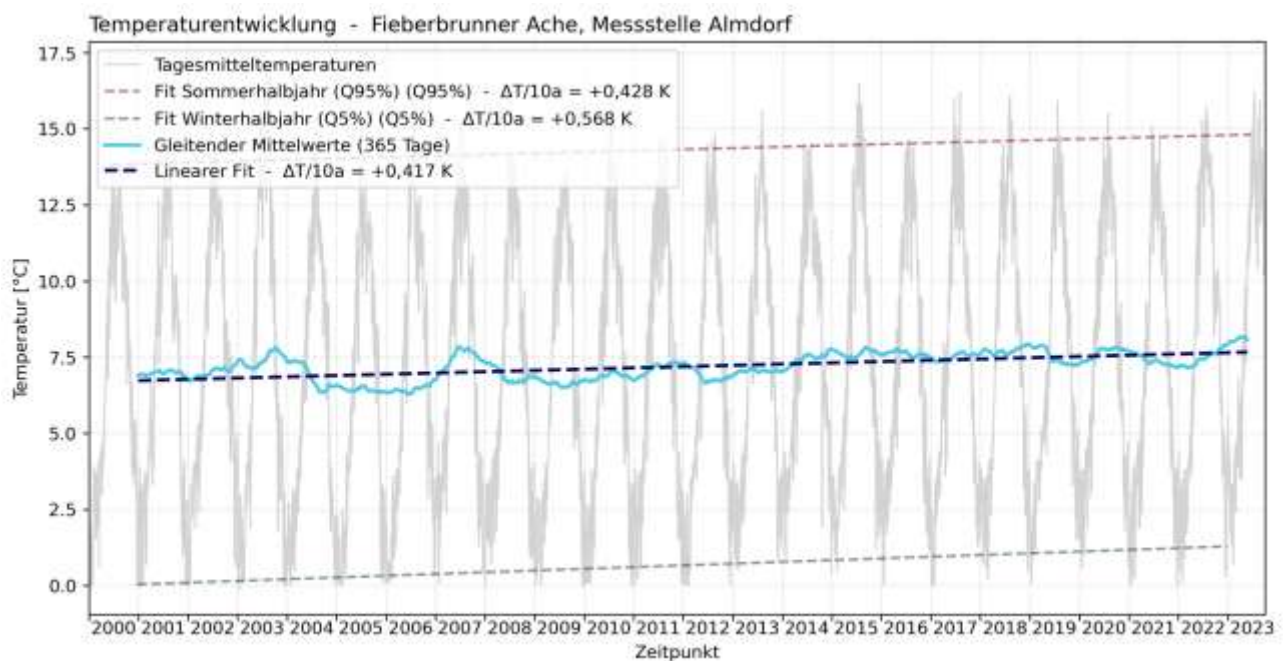


Abb. A 66: Temperaturentwicklung der Fieberbrunner Ache, Messstelle Almdorf, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.8. Gießenbach

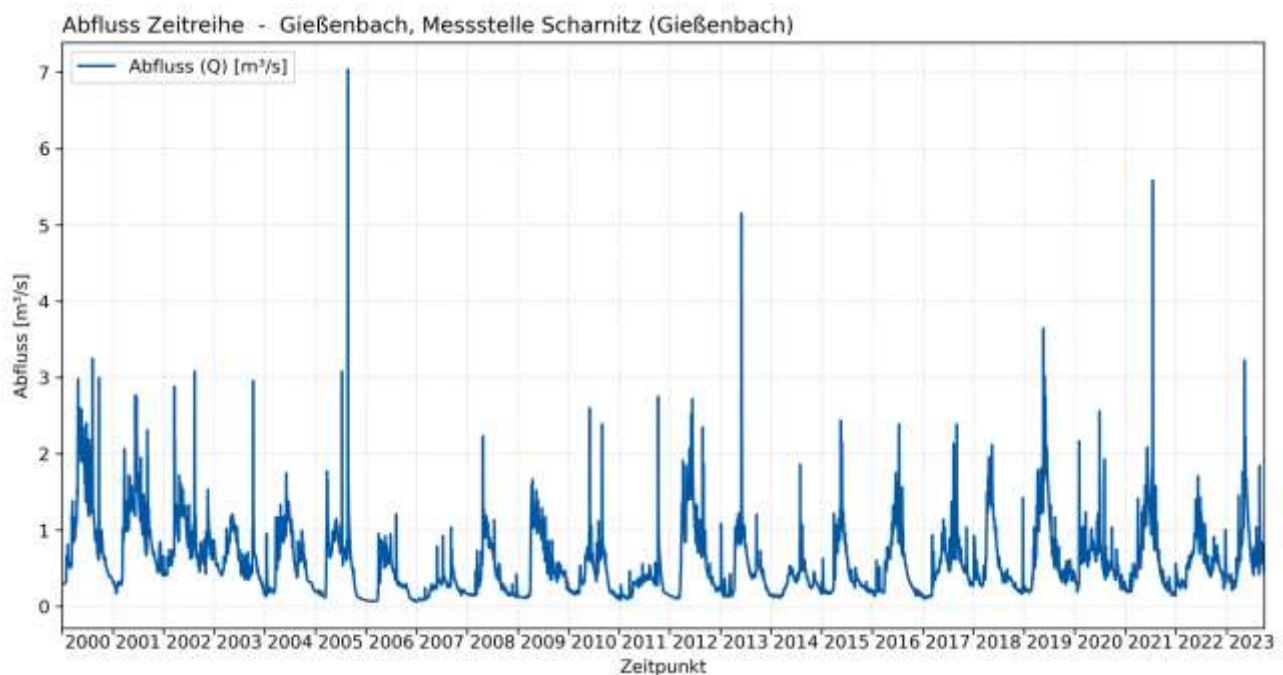


Abb. A 67: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Gießenbach, Messstelle Scharnitz Gießenbach über den verfügbaren Zeitraum.

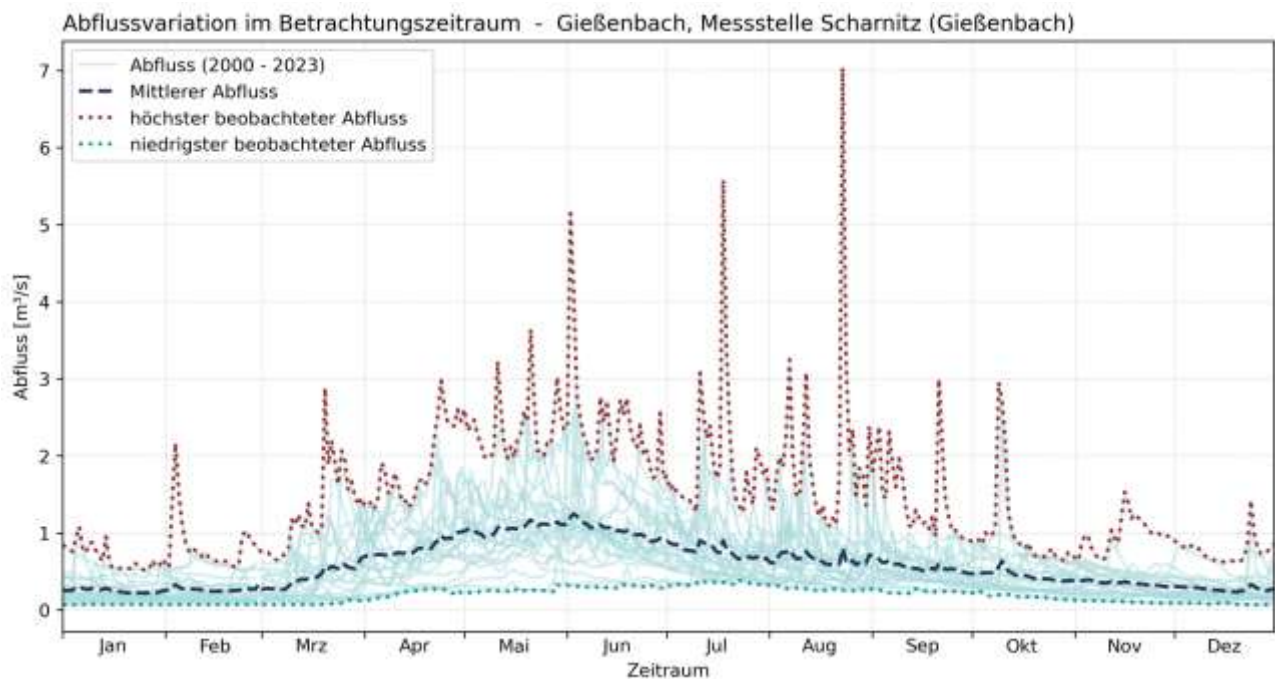


Abb. A 68: Tägliche Abflussvariation des Gießenbach(Messstelle Scharnitz Gießenbach) im Jahresverlauf.

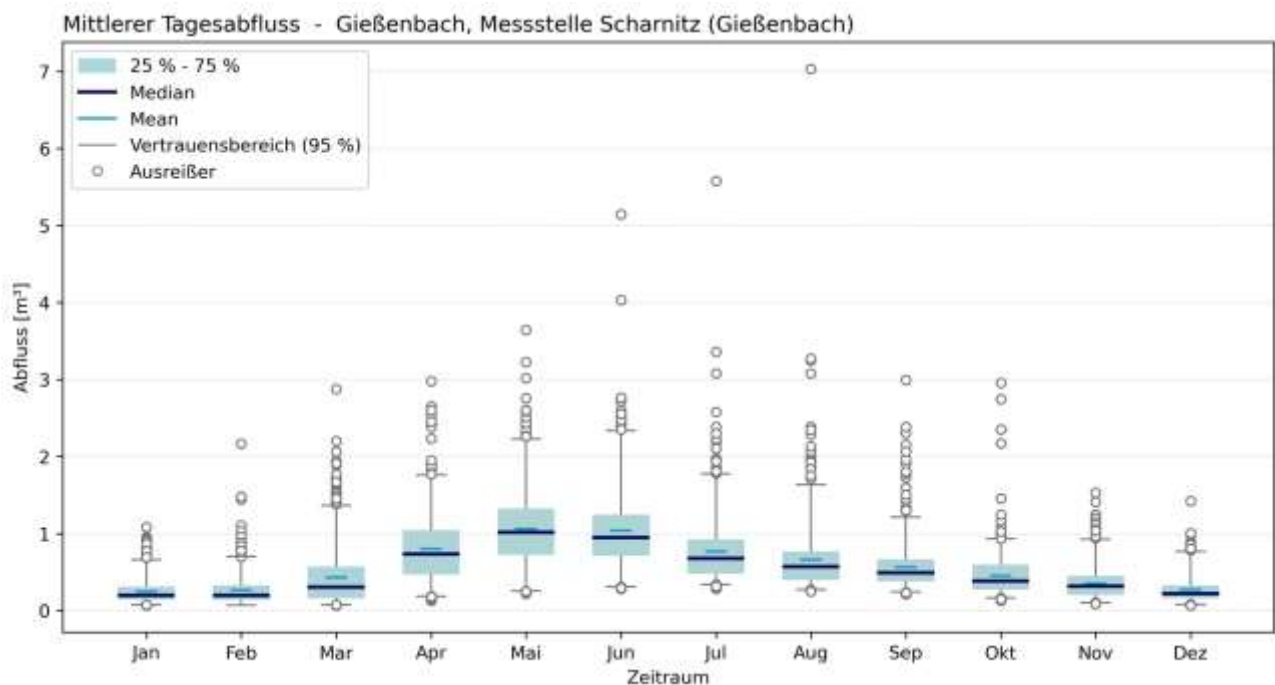


Abb. A 69: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Gießenbach (Messstelle Scharnitz Gießenbach) als Monatswerte.

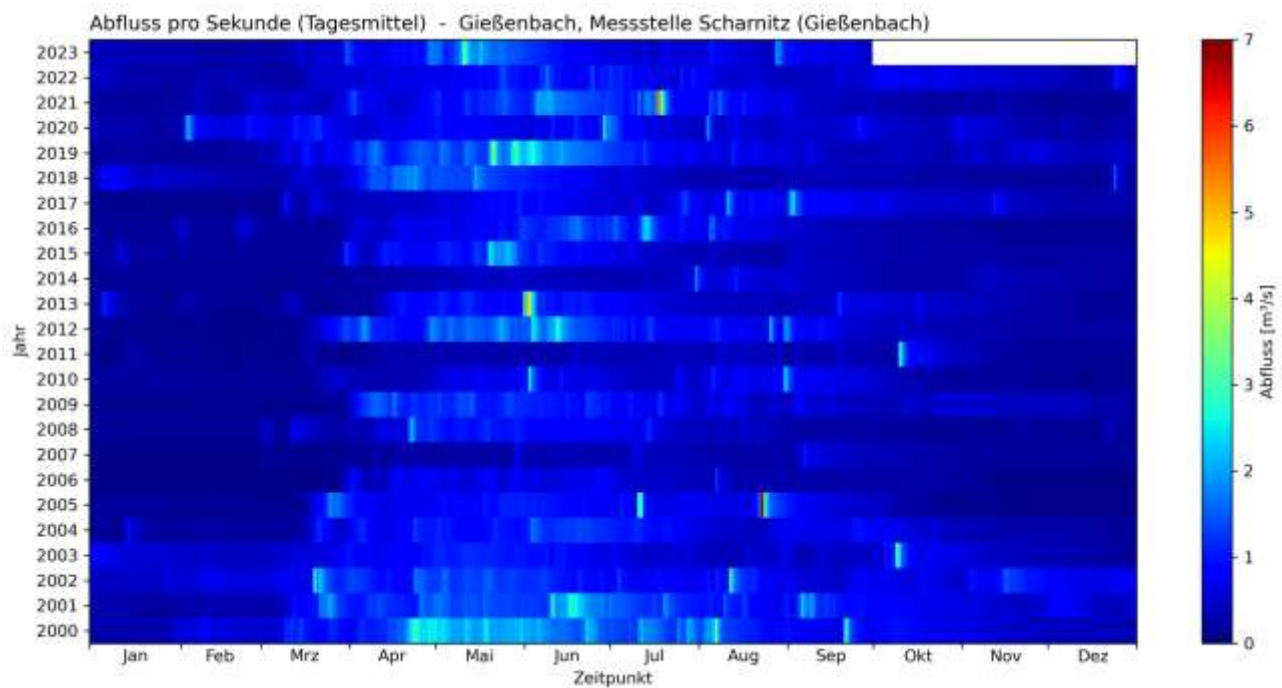


Abb. A 70: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Gießenbach, Messstelle Scharnitz Gießenbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

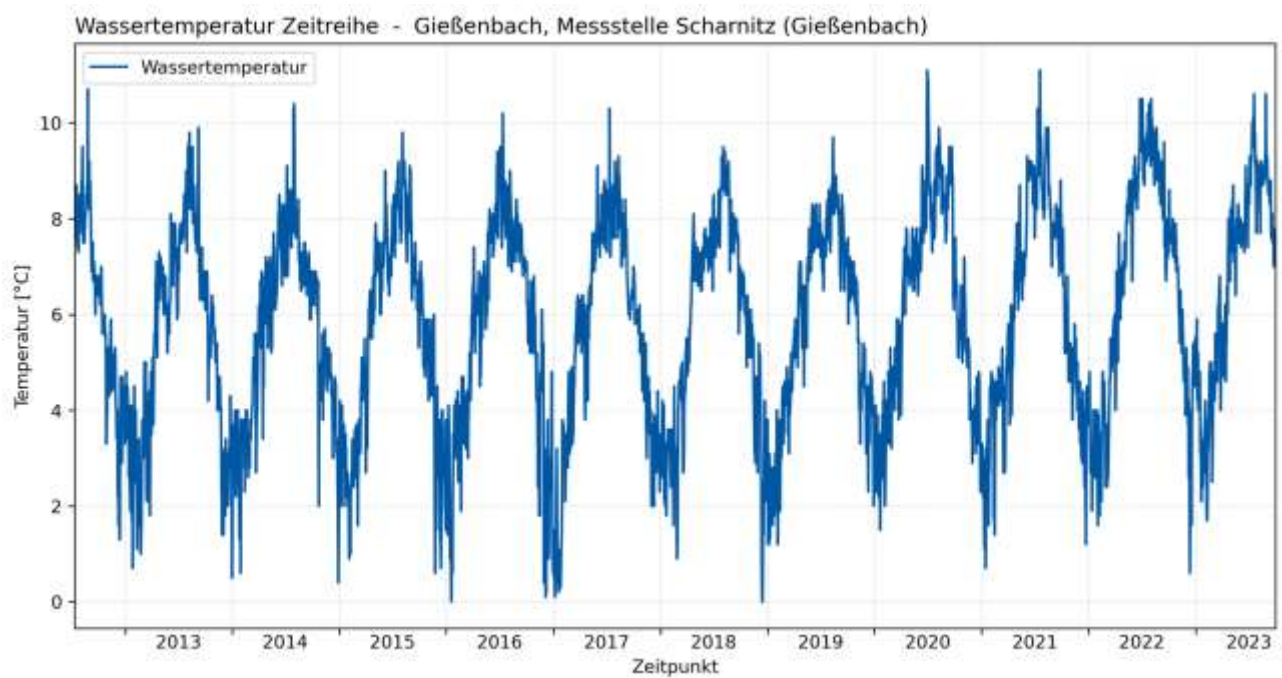


Abb. A 71: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Gießenbach (Messstelle Scharnitz Gießenbach) über den verfügbaren Zeitraum.

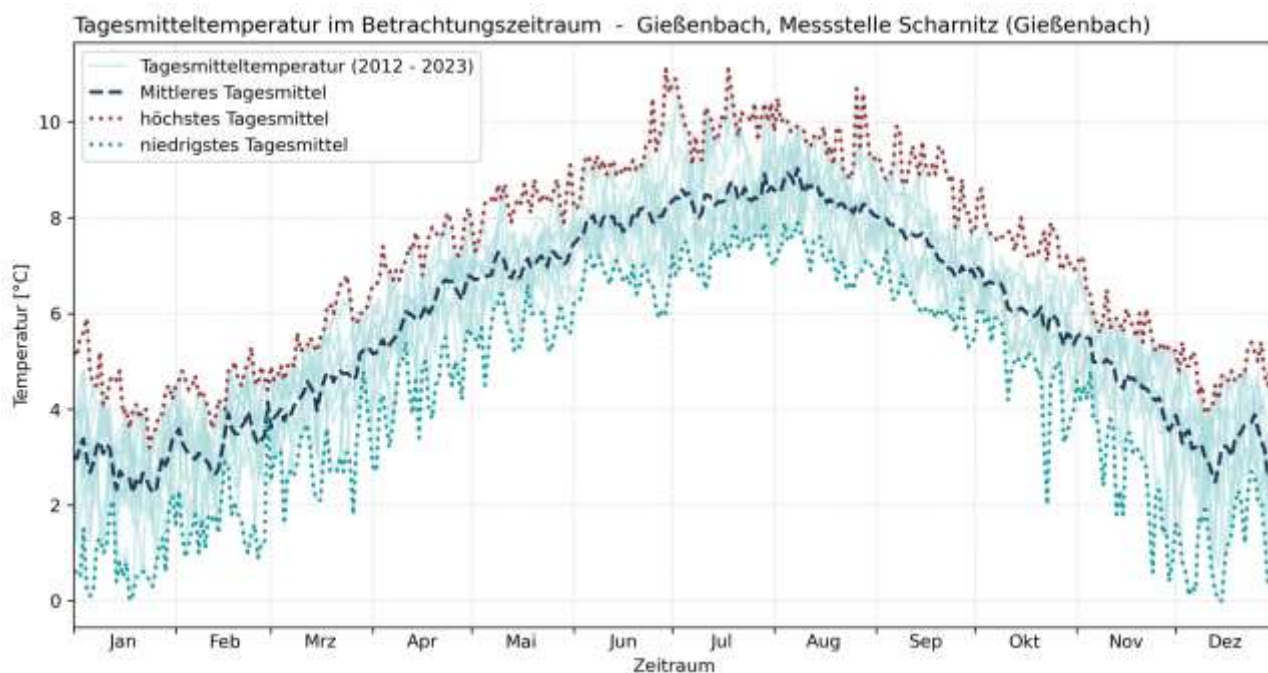


Abb. A 72: Tägliche Temperaturvariation des Gießenbach (Messstelle Scharnitz Gießenbach) im Jahresverlauf.

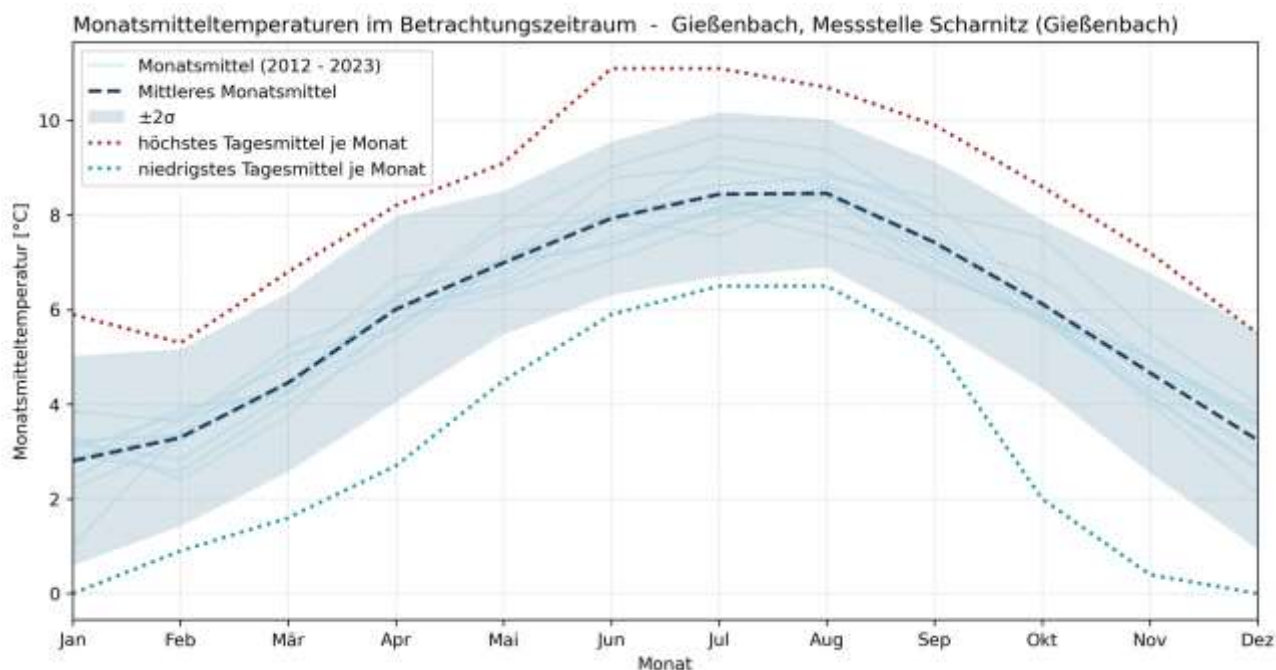


Abb. A 73: Monatsmitteltemperaturen für den Gießenbach, Messstelle Scharnitz Gießenbach . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

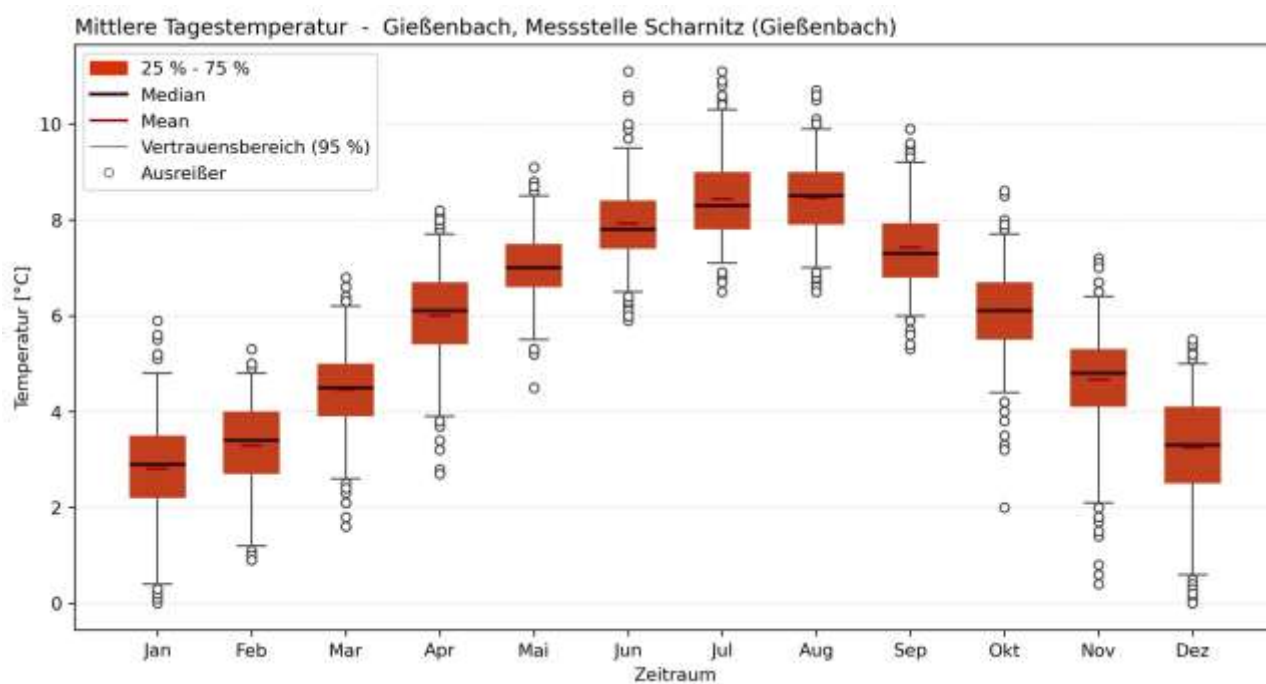


Abb. A 74: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Gießenbach (Messstelle, Scharnitz Gießenbach).

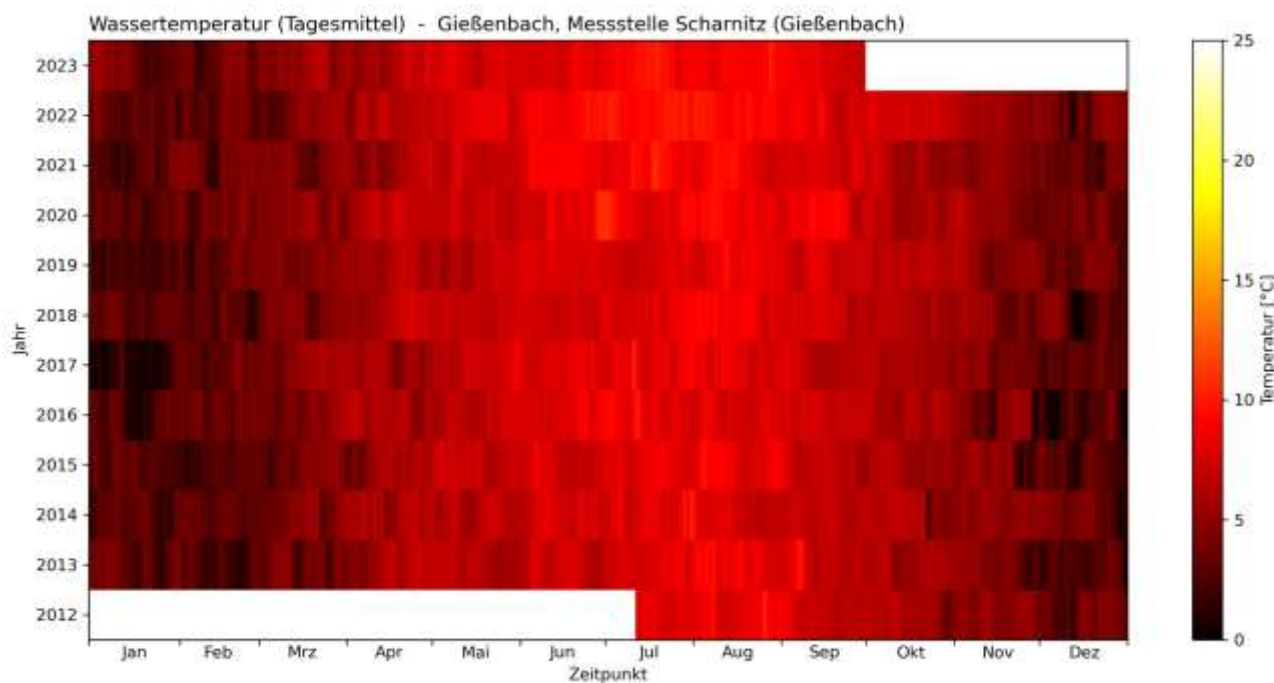


Abb. A 75: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Gießenbach (Messstelle Scharnitz Gießenbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

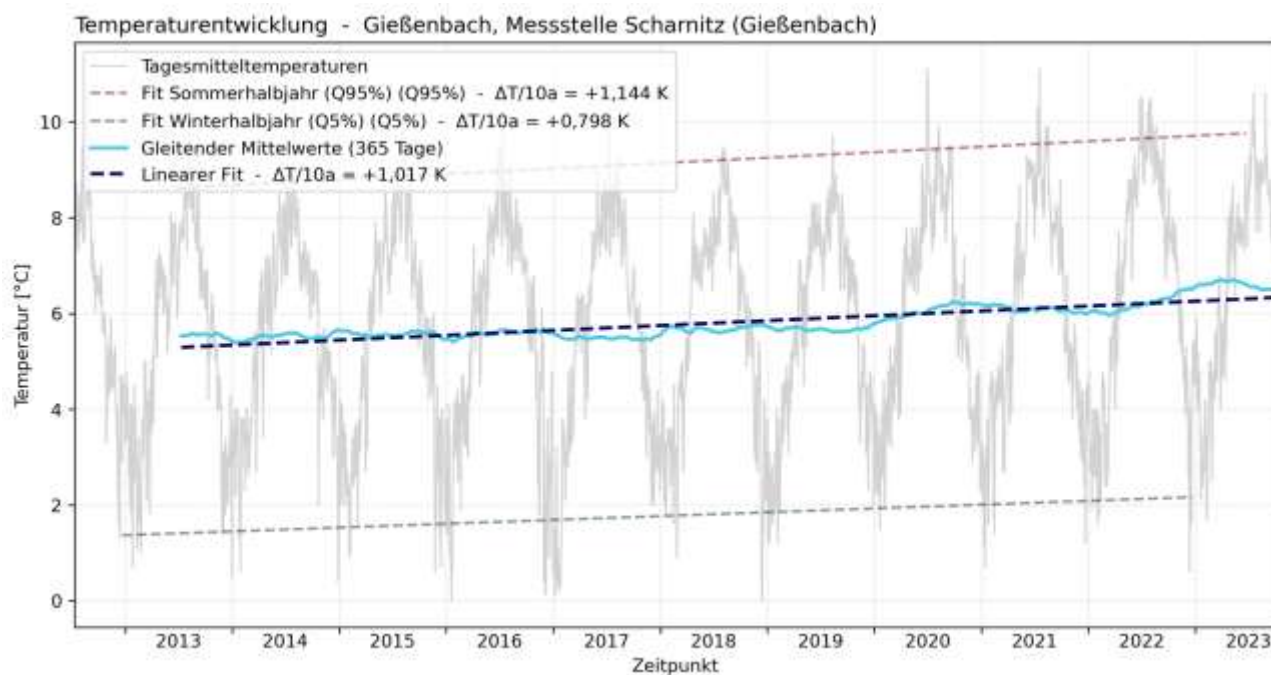


Abb. A 76: Temperaturentwicklung des Gießenbach, Messstelle Scharnitz Gießenbach , basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.9. Großache

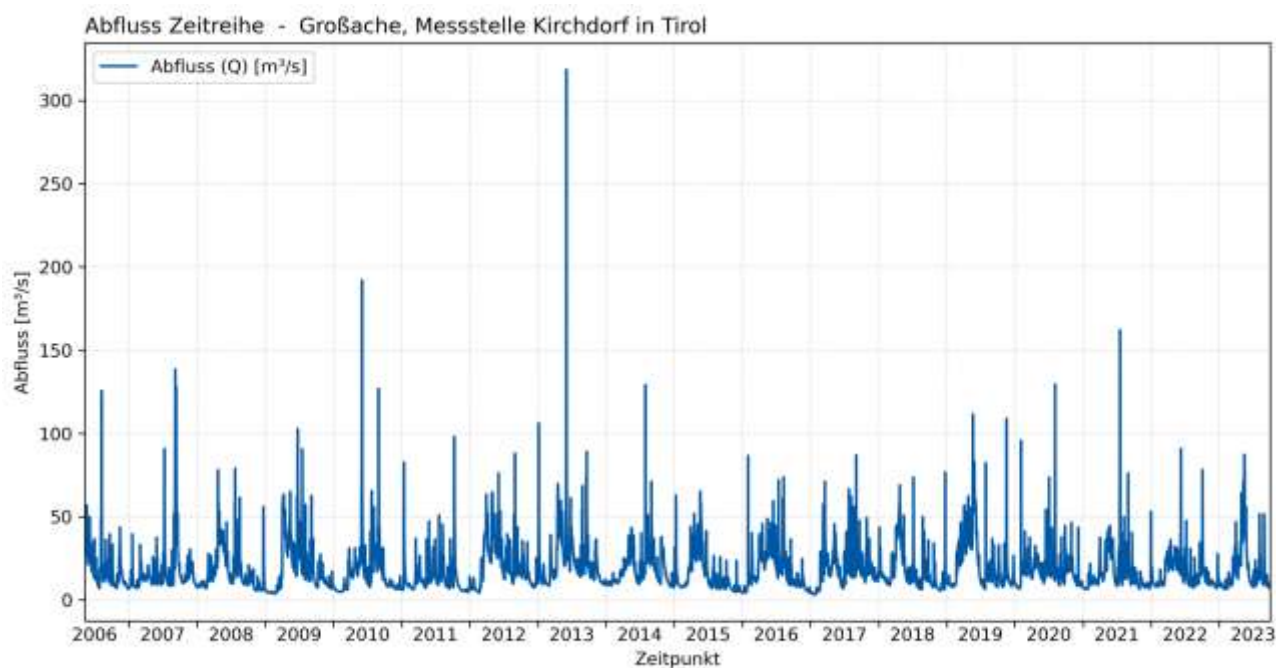


Abb. A 77: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Großache, Messstelle Kirchdorf in Tirol über den verfügbaren Zeitraum.

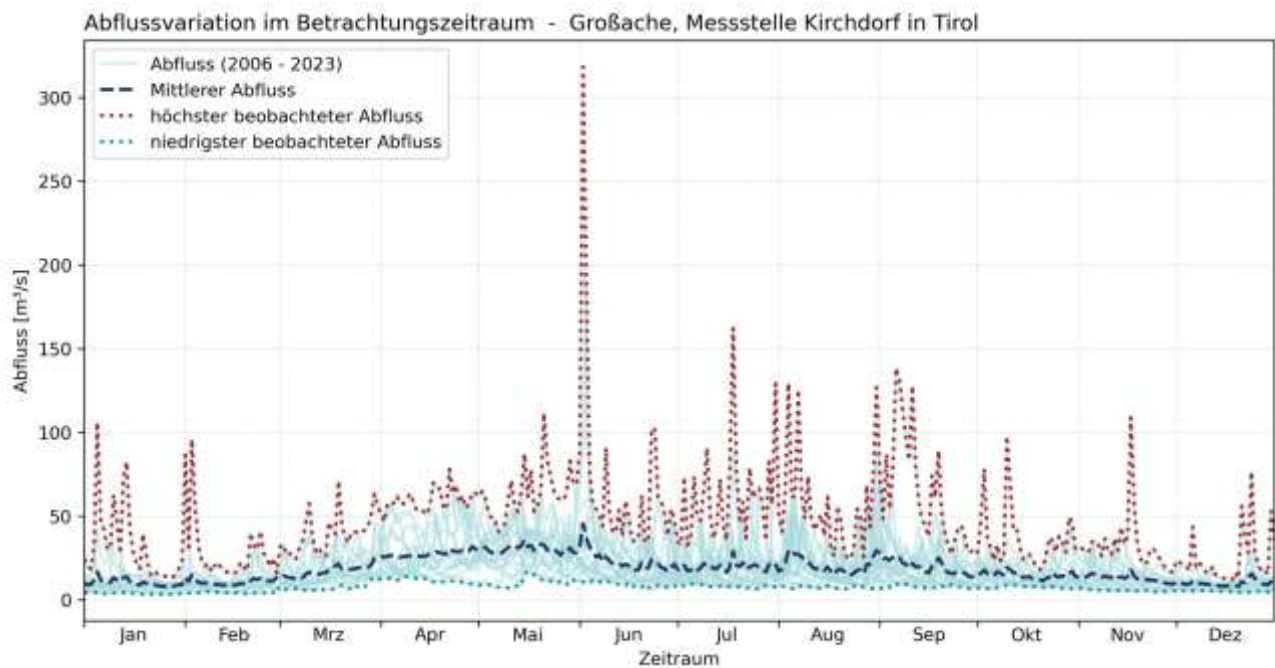


Abb. A 78: Tägliche Abflussvariation der Großache(Messstelle Kirchdorf in Tirol) im Jahresverlauf.

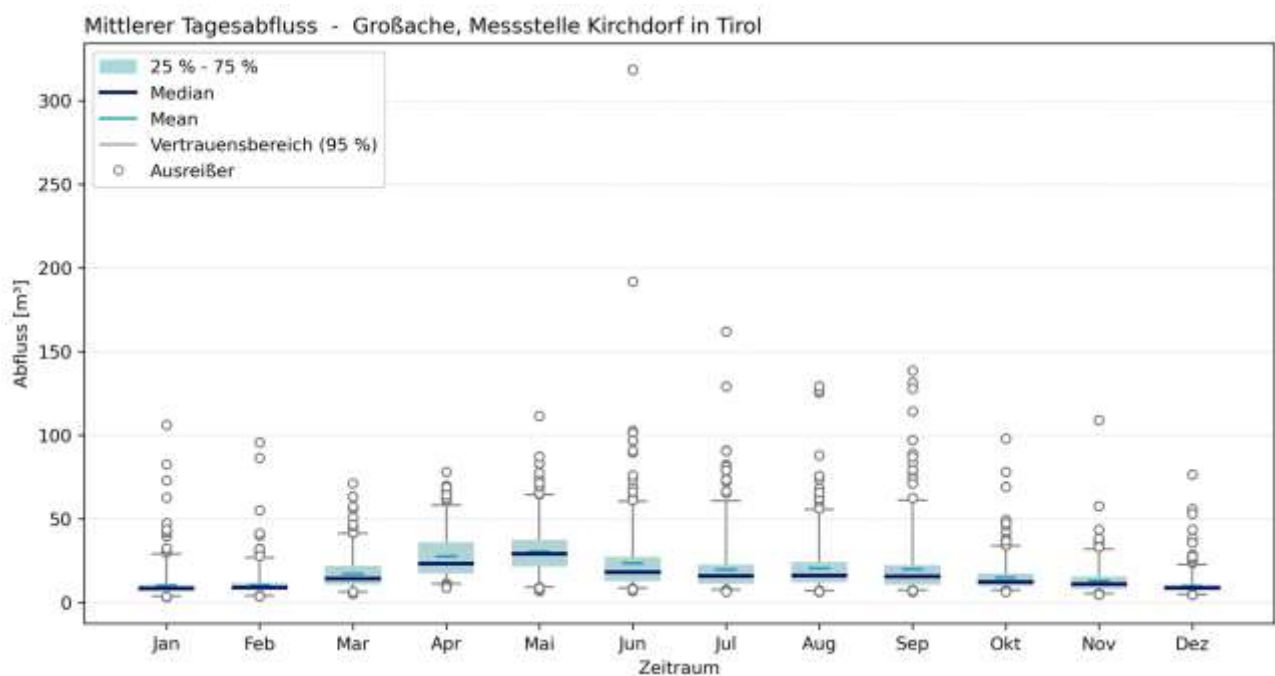


Abb. A 79: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Großache (Messstelle Kirchdorf in Tirol) als Monatswerte.

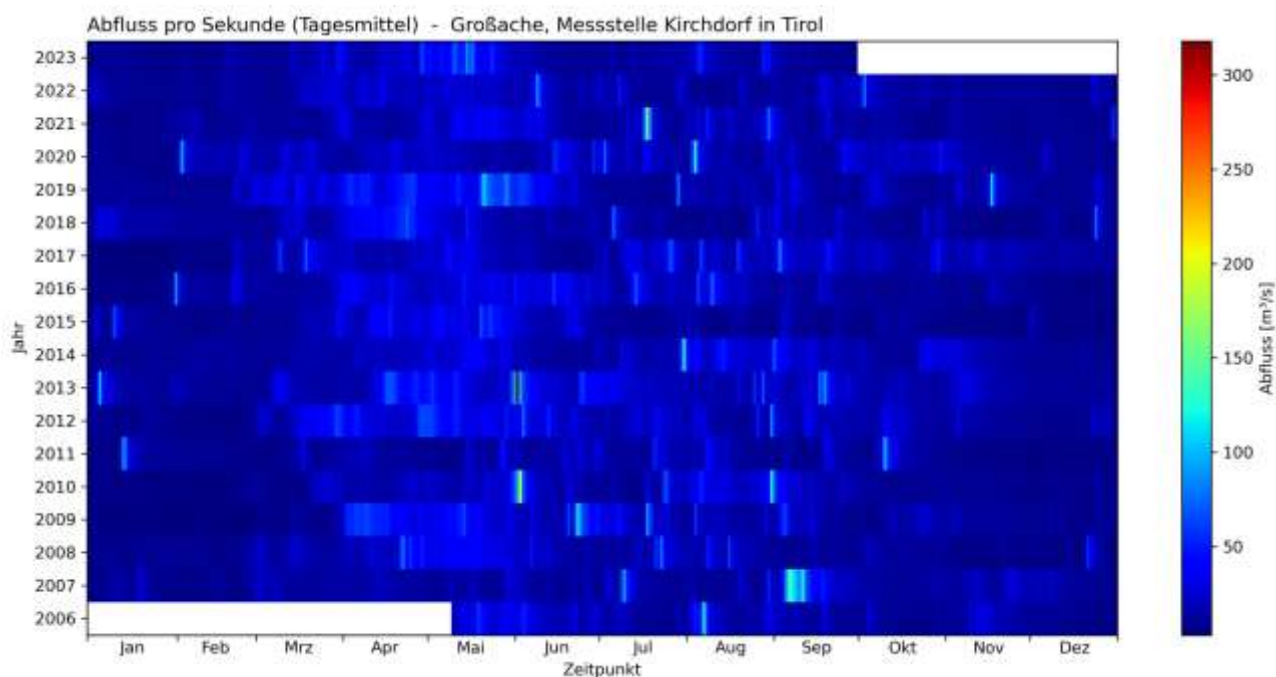


Abb. A 80: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Großache, Messstelle Kirchdorf in Tirol). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

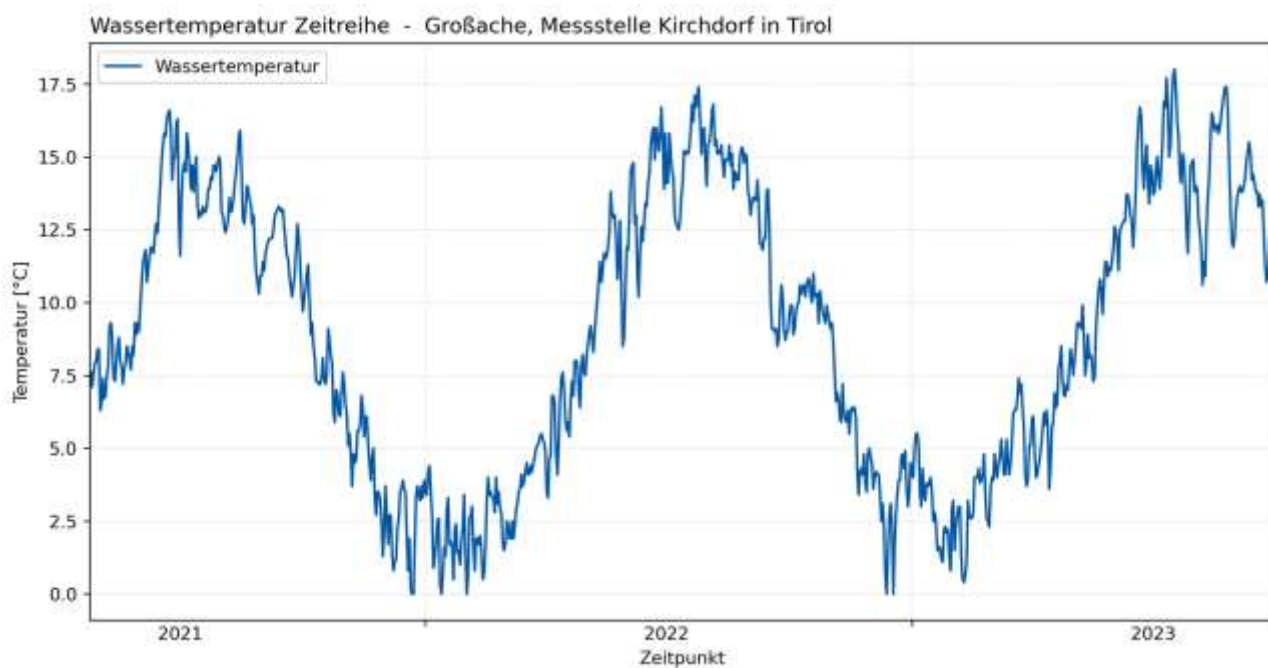


Abb. A 81: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Großache (Messstelle Kirchdorf in Tirol) über den verfügbaren Zeitraum.

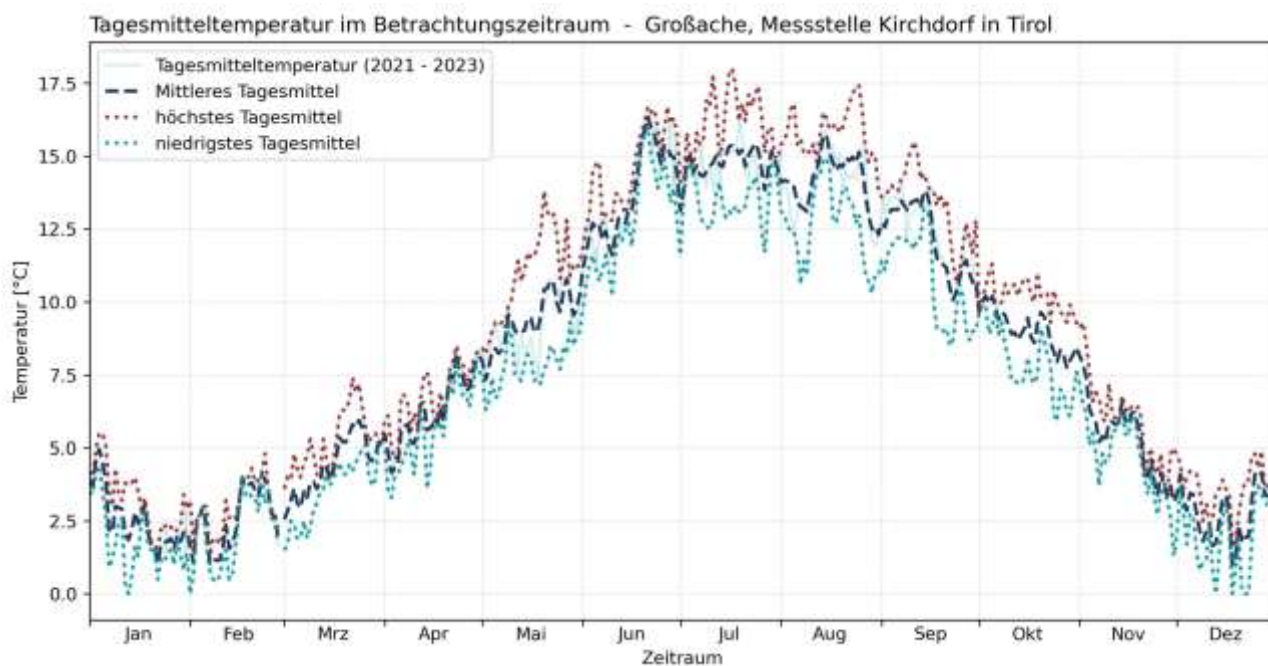


Abb. A 82: Tägliche Temperaturvariation der Großache (Messstelle Kirchdorf in Tirol) im Jahresverlauf.

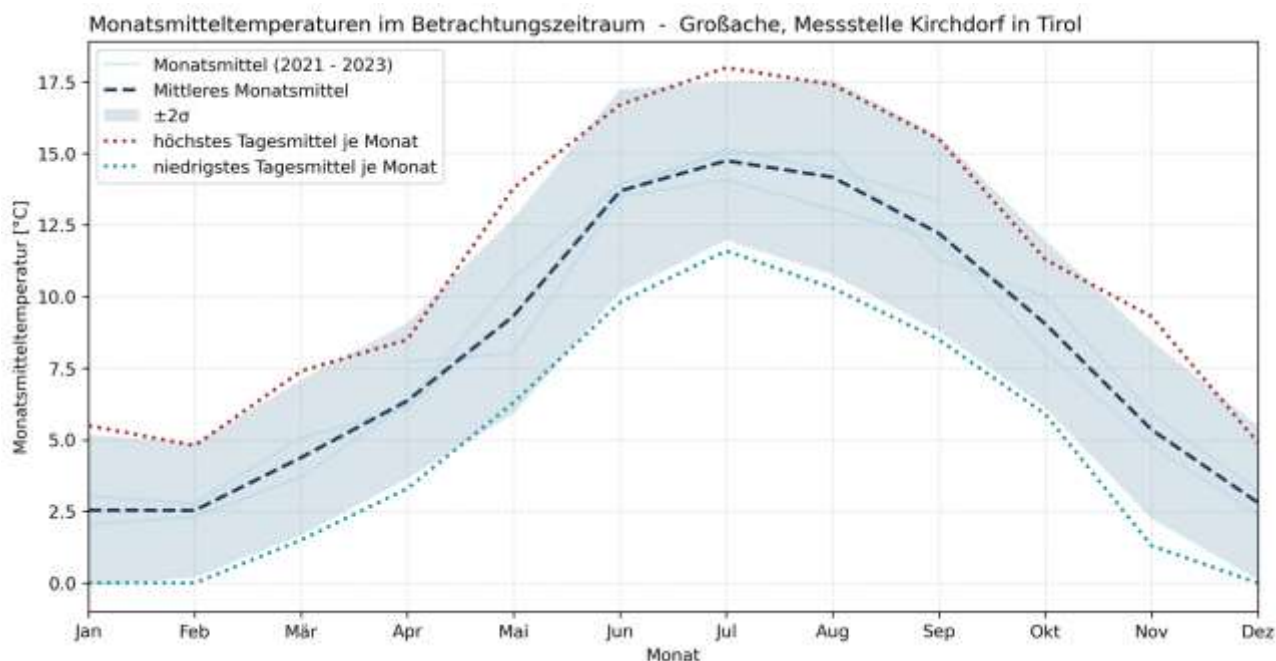


Abb. A 83: Monatsmitteltemperaturen für die Großache, Messstelle Kirchdorf in Tirol. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

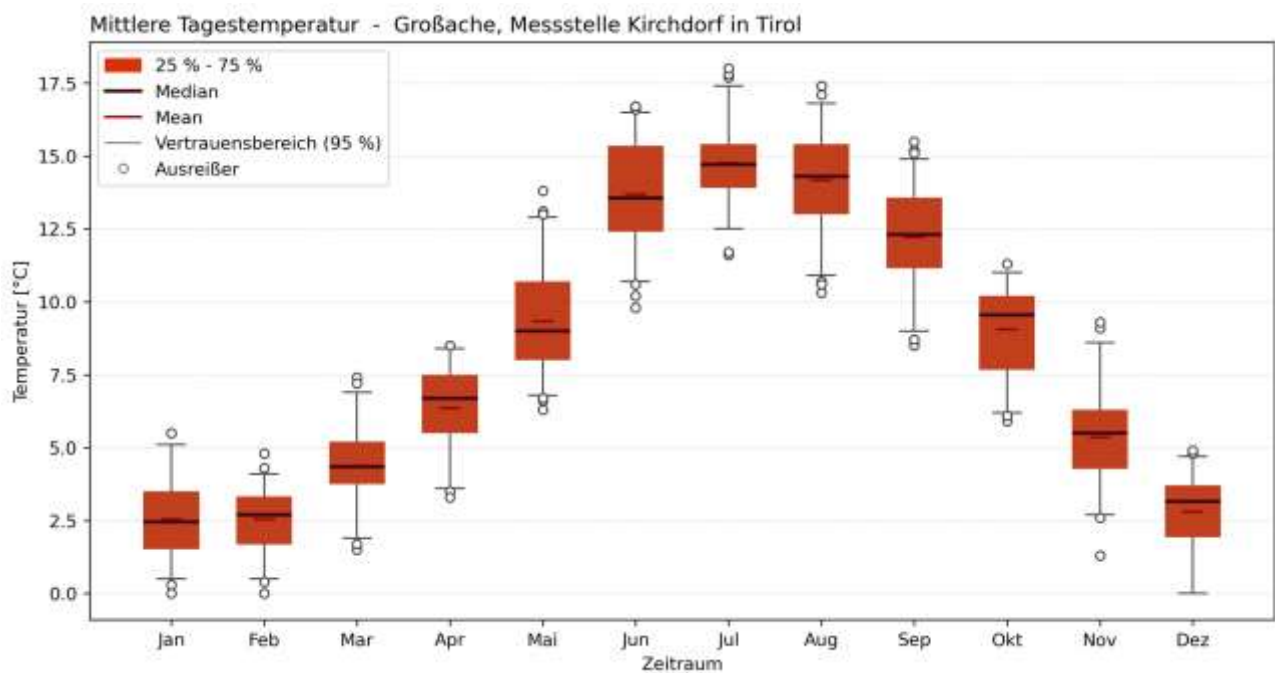


Abb. A 84: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Großache (Messstelle, Kirchdorf in Tirol).

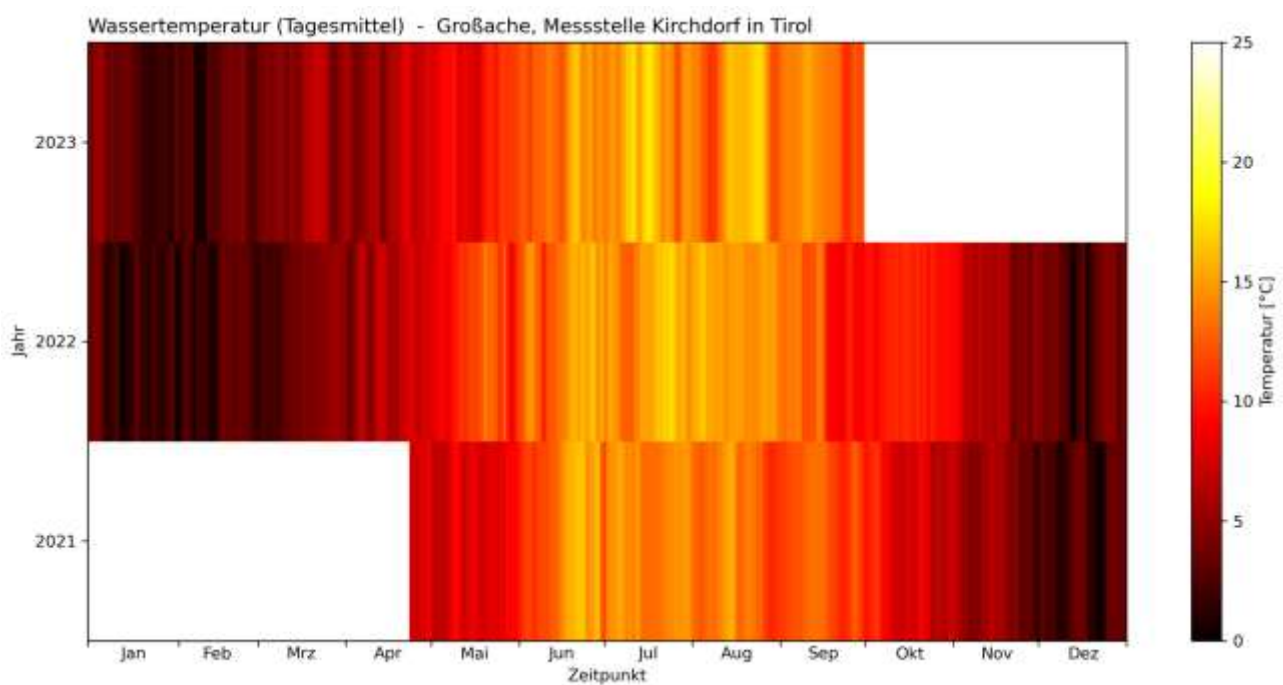


Abb. A 85: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Großache (Messstelle Kirchdorf in Tirol). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

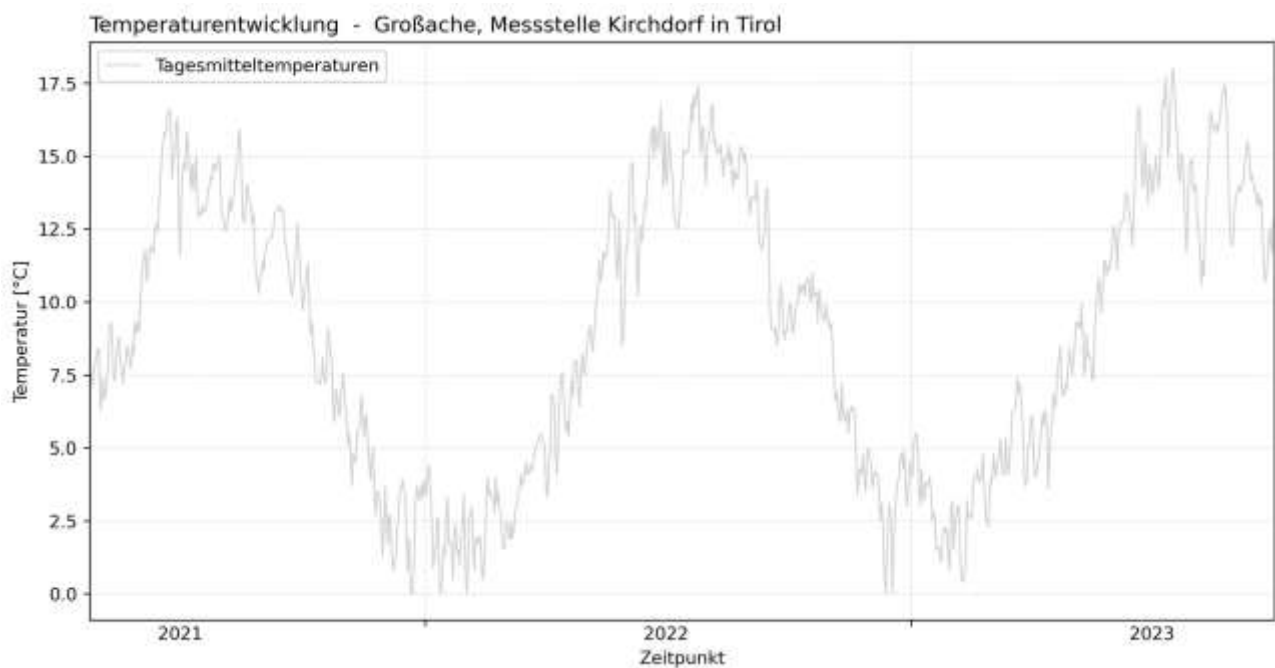


Abb. A 86: Temperaturentwicklung der Großache, Messstelle Kirchdorf in Tirol, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

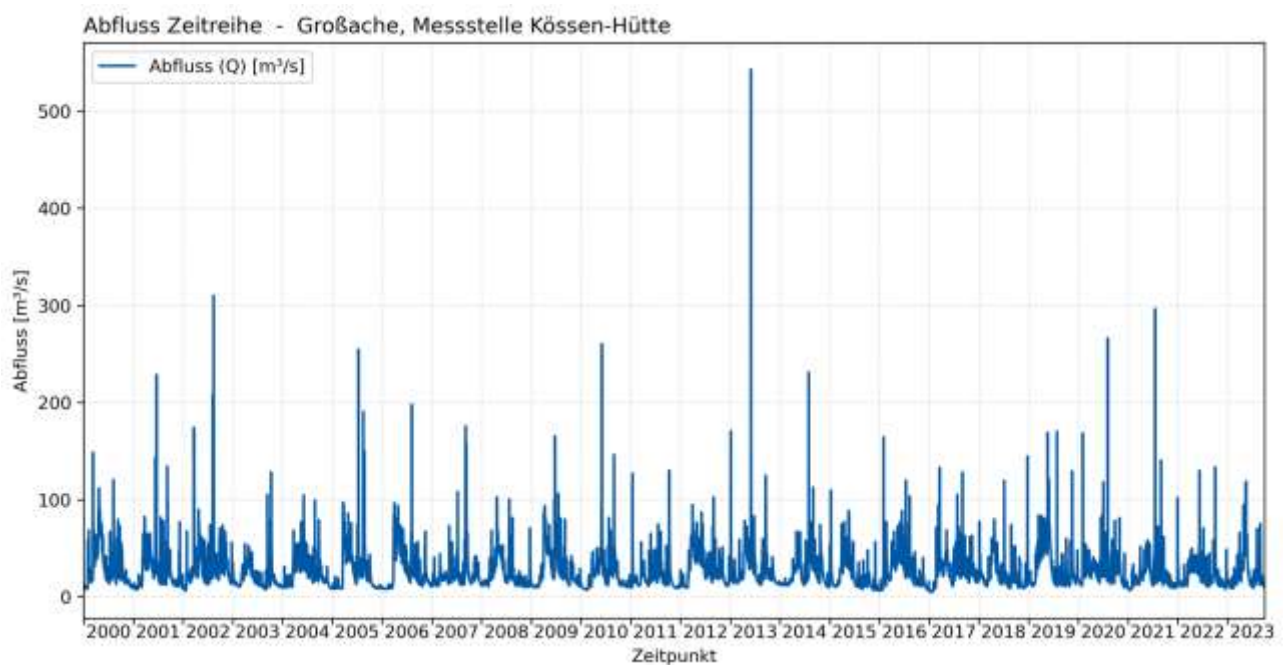


Abb. A 87: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Großache, Messstelle Kössen Hütte über den verfügbaren Zeitraum.

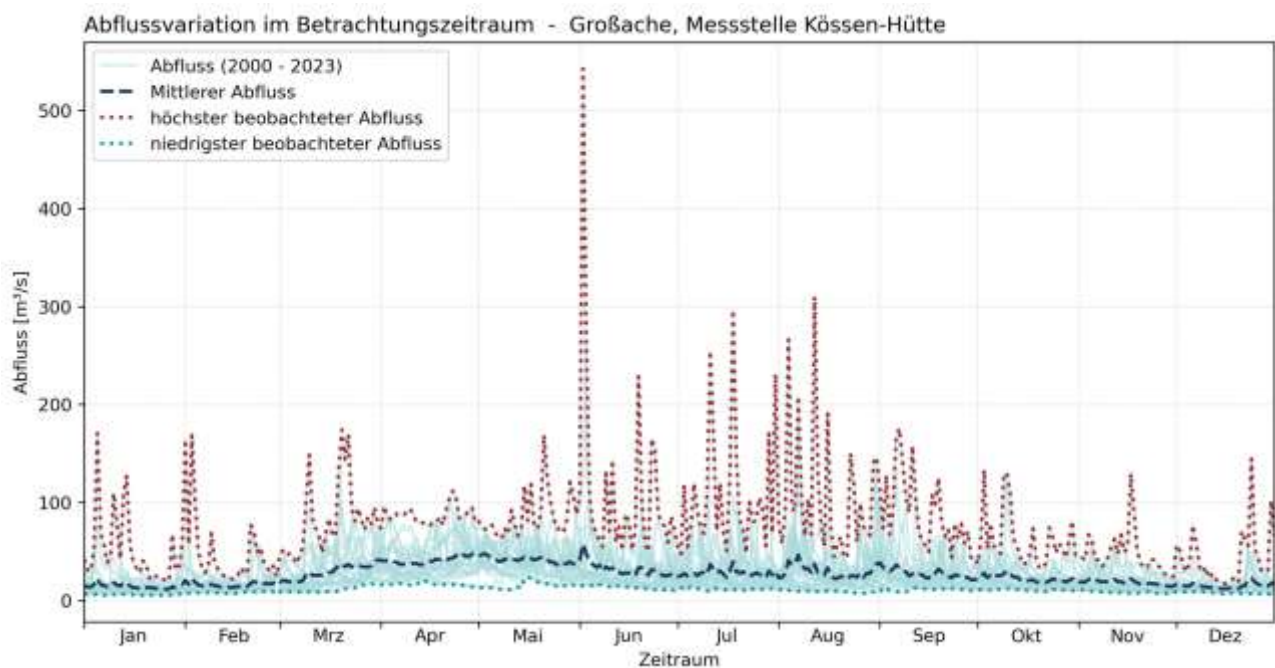


Abb. A 88: Tägliche Abflussvariation der Großache(Messstelle Kössen Hütte) im Jahresverlauf.

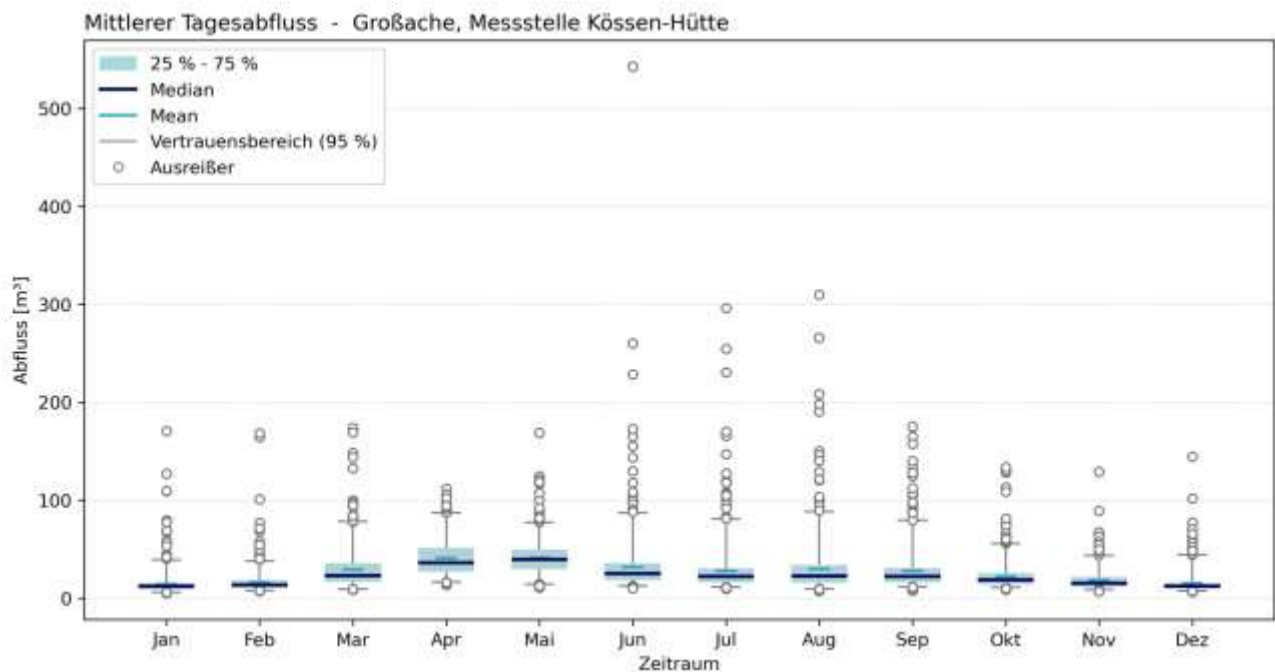


Abb. A 89: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Großache (Messstelle Kössen Hütte) als Monatswerte.

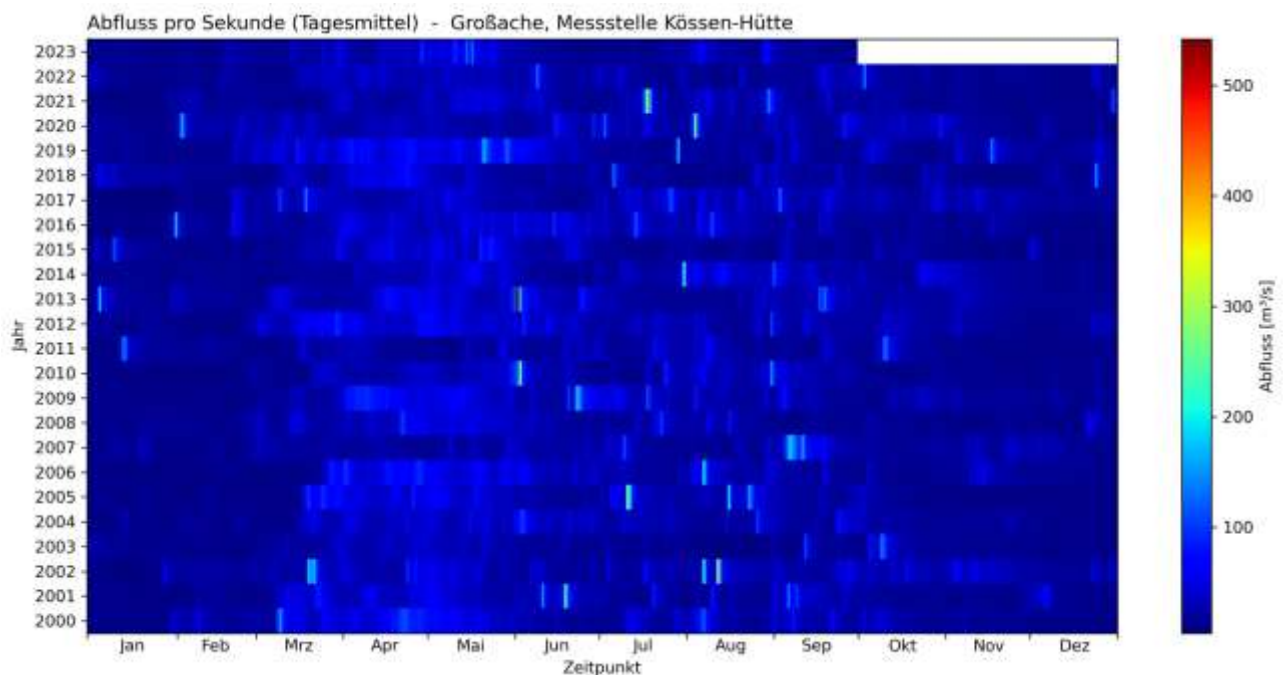


Abb. A 90: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Großache, Messstelle Kössen Hütte). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

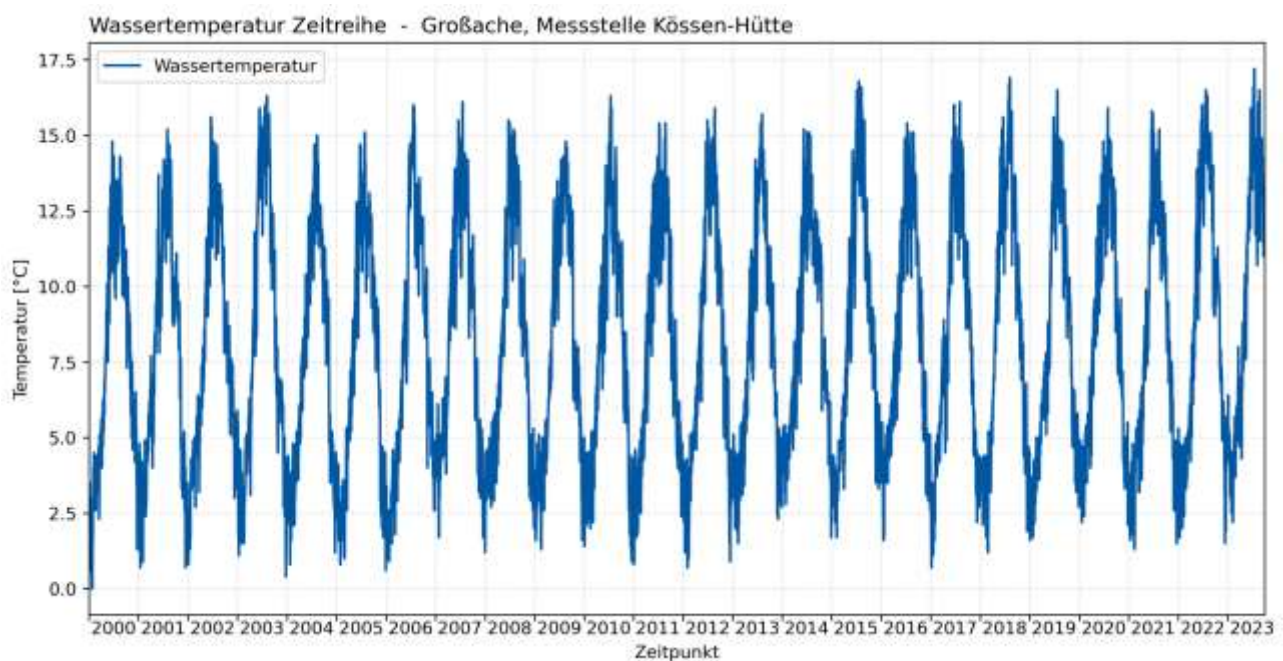


Abb. A 91: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Großache (Messstelle Kössen Hütte) über den verfügbaren Zeitraum.

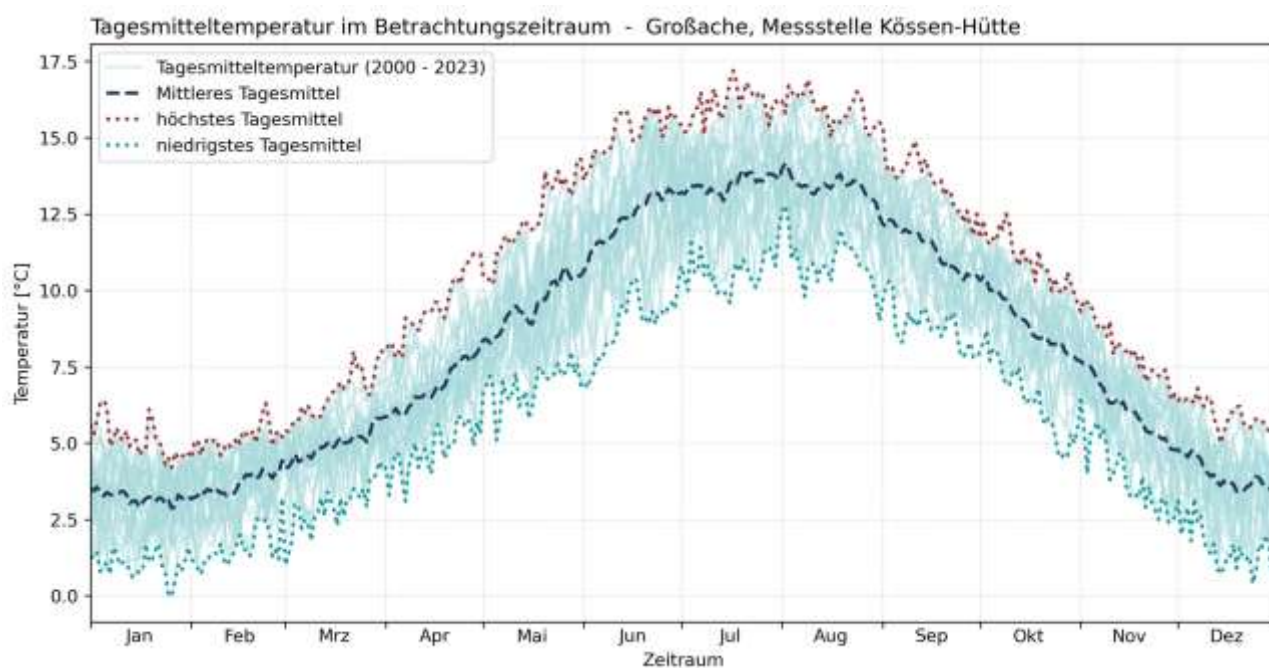


Abb. A 92: Tägliche Temperaturvariation der Großache (Messstelle Kössen Hütte) im Jahresverlauf.

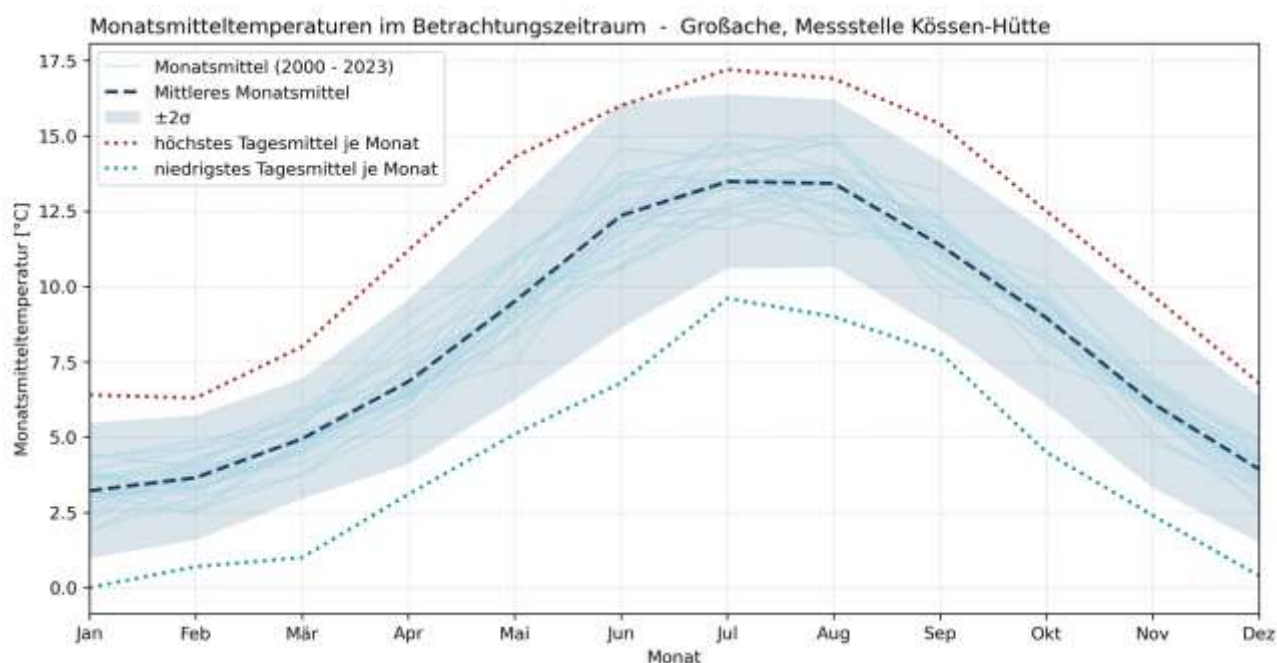


Abb. A 93: Monatsmitteltemperaturen für die Großache, Messstelle Kössen Hütte. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

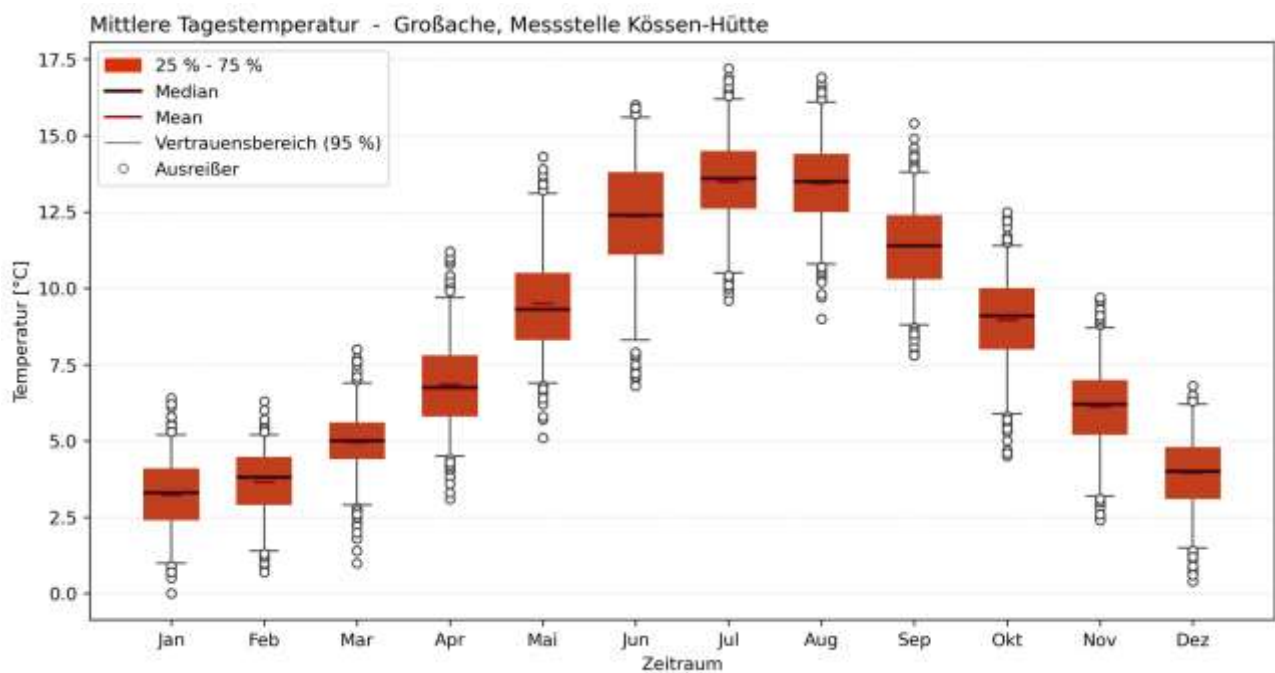


Abb. A 94: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Großache (Messstelle, Kössen Hütte).

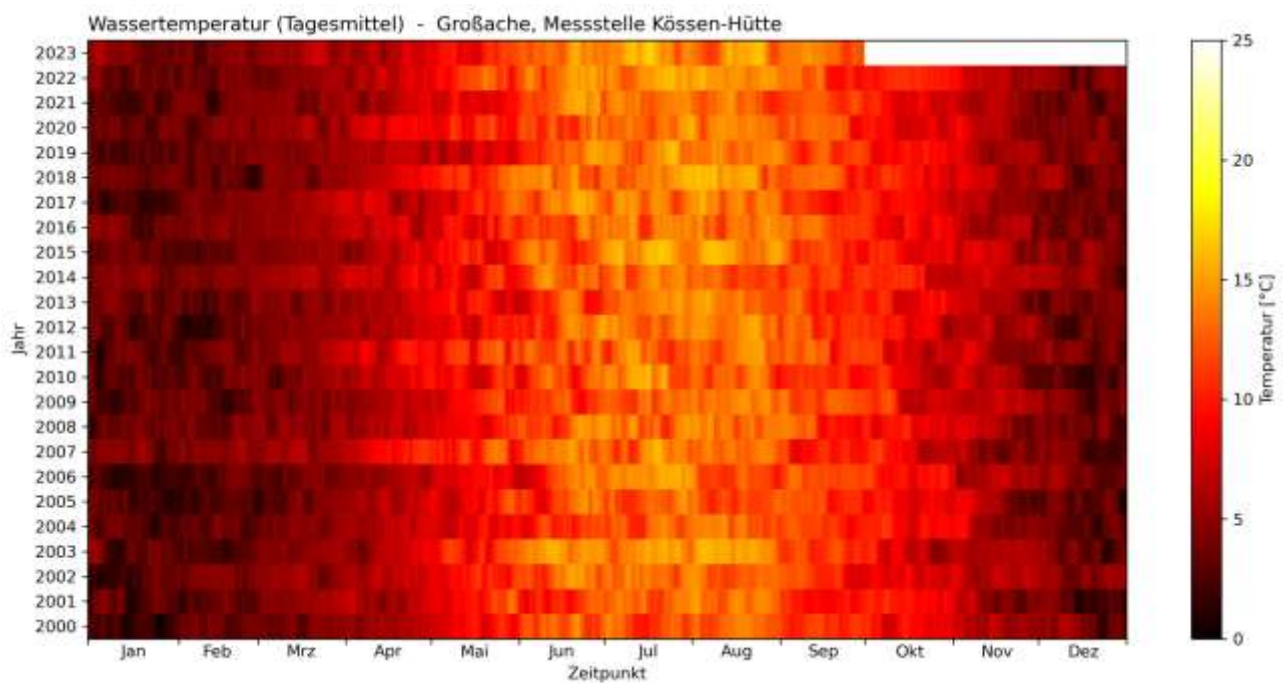


Abb. A 95: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Großache (Messstelle Kössen Hütte). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

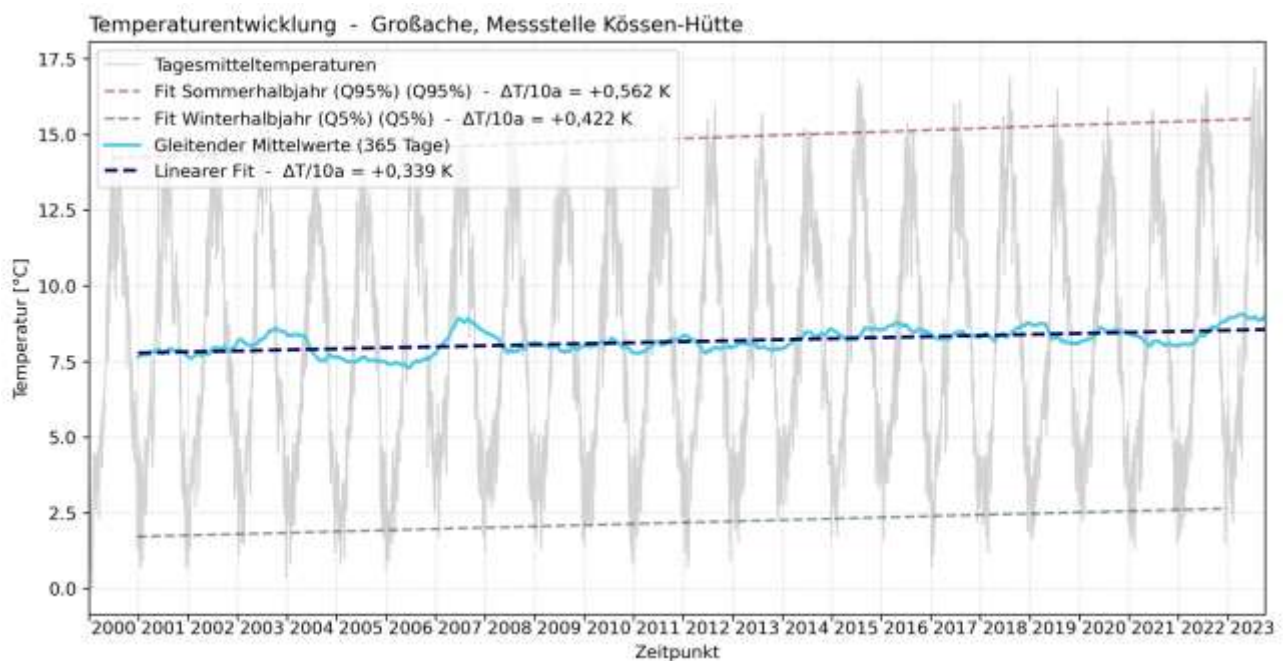


Abb. A 96: Temperaturentwicklung der Großache, Messstelle Kössen Hütte, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.10. Gschnitzbach

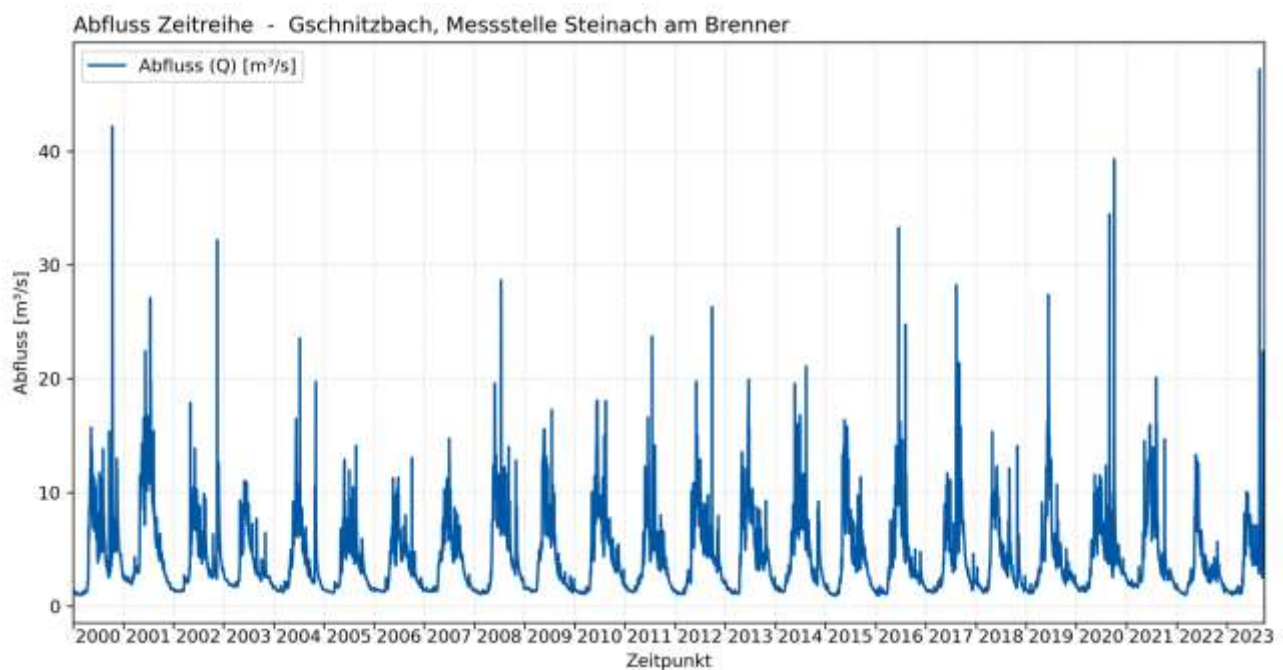


Abb. A 97: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Gschnitzbach, Messstelle Steinach am Brenner über den verfügbaren Zeitraum.

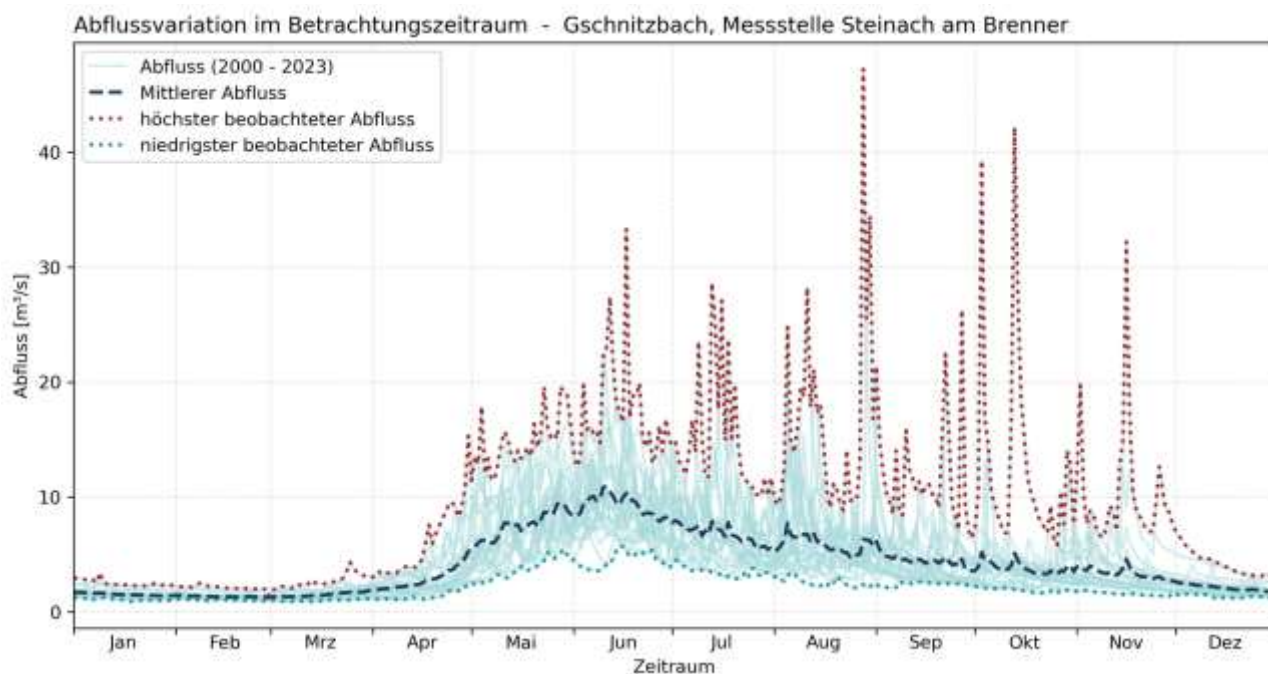


Abb. A 98: Tägliche Abflussvariation des Gschnitzbach(Messstelle Steinach am Brenner) im Jahresverlauf.

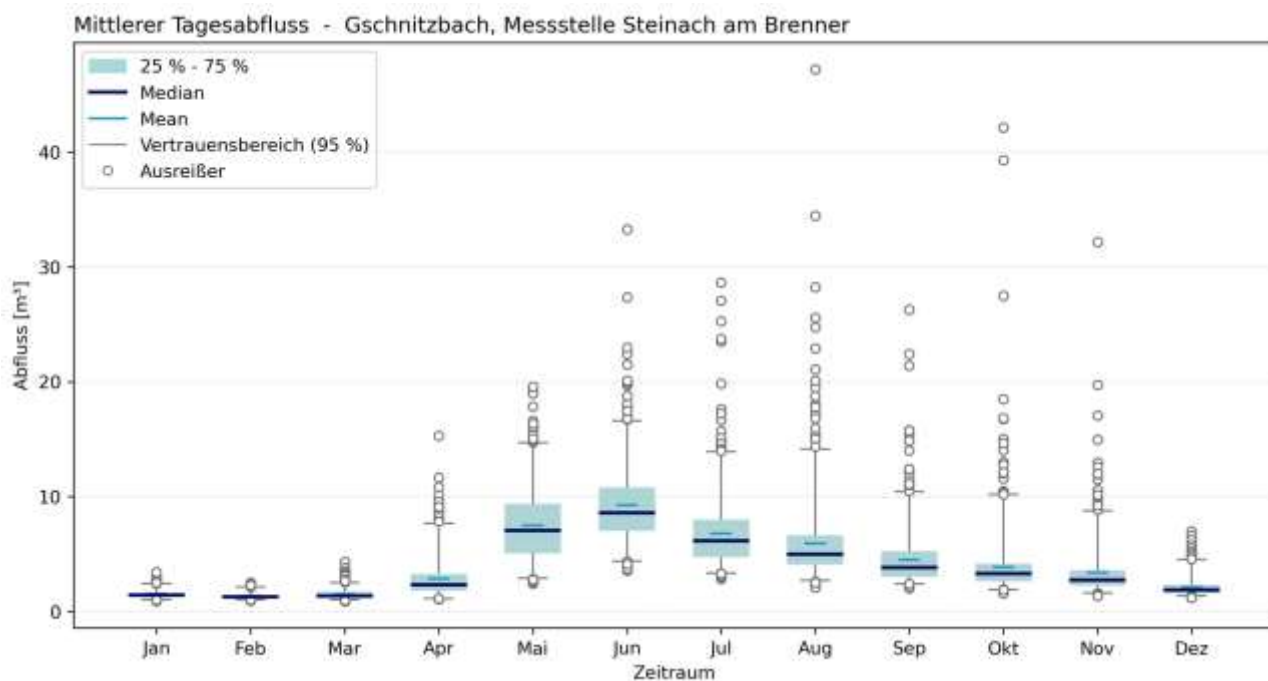


Abb. A 99: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Gschnitzbach (Messstelle Steinach am Brenner) als Monatswerte.

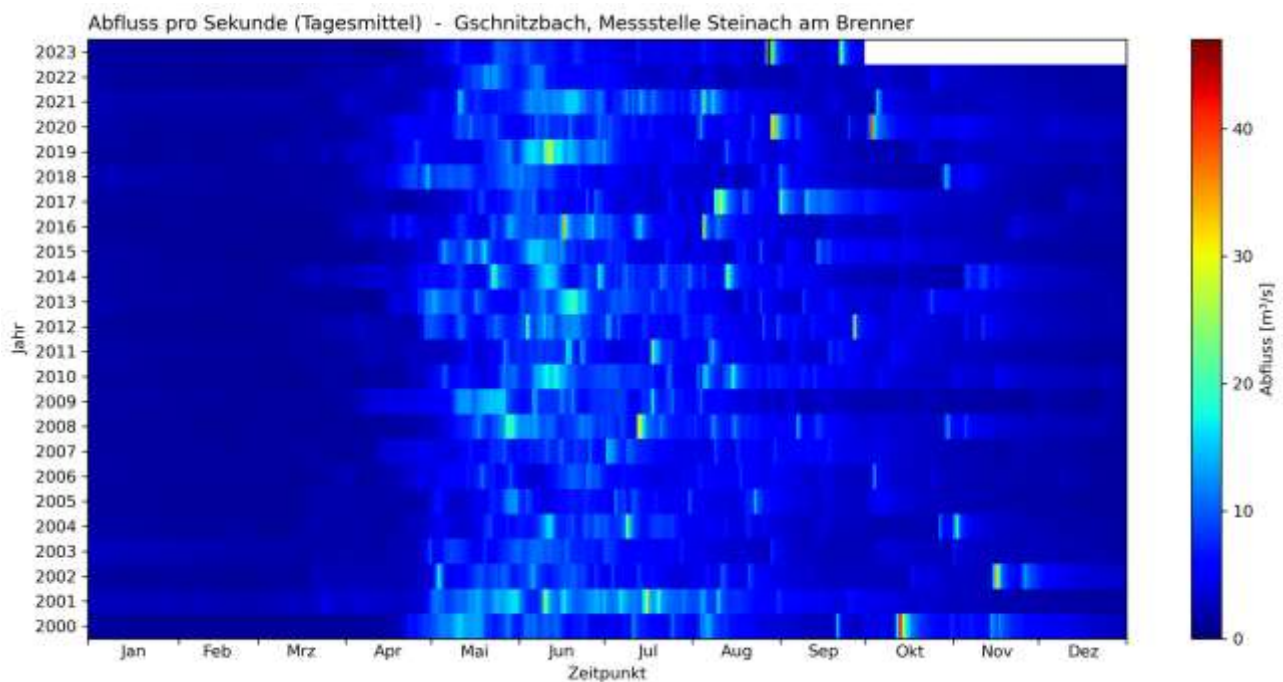


Abb. A 100: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Gschnitzbach, Messstelle Steinach am Brenner). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

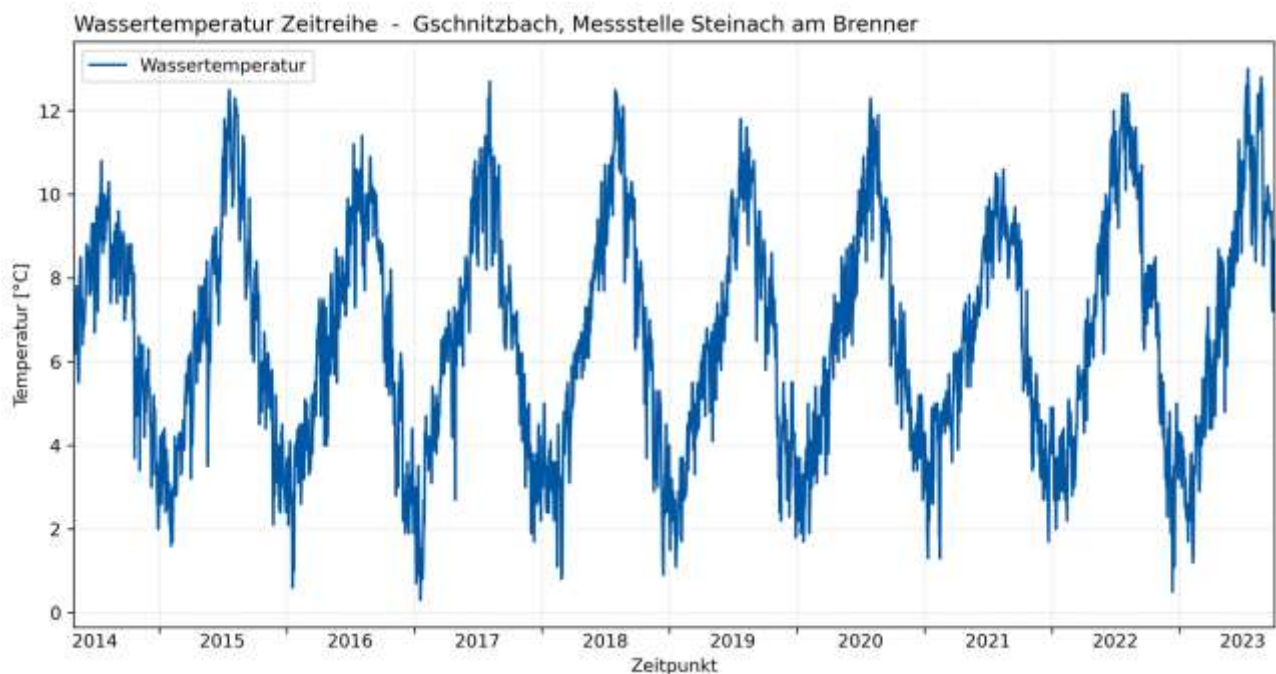


Abb. A 101: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Gschnitzbach (Messstelle Steinach am Brenner) über den verfügbaren Zeitraum.

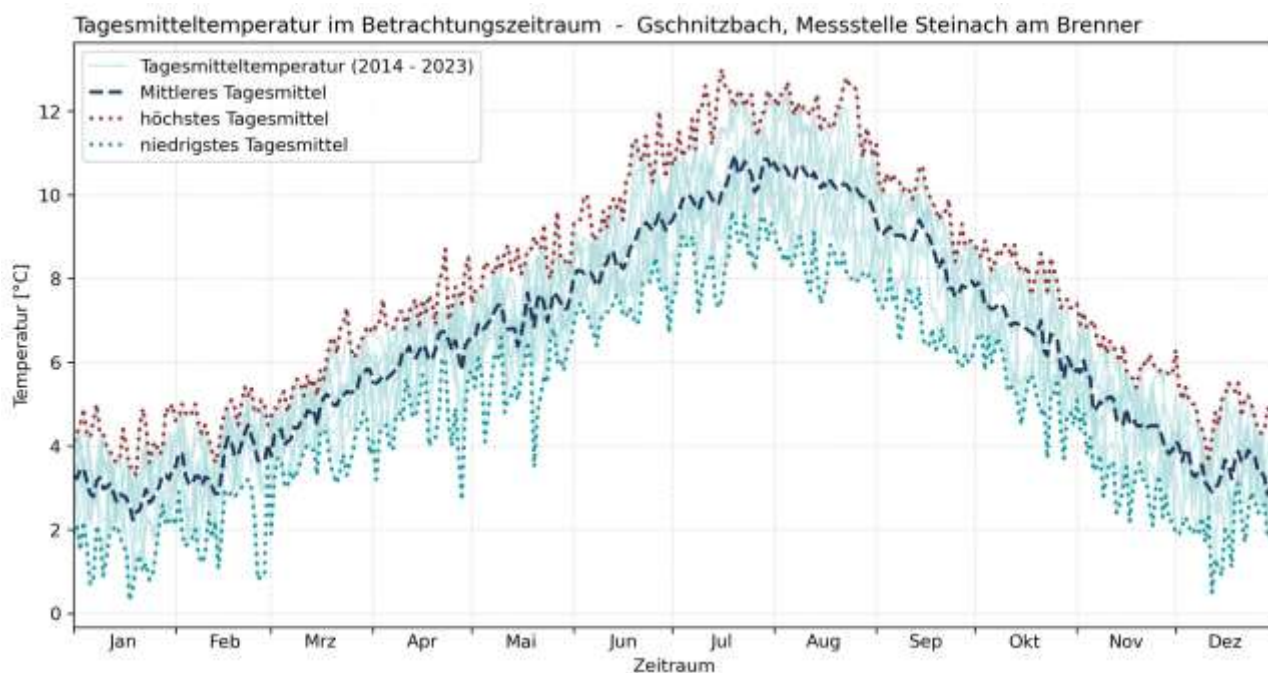


Abb. A 102: Tägliche Temperaturvariation des Gschnitzbach (Messstelle Steinach am Brenner) im Jahresverlauf.

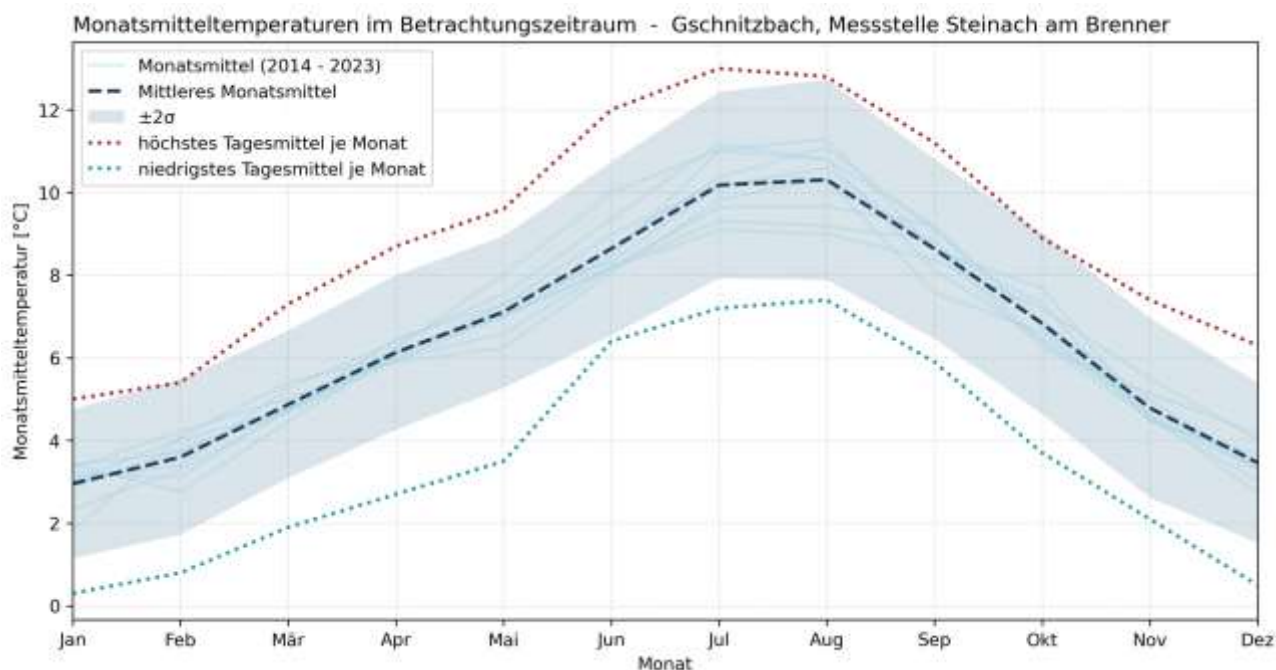


Abb. A 103: Monatsmitteltemperaturen für den Gschnitzbach, Messstelle Steinach am Brenner. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

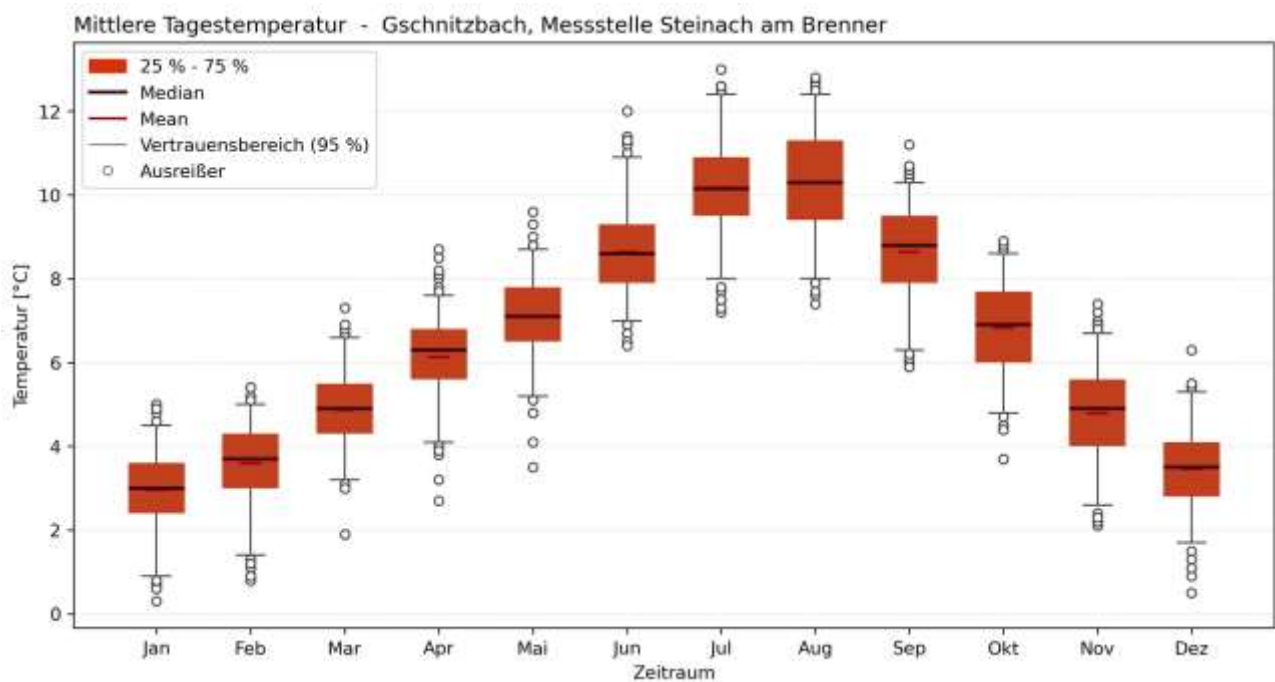


Abb. A 104: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Gschnitzbach (Messstelle, Steinach am Brenner).

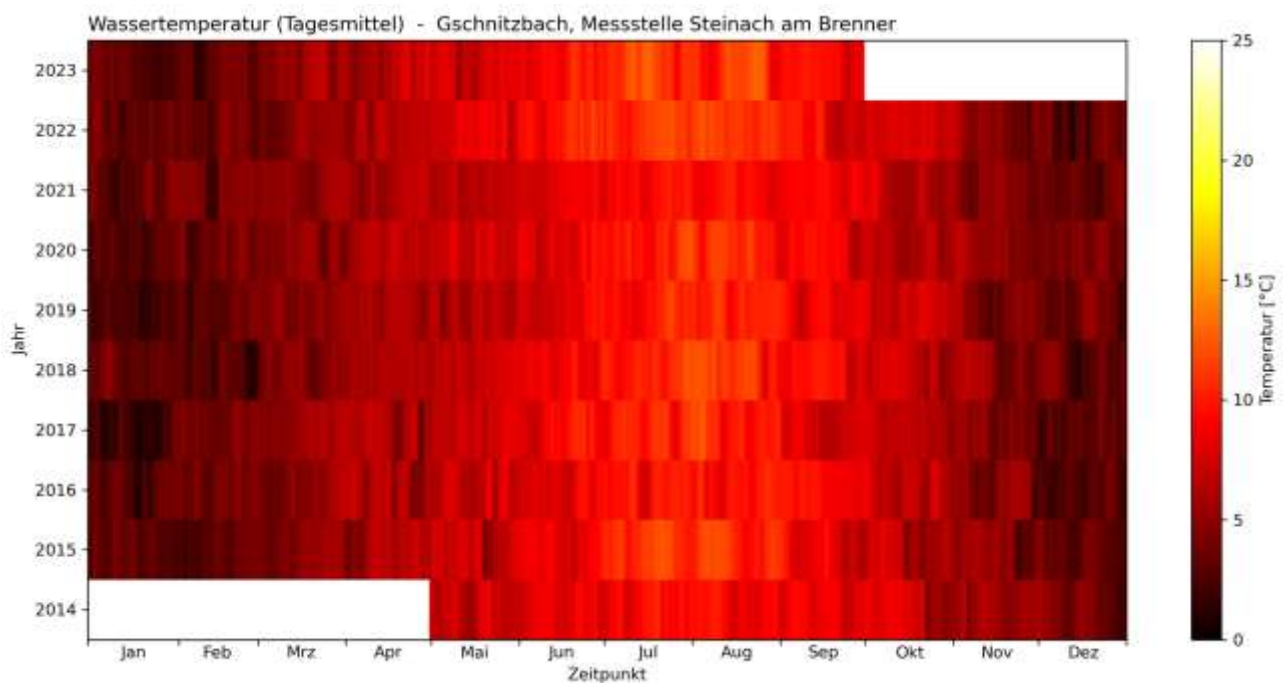


Abb. A 105: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Gschnitzbach (Messstelle Steinach am Brenner). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

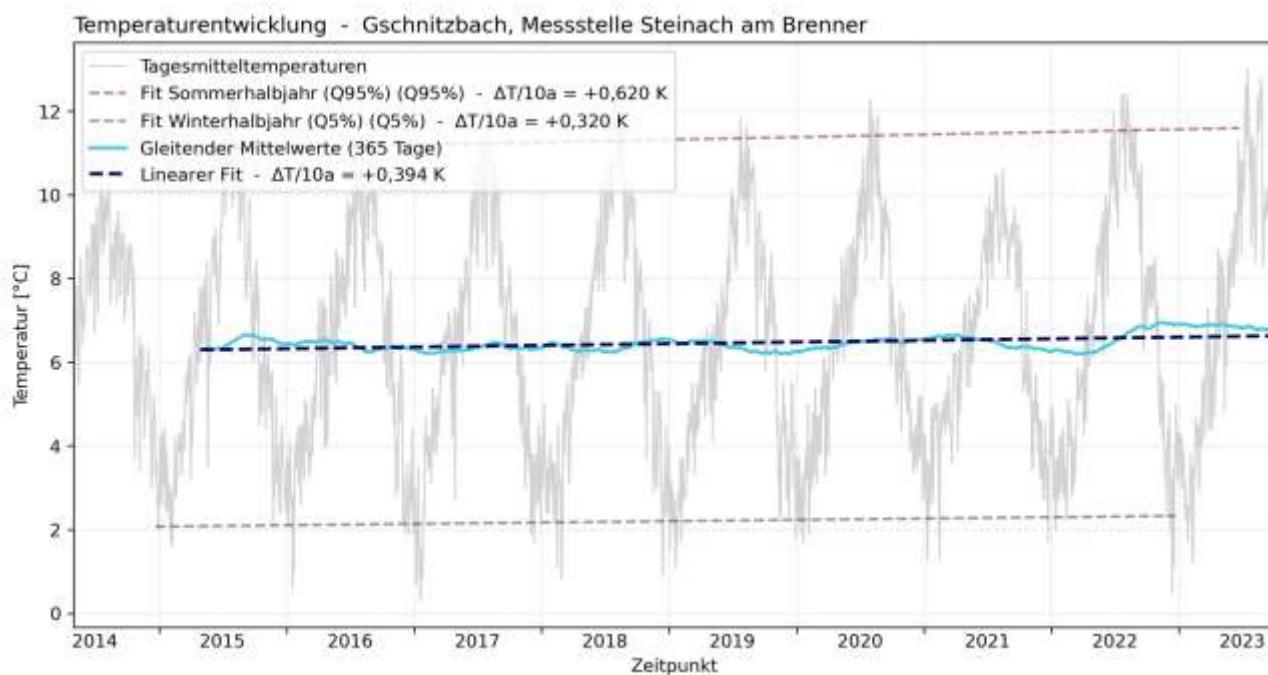


Abb. A 106: Temperaturentwicklung des Gschnitzbach, Messstelle Steinach am Brenner, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.11. Gurglbach

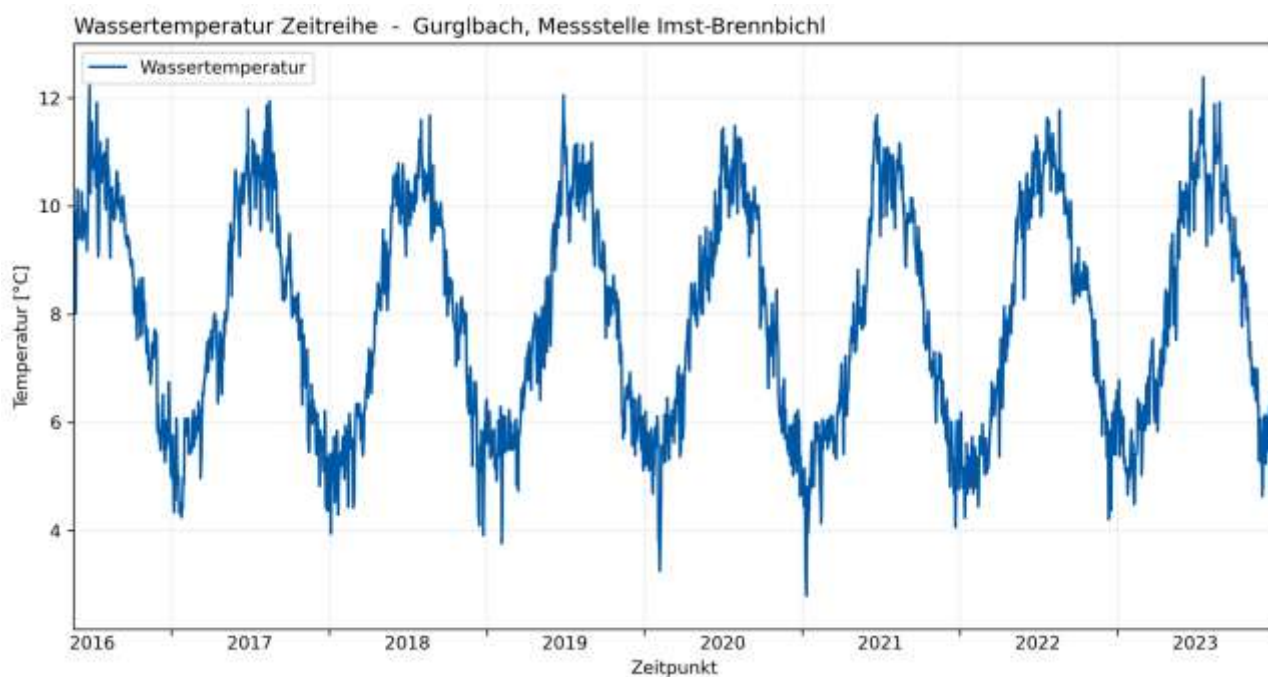


Abb. A 107: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Gurglbach (Messstelle Imst Brennbichl) über den verfügbaren Zeitraum.

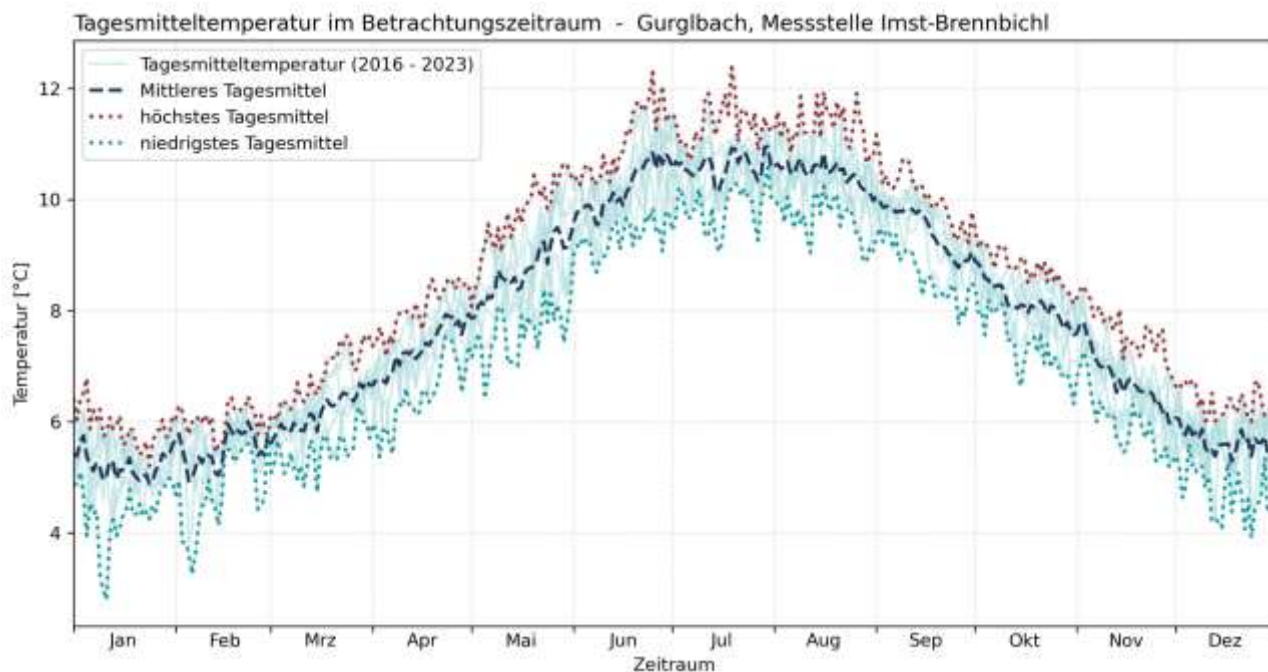


Abb. A 108: Tägliche Temperaturvariation des Gurglbach (Messstelle Imst Brennbichl) im Jahresverlauf.

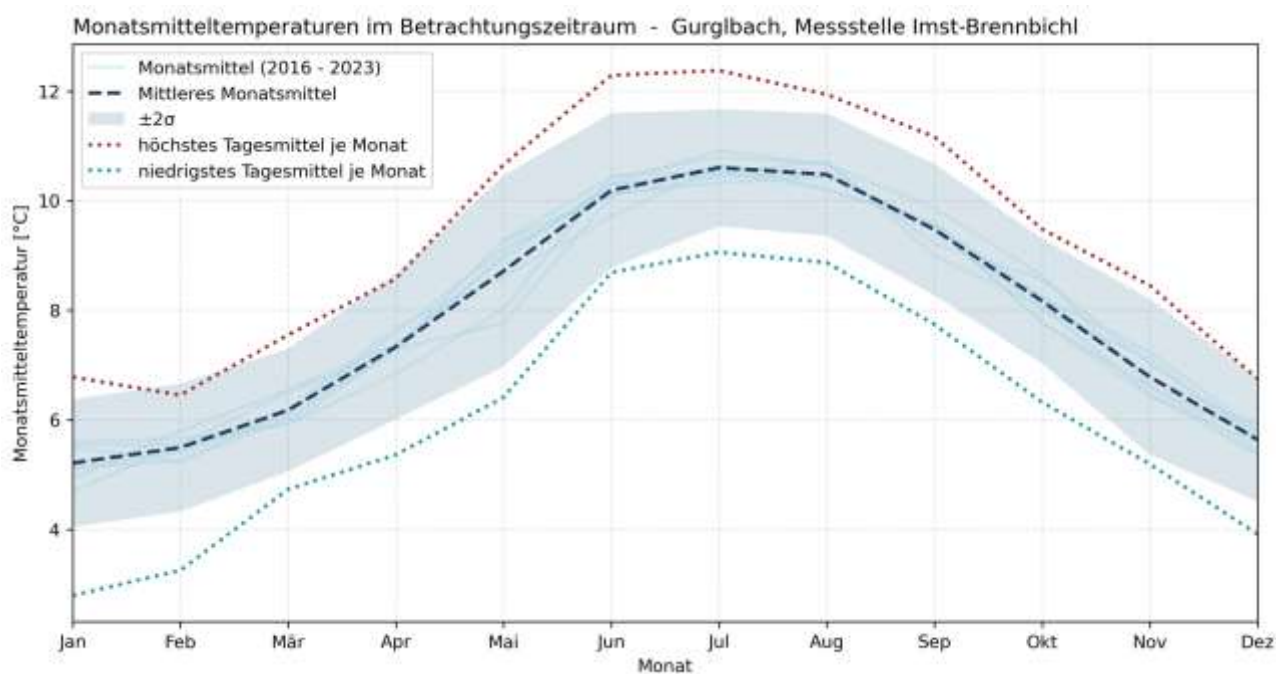


Abb. A 109: Monatsmitteltemperaturen für den Gurglbach, Messstelle Imst Brennbichl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

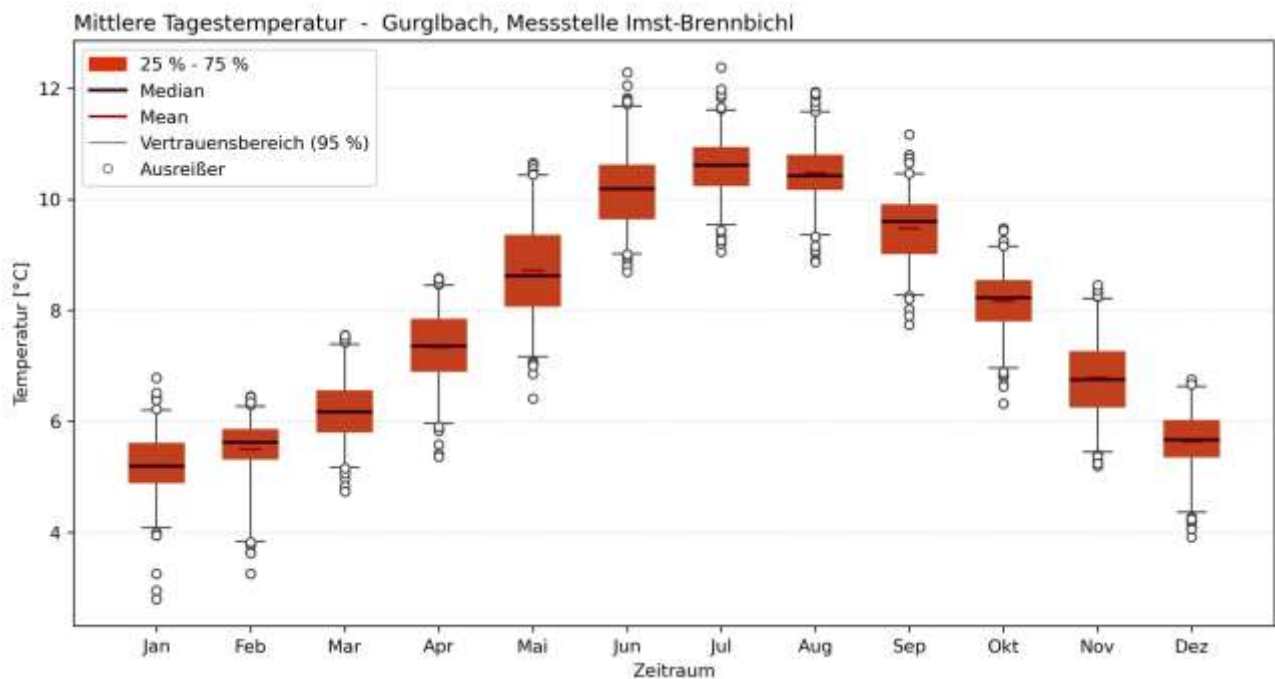


Abb. A 110: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Gurglbach (Messstelle, Imst Brennbichl).

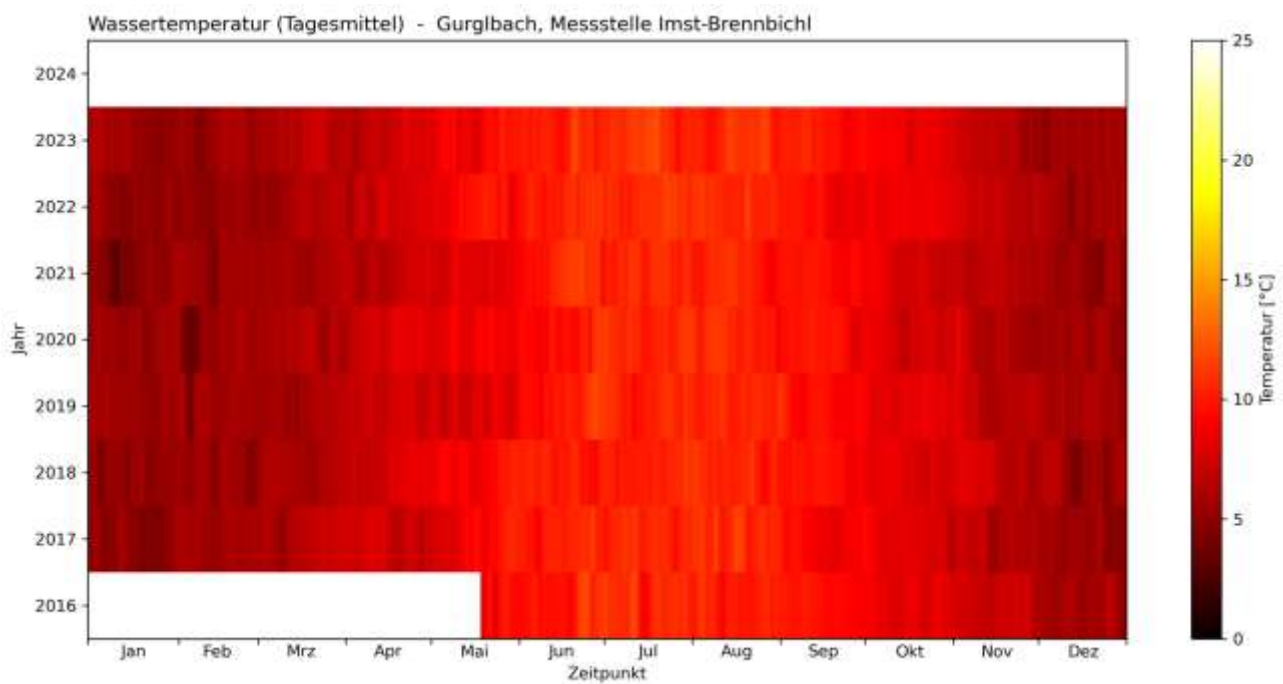


Abb. A 111: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Gurglbach (Messstelle Imst Brennbichl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

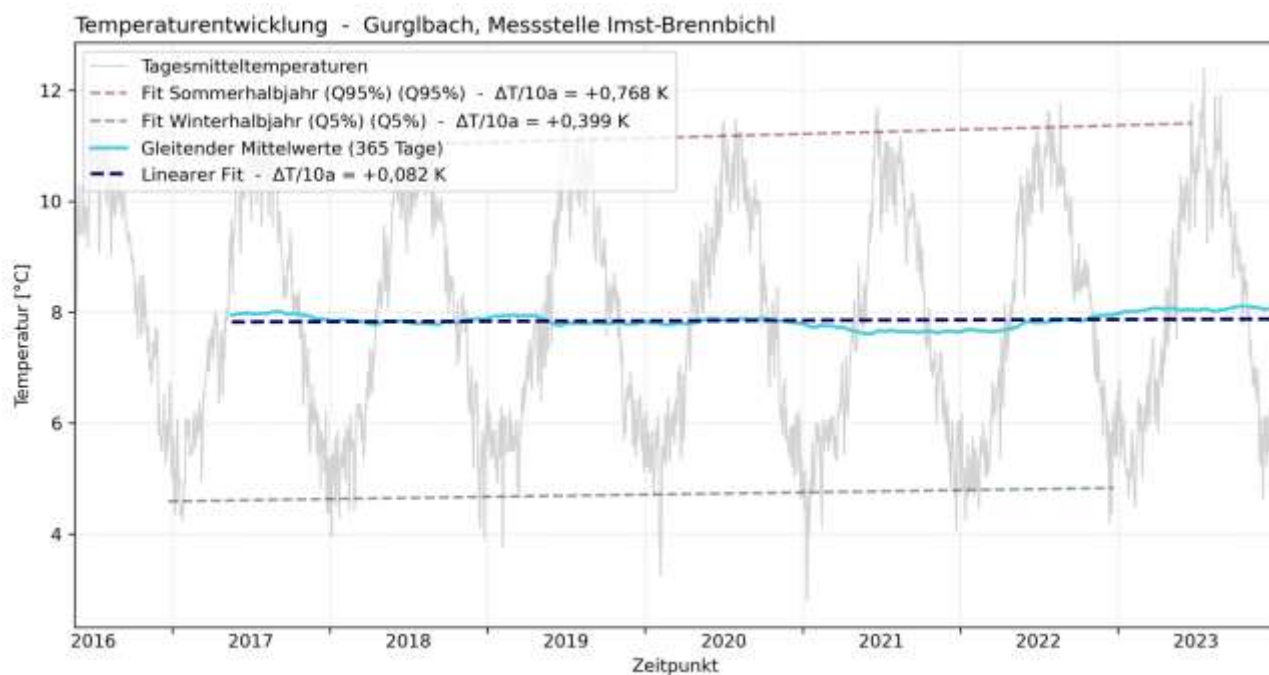


Abb. A 112: Temperaturentwicklung des Gurglbach, Messstelle Imst Brennbichl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

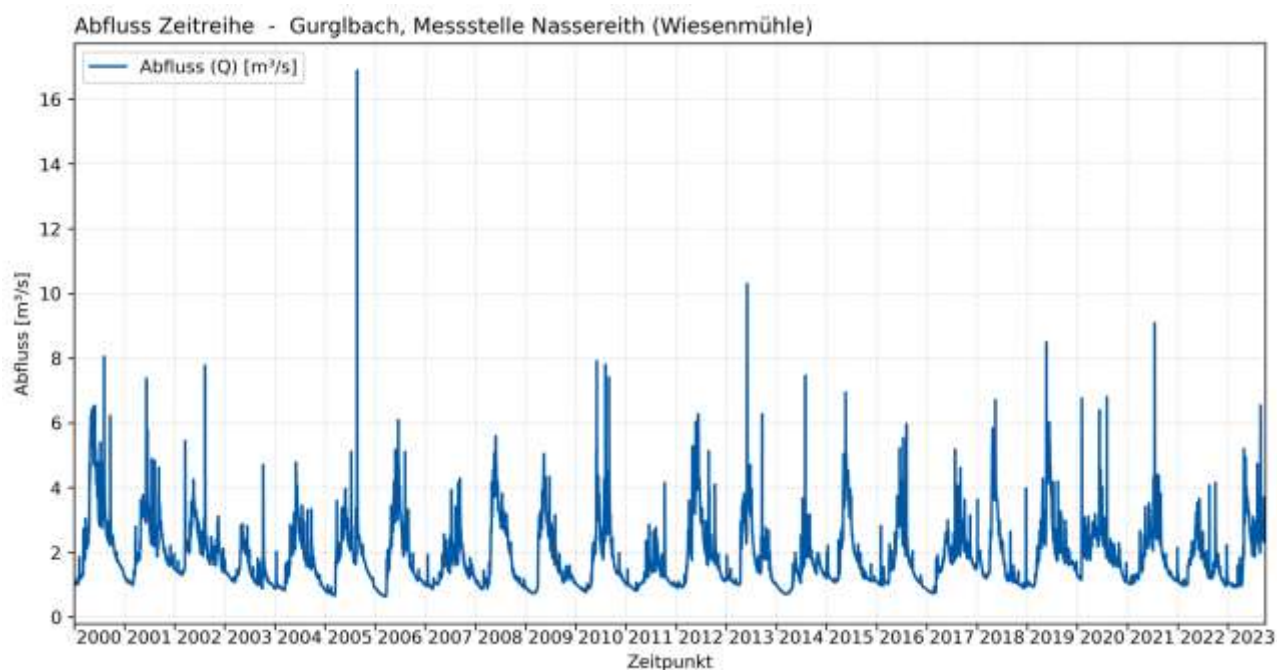


Abb. A 113: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Gurglbach, Messstelle Nassereith Wiesenmühle über den verfügbaren Zeitraum.

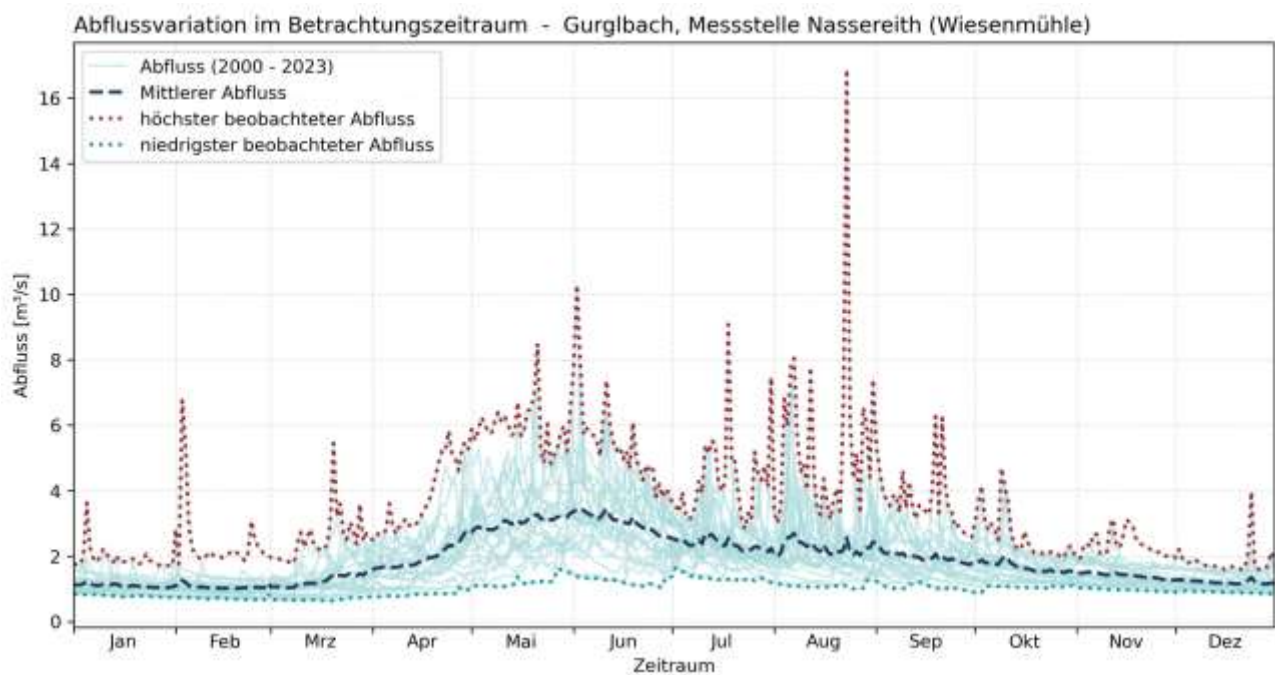


Abb. A 114: Tägliche Abflussvariation des Gurglbach(Messstelle Nassereith Wiesenmühle) im Jahresverlauf.

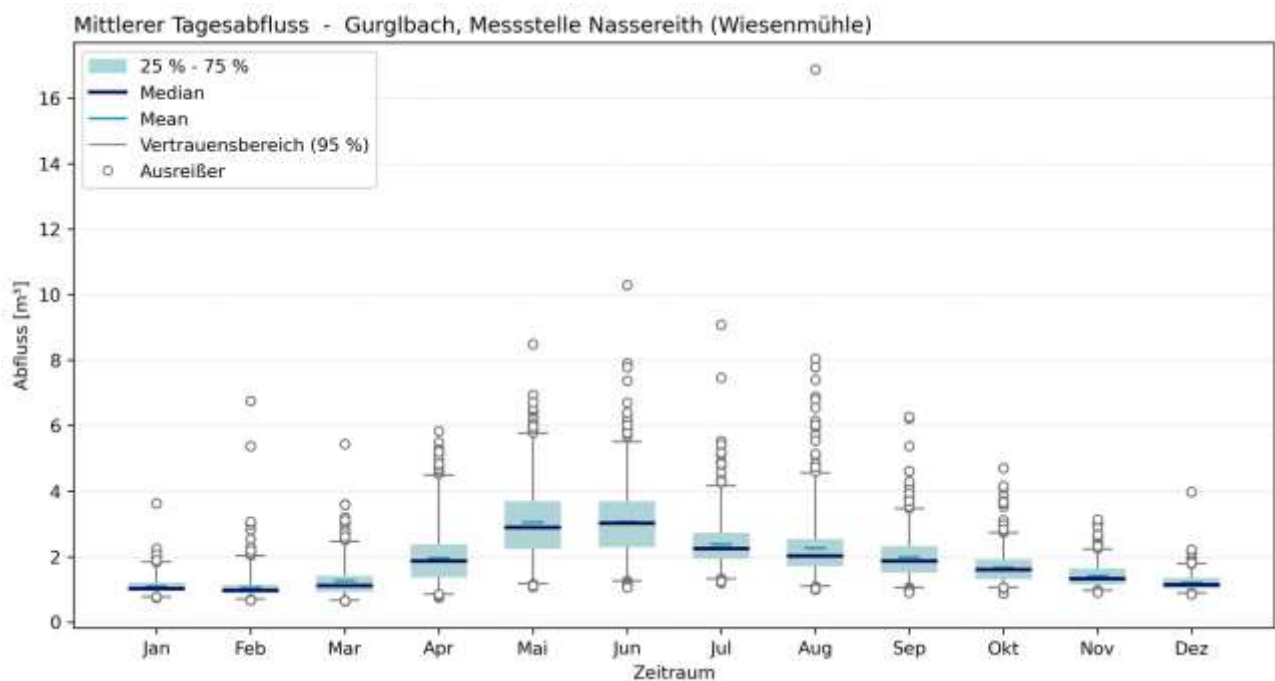


Abb. A 115: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Gurglbach (Messstelle Nassereith Wiesenmühle) als Monatswerte.

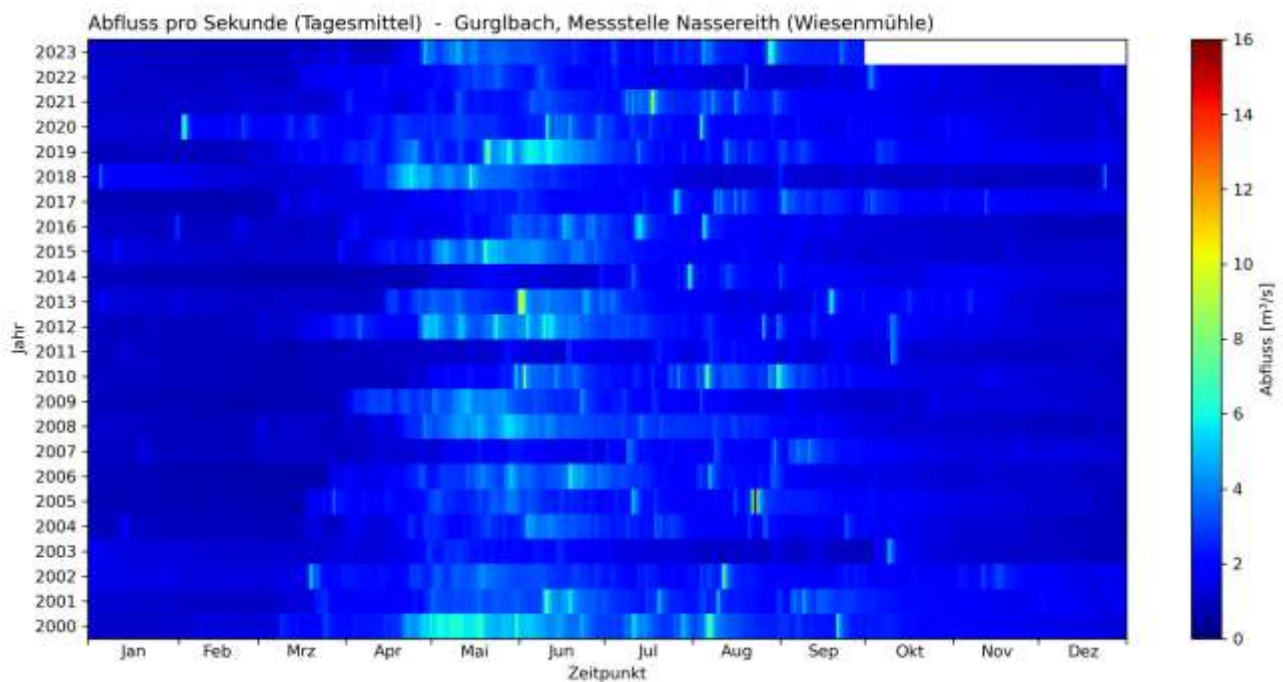


Abb. A 116: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Gurglbach, Messstelle Nassereith Wiesenmühle). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

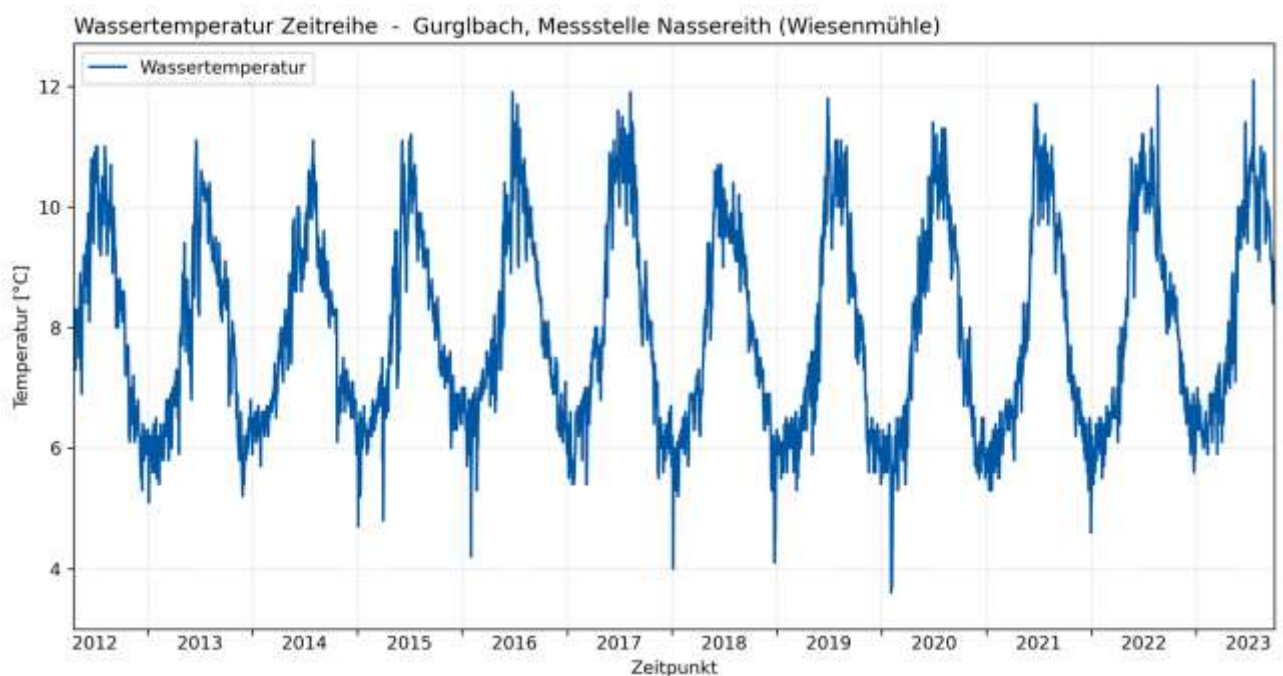


Abb. A 117: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Gurglbach (Messstelle Nassereith Wiesenmühle) über den verfügbaren Zeitraum.

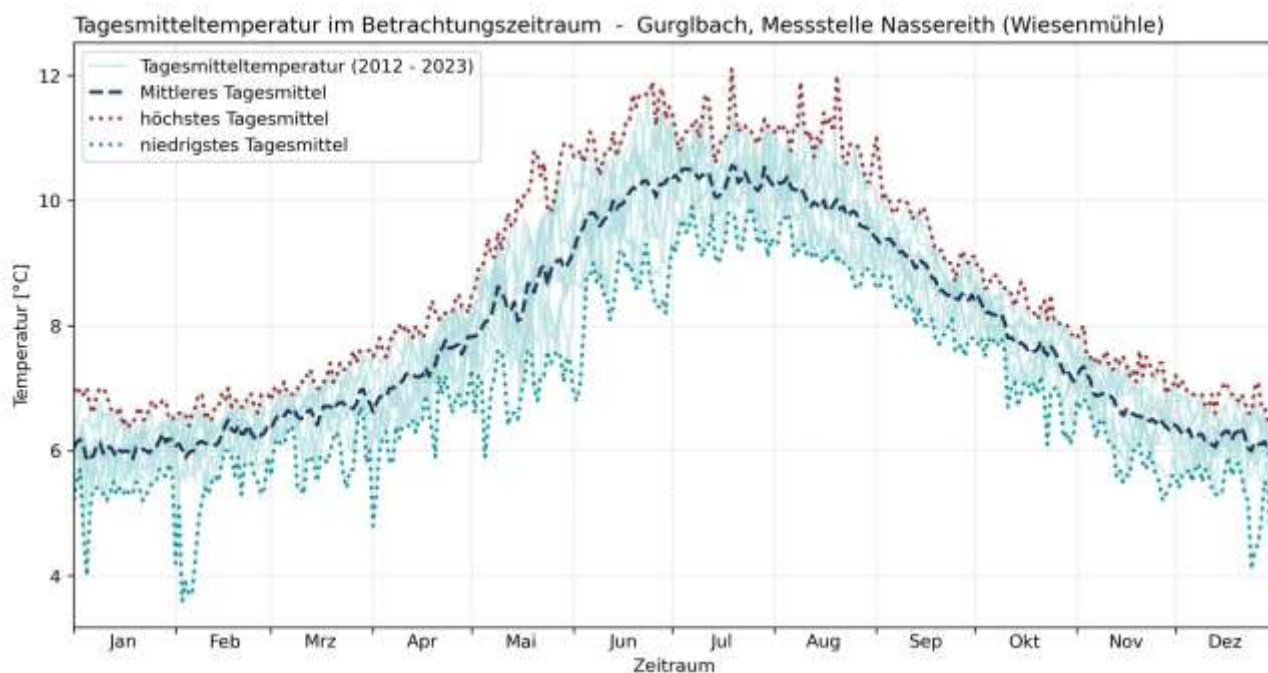


Abb. A 118: Tägliche Temperaturvariation des Gurglbach (Messstelle Nassereith Wiesenmühle) im Jahresverlauf.

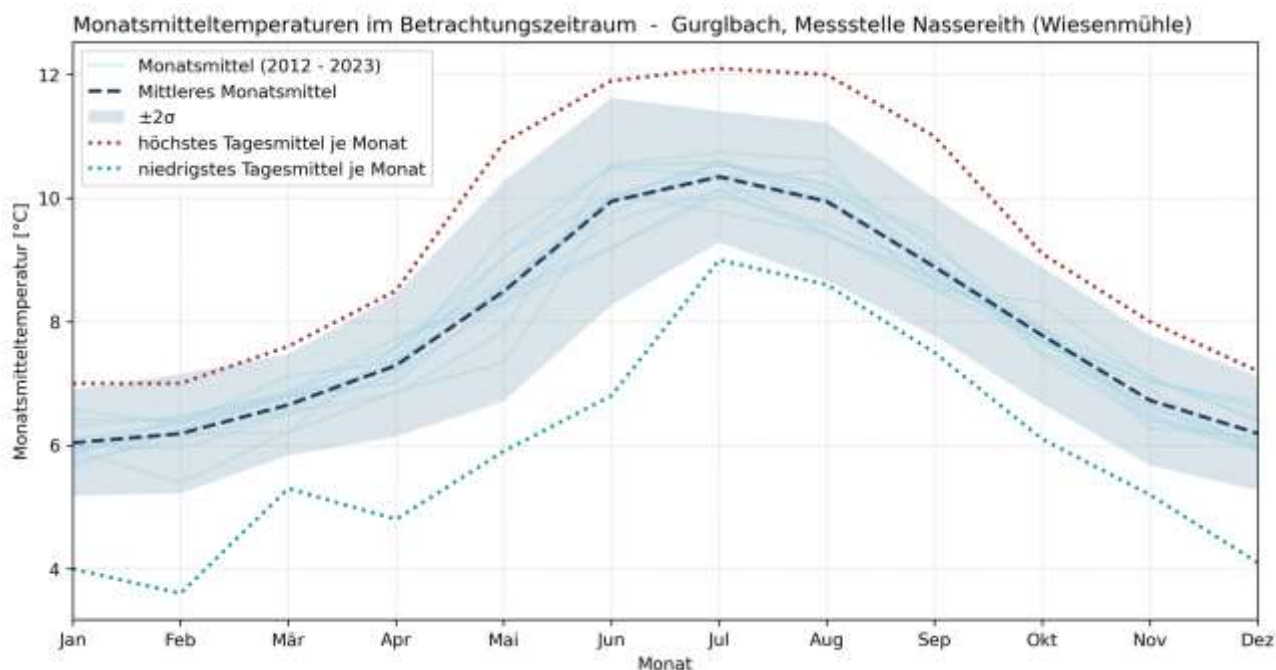


Abb. A 119: Monatsmitteltemperaturen für den Gurglbach, Messstelle Nassereith Wiesenmühle . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

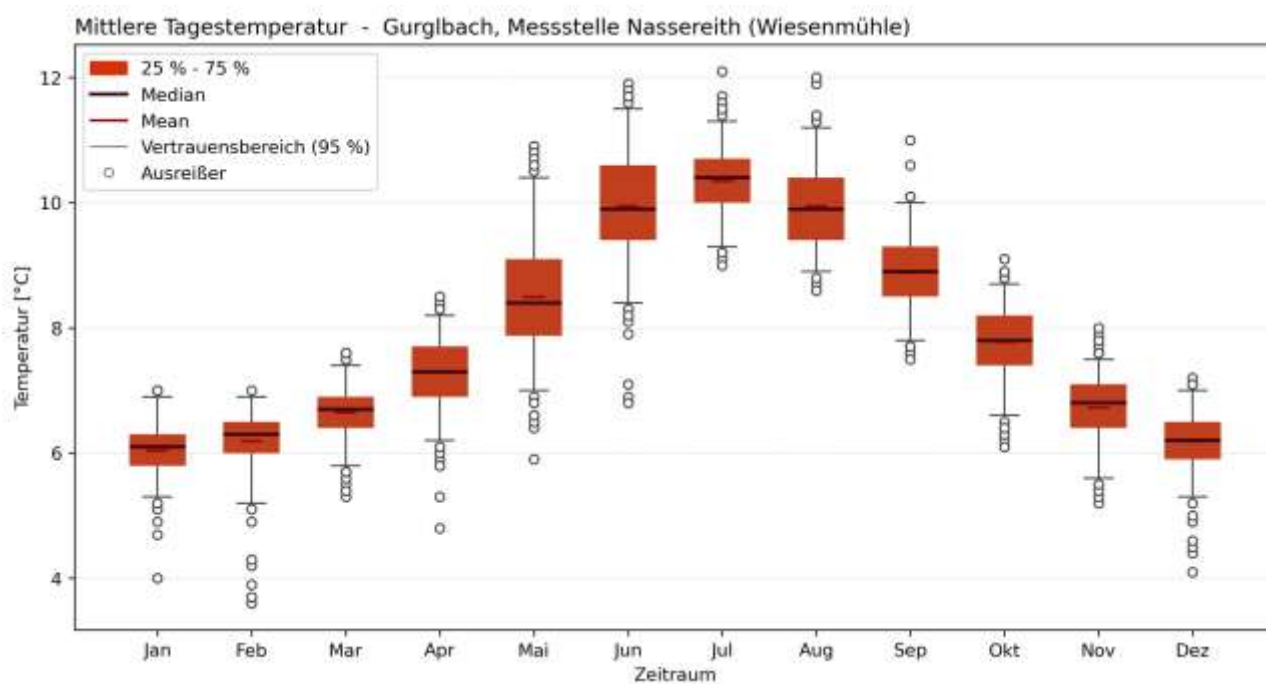


Abb. A 120: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Gurglbach (Messstelle, Nassereith Wiesenmühle).

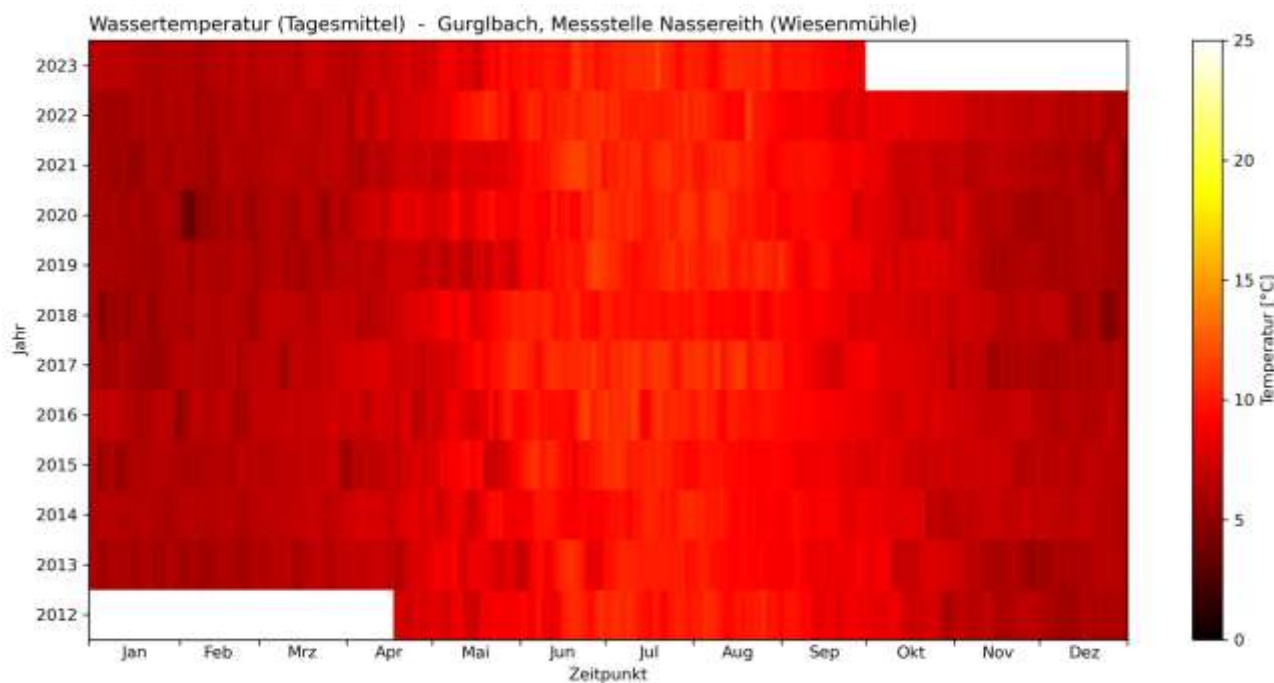


Abb. A 121: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Gurglbach (Messstelle Nassereith Wiesenmühle). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

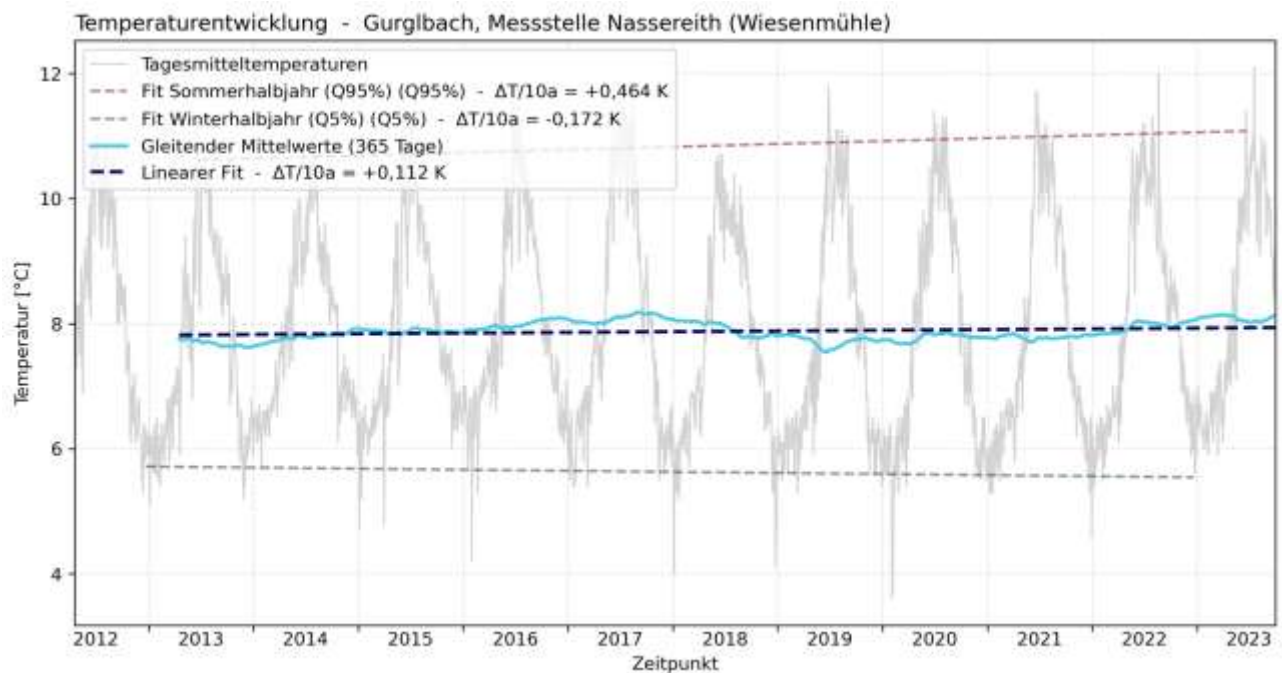


Abb. A 122: Temperaturentwicklung des Gurglbach, Messstelle Nassereith Wiesenmühle, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.12. Inn

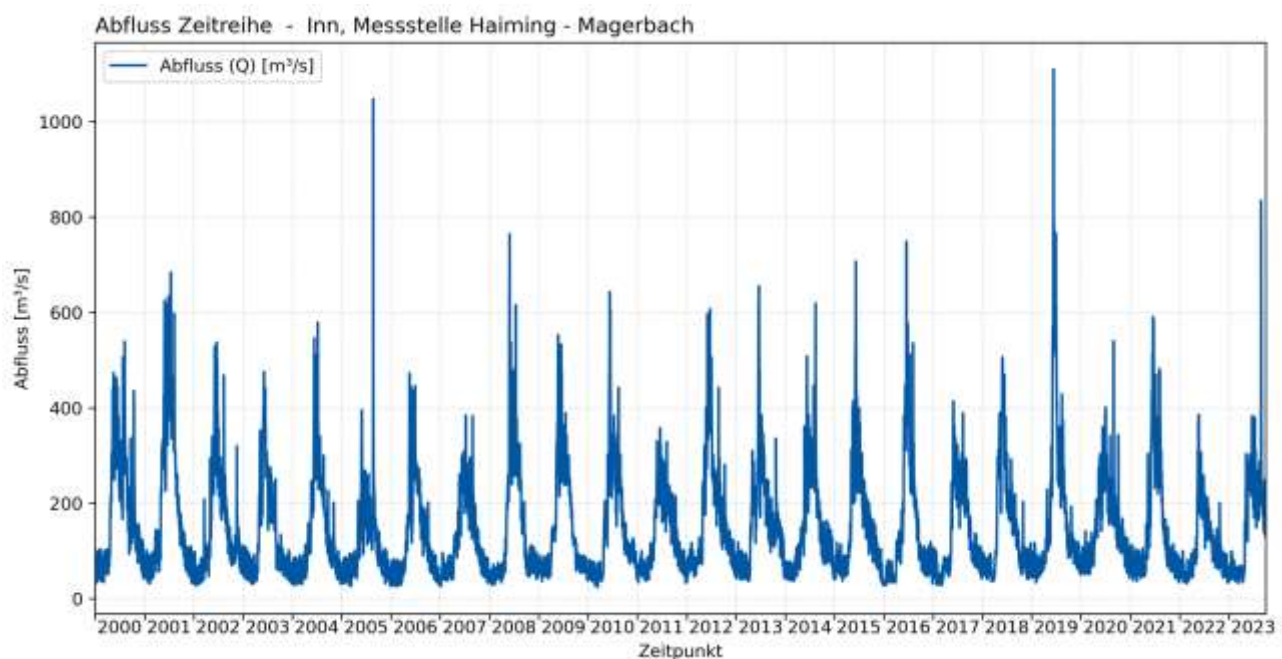


Abb. A 123: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Inn, Messstelle Haiming Magerbach über den verfügbaren Zeitraum.

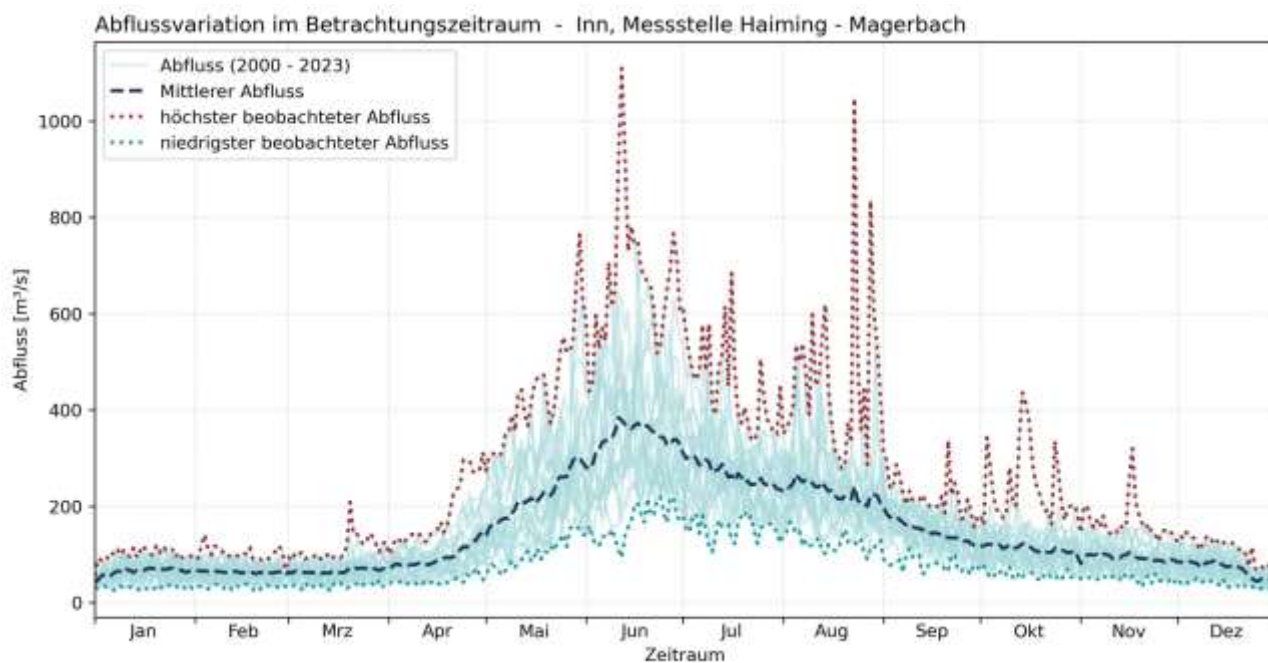


Abb. A 124: Tägliche Abflussvariation des Inn(Messstelle Haiming Magerbach) im Jahresverlauf.

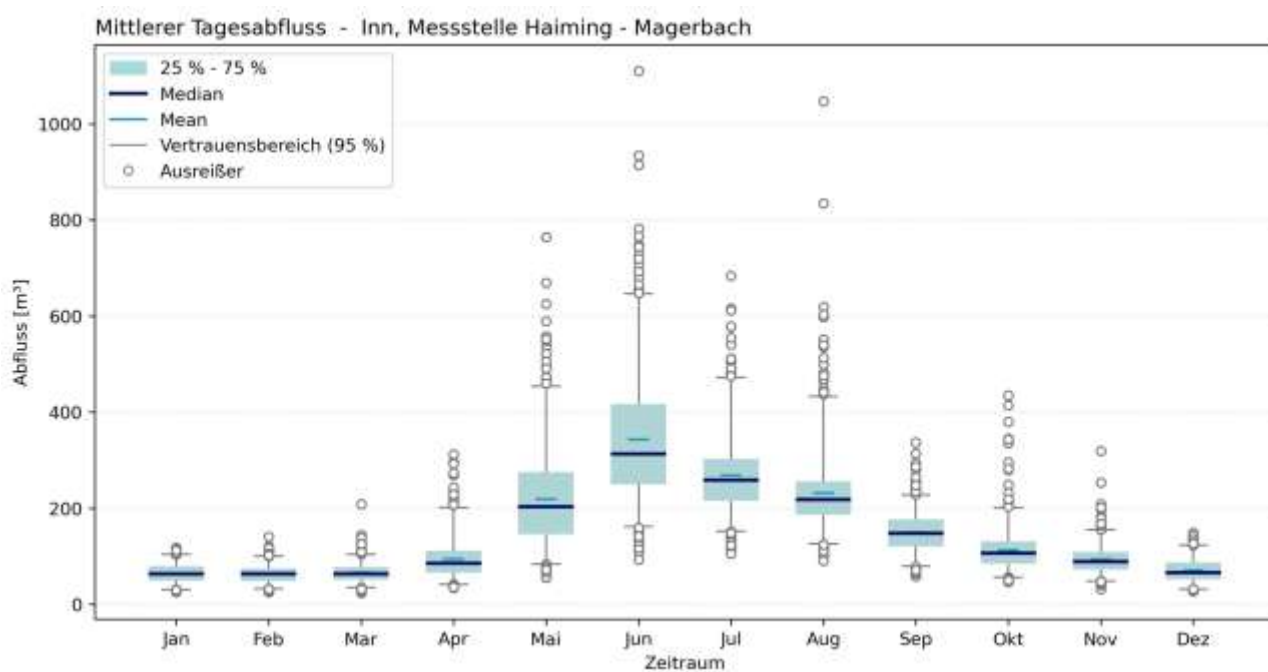


Abb. A 125: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Inn (Messstelle Haiming Magerbach) als Monatswerte.

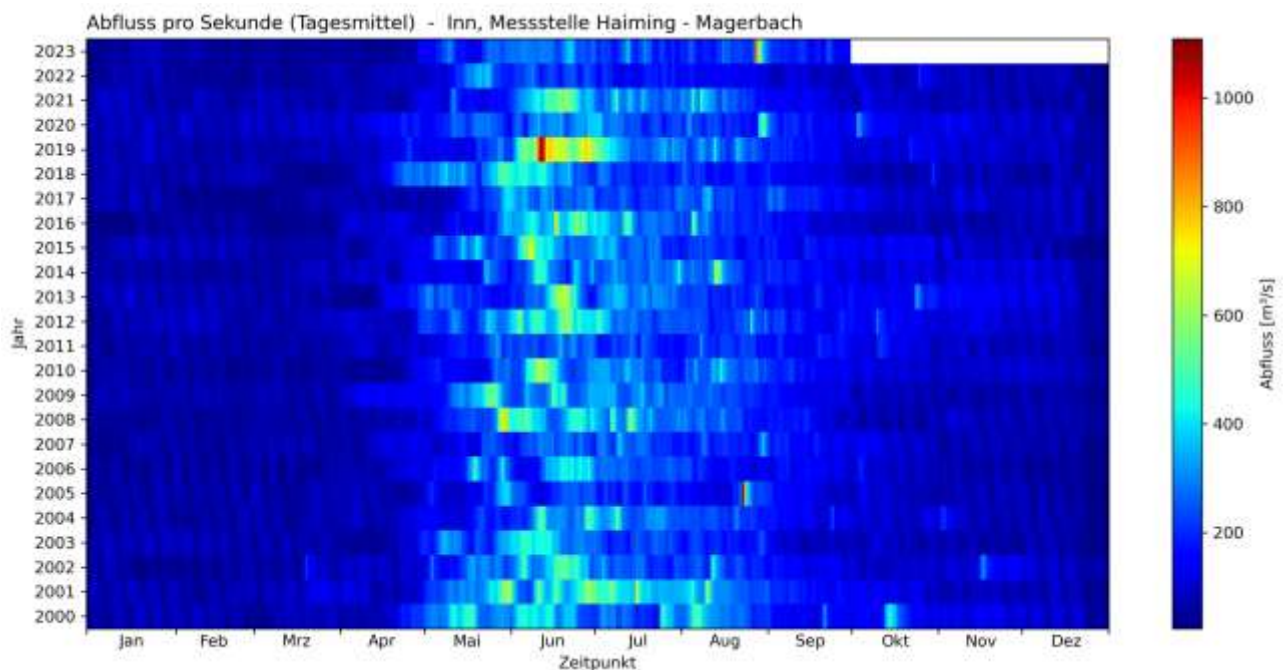


Abb. A 126: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Inn, Messstelle Haiming Magerbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

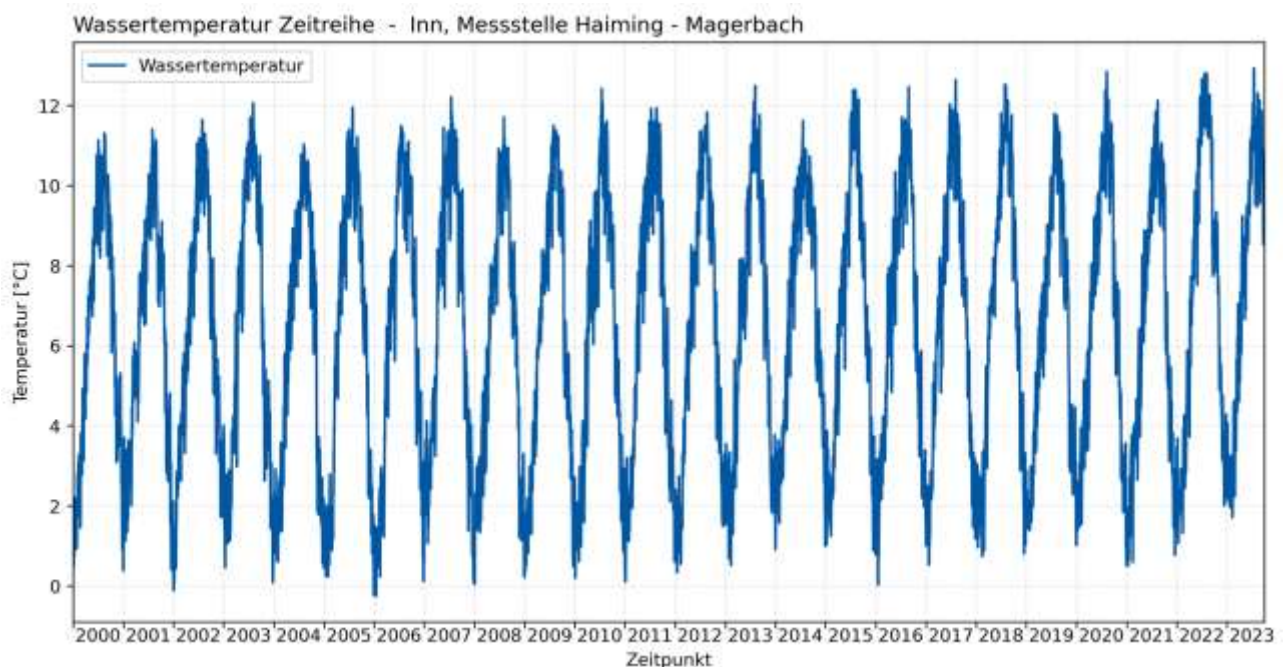


Abb. A 127: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Haiming Magerbach) über den verfügbaren Zeitraum.

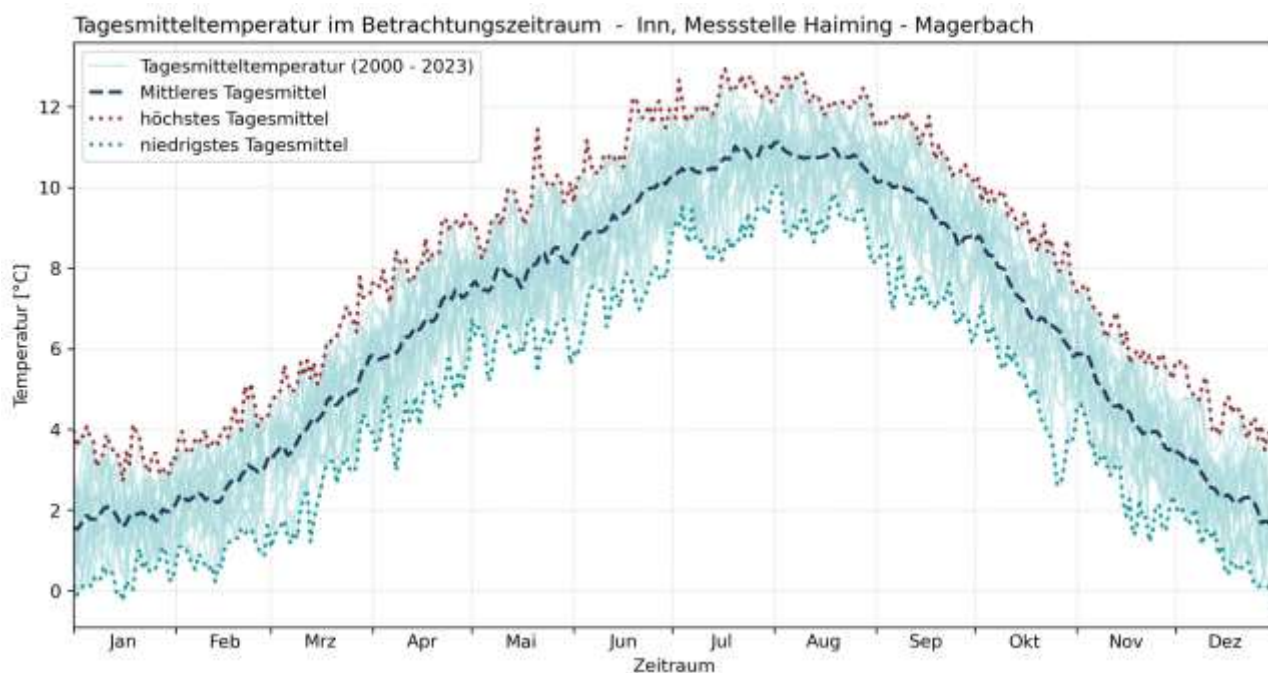


Abb. A 128: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Haiming Magerbach) im Jahresverlauf.

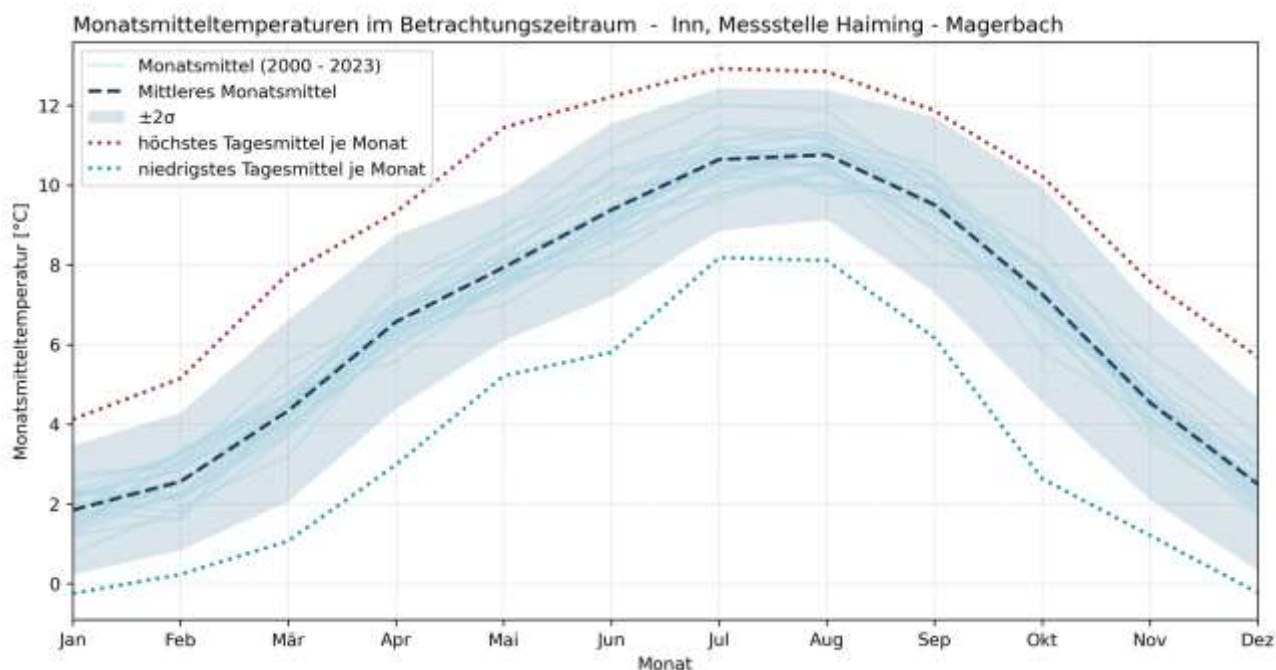


Abb. A 129: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Haiming Magerbach. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

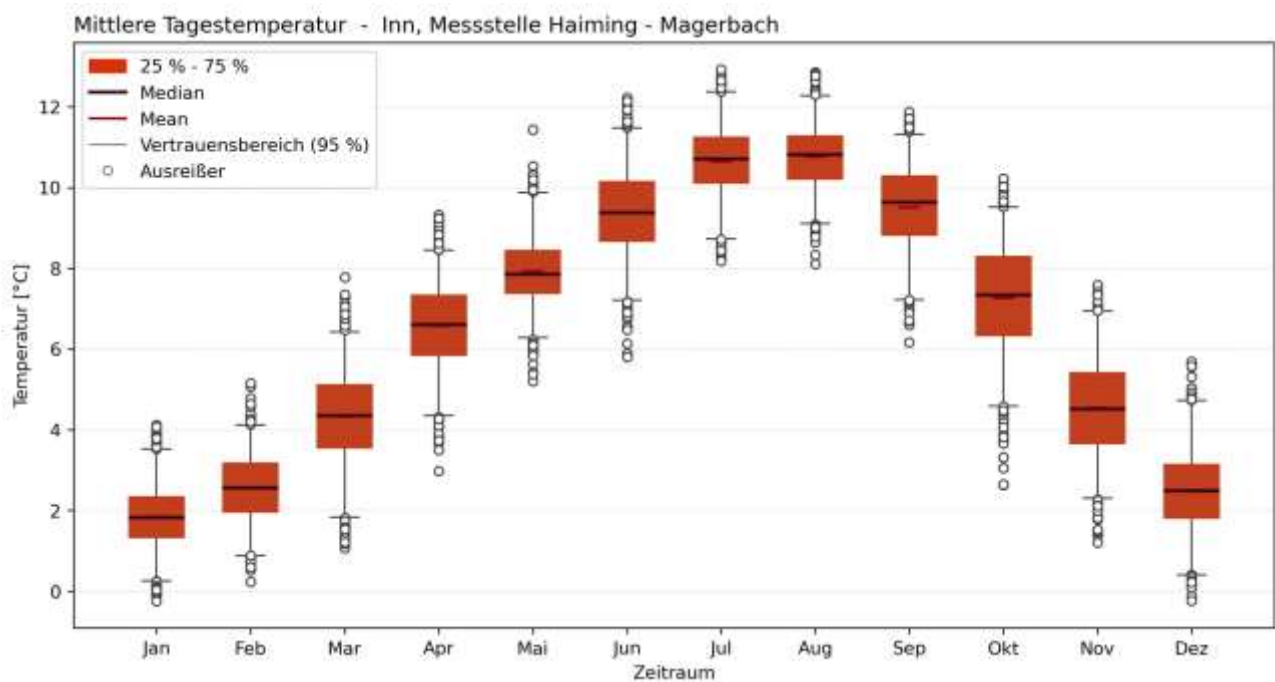


Abb. A 130: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Haiming Magerbach).

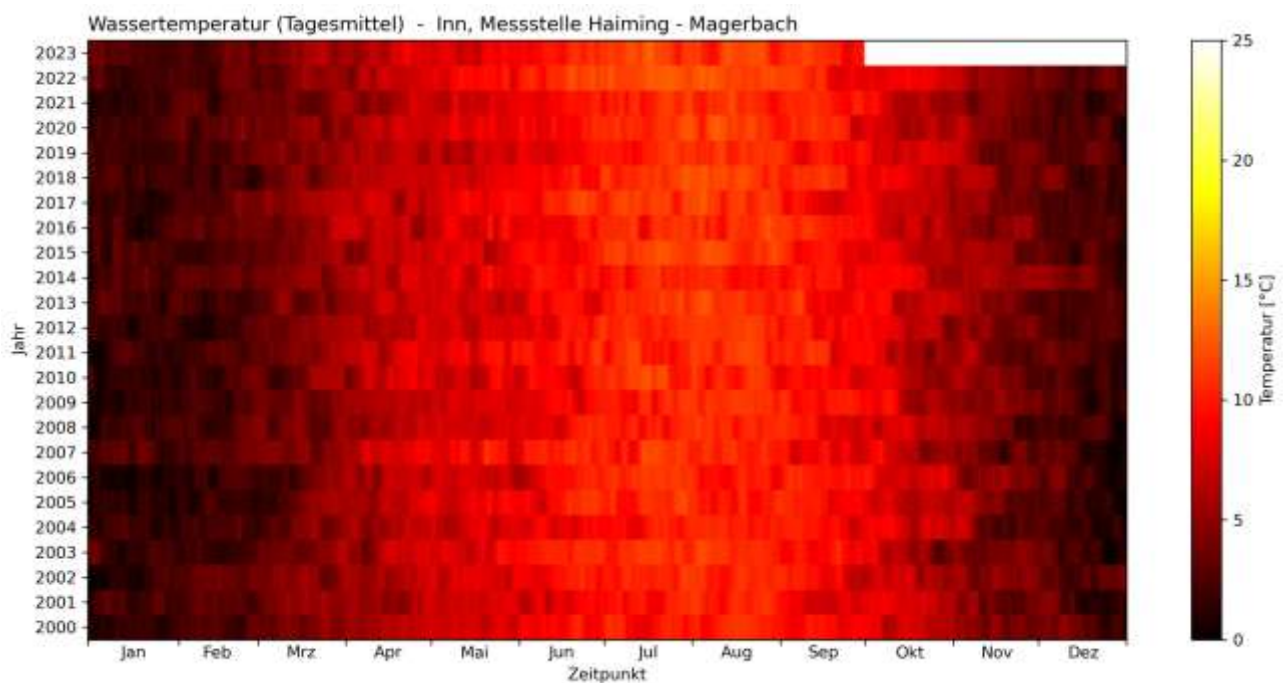


Abb. A 131: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Haiming Magerbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

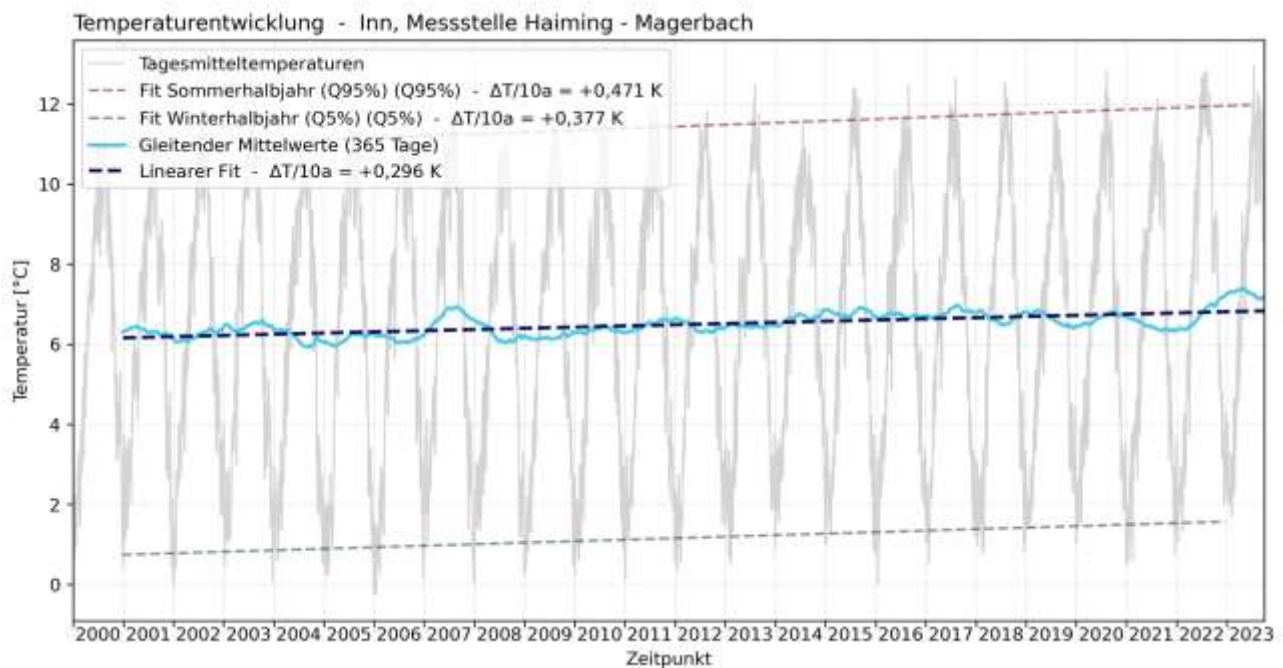


Abb. A 132: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Haiming Magerbach, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

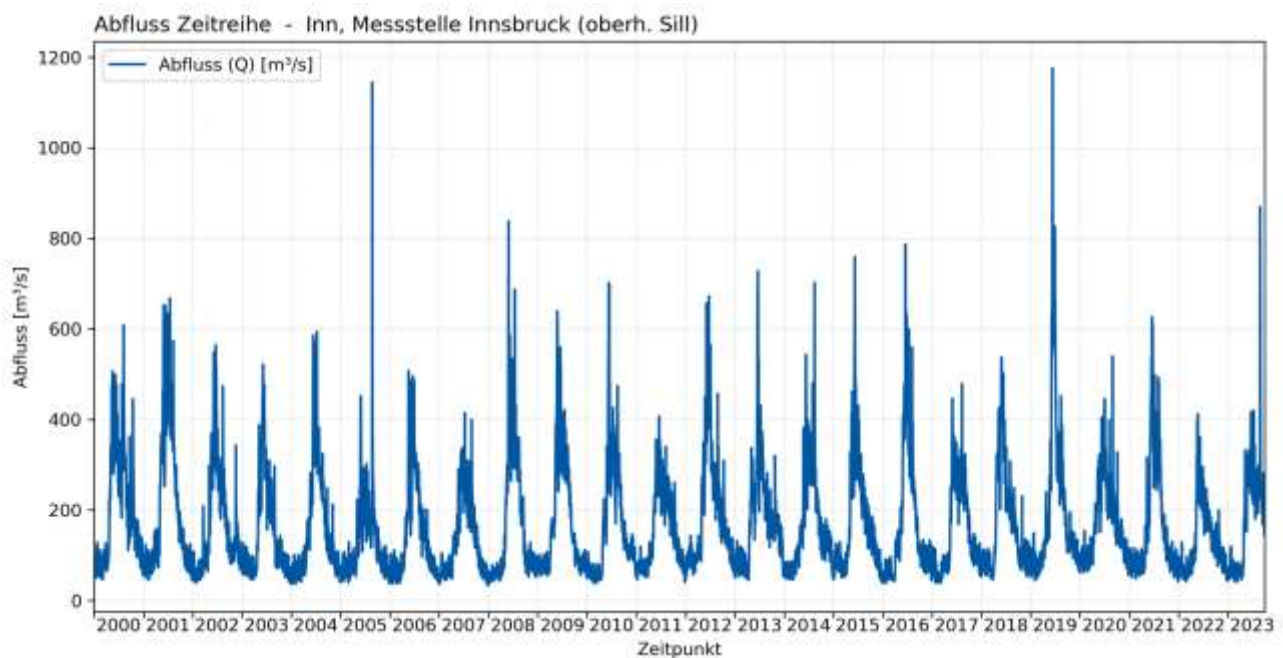


Abb. A 133: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Inn, Messstelle Innsbruck oberh Sill über den verfügbaren Zeitraum.

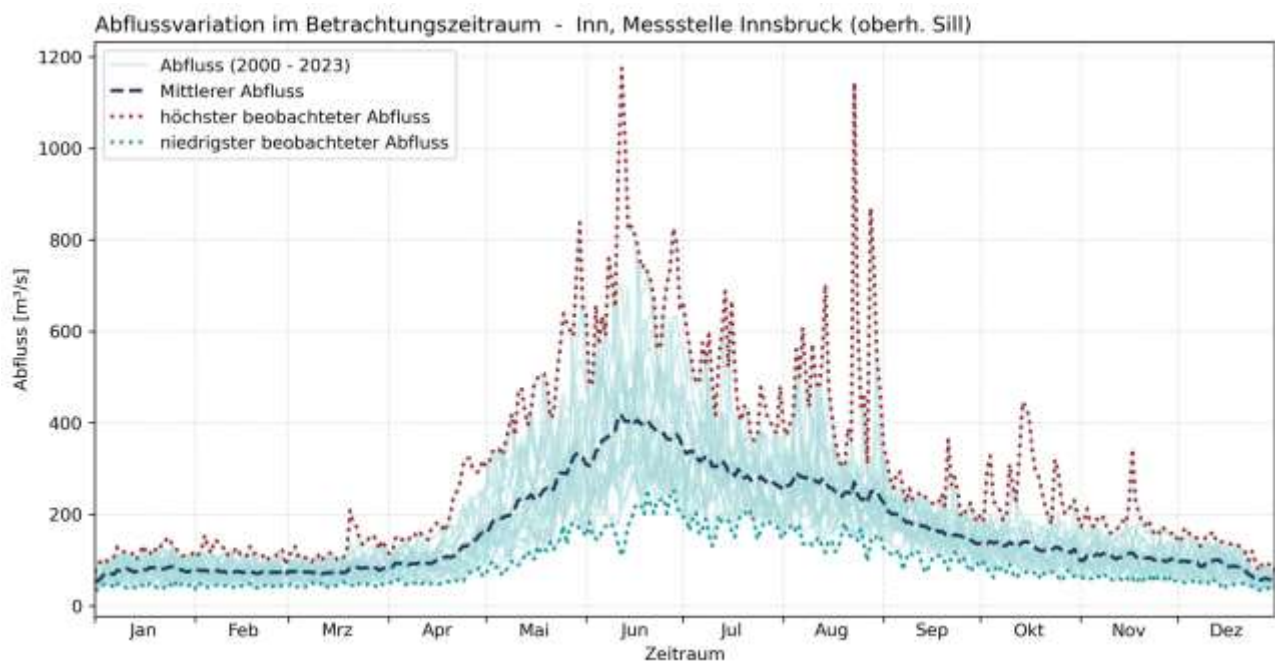


Abb. A 134: Tägliche Abflussvariation des Inn (Messstelle Innsbruck oberh Sill) im Jahresverlauf.

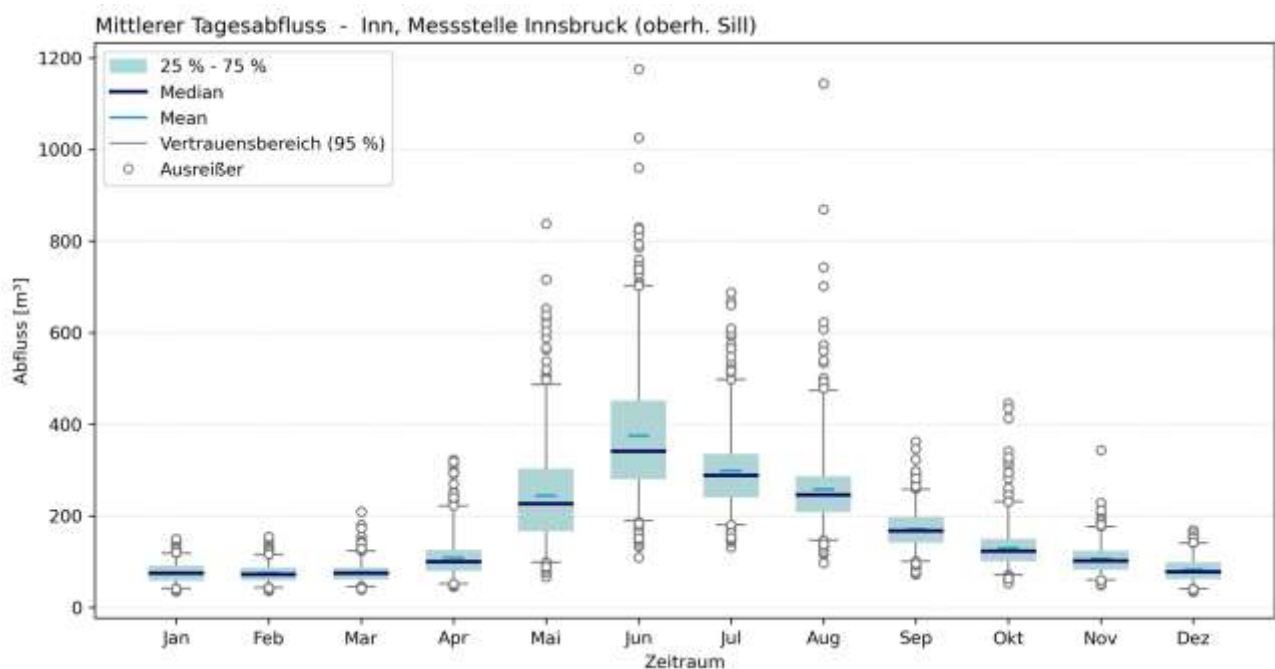


Abb. A 135: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Inn (Messstelle Innsbruck oberh Sill) als Monatswerte.

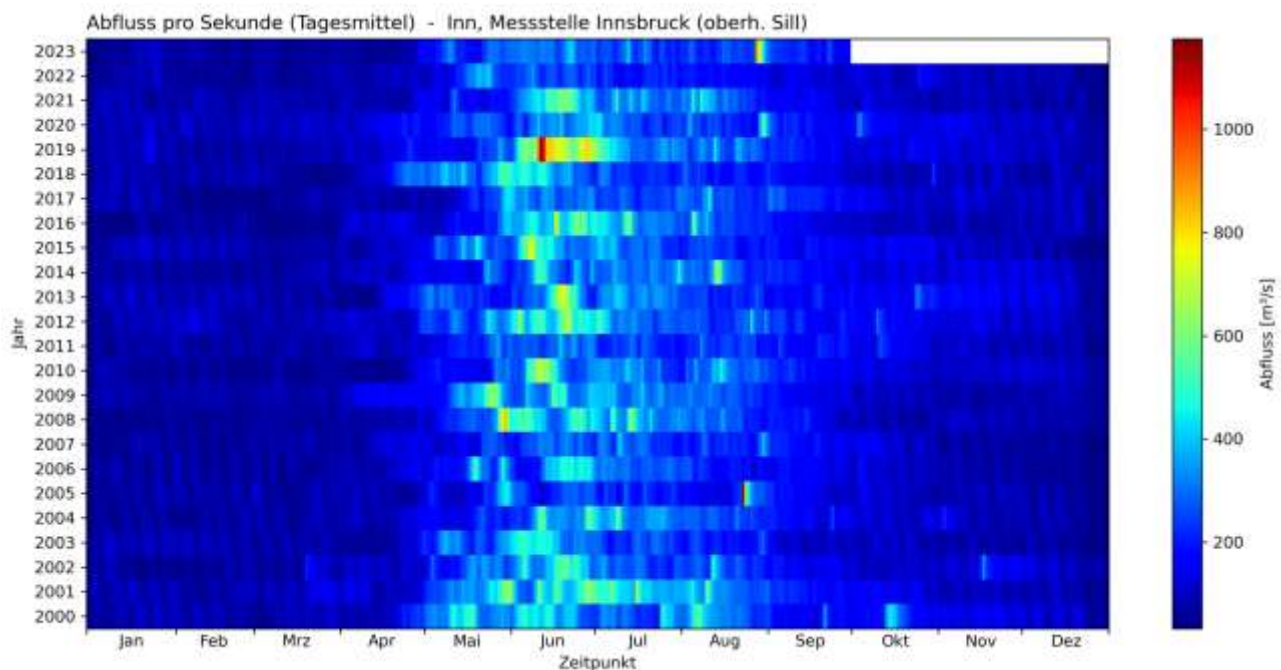


Abb. A 136: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Inn, Messstelle Innsbruck oberh Sill). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

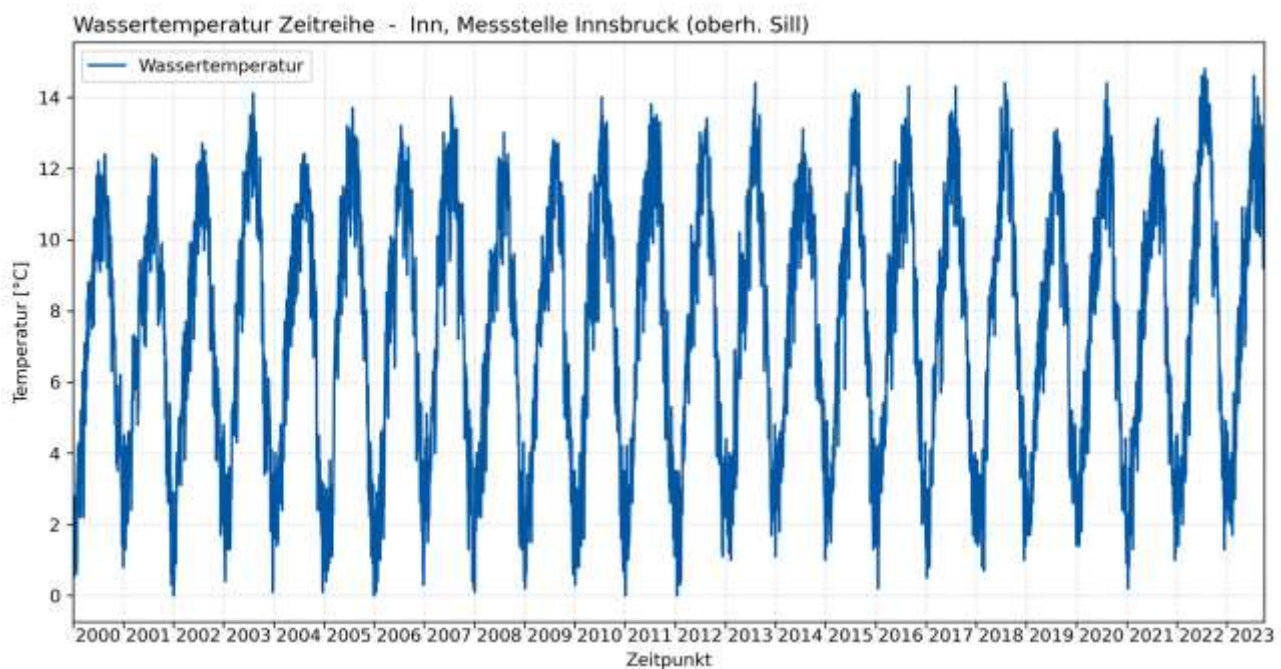


Abb. A 137: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Innsbruck oberh Sill) über den verfügbaren Zeitraum.

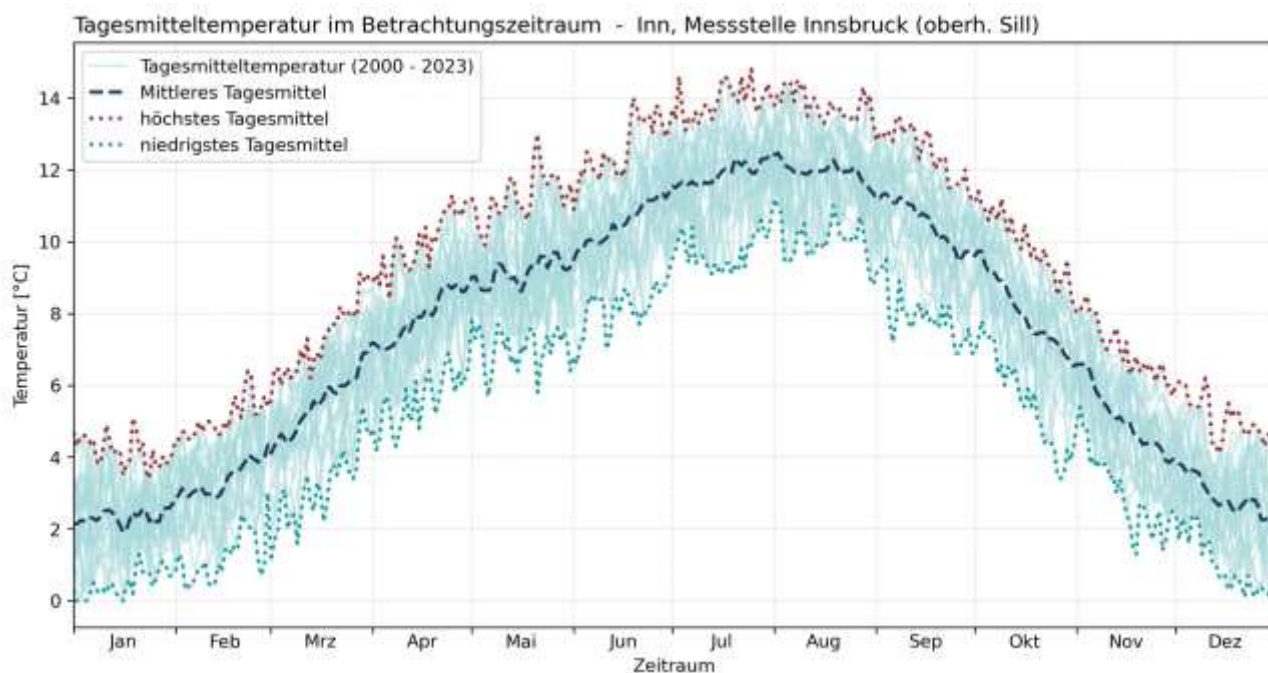


Abb. A 138: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Innsbruck oberh Sill) im Jahresverlauf.

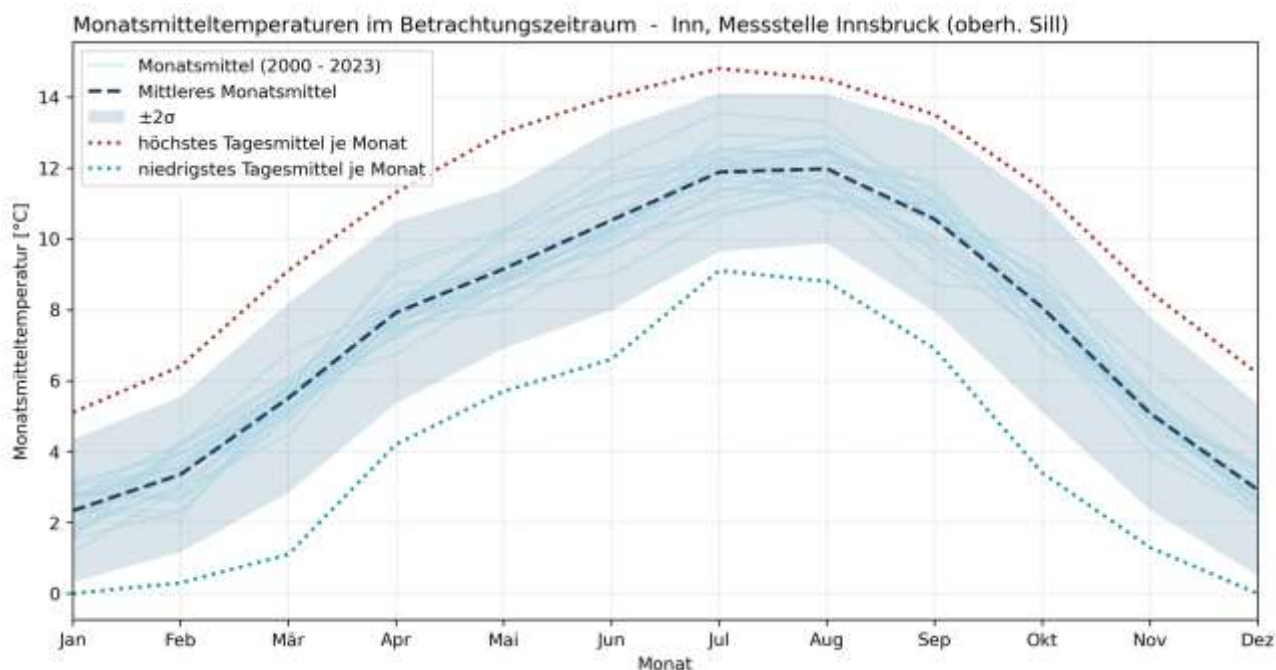


Abb. A 139: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Innsbruck oberh Sill . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

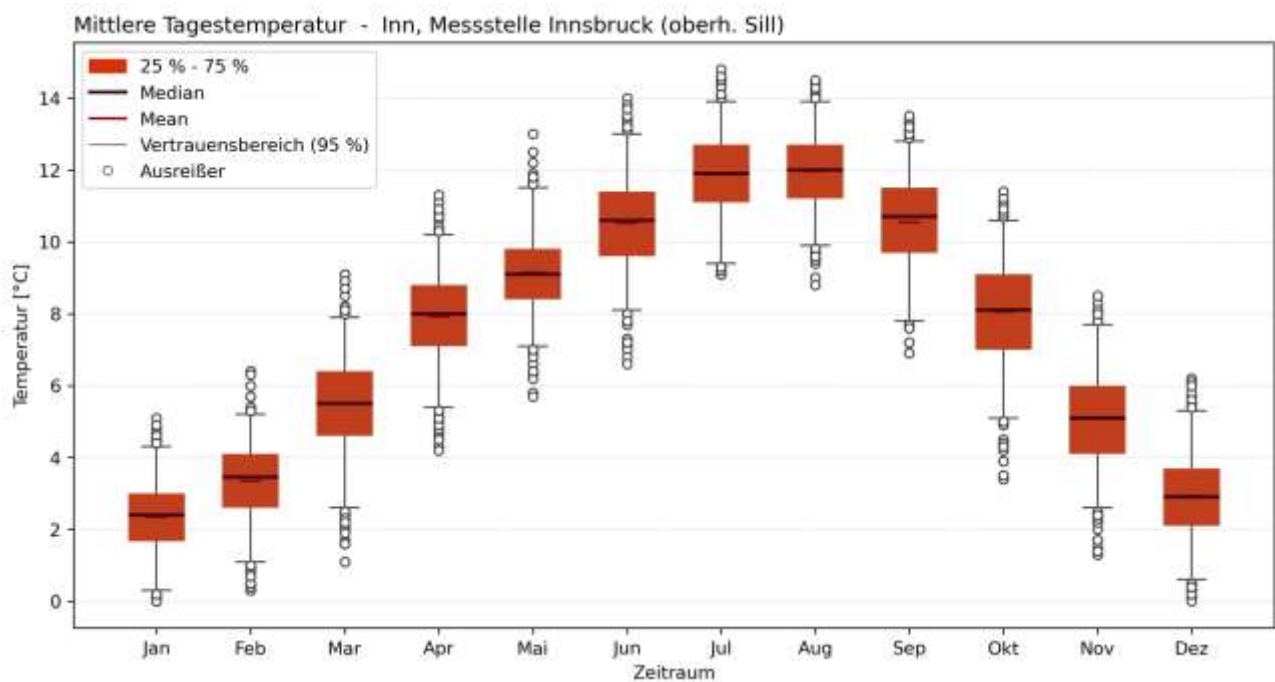


Abb. A 140: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Innsbruck oberh Sill).

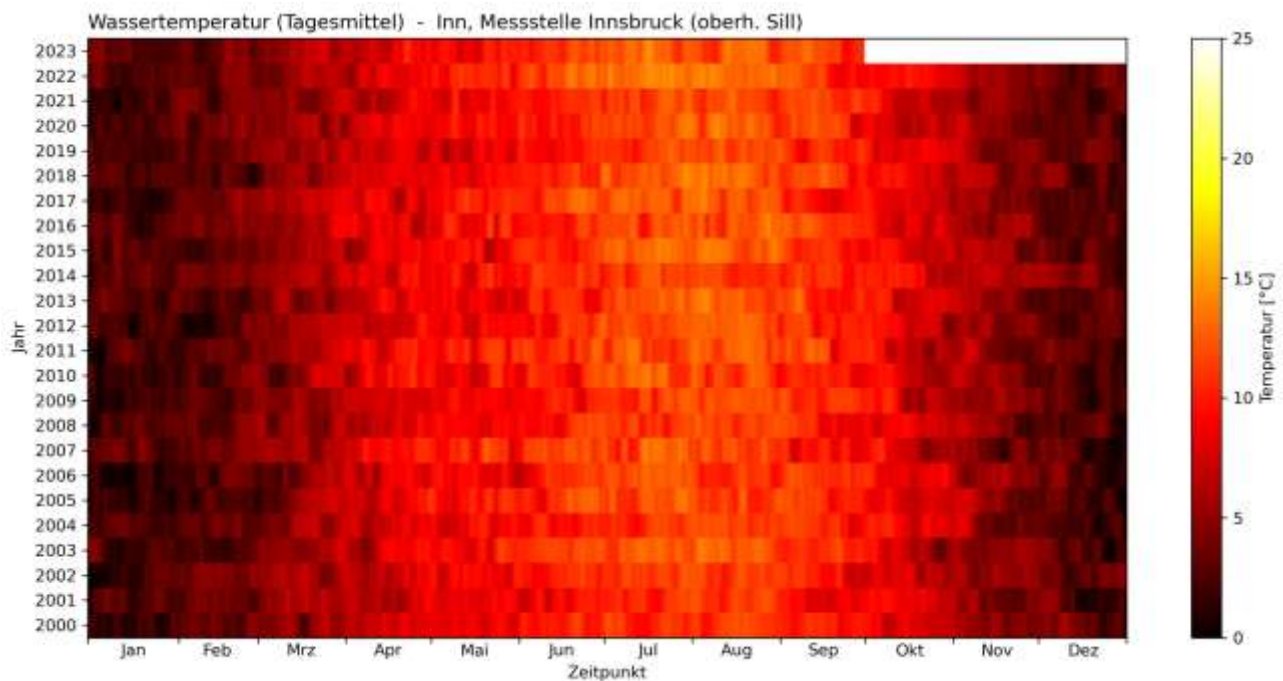


Abb. A 141: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Innsbruck oberh Sill). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

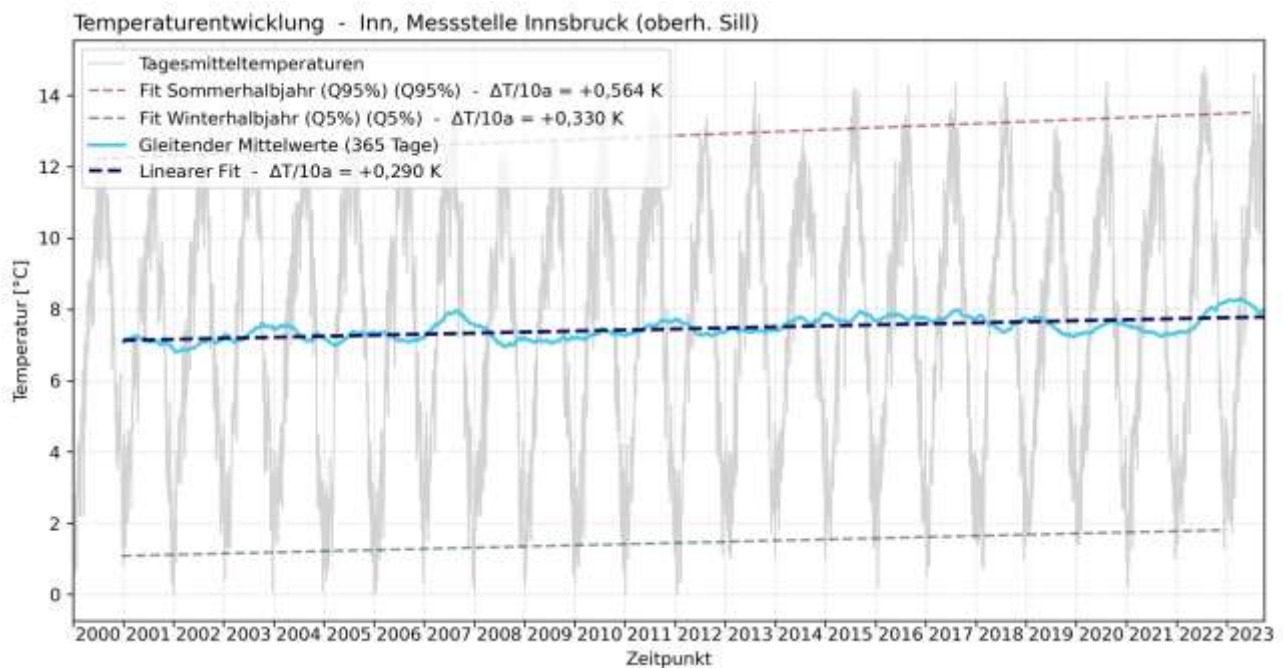


Abb. A 142: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Innsbruck oberh Sill , basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

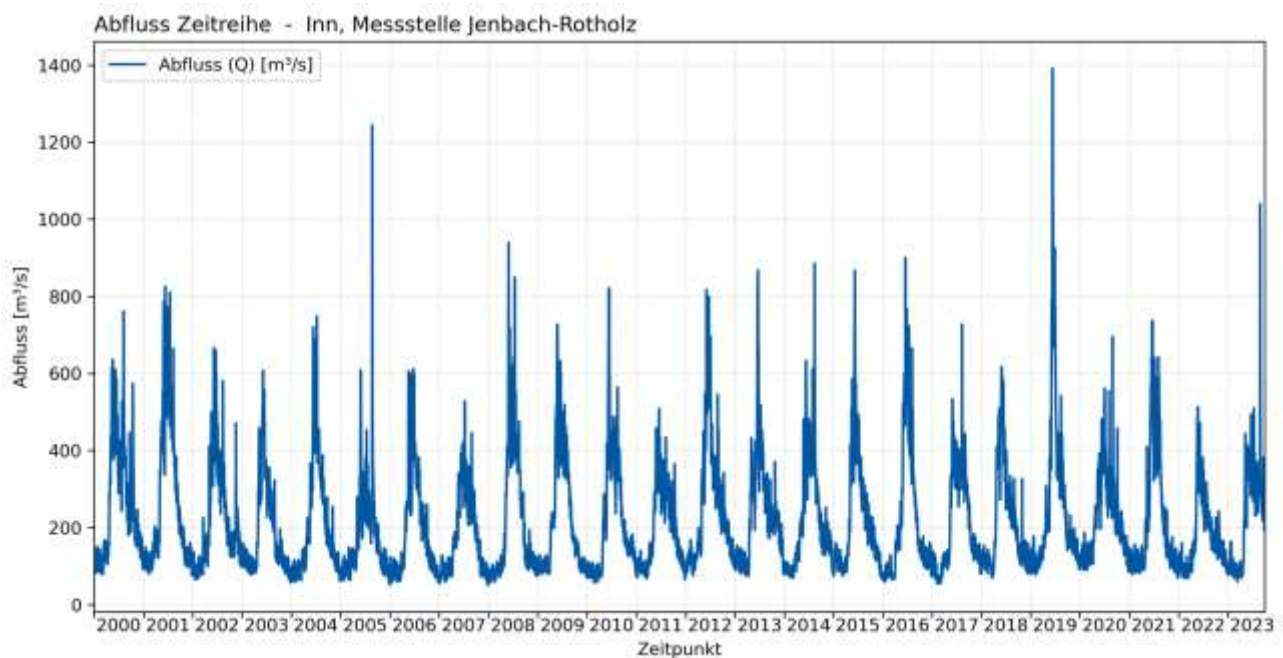


Abb. A 143: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Inn, Messstelle Jenbach Rotholz über den verfügbaren Zeitraum.

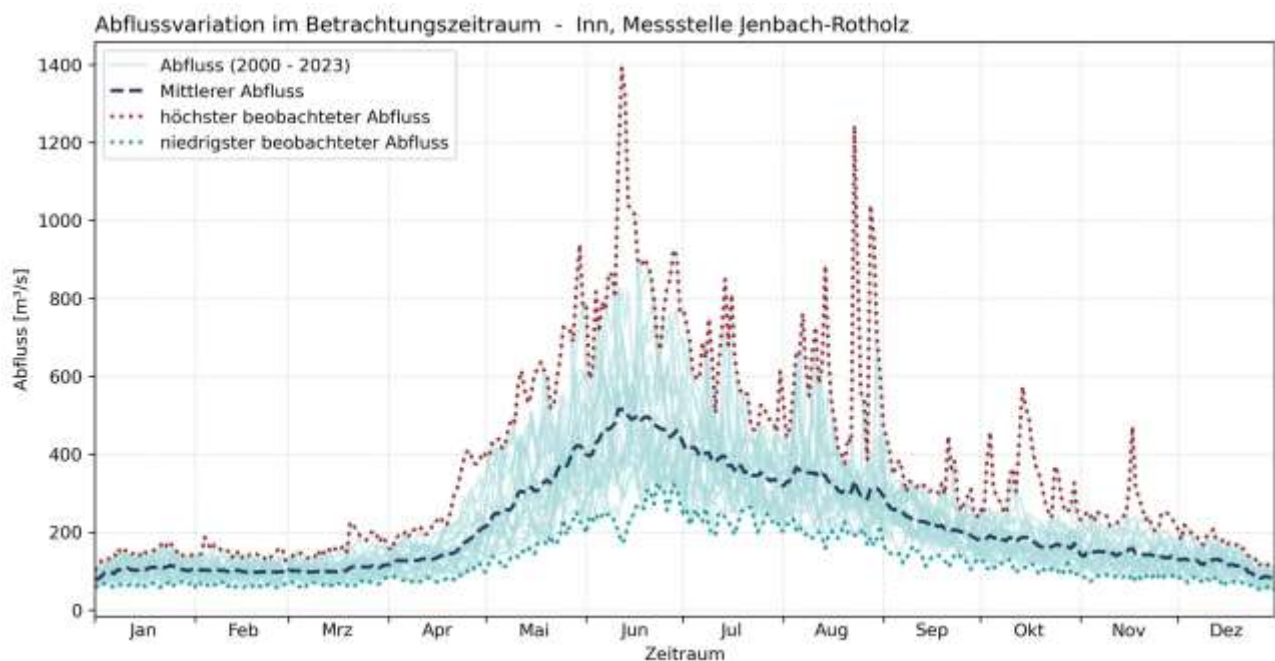


Abb. A 144: Tägliche Abflussvariation des Inn(Messstelle Jenbach Rotholz) im Jahresverlauf.

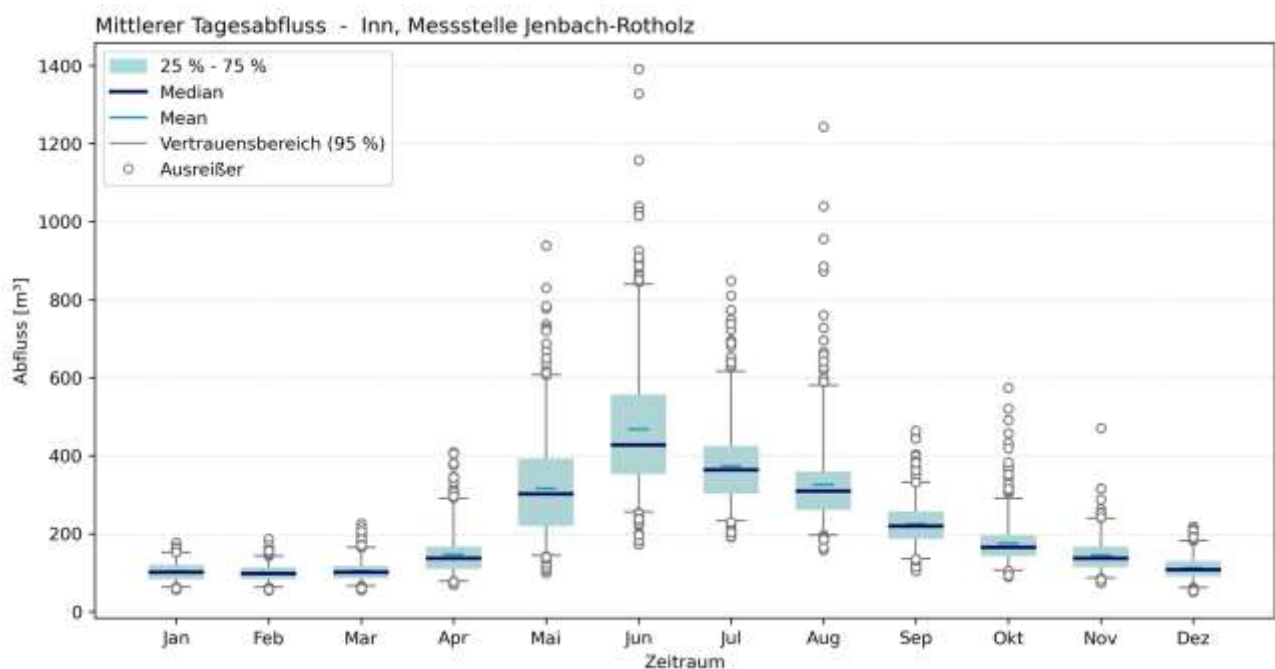


Abb. A 145: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Inn (Messstelle Jenbach Rotholz) als Monatswerte.

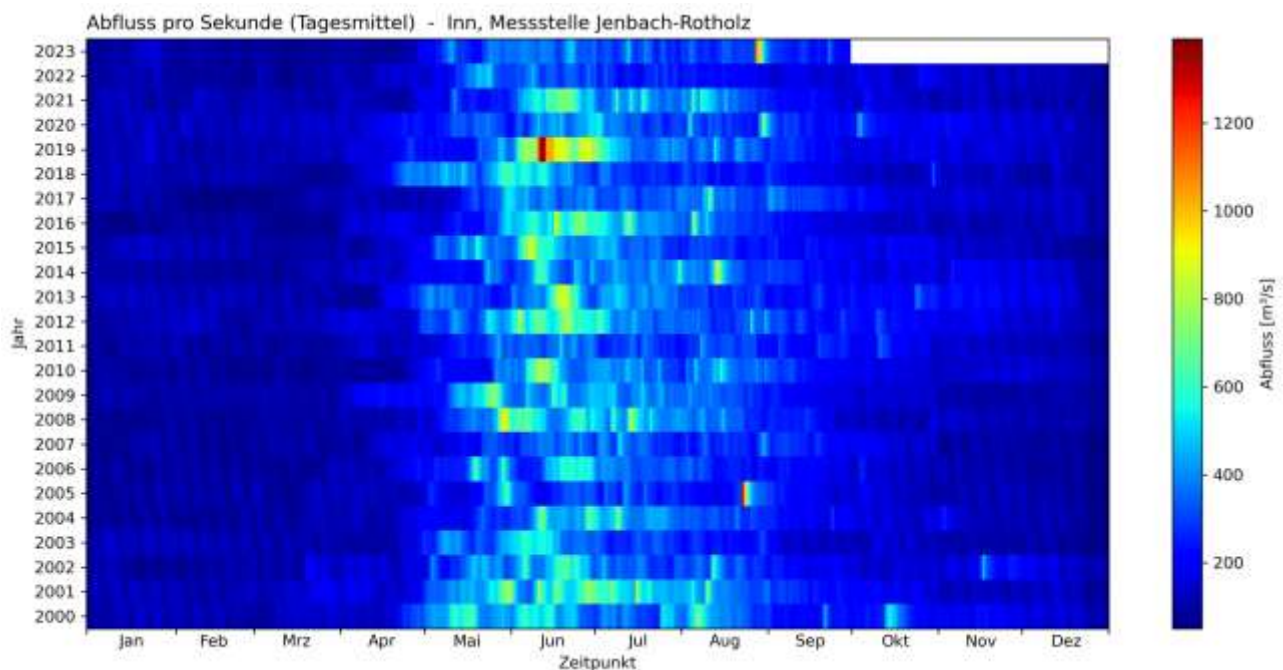


Abb. A 146: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Inn, Messstelle Jenbach Rotholz). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

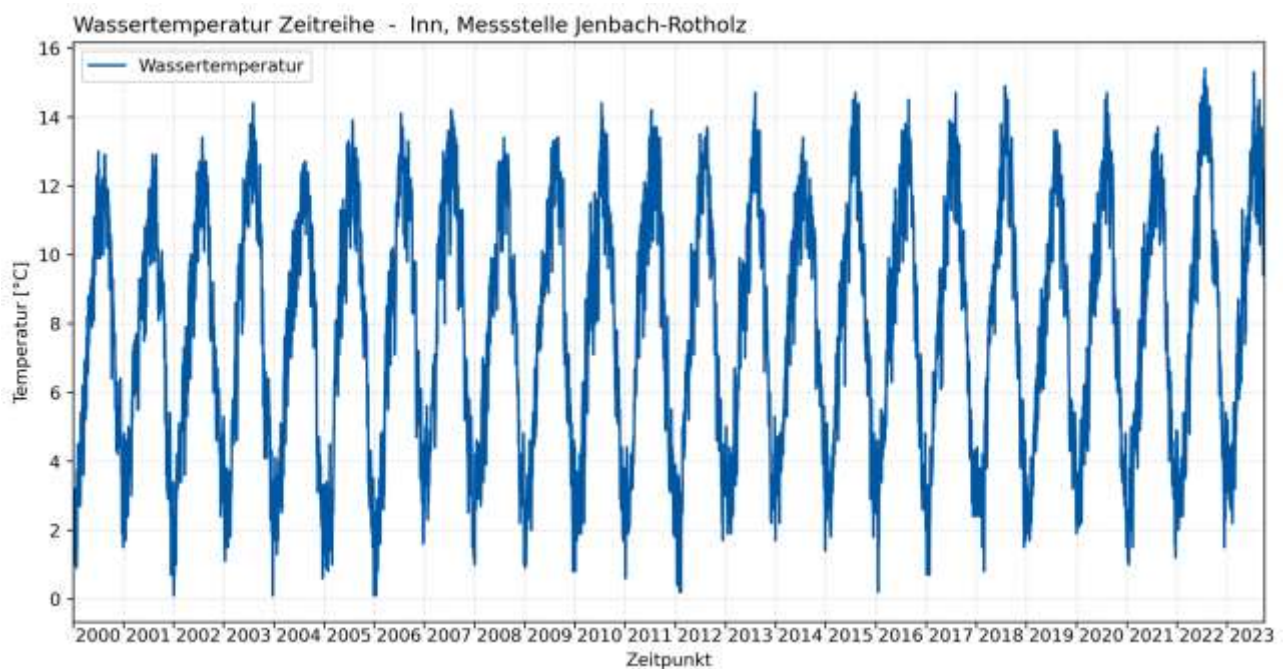


Abb. A 147: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Jenbach Rotholz) über den verfügbaren Zeitraum.

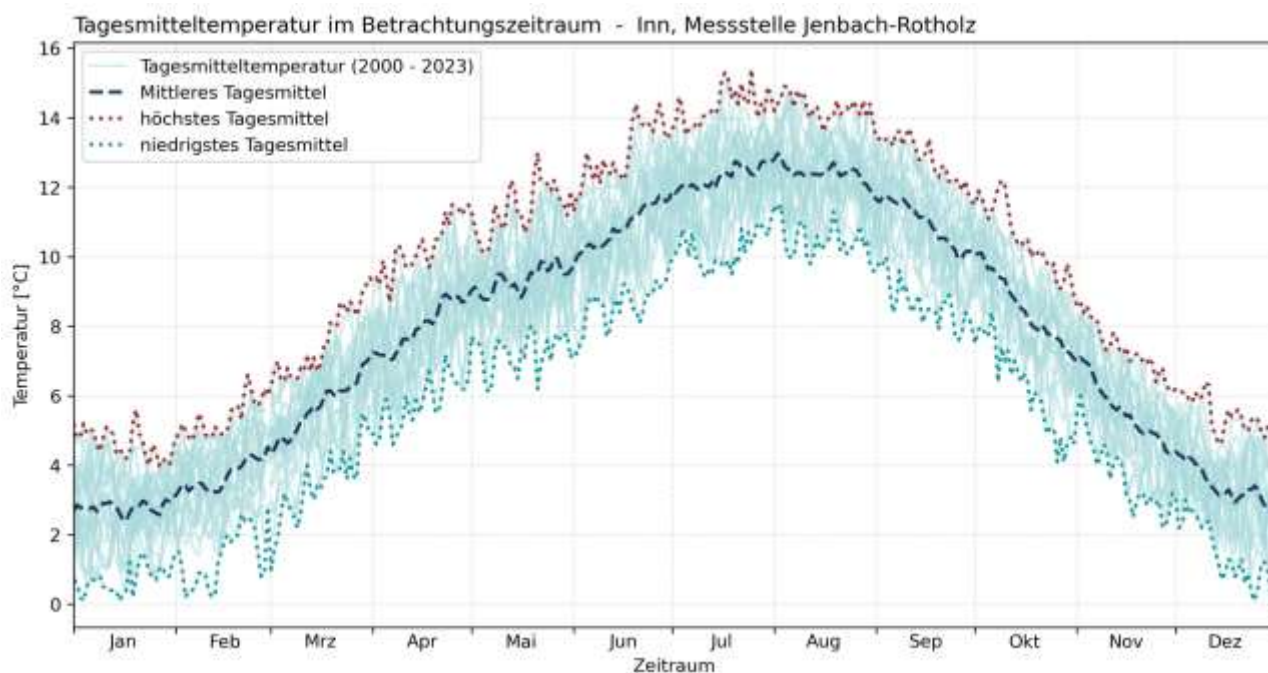


Abb. A 148: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Jenbach Rotholz) im Jahresverlauf.

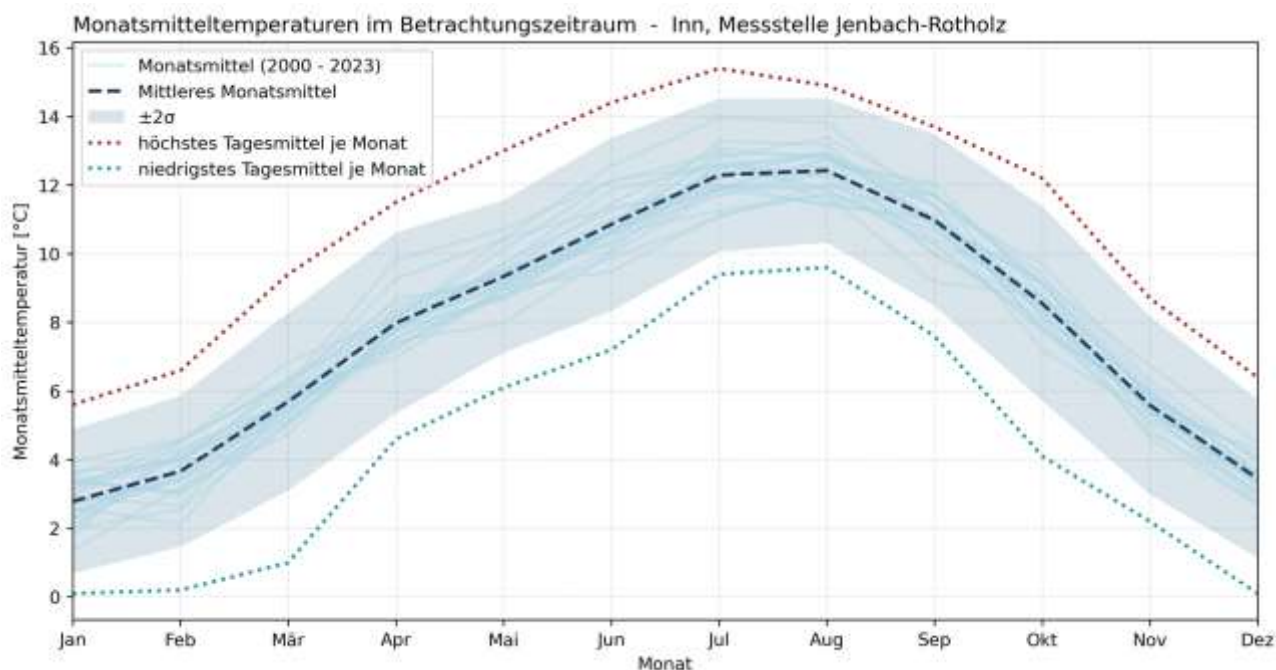


Abb. A 149: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Jenbach Rotholz. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

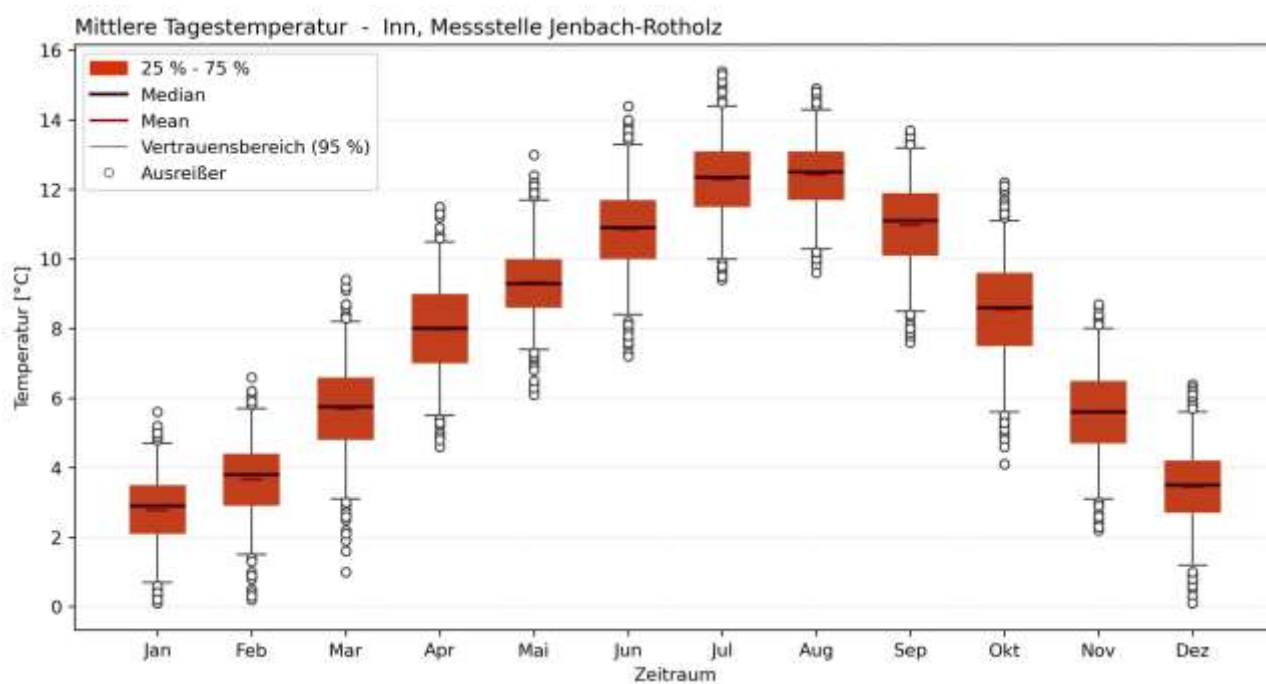


Abb. A 150: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Jenbach Rotholz).

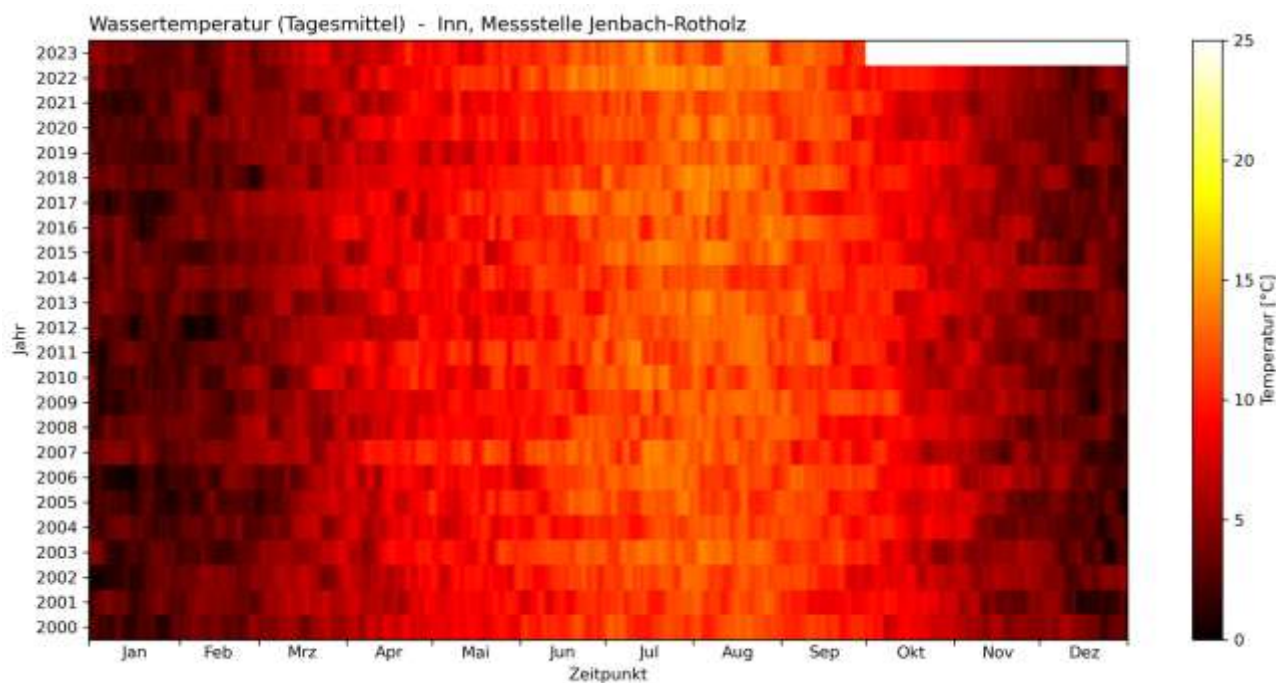


Abb. A 151: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Jenbach Rotholz). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

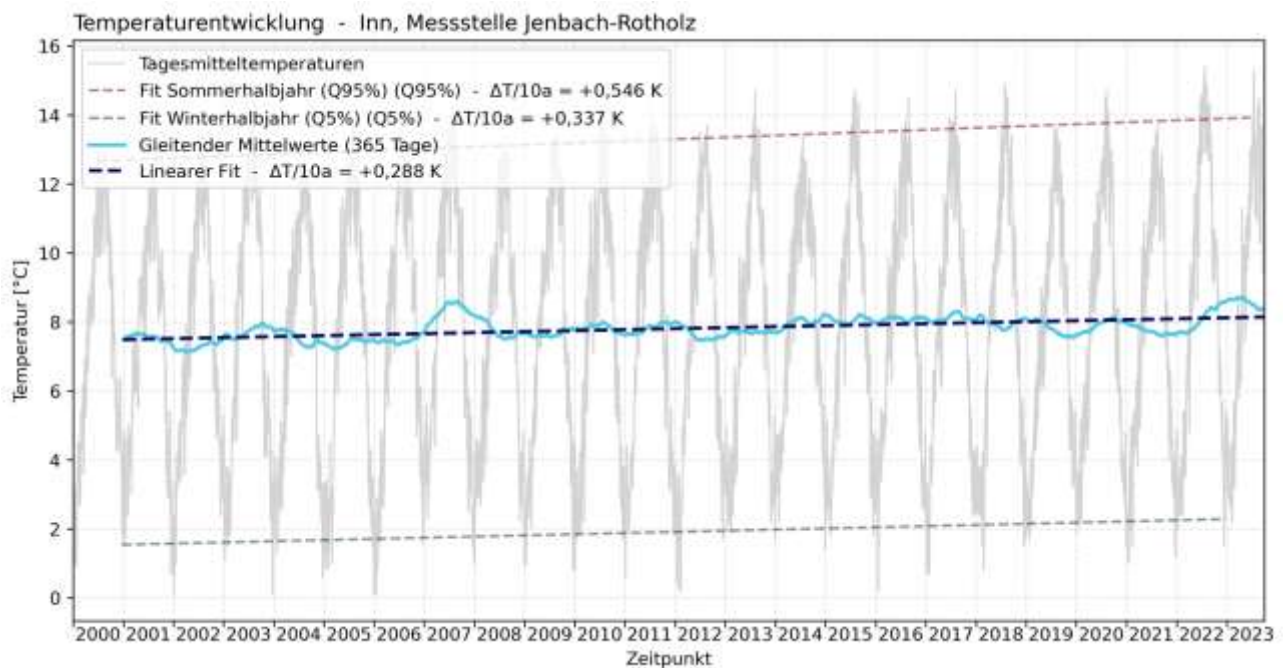


Abb. A 152: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Jenbach Rotholz, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

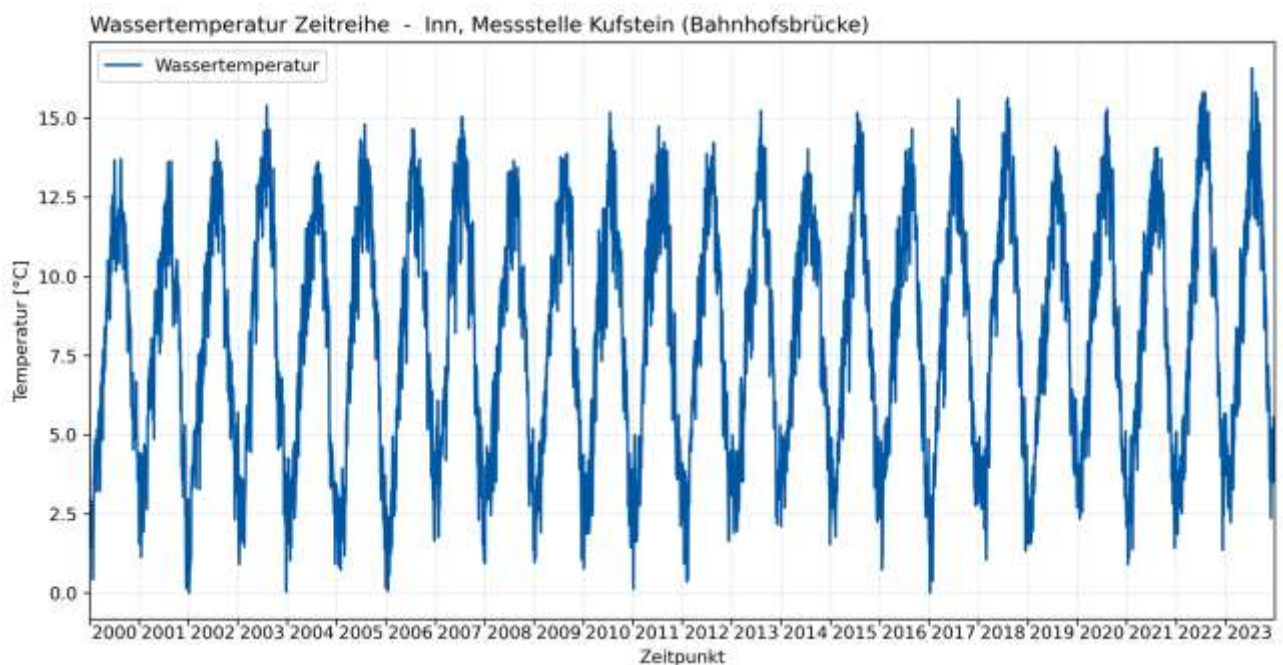


Abb. A 153: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Kufstein Bahnhofsbrücke) über den verfügbaren Zeitraum.

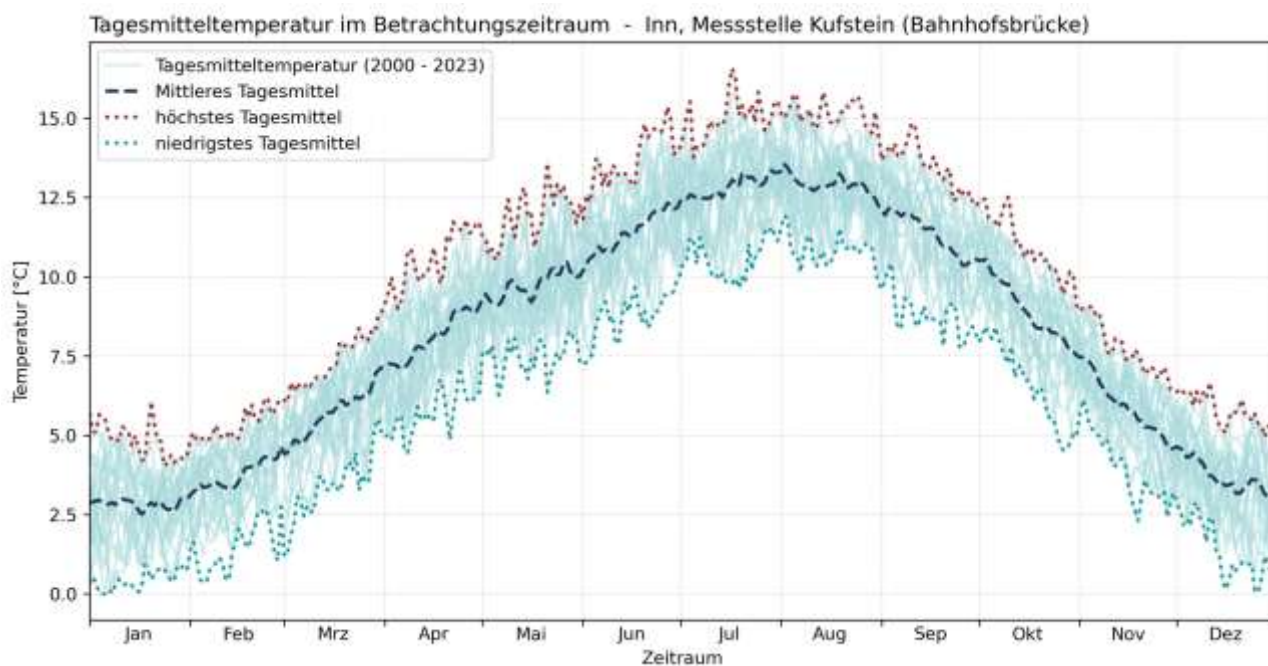


Abb. A 154: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Kufstein Bahnhofsbrücke) im Jahresverlauf.

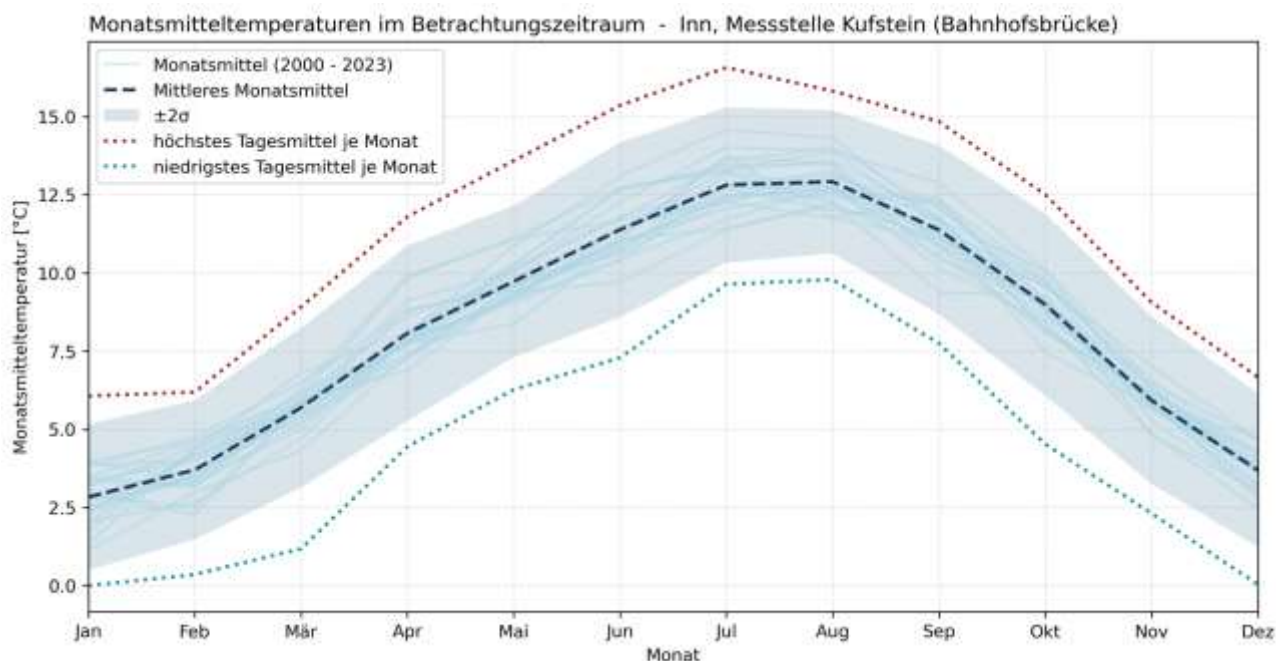


Abb. A 155: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Kufstein Bahnhofsbrücke . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

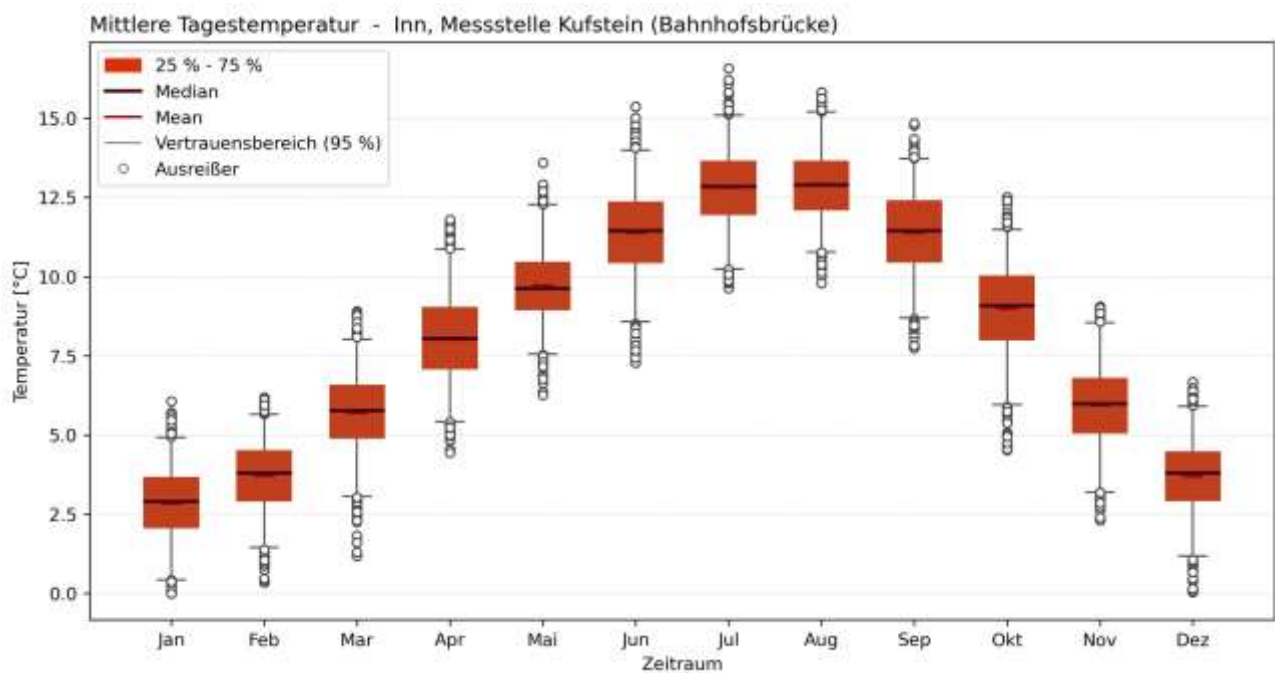


Abb. A 156: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Kufstein Bahnhofsbrücke).

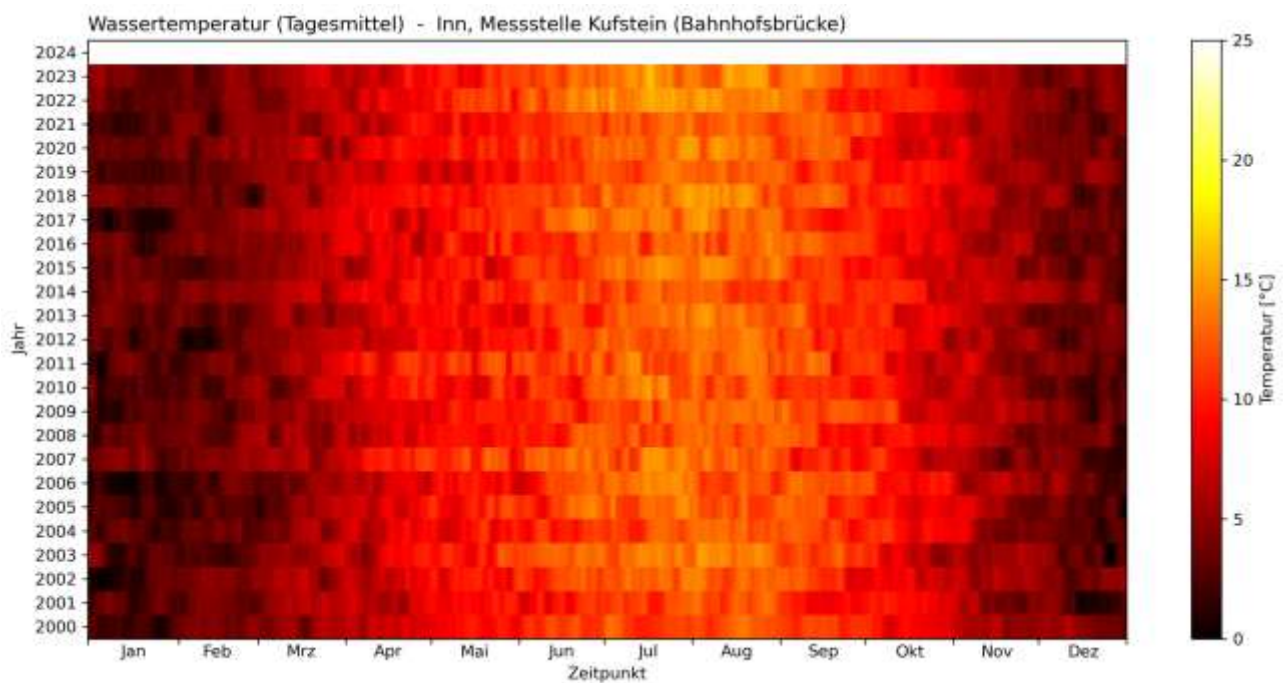


Abb. A 157: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Kufstein Bahnhofsbrücke). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

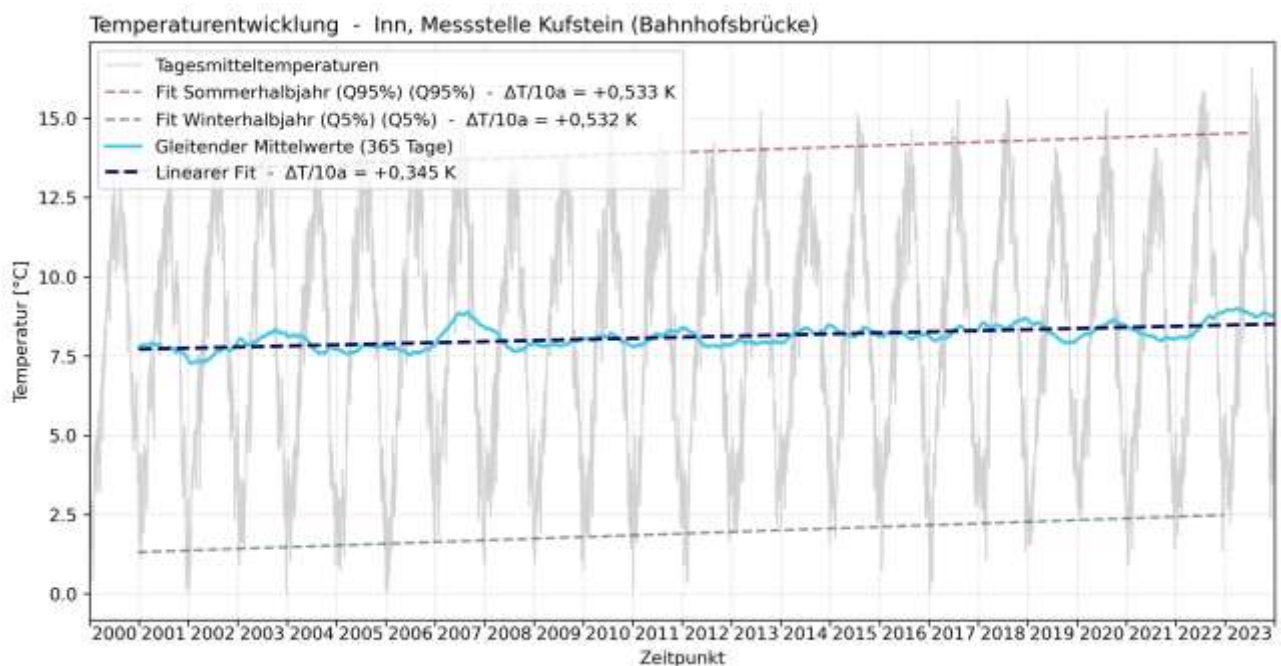


Abb. A 158: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Kufstein Bahnhofsbrücke , basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

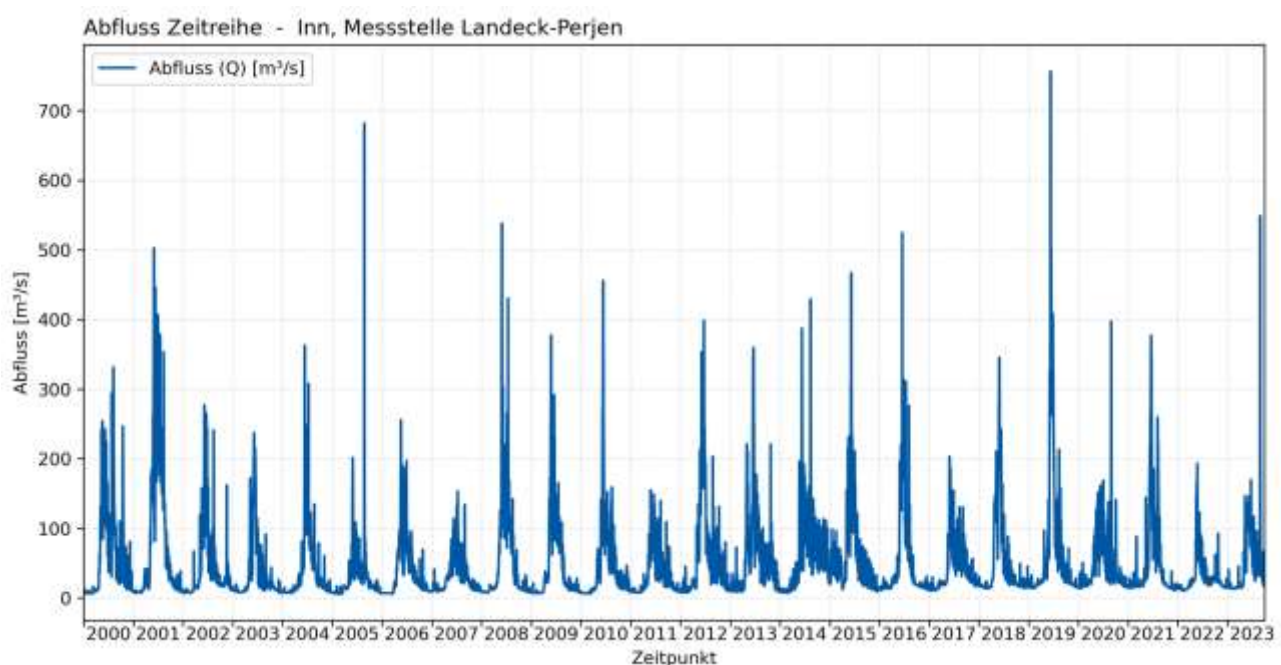


Abb. A 159: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Inn, Messstelle Landeck Perjen über den verfügbaren Zeitraum.

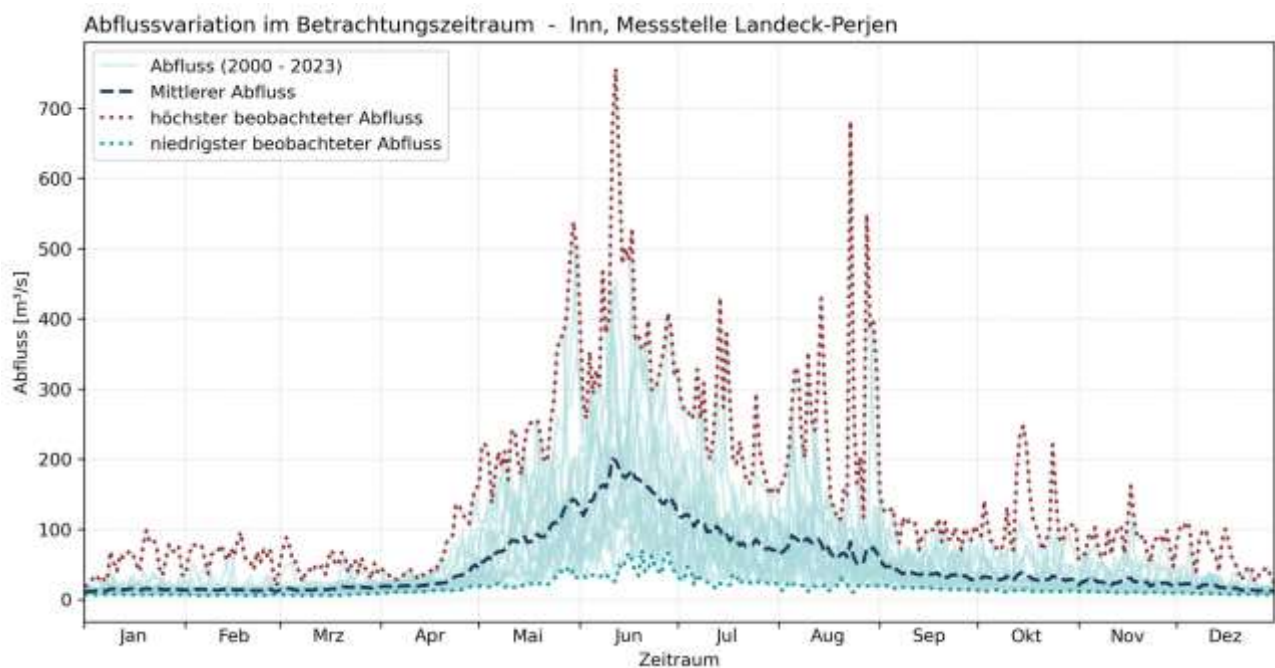


Abb. A 160: Tägliche Abflussvariation des Inn(Messstelle Landeck Perjen) im Jahresverlauf.

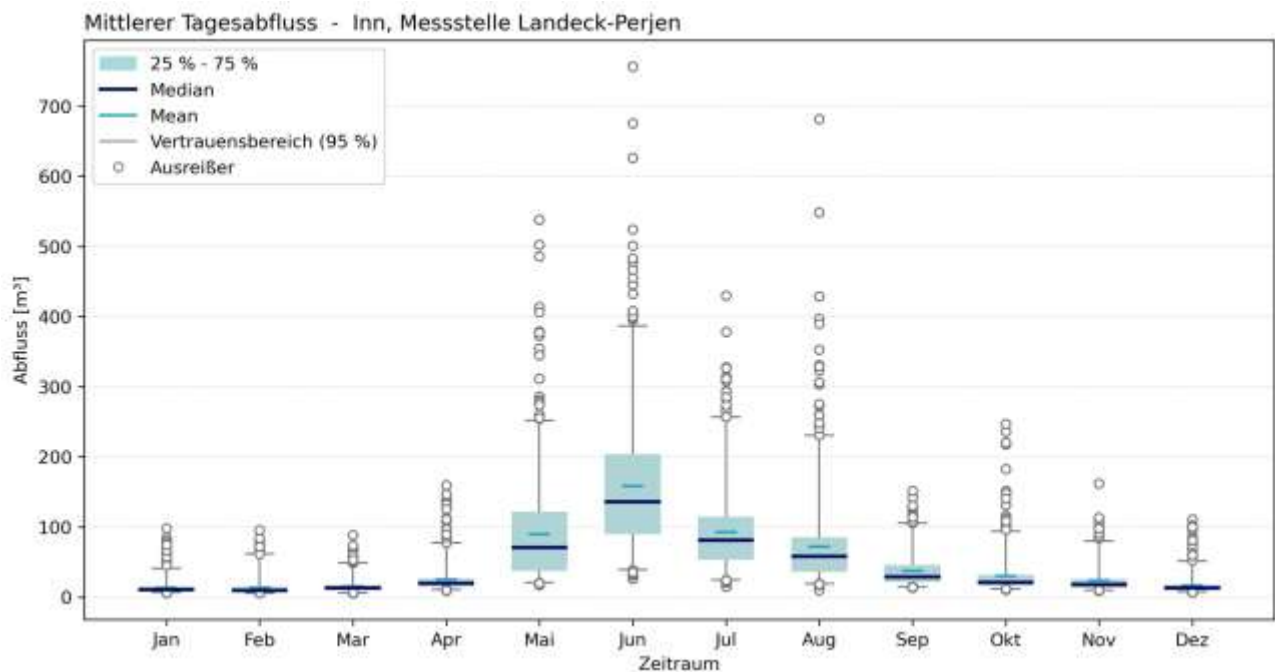


Abb. A 161: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Inn (Messstelle Landeck Perjen) als Monatswerte.

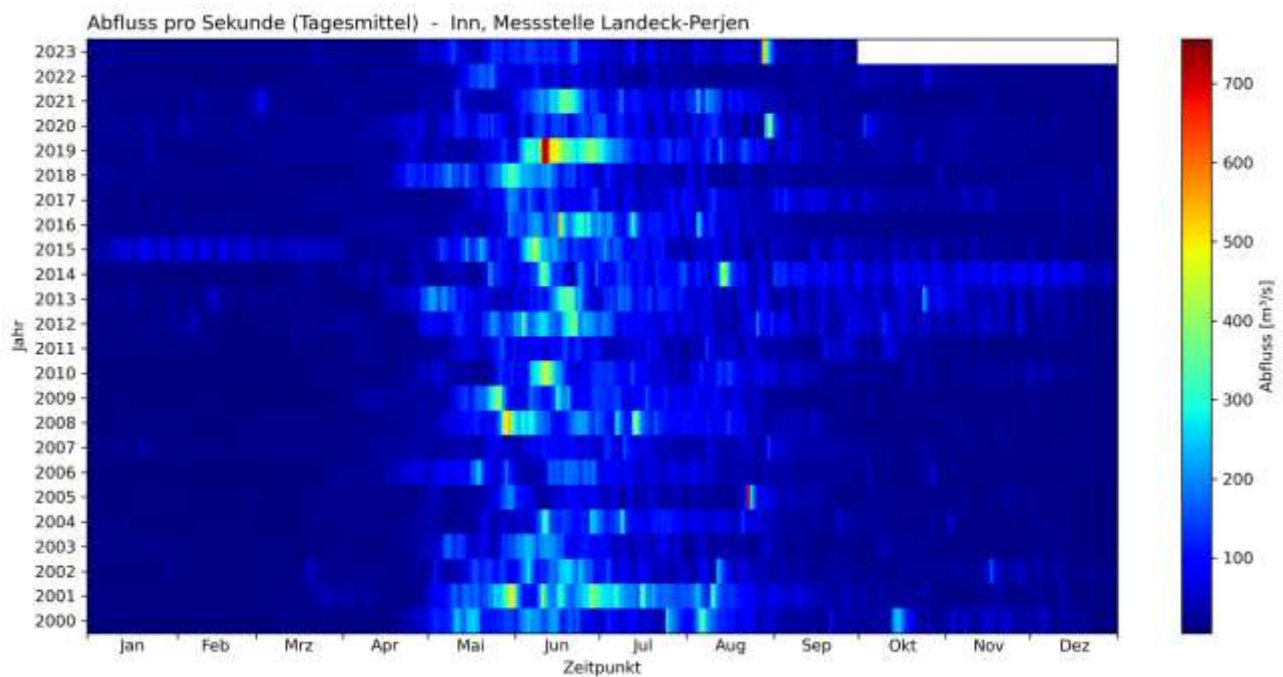


Abb. A 162: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Inn, Messstelle Landeck Perjen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

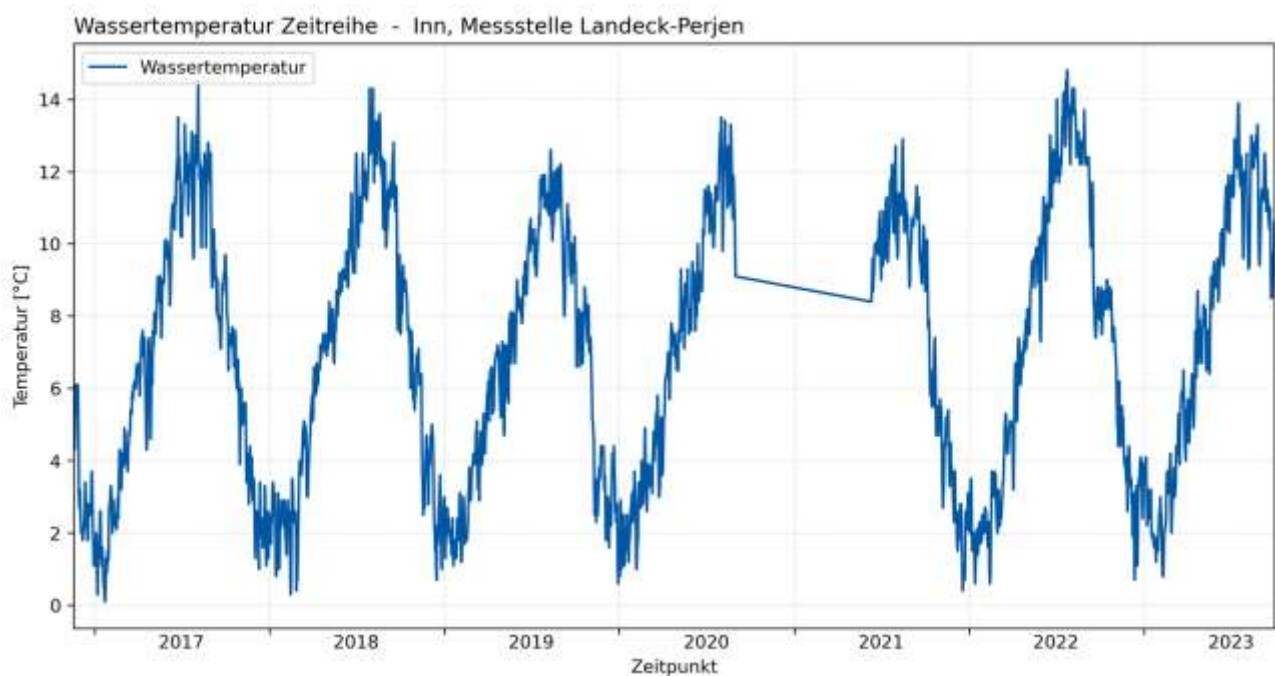


Abb. A 163: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Landeck Perjen) über den verfügbaren Zeitraum.

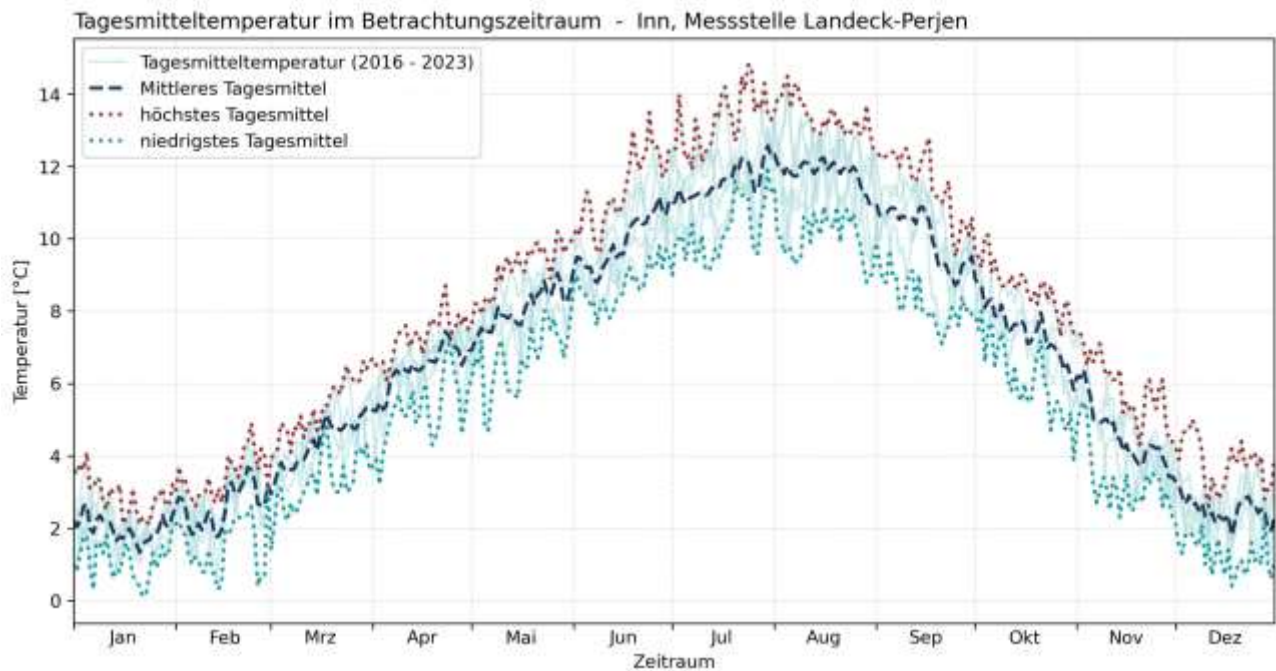


Abb. A 164: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Landeck Perjen) im Jahresverlauf.

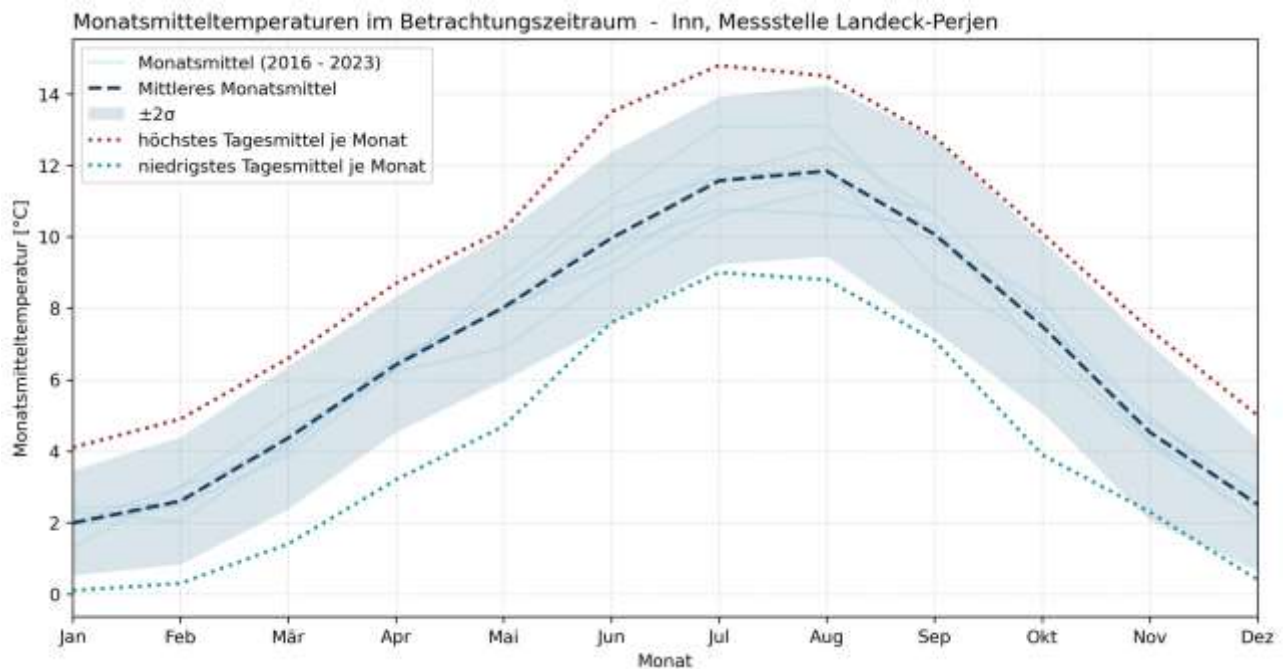


Abb. A 165: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Landeck Perjen. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

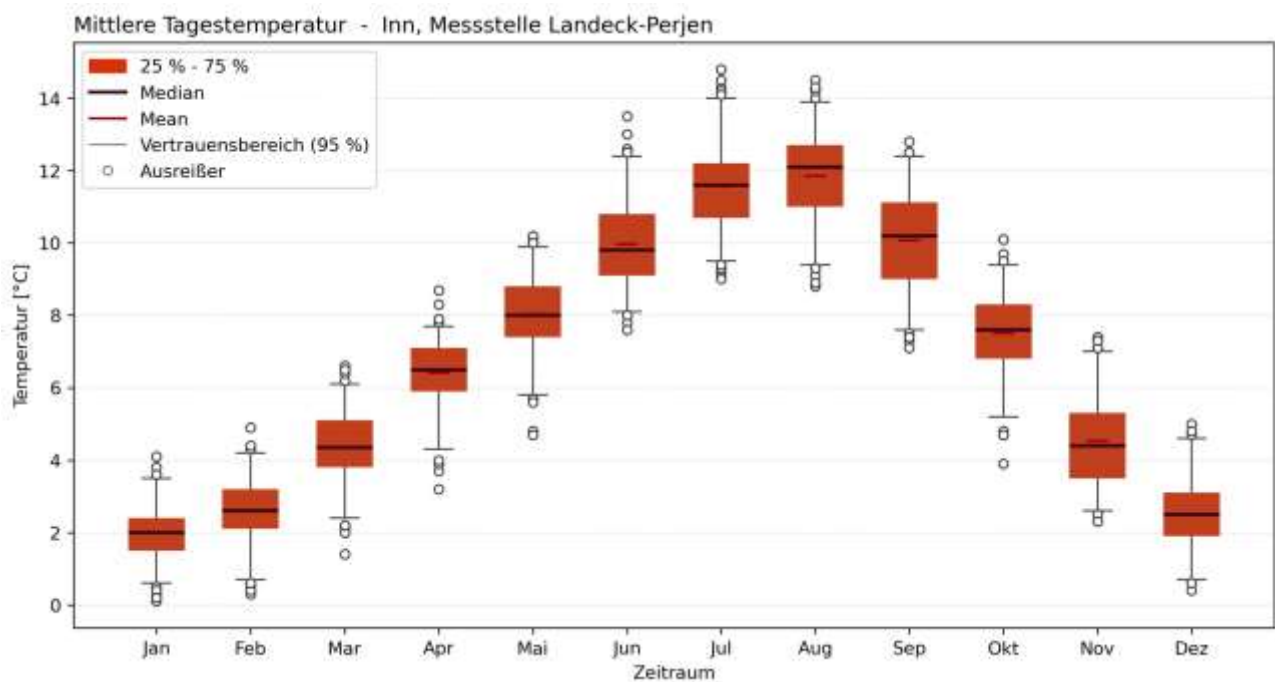


Abb. A 166: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Landeck Perjen).

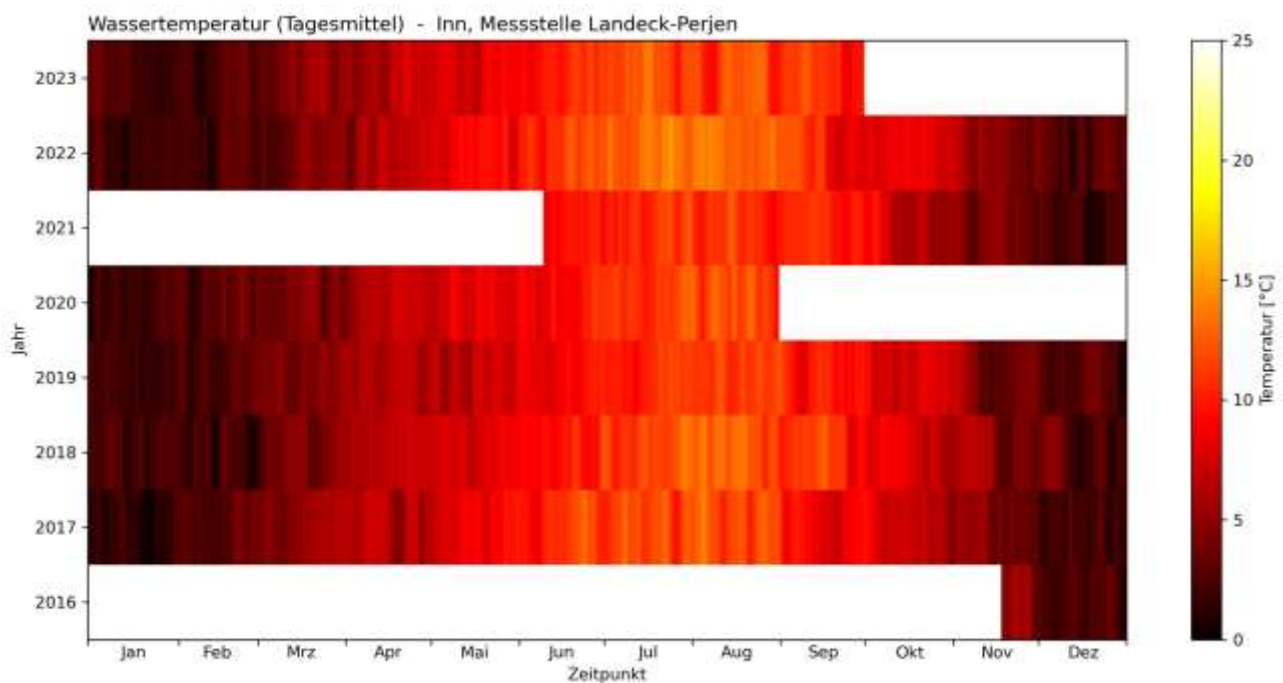


Abb. A 167: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Landeck Perjen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

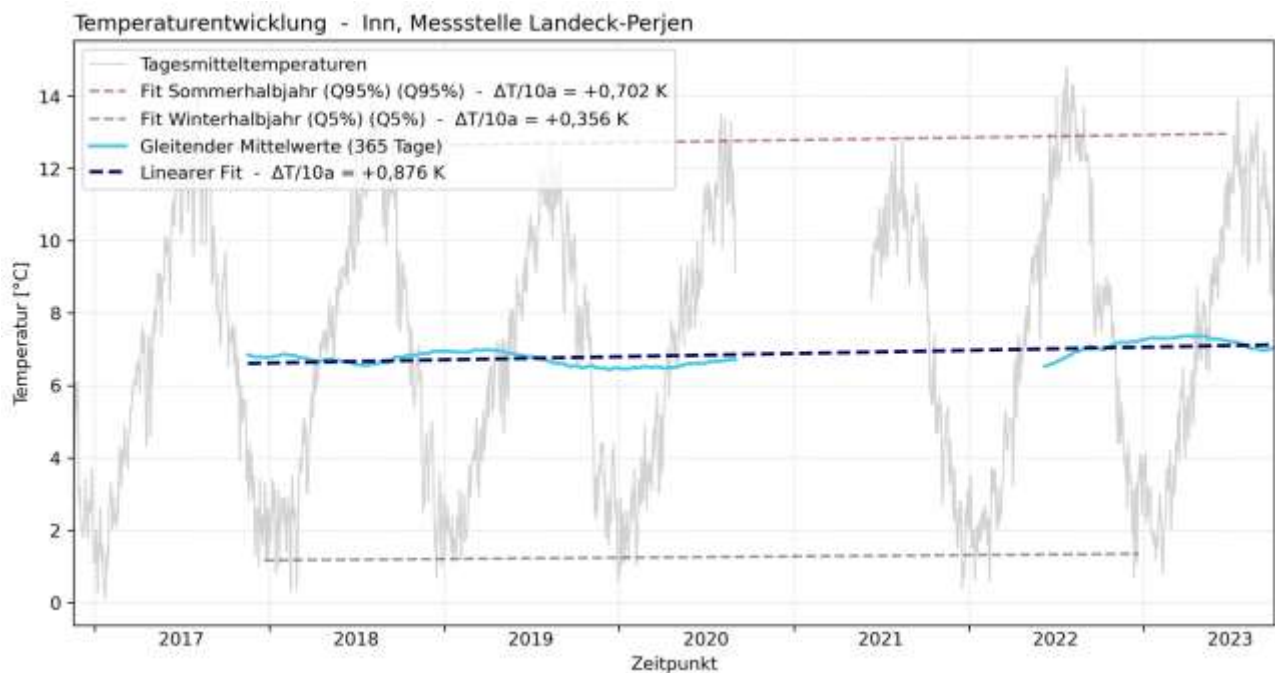


Abb. A 168: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Landeck Perjen, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

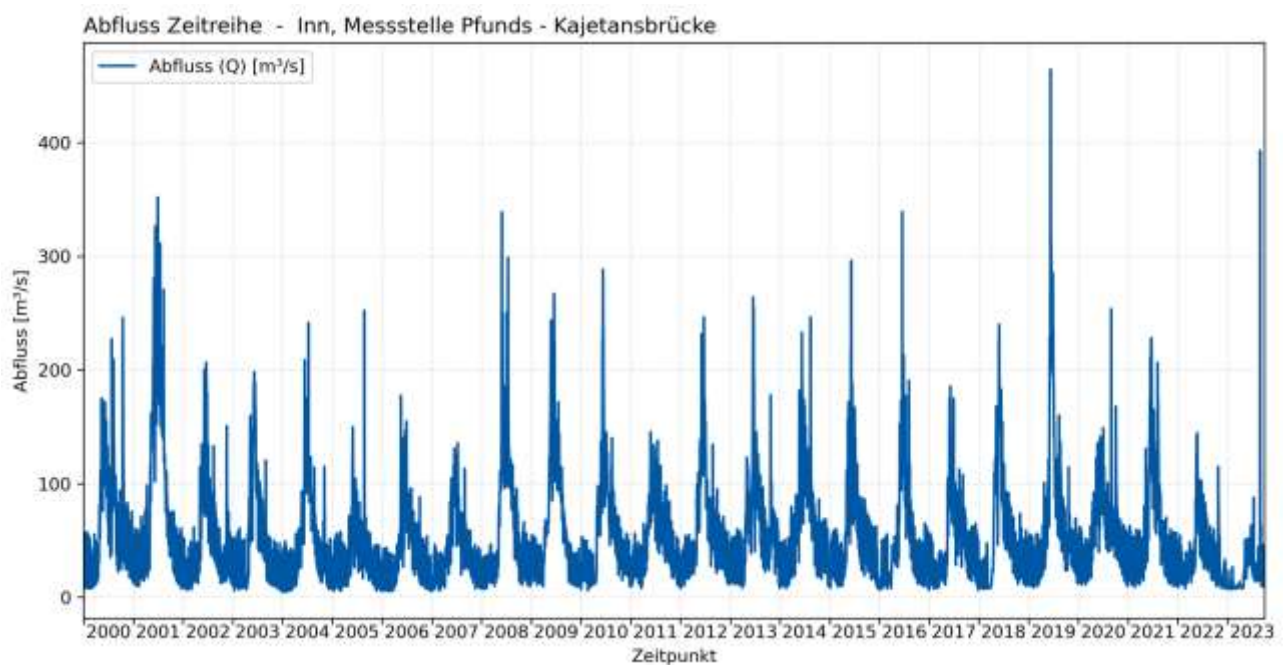


Abb. A 169: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Inn, Messstelle Pfunds Kajetansbrücke über den verfügbaren Zeitraum.

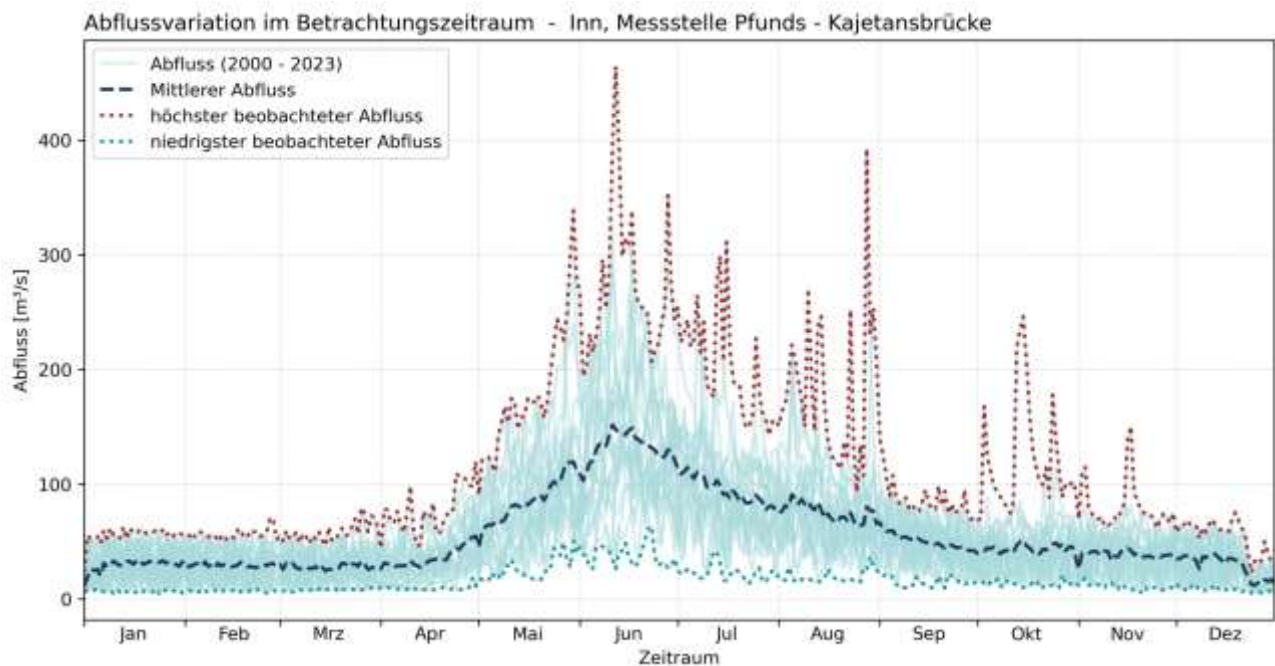


Abb. A 170: Tägliche Abflussvariation des Inn(Messstelle Pfunds Kajetansbrücke) im Jahresverlauf.

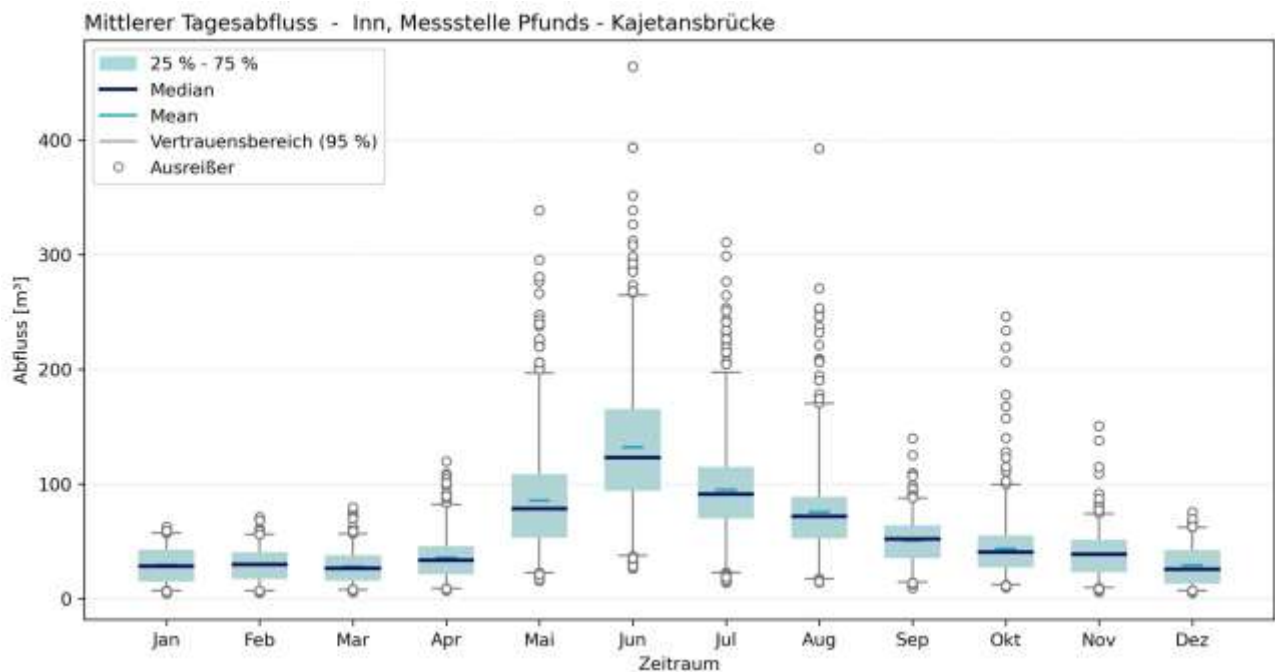


Abb. A 171: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Inn (Messstelle Pfunds Kajetansbrücke) als Monatswerte.

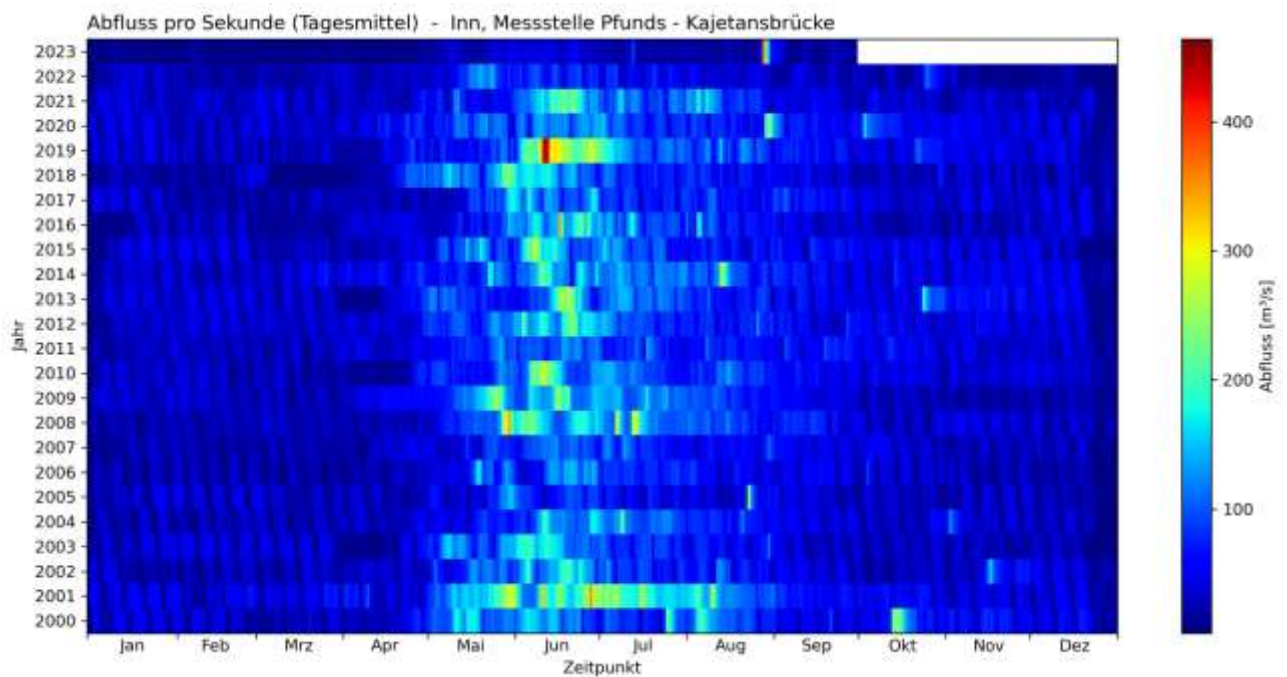


Abb. A 172: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Inn, Messstelle Pfunds Kajetansbrücke). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

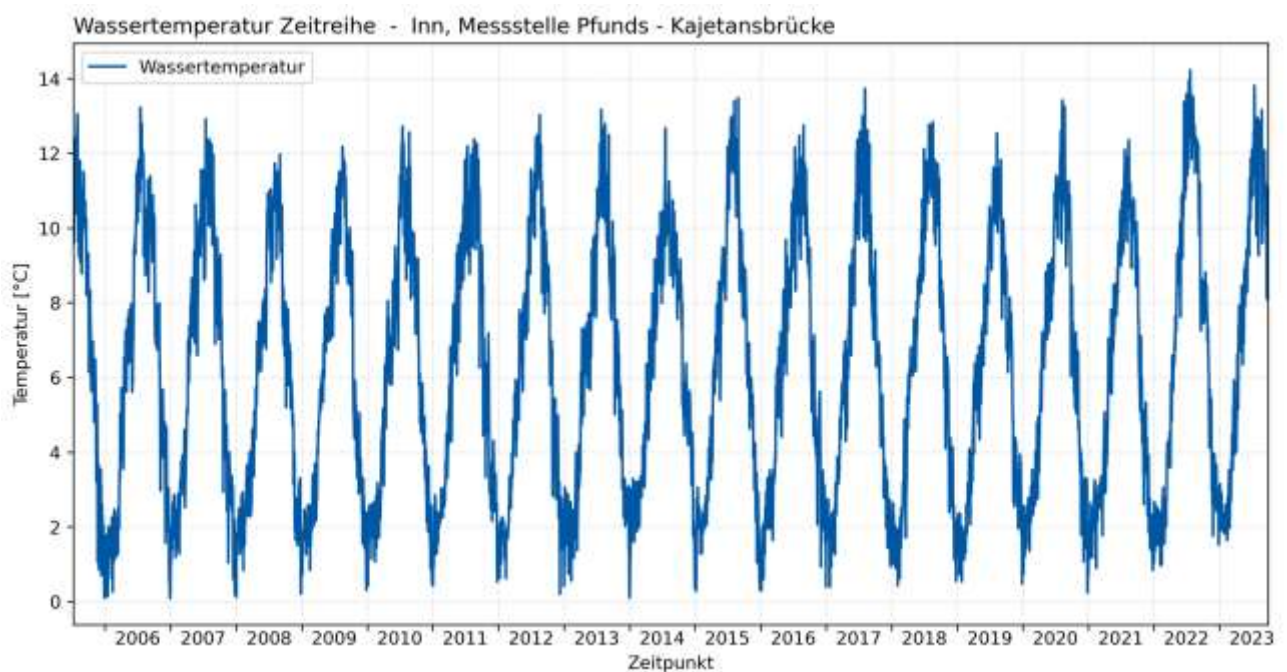


Abb. A 173: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Pfunds Kajetansbrücke) über den verfügbaren Zeitraum.

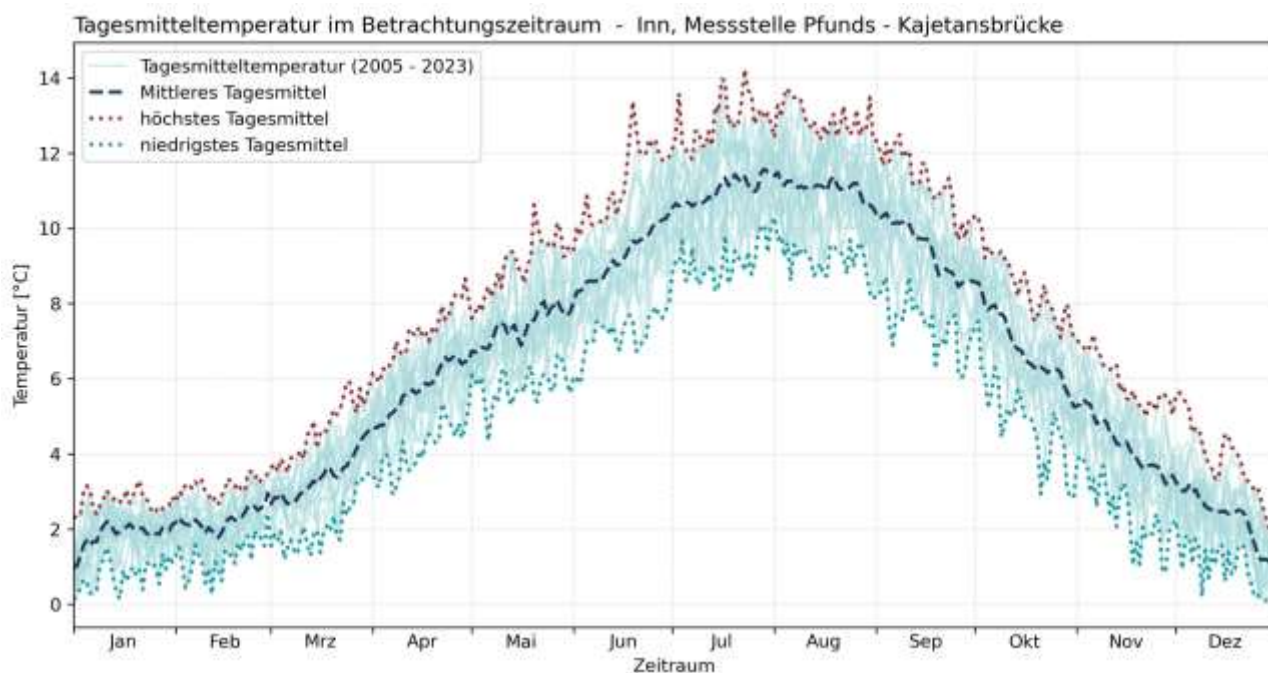


Abb. A 174: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Pfunds Kajetansbrücke) im Jahresverlauf.

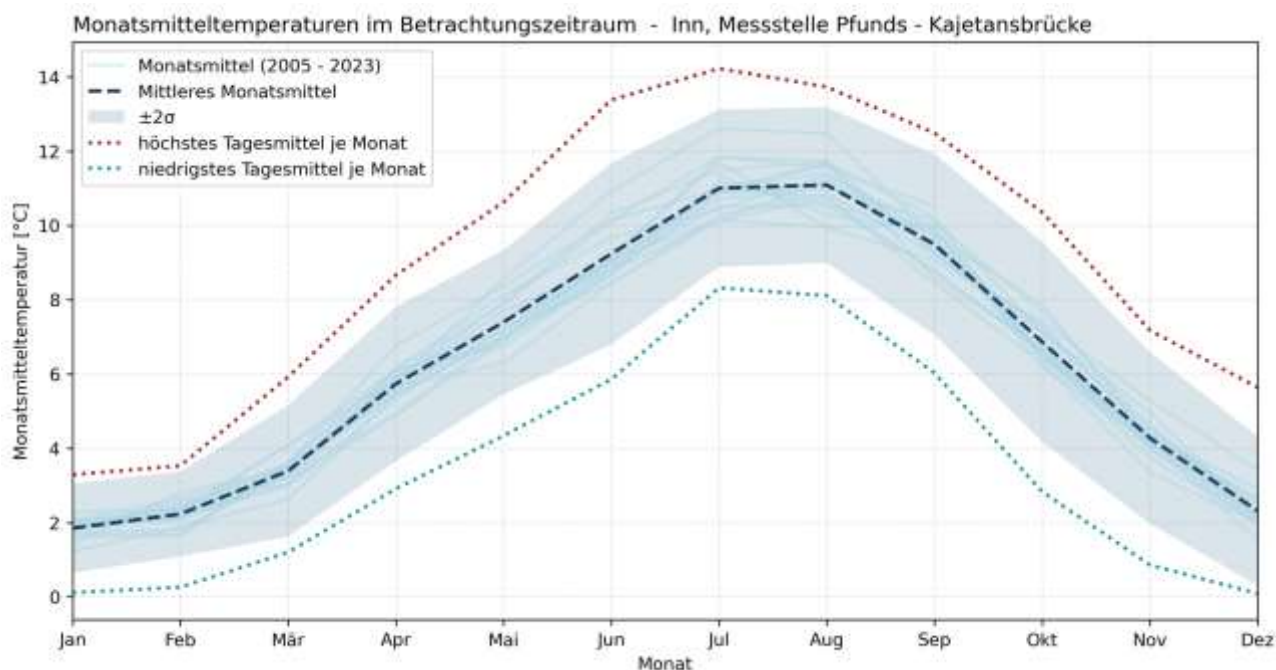


Abb. A 175: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Pfunds Kajetansbrücke. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

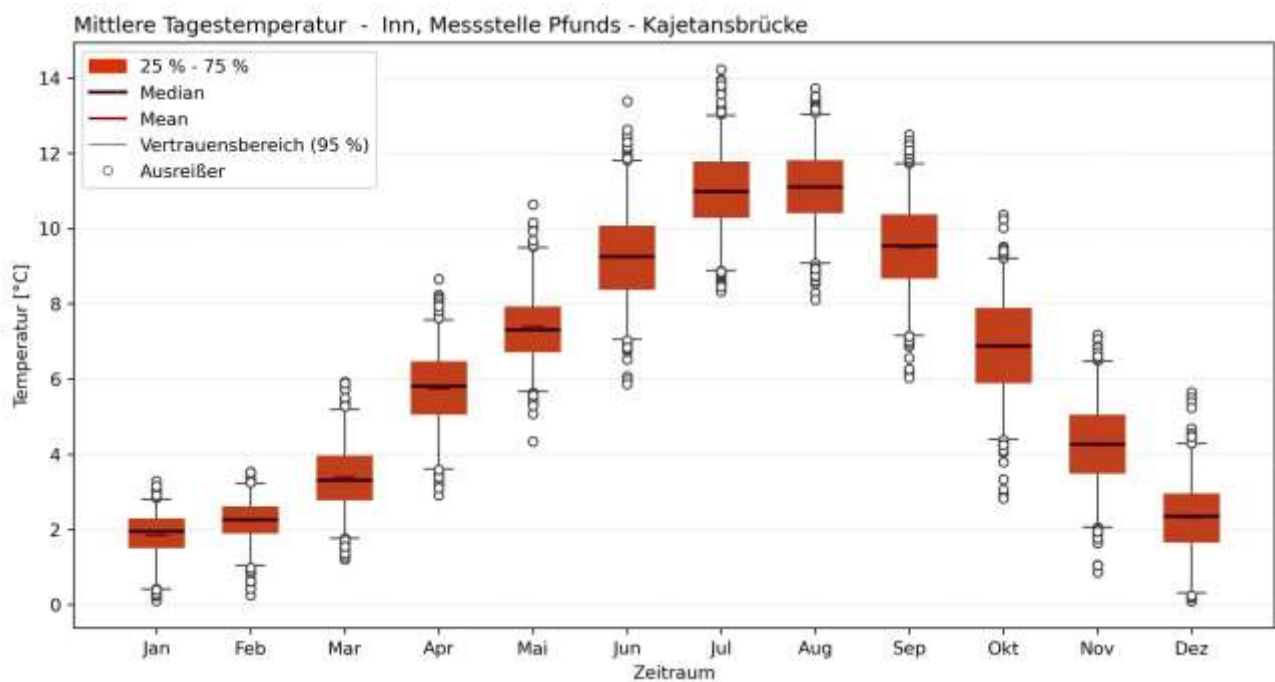


Abb. A 176: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Pfunds Kajetansbrücke).

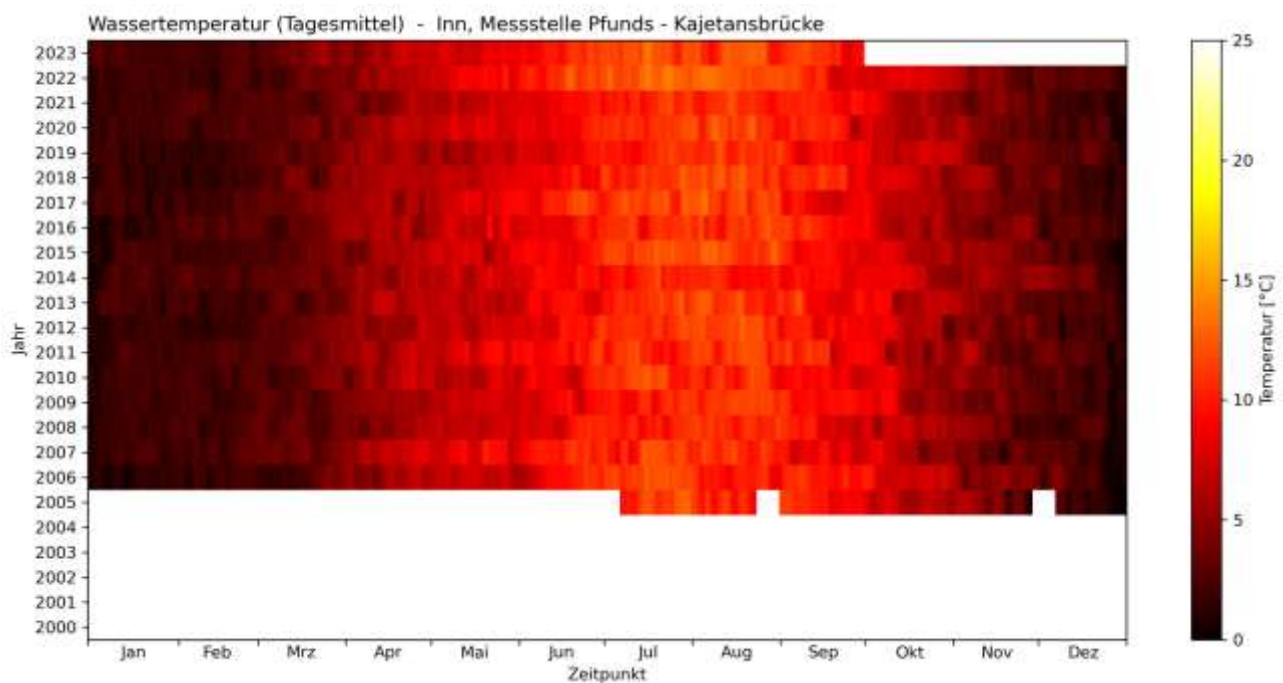


Abb. A 177: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Pfunds Kajetansbrücke). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

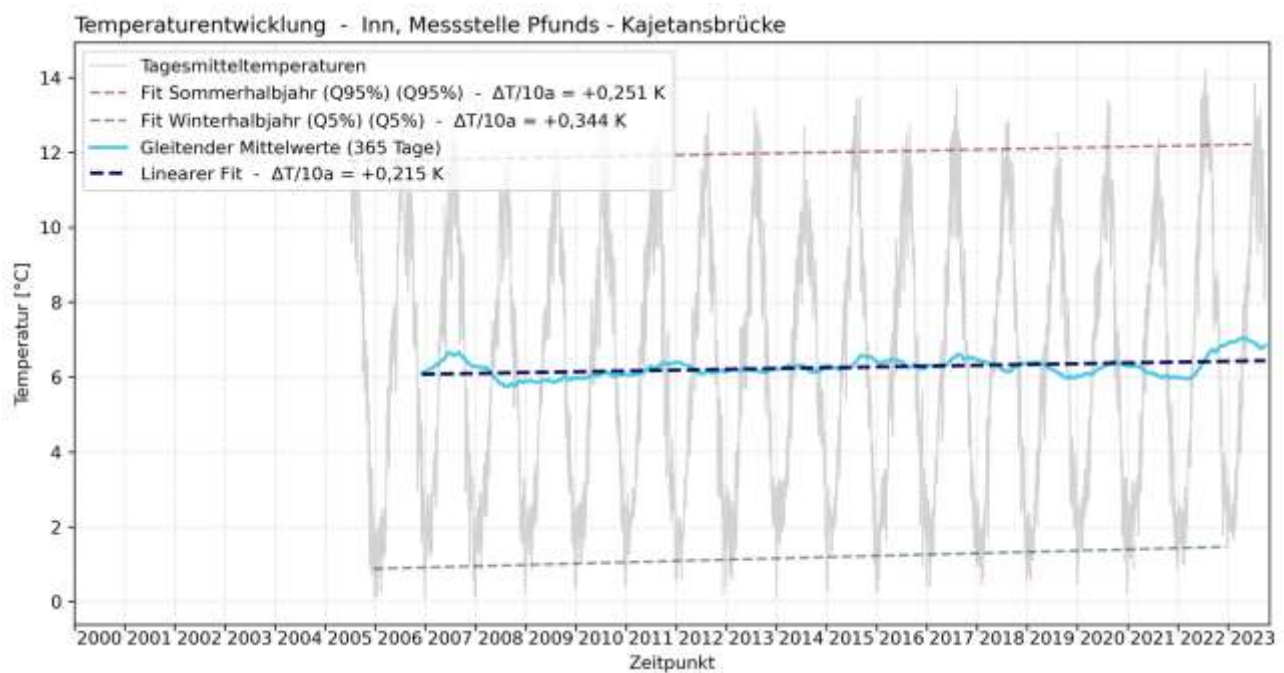


Abb. A 178: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Pfunds Kajetansbrücke, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

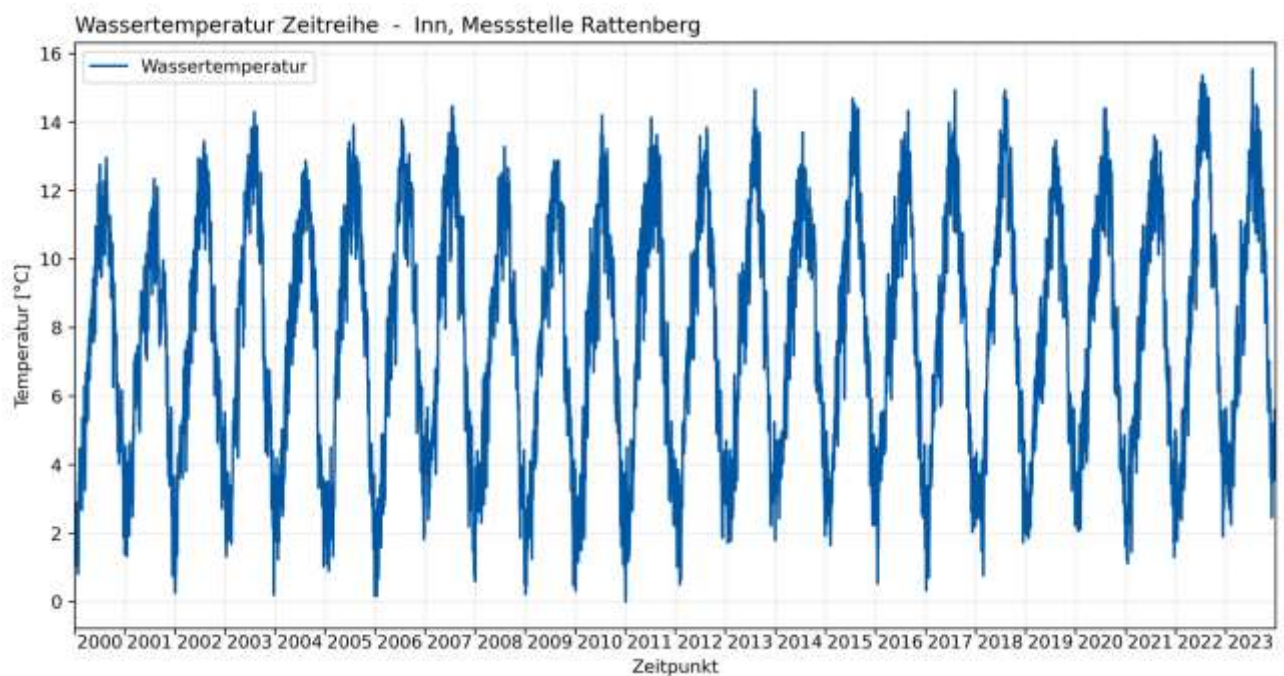


Abb. A 179: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Inn (Messstelle Rattenberg) über den verfügbaren Zeitraum.

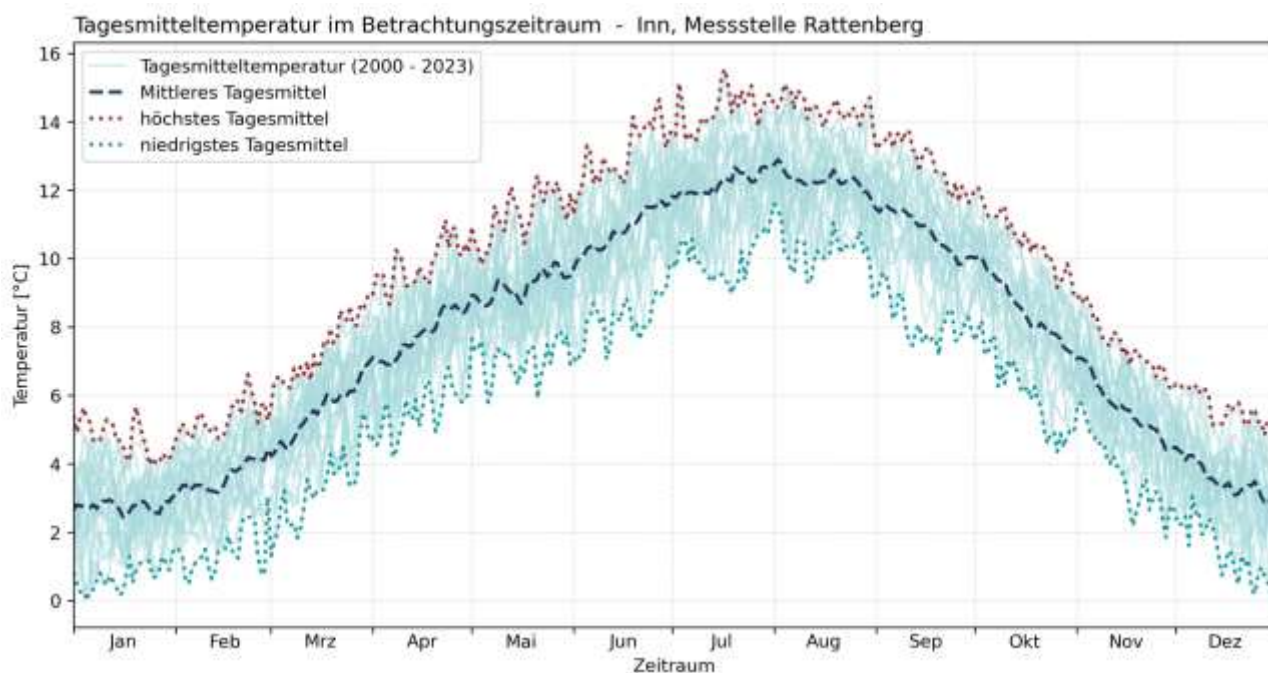


Abb. A 180: Tägliche Temperaturvariation des Inn (Messstelle Rattenberg) im Jahresverlauf.

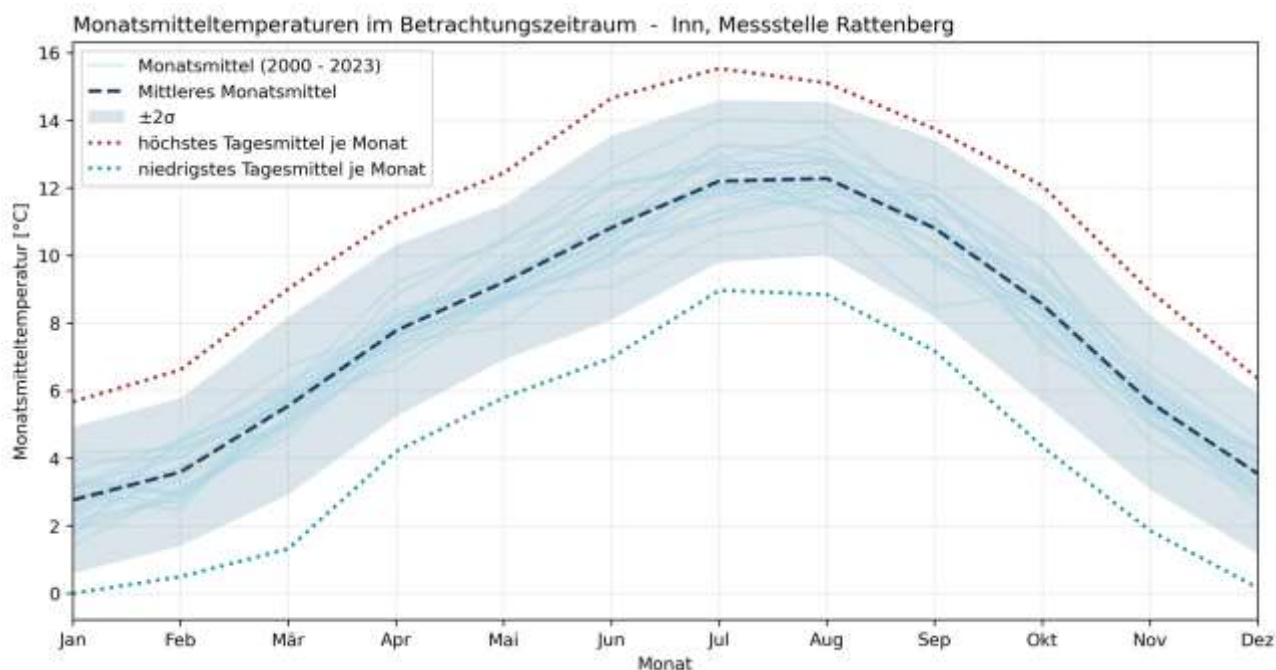


Abb. A 181: Monatsmitteltemperaturen für den Inn, Messstelle Rattenberg. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

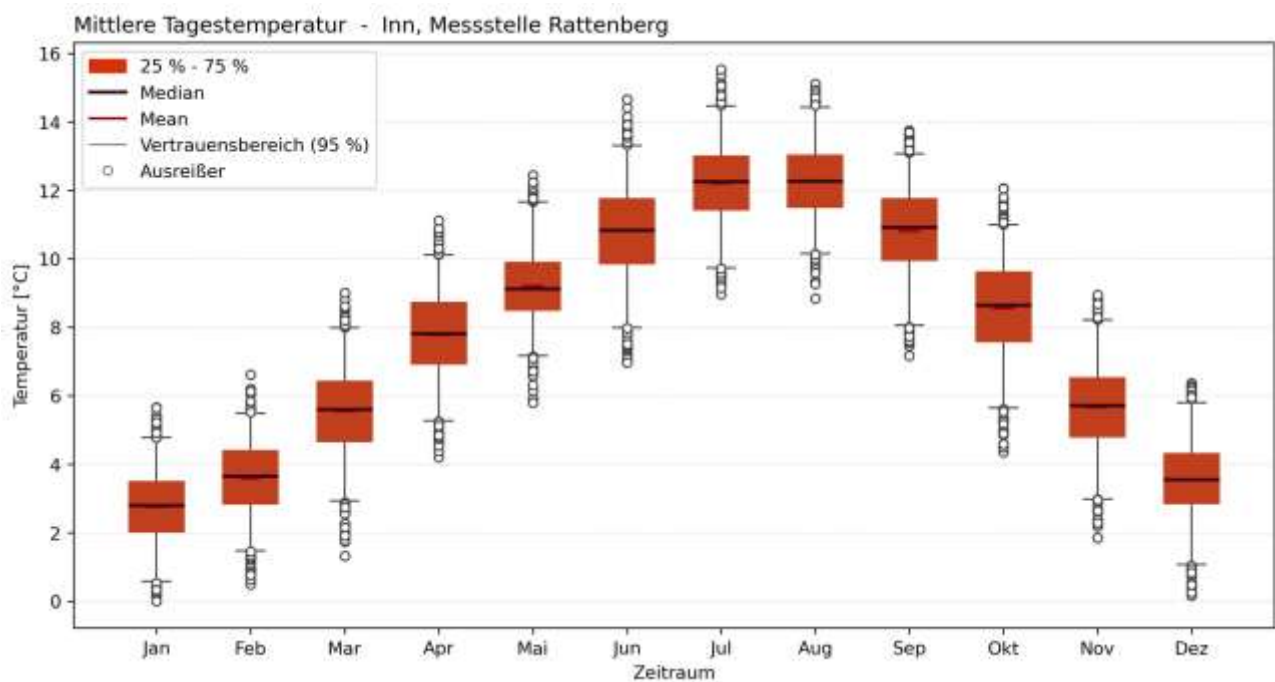


Abb. A 182: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Inn (Messstelle, Rattenberg).

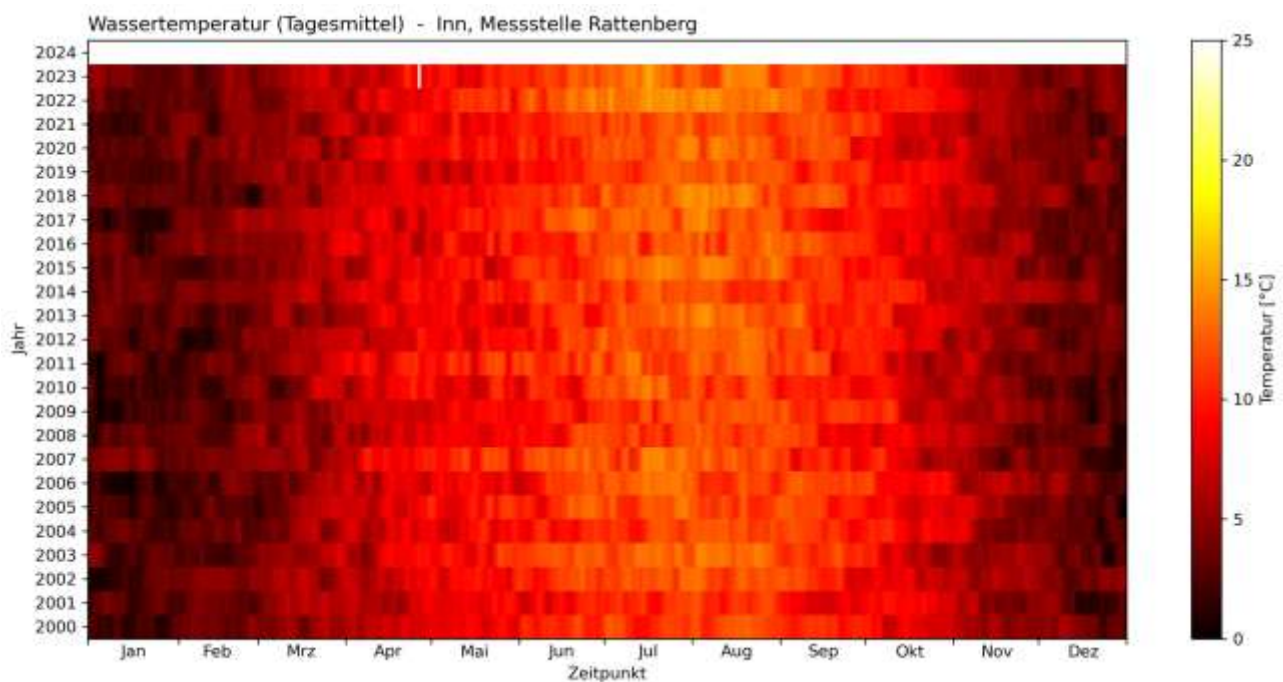


Abb. A 183: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Inn (Messstelle Rattenberg). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

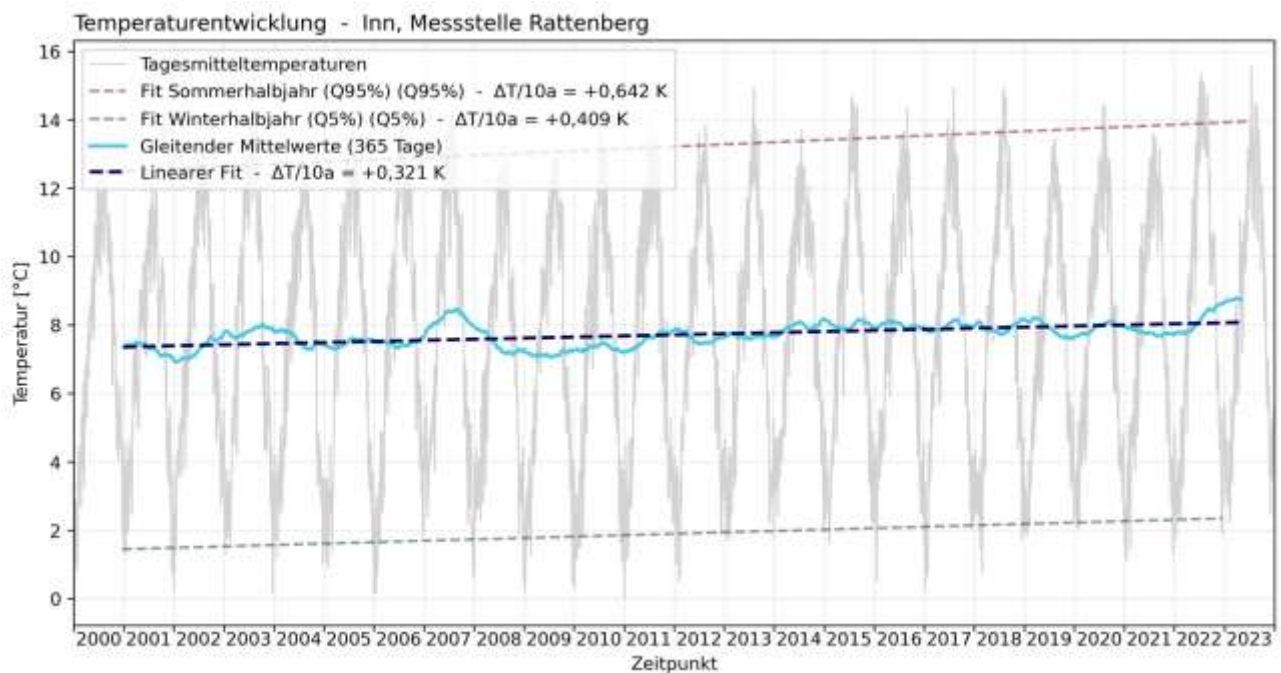


Abb. A 184: Temperaturentwicklung des Inn, Messstelle Rattenberg, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.13. Isar

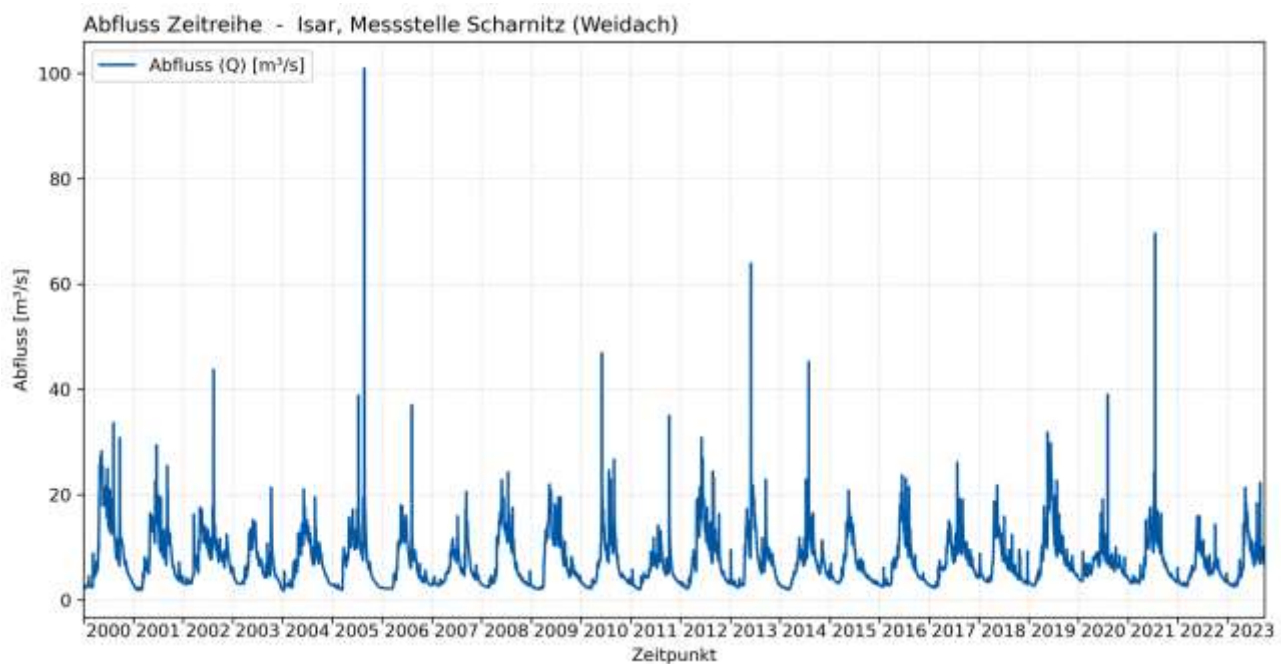


Abb. A 185: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Isar, Messstelle Scharnitz Weidach über den verfügbaren Zeitraum.

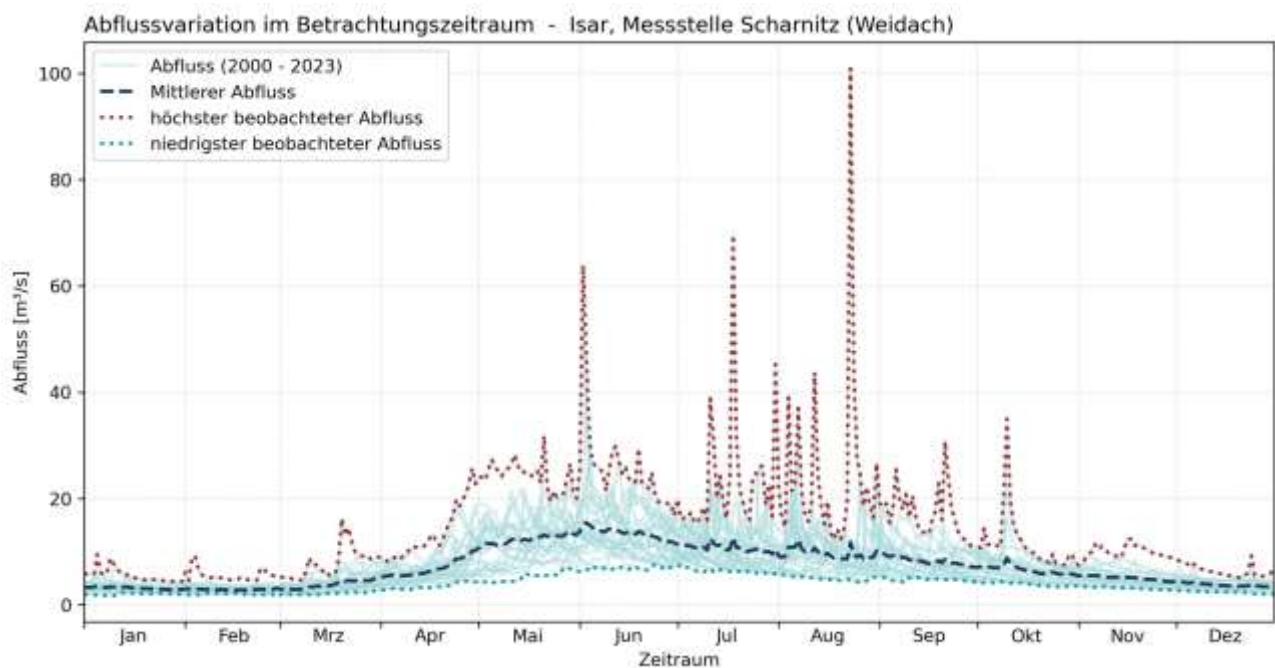


Abb. A 186: Tägliche Abflussvariation der Isar(Messstelle Scharnitz Weidach) im Jahresverlauf.

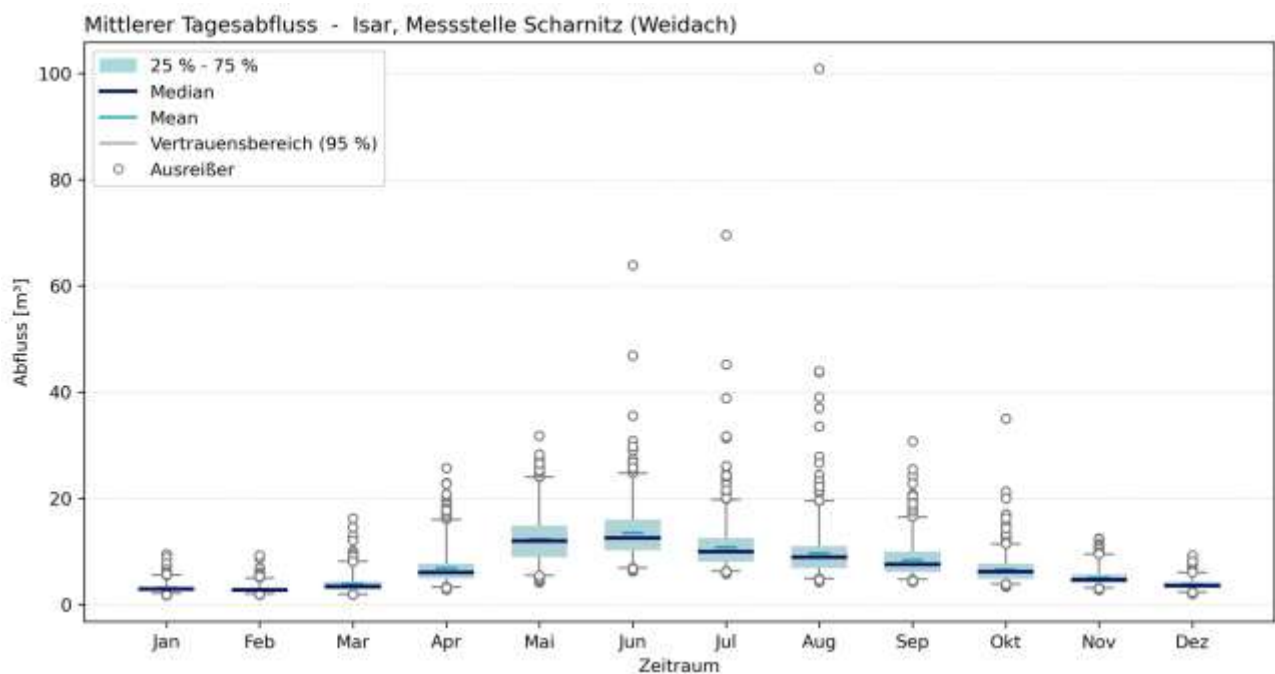


Abb. A 187: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Isar (Messstelle Scharnitz Weidach) als Monatswerte.

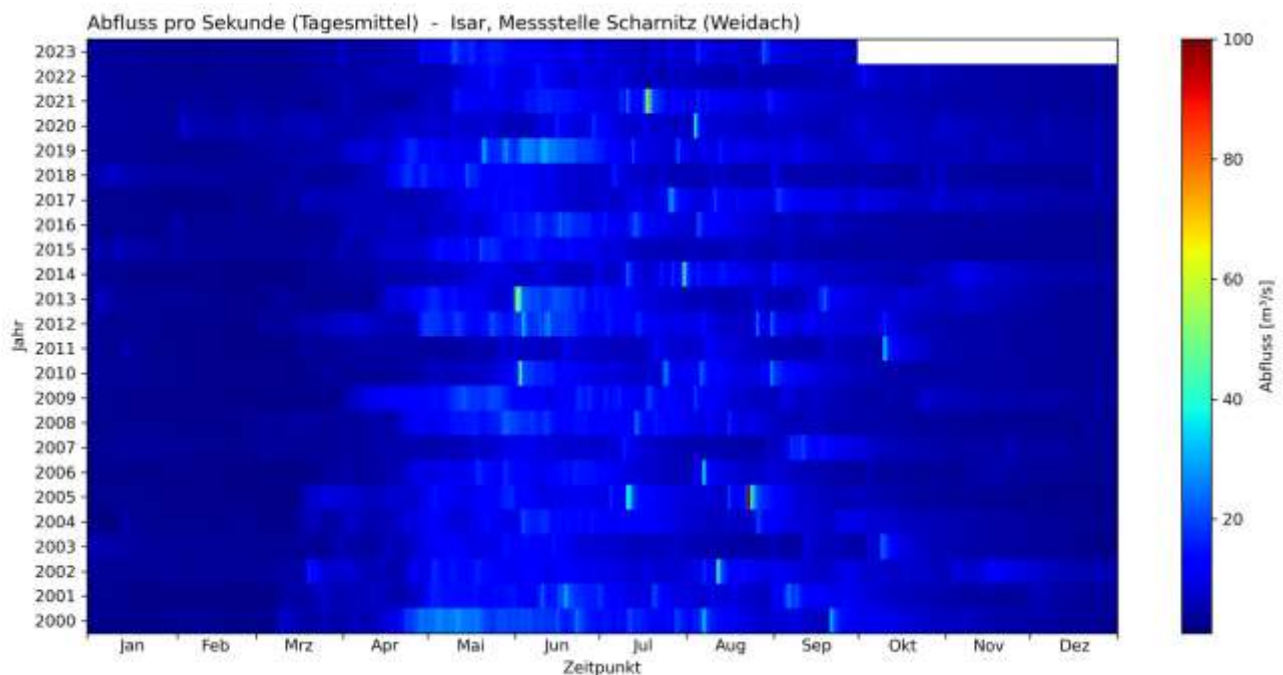


Abb. A 188: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Isar, Messstelle Scharnitz Weidach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

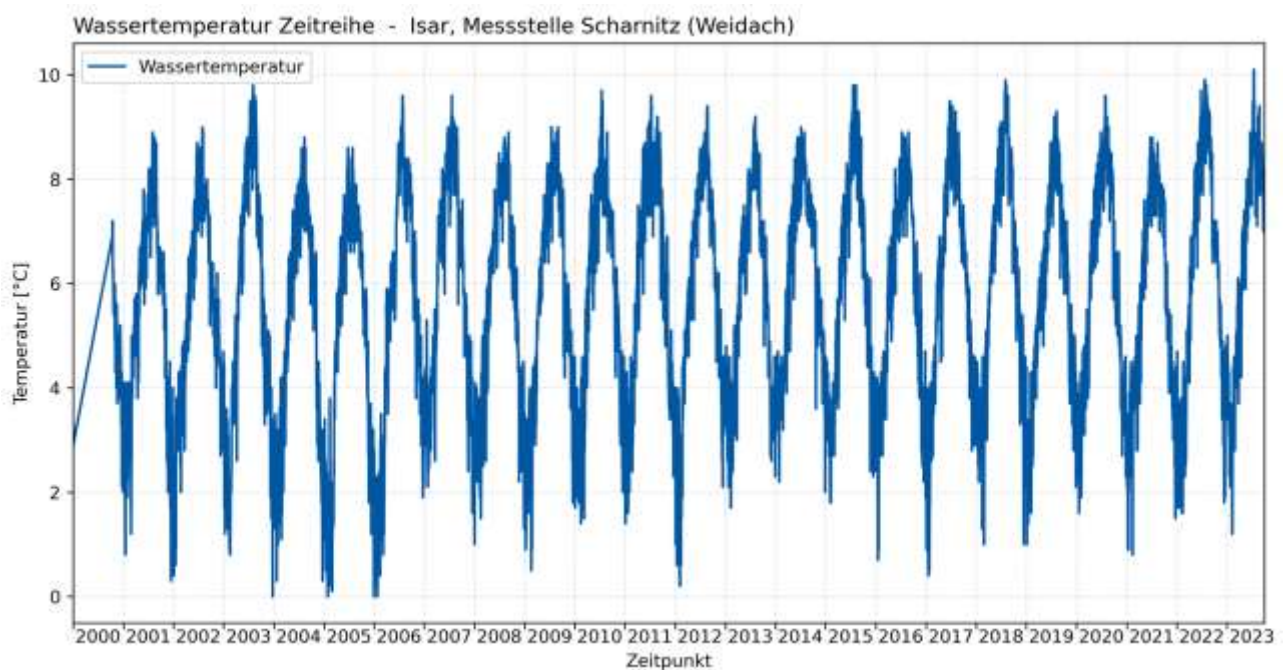


Abb. A 189: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Isar (Messstelle Scharnitz Weidach) über den verfügbaren Zeitraum.

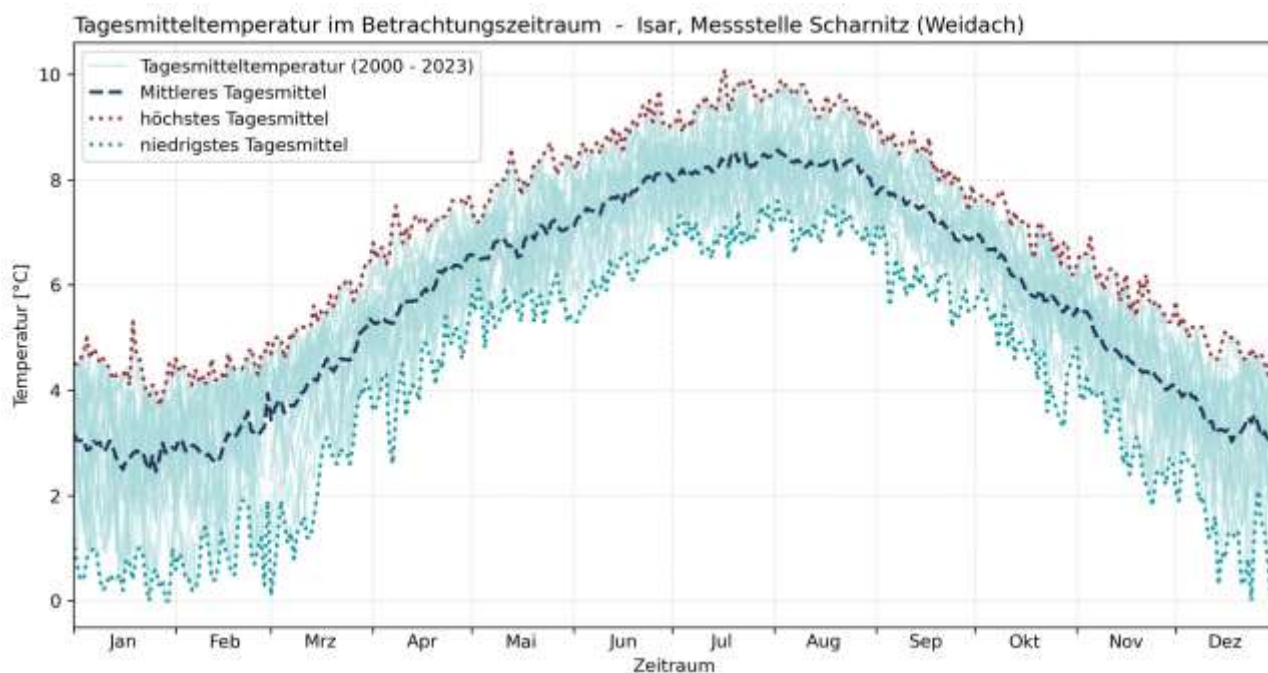


Abb. A 190: Tägliche Temperaturvariation der Isar (Messstelle Scharnitz Weidach) im Jahresverlauf.

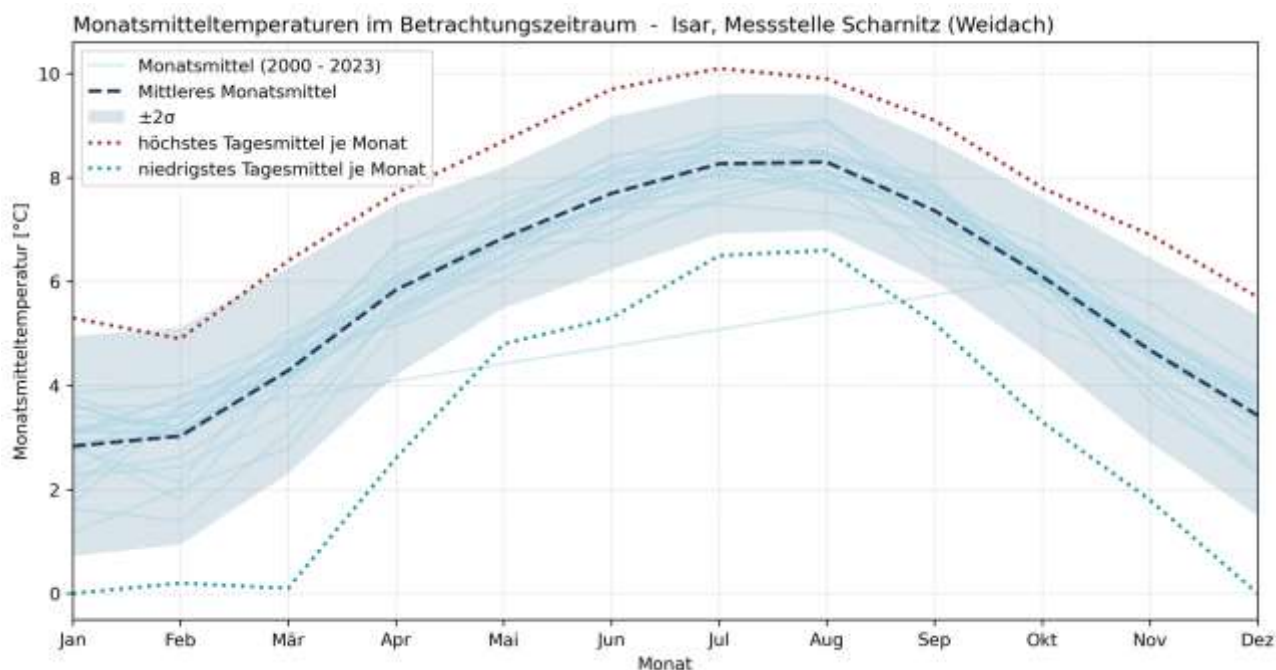


Abb. A 191: Monatsmitteltemperaturen für die Isar, Messstelle Scharnitz Weidach . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

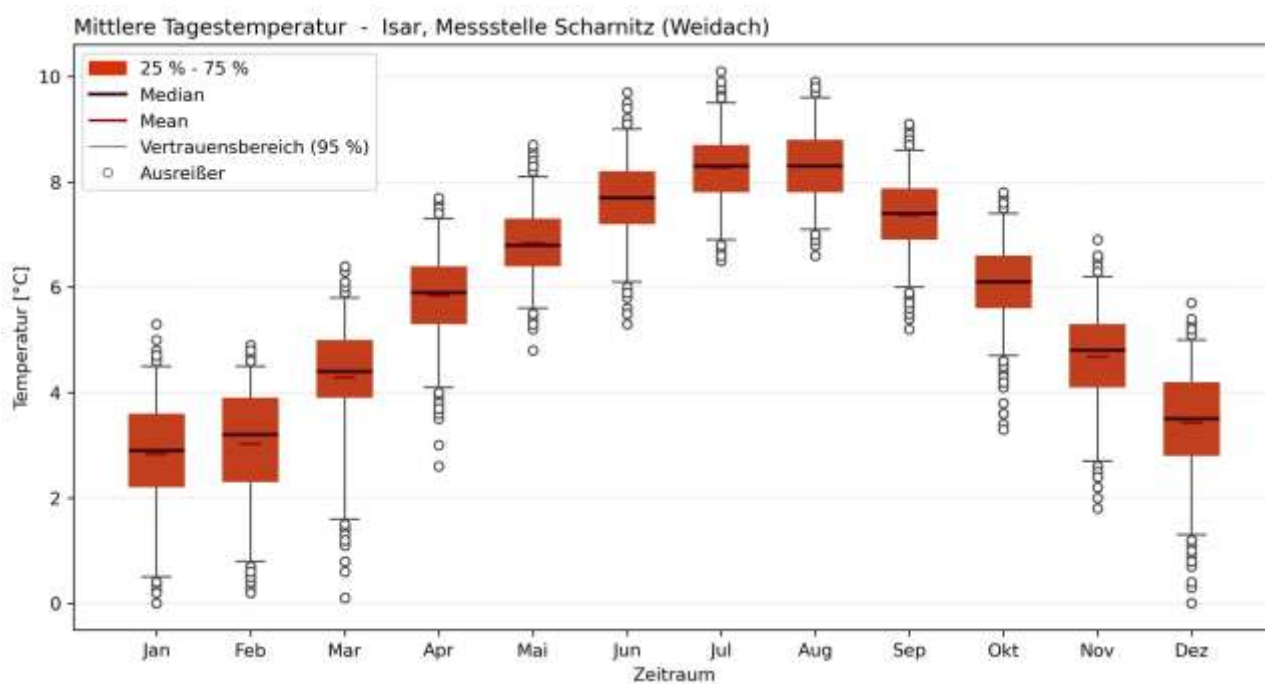


Abb. A 192: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Isar (Messstelle, Scharnitz Weidach).

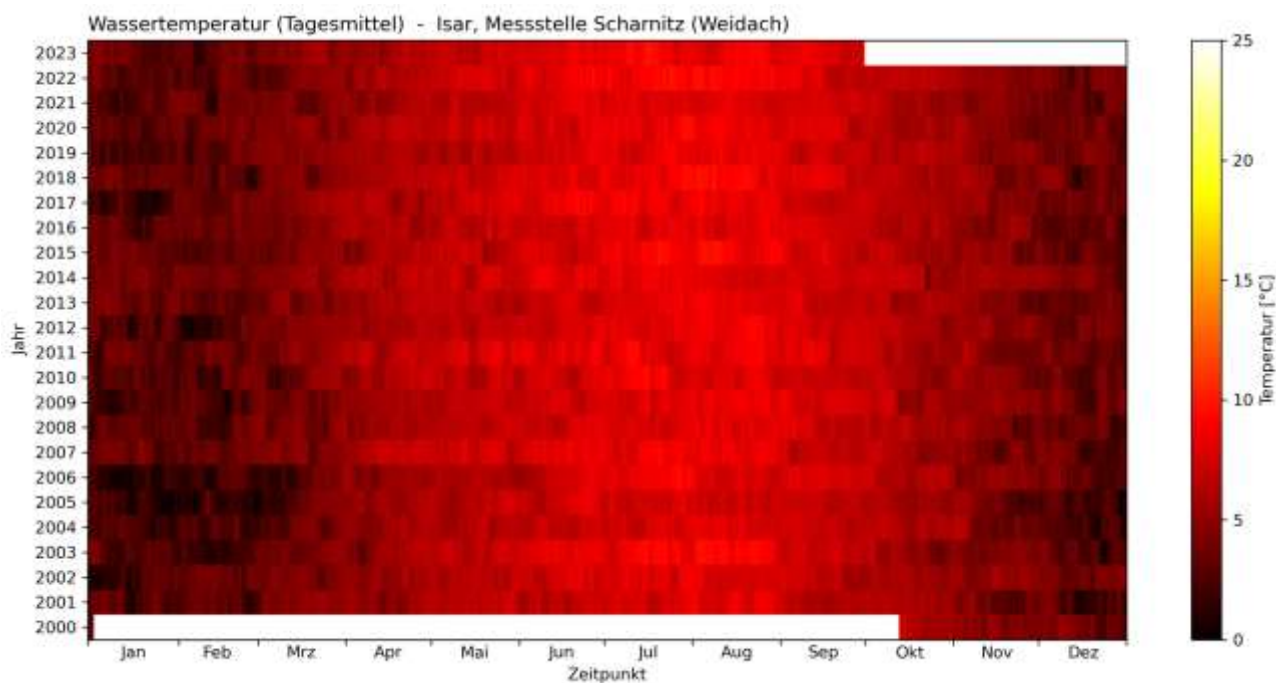


Abb. A 193: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Isar (Messstelle Scharnitz Weidach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

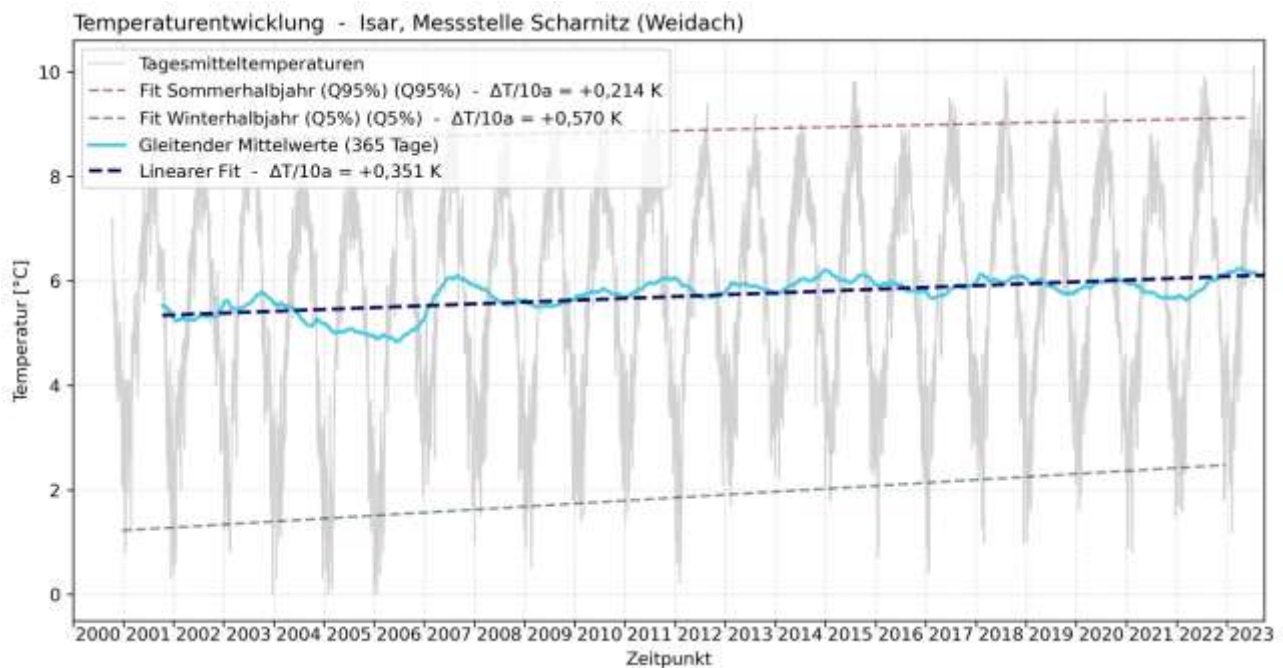


Abb. A 194: Temperaturentwicklung der Isar, Messstelle Scharnitz Weidach, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.14. Isel

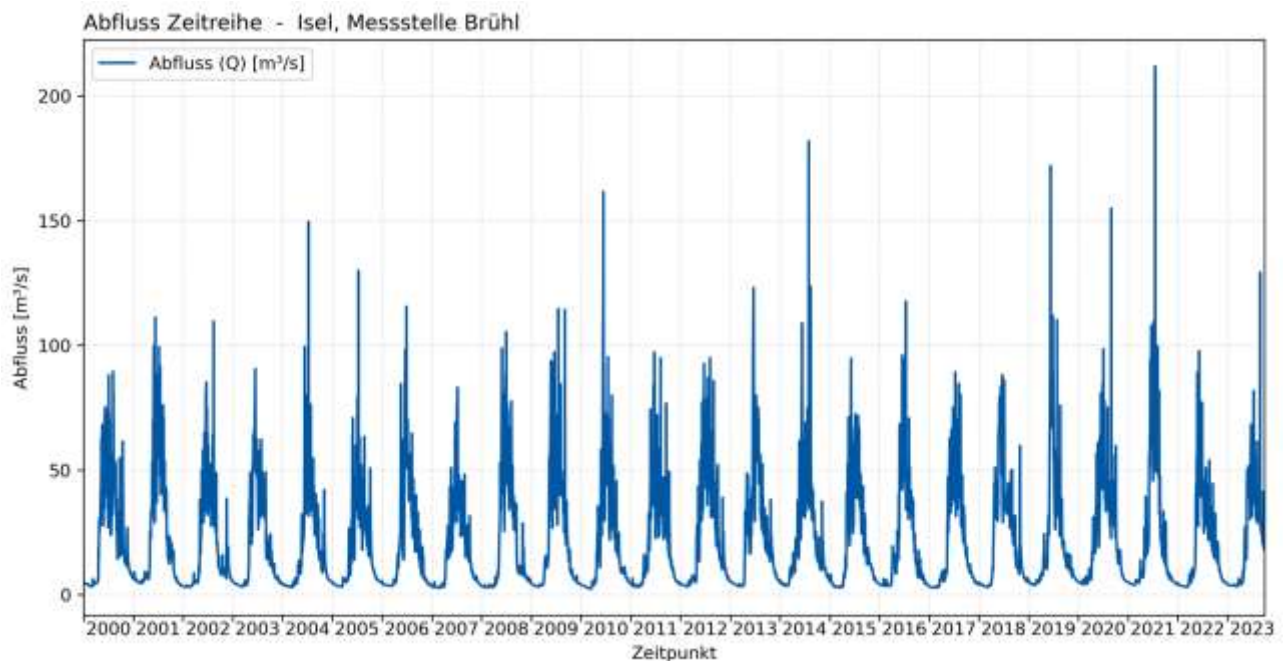


Abb. A 195: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Isel, Messstelle Brühl über den verfügbaren Zeitraum.

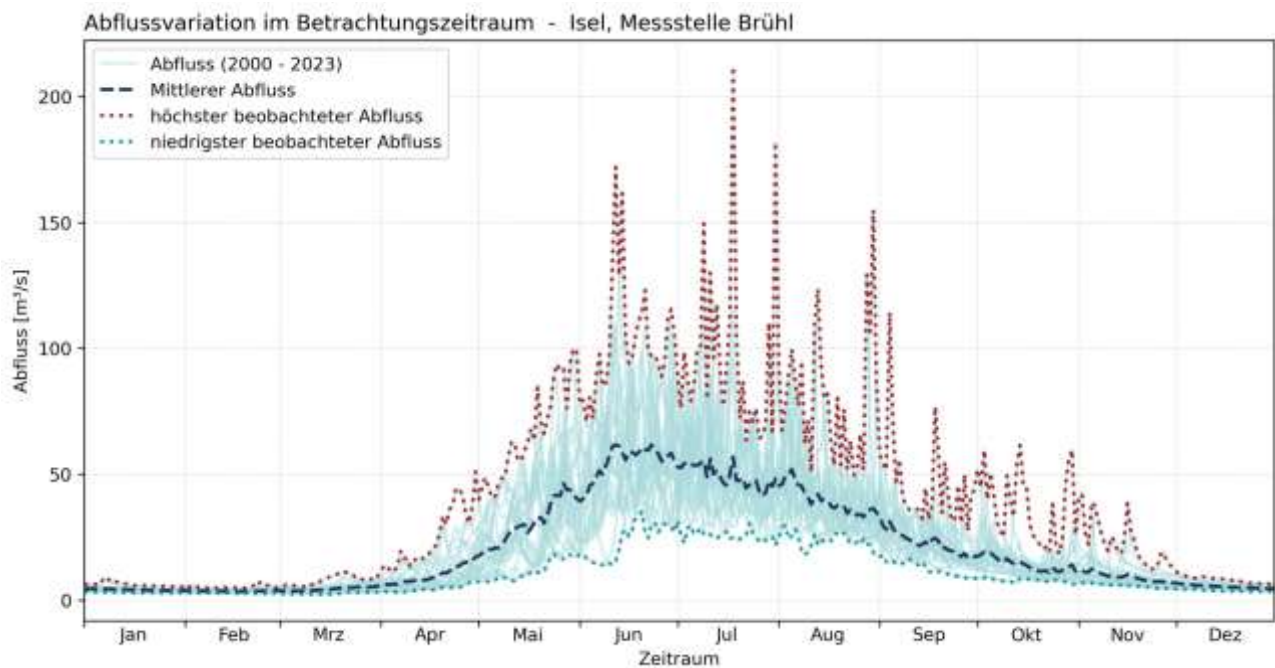


Abb. A 196: Tägliche Abflussvariation der Isel(Messstelle Brühl) im Jahresverlauf.

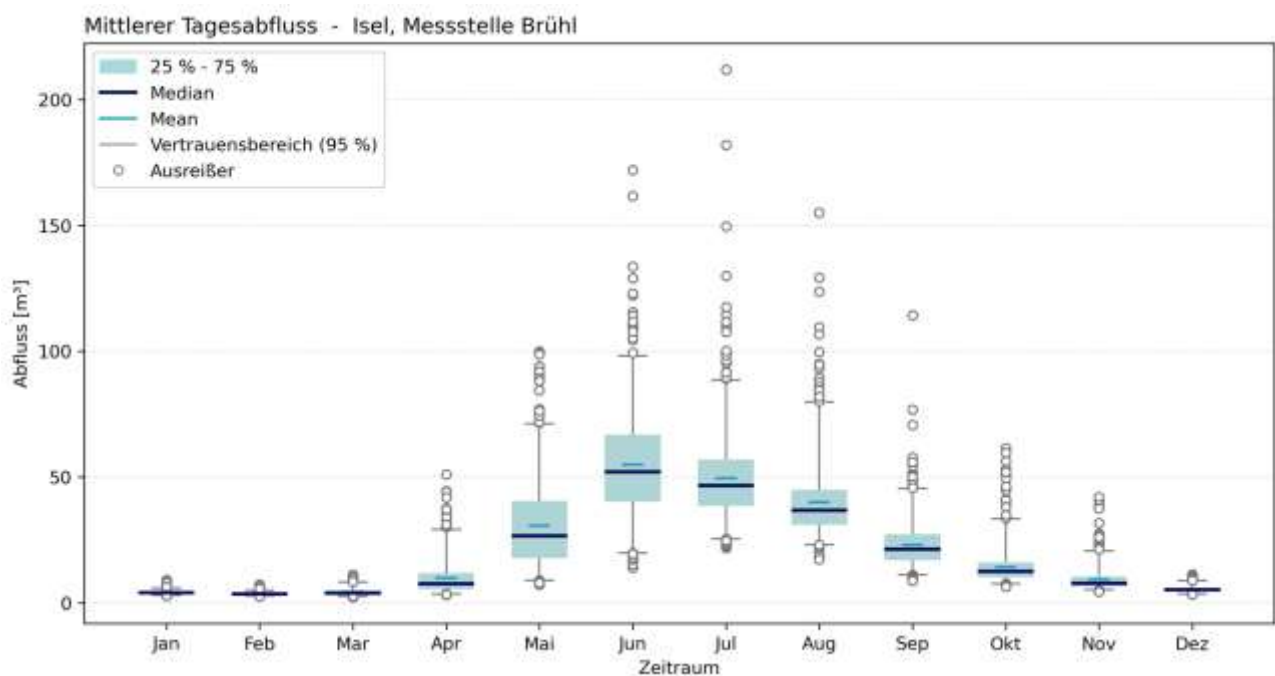


Abb. A 197: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Isel (Messstelle Brühl) als Monatswerte.

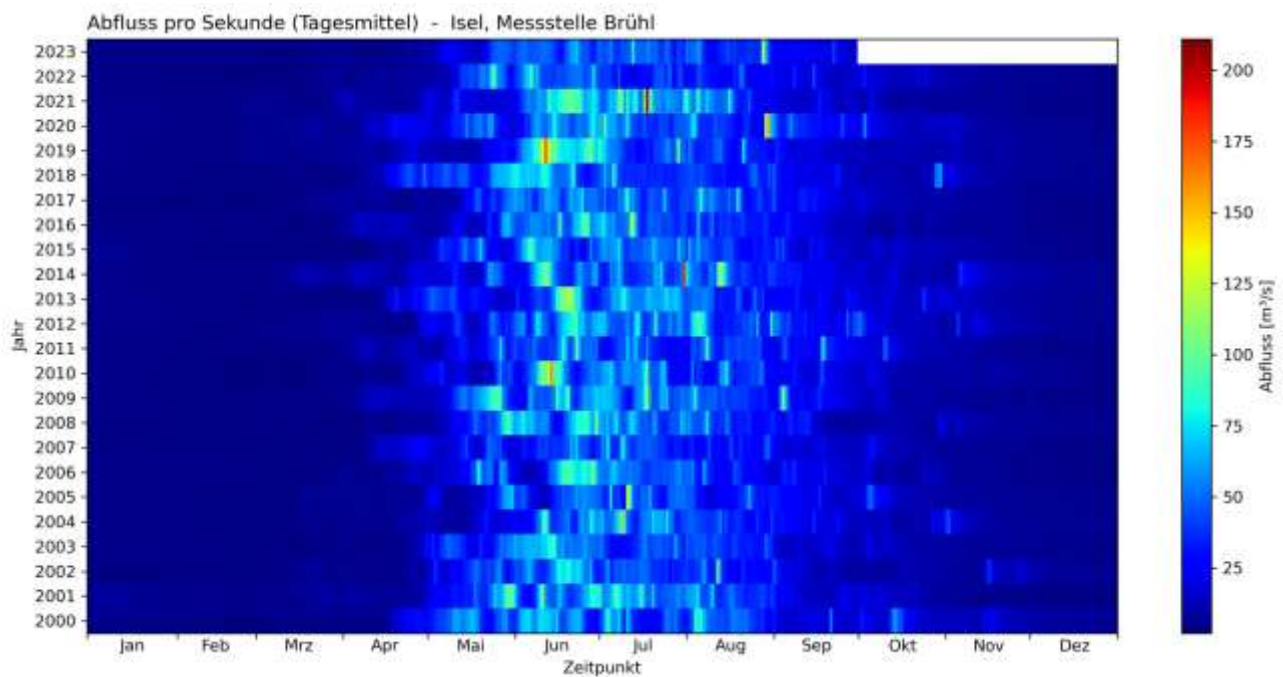


Abb. A 198: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Isel, Messstelle Brühl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

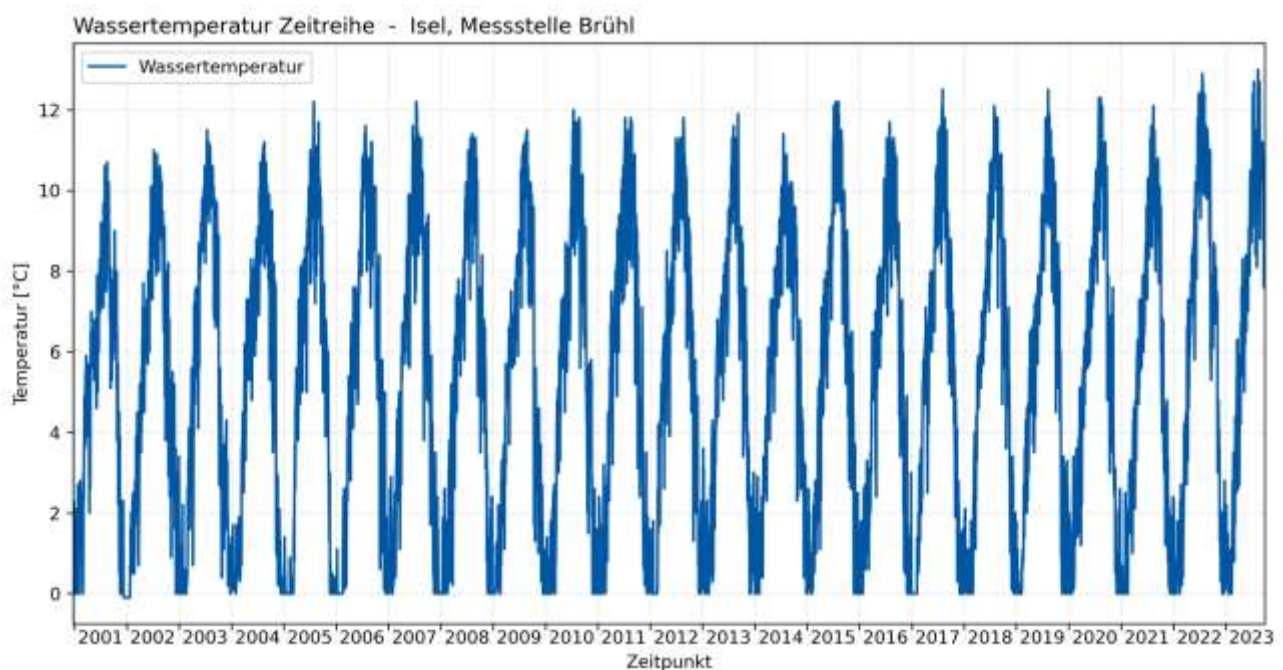


Abb. A 199: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Isel (Messstelle Brühl) über den verfügbaren Zeitraum.

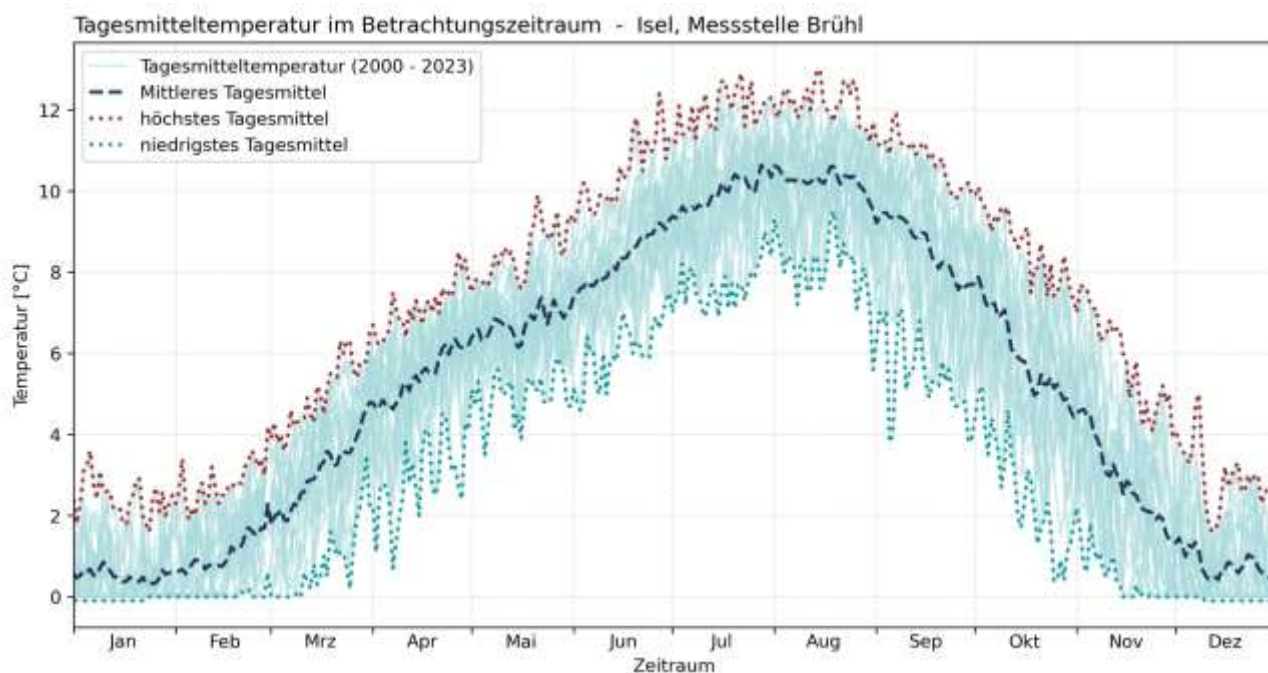


Abb. A 200: Tägliche Temperaturvariation der Isel (Messstelle Brühl) im Jahresverlauf.

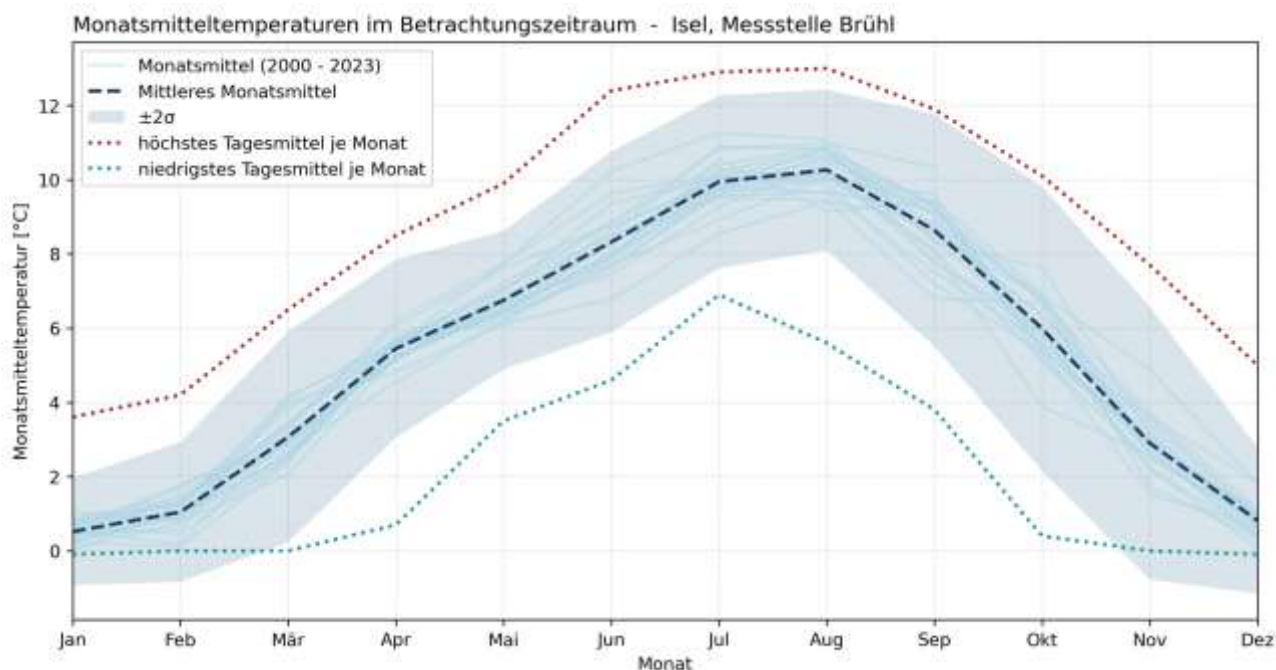


Abb. A 201: Monatsmitteltemperaturen für die Isel, Messstelle Brühl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

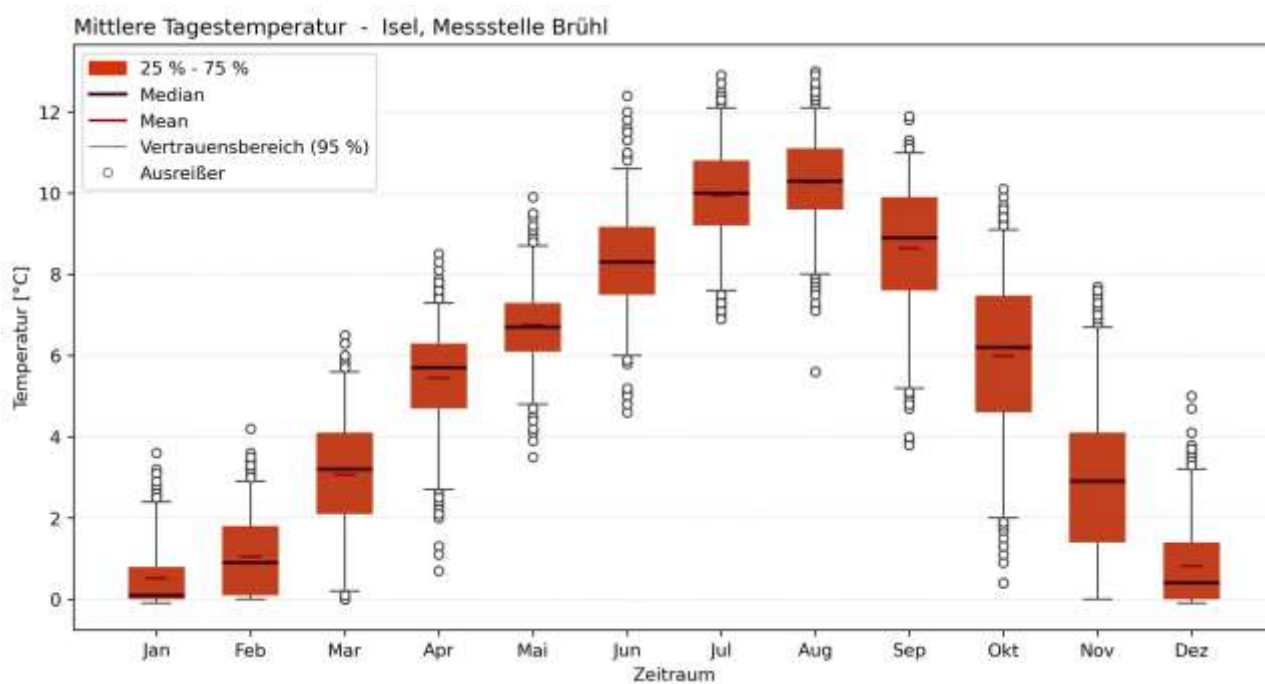


Abb. A 202: Mittlere Tägesterperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Isel (Messstelle, Brühl).

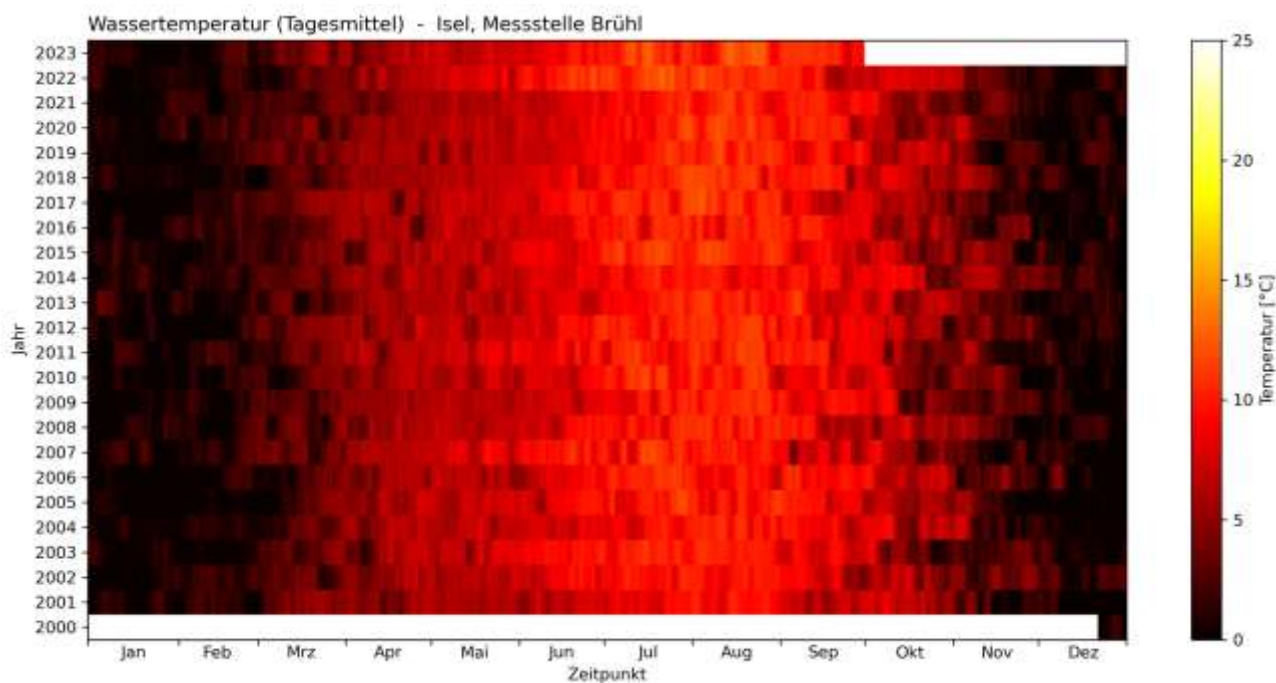


Abb. A 203: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Isel (Messstelle Brühl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

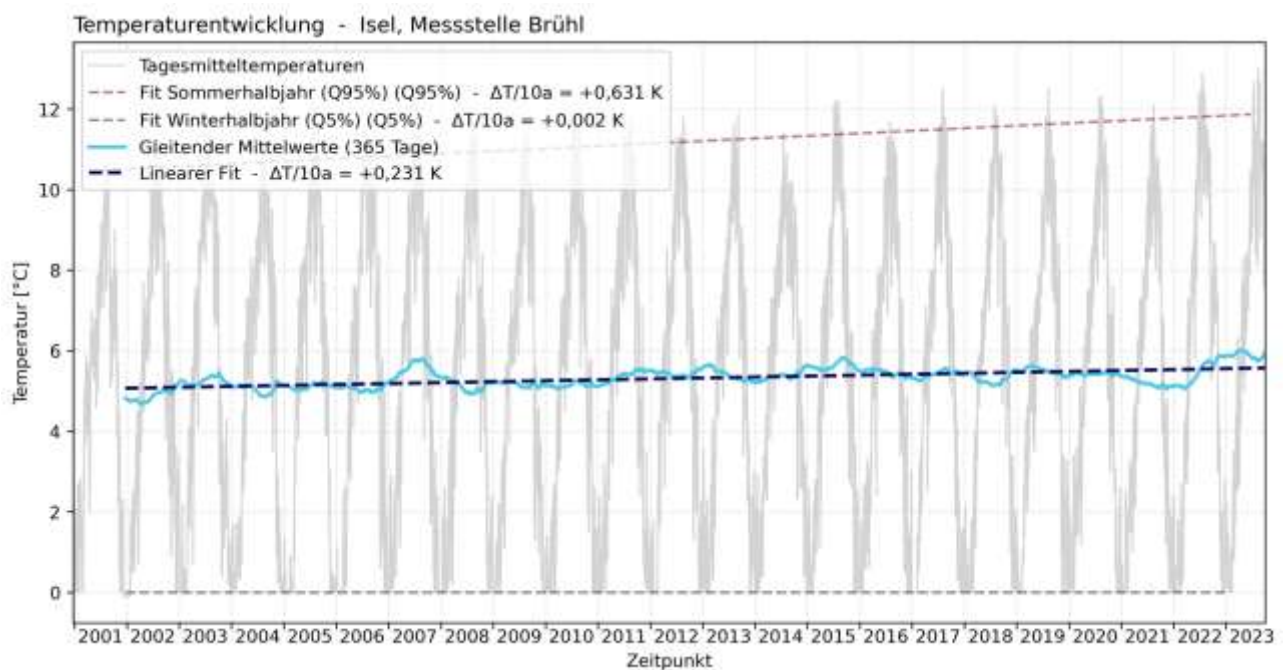


Abb. A 204: Temperaturentwicklung der Isel, Messstelle Brühl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

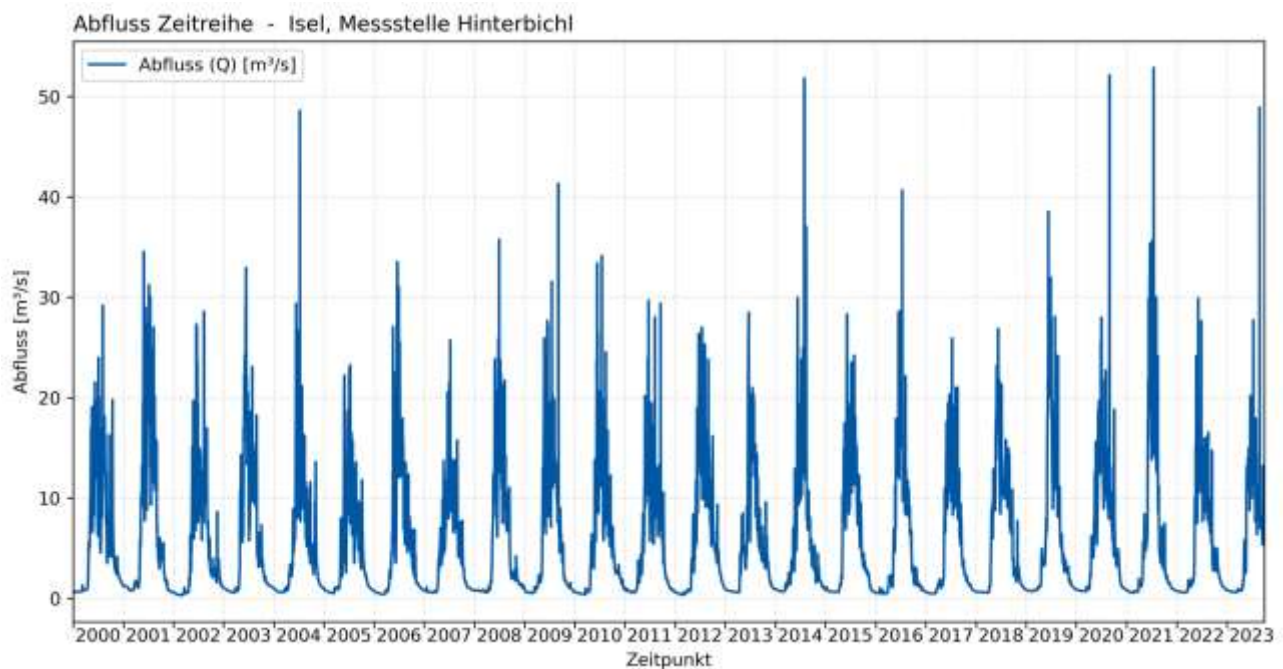


Abb. A 205: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Isel, Messstelle Hinterbichl über den verfügbaren Zeitraum.

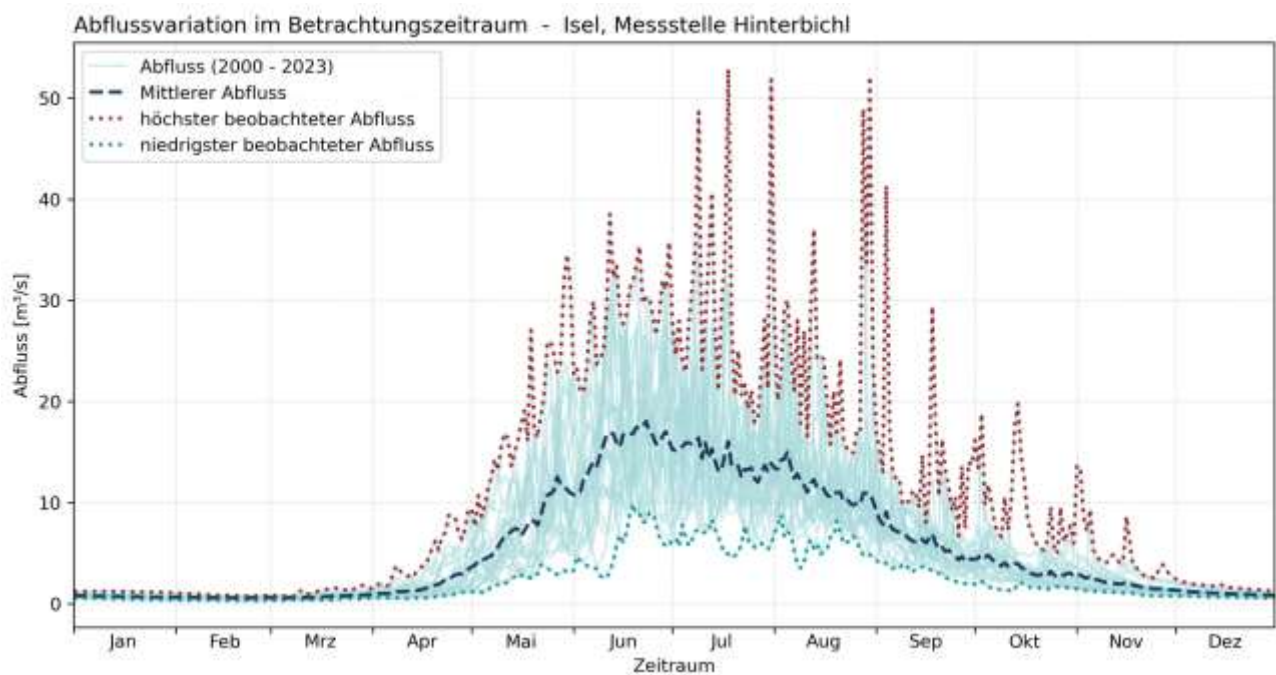


Abb. A 206: Tägliche Abflussvariation der Isel(Messstelle Hinterbichl) im Jahresverlauf.

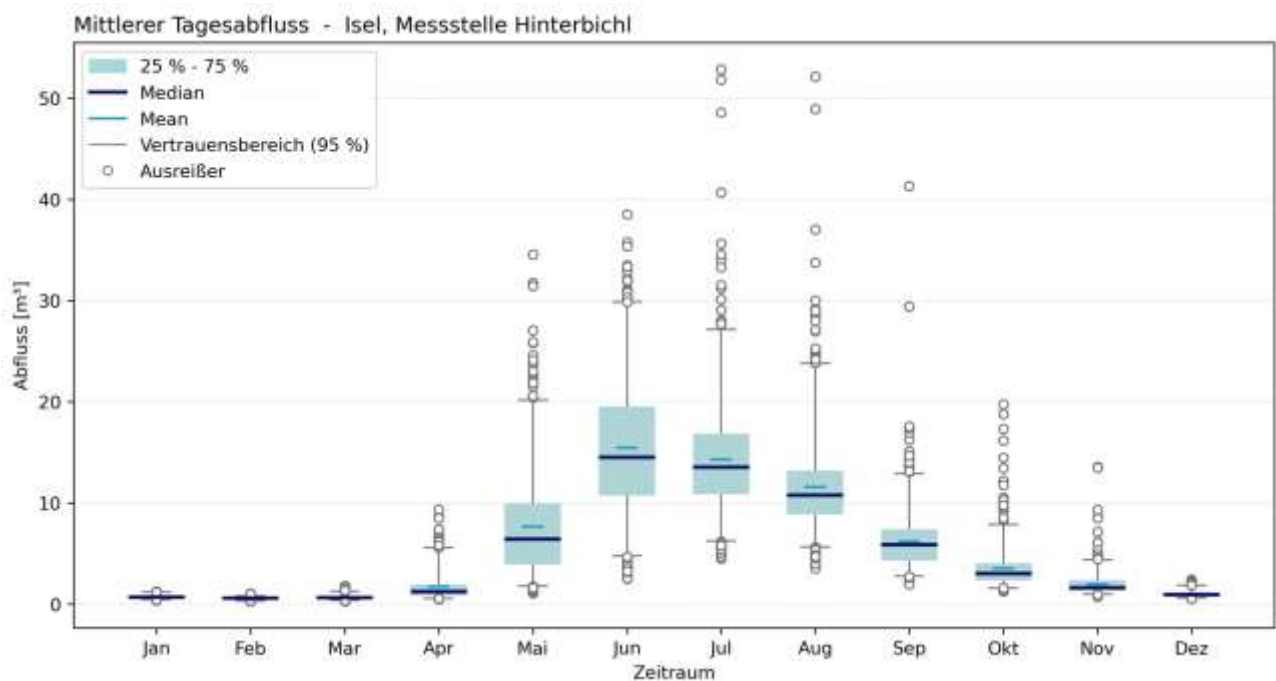


Abb. A 207: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Isel (Messstelle Hinterbichl) als Monatswerte.

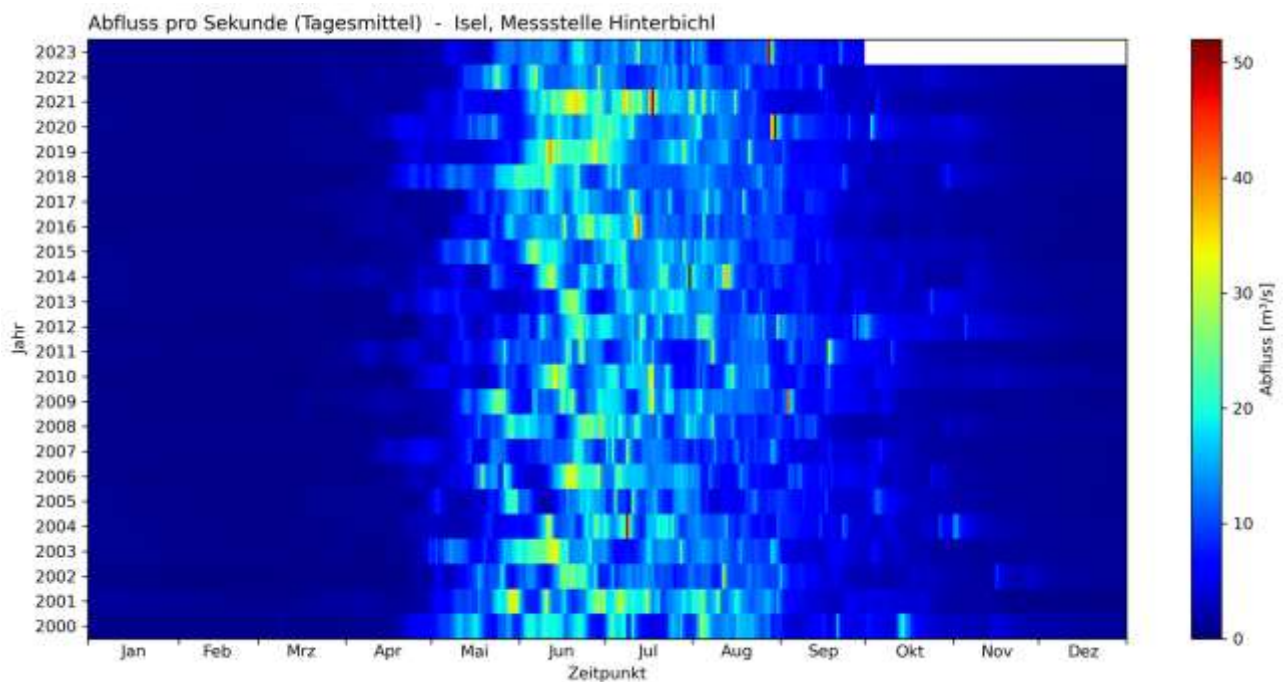


Abb. A 208: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Isel, Messstelle Hinterbichl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

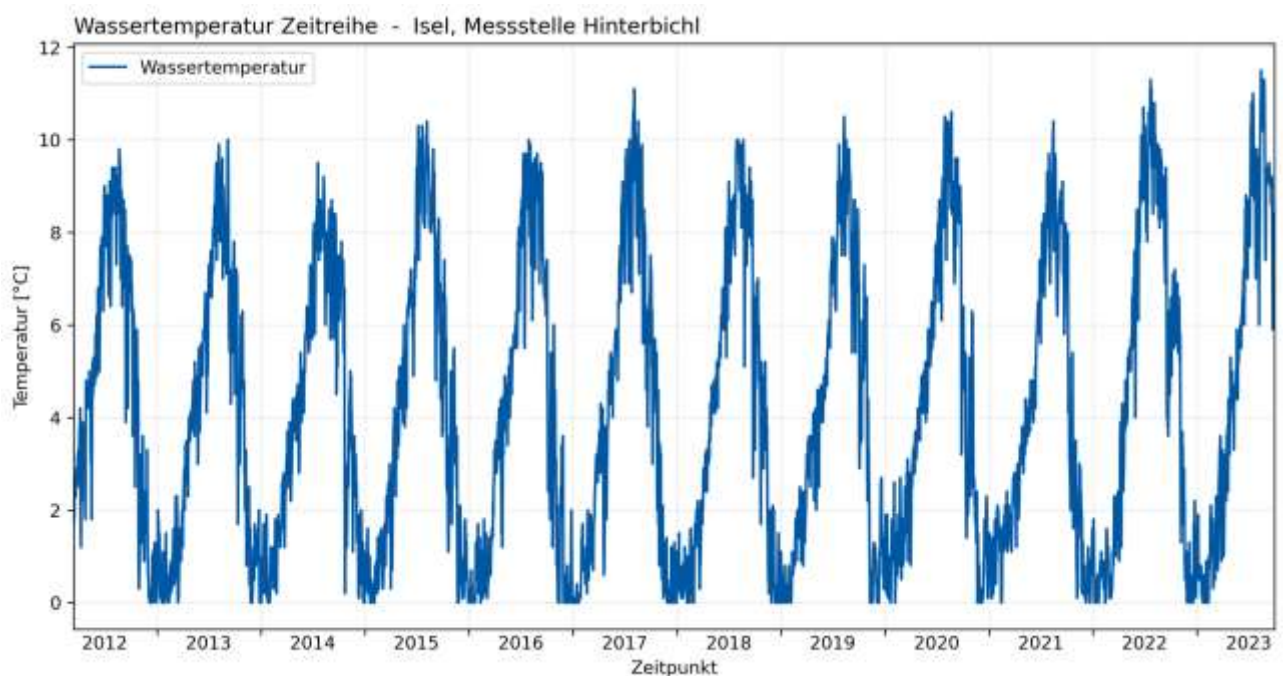


Abb. A 209: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Isel (Messstelle Hinterbichl) über den verfügbaren Zeitraum.

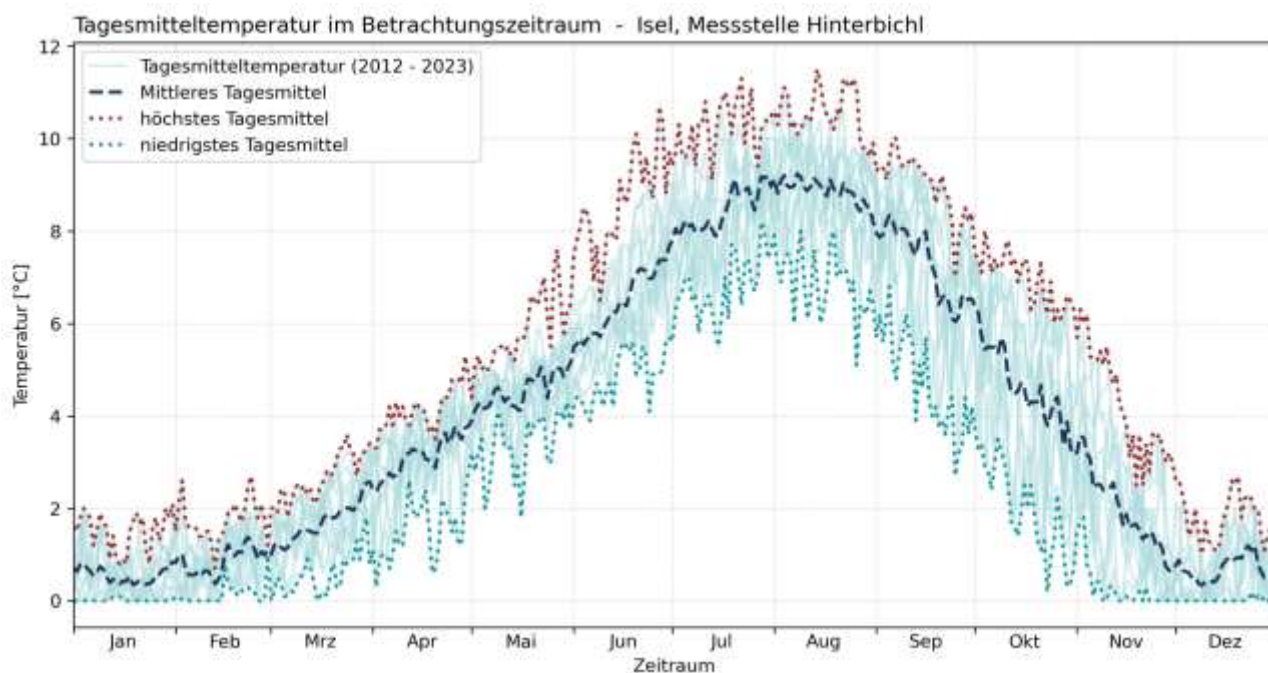


Abb. A 210: Tägliche Temperaturvariation der Isel (Messstelle Hinterbichl) im Jahresverlauf.

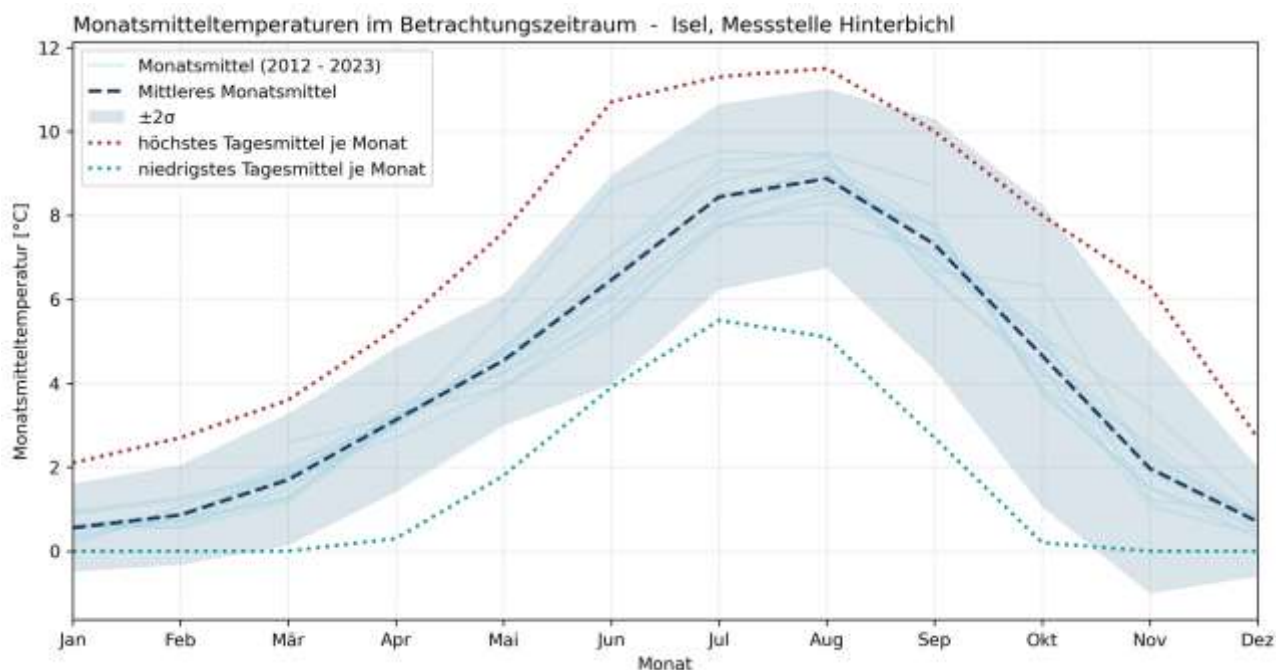


Abb. A 211: Monatsmitteltemperaturen für die Isel, Messstelle Hinterbichl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

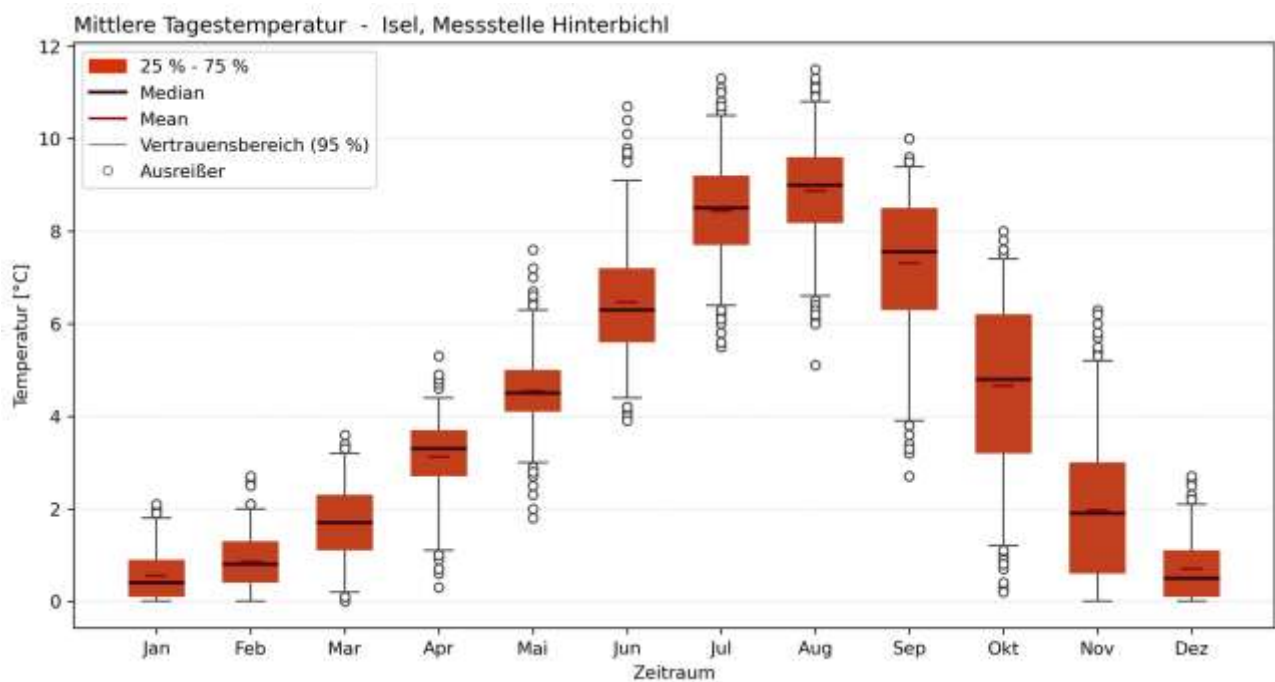


Abb. A 212: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Isel (Messstelle, Hinterbichl).

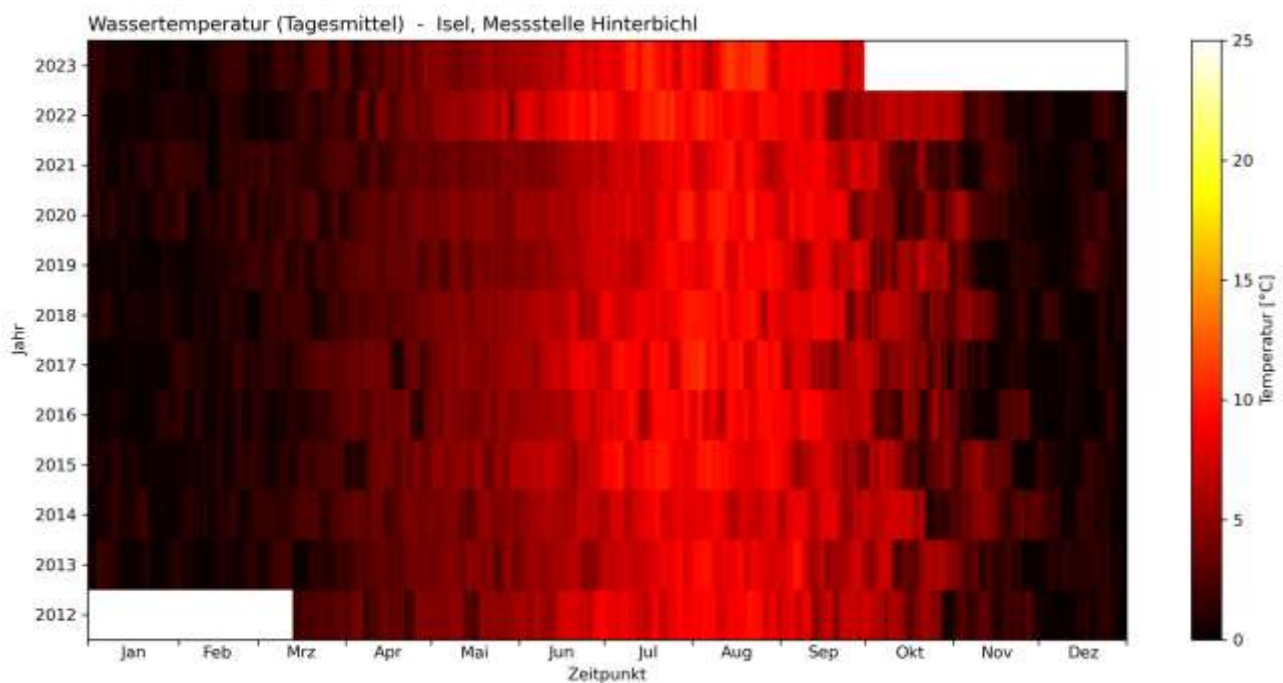


Abb. A 213: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Isel (Messstelle Hinterbichl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

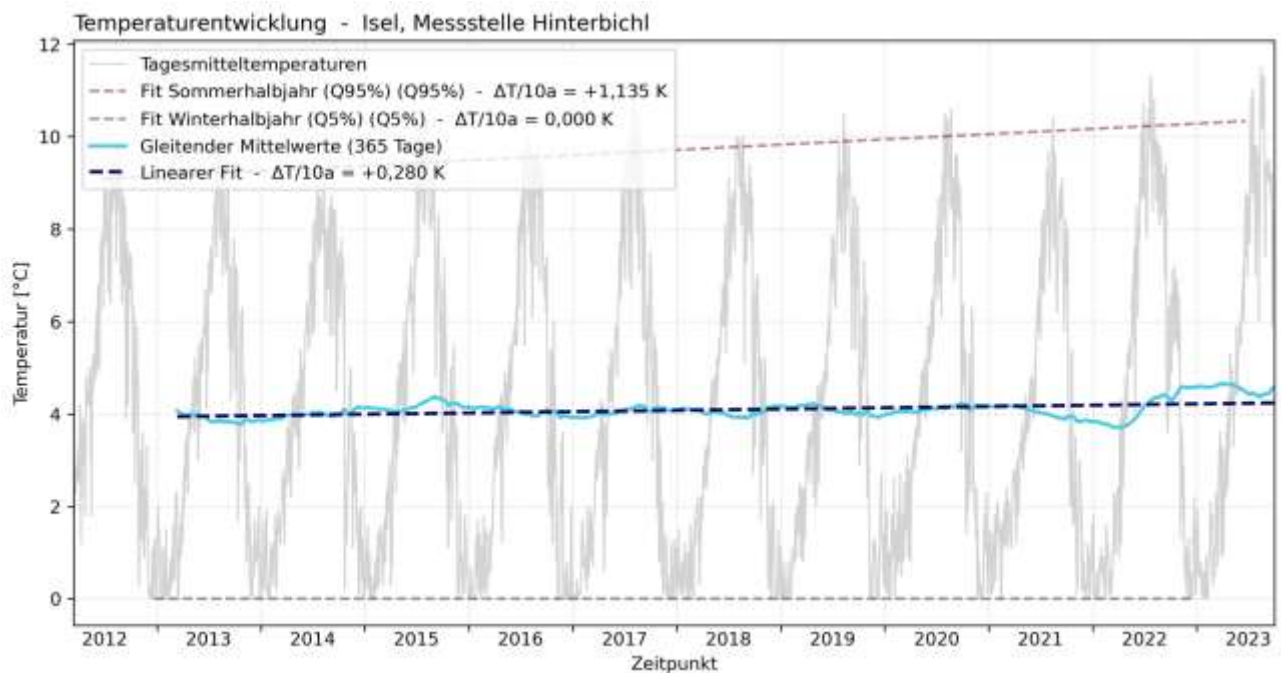


Abb. A 214: Temperaturentwicklung der Isel, Messstelle Hinterbichl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

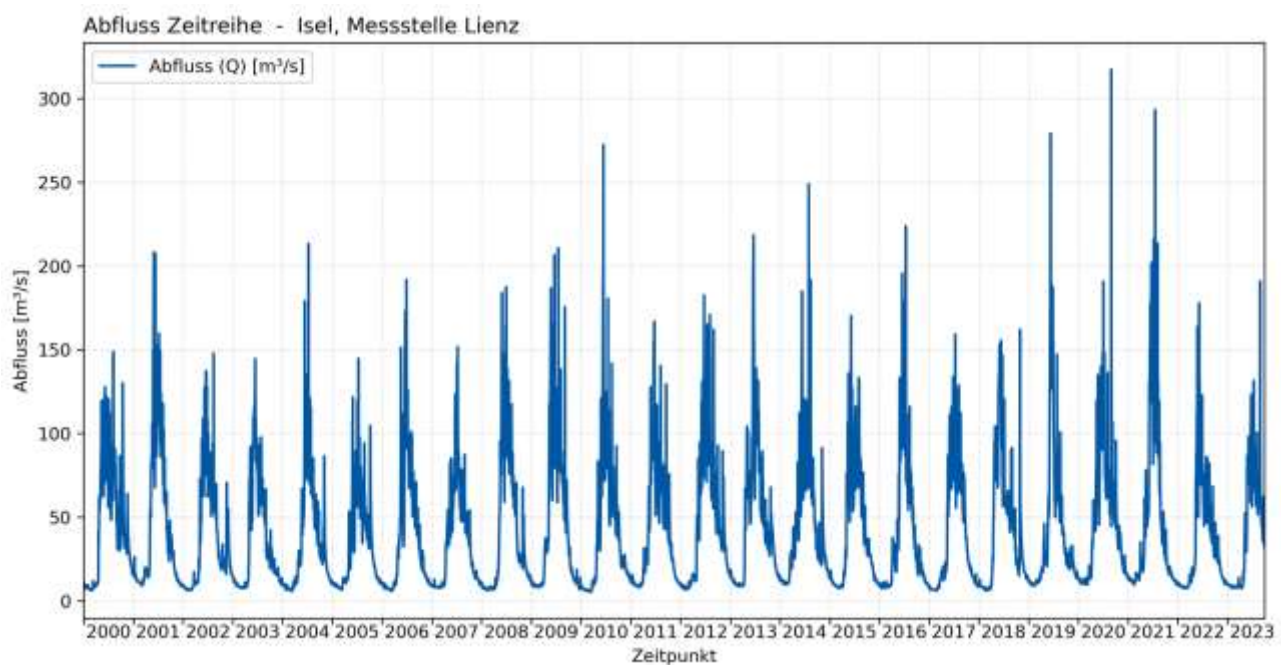


Abb. A 215: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Isel, Messstelle Lienz über den verfügbaren Zeitraum.

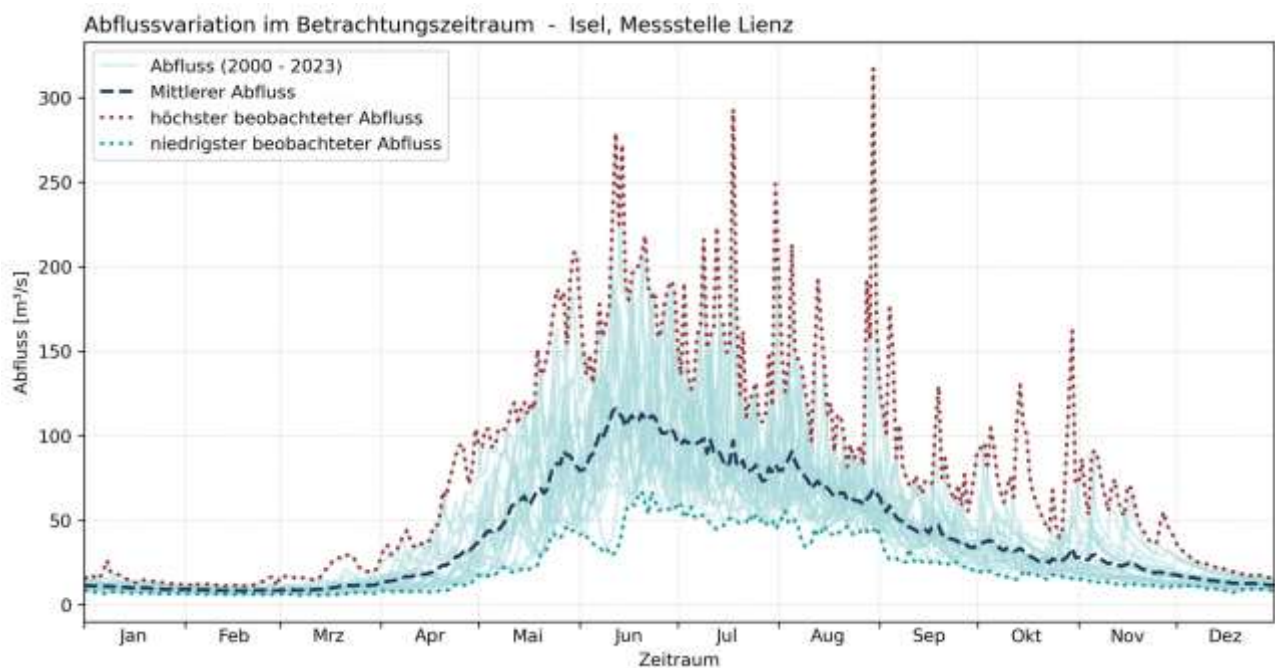


Abb. A 216: Tägliche Abflussvariation der Isel(Messstelle Lienz) im Jahresverlauf.

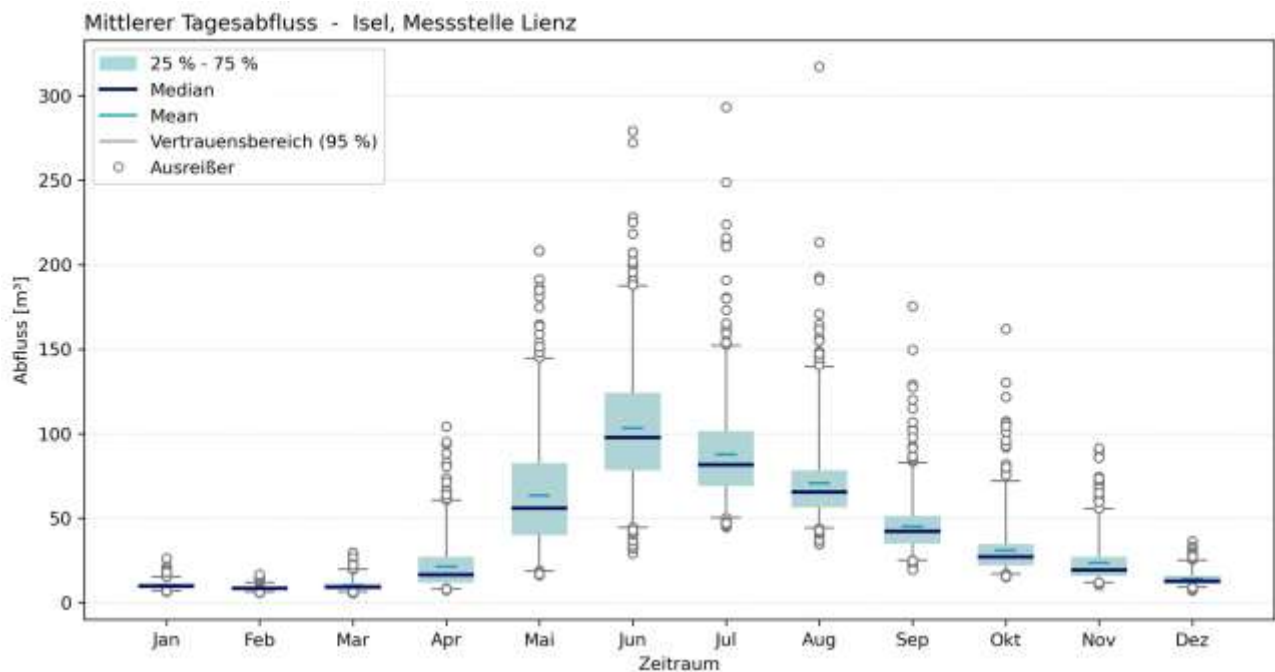


Abb. A 217: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Isel (Messstelle Lienz) als Monatswerte.

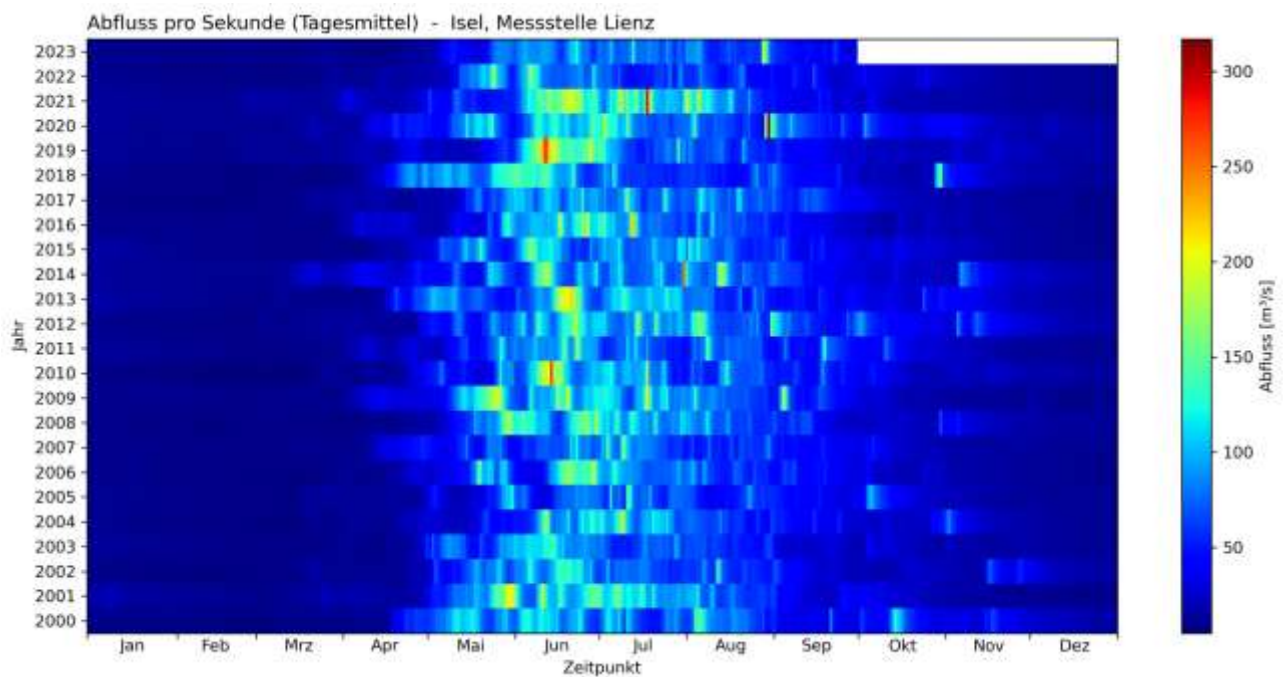


Abb. A 218: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Isel, Messstelle Lienz). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

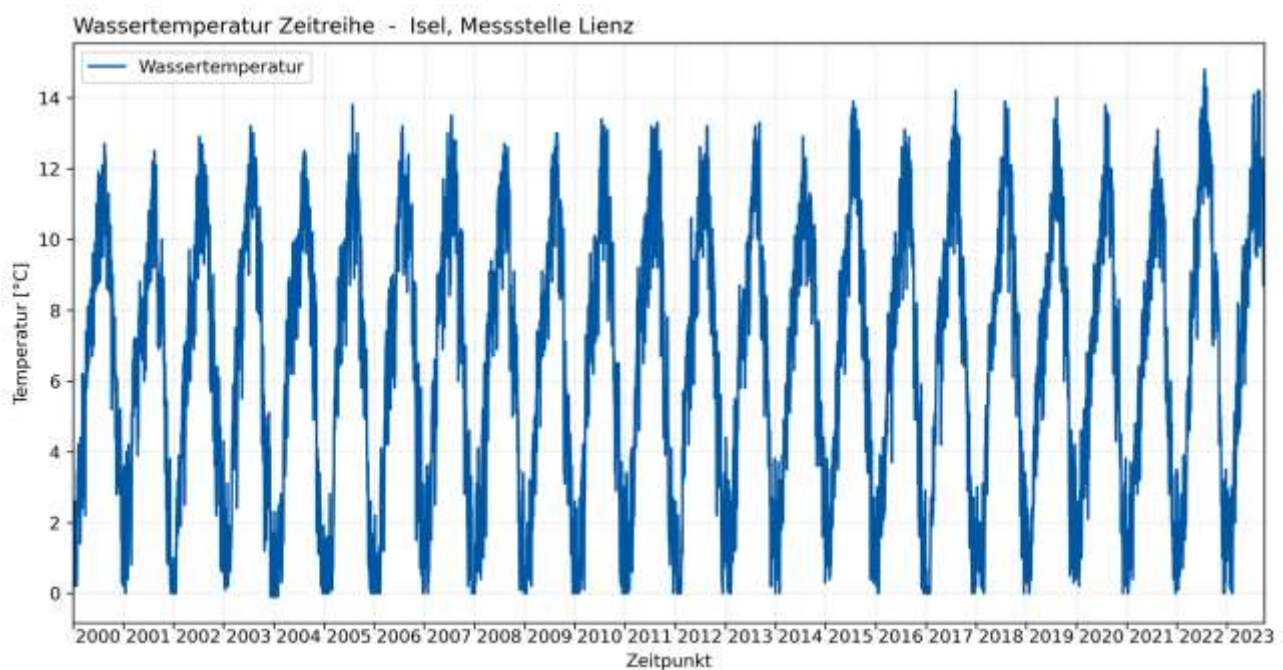


Abb. A 219: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Isel (Messstelle Lienz) über den verfügbaren Zeitraum.

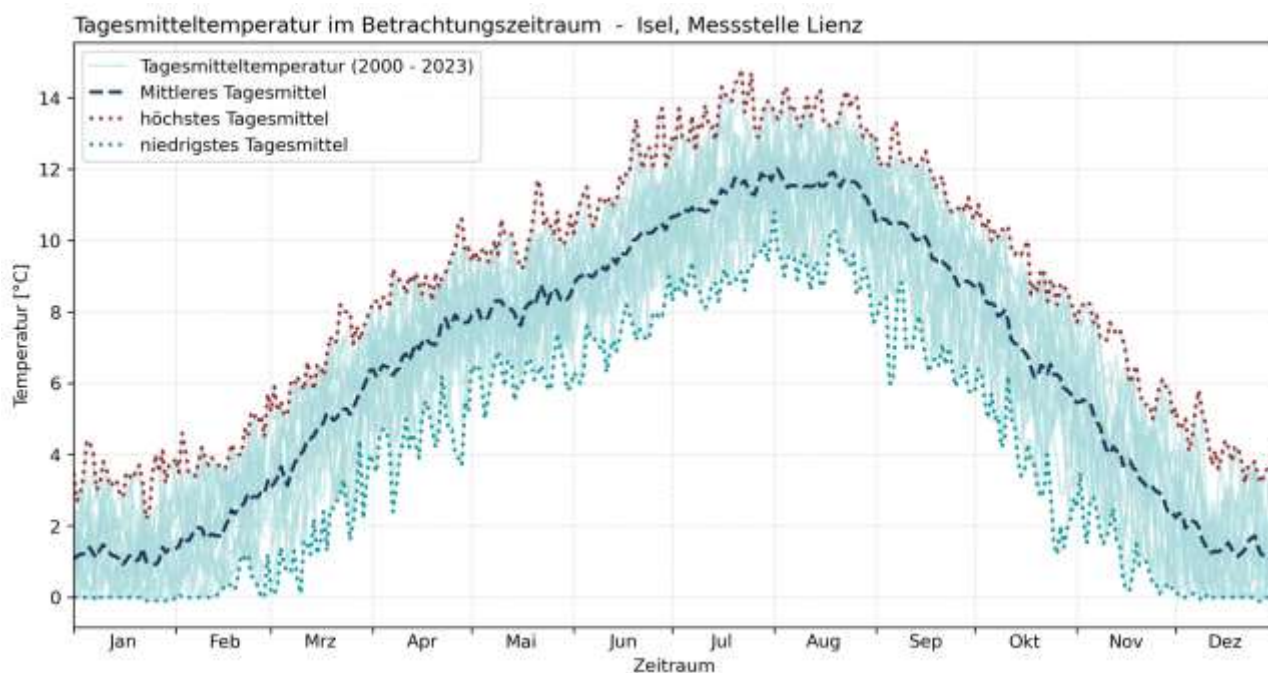


Abb. A 220: Tägliche Temperaturvariation der Isel (Messstelle Lienz) im Jahresverlauf.

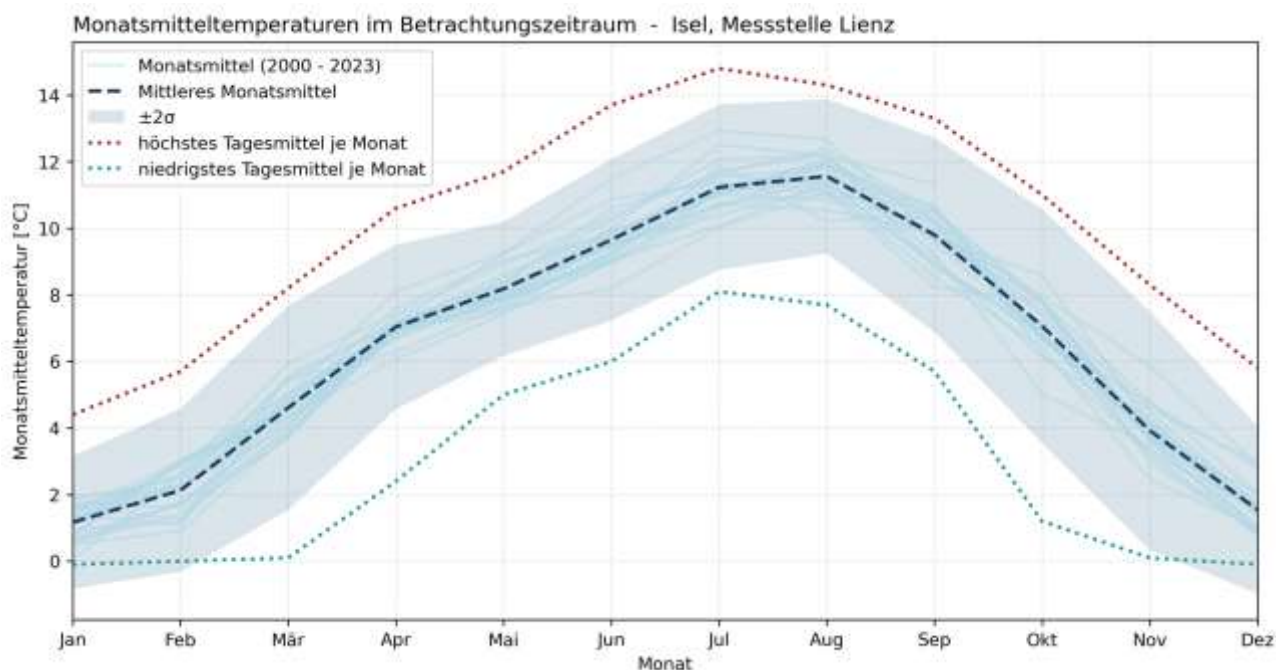


Abb. A 221: Monatsmitteltemperaturen für die Isel, Messstelle Lienz. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

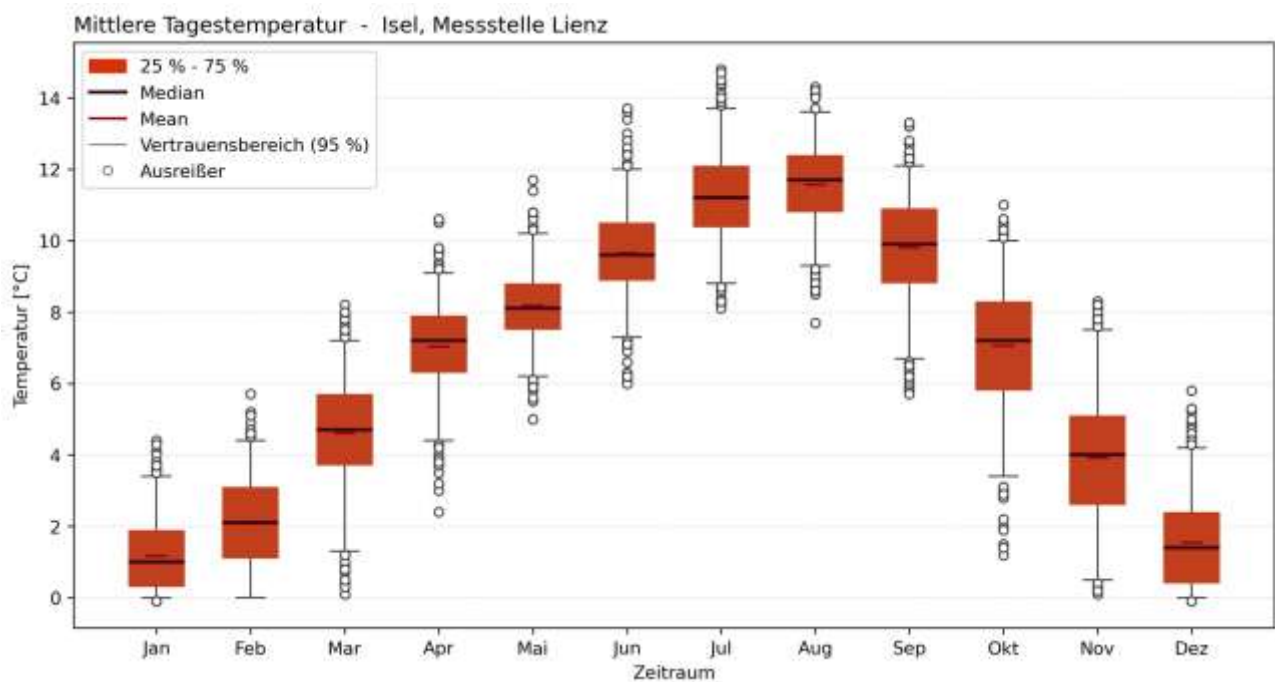


Abb. A 222: Mittlere Tägestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Isel (Messstelle, Lienz).

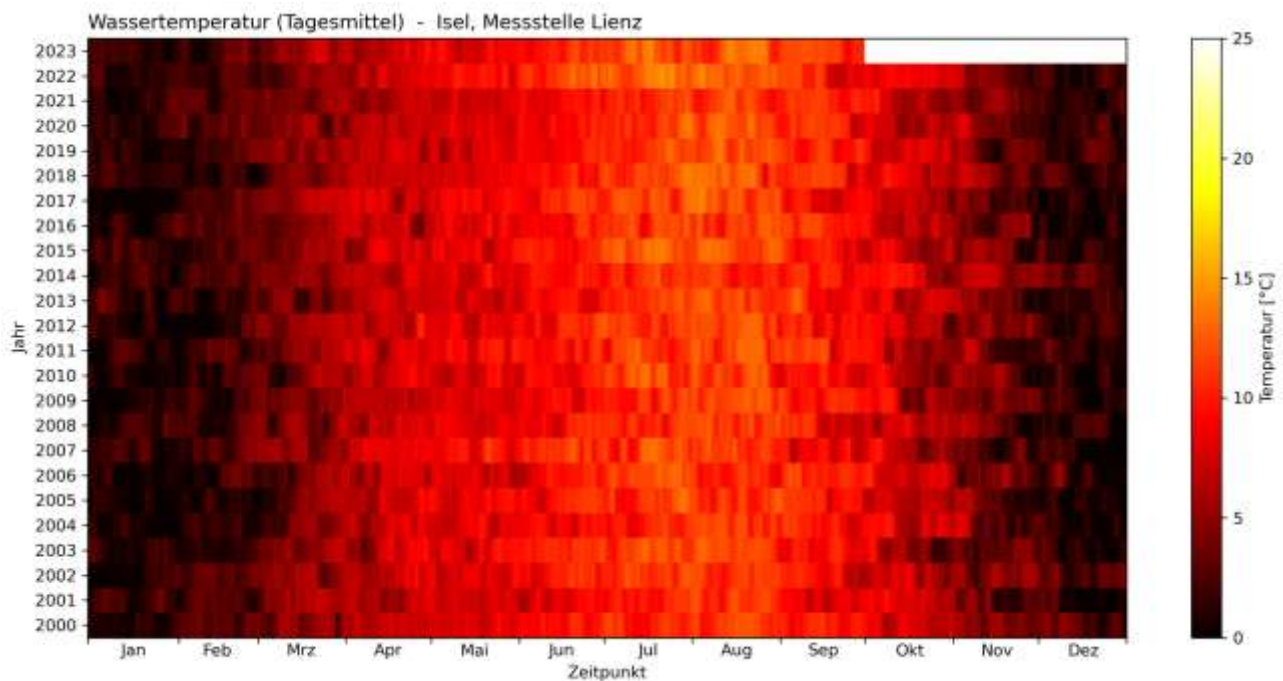


Abb. A 223: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Isel (Messstelle Lienz). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

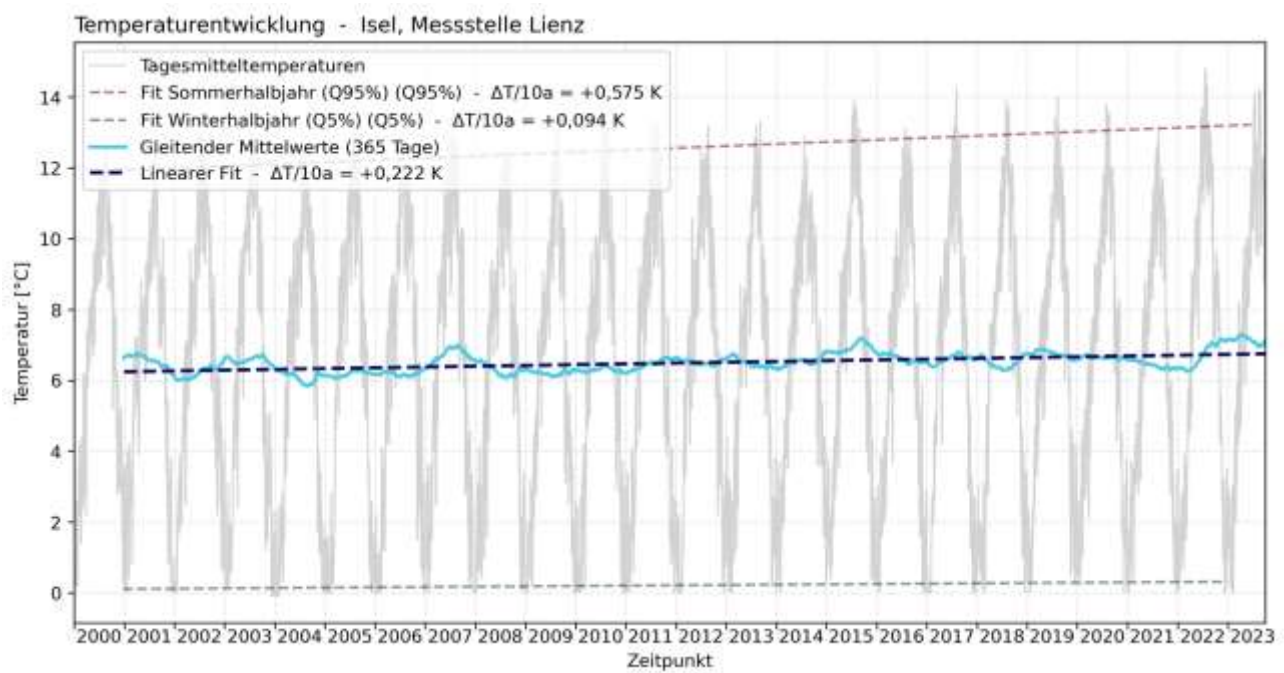


Abb. A 224: Temperaturentwicklung der Isel, Messstelle Lienz, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.15. Kalser Bach

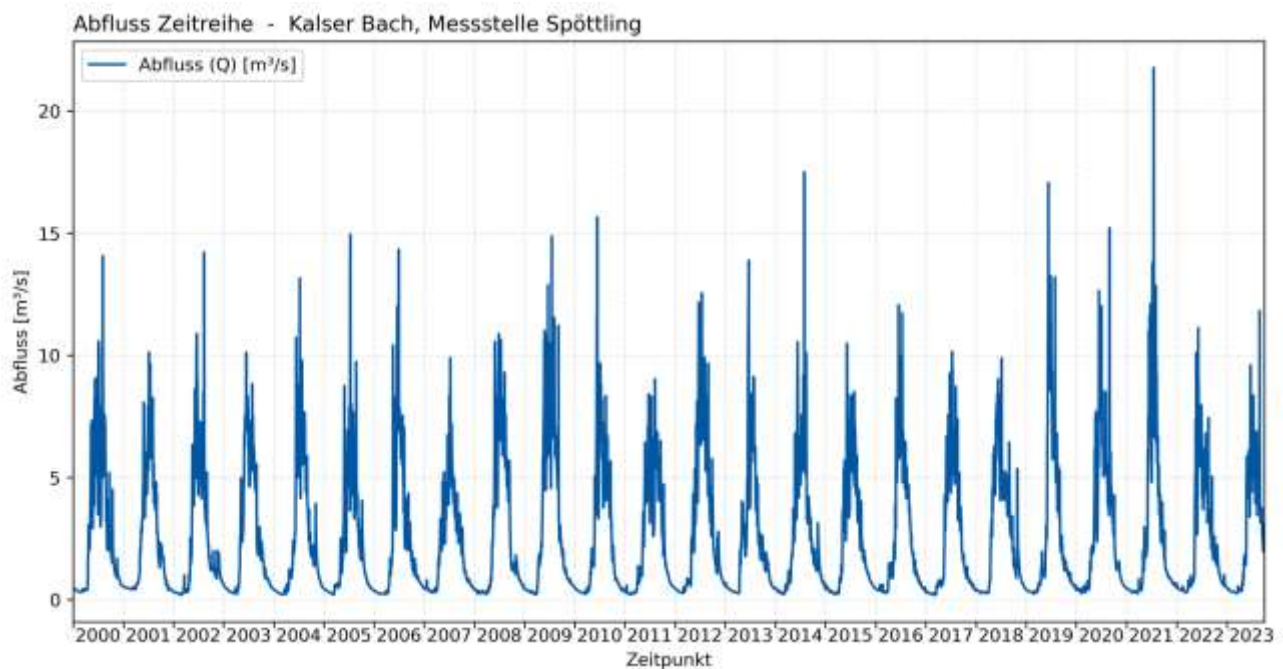


Abb. A 225: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Kalser Bach, Messstelle Spöttling über den verfügbaren Zeitraum.

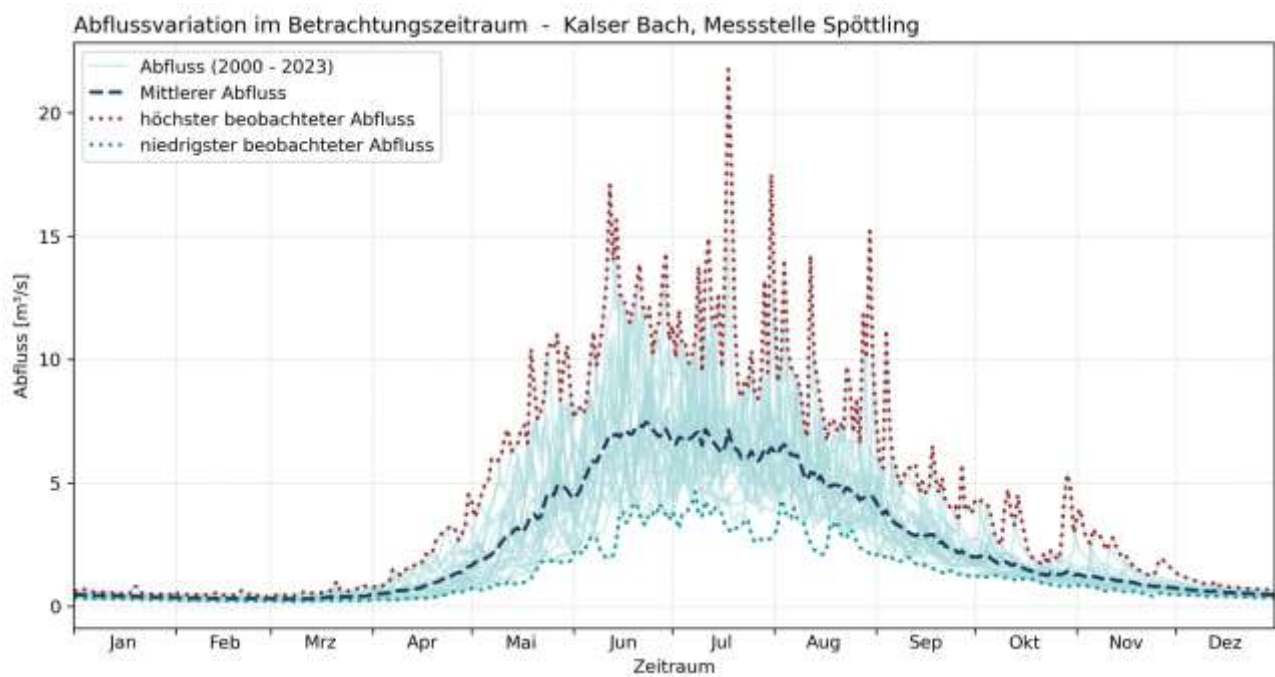


Abb. A 226: Tägliche Abflussvariation des Kalser Bach(Messstelle Spöttling) im Jahresverlauf.

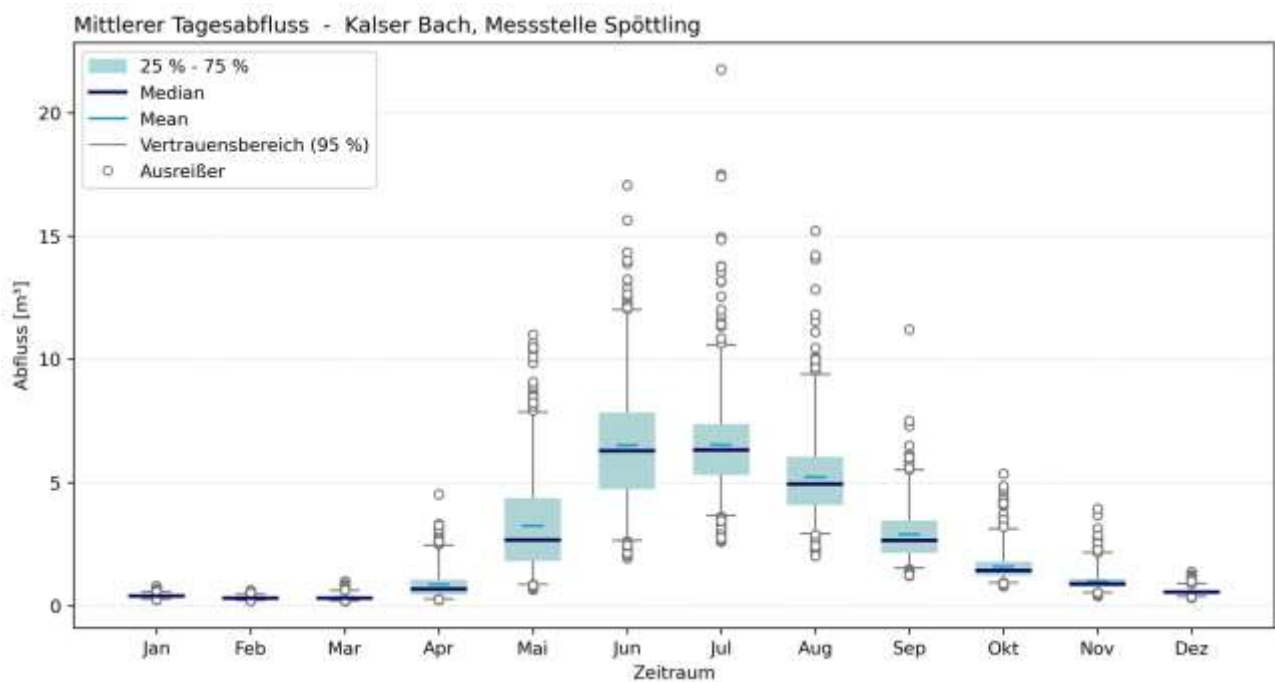


Abb. A 227: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Kalser Bach (Messstelle Spötting) als Monatswerte.

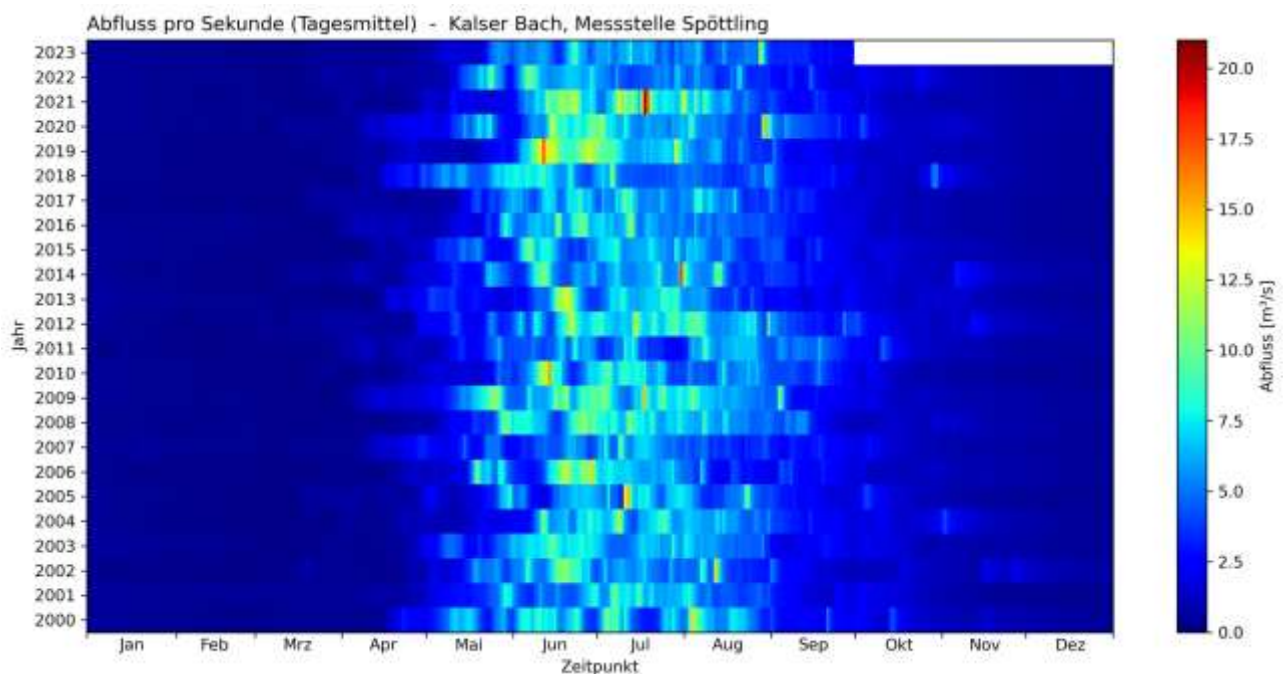


Abb. A 228: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Kalser Bach, Messstelle Spötting). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

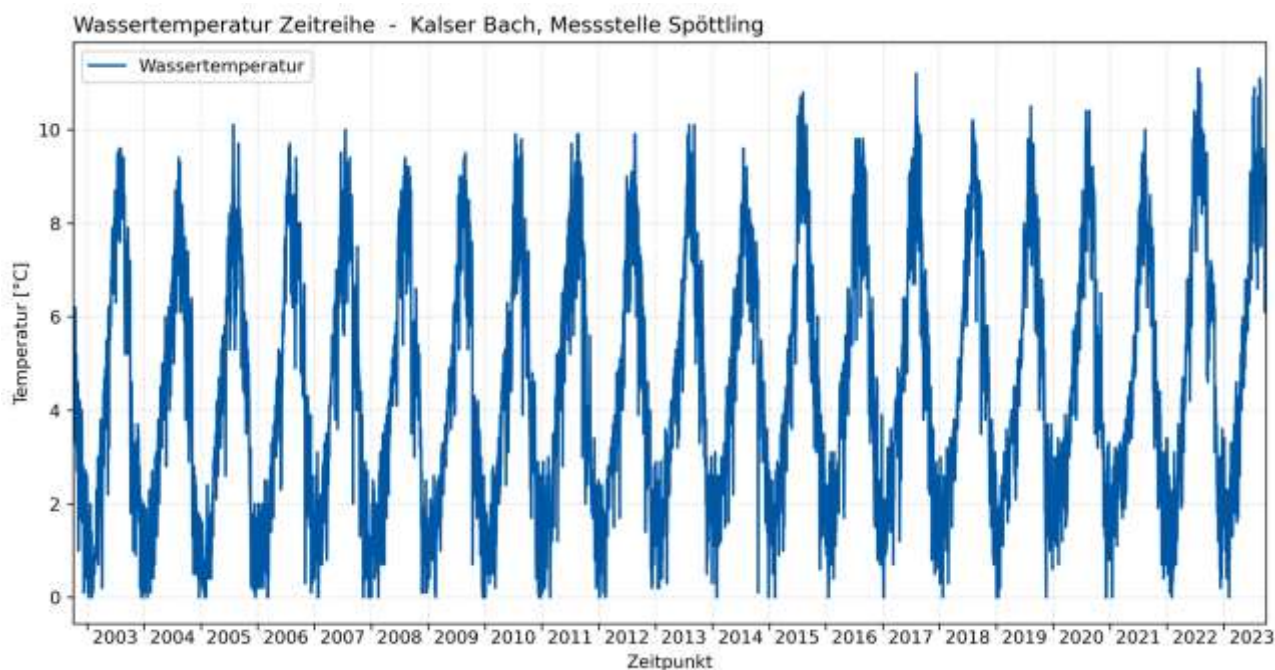


Abb. A 229: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Kalser Bach (Messstelle Spöttling) über den verfügbaren Zeitraum.

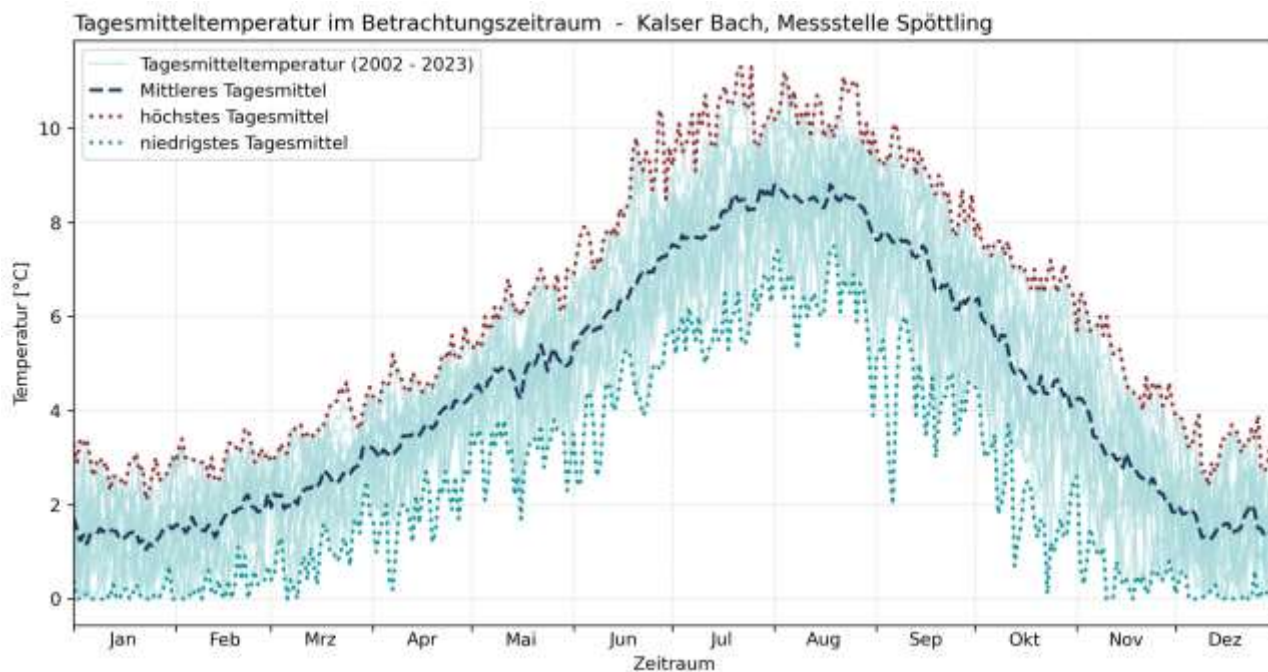


Abb. A 230: Tägliche Temperaturvariation des Kalser Bach (Messstelle Spöttling) im Jahresverlauf.

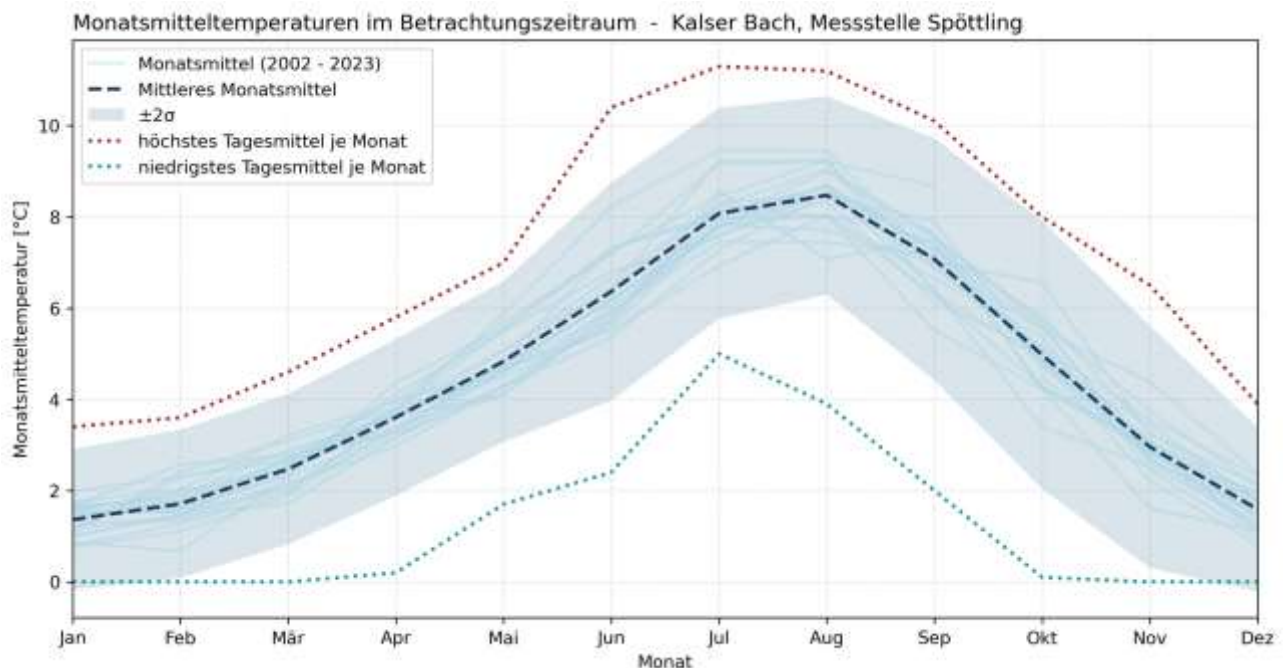


Abb. A 231: Monatsmitteltemperaturen für den Kalser Bach, Messstelle Spöttling. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

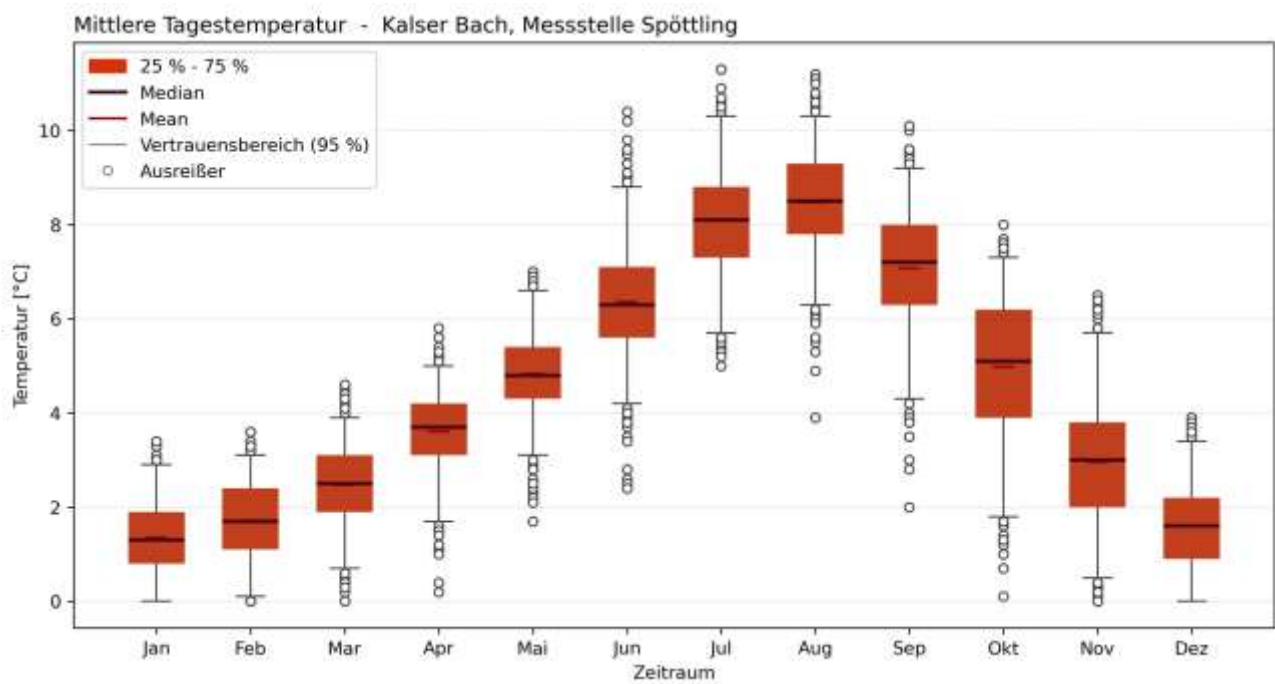


Abb. A 232: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Kalser Bach (Messstelle, Spöttling).

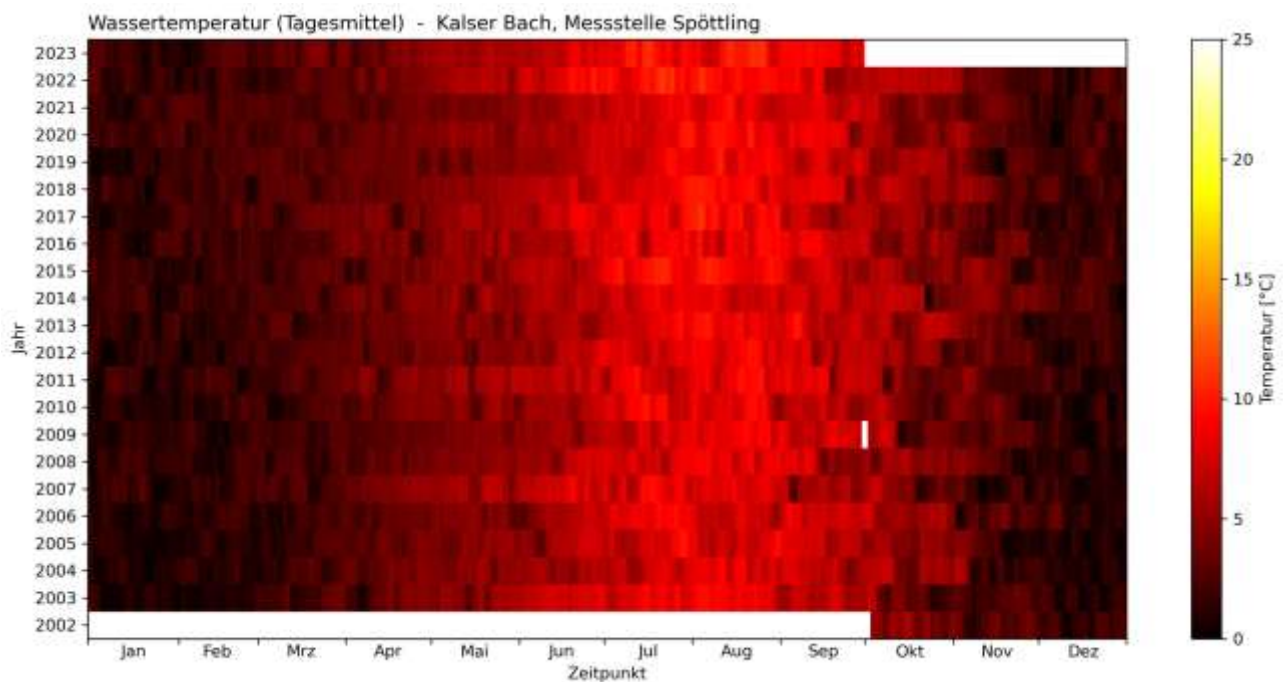


Abb. A 233: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Kalser Bach (Messstelle Spöttling). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

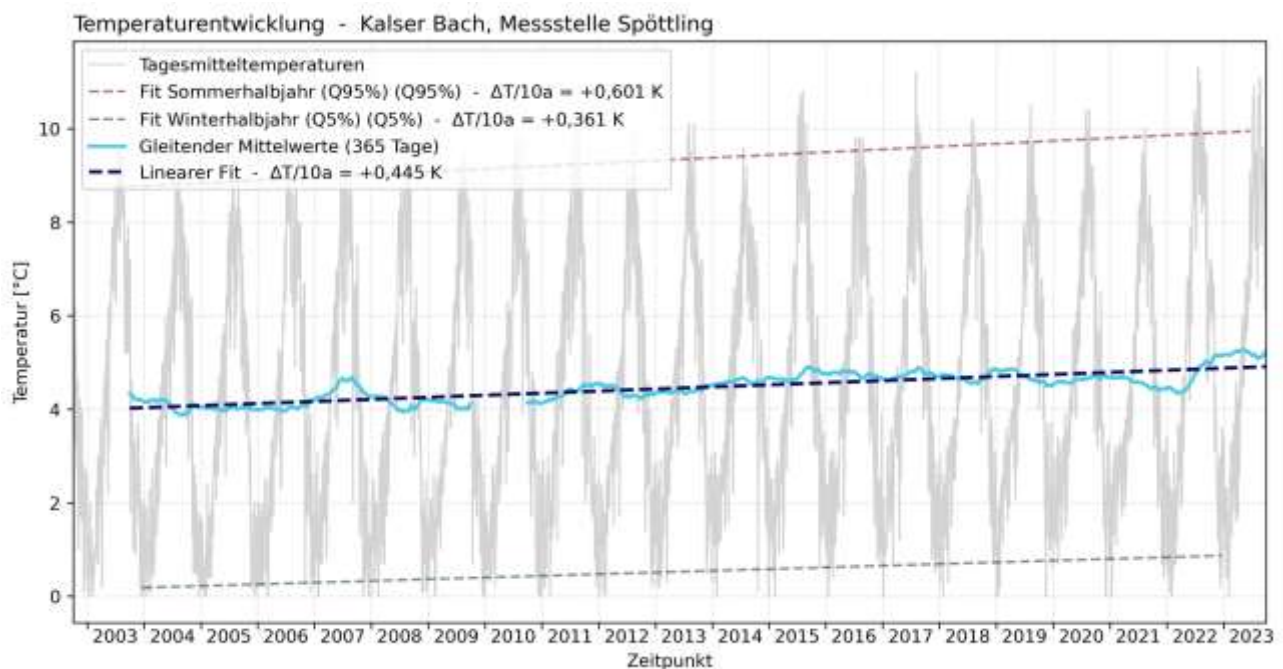


Abb. A 234: Temperaturentwicklung des Kalser Bach, Messstelle Spöttling, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.16. Kelchsauer Ache

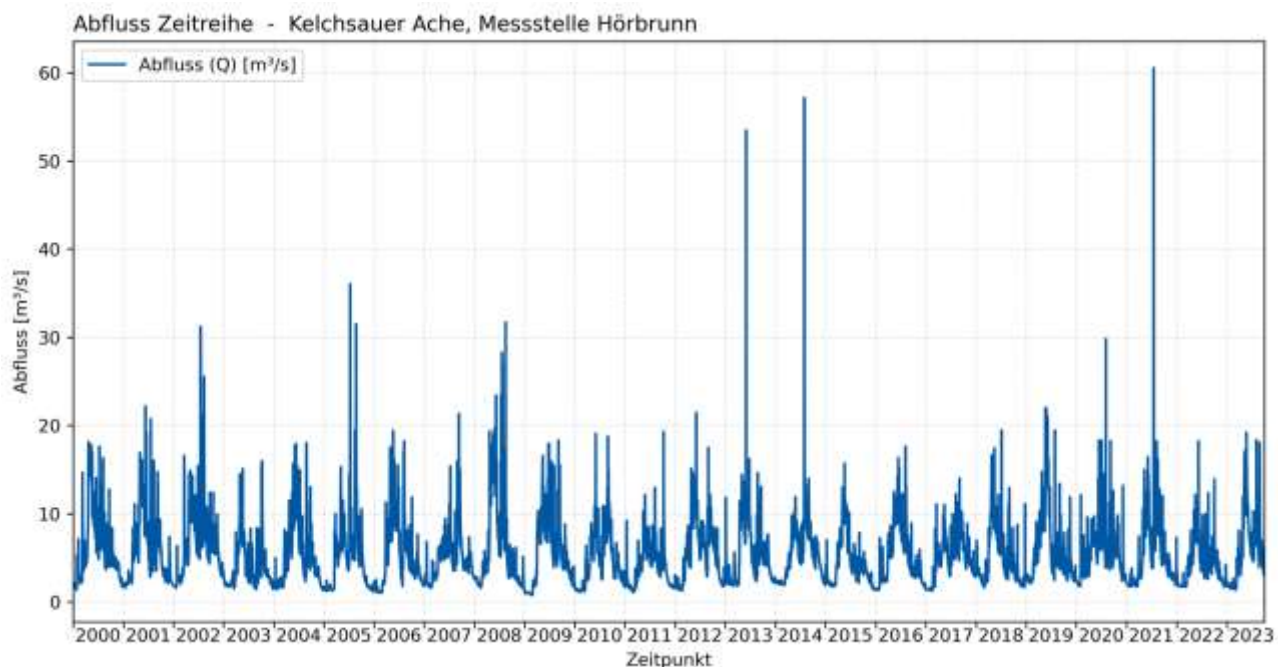


Abb. A 235: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Kelchsauer Ache, Messstelle Hörbrunn über den verfügbaren Zeitraum.

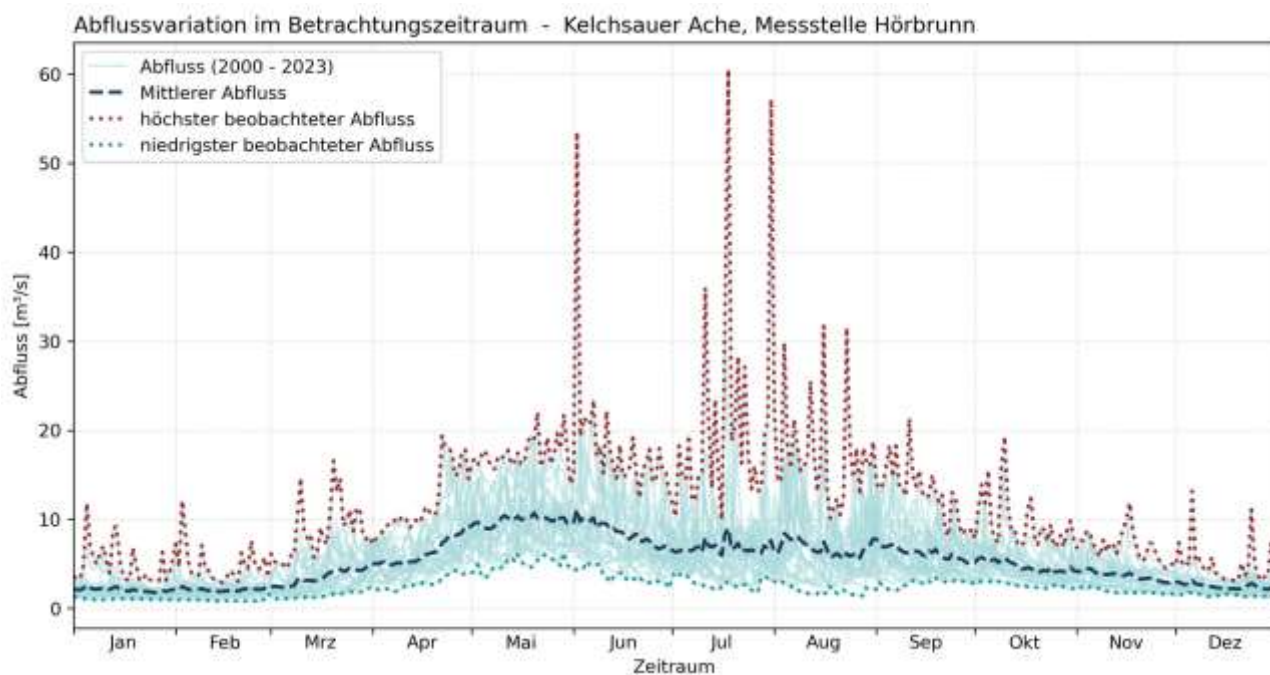


Abb. A 236: Tägliche Abflussvariation der Kelchsauer Ache(Messstelle Hörbrunn) im Jahresverlauf.

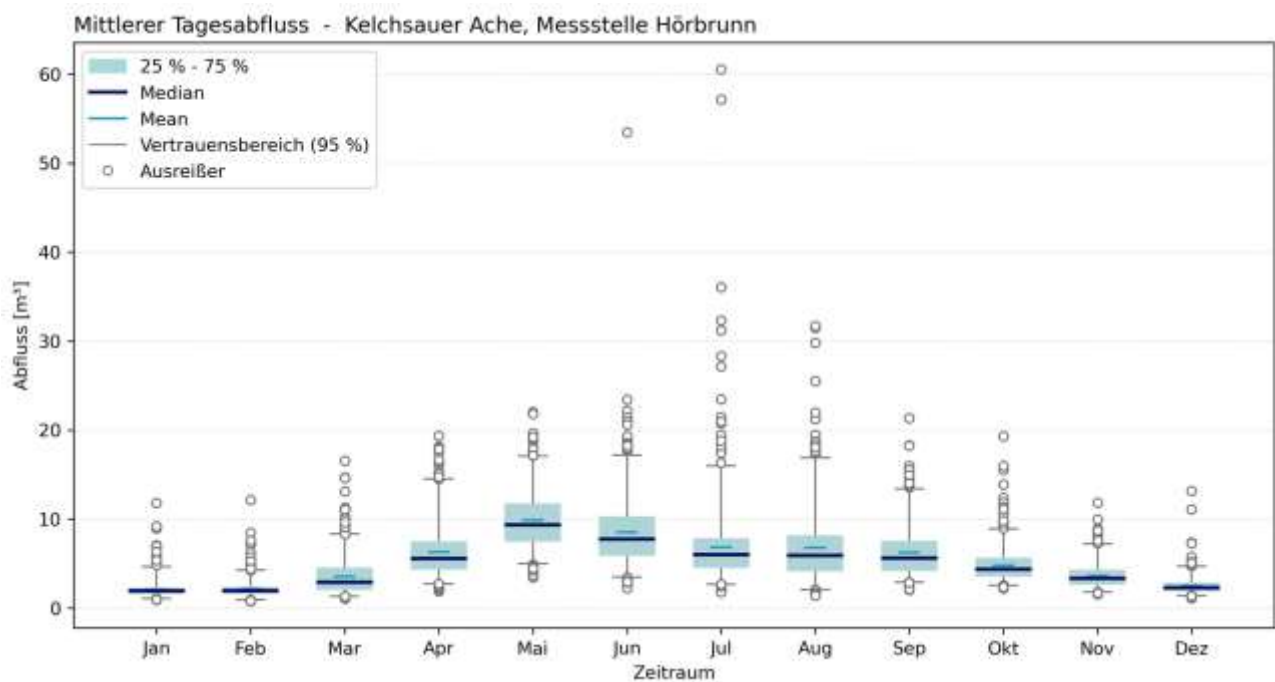


Abb. A 237: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Kelchsauer Ache (Messstelle Hörbrunn) als Monatswerte.

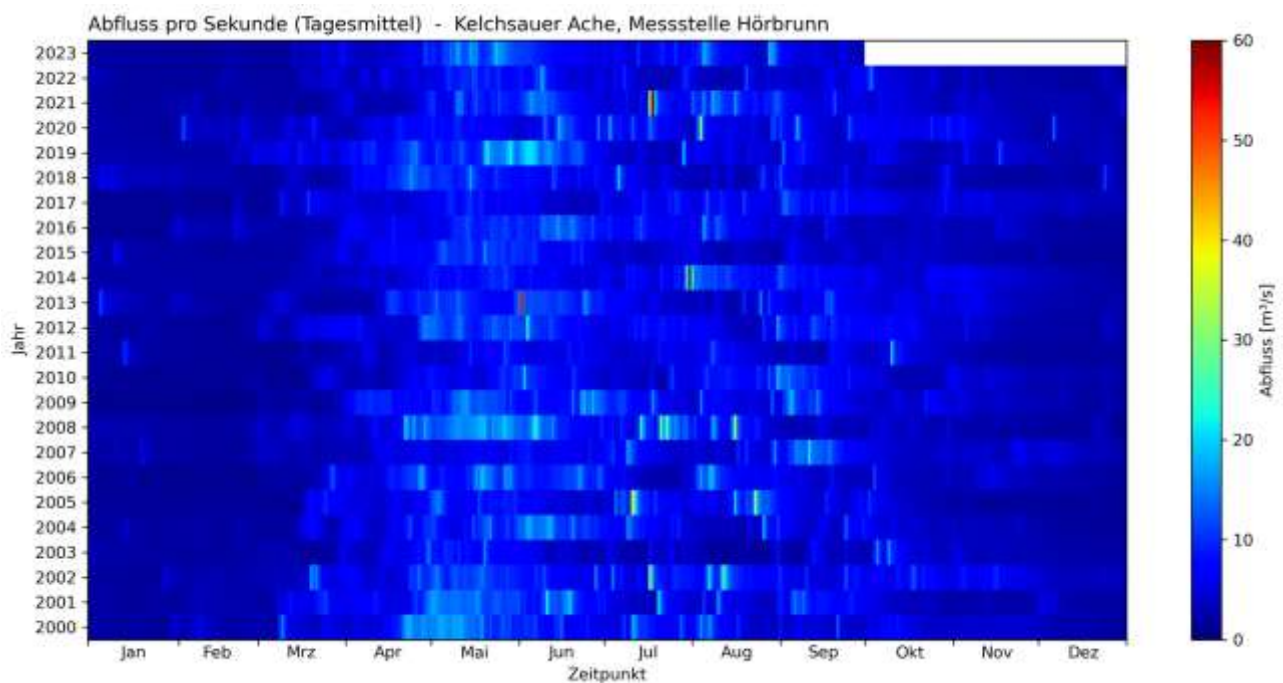


Abb. A 238: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Kelchsauer Ache, Messstelle Hörbrunn). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

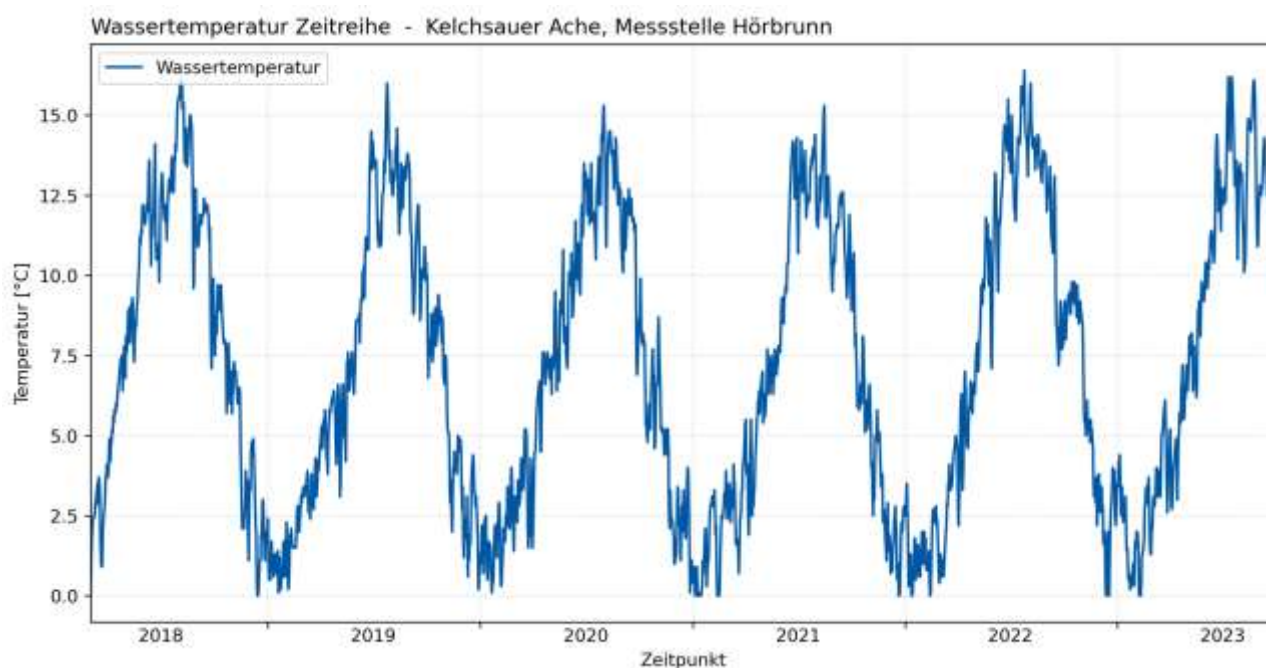


Abb. A 239: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Kelchsauer Ache (Messstelle Hörbrunn) über den verfügbaren Zeitraum.

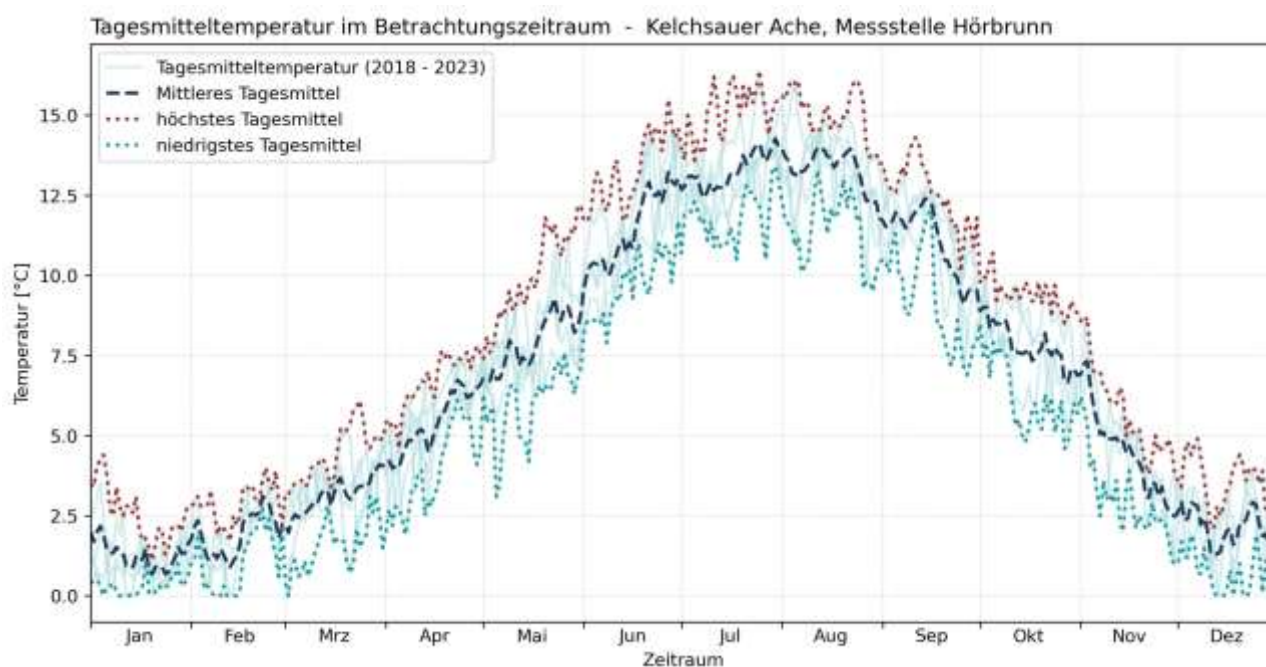


Abb. A 240: Tägliche Temperaturvariation der Kelchsauer Ache (Messstelle Hörbrunn) im Jahresverlauf.

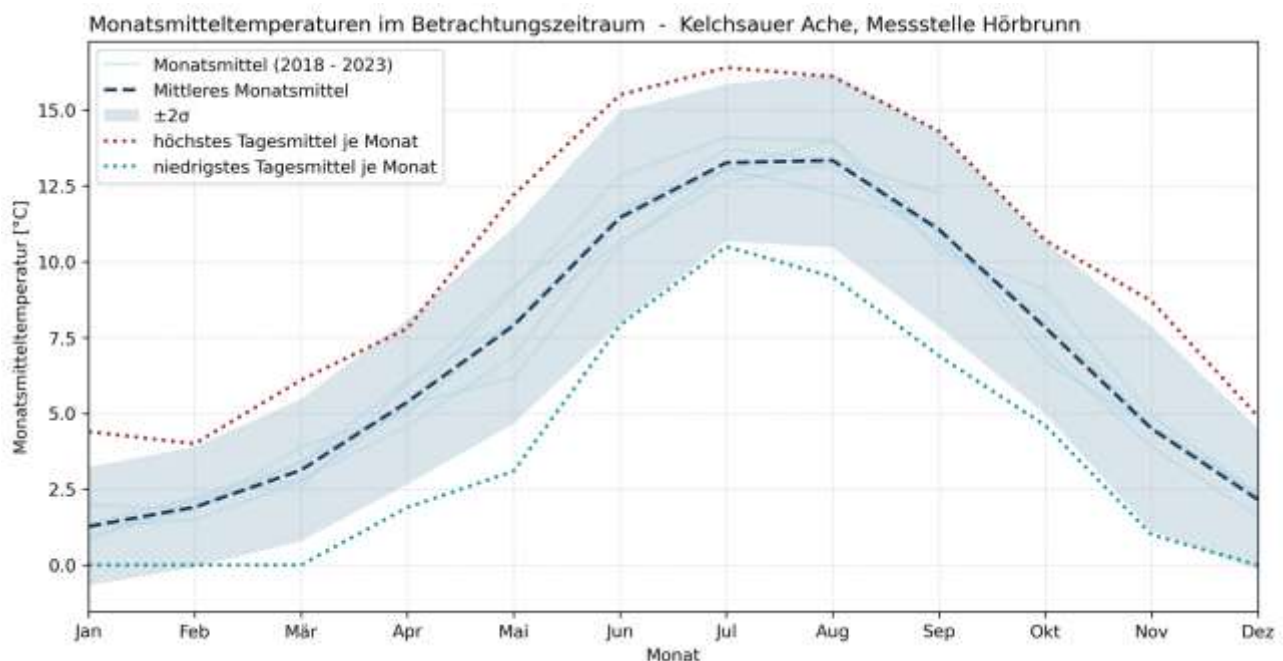


Abb. A 241: Monatsmitteltemperaturen für die Kelchsauer Ache, Messstelle Hörbrunn. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

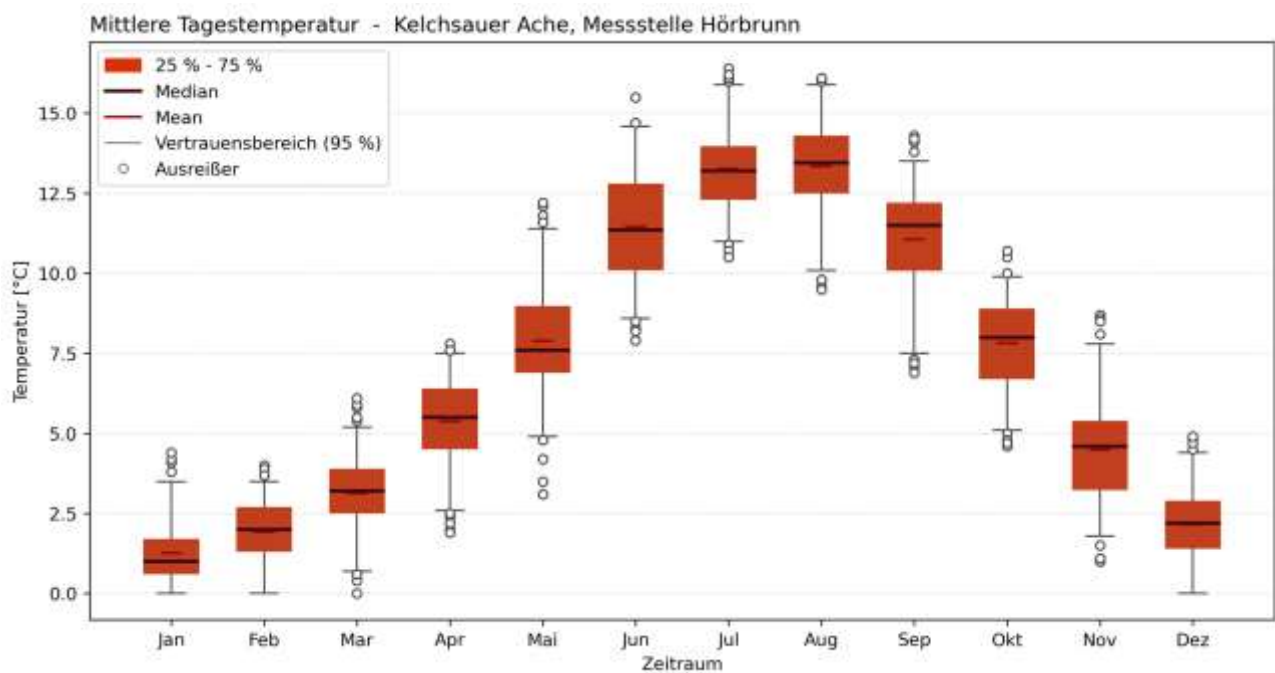


Abb. A 242: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Kelchsauer Ache (Messstelle, Hörbrunn).

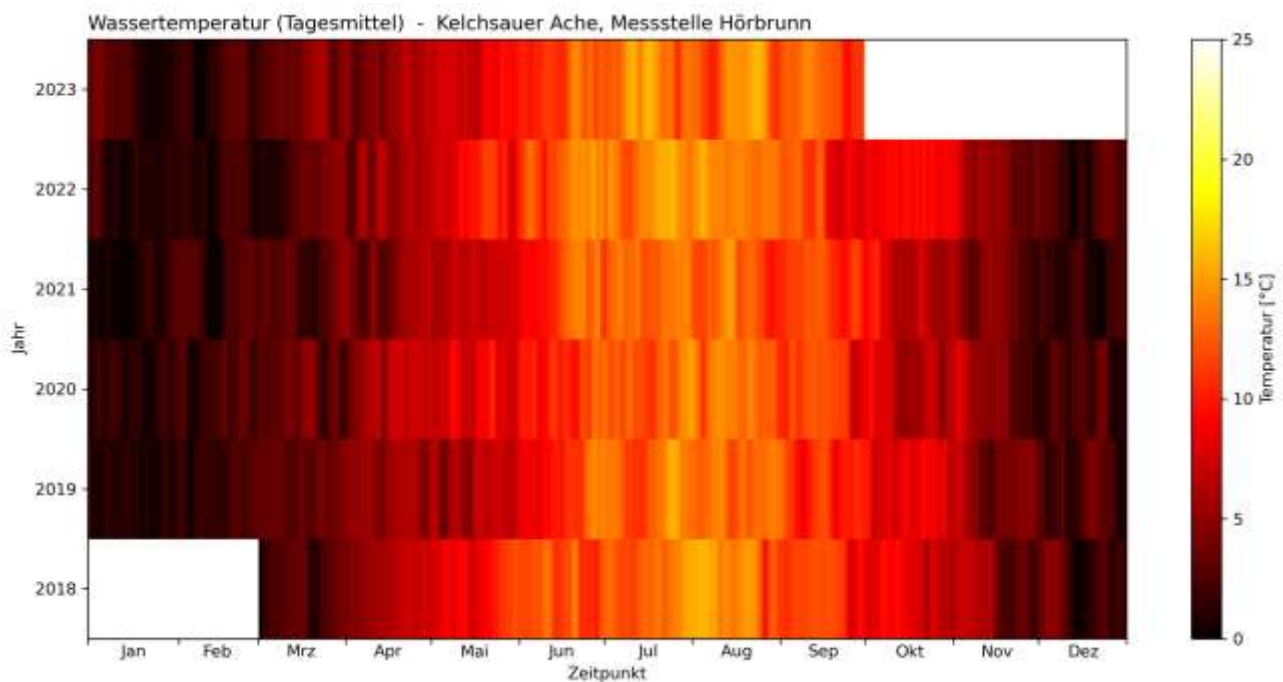


Abb. A 243: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Kelchsauer Ache (Messstelle Hörbrunn). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

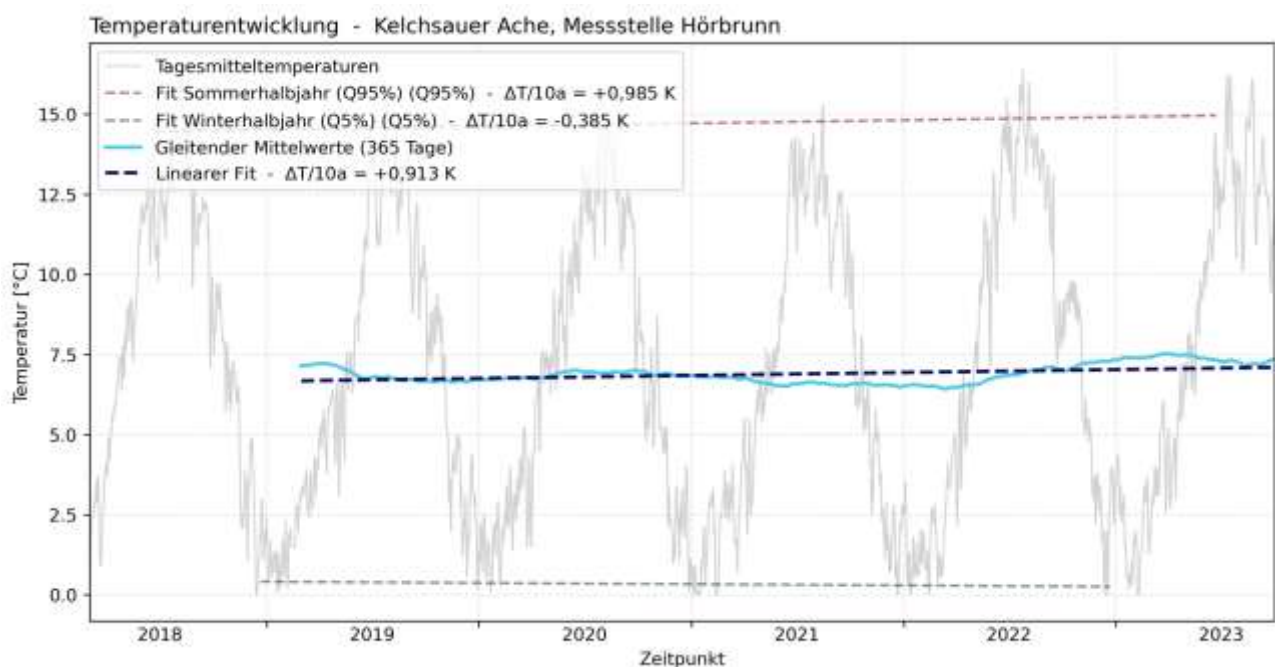


Abb. A 244: Temperaturentwicklung der Kelchsauer Ache, Messstelle Hörbrunn, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.17. Kitzbüheler Ache

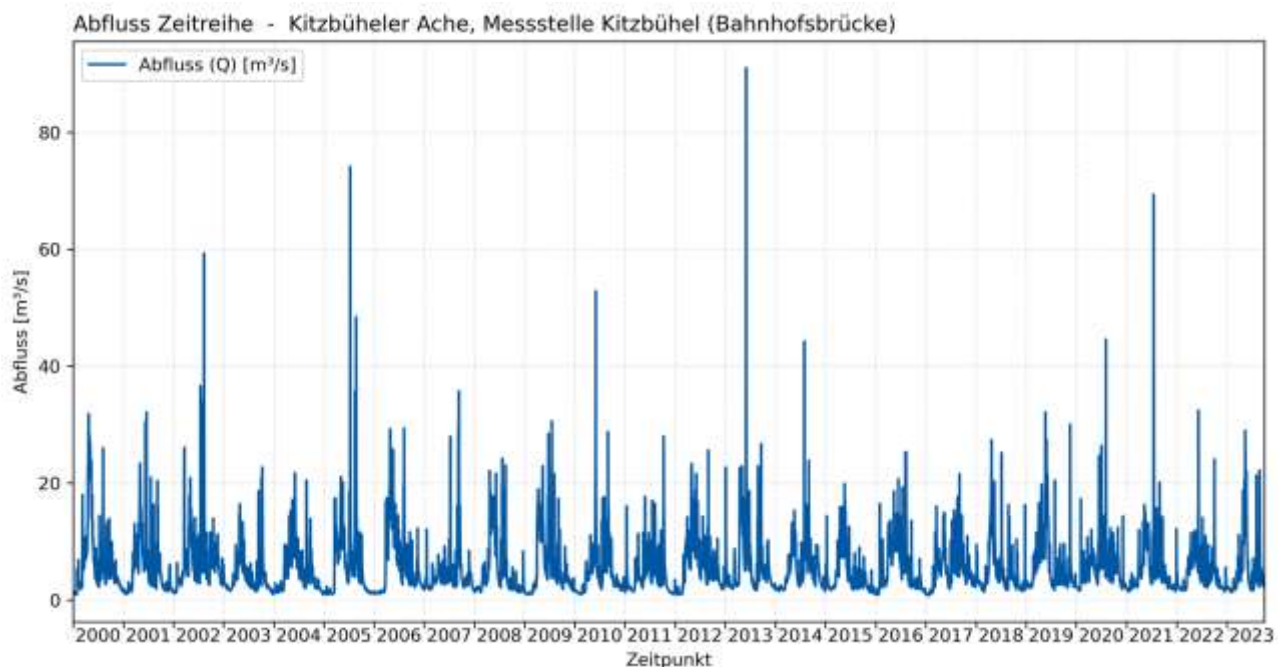


Abb. A 245: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Kitzbüheler Ache, Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke über den verfügbaren Zeitraum.

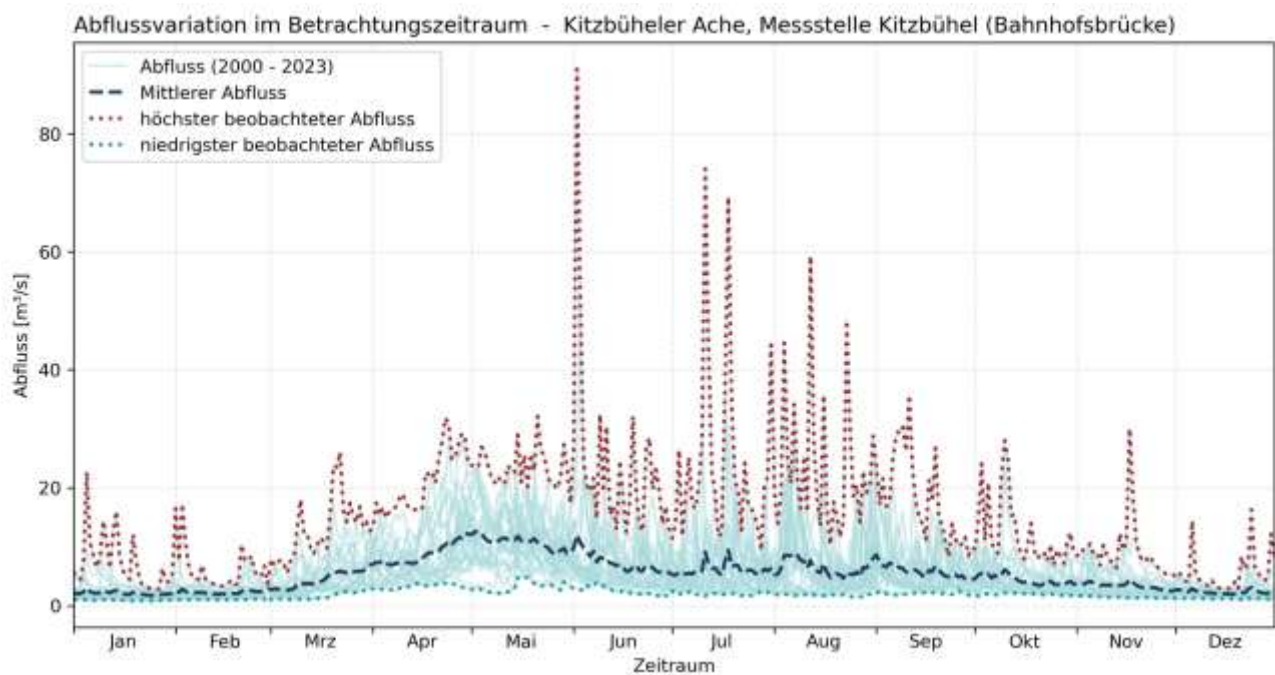


Abb. A 246: Tägliche Abflussvariation der Kitzbüheler Ache (Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke) im Jahresverlauf.

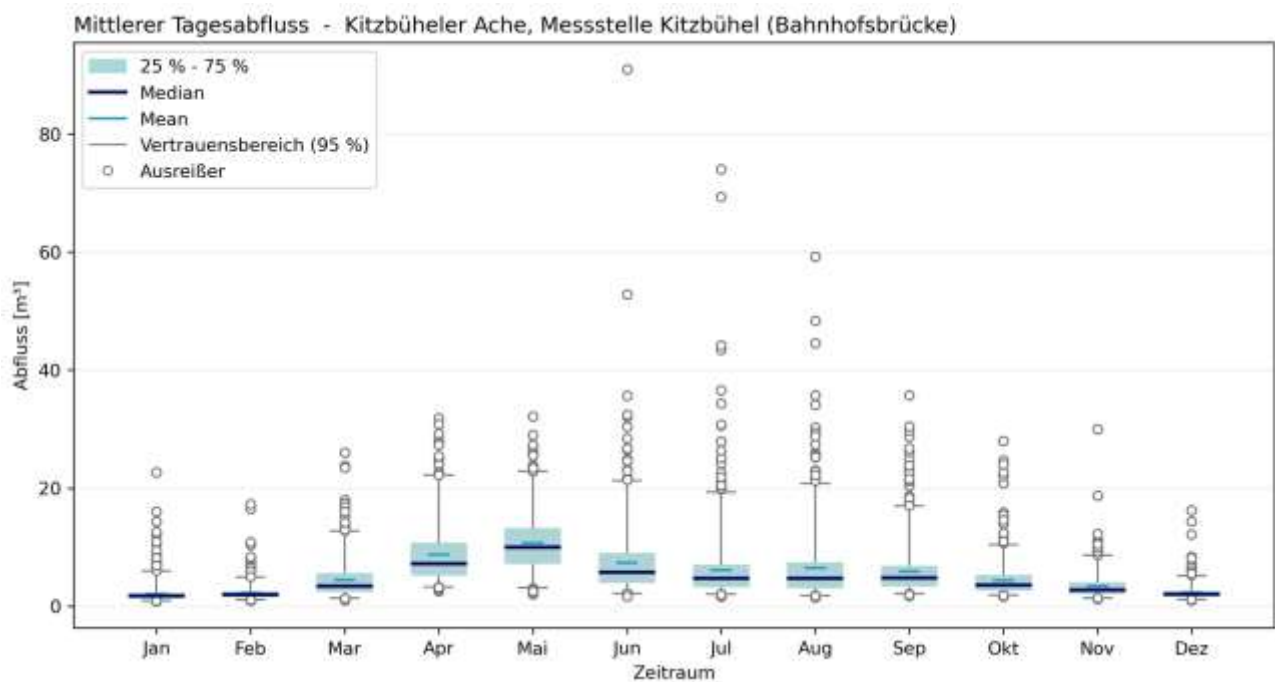


Abb. A 247: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Kitzbüheler Ache (Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke) als Monatswerte.

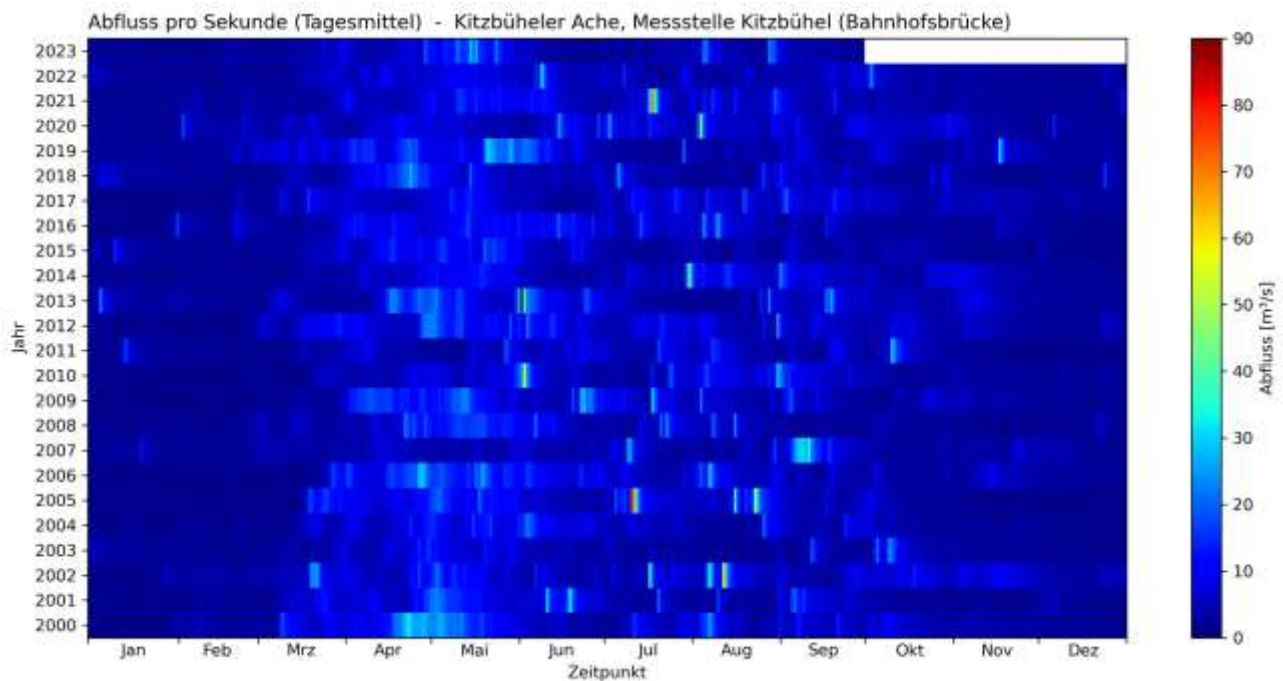


Abb. A 248: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Kitzbüheler Ache, Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke). Weiße Stellen markieren Datenlücken.



Abb. A 249: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Kitzbüheler Ache (Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke) über den verfügbaren Zeitraum.

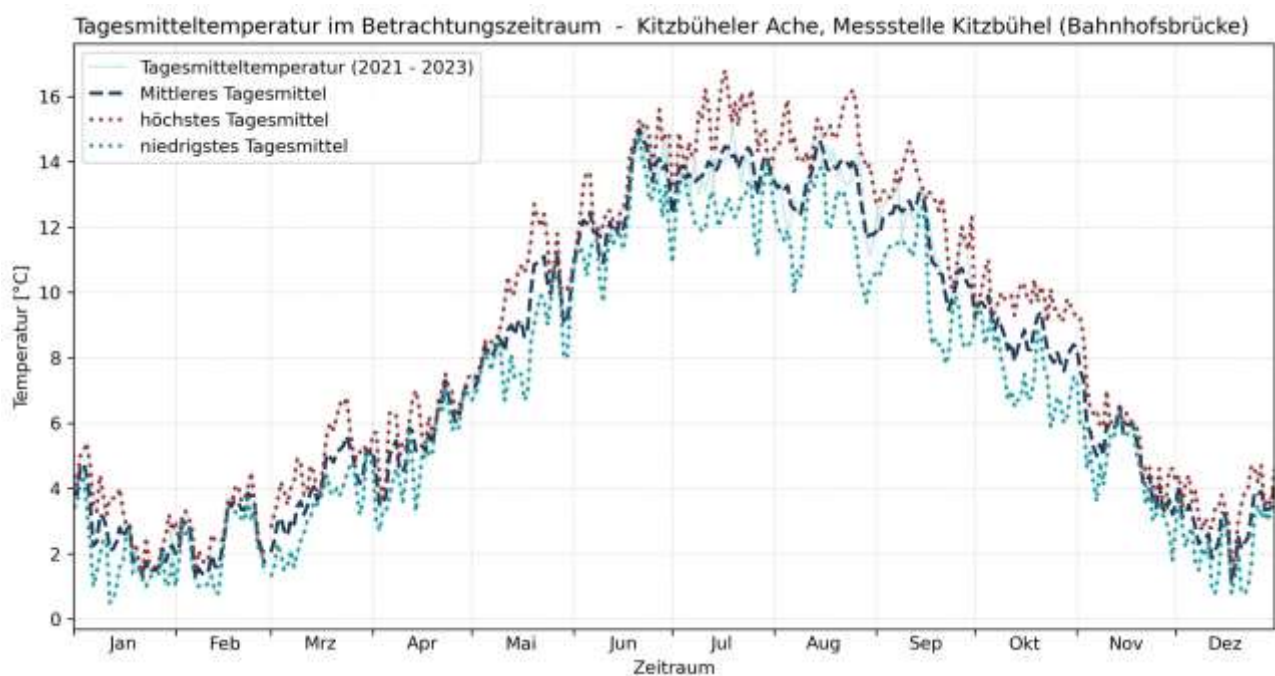


Abb. A 250: Tägliche Temperaturvariation der Kitzbüheler Ache (Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke) im Jahresverlauf.

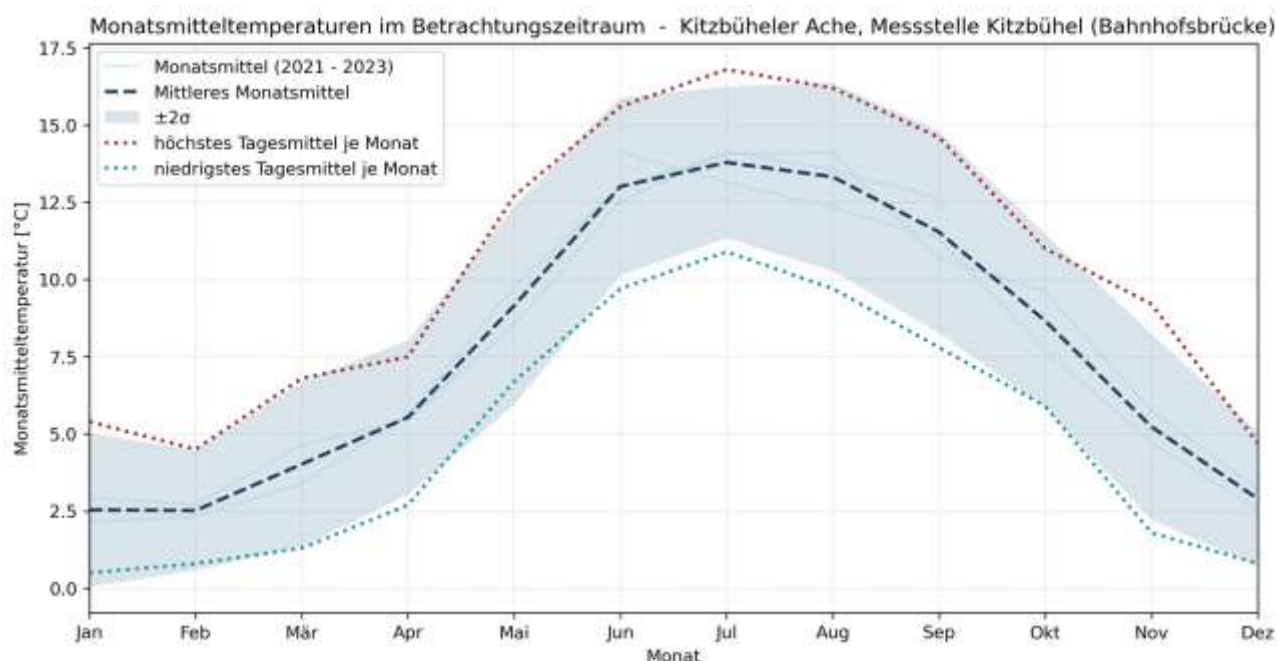


Abb. A 251: Monatsmitteltemperaturen für die Kitzbüheler Ache, Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

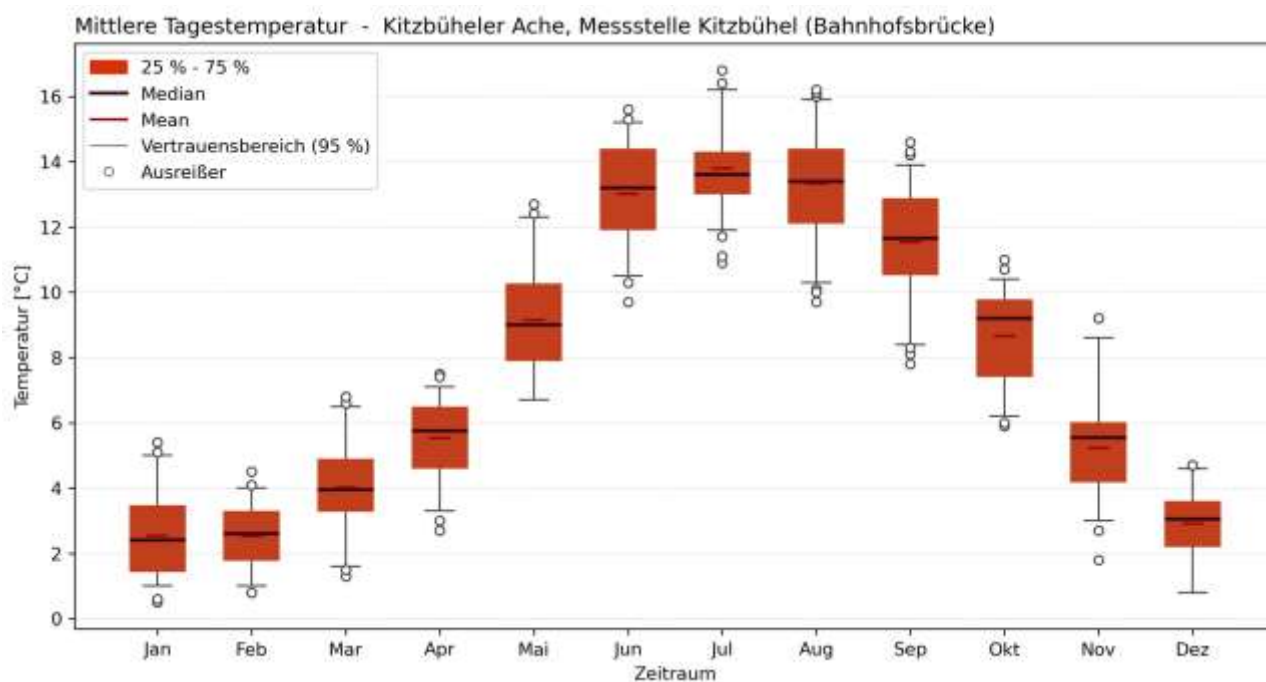


Abb. A 252: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Kitzbüheler Ache (Messstelle, Kitzbühel Bahnhofsbrücke).

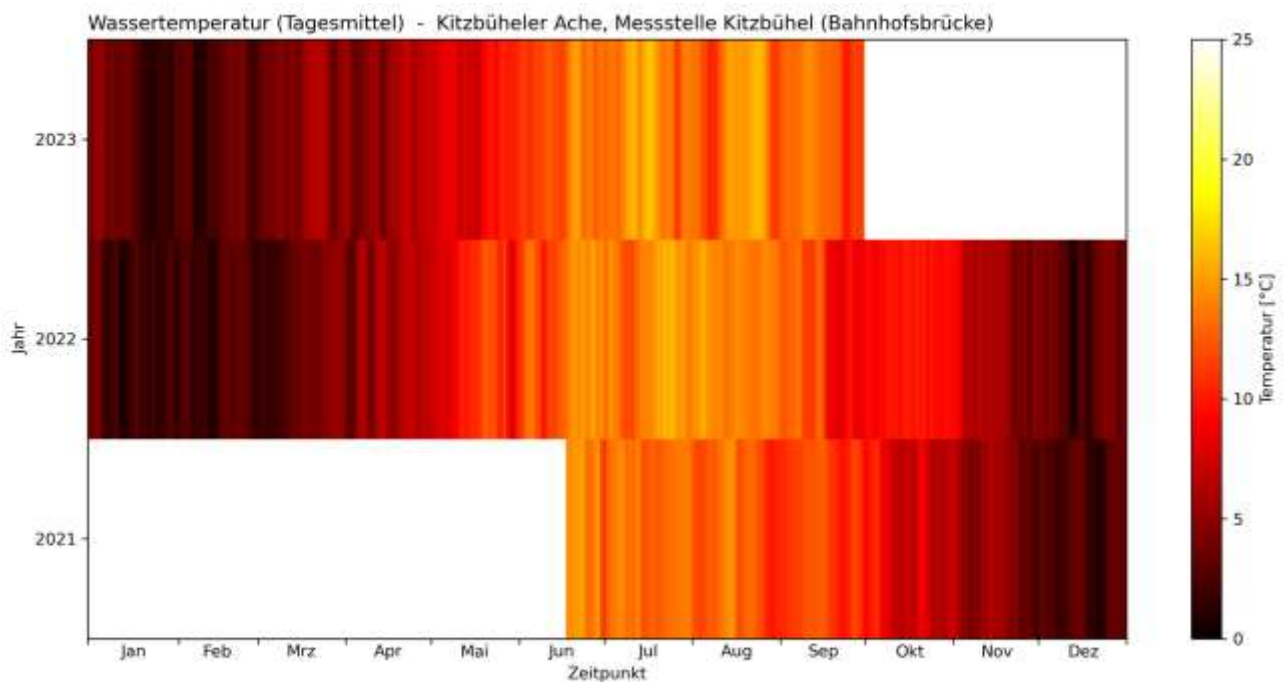


Abb. A 253: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Kitzbüheler Ache (Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

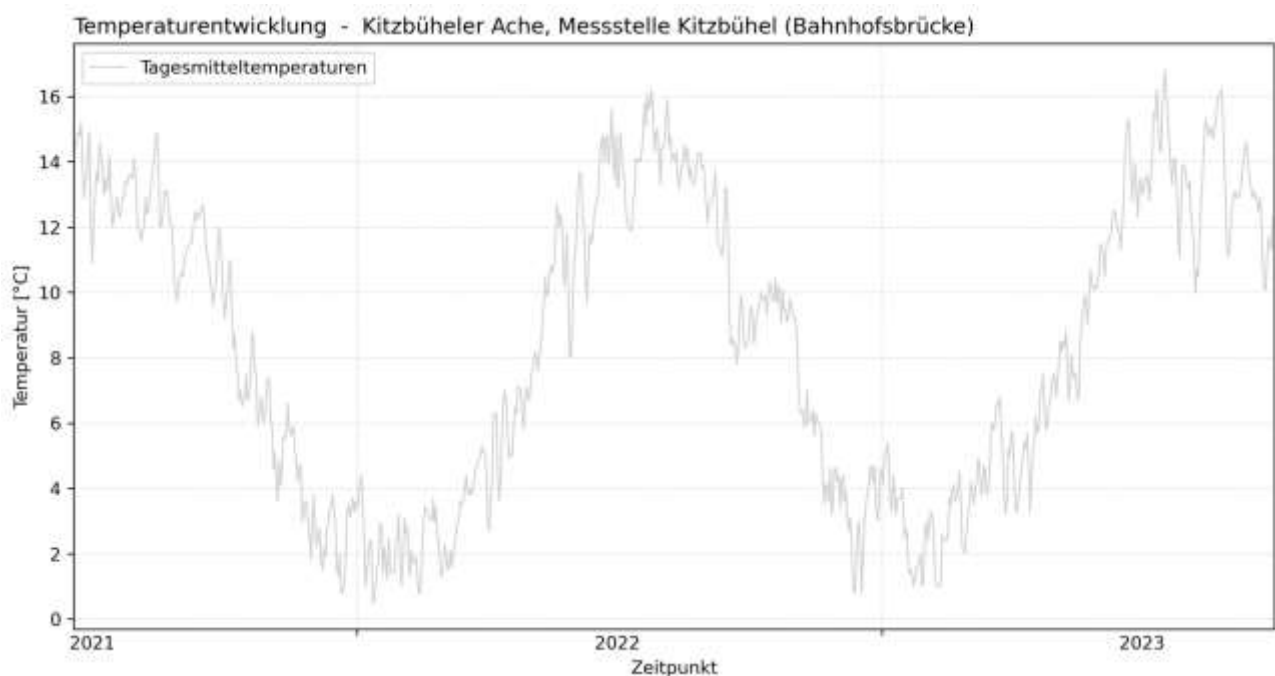


Abb. A 254: Temperaturentwicklung der Kitzbüheler Ache, Messstelle Kitzbühel Bahnhofsbrücke, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

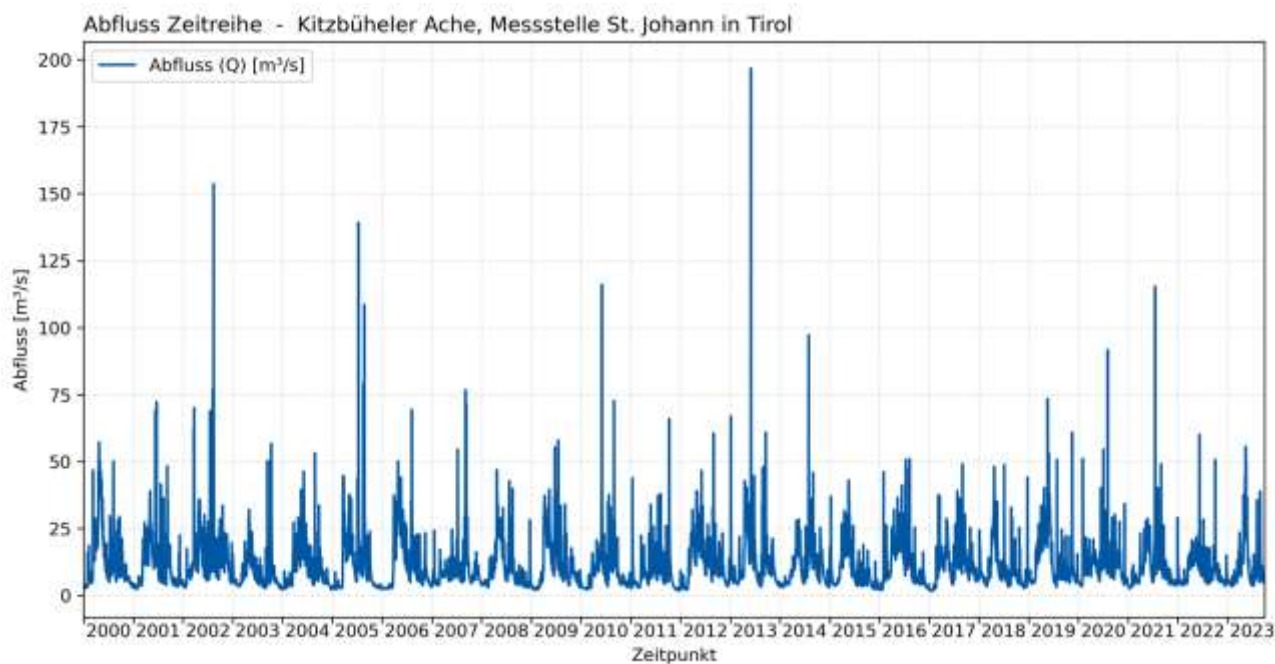


Abb. A 255: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Kitzbüheler Ache, Messstelle St Johann in Tirol über den verfügbaren Zeitraum.

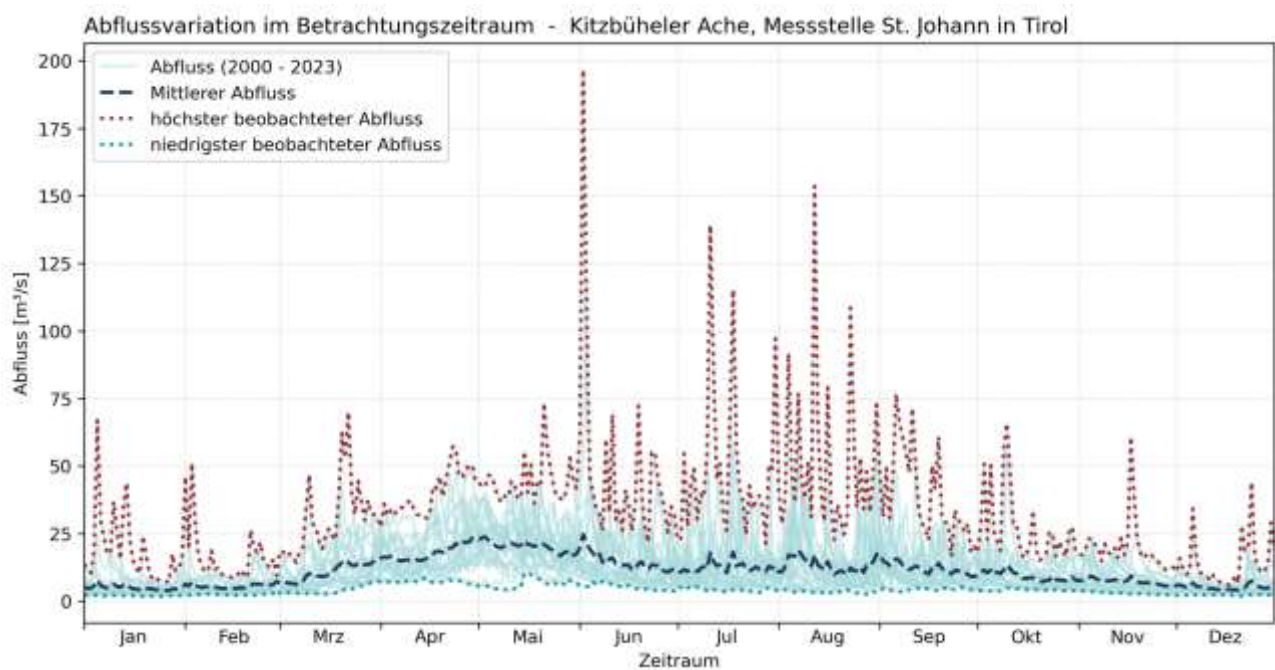


Abb. A 256: Tägliche Abflussvariation der Kitzbüheler Ache (Messstelle St Johann in Tirol) im Jahresverlauf.

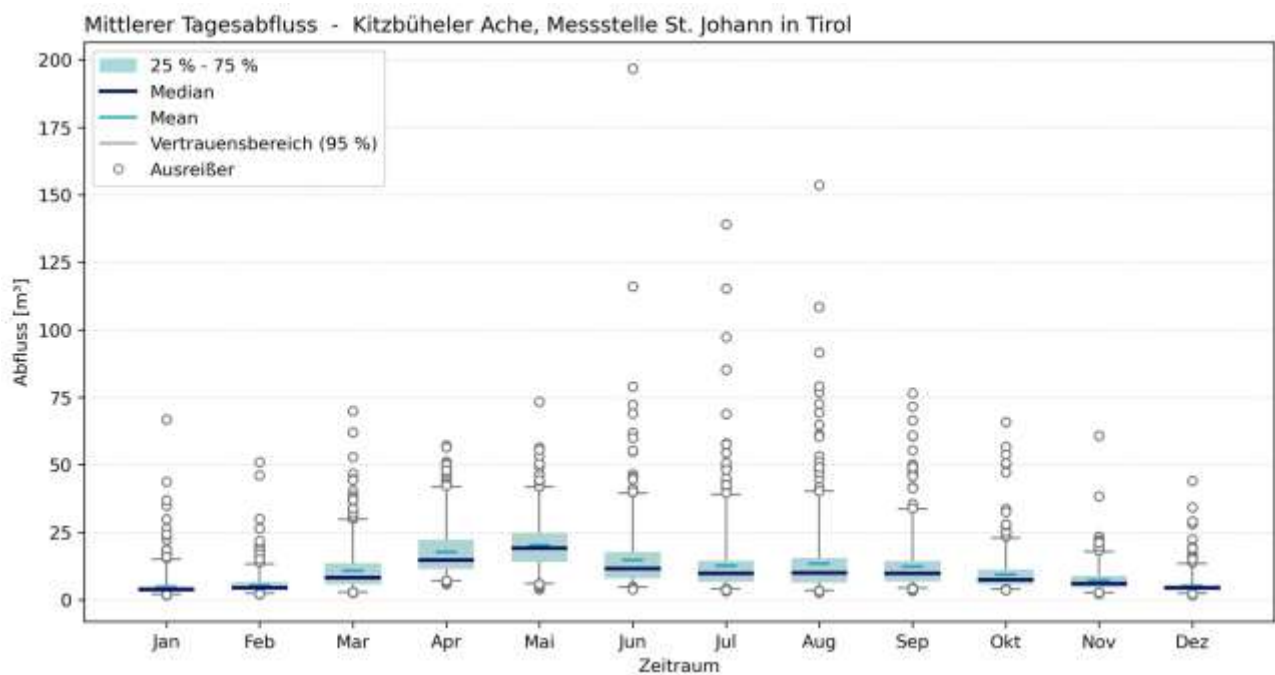


Abb. A 257: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Kitzbüheler Ache (Messstelle St Johann in Tirol) als Monatswerte.

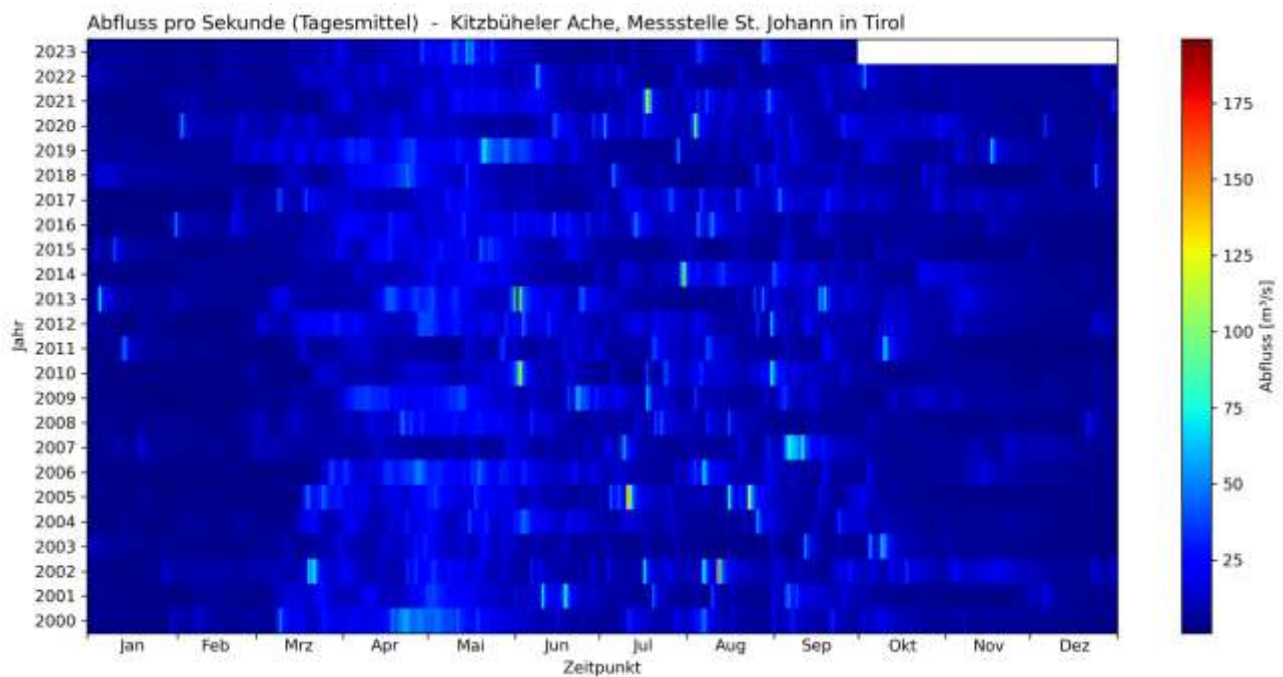


Abb. A 258: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Kitzbüheler Ache, Messstelle St Johann in Tirol). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

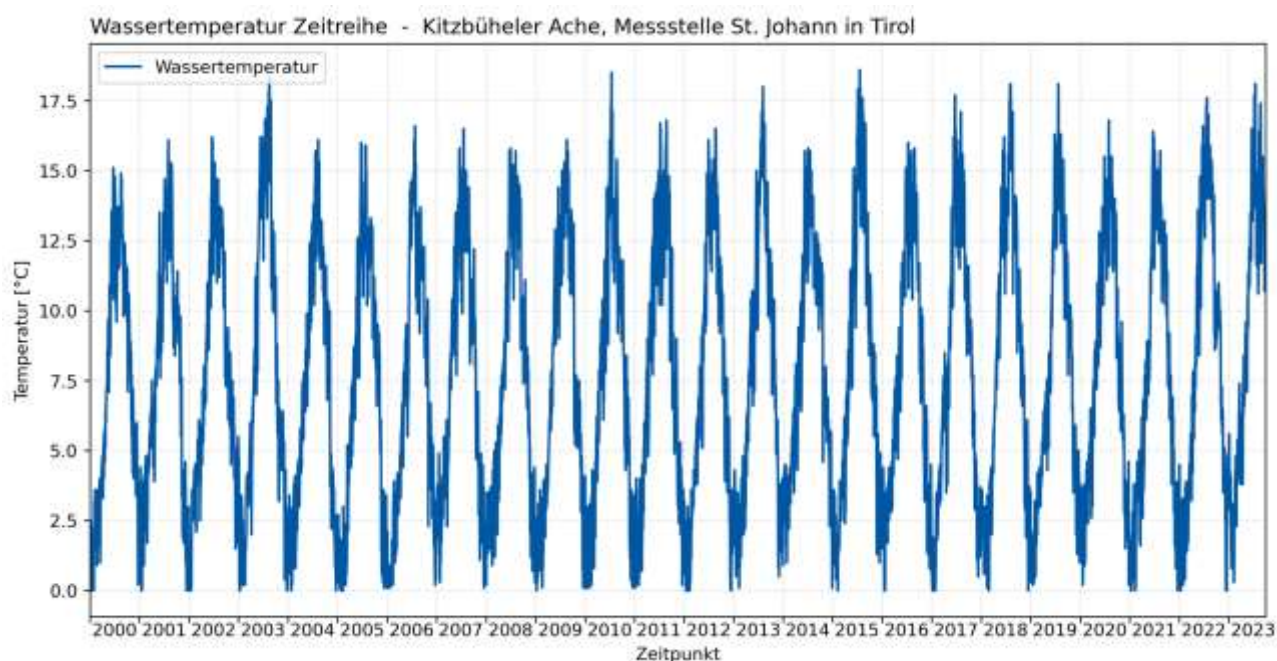


Abb. A 259: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Kitzbüheler Ache (Messstelle St Johann in Tirol) über den verfügbaren Zeitraum.

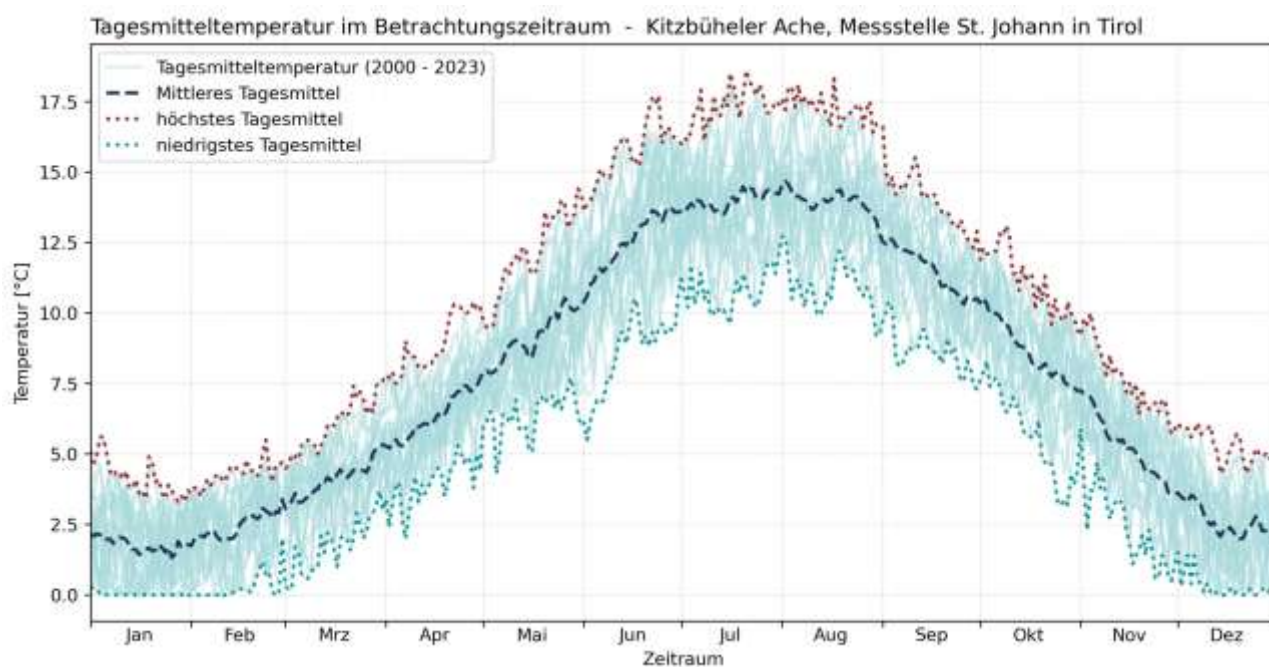


Abb. A 260: Tägliche Temperaturvariation der Kitzbüheler Ache (Messstelle St Johann in Tirol) im Jahresverlauf.

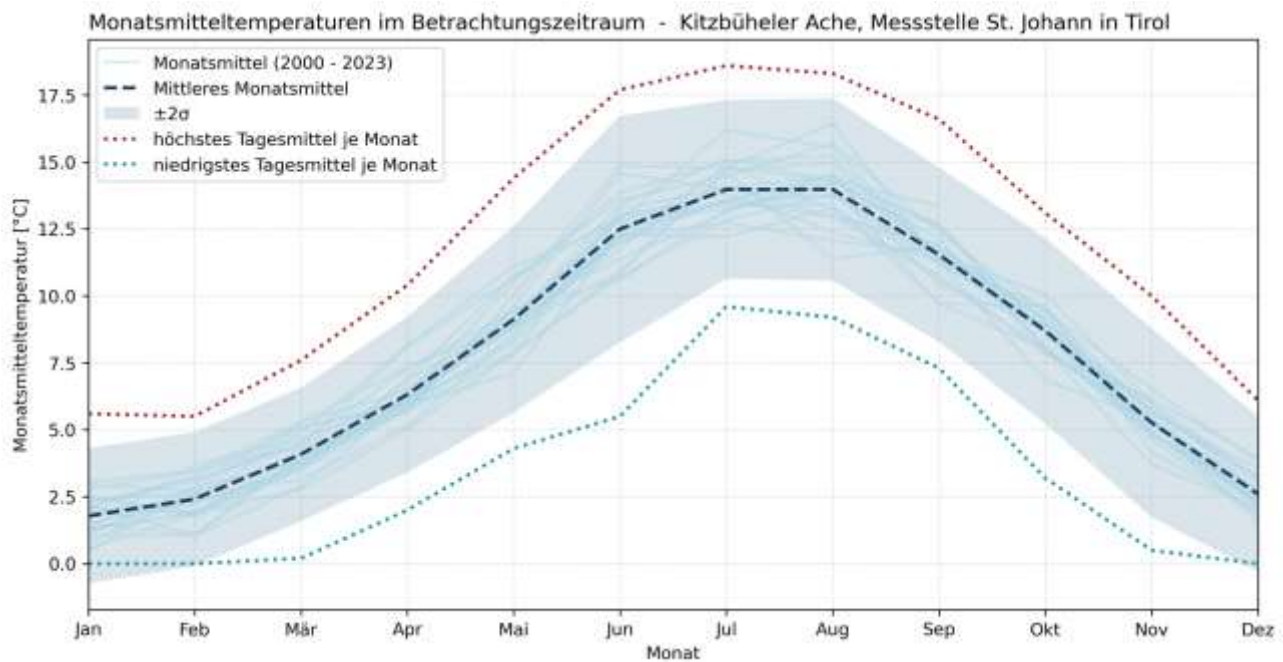


Abb. A 261: Monatsmitteltemperaturen für die Kitzbüheler Ache, Messstelle St Johann in Tirol. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

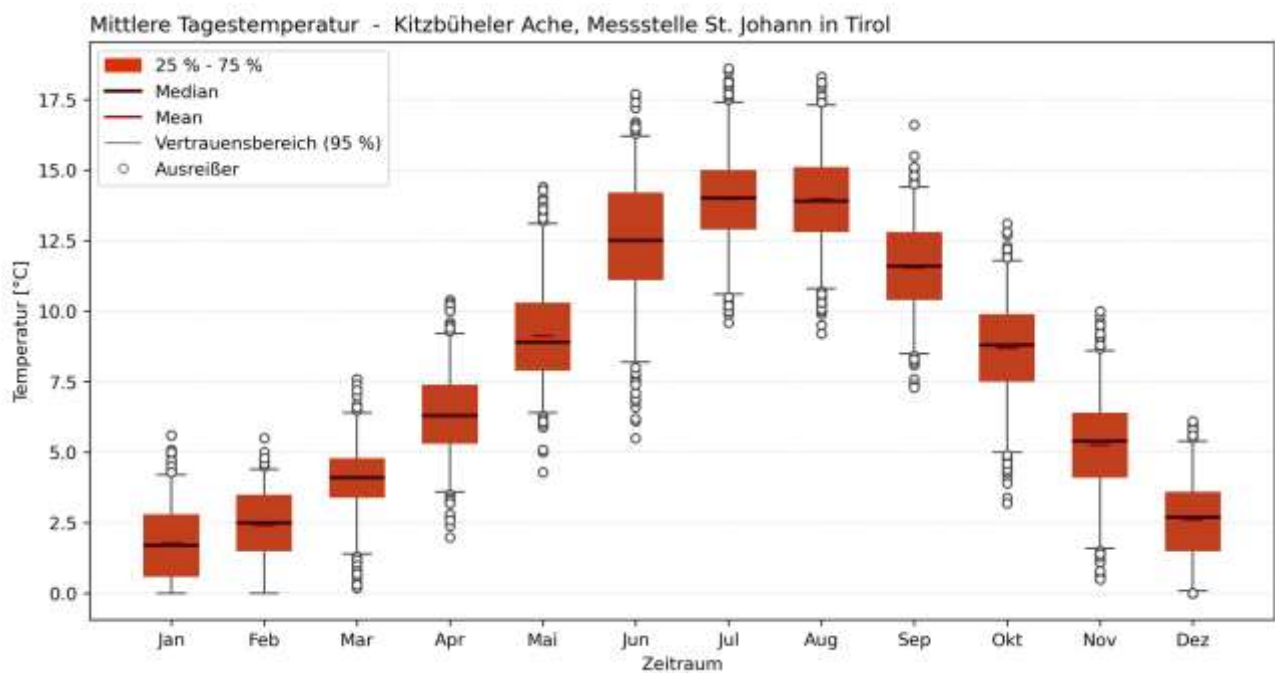


Abb. A 262: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Kitzbüheler Ache (Messstelle, St Johann in Tirol).

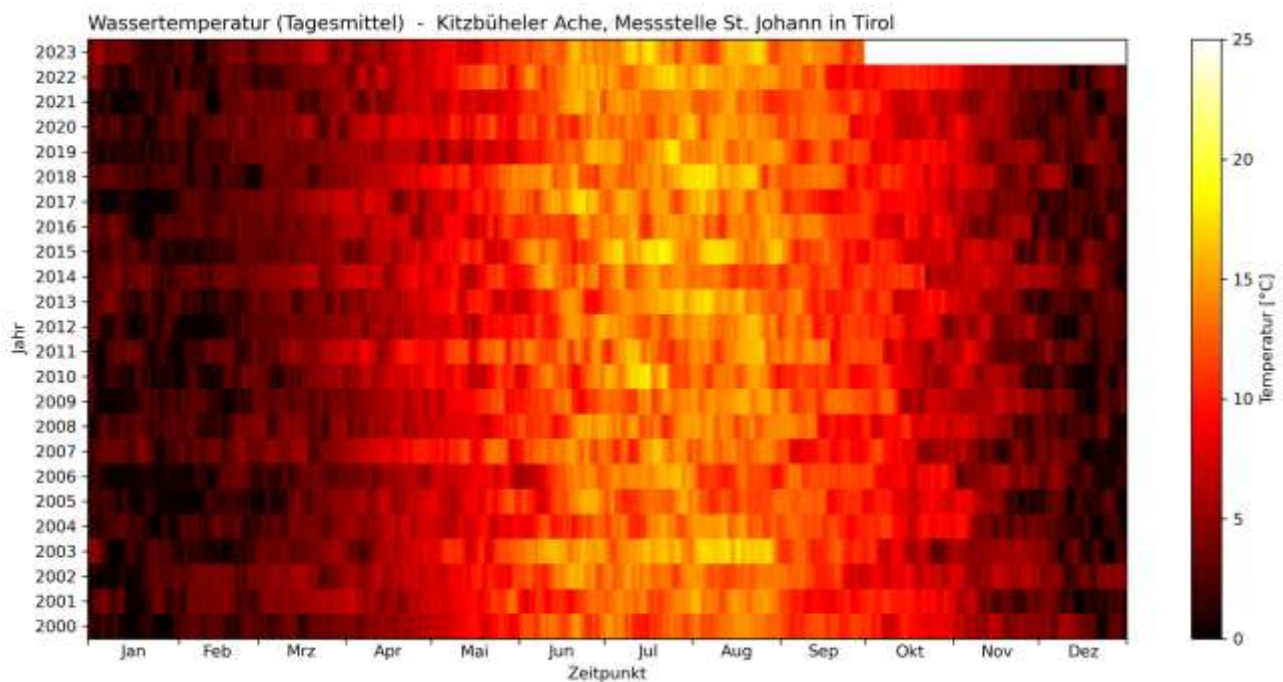


Abb. A 263: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Kitzbüheler Ache (Messstelle St Johann in Tirol). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

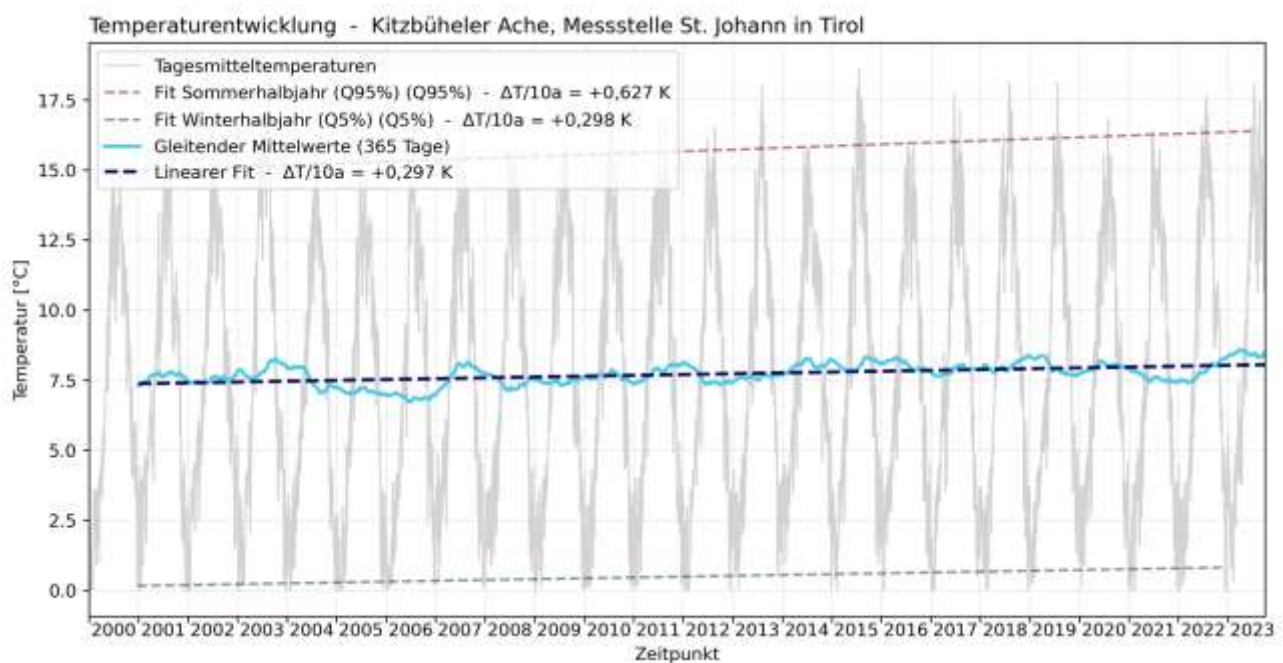


Abb. A 264: Temperaturentwicklung der Kitzbüheler Ache, Messstelle St Johann in Tirol, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.18. Kohlenbach

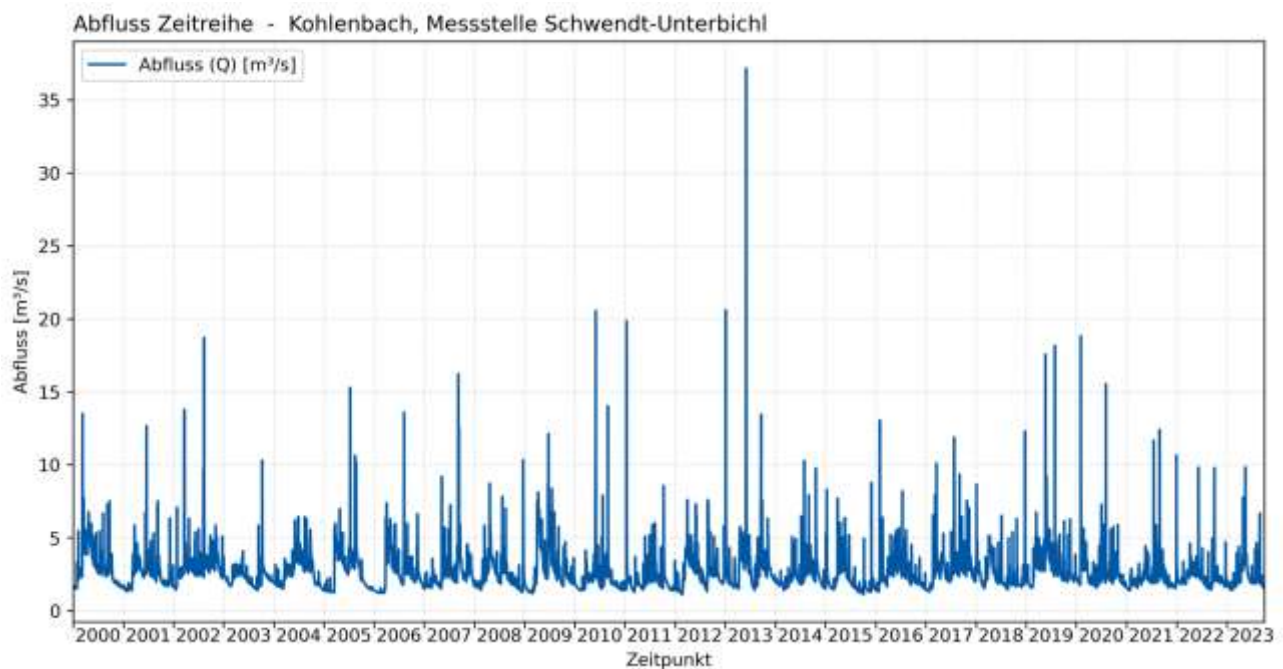


Abb. A 265: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Kohlenbach, Messstelle Schwendt Unterbichl über den verfügbaren Zeitraum.

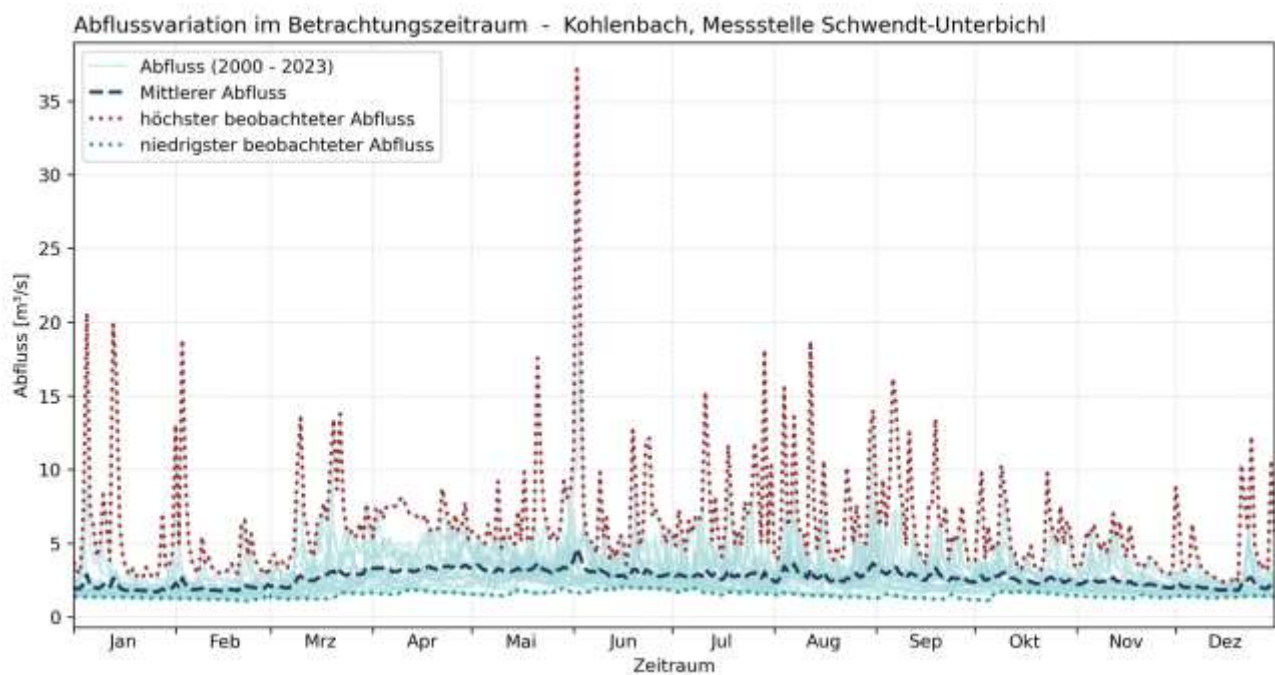


Abb. A 266: Tägliche Abflussvariation des Kohlenbach(Messstelle Schwendt Unterbichl) im Jahresverlauf.

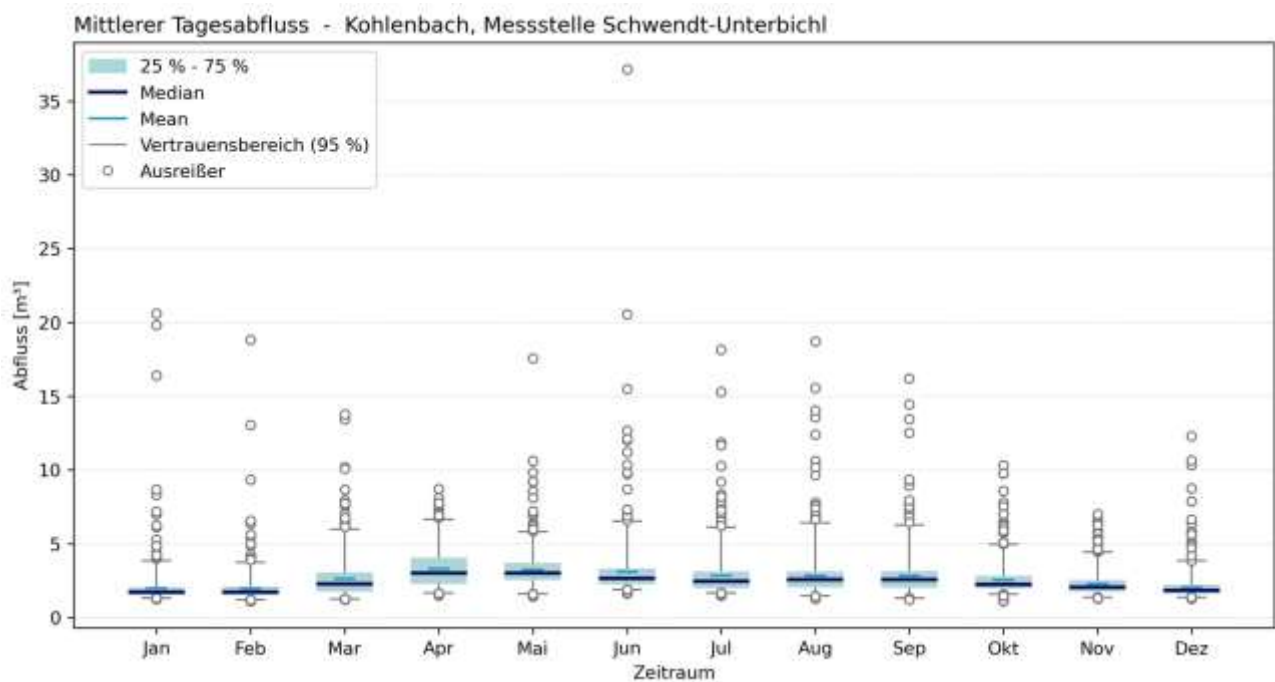


Abb. A 267: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Kohlenbach (Messstelle Schwendt Unterbichl) als Monatswerte.

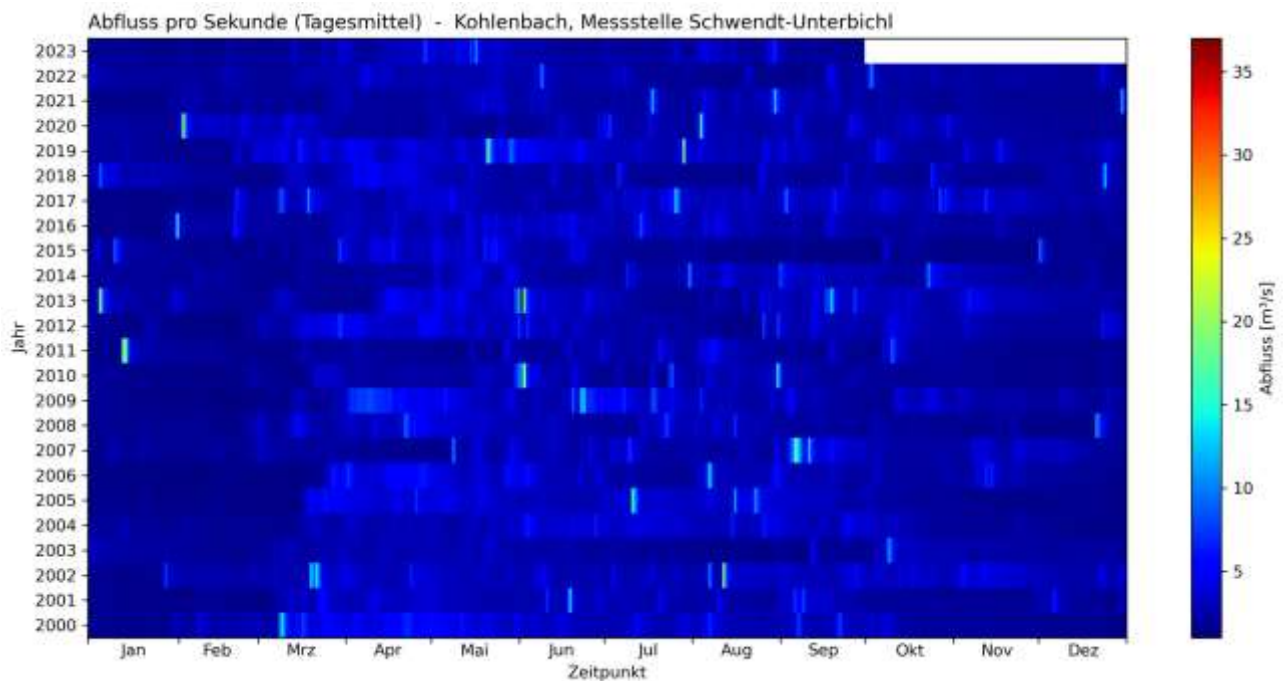


Abb. A 268: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Kohlenbach, Messstelle Schwendt Unterbichl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

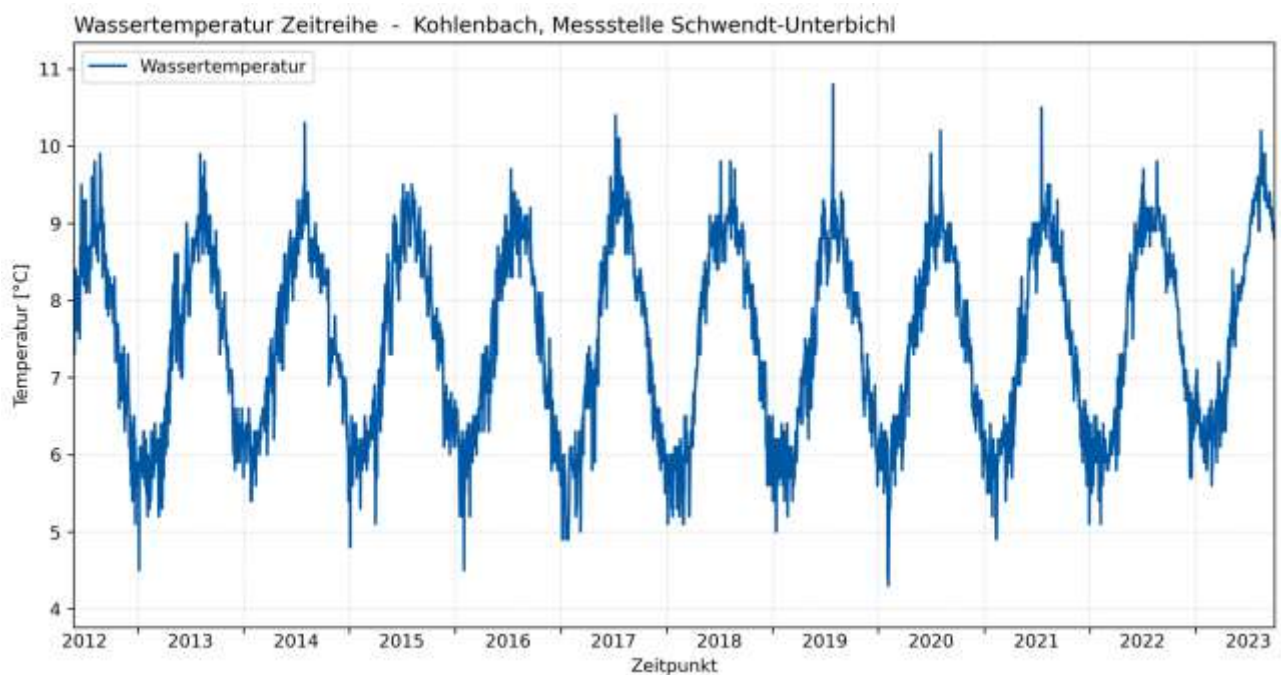


Abb. A 269: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Kohlenbach (Messstelle Schwendt Unterbichl) über den verfügbaren Zeitraum.

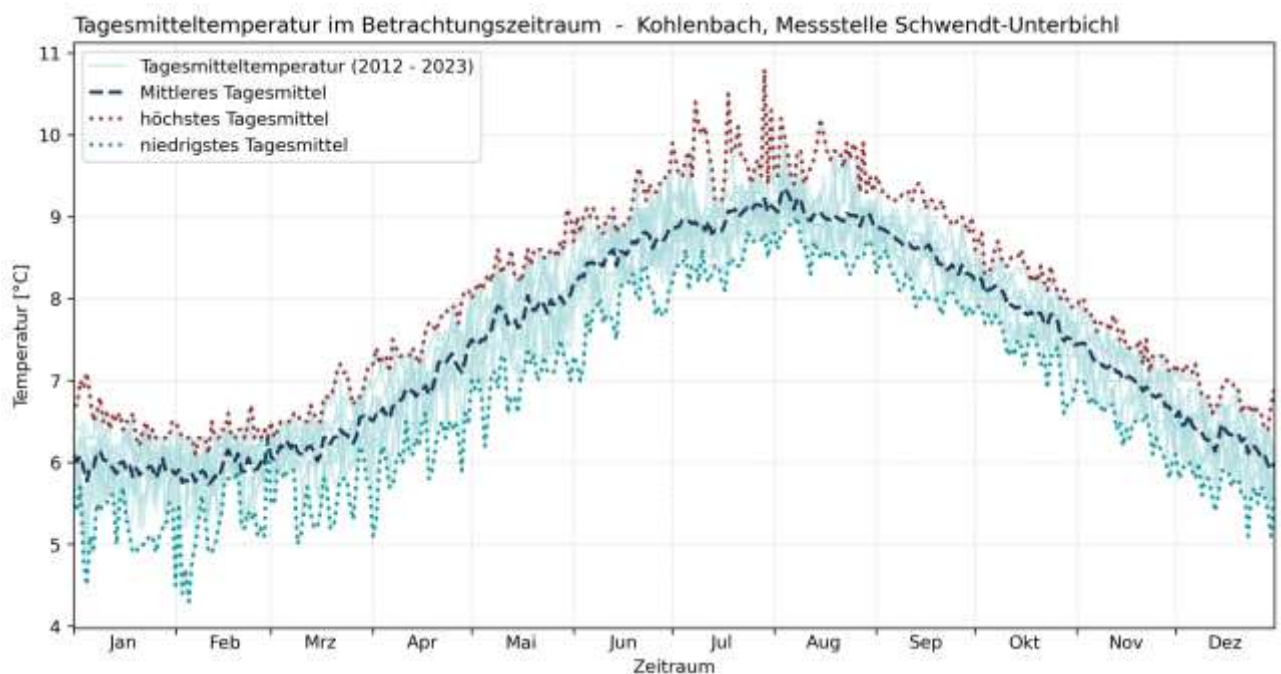


Abb. A 270: Tägliche Temperaturvariation des Kohlenbach (Messstelle Schwendt Unterbichl) im Jahresverlauf.

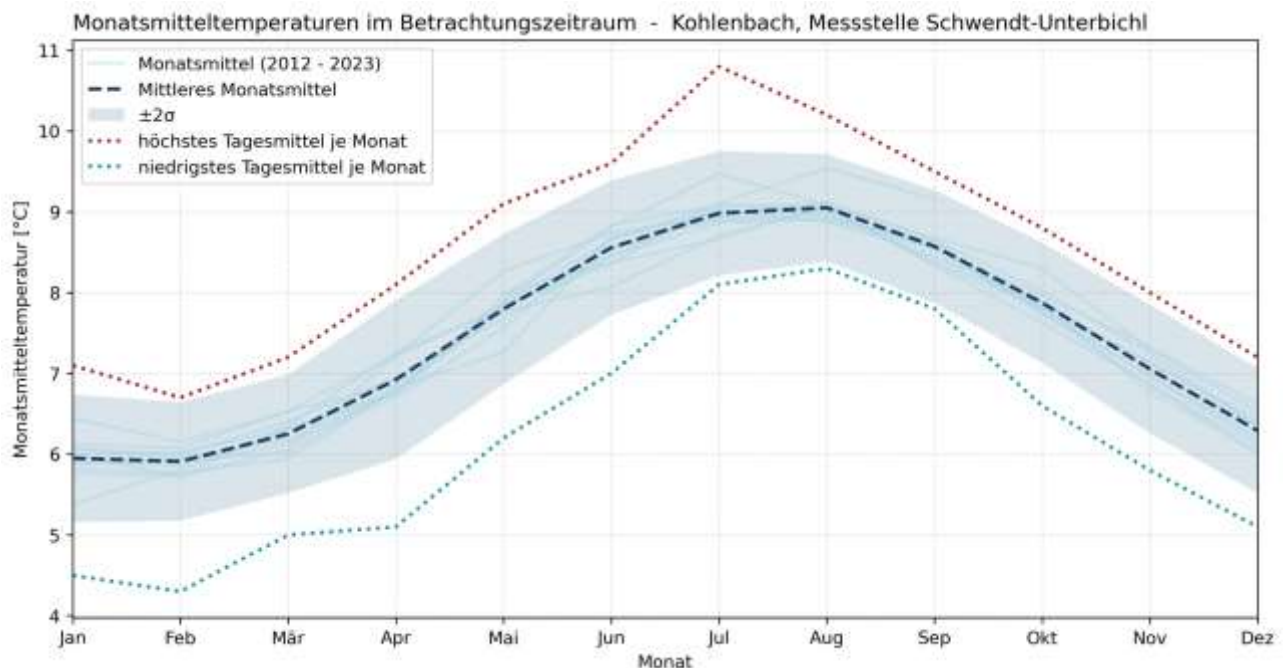


Abb. A 271: Monatsmitteltemperaturen für den Kohlenbach, Messstelle Schwendt Unterbichl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

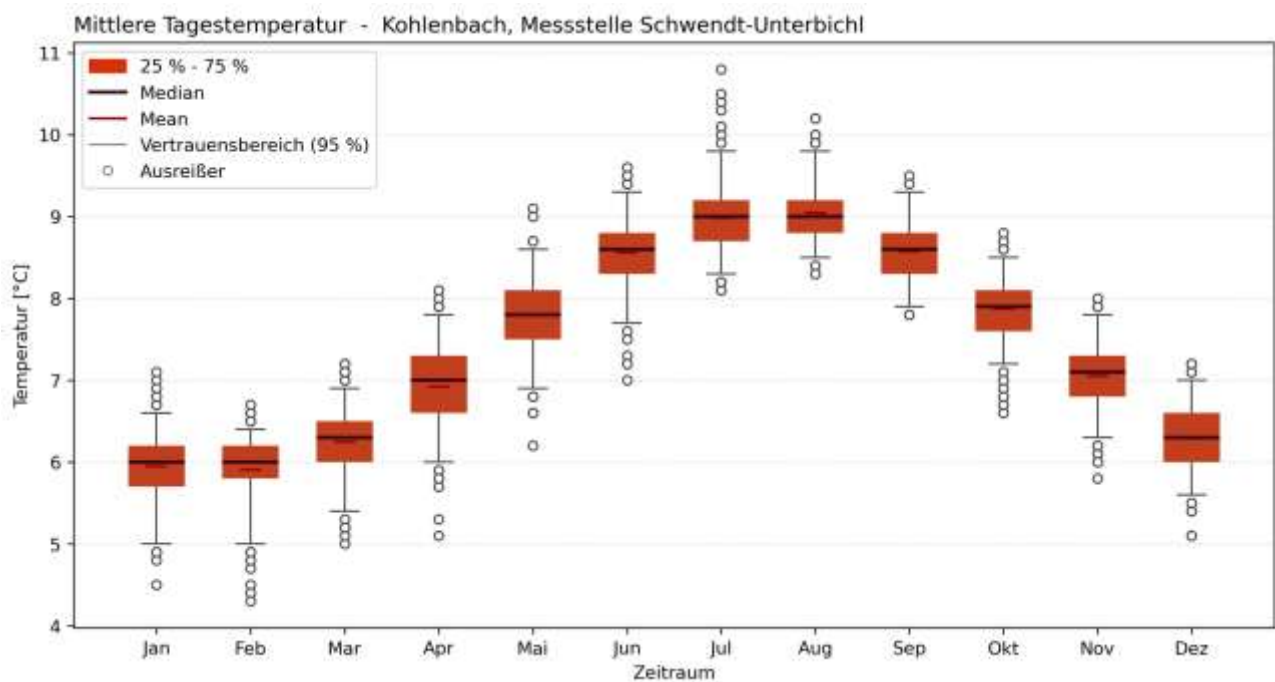


Abb. A 272: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Kohlenbach (Messstelle, Schwendt Unterbichl).

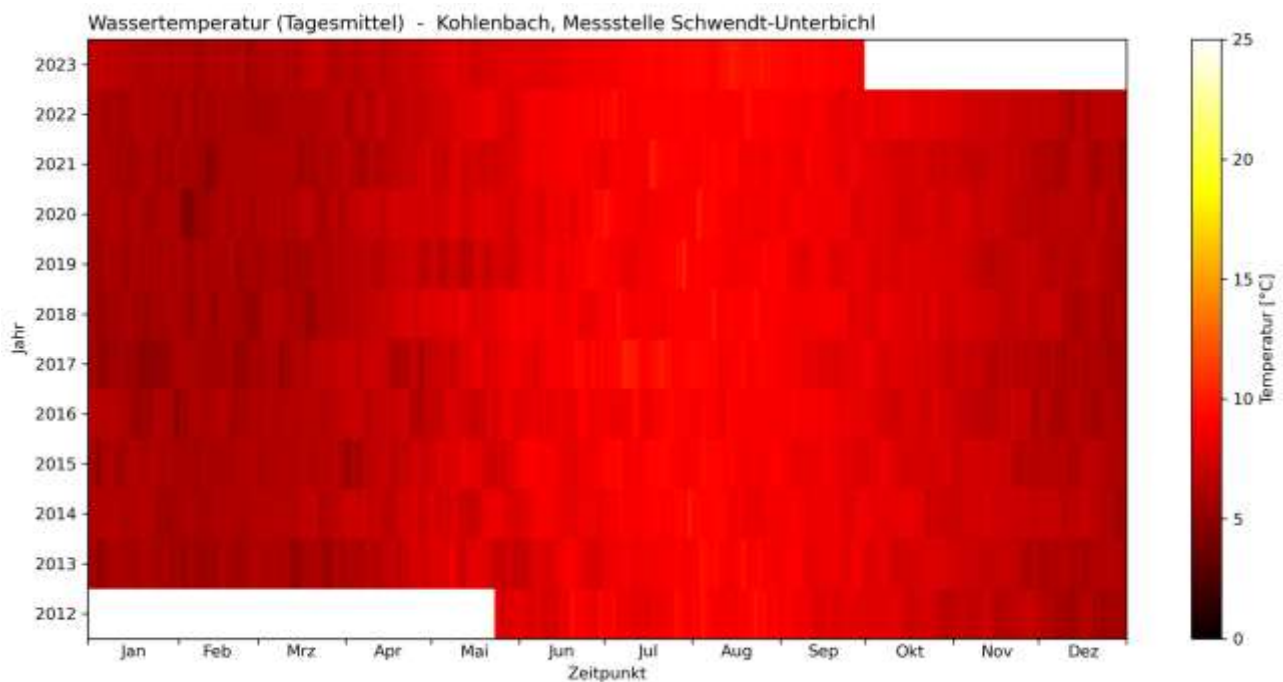


Abb. A 273: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Kohlenbach (Messstelle Schwendt Unterbichl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

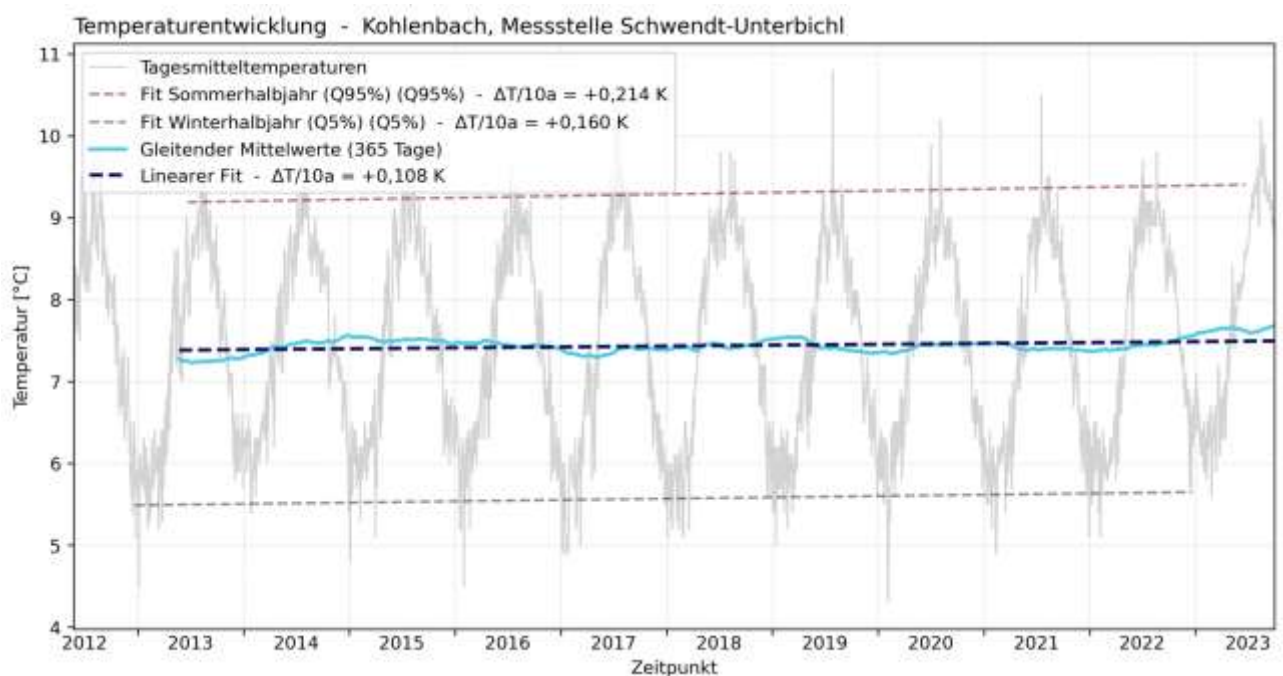


Abb. A 274: Temperaturentwicklung des Kohlenbach, Messstelle Schwendt Unterbichl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.19. Lech

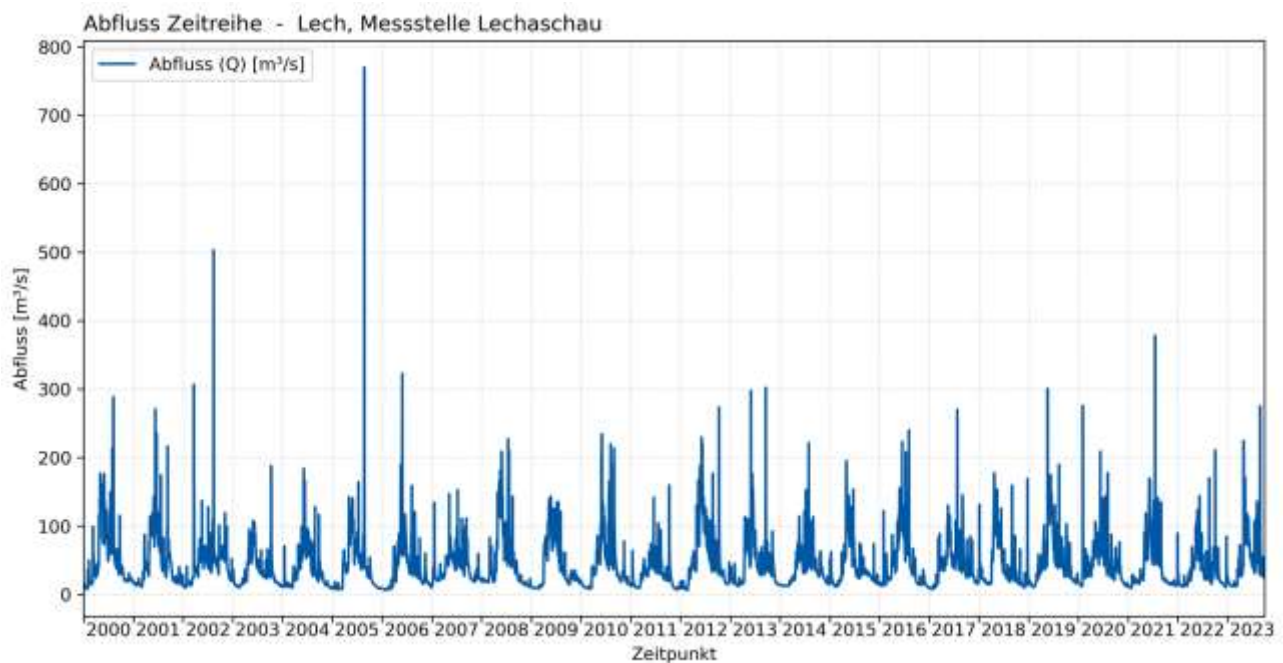


Abb. A 275: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Lech, Messstelle Lechaschau über den verfügbaren Zeitraum.

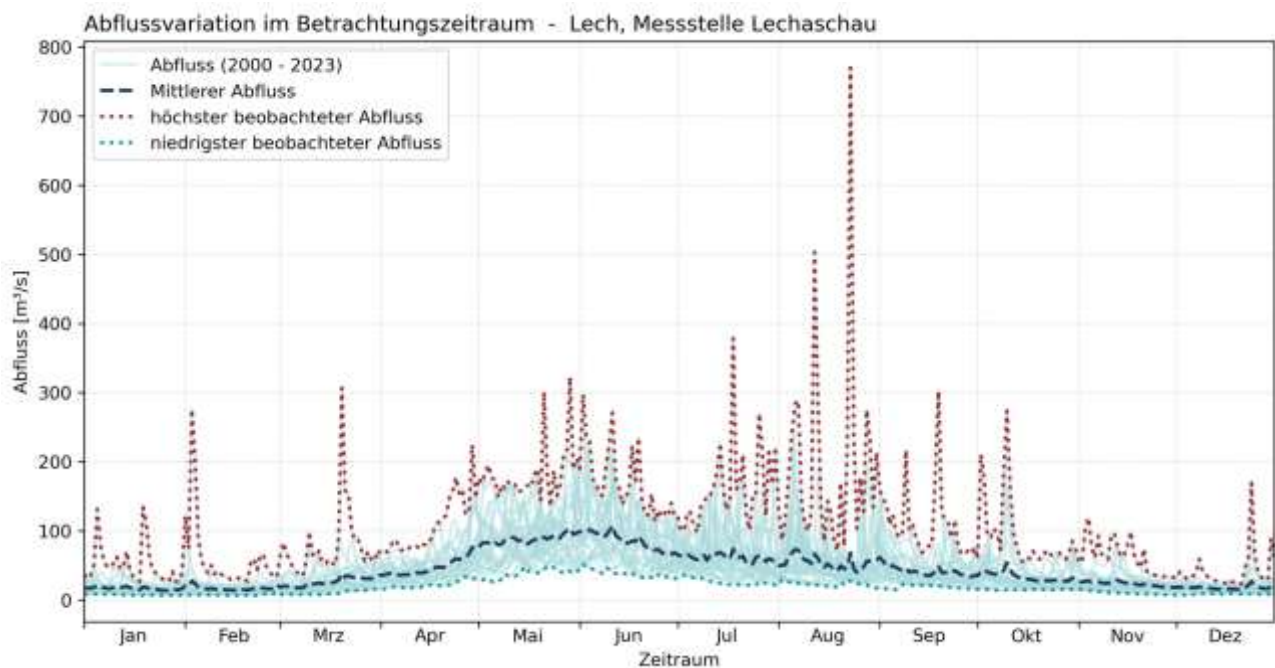


Abb. A 276: Tägliche Abflussvariation des Lech(Messstelle Lechaschau) im Jahresverlauf.

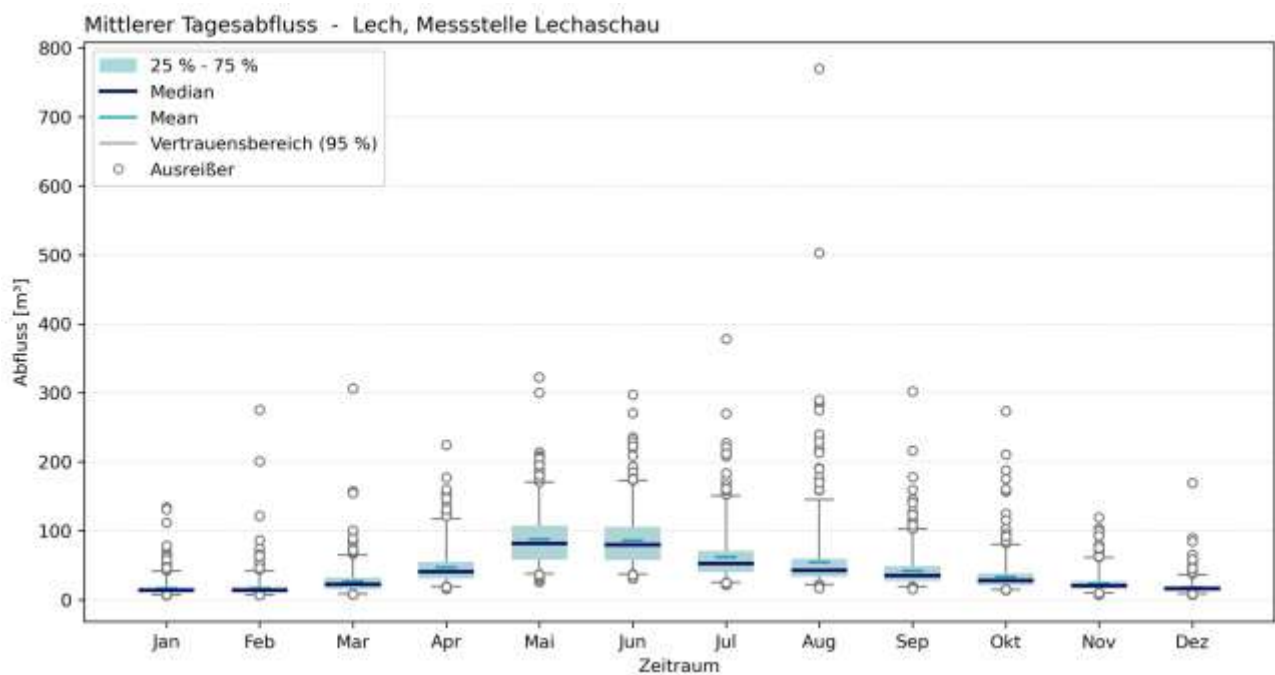


Abb. A 277: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Lech (Messstelle Lechaschau) als Monatswerte.

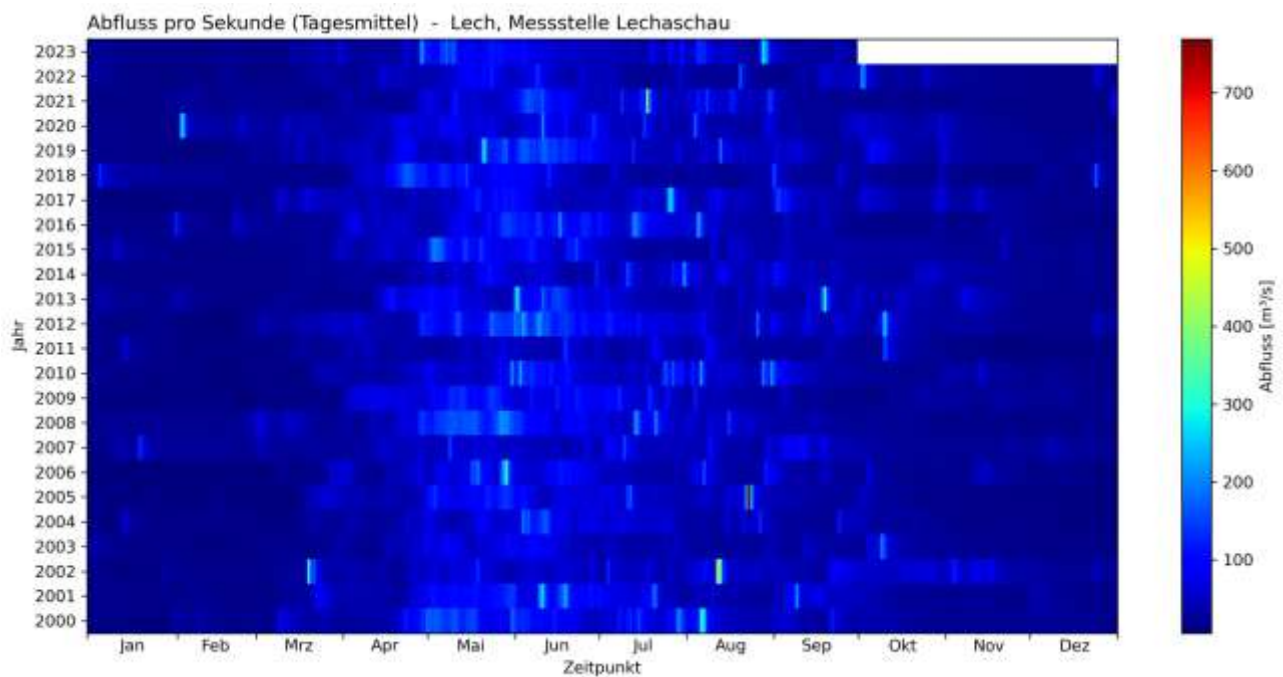


Abb. A 278: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Lech, Messstelle Lechaschau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

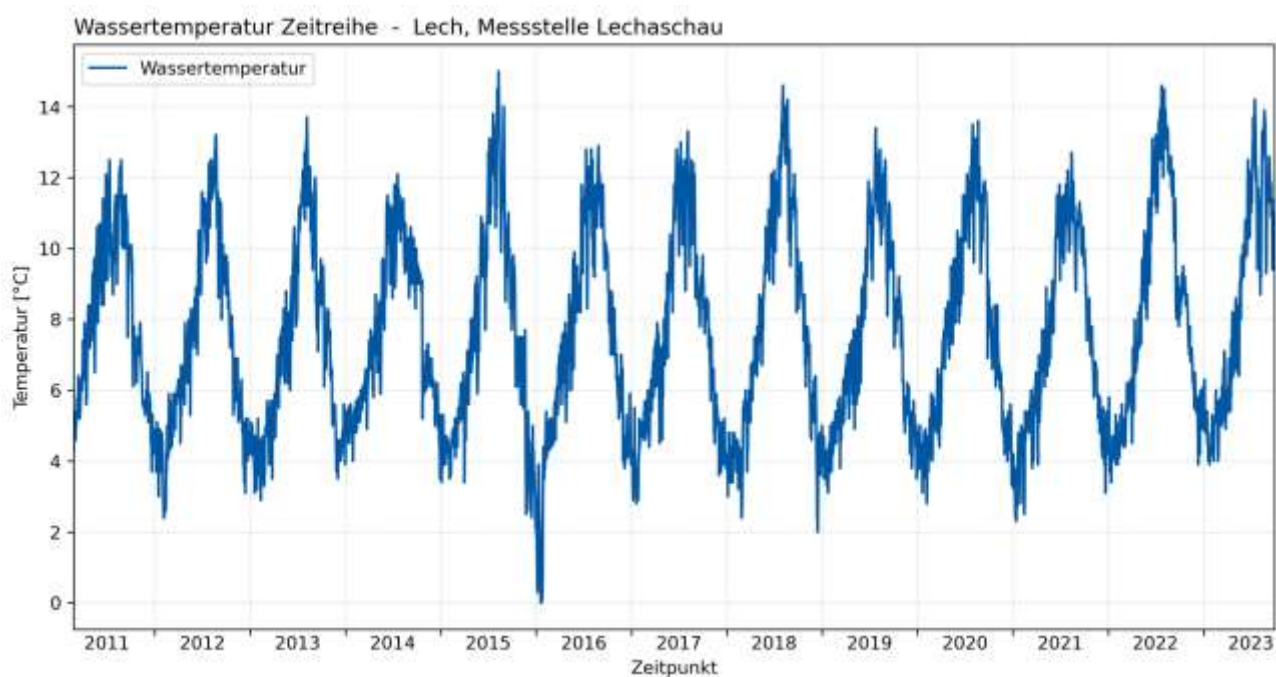


Abb. A 279: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Lech (Messstelle Lechaschau) über den verfügbaren Zeitraum.

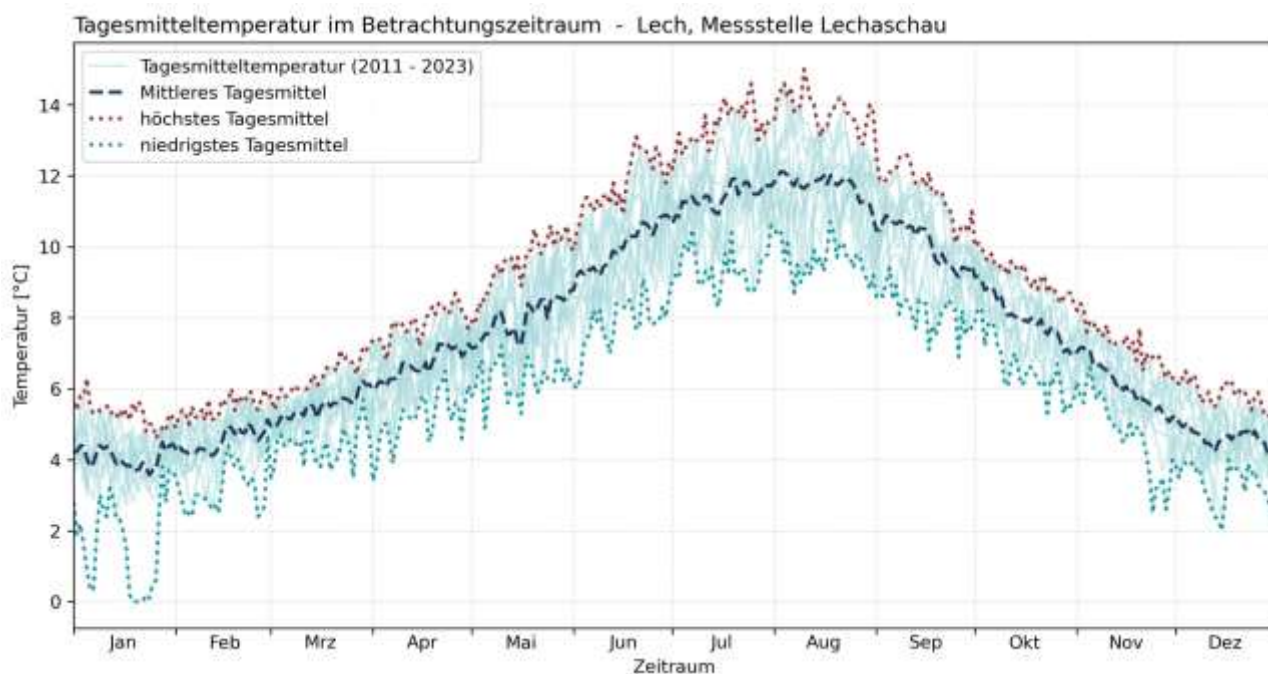


Abb. A 280: Tägliche Temperaturvariation des Lech (Messstelle Lechaschau) im Jahresverlauf.

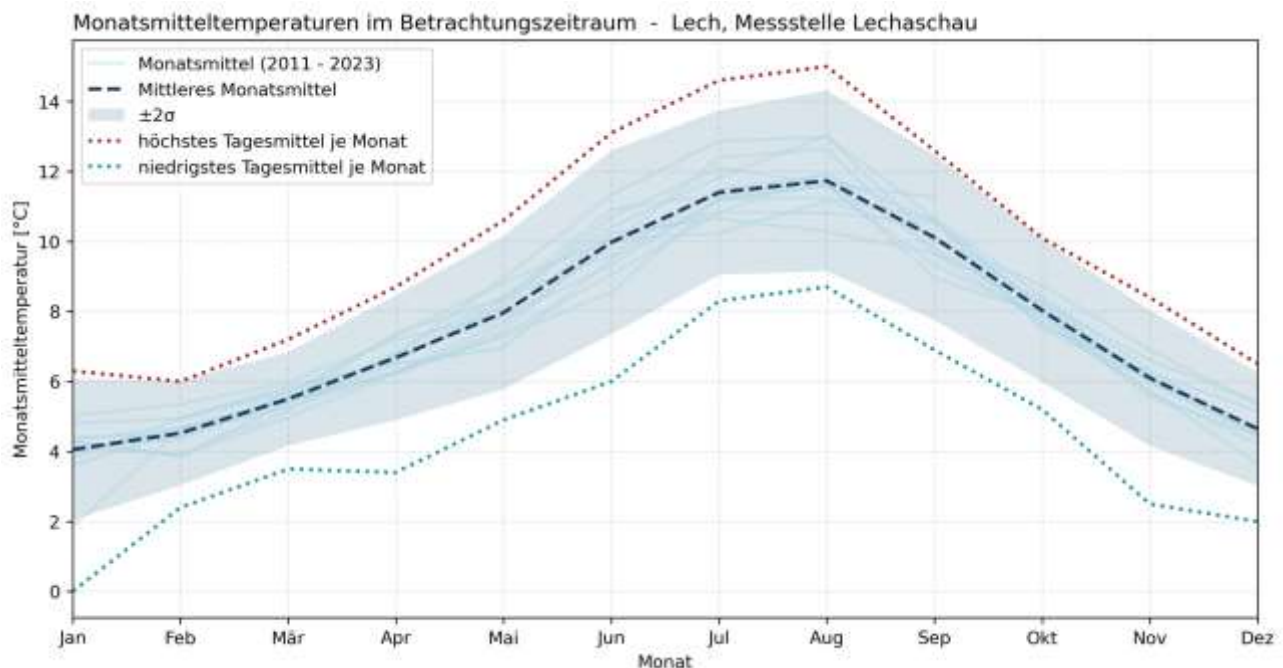


Abb. A 281: Monatsmitteltemperaturen für den Lech, Messstelle Lechaschau. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

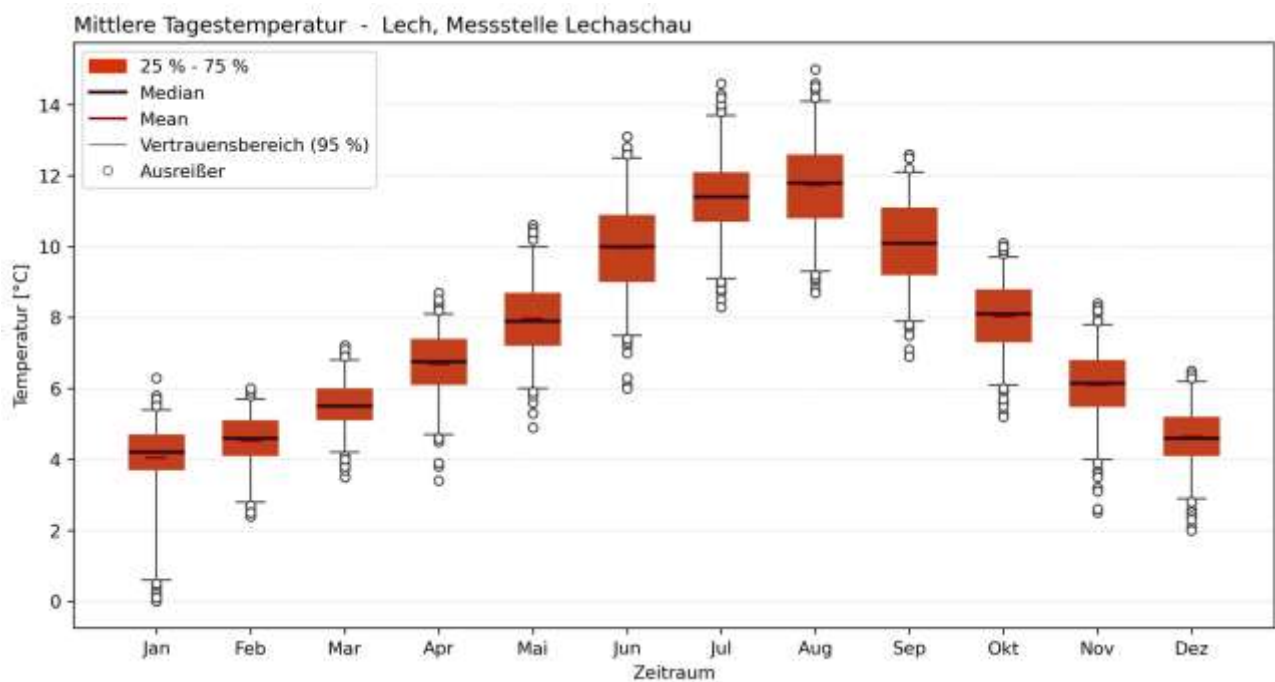


Abb. A 282: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Lech (Messstelle, Lechaschau).

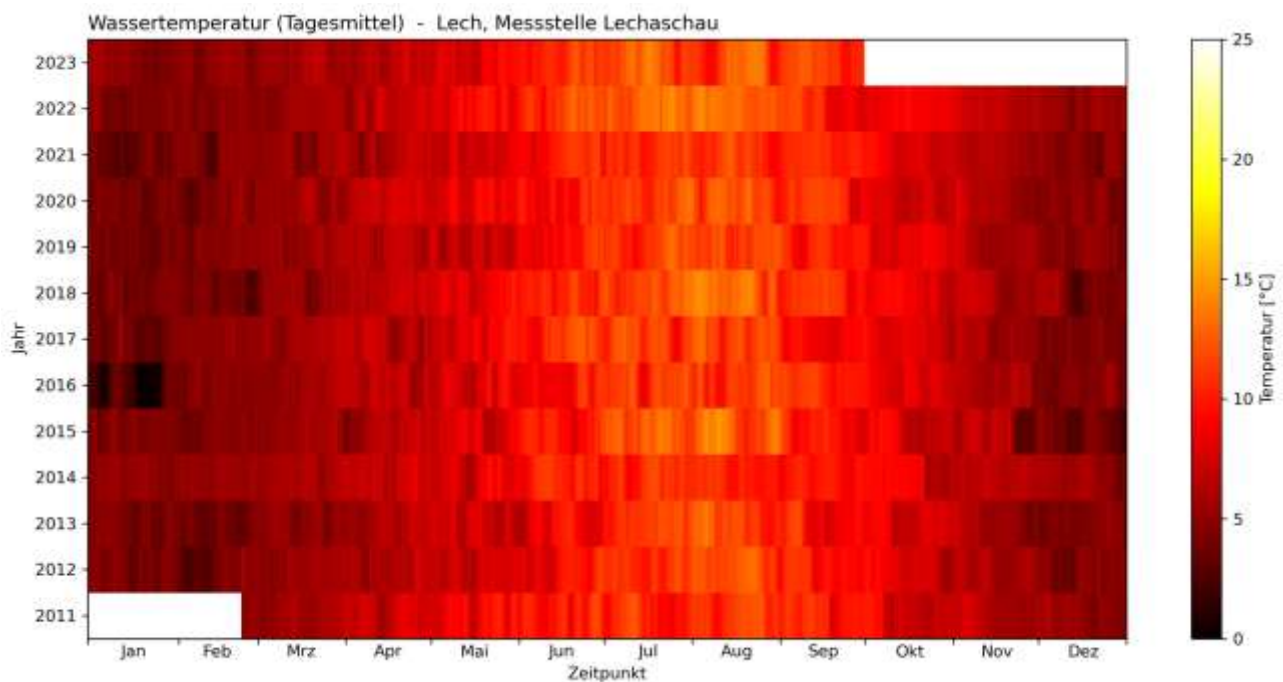


Abb. A 283: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Lech (Messstelle Lechaschau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

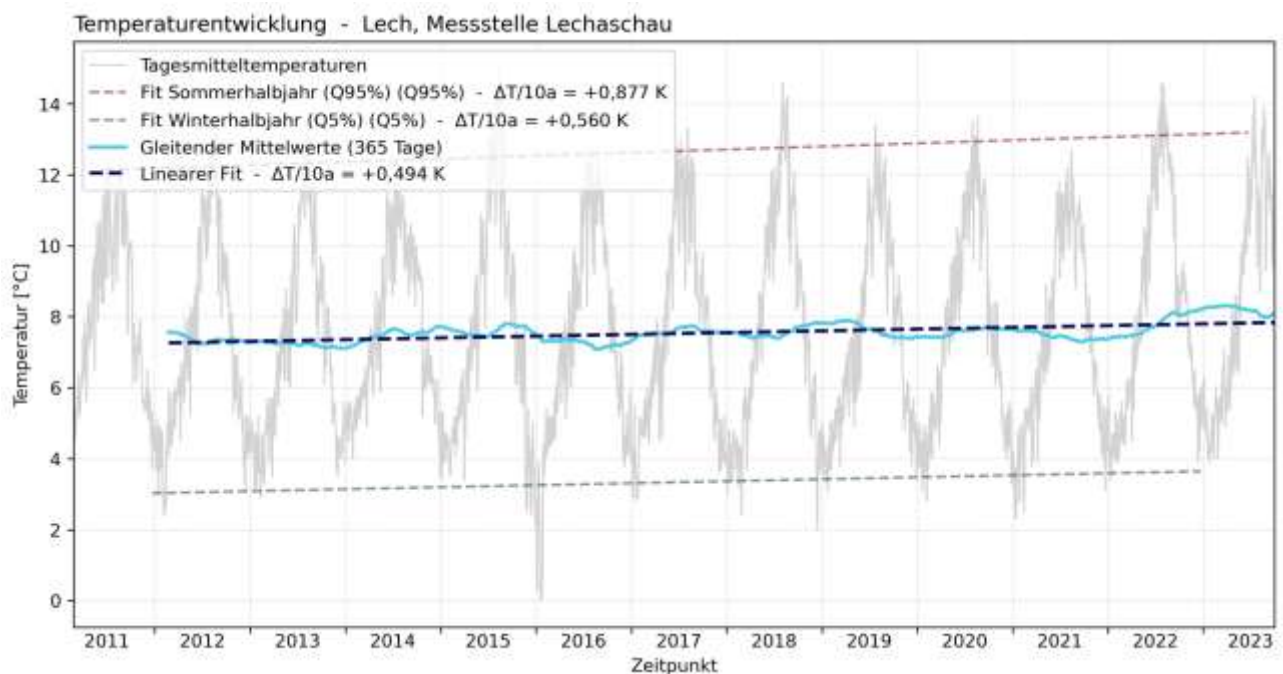


Abb. A 284: Temperaturentwicklung des Lech, Messstelle Lechaschau, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

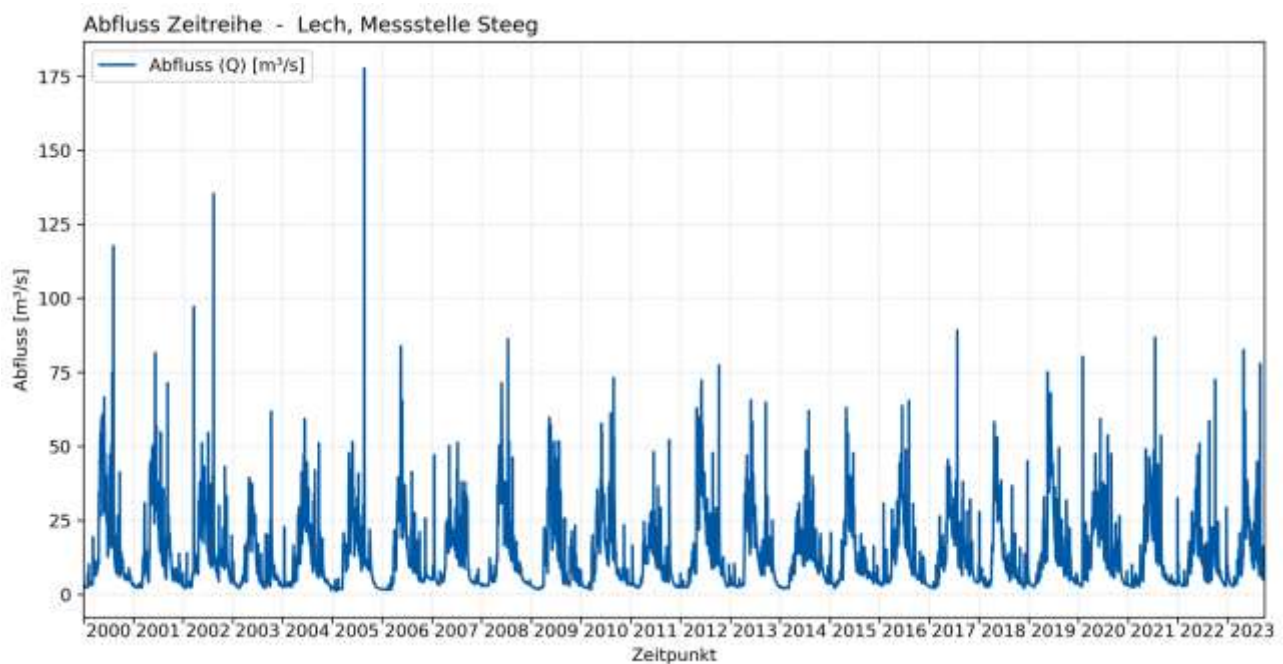


Abb. A 285: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Lech, Messstelle Steeg über den verfügbaren Zeitraum.

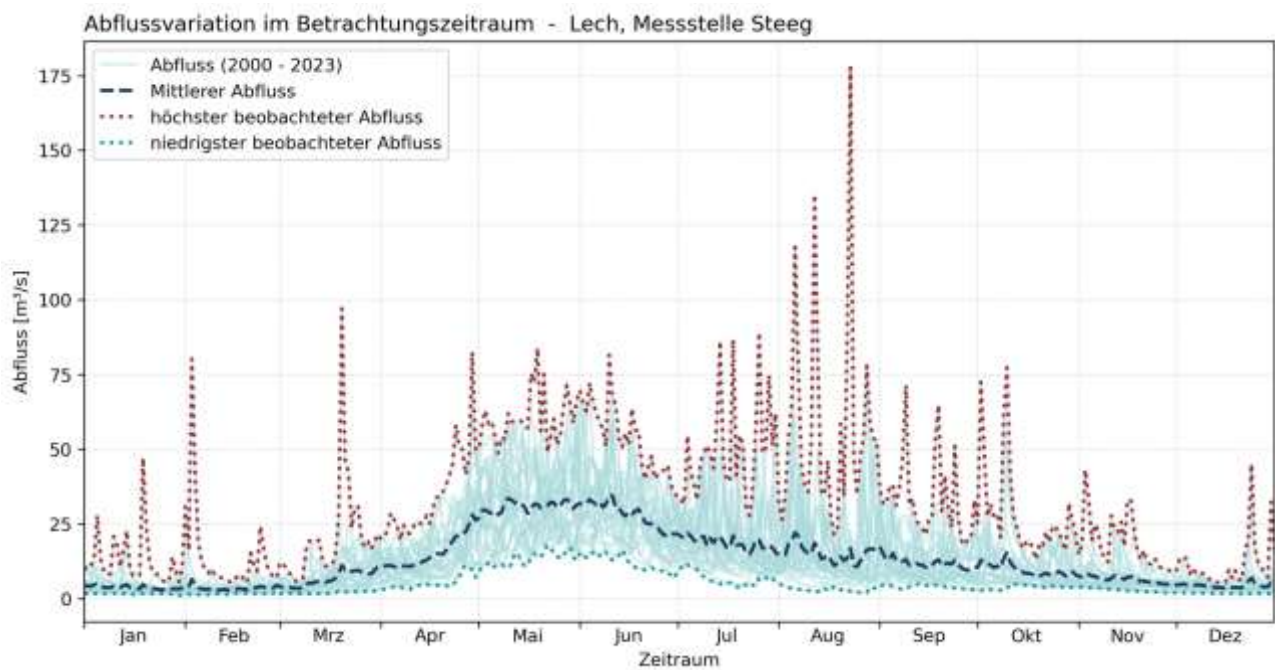


Abb. A 286: Tägliche Abflussvariation des Lech(Messstelle Steeg) im Jahresverlauf.

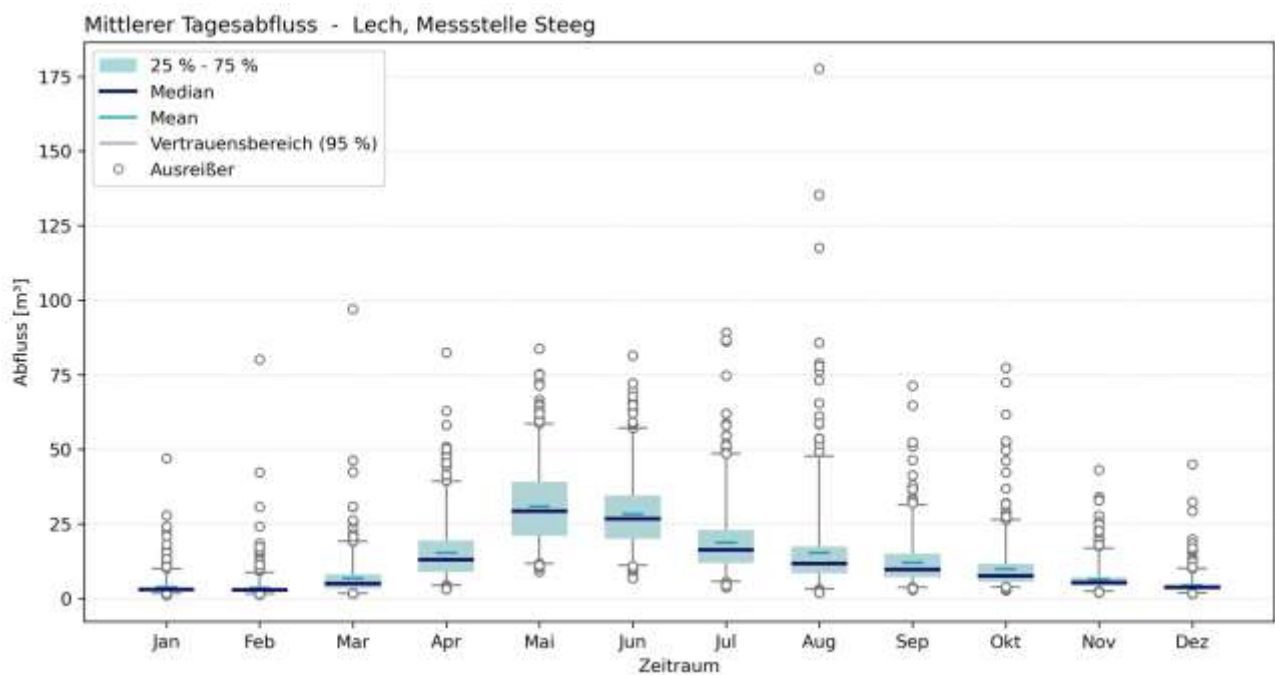


Abb. A 287: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Lech (Messstelle Steeg) als Monatswerte.

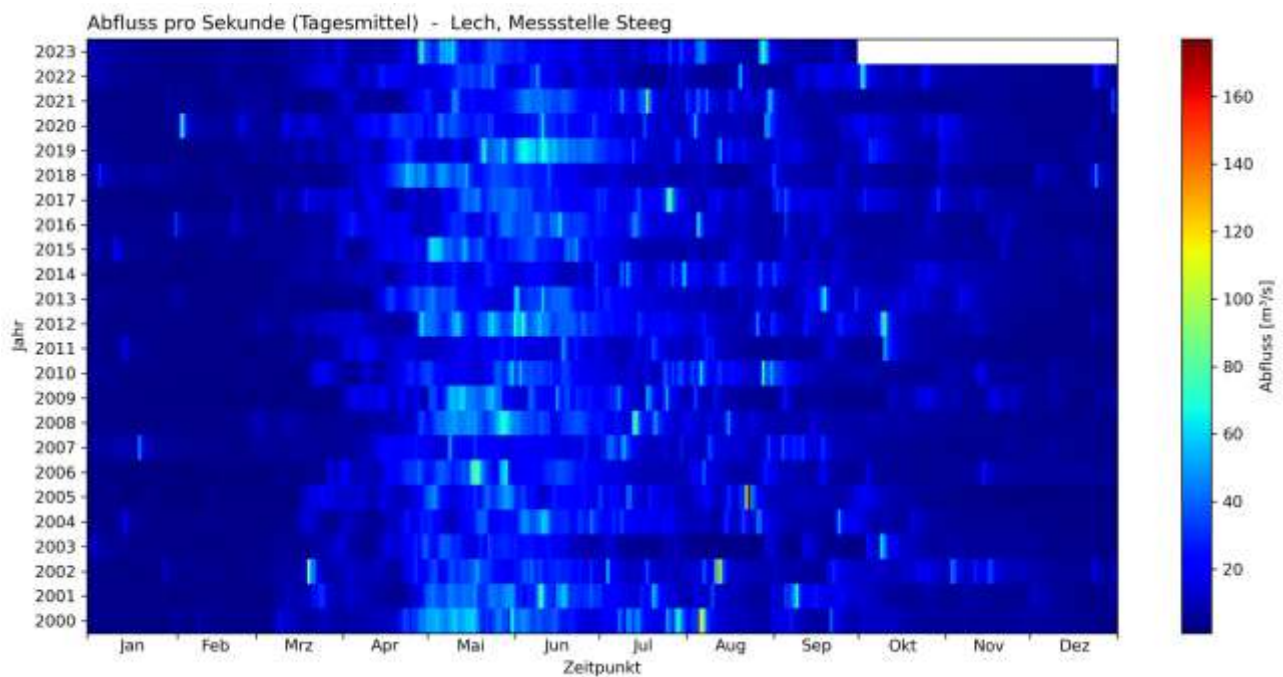


Abb. A 288: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Lech, Messstelle Steeg). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

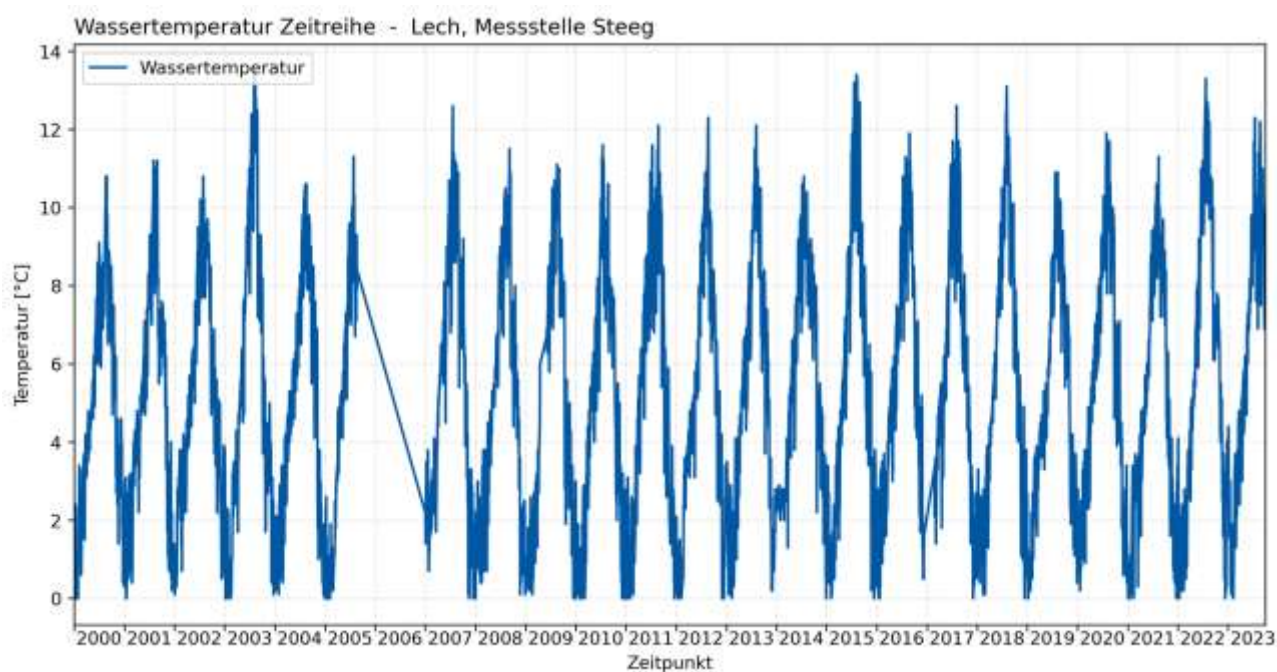


Abb. A 289: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Lech (Messstelle Steeg) über den verfügbaren Zeitraum.

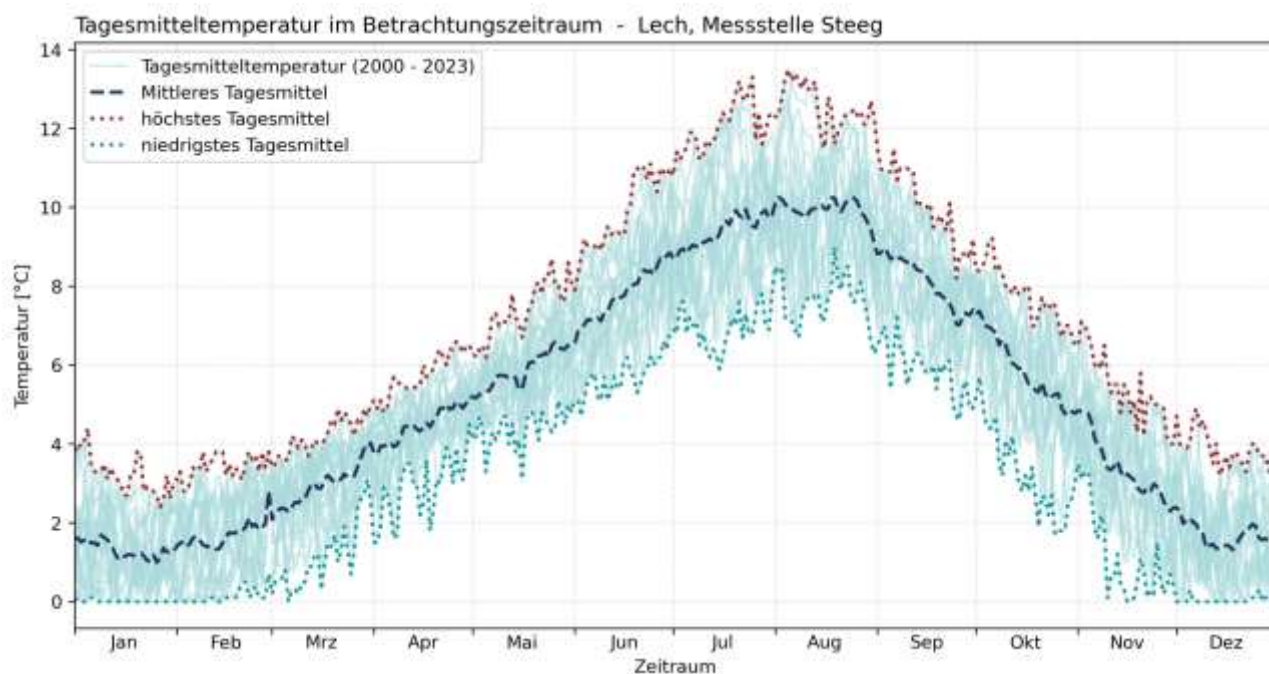


Abb. A 290: Tägliche Temperaturvariation des Lech (Messstelle Steeg) im Jahresverlauf.

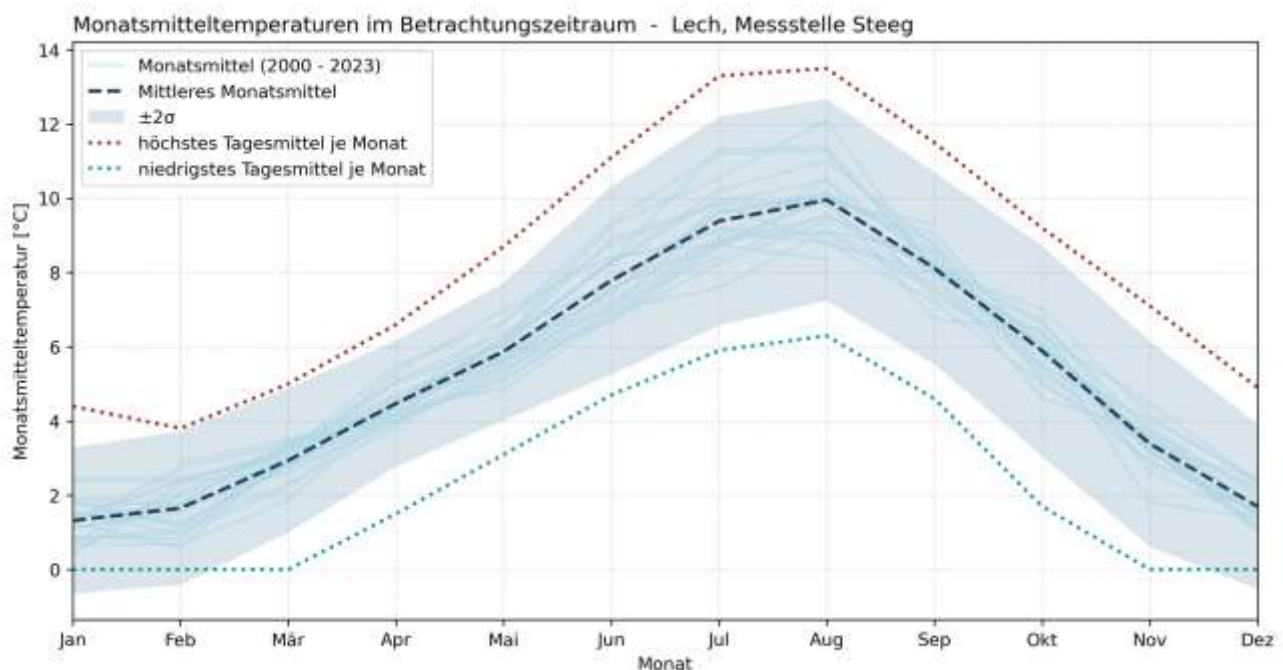


Abb. A 291: Monatsmitteltemperaturen für den Lech, Messstelle Steeg. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

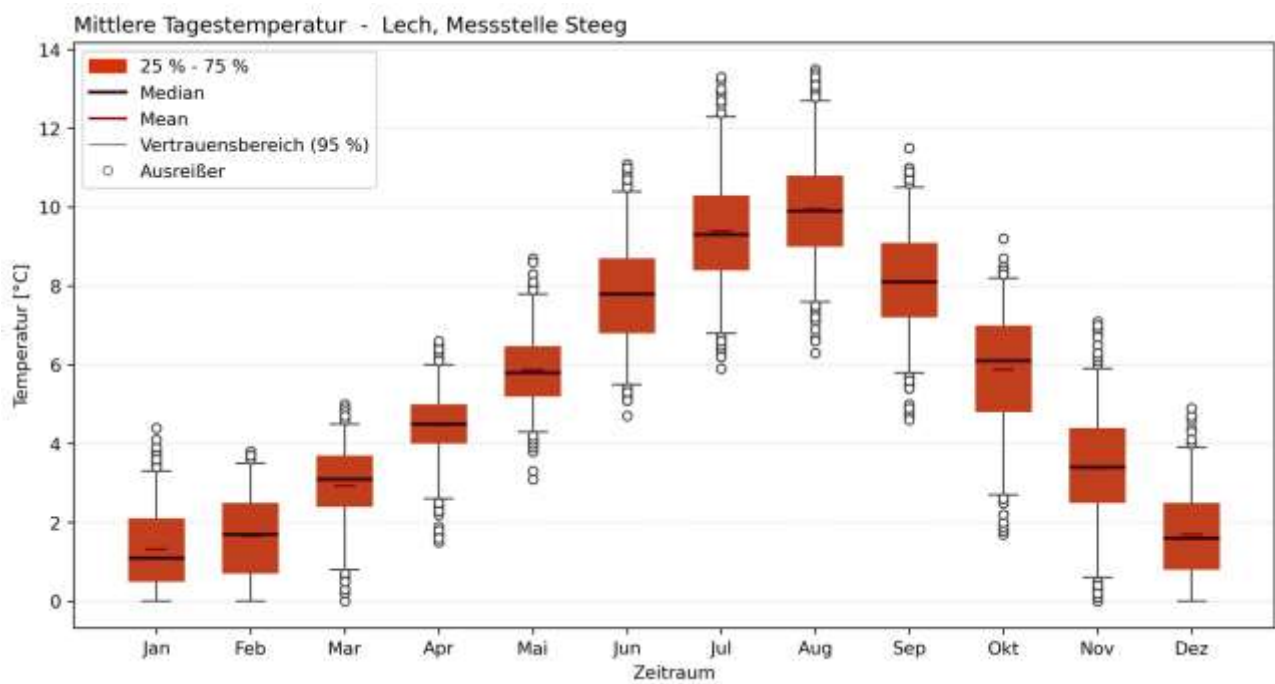


Abb. A 292: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Lech (Messstelle, Steeg).

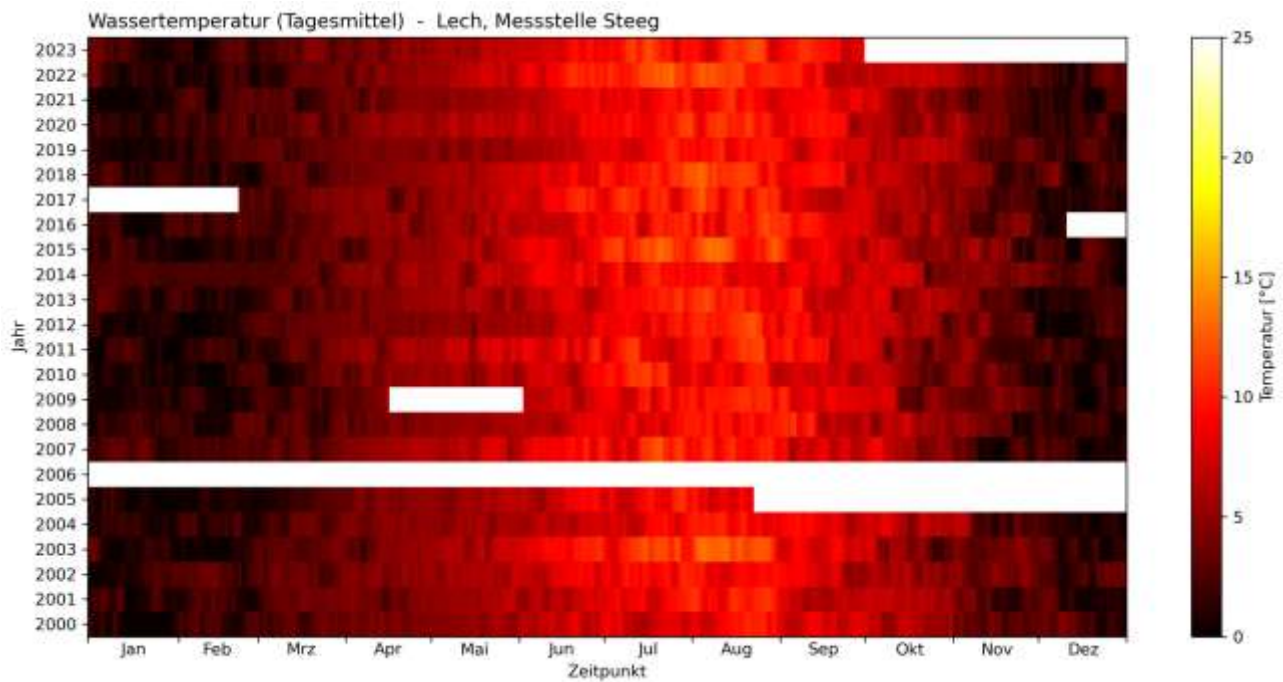


Abb. A 293: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Lech (Messstelle Steeg). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

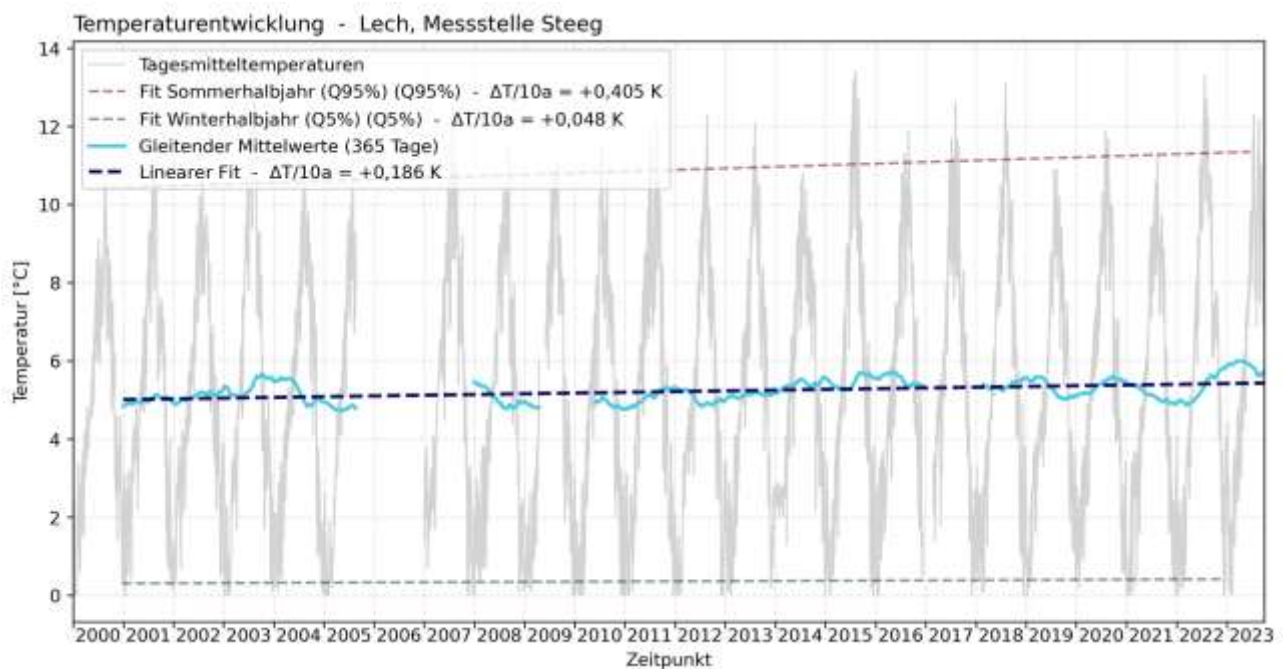


Abb. A 294: Temperaturentwicklung des Lech, Messstelle Steeg, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.20. Leutascher Ache

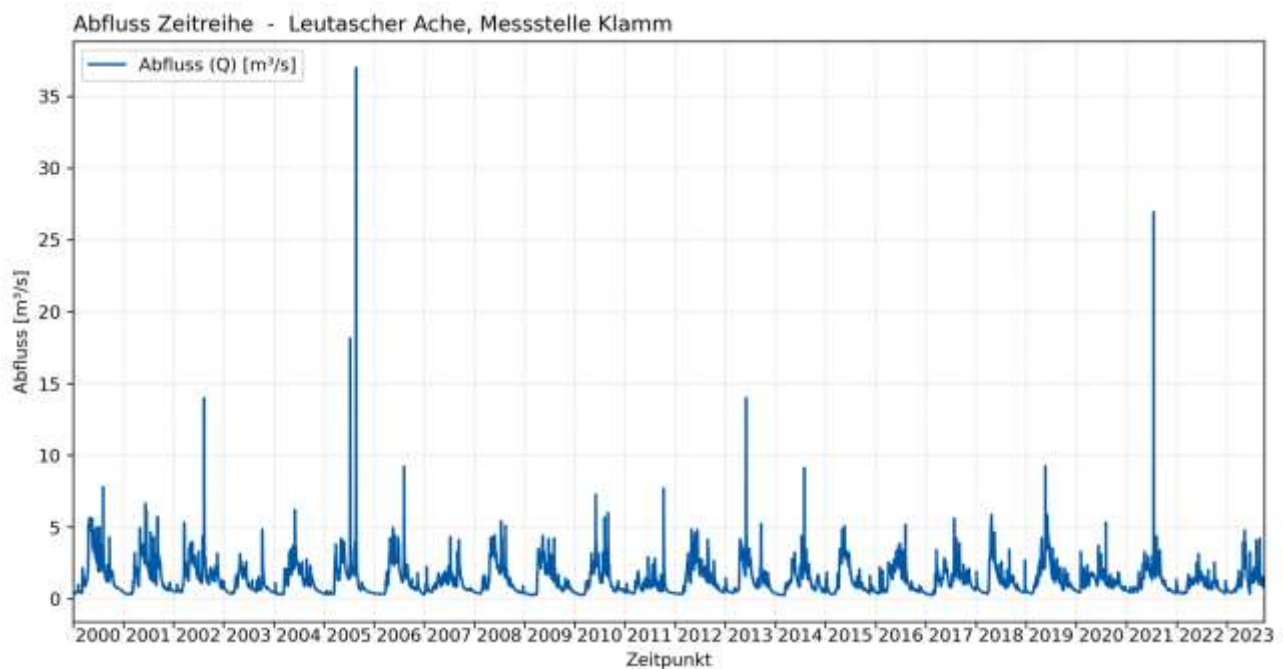


Abb. A 295: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Leutascher Ache, Messstelle Klamm über den verfügbaren Zeitraum.

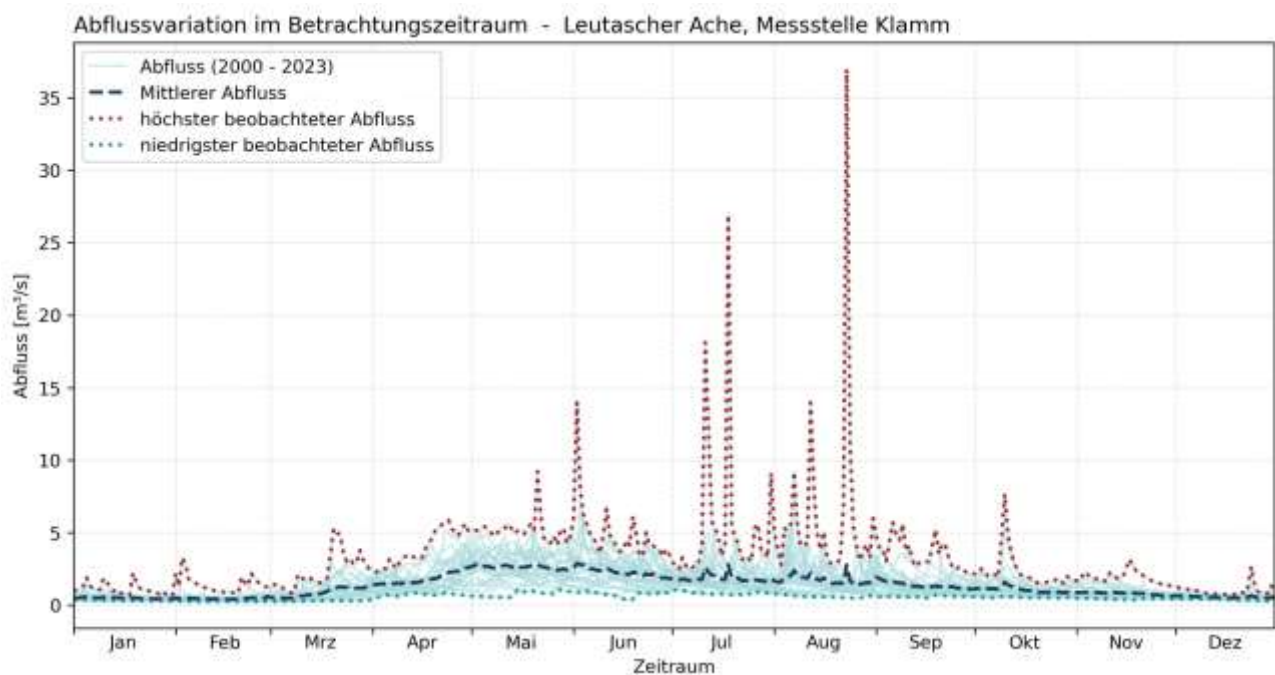


Abb. A 296: Tägliche Abflussvariation der Leutascher Ache(Messstelle Klamm) im Jahresverlauf.

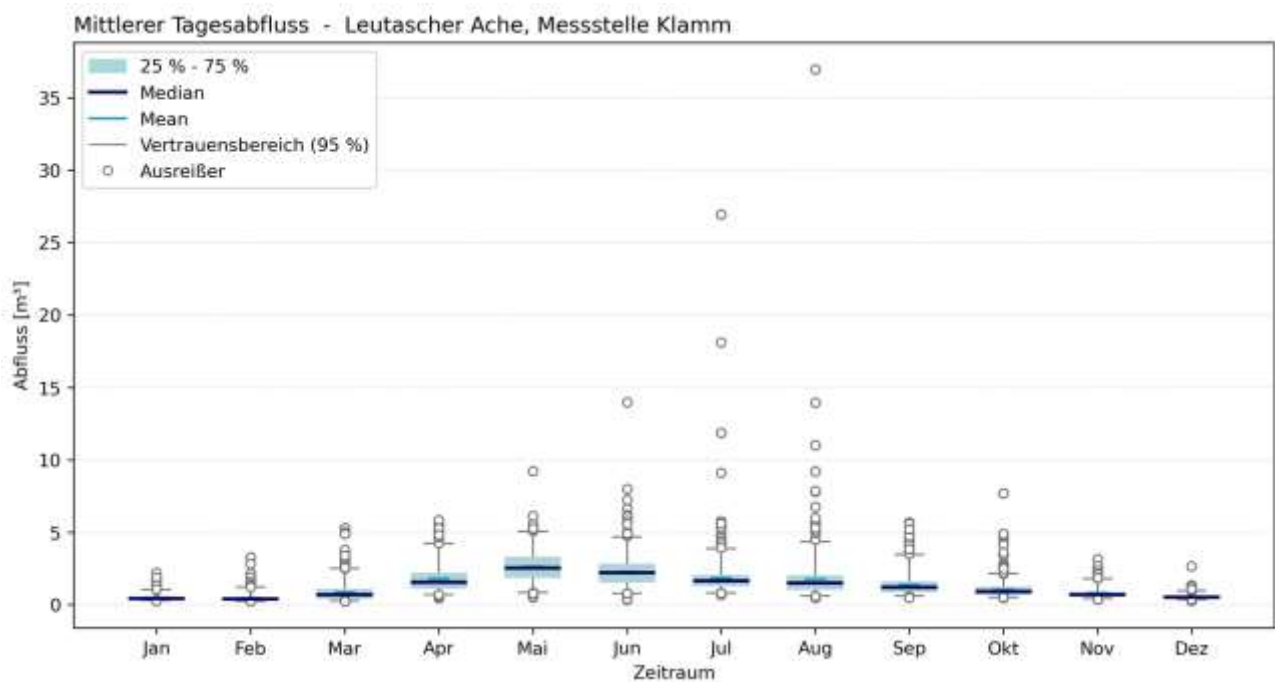


Abb. A 297: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Leutascher Ache (Messstelle Klamm) als Monatswerte.

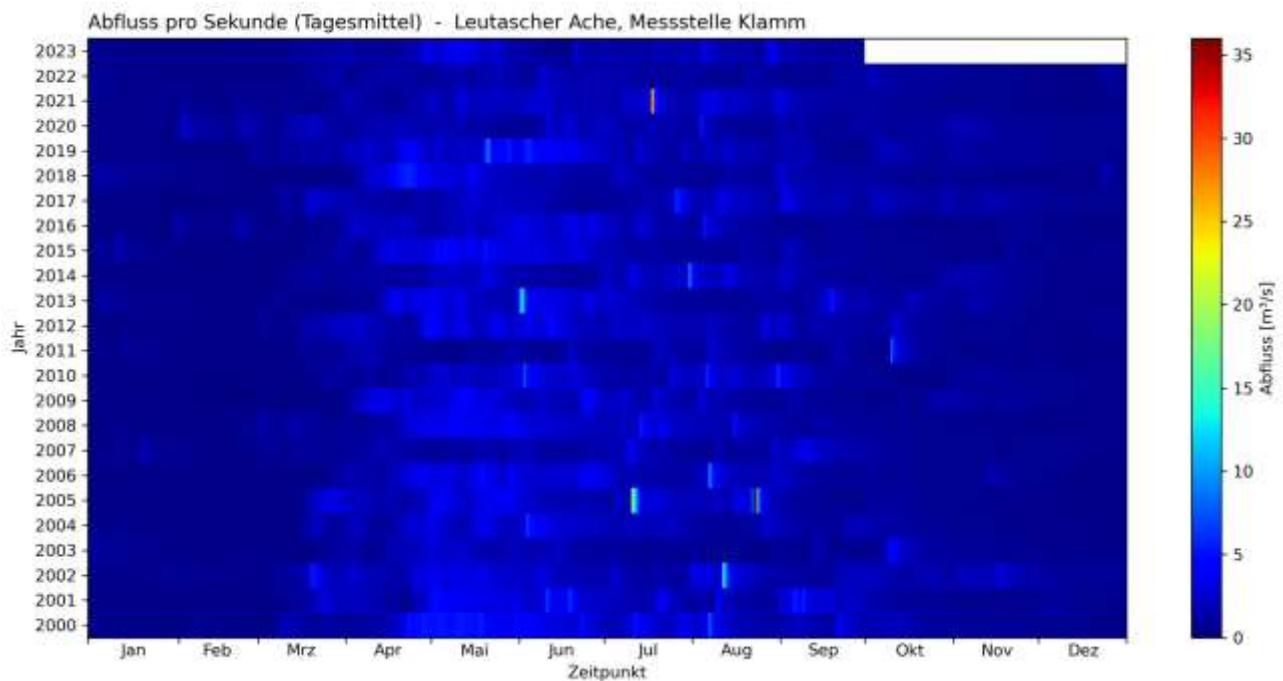


Abb. A 298: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Leutascher Ache, Messstelle Klamm). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

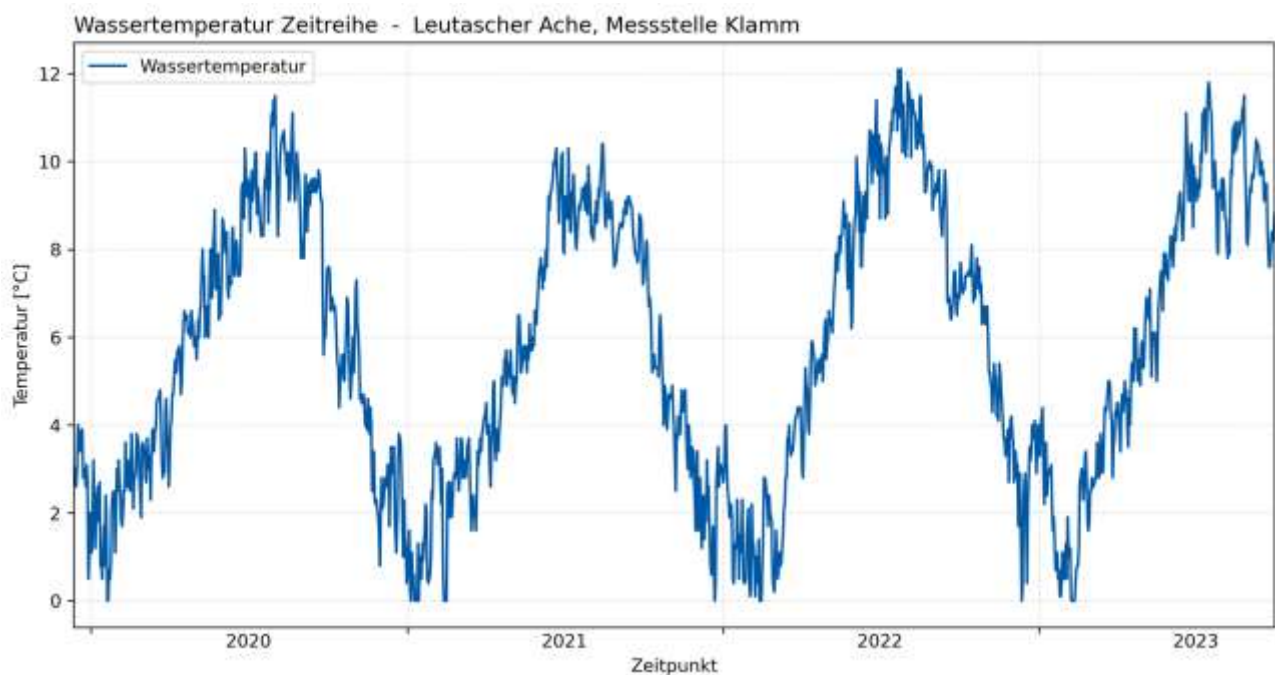


Abb. A 299: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Leutascher Ache (Messstelle Klamm) über den verfügbaren Zeitraum.

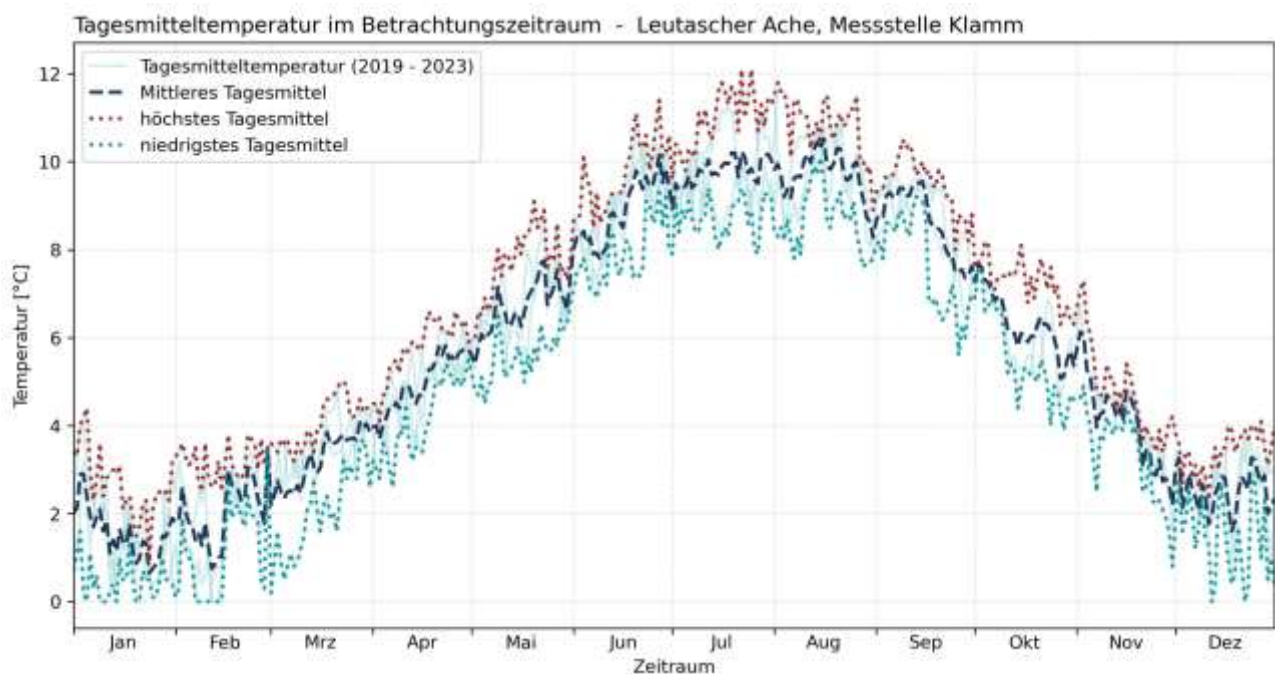


Abb. A 300: Tägliche Temperaturvariation der Leutascher Ache (Messstelle Klamm) im Jahresverlauf.

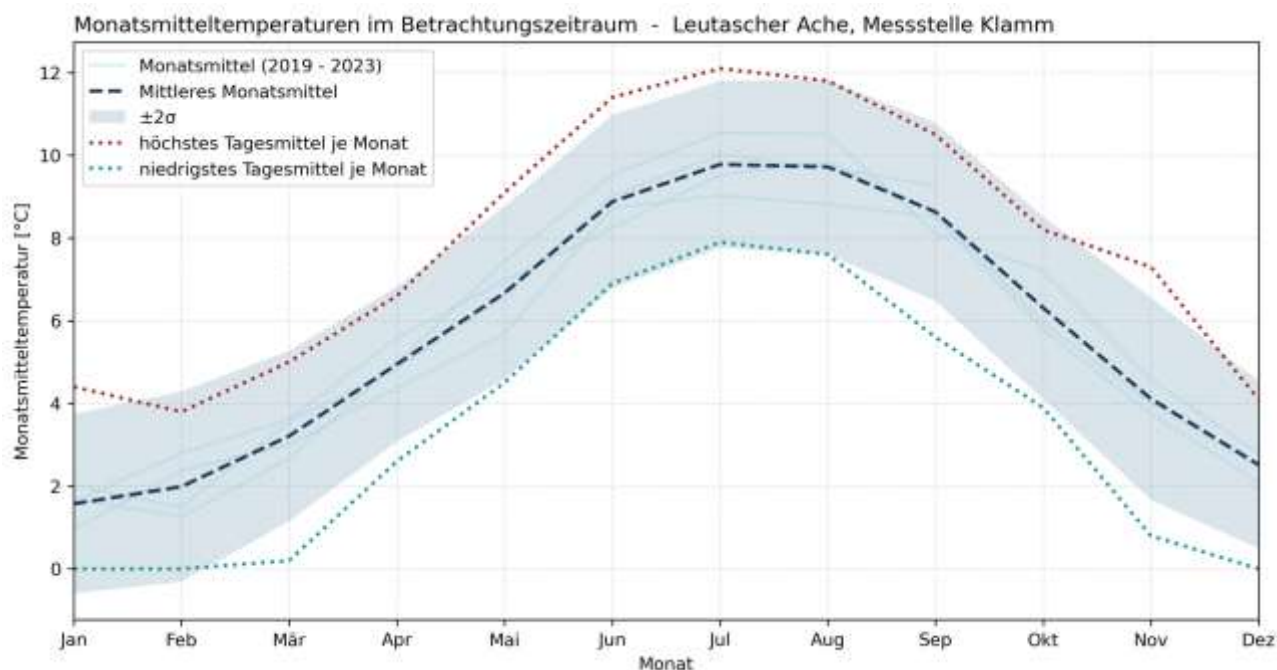


Abb. A 301: Monatsmitteltemperaturen für die Leutascher Ache, Messstelle Klamm. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

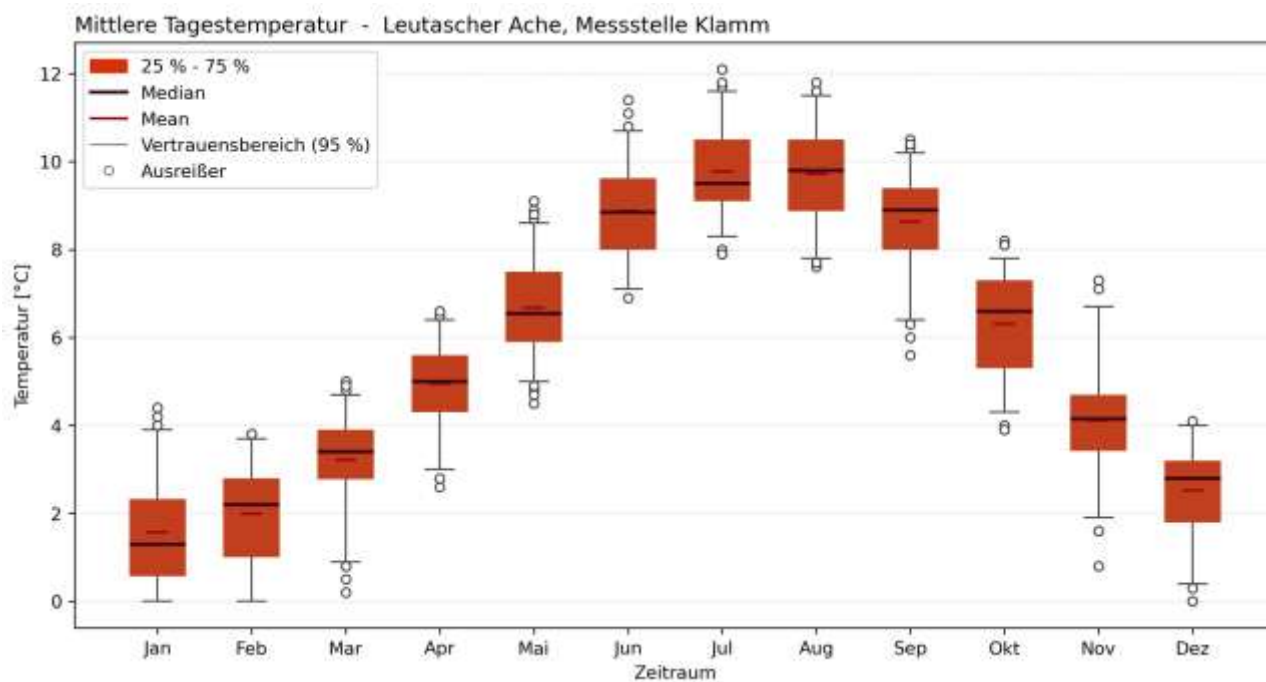


Abb. A 302: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Leutascher Ache (Messstelle, Klamm).

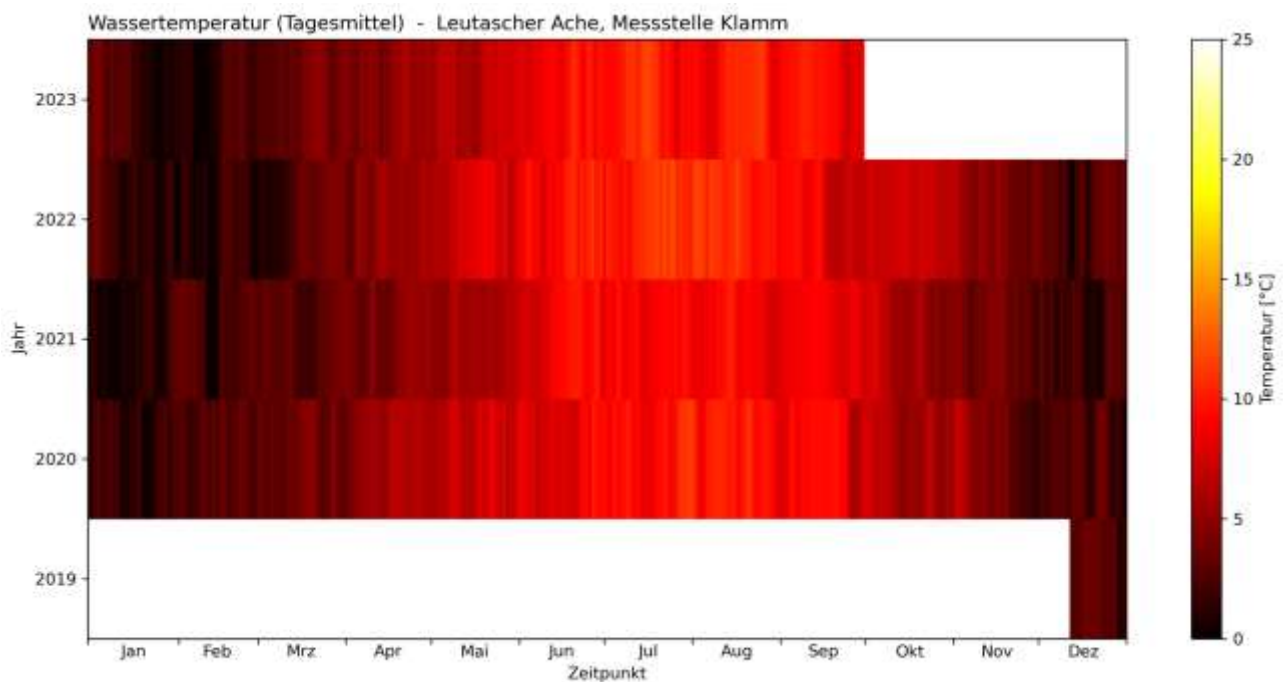


Abb. A 303: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Leutascher Ache (Messstelle Klamm). Weiße Stellen markieren Datenlücken.



Abb. A 304: Temperaturentwicklung der Leutascher Ache, Messstelle Klamm, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.21. Loisach

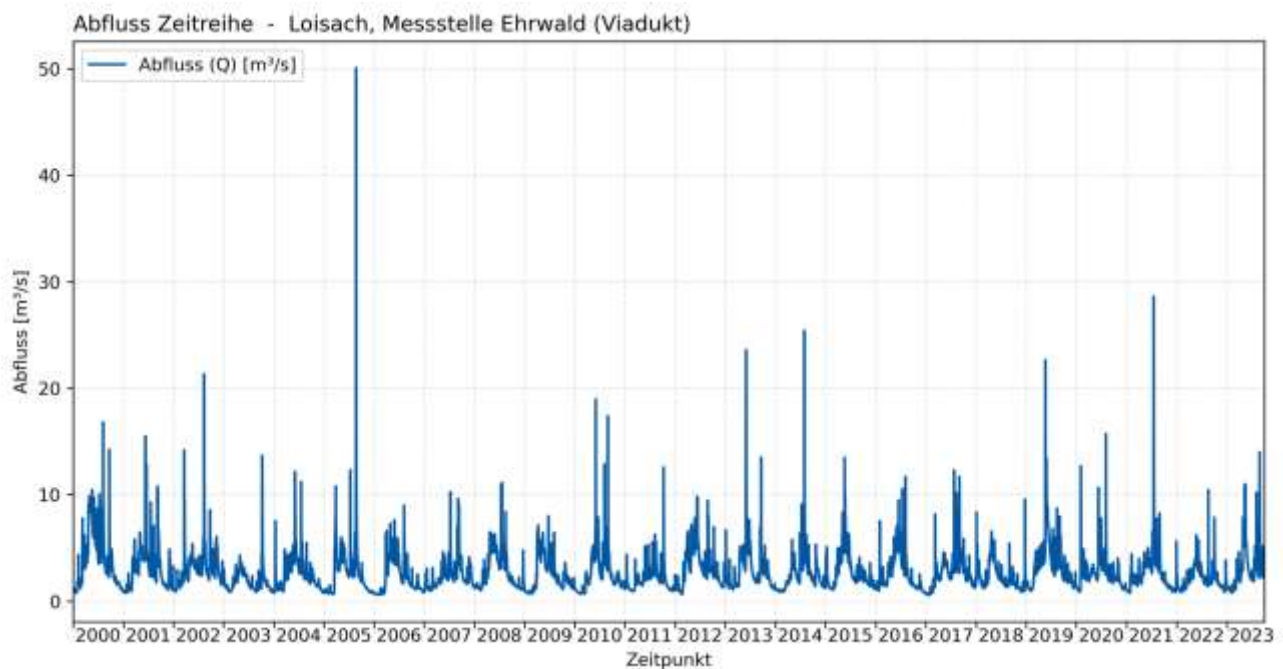


Abb. A 305: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Loisach, Messstelle Ehrwald Viadukt über den verfügbaren Zeitraum.

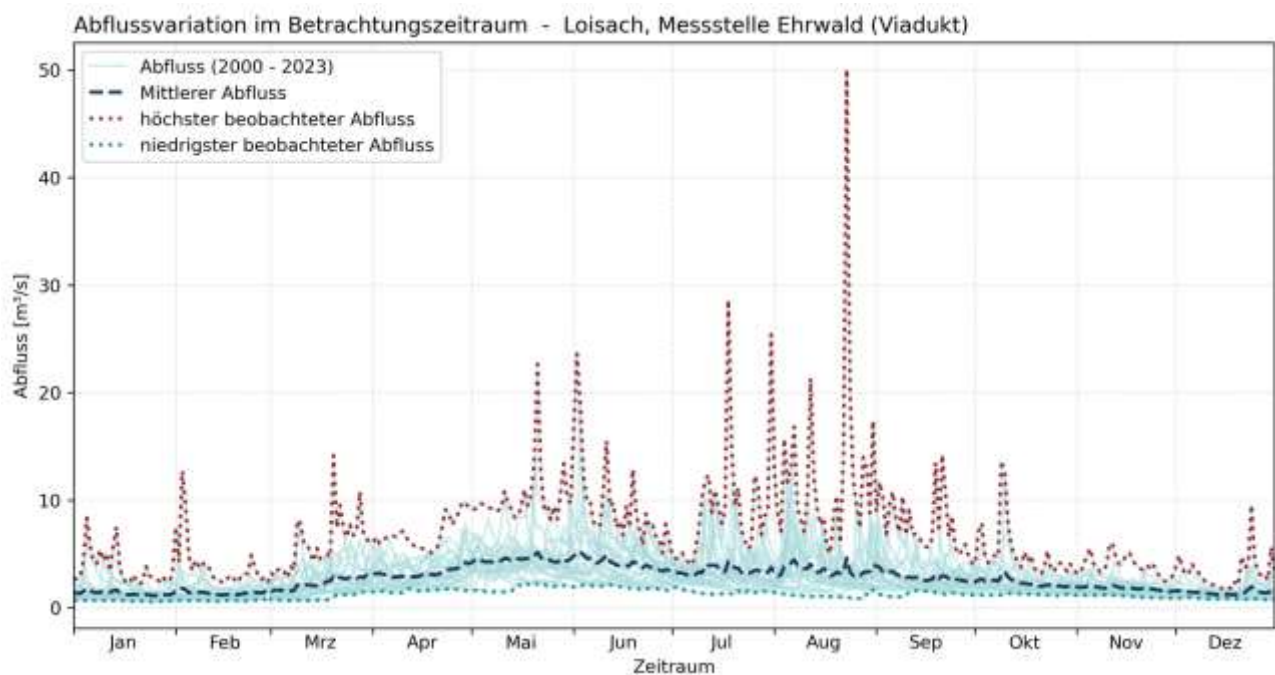


Abb. A 306: Tägliche Abflussvariation der Loisach(Messstelle Ehrwald Viadukt) im Jahresverlauf.

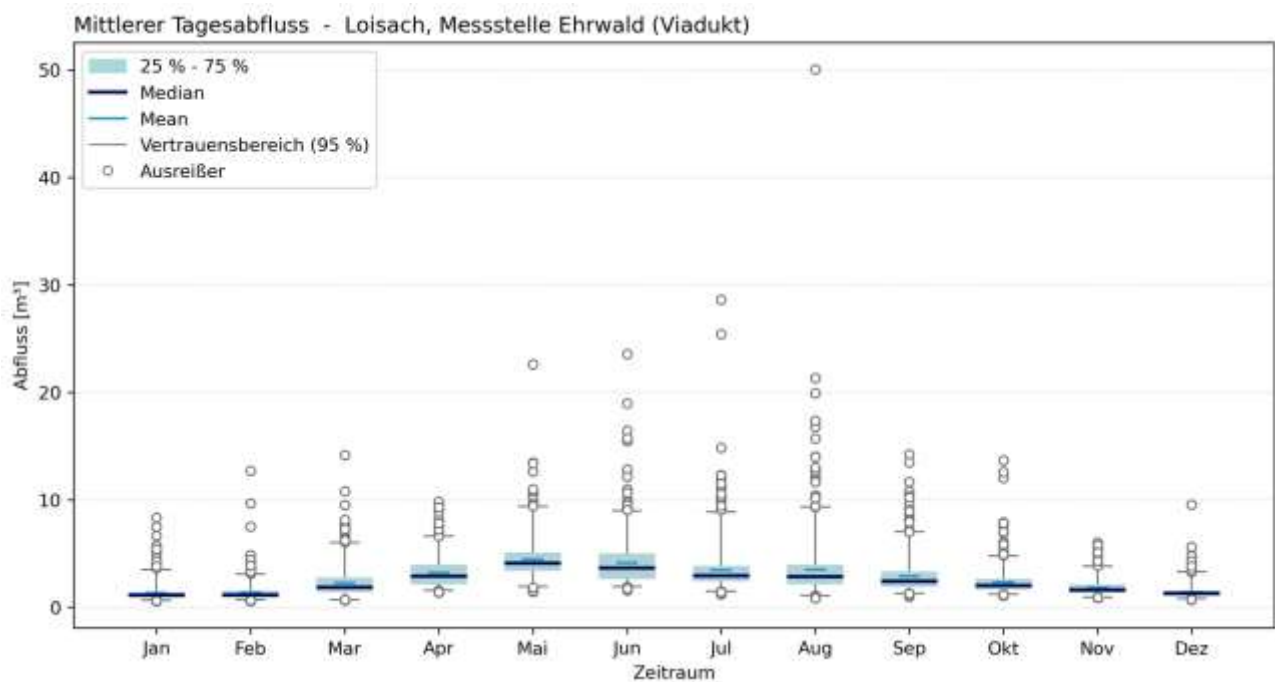


Abb. A 307: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Loisach (Messstelle Ehrwald Viadukt) als Monatswerte.

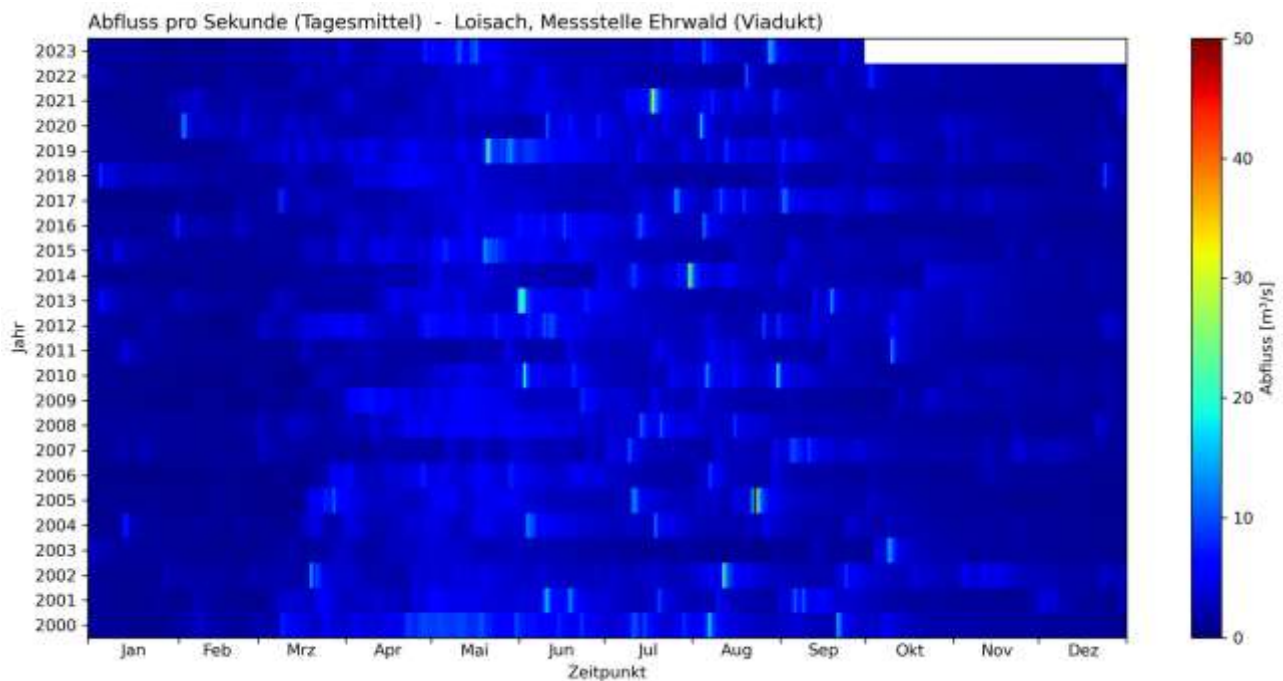


Abb. A 308: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Loisach, Messstelle Ehrwald Viadukt). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

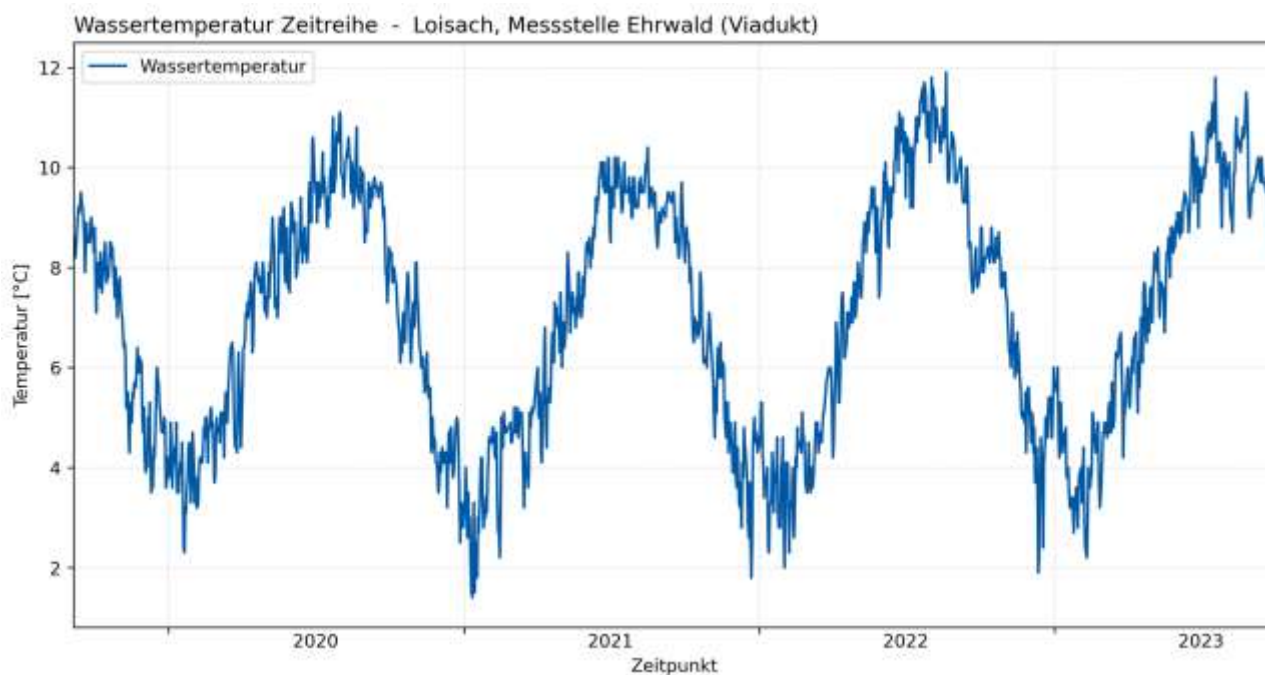


Abb. A 309: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Loisach (Messstelle Ehrwald Viadukt) über den verfügbaren Zeitraum.

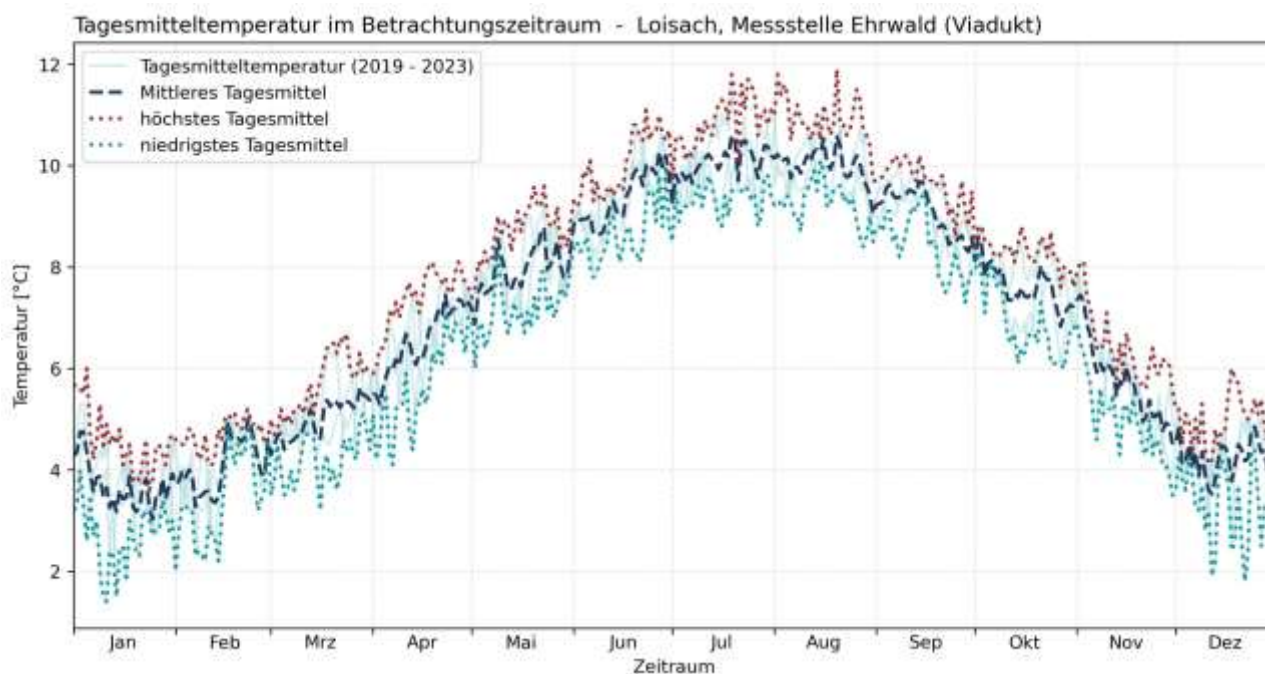


Abb. A 310: Tägliche Temperaturvariation der Loisach (Messstelle Ehrwald Viadukt) im Jahresverlauf.

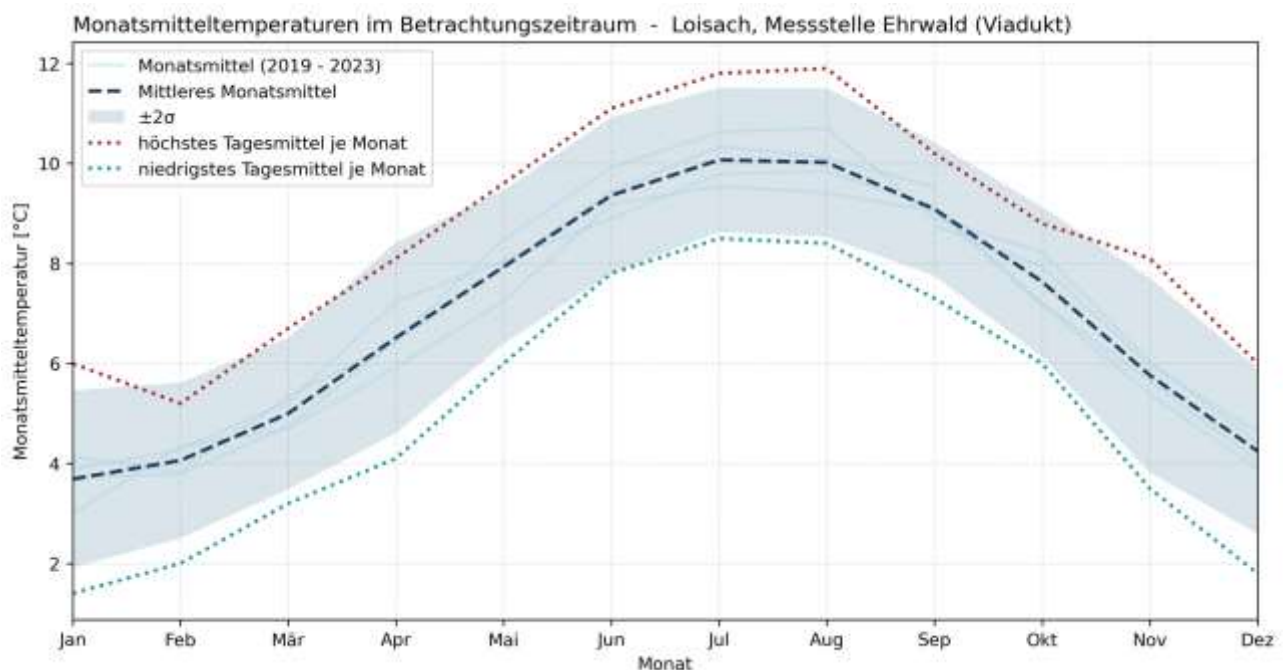


Abb. A 311: Monatsmitteltemperaturen für die Loisach, Messstelle Ehrwald Viadukt . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

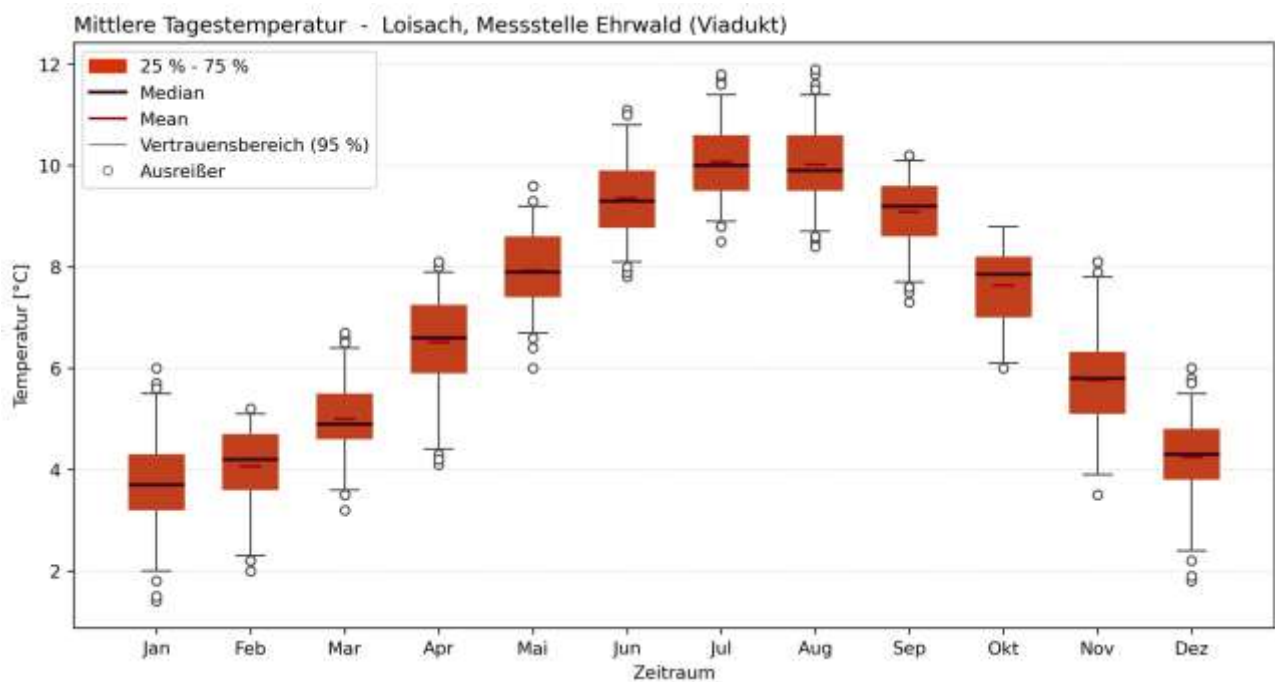


Abb. A 312: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Loisach (Messstelle, Ehrwald Viadukt).

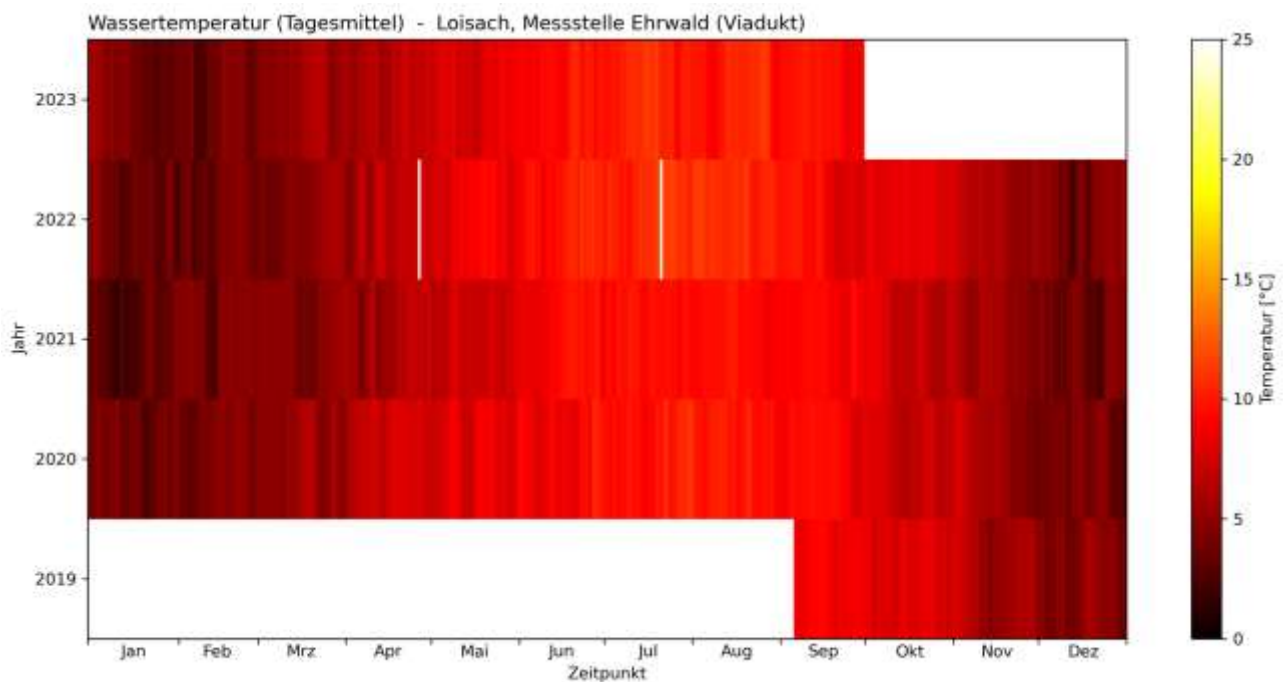


Abb. A 313: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Loisach (Messstelle Ehrwald Viadukt). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

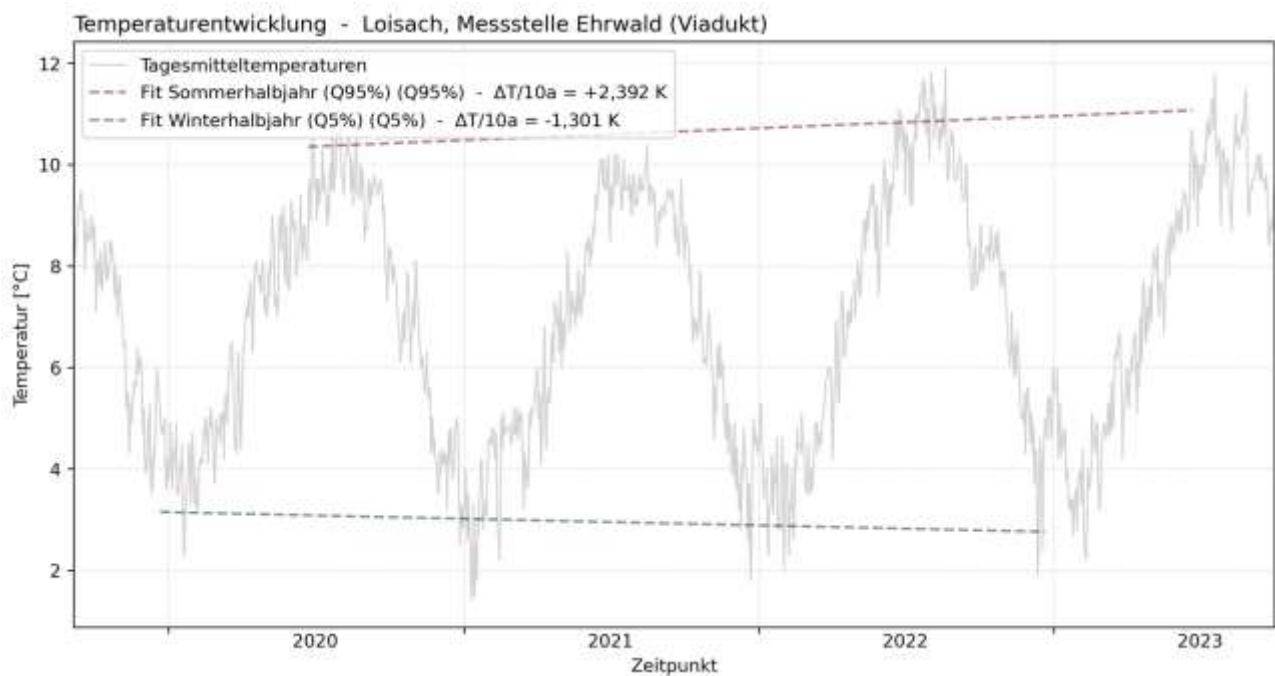


Abb. A 314: Temperaturentwicklung der Loisach, Messstelle Ehrwald Viadukt, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.22. Melach

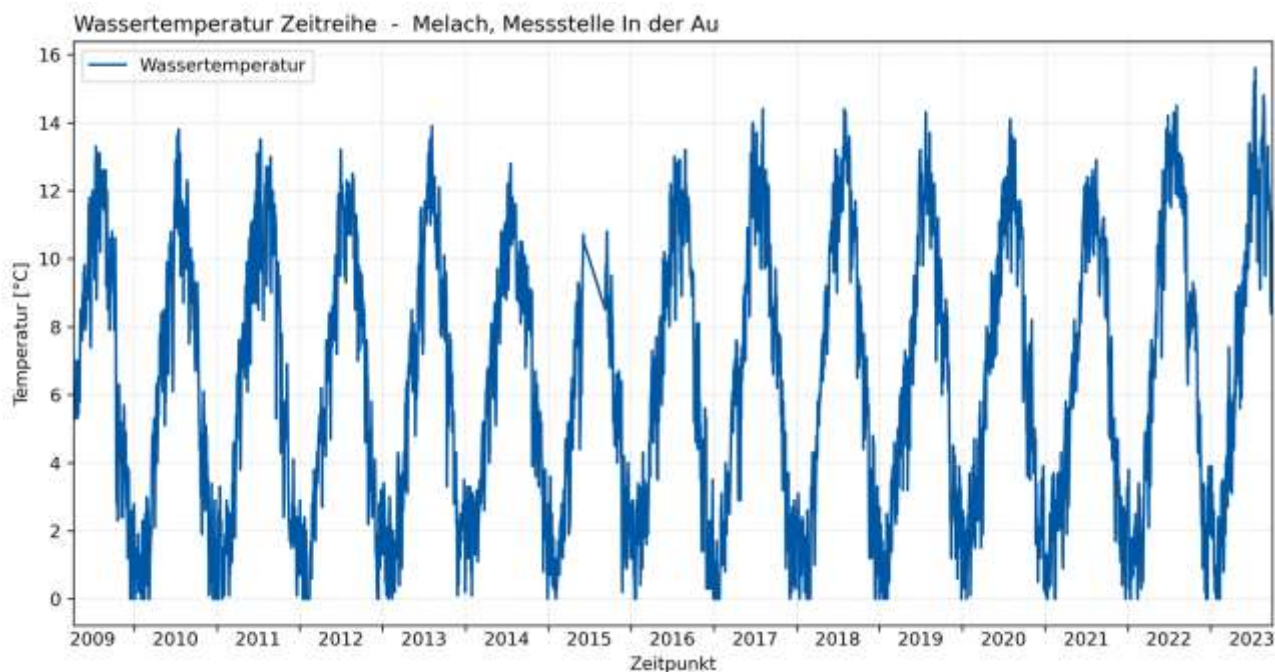


Abb. A 315: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Melach (Messstelle In der Au) über den verfügbaren Zeitraum.

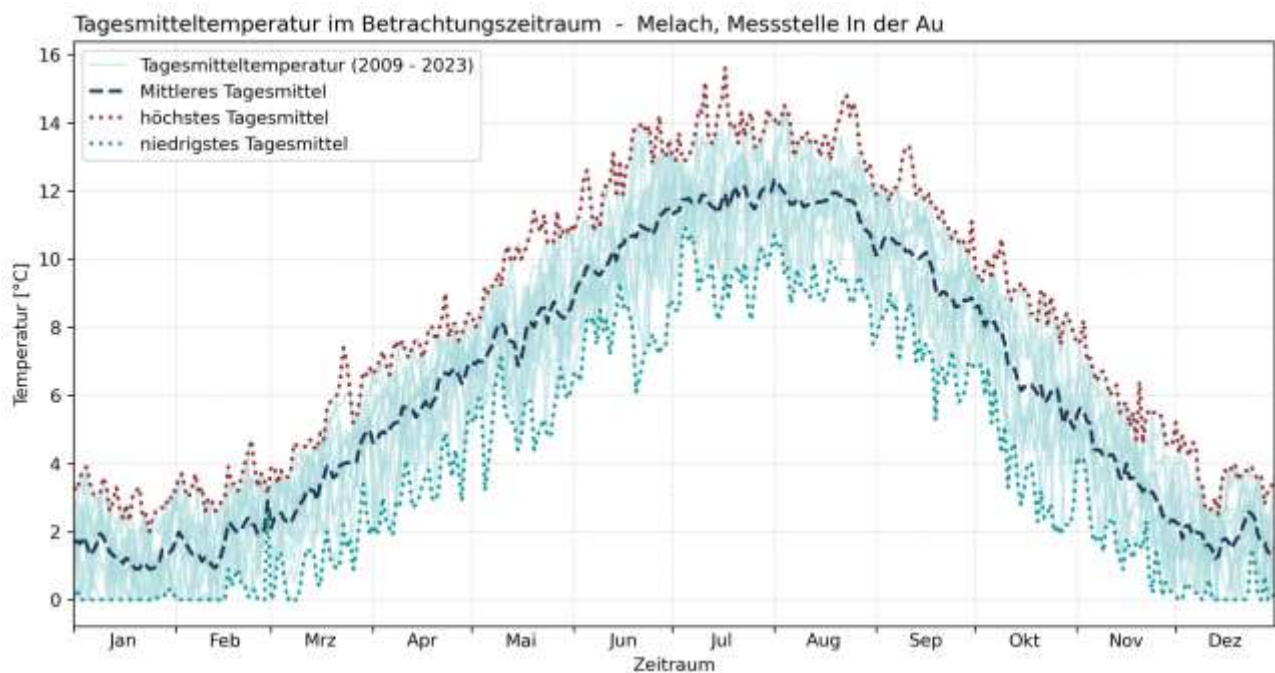


Abb. A 316: Tägliche Temperaturvariation der Melach (Messstelle In der Au) im Jahresverlauf.

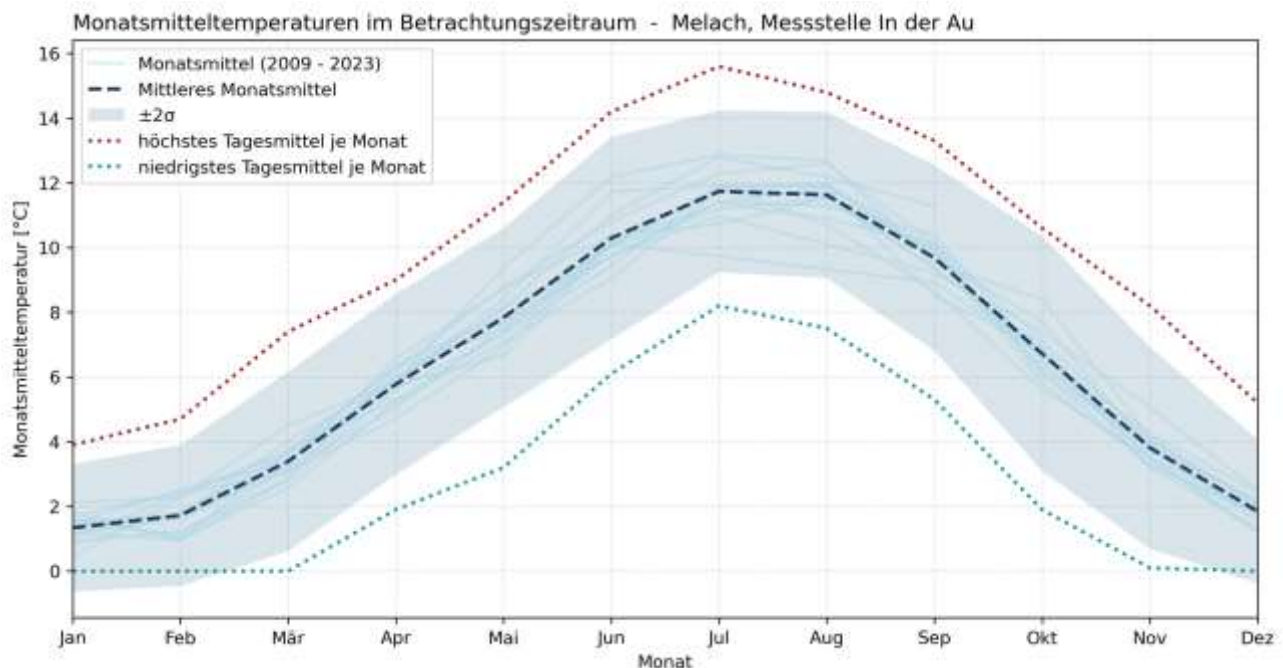


Abb. A 317: Monatsmitteltemperaturen für die Melach, Messstelle In der Au. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

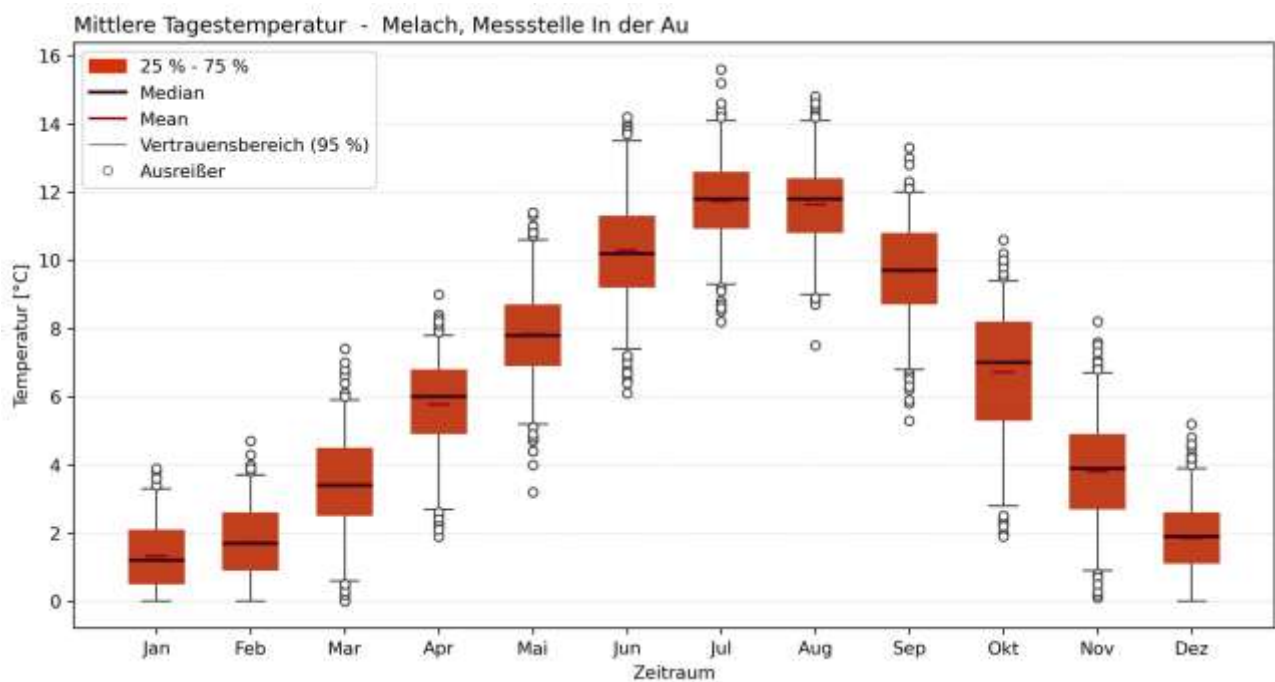


Abb. A 318: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Melach (Messstelle, In der Au).

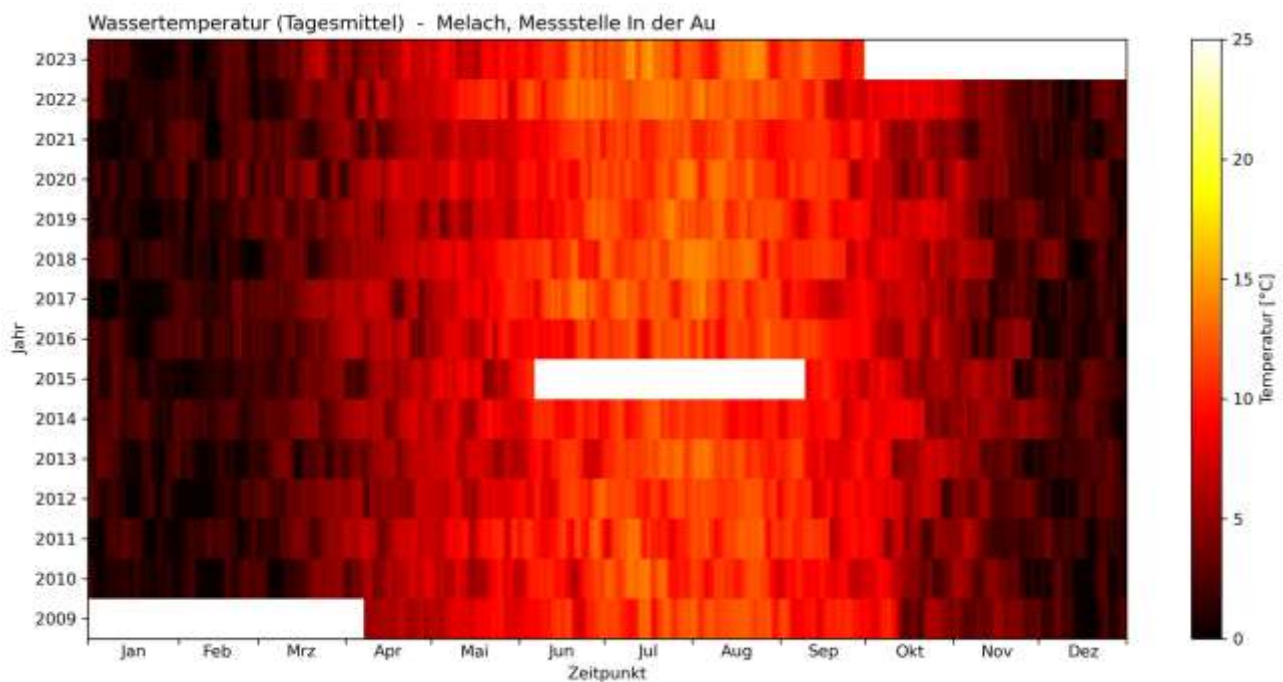


Abb. A 319: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Melach (Messstelle In der Au). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

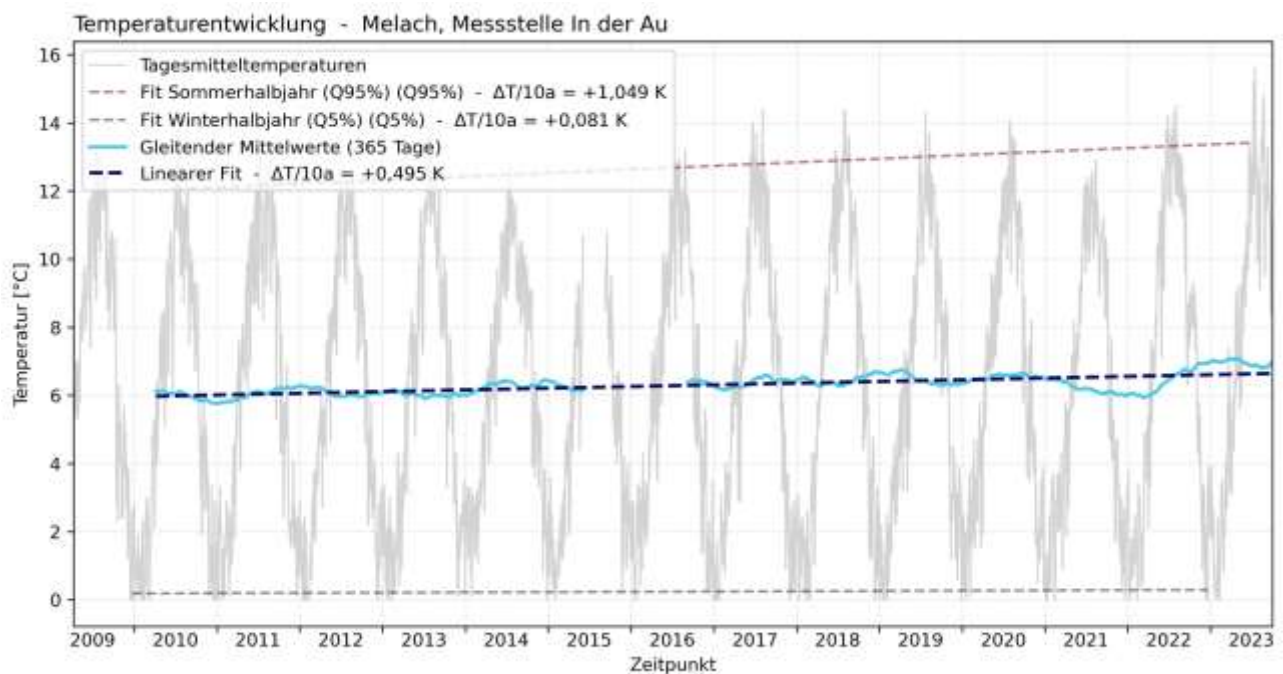


Abb. A 320: Temperaturentwicklung der Melach, Messstelle In der Au, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

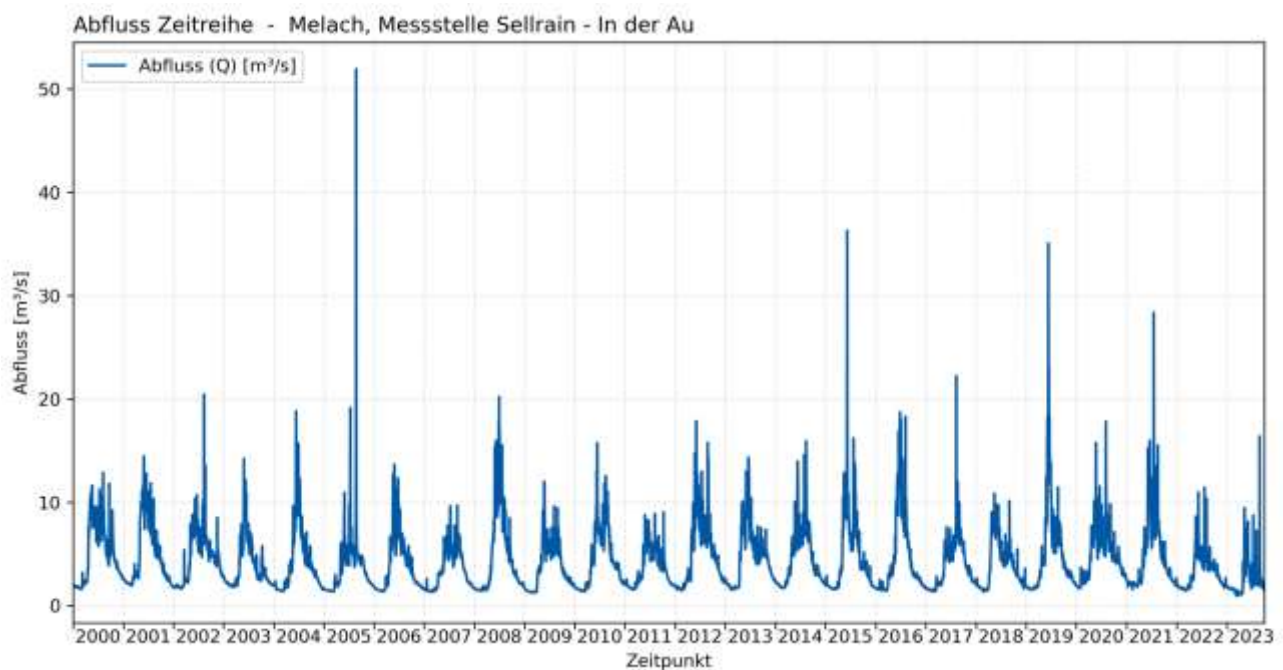


Abb. A 321: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Melach, Messstelle Sellrain In der Au über den verfügbaren Zeitraum.

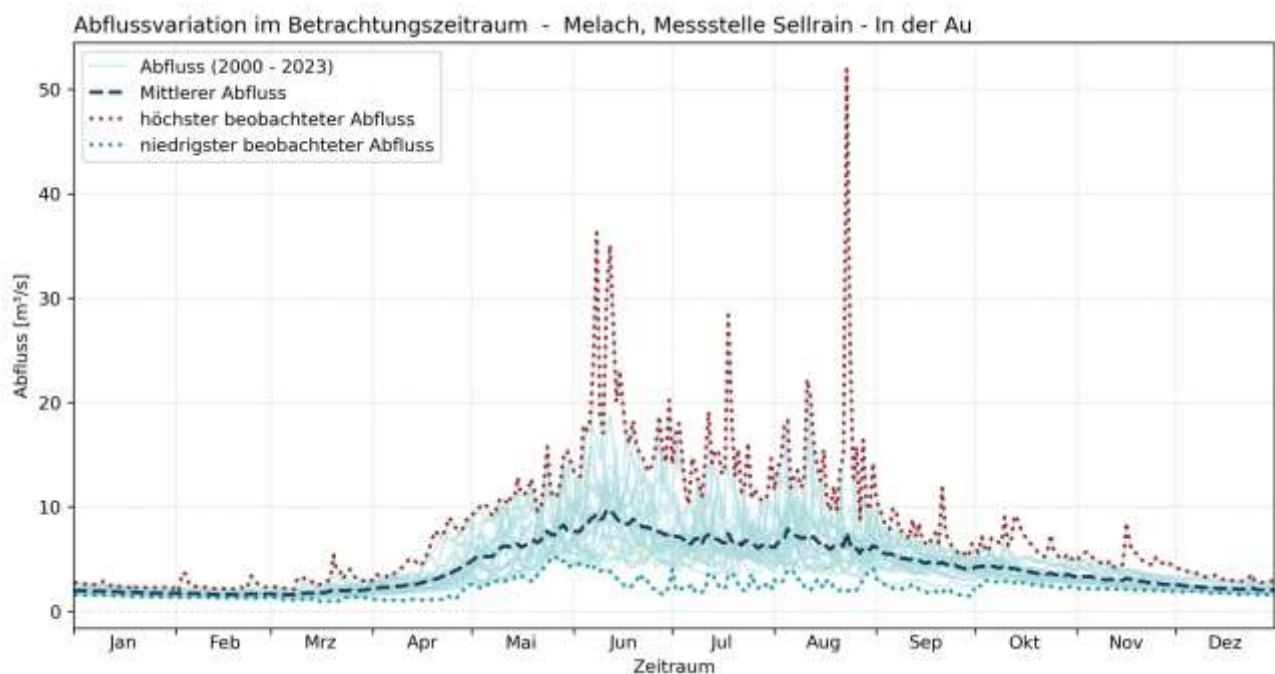


Abb. A 322: Tägliche Abflussvariation der Melach(Messstelle Sellrain In der Au) im Jahresverlauf.

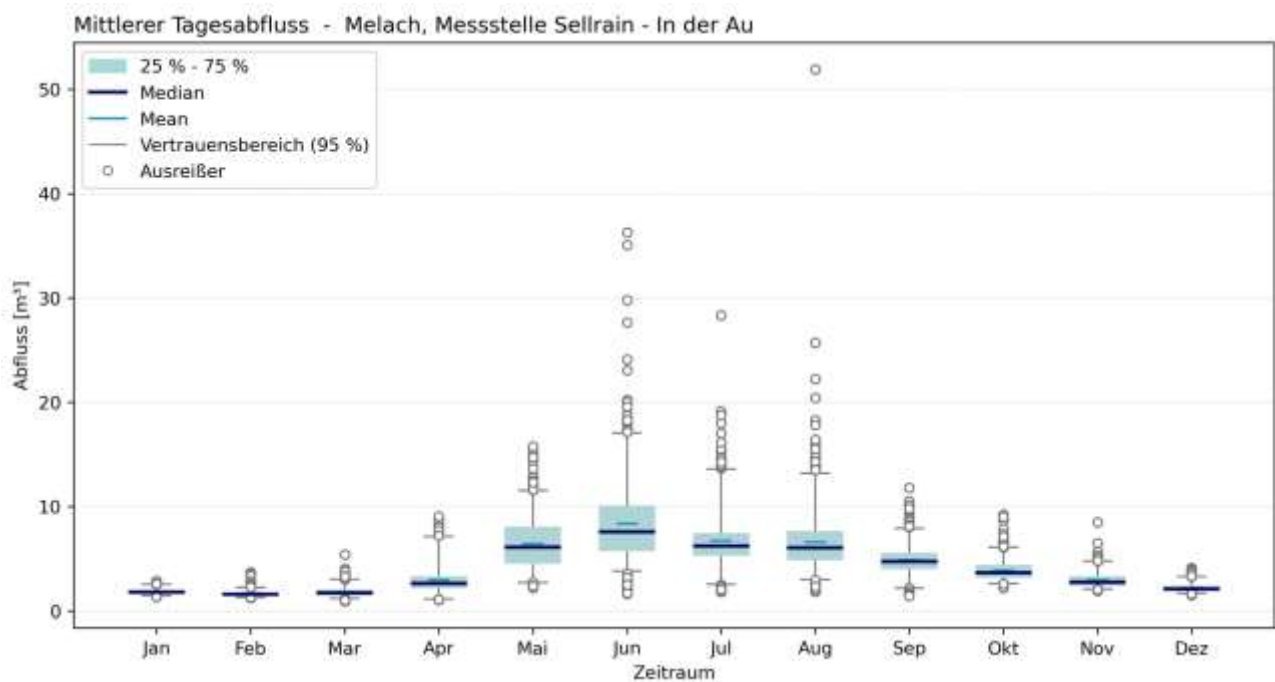


Abb. A 323: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Melach (Messstelle Sellrain In der Au) als Monatswerte.

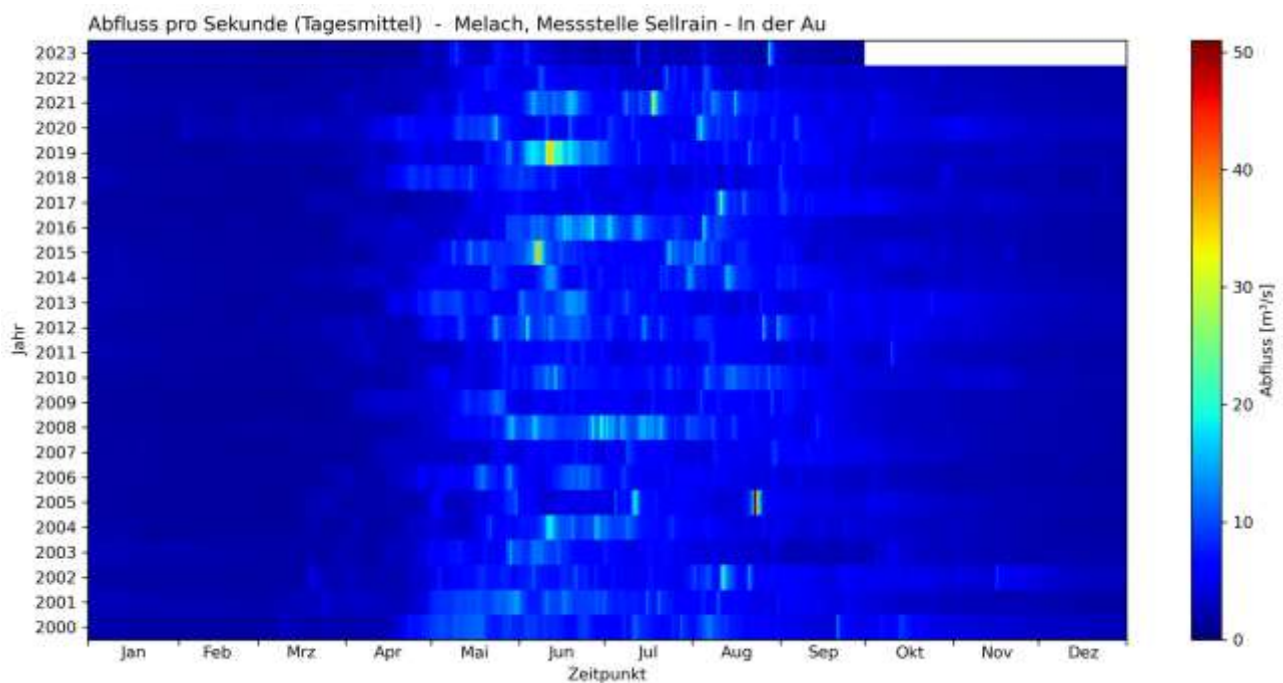


Abb. A 324: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Melach, Messstelle Sellrain In der Au). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

2.23. Namlosbach

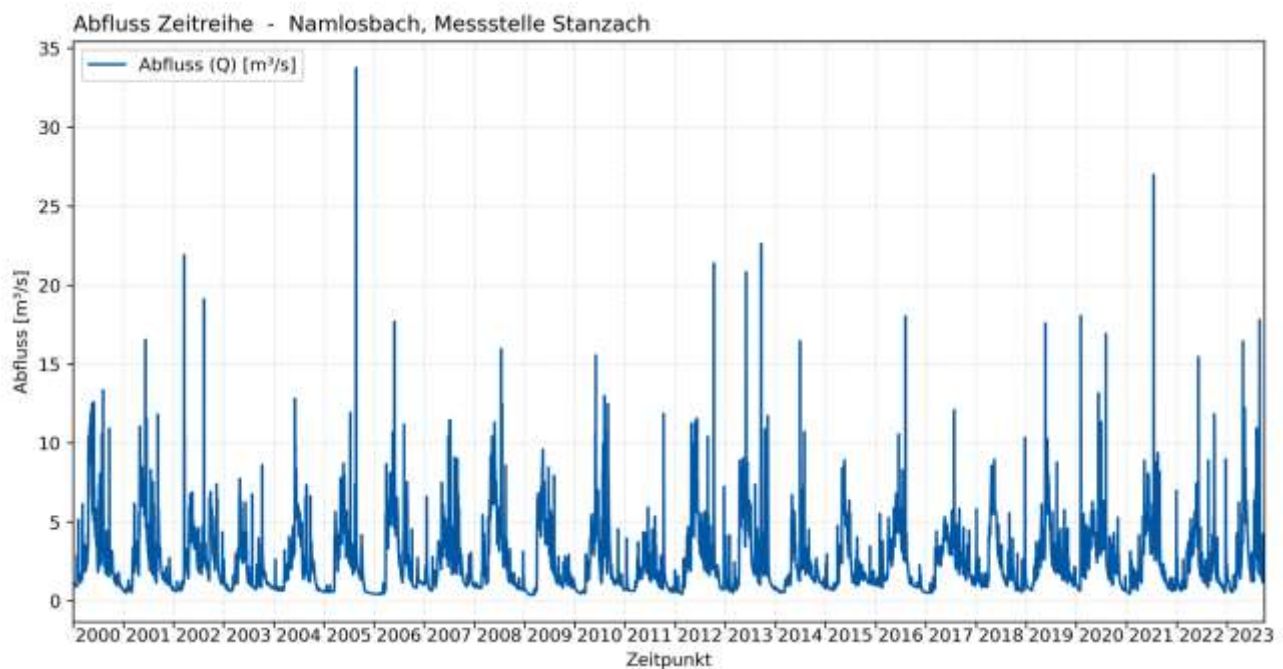


Abb. A 325: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Namlosbach, Messstelle Stanzach über den verfügbaren Zeitraum.

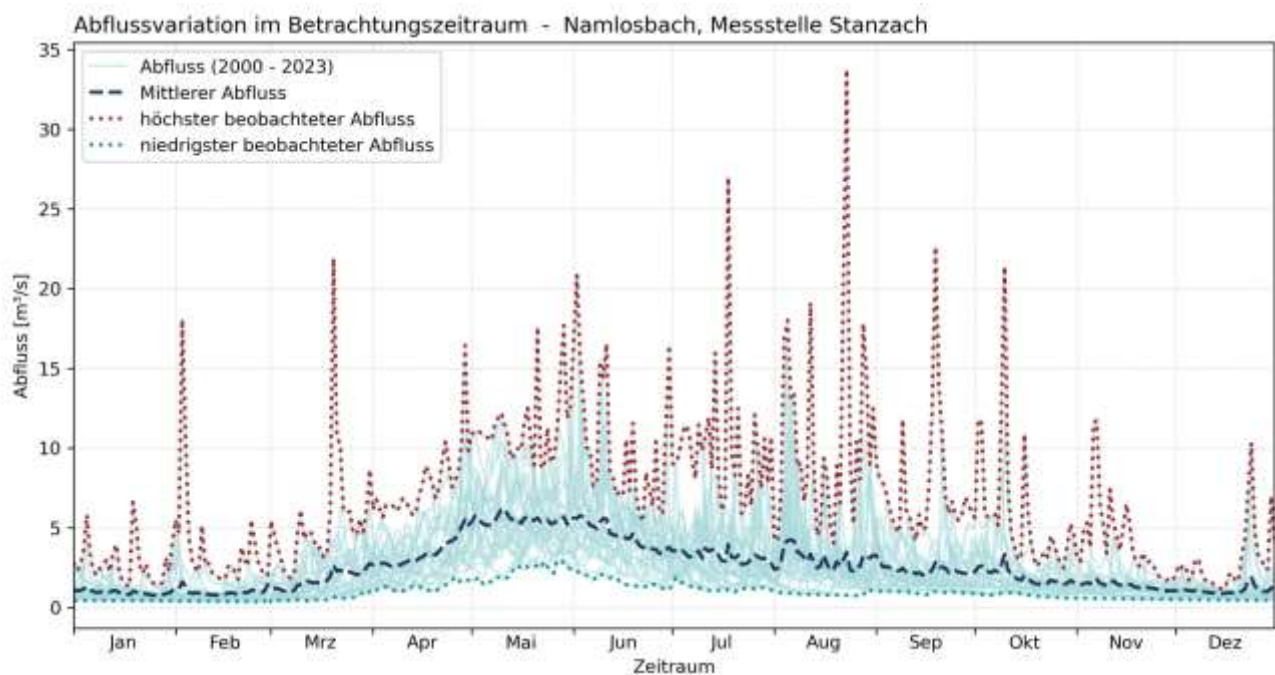


Abb. A 326: Tägliche Abflussvariation des Namlosbach(Messstelle Stanzach) im Jahresverlauf.

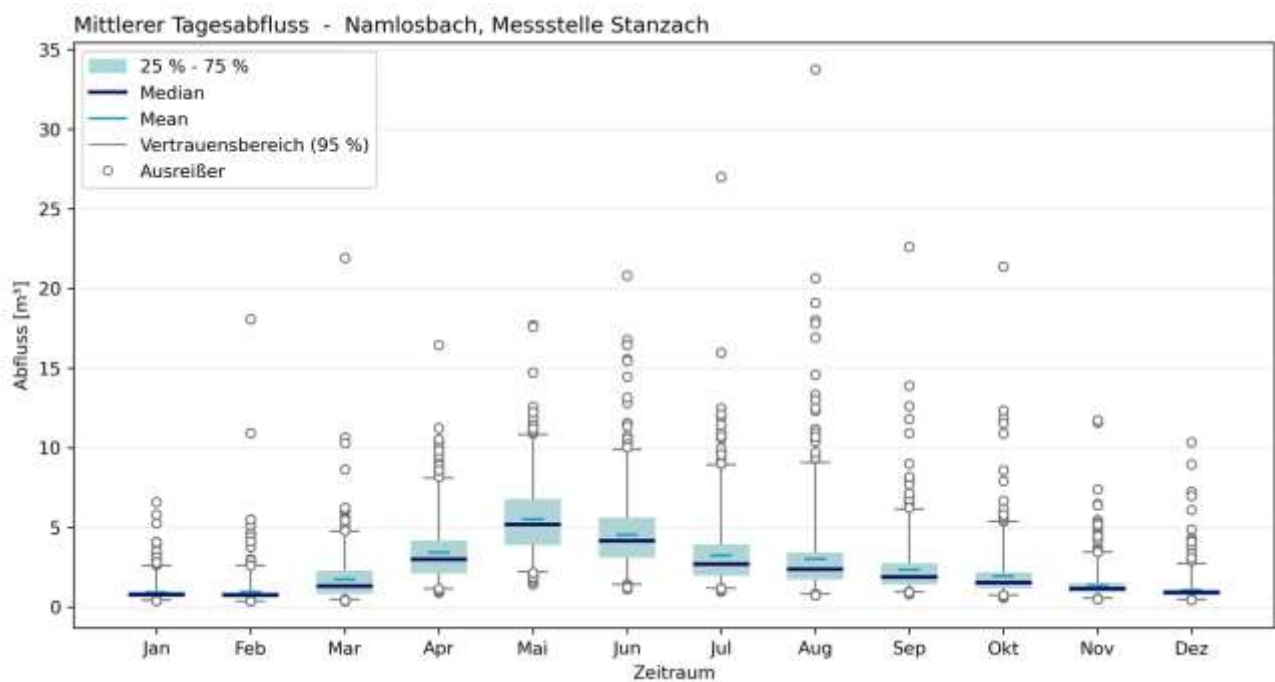


Abb. A 327: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Namlosbach (Messstelle Stanzach) als Monatswerte.

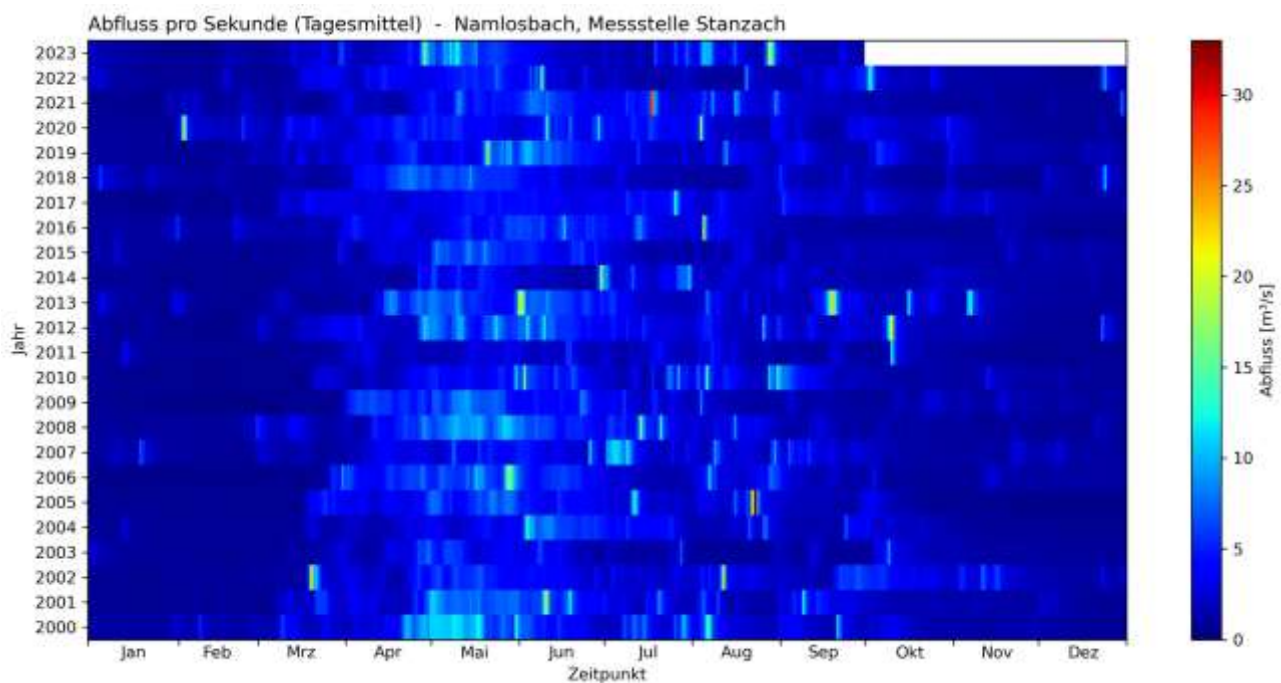


Abb. A 328: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Namlosbach, Messstelle Stanzach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

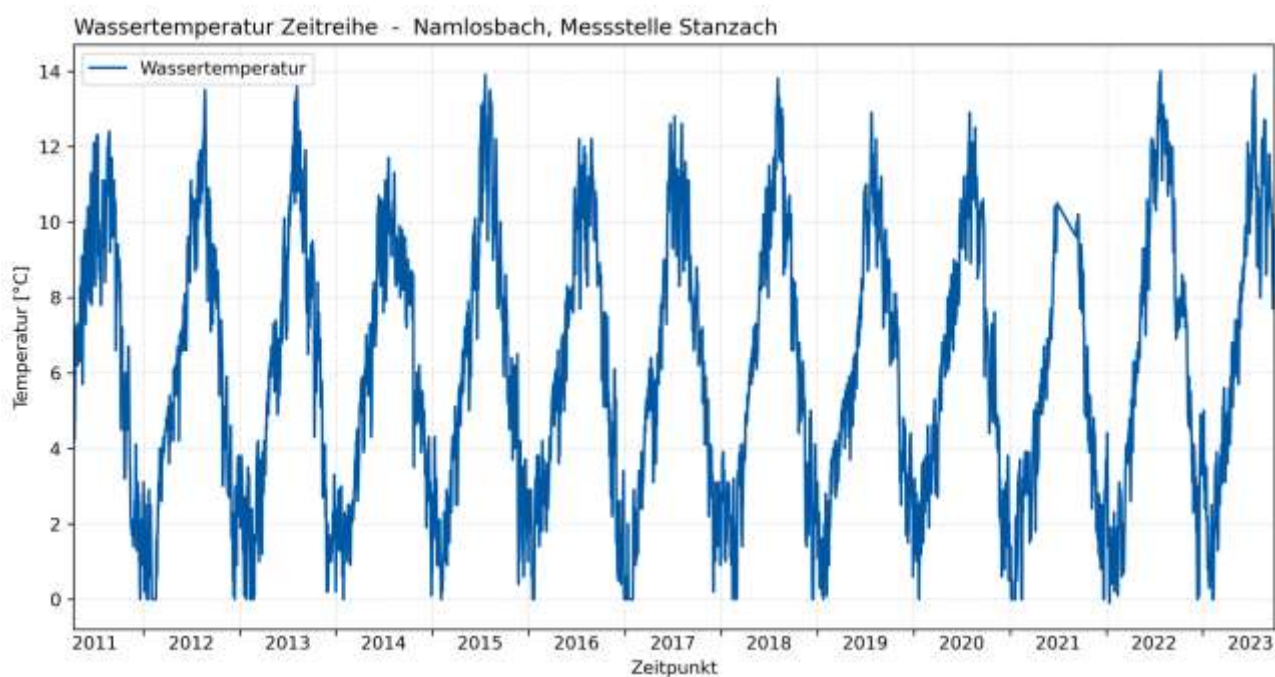


Abb. A 329: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Namlosbach (Messstelle Stanzach) über den verfügbaren Zeitraum.

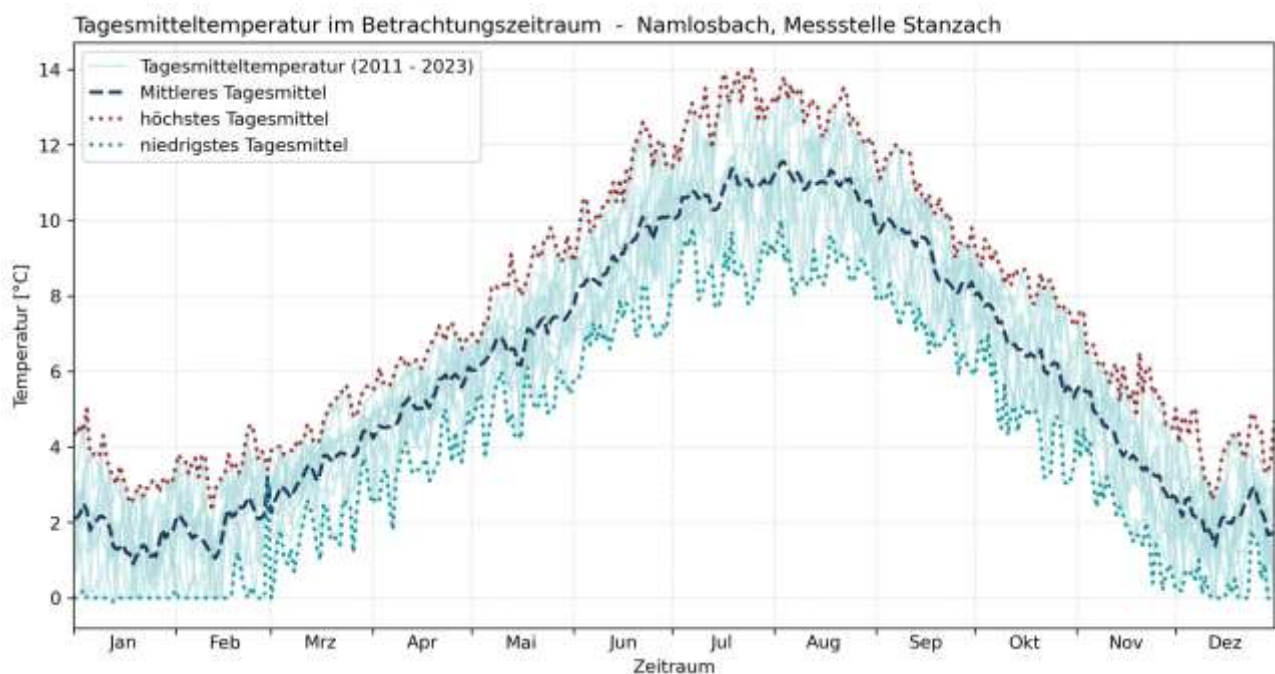


Abb. A 330: Tägliche Temperaturvariation des Namlosbach (Messstelle Stanzach) im Jahresverlauf.

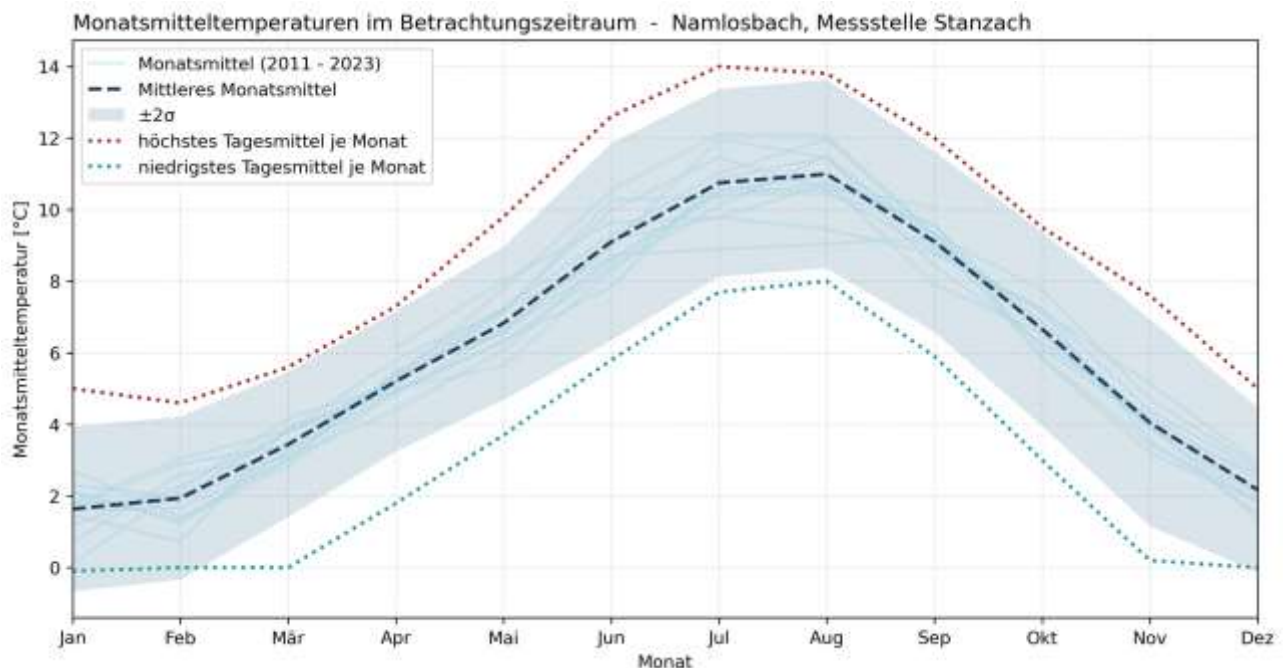


Abb. A 331: Monatsmitteltemperaturen für den Namlosbach, Messstelle Stanzach. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

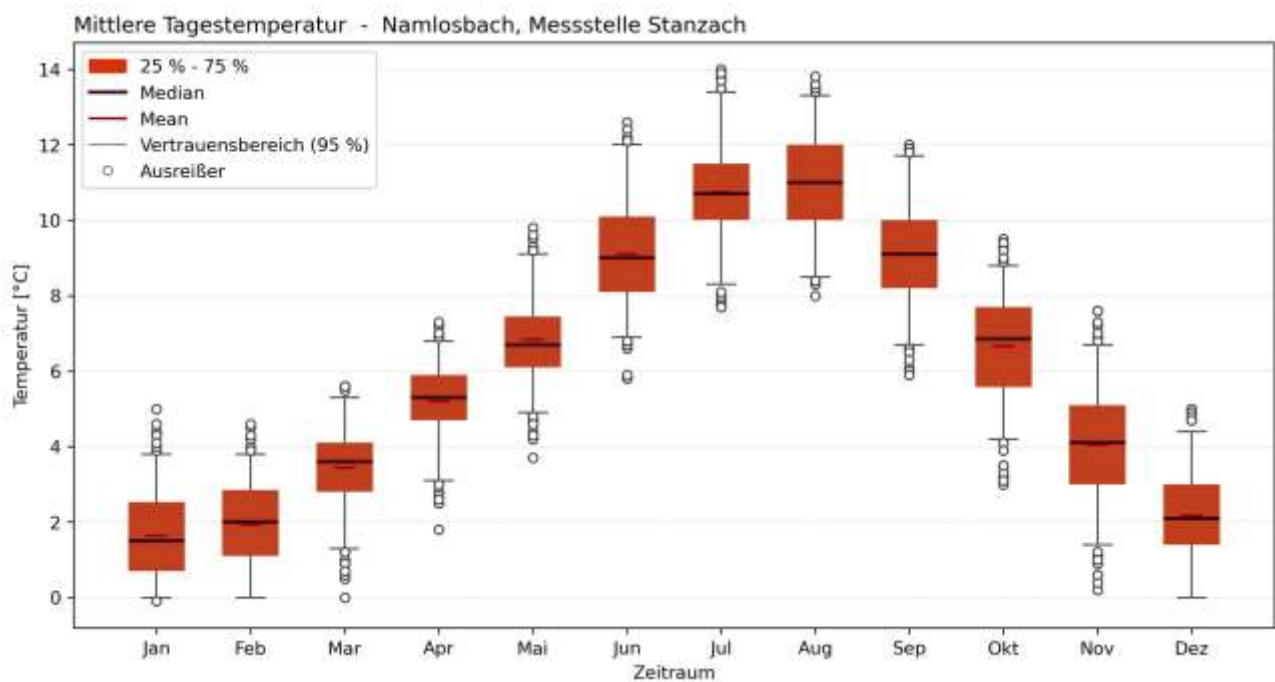


Abb. A 332: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Namlosbach (Messstelle, Stanzach).

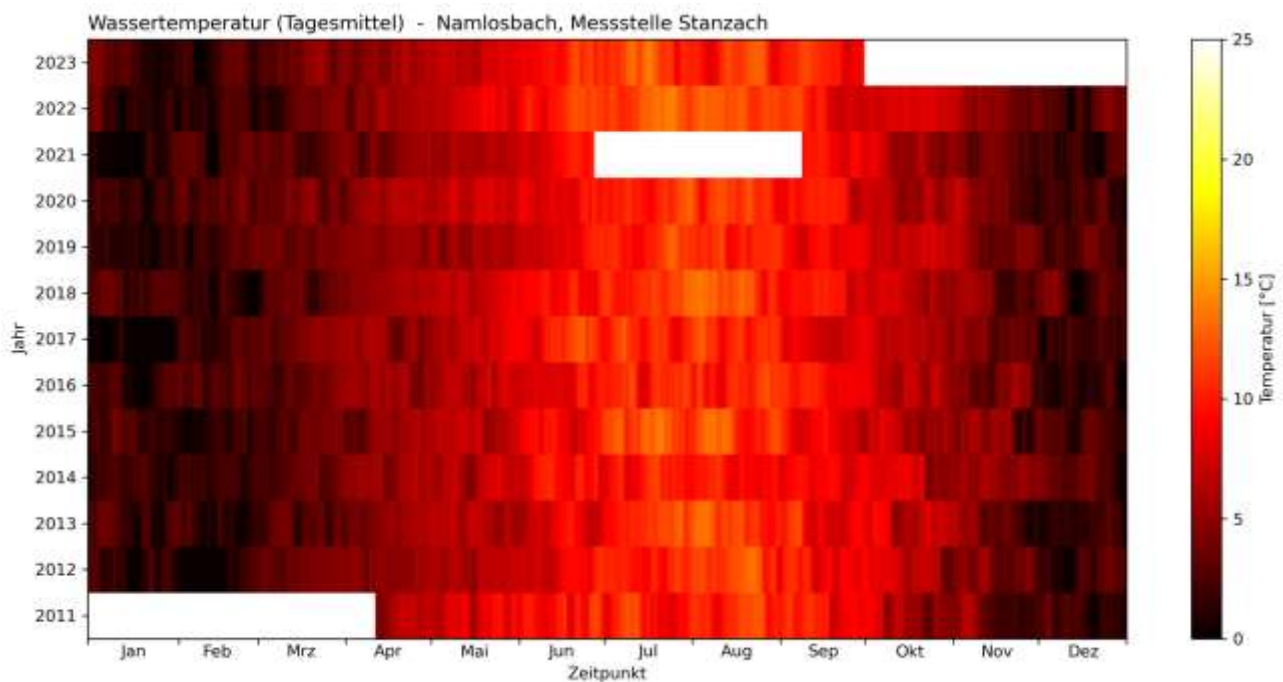


Abb. A 333: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Namlosbach (Messstelle Stanzach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

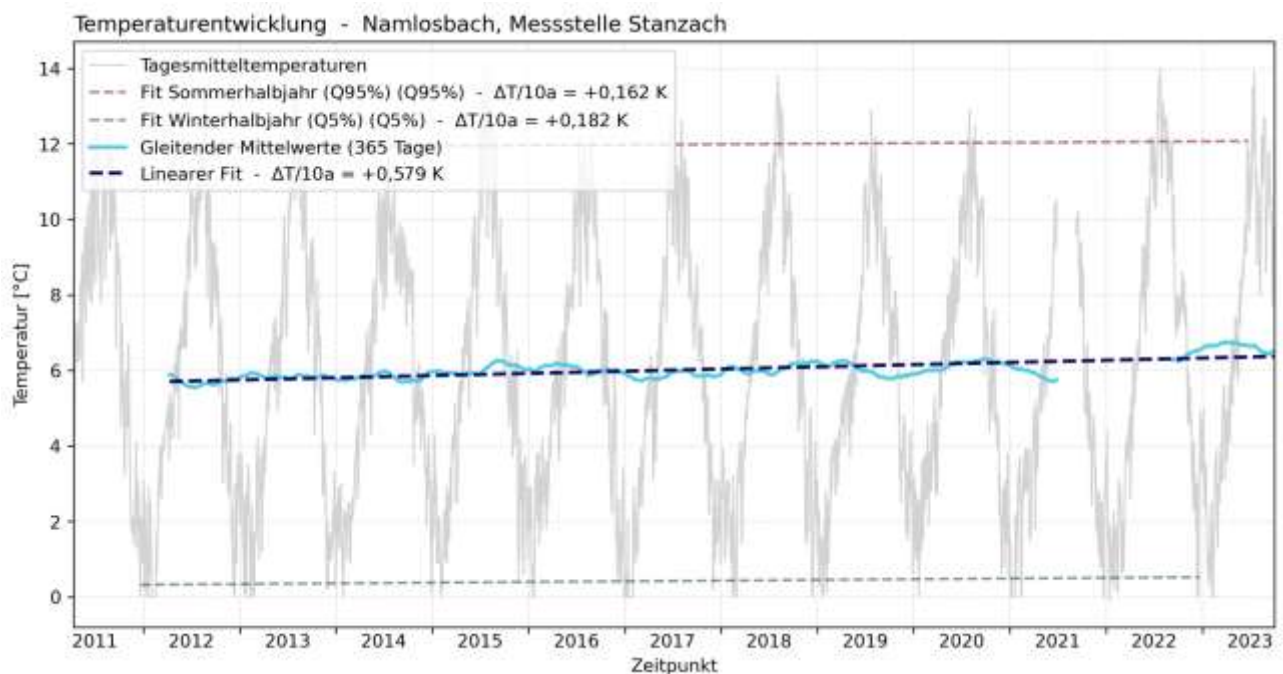


Abb. A 334: Temperaturentwicklung des Namlosbach, Messstelle Stanzach, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.24. Pitze

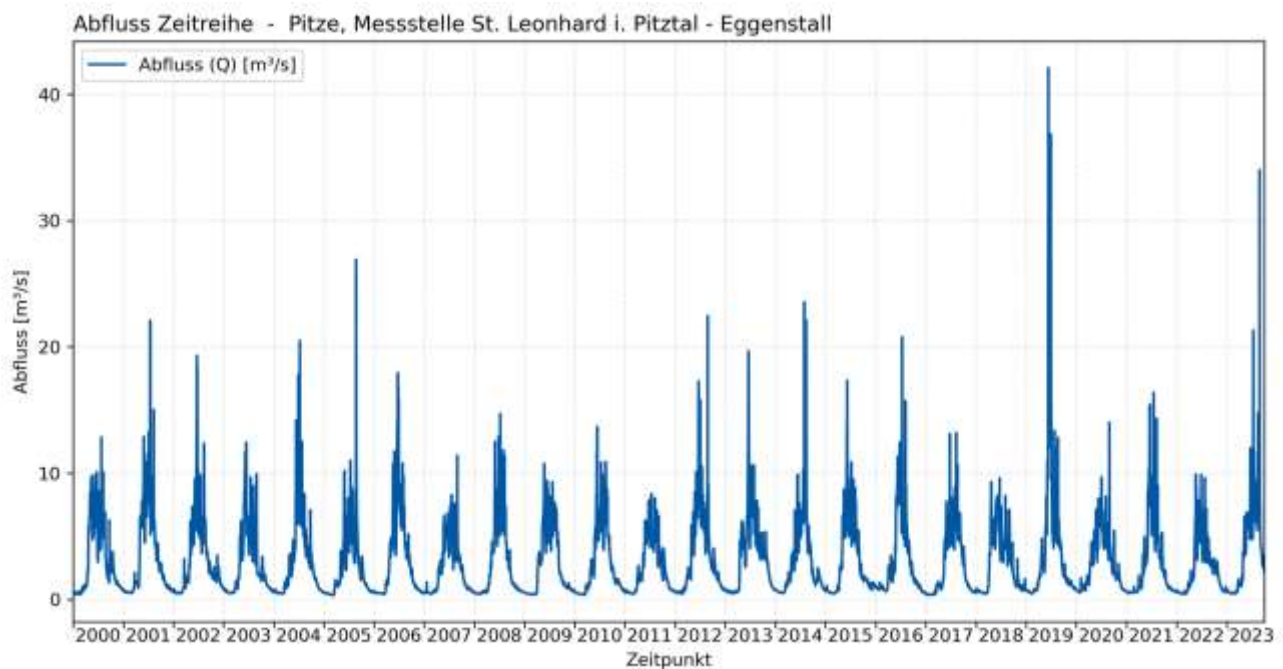


Abb. A 335: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Pitze, Messstelle St Leonhard i Pitztal Eggenstall über den verfügbaren Zeitraum.

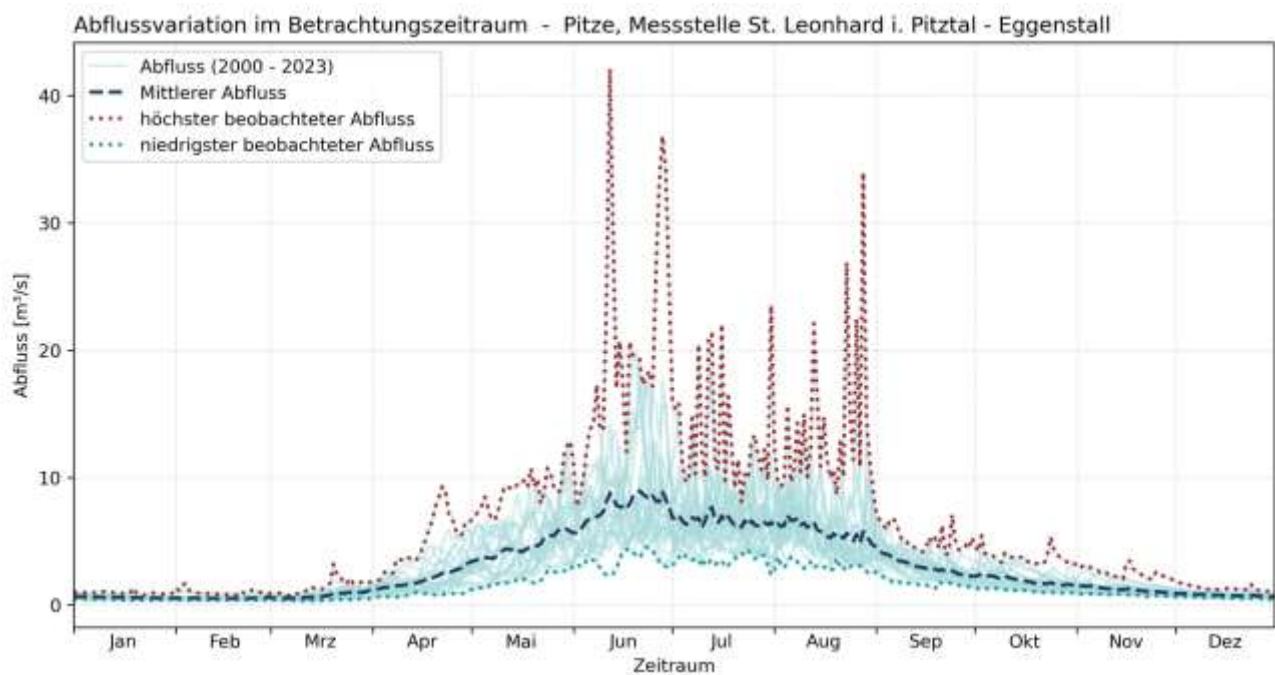


Abb. A 336: Tägliche Abflussvariation der Pitze(Messstelle St Leonhard i Pitztal Eggenstall) im Jahresverlauf.

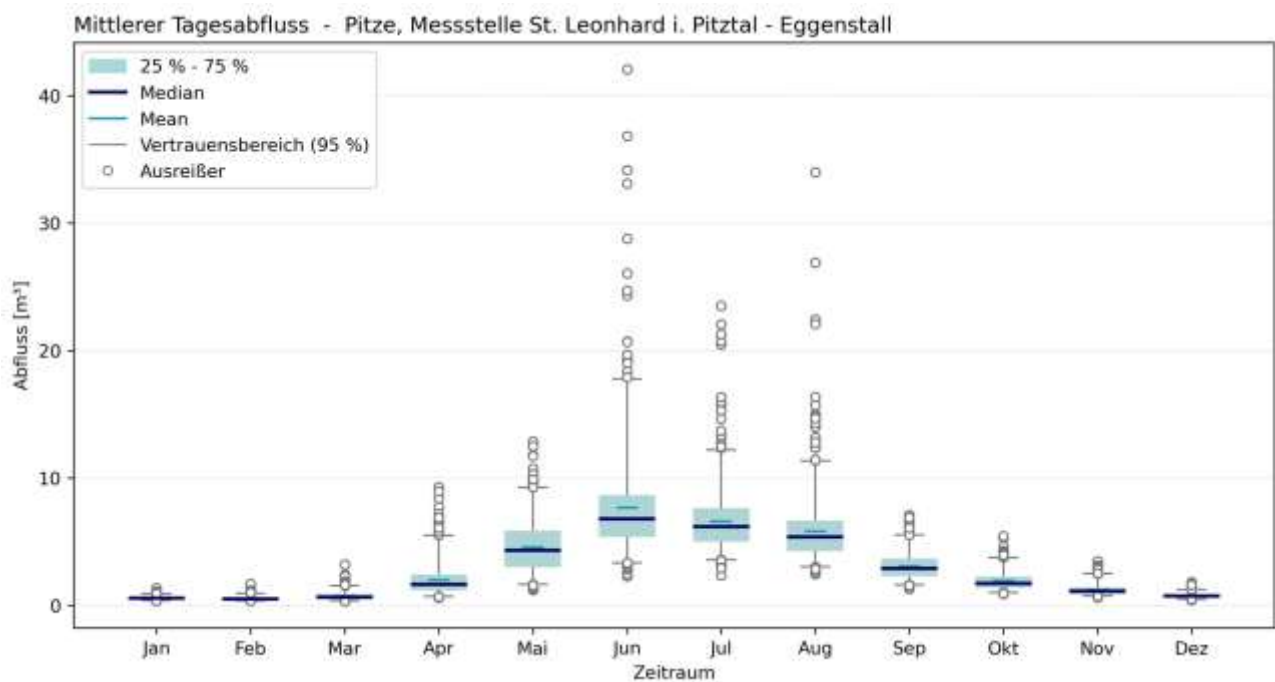


Abb. A 337: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Pitze (Messstelle St Leonhard i Pitztal Eggenstall) als Monatswerte.

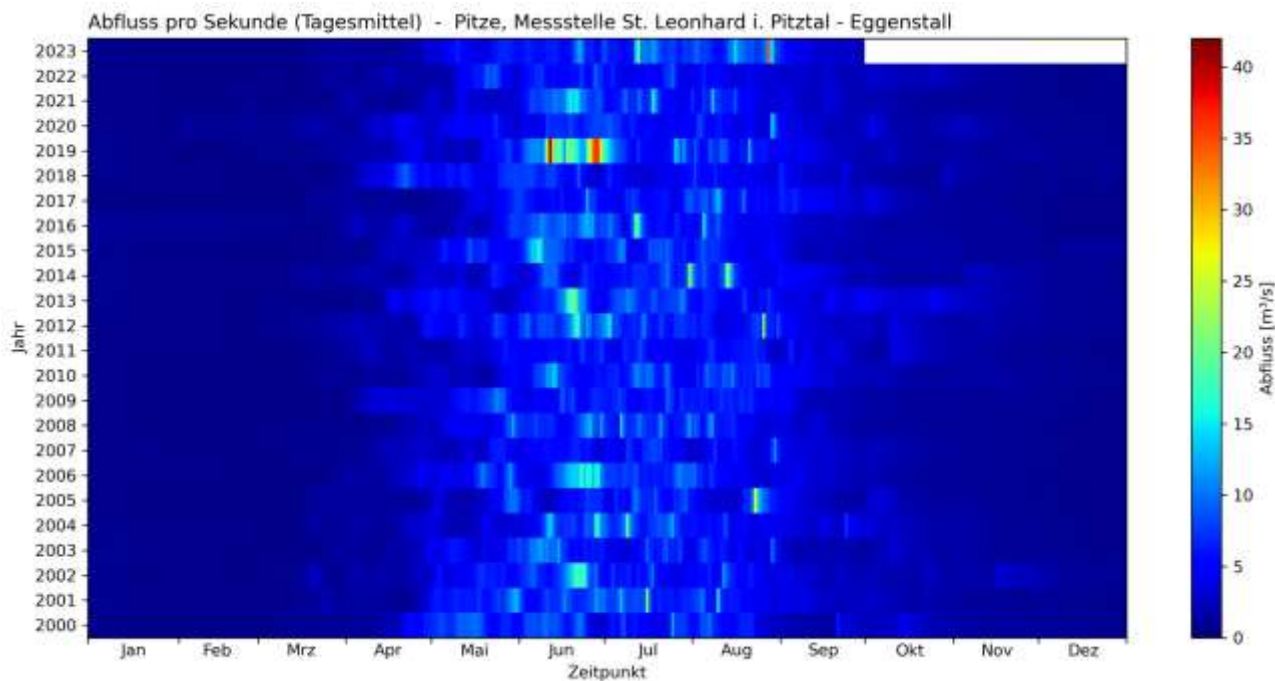


Abb. A 338: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Pitze, Messstelle St Leonhard i Pitztal Eggenstall). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

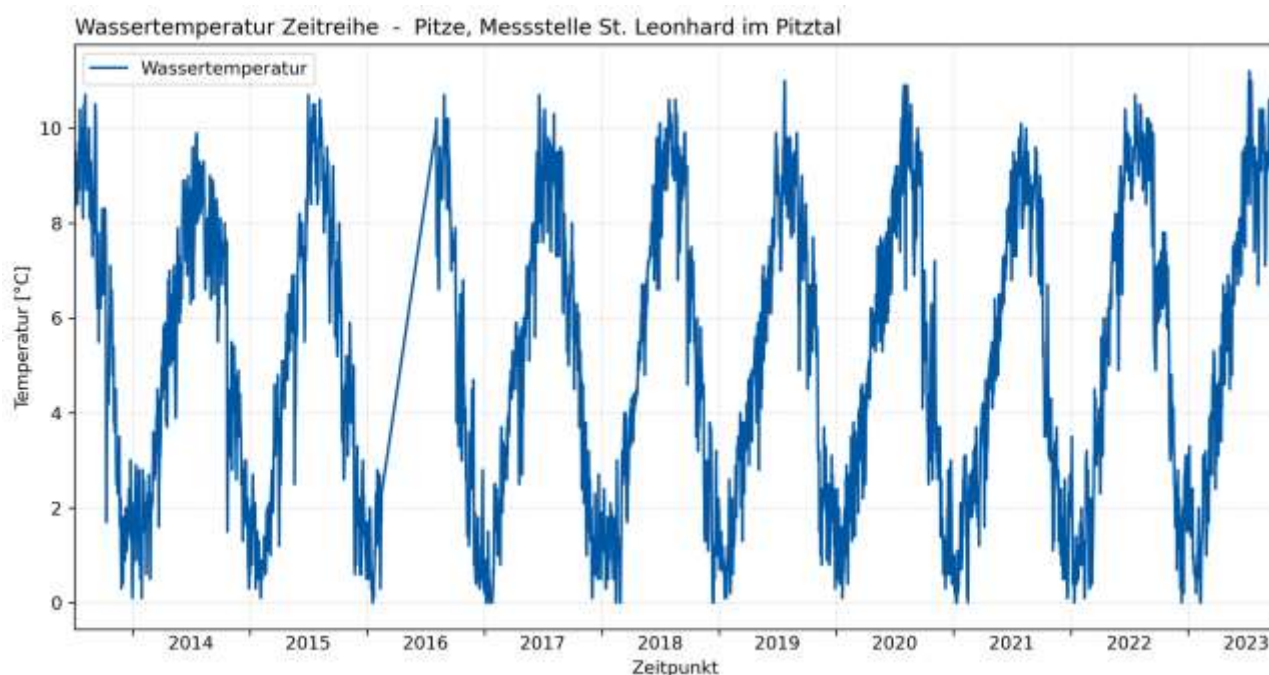


Abb. A 339: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Pitze (Messstelle St Leonhard im Pitztal) über den verfügbaren Zeitraum.

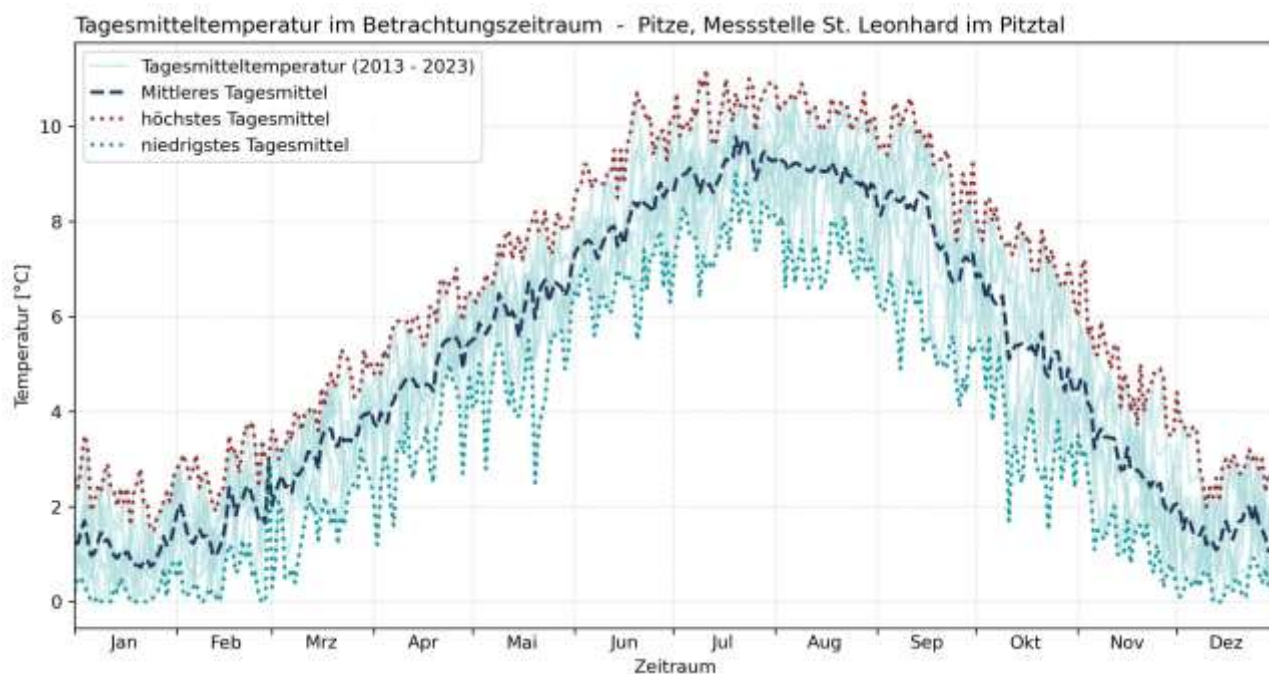


Abb. A 340: Tägliche Temperaturvariation der Pitze (Messstelle St Leonhard im Pitztal) im Jahresverlauf.

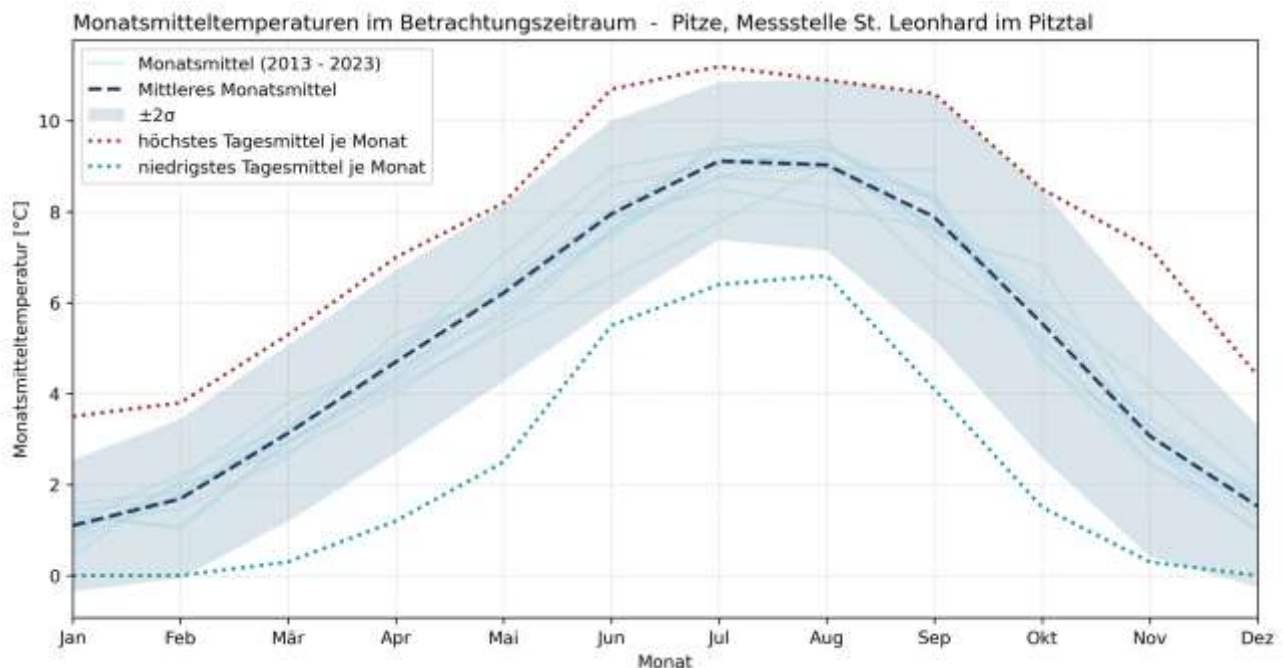


Abb. A 341: Monatsmitteltemperaturen für die Pitze, Messstelle St Leonhard im Pitztal. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

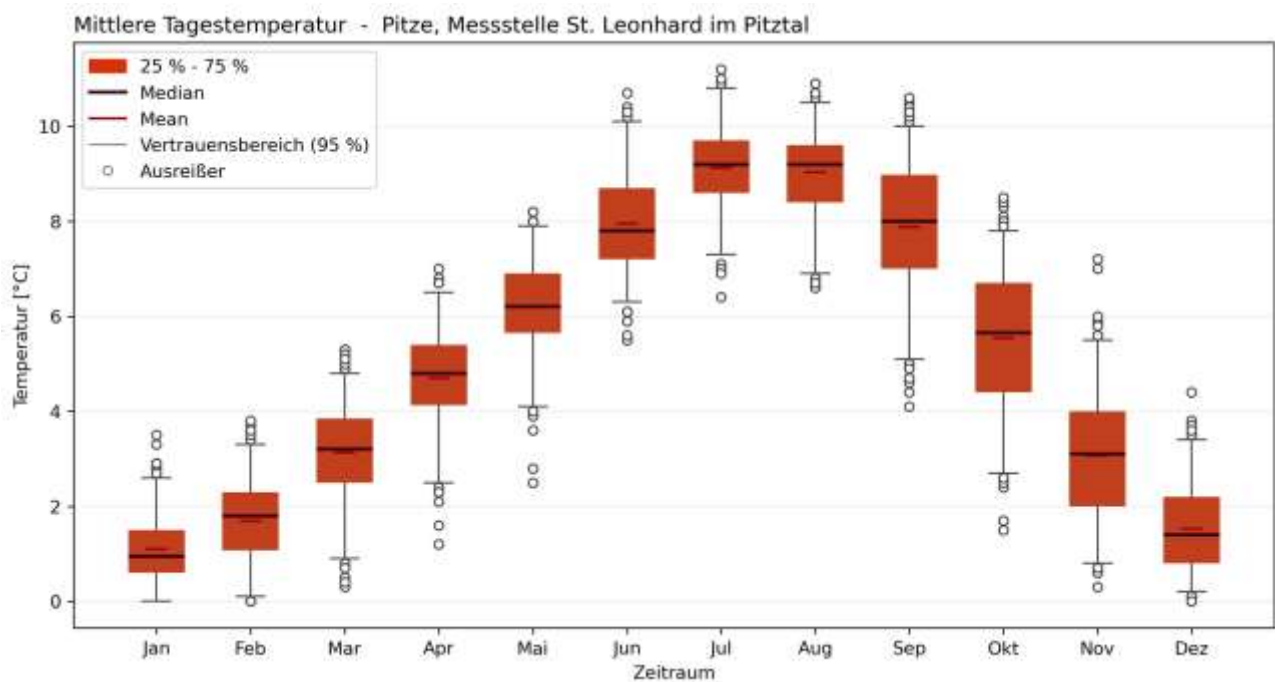


Abb. A 342: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Pitze (Messstelle, St Leonhard im Pitztal).

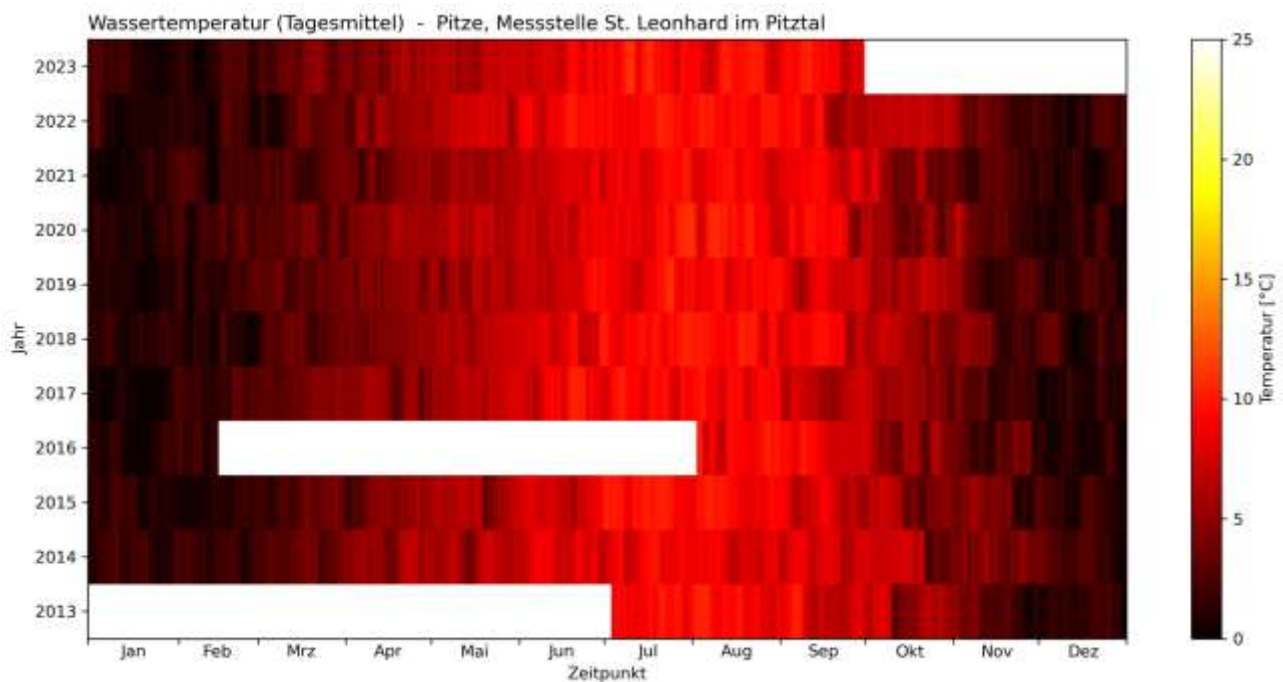


Abb. A 343: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Pitze (Messstelle St Leonhard im Pitztal). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

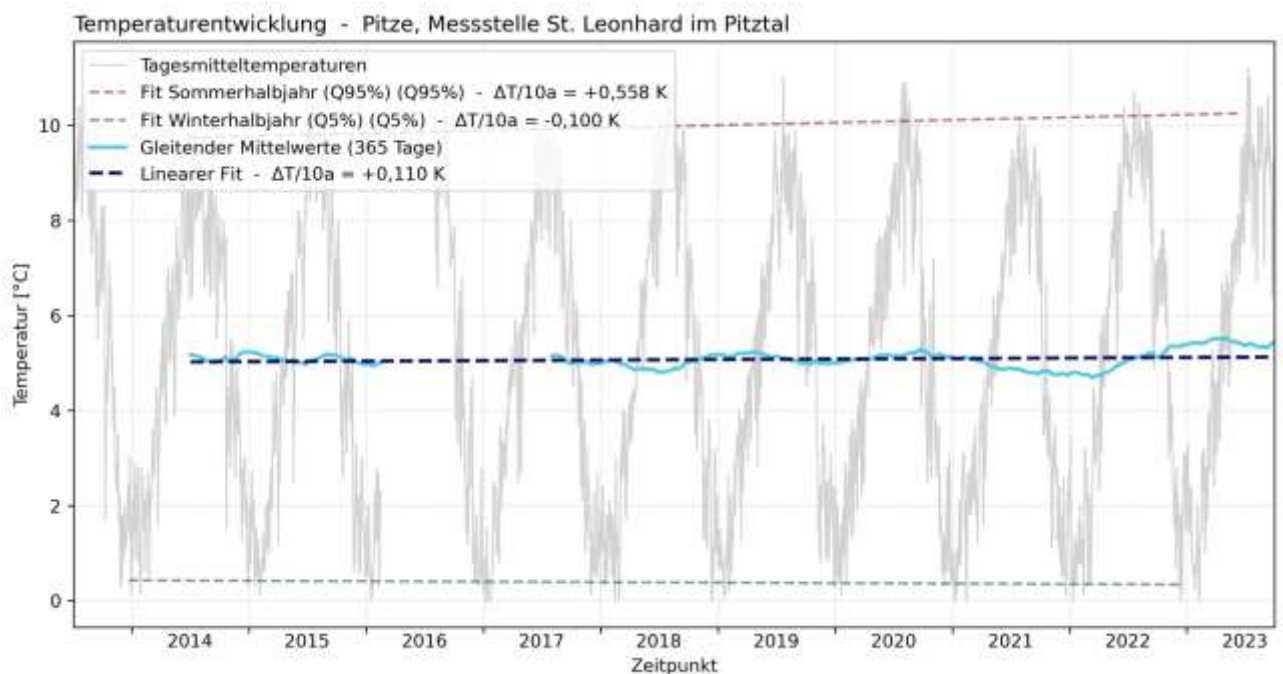


Abb. A 344: Temperaturentwicklung der Pitze, Messstelle St Leonhard im Pitztal, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.25. Rofenache

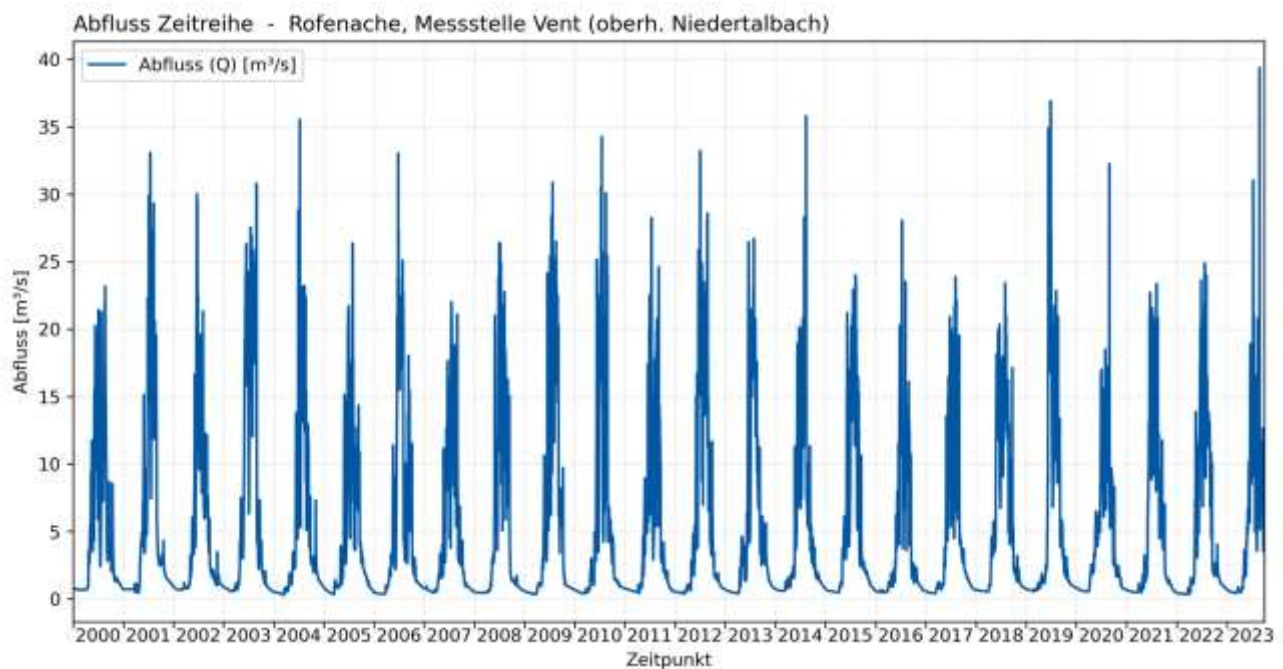


Abb. A 345: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Rofenache, Messstelle Vent oberh Niedertalbach über den verfügbaren Zeitraum.

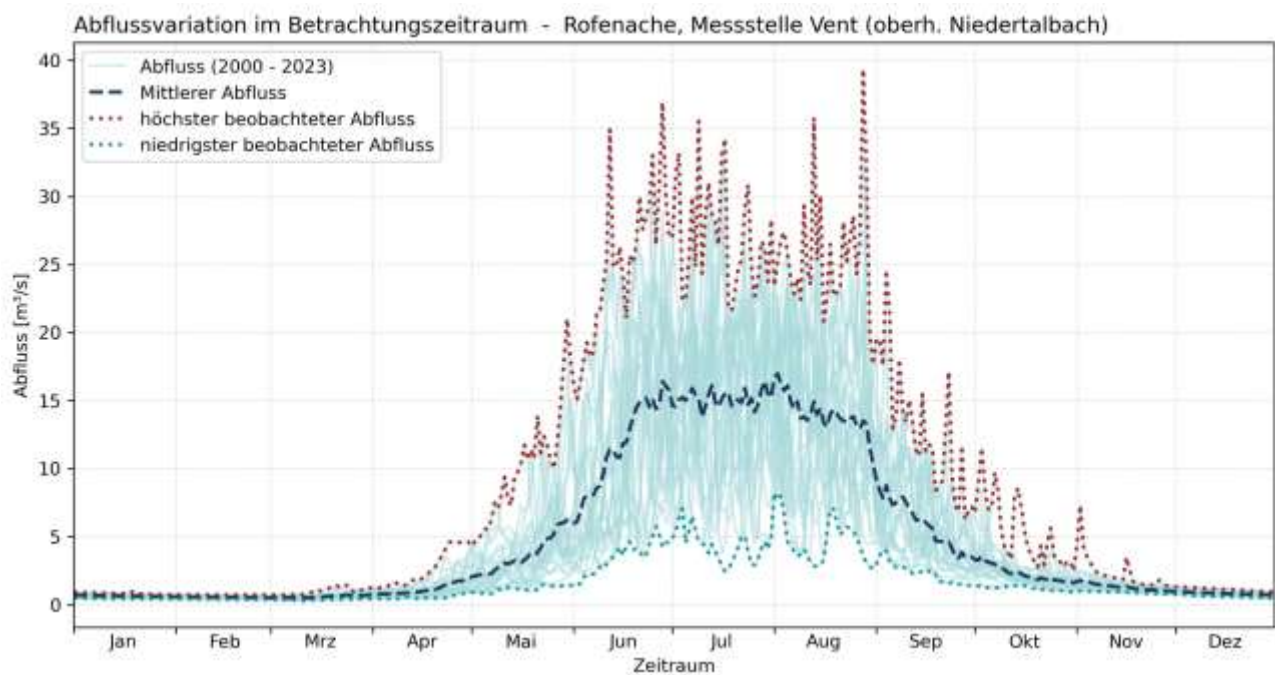


Abb. A 346: Tägliche Abflussvariation der Rofenache(Messstelle Vent oberh Niedertalbach) im Jahresverlauf.

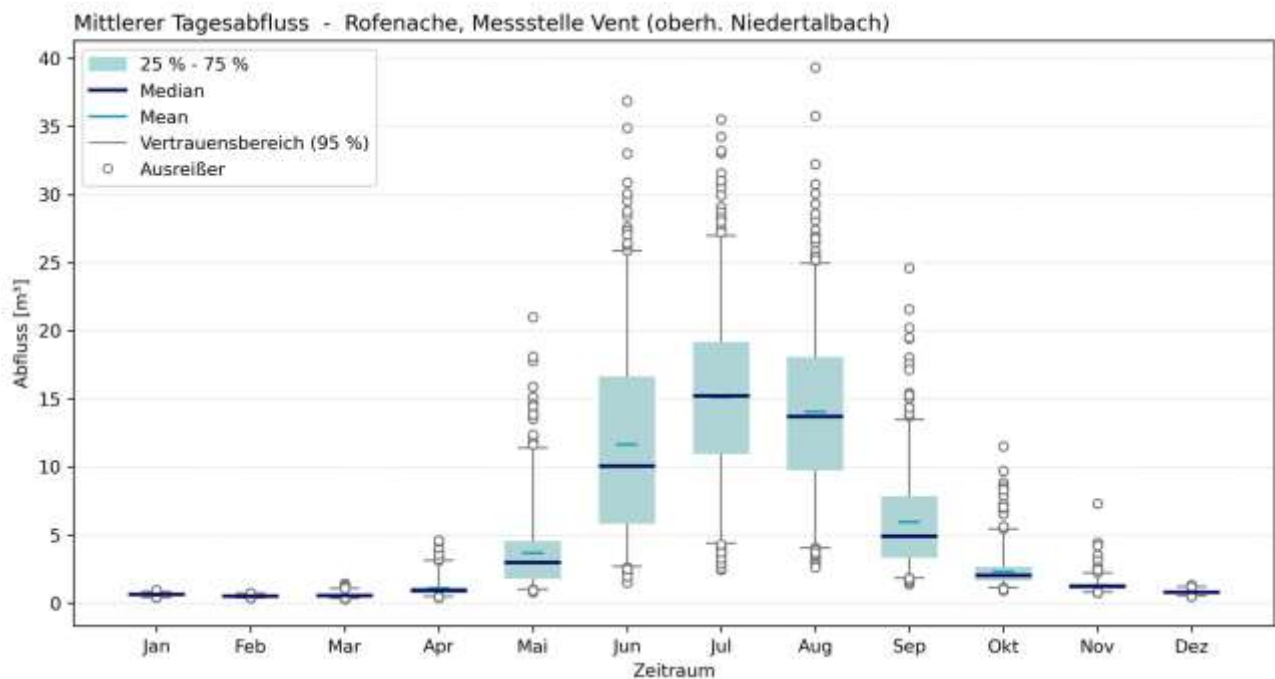


Abb. A 347: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Rofenache (Messstelle Vent oberh Niedertalbach) als Monatswerte.

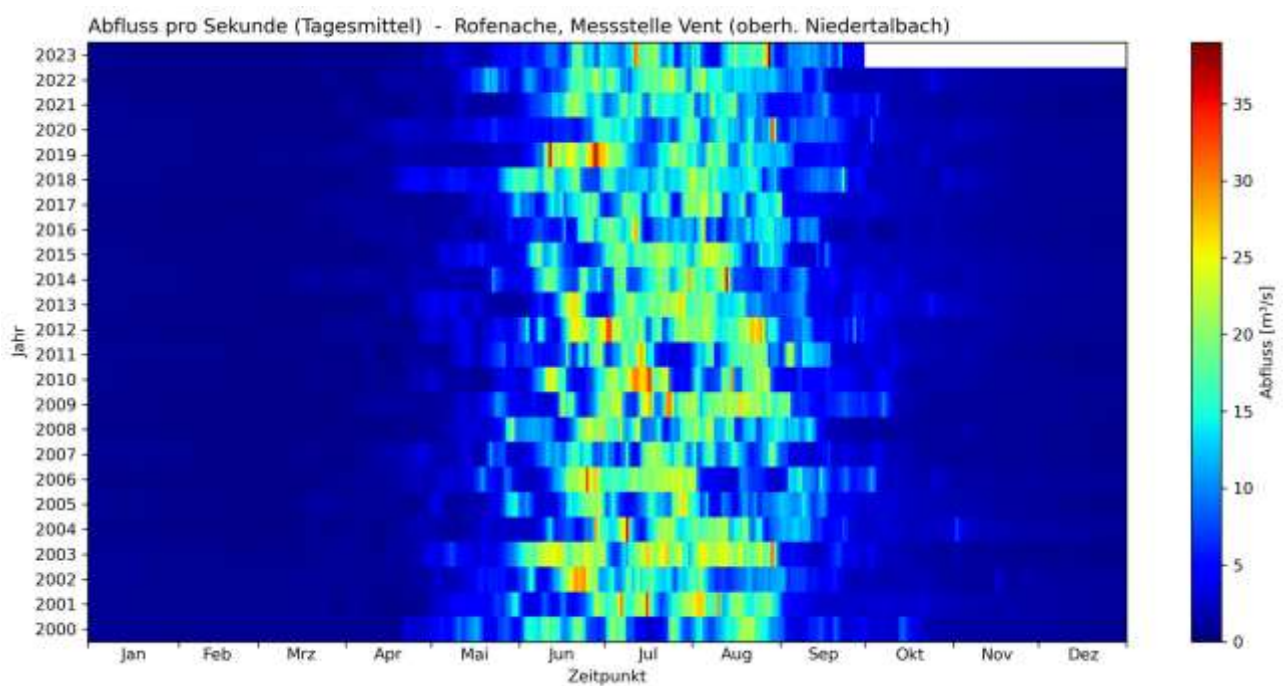


Abb. A 348: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Rofenache, Messstelle Vent oberh Niedertalbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

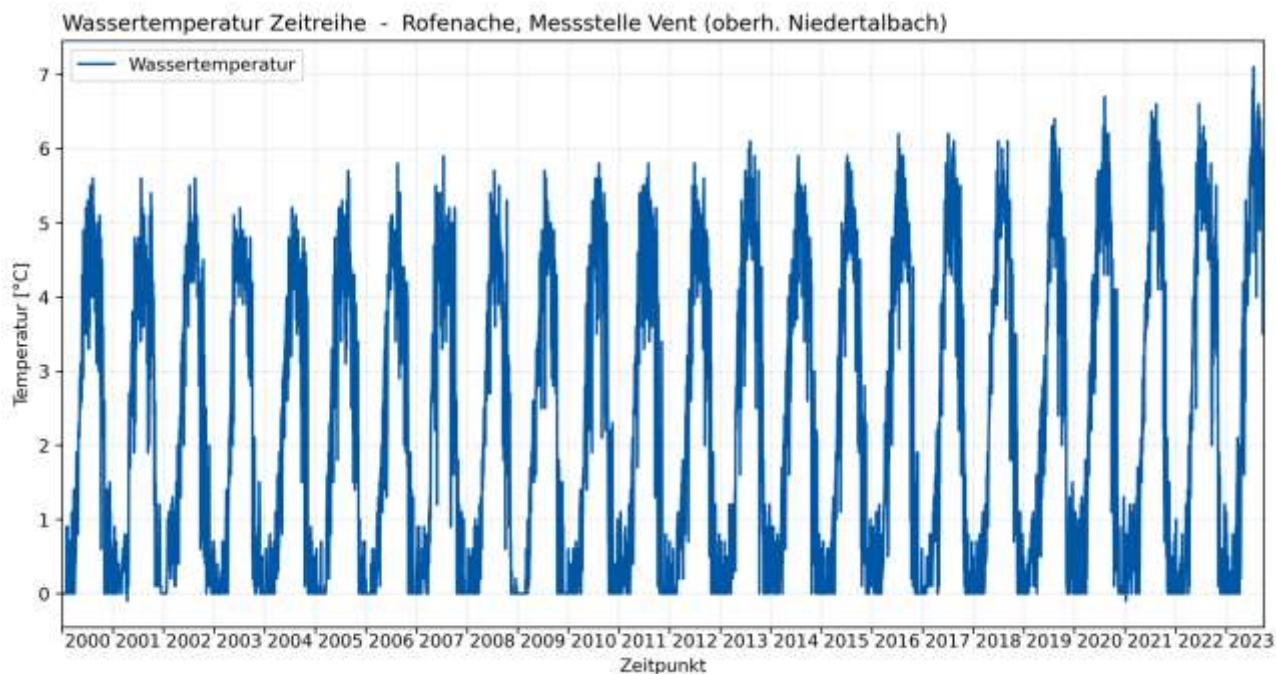


Abb. A 349: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Rofenache (Messstelle Vent oberh Niedertalbach) über den verfügbaren Zeitraum.

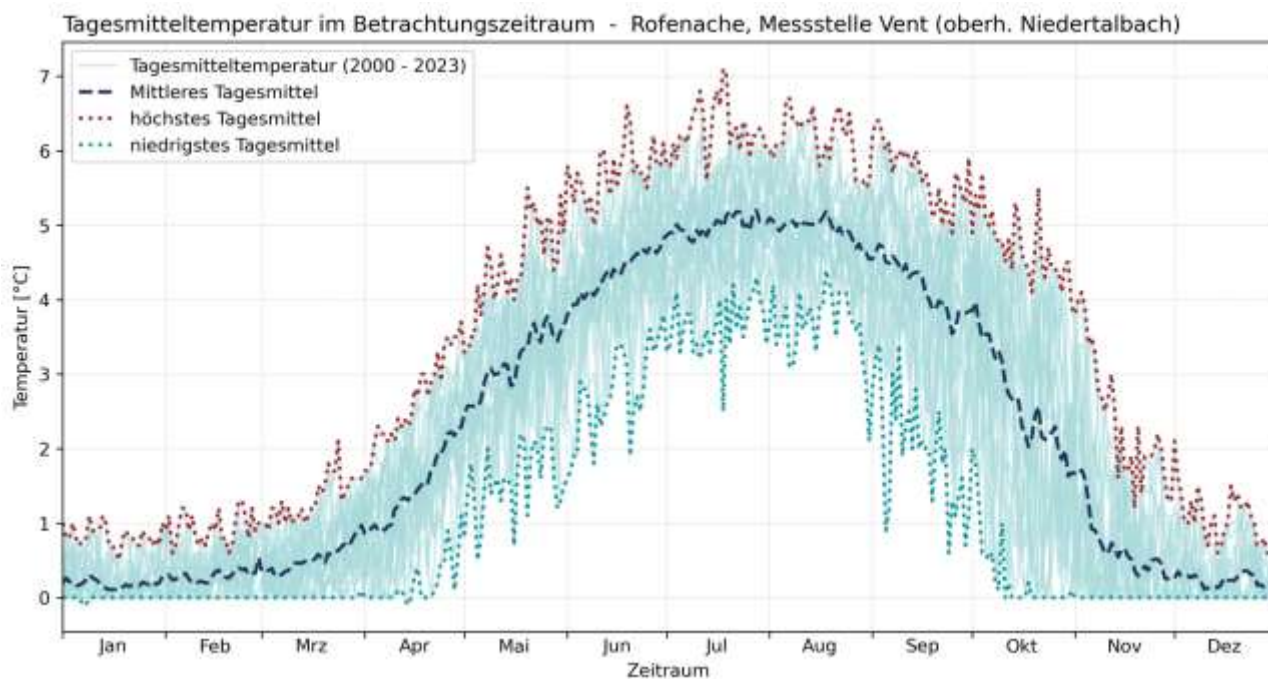


Abb. A 350: Tägliche Temperaturvariation der Rofenache (Messstelle Vent oberh Niedertalbach) im Jahresverlauf.

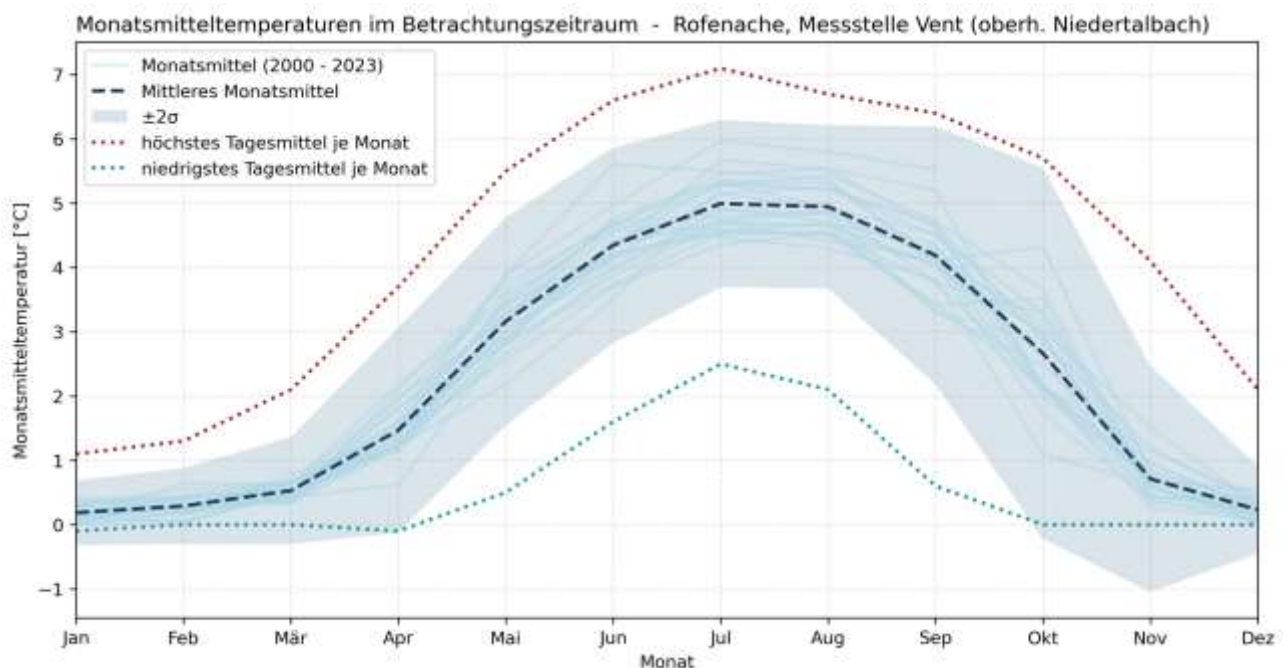


Abb. A 351: Monatsmitteltemperaturen für die Rofenache, Messstelle Vent oberh Niedertalbach . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

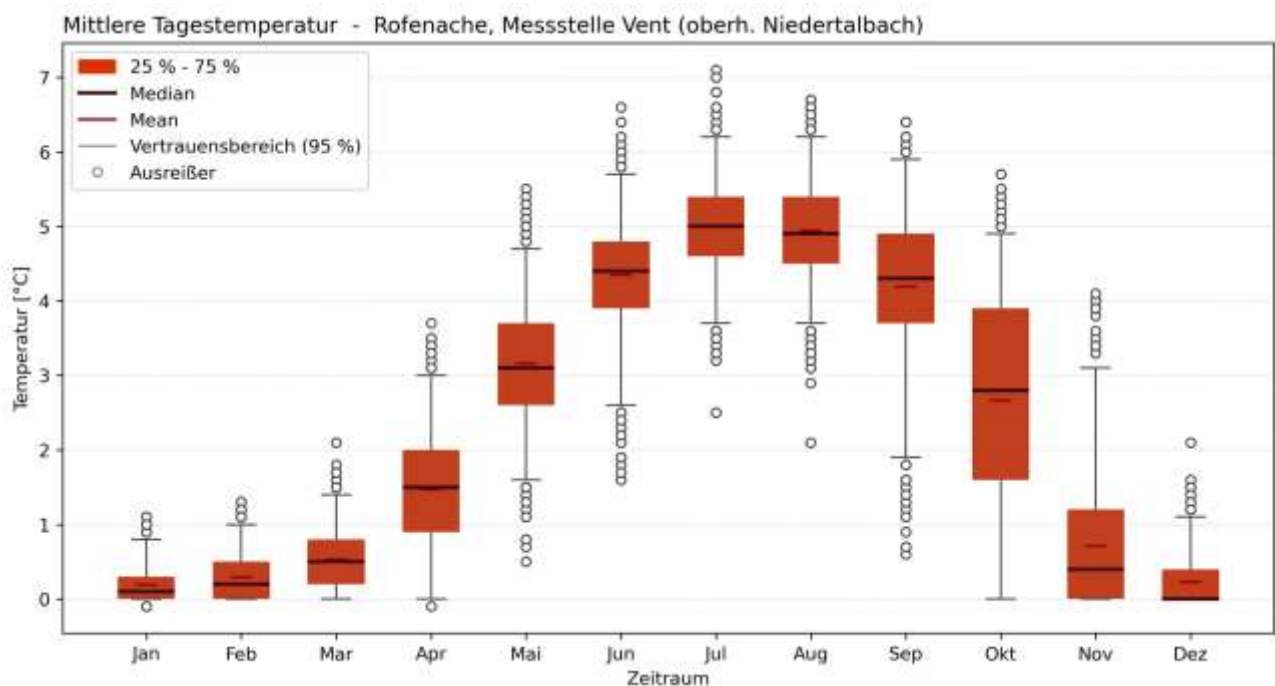


Abb. A 352: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Rofenache (Messstelle, Vent oberh Niedertalbach).

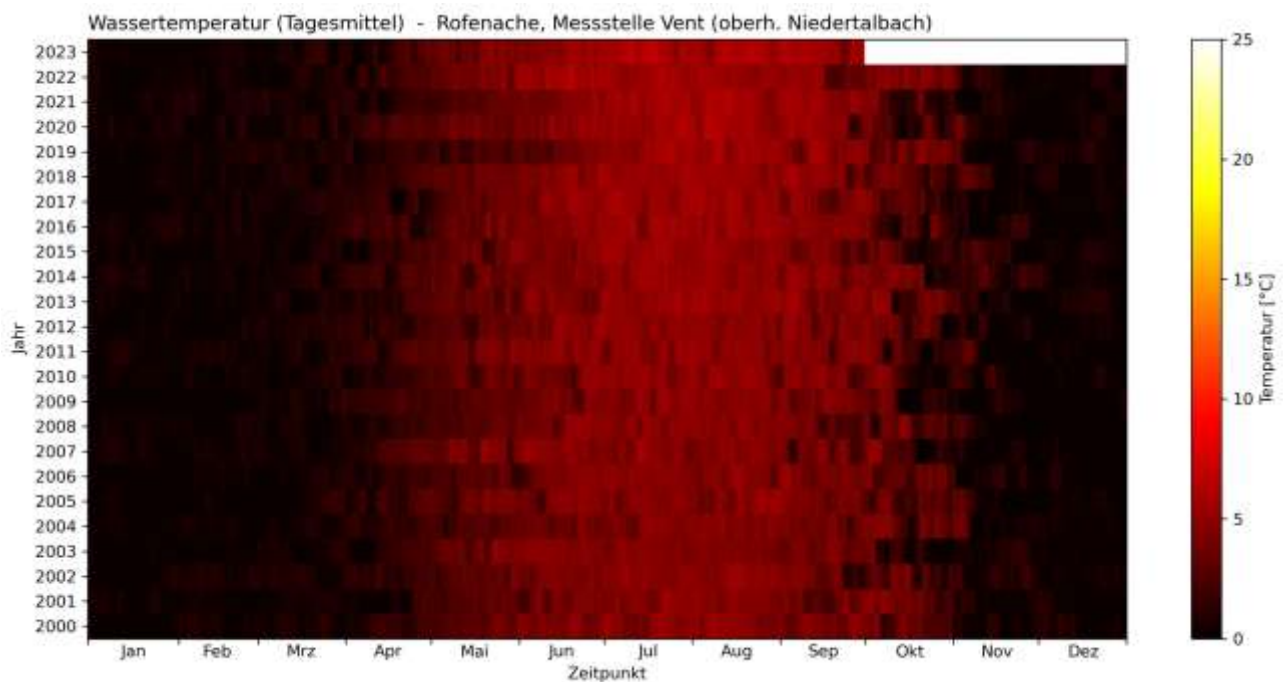


Abb. A 353: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Rofenache (Messstelle Vent oberh Niedertalbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

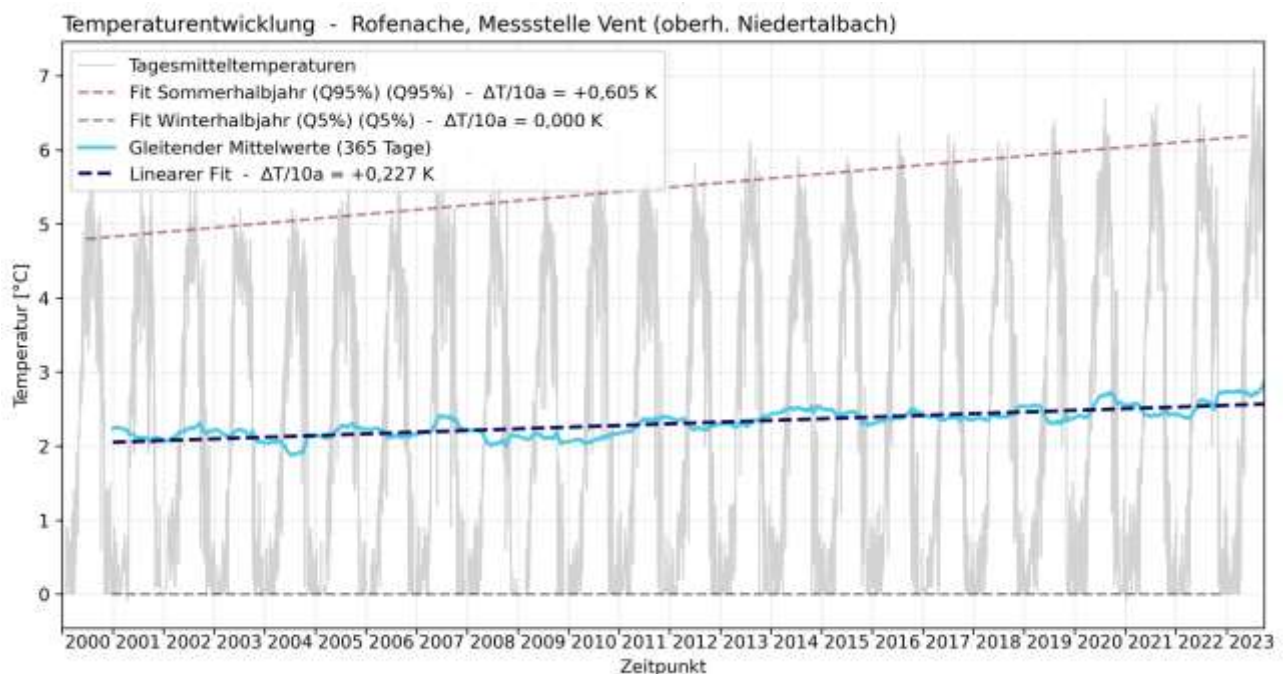


Abb. A 354: Temperaturentwicklung der Rofenache, Messstelle Vent oberh Niedertalbach , basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.26. Ruetz

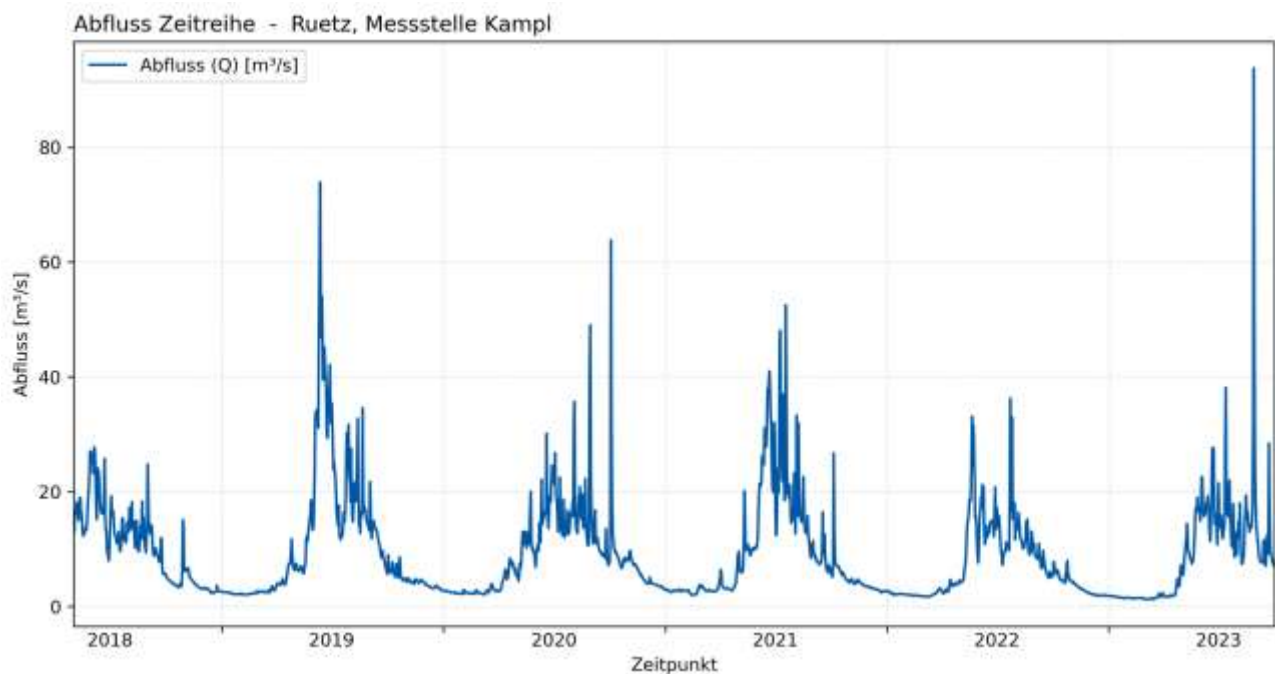


Abb. A 355: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Ruetz, Messstelle Kampl über den verfügbaren Zeitraum.

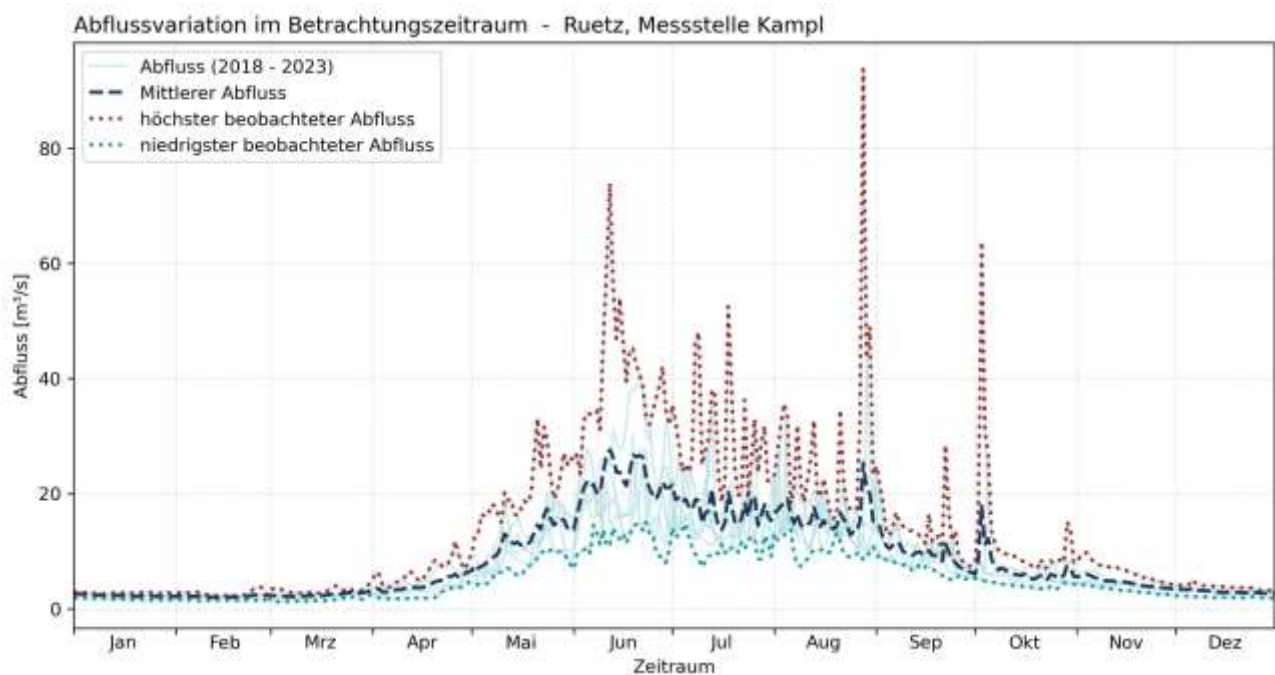


Abb. A 356: Tägliche Abflussvariation der Ruetz(Messstelle Kampl) im Jahresverlauf.

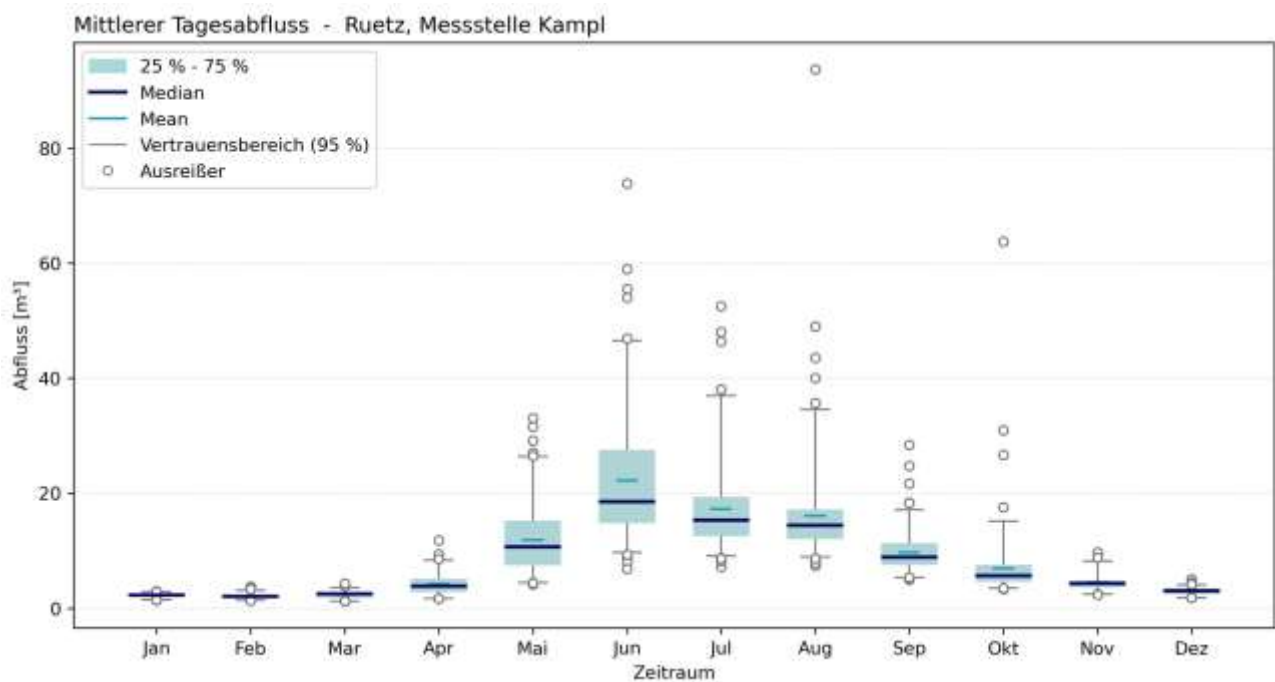


Abb. A 357: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Ruetz (Messstelle Kampl) als Monatswerte.

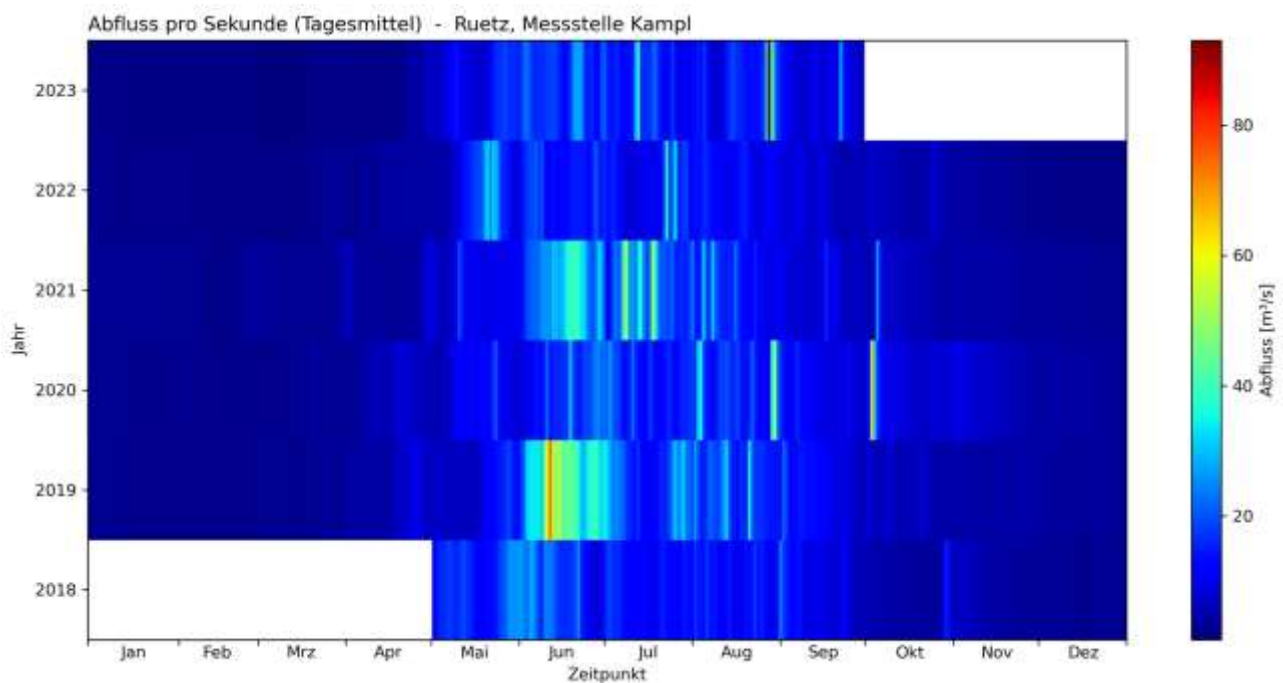


Abb. A 358: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ruetz, Messstelle Kampl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

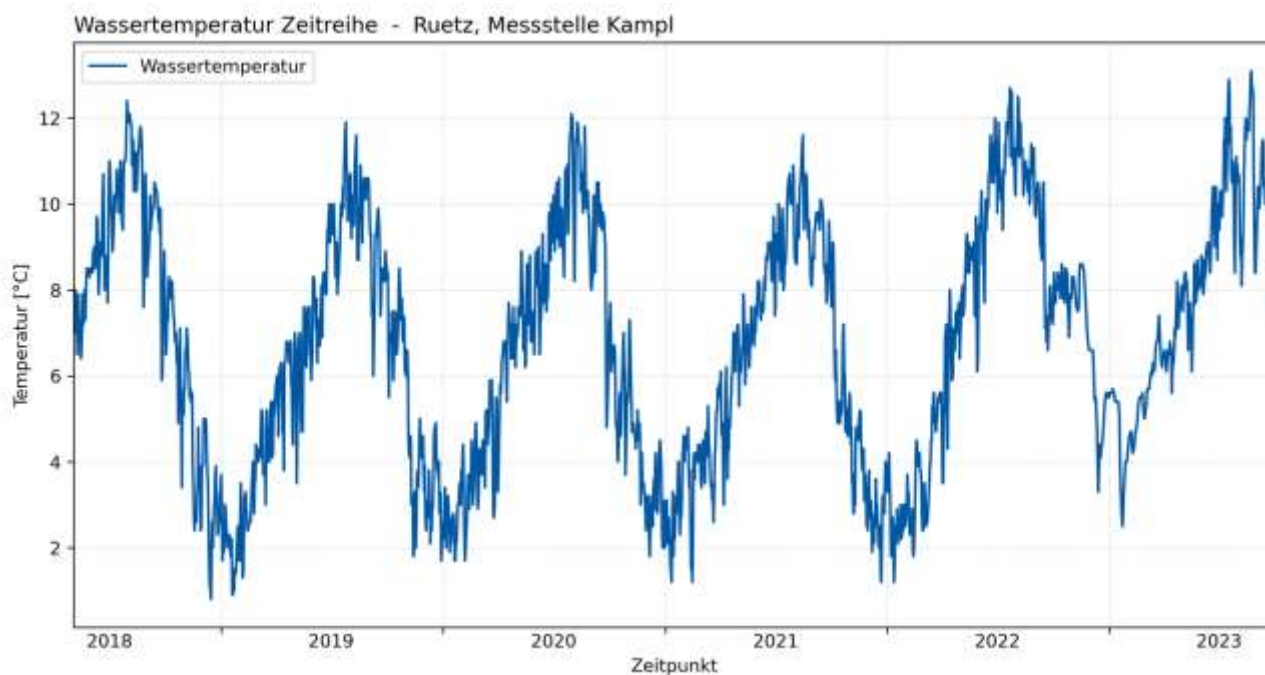


Abb. A 359: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Ruetz (Messstelle Kampl) über den verfügbaren Zeitraum.

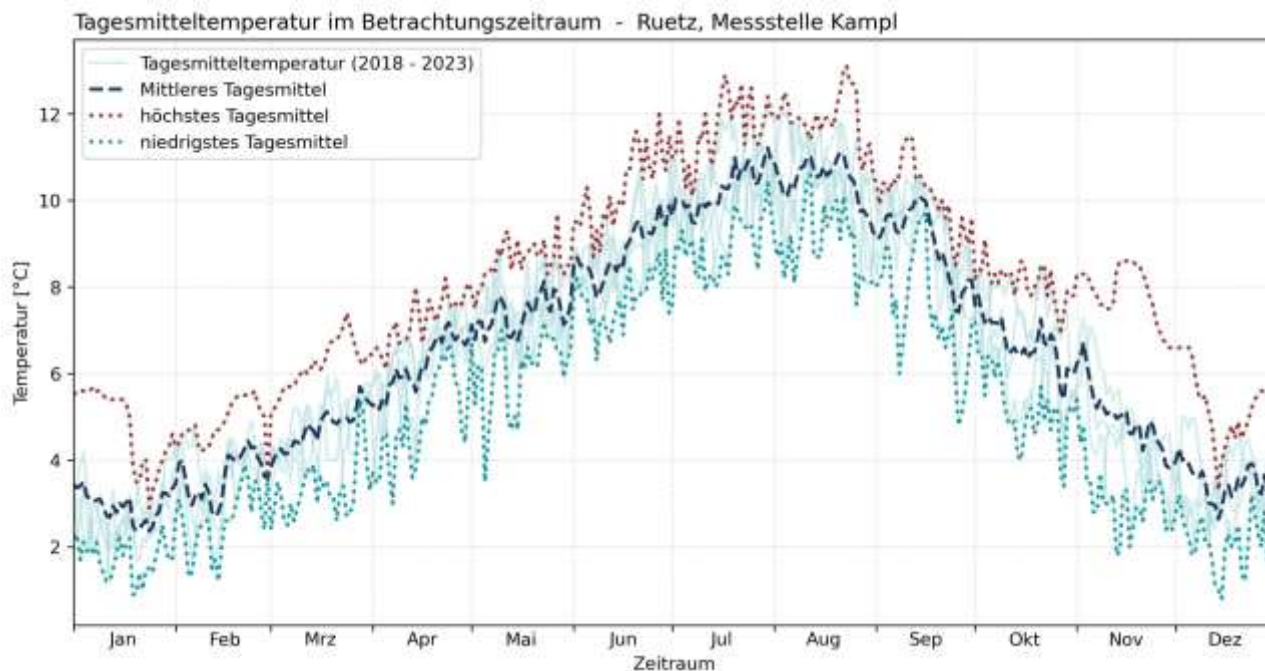


Abb. A 360: Tägliche Temperaturvariation der Ruetz (Messstelle Kampl) im Jahresverlauf.

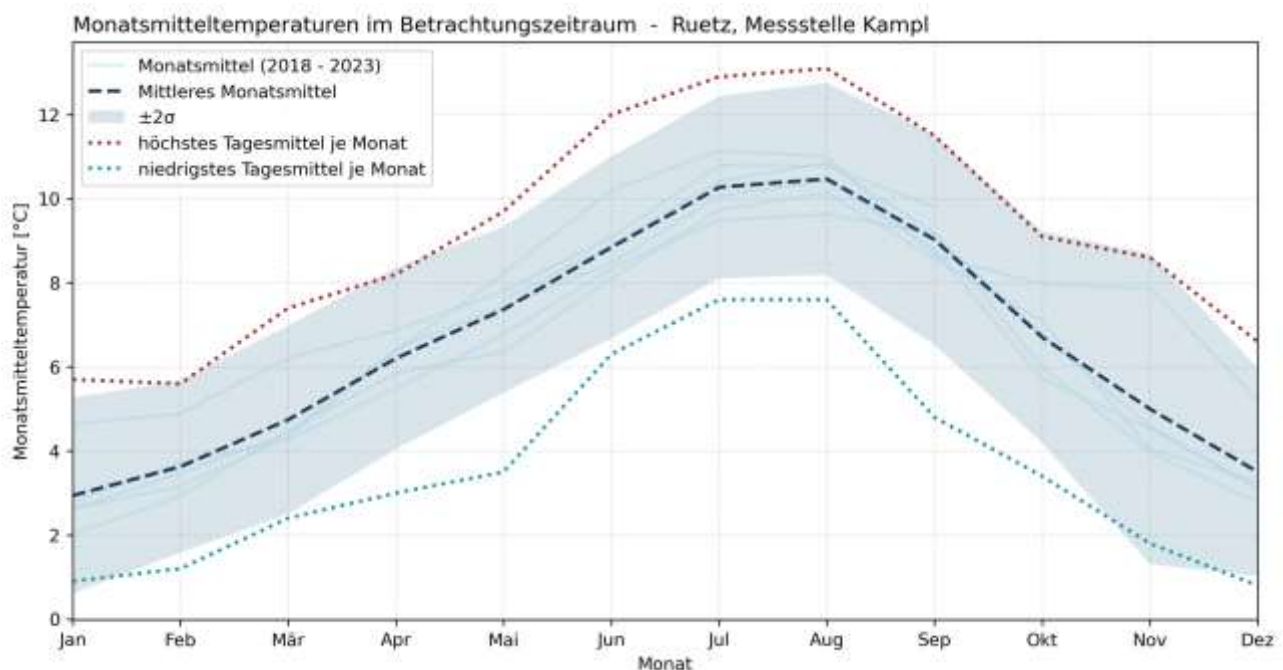


Abb. A 361: Monatsmitteltemperaturen für die Ruetz, Messstelle Kampl. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

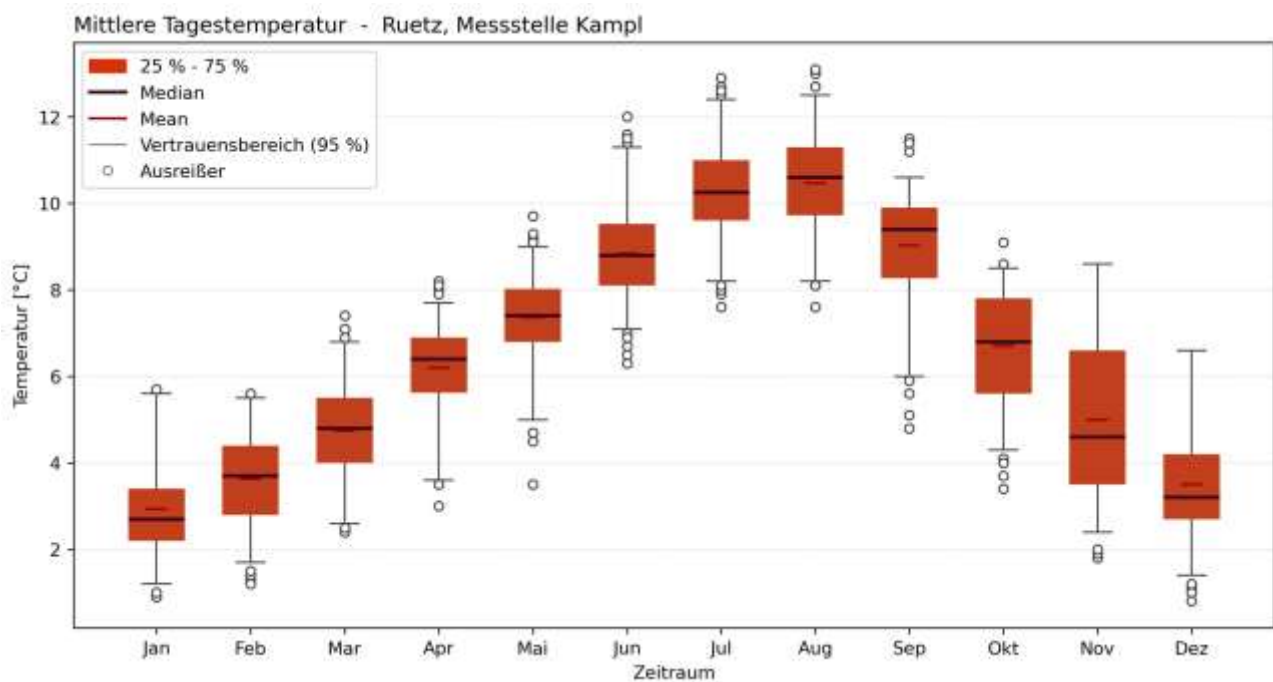


Abb. A 362: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Ruetz (Messstelle, Kampl).

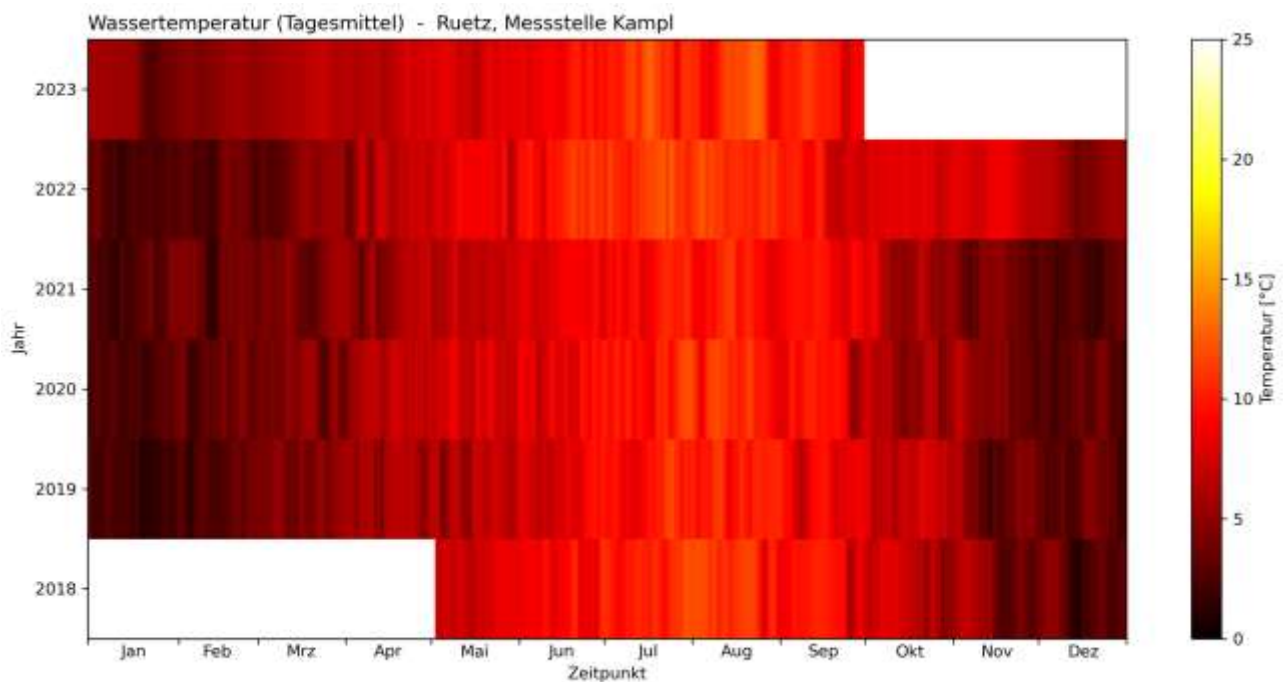


Abb. A 363: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Ruetz (Messstelle Kampl). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

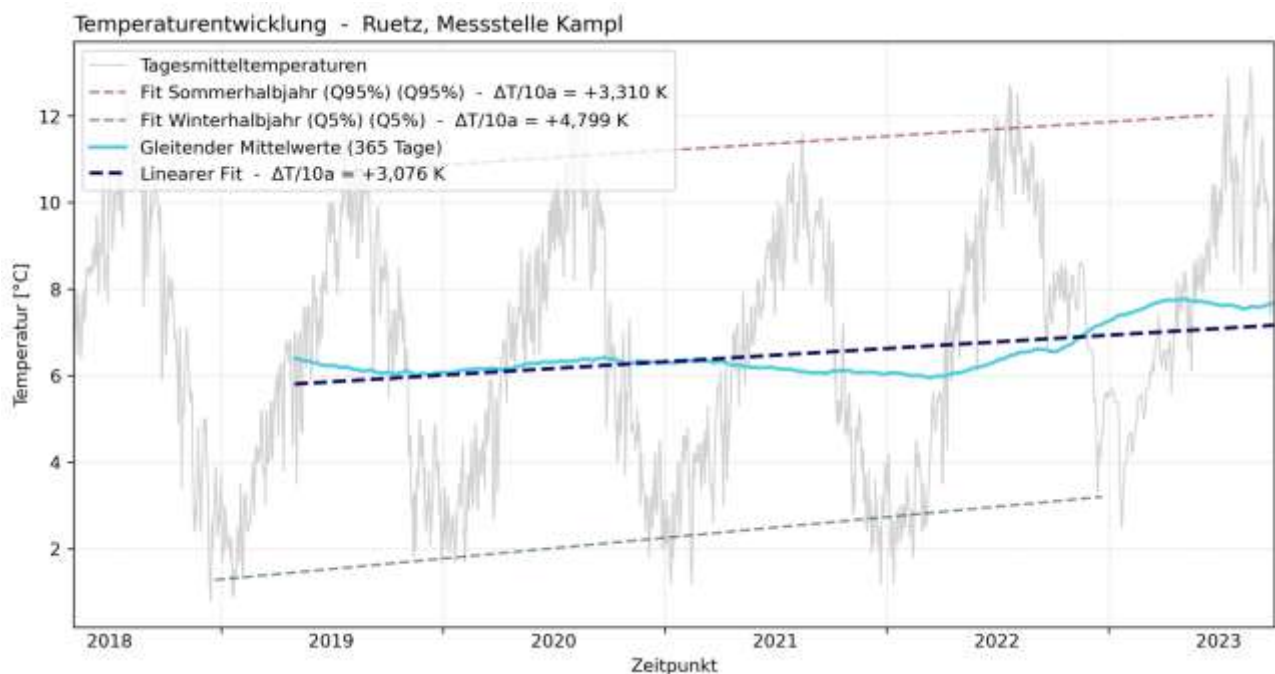


Abb. A 364: Temperaturentwicklung der Ruetz, Messstelle Kampl, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

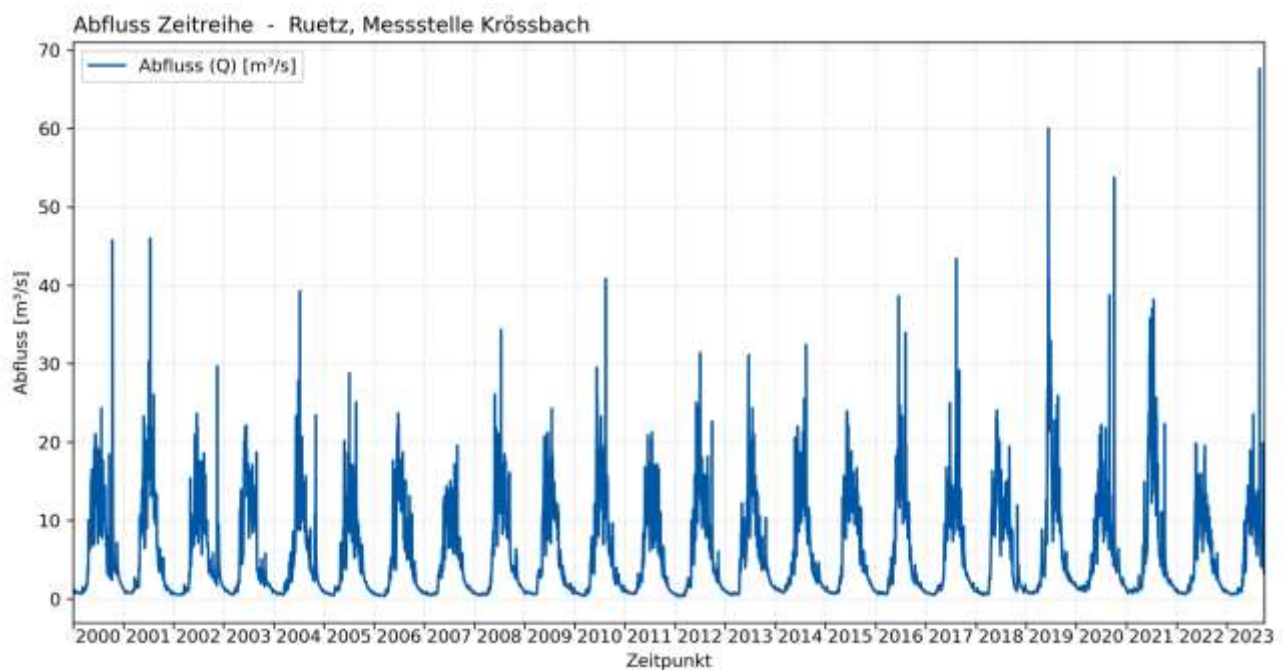


Abb. A 365: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Ruetz, Messstelle Krössbach über den verfügbaren Zeitraum.

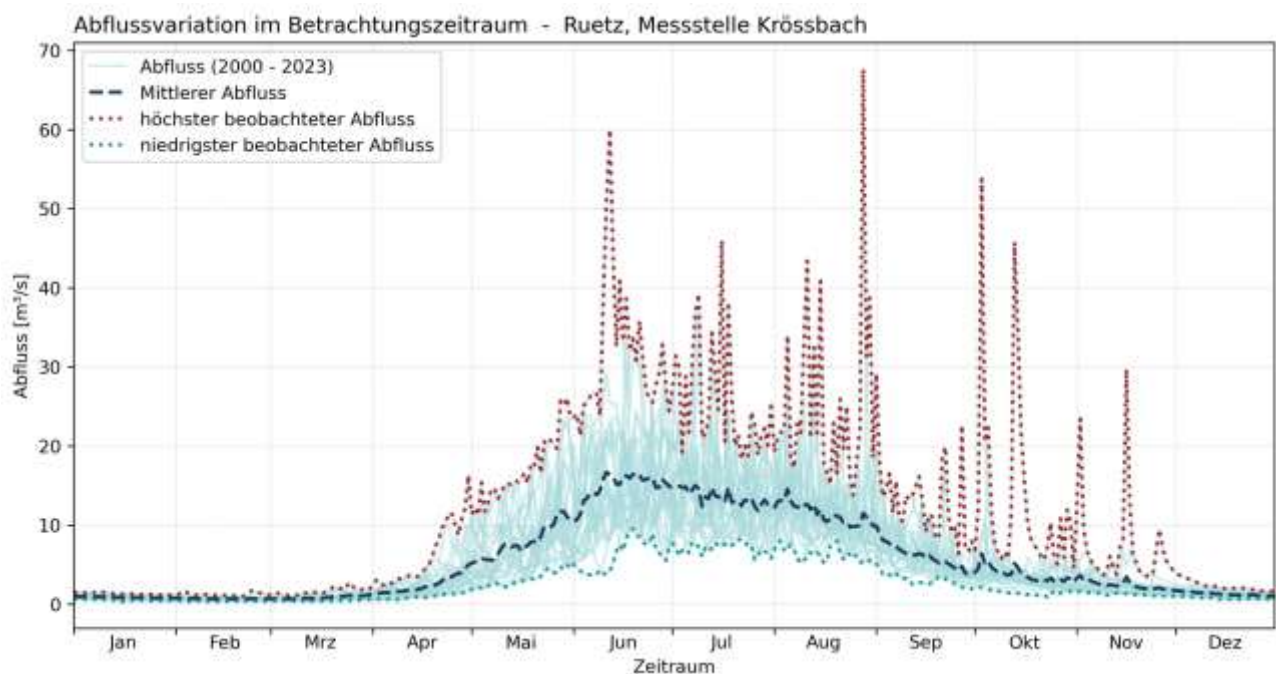


Abb. A 366: Tägliche Abflussvariation der Ruetz(Messstelle Krössbach) im Jahresverlauf.

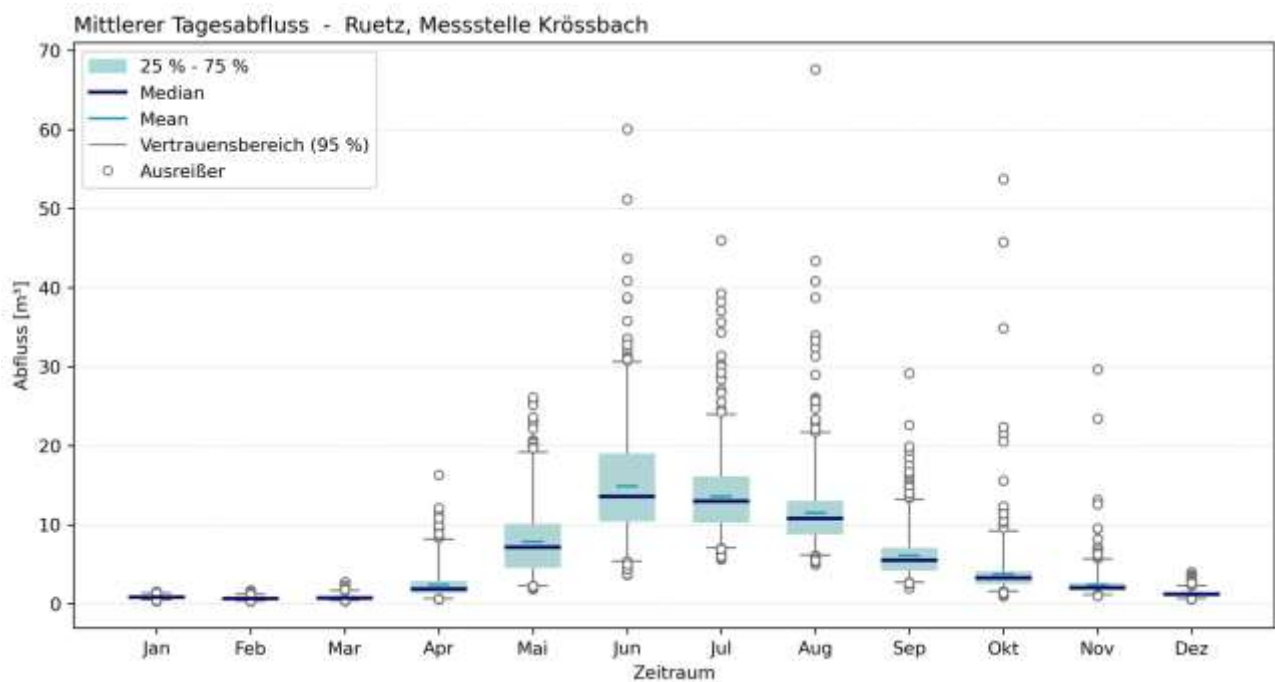


Abb. A 367: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Ruetz (Messstelle Krössbach) als Monatswerte.

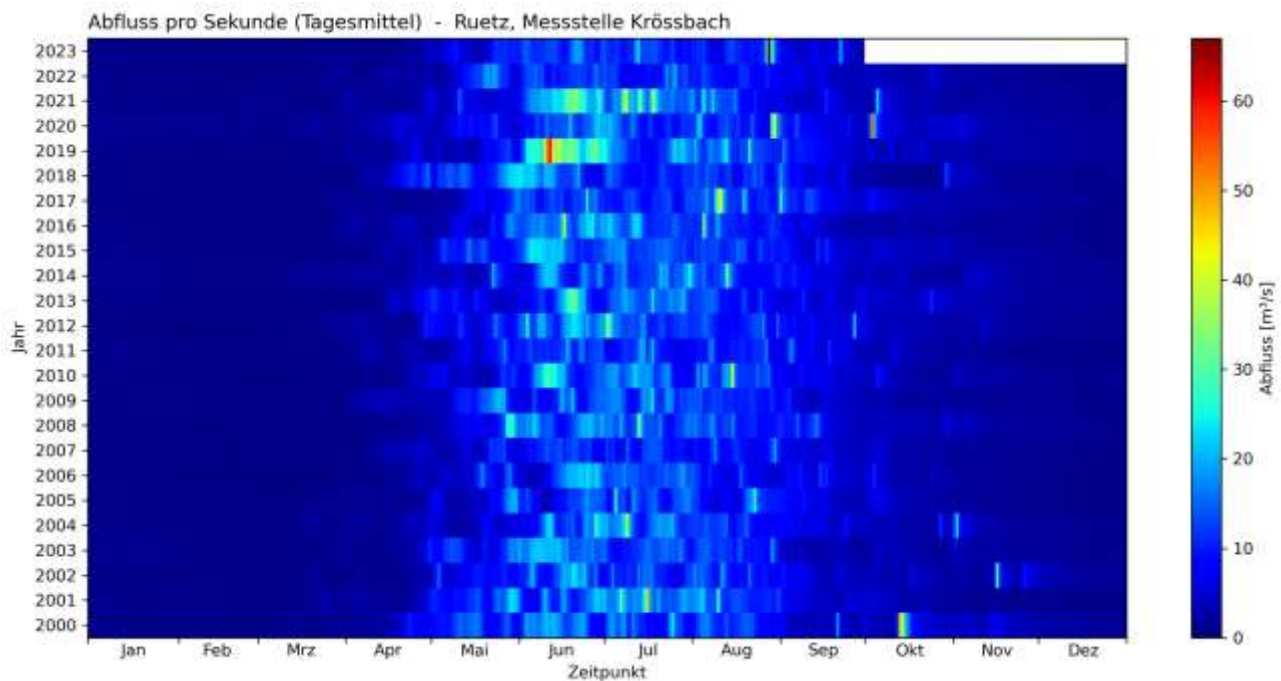


Abb. A 368: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ruetz, Messstelle Krössbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

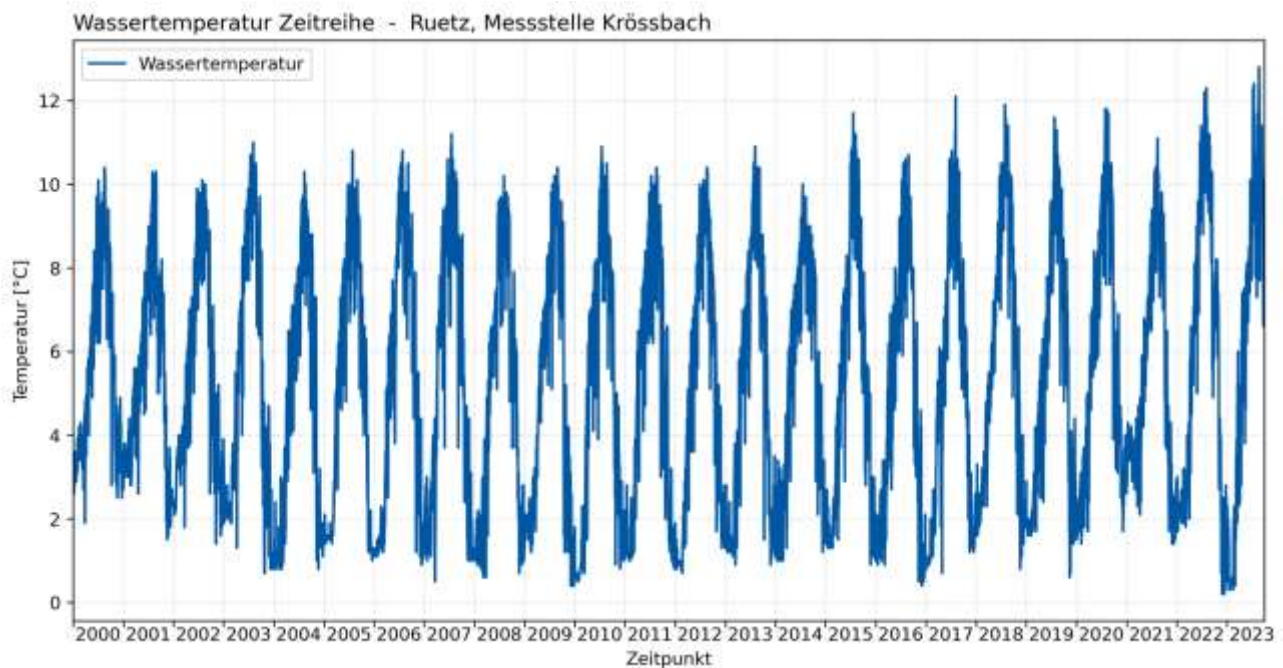


Abb. A 369: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Ruetz (Messstelle Krössbach) über den verfügbaren Zeitraum.

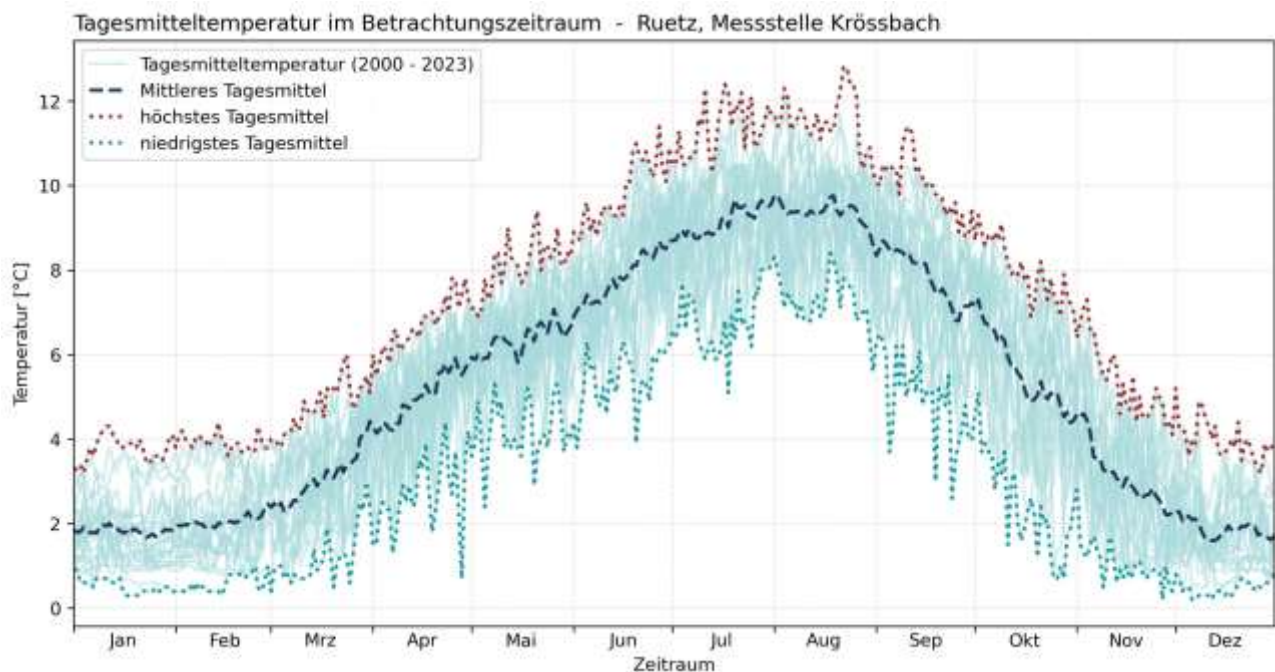


Abb. A 370: Tägliche Temperaturvariation der Ruetz (Messstelle Krössbach) im Jahresverlauf.

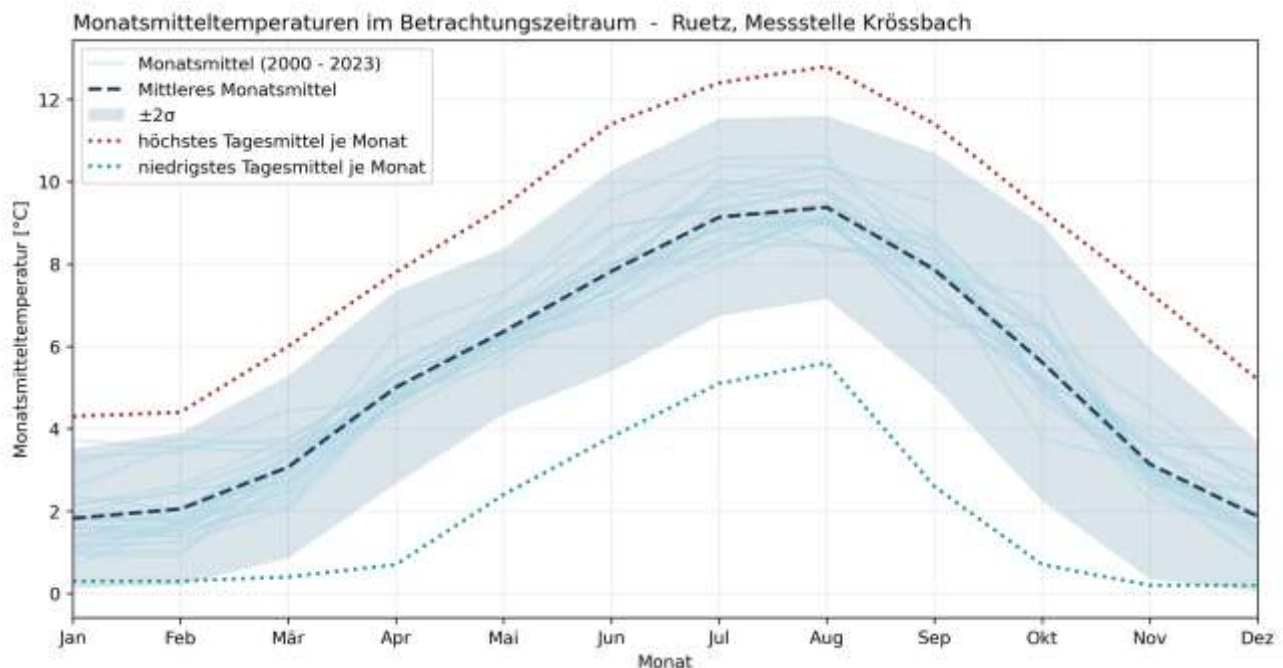


Abb. A 371: Monatsmitteltemperaturen für die Ruetz, Messstelle Krössbach. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

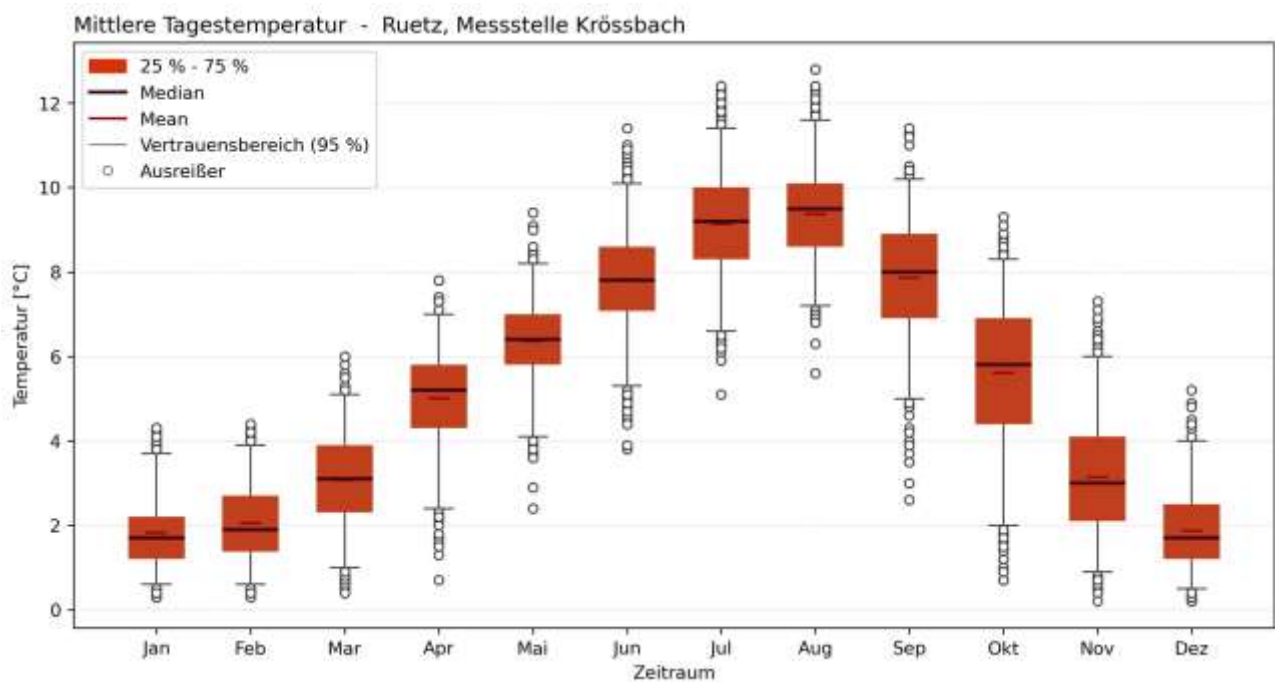


Abb. A 372: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Ruetz (Messstelle, Krössbach).

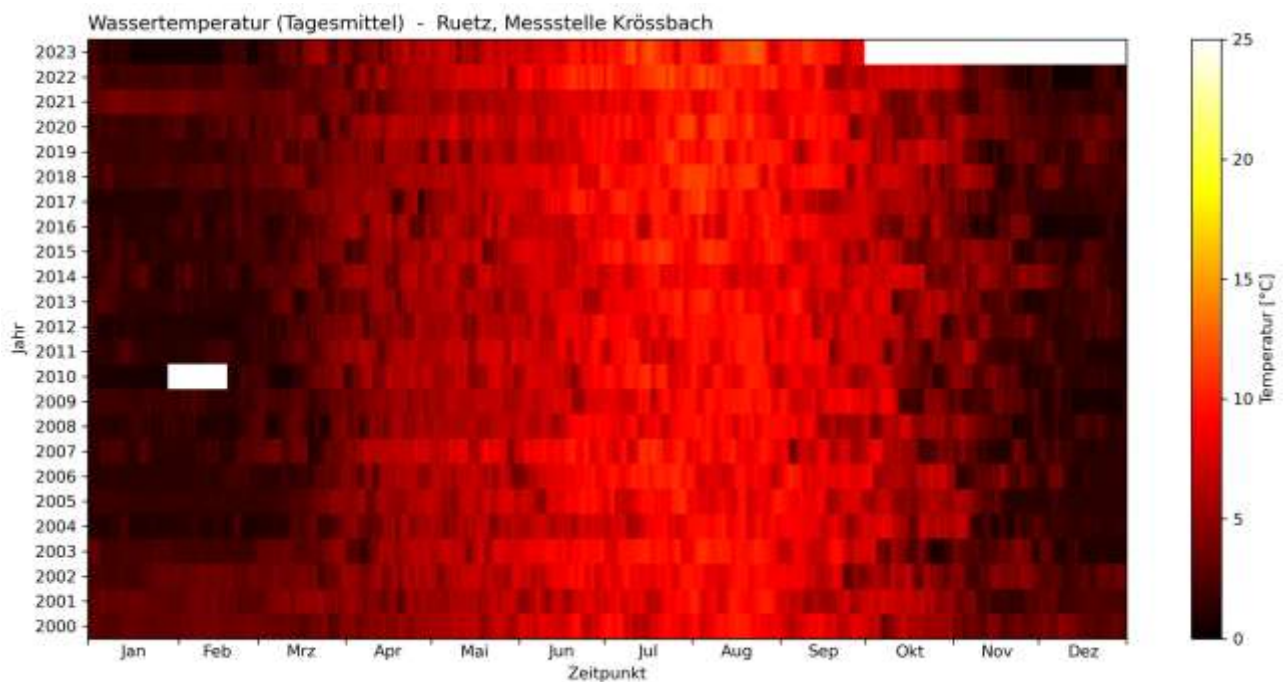


Abb. A 373: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Ruetz (Messstelle Krössbach). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

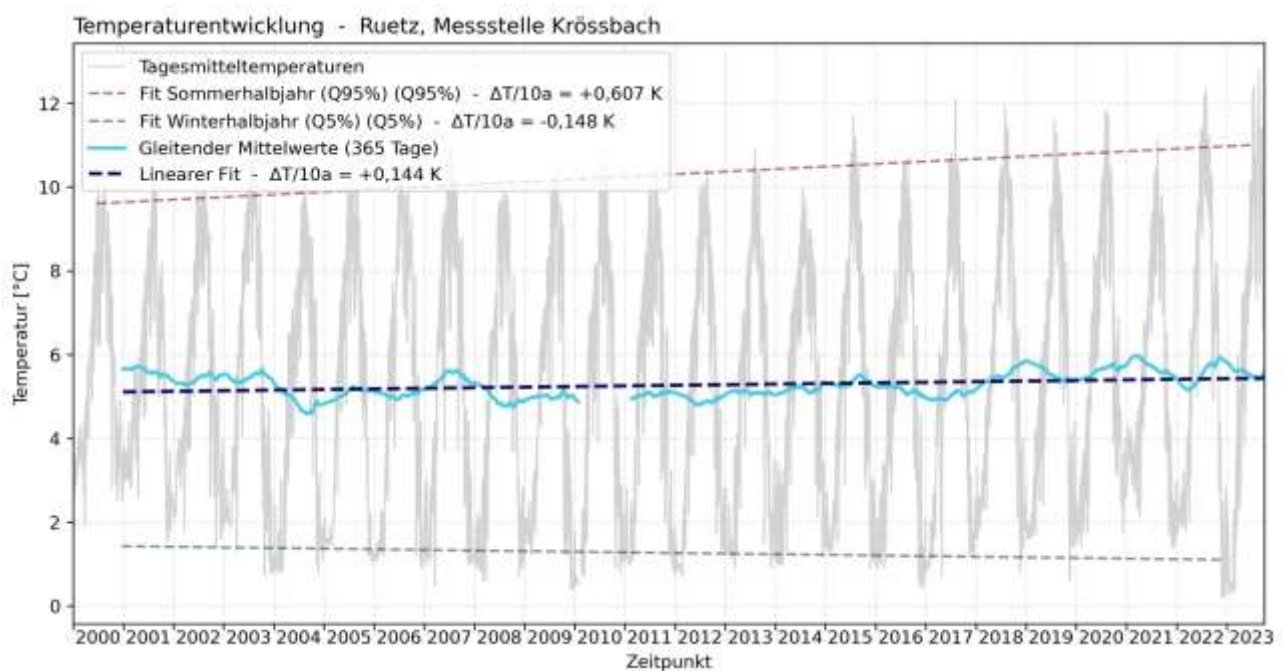


Abb. A 374: Temperaturentwicklung der Ruetz, Messstelle Krössbach, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.27. Sanna

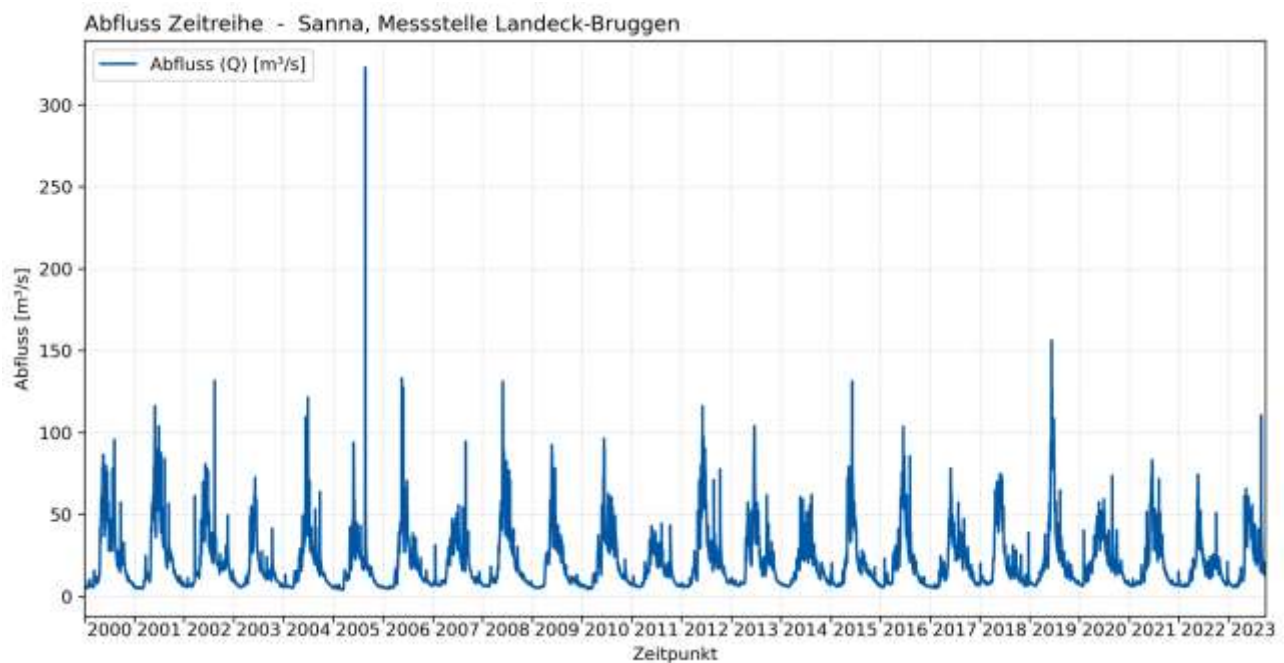


Abb. A 375: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Sanna, Messstelle Landeck Bruggen über den verfügbaren Zeitraum.

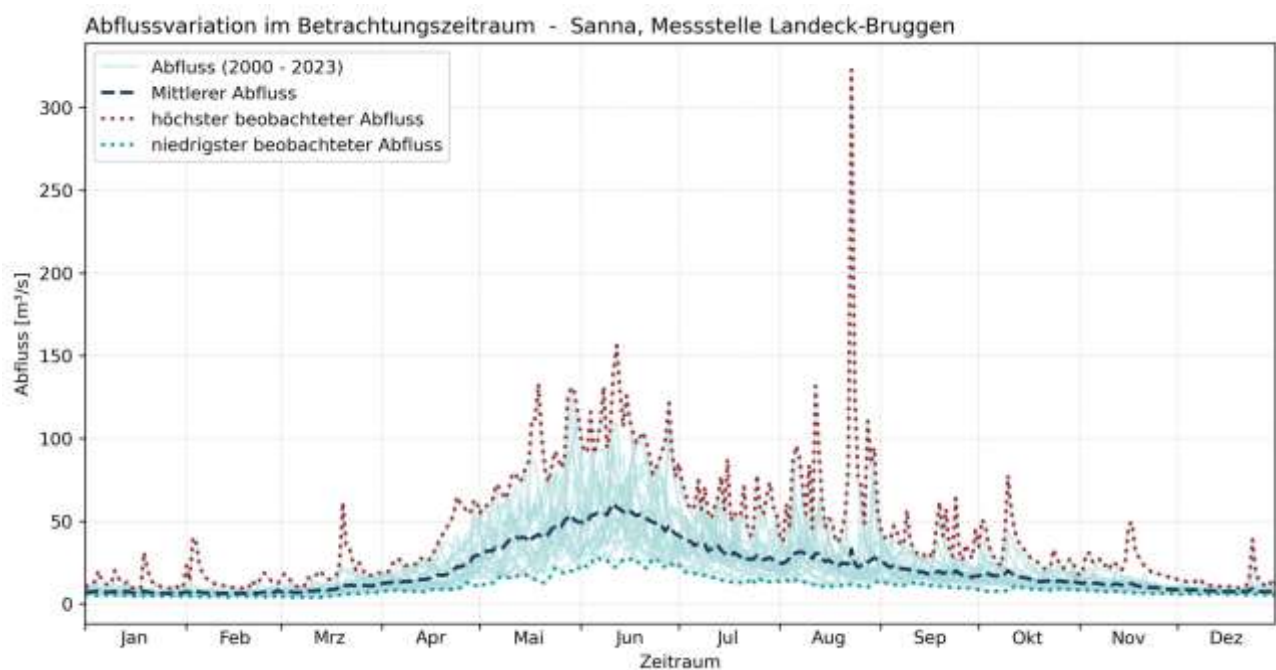


Abb. A 376: Tägliche Abflussvariation der Sanna(Messstelle Landeck Bruggen) im Jahresverlauf.

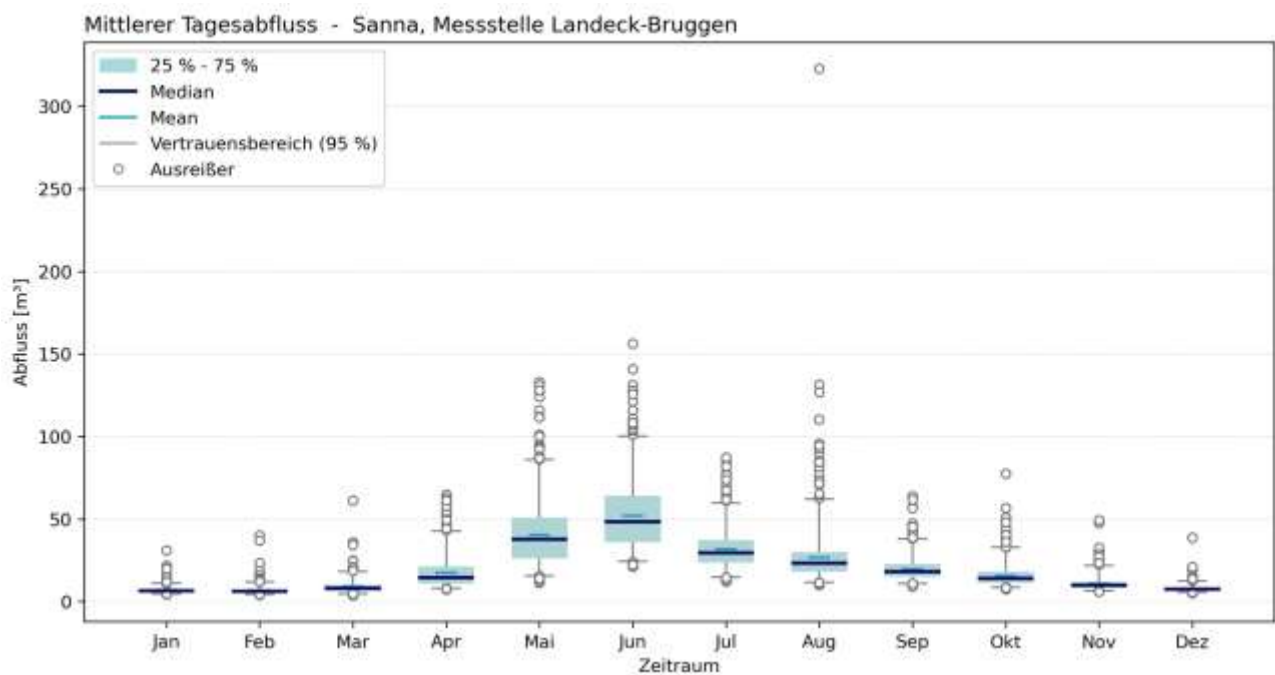


Abb. A 377: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Sanna (Messstelle Landeck Bruggen) als Monatswerte.

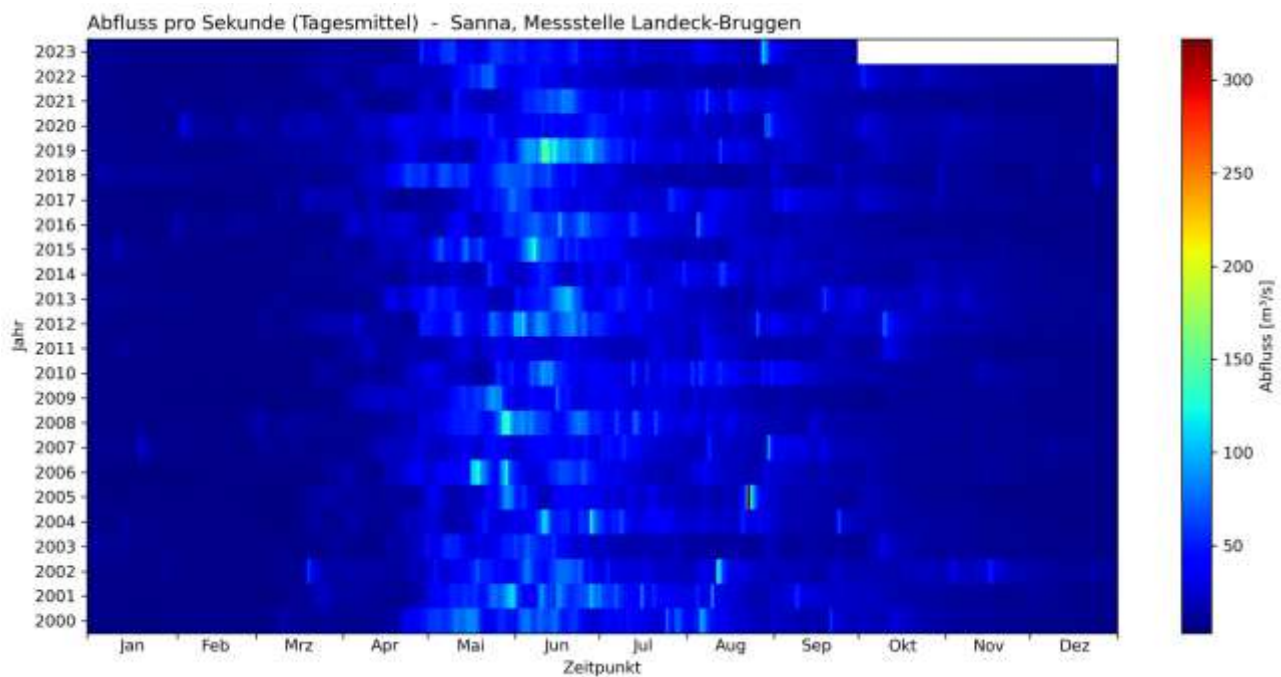


Abb. A 378: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Sanna, Messstelle Landeck Bruggen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

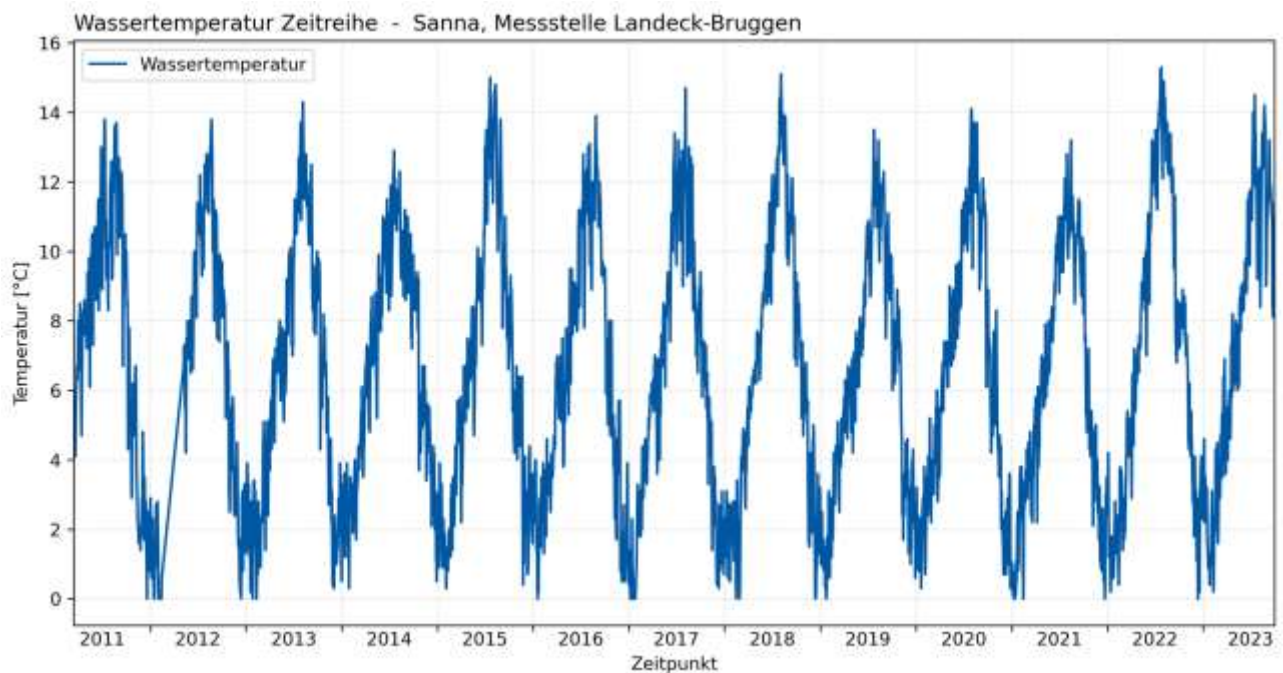


Abb. A 379: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Sanna (Messstelle Landeck Bruggen) über den verfügbaren Zeitraum.

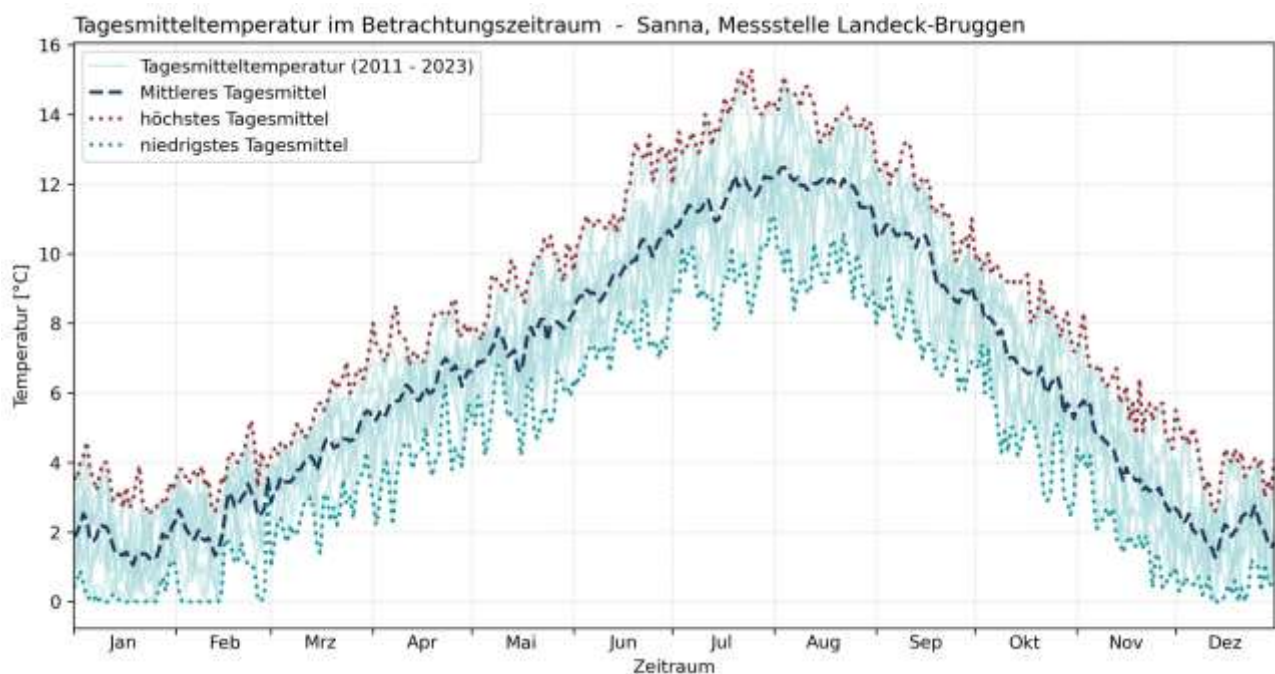


Abb. A 380: Tägliche Temperaturvariation der Sanna (Messstelle Landeck Bruggen) im Jahresverlauf.

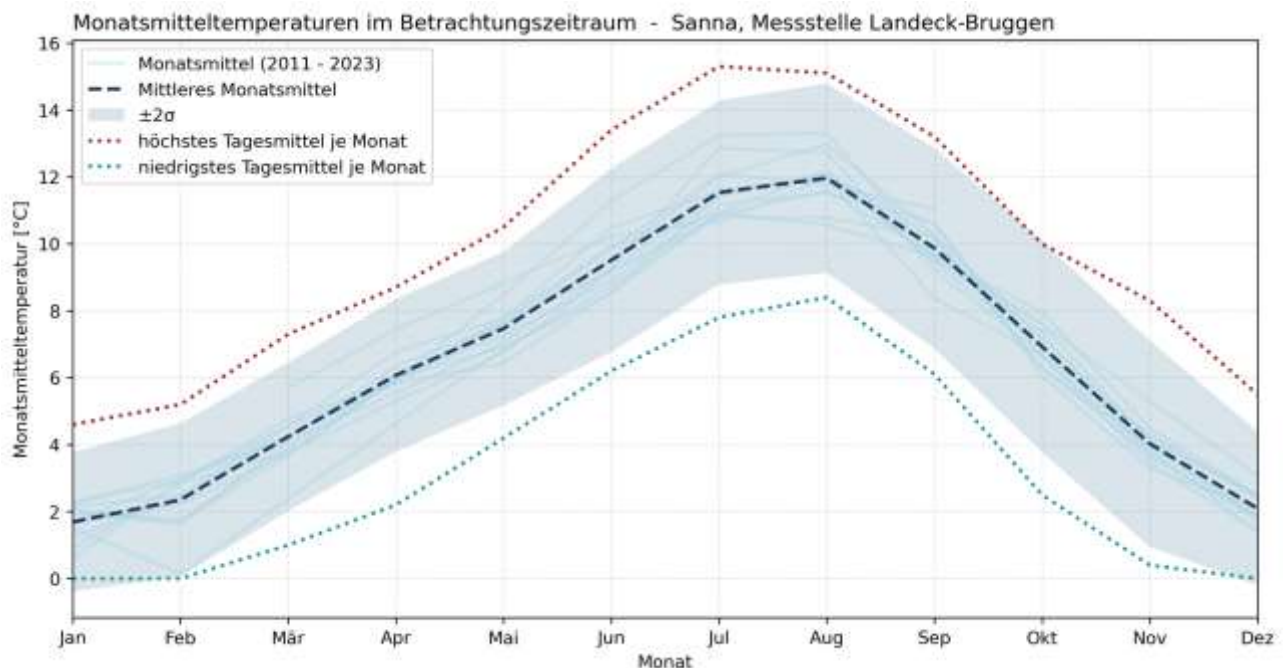


Abb. A 381: Monatsmitteltemperaturen für die Sanna, Messstelle Landeck Bruggen. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

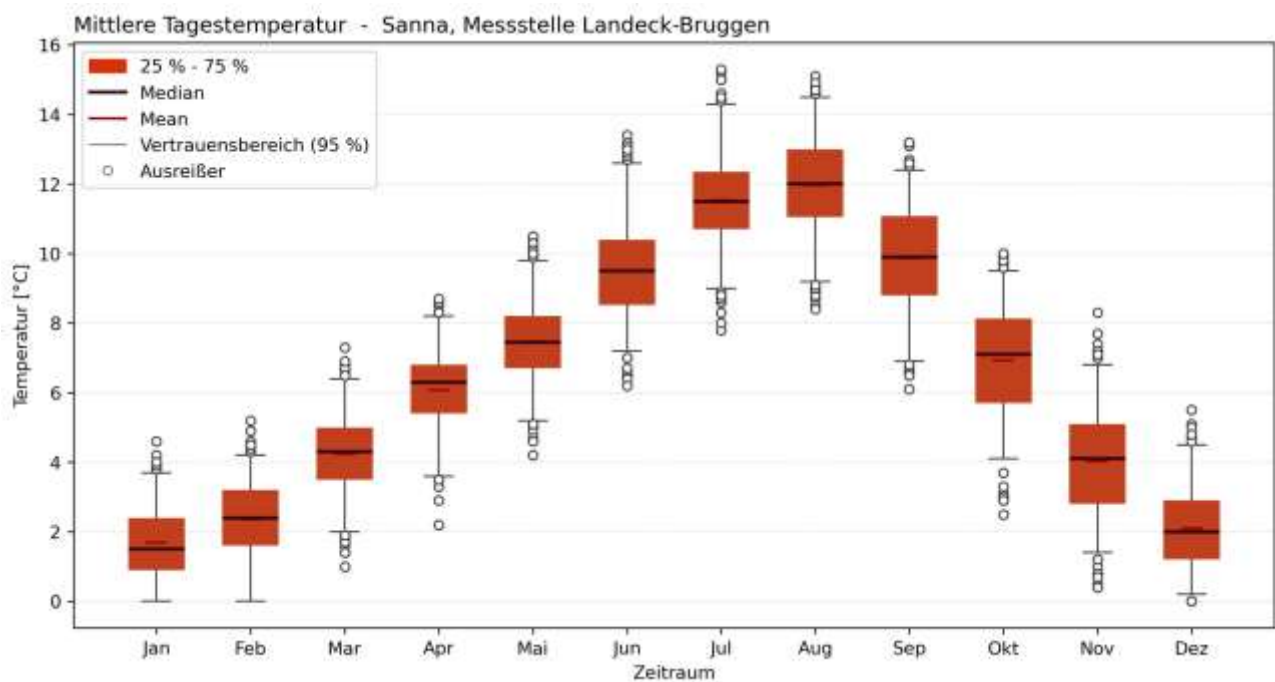


Abb. A 382: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Sanna (Messstelle, Landeck Bruggen).

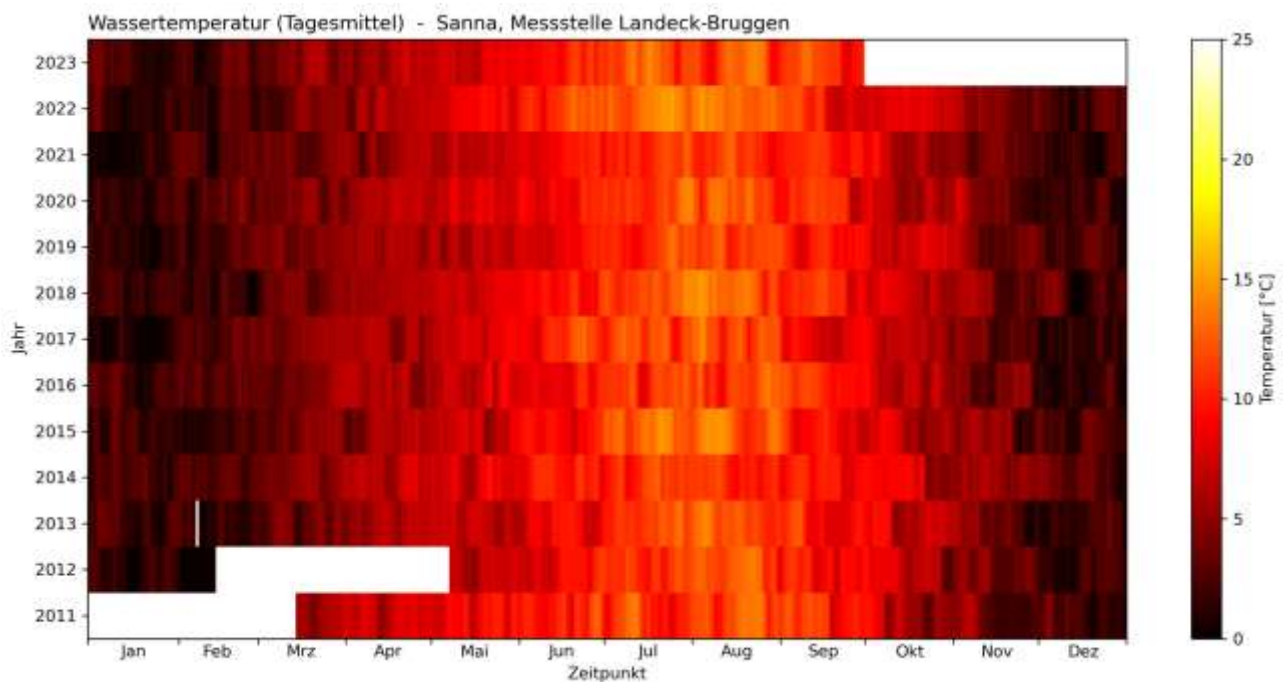


Abb. A 383: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Sanna (Messstelle Landeck Bruggen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

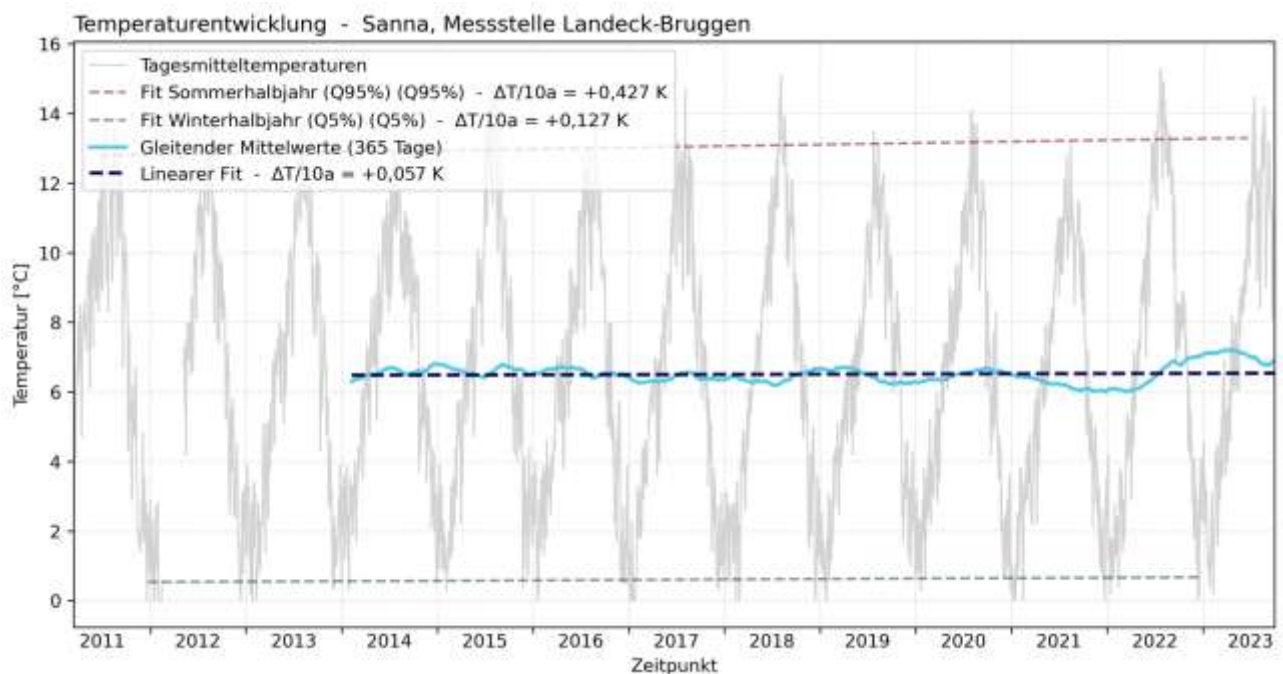


Abb. A 384: Temperaturentwicklung der Sanna, Messstelle Landeck Bruggen, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.28. Schalklbach

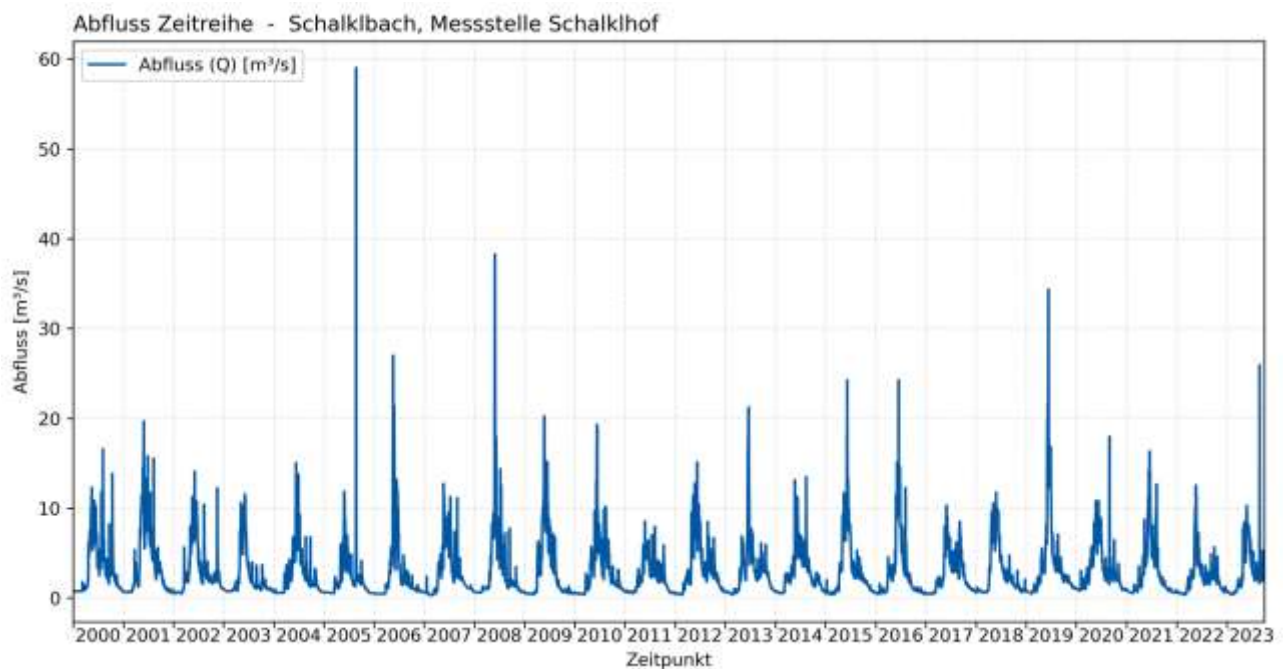


Abb. A 385: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Schalklbach, Messstelle Schalklhof über den verfügbaren Zeitraum.

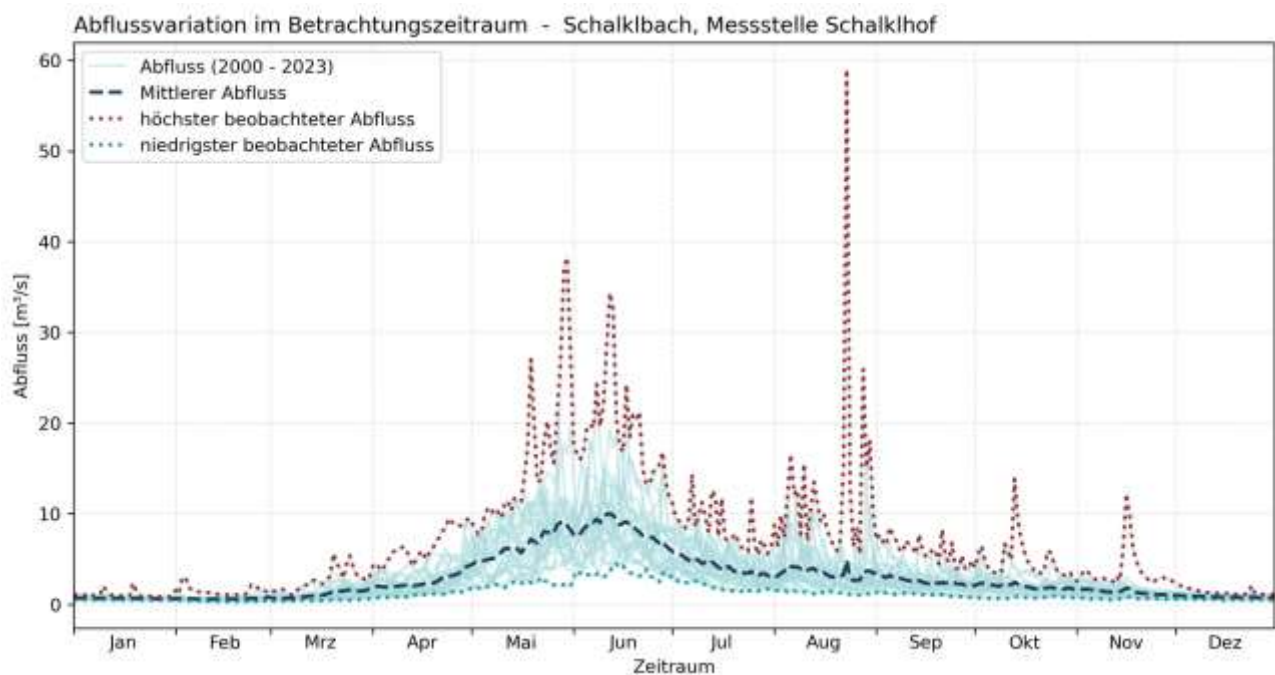


Abb. A 386: Tägliche Abflussvariation des Schalklbach(Messstelle Schalklhof) im Jahresverlauf.

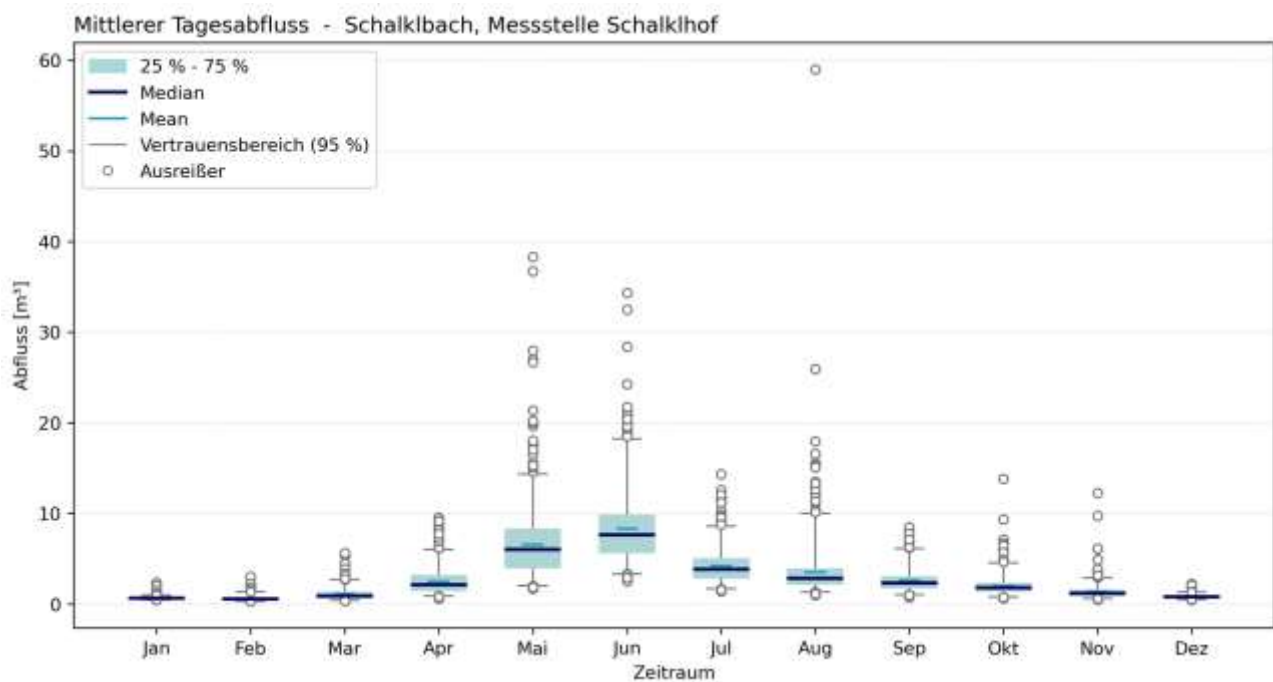


Abb. A 387: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Schalklbach (Messstelle Schalklhof) als Monatswerte.

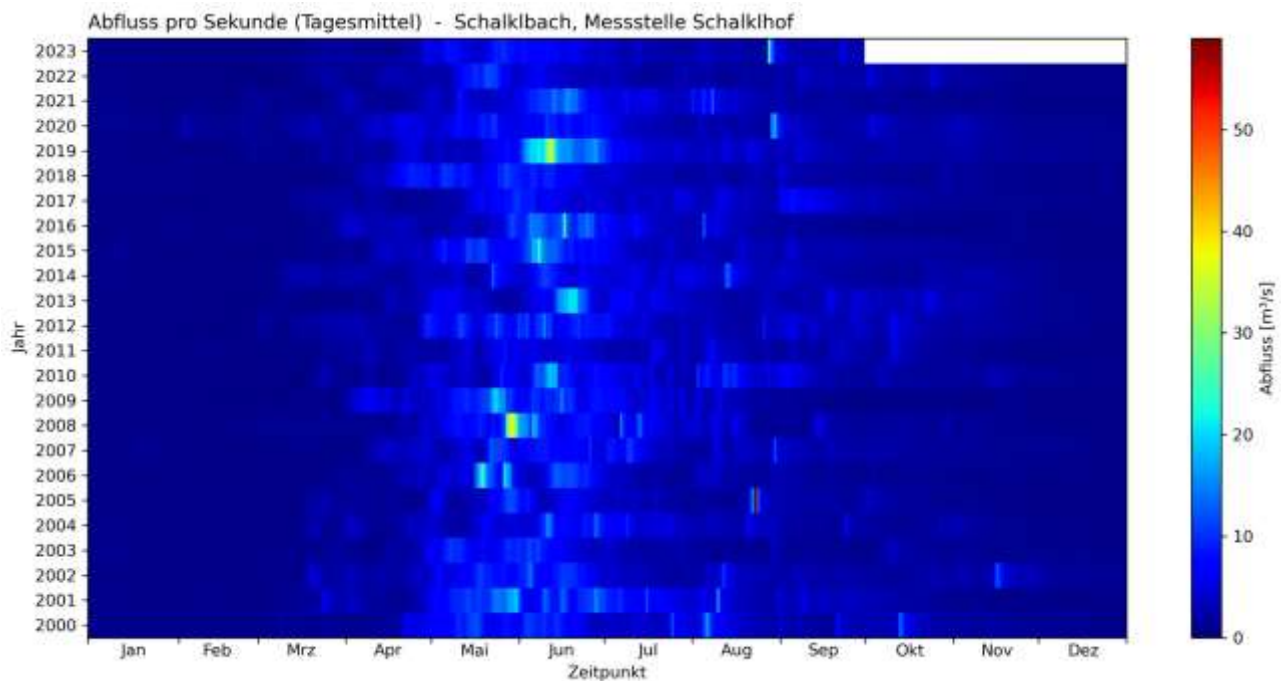


Abb. A 388: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Schalklbach, Messstelle Schalklhof). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

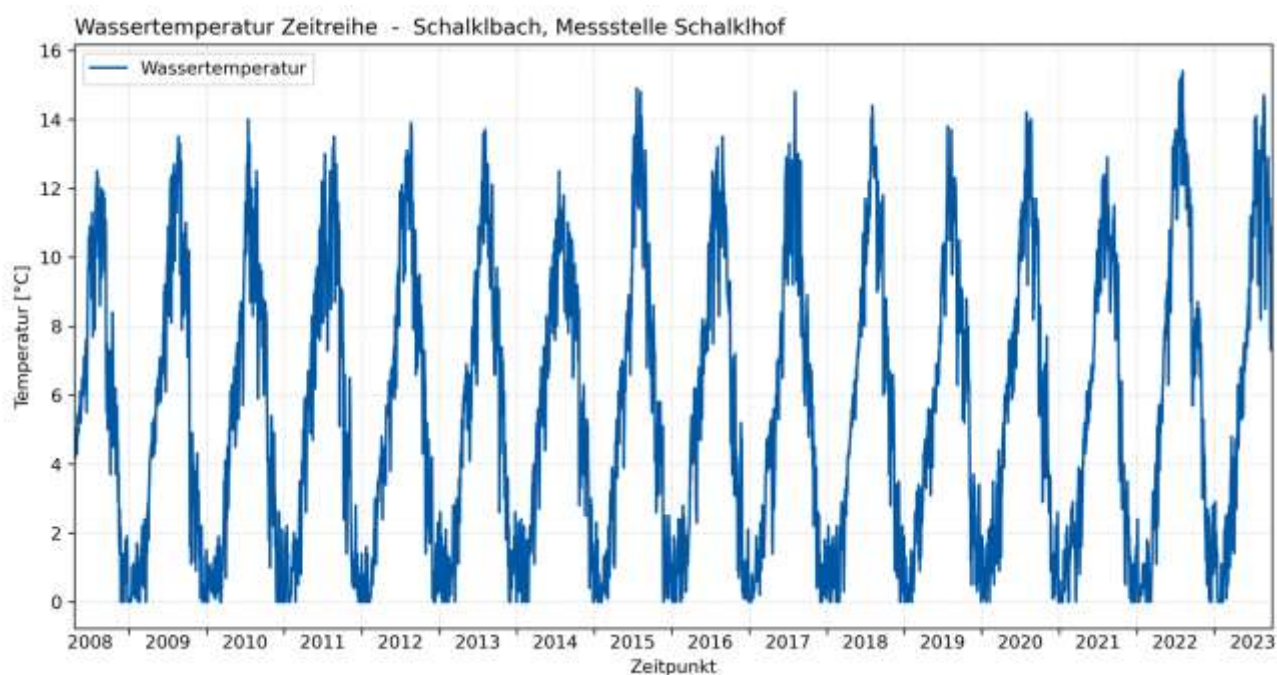


Abb. A 389: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Schalklbach (Messstelle Schalklhof) über den verfügbaren Zeitraum.

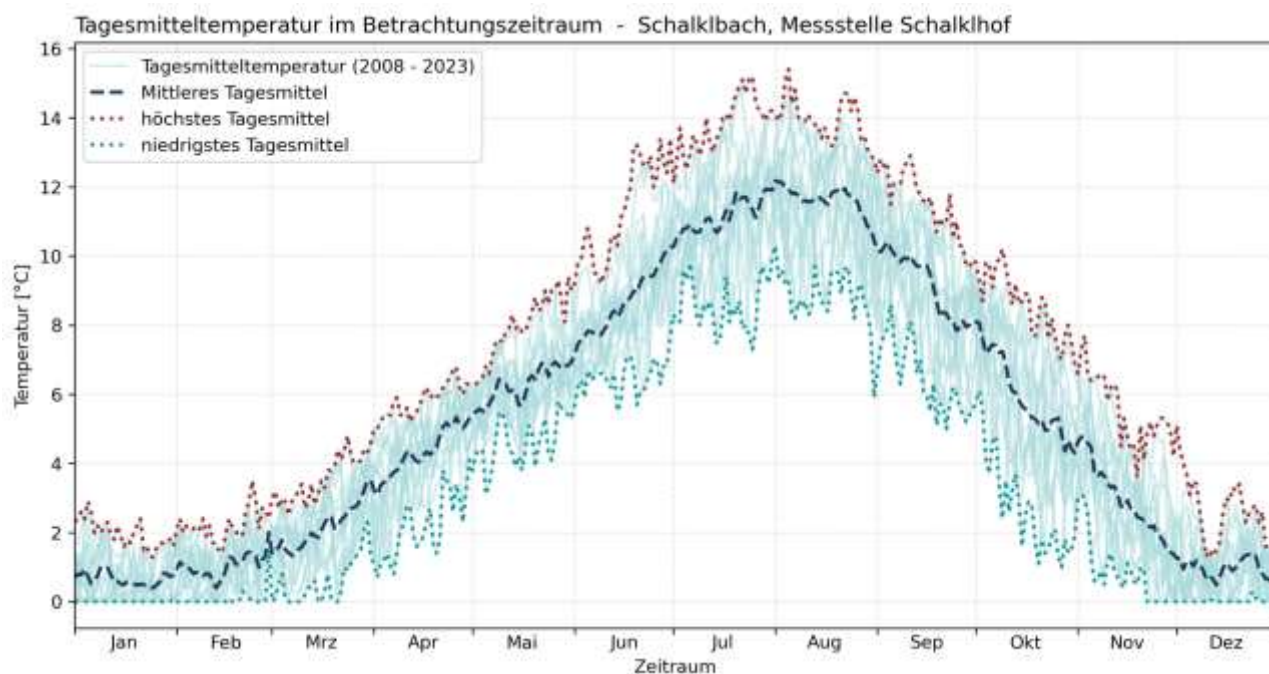


Abb. A 390: Tägliche Temperaturvariation des Schalklbach (Messstelle Schalklhof) im Jahresverlauf.

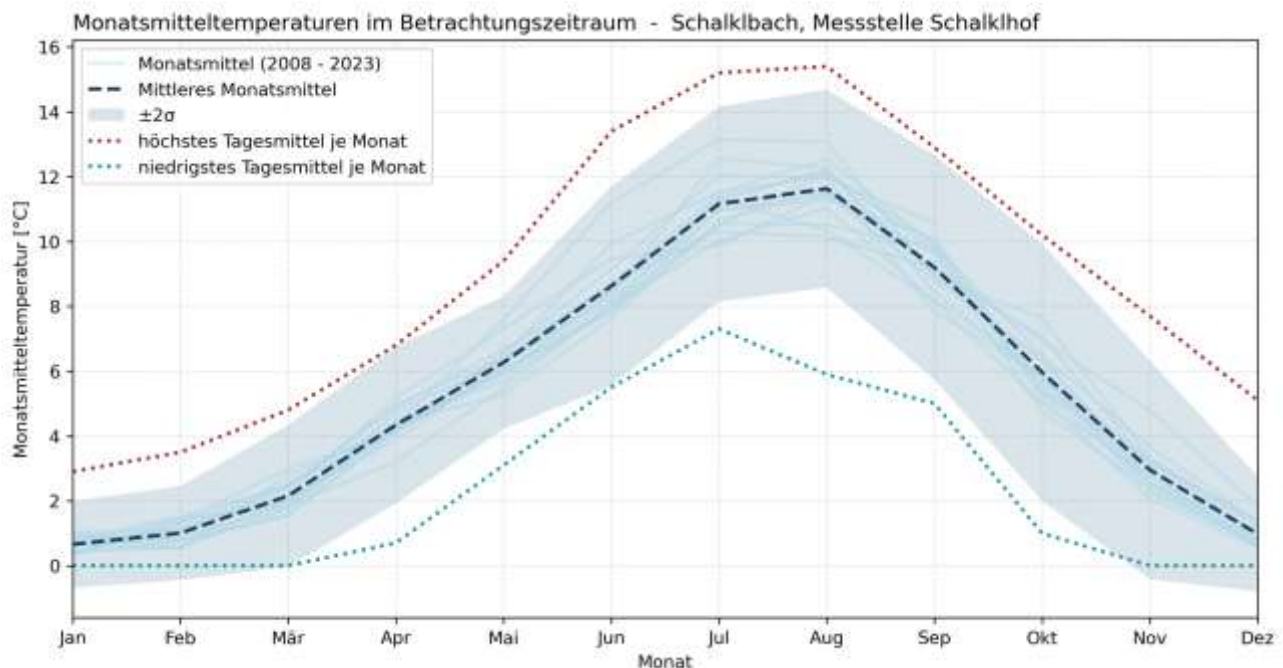


Abb. A 391: Monatsmitteltemperaturen für den Schalklbach, Messstelle Schalklhof. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

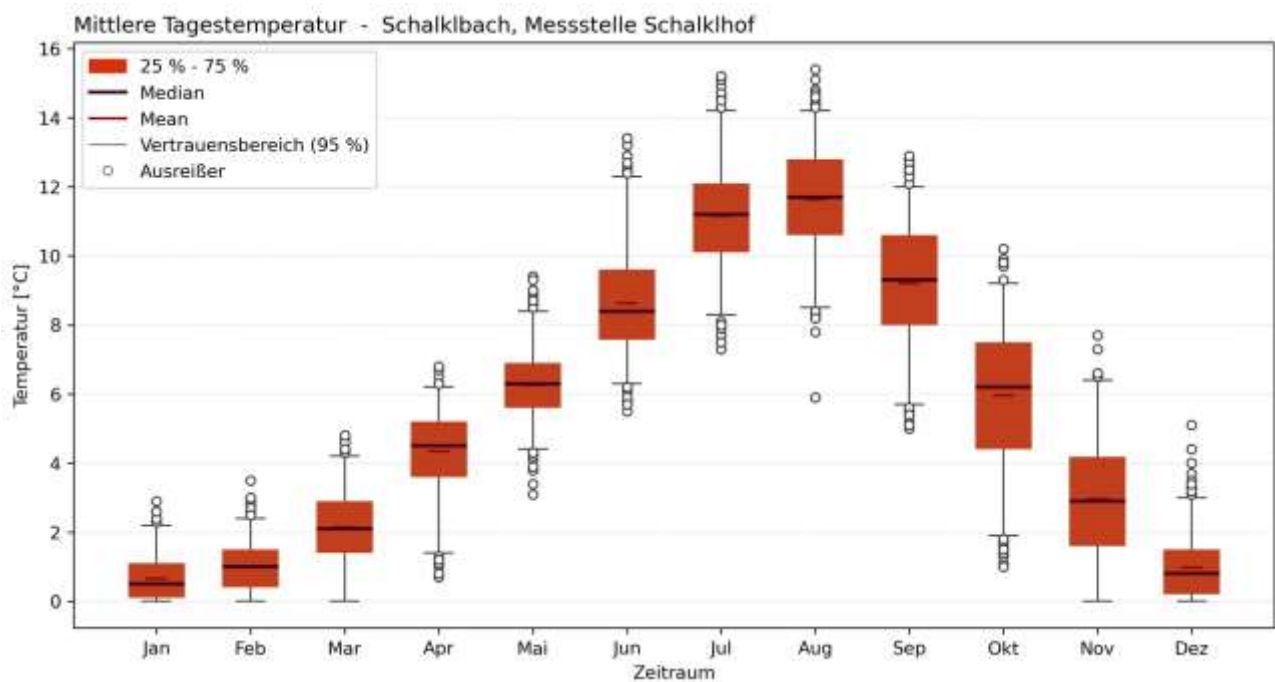


Abb. A 392: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Schalklbach (Messstelle, Schalklhof).

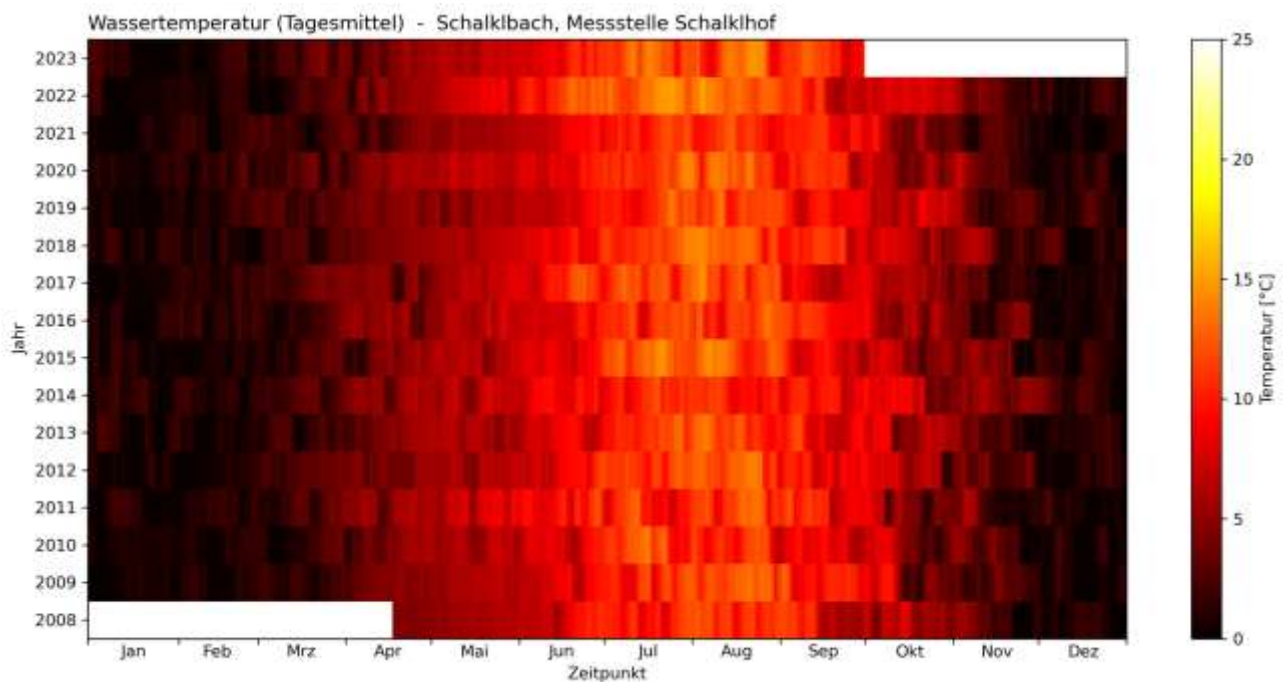


Abb. A 393: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Schalklbach (Messstelle Schalklhof). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

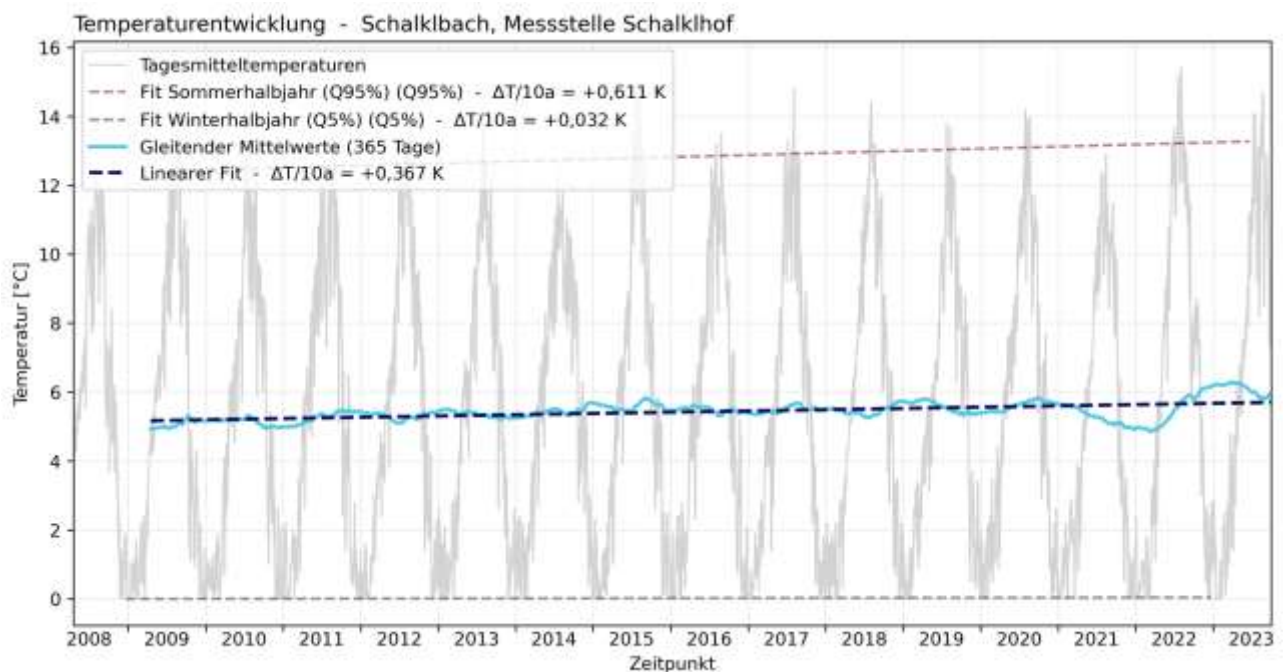


Abb. A 394: Temperaturentwicklung des Schalklbach, Messstelle Schalklhof, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.29. Schwarzach

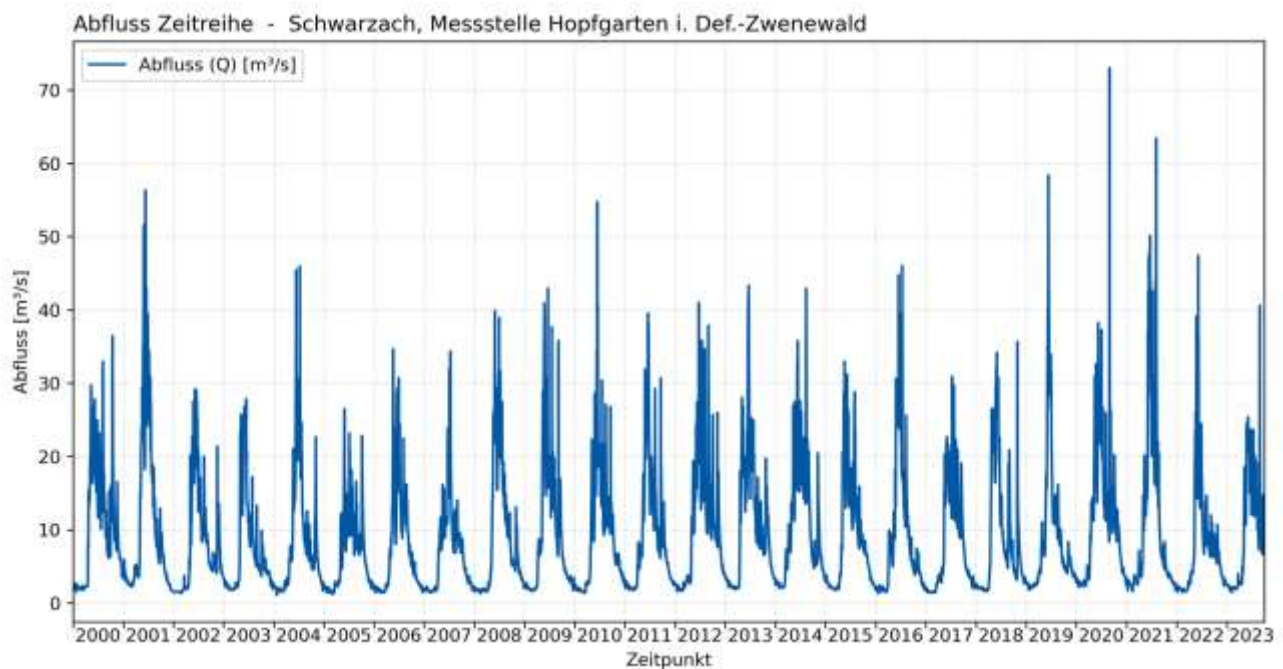


Abb. A 395: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Schwarzach, Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald über den verfügbaren Zeitraum.

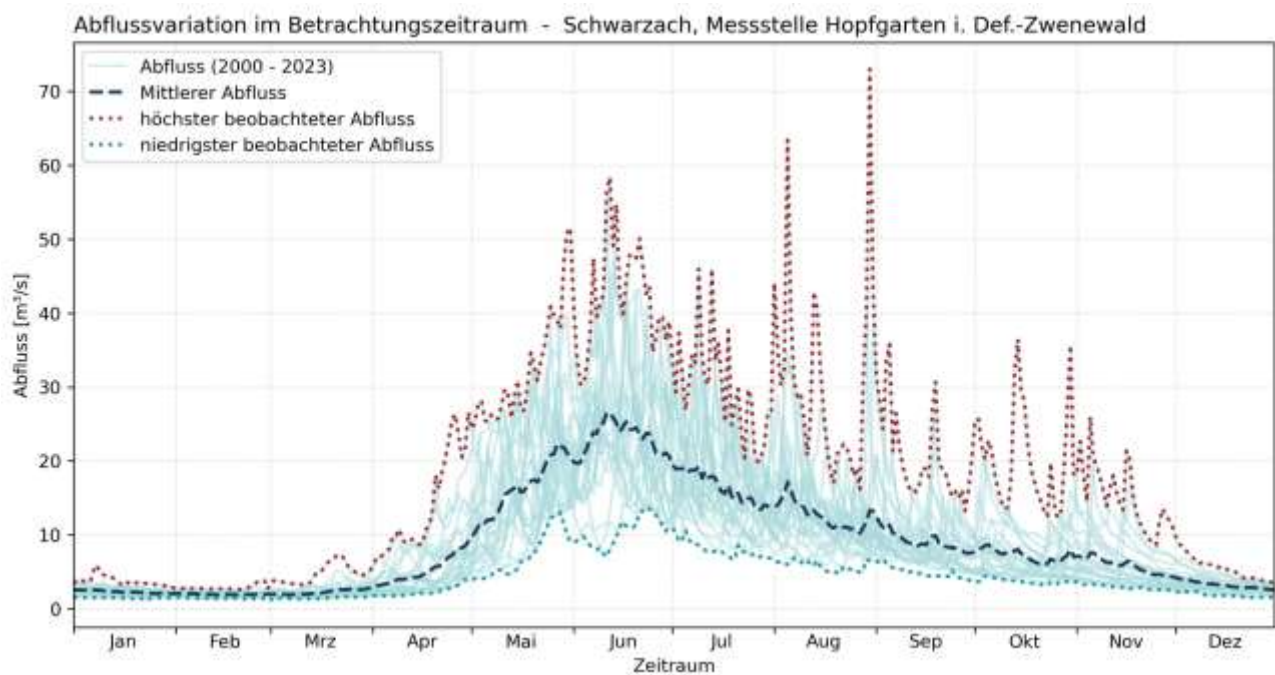


Abb. A 396: Tägliche Abflussvariation der Schwarzach(Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald) im Jahresverlauf.

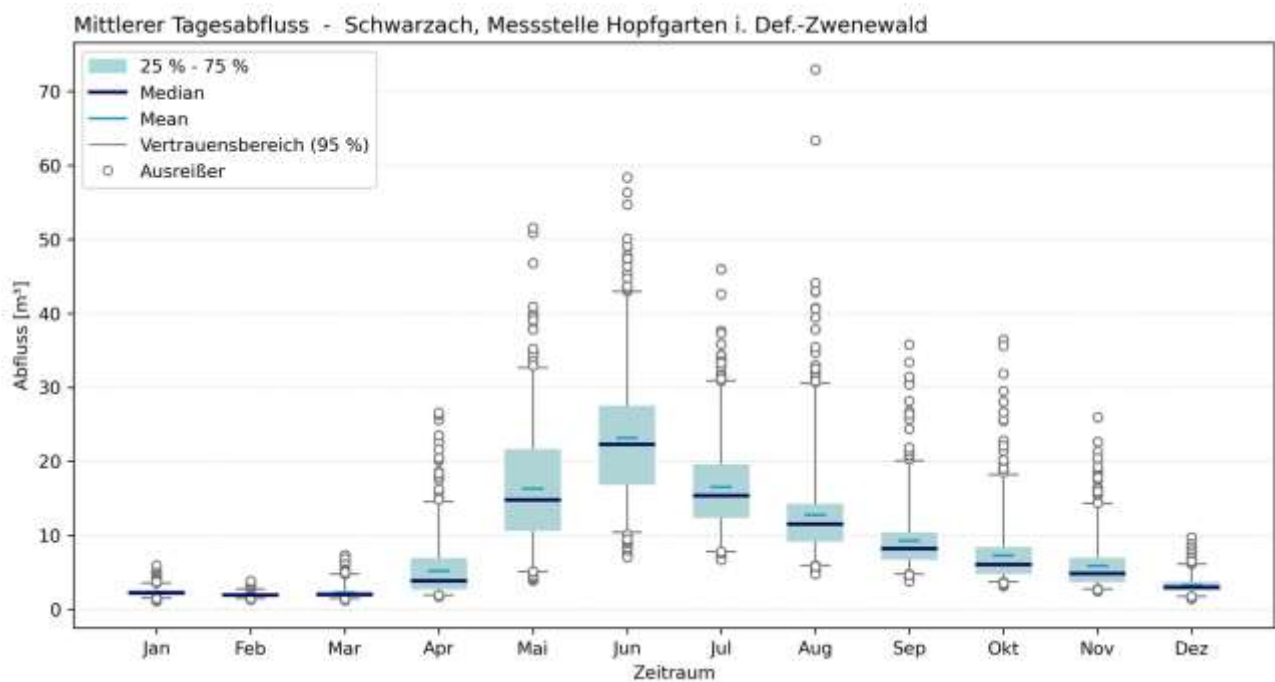


Abb. A 397: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Schwarzach (Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald) als Monatswerte.

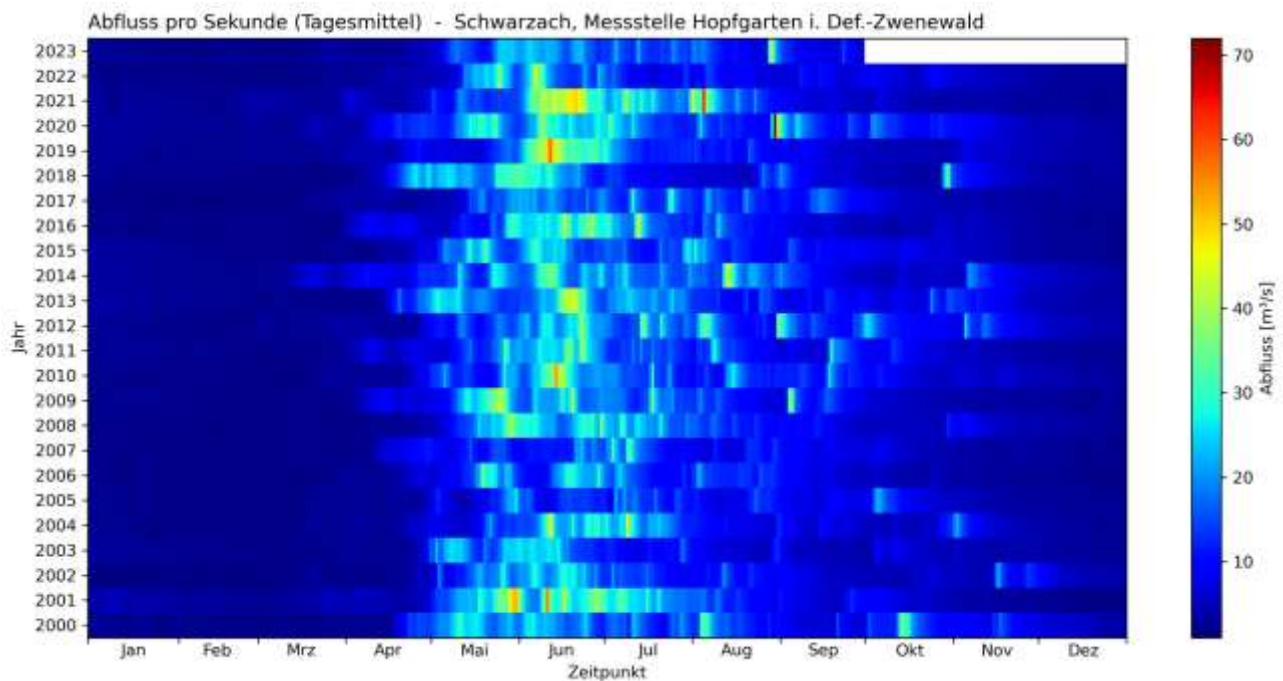


Abb. A 398: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Schwarzach, Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

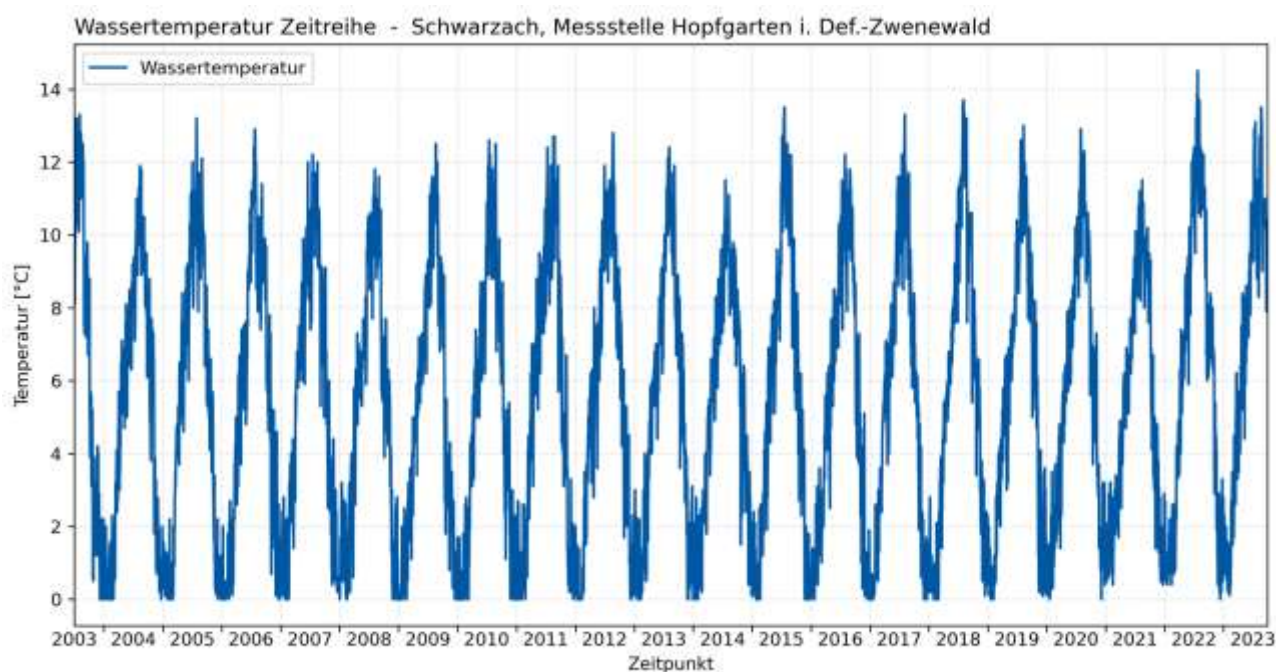


Abb. A 399: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Schwarzach (Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald) über den verfügbaren Zeitraum.

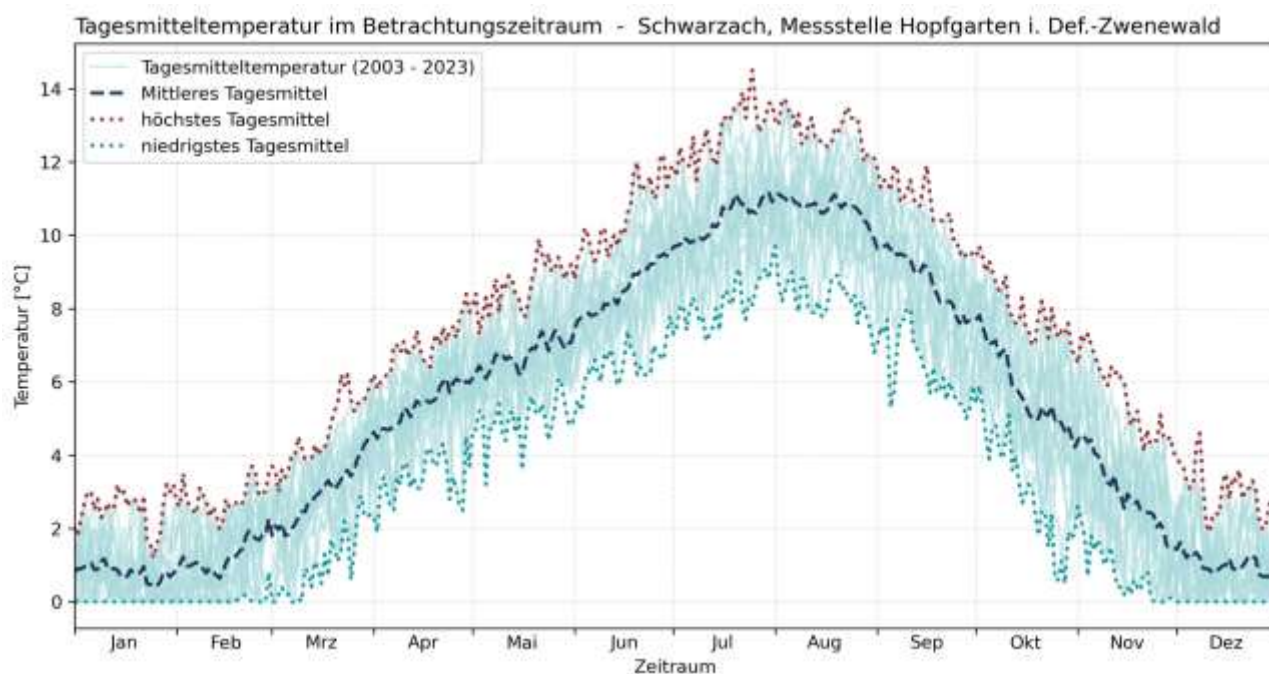


Abb. A 400: Tägliche Temperaturvariation der Schwarzach (Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald) im Jahresverlauf.

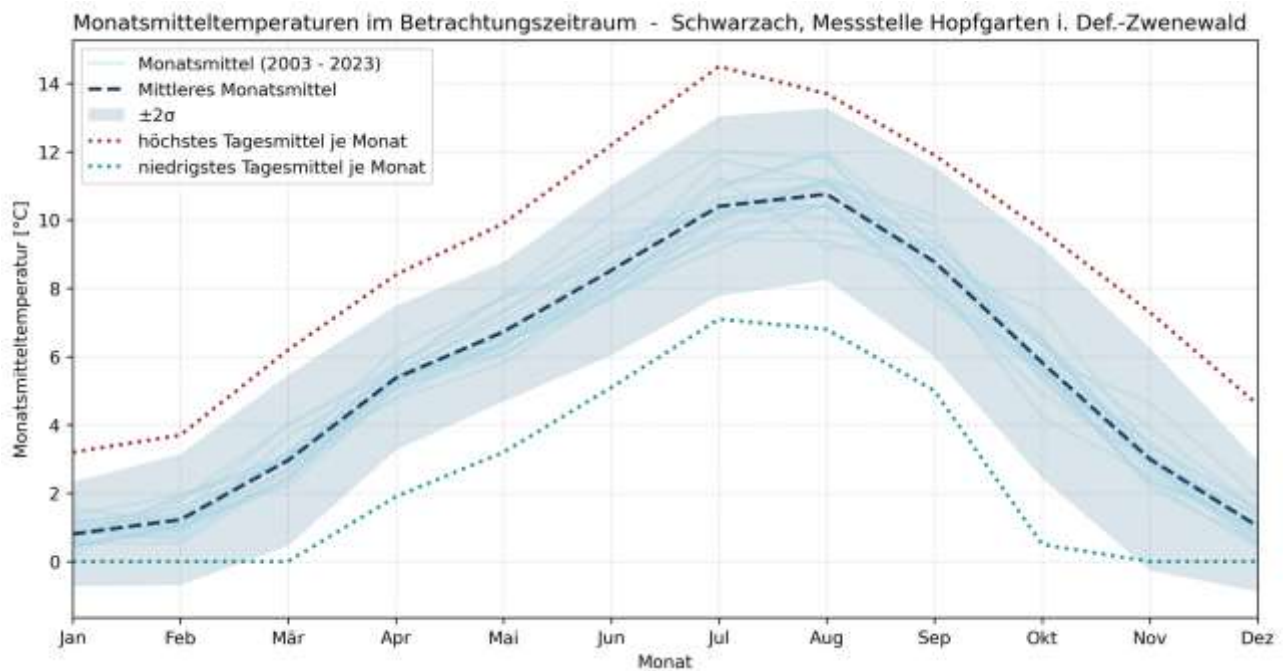


Abb. A 401: Monatsmitteltemperaturen für die Schwarzach, Messstelle Hopfgarten i Def Zwenewald. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

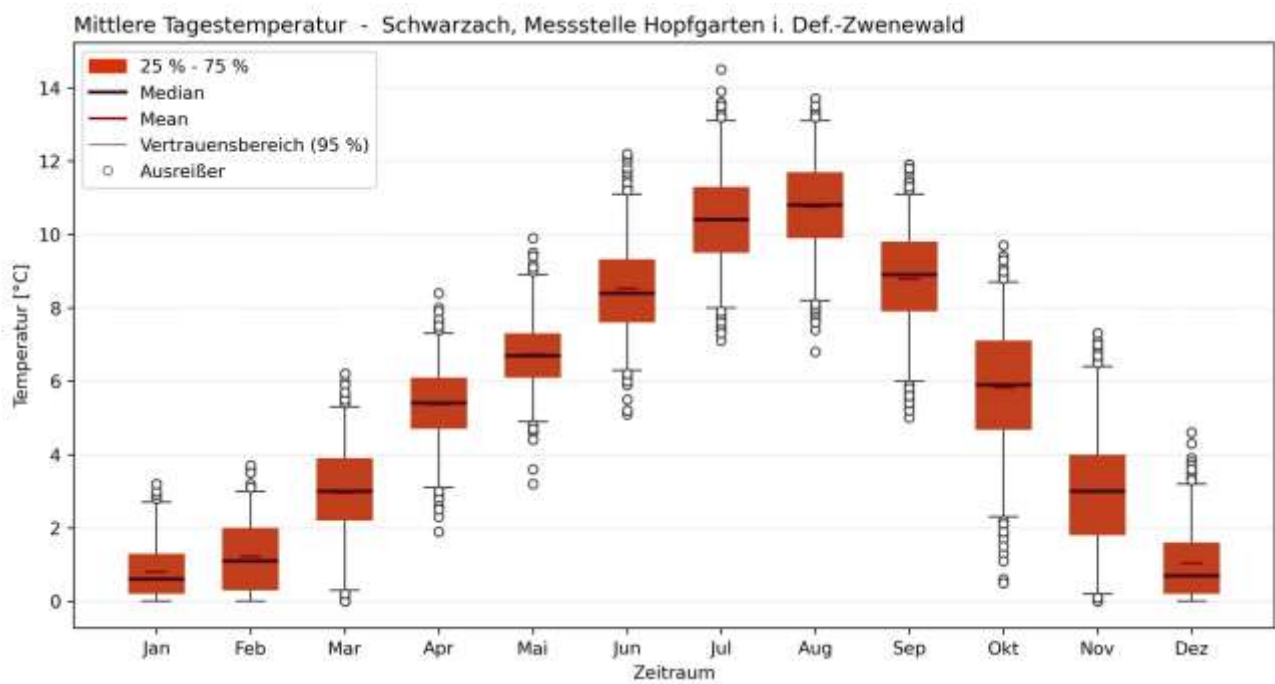


Abb. A 402: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Schwarzach (Messstelle, Hopfgarten i Def Zwenewald).

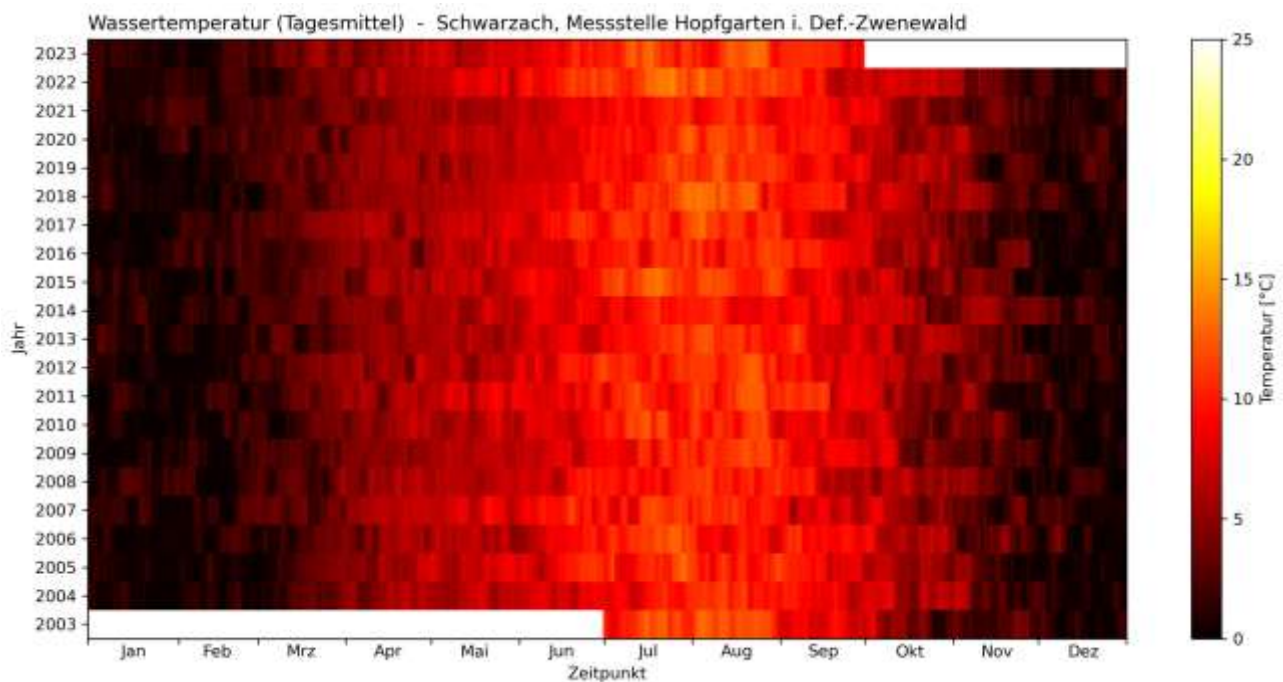


Abb. A 403: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Schwarzach (Messstelle Hopfgarten i. Def. Zwenewald). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

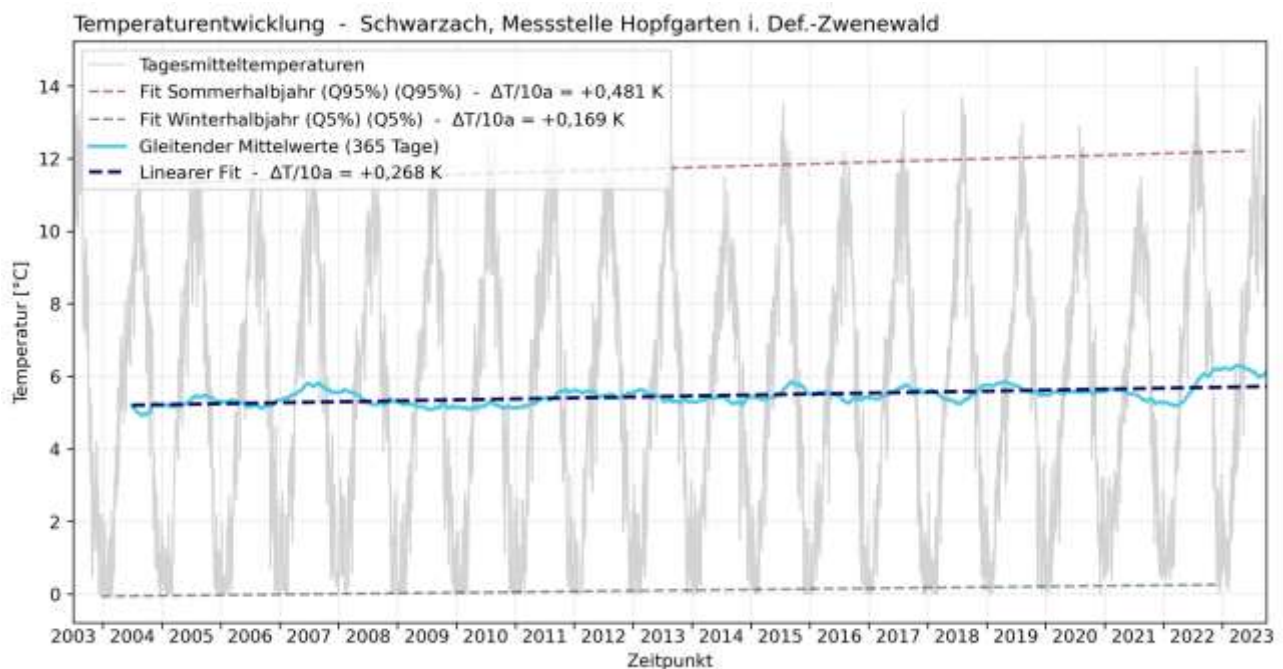


Abb. A 404: Temperaturentwicklung der Schwarzach, Messstelle Hopfgarten i. Def. Zwenewald, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.30. Sill

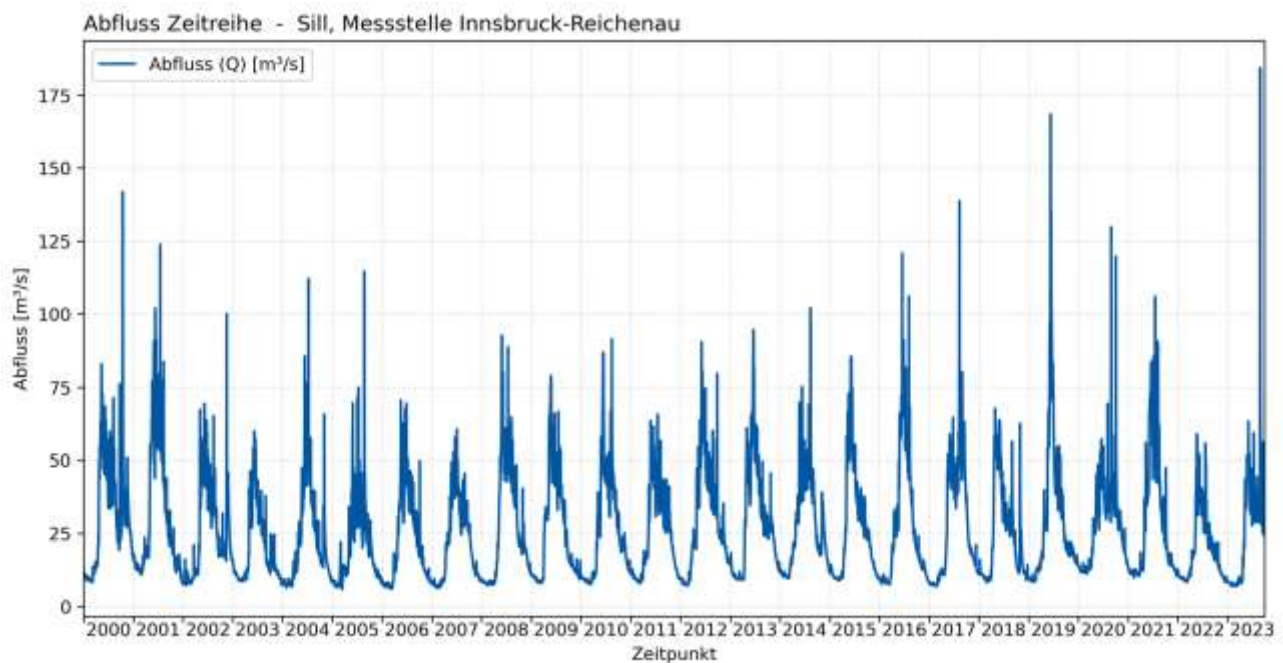


Abb. A 405: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Sill, Messstelle Innsbruck Reichenau über den verfügbaren Zeitraum.

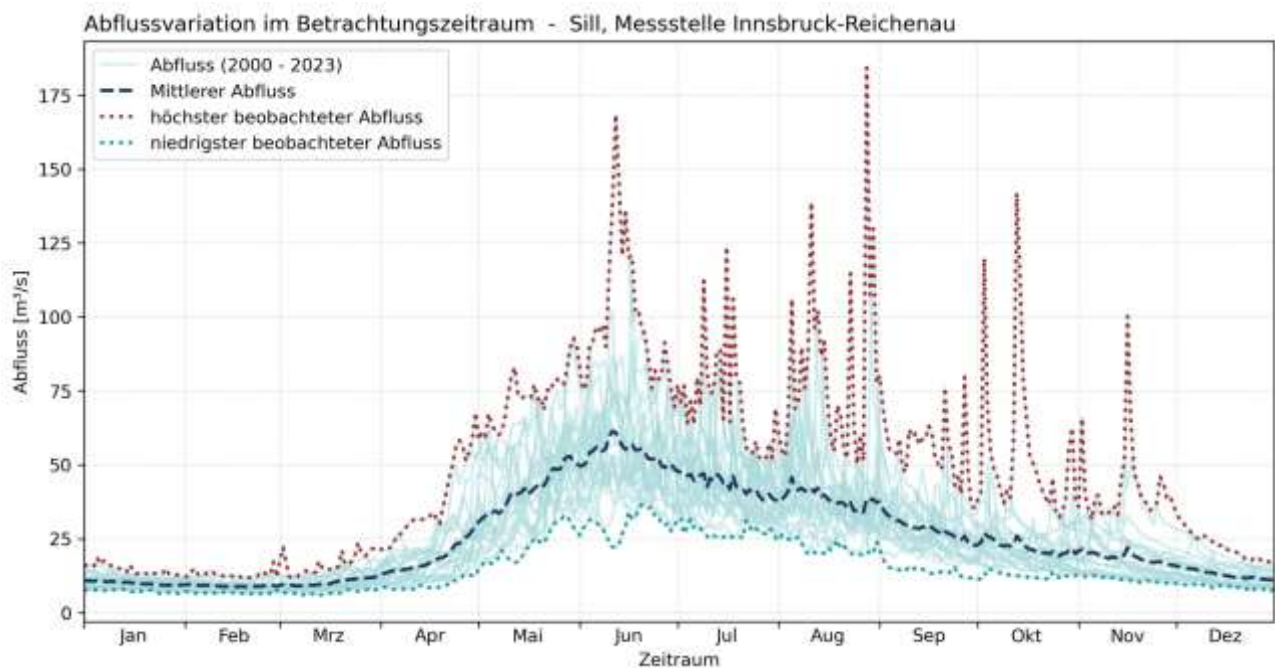


Abb. A 406: Tägliche Abflussvariation der Sill(Messstelle Innsbruck Reichenau) im Jahresverlauf.

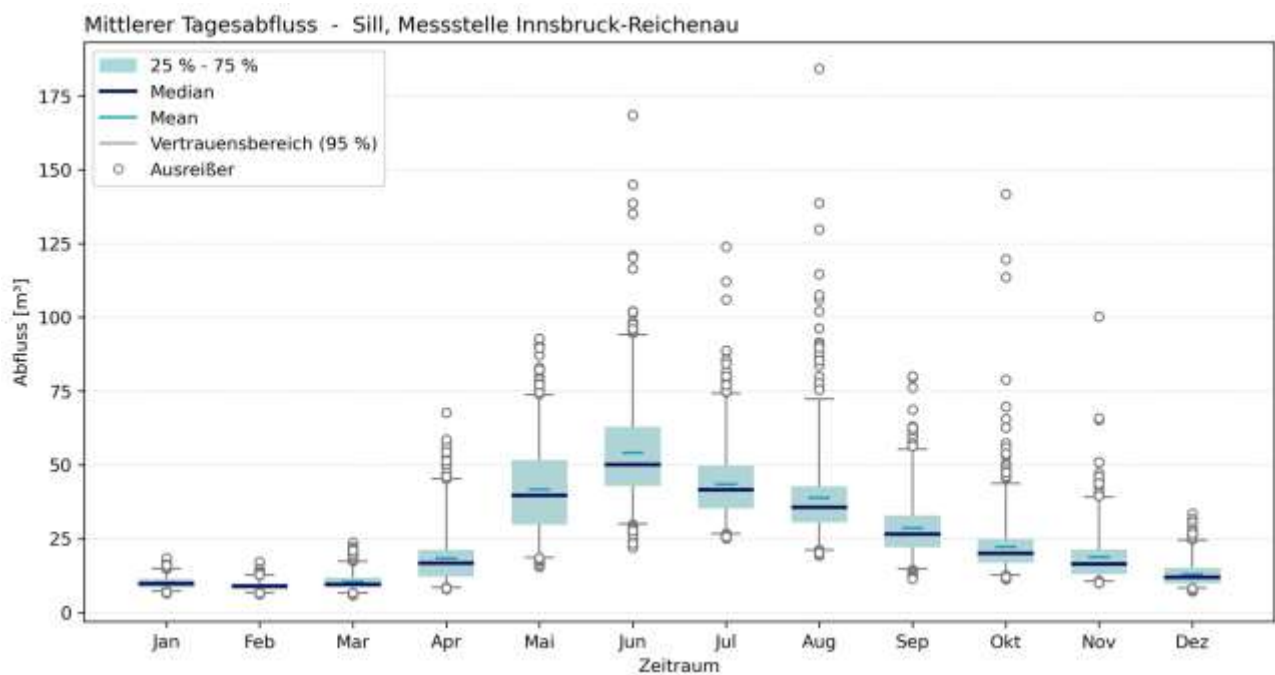


Abb. A 407: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Sill (Messstelle Innsbruck Reichenau) als Monatswerte.

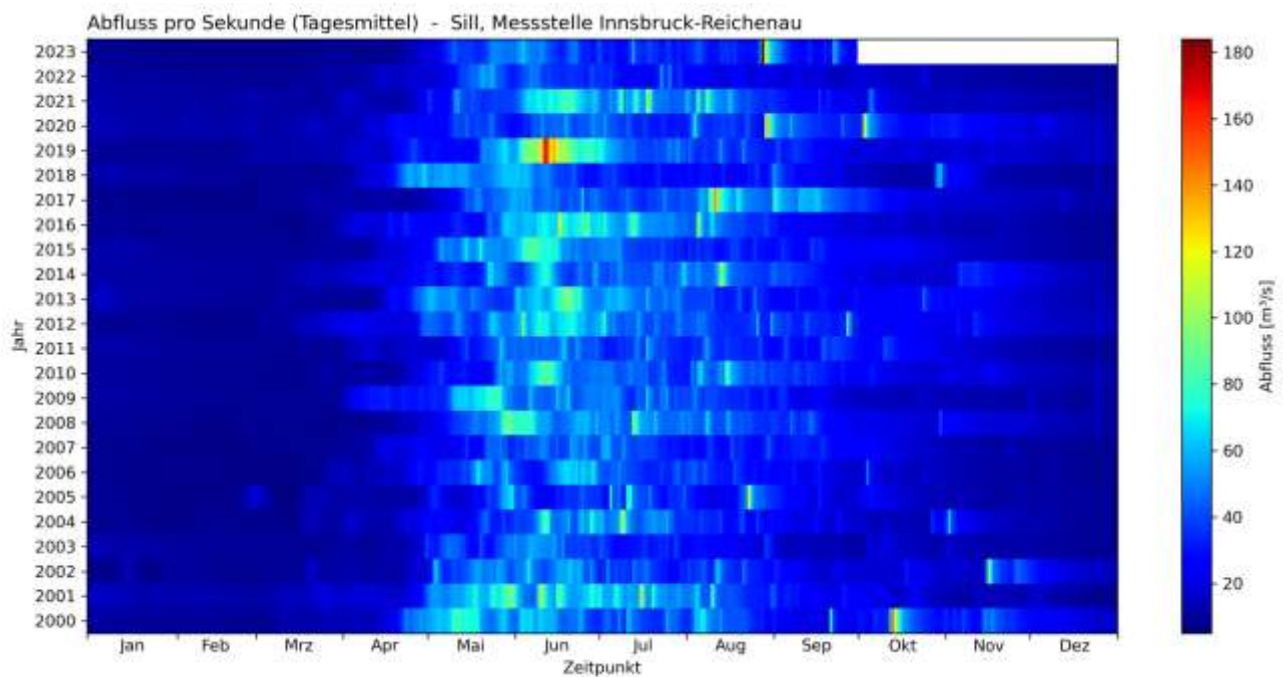


Abb. A 408: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Sill, Messstelle Innsbruck Reichenau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

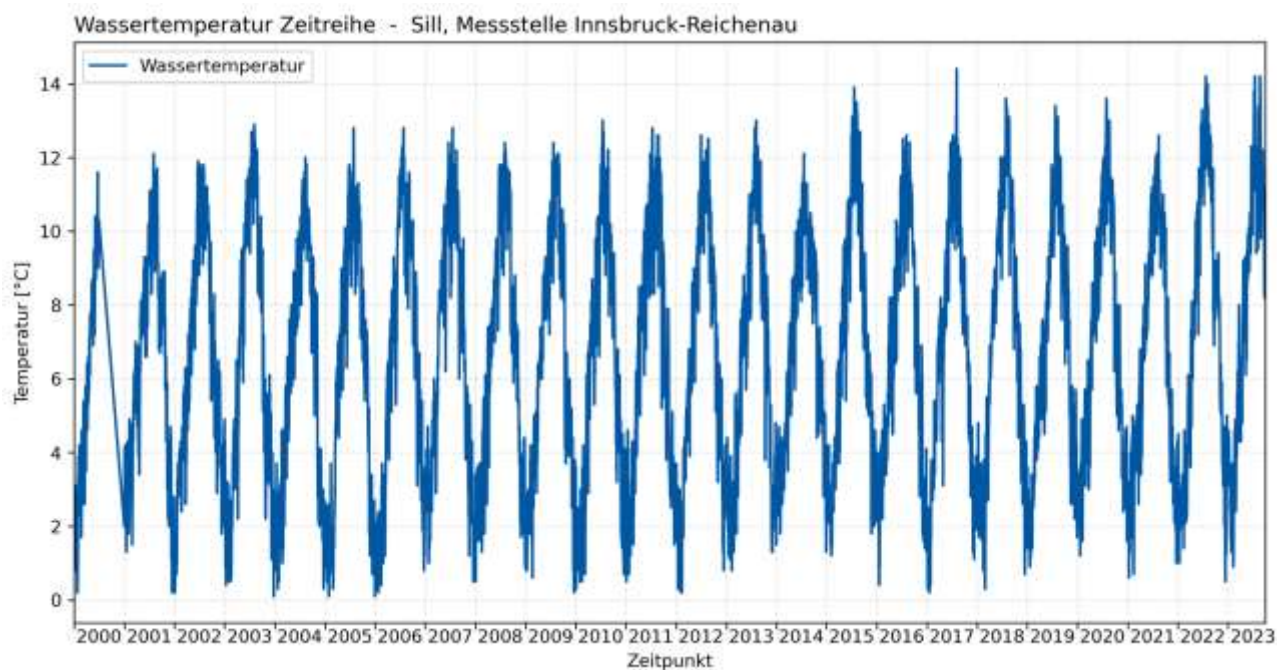


Abb. A 409: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Sill (Messstelle Innsbruck Reichenau) über den verfügbaren Zeitraum.

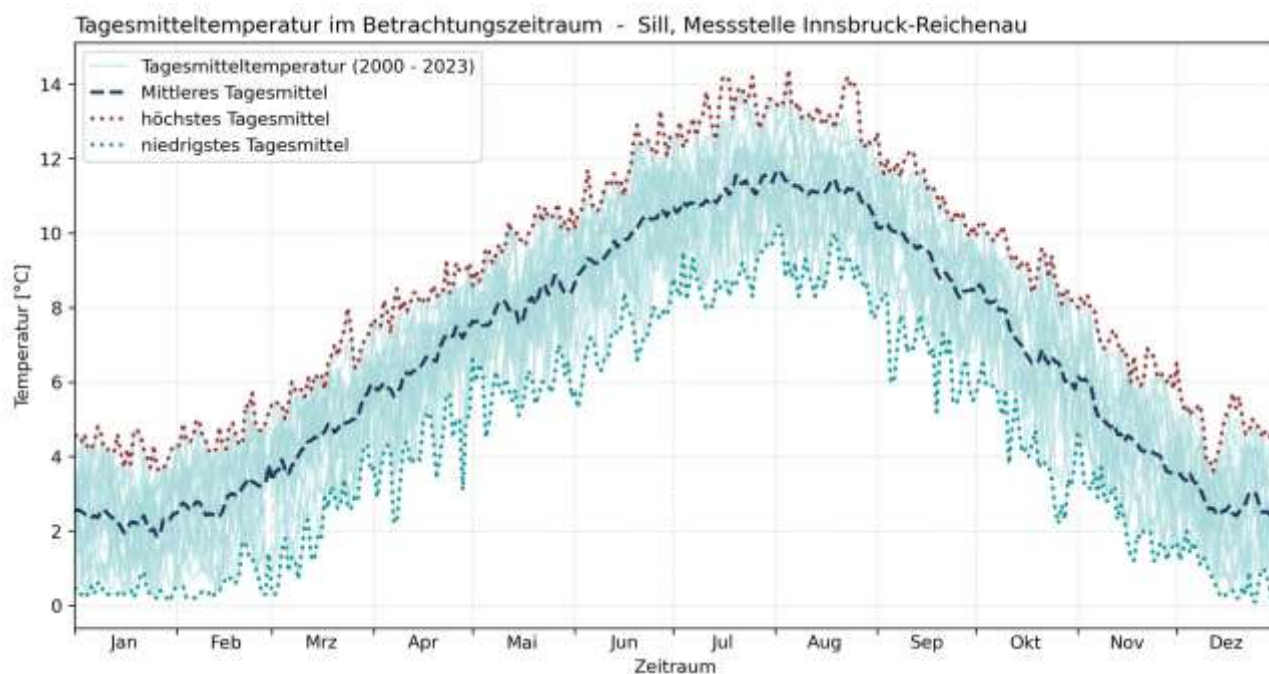


Abb. A 410: Tägliche Temperaturvariation der Sill (Messstelle Innsbruck Reichenau) im Jahresverlauf.

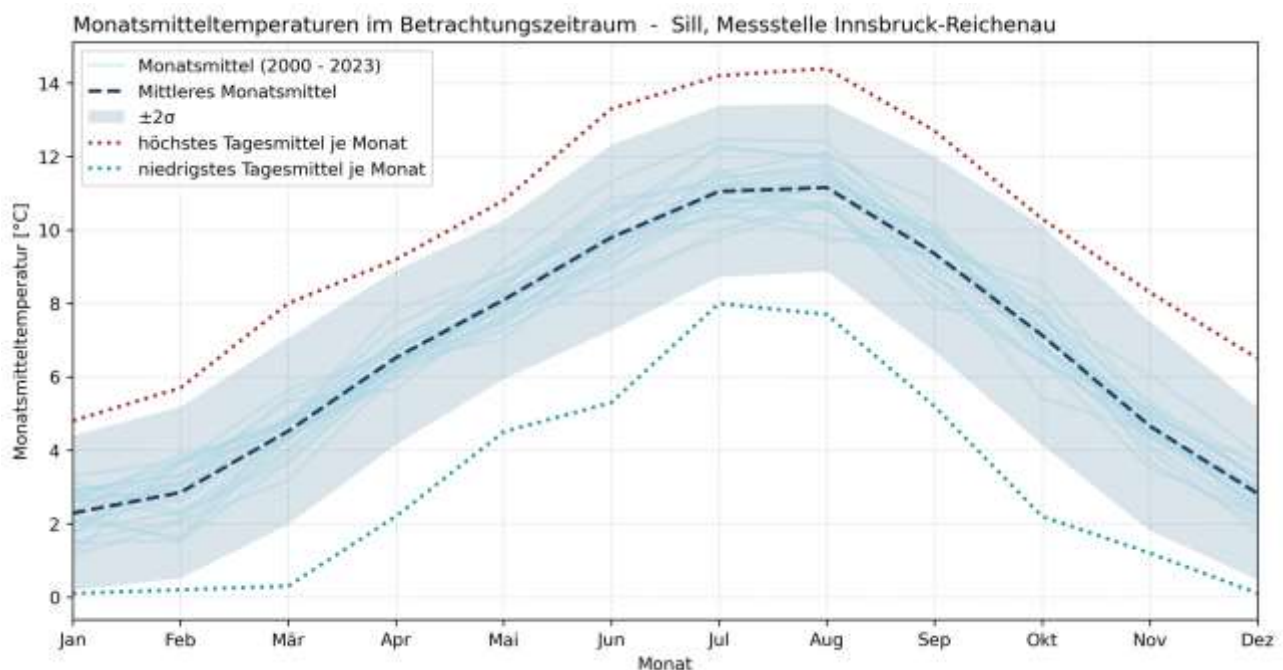


Abb. A 411: Monatsmitteltemperaturen für die Sill, Messstelle Innsbruck Reichenau. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

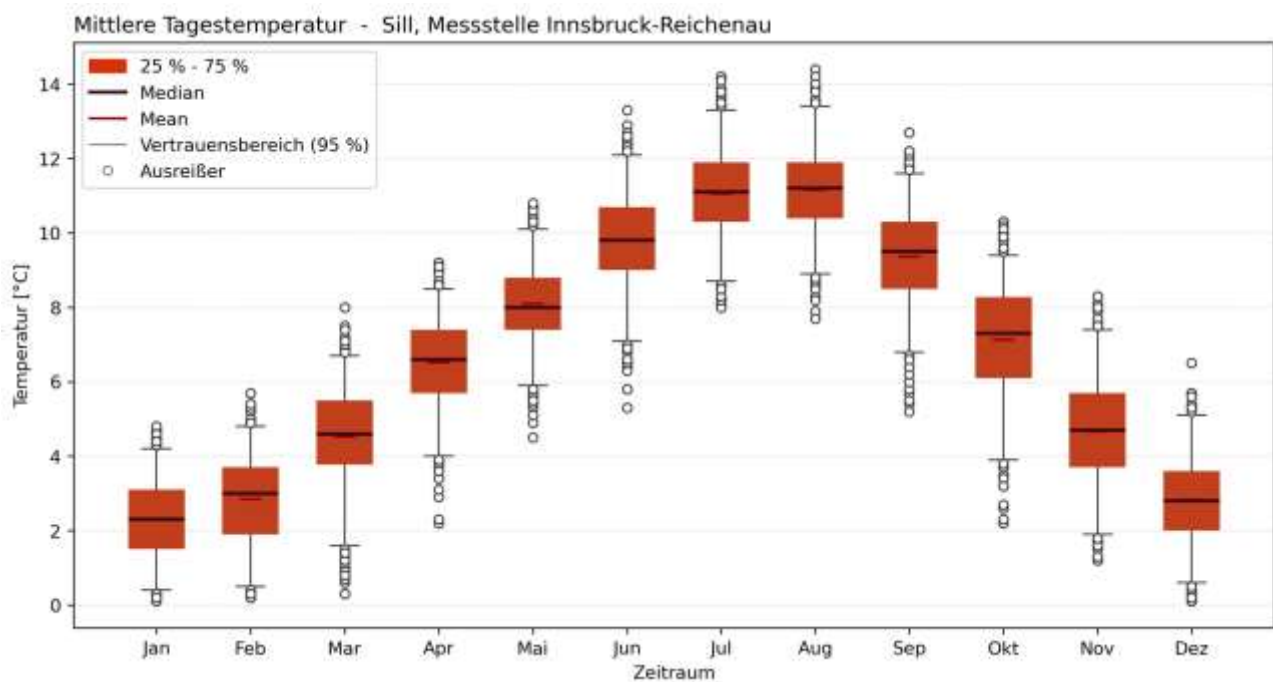


Abb. A 412: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Sill (Messstelle, Innsbruck Reichenau).

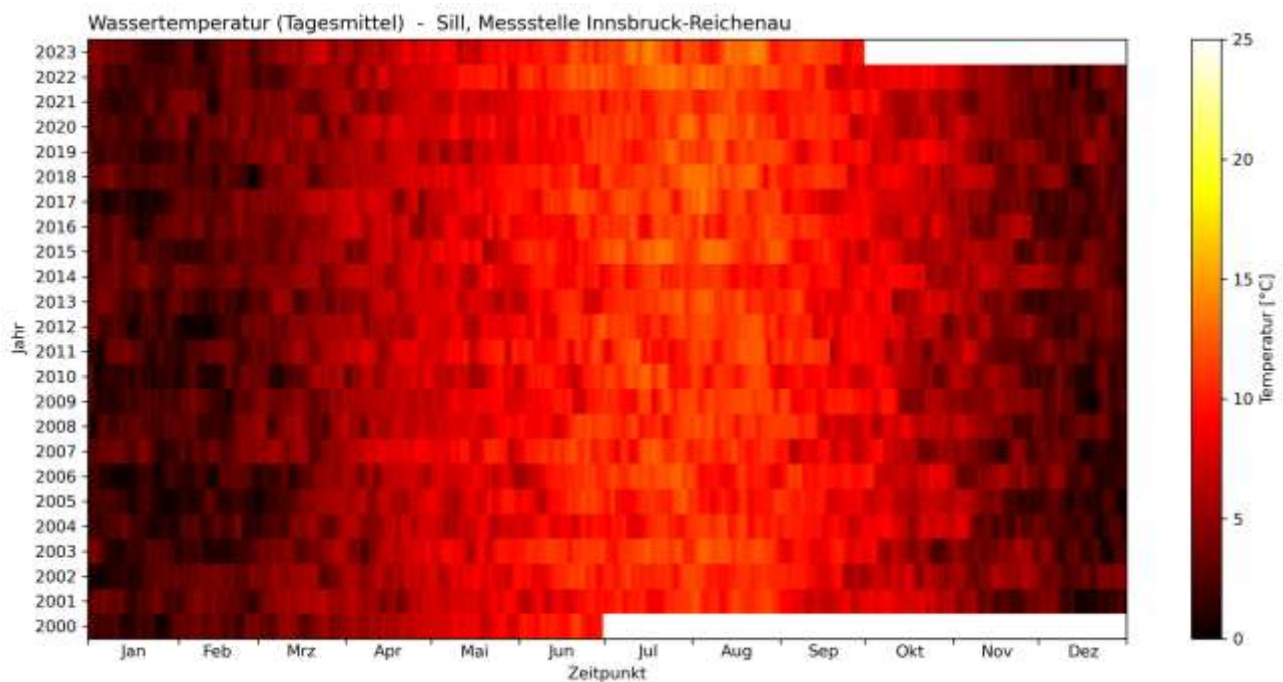


Abb. A 413: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Sill (Messstelle Innsbruck Reichenau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

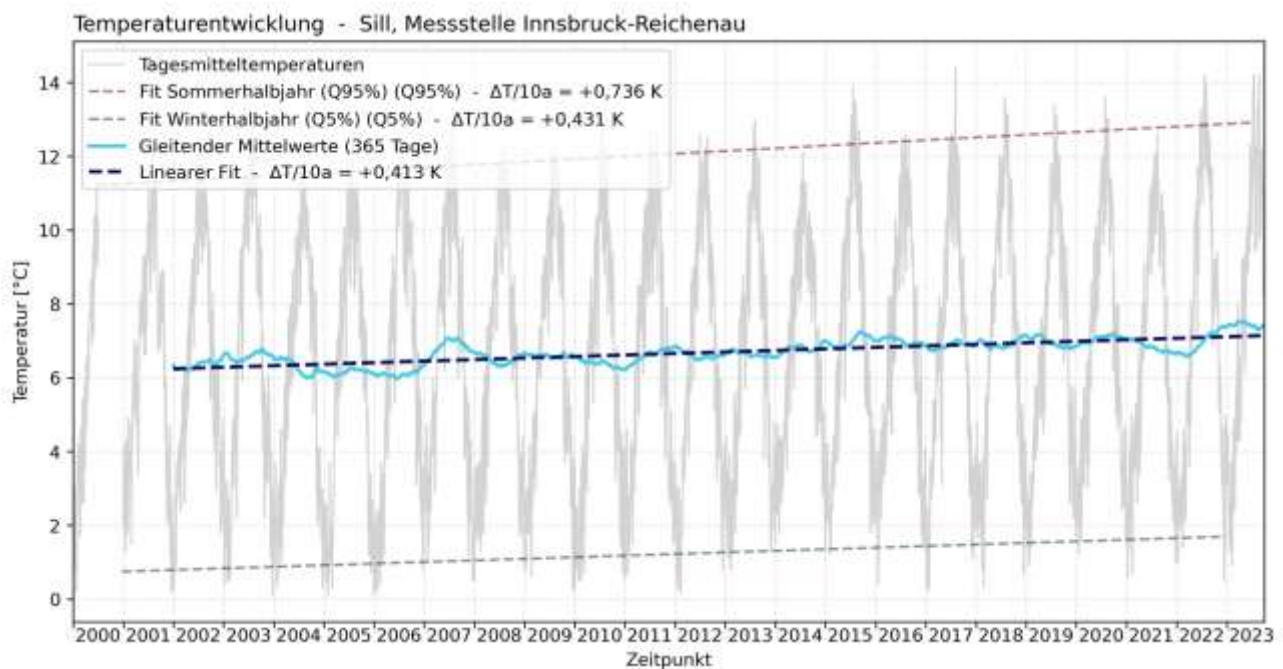


Abb. A 414: Temperaturentwicklung der Sill, Messstelle Innsbruck Reichenau, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

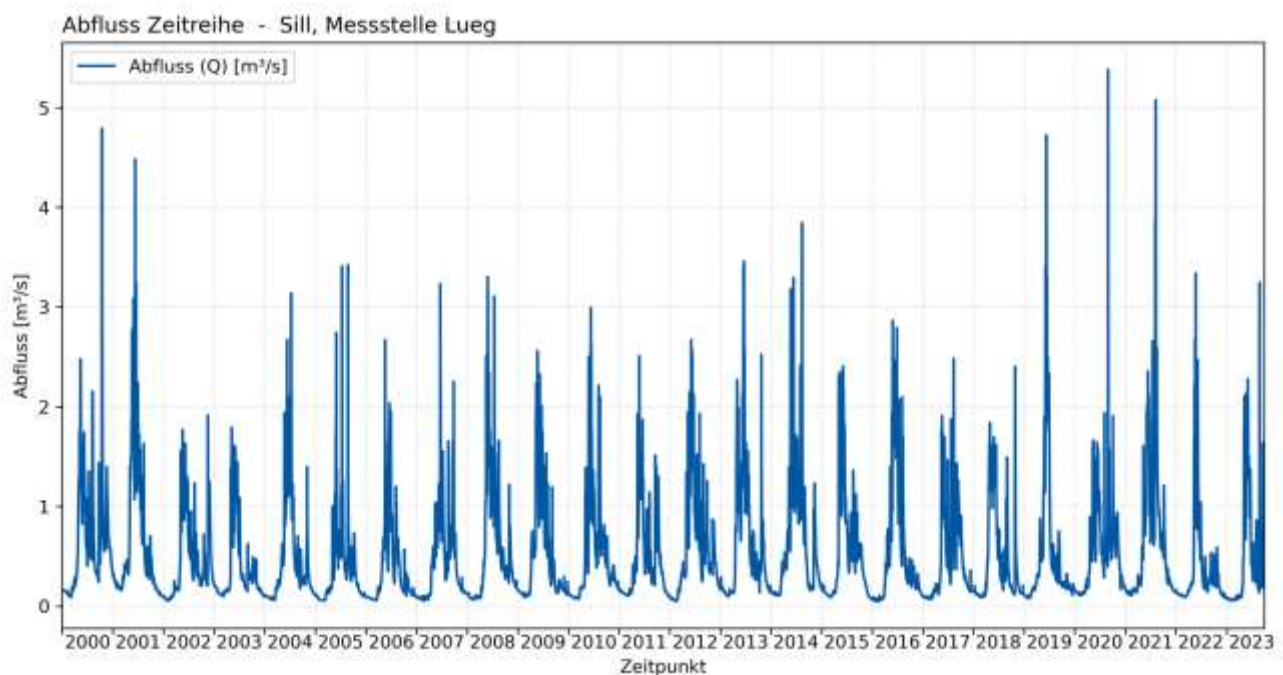


Abb. A 415: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Sill, Messstelle Lueg über den verfügbaren Zeitraum.

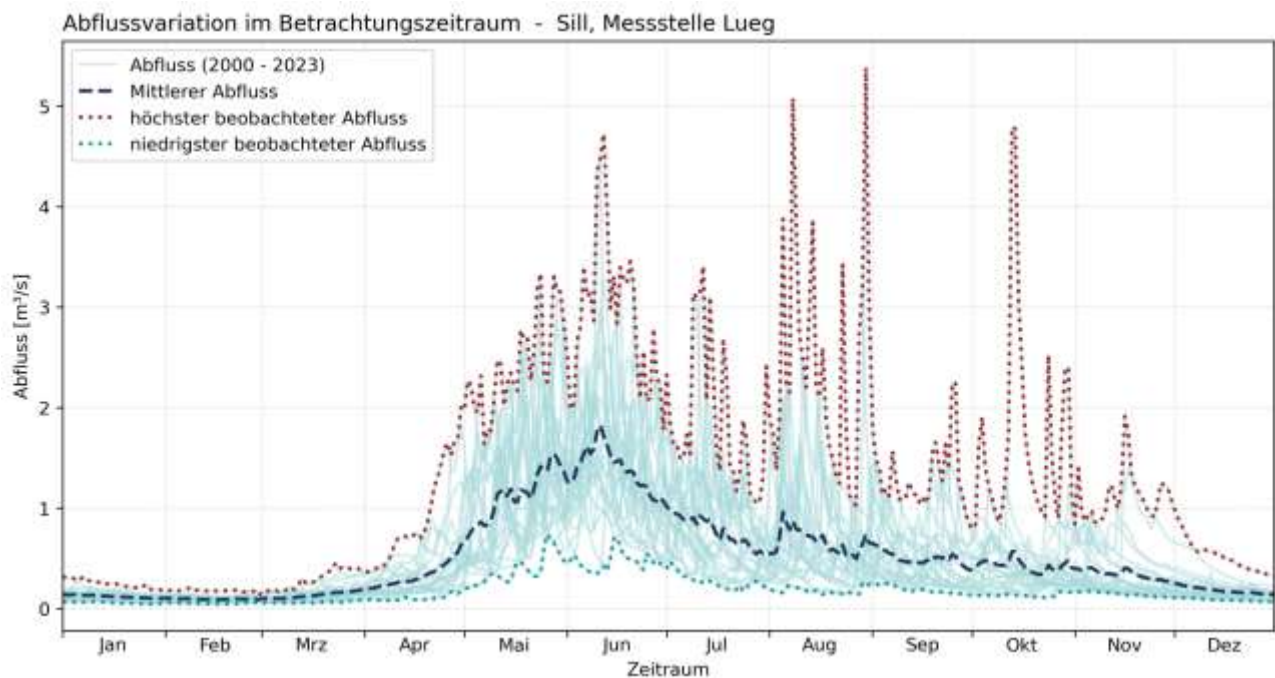


Abb. A 416: Tägliche Abflussvariation der Sill(Messstelle Lueg) im Jahresverlauf.

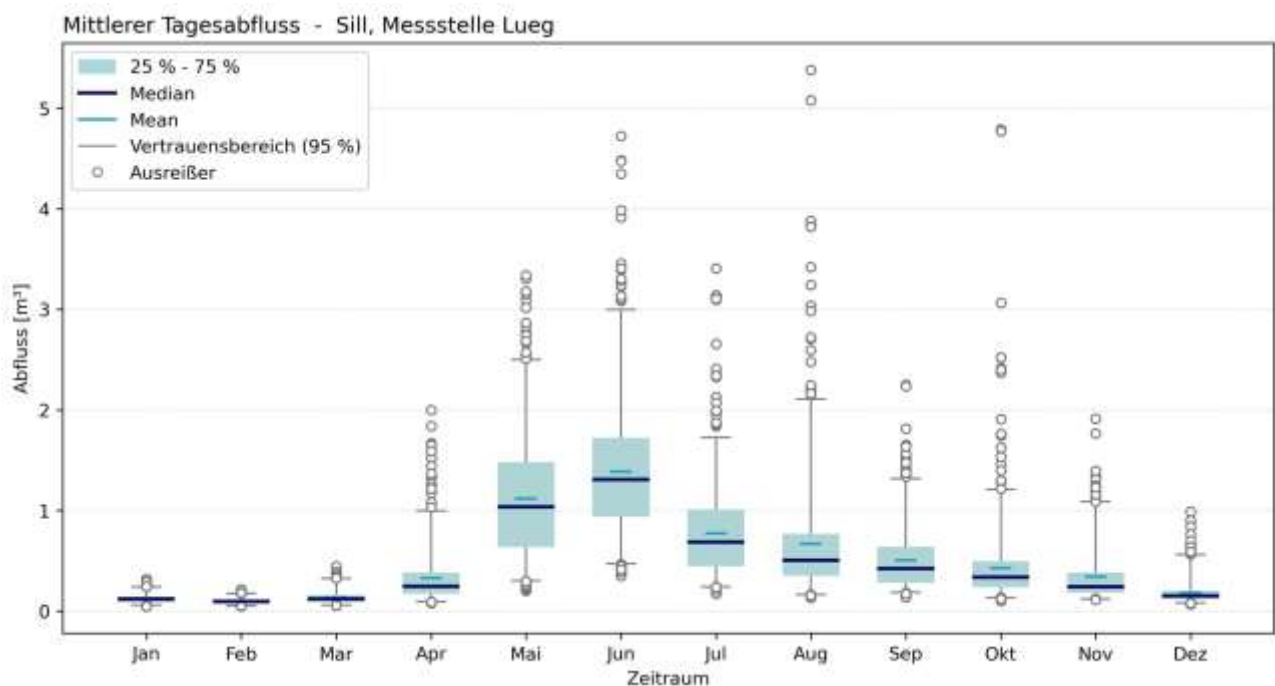


Abb. A 417: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Sill (Messstelle Lueg) als Monatswerte.

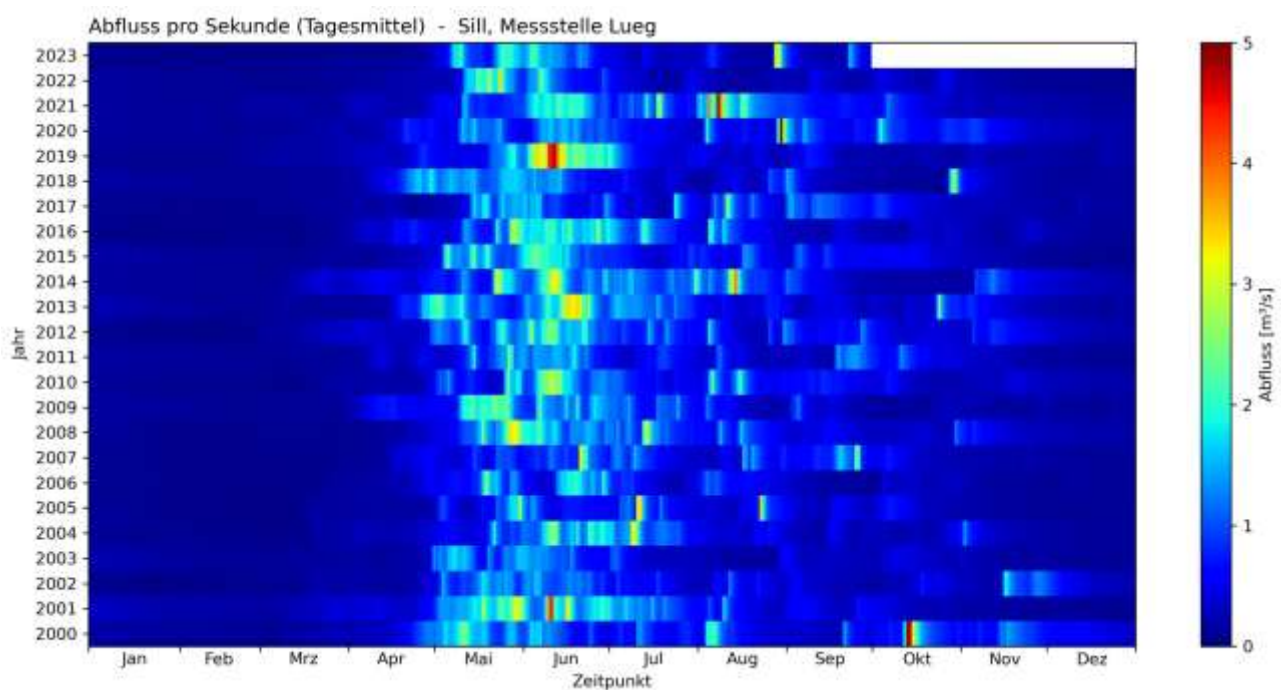


Abb. A 418: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Sill, Messstelle Lueg). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

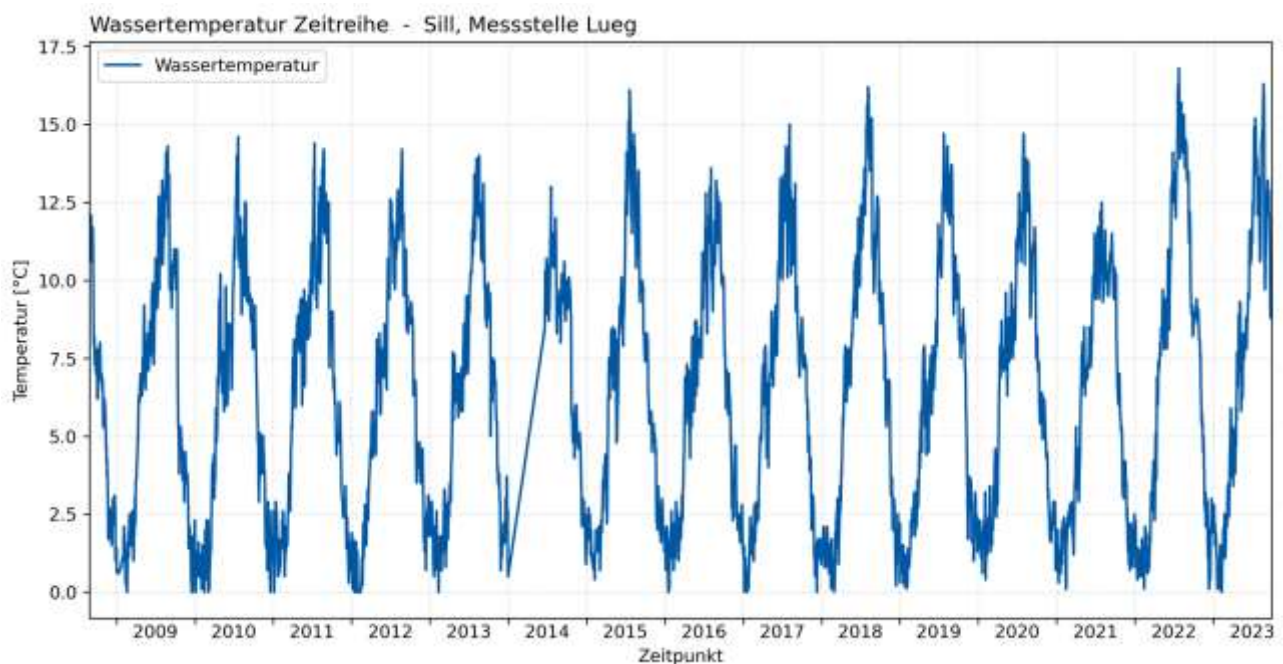


Abb. A 419: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Sill (Messstelle Lueg) über den verfügbaren Zeitraum.

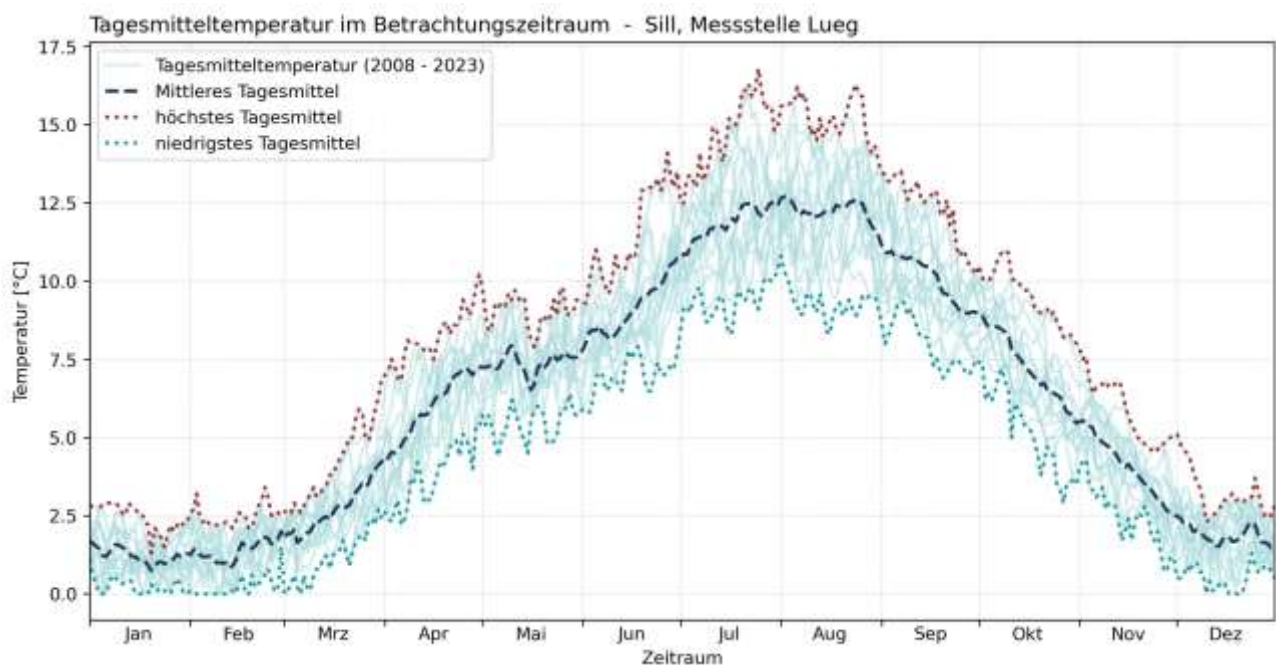


Abb. A 420: Tägliche Temperaturvariation der Sill (Messstelle Lueg) im Jahresverlauf.

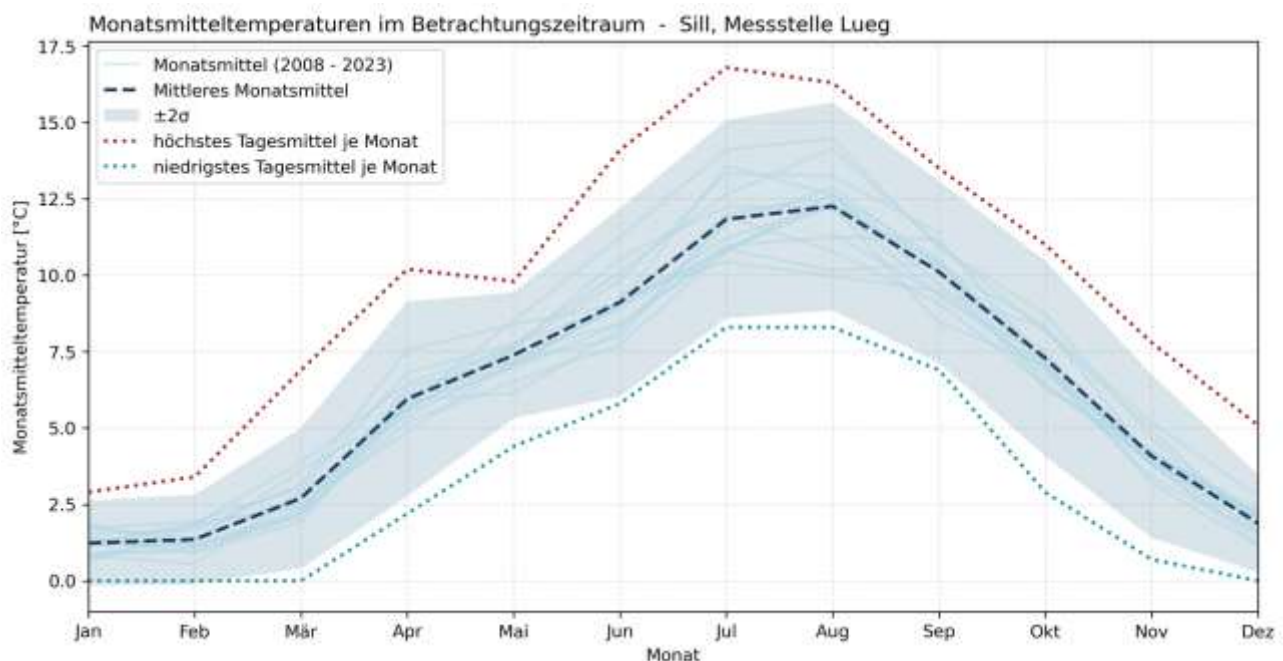


Abb. A 421: Monatsmitteltemperaturen für die Sill, Messstelle Lueg. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

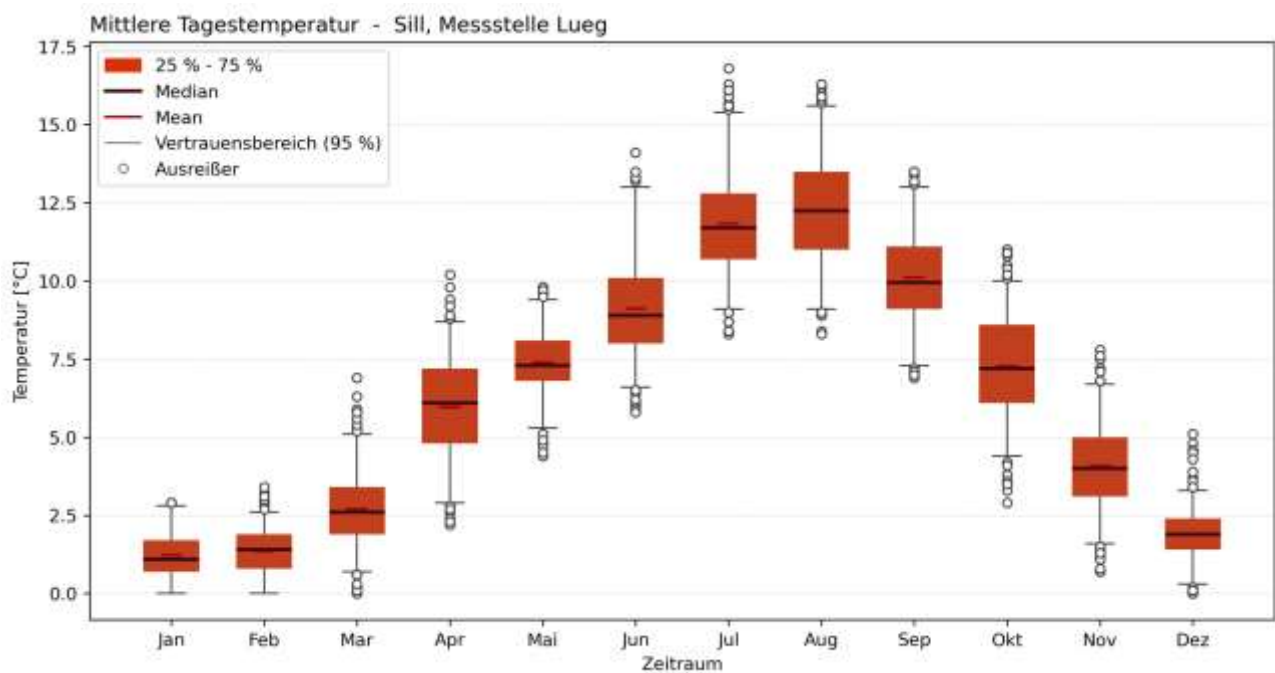


Abb. A 422: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Sill (Messstelle, Lueg).

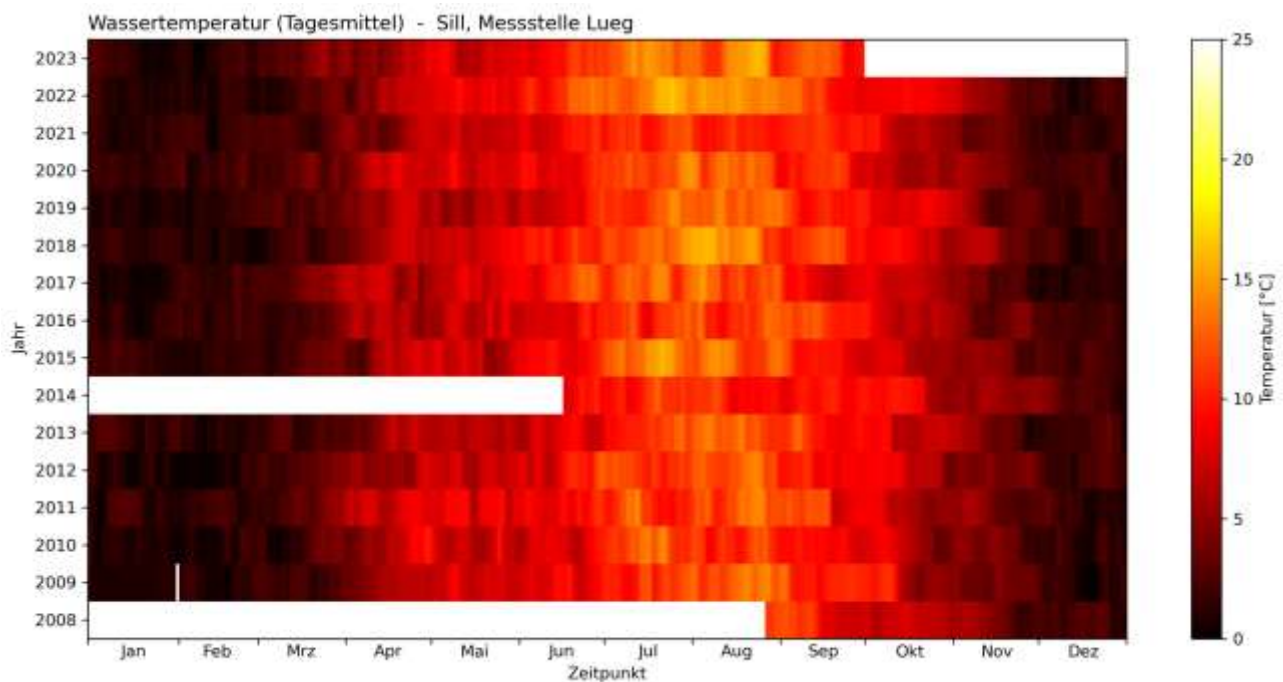


Abb. A 423: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Sill (Messstelle Lueg). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

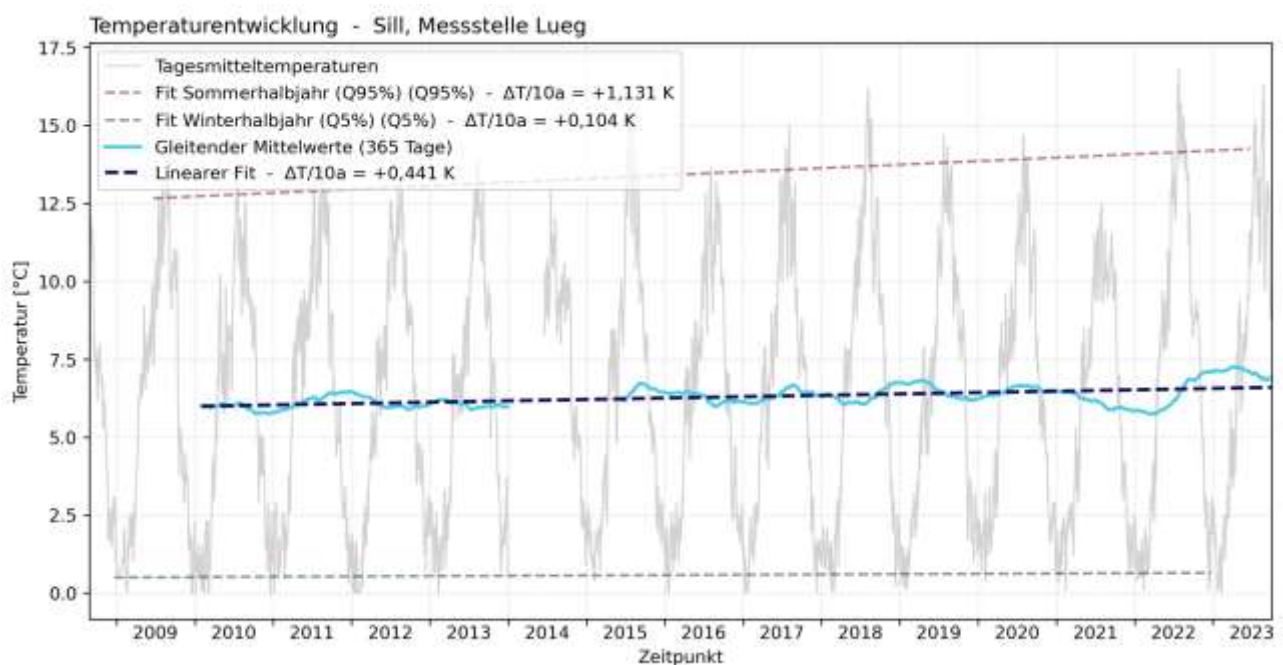


Abb. A 424: Temperaturentwicklung der Sill, Messstelle Lueg, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

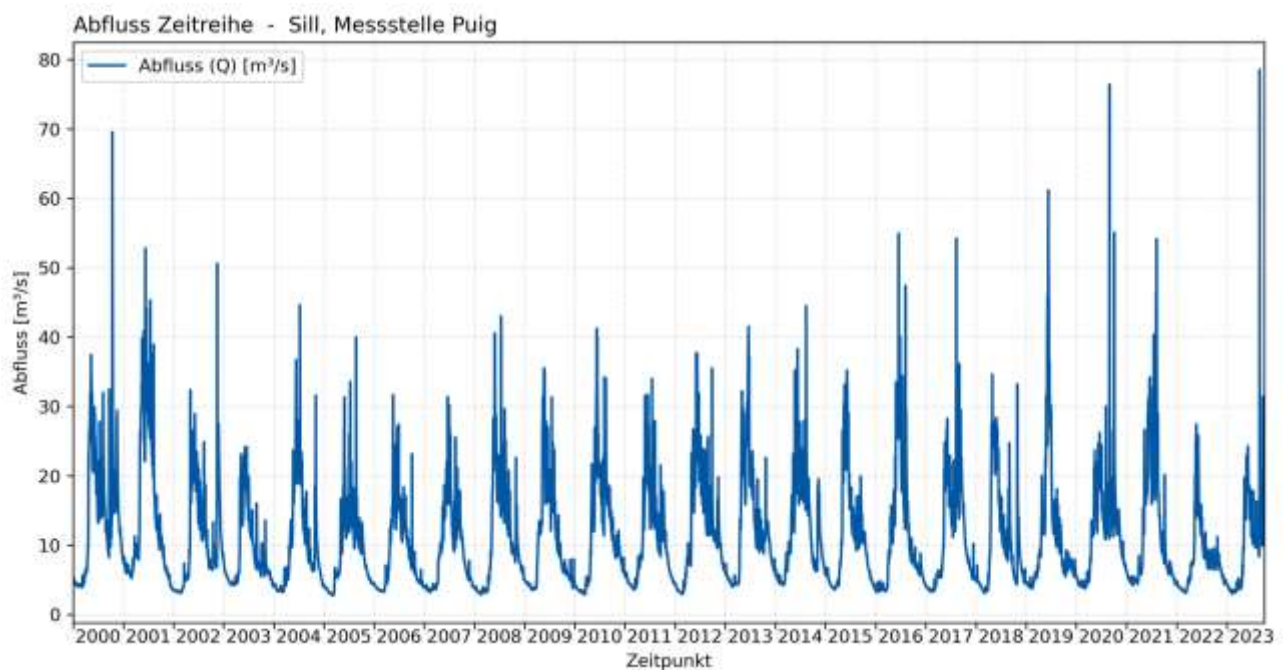


Abb. A 425: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Sill, Messstelle Puig über den verfügbaren Zeitraum.

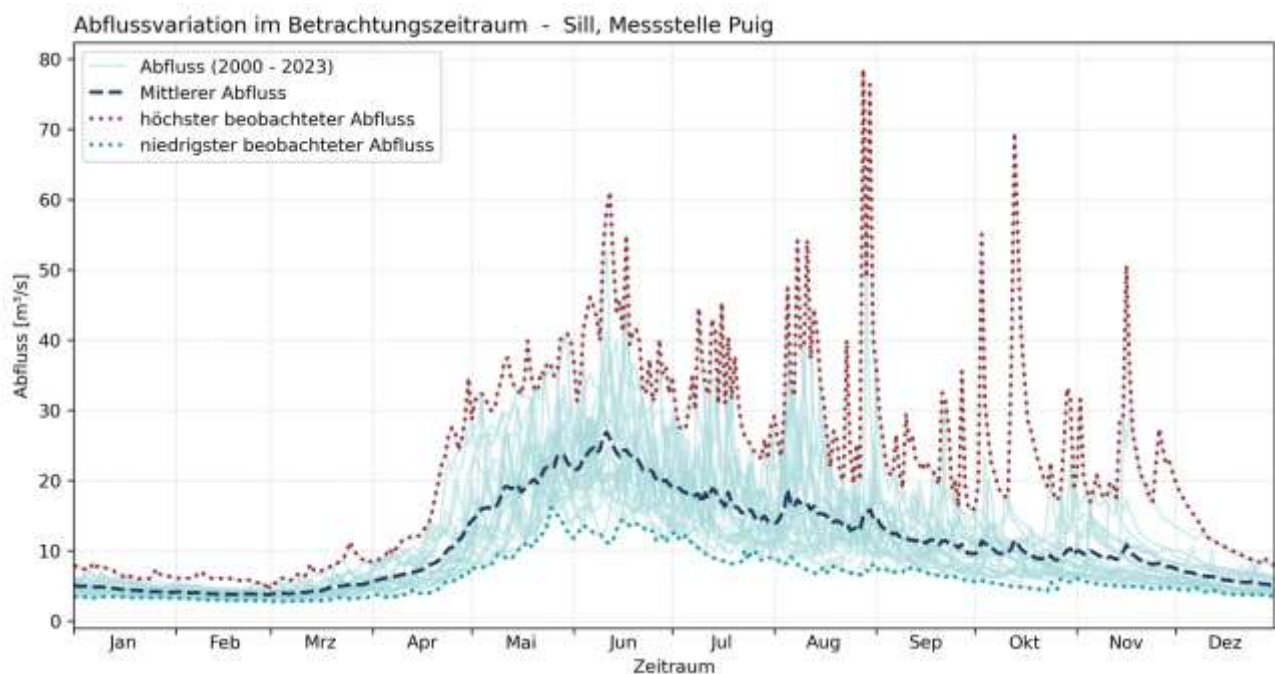


Abb. A 426: Tägliche Abflussvariation der Sill(Messstelle Puig) im Jahresverlauf.

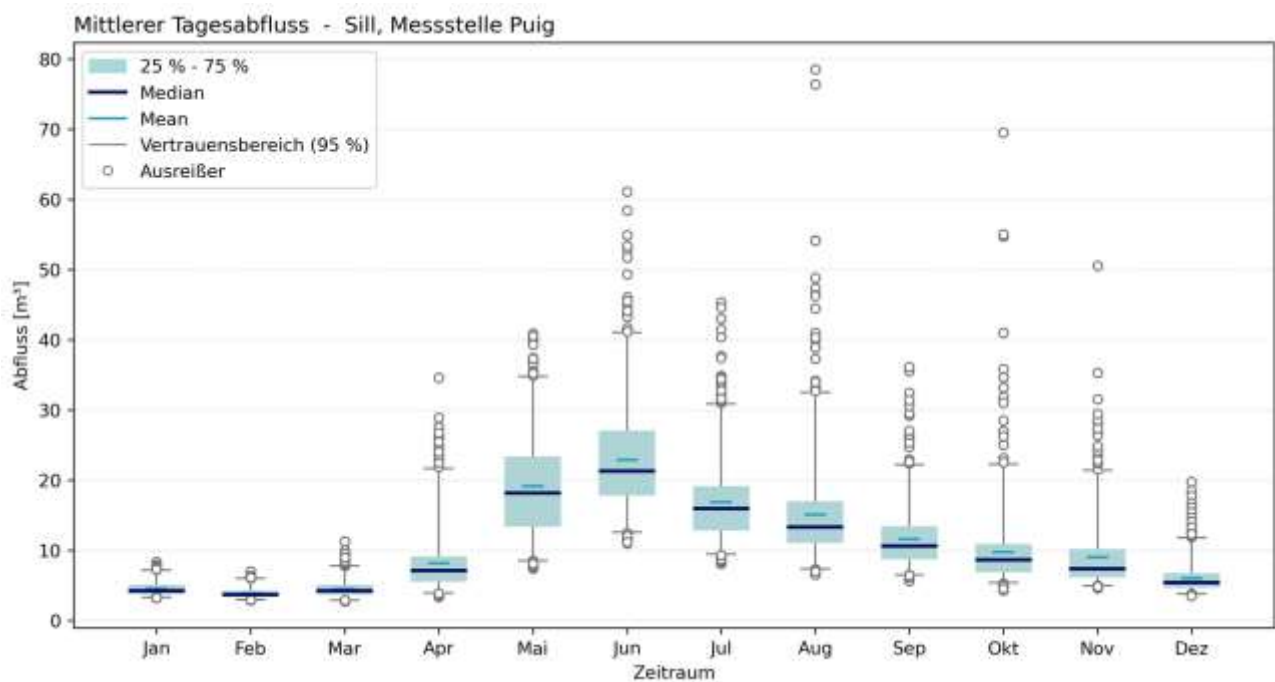


Abb. A 427: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Sill (Messstelle Puig) als Monatswerte.

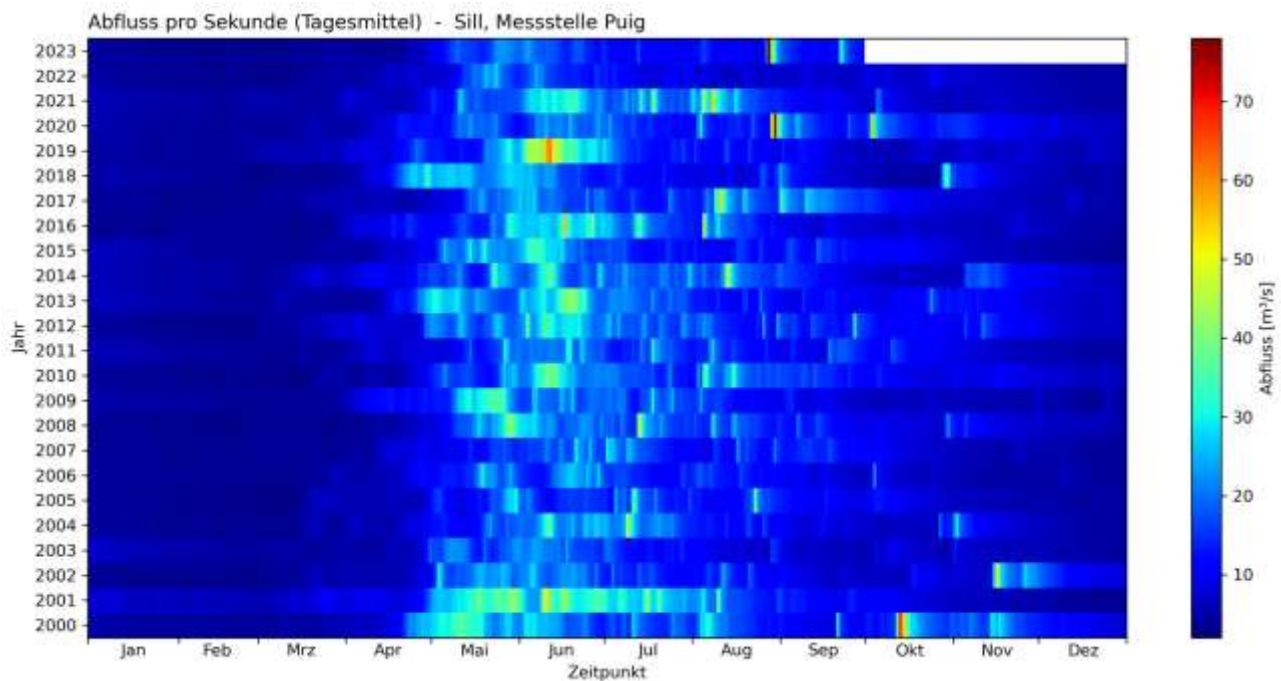


Abb. A 428: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Sill, Messstelle Puig). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

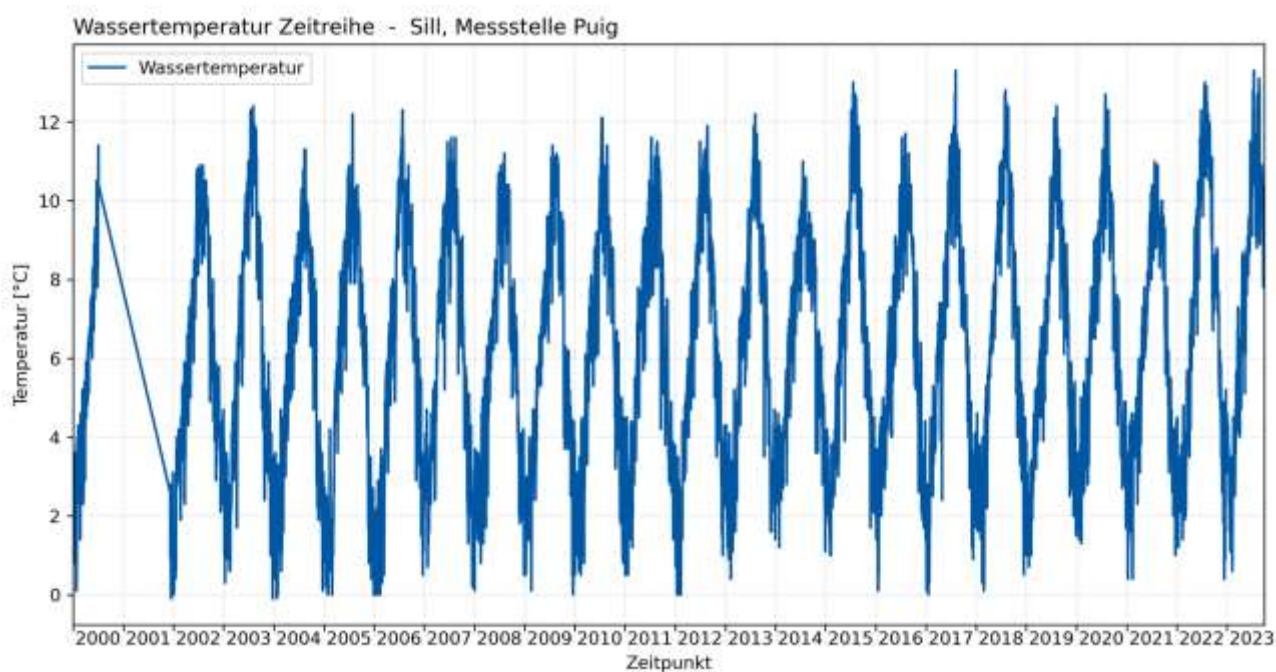


Abb. A 429: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Sill (Messstelle Puig) über den verfügbaren Zeitraum.

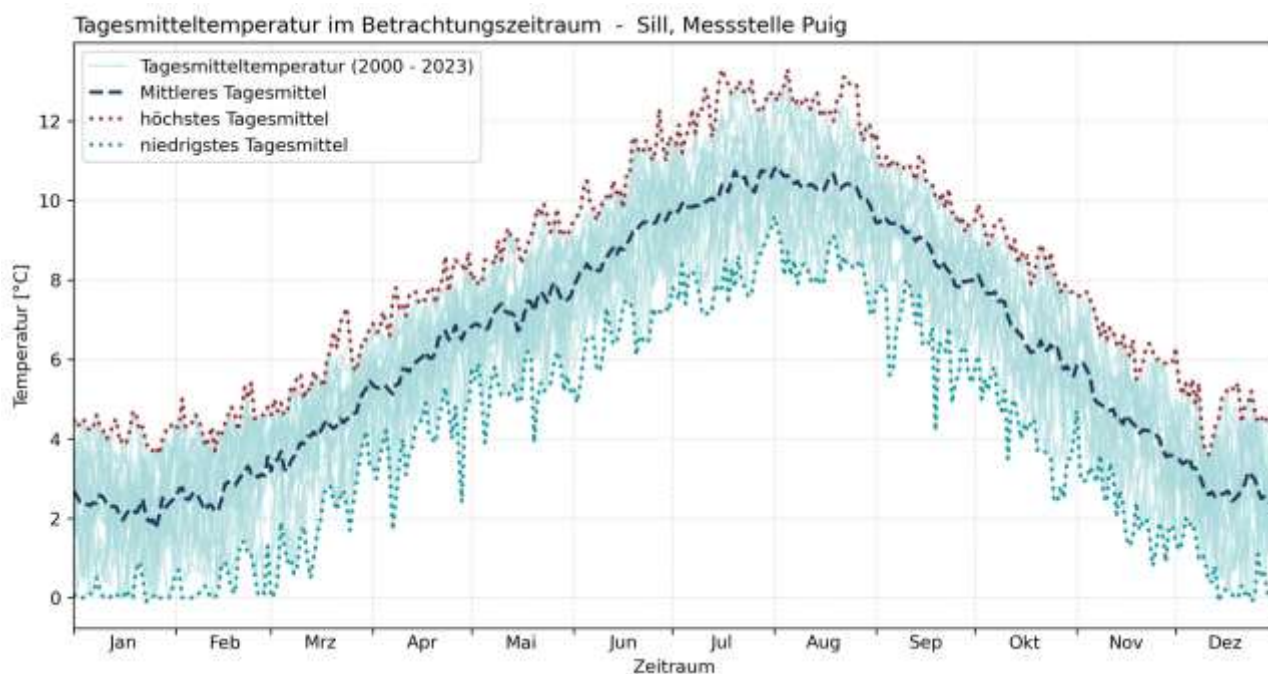


Abb. A 430: Tägliche Temperaturvariation der Sill (Messstelle Puig) im Jahresverlauf.

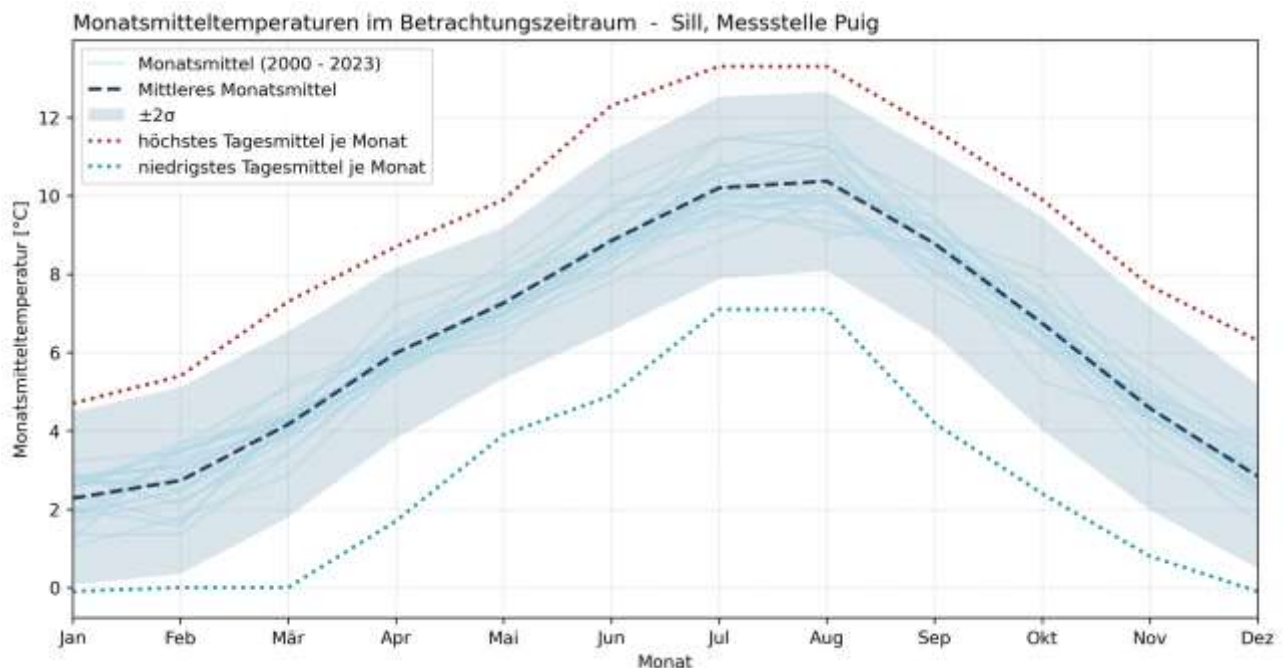


Abb. A 431: Monatsmitteltemperaturen für die Sill, Messstelle Puig. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

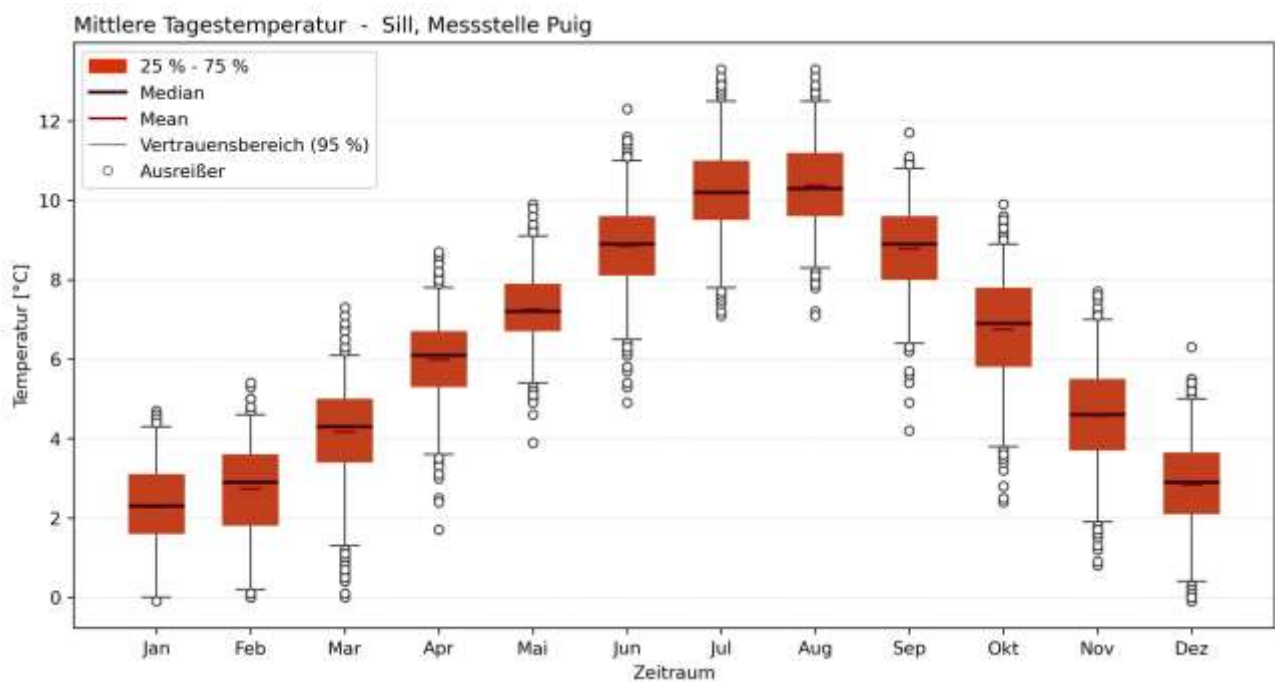


Abb. A 432: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Sill (Messstelle, Puig).

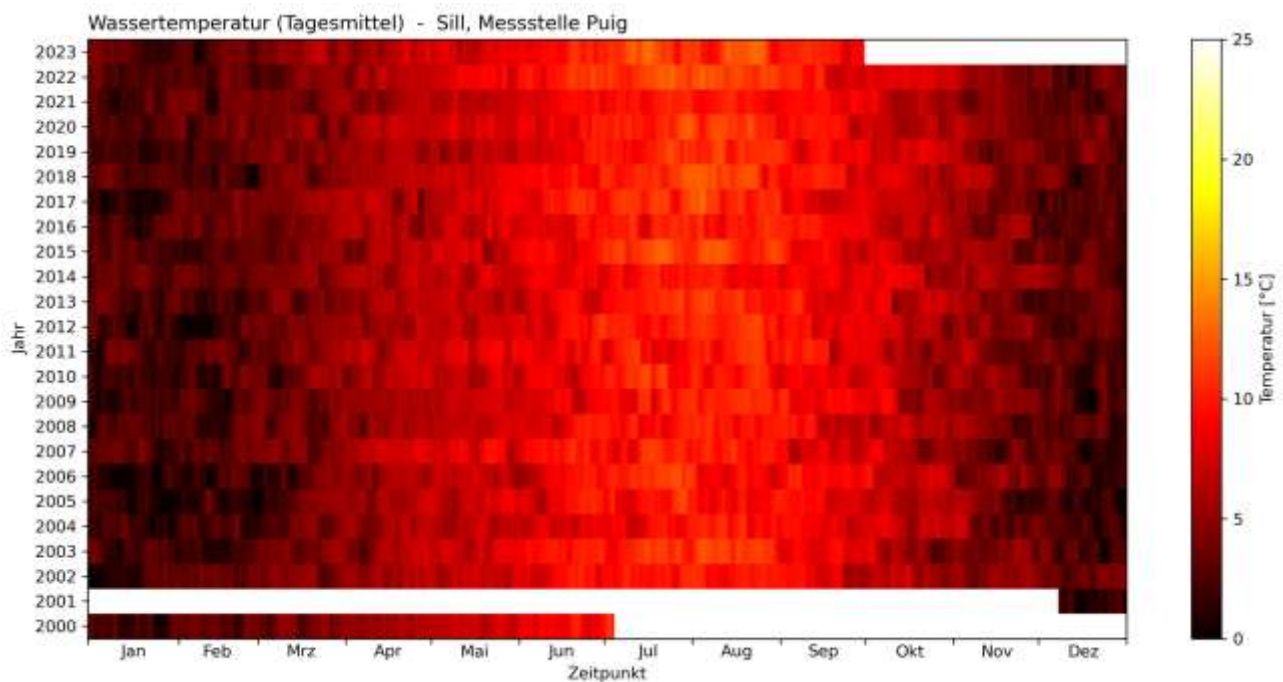


Abb. A 433: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Sill (Messstelle Puig). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

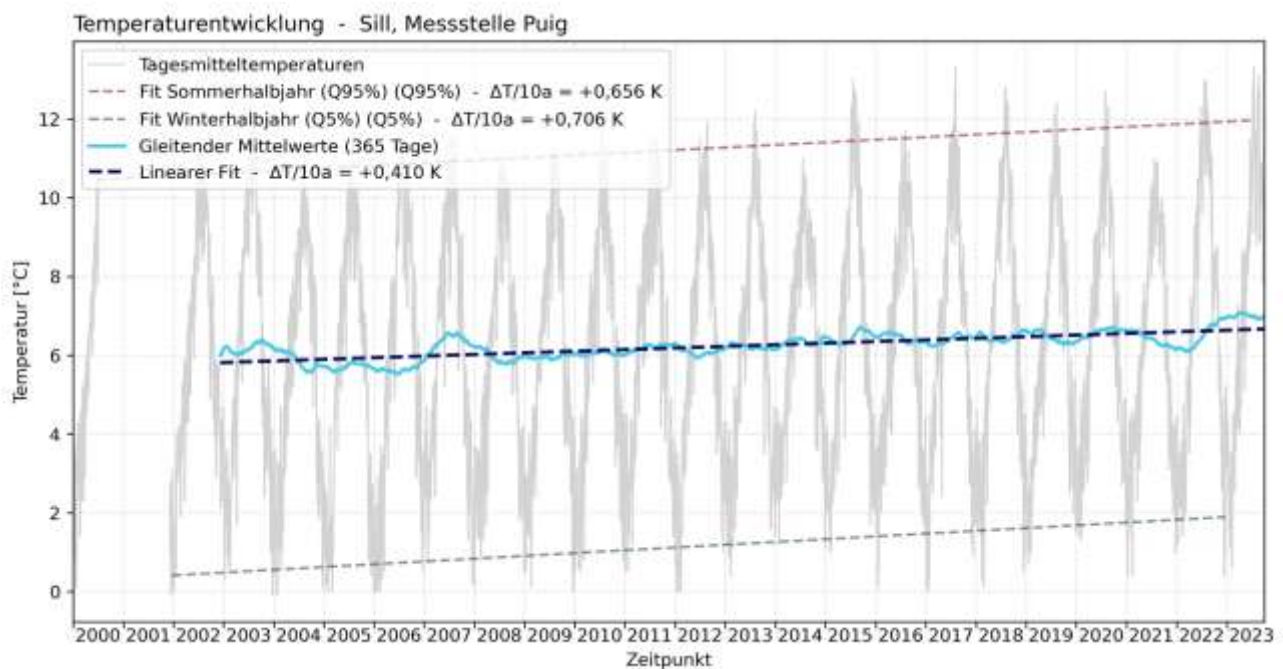


Abb. A 434: Temperaturentwicklung der Sill, Messstelle Puig, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.31. Stampfangerbach

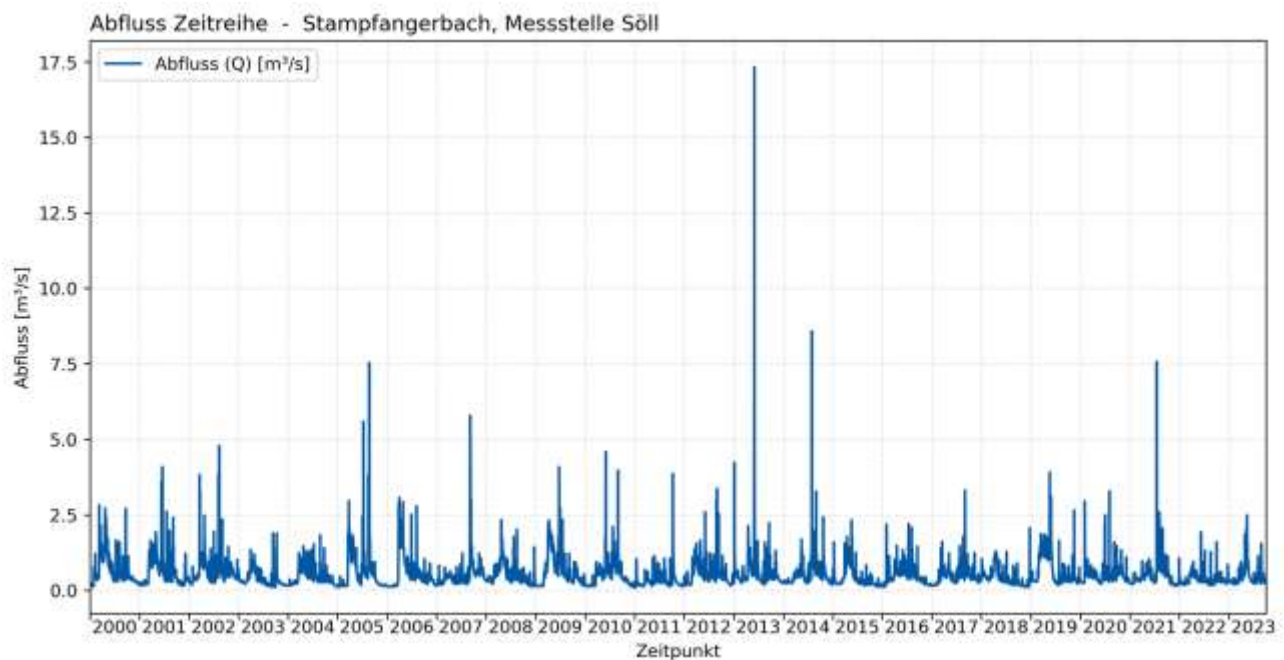


Abb. A 435: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Stampfangerbach, Messstelle Söll über den verfügbaren Zeitraum.

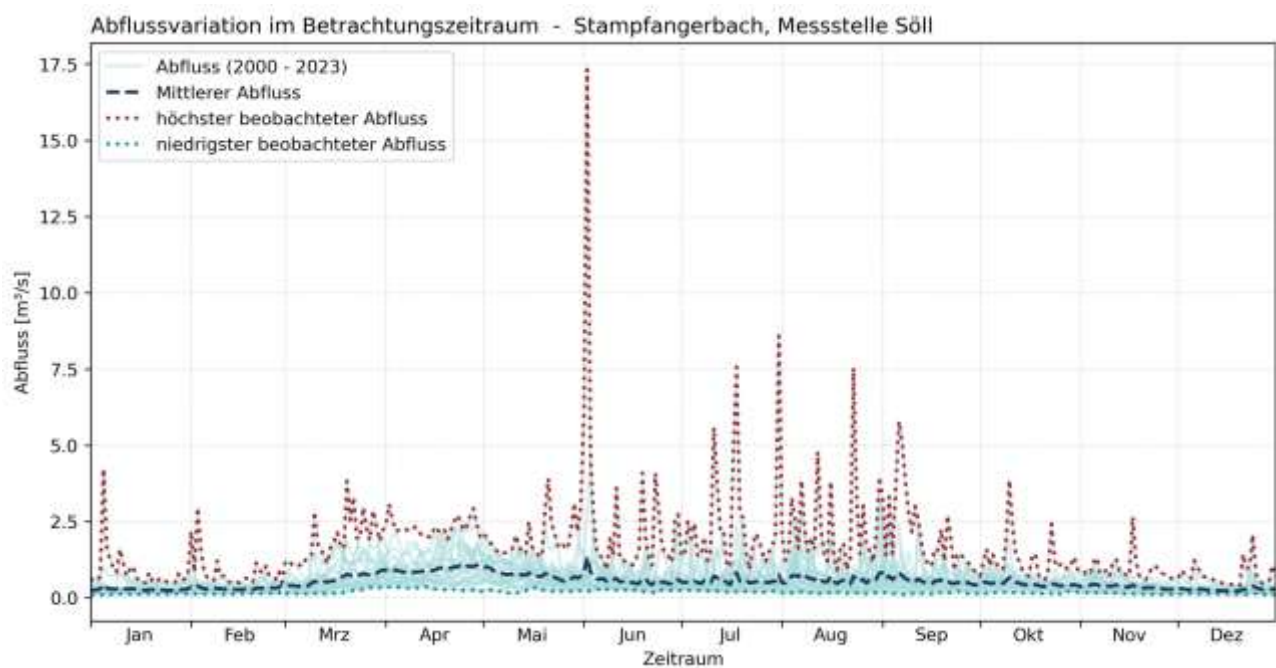


Abb. A 436: Tägliche Abflussvariation des Stampfangerbach(Messstelle Söll) im Jahresverlauf.

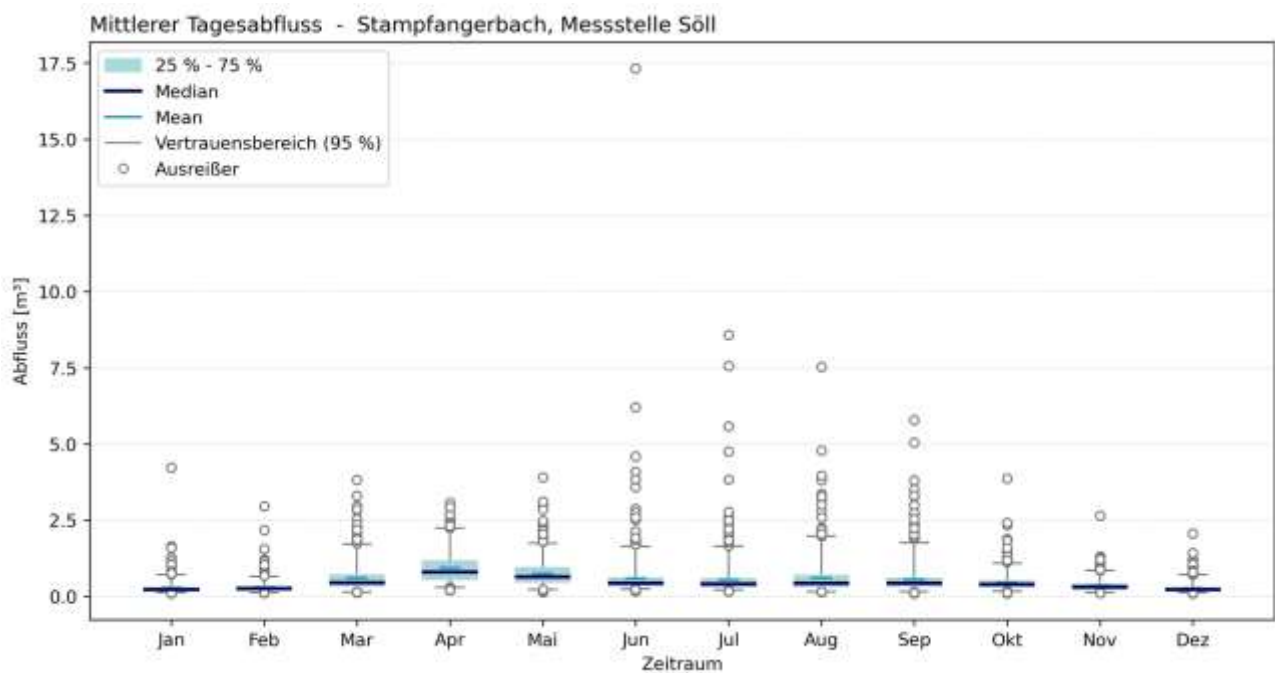


Abb. A 437: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Stampfangerbach (Messstelle Söll) als Monatswerte.

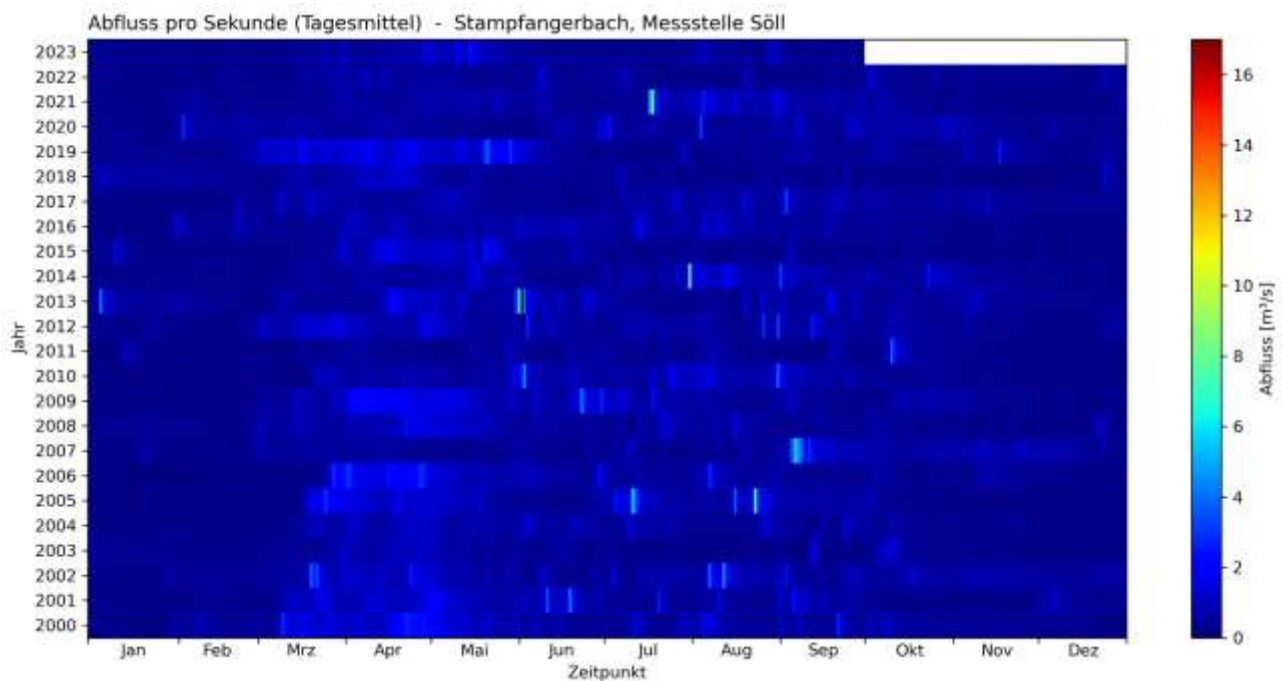


Abb. A 438: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Stampfangerbach, Messstelle Söll). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

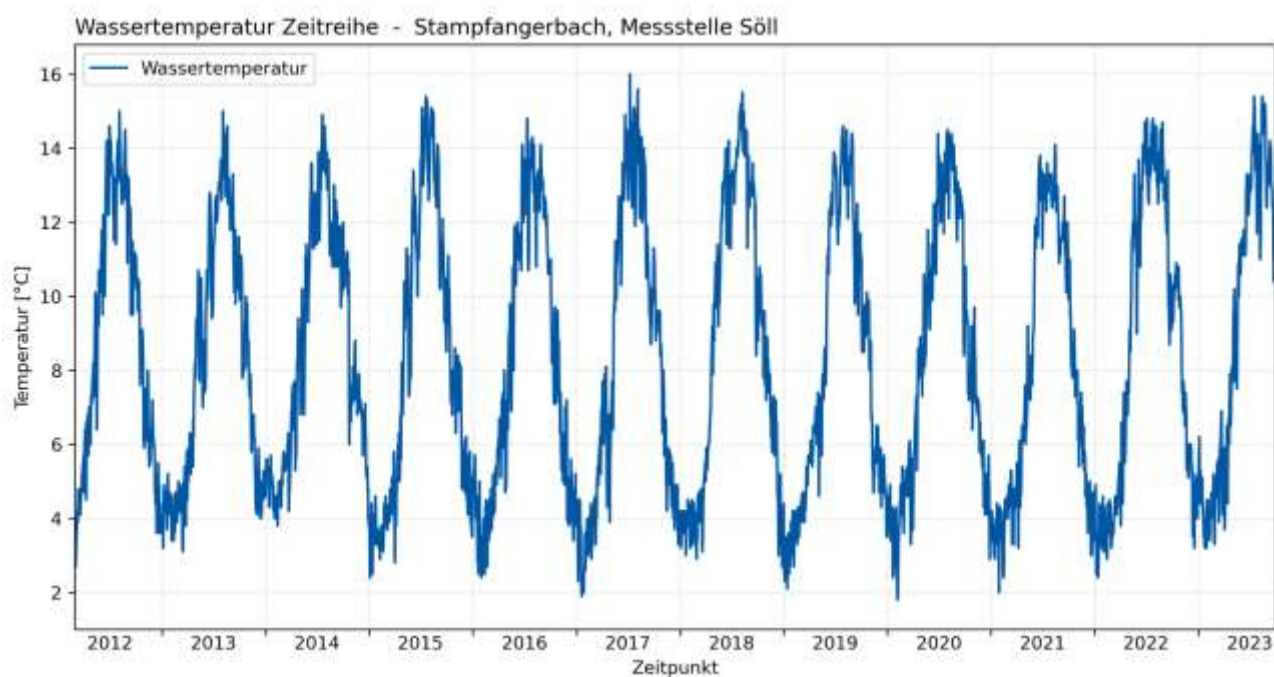


Abb. A 439: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Stampfangerbach (Messstelle Söll) über den verfügbaren Zeitraum.

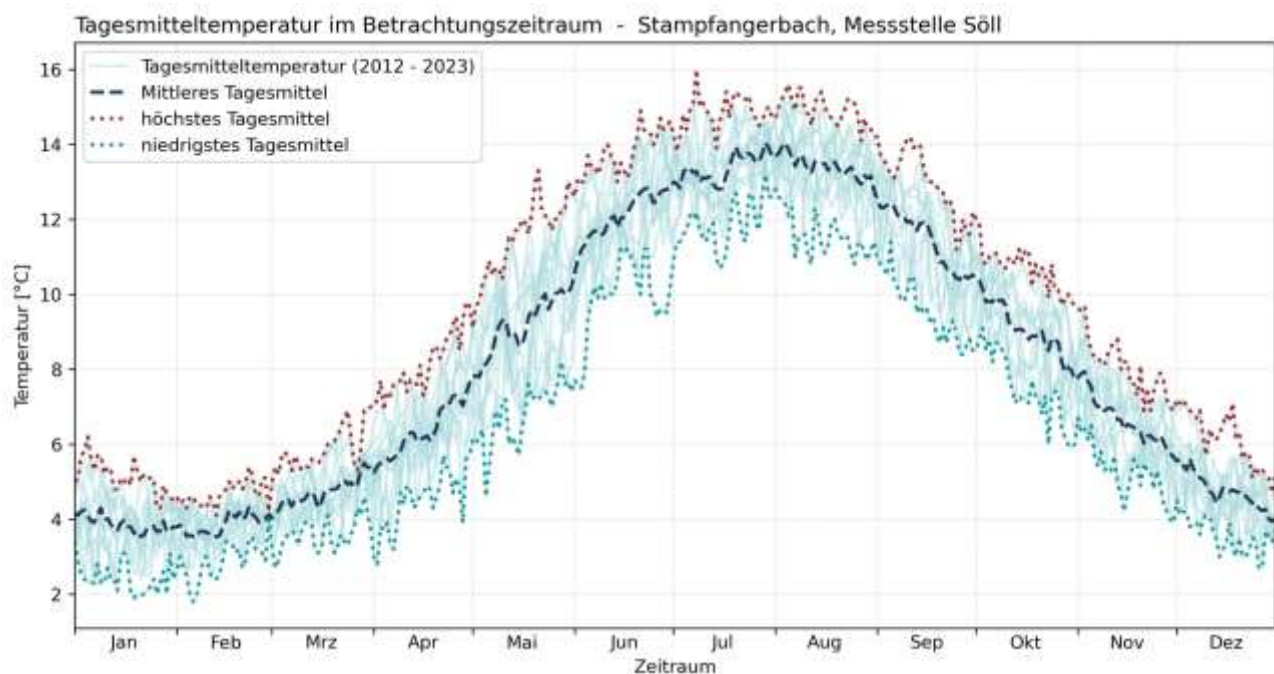


Abb. A 440: Tägliche Temperaturvariation des Stampfangerbach (Messstelle Söll) im Jahresverlauf.

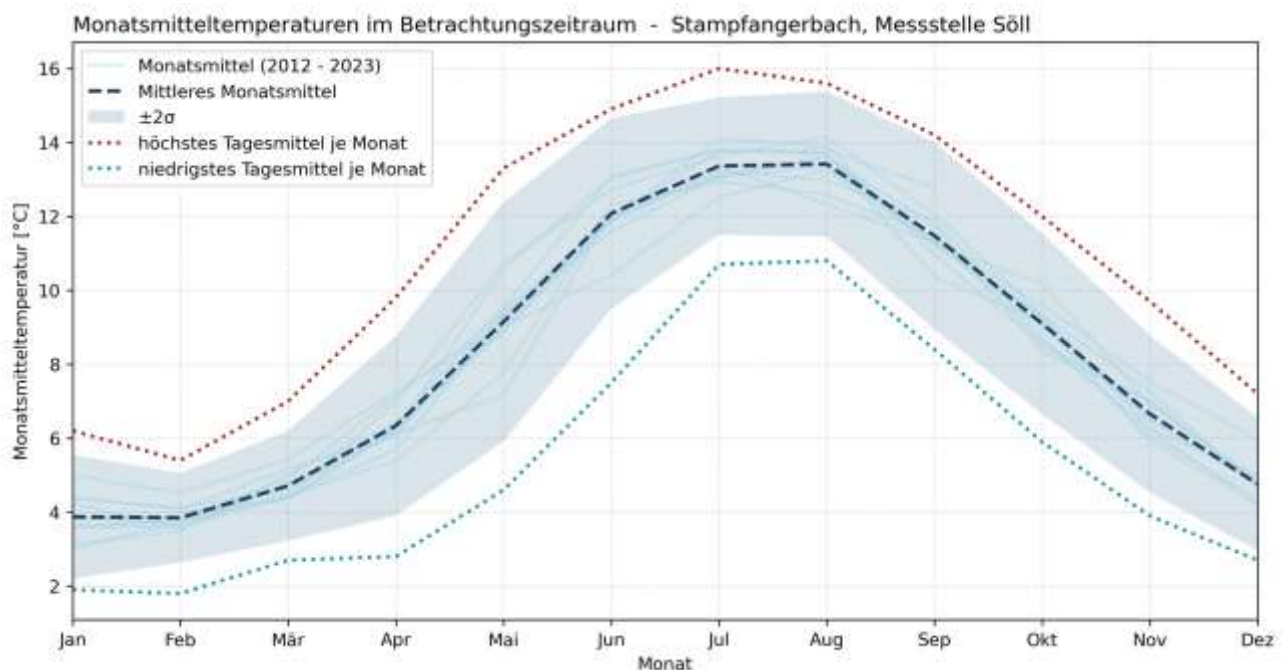


Abb. A 441: Monatsmitteltemperaturen für den Stampfangerbach, Messstelle Söll. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

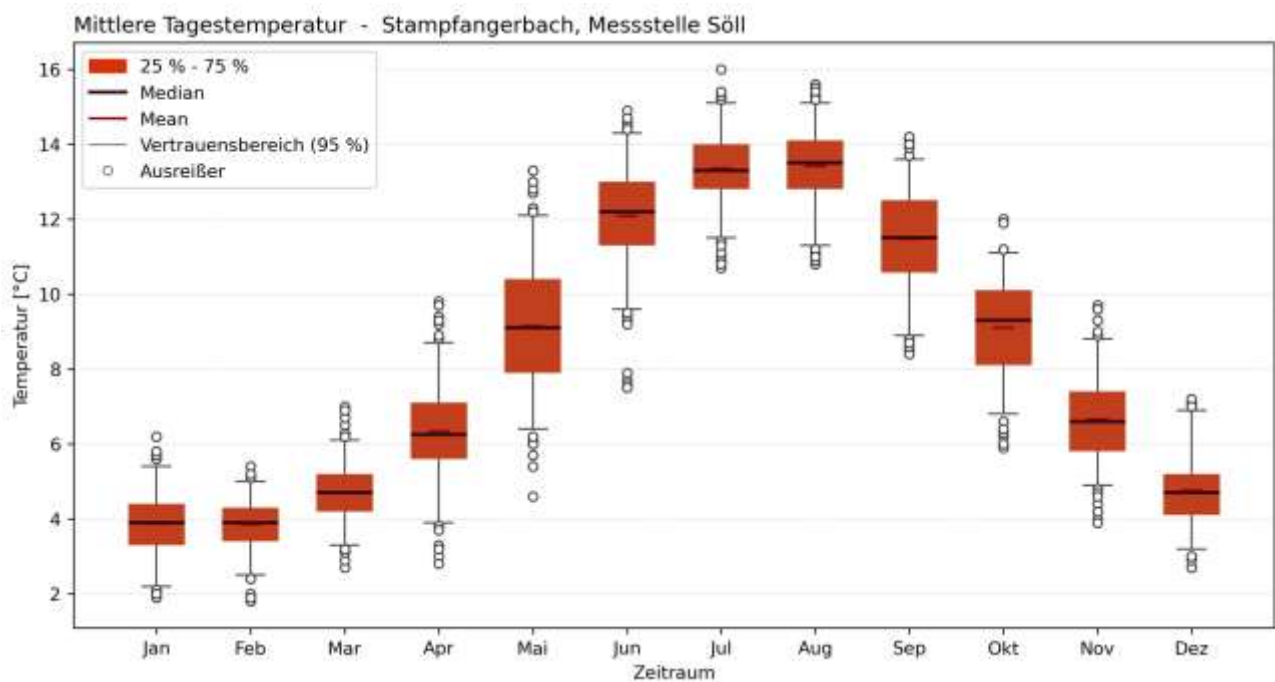


Abb. A 442: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Stampfangerbach (Messstelle, Söll).

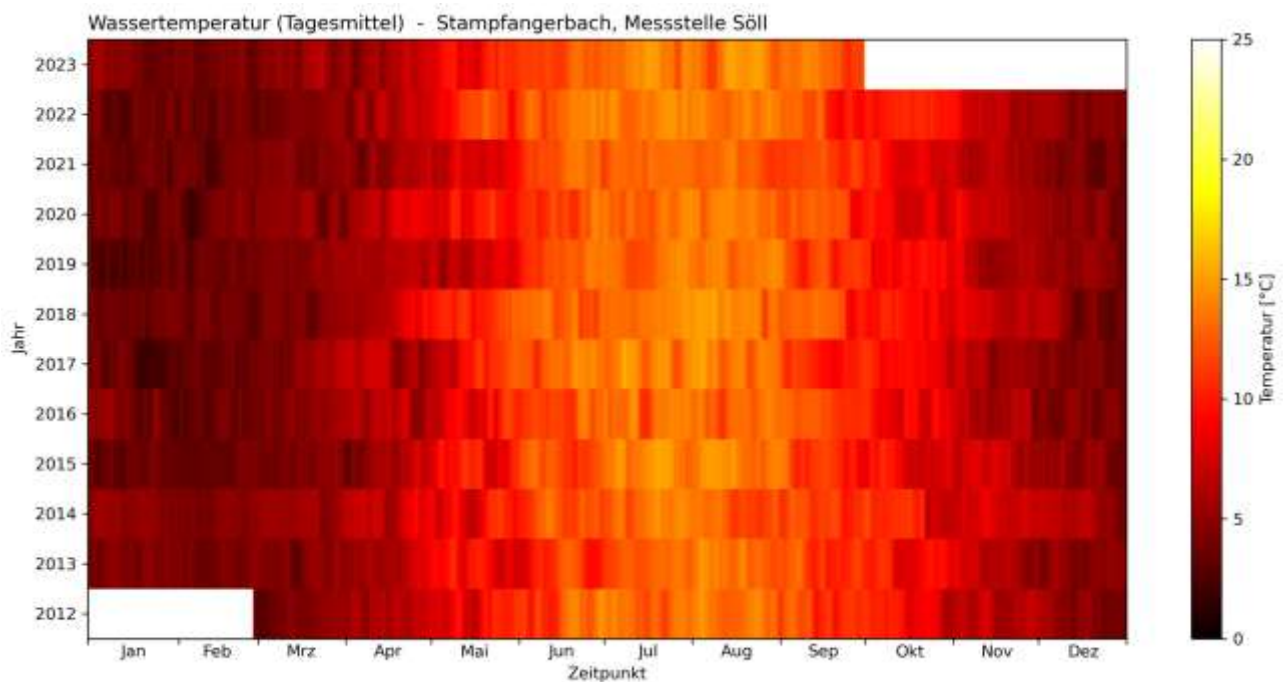


Abb. A 443: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Stampfangerbach (Messstelle Söll). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

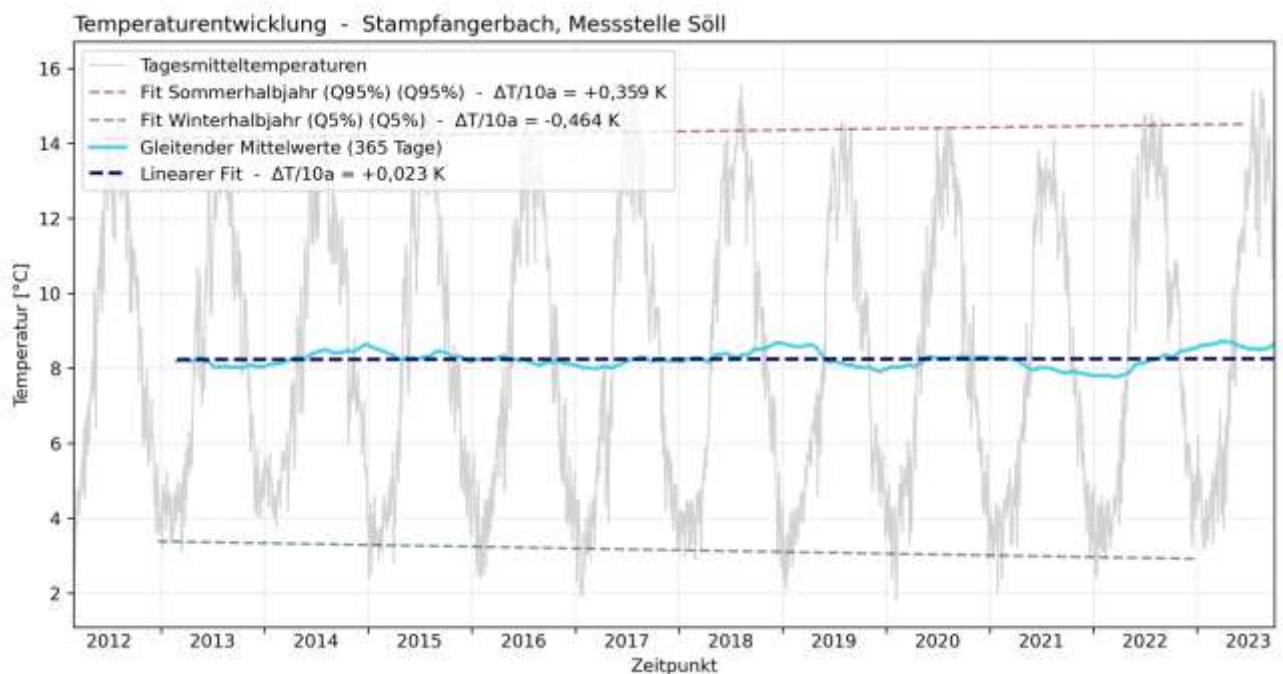


Abb. A 444: Temperaturentwicklung des Stampfangerbach, Messstelle Söll, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.32. Tauernbach

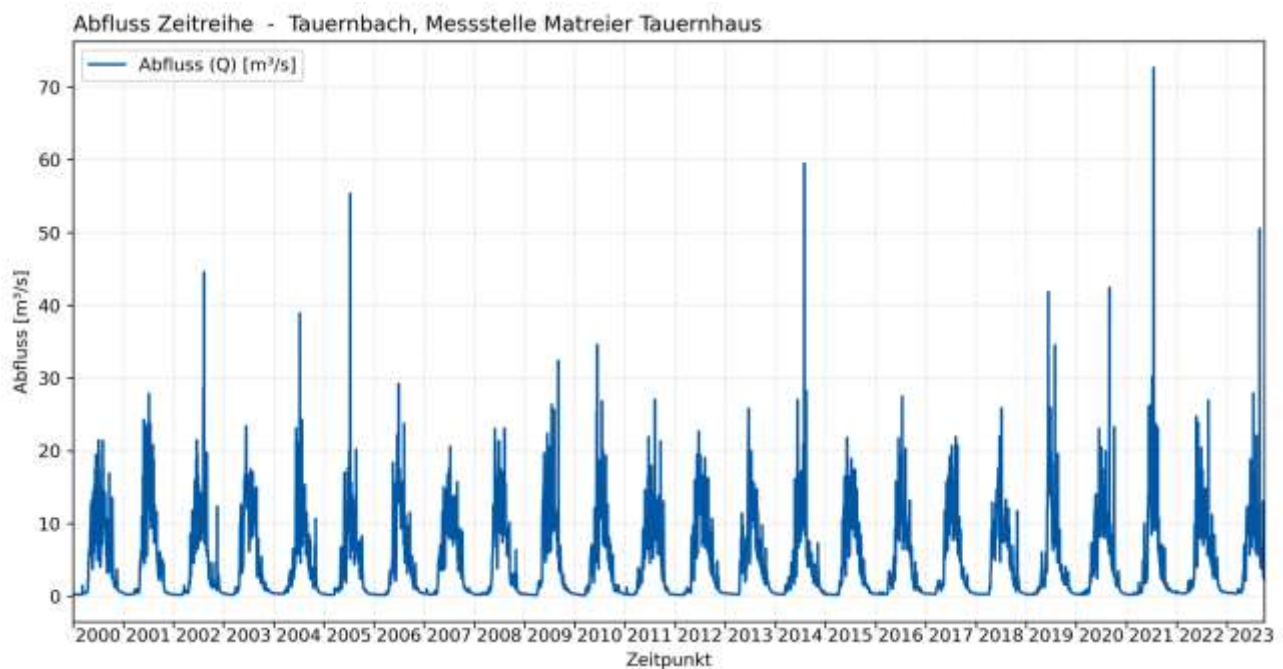


Abb. A 445: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Tauernbach, Messstelle Matreier Tauernhaus über den verfügbaren Zeitraum.

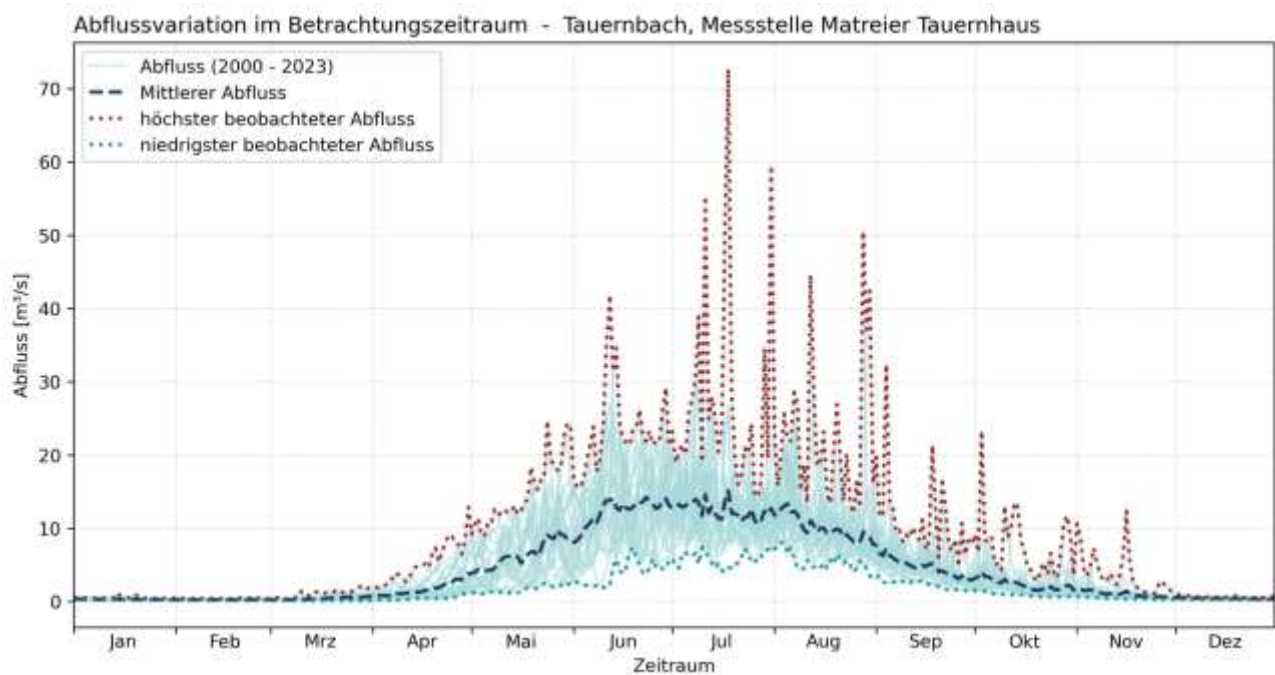


Abb. A 446: Tägliche Abflussvariation des Tauernbach(Messstelle Matreier Tauernhaus) im Jahresverlauf.

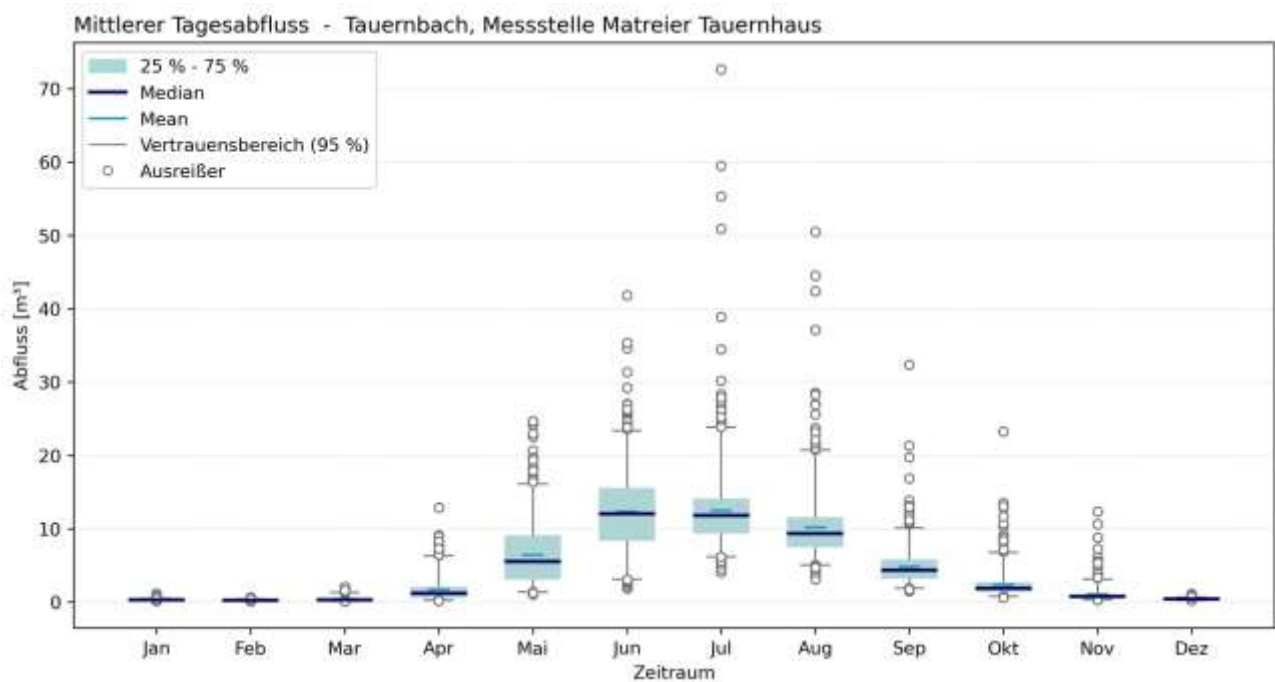


Abb. A 447: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Tauernbach (Messstelle Matreier Tauernhaus) als Monatswerte.

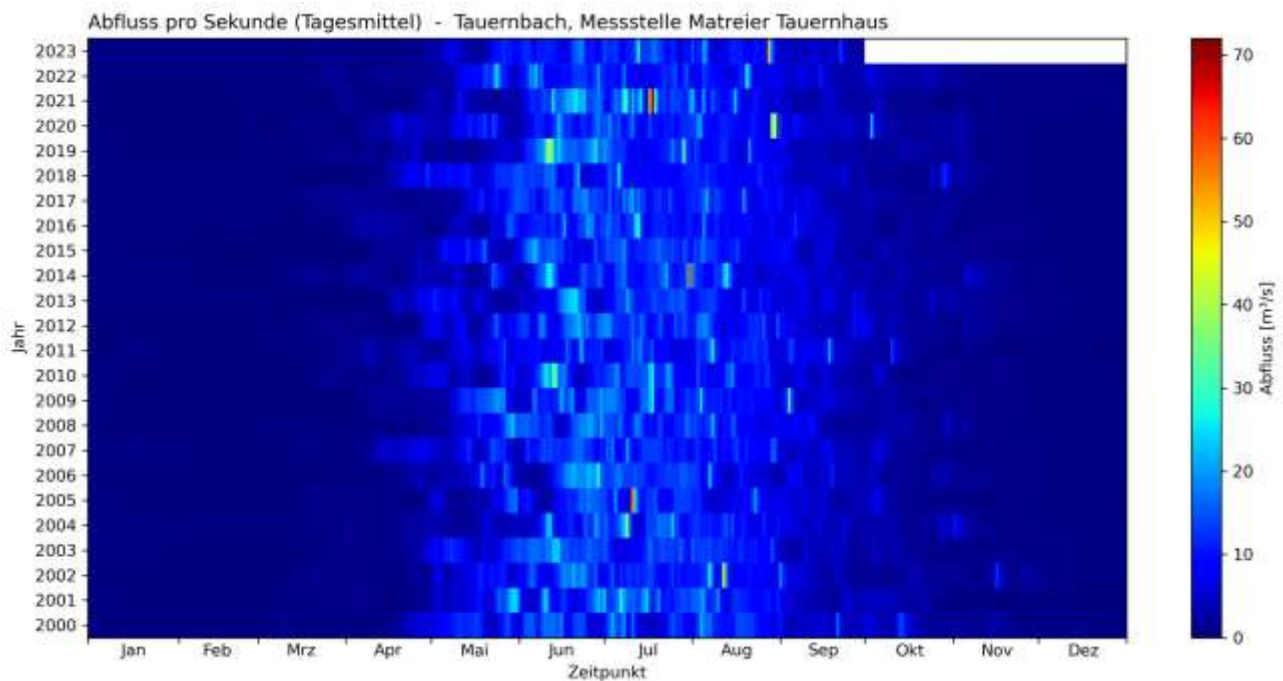


Abb. A 448: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Tauernbach, Messstelle Matreier Tauernhaus). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

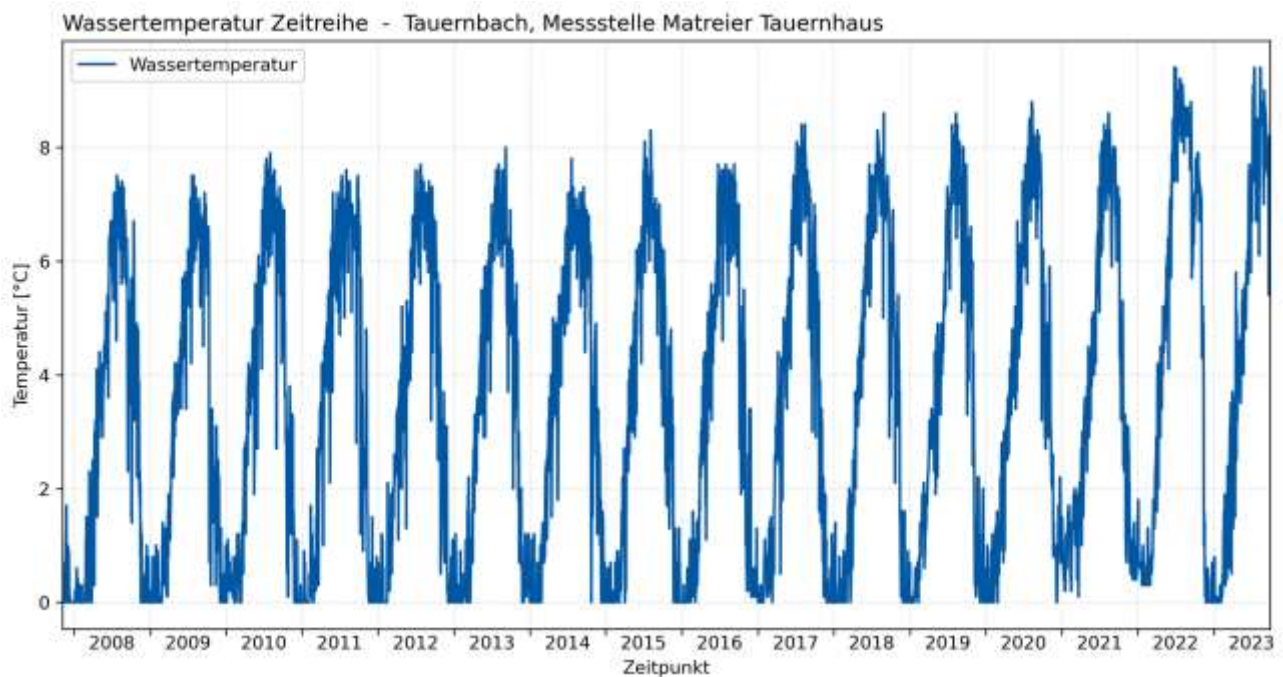


Abb. A 449: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Tauernbach (Messstelle Matreier Tauernhaus) über den verfügbaren Zeitraum.

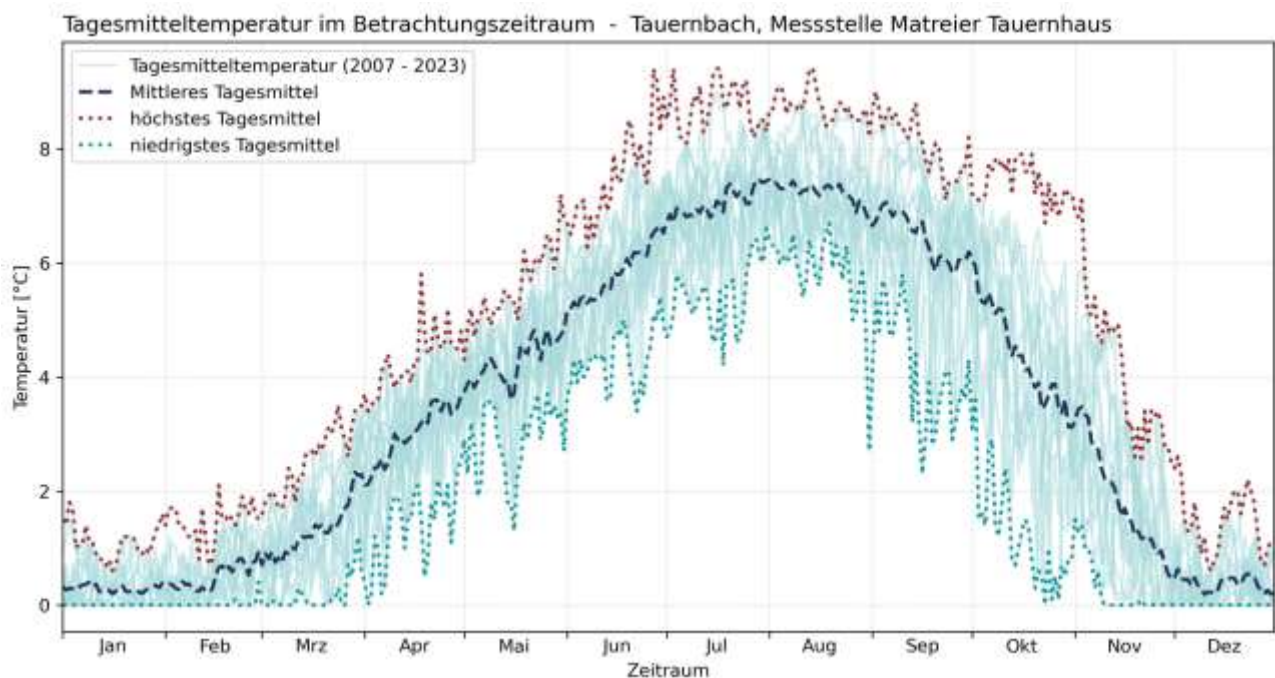


Abb. A 450: Tägliche Temperaturvariation des Tauernbach (Messstelle Matreier Tauernhaus) im Jahresverlauf.

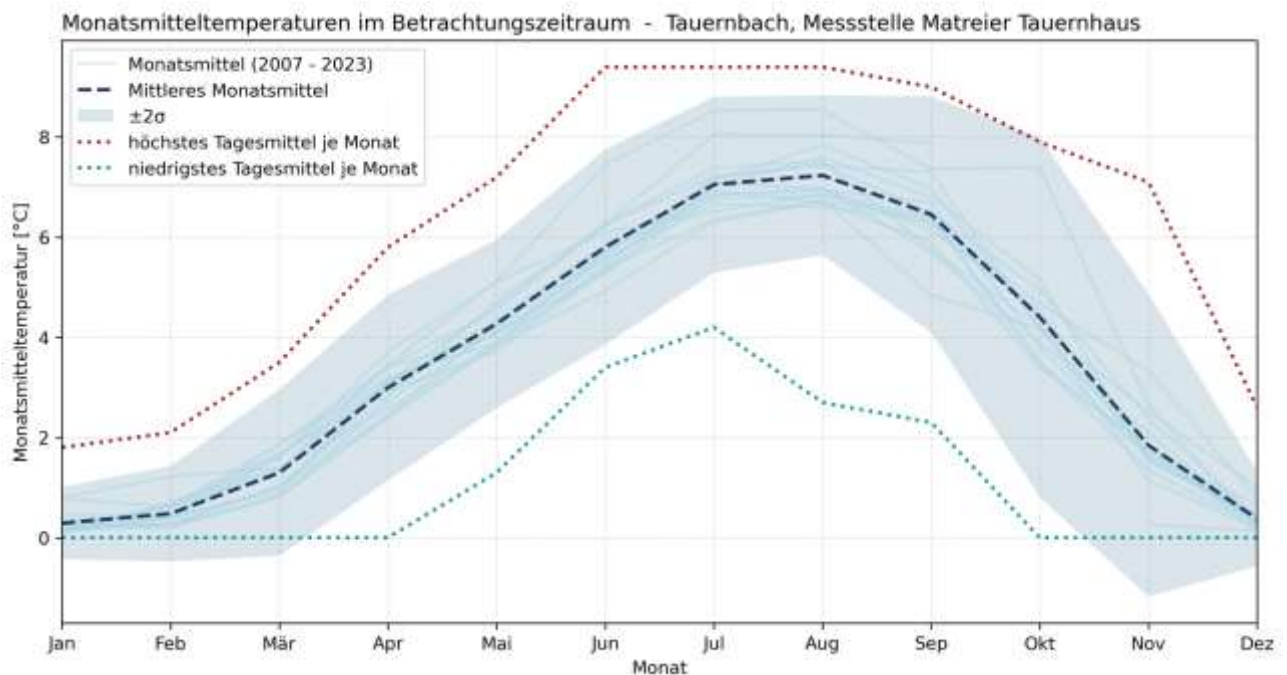


Abb. A 451: Monatsmitteltemperaturen für den Tauernbach, Messstelle Matreier Tauernhaus. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

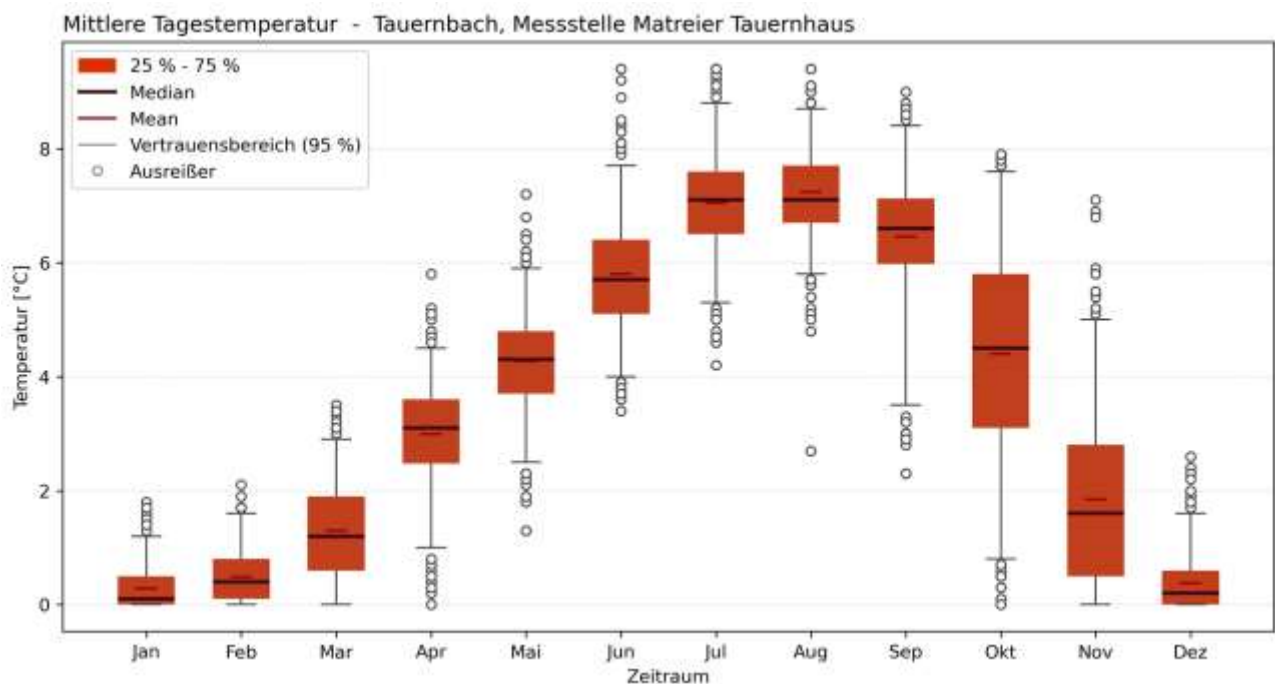


Abb. A 452: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Tauernbach (Messstelle, Matreier Tauernhaus).

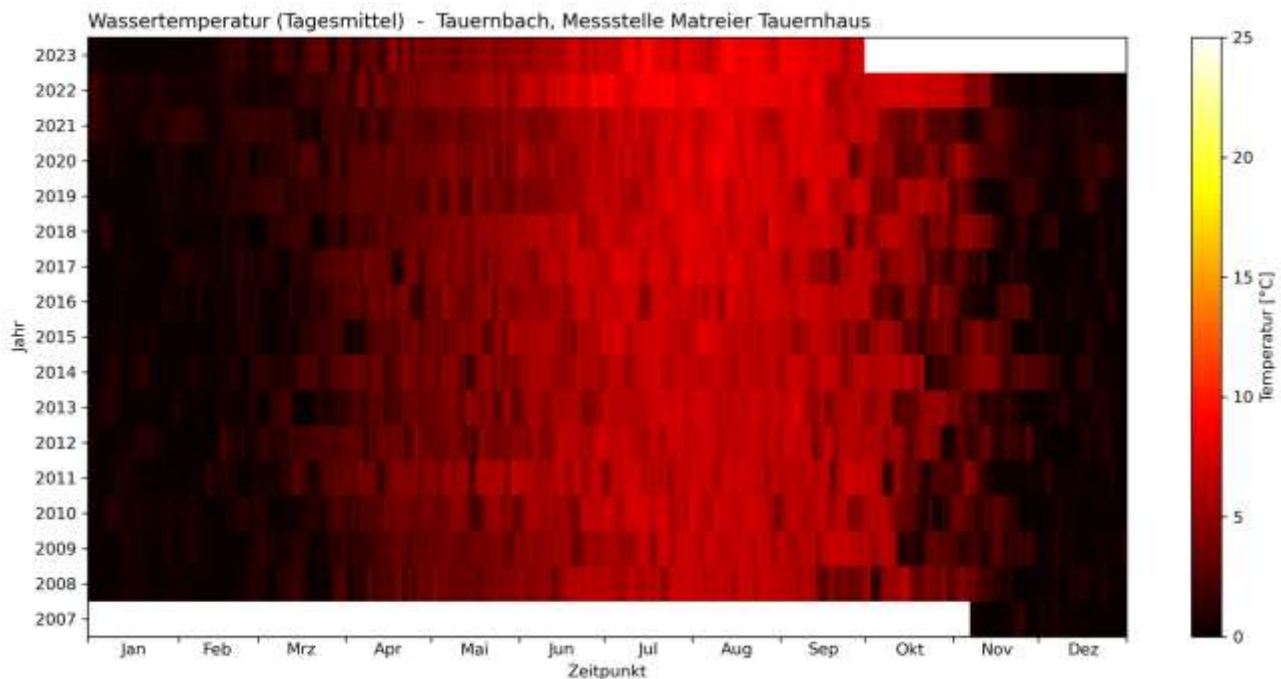


Abb. A 453: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Tauernbach (Messstelle Matreier Tauernhaus). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

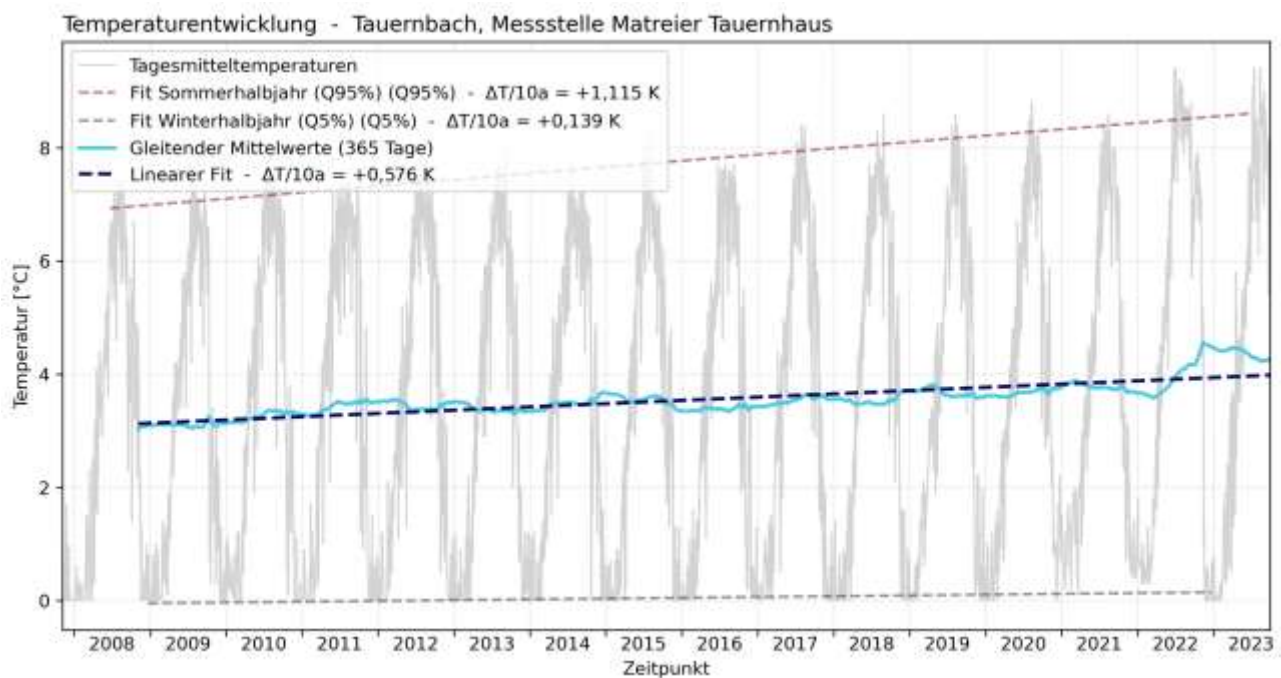


Abb. A 454: Temperaturentwicklung des Tauernbach, Messstelle Matreier Tauernhaus, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.33. Teischnitzbach

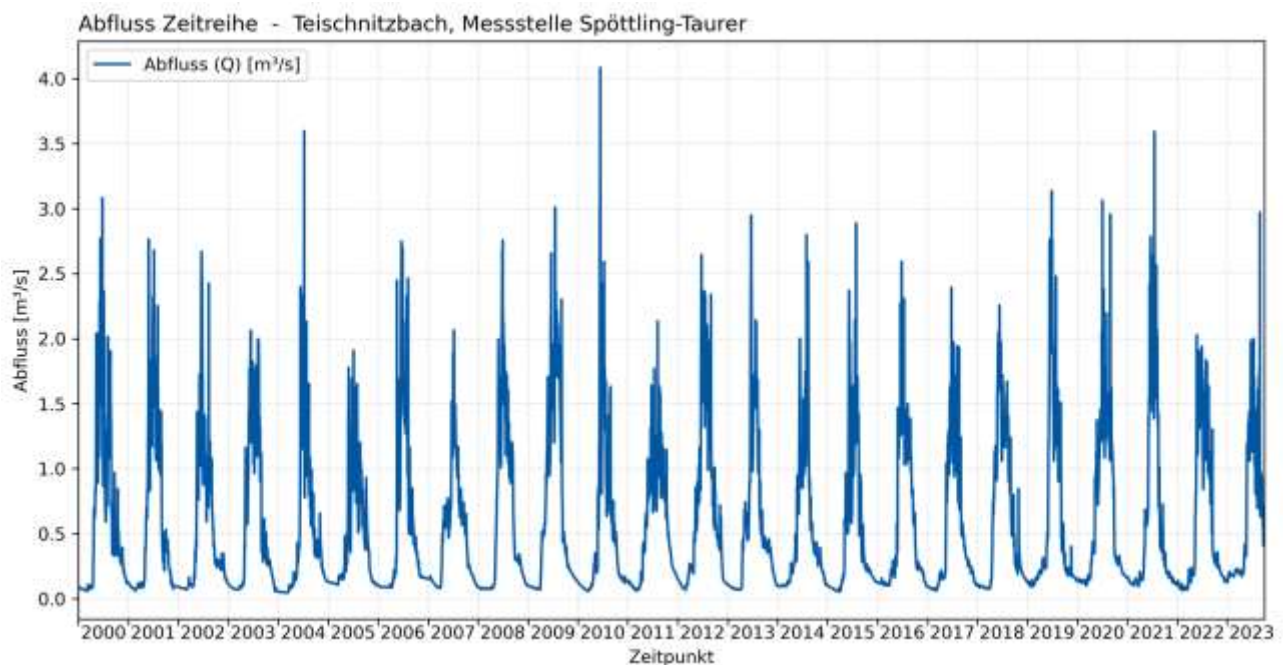


Abb. A 455: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Teischnitzbach, Messstelle Spöttling Taurer über den verfügbaren Zeitraum.

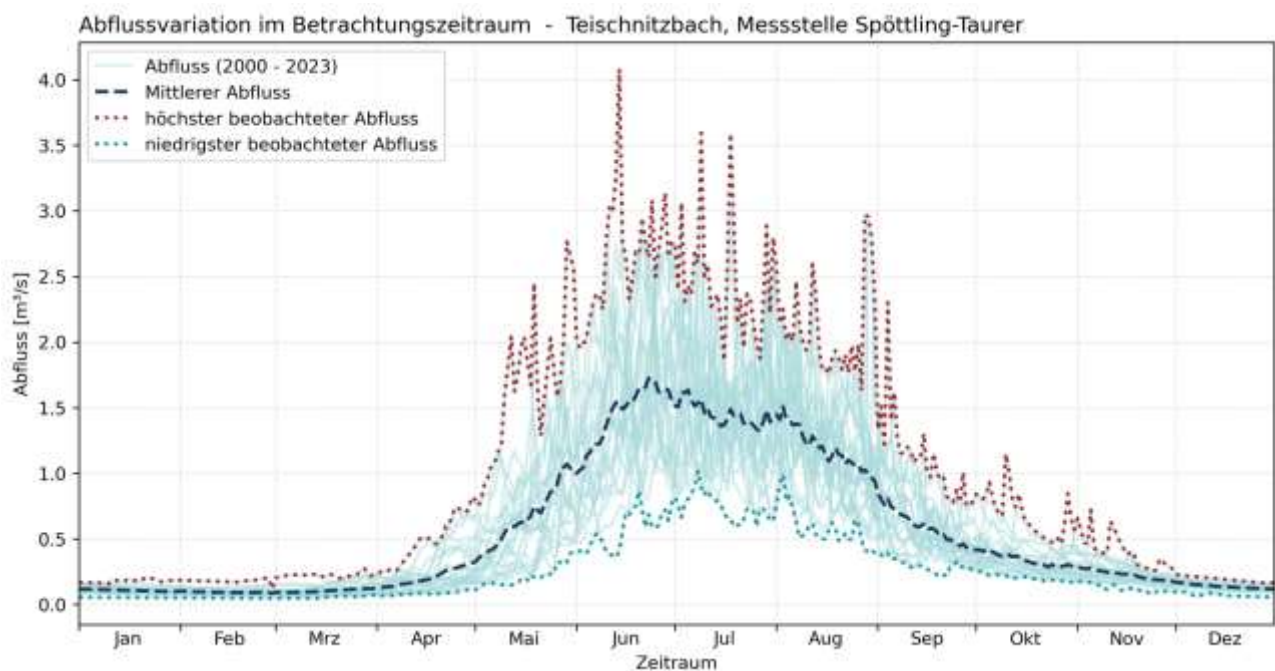


Abb. A 456: Tägliche Abflussvariation des Teischnitzbach(Messstelle Spöttling Taurer) im Jahresverlauf.

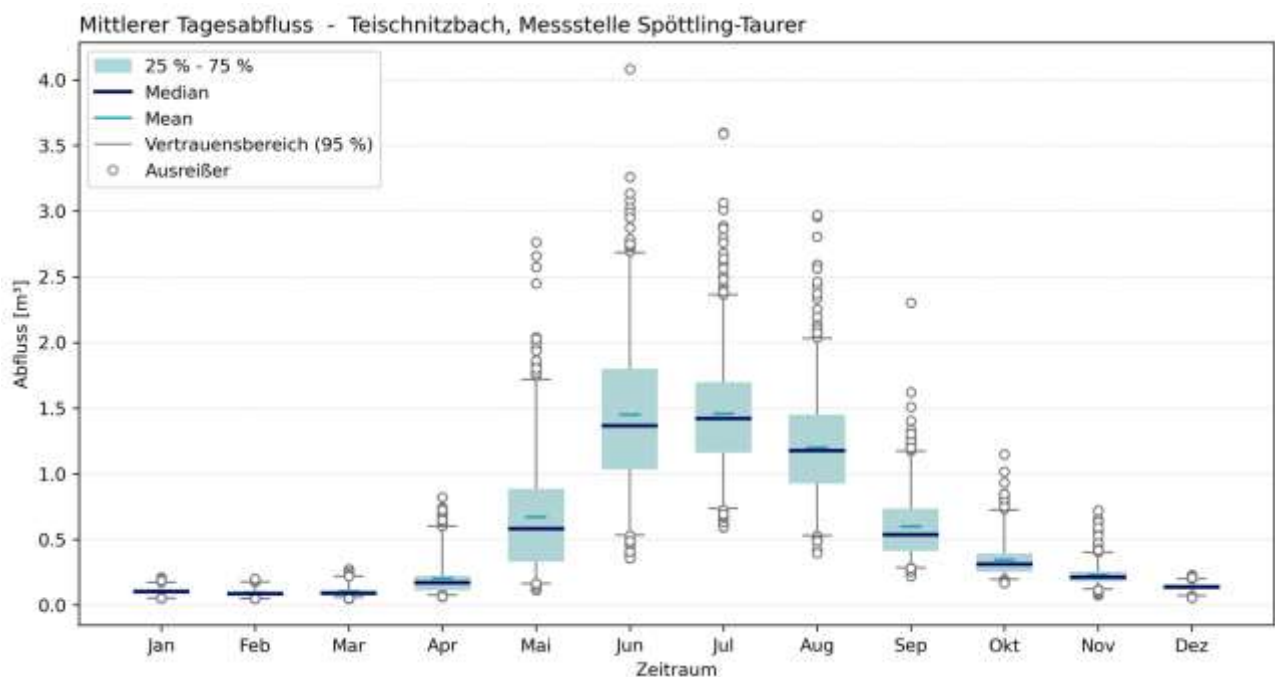


Abb. A 457: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Teischnitzbach (Messstelle Spöttling Taurer) als Monatswerte.

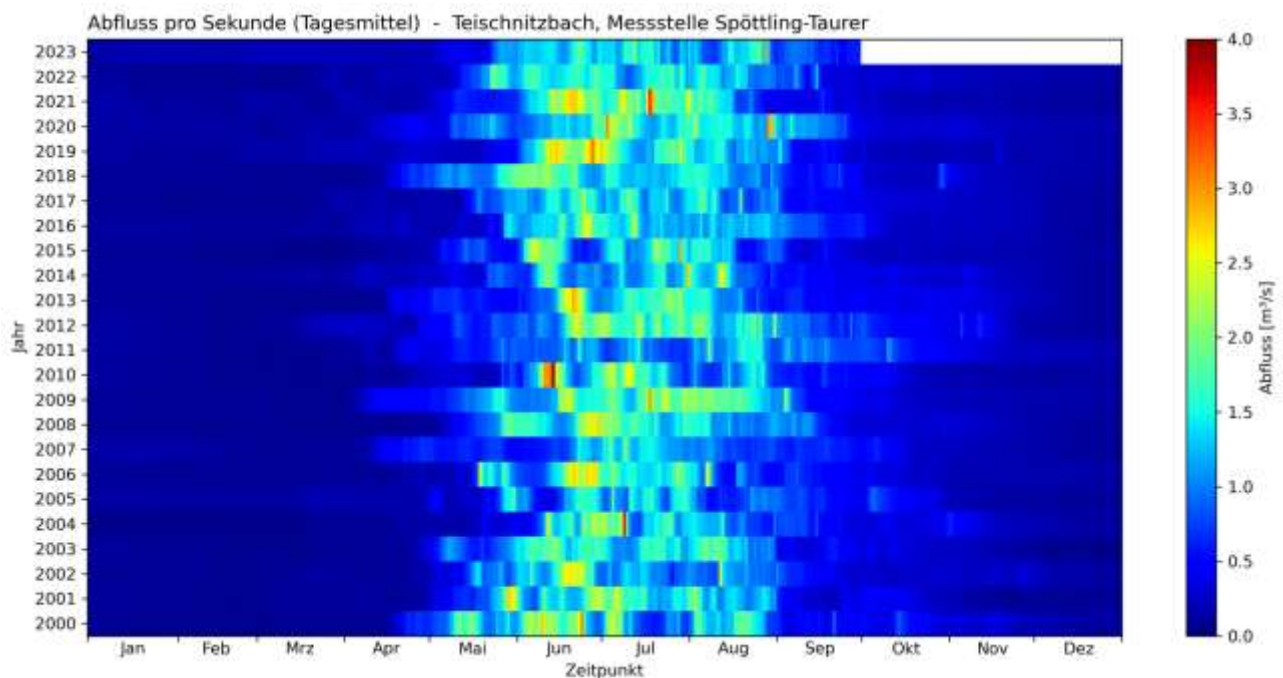


Abb. A 458: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Teischnitzbach, Messstelle Spöttling Taurer). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

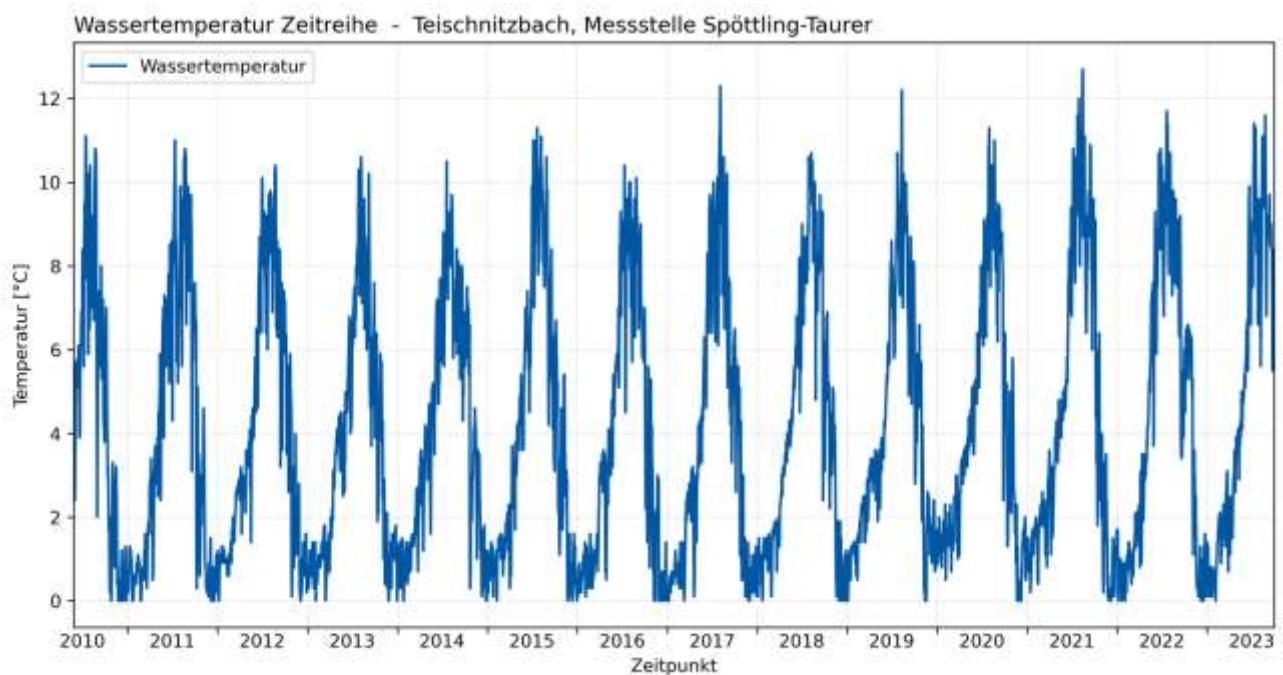


Abb. A 459: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Teischnitzbach (Messstelle Spöttling Taurer) über den verfügbaren Zeitraum.

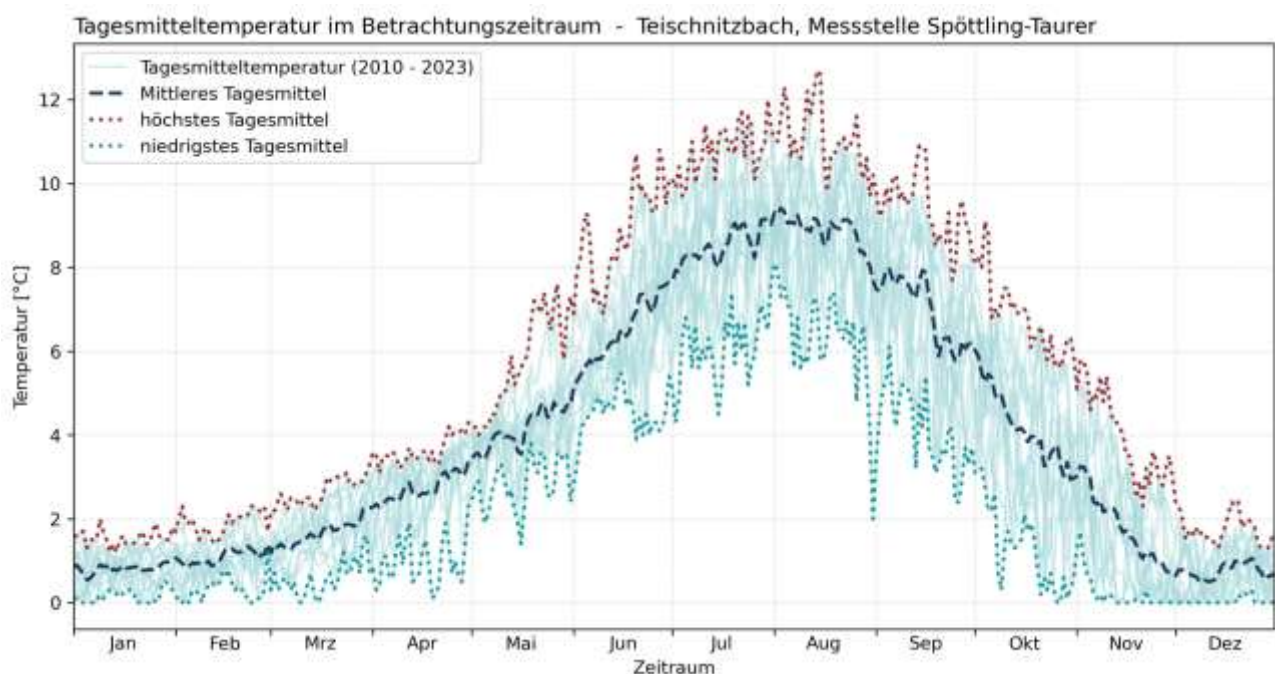


Abb. A 460: Tägliche Temperaturvariation des Teischnitzbach (Messstelle Spöttling Taurer) im Jahresverlauf.

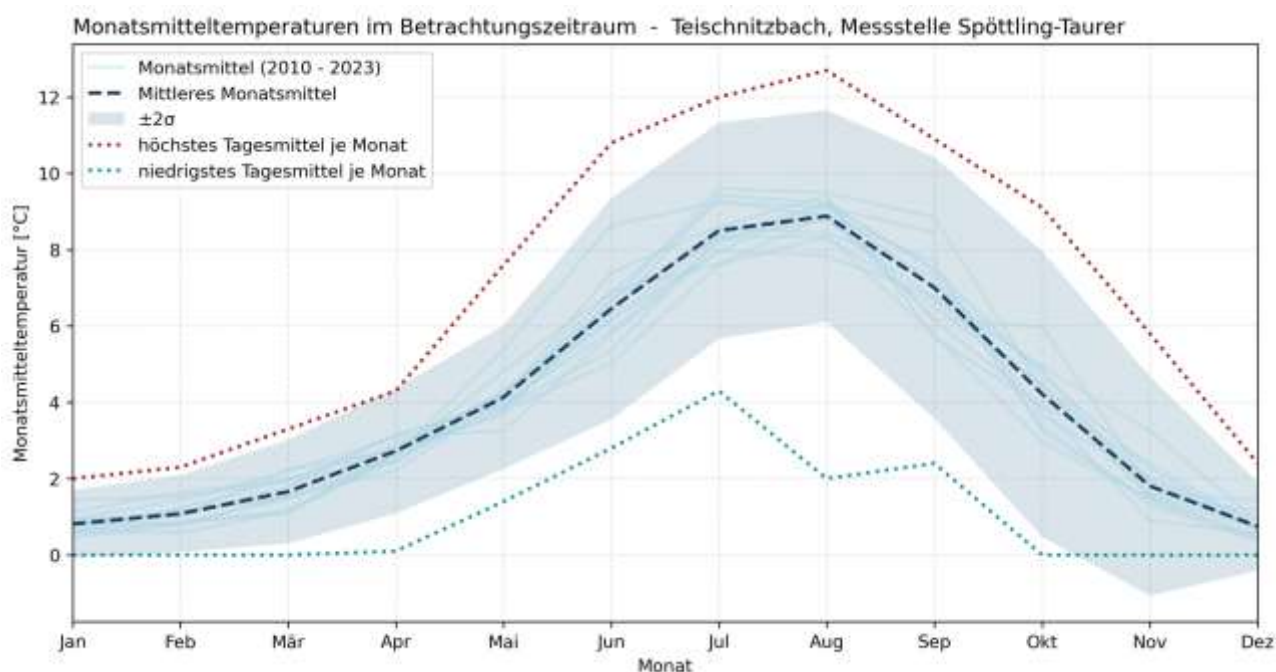


Abb. A 461: Monatsmitteltemperaturen für den Teischnitzbach, Messstelle Spöttling Taurer. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

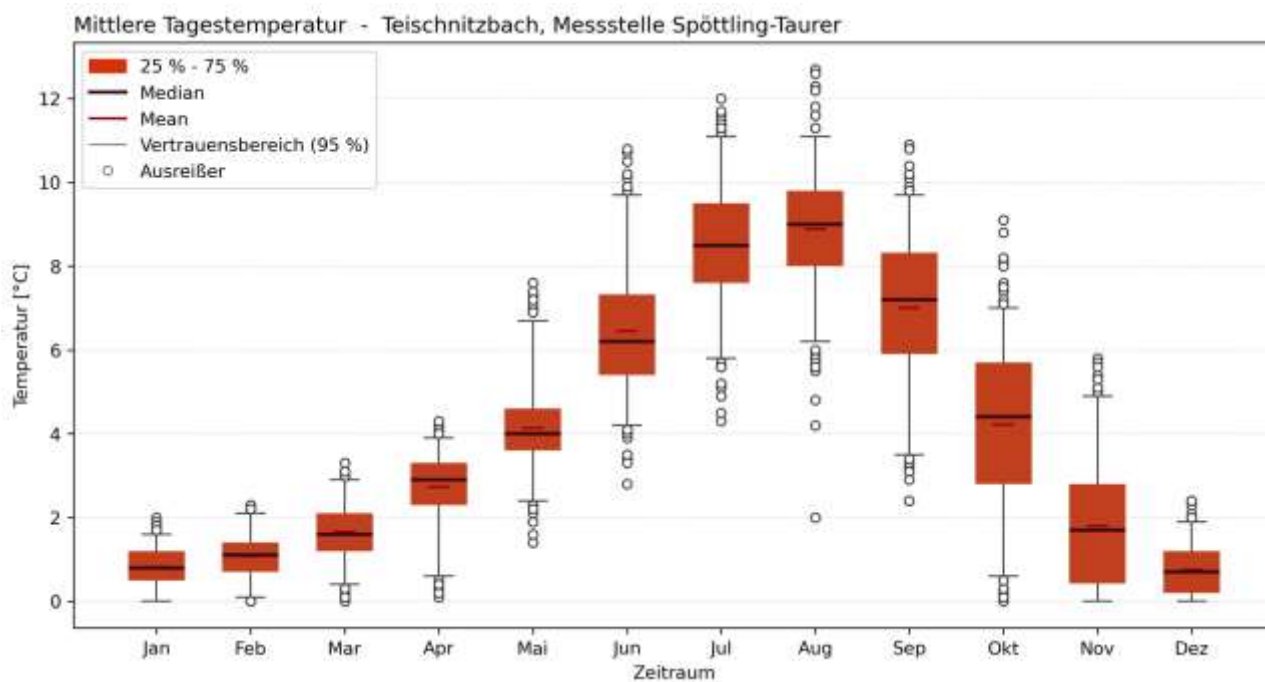


Abb. A 462: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Teischnitzbach (Messstelle, Spöttling Taurer).

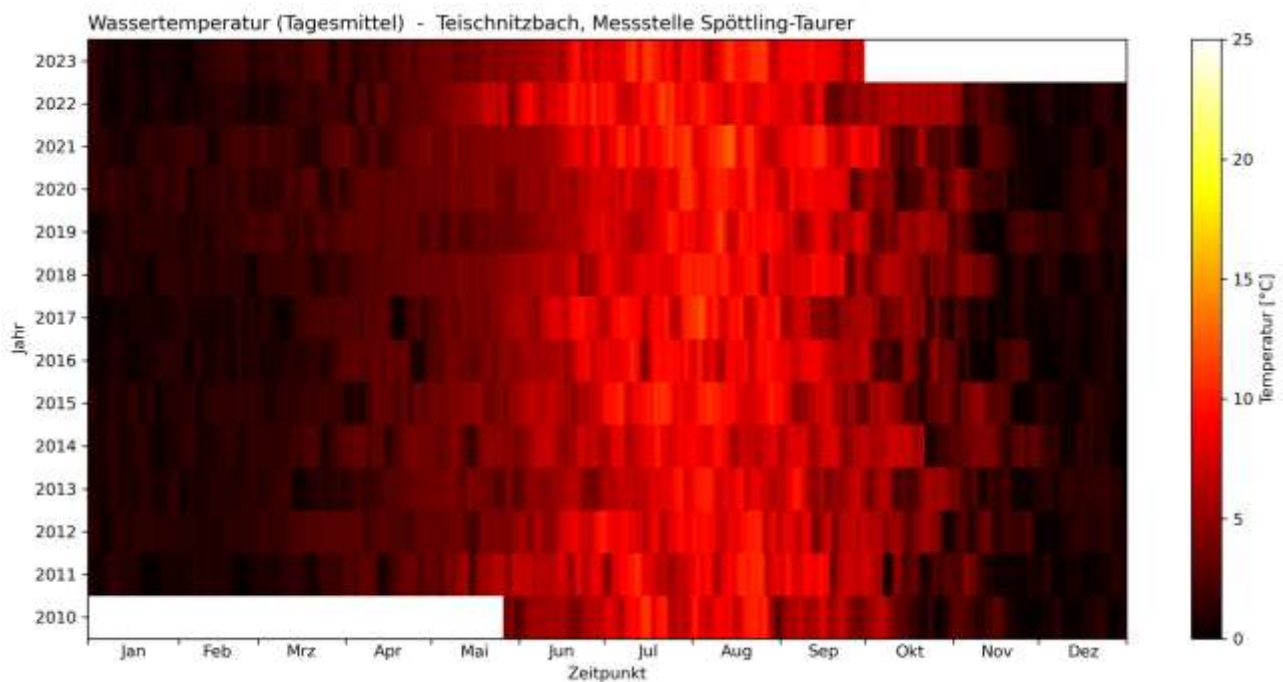


Abb. A 463: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Teischnitzbach (Messstelle Spöttling Taurer). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

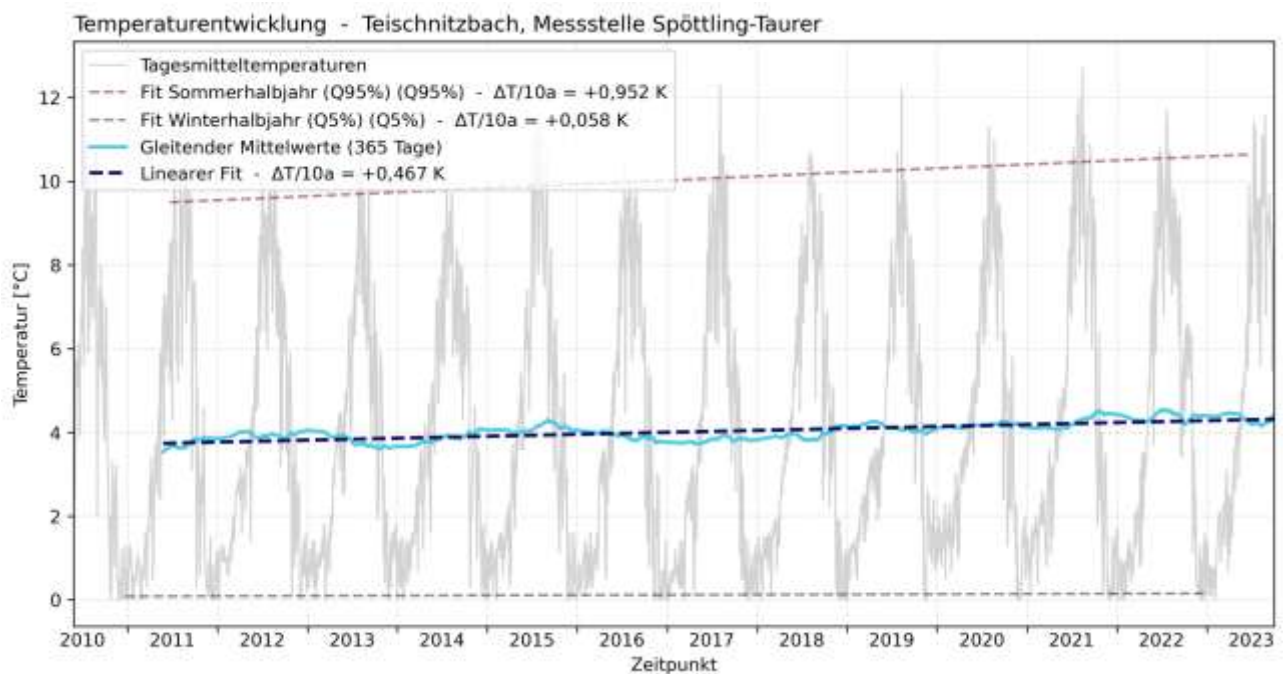


Abb. A 464: Temperaturentwicklung des Teischnitzbach, Messstelle Spöttling Taurer, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.34. Thierseebach

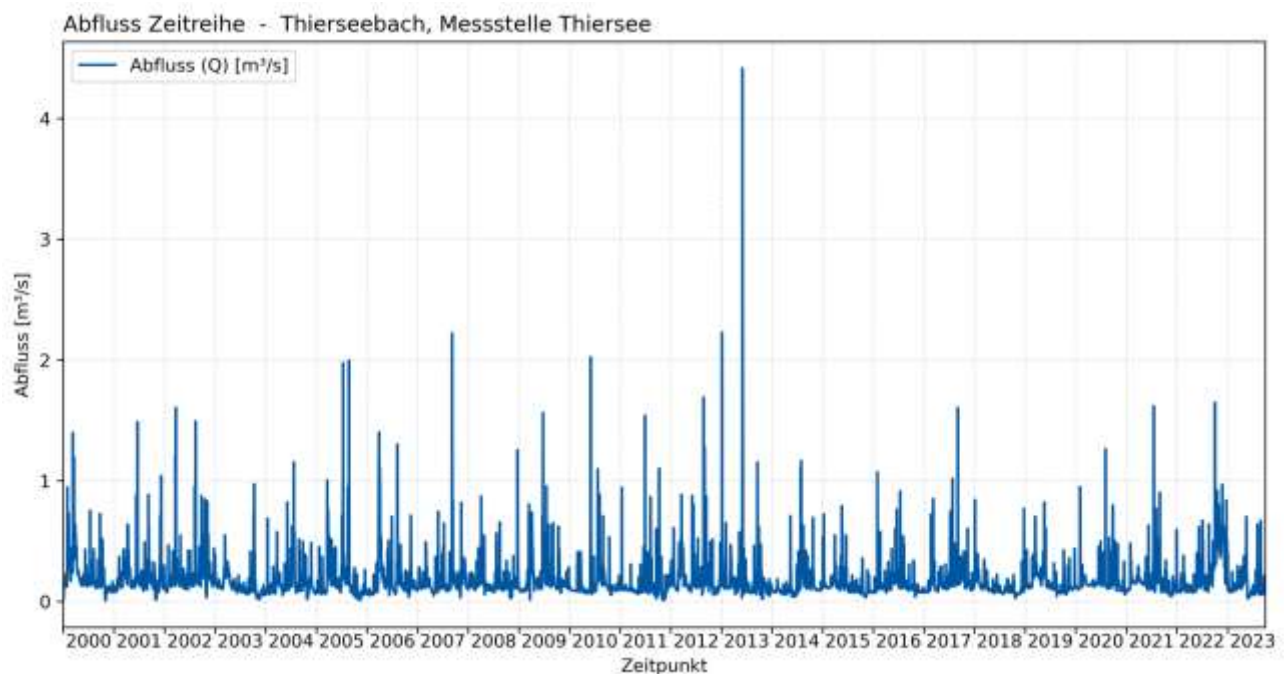


Abb. A 465: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Thierseebach, Messstelle Thiersee über den verfügbaren Zeitraum.

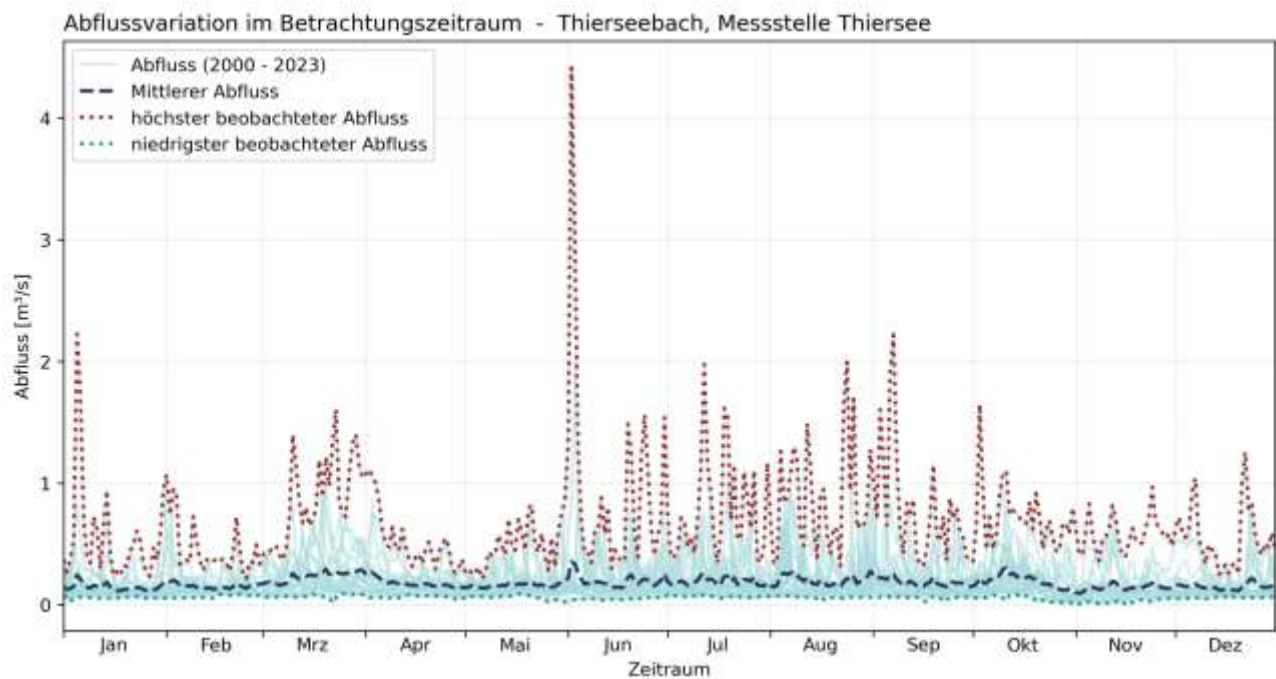


Abb. A 466: Tägliche Abflussvariation des Thierseebach(Messstelle Thiersee) im Jahresverlauf.

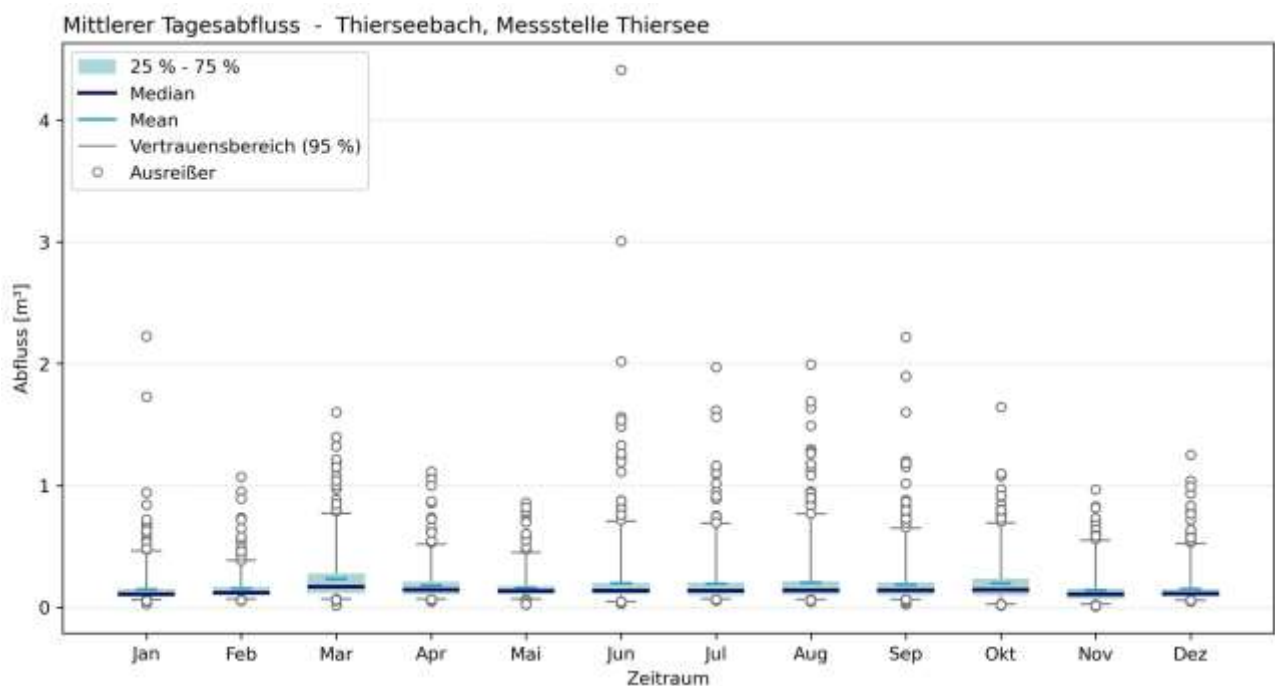


Abb. A 467: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Thierseebach (Messstelle Thiersee) als Monatswerte.

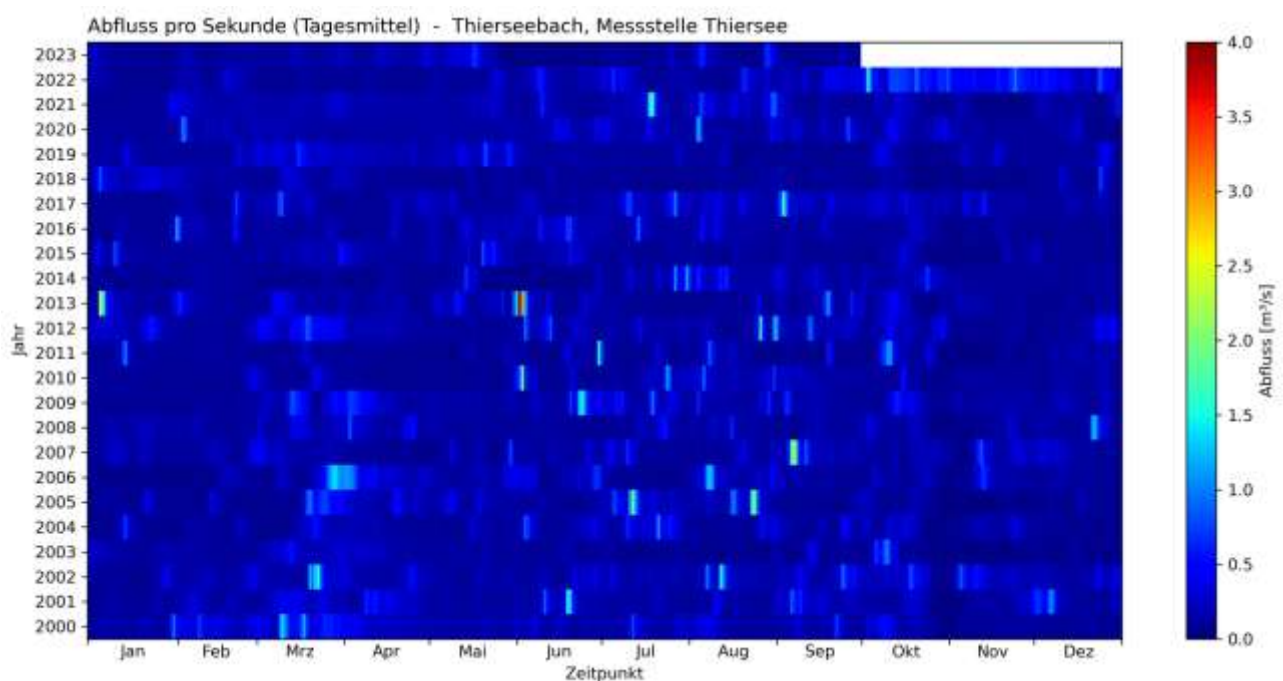


Abb. A 468: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Thierseebach, Messstelle Thiersee). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

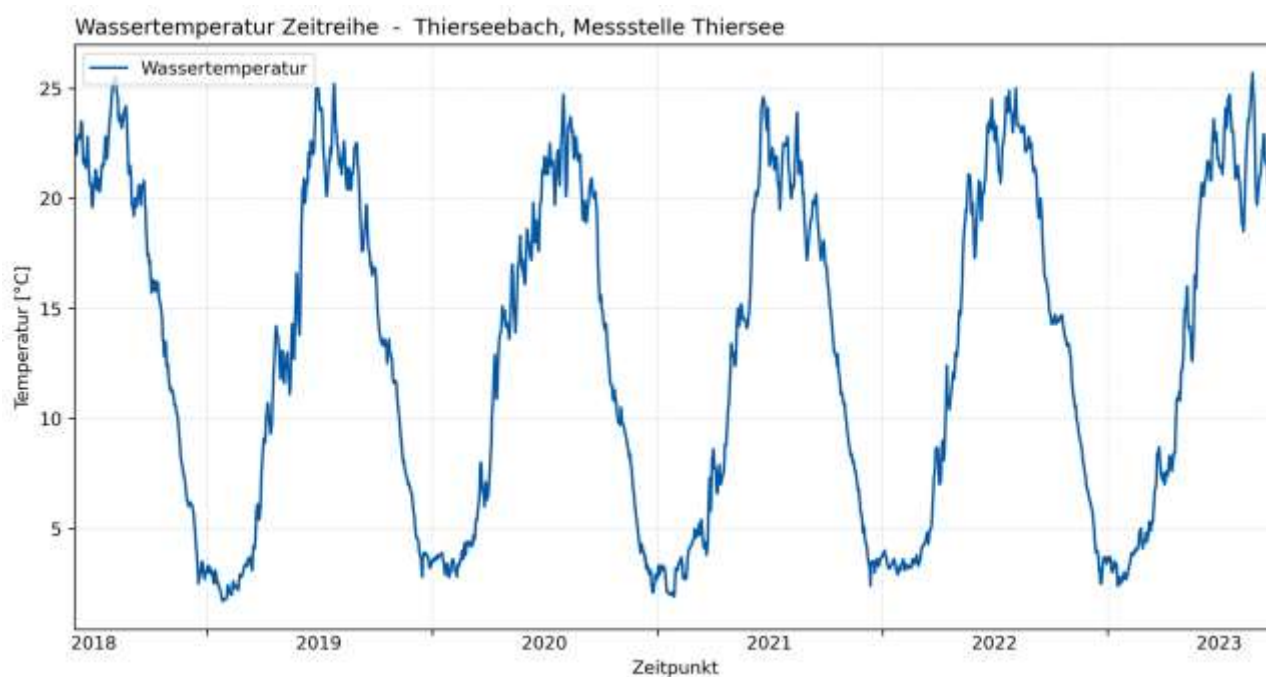


Abb. A 469: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Thierseebach (Messstelle Thiersee) über den verfügbaren Zeitraum.

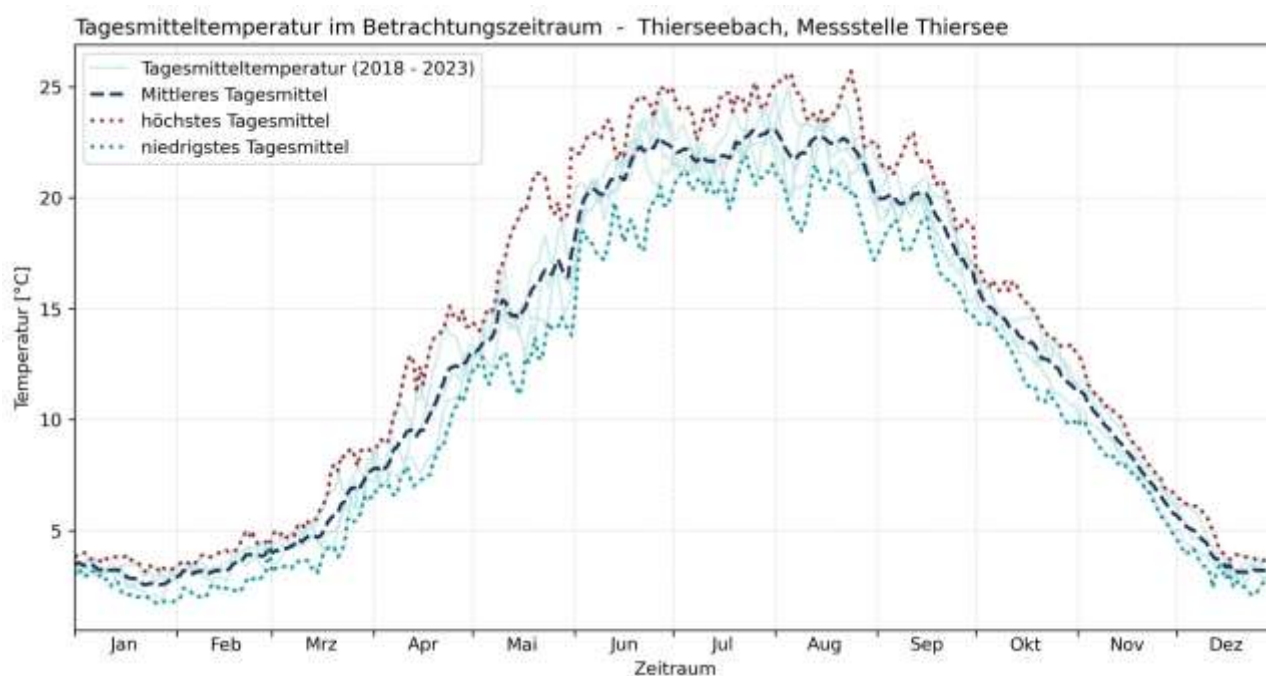


Abb. A 470: Tägliche Temperaturvariation des Thierseebach (Messstelle Thiersee) im Jahresverlauf.

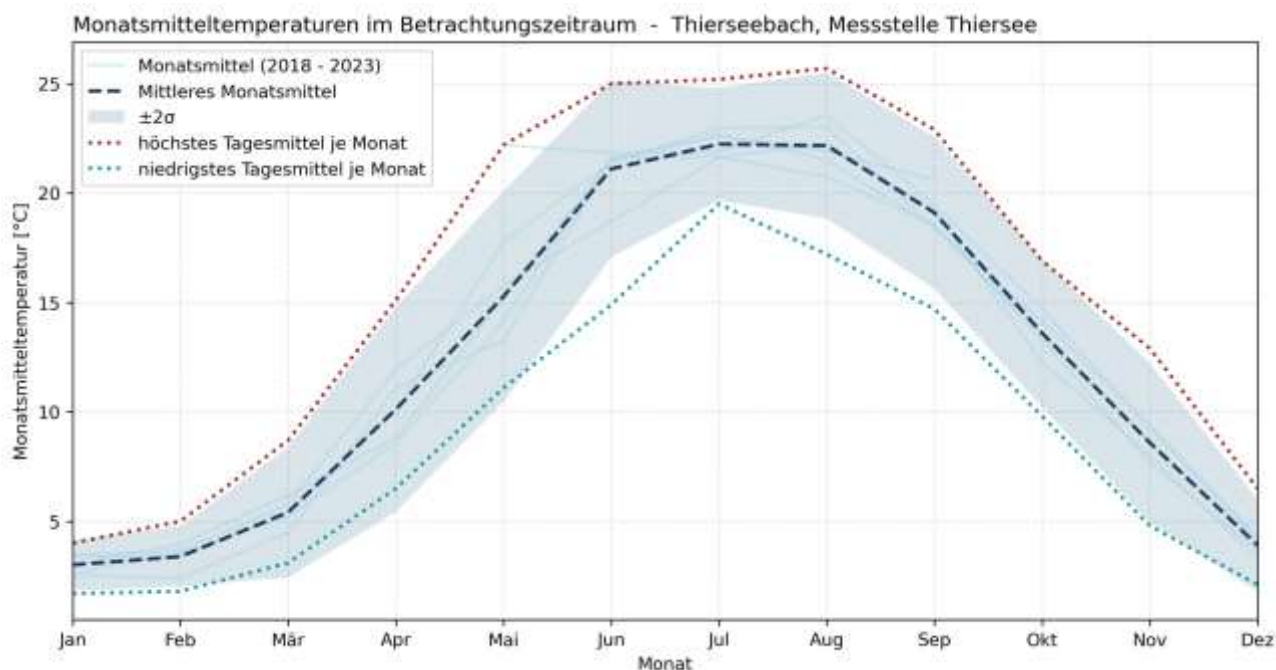


Abb. A 471: Monatsmitteltemperaturen für den Thierseebach, Messstelle Thiersee. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

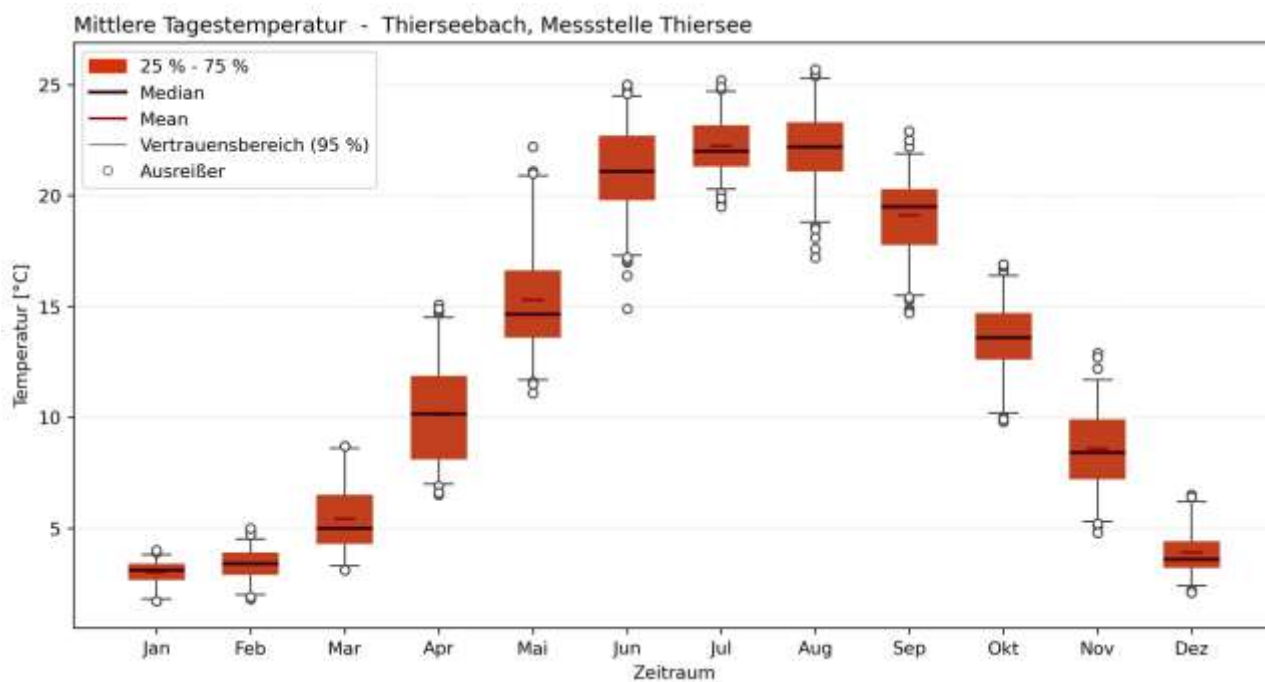


Abb. A 472: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Thierseebach (Messstelle, Thiersee).

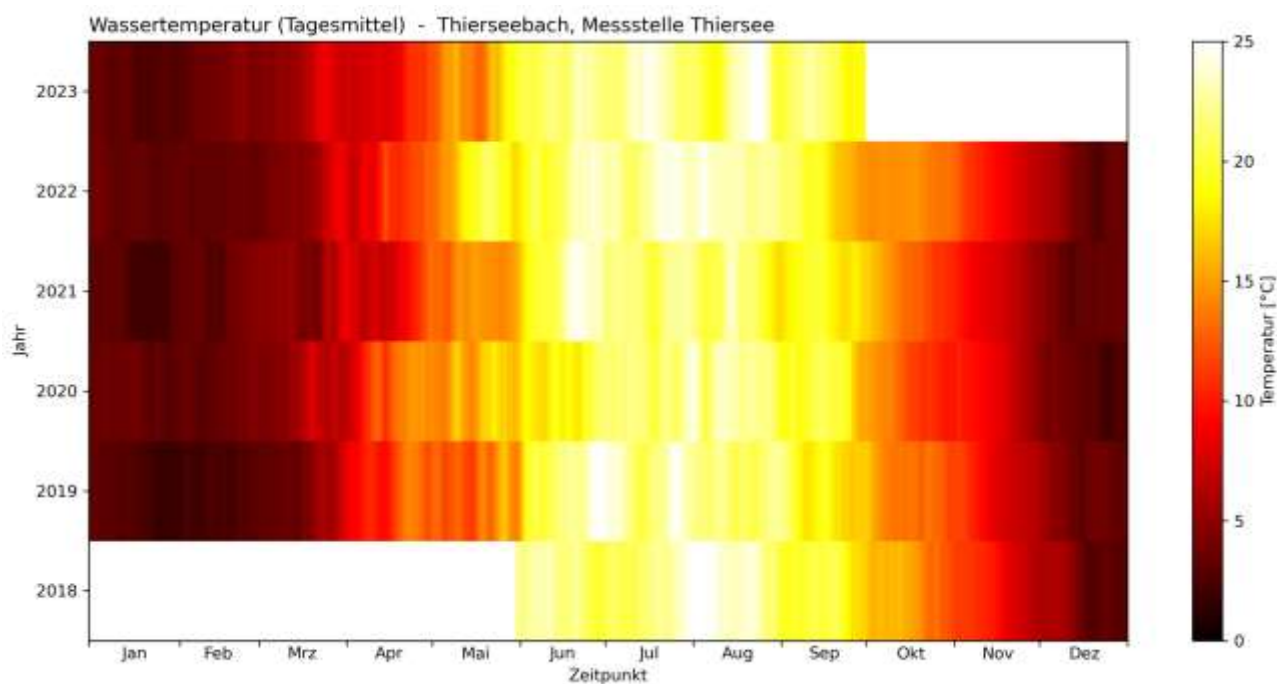


Abb. A 473: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Thierseebach (Messstelle Thiersee). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

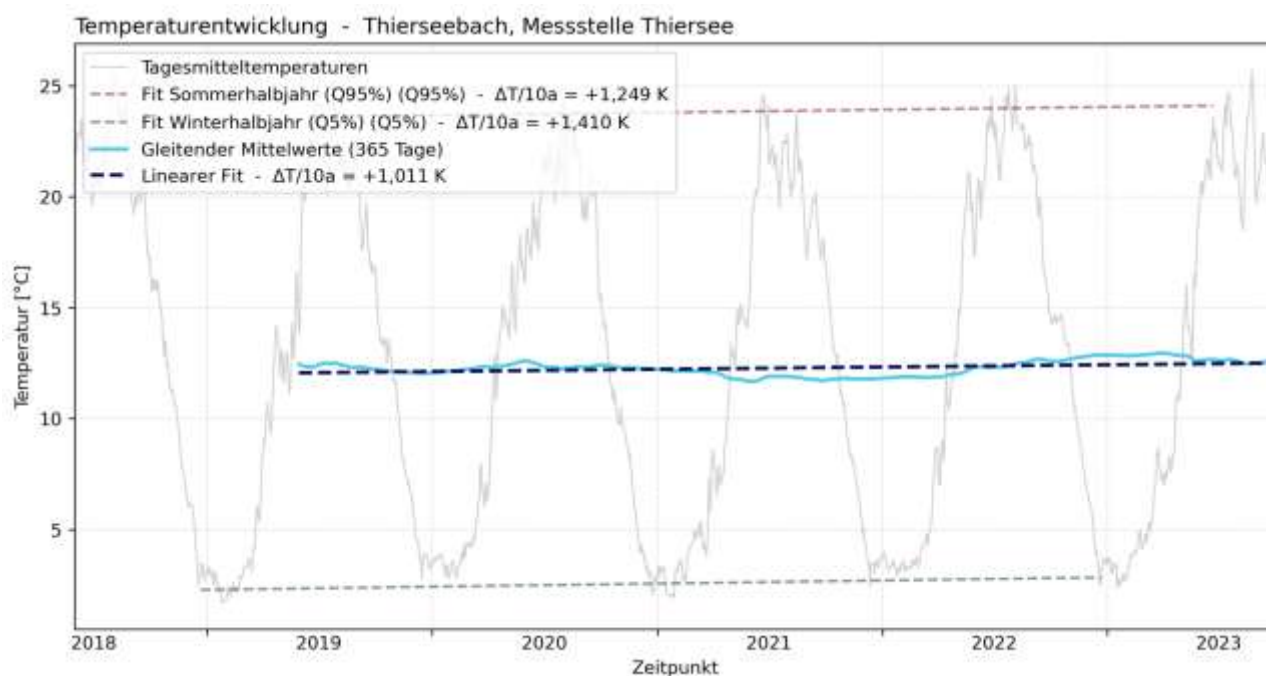


Abb. A 474: Temperaturentwicklung des Thierseebach, Messstelle Thiersee, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.35. Valserbach

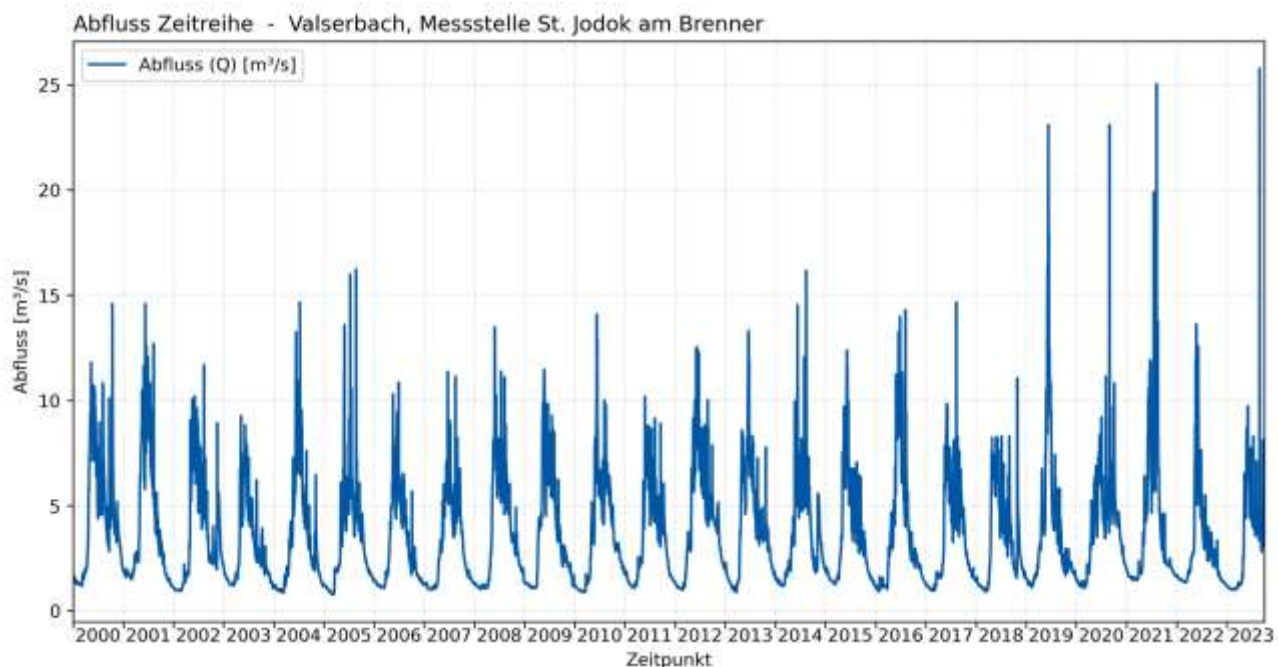


Abb. A 475: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Valserbach, Messstelle St Jodok am Brenner über den verfügbaren Zeitraum.

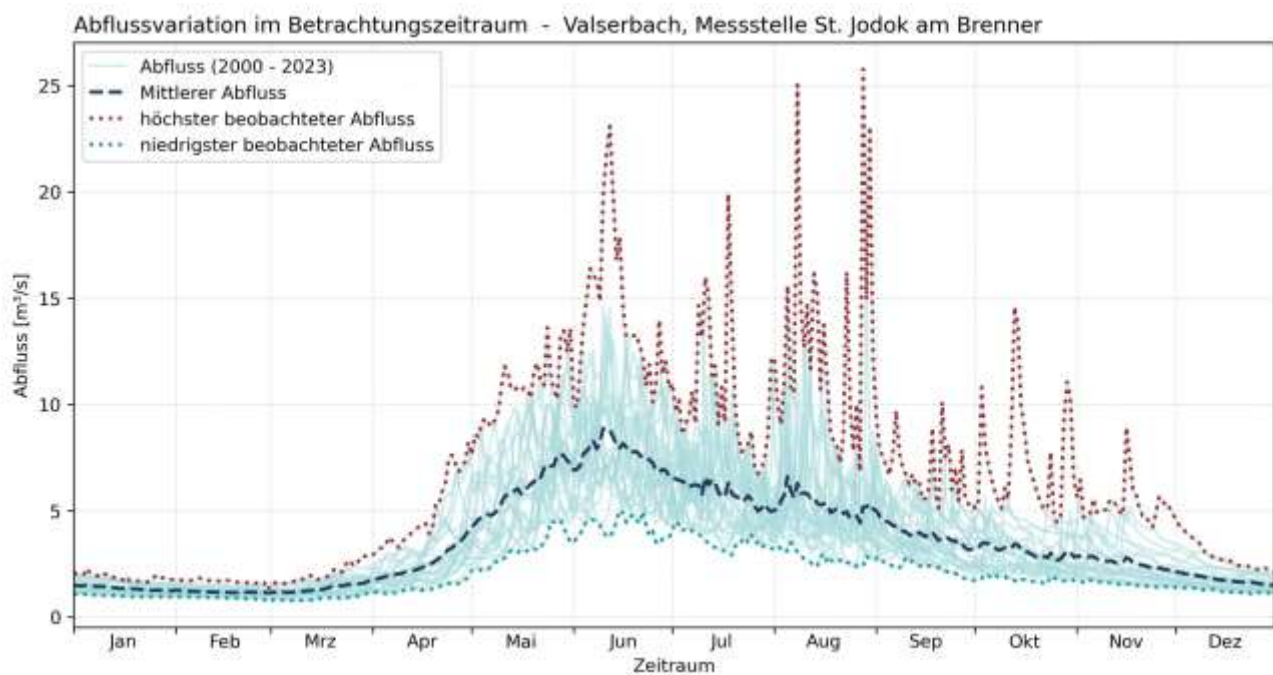


Abb. A 476: Tägliche Abflussvariation des Valserbach(Messstelle St Jodok am Brenner) im Jahresverlauf.

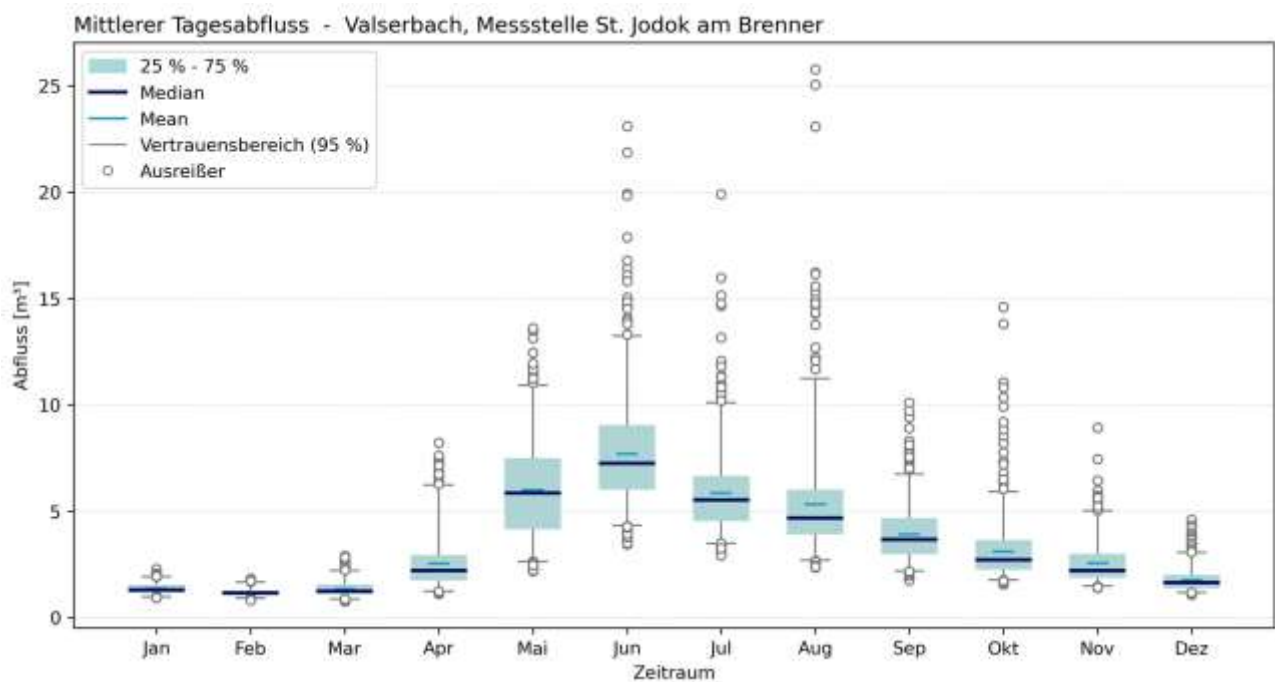


Abb. A 477: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Valserbach (Messstelle St Jodok am Brenner) als Monatswerte.

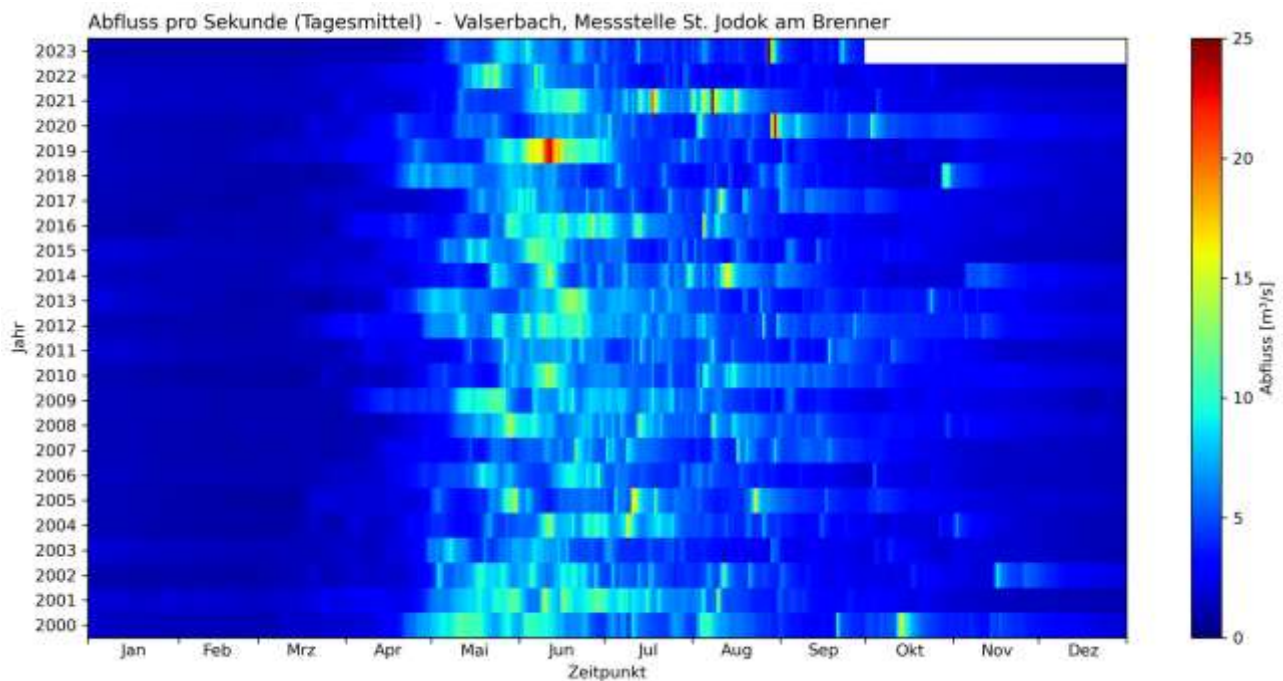


Abb. A 478: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Valserbach, Messstelle St Jodok am Brenner). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

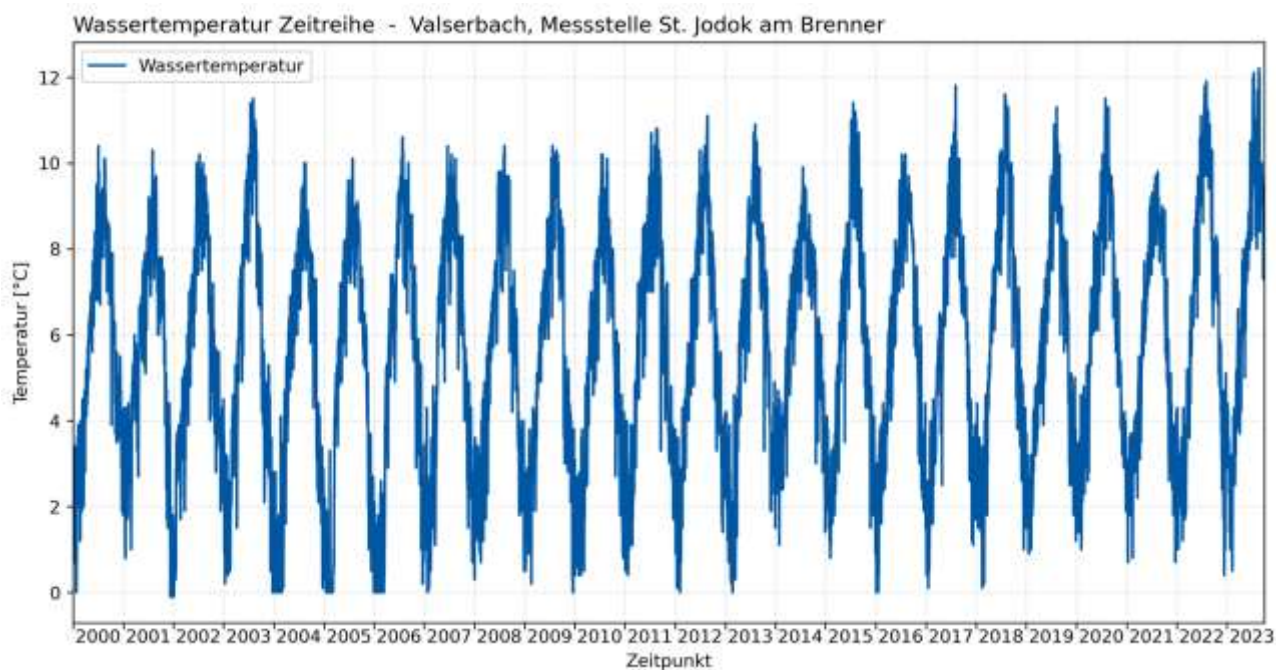


Abb. A 479: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Valserbach (Messstelle St Jodok am Brenner) über den verfügbaren Zeitraum.

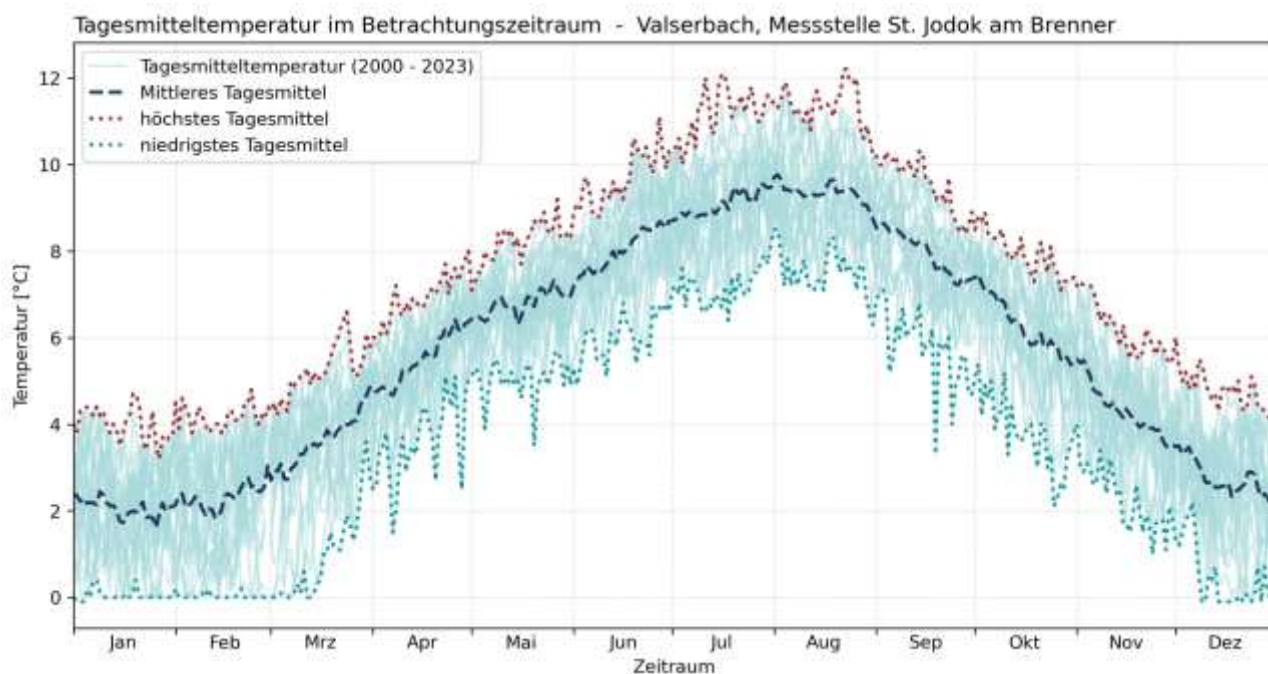


Abb. A 480: Tägliche Temperaturvariation des Valserbach (Messstelle St Jodok am Brenner) im Jahresverlauf.

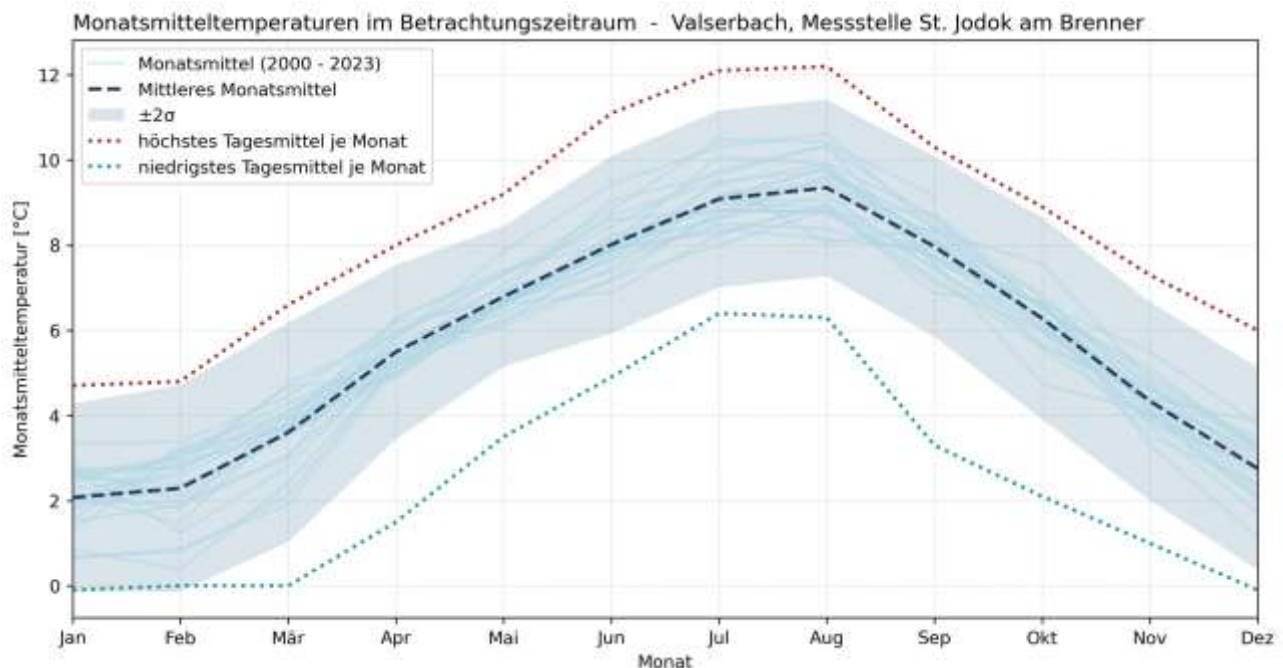


Abb. A 481: Monatsmitteltemperaturen für den Valserbach, Messstelle St Jodok am Brenner. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

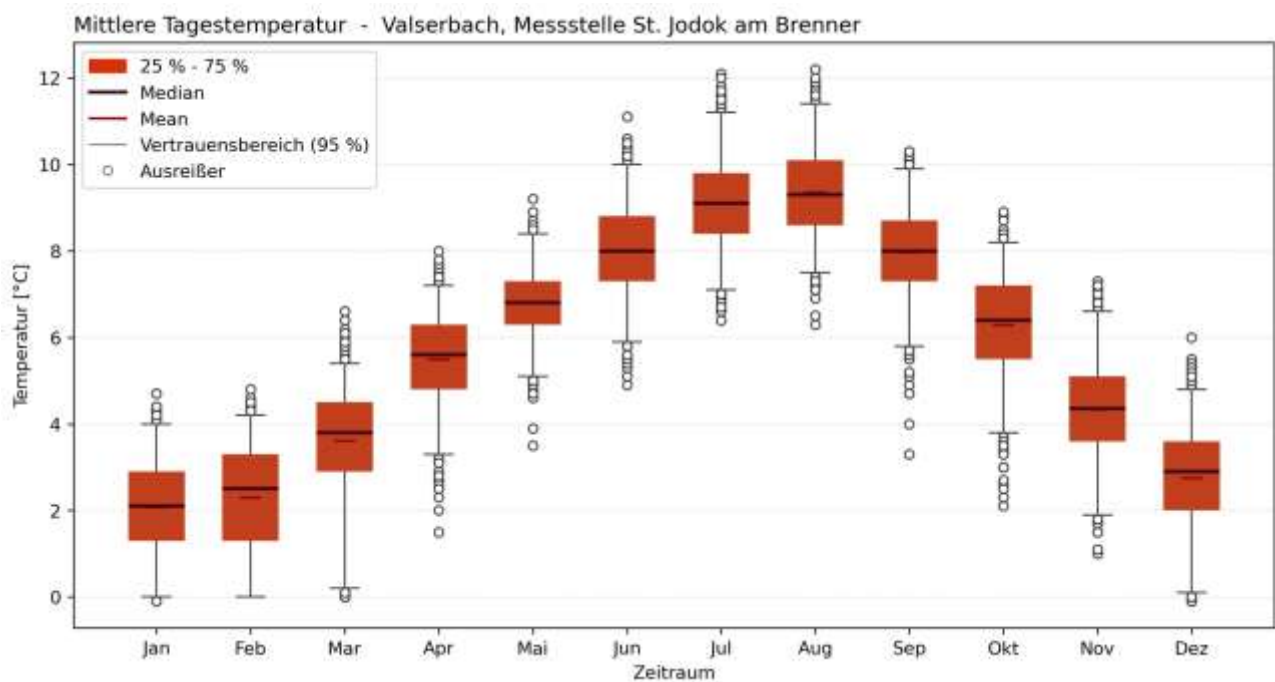


Abb. A 482: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Valserbach (Messstelle, St Jodok am Brenner).

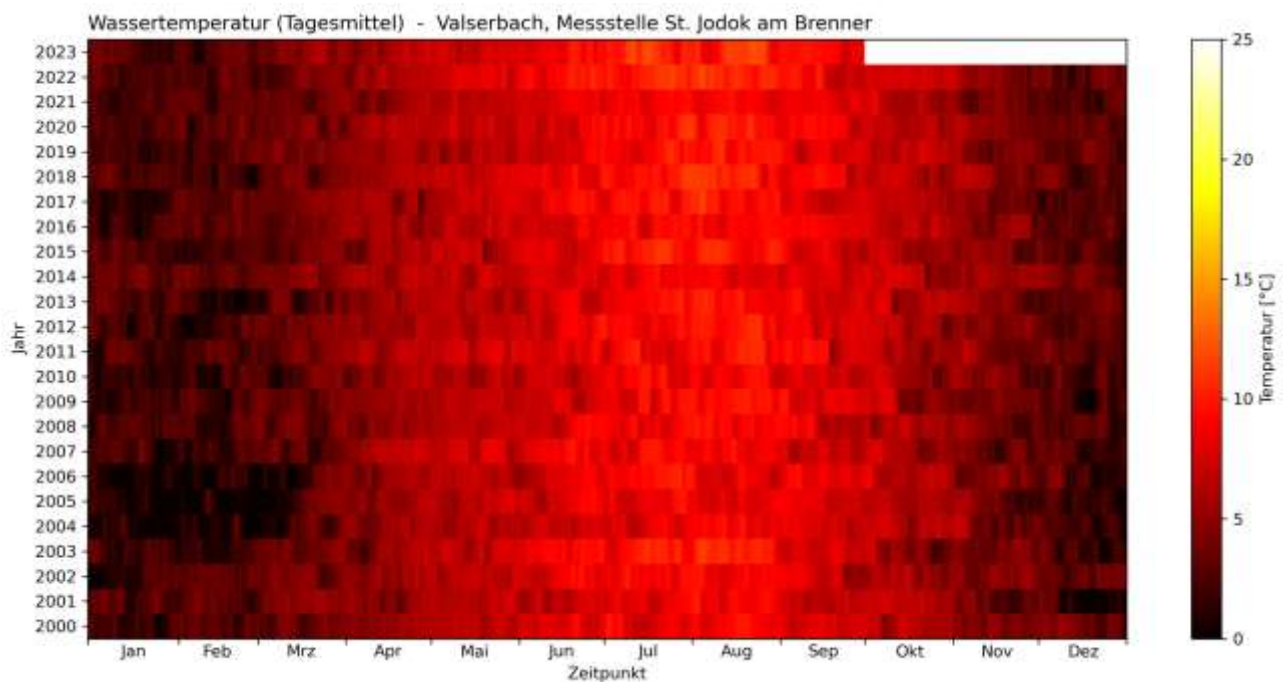


Abb. A 483: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Valserbach (Messstelle St Jodok am Brenner). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

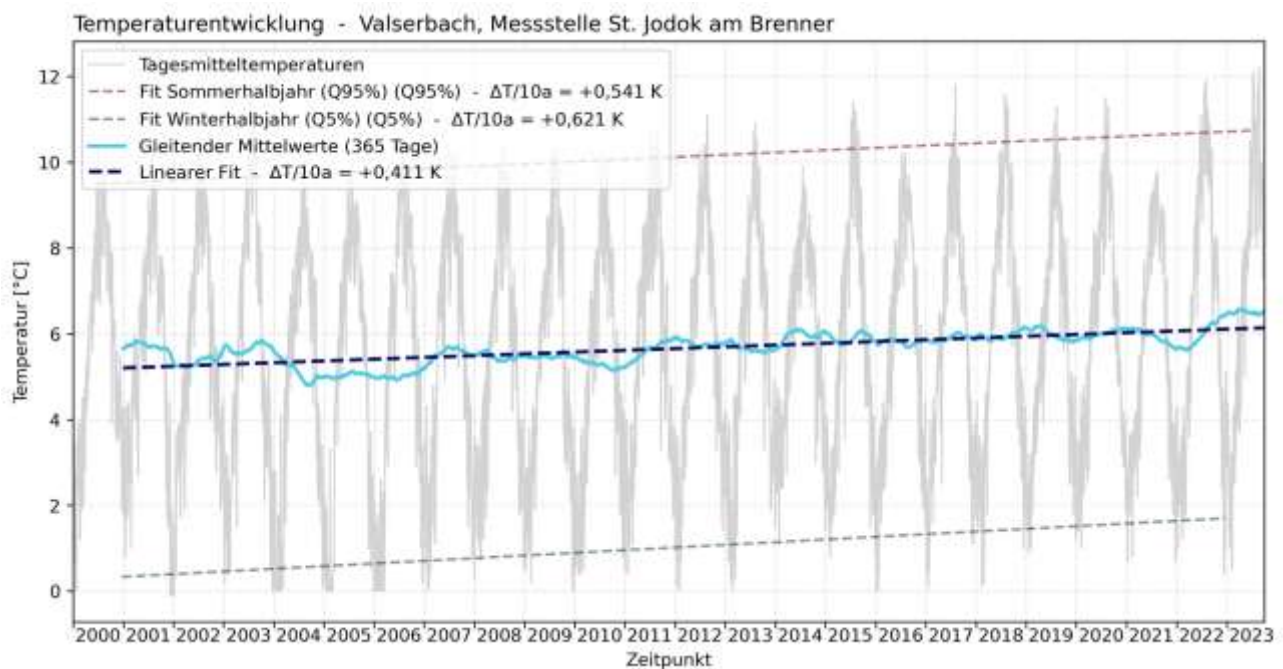


Abb. A 484: Temperaturentwicklung des Valserbach, Messstelle St Jodok am Brenner, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.36. Villgratenbach

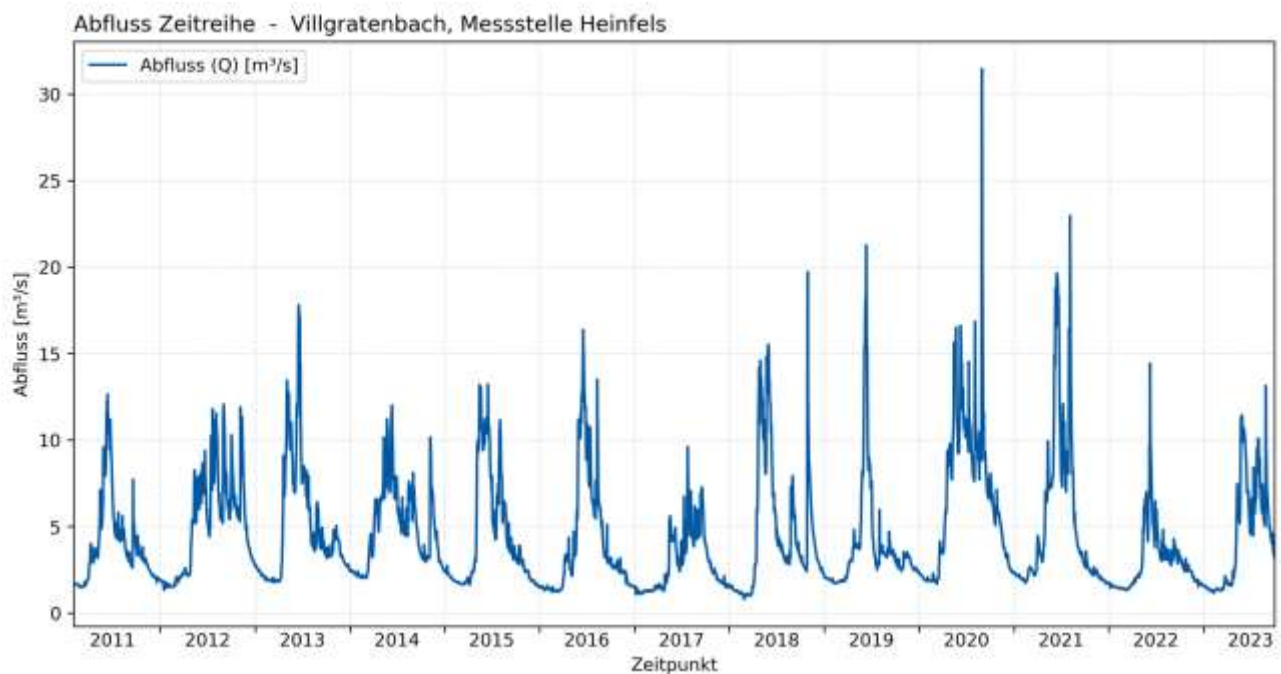


Abb. A 485: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Villgratenbach, Messstelle Heinfels über den verfügbaren Zeitraum.

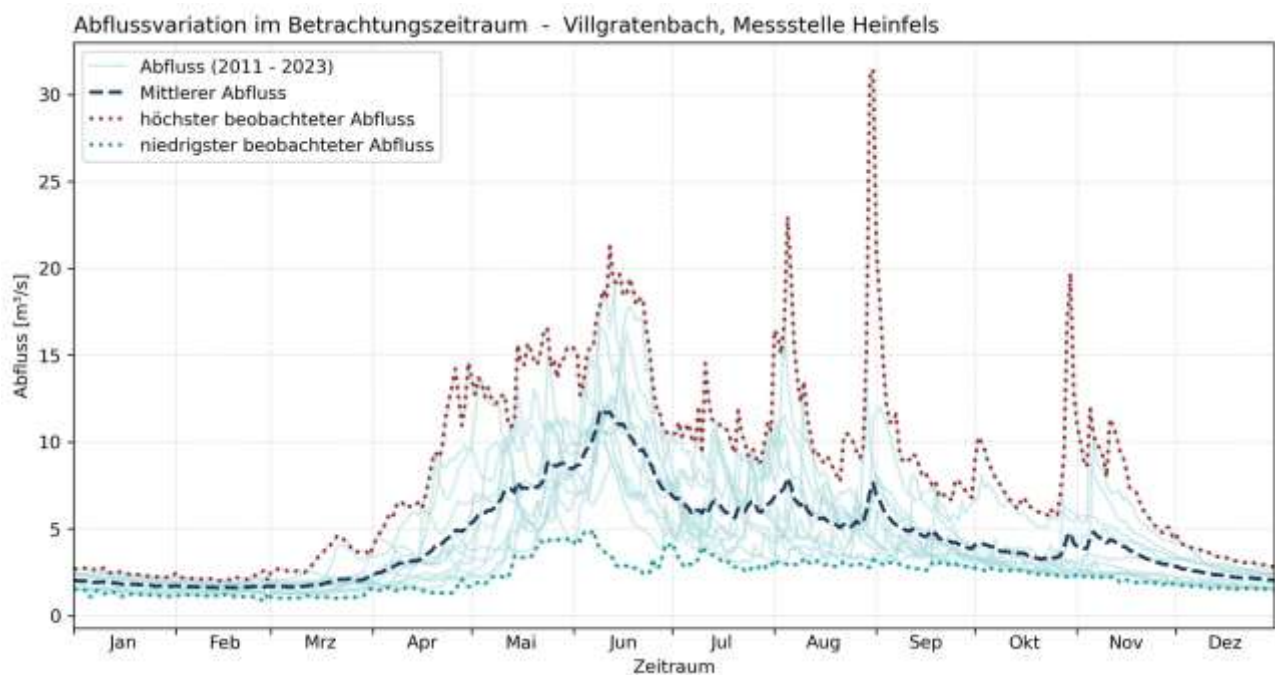


Abb. A 486: Tägliche Abflussvariation des Villgratenbach(Messstelle Heinfels) im Jahresverlauf.

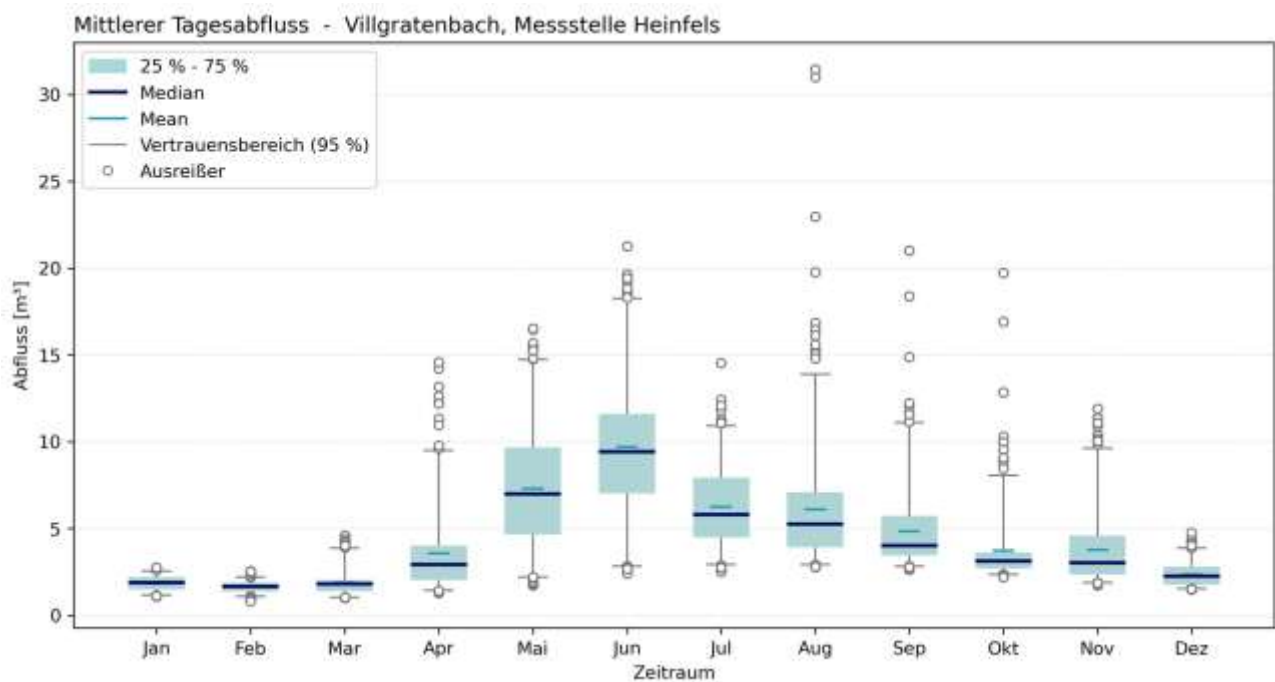


Abb. A 487: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Villgratenbach (Messstelle Heinfels) als Monatswerte.

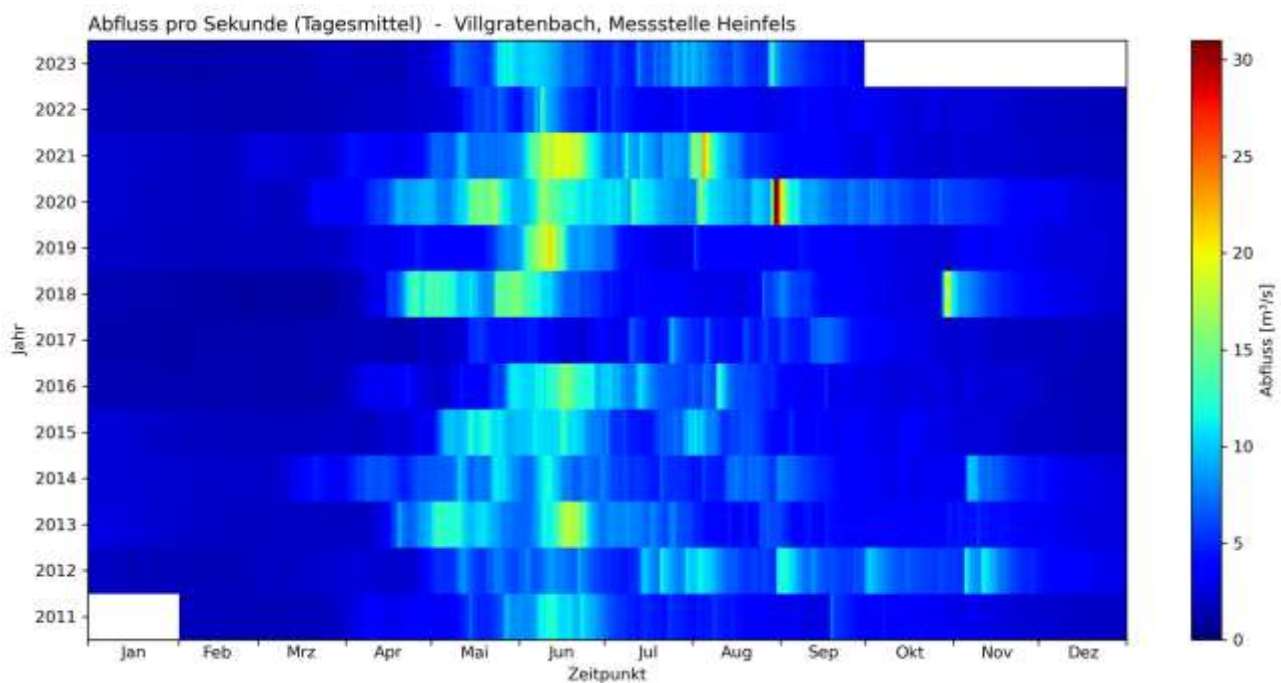


Abb. A 488: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Villgratenbach, Messstelle Heinfels). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

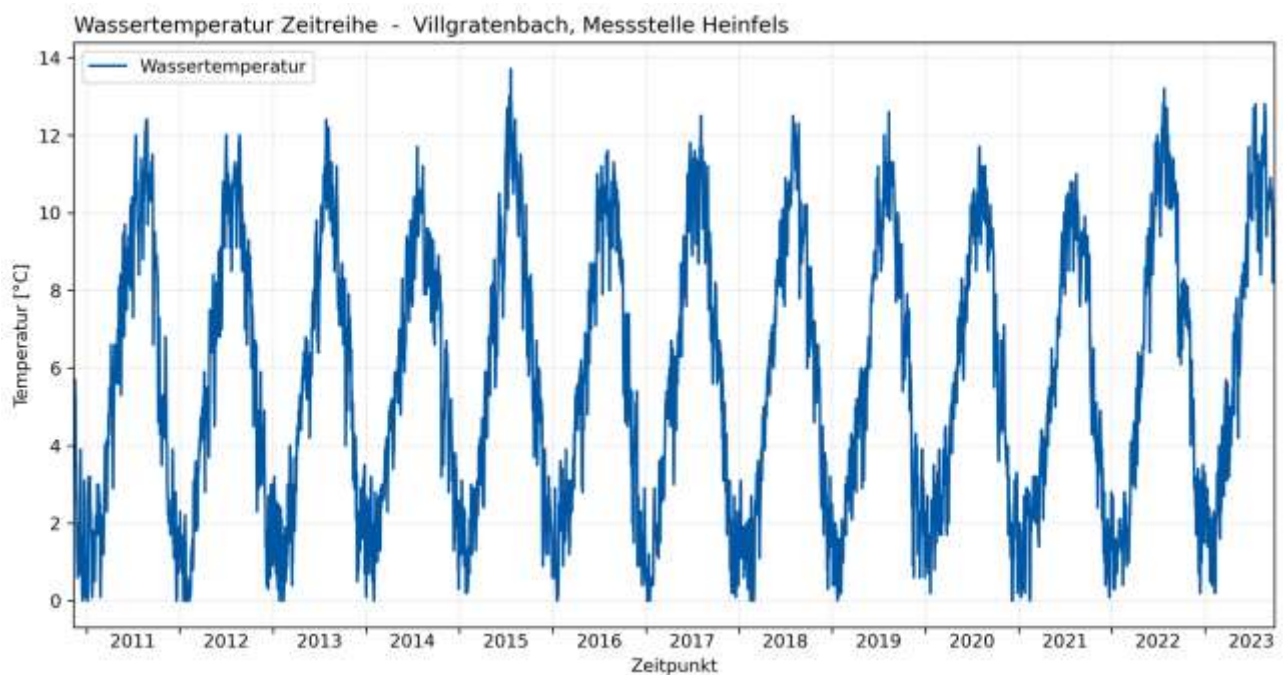


Abb. A 489: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Villgratenbach (Messstelle Heinfels) über den verfügbaren Zeitraum.

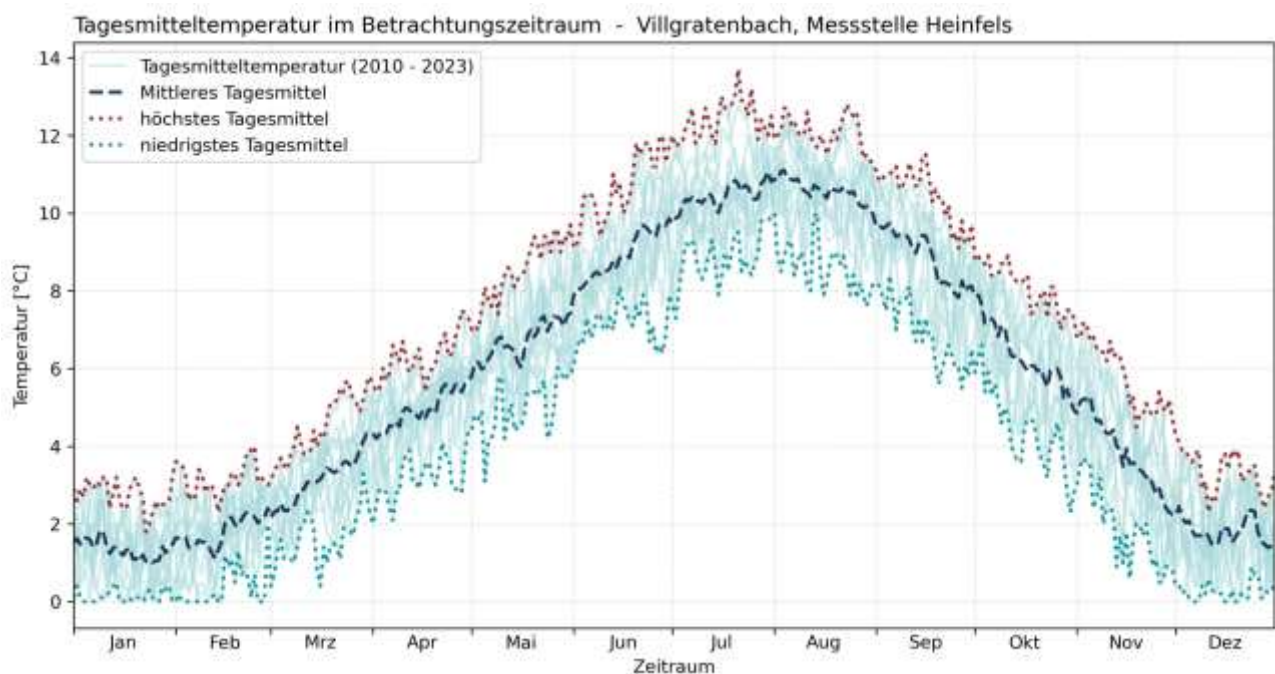


Abb. A 490: Tägliche Temperaturvariation des Villgratenbach (Messstelle Heinfels) im Jahresverlauf.

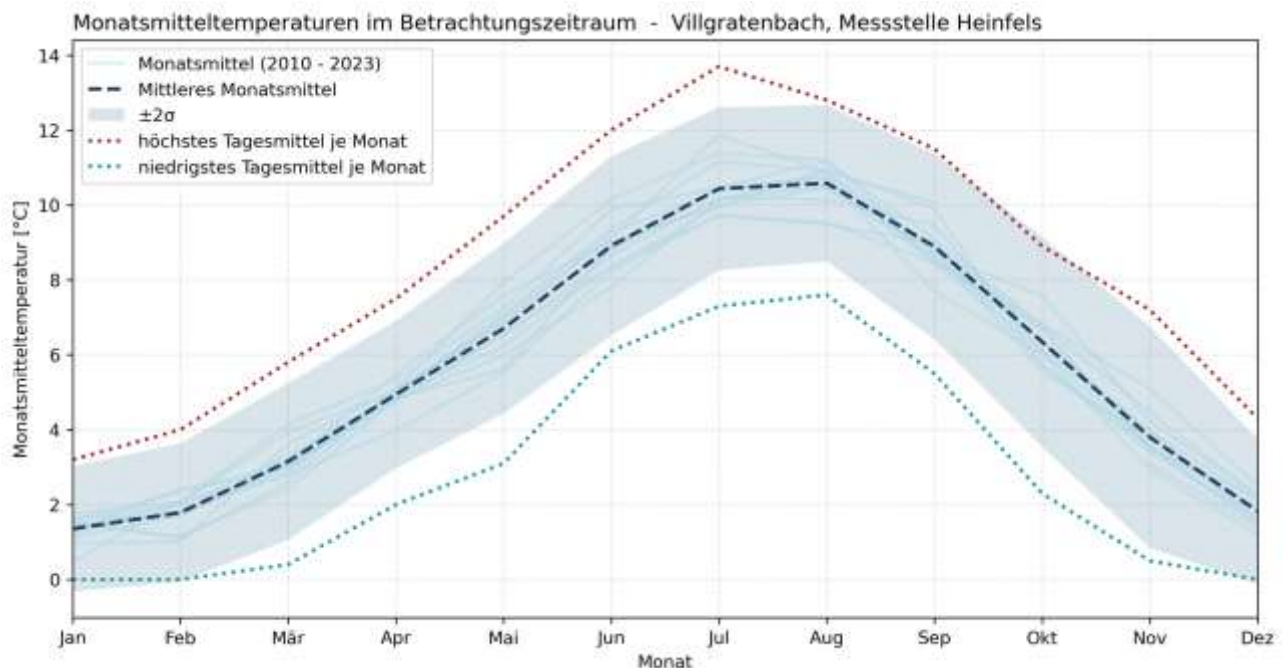


Abb. A 491: Monatsmitteltemperaturen für den Villgratenbach, Messstelle Heinfels. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

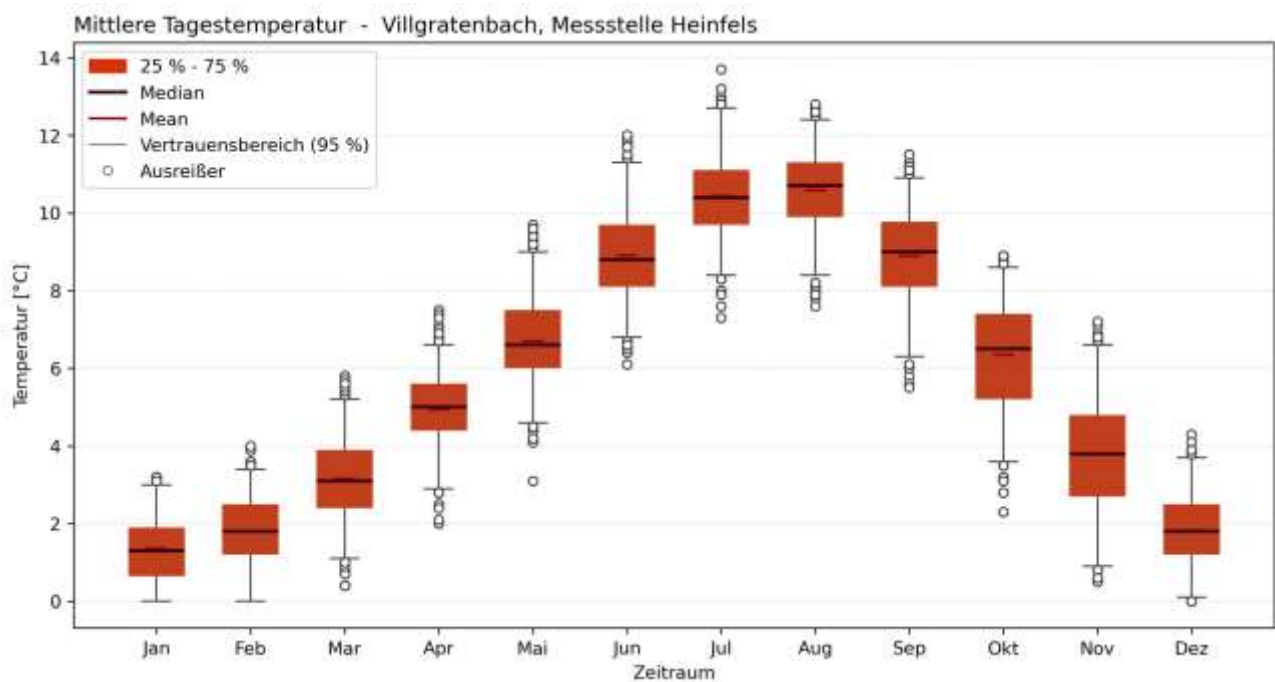


Abb. A 492: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Villgratenbach (Messstelle, Heinfels).

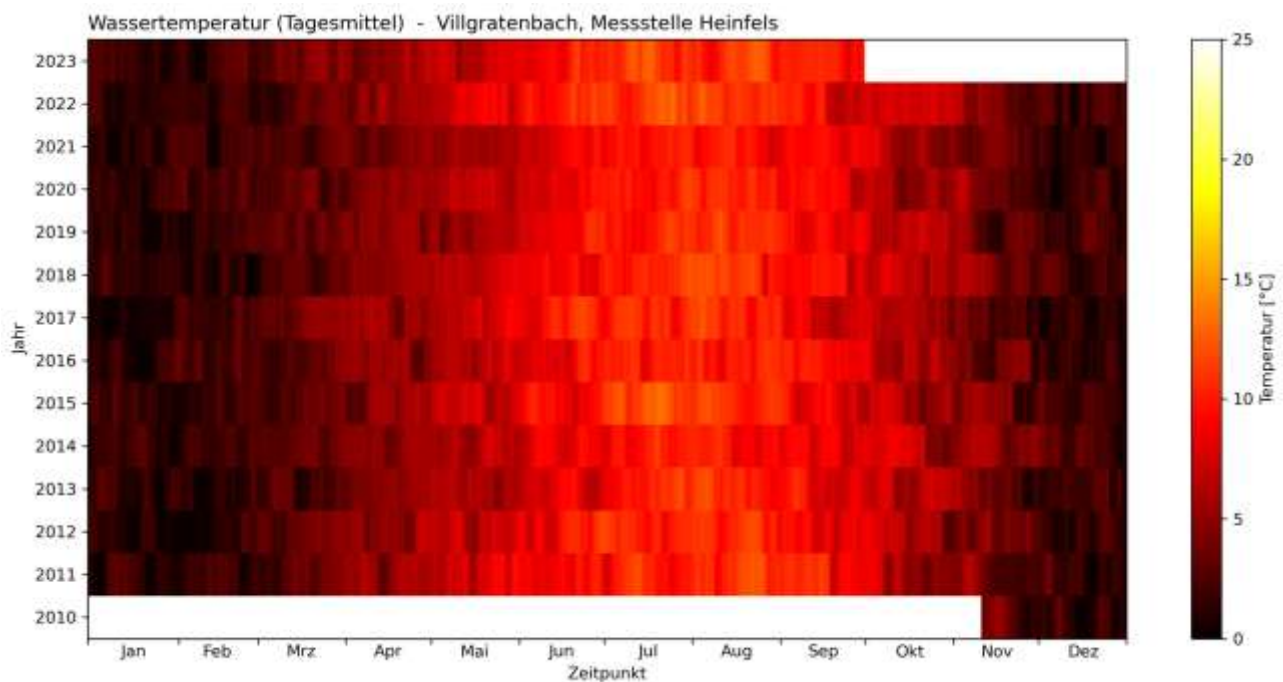


Abb. A 493: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Villgratenbach (Messstelle Heinfels). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

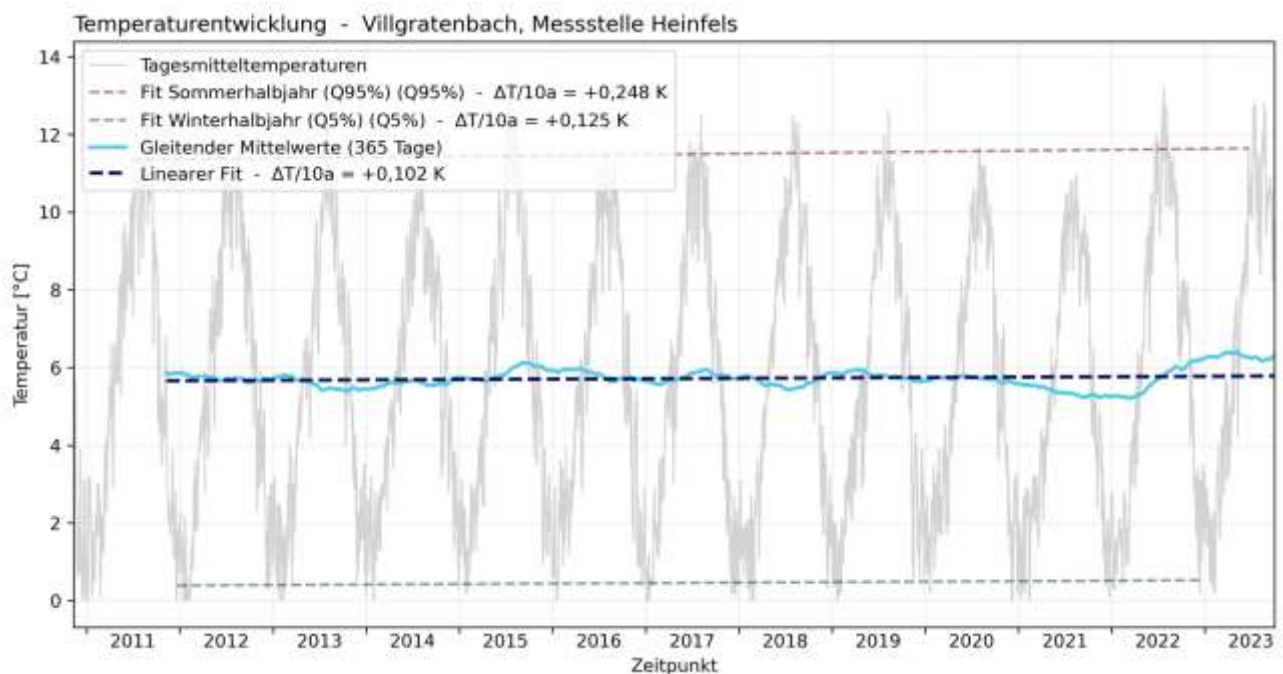


Abb. A 494: Temperaturentwicklung des Villgratenbach, Messstelle Heinfels, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.37. Vils

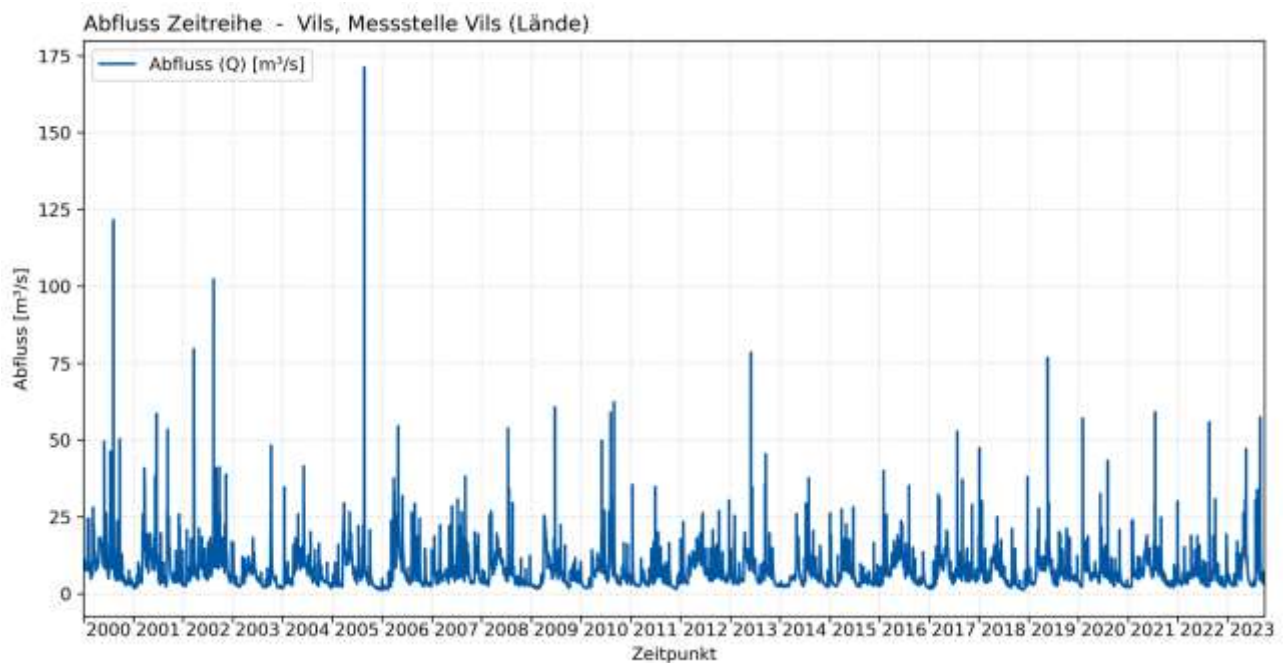


Abb. A 495: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Vils, Messstelle Vils Lände über den verfügbaren Zeitraum.

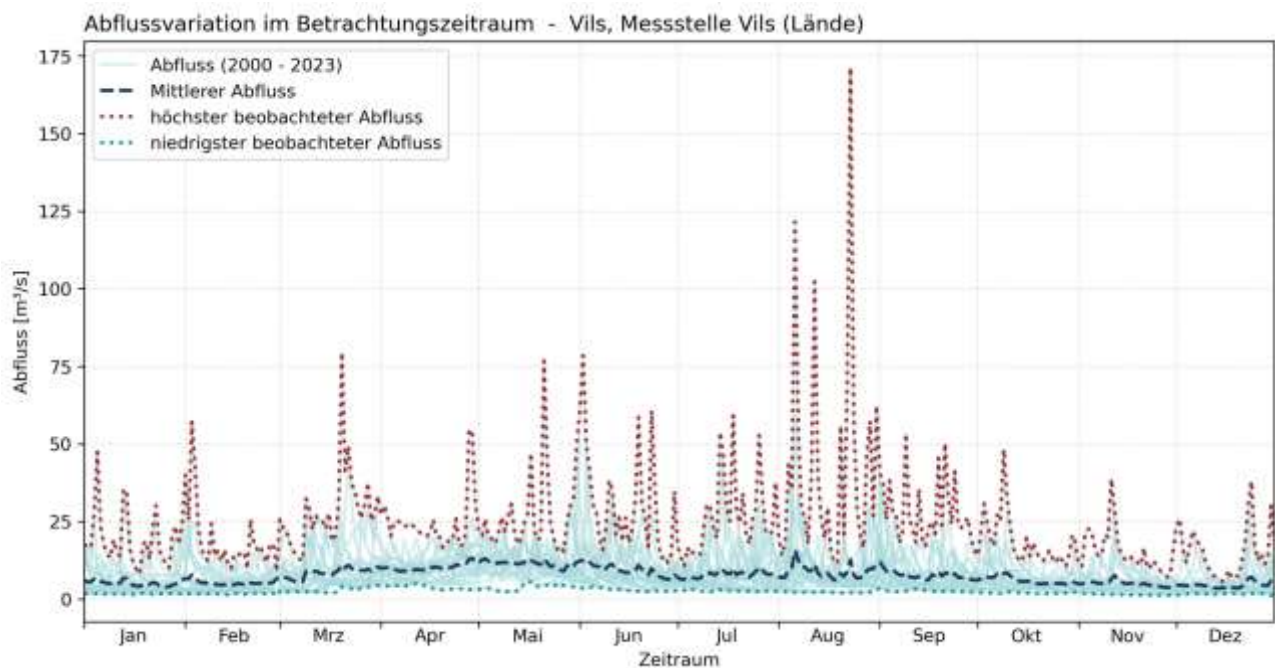


Abb. A 496: Tägliche Abflussvariation der Vils(Messstelle Vils Lände) im Jahresverlauf.

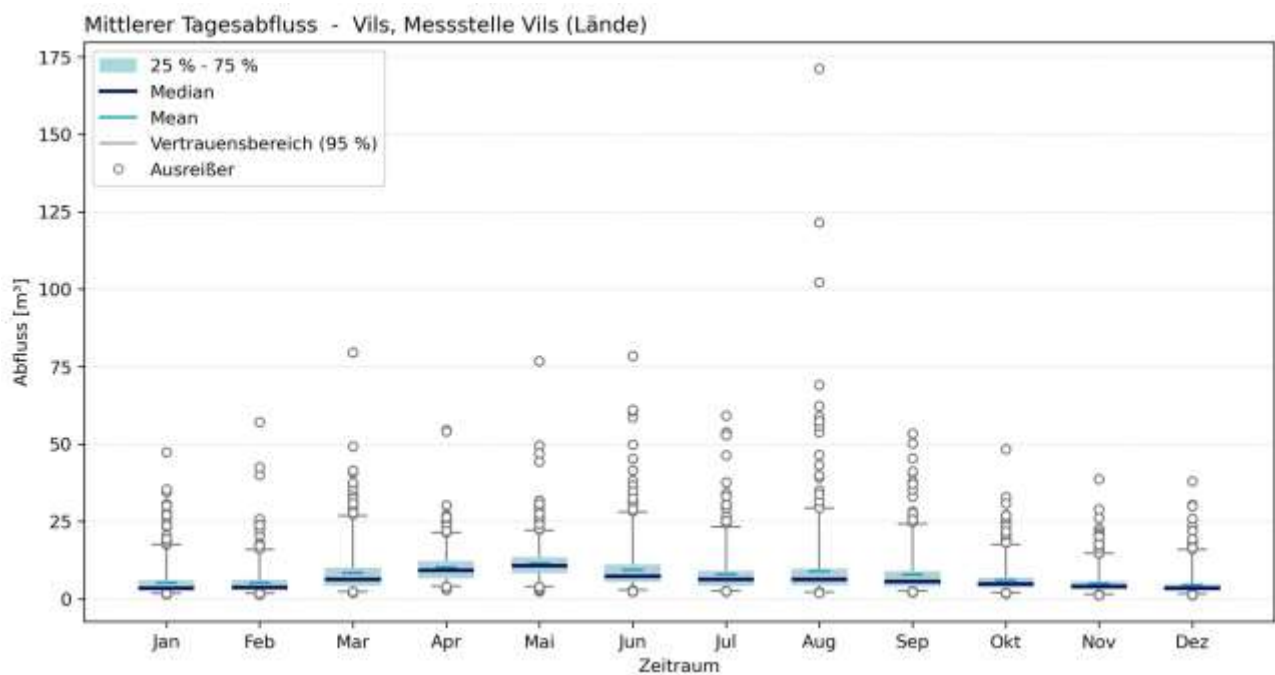


Abb. A 497: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Vils (Messstelle Vils Lände) als Monatswerte.

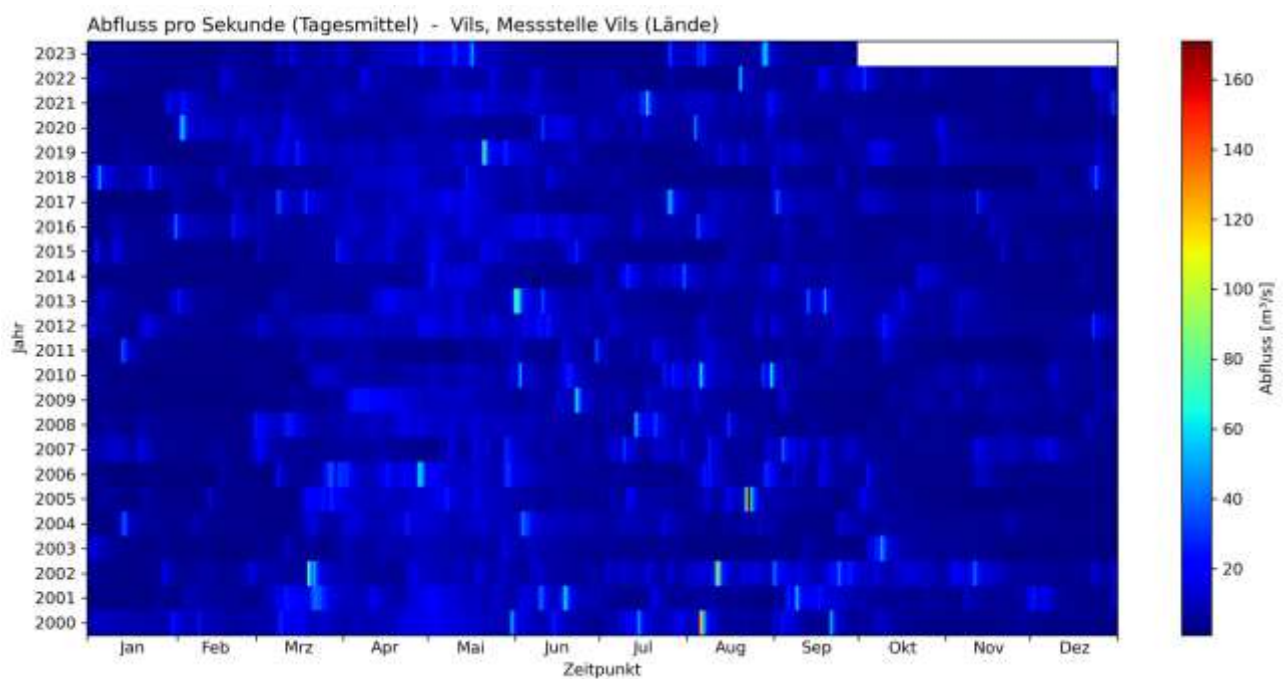


Abb. A 498: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Vils, Messstelle Vils Lände). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

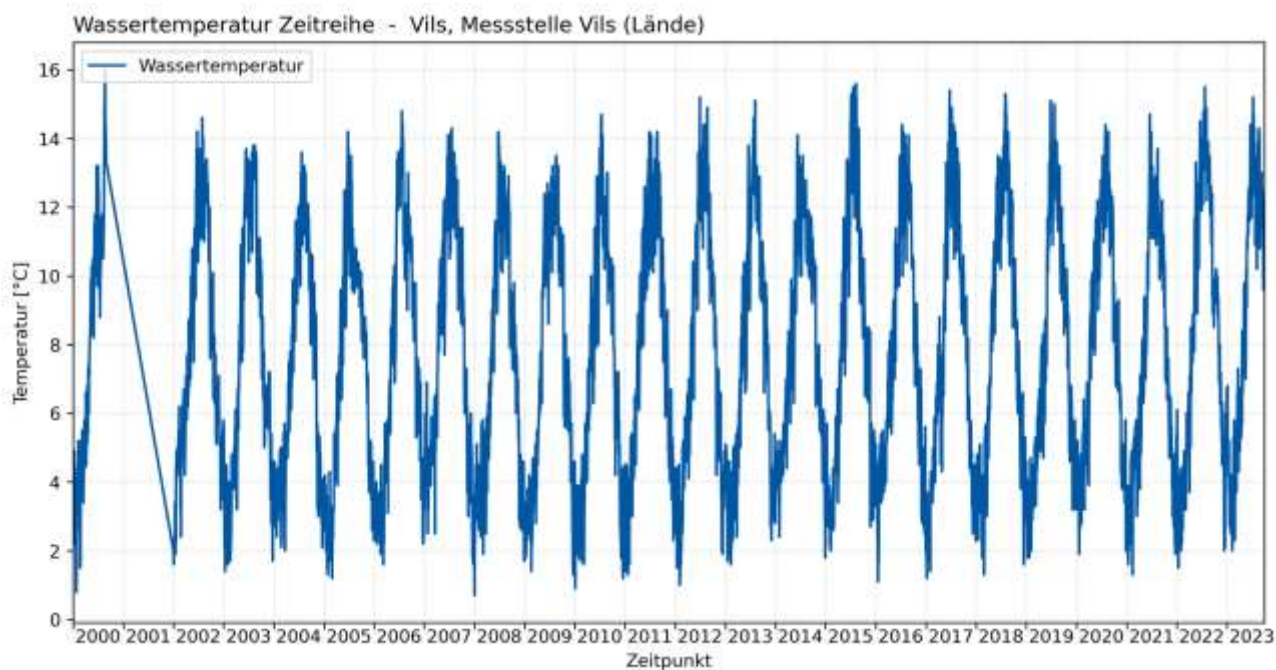


Abb. A 499: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Vils (Messstelle Vils Lände) über den verfügbaren Zeitraum.

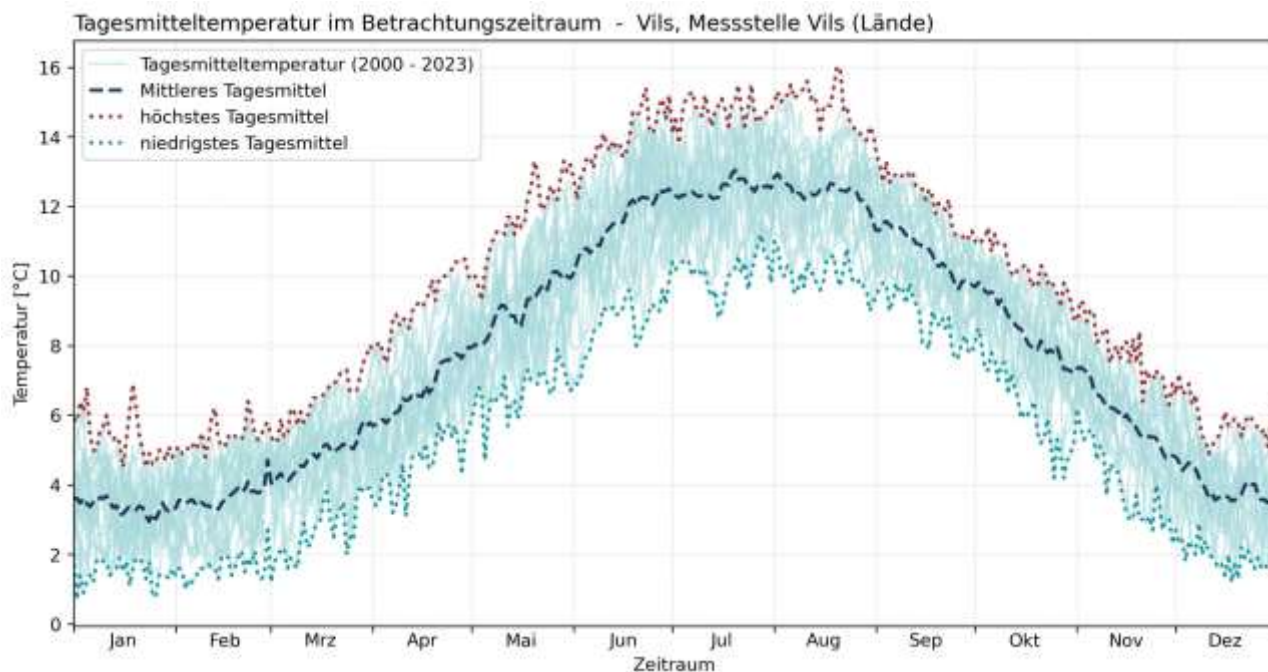


Abb. A 500: Tägliche Temperaturvariation der Vils (Messstelle Vils Lände) im Jahresverlauf.

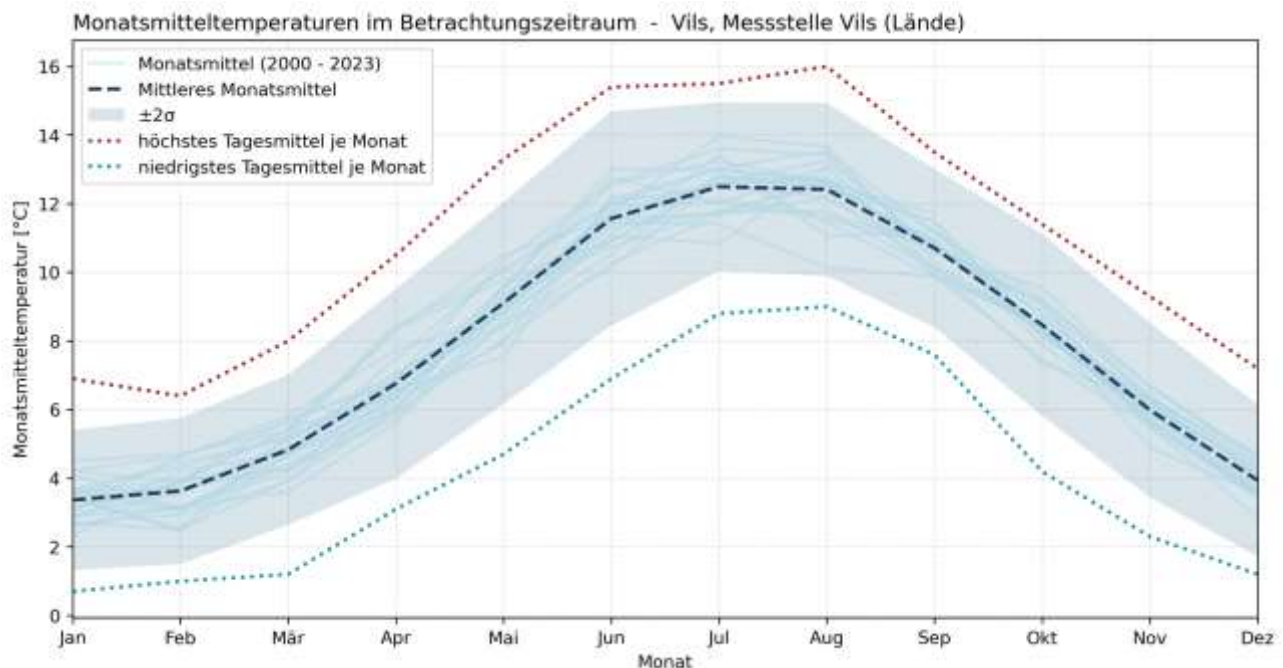


Abb. A 501: Monatsmitteltemperaturen für die Vils, Messstelle Vils Lände . Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

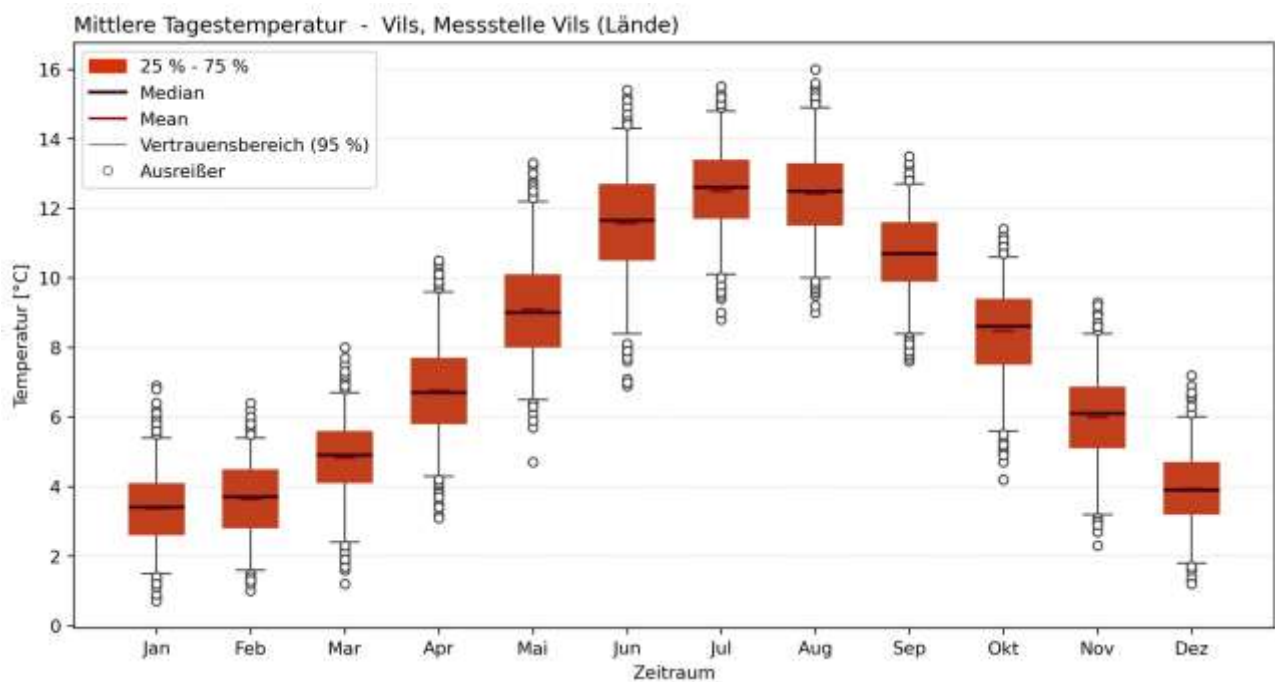


Abb. A 502: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Vils (Messstelle, Vils Lände).

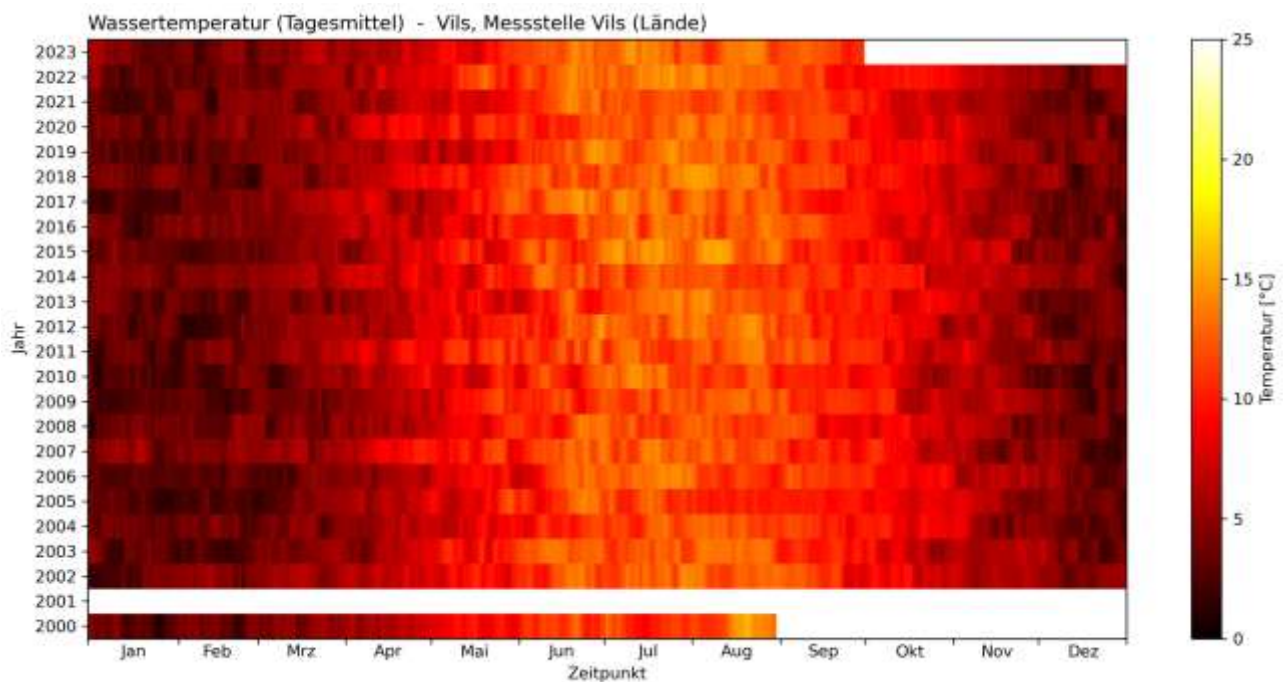


Abb. A 503: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Vils (Messstelle Vils Lände). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

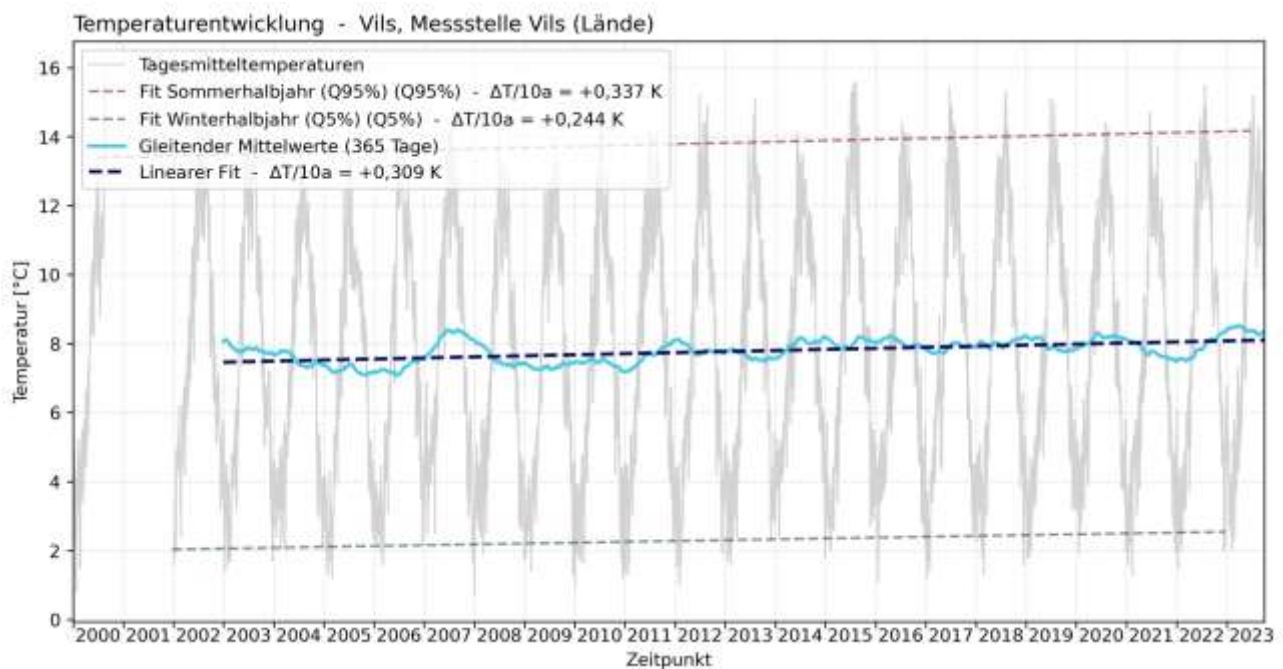


Abb. A 504: Temperaturentwicklung der Vils, Messstelle Vils Lände, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.38. Walchentaler Bach

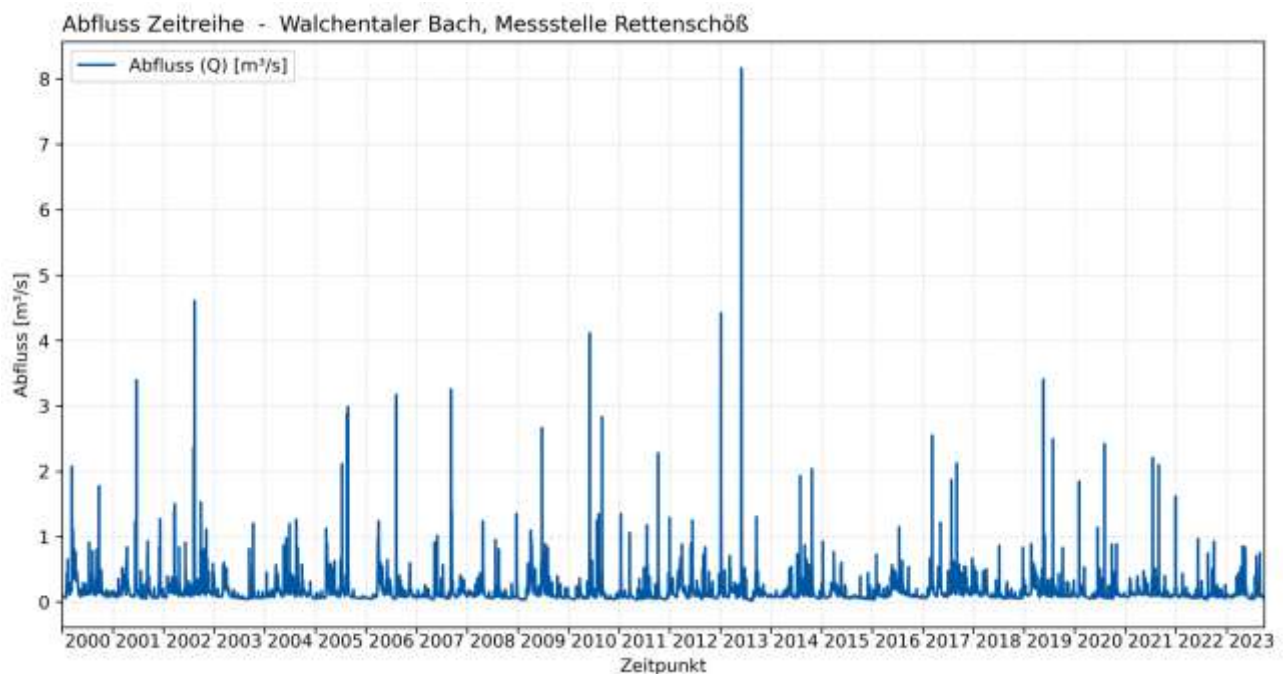


Abb. A 505: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Walchentaler Bach, Messstelle Rettenschöß über den verfügbaren Zeitraum.

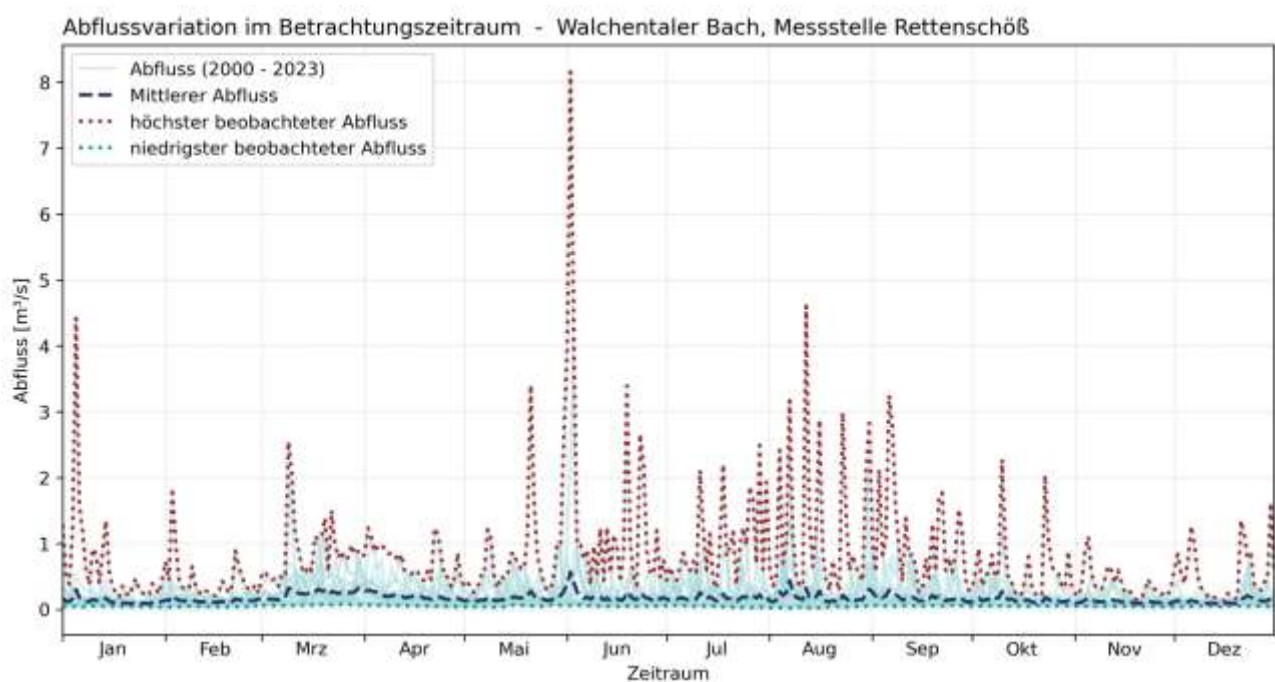


Abb. A 506: Tägliche Abflussvariation des Walchentaler Bach(Messstelle Rettenschöß) im Jahresverlauf.

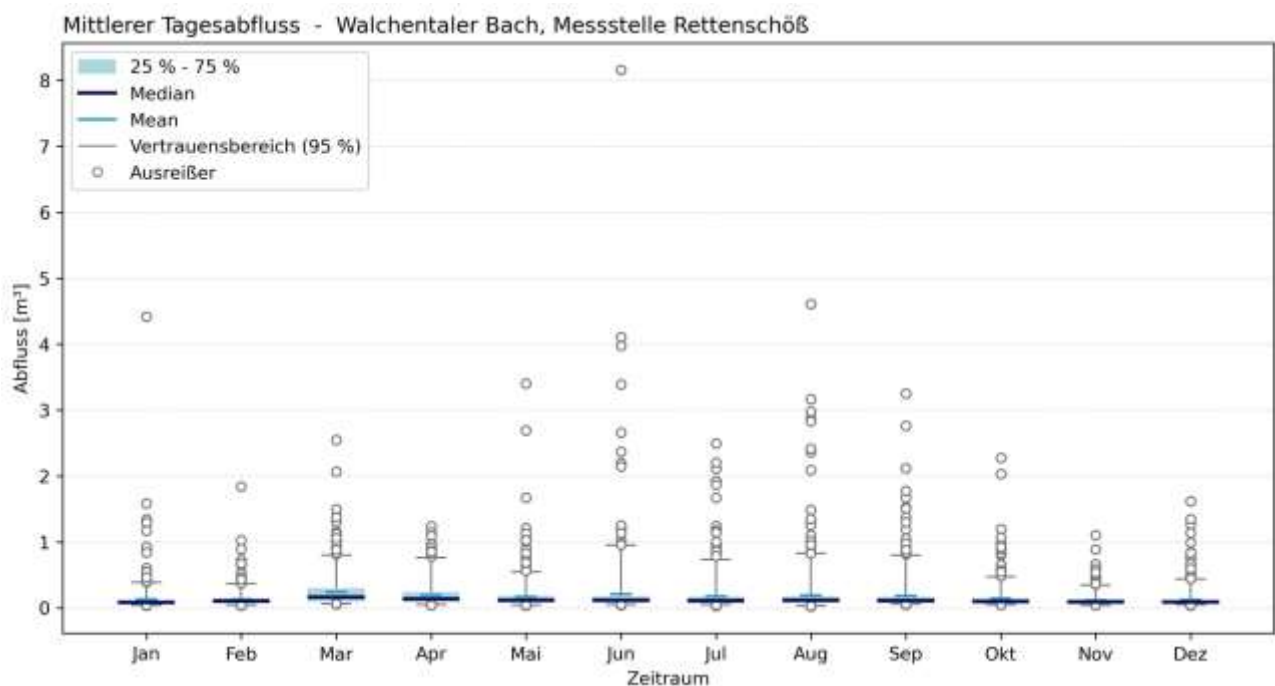


Abb. A 507: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Walchentaler Bach (Messstelle Rettenschöß) als Monatswerte.

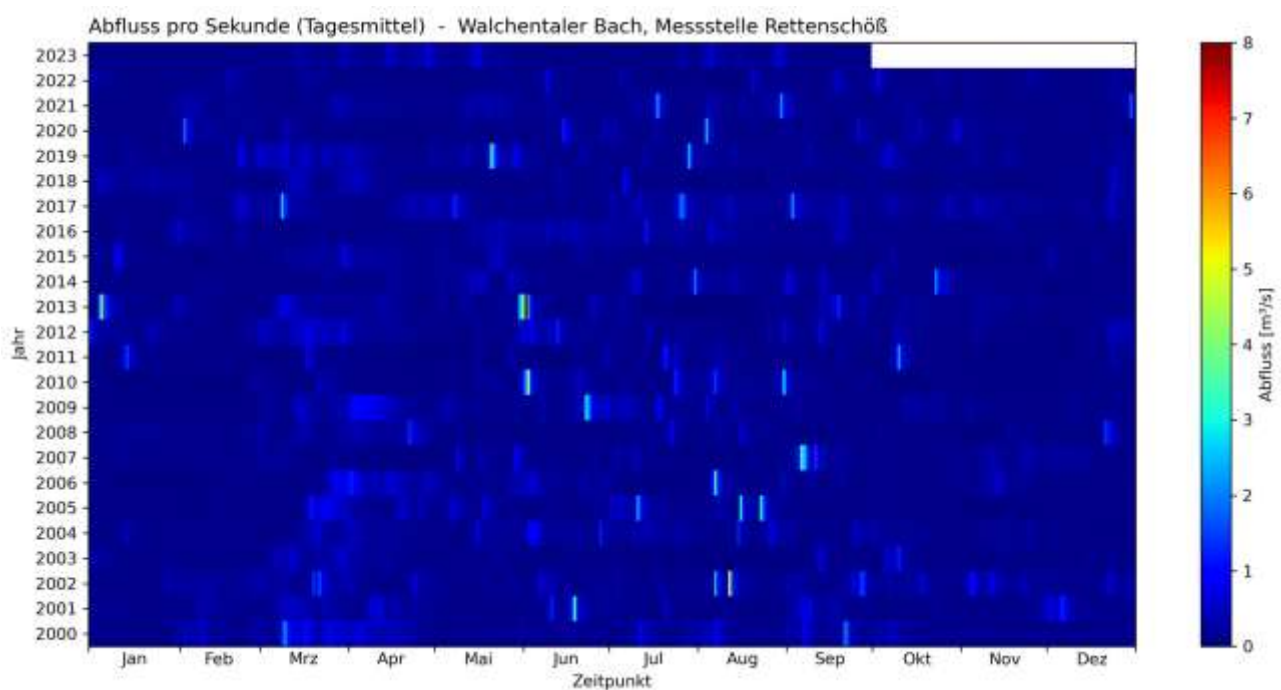


Abb. A 508: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Walchentaler Bach, Messstelle Rettenschöß). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

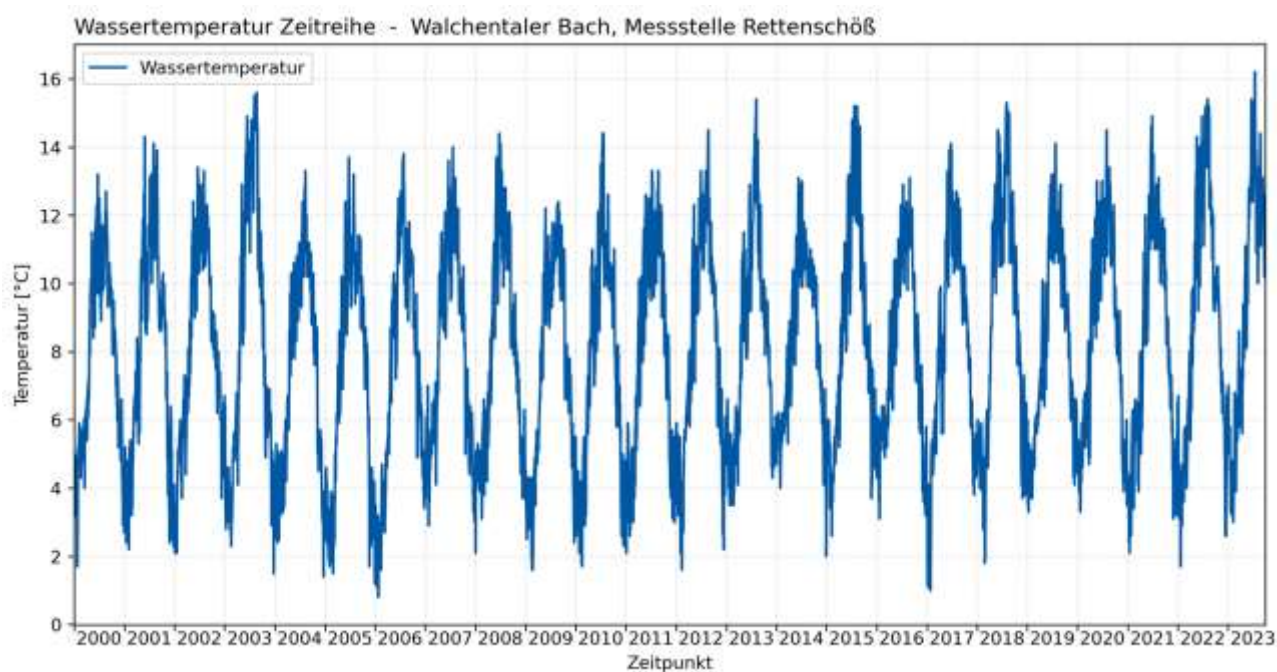


Abb. A 509: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Walchentaler Bach (Messstelle Rettenschöß) über den verfügbaren Zeitraum.

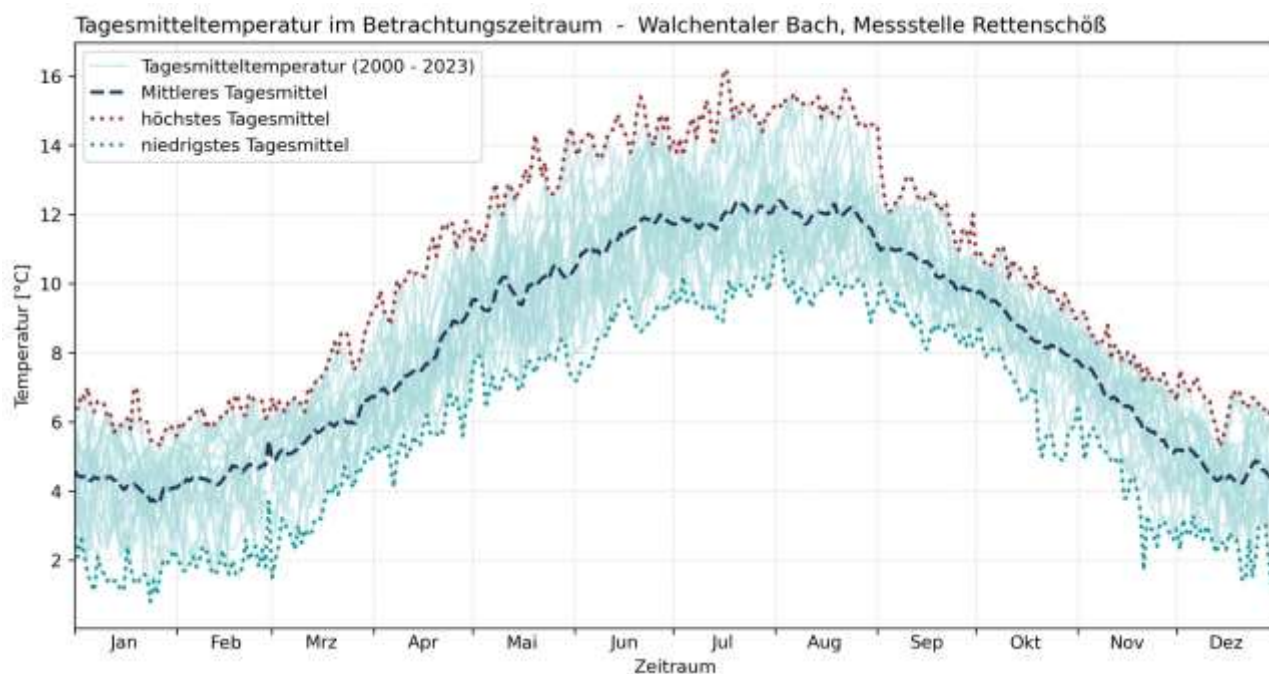


Abb. A 510: Tägliche Temperaturvariation des Walchentaler Bach (Messstelle Rettenschöß) im Jahresverlauf.

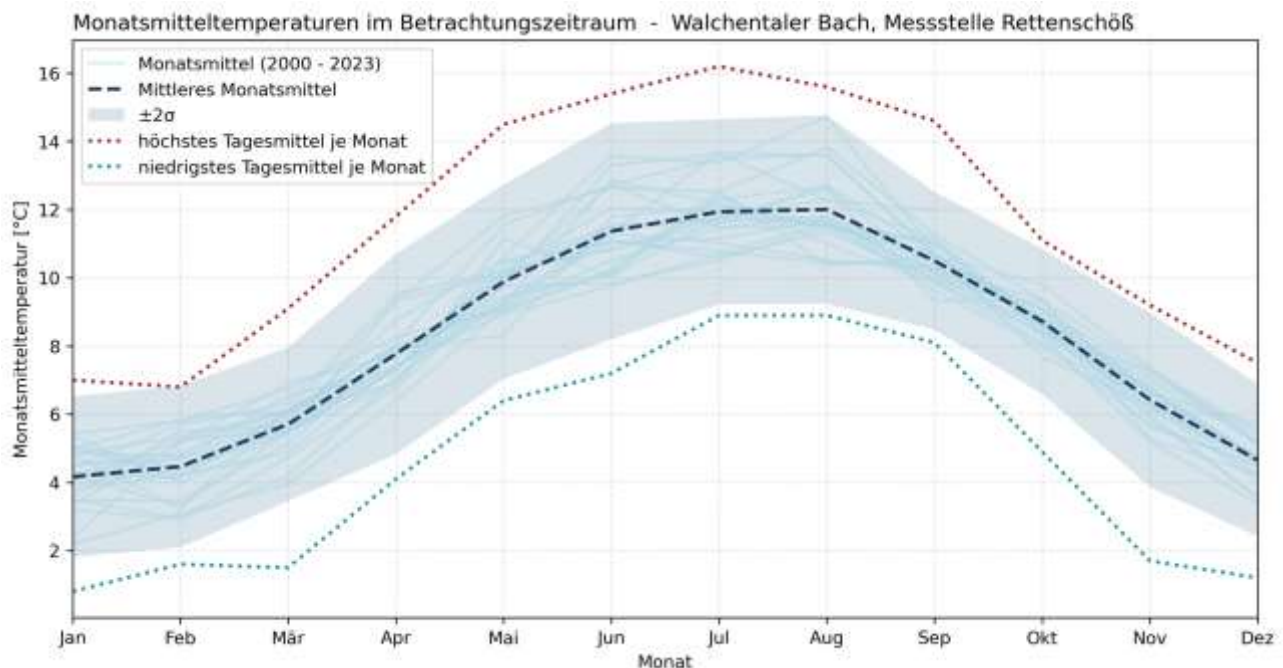


Abb. A 511: Monatsmitteltemperaturen für den Walchentaler Bach, Messstelle Rettenschöß. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

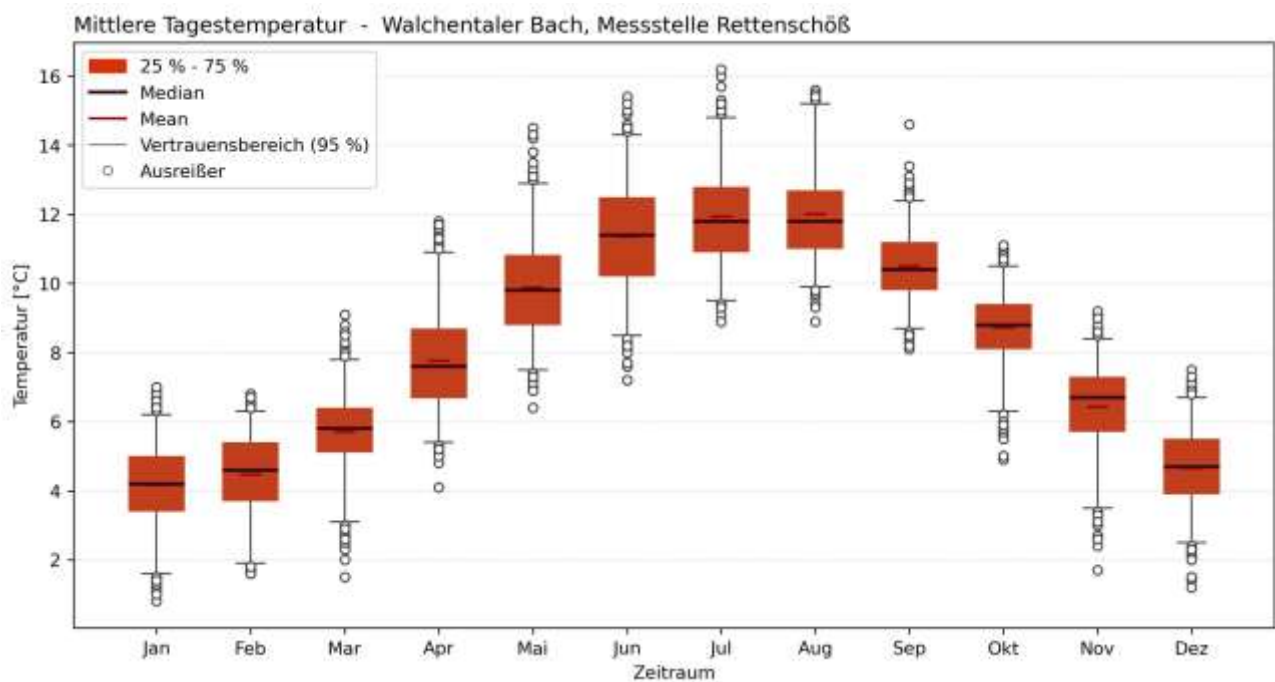


Abb. A 512: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Walchentaler Bach (Messstelle, Rettenschöß).

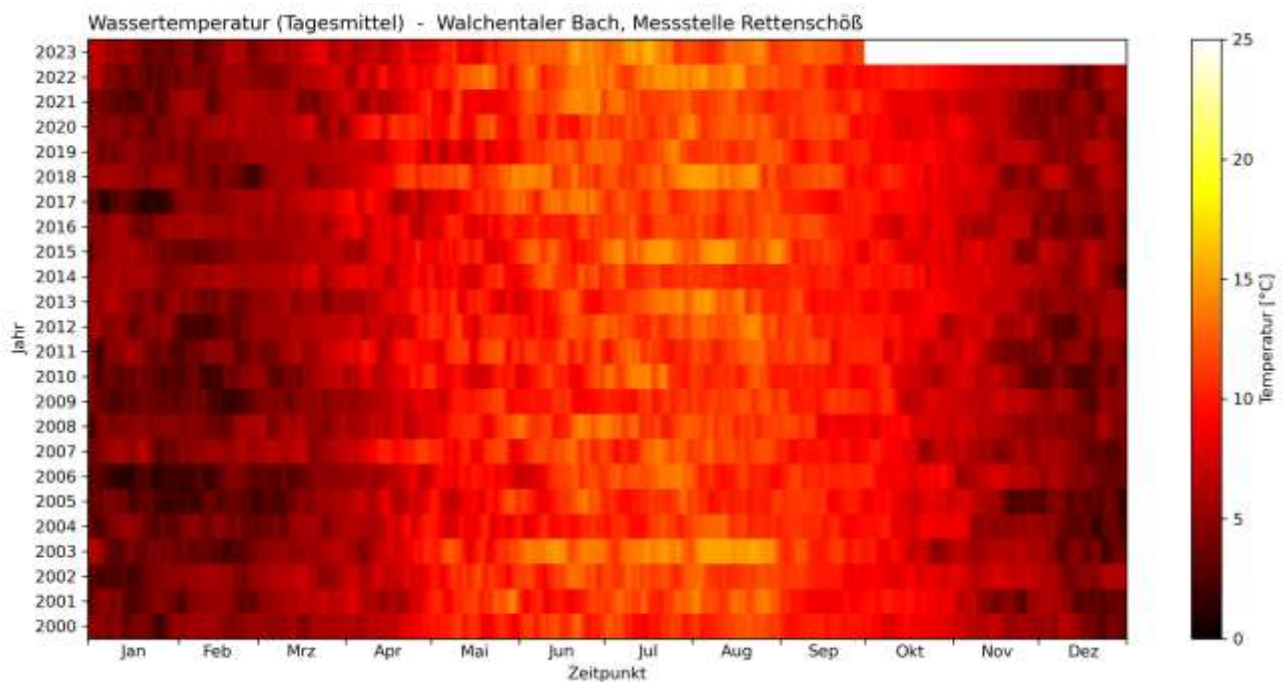


Abb. A 513: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelmittelwerte für den Walchentaler Bach (Messstelle Rettenschöß). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

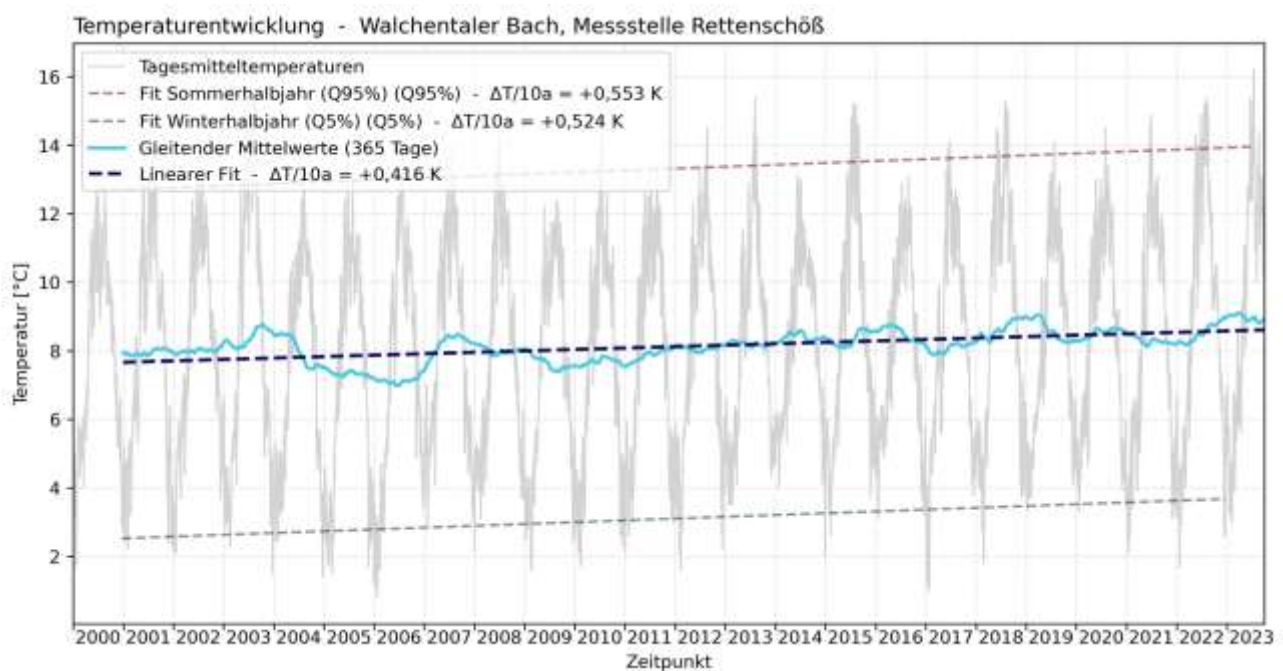


Abb. A 514: Temperaturentwicklung des Walchentaler Bach, Messstelle Rettenschöß, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelmittelwerte).

2.39. Weerbach

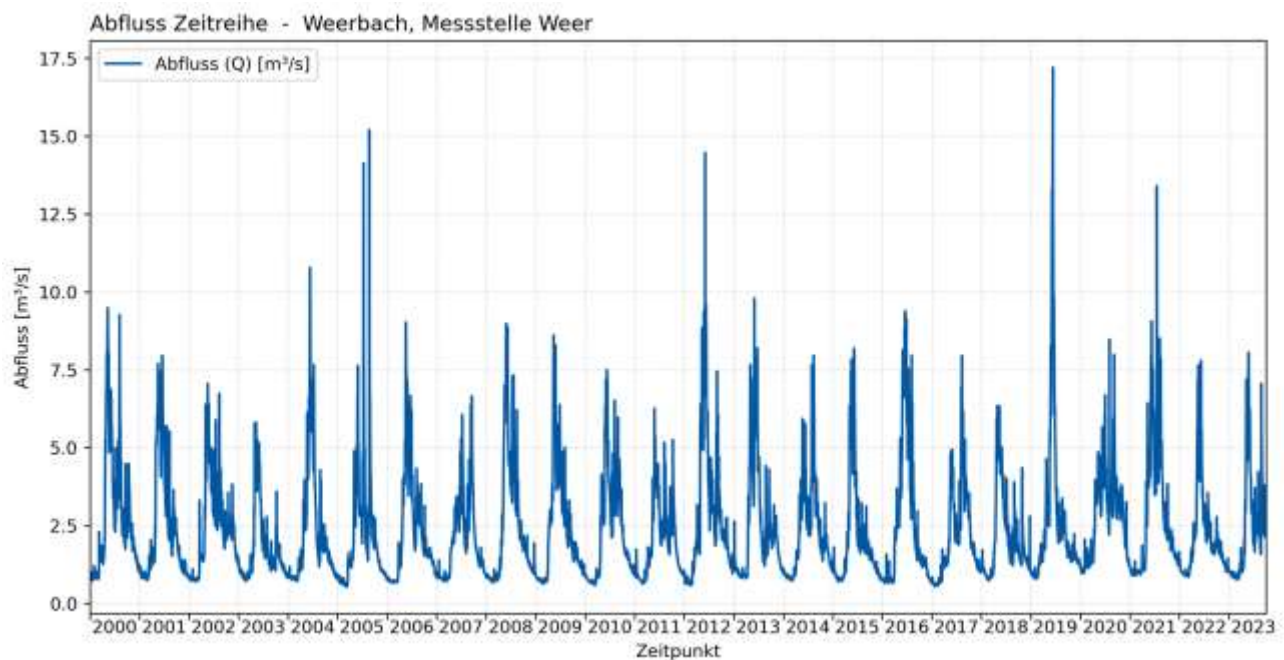


Abb. A 515: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Weerbach, Messstelle Weer über den verfügbaren Zeitraum.

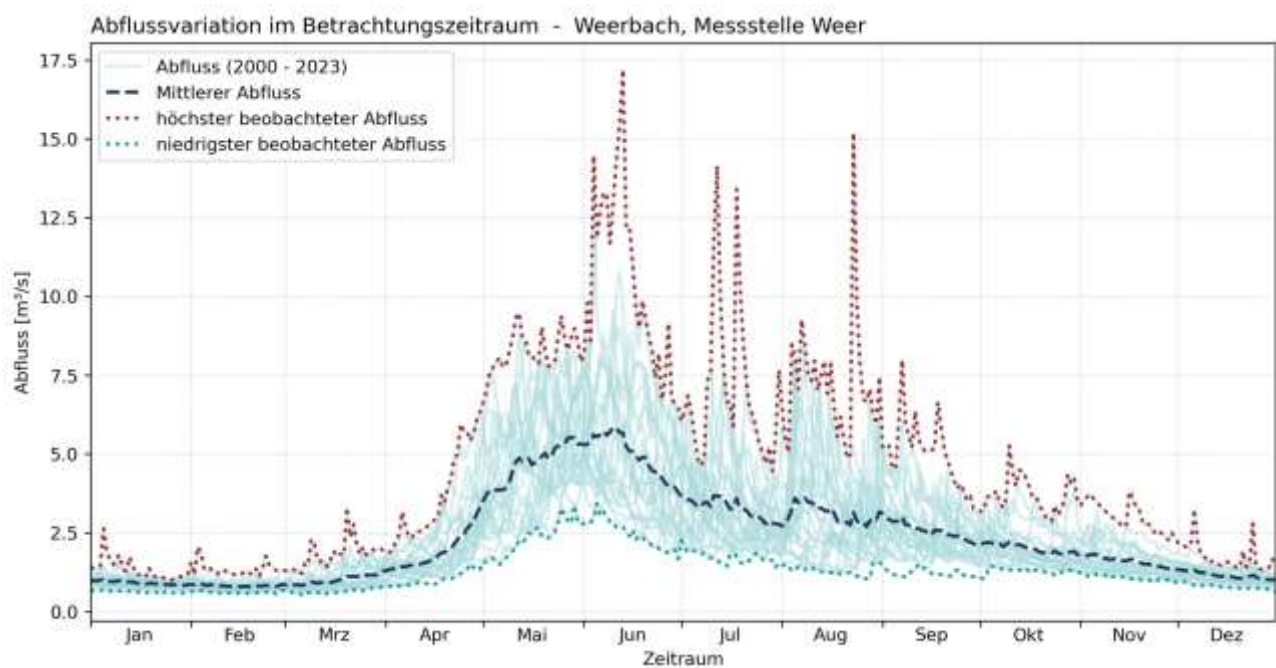


Abb. A 516: Tägliche Abflussvariation des Weerbach(Messstelle Weer) im Jahresverlauf.

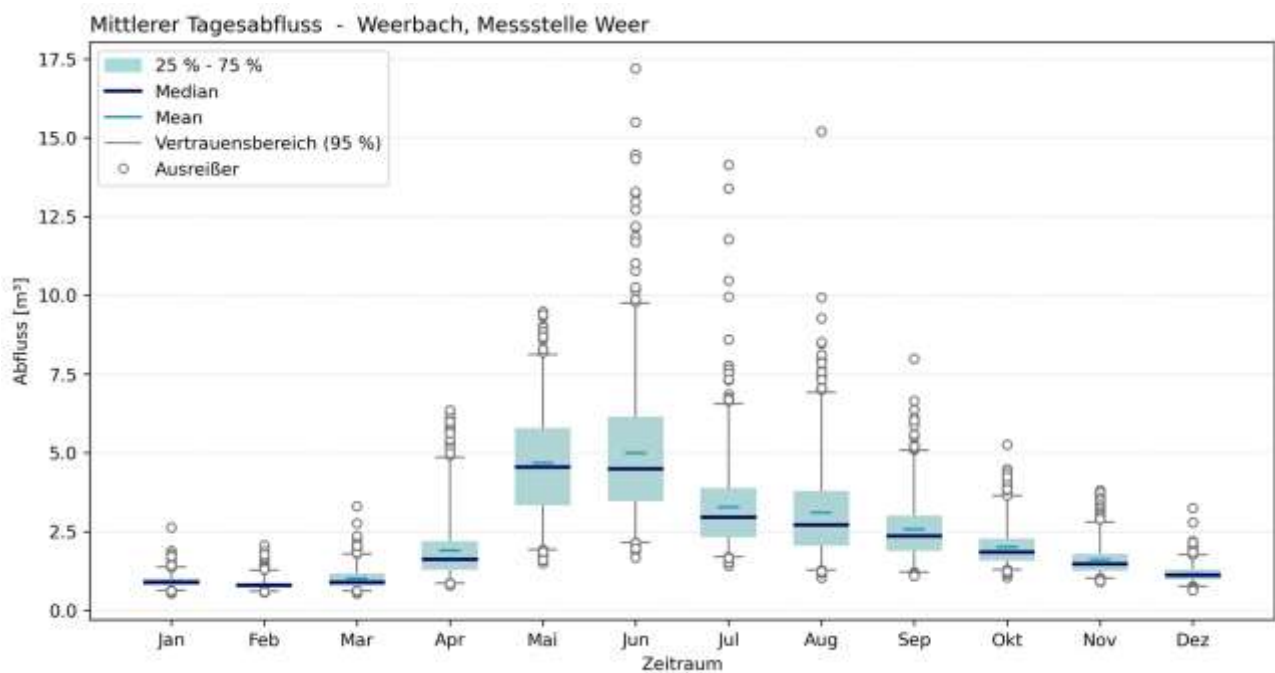


Abb. A 517: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Weerbach (Messstelle Weer) als Monatswerte.

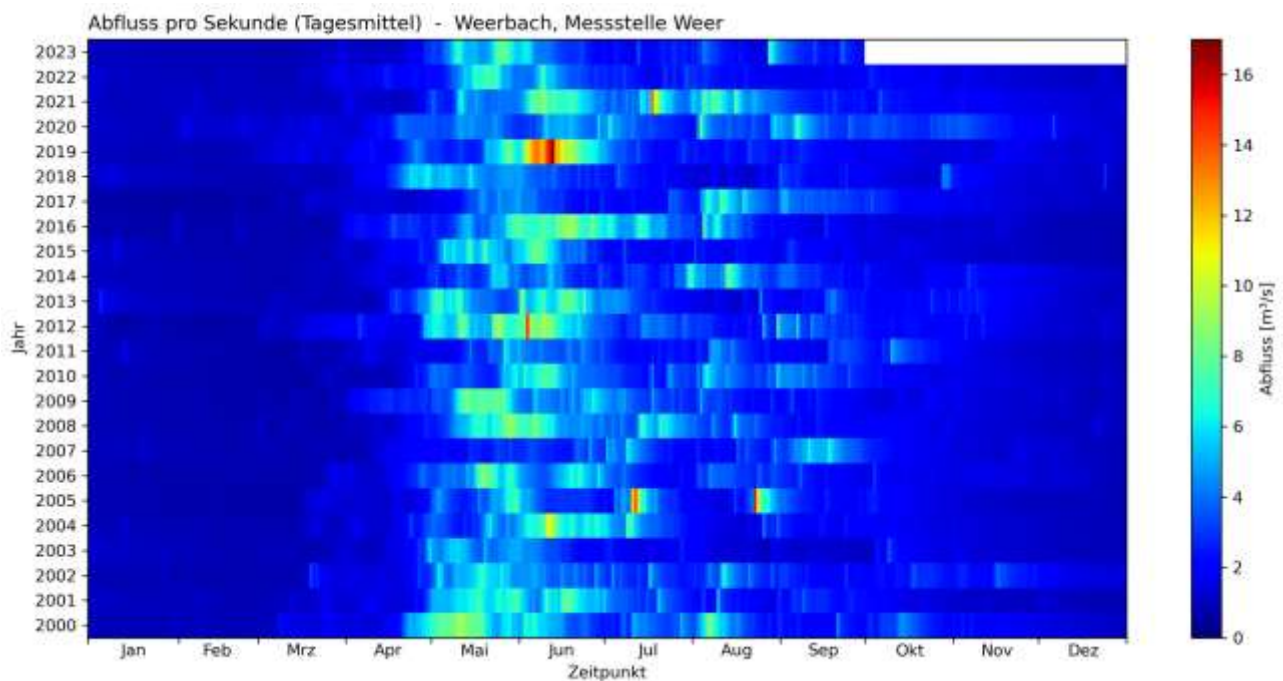


Abb. A 518: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Weerbach, Messstelle Weer). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

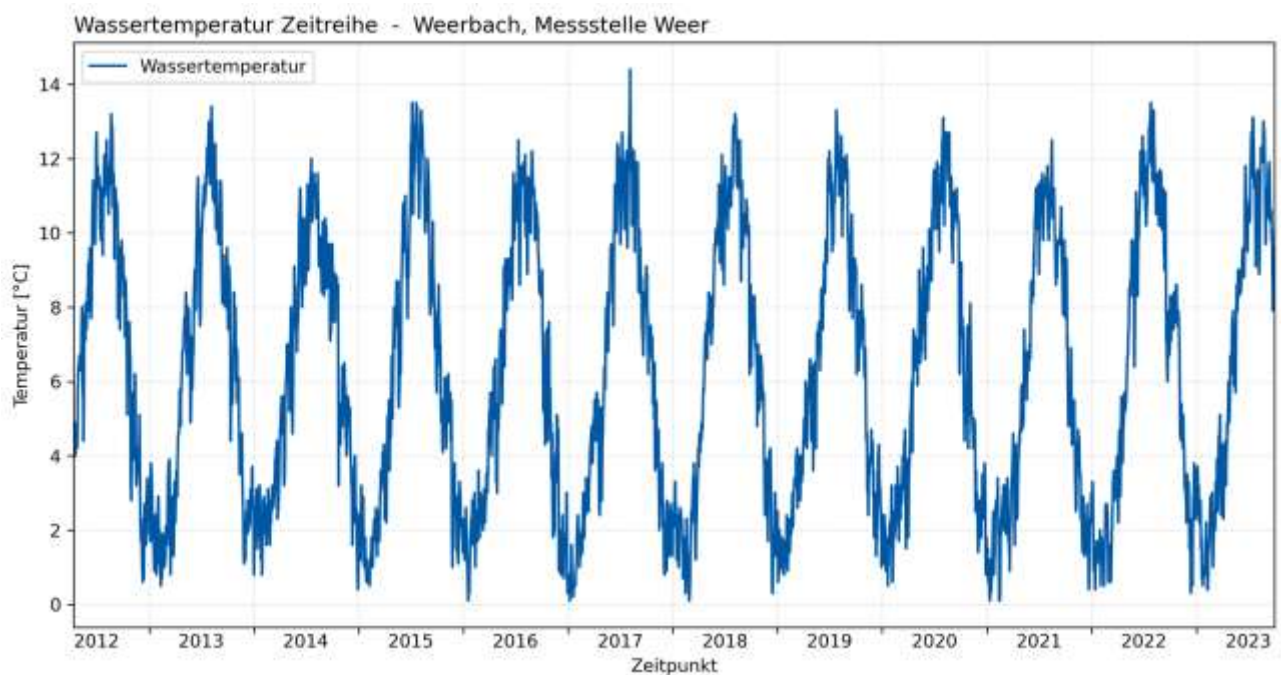


Abb. A 519: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Weerbach (Messstelle Weer) über den verfügbaren Zeitraum.

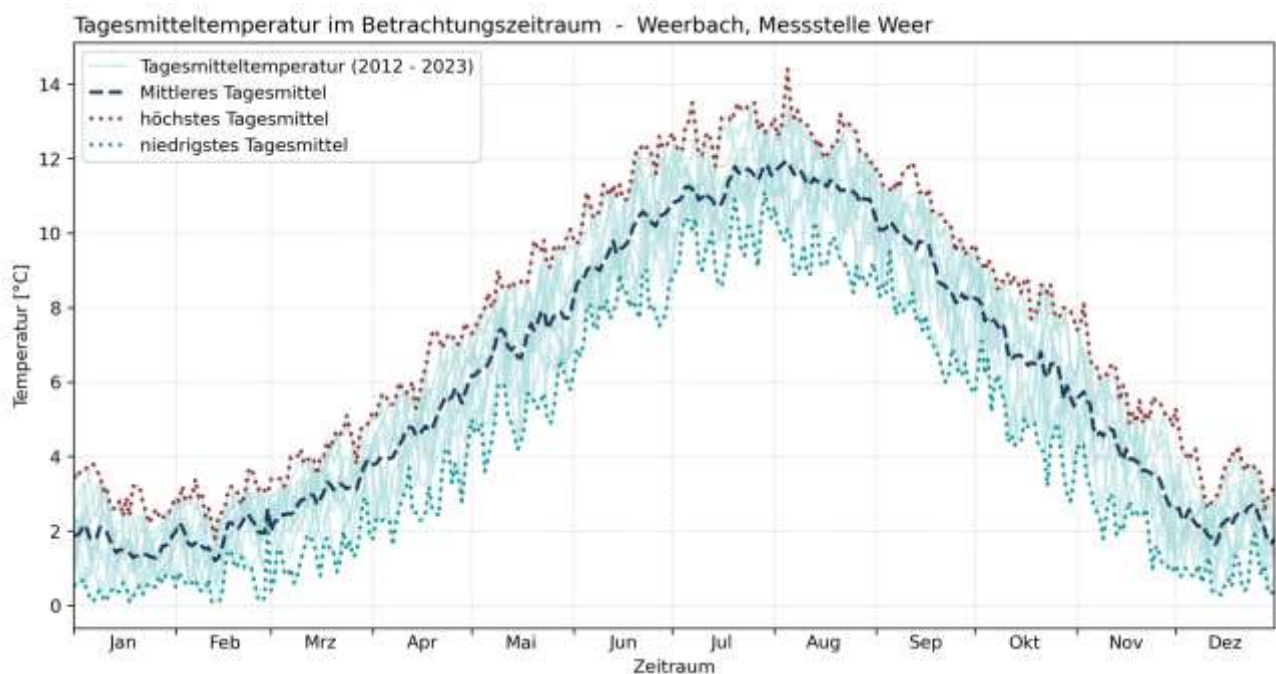


Abb. A 520: Tägliche Temperaturvariation des Weerbach (Messstelle Weer) im Jahresverlauf.

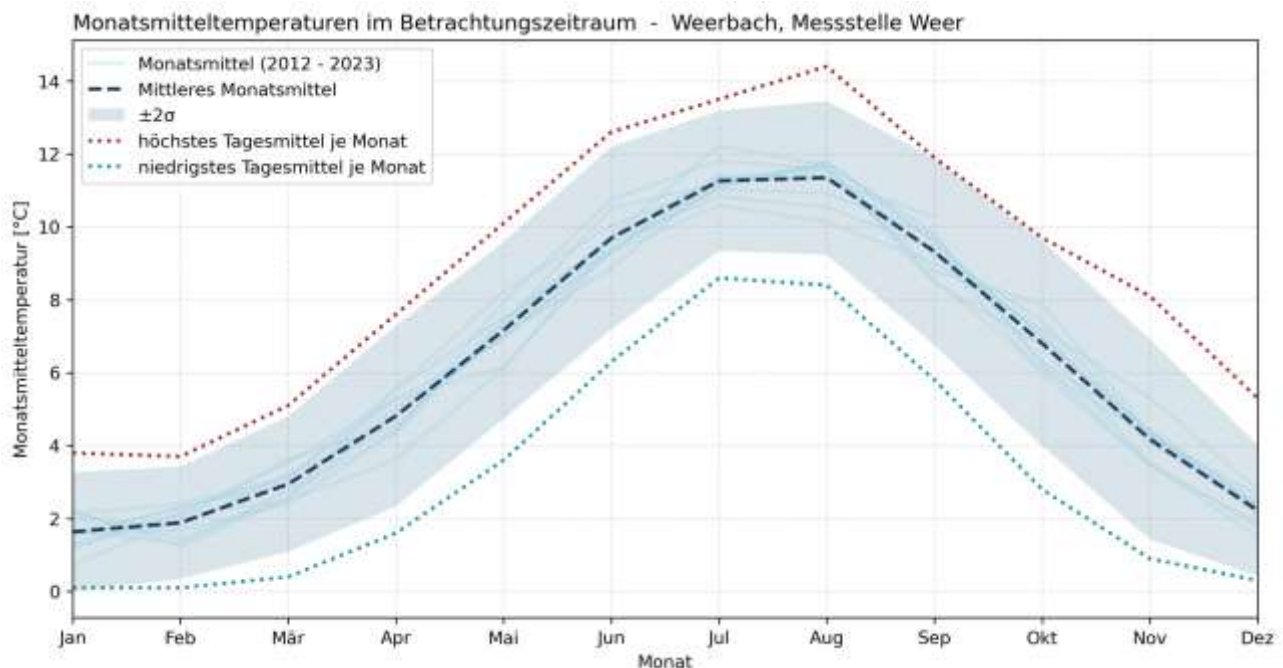


Abb. A 521: Monatsmitteltemperaturen für den Weerbach, Messstelle Weer. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

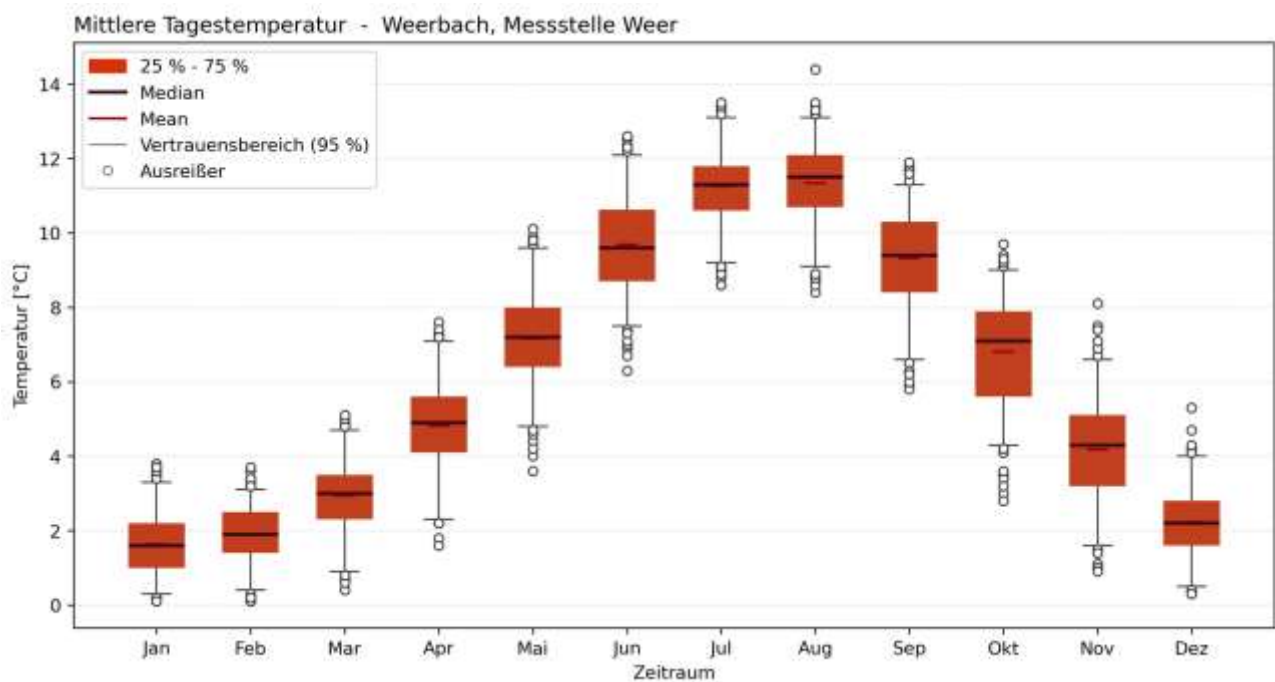


Abb. A 522: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Weerbach (Messstelle, Weer).

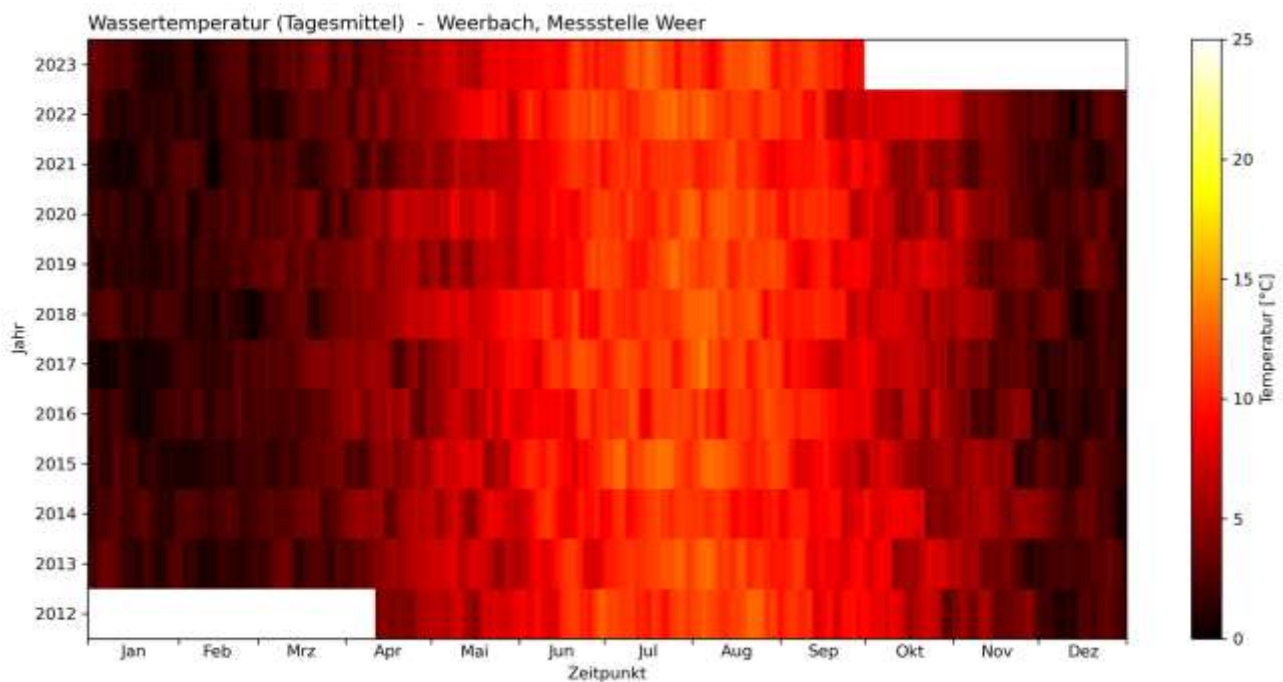


Abb. A 523: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Weerbach (Messstelle Weer). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

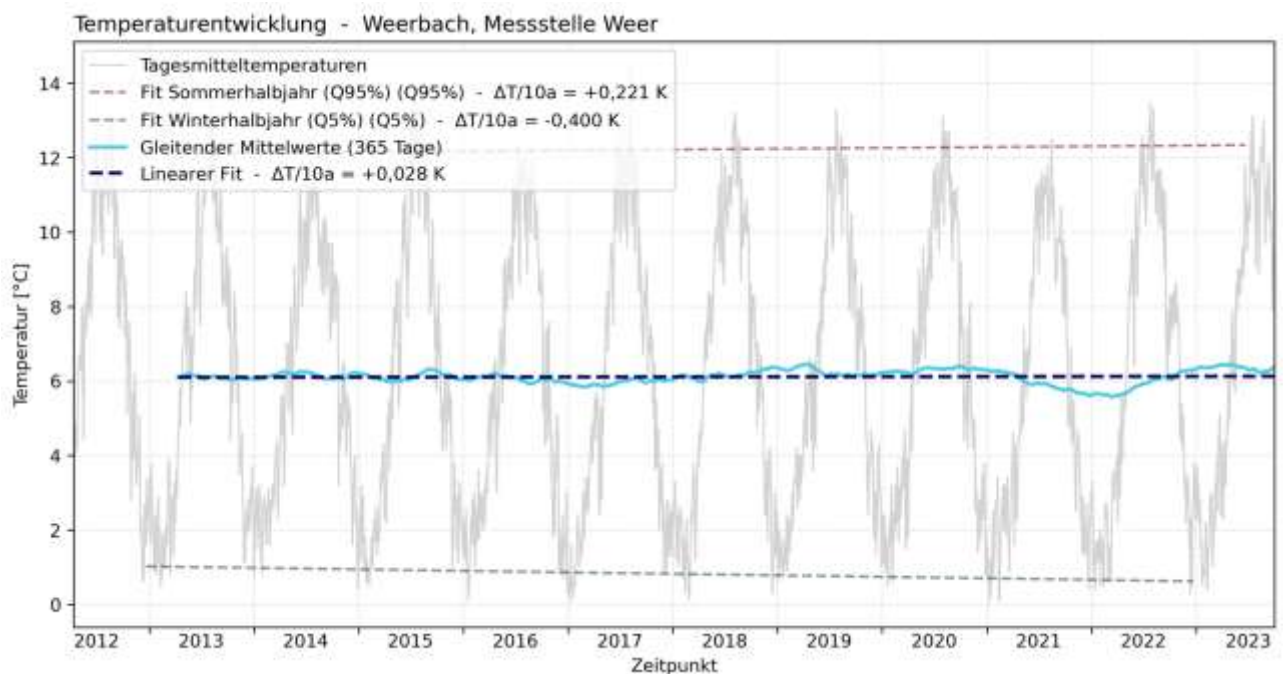


Abb. A 524: Temperaturentwicklung des Weerbach, Messstelle Weer, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.40. Weißache

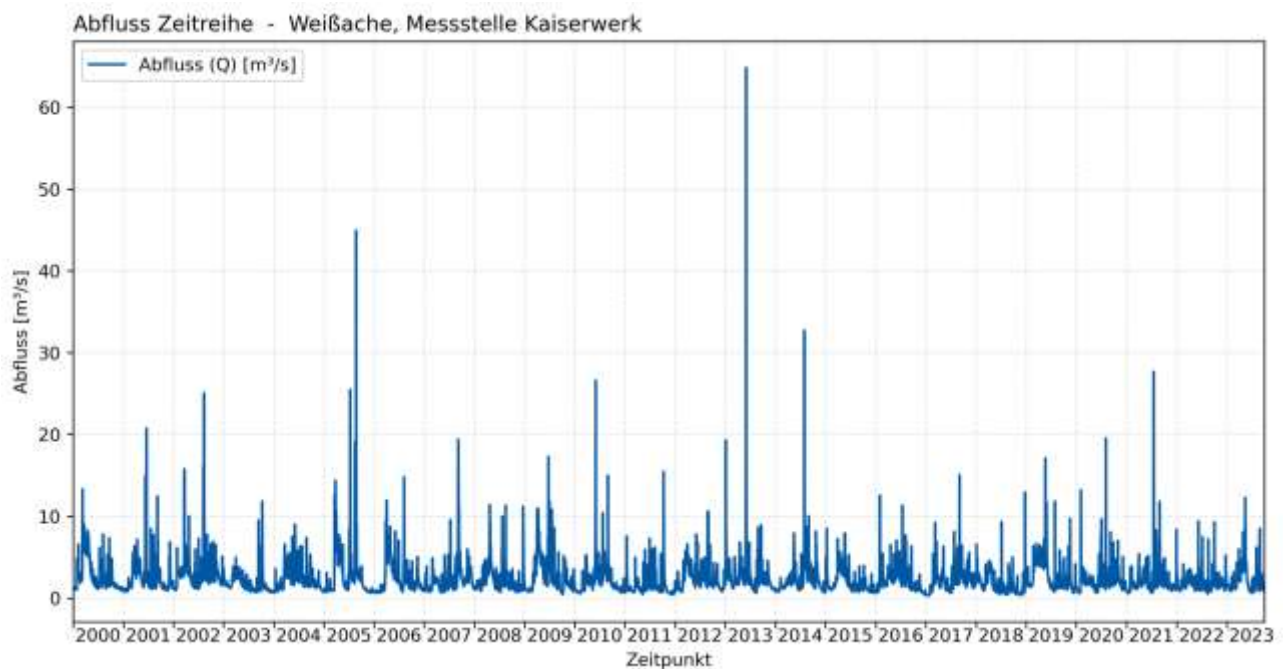


Abb. A 525: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Weißache, Messstelle Kaiserwerk über den verfügbaren Zeitraum.

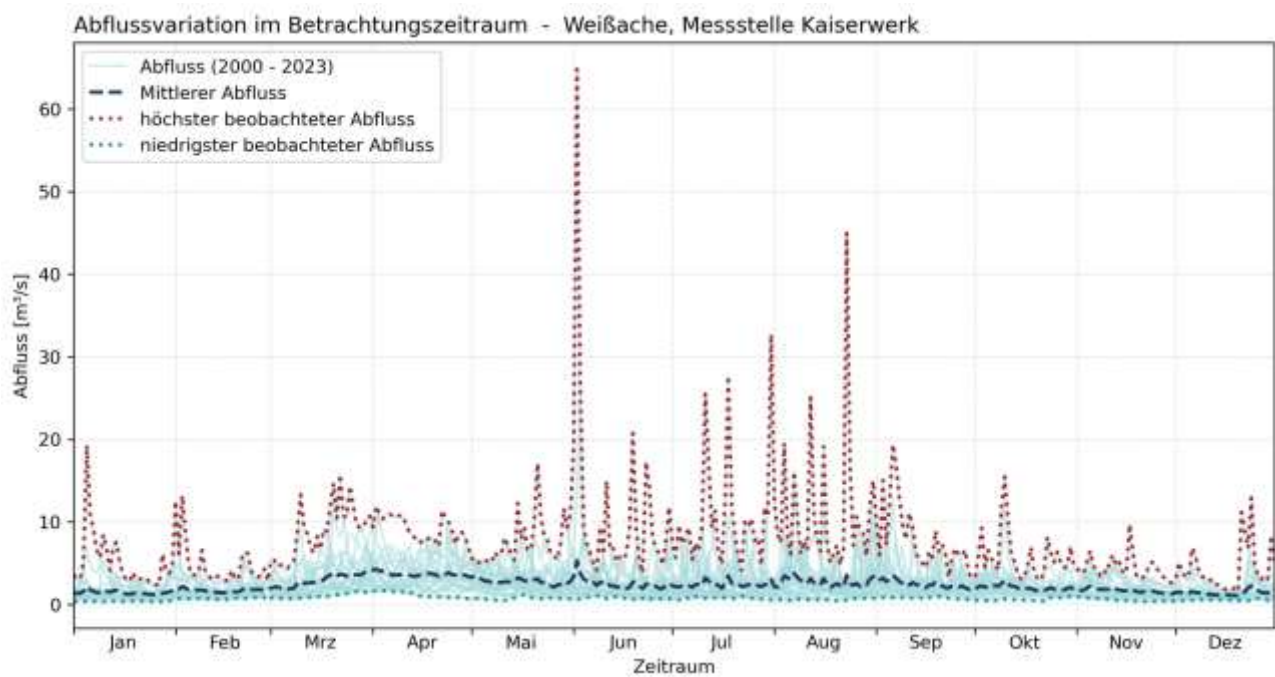


Abb. A 526: Tägliche Abflussvariation der Weißache(Messstelle Kaiserwerk) im Jahresverlauf.

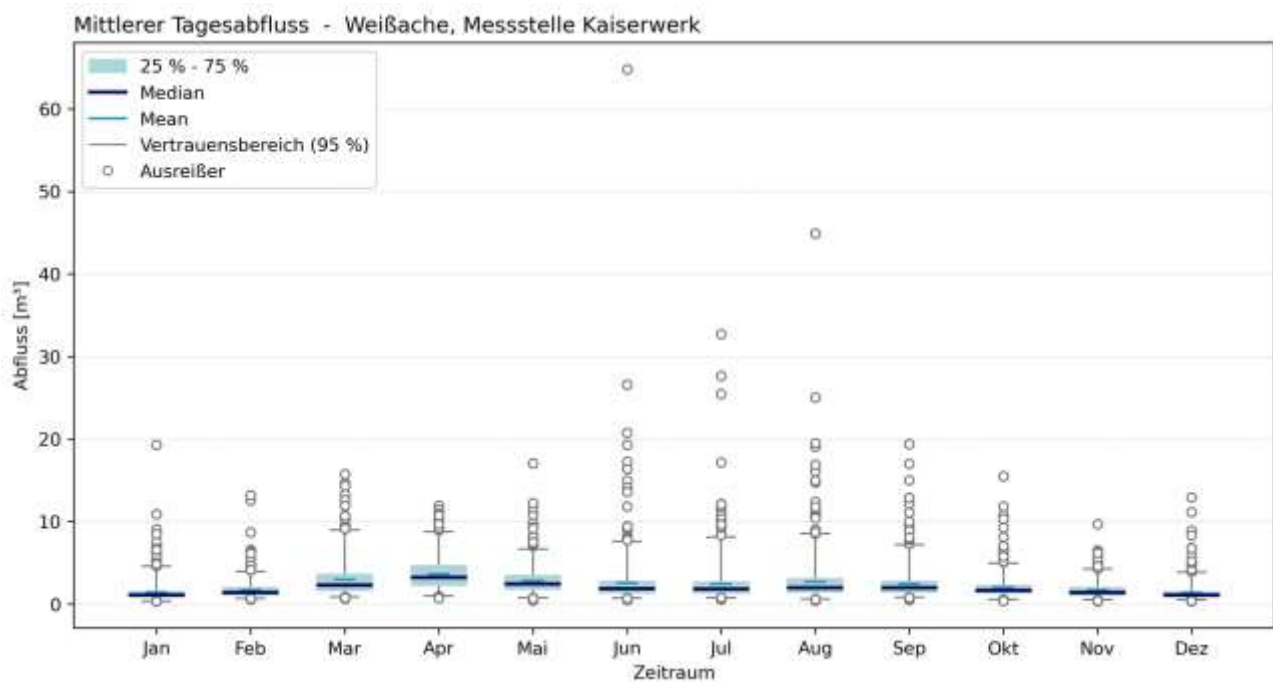


Abb. A 527: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Weißache (Messstelle Kaiserwerk) als Monatswerte.

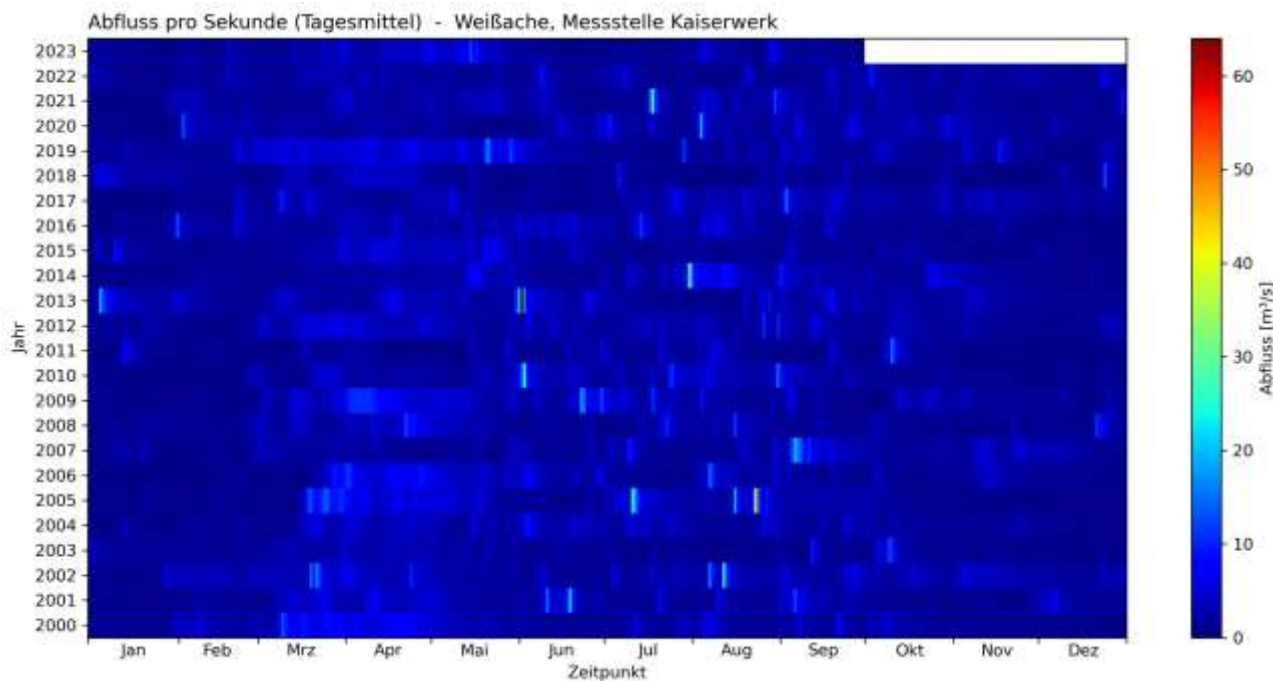


Abb. A 528: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Weißache, Messstelle Kaiserwerk). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

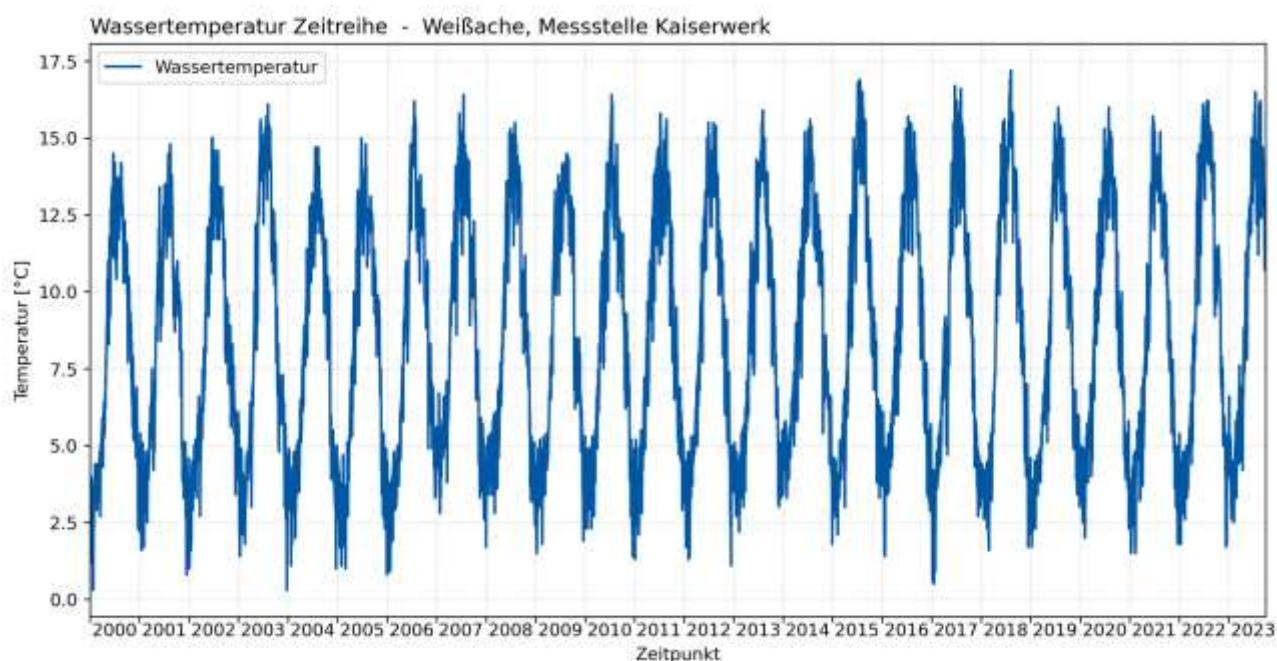


Abb. A 529: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Weißache (Messstelle Kaiserwerk) über den verfügbaren Zeitraum.

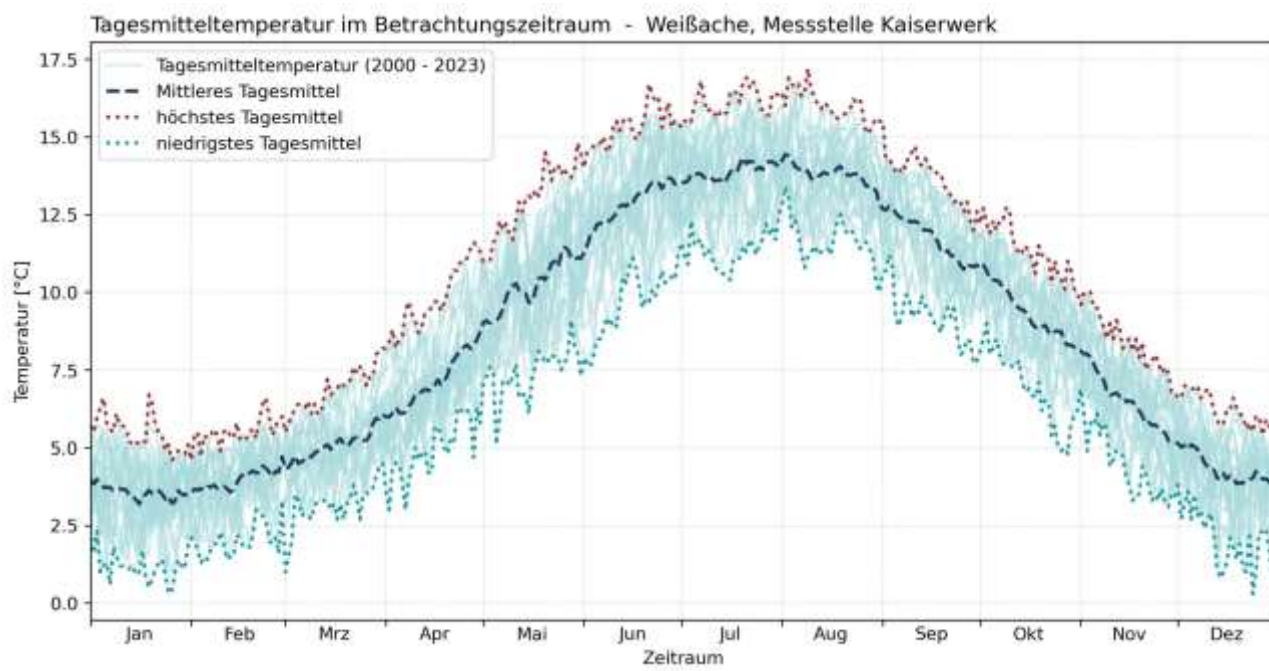


Abb. A 530: Tägliche Temperaturvariation der Weißache (Messstelle Kaiserwerk) im Jahresverlauf.

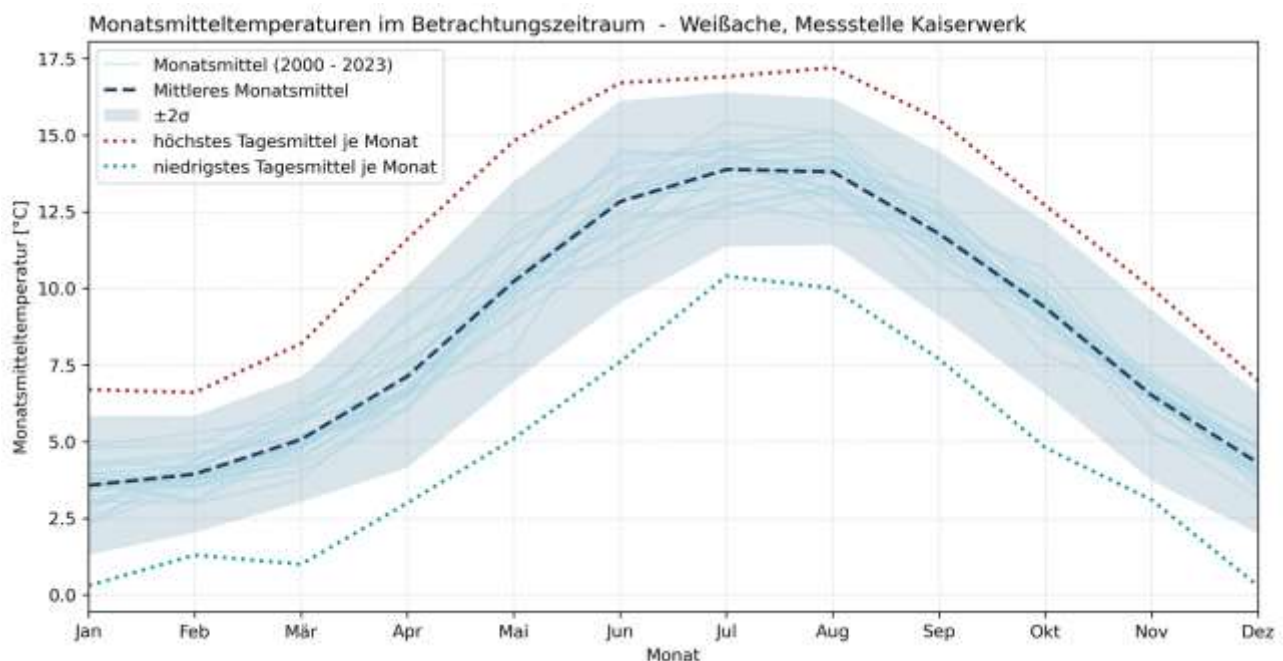


Abb. A 531: Monatsmitteltemperaturen für die Weißache, Messstelle Kaiserwerk. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

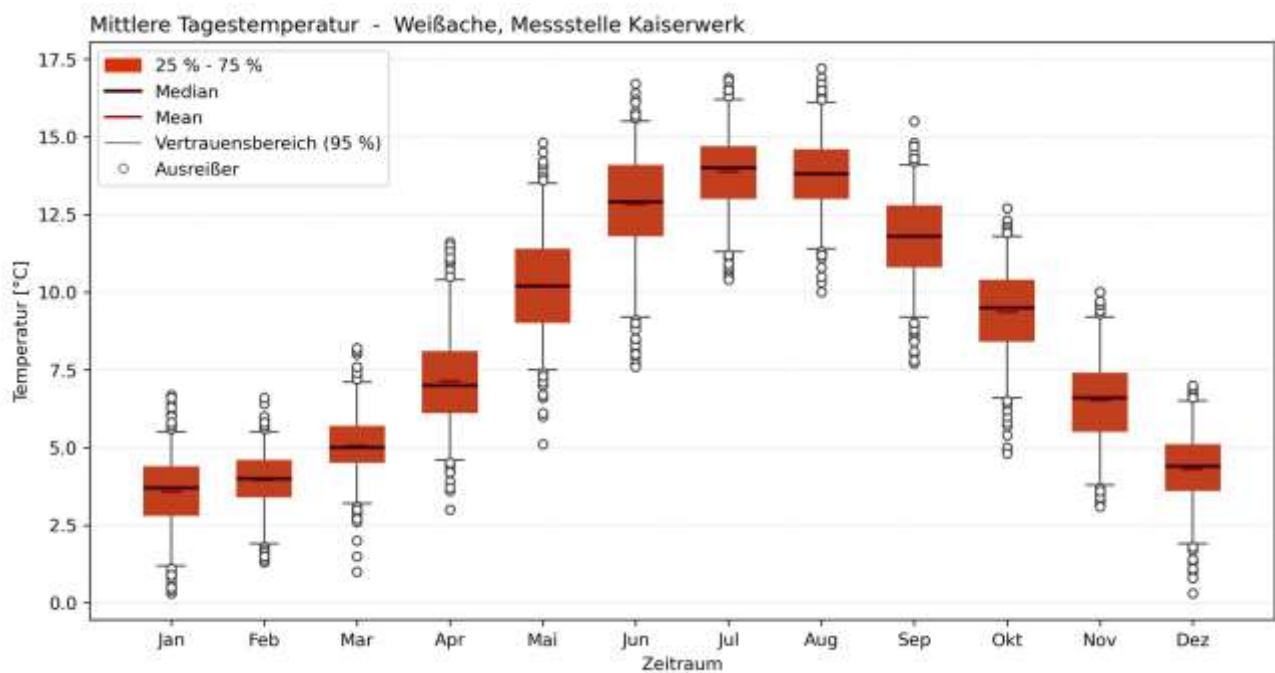


Abb. A 532: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Weißache (Messstelle, Kaiserwerk).

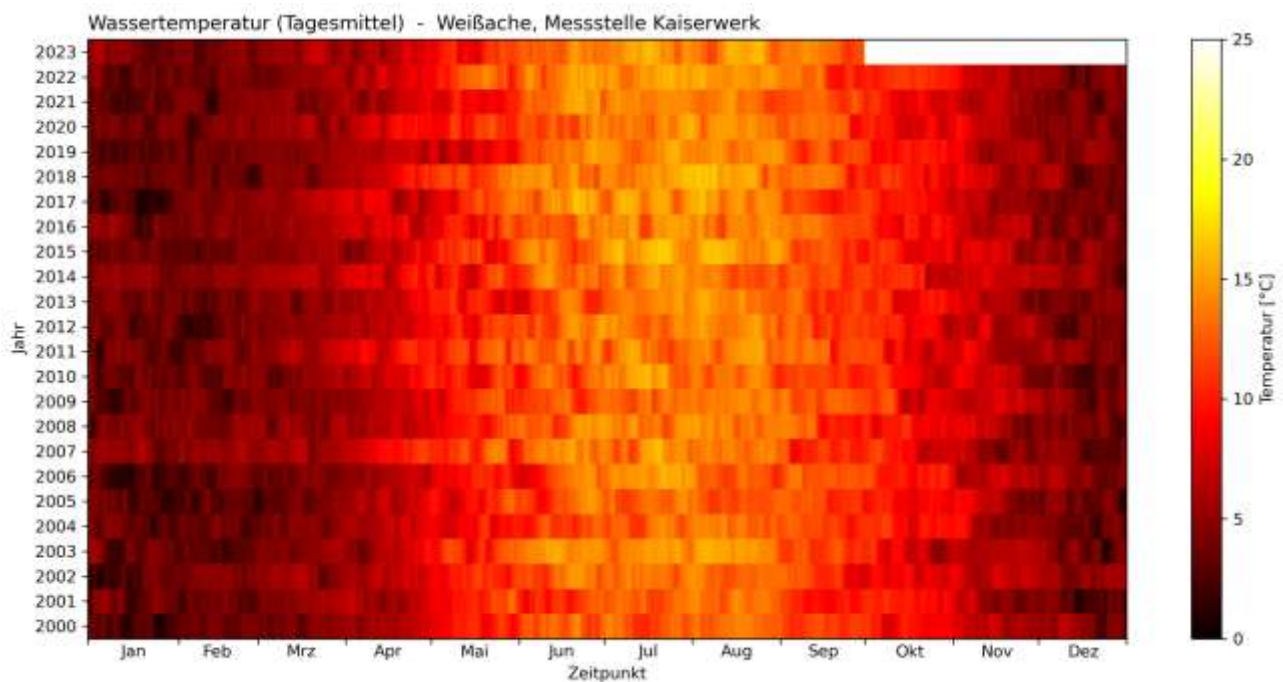


Abb. A 533: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Weißache (Messstelle Kaiserwerk). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

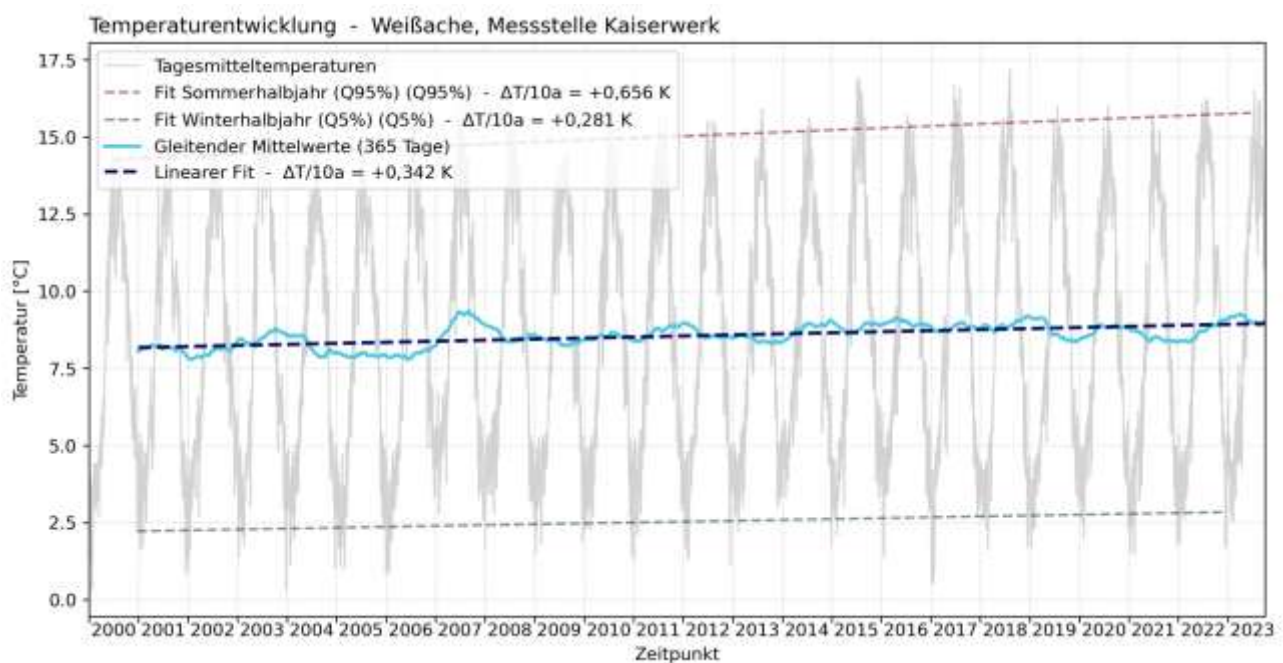


Abb. A 534: Temperaturentwicklung der Weißache, Messstelle Kaiserwerk, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.41. Windauer Ache

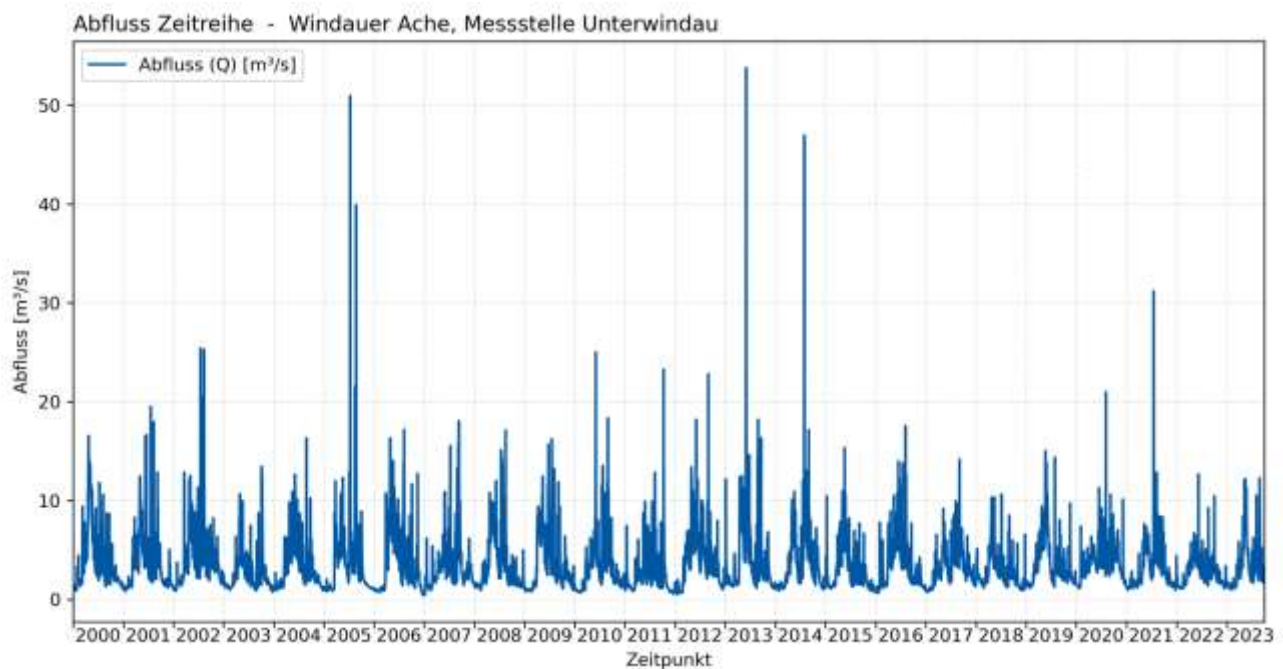


Abb. A 535: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Windauer Ache, Messstelle Unterwindau über den verfügbaren Zeitraum.

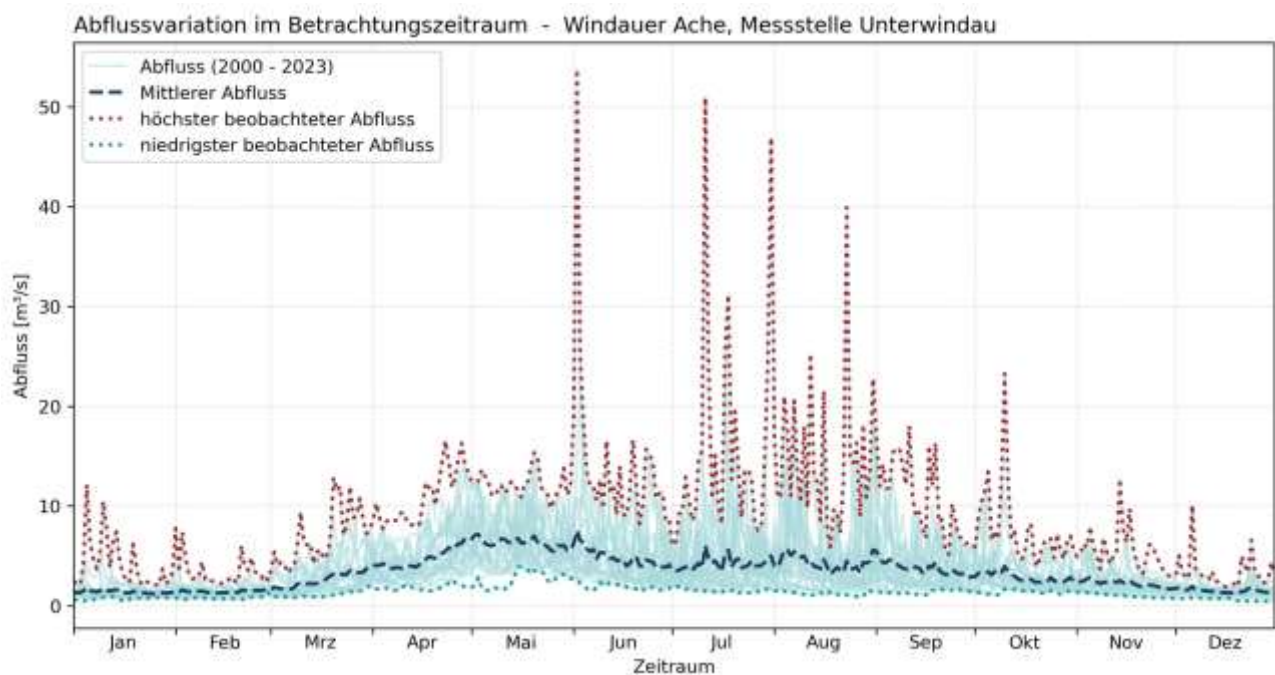


Abb. A 536: Tägliche Abflussvariation der Windauer Ache(Messstelle Unterwindau) im Jahresverlauf.

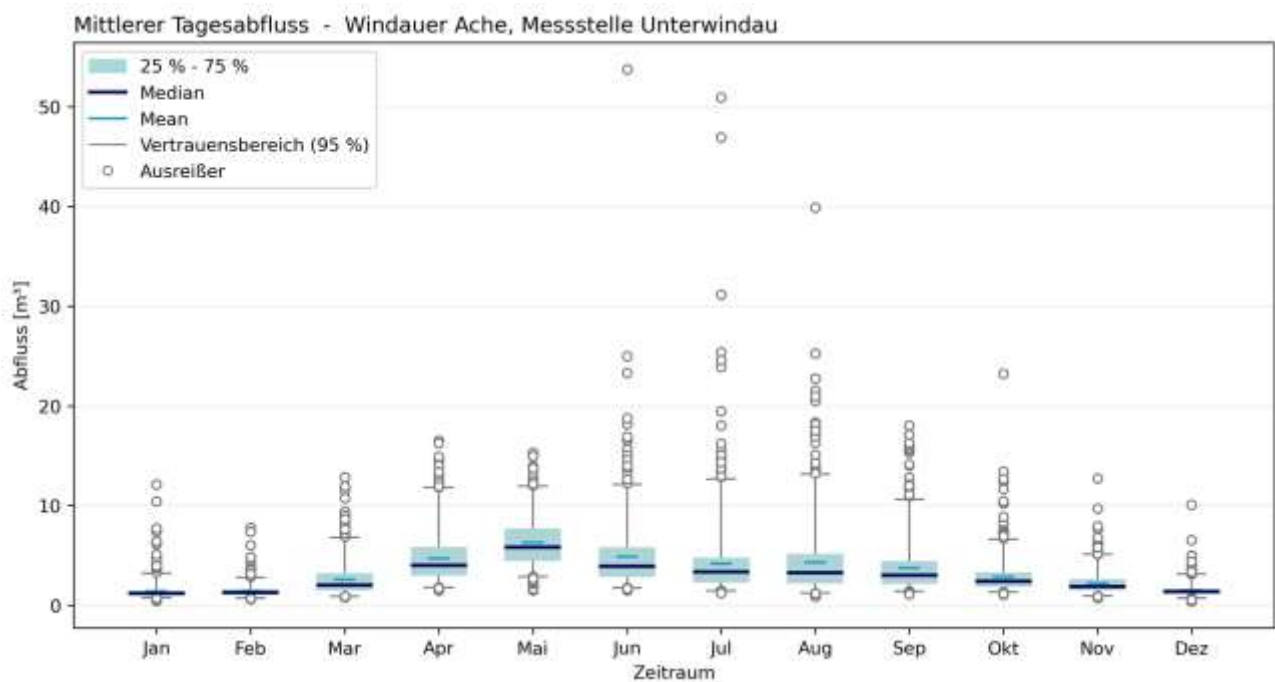


Abb. A 537: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Windauer Ache (Messstelle Unterwindau) als Monatswerte.

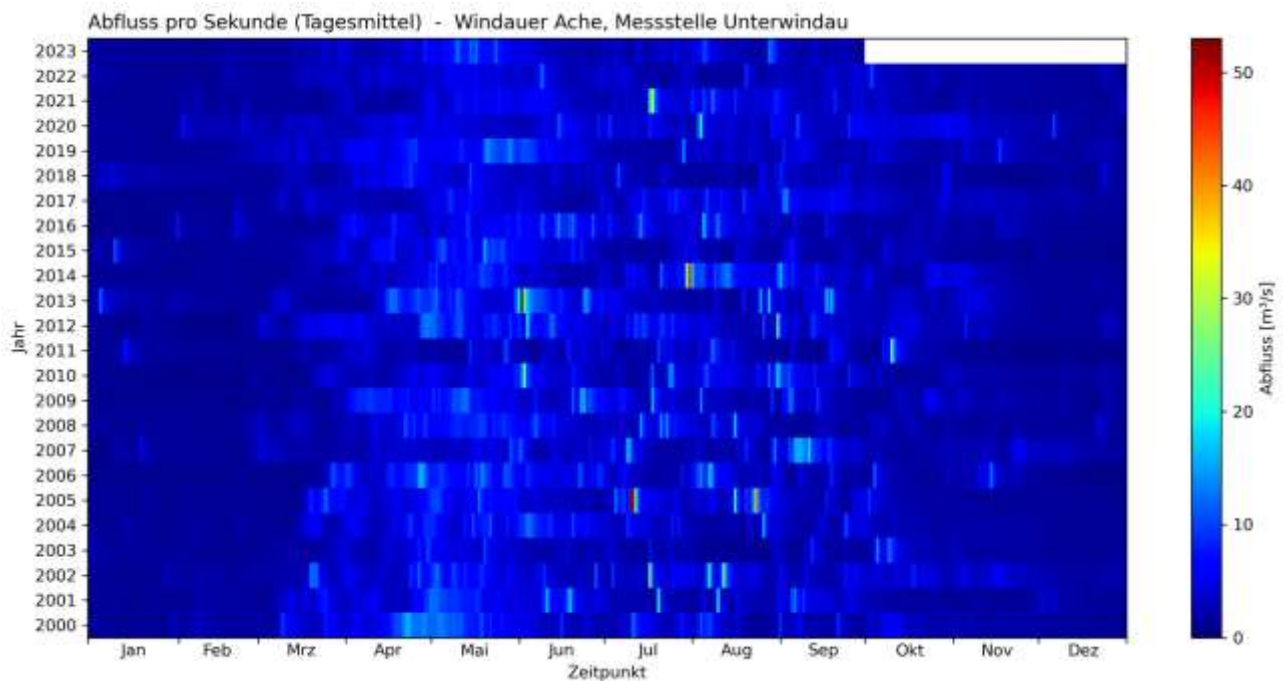


Abb. A 538: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Windauer Ache, Messstelle Unterwindau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

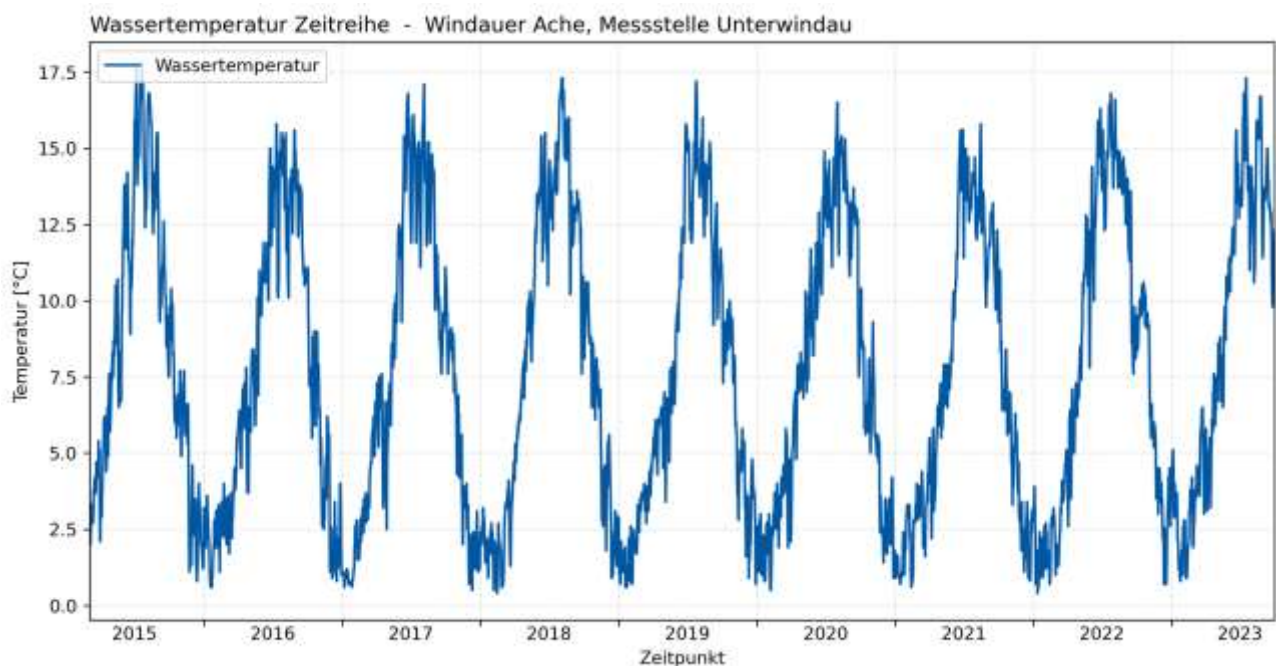


Abb. A 539: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Windauer Ache (Messstelle Unterwindau) über den verfügbaren Zeitraum.

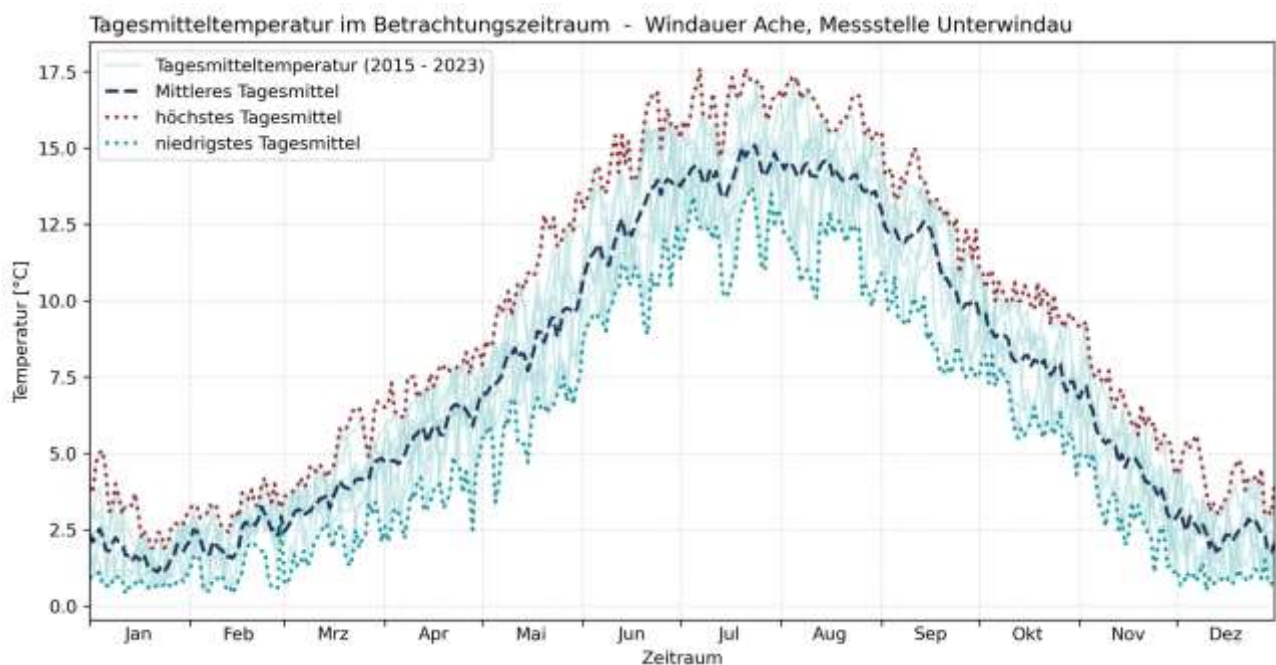


Abb. A 540: Tägliche Temperaturvariation der Windauer Ache (Messstelle Unterwindau) im Jahresverlauf.

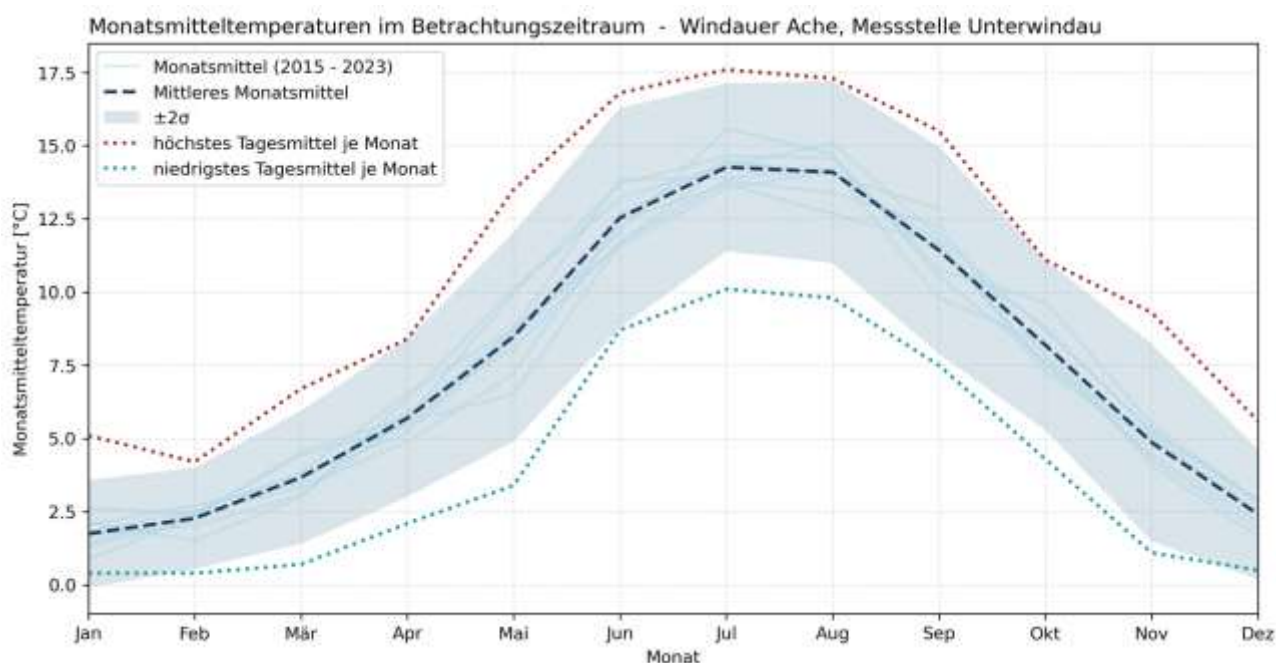


Abb. A 541: Monatsmitteltemperaturen für die Windauer Ache, Messstelle Unterwindau. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

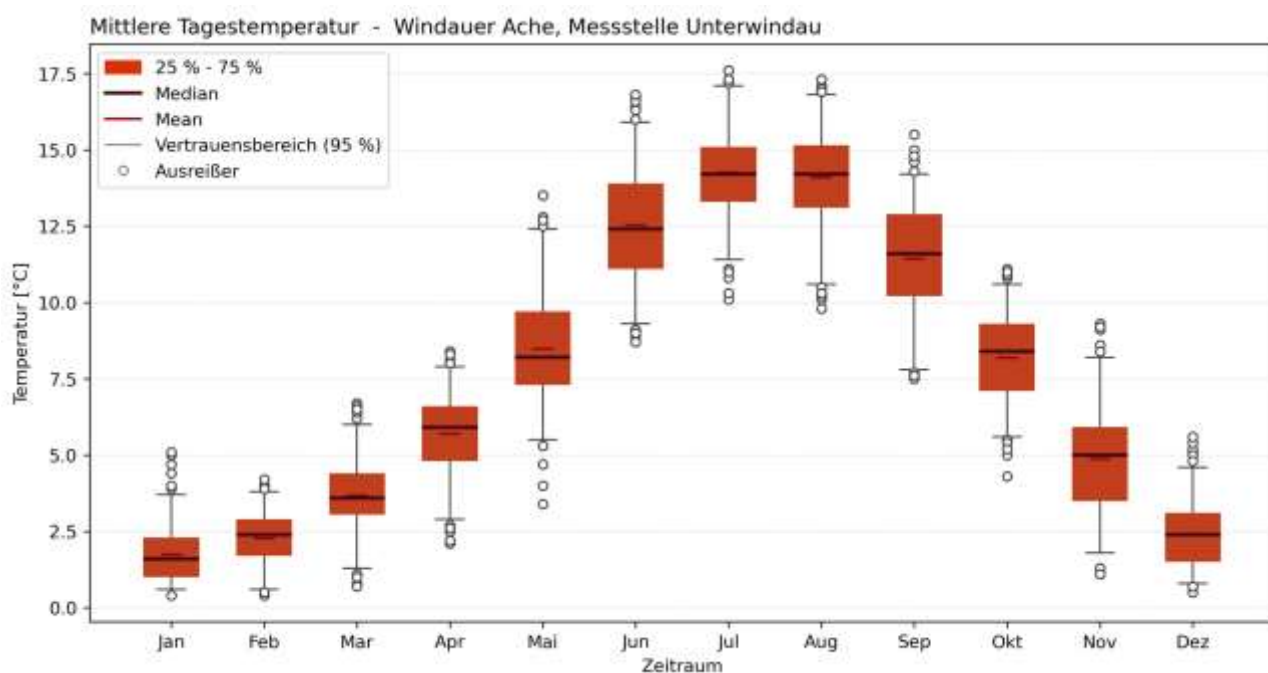


Abb. A 542: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Windauer Ache (Messstelle, Unterwindau).

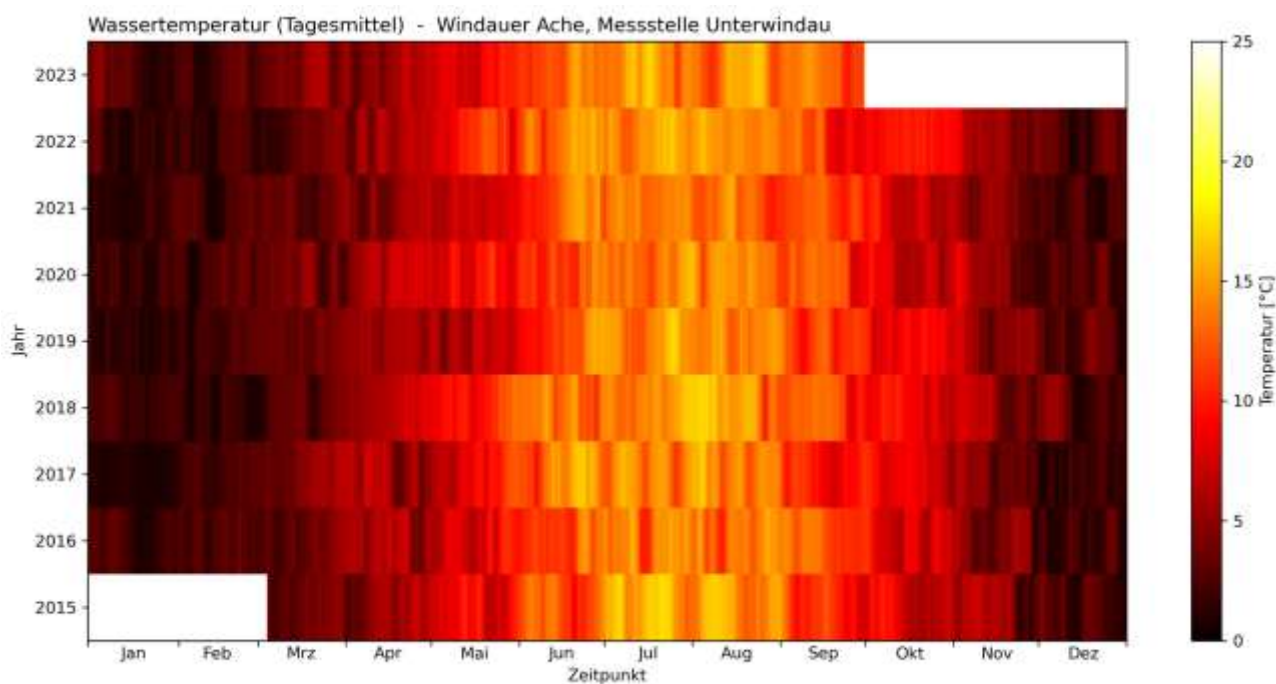


Abb. A 543: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Windauer Ache (Messstelle Unterwindau). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

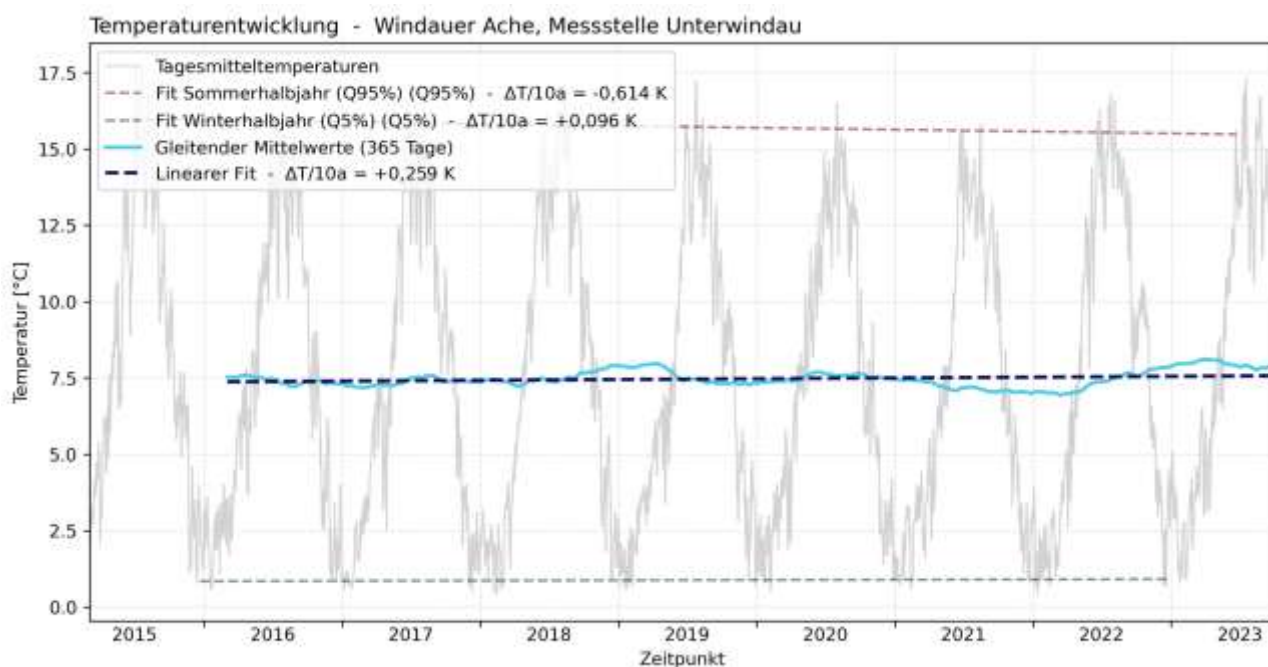


Abb. A 544: Temperaturentwicklung der Windauer Ache, Messstelle Unterwindau, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.42. Winkeltalbach

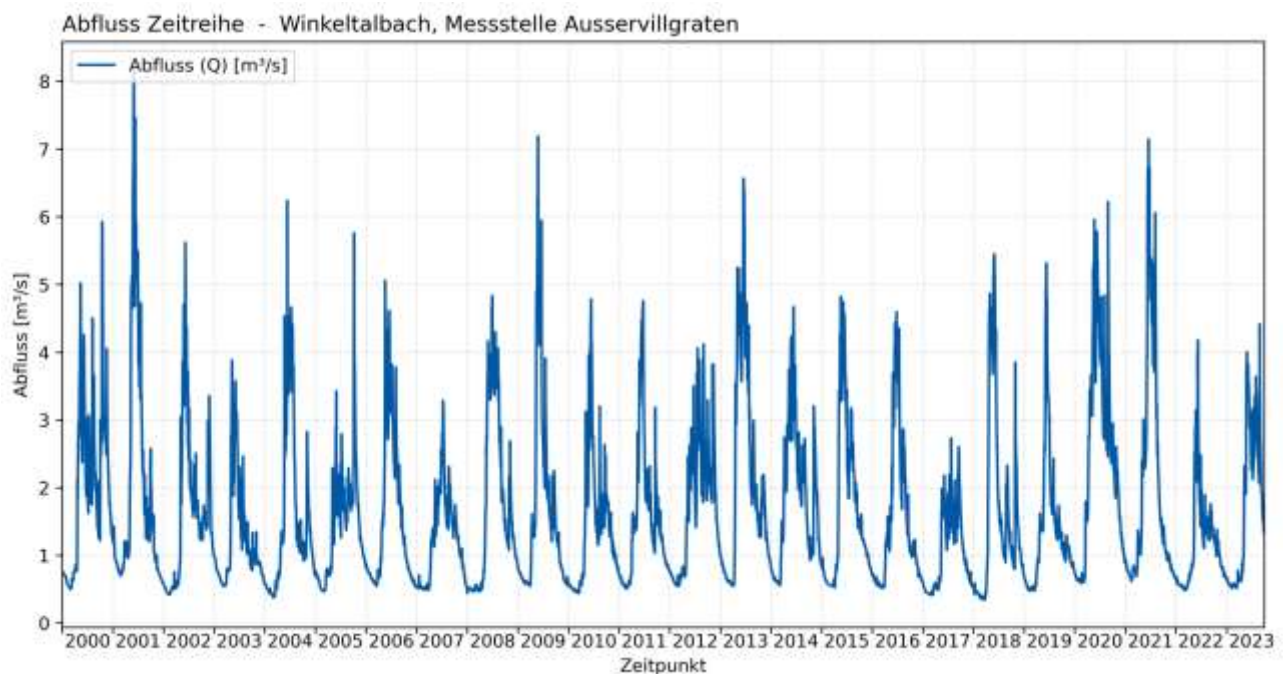


Abb. A 545: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Winkeltalbach, Messstelle Ausservillgraten über den verfügbaren Zeitraum.

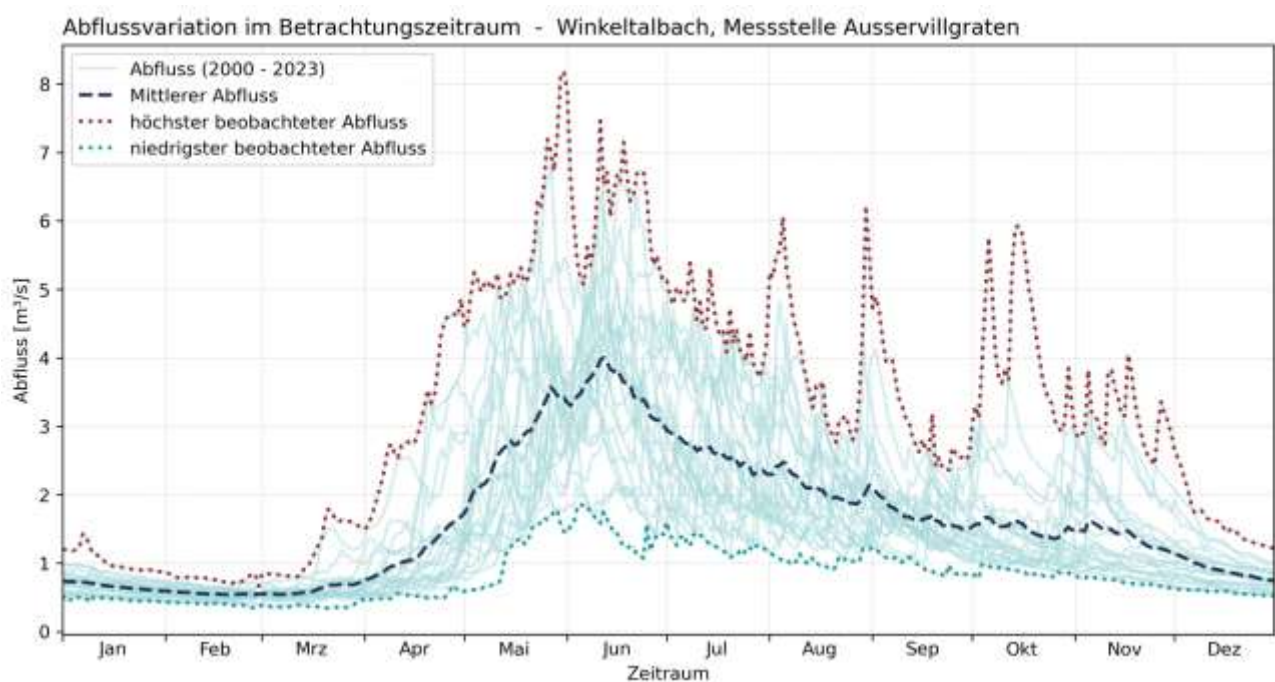


Abb. A 546: Tägliche Abflussvariation des Winkeltalbach(Messstelle Ausservillgraten) im Jahresverlauf.

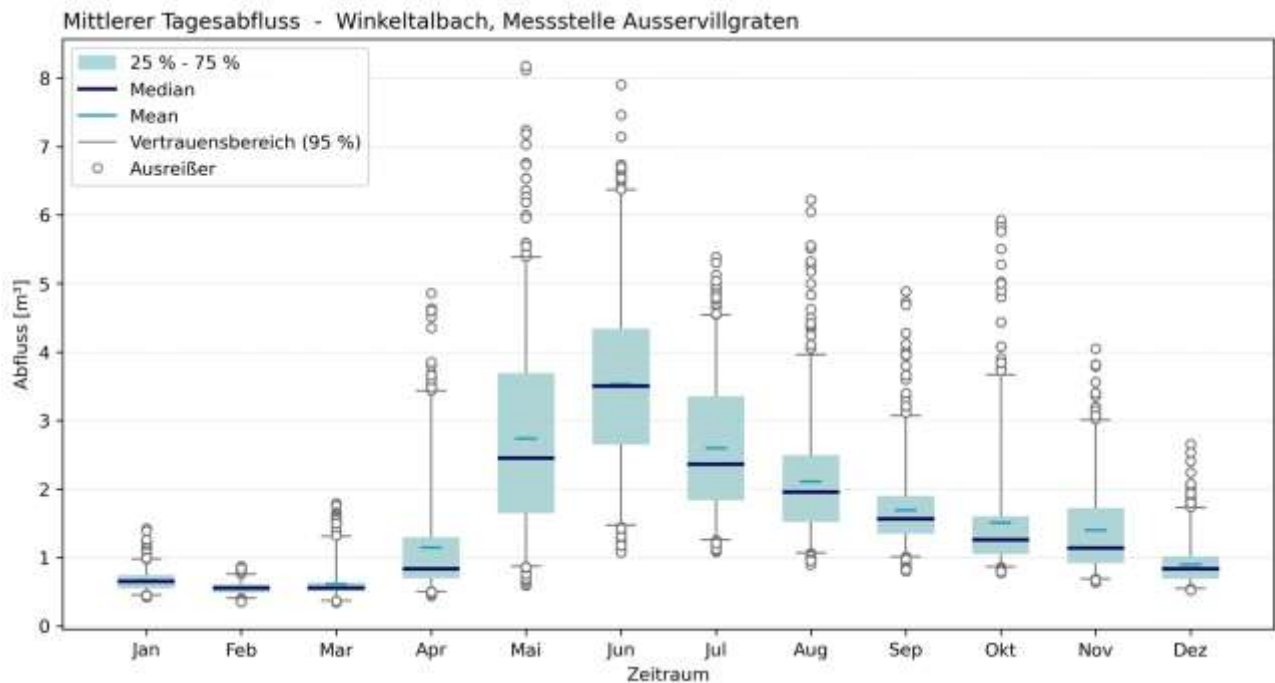


Abb. A 547: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Winkeltalbach (Messstelle Ausservillgraten) als Monatswerte.

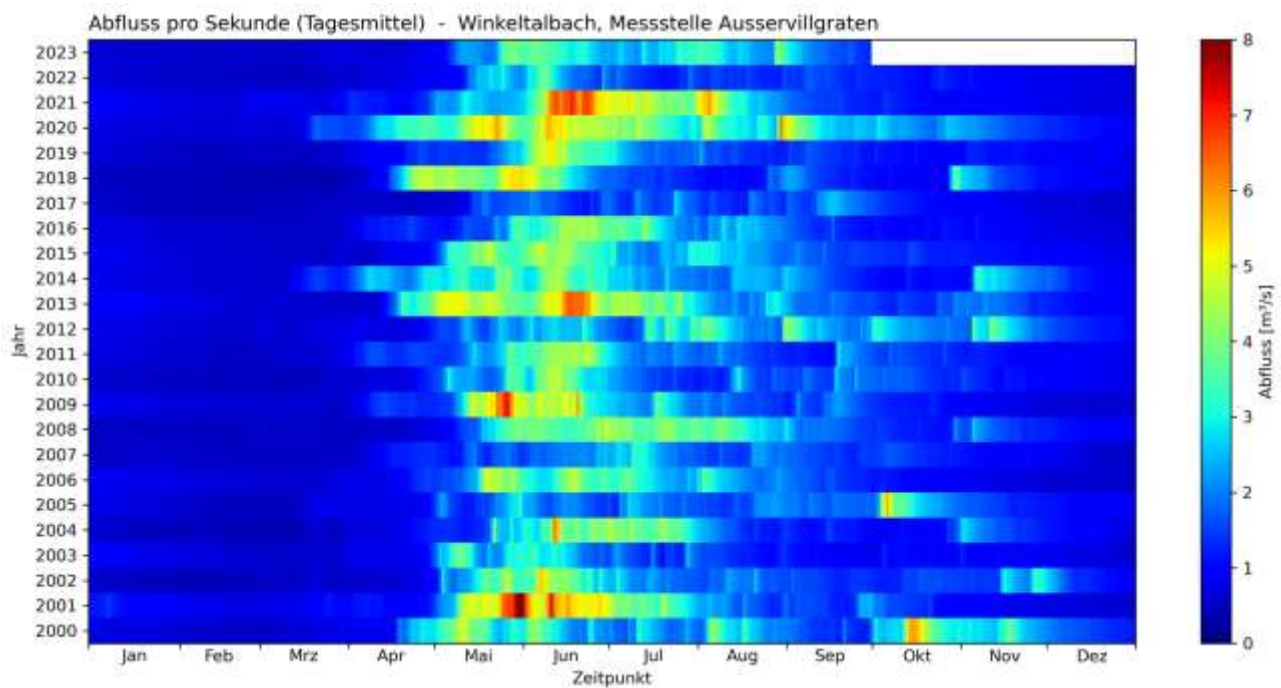


Abb. A 548: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Winkeltalbach, Messstelle Ausservillgraten). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

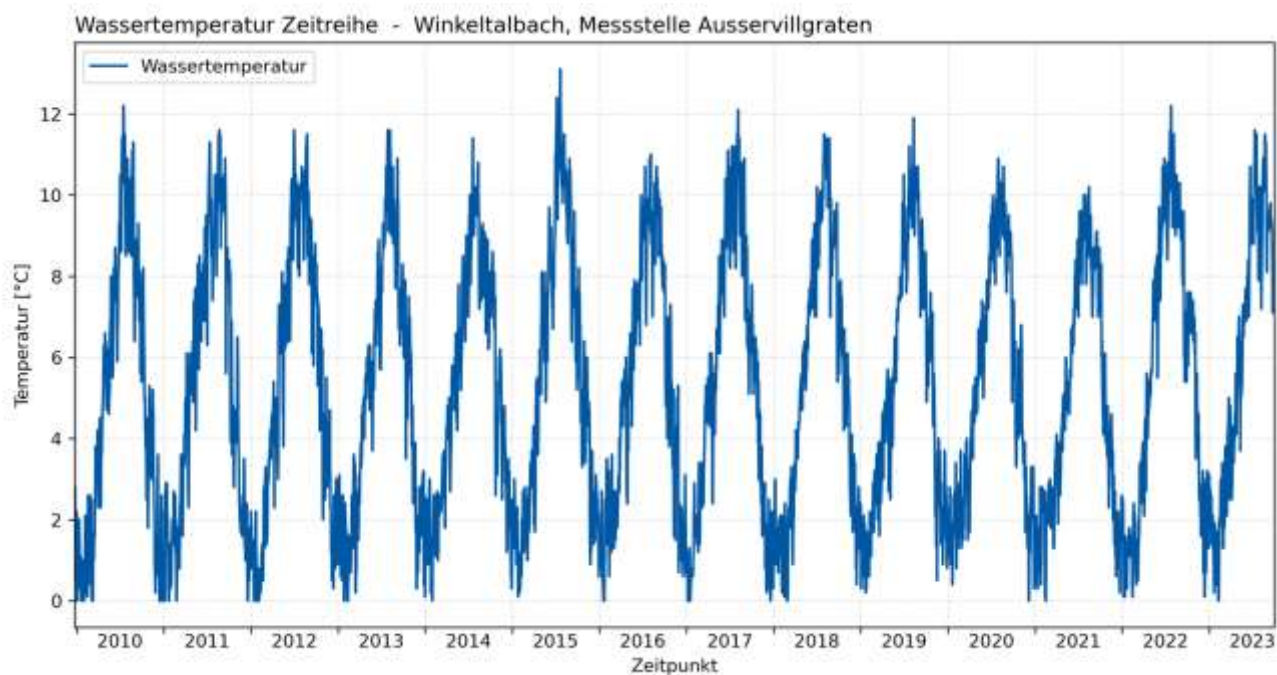


Abb. A 549: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Winkeltalbach (Messstelle Ausservillgraten) über den verfügbaren Zeitraum.

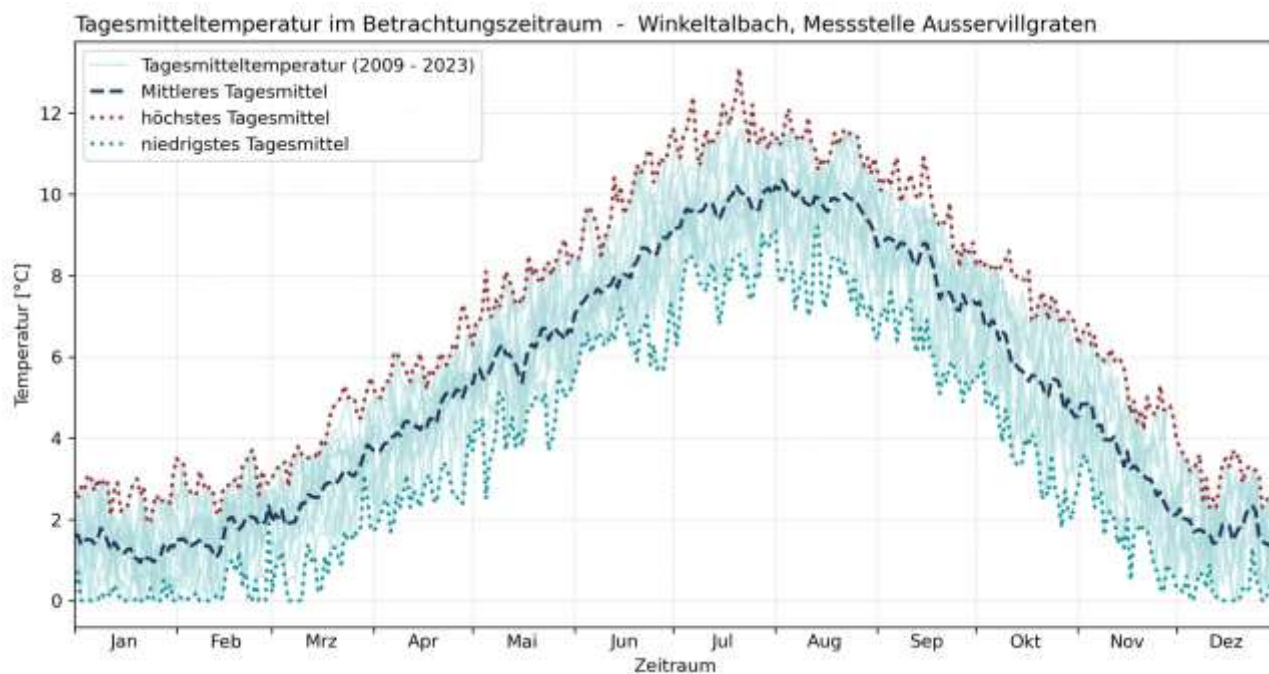


Abb. A 550: Tägliche Temperaturvariation des Winkeltalbach (Messstelle Ausservillgraten) im Jahresverlauf.

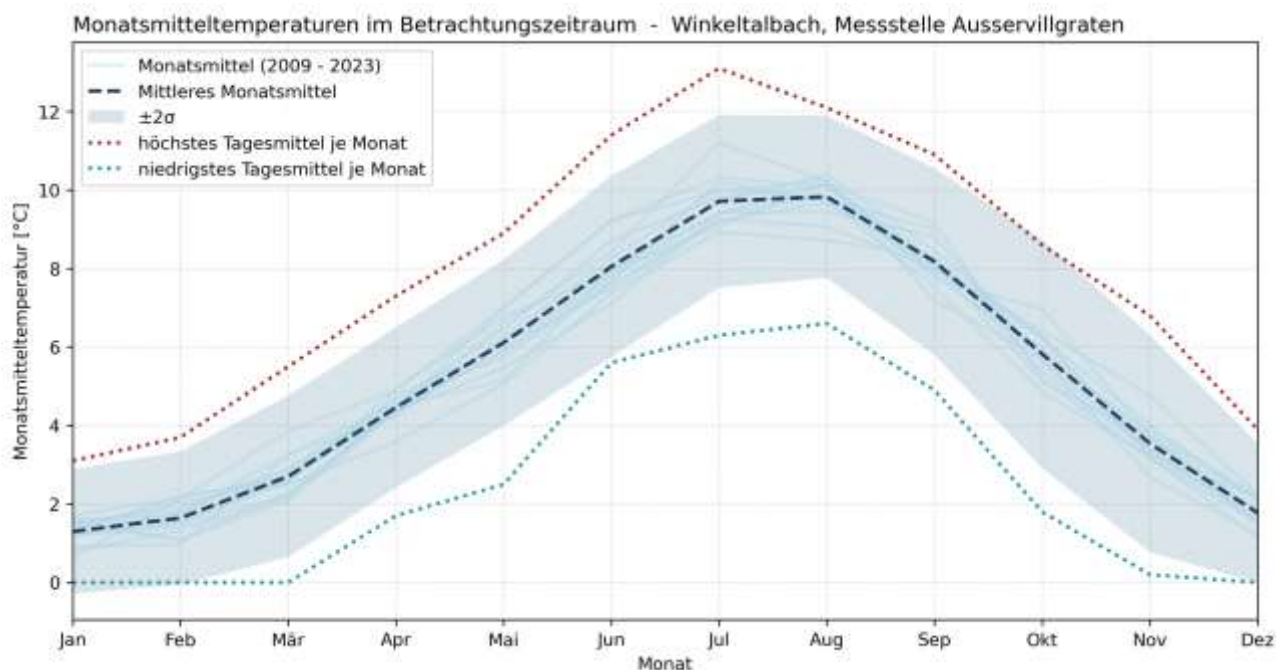


Abb. A 551: Monatsmitteltemperaturen für den Winkeltalbach, Messstelle Ausservillgraten. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

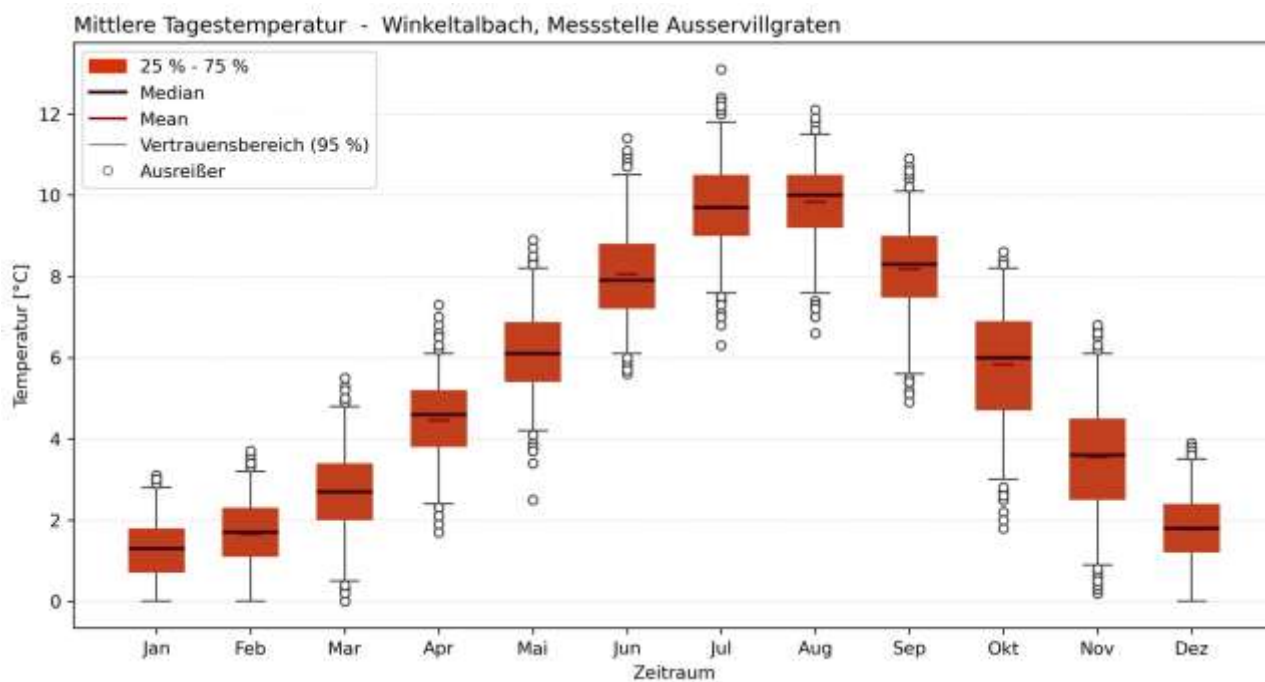


Abb. A 552: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Winkeltalbach (Messstelle, Ausservillgraten).

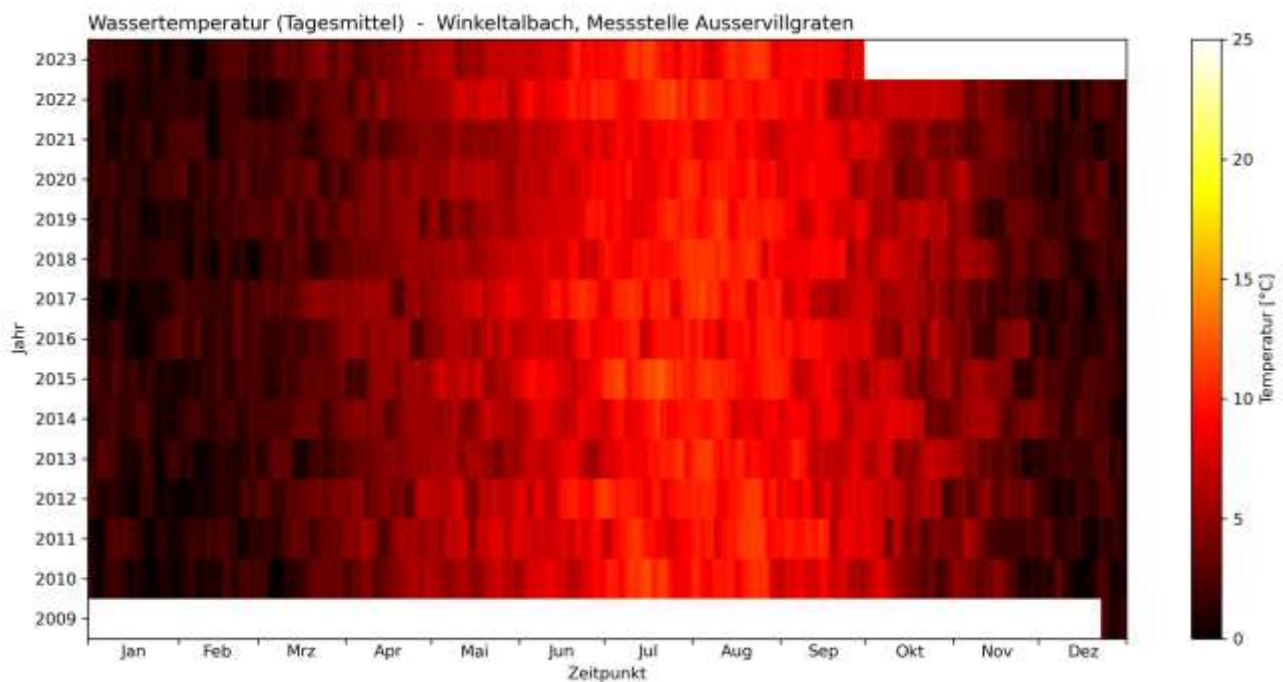


Abb. A 553: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Winkeltalbach (Messstelle Ausservillgraten). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

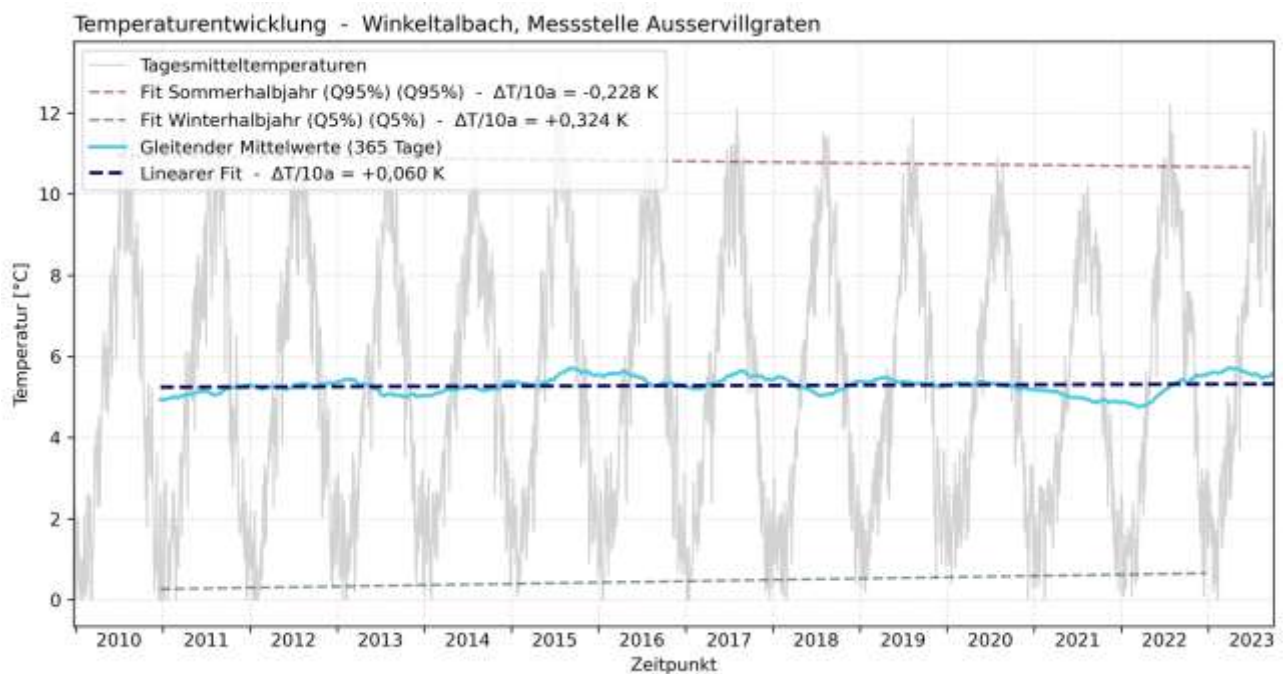


Abb. A 554: Temperaturentwicklung des Winkeltalbach, Messstelle Ausservillgraten, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.43. Ziller

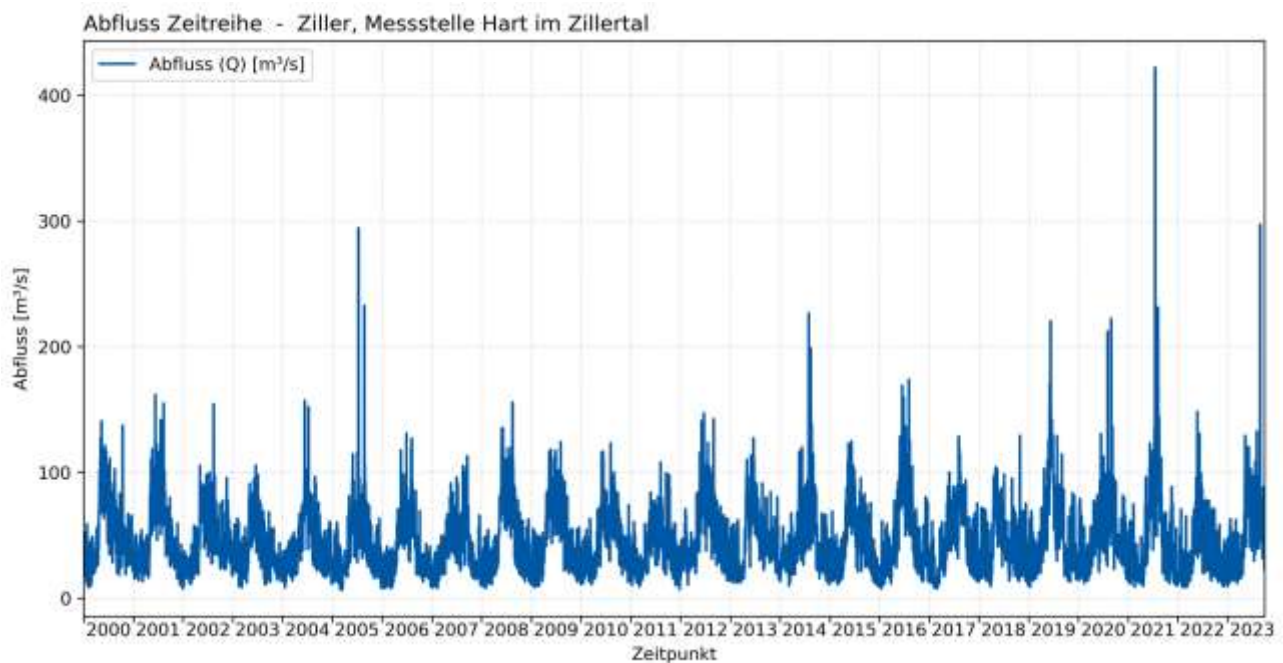


Abb. A 555: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Ziller, Messstelle Hart im Zillertal über den verfügbaren Zeitraum.

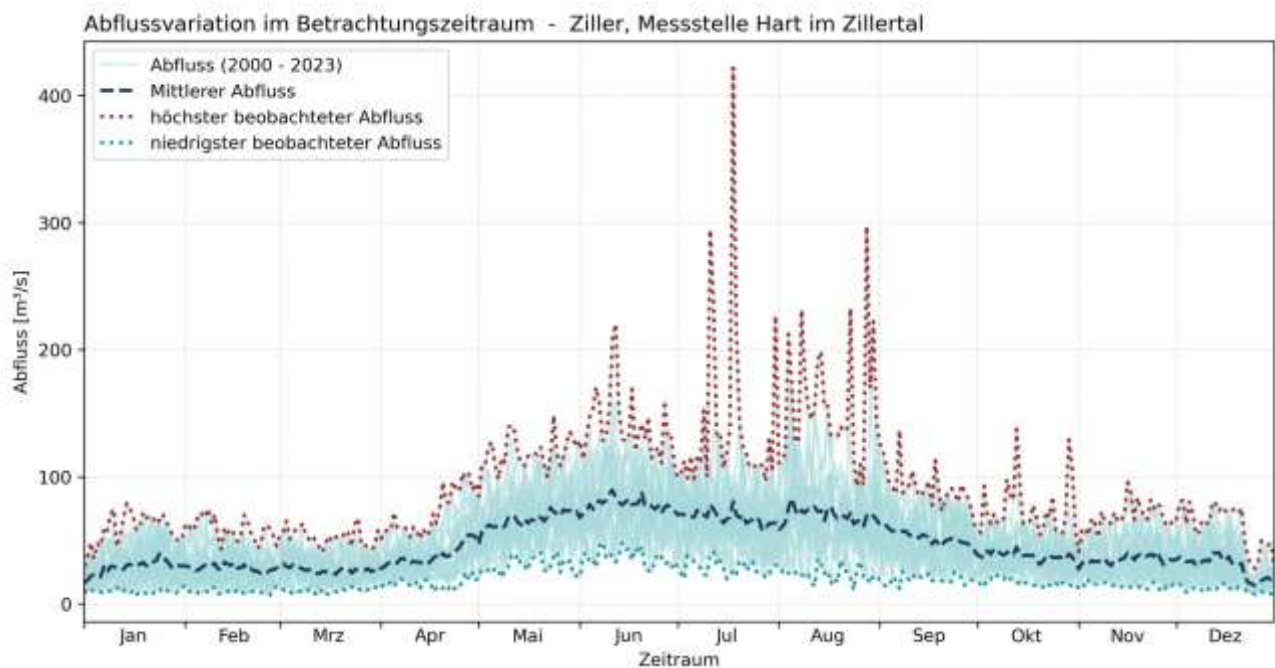


Abb. A 556: Tägliche Abflussvariation des Ziller(Messstelle Hart im Zillertal) im Jahresverlauf.

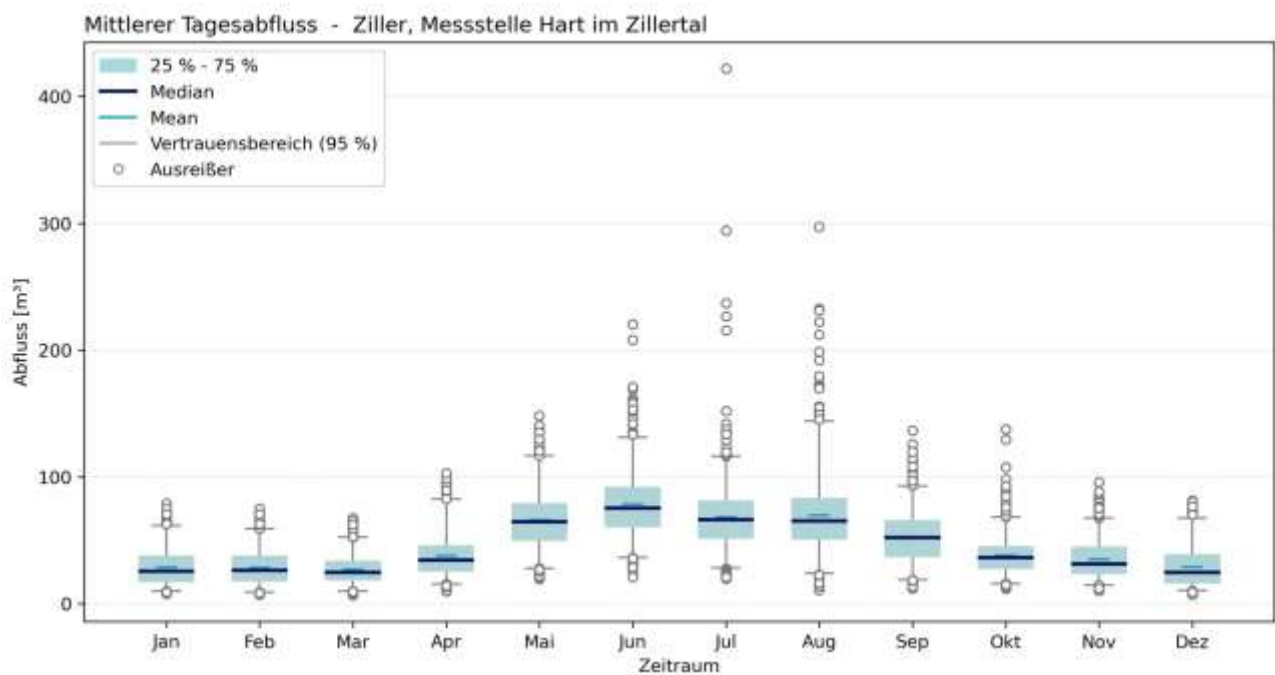


Abb. A 557: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Ziller (Messstelle Hart im Zillertal) als Monatswerte.

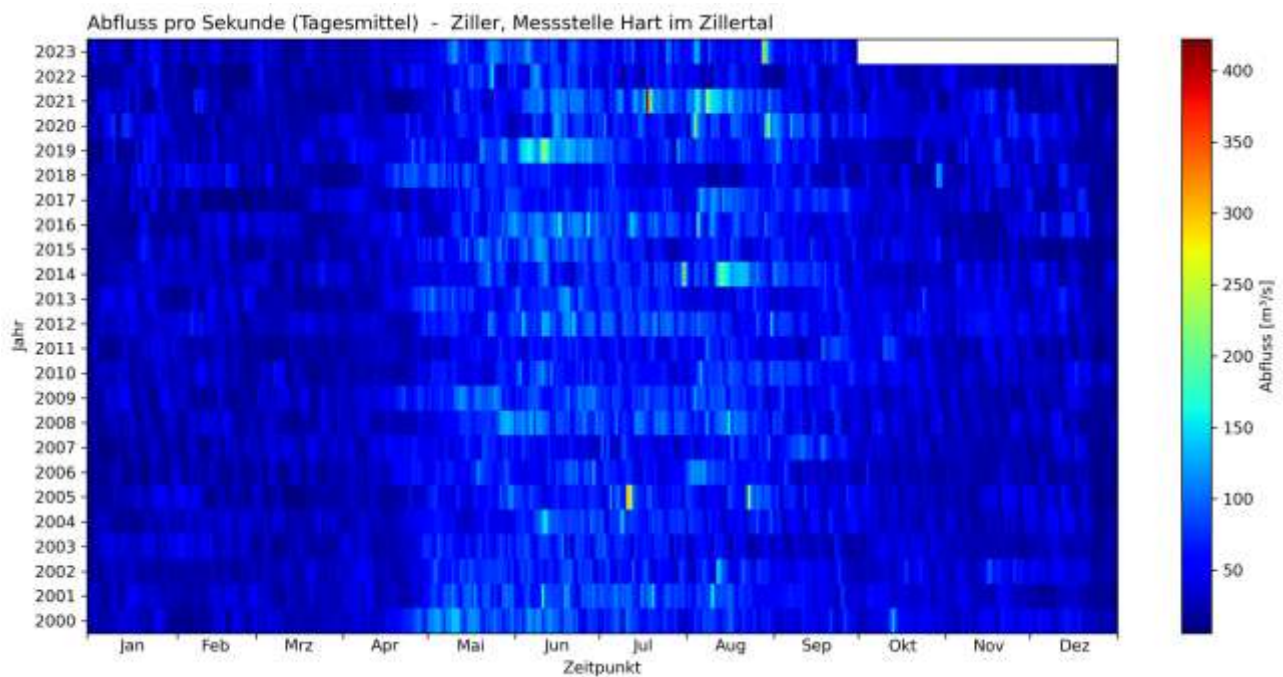


Abb. A 558: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ziller, Messstelle Hart im Zillertal). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

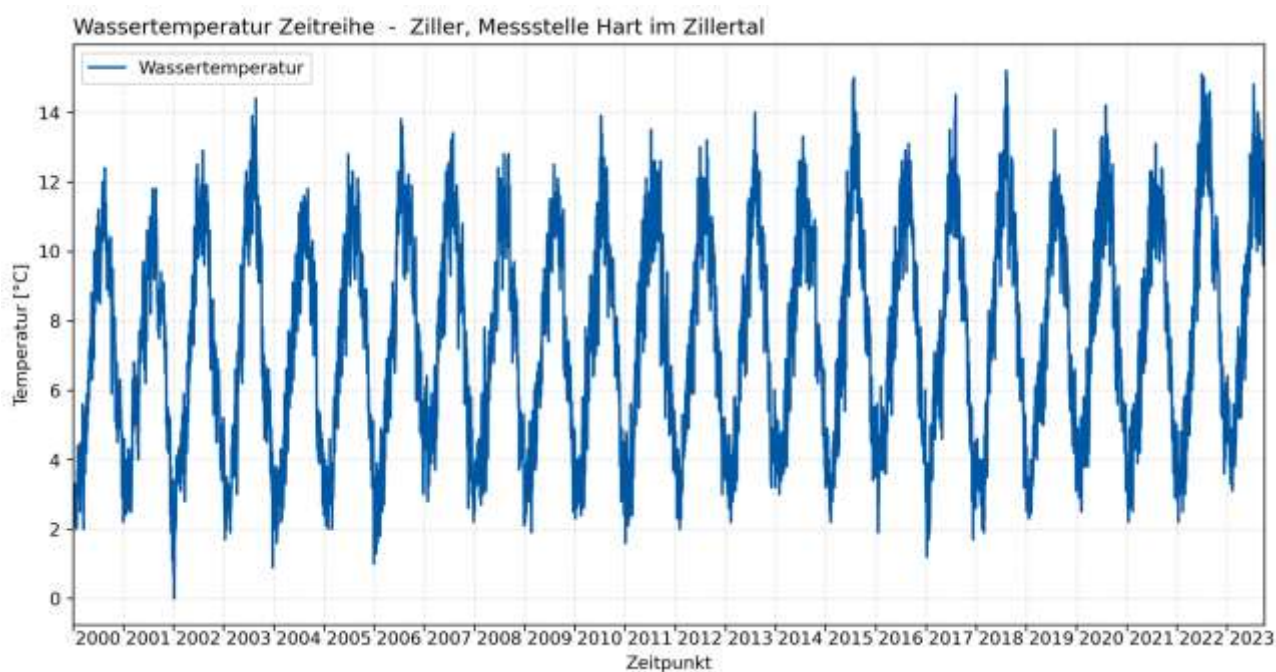


Abb. A 559: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Ziller (Messstelle Hart im Zillertal) über den verfügbaren Zeitraum.

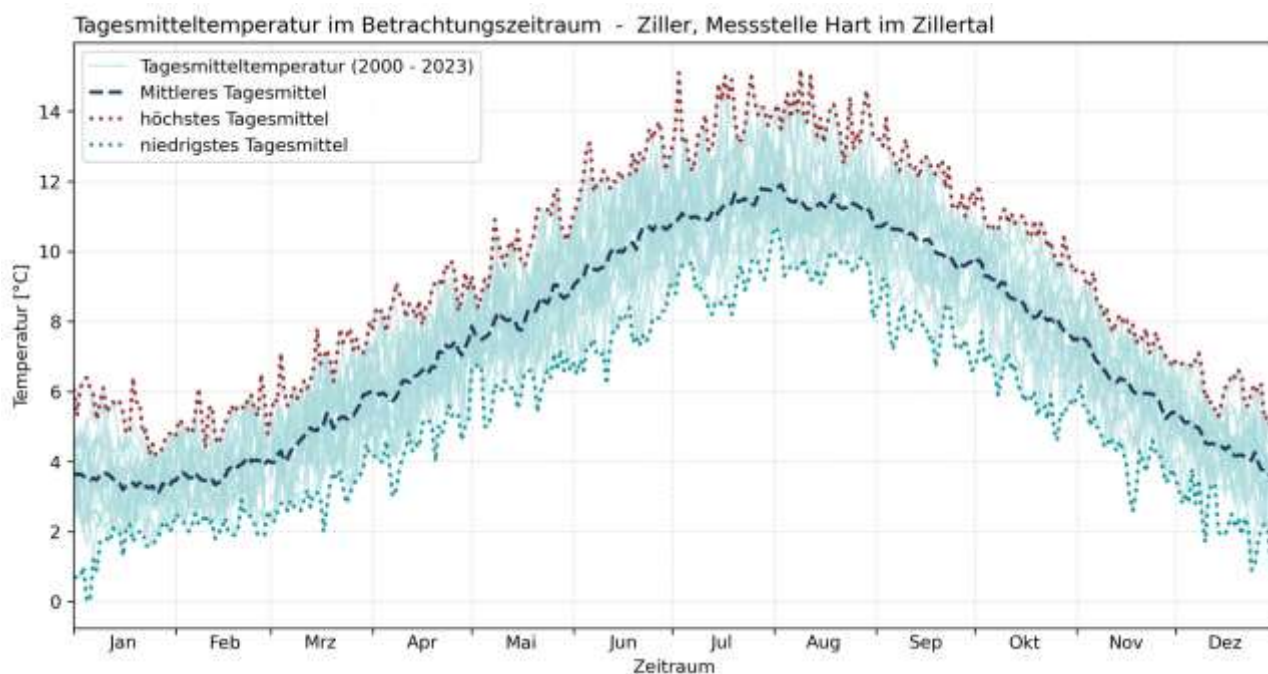


Abb. A 560: Tägliche Temperaturvariation des Ziller (Messstelle Hart im Zillertal) im Jahresverlauf.

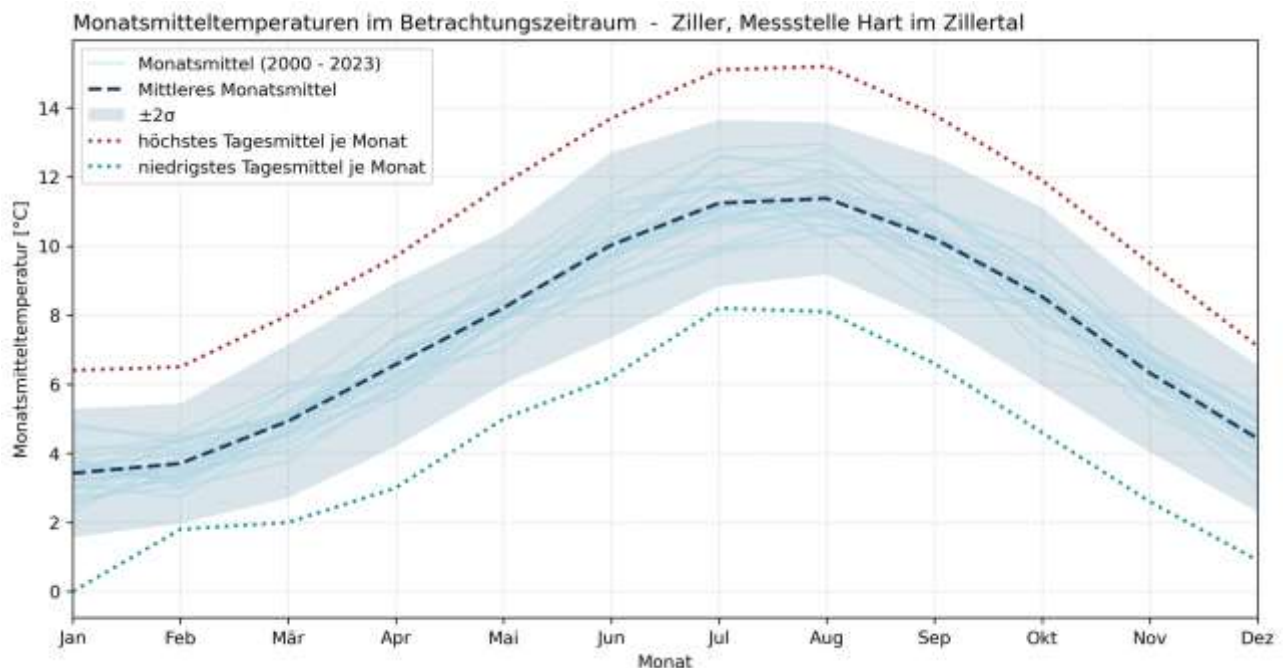


Abb. A 561: Monatsmitteltemperaturen für den Ziller, Messstelle Hart im Zillertal. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

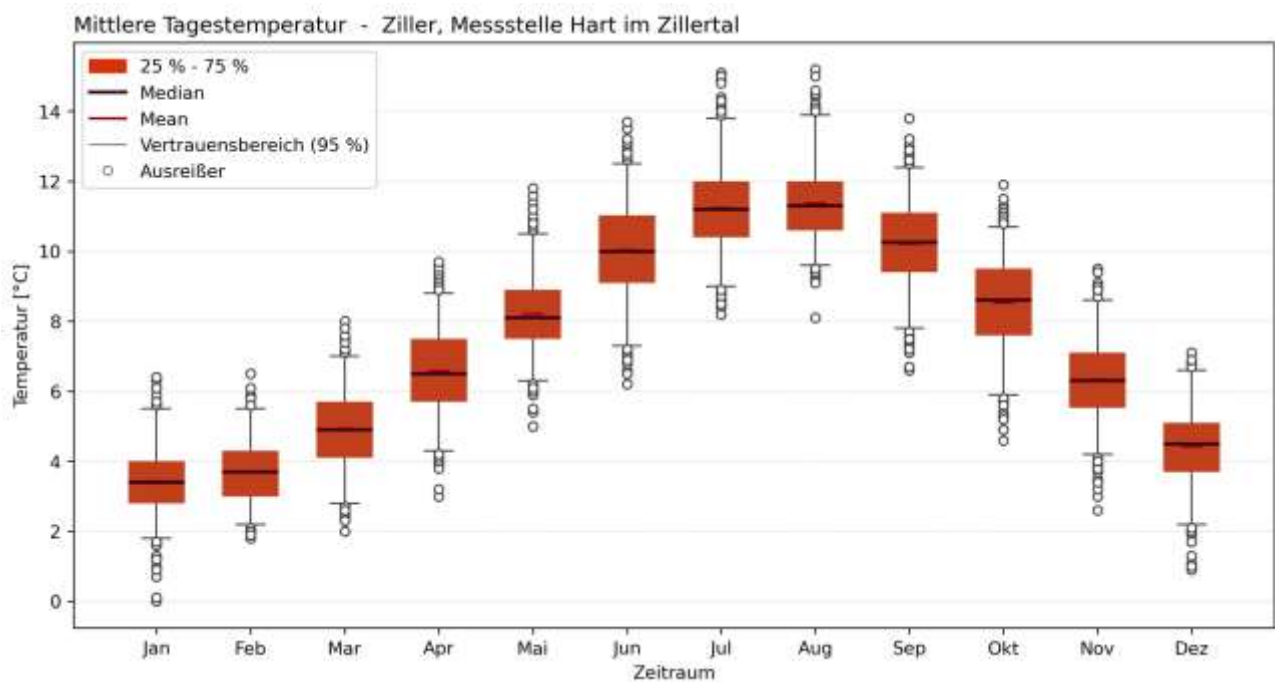


Abb. A 562: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Ziller (Messstelle, Hart im Zillertal).

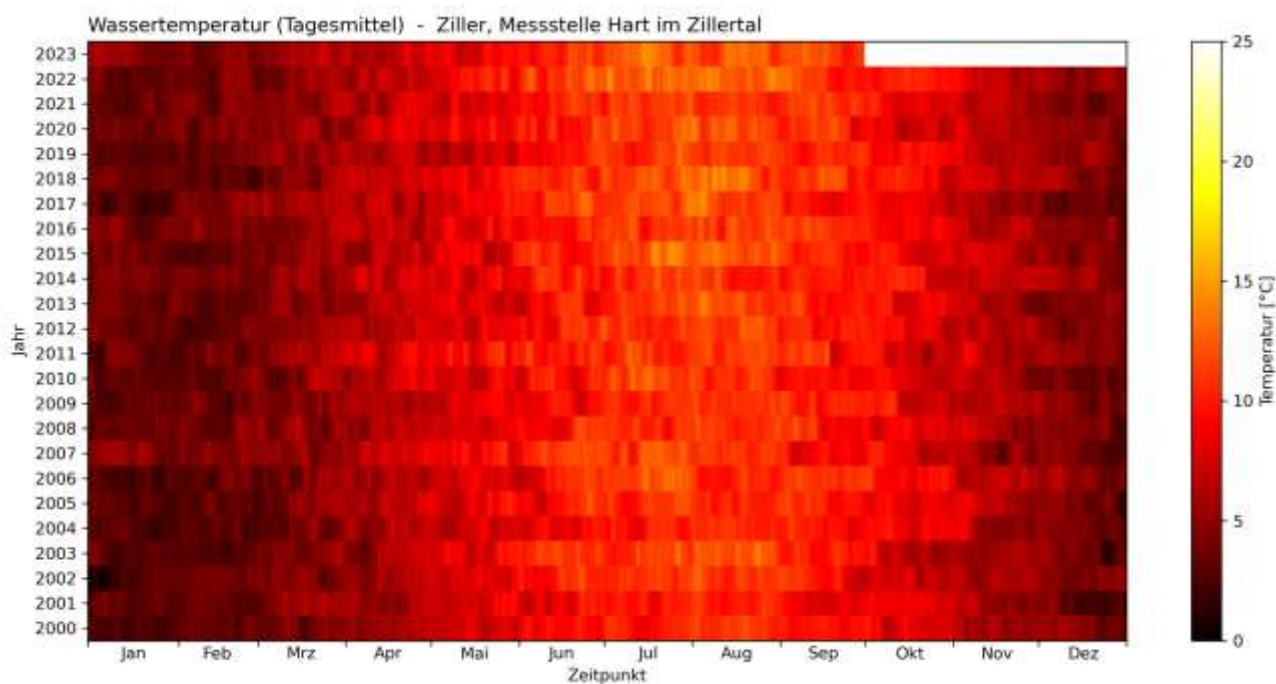


Abb. A 563: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Ziller (Messstelle Hart im Zillertal). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

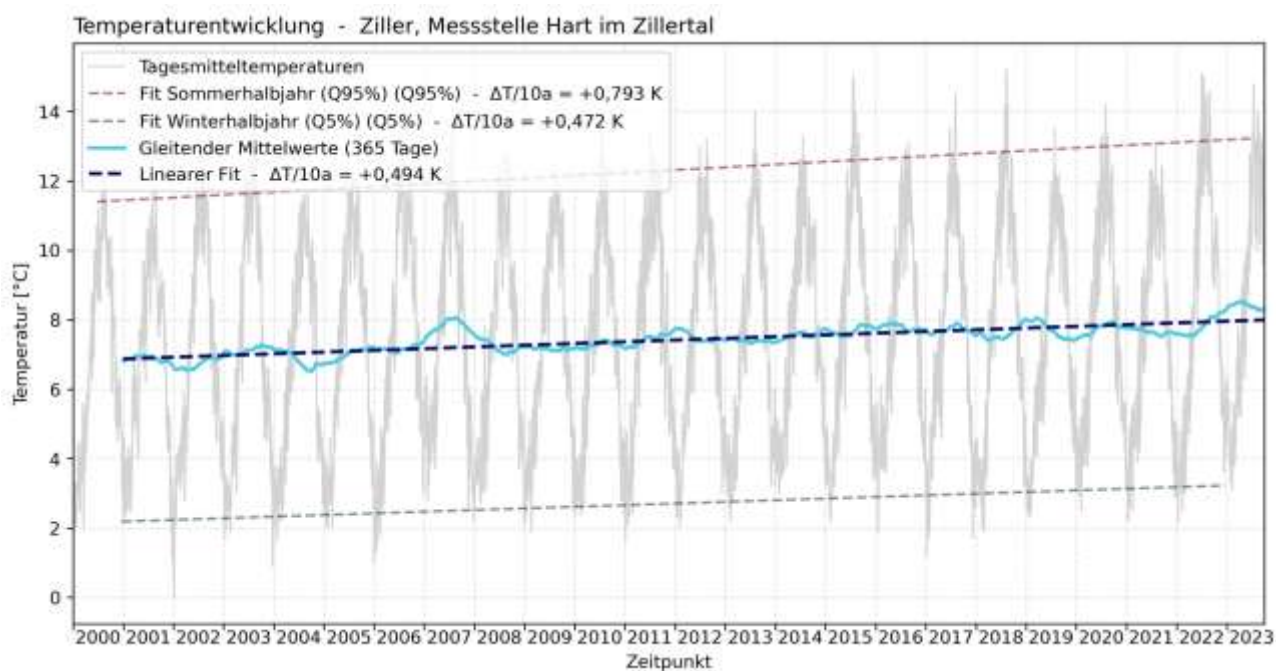


Abb. A 564: Temperaturentwicklung des Ziller, Messstelle Hart im Zillertal, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

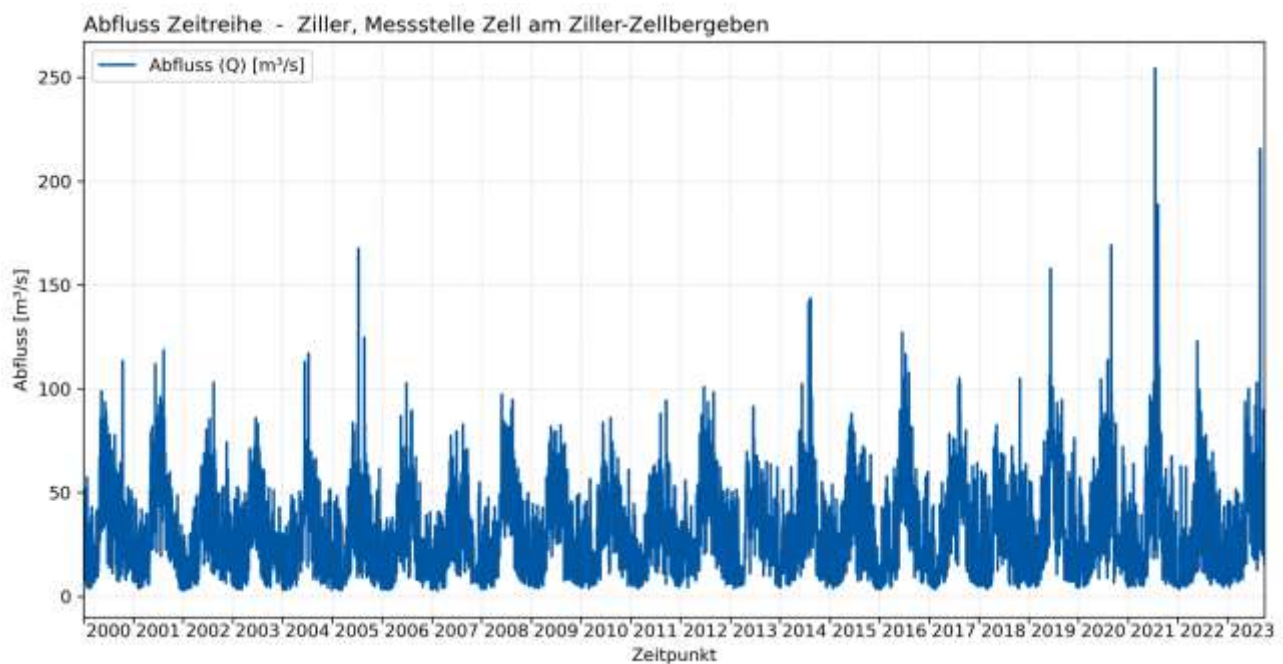


Abb. A 565: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für den Ziller, Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben über den verfügbaren Zeitraum.

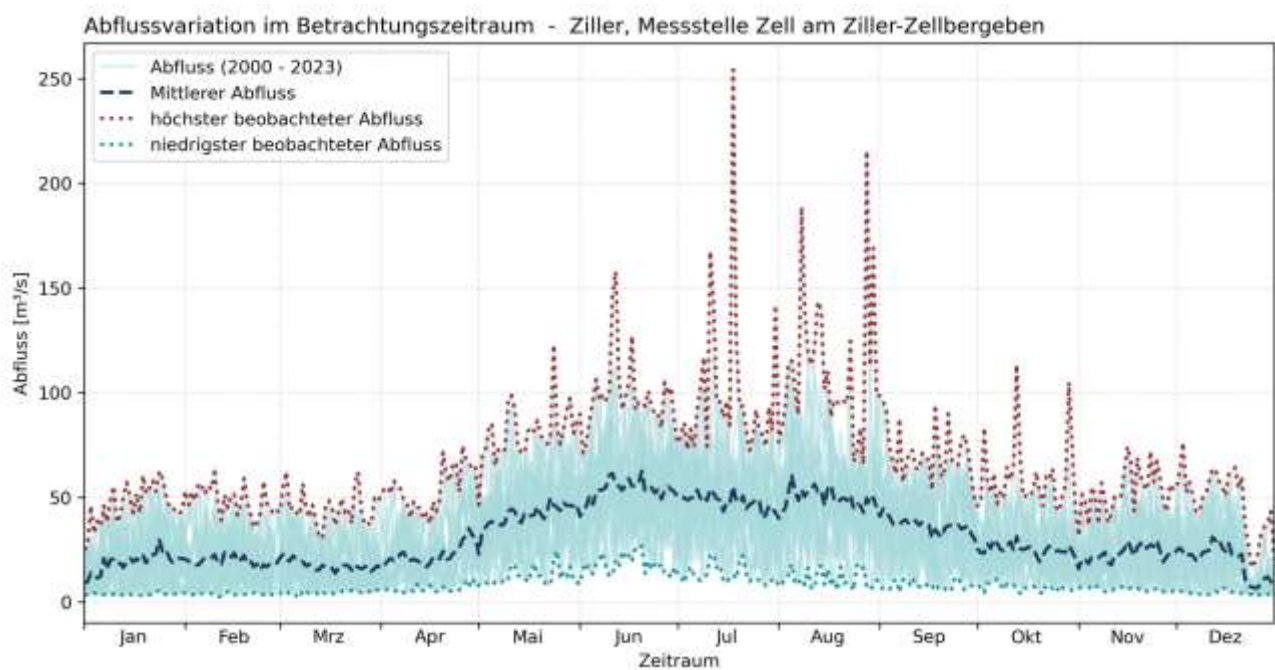


Abb. A 566: Tägliche Abflussvariation des Ziller(Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben) im Jahresverlauf.

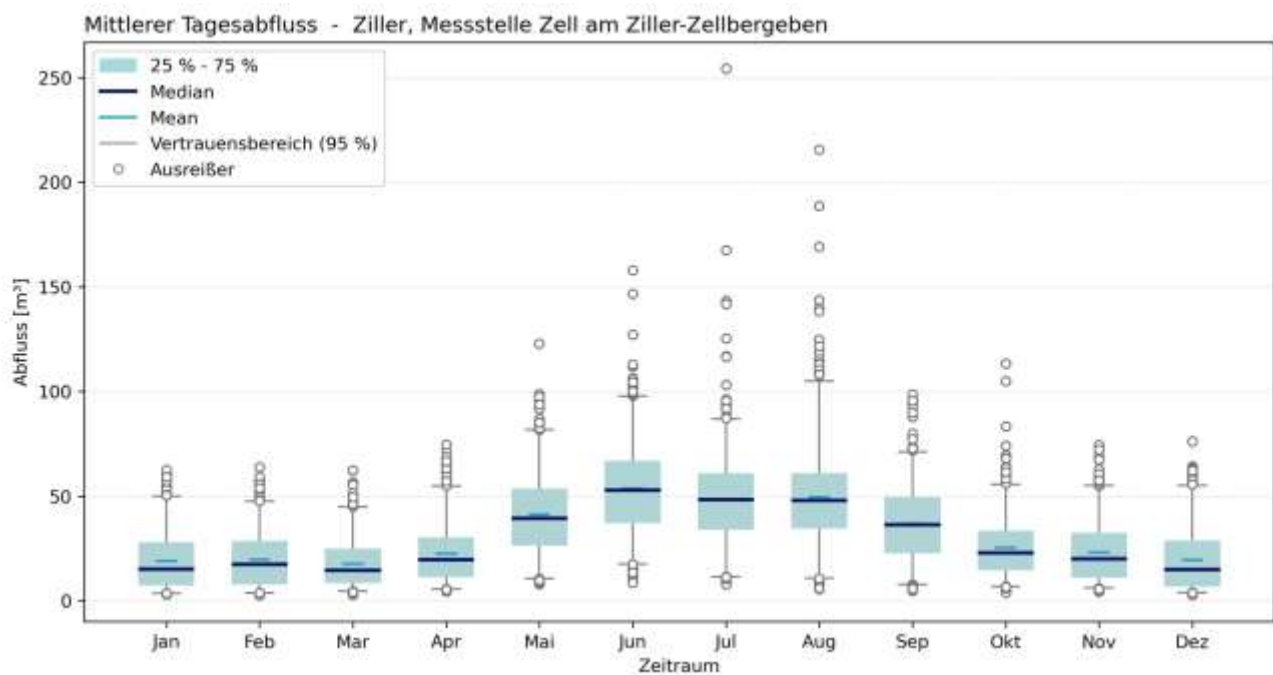


Abb. A 567: Darstellung des mittleren Tagesabflusses des Ziller (Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben) als Monatswerte.

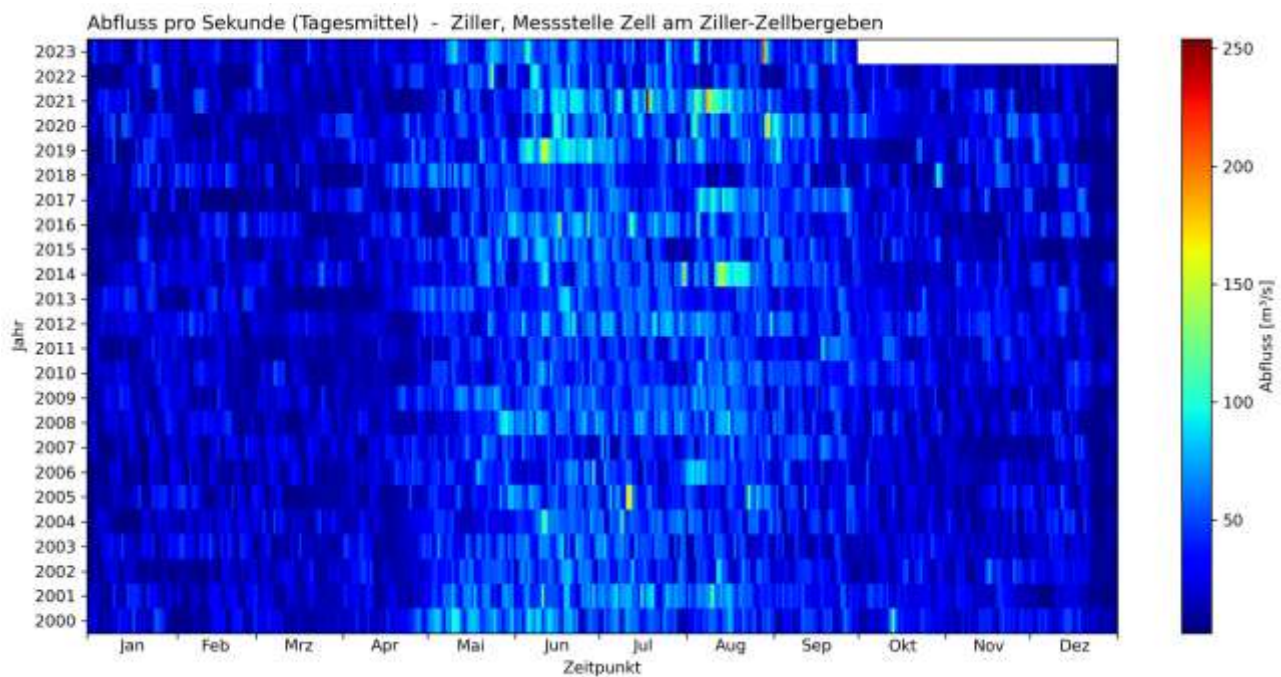


Abb. A 568: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ziller, Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

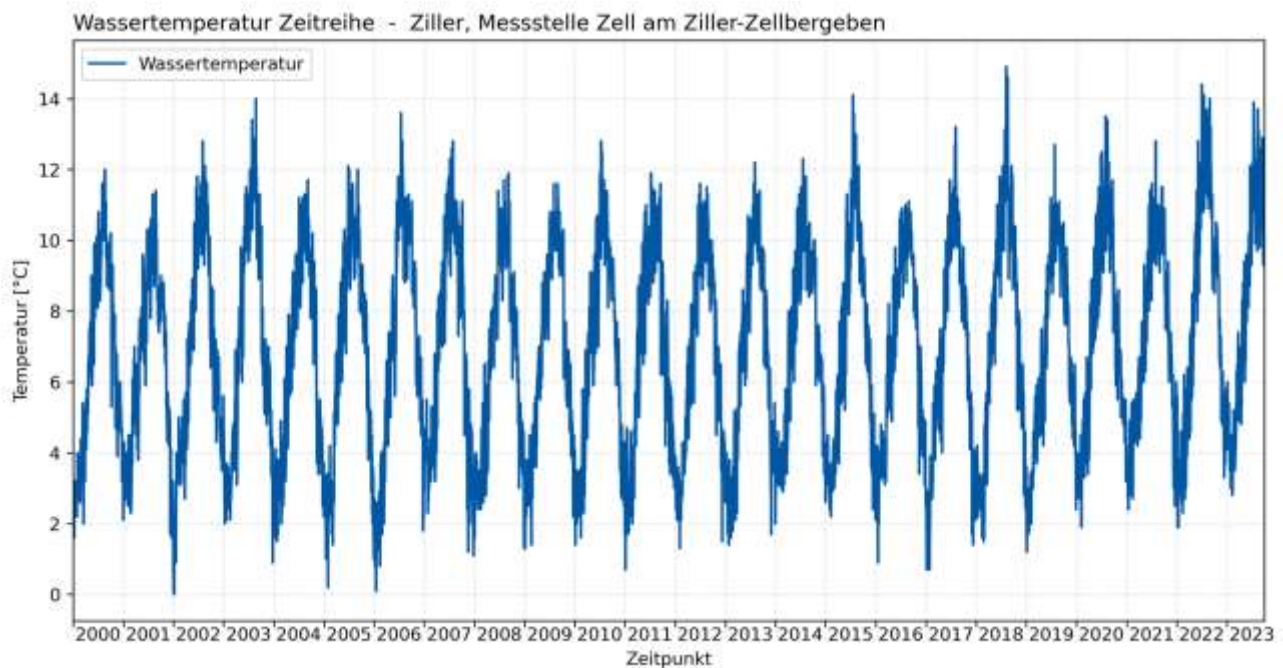


Abb. A 569: Gesamtverlauf der Wassertemperatur des Ziller (Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben) über den verfügbaren Zeitraum.

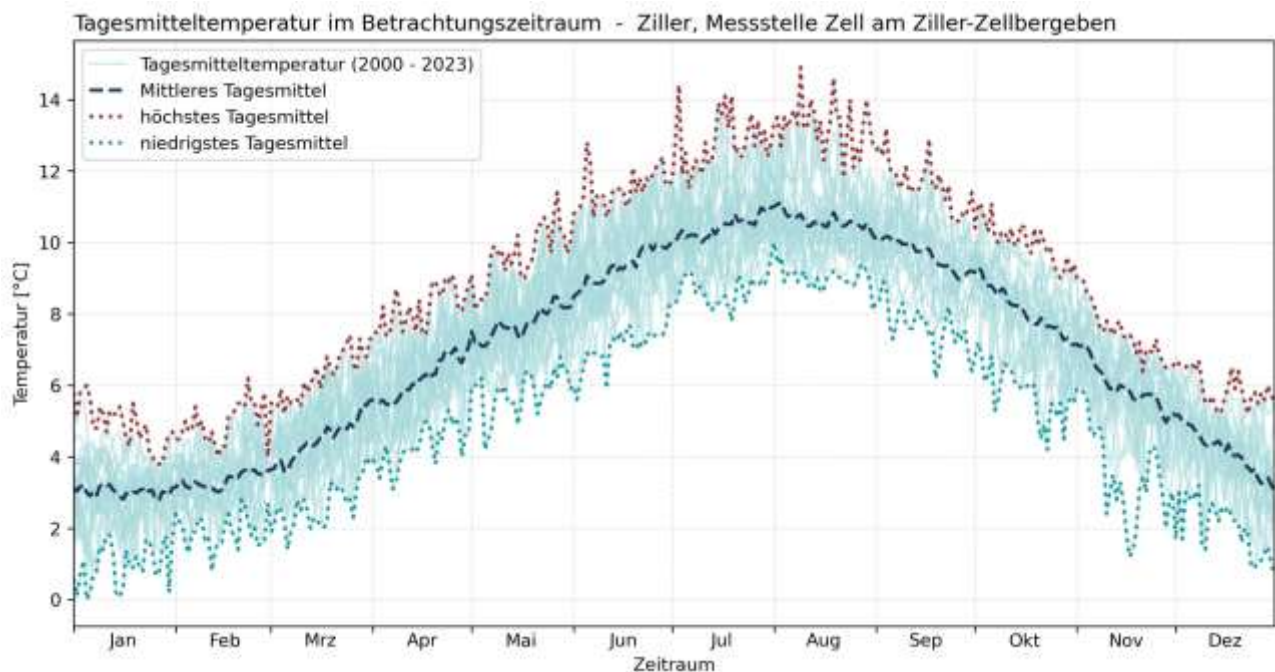


Abb. A 570: Tägliche Temperaturvariation des Ziller (Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben) im Jahresverlauf.

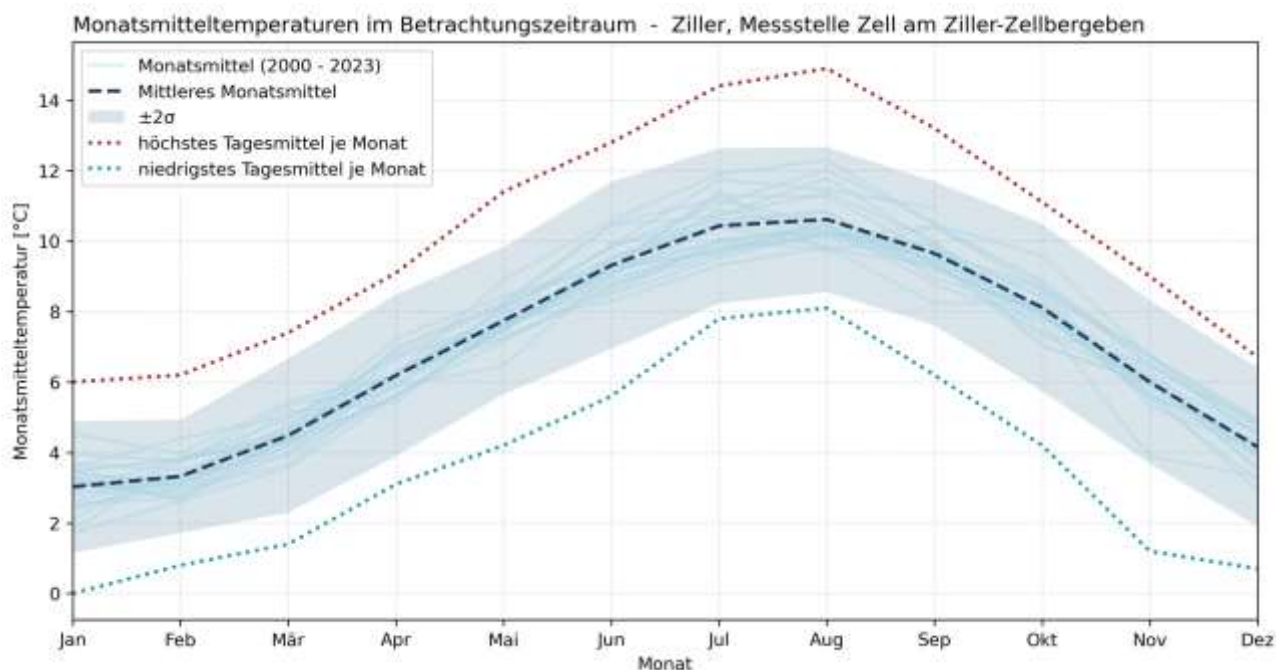


Abb. A 571: Monatsmitteltemperaturen für den Ziller, Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

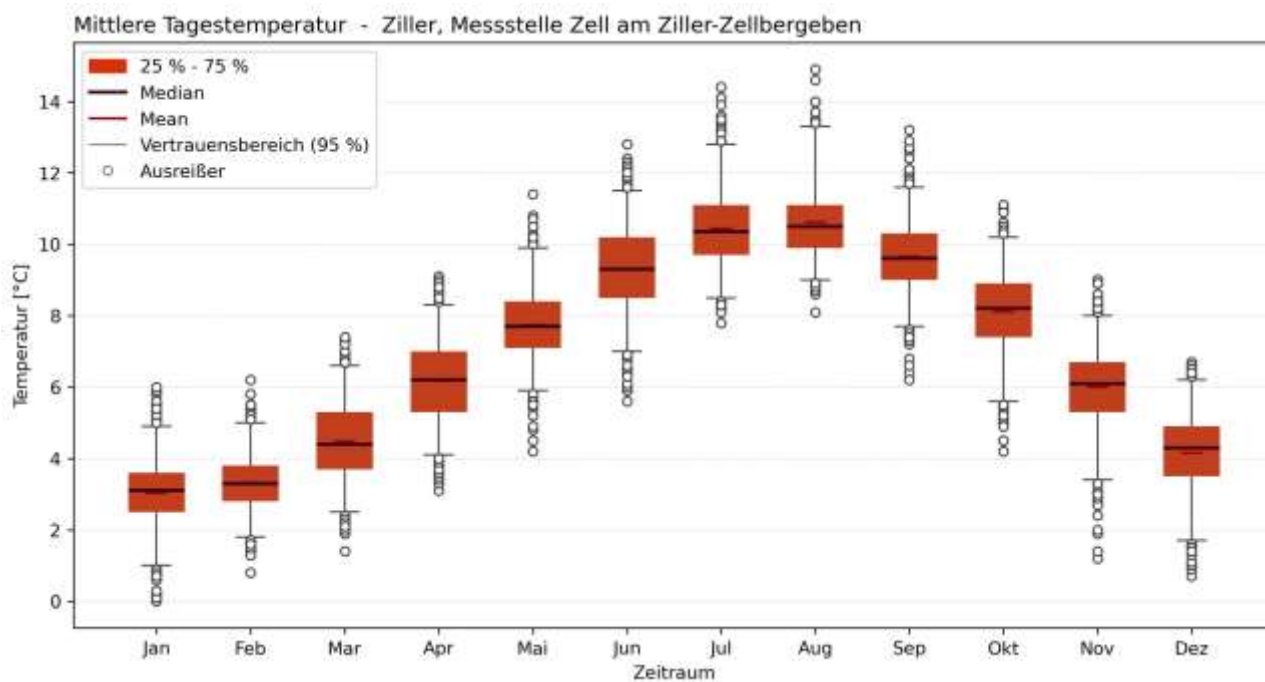


Abb. A 572: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für den Ziller (Messstelle, Zell am Ziller Zellbergeben).

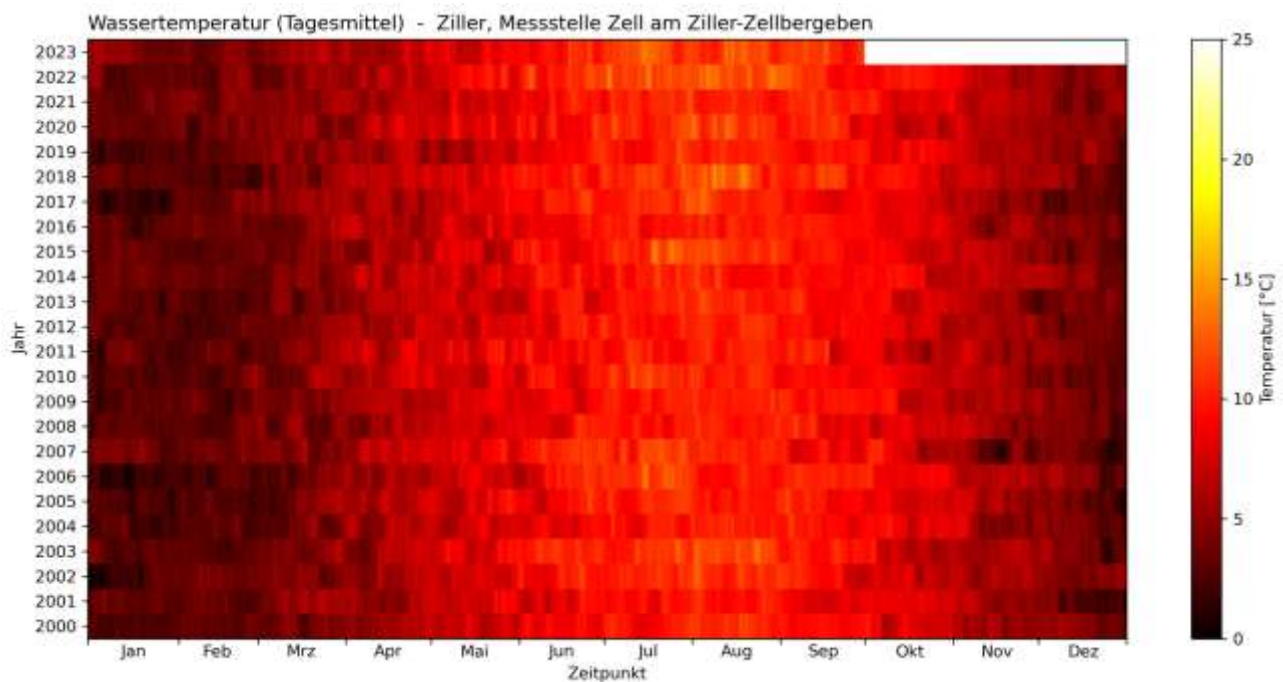


Abb. A 573: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für den Ziller (Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

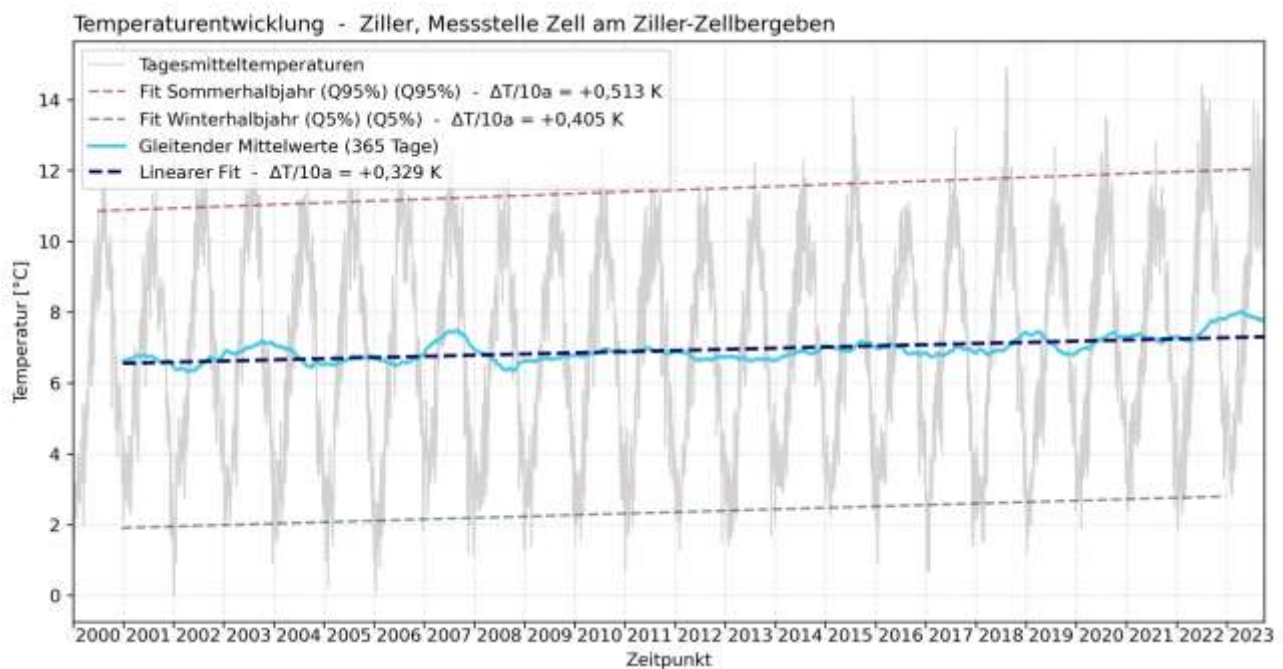


Abb. A 574: Temperaturentwicklung des Ziller, Messstelle Zell am Ziller Zellbergeben, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

2.44. Öztaler Ache

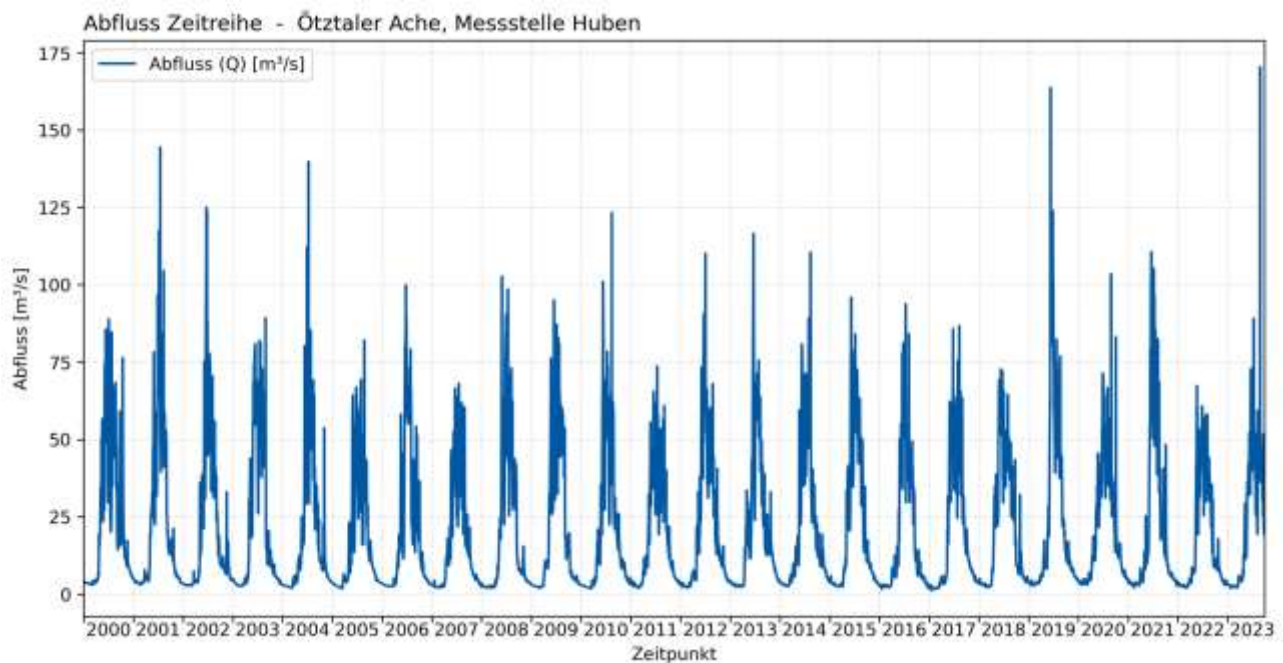


Abb. A 575: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Öztaler Ache, Messstelle Huben über den verfügbaren Zeitraum.

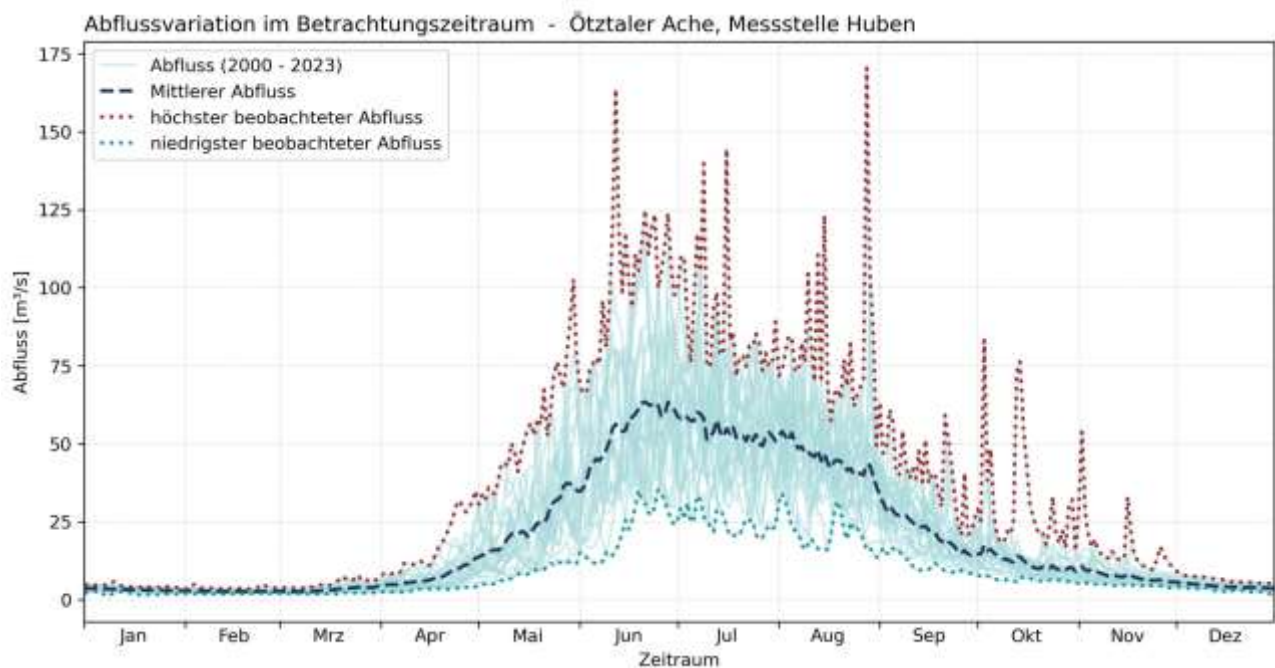


Abb. A 576: Tägliche Abflussvariation der Öztaler Ache(Messstelle Huben) im Jahresverlauf.

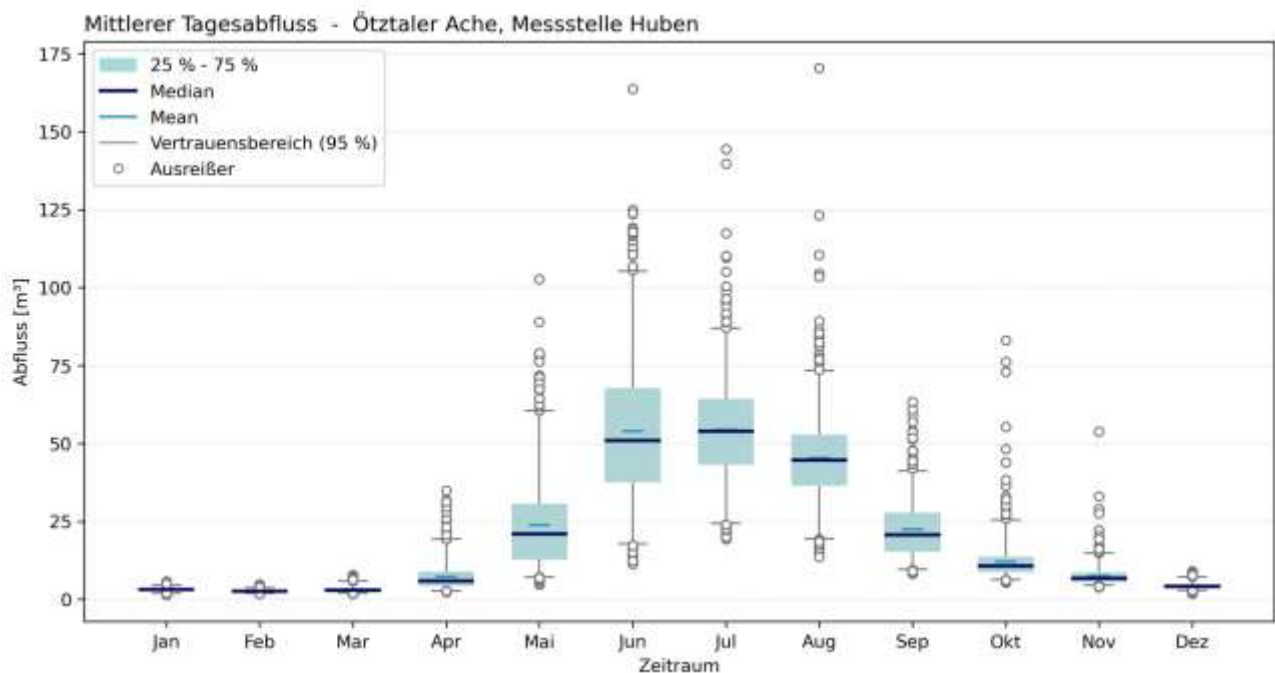


Abb. A 577: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Ötztaler Ache (Messstelle Huben) als Monatswerte.

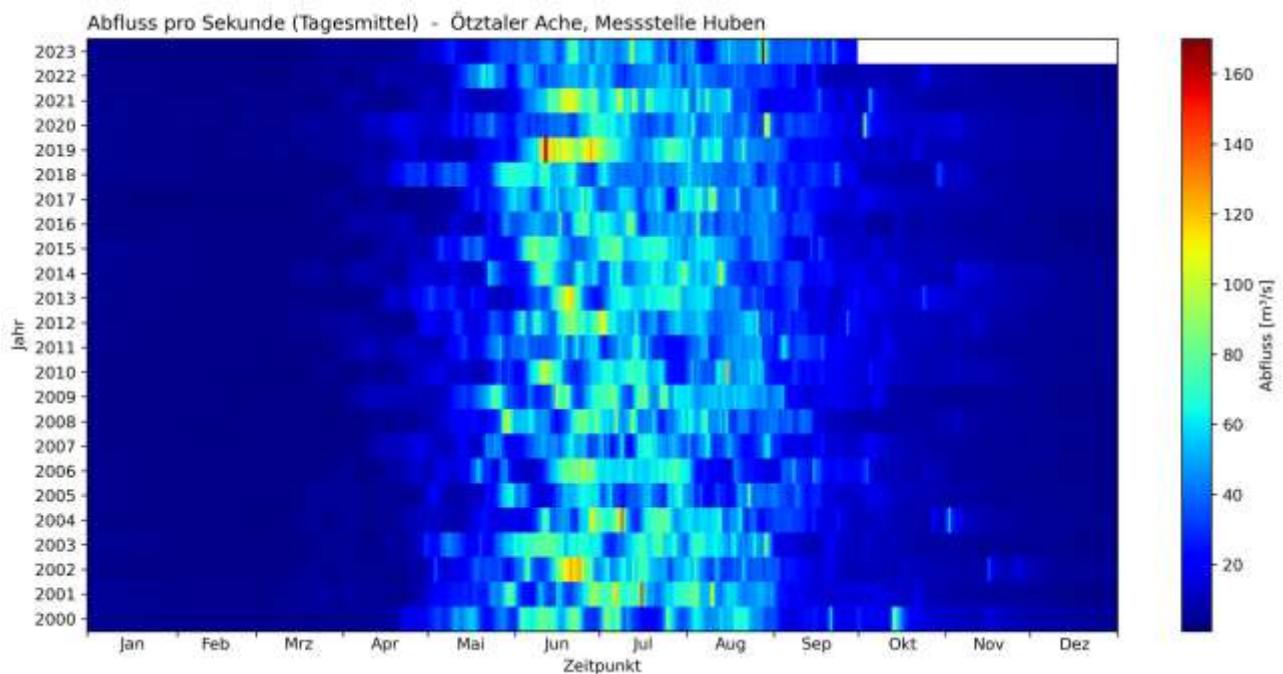


Abb. A 578: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ötztaler Ache, Messstelle Huben). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

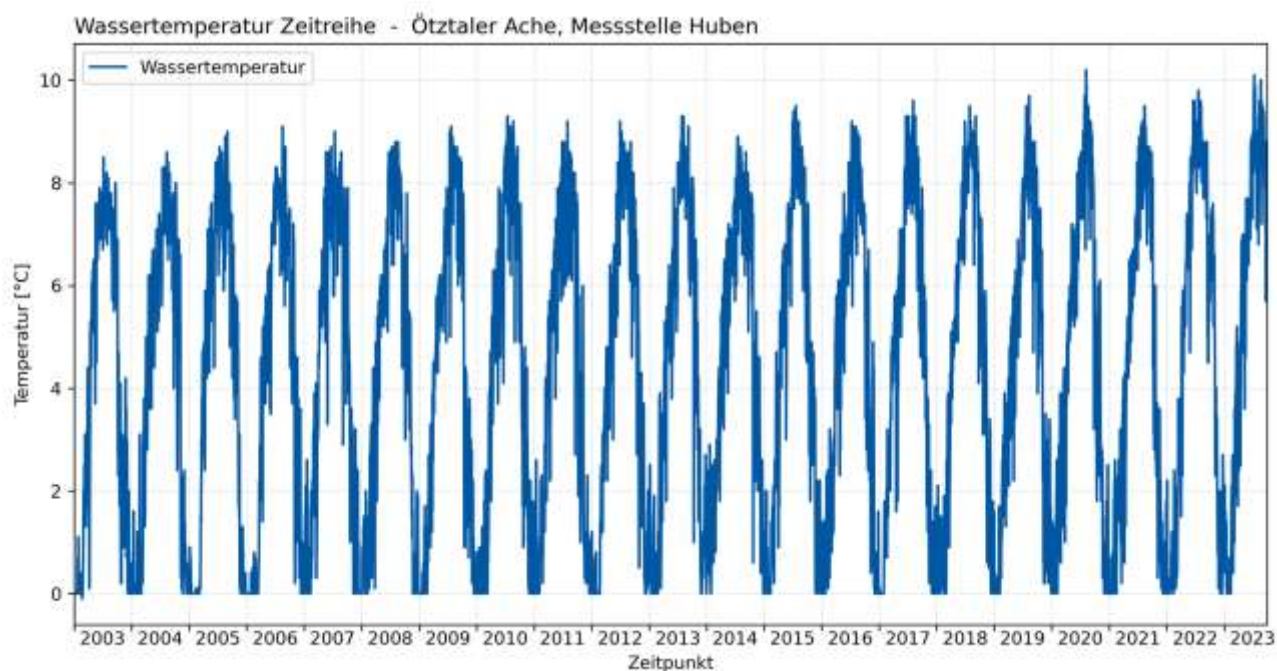


Abb. A 579: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Öztaler Ache (Messstelle Huben) über den verfügbaren Zeitraum.

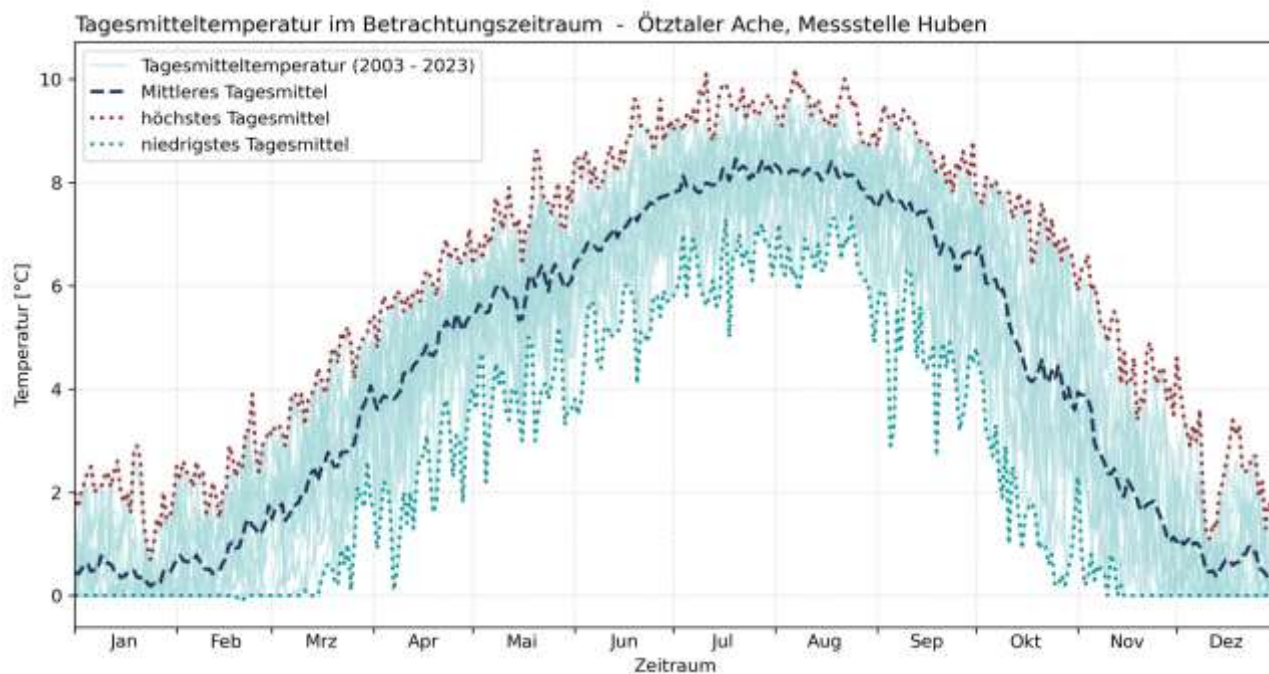


Abb. A 580: Tägliche Temperaturvariation der Öztaler Ache (Messstelle Huben) im Jahresverlauf.

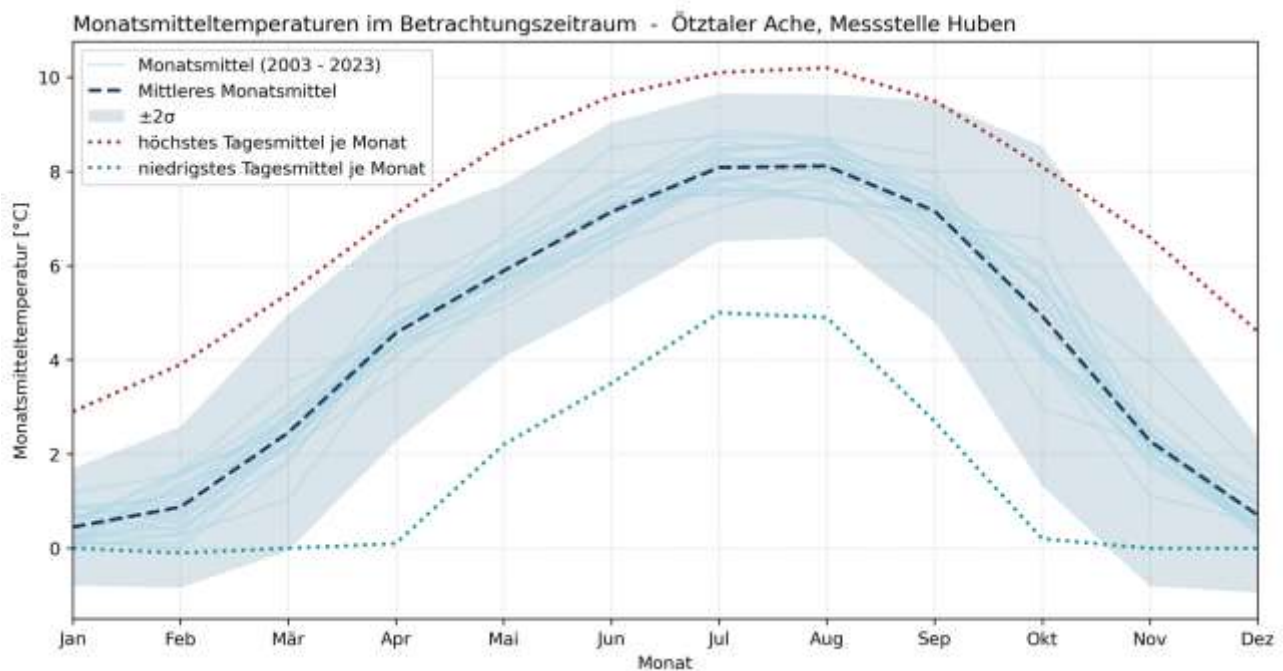


Abb. A 581: Monatsmitteltemperaturen für die Ötztaler Ache, Messstelle Huben. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

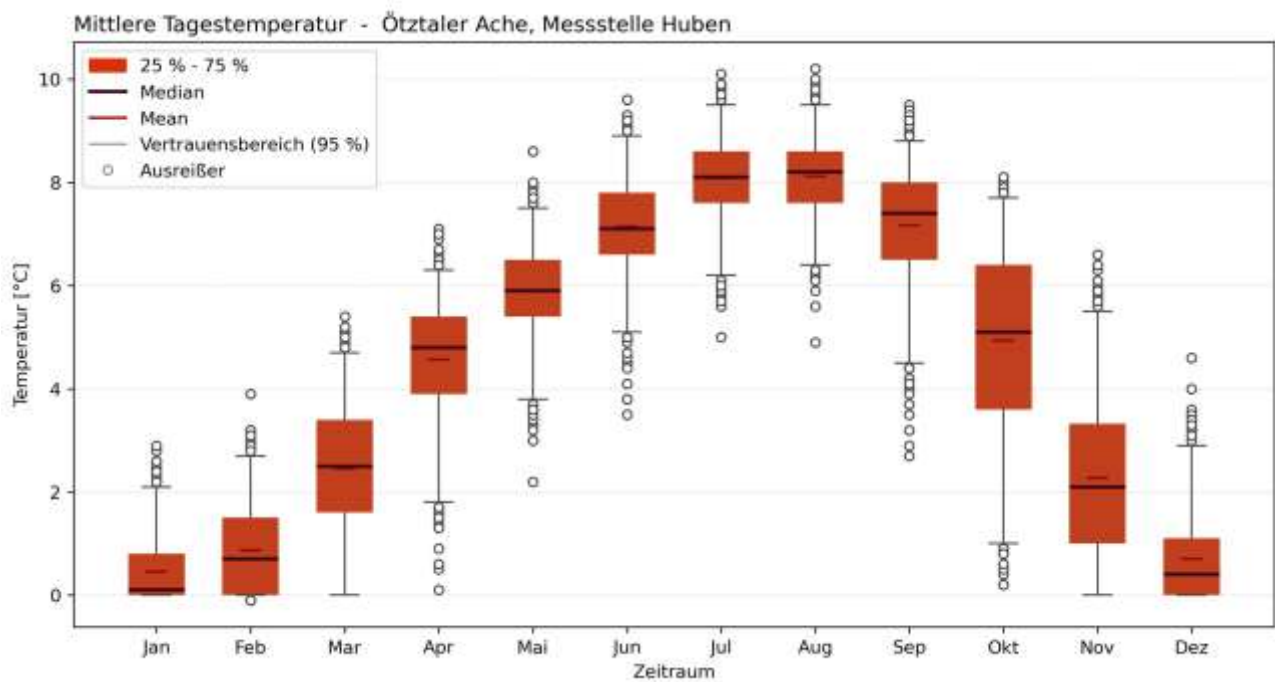


Abb. A 582: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Ötztaler Ache (Messstelle, Huben).

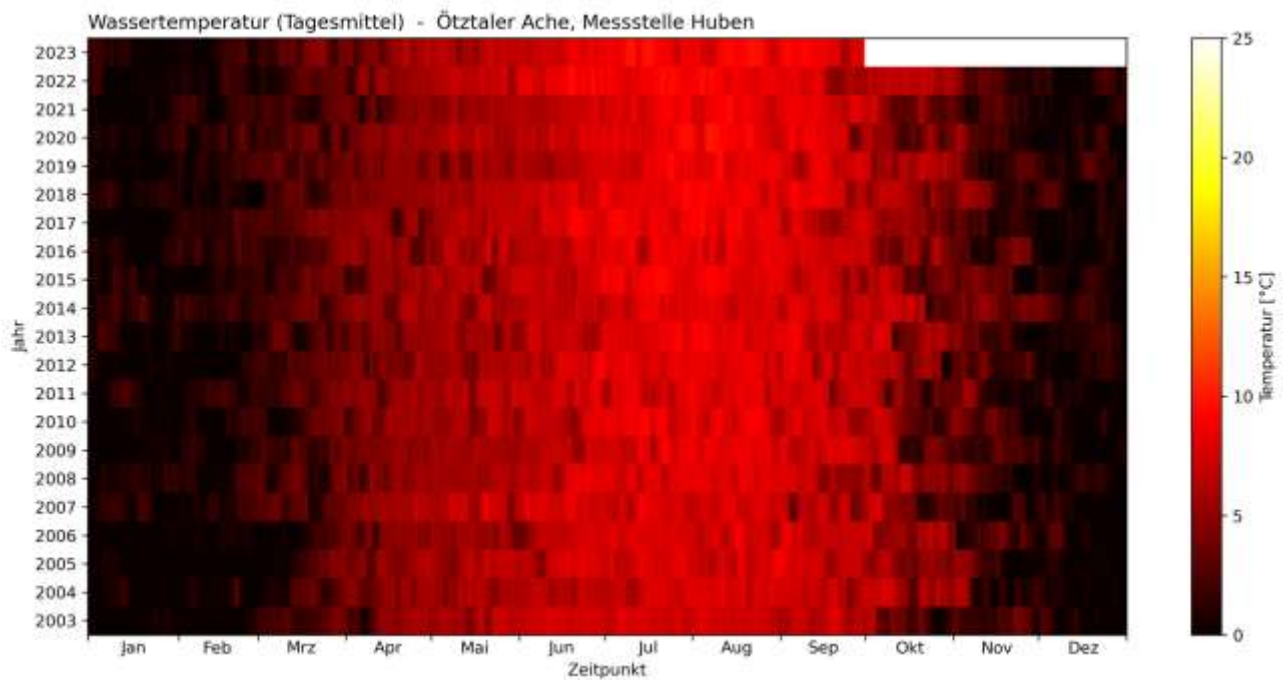


Abb. A 583: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Ötztaler Ache (Messstelle Huben). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

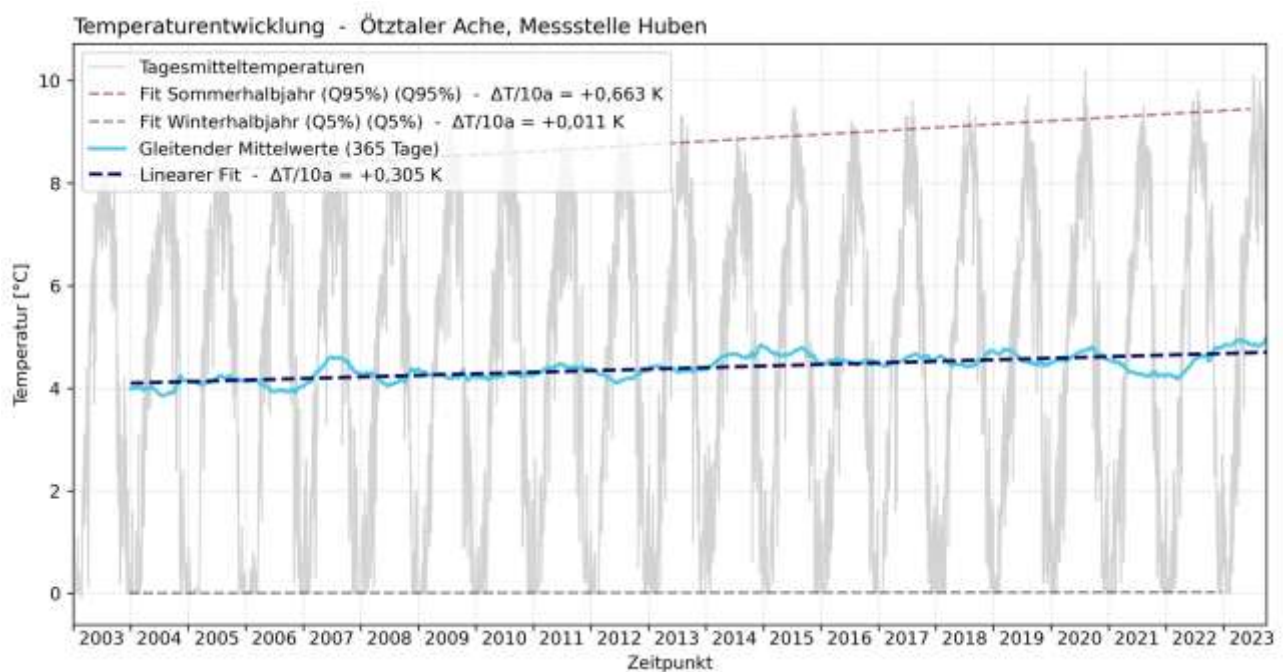


Abb. A 584: Temperaturentwicklung der Ötztaler Ache, Messstelle Huben, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

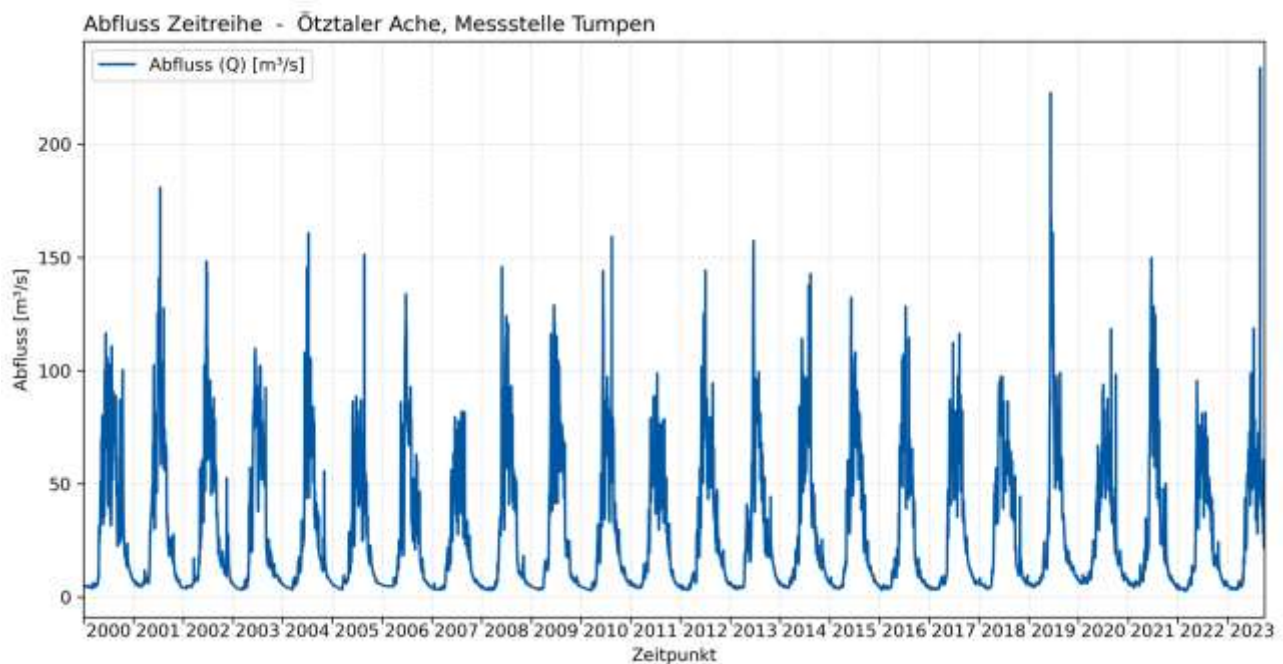


Abb. A 585: Gesamtverlauf des Gewässerabflusses für die Öztaler Ache, Messstelle Tumpen über den verfügbaren Zeitraum.

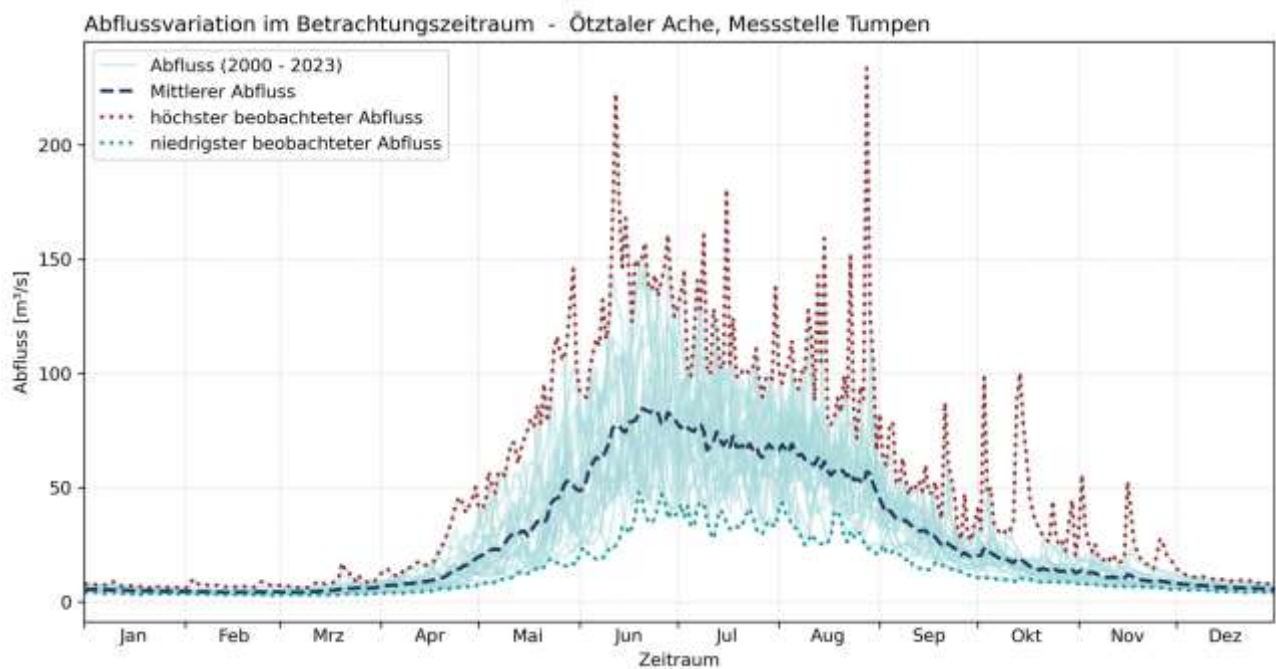


Abb. A 586: Tägliche Abflussvariation der Öztaler Ache(Messstelle Tumpen) im Jahresverlauf.

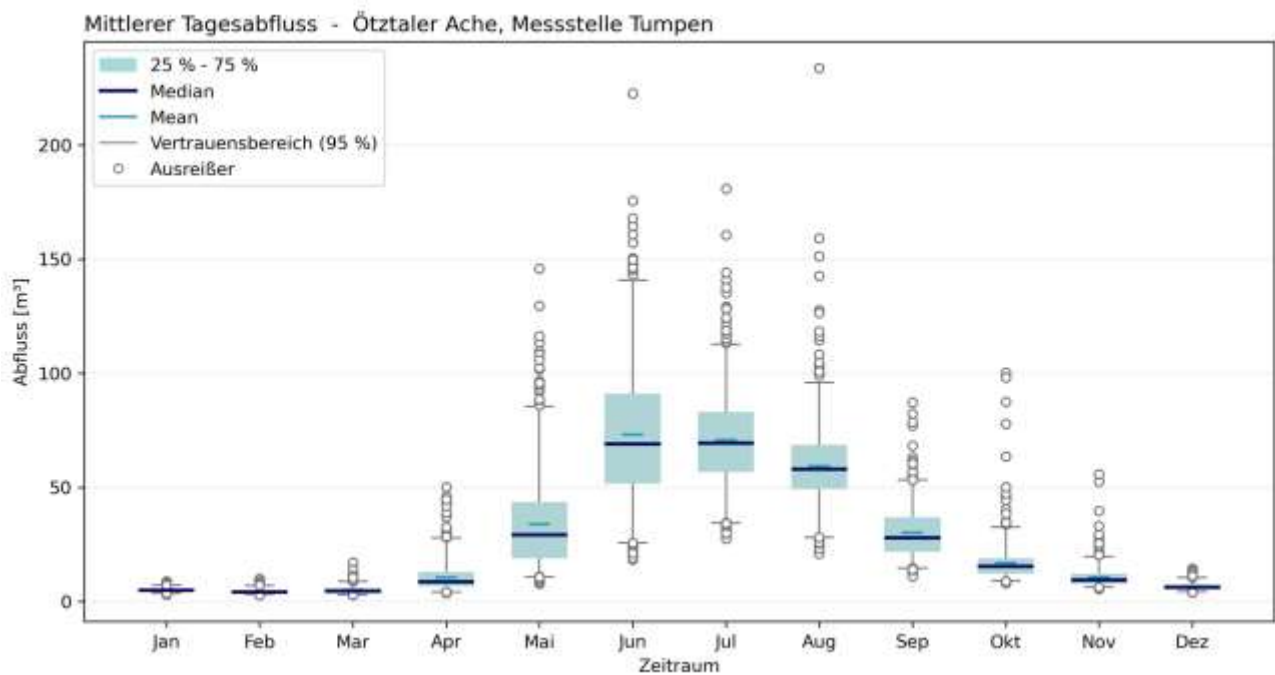


Abb. A 587: Darstellung des mittleren Tagesabflusses der Ötztaler Ache (Messstelle Tumpen) als Monatswerte.

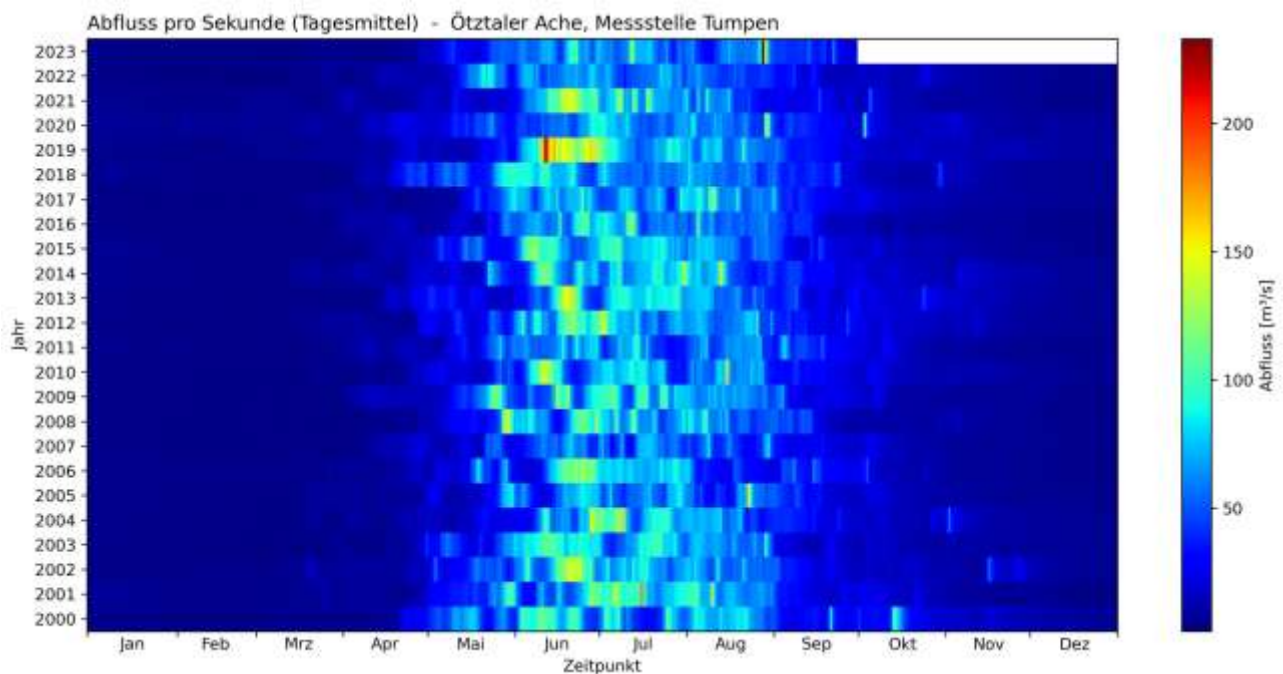


Abb. A 588: Rasterplot des Abflusses pro Sekunde (Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte) (Ötztaler Ache, Messstelle Tumpen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

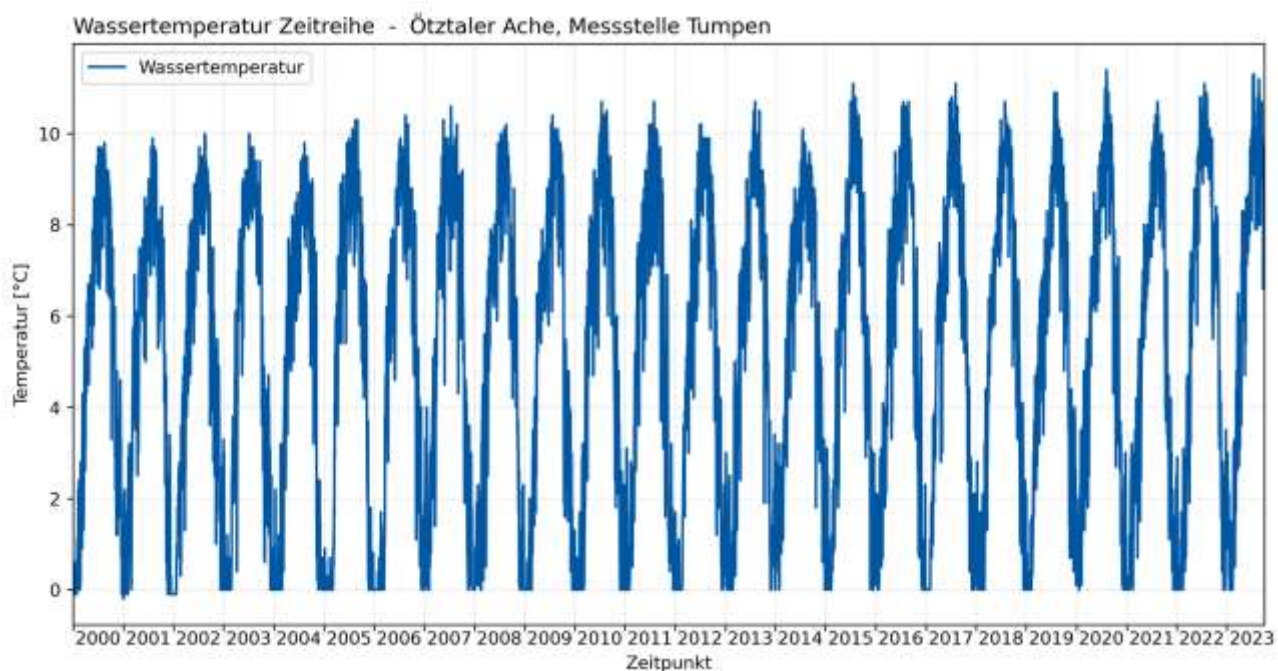


Abb. A 589: Gesamtverlauf der Wassertemperatur der Öztaler Ache (Messstelle Tumpen) über den verfügbaren Zeitraum.

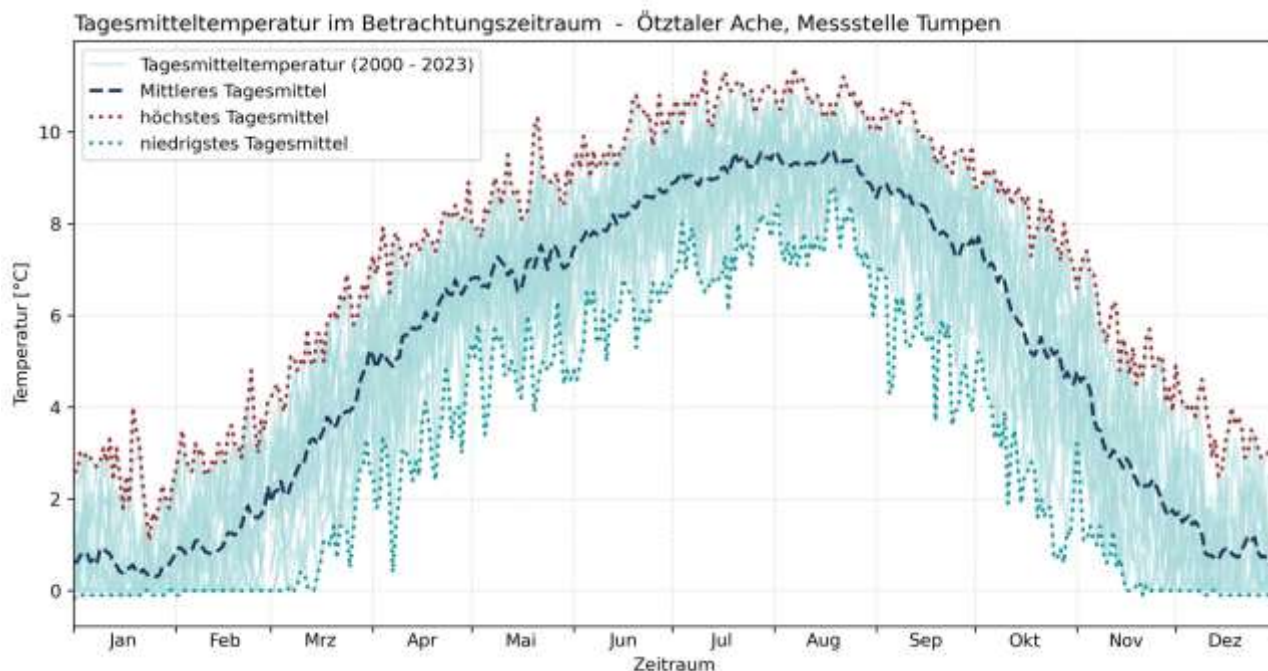


Abb. A 590: Tägliche Temperaturvariation der Öztaler Ache (Messstelle Tumpen) im Jahresverlauf.

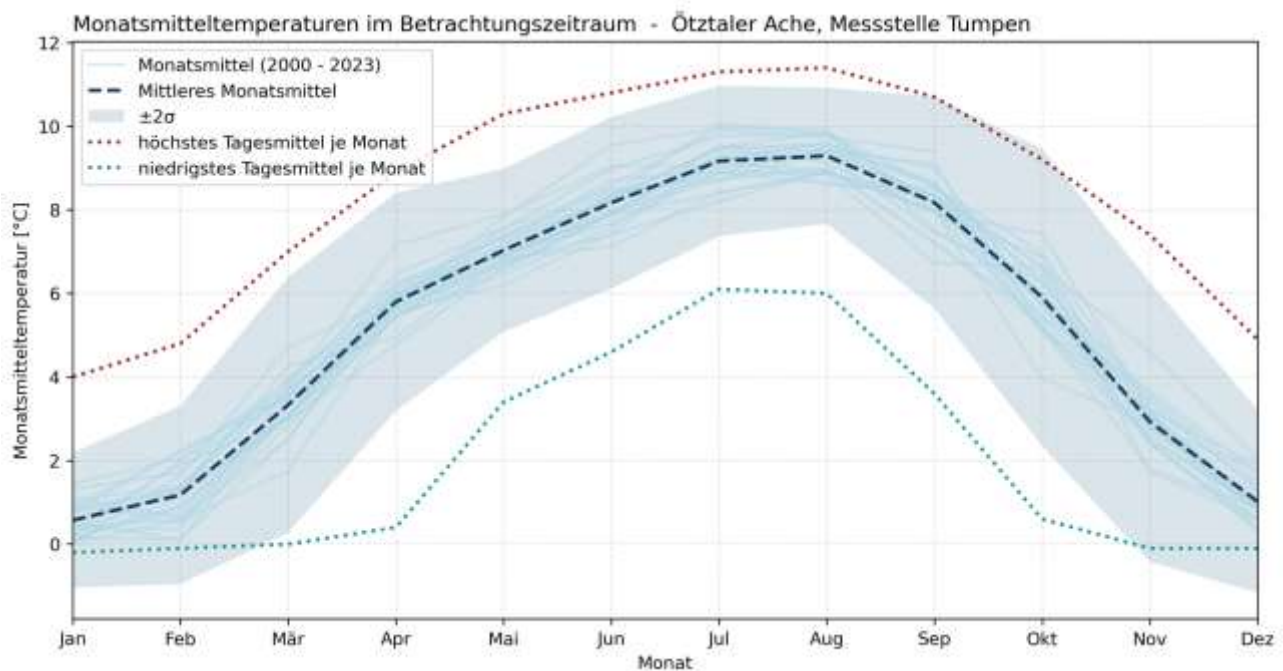


Abb. A 591: Monatsmitteltemperaturen für die Ötztaler Ache, Messstelle Tumpen. Darstellung der einzelnen Jahresverläufe als dünne blaue Linien, die zweifache Standardabweichung ist durch den blau schattierten Bereich repräsentiert. Maximale Abweichungen je Monat sind durch die gepunkteten Linien dargestellt.

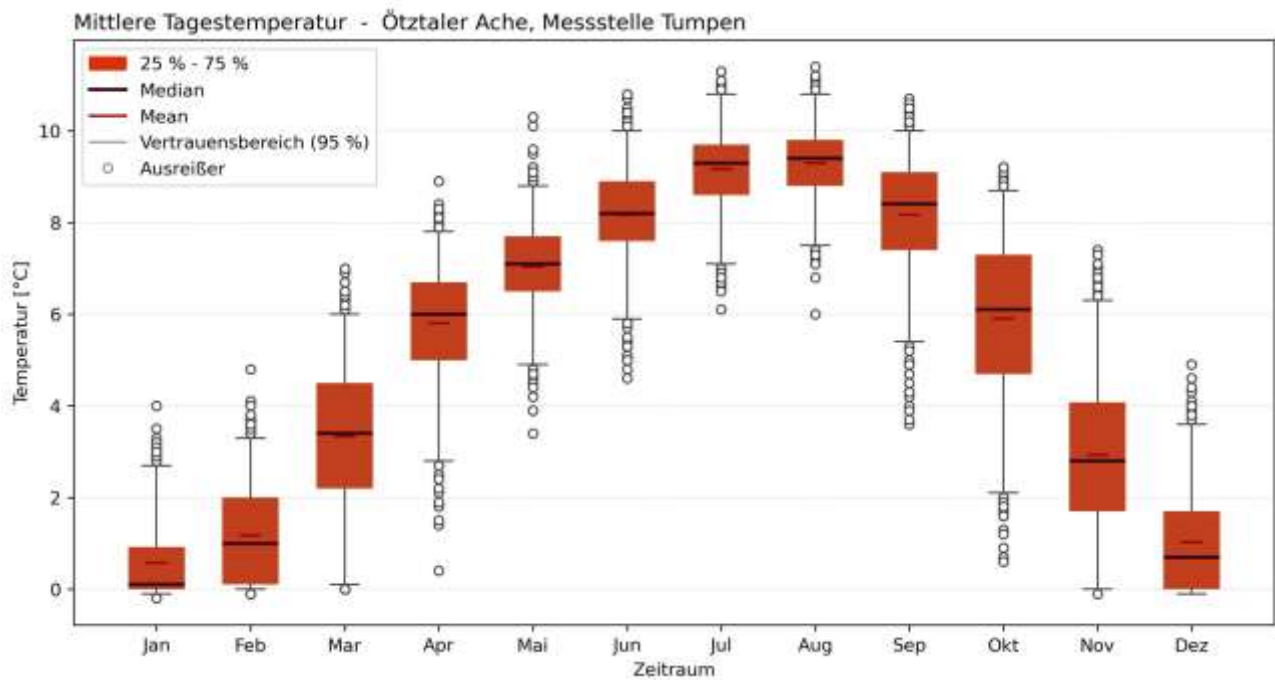


Abb. A 592: Mittlere Tagestemperatur des jeweiligen Monats als Box-Plot (25 bis 75 % Quantil), Vertrauensbereich als Q95 für die Ötztaler Ache (Messstelle, Tumpen).

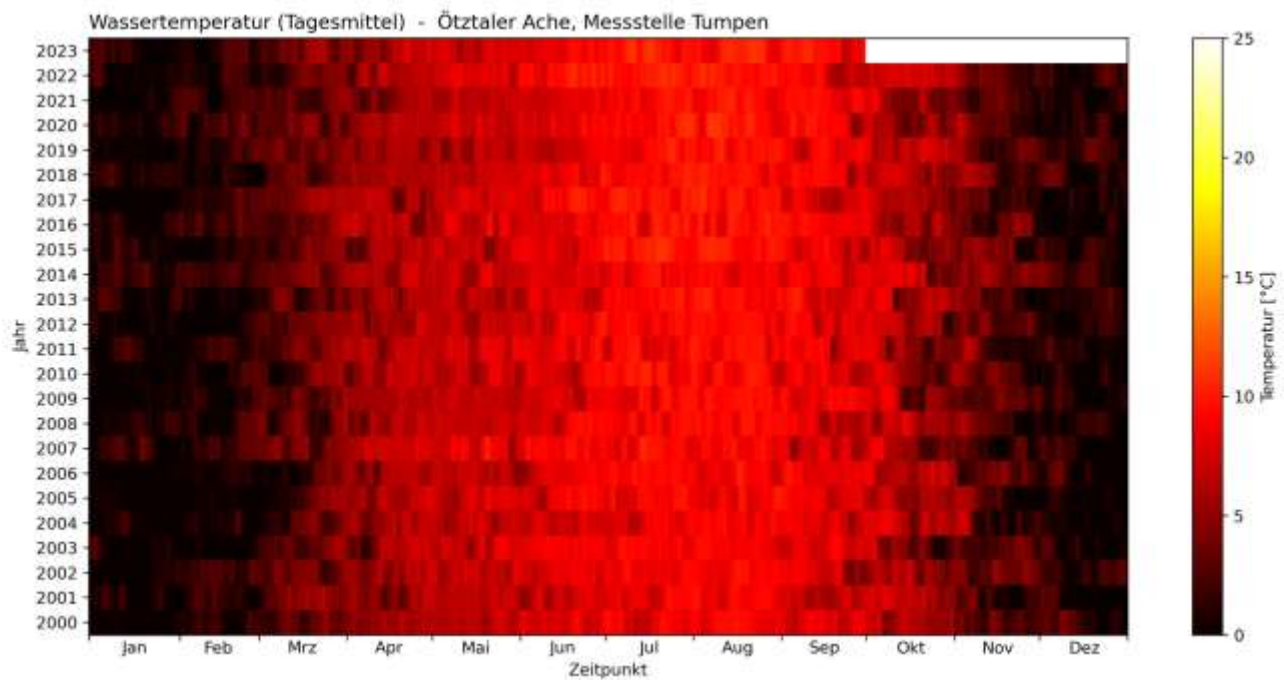


Abb. A 593: Rasterplot der Gewässertemperaturen mit Median und Mean (arithmetisch) mit Darstellung der jeweiligen Tagesmittelwerte für die Ötztaler Ache (Messstelle Tumpen). Weiße Stellen markieren Datenlücken.

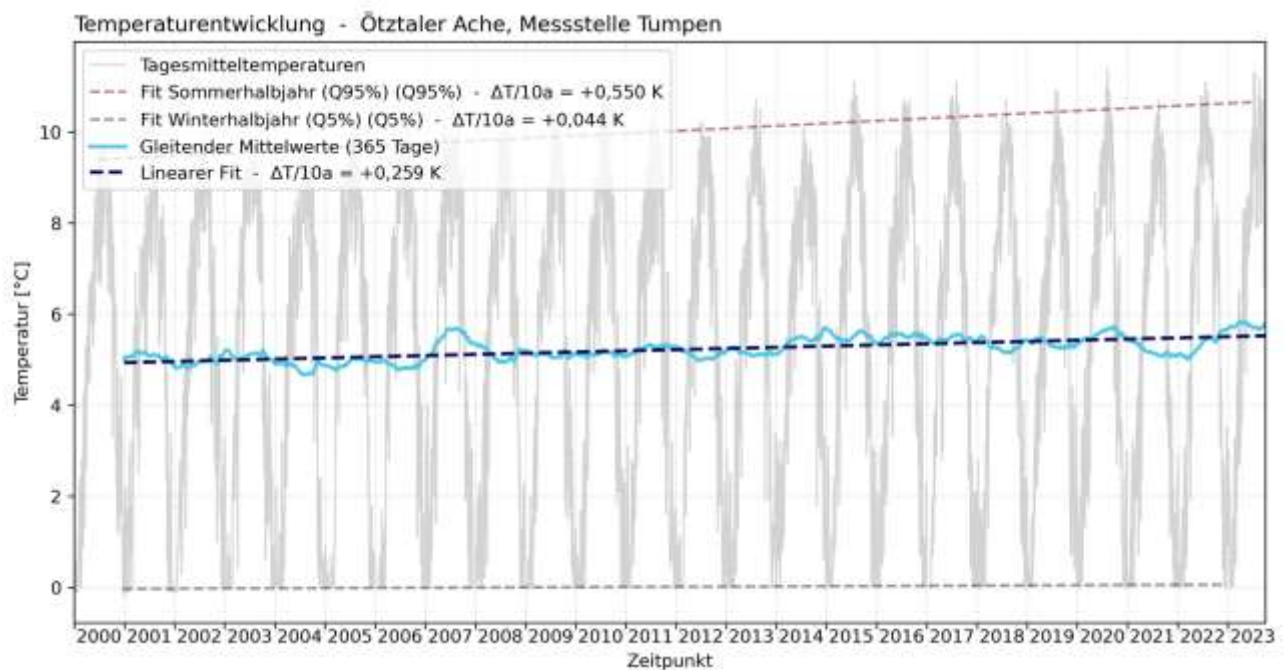


Abb. A 594: Temperaturentwicklung der Ötztaler Ache, Messstelle Tumpen, basierend auf den Monitoringdaten (Auswertung Tagesmittelwerte).

3. Wassertemperaturprofile Seen

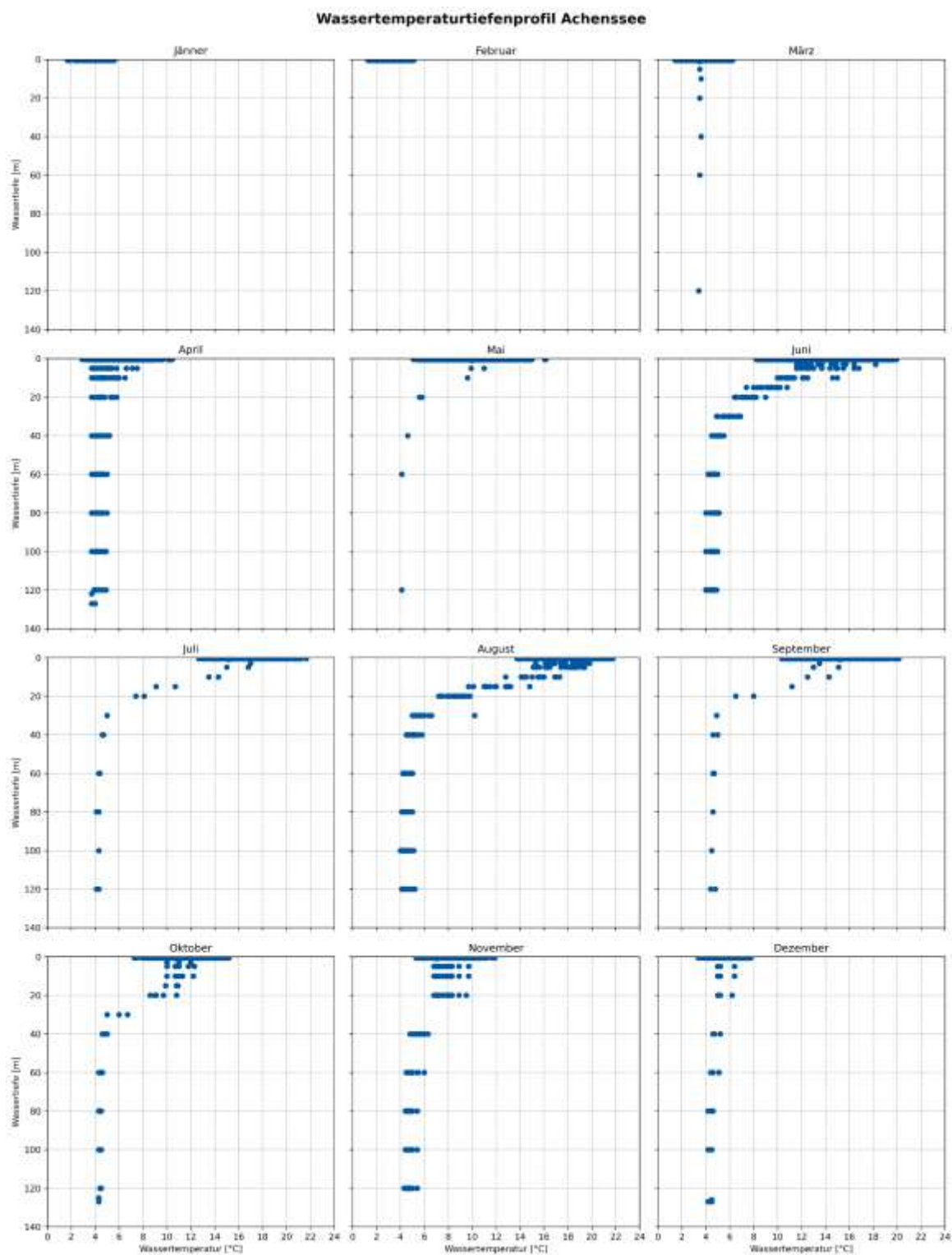


Abb. A 595: Temperaturtiefendaten für den Achensee, Datenquelle: GZÜV, TIWAG.

Wassertemperaturtiefenprofil Heiterwanger See

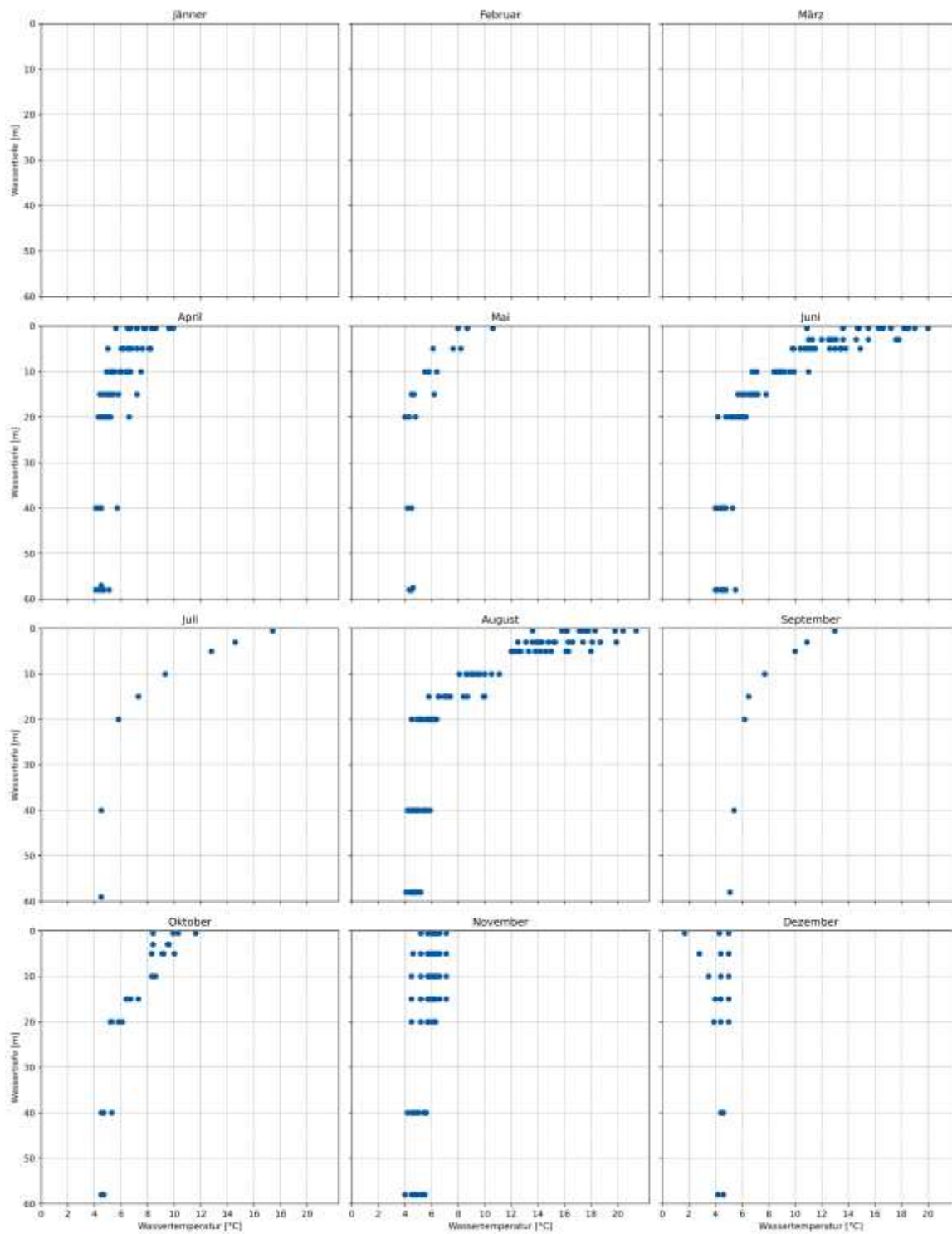


Abb. A 596: Temperaturtiefendaten für den Heiterwanger See, Datenquelle: GZÜV.

Wassertemperaturtiefenprofil Plansee

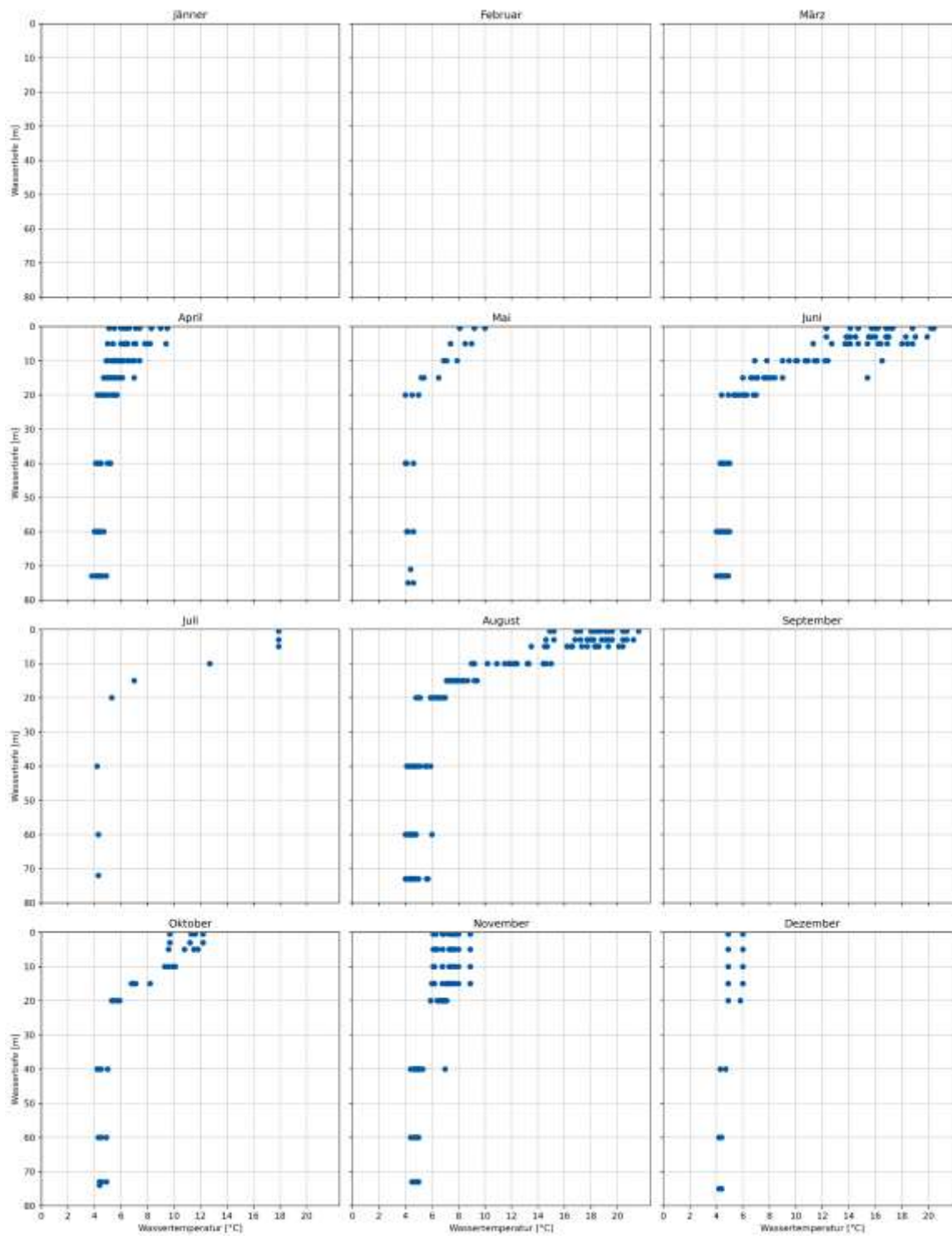


Abb. A 597: Temperaturtiefendaten für den Plansee, Datenquelle: GZÜV.

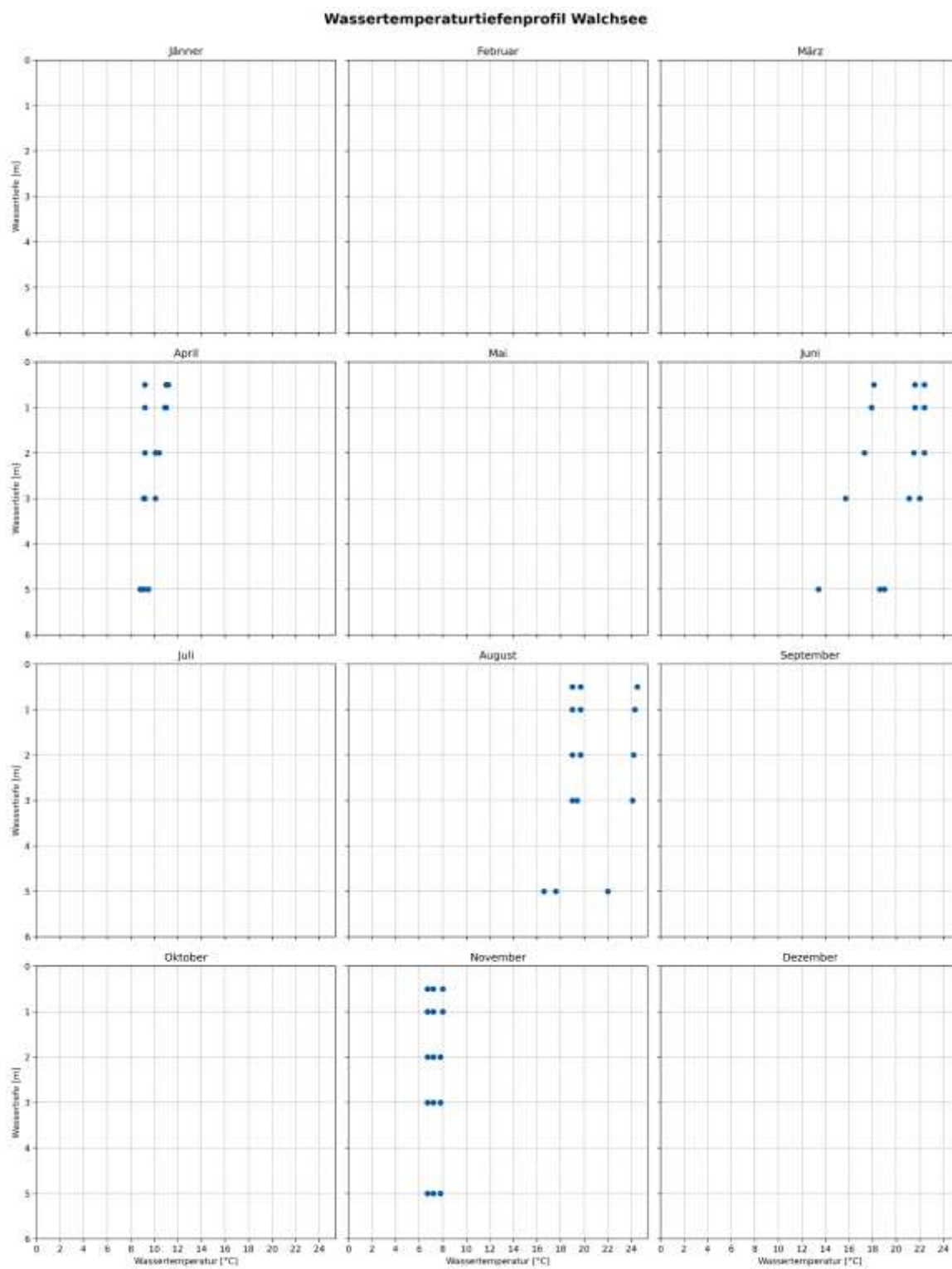


Abb. A 598: Temperaturtiefendaten für den Walchsee, Datenquelle: GZÜV.