

Tafel 7.7 Veränderungen der Temperaturen in Fließgewässern 1976–2005

Einleitung

Die Wassertemperatur spielt für die Zusammensetzung und Entwicklung aquatischer Lebensgemeinschaften eine entscheidende Rolle. Lebensfähigkeit und -aktivität der aquatischen Organismen hängen sowohl von optimalen Temperaturbereichen als auch von den auftretenden Temperaturextremwerten ab. So ist das Vorkommen mancher Arten auf Grund von Vorlieben und Toleranzen für spezifische Temperaturbereiche auf bestimmte Flussabschnitte beschränkt.

Die Temperatur des Quellwassers und der Zuflüsse, der Strahlungshaushalt (vgl. Tafel 4.2), der Niederschlag, die Verdunstung (vgl. Tafel 4.1), die Kondensation, der Wärmeaustausch mit dem Untergrund und der Luft sowie Gewässermorphologie und Wasserführung stellen entscheidende Faktoren für den Verlauf der Temperatur im Gewässer dar. Hauptsächlich bei alpinen Fließgewässern wird die Temperatur zusätzlich durch Schmelzwasser aus Schnee und Eis beeinflusst. Zudem tragen die Klimaänderung und Einleitungen von erwärmtem Wasser – wie beispielsweise Kühlwasser aus thermischen Kraftwerken oder Industriebetrieben sowie gereinigtes Abwasser – zu Veränderungen der Wassertemperatur bei [5]. Die Ausgangstemperatur eines Fließgewässers wird von der höhenabhängigen Grundwassertemperatur im Quellgebiet bestimmt.

Typische tägliche wie saisonale Schwankungen, die sich zum Teil überlagern, werden bereits in der Tafel 7.3 erläutert. Auf der vorliegenden Tafel werden verschiedene längerfristige Aspekte der Veränderungen der Wassertemperatur dargestellt. Unter anderem wird die zeitliche Entwicklung von Phasen mit hohen Wassertemperaturen und damit verbunden die Dauer der potentiellen Stresssituation für Flora und Fauna gezeigt. Dies erfolgt in der Karte 1:500 000 mit Hilfe der durchschnittlichen Anzahl Stunden pro Jahr, an denen eine bestimmte Wassertemperatur erreicht oder überschritten wird. Diese Anzahl wurde für insgesamt sechs Fünfjahresperioden zwischen 1976 und 2005 erhoben. Anhand statistischer Auswertungen der Tageswerte der zwei aufeinander folgenden Perioden 1976–1987 und 1988–2005 wird die Tendenz der Temperaturveränderung seit den 1970er Jahren dargestellt. Zusätzlich werden die gleichen statistischen Angaben für das Jahr 2005 gemacht, damit auch Daten neuerer Temperaturmessstationen eingeordnet werden können.

Auswirkungen hoher Temperaturen

Mit steigender Wassertemperatur vermindert sich die Löslichkeit von Gasen und damit verbunden auch die Aufnahmefähigkeit des Wassers für Sauerstoff. Gleichzeitig nimmt die Aktivität der Organismen jedoch zu, wodurch deren Sauerstoffbedarf steigt. Bei erhöhtem Sauerstoffbedarf und gleichzeitig verringertem Sauerstoffangebot treten aber bei den kälteliebenden Fischarten Stresssymptome auf. Falls kritische Temperaturen überschritten werden, können Fische dieser Arten nur überleben, wenn eine Fluchtmöglichkeit in kühlere Gewässerabschnitte besteht, also keine künstlichen und natürlichen Hindernisse vorhanden sind. Entscheidend ist vor allem die Dauer der temperaturbedingten Stresssituationen: Je länger sie anhalten, desto gefährdeter sind kälteliebende Fischarten. Die optimalen Temperaturbereiche sind je nach Art unterschiedlich gross. So können zum Beispiel bei Forellen, Felchen oder Äschen ab ca. 18 °C Stresssymptome auftreten und Temperaturen über 25 °C bereits tödlich sein. Karpfen, Barsche oder Hechte ertragen hohe Temperaturen besser. Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten in schweizerischen Fließgewässern wurden in [7] beschrieben.

Stark temperaturabhängig ist auch der Ausbruch von Krankheiten bei Fischen wie beispielsweise der proliferativen Nierenkrankheit (PKD). An Bachforellen konnte gezeigt werden, dass sich bei Temperaturen unter etwa 15 °C zwar eine pathologische Reaktion des Nierengewebes entwickeln kann, es aber zu keiner Mortalität kommt. Ein Ausbruch der Krankheit mit hoher Mortalitätsrate erfolgt hingegen dann, wenn Erreger vorhanden sind und gleichzeitig die Wassertemperaturen während zweier Wochen oder länger einen Tagesmittelwert von 15 °C überschreiten [3].

Messnetz, Daten und Auswertungen

Die Daten von 72 eidgenössischen hydrometrischen Stationen bilden die Grundlage der vorliegenden Darstellungen. Das Temperaturmessnetz des Bundes wurde vor allem in den Jahren 2002 bis 2004 stark erweitert, um auch einen Einblick in kleinere Einzugsgebiete und in alpine Regionen zu erhalten. Die Messstellen beschränken sich auf Fliessgewässer. Die Wassertemperaturen von Seen werden im eidgenössischen Messnetz zwar nicht erfasst, doch werden die wichtigsten Seezuflüsse und -ausflüsse beobachtet. Das Messnetz und das Messverfahren sind in den Tafeln 7.1² und 7.3 sowie ergänzend in [5] beschrieben.

Bei vier Stationen (Rhein–Diepoldsau, Rhein–Weil, Rhône–Chancy und Limmat–Baden) wurden die bestehenden aktuellen Messreihen mit Beobachtungen nahe gelegener, aufgehobener Stationen ergänzt. In der Regel konnte dies ohne Korrekturen durchgeführt werden. Für die Umrechnung auf die Datenreihe von Rhein–Diepoldsau wurden die von der Station Rhein–Schmitter übernommenen Werte jedoch leicht nach unten korrigiert [5]. Die Tagesmittel der Station Aare–Untersiggenthal wurden aus den Daten der Stationen Aare–Brugg, Reuss–Mellingen und Limmat–Baden berechnet. Deshalb sind für Untersiggenthal keine Stundenwerte vorhanden. Ausserdem wurden Tageswerte (ein standardisierter Messwert pro Tag) häufig bereits vor den kontinuierlichen Aufzeichnungen der Temperaturdaten erfasst, so dass die Messreihen zum Teil erweitert werden konnten [5].

Die Berechnungen der statistischen Masszahlen wurden mit den Tagesmittelwerten durchgeführt. Um den Variationsbereich der Temperaturen darzustellen, wurden nebst dem Median die 5 %- und die 95 %-Quantile berechnet.

Bei 33 Stationen ist eine Analyse der Tagesmittelwerte für die Perioden 1976–1987 und 1988–2005, bei sechs weiteren Stationen nur für die zweite Beobachtungsperiode 1988–2005 möglich. Bei 4 Stationen fehlen Messungen im Jahr 1976 (Rhein–Weil) beziehungsweise zusätzlich im Jahr 1977 (Glatt–Rheinsfelden, Kleine Emme–Littau und Ticino–Riazzino). Die Auswirkungen auf die Periodenauswertung sind allerdings marginal. 31 Stationen wurden erst in neuerer Zeit in Betrieb genommen und zeigen nur den Temperaturbereich im Vergleichsjahr 2005.

Die Anzahl Stunden mit Temperaturen in den verschiedenen Wertebereichen konnte für insgesamt 39 Stationen langfristig berechnet werden, wobei sich bei rund einem Viertel dieser Stationen alle Werte unter der Grenze von 15 °C befinden. Um die Häufigkeit hoher Wassertemperaturen zu erfassen, wurde die Anzahl Stunden ausgezählt, welche innerhalb von jeweils fünf Jahren eine Wassertemperatur von 15 °C überschritten haben. Als weitere Klassengrenzen wurden die Temperaturwerte 18 °C, 21 °C und 24 °C gewählt. Für diese Analysen kommen nur kontinuierlich beobachtete Messreihen in Frage.

Bei der Auswahl der in Figur 1 und 2 dargestellten Stationen wurde auf möglichst lange Messreihen, eine breite räumliche Abdeckung sowie eine unterschiedliche Ausprägung der Jahresverläufe (Temperaturregime) geachtet.

In Figur 3 und Tabelle 2 sind alle Stationen, die im Jahre 2003 in Betrieb waren, mit ihren maximalen Temperaturwerten dargestellt. Bei längeren Messreihen (? 10 Jahre) wird angegeben, ob im Sommer 2003 neue höchste Werte gemessen wurden. Bei kürzeren Messreihen wurde auf diese Angabe verzichtet.

Langjährige Tendenzen 1954–2005

Die Zeitreihen der Wassertemperaturen ausgewählter Stationen (Fig. 2) zeigen seit 1954 eine offensichtliche Zunahme der Jahresmittelwerte, wobei die Wassertemperaturen im Mittelland stärker anstiegen (zum Teil bis zu 2 °C) als in den alpinen Regionen. Kein deutlicher Anstieg ist vor allem bei den von Gletschern beeinflussten Einzugsgebieten zu beobachten wie beispielsweise bei der Lütschine (17.4 % Vergletscherung). Bemerkenswert ist, dass die Wassertemperatur einen markanten Temperaturanstieg speziell zwischen 1987 und 1988 aufweist [4,5]. Auf Grund dieser Tatsache wurden für viele Darstellungen die beiden Perioden 1976–1987 und 1988–2005 einander gegenüber gestellt.

Die Langzeitentwicklung der Temperaturen zeigt, dass sich Flora und Fauna der Gewässer zwangsläufig an wärmere Bedingungen anpassen müssen. Arten, die in Mittel- oder Unterläufen beheimatet sind, werden sich flussaufwärts in Regionen verschieben, die ihnen früher noch zu kühl waren [1]. So hat sich beispielsweise die Forellenregion bereits um 100–200 m in höhere Lagen verschoben [4].

Veränderungen im Jahresverlauf

In der aktuelleren Periode 1988–2005 ist im Frühling ein rascherer Temperaturanstieg zu beobachten als dies in früheren Jahren der Fall war; auch lässt sich anhand des Wassertemperaturregimes eine Verlängerung der sommerlichen Wärmeperiode feststellen (Fig. 1) [4,6]. Bei voralpinen Gewässern ergibt sich aufgrund der Beeinflussung durch Schmelzwasser eine Abflachung des Temperaturverlaufs.

Die Erhöhungen der Winter- und Frühlingstemperaturen in grösseren Gewässern verlängert die Wachstumsphase der Fauna und Flora allgemein. Im Sommer werden dann aber diejenigen Lebewesen bevorteilt, die wärmeres Wasser vorziehen [1].

Hitzesommer 2003

Der Sommer 2003 wies teils massiv erhöhte Wassertemperaturen auf (Fig. 3). Es wurden während längerer Zeit Werte erreicht, die für kälteliebende Fischarten lebensbedrohend sind [2]. Primär betroffen waren die Fischgewässer im Jura und im Mittelland. Auch in voralpinen Gewässern mit einem Vergletscherungsanteil von weniger als 10 % wurden im Sommer 2003 neue Höchstwerte gemessen, während die Lage in den von der Schnee- und Gletscherschmelze beeinflussten alpinen Fliessgewässern unproblematisch war.

Im Sommer 2006 wiesen die Fliessgewässer erneut sehr hohe Temperaturen auf. Neue Maxima wurden vor allem an alpennahen Stationen gemessen. Gegenüber dem Sommer 2003 war im Jahr 2006 bereits der Monat Juli sehr heiss, wogegen dann die Temperaturen im August sehr rasch wieder auf ein tiefes Niveau sanken. Dies entspricht auch der Wetterabfolge mit einem extrem heissen Juli und einem ungewöhnlich kühlen August 2006. Bei einem Klimawandel mit stetig höheren Temperaturen werden denn auch bisher extreme Sommertemperaturen häufiger auftreten [1].

Temperaturen über 15 °C

Zwischen 1976 und 2005 lässt sich in allen Höhenlagen der Messstationen eine Zunahme der Stunden mit höheren Temperaturen feststellen, was auch eine Erhöhung der Jahresmittelwerte zur Folge hat. In den voralpinen Gewässern nehmen hauptsächlich die Stunden mit Temperaturen zwischen 15 °C und 18 °C zu, was für die Fliessgewässer dieser Regionen bereits als hohe Temperatur bezeichnet werden muss. In den grösseren Gewässern im Mittelland nimmt die Anzahl Stunden im erwähnten Temperaturbereich eher ab, während die Anzahl Stunden über 18 °C meist ansteigt. Der Zwischenbereich 15–18 °C wird bei diesen Messstellen in Frühling und Herbst schneller durchlaufen, dagegen verharren die Temperaturen im Sommer länger im hohen Temperaturbereich (Fig. 1 und [6]). Stunden mit Temperaturen über 24 °C werden hauptsächlich in den Flüssen im Mittelland, speziell unterhalb von Seen festgestellt. Bei lang anhaltenden warmen Wetterlagen erwärmt sich das Oberflächenwasser im See sehr stark – aus dieser warmen Seewasserschicht stammt dann das Wasser im Fluss.

Literatur

- [1] **Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (Hrsg.) (2007):** Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.
- [2] **BUWAL, BWG, MeteoSchweiz (2004):** Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftreihe Umwelt Nr. 369, Bern.
- [3] **Gerster, S. (2006):** PKD – Die Proliferative Nierenkrankheit. Faltblatt, Fischereiberatung (FIBER) EAWAG, Kastanienbaum.
- [4] **Hari, R.E. et al. (2006):** Consequences of climatic change for water temperature and Brown trout populations in Alpine rivers and streams. In: Global Change Biology 12:10–26, Oxford.
- [5] **Jakob, A. et al. (1996):** Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo Vadis? In: Gas-Wasser-Abwasser 4/96:288–294, Zürich.
- [6] **Jakob, A. et al. (2002):** 30 Jahre NADUF – Eine Zwischenbilanz. In: Gas-Wasser-Abwasser 3/2002:203–208, Zürich.
- [7] **Küttel, S. et al. (2002):** Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten schweizerischer Fliessgewässer. Rhône-Thur Publikation Nr. 1, EAWAG, Kastanienbaum.