

Praxistest der Empfehlungen des LAWA-Projekts LFP O 10.20 zur Anwendung von Wassertemperatur-Orientierungswerten zum Schutz von Fischgemeinschaften

Martin Halle, Andreas Müller, Stefan Staas, Thomas Wanke

Zusammenfassung

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) legt typspezifische Orientierungswerte für Maximaltemperaturen und zulässige Temperaturerhöhungen in Fließgewässern fest. Das LAWA-Projekt O 10.20 hat hierzu fachliche Optimierungsvorschläge erarbeitet. In dem hier vorgestellten LAWA-Projekt O 4.23 wurden diese Empfehlungen in einem Praxistest anhand umfassender Temperaturdaten aus den Ländern überprüft.

Die Ergebnisse zeigen:

- Stichprobenmessungen unterschätzen systematisch die Tages- und damit auch die Sommer- und Winter-Maximaltemperaturen; differenzierte Korrekturfaktoren führen zu deutlich realistischeren Bewertungen.
- Eine Absenkung des zulässigen ΔT -Wertes im Winter (Potamal) kann in Einzelfällen spürbare Konsequenzen für Einleiter haben.
- Der Verzicht auf $T_{\max}$ -Vorgaben in Übergangsmonaten ist fachlich vertretbar.
- Eine kumulative Betrachtung mehrerer Einleitungen ist notwendig, um übermäßige Erwärmung zu vermeiden.
- Für Kaltwassereinleitungen aus Wärmepumpen werden neue spezifische Regelungen empfohlen.

Einleitung

Die Wassertemperatur ist ein Schlüsselfaktor für die ökologische Funktionsfähigkeit von Fließgewässern. Die OGewV (2016) legt für den guten ökologischen Zustand Orientierungswerte für absolute Maximaltemperaturen ($T_{\max}$) sowie für zulässige Temperaturerhöhungen (ΔT) fest.

Das LAWA-Projekt O 10.20 überprüfte diese Vorgaben auf Basis aktueller Literatur zu Temperaturempfindlichkeiten von Fischarten sowie Monitoringdaten. Es resultierten Empfehlungen zu Temperaturvorgaben, Beurteilungszeiträumen, Messmethodik (Stichproben versus kontinuierliche Messungen) und Regelungen für Wärme- und Kaltwassereinleitungen (van Treeck & Wolter, 2021).

Im Praxistest (LAWA-Projekt O 4.23) wurde untersucht, inwieweit diese Vorschläge im Behördenhandeln anwendbar und praktikabel sind (Halle et al., 2025). In diesem Beitrag werden die wichtigsten Erkenntnisse für Wasserwirtschaftsverwaltungen, Ingenieurbüros und gewässerökologische Gutachter zusammengefasst.

Datengrundlagen und Vorgehen

Für den Praxistest stellten die Länder umfangreiche kontinuierliche Temperatur-Messreihen (Stundenmittel) und Stichprobenmessungen bereit. Die Wassertemperaturdaten wurden bereinigt, vereinheitlicht und statistisch ausgewertet. Ziel war nicht die Entwicklung neuer Modelle, sondern die Prüfung, ob die im Projekt O 10.20 empfohlenen Anpassungen in der Praxis zu belastbaren, konsistenten und handhabbaren Ergebnissen führen.

Im Mittelpunkt standen fünf Fragestellungen:

1. Können Korrekturfaktoren für stichprobenhafte Messungen abgeleitet werden, die zu einer adäquaten Annäherung an die jeweiligen Temperaturmaxima führen?
2. Führen die vorgeschlagenen, niedrigeren ΔT -Grenzwerte im Winter im Potamal zu relevanten Konsequenzen für bestehende Einleitungen?
3. Ist der vorgeschlagene Verzicht auf $T_{\max}$ -Vorgaben in Übergangsmonaten fachlich tragfähig?
4. Ist die vorgeschlagene Bewertung kumulativer T-Einleitungen an einer Referenzmessstelle praktisch umsetzbar?
5. Welche Erkenntnisse ergeben sich für Kaltwassereinleitungen und diffuse Temperaturveränderungen?

Die Methodendetails (Clusteranalysen, Regressionsmodelle, Perzentilauswertungen) wurden für den Zweck dieses Kurzbeitrags auf ihre Kernaussagen reduziert, sind aber im öffentlichen Projektbericht vollständig dokumentiert (Halle et al. 2025).

Ergebnisse

Korrekturfaktoren für Stichprobenmessungen

Die Maximaltemperatur eines Tages wird in der Regel am späten Nachmittag erreicht. Monatliche Stichprobenmessungen, wie sie im Rahmen des WRRL-Monitorings die Regel sind, finden jedoch überwiegend zu früheren Tageszeiten und nicht zwingend am Tag des jeweiligen Monatsmaximums statt und unterschätzen damit systematisch die tatsächlichen Wassertemperaturmaxima. Die Auswertungen der kontinuierlichen Messdaten bestätigten dies: Je früher am Tag die Messung, desto größer die Abweichung vom Tagesmaximum. Um Korrekturfaktoren für Stichprobenmessungen abzuleiten, wurden für die langjährigen Jahrestemperaturverläufe sinusoidale Regressionsmodelle erstellt:

$$y = a \times \sin \frac{2\pi}{\omega} x + b \times \cos \frac{2\pi}{\omega} x + c$$

Dabei ist ω die Frequenz (12 für monatliche Stichprobenmessungen, 365 für Tagesmittelwerte stündlicher Messungen), a , b und c sind die optimierten Koeffizienten des Regressionsmodells. Anhand dieser Koeffizienten kann jede Messstelle eindeutig charakterisiert werden.

Gruppierungen von Messstellen (bzw. der Koeffizienten) nach Naturräumen, Fischgemeinschaften oder durch Clusterverfahren (k-means) unterschieden sich selbst bei Berücksichtigung des jeweiligen Beschattungsgrades im Umfeld der Messstellen nicht signifikant, was durch statistische Tests gezeigt werden konnte. Grund hierfür ist, dass sich bereits die Temperaturverläufe einer Messstelle zwischen zwei Jahren sehr stark unterscheiden. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen jeweils die Tagesmittelwerte und die Regressionskurven derselben Messstelle in zwei aufeinanderfolgenden Jahren

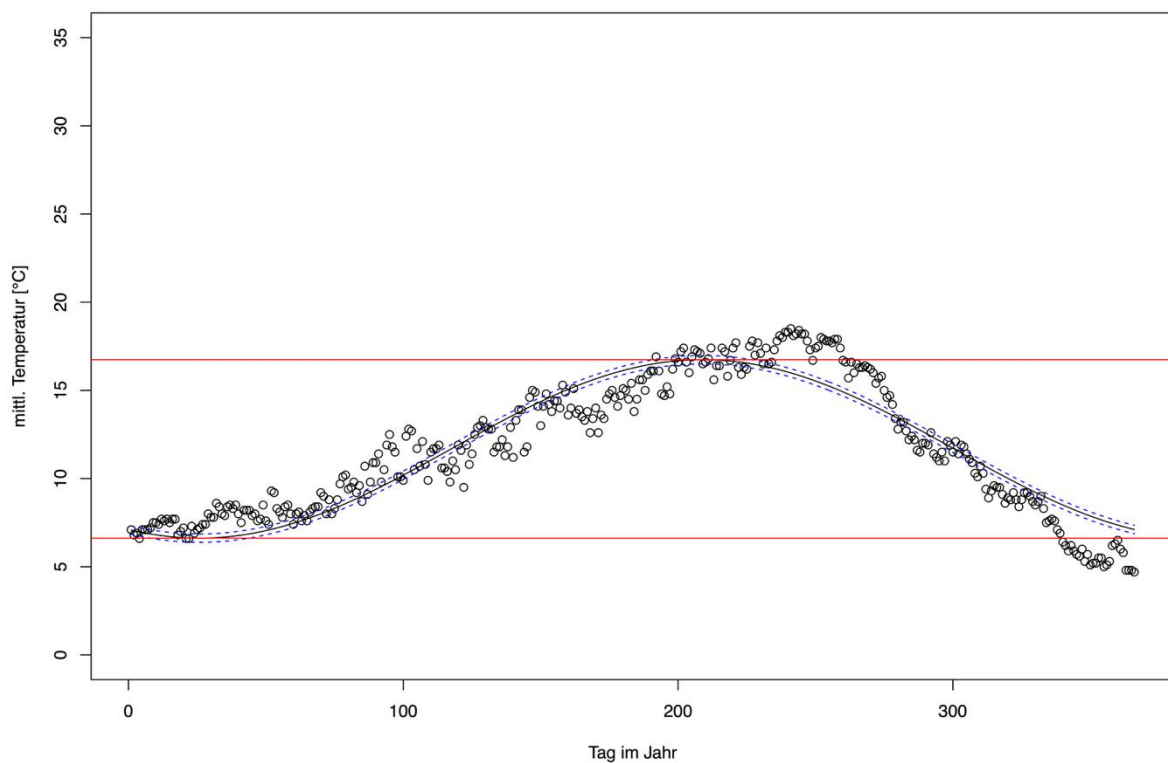


Abbildung 1: Temperaturjahresgang einer Messstelle im Jahr 2016

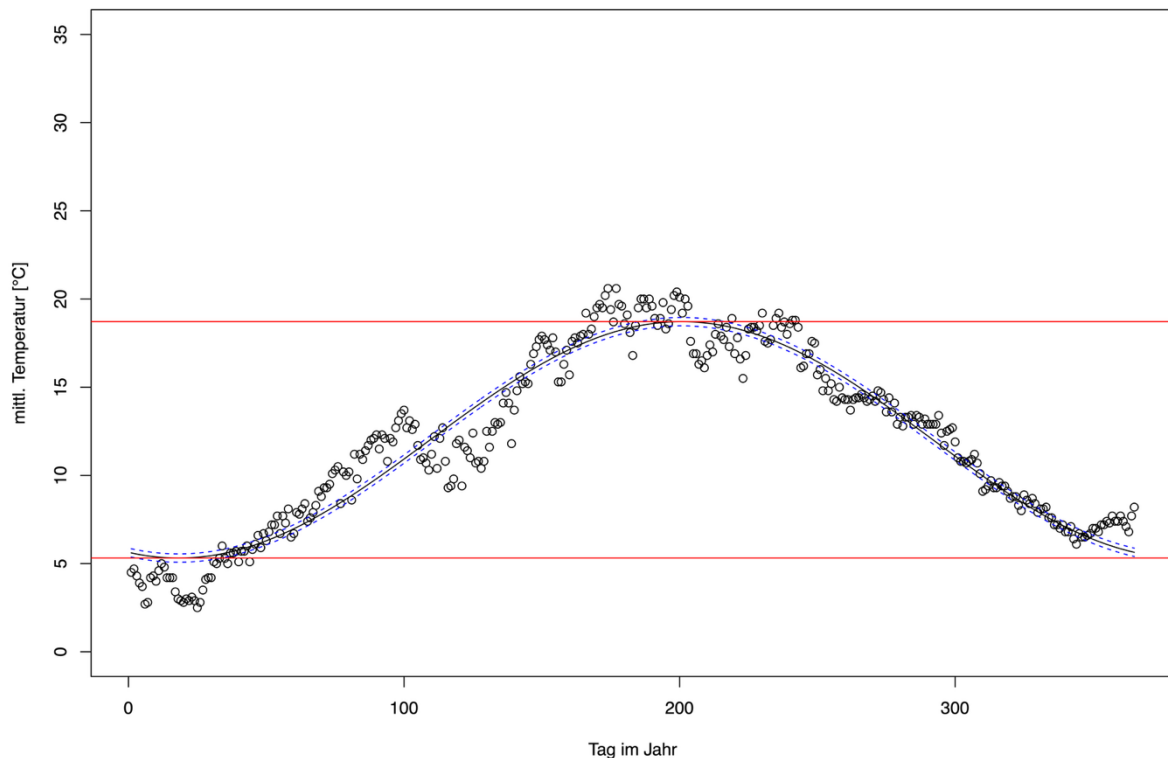


Abbildung 2: Temperaturjahresgang einer Messstelle im Jahr 2017

Stattdessen wurde ein praxisorientierter Ansatz gewählt, der auf der Ermittlung der mittleren stundenbezogenen Abweichungen zum jeweiligen Maximum basiert. Dazu wurden für jede Stunde folgende Kenngrößen ermittelt:

- **5-Perzentil der prozentualen Anteile am Tagesmaximum („5-Perz. Anteil T-Max [%]“)**
gibt an, wie groß der prozentuale Anteil am Tagesmaximum ist, der von höchstens 5 % aller Fälle unterschritten wird
- **Median der prozentualen Anteile am Tagesmaximum („50-Perz. Anteil T-Max [%]“)**
gibt an, wie groß der prozentuale Anteil am Tagesmaximum ist, der von der Hälfte aller Fälle unterschritten wird
- **Median der absoluten Differenz zum Tagesmaximum („50-Perz. abs. [K]“)** gibt an, um wieviel Kelvin die Hälfte aller Fälle mindestens unter dem Tagesmaximum liegen
- **95-Perzentil der absoluten Differenz zum Tagesmaximum („95-Perz. abs. [K]“)** gibt an, um wieviel Kelvin 95 % aller Fälle höchstens unter dem Tagesmaximum liegen

Tabelle 1 zeigt sehr anschaulich: am Morgen stärkste Unterschätzung, ab frühen Nachmittag geringe Abweichung vom tatsächlichen Tagesmaximum:

- Morgens (7–9 Uhr): Median ~1,1 K unter $T_{\max}$; 95-Perzentil ~ 4 K unter $T_{\max}$.
- Mittags (12–14 Uhr): Median 0,4–0,7 K unter $T_{\max}$.
- Ab 15 Uhr: 95 % der Werte < 1 K unter $T_{\max}$.

Tabelle 1: Mittlere relative und absolute stundenabhängige Abweichung von gemessener zur Tagesmaximaltemperatur

Stunde	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5-Perz. Anteil T-Max [%]	60	60	61	64	69	74	80	84	86	87	87
50-Perz. Anteil T-Max [%]	89	88	89	90	91	93	95	96	98	98	99
50-Perz. abs. [K]	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1
95-Perz. abs. [K]	4,2	4,1	3,8	3,4	2,8	2,3	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0

Diese Analysen wurden auf verschiedenen Differenzierungsebenen durchgeführt: undifferenziert, nach Jahreszeiten getrennt, nach Fischgemeinschaften getrennt.

Mit diesem methodischen Ansatz wurden für folgende Zielgrößen Korrekturfaktoren ermittelt:

- Tagesmaximaltemperatur
- Monatsmaximaltemperatur
- Sommermaximaltemperatur
- Wintermaximaltemperatur

Zur Korrektur der gemessenen Stichprobenwerte wurde die folgende Formel verwendet:

$$T_{korr} = \frac{T}{\left(korr + \frac{100 - korr}{2}\right)} \times 100$$

Dabei ist T der Stichprobenmesswert, T_{korr} der korrigierte Wert und korr der Korrekturfaktor.

Als Korrekturfaktoren wurden jeweils die Medianwerte der prozentualen Abweichungen verwendet (z.B. zweite Zeile in Tabelle 1), die je nach Zielgröße anhand unterschiedlicher fachlicher Differenzierung (nach Tageszeit, nach Jahreszeiten, nach Monaten, nach Fischgemeinschaften sowie Kombinationen der Kriterien).

Anschließend wurde geprüft, bei welchem Differenzierungsniveau die jeweils beste Annäherung an das tatsächliche Maximum erzielt wurde. Dies sind

- für die Tagesmaximaltemperatur: Differenzierung nach Tageszeiten,
- für Monatsmaximaltemperaturen: Differenzierung nach Tageszeiten und Fischgemeinschaften,
- für Sommer- und Wintermaximaltemperatur: Differenzierung nach Tageszeiten, Monaten und Fischgemeinschaften .

Diese Korrekturfaktoren verbessern die Annäherung an die Tages-, Monats- und saisonalen Maximaltemperaturen im Mittel um 30–50 %. Dabei tritt eine gewisse Überkorrektur auf, diese ist aber betragsmäßig deutlich geringer als die systematische Unterschätzung durch unkorrigierte Stichprobenwerte. Für eine sichere Bewertung von $T_{\max}$ -Orientierungswerten bleibt die kontinuierliche Messung der Goldstandard. In Wasserkörpern mit Temperaturrisiko sollten daher kontinuierliche Messungen durchgeführt werden. Wo das nicht möglich ist, sollten die abgeleiteten Korrekturfaktoren genutzt werden.

Auswirkungen einer niedrigeren ΔT -Vorgabe im Winter (Potamal)

Für die Wintermonate Dezember–März wurde im Projekt O 10.20 vorgeschlagen, den zulässigen ΔT -Wert im Potamal von bisher 3 K auf 2 K zu senken. Trotz umfangreicher Datenrecherchen konnte eine Überprüfung nur für einen realen Fall vorgenommen werden (Kläranlage, Epipotamal). Hier lagen 27 Wintermessungen seit 2014 vor. Bei zwei Terminen lag ΔT über 2 K. Für diese Tage ergaben Mischungsrechnungen eine notwendige Drosselung des Abwassereintrags um 7,5 bis 20 %, um die vorgeschlagenen Werte einzuhalten.

Auch wenn die Datenbasis begrenzt war, zeigt dieser Fall, dass die Absenkung des ΔT -Grenzwertes insbesondere in Phasen geringer Abflüsse und damit einem relativ hohen Einleitungsanteil erhöhte Anforderungen an Einleiter stellen kann.

Verzicht auf $T_{\max}$ -Vorgaben in Übergangsmonaten

Eine weitere Empfehlung des LFP-Vorhabens O 10.20 ist, $T_{\max}$ -Werte künftig nur noch in den „Kernzeiten“ Juni–September (Sommer) und Dezember–März (Winter) vorzugeben. In den Übergangsmonaten April/Mai und Oktober/November sind ausschließlich ΔT -Vorgaben vorgesehen.

Die Analyse von 124.727 Stichprobenmessungen aus dem ACP-Monitoring der Länder zeigte, dass in 845 Fällen (0,9 %) im Zeitraum April bis November die Sommer- $T_{\max}$ -Orientierungswerte überschritten wurden. Wohingegen Überschreitungen der Winter- $T_{\max}$ -Orientierungswerte im Zeitraum Dezember bis März mit 3 % mehr als dreimal so häufig vorkamen. Nur in 37 Fällen waren im Zeitraum April/Mai oder Oktober/November Verletzungen der $T_{\max}$ -Orientierungswerte zu verzeichnen. Von diesen 37 Messungen wurden in 26 Fällen an den betroffenen Messstellen im jeweils gleichen Jahr auch außerhalb der Übergangsmonate Verletzungen der $T_{\max}$ -Orientierungswerte verzeichnet. Schließt man diese Fälle aus, so verbleiben lediglich 11 Fälle (1,4%), bei denen $T_{\max}$ -Überschreitungen ausschließlich in den Übergangsmonaten zu verzeichnen sind.

Durch die vorgeschlagene Änderung ergibt sich also keine „Regelungslücke“. Die Konzentration auf ΔT in den Übergangsmonaten ist ökologisch und administrativ sinnvoll.

Prüfung der kumulativen ΔT -Regelung mit Referenzmessstelle

Die bisherige Praxis betrachtet ΔT getrennt pro Einleitung. Mehrere Wärmeeinleitungen hintereinander können jedoch insgesamt zu einer starken Erwärmung führen. Um die schädliche Wirkung starker anthropogener Erwärmung eines Gewässers, wie sie durch kumulative Erwärmung bei dicht aufeinanderfolgenden thermischen Einleitungen (um jeweils ΔT) derzeit möglich ist, zu begrenzen, wurde daher im LAWA-Projekt O 10.20 vorgeschlagen, sich bei mehreren aufeinanderfolgenden Einleitungen in Zukunft auf eine durch thermische Einleitungen möglichst unbeeinflusste Referenzmessstelle zu beziehen und zusammen maximal eine Erwärmung um ΔT zuzulassen. Da innerhalb des Projektrahmens keine hinreichenden Beispielfälle im Sinne von realen Testfällen mit den dafür erforderlichen Datengrundlagen ermittelt werden konnten, um daraus konkrete Konsequenzen des Neuregelungsvorschlags für dessen praktische Umsetzbarkeit und für die verfolgte Zielsetzung ableiten und prüfen zu können, wurde entschieden, alternativ dazu, die eingangs formulierten Projektfragen mittels eines konstruierten Beispielfalls zu diskutieren.

Dazu wurde ein serielles Mischungsrechnungsmodell angelegt (s. Abbildung 3; Annahmen und Details in LAWA 2025). Daraus ließen sich die folgenden Erkenntnisse gewinnen:

- Nur die kumulative ΔT -Regelung verhindert eine ökologisch problematische Erwärmung durch mehrere Einleiter.
- ΔT -Überschreitungen treten vor allem bei niedrigen Ausgangswassertemperaturen auf ($< \sim 16^\circ \text{C}$).
- Serielle Mischungsrechnungen sind ein geeignetes Werkzeug für Genehmigungsbehörden zur Festlegung emissionsseitiger Grenzwerte.

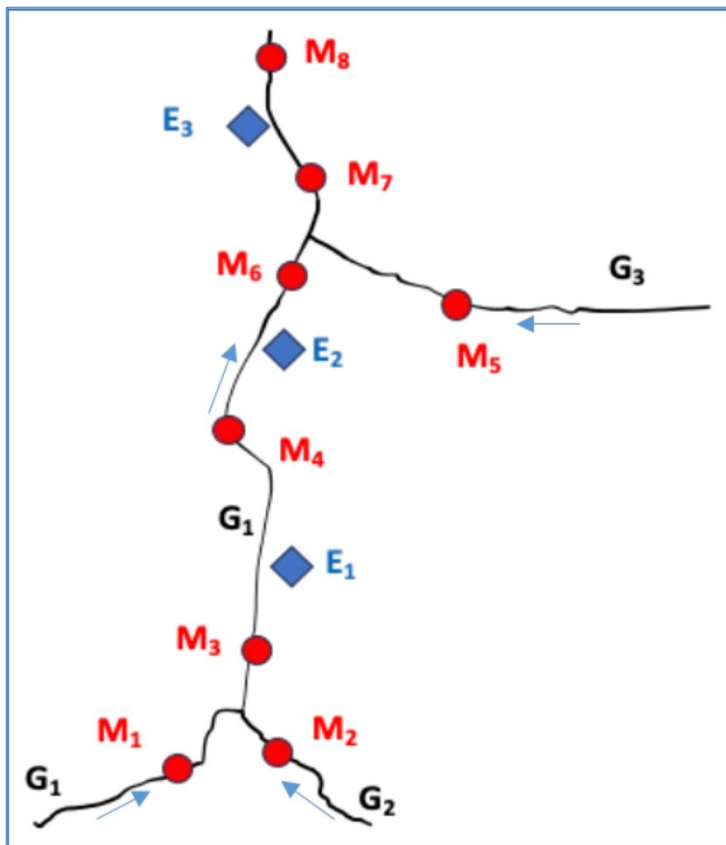


Abbildung 3: Nicht maßstäbliches Funktionsschema eines konstruierten Beispielfalls zum Test der Konsequenzen verschiedener Prinzip-Szenarien für ΔT mittels serieller Mischungsrechnungen; Gewässer (schwarz): G1 bis G3; Messstellen (rot): M1 bis M8; Einleitstellen (blau): E1 bis E3

Kaltwassereinleitungen aus Wärmepumpen

Die thermische Nutzung von Gewässern für den Betrieb von Wasserwärmepumpen gewinnt zunehmend an Bedeutung und damit auch die Frage nach den gewässerökologischen Auswirkungen der resultierenden Kaltwassereinleitungen. Im Rahmen des vorliegenden Projektes sollten daher Fallbeispiele zur Regelung von Kaltwassereinleitungen aus Wärmepumpen ausgewertet werden. Trotz intensiver Recherche bereits realisierter Anlagen konnten hierzu keine Regelungsvorschriften oder Überwachungs- und Monitoringdaten zur Verfügung gestellt werden. Die Thematik der thermischen Nutzung wurde jedoch in einem Parallelprojekt (LAWA – LFP 2023, Projekt O 5.23) bearbeitet, wobei mit Bezug zu diesem Praxistest folgende Punkte hervorzuheben sind (Riedmüller, U. & Leßmann, D, 2025):

- Fische reagieren auf Temperaturabsenkungen oft empfindlicher als auf Erwärmungen.
- Diskontinuierliche Betriebsweisen (Ein/Aus) erfordern strengere Vorgaben, insbesondere zu zulässigen Temperaturänderungsraten (0,5–1 K/h).

- Kälteinseln können lokal kritisch sein → Größe von Durchmischungszonen begrenzen (max. $\frac{1}{3}$ Breite, $2\times$ Gewässerbreite Länge).
- Im Sinne des Vorsorgeprinzips wird eine maximal tolerable Temperaturspreizung von 5 K zwischen Entnahme und Einleitung sowie zulässige Maximalspannen für die Temperaturabsenkung des Gewässers empfohlen.

Derzeit herrscht ein eklatanter Mangel an Monitoringdaten zu Kaltwassereinleitungen aus Wärmepumpen. Diese Daten werden jedoch dringend benötigt um die ökologischen Auswirkungen dieser Anlagen und deren Betriebsweisen zu erforschen und Regulationsmechanismen ableiten zu können. Es wird daher dringend angeraten die im zitierten Projekt vorgeschlagenen, vorsorglichen Regelungen und Grenzwerte in Genehmigungsverfahren anzuwenden und in den Nebenbestimmungen ein entsprechendes Monitoring zu verankern.

Ursachen und Gegenmaßnahmen diffuser Temperaturveränderungen in Fließgewässern

In den letzten Jahren hat es vor dem Hintergrund der zunehmenden Beschleunigung des anthropogenen Klimawandels auch eine Zunahme wissenschaftlicher Publikationen zur Erfassung und Quantifizierung der verschiedenen anthropogenen und natürlichen Einflussfaktoren auf die Wassertemperaturverhältnisse in Fließgewässern gegeben. Auf Grundlage einer Schlagwortrecherche der aktuellen internationalen Fachliteratur wurden Zusammenhänge zwischen thermischen Belastungsursachen und den daraus resultierenden Wassertemperaturveränderungen in Fließgewässern sowie mögliche Gegenmaßnahmen herausgearbeitet. Nach Sichtung aller Fundstellen wurden 93 Publikationen in die Auswertung einbezogen.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Recherche stark zusammengefasst dargestellt. Für Details und genaue Literaturangaben sei auf die Originalstudie (Halle et al., 2025) verwiesen.

Die wichtigsten menschengemachten Einflussfaktoren auf die Gewässertemperatur sind:

- Klimaerwärmung
- Verlust der Uferbeschattung
- reduzierte Wasserführung und Grundwasserabsenkung
- Urbanisierung (Versiegelung, Wärmeinseln)
- thermische Nutzung
- Stauhaltungen

Als wirksamste Gegenmaßnahmen sind zu nennen:

- Wiederherstellung bzw. Stärkung der Ufervegetation

- Gewässerrenaturierung
- Nutzung/Rückgewinnung von Abwärme statt direkter Wärmeeinleitung

Fazit

Die wesentlichen Schlussfolgerungen für die Praxis können wie folgt zusammengefasst werden:

1. $T_{\max}$ sicher bestimmen

- Grundsätzlich werden, insbesondere an Gewässern mit Temperaturrisiken kontinuierliche Messungen empfohlen.
- Falls lediglich Stichprobenwerte erhoben werden, sollten diese für eine bessere Bewertung mit den abgeleiteten Korrekturfaktoren korrigiert werden.

2. ΔT -Grenzwerte im Winter

- verschärfte 2 K-Regel kann relevant werden
- Einleiter sollten Abflussverhältnisse im Winter besonders beachten

3. Übergangsmonate

- Ein Verzicht auf $T_{\max}$ -Werte ist ohne Verlust bewertungsrelevanter Informationen möglich.
- Eine Beschränkung auf die Bewertung von Temperaturdifferenzen ist fachlich sinnvoll und ökologische wie administrativ ausreichend.

4. Kumulative Betrachtung

- Die vorgeschlagene Referenzmessstellenregelung verhindert „schleichende Überwärmung“ und wird daher befürwortet.
- Mischungsrechnungen wie in dem beschriebenen Fallbeispiel sind ein weiteres geeignetes Werkzeug für die Beurteilung kumulativer Wärmeeinleitungen.

5. Kaltwassereinleitungen

- Neue spezifische Regelungen erscheinen erforderlich.
- Ein Monitoring sollte verpflichtend verankert werden, solange keine umfassende Datenbasis zur Beurteilung von Wärmeentnahmen gegeben ist.

6. Diffuse Einflüsse

- Die Literaturstudie hat gezeigt, dass verbesserte Beschattung und Renaturierung eine hohe Wirksamkeit zur Erhöhung der ökologischen Resilienz von Fließgewässern gegenüber anthropogener und klimawandelbedingter Erwärmung haben.

Danksagung

Die Autoren danken der LAWA, die dieses Vorhaben im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall beauftragt hat sowie den

Mitgliedern des LAWA-Expertenkreis „Biologische Bewertung Fließgewässer und Interkalibrierung“ und den Mitgliedern der projektbegleitenden Arbeitsgruppe, die das Vorhaben kontinuierlich mit konstruktiver Kritik begleitet haben.

Literatur

Halle, M., Müller, A., Staas, S. (2025): Praxistest der Empfehlungen des LAWA-Projekts LFP O 10.20 zur Anwendung von Wassertemperatur-Orientierungswerten zum Schutz von Fischgemeinschaften. Projekt O 4.23 im Rahmen des Länderfinanzierungsplans 2023. 172 S. [online] **FUNDSTELLE WIRD NACHGETRAGEN**

Riedmüller, U. & Leßmann, D. (2025): Grundlagen und Leitlinien für eine ökologisch verträgliche thermische Nutzung von Gewässern - Literaturstudie und Auswertung von Monitoringdaten zur Ermittlung und Absicherung von Anforderungen an die thermische Gewässernutzung. Projekt O 5.23 im Rahmen des Länderfinanzierungsplans 2023. 108 S. [online] https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/LAWA-O5_23_Studie-Gewthermie.pdf. Abgerufen am 9.12.2025

van Treeck, R. & Wolter, Chr. (2021): Temperaturempfindlichkeiten der Fischgemeinschaften in deutschen Fließgewässern – Überprüfung der Orientierungswerte für die Temperatur. Projekt O 10.20 im Rahmen des Länderfinanzierungsplans 2020. 77 S. [online] https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/O_10.20_211119_Endbericht_O10.20_TempEmpf_Fische.pdf. Abgerufen am 9.12.2025

Autoren

Martin Halle, umweltbüro essen, Rellinghauser Str. 334f, 45136 Essen

Dr. Andreas Müller, chromgruen Planungs- und Beratungs- GmbH & Co. KG, Gröndelle 3, 42555 Velbert

Dr. Stefan Staas, LimnoPlan – Fisch- und Gewässerökologie, Bonner Ring 22, D – 50374 Erftstadt

Dr. Thomas Wanke, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat W1 – Gewässerökologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden