Indikator-Factsheet: Wassertemperatur von Fließgewässern

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Bearbeitet in Zusammenarbeit mit der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren	
Letzte Aktualisierung:	16.01.2019	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Erstentwurf einer Fallstudie, die aber nicht in den Monitoringbericht aufgenommen wurde
	20.06.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aufbau einer soliden Datenbasis und Aggregierung nach Fischregionen; grundlegende methodische Neuentwicklung des Indikators
	26.10.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Einarbeitung von Anregungen zur perspektivischen Weiterentwicklung im Rahmen der abschließenden Sitzung der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren am 24.10.2022
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:	ab sofort	Eine sukzessive Erweiterung der Messstellenauswahl und der Datengrundlagen ist denkbar und sollte geprüft werden. Dies gilt vor allem für die Bundesländer, die bisher noch keine Daten zugeliefert haben. Zudem können weitere detaillierte Prüfungen der anthropogenen Beeinflussung die Qualität des Indikators verbessern. Die Diskussion um eine Auswertung von Maximaltemperaturen und Überschreitungen kritischer Schwellenwerte der Fischverträglichkeit sollte für den Monitoringbericht 2027 wieder aufgenommen werden. In der Oberflächengewässerverordnung (OGewVO) sind in Anlage 7 „Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten“ Orientierungswerte für maximale Fließgewässertemperaturen zur Erreichung eines sehr guten und guten ökologischen Zustands zusammengestellt. Sie werden in Abhängigkeit der jeweiligen Fischgemeinschaften festgelegt. Die OGewVO wird zwar derzeit überarbeitet, die darin enthaltenen Schwellenwerte sind aber nach wie vor aktuell.

I Beschreibung

Interne Nr. **WW-I-10**	**Titel:** **Wassertemperatur von Fließgewässern**
Einheit: Grad Abweichung <u>Zusatz:</u> Grad Abweichung	**Kurzbeschreibung des Indikators:** Indexierter Mittelwert der Wassertemperatur im Sommer 1.4. bis 31.10. differenziert für die Fischregionen Sa-ER/Sa-MR, Sa-HR, Cyp-R, EP, MP, HP <u>Zusatz:</u> Indexierter Mittelwert der Wassertemperatur im Winter 1.11. bis 31.03. differenziert für die Fischregionen Sa-ER/Sa-MR, Sa-HR, Cyp-R, EP, MP, HP
	Berechnungsvorschrift: <u>Schritt 1:</u> Auswahl von Fließgewässermessstellen Auswahl von Messstellen an Fließgewässern mit möglichst langen und kontinuierlichen (mindestens monatlichen) Datenreihen und möglichst ganzjährigen

Messungen. Direkte anthropogene Beeinflussungen, die die Wassertemperatur verändern können (wie Wärmeeinleitungen aus Kraftwerken und Industrie, Einleitungen aus Kläranlagen oder von Gruben- und Sümpfungswasser oder auch Aufstau) sind möglichst auszuschließen. Ferner sollten Messstellen in Gebieten mit hoher Siedlungs- und Industriedichte möglichst ausgeschlossen werden.

Für den Indikator werden Messstellen aus den folgenden Fischregionen berücksichtigt (vgl. Abschnitt VIII.1):

- Sa-ER (salmonidengeprägte Gewässer des Epirhithrals) und Sa-MR (salmonidengeprägte Gewässer des Metarhithrals): 11 Messstellen
- Sa-HR = salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals: 9 Messstellen
- Cyp-R= cyprinidengeprägte Gewässer des Rhithrals: 11 Messstellen
- EP = Gewässer des Epipotamals: 24 Messstellen
- MP = Gewässer des Metapotamals: 10 Messstellen
- HP = Gewässer des Hypopotamals: 6 Messstellen

Die Zeitreihen für den Indikator starten mit dem Jahr, in dem für die jeweilige Fischregion von mindestens 3 Messstellen Daten zur Verfügung stehen. Dies gilt mit Ausnahme des Hypopotamals. Hier startet aufgrund der geringen Messstellenzahl die Zeitreihe bereits mit einer Datenabdeckung von 2 Messstellen.

Arbeitsschritte für jede einzelne Messstelle:

Schritt 2: Zusammenstellung oder Berechnung der Monatswerte

Die Daten werden in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung geliefert. Insbesondere für die Pegelmessstellen müssen vor der weiteren Verarbeitung Mittelungen vorgenommen werden. Teilweise werden auch mehrere Tageswerte übermittelt. In einer externen Datei werden dann zunächst Tagesmittel berechnet. Aus den Tageswerten werden dann in einem weiteren Schritt die Monatsmittelwerte ermittelt. Monatsmittel werden nur berechnet, wenn mindestens 20 Werte vorhanden sind. Zum Umgang mit Datenlücken s. Schritt 3.

Für andere Messstellen werden bereits monatliche Mittelwerte übergeben. Diese werden direkt übernommen.

Schritt 3: Fehlwertergänzung bei der Berechnung der Monatsmittel

Trotz der Fokussierung auf Messstellen mit kontinuierlichen Datenreihen ist nicht auszuschließen, dass Datenlücken auftreten. Für die Mittelwertbildung muss jedoch für jeden Monat 1 Wert in die Berechnung eingehen, um eine Gleichgewichtung der unterschiedlichen jahreszeitlichen Verhältnisse zu erreichen und eine Vergleichbarkeit zwischen den Jahren zu ermöglichen. Fehlwerte für Monate können auf folgende Weise ergänzt werden (s. auch Abschnitt VIII.2):

- Gibt es weniger als 20 Werte für die Berechnung des Monatsmittels, wird zunächst geprüft, ob bei kurzen Datenlücken von nur 1-2 Tagen durch Interpolation die Schwelle von 20 Werten erreicht werden kann.
- Gibt es deutlich weniger als 20 Werte für die Berechnung des Monatsmittels, wird geprüft, ob es Werte in der Mitte des Monats gibt, die als Monatsmittel herangezogen werden können.

Schritt 4: Bildung des Sommer- und Wintermittels

Durchschnitt der Temperatur in der Sommersaison 1.4. bis 31.10. für jede Messstelle = Summe von 7 Monatswerten des jeweiligen Sees (aus den Schritten 2 und 3) / 7

Zusatz:
Durchschnitt der Temperatur in der Wintersaison 1.11. bis 31.03. für jede Messstelle = Summe von 5 Monatswerten des jeweiligen Sees (aus den Schritten 2 und 3) / 5

	Zum Umgang mit Datenlücken s. Schritt 5. Schritt 5: Fehlwertergänzung bei der Berechnung der Saisonmittel Es müssen bei der Saison-Mittelwertberechnung für den Sommer mindestens 7 Monatswerte, für den Winter mindestens 5 Monate zur Verfügung stehen, um eine über die Monate ausgewogene Werteverteilung für die Mittelung sicherzustellen. Fehlt mehr als 1 Monatswert, weil nach Schritt 3 keine Fehlwertergänzung möglich ist, muss die Saison für die jeweilige Messstelle für alle weiteren Schritte unberücksichtigt bleiben. Fehlt nur ein Monatswert, kann dieser aus dem letzten Wert des Vormonats (Monatsende) und dem ersten Wert des Folgemonats (Monatsbeginn) interpoliert werden. Wenn es zum betreffenden Monat Werte zum Beginn und Ende des Monats gibt, können auch diese für die Interpolation herangezogen werden. Schritt 6: Indexierung der Werte Zur Vorbereitung der Aggregation über mehrere Messstellen müssen alle Absolutwerte indexiert werden. Dabei wird das Jahr 2017 auf „0“ gesetzt, und für alle anderen Werte wird dann die Differenz zum ursprünglichen Wert des Jahres 2017 (in Kelvin) ermittelt. Das Jahr 2017 wurde ausgewählt, weil dies das am weitesten zurückliegenden Jahr ist, in dem von allen Messstellen Daten zur Verfügung stehen. Der Indexwert wird als Grad Abweichung (Kelvin) angegeben. z. B. Index 2019 = Temperaturwert 2019 – Temperaturwert 2017 **Arbeitsschritte zur Aggregation:** Schritt 7: Mittelung der Indexierung für die Fischregionen Die indexierten Werte werden über alle Messstellen, die der jeweiligen Fischregion zugeordnet wurden (s. Schritte 1), gemittelt. Liegen für ein Jahr zu einer Messstelle keine Daten vor, bleibt diese Messstelle bei der Mittelung unberücksichtigt.
Interpretation des Indikatorwerts:	Je höher der Indikatorwert ist, desto höher ist die durchschnittliche relative Wassertemperatur in der Sommersaison in der jeweiligen Fischregion. Zusatz: Je höher der Indikatorwert ist, desto höher ist die durchschnittliche relative Wassertemperatur in der Wintersaison in der jeweiligen Fischregion.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Themenfeld:	Physikalisch-chemischer Gewässerzustand
Thematischer Teilaspekt:	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorensysteme:	EEA Indikatoren zum Themenschwerpunkt Climate Change Adaptation: Water temperature – archiviert (www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-temperature-2/assessment) Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring NRW: Indikator 4.7 Gewässertemperatur fließender Gewässer Klimafolgenmonitoring Bayern (Machbarkeitsstudie): I-WW-6 Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen

	Klimafolgen-Monitoring Hamburg: I-WW-8 Maximale Fließgewässertemperaturen Klimawandelmonitoring Brandenburg: W-2 Gewässertemperatur
Begründung:	**Ursache-Wirkungszusammenhang:** Der Klimawandel wird in den kommenden Jahrzehnten zu einer Erhöhung der Lufttemperatur führen, was sich auch auf die Wassertemperaturen insbesondere der Oberflächengewässer auswirken wird. Historische Trends zeigen schon heute eine Erwärmung von Fließgewässern und Seen. Neben der direkten anthropogenen Beeinflussung (z. B. durch Kühlwasser- und Abwassereinleitungen, die Beseitigung von Ufergehölzen und die Urbanisierung) verursacht wesentlich auch der Anstieg der Lufttemperaturen in den zurückliegenden Jahrzehnten einen Anstieg der Wassertemperaturen. Untersuchungen am Rhein haben beispielsweise gezeigt, dass sich die Wassertemperaturen – ohne Berücksichtigung der Wärmeeinleitungen – am Rhein zwischen Basel und Werkendam schrittweise erwärmen (IKSR 2014). Wassertemperaturerhöhungen stehen neben der Lufttemperatur auch im Zusammenhang mit der Wasserführung der Gewässer. Bei Niedrigwasser ist das Risiko einer übermäßigen Erwärmung aufgrund des verminderten Wasservolumens zusätzlich erhöht. Die für Sachsen durchgeführten systematischen Untersuchungen zu den Zusammenhängen von Veränderungen der Luft- und Wassertemperaturen ergaben eine starke Abhängigkeit. Diese konnte auch durch die nur geringe zeitliche Verschiebung der saisonalen Jahresverläufe beider Größen bestätigt werden: Bei den 23 für Sachsen ausgewerteten Pegeln war der mittlere saisonale Verlauf der Wassertemperatur im Vergleich zur Lufttemperatur um nur maximal 12 Tage verzögert. Bei der Hälfte der Pegel gab es praktisch keine zeitliche Verzögerung (Schneider et al. 2011: 41). Aus diesen Analyseergebnissen lässt sich daher schlussfolgern, dass eine alleinige Darstellung von sich verändernden Mitteltemperaturen der Fließgewässer gegenüber der Darstellung von Lufttemperaturveränderungen aller Voraussicht nach keine relevanten Zusatzerkenntnisse liefern würde. Vergleichbares gilt mit Blick auf die Amplituden der saisonalen Schwankungen der Wassertemperatur. Diese sind in den größeren Flüssen des Tieflandes am größten und in den Bächen mit kleineren Einzugsgebieten am kleinsten. Zurückzuführen ist auch dies auf die Lufttemperatur, vor allem die unterschiedliche Ausprägung der Höchsttemperatur im Sommer (die Tiefsttemperatur im Winter liegt i.d.R. um die 0°C). Außerdem ist der Umfang der Speisung des Fließgewässers mit Grundwasser eine entscheidende Größe (ebd.: 41). **Relevanz:** Die Gewässertemperatur steuert und synchronisiert viele Lebensvorgänge im Gewässer und ist daher von besonderer Bedeutung für dessen ökologische Funktionen. Sie bestimmt unmittelbar die Lebensbedingungen von Gewässerorganismen, die zu einem erheblichen Teil wechselwarm sind. Außerdem steht die Gewässertemperatur in einem komplexen Wirkgefüge mit der Gewässerchemie, da sie viele weitere Prozesse vom Abbau organischer Substanzen und chemischer Schadstoffe, der Toxizität von Schadstoffen bis hin zur Löslichkeit von Gasen beeinflusst. Dies betrifft insbesondere den Sauerstoff: Mit steigender Temperatur sinkt die Sauerstofflöslichkeit im Wasser, die Atmungsbedingungen verschlechtern sich. **Auswahl der Messstellen für das bundesweite Netz:** Wassertemperaturdaten werden als Standardparameter in der Gewässerüberwachung an vielen Stellen erfasst. Anthropogene Wärmeeinleitungen (Kühlwässer, Prozesswässer, Abwässer) überlagern vielerorts jedoch die klimatisch bedingten Temperaturerhöhungen, sodass an die Auswahl der Messstandorte hohe Anforderungen zu stellen sind. Dies gilt auch für die Art der Datenerhebung. Stichprobenmessungen sind in der Regel nicht ausreichend, da sie

	tageszeitliche Schwankungen nicht berücksichtigen. Vor allem Höchst- oder Niedrigstwerte lassen sich auf diese Weise nicht erfassen. Die genannten Kriterien waren entscheidend für die Auswahl der berücksichtigten Messstellen. Wassertemperaturdaten aus Pegelaufzeichnungen sind nur bedingt geeignet, da die Temperatursensoren i. d. R. nicht kalibriert werden und die meist ufernahen Messpunkte nicht immer repräsentativ für das Gewässer sind (LAWA 2017: 36-37). Dennoch werden für einige Bundesländer in Ermangelung geeigneter Daten von Gütemessstellen auch Daten aus Pegelmessungen herangezogen. Durch die Indexierung der Werte ist das Problem der fehlenden Kalibrierung weniger relevant. Die Pegelmessstellen habe zudem den Vorteil, dass oftmals lange Reihen zur Verfügung stehen und die Messungen hochfrequent erfolgen. **Auswertung der Daten:** Der Indikator basiert auf Mittelwertbildungen differenziert für die Sommer- und die Wintersaison (Letztere wird nur als Indikator-Zusatz geführt) sowie für die unterschiedlichen Fischregionen, da davon auszugehen ist, dass sich Temperaturveränderungen in den Ober- und Unterläufen auf anderen Niveaus bewegen. Alle Messwerte werden zu Indexwerten umgeformt. Es geht im Indikator also nicht um die absoluten Niveaus der Temperaturen, sondern um die Veränderungen in der Zeit.
Einschränkungen:	Eine anthropogene Beeinflussung der Messstellen kann trotz Prüfung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Für einige Messstellen (vor allem die Pegelmessstellen) liegen auch (noch) keine Informationen zu möglichen Beeinflussungen vor. Da die Werte im Indikator indexiert dargestellt werden, ist der Einfluss möglicher zusätzlicher anthropogener Faktoren aber etwas abgemildert, sofern davon ausgegangen werden kann, dass die anthropogene Beeinflussung annähernd konstant wirkt. Mit der Indexierung und Aggregierung der Werte sind nur Aussagen zur relativen Veränderung der Temperaturen möglich. Der Indikator erlaubt keine Aussagen zur Überschreitung kritischer Temperaturschwellen (z. B. Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen). Die geographische Repräsentativität und die Repräsentativität der Flussgebiete ist für die berücksichtigten Messstellen nicht systematisch geprüft worden. Einzelne Bundesländer sind in der bisherigen Messstellenauswahl auch nicht berücksichtigt, da (noch) keine geeigneten Messstellen gemeldet werden konnten. Die vorgenommenen Fehlwertergänzungen bringen Unschärfen in der Datengrundlage. Sie helfen aber, die Datenabdeckung zu erweitern.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	• Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. April 2013 (BGBl. I S. 734) (WHG)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen	DAS, Kap. 3.2.3: Eine zunehmende Erwärmung der Wasser- und Bodentemperaturen aquatischer Systeme im Sommer bewirkt beispielsweise, dass der Sauerstoffgehalt der Gewässer sinkt. Für Wassertiere und -pflanzen bedeutet das zusätzlichen Stress, denn sie leiden bereits unter einer hohen Wassertemperatur und eingeschränktem Wasservolumen. Geringe Sauerstoffgehalte und höhere Wassertemperaturen begünstigen während Niedrigwasserperioden Rücklösungen aus Sedimenten und können so einen Stoffeintrag ins Gewässer nach sich ziehen. Darüber hinaus belasten Einleitungen, beispielsweise aus Kläranlagen, aber auch diffuse Einträge wegen des verschlechterten Verdünnungsverhältnisses die Gewässer in verstärktem Maße.

Ziele:	DAS, Kap. 3.2.3: In der WRRL sollten Maßnahmen bevorzugt werden, die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer wie auch die Lebensraum- oder Habitatvielfalt unserer Gewässer erhalten oder stärken. Das koordinierte Management von Schutz und Nutzung aller Gewässer in einem Flussgebiet [...] erfolgt mit dem konkreten Ziel einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen. Die Auswirkungen des Klimawandels werden zukünftig für Gewässer und deren Management zunehmend an Bedeutung gewinnen. WHG, § 27 Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer: (1) Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht […] als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass […] ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden. (2) Oberirdische Gewässer, die […] als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, sind so zu bewirtschaften, dass […] ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.
Berichtspflichten:	Die Gewässertemperatur wird nach WRRL als allgemeine physikalisch-chemischen Qualitätskomponente unterstützend für die Bewertung und Überwachung des Gewässerzustands herangezogen (s. a. Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429), Anlage 3). Im Rahmen ihrer Berichtspflichten gegenüber der EU (Artikel 8 und 15 WRRL), sind die Länder verpflichtet, über die Ergebnisse der Überwachung des Zustands des Gewässer zu berichten.

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), Landesanstalt für Umwelt Bayern (LfU), Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz (SenUMVK), Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg (BUKEA), Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Gewässergütemessstellen Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) – Landeshochwasserzentrale, Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW): Temperaturmessungen im Pegelmessnetz	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0 (differenziert in Fischregionen)
Geographische Abdeckung:	derzeit Messstellen aus allen Bundesländern außer Bremen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1981	
Beschränkungen:	keine	

Verweis auf Daten-Factsheets:	WW-I-11_Daten_Wassertemperatur_Fluesse.xlsx Für die Vorbereitung der Daten der Bundesländer werden jeweils länderspezifische Datenblätter angelegt, da die Datenmengen für die Zusammenfassung in einem einzigen Daten-Factsheet zu groß sind. Die Berechnungsergebnisse werden dann in das zusammenfassende Daten-Factsheet übertragen.

V Zusatz-Informationen

Glossar:	**Fischregionen:** Fischregionen sind nach ökologischen Gesichtspunkten – im Wesentlichen nach dem Vorkommen charakteristischer Fischarten (Leitfischarten) – bestimmte Zonen von Fließgewässern (von Bächen, Flüssen und durchflossenen Seen), die sich von der Quelle bis zum Meer anordnen. Die **Forellenregion** befindet sich in der Regel am Oberlauf eines Fließgewässers. Es herrscht eine sehr starke Strömung, dadurch wird das Wasser über Kies und größere Steine umgewälzt und mit Sauerstoff angereichert. Die Wassertemperatur steigt selten über 10 °C. Der Grund besteht aus Felsgestein, Geröll und Grobkies. Leitfischart ist die Bachforelle. Sie ist mit Groppe, Elritze und Bachneunauge vergesellschaftet. Die Forellenregion unterteilt sich in das Epirhithral (Sa-EP, obere Forellenregion) und das Metarhithral (Sa-MP) untere Forellenregion). In der **Äschenregion** (Sa-HP, Hyporhithral) gibt es immer noch eine starke Strömung. Der Sauerstoffgehalt ist hoch, aber der Pflanzenbewuchs ist intensiver als in der Forellenregion. Die Wassertemperatur steigt hier schon bis 15 °C. Der Untergrund besteht aus Geröll und grob- bis feinkörnigem Kies. Leitfischart ist die Äsche, die mit Nase, Gründling, Schneider, Döbel, Quappe, Meerforelle, Lachse und Huchen (Donauraum) vergesellschaftet ist. In der **Barbenregion** (EP, Epipotamal) beträgt die Wassertemperatur in der Regel um die 15 °C. Der Grund besteht aus grobkörnigem Sand und feinkörnigem Kies. Die Fließgewässer werden breiter und die Strömung ist schwächer. Der Sauerstoffgehalt schwankt und ist geringer als in der Äschenregion. Die Uferzone ist vegetationsreich (teilweise mit Schilfgürteln). Leitfischart ist die Barbe. Sie ist mit Aland, Rapfen, Lachs und Streber (Donaugebiet), Hasel, Zährte, Rotauge, Rotfeder und Brachse sowie Wels und Stör vergesellschaftet. Teilweise können auch schon Flussbarsch, Hecht, Zander und Aal vorkommen. Die **Brachsenregion** (Metapotamal, MP) ist die artenreichste Fischregion und liegt am Unterlauf eines Flusses. Die Temperaturen können im Sommer bis 20 °C steigen, im Winter kann der Fluss zufrieren. Der Pflanzenbewuchs ist sehr üppig und der Untergrund besteht aus feinem Sand, teilweise lagert sich Schlamm ab. Der Sauerstoffgehalt ist niedrig. Leitfisch ist die Brachse (auch Blei genannt). Sie ist vergesellschaftet mit Güster, Zander, Flussbarsch, Rotfeder, Rotauge, Schleie, Aal und Hecht. Auch Wildkarpfen, Karausche, Ukelei, Stör und Wels sind anzutreffen. Die **Kaulbarsch-Flunder-Region** (Hypopotamal, HP) zählt bereits zum Brackwasserbereich und ist die letzte Fischregion. Durch ihre Lage im Mündungsdelta zum Meer ist sie bereits im Einflussbereich von Ebbe und Flut. Die Temperaturen können im Sommer auch über 20 °C ansteigen. Der Untergrund besteht aus feinem Sand, Kies und Schlamm. Der Sauerstoffgehalt ist je nach Gezeiten unterschiedlich. Leitfischart ist der Kaulbarsch, vergesellschaftet mit Flunder, Meeräsche, Stör und Aal. Zudem kommen der Dreistachlige Stichling und alle Fische der Brachsenregion vor. https://de.wikipedia.org/wiki/Fischregion nach Huet 1949
Weiterführende Informationen:	BAFU – Bundesamt für Umwelt & MeteoSchweiz – Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie 2013: Klimaänderung in der Schweiz – Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Bern, 86 S.

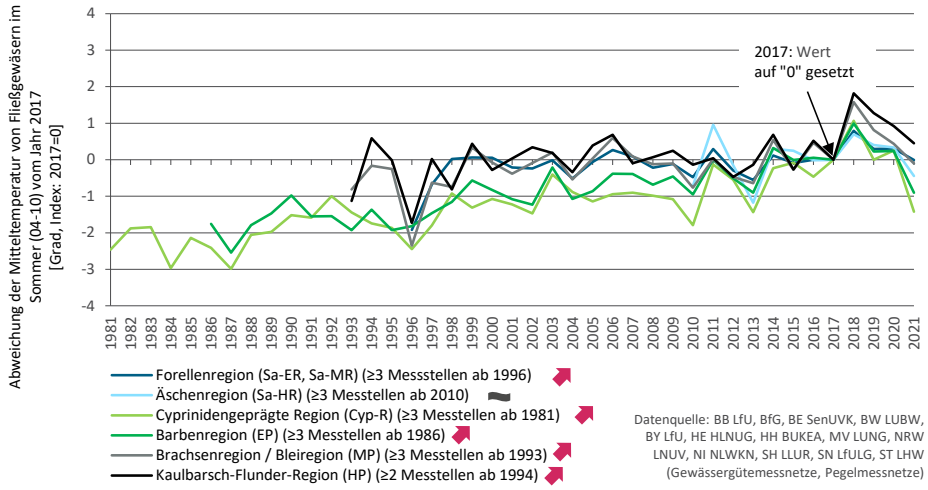
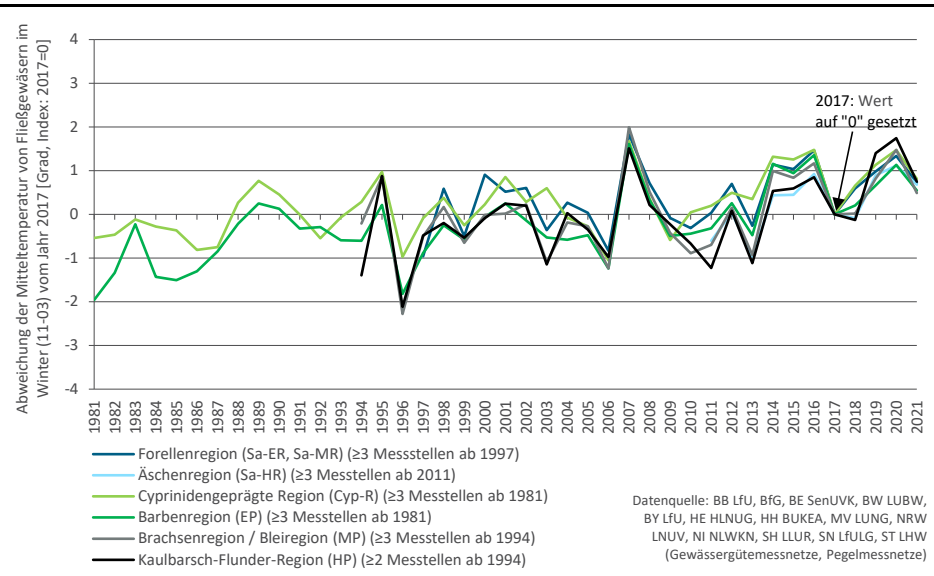
	Huet M. 1949: Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courants. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 11: 332-351. IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins 2014: Abschätzungen der Folgen des Klimawandels auf die Entwicklung zukünftiger Rheinwassertemperaturen auf Basis von Klimaszenarien – Kurzbericht. IKSR Bericht Nr. 213, 6 S. IKSR 2013a: Darstellung der Entwicklung der Rheinwassertemperaturen auf der Basis validierter Temperaturmessungen von 1978 bis 2011. IKSR Bericht Nr. 209, 28 S. IKSR 2013b: Aktueller Kenntnisstand über mögliche Auswirkungen von Änderungen des Abflussgeschehens und der Wassertemperatur auf das Ökosystem Rhein und mögliche Handlungsperspektiven. IKSR Bericht Nr. 204, 35 S. Institut für Binnenfischerei e.V. (Hg.) 2008: Temperatur- und Sauerstofftoleranz ausgewählter Wanderfischarten der Elbe. Potsdam, 43 S. LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hg.) 2016: Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74, Recklinghausen, 103 S. LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser & Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2017: Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen – Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung und Anpassung. Stuttgart, 128 S. LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt 2017: Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung – Machbarkeitsstudie. UmweltSpezial, Augsburg, 66 S. LfU (Hg.) 2016: Niedrigwasser in Bayern. Grundlagen, Veränderung und Auswirkungen. Augsburg, 244 S. Löser R., Schneider P., Gottschalk N., Ihling H., Kuhn K., Spänhoff B. 2011: Wassertemperaturen und Klimawandel. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (Hg.), Schriftenreihe, Heft 39/2011, 113 S. Reinartz R. 2007: Auswirkung der Gewässererwärmung auf die Physiologie und Ökologie der Süßwasserfische Bayerns. Literaturstudie im Auftrag des Bayerisches Landesamtes für Umwelt Referat 57/Gewässerökologie. Büro für Fischereifragen und Gewässerökologie, unveröffentlichter Bericht. Schneider P., Löser R., Gottschalk N., Spänhoff B. 2011: Auswertung und Darstellung der Zusammenhänge zwischen Klima- und Wassertemperaturdaten. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (Hg.), Schriftenreihe, Heft 40/2011, 87 S. Spänhoff B. 2011: Auswirkung des projizierten Klimawandels auf die Wassertemperaturen sächsischer Fließgewässer – Ergebnisse zweier FuE-Vorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Unveröffentlicht.

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbeschaffung:	**3**	mehrere datenhaltende Institutionen; Daten müssen von den einzelnen datenhaltenden Institutionen individuell abgefragt werden
	Datenverarbeitung:	**3**	Datensätze müssen weiter verarbeitet werden.

	Erläuterung: Datensätze müssen individuell ausgewertet werden; die Formeln hierfür sind angelegt, aber vor allem die differenzierte Fehlwertprüfung und -ergänzung sind aufwändig. Die Daten der Bundesländer müssen in separaten Datenblättern abgelegt werden und dann in das Gesamtdokument übertragen werden. Für die Aktualisierung des Indikators ist mit einem Aufwand von ca. 1 Arbeitswoche auszugehen, sofern das Messstellennetz identisch bleibt. Mit Veränderungen des Messnetzes steigt der Aufwand.
Datenkosten:	keine
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle
	Erläuterung: keine

VII Darstellungsvorschlag

Indikator:	
Zusatz:	

VIII Anlagen

VIII.1 Anlagen – Messstellen

Die nachstehende Tabelle ordnet die im Indikator berücksichtigten Messstellen den Fischregionen zu und ermöglicht einen Überblick über die Verteilung der Messstellen zu den Fischregionen. Zudem ist in der Tabelle verzeichnet, für welche Messstellen die anthropogene Beeinflussung geprüft worden ist. Die darunterliegende Abbildung zeigt die Verteilung der Messstellen im Bundesgebiet.

	geprüft und weitergehend ausgeschlossen oder unter den vorhandenen Messstellen die am wenigsten beeinflussten
	geprüft, aber teilweise relevante anthropogene Beeinflussungen
	nicht geprüft, bisher keine Aussage

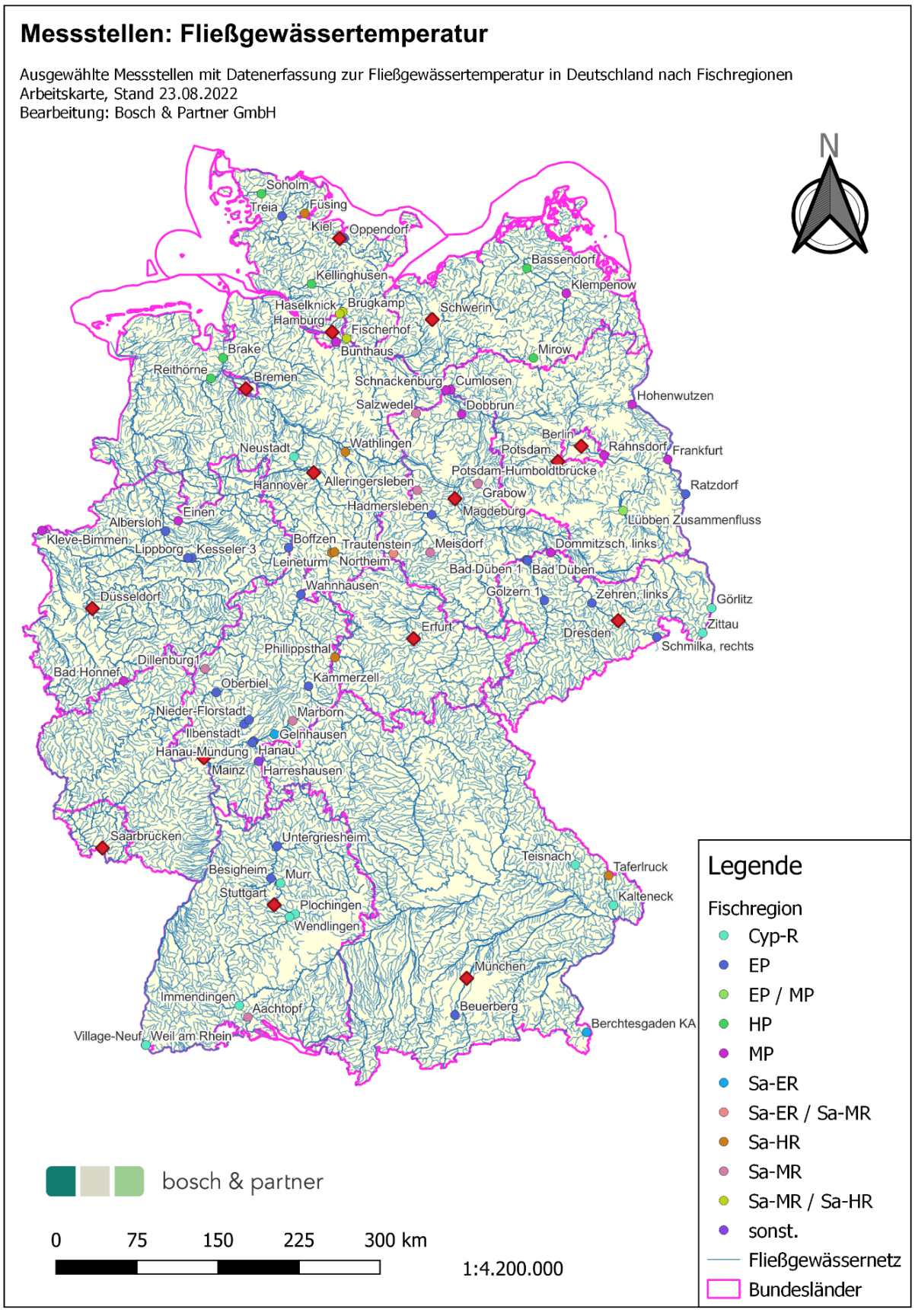
Bundesland	**Messstellentyp**		**Fischregion**						
	Gütemess-stelle	Pegel	Sa-MR Sa-ER	Sa-HR	Cyp-R	EP	MP	HP	N.N.
Baden-Württemberg	8	-	1		5	2			
Ba-Wü BfG	2	-			2				
Bayern	5	-	1	1	2	1			
Berlin	1	-					1		
Brandenburg	5	1				2	4		
Bremen	-	-							
Hamburg	4	-		3			1		
Hessen	3	s.u.				3			
Hessen[1)]	s.o.	12	4	1		6			1
Mecklenburg-Vorpommern	-	3					1	2	
Niedersachsen	7			3		1	1	2	
Nordrhein-Westfalen[3)]	2	3							
NRW Lippeverband[2)]	1	-				1			
Rheinland-Pfalz	-	-							
Saarland	-	-							
Sachsen	5	3			2	5	1		
Sachsen-Anhalt	-	7	5			1	1		
Schleswig-Holstein	-	5		1		2		2	
Thüringen	-	-							
gesamt	43	34	11	9	11	24	10	6	1

[1)] Nur Pegel, die Daten ab 2010 und früher liefern, wurden berücksichtigt.

[2)] Kontrollstationen der Emschergenossenschaft / Lippeverband; 1 zusätzliche Station liefert ab 2019, eine weitere ab 2022 Daten

[3)] Für Pegel nur geringe Beeinflussung des Abflussgeschehens geprüft, keine Prüfung auf Wärmeeinleitungen

Lage der ausgewählten Fließgewässertemperaturmessstellen nach Fischregion:



VIII.2 Anlagen – Fehlwertergänzungen

- Fall 1: Fehlwertergänzungen zur Erreichung von mindestens 20 Messwerten pro Monat

Gibt es weniger als 20 Werte für die Berechnung des Monatsmittels, wird zunächst geprüft, ob bei kurzen Datenlücken von nur 1-2 Tagen durch Interpolation die Schwelle von 20 Werten erreicht werden kann.

5	31.05.1995	1995	20,53	
6	01.06.1995	1995	19,99	Wert interpoliert
6	02.06.1995	1995	19,45	
6	03.06.1995	1995	18,99	
6	04.06.1995	1995	19,38	
6	05.06.1995	1995	19,95	
6	06.06.1995	1995	20,07	
6	07.06.1995	1995		
6	08.06.1995	1995		
6	09.06.1995	1995		
6	10.06.1995	1995		
6	11.06.1995	1995		
6	12.06.1995	1995		
6	13.06.1995	1995		
6	14.06.1995	1995		
6	15.06.1995	1995		
6	16.06.1995	1995		
6	17.06.1995	1995	17,12	
6	18.06.1995	1995	17,25	
6	19.06.1995	1995	17,39	
6	20.06.1995	1995	18,33	
6	21.06.1995	1995	19,12	
6	22.06.1995	1995	18,84	
6	23.06.1995	1995	18,18	
6	24.06.1995	1995	17,99	
6	25.06.1995	1995	18,45	
6	26.06.1995	1995	19,01	
6	27.06.1995	1995	19,85	
6	28.06.1995	1995	20,31	
6	29.06.1995	1995	21,11	
6	30.06.1995	1995	21,71	

- Fall 2: Fehlwertergänzungen zur Ermittlung eines Monatsmittels bei deutlich weniger als 20 Messwerten pro Monat

Gibt es deutlich weniger als 20 Werte für die Berechnung des Monatsmittels, wird geprüft, ob es Werte in der Mitte des Monats gibt, die als Monatsmittel herangezogen werden können.

1	01.01.2003	2003		
1	02.01.2003	2003		
1	03.01.2003	2003		
1	04.01.2003	2003		
1	05.01.2003	2003		
1	06.01.2003	2003		
1	07.01.2003	2003		
1	08.01.2003	2003		
1	09.01.2003	2003		
1	10.01.2003	2003		
1	11.01.2003	2003		
1	12.01.2003	2003		
1	13.01.2003	2003		
1	14.01.2003	2003		
1	15.01.2003	2003	3,7	Wird als Monatsmittel genutzt
1	16.01.2003	2003	3,79	
1	17.01.2003	2003	3,63	
1	18.01.2003	2003	3,48	

1	19.01.2003	2003	3,74
1	20.01.2003	2003	4,57
1	21.01.2003	2003	5,21
1	22.01.2003	2003	5,03
1	23.01.2003	2003	4,98
1	24.01.2003	2003	5
1	25.01.2003	2003	4,24
1	26.01.2003	2003	3,54
1	27.01.2003	2003	4,33
1	28.01.2003	2003	5,11
1	29.01.2003	2003	4,82
1	30.01.2003	2003	4,16
1	31.01.2003	2003	3,34

- Fall 3: Fehlwertergänzungen zur Ermittlung eines Monatsmittels bei fehlenden oder nur einzelnen Messwerten pro Monat

Fehlt nur ein Monatswert (in Folge), kann dieser aus dem letzten Wert des Vormonats (Monatsende) und dem ersten Wert des Folgemonats (Monatsbeginn) interpoliert werden. Wenn es zum betreffenden Monat Werte zum Beginn und Ende des Monats gibt, können auch diese für die Interpolation herangezogen werden. Ferner kann ein einzelner Messwert in der Mitte des Monats als Monatsmittel angenommen werden.

8	31.08.2009	2009	16,28
9	01.09.2009	2009	16,64
9	02.09.2009	2009	17,45
9	03.09.2009	2009	17,06
9	04.09.2009	2009	16,32
9	05.09.2009	2009	15,42
9	06.09.2009	2009	14,95
9	07.09.2009	2009	14,93
9	08.09.2009	2009	14,77
9	09.09.2009	2009	
9	10.09.2009	2009	
9	11.09.2009	2009	
9	12.09.2009	2009	
9	13.09.2009	2009	
9	14.09.2009	2009	
9	15.09.2009	2009	
9	16.09.2009	2009	
9	17.09.2009	2009	
9	18.09.2009	2009	
9	19.09.2009	2009	
9	20.09.2009	2009	
9	21.09.2009	2009	
9	22.09.2009	2009	
9	23.09.2009	2009	
9	24.09.2009	2009	
9	25.09.2009	2009	
9	26.09.2009	2009	
9	27.09.2009	2009	
9	28.09.2009	2009	
9	29.09.2009	2009	
9	30.09.2009	2009	15,15
10	01.10.2009	2009	15,07

Monatsmittel wird aus dem ersten und letztem Monatswert interpoliert