

## Indikatoren-Factsheet: Wassertemperatur stehender Gewässer

<b>Verfasser:</b>	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3716 48 104 0	
<b>Mitwirkung:</b>	<p>Bearbeitet in Zusammenarbeit mit der Untergruppe Oberflächengewässer der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren:</p> <p>Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (Sen-UVK), II B24 (Antje Köhler)</p> <p>Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (LM) Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel (Eckard Kohlhas)</p> <p>Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SMUL), Referat 44 Oberflächenwasser, Wasserrahmenrichtlinie (Karin Kuhn)</p> <p>Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL), Referat 22 Oberflächengewässer, Siedlungswasserwirtschaft (Sandra Berdermann)</p> <p>Geschäftsstelle LAWA-AO (Susann Zimmermann)</p>	
<b>Letzte Aktualisierung:</b>	05.05.2014	Ecologic Institut (Evelyn Lukat, Jenny Tröltzsch) Vorherige Indikator-Version im Rahmen von UBA FKZ 3711 41 106
	18.03.2019	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) Der ehemalige Indikator bleibt mit seinem Titel erhalten, wird aber ab 2019 anders berechnet und basiert zum großen Teil auch auf anderen Daten.
<b>Nächste Fortschreibung:</b>	ab sofort für 2023	<p>Der LAWA Expertenkreis (EK) Seen hat eine Liste von Seen erstellt, die künftig Bestandteil eines Klimafolgenmonitorings sein könnten. In Zukunft sollten dafür hochfrequente (möglichst Datenlogger-gestützte) Messungen durchgeführt und eine entsprechende Messinfrastruktur auf- oder ausgebaut werden. Seen mit dieser Messausstattung sollten perspektivisch die Datengrundlage auch für das DAS-Monitoring liefern. Es wird allerdings noch einige Jahre dauern, bis ausreichend lange und damit auswertbare Zeitreihen aus diesen Messungen zur Verfügung stehen werden.</p> <p>Da zur Wahrung der Übersichtlichkeit die Möglichkeiten für eine Darstellung zahlreicher einzelner Seen in einer einzigen Indikatorgrafik begrenzt sind, sollten die Möglichkeiten einer Mittelung der Werte mehrerer Seen (z. B. für die LAWA-Seetypen oder die Ökoregionen) weiter fachlich diskutiert werden. Derzeit basiert der Indikator nur auf den Zeitreihen beispielhaft ausgewählter Seen.</p>

### I Beschreibung

<b>Interne Nr.</b> WW-I-5	<b>Titel:</b> Wassertemperatur stehender Gewässer
	<b>Fallstudie für Bodensee, Saldenbachtalsperre, Großer Müggelsee, Stechlinsee, Dahme</b>
<b>Einheit:</b> °C	<b>Kurzbeschreibung des Indikators:</b> Mittelwert der Oberflächentemperatur (0-50 cm) während der Saison von 1.3.

<p><u>Zusatz:</u> °C</p> <p><u>Zusatz:</u> °C</p>	<p>bis 31.10. für Bodensee, Saidenbachtalsperre, Großer Müggelsee, Stechlinsee, Dahme</p> <p><u>Zusatz 1:</u>                  Mittelwert der Oberflächentemperatur (0-50 cm) während der Saison von 1.4. bis 31.10. für Bodensee, Saidenbachtalsperre, Großer Müggelsee, Stechlinsee, Dahme</p> <p><u>Zusatz 2:</u>                  Mittelwert der Oberflächentemperatur (0-50 cm) für das hydrologische Jahr für Bodensee, Saidenbachtalsperre, Großer Müggelsee, Stechlinsee, Dahme</p>
	<p><b>Berechnungsvorschrift:</b></p> <p><u>Schritt 1:</u>                  Auswahl von Seen mit möglichst kontinuierlichen Datenreihen und ganzjährigen Messungen der oberflächennahen Temperatur (0-50 cm).                  Für die Fallstudie wurden Seen aus den folgenden Ökoregionen berücksichtigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alpen und Alpenvorland: Bodensee</li> <li>• Zentrale Mittelgebirgsregion: Saidenbachtalsperre</li> <li>• Norddeutsches Tiefland: Großer Müggelsee, Stechlinsee, Dahme</li> </ul> <p><u>Schritt 2:</u>                  Zusammenstellung der Monatswerte und Fehlwertergänzung:                  Trotz der Fokussierung auf Seen mit kontinuierlichen Datenreihen ist nicht auszuschließen, dass einzelne Werte fehlen können. 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. Bei Vorliegen mehrerer Messwerte pro Monat werden diese zu einem einzelnen Monatswert gemittelt. Bei Vorliegen nur eines einzelnen Messwerts gilt dieser als Monatswert. Fehlwerte für Monate können auf folgende Weise ergänzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anrechnung eines Messwerts aus dem Vormonat, wenn die Messung am Ende des Monats erfolgt ist und es weitere Messwerte für den Vormonat gibt; analog Anrechnung eines Messwerts aus dem Folgemonat, wenn die Messung am Anfang des Monats erfolgt ist und es weitere Messwerte für den Folgemonat gibt;</li> <li>• Interpolation der Werte des Vormonats und des Folgemonats, wenn dies aus fachlicher Sicht möglich erscheint (vor allem während der Sommermonate); fehlende Messungen im März oder April können aufgrund der noch schwankenden und zwischen den Jahren sehr unterschiedlichen Temperaturentwicklungen in diesen Monaten nicht interpoliert werden. Zwei und mehr Fehlmonate in Folge können ebenfalls nicht interpoliert werden.</li> <li>• Für Indikator-Zusatz 2: Ergänzung fehlender Winterwerte (vor allem von Januar- und Februarwerten) als 4°C-Werte unter Eisbedeckung, sofern die Temperaturen im jeweiligen Vor- und Folgemonat darauf hindeuten, dass sich eine Eisdecke gebildet hat (bei Eisbedeckung finden i. d. R. aus sicherheitstechnischen Gründen keine Messungen statt).</li> </ul> <p>Werden 8 Monatswerte (bzw. 7 Werte für Zusatz 1 oder 12 Werte für Zusatz 2) nicht erreicht, wird das jeweilige Jahr als Fehljahr behandelt. Alle Fehlwertergänzungen werden im Daten-Factsheet gekennzeichnet.</p> <p><u>Schritt 3:</u>                  Durchschnitt der Oberflächentemperatur in der Saison 1.3. bis 31.10. für jeden See = Summe von 8 Monatswerten des jeweiligen Sees (aus Schritt 2) / 8</p> <p>Für Zusatz 1: Durchschnitt der Oberflächentemperatur in der Saison 1.4. bis 31.10. für jeden See = Summe von 7 Monatswerten des jeweiligen Sees (aus Schritt 2) / 7</p> <p>Für Zusatz 2: Durchschnitt der Oberflächentemperatur im hydrologischen Jahr</p>

	für jeden See = Summe von 12 Monatswerten des jeweiligen Sees (aus Schritt 2) / 12 hydrologische Jahr: 1. November des Vorjahres – 31. Oktober)
<b>Interpretation des Indikatorwerts:</b>	<b>Indikator und Zusätze:</b> Je höher der Indikatorwert, desto wärmer ist das Wasser in den betrachteten Gewässern im Mittel der Saison bzw. im Mittel des hydrologischen Jahres.

## II Einordnung

<b>Handlungsfeld:</b>	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft, Küsten- und Meeresschutz
<b>Indikationsfeld:</b>	Physikalisch-chemischer Gewässerzustand (B)
<b>Thematischer Teilaspekt:</b>	Erwärmung von Gewässern, Veränderung der Eisbedeckung
<b>DPSIR:</b>	Impact

## III Herleitung und Begründung

<b>Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:</b>	EEA: CLIM 019 Water temperature (Jährliche mittlere Wassertemperatur in ausgewählten Flüssen und Seen) Thüringer Klimafolgenmonitoring: I-WW-5 Wassertemperatur stehender Gewässer
<b>Begründung:</b>	<p>Die Wassertemperatur des Epilimnions von stehenden Gewässern wird schnell und direkt durch die Lufttemperatur beeinflusst. Bereits heute lässt sich – Literaturstudien zufolge – eine klimabedingte Erhöhung der Oberflächentemperatur von Seen (Epilimnion) fast weltweit feststellen (u. a. Arvola et al. 2010, Schneider &amp; Hook 2010 zit. in KLIWA 2015: 19). Die Wassertemperatur ist wiederum ein zentraler Parameter des physiko-chemischen sowie biologischen Gewässerzustands. Sie nimmt Einfluss auf die Dauer der Eisbedeckung, die Durchmischungs- bzw. Schichtungsverhältnisse, die Wasserchemie sowie auf die Artenzusammensetzung und die Struktur der Nahrungsnetze (IGB 2018: 5). Klimawandelbedingt können höhere Temperaturen den Beginn und das Ausmaß der Frühjahrsalgenentwicklung und damit indirekt die Sauerstoffzehrung beeinflussen. In eutrophen Gewässern können im Sommer thermophile, potenziell toxinbildende Cyanobakterienarten auftreten (z. B. <i>Cylindospermopsis raciborskii</i>).</p> <p>Eine (bundesweite) Mittelung der Temperaturwerte über alle betrachteten Seen hinweg ist fachlich nicht möglich, da die Seen sehr individuelle Charakteristika aufweisen. Eine differenzierte Darstellung der LAWA-Seetypen für die drei Ökoregionen Alpen und Alpenvorland, zentrale Mittelgebirge und Norddeutsches Tiefland wäre bei ausreichenden Datensätzen zielführend, denn es ist zu erwarten, dass sich aufgrund der unterschiedlichen makroklimatischen Ausgangsbedingungen und der morphologischen Unterschiede der Seetypen in diesen Ökoregionen der Klimawandel unterschiedlich auf den Temperaturhaushalt der Seen auswirken wird. Eine solche Zusammenfassung wäre aber weiter zu diskutieren.</p> <p>Nach der Datenverfügbarkeit wurden für diese Fallstudie beispielhaft Seen, die über vergleichsweise lange und kontinuierliche Zeitreihen verfügen, für die drei Regionen ausgewählt. Eine testweise Auswertung von Daten zu einer größeren Anzahl von Seen (s. Anlage) machte deutlich, dass eine Tendenz zu steigenden Wassertemperaturen bei allen Seen erkennbar ist. Für die Mittelgebirgsregion liegen bisher lange Zeitreihen nur aus dem Talsperrenmonitoring vor. Mit der Saldenbachtalsperre wurde eine Talsperre ausgewählt, bei der aufgrund ihres regelmäßigen Betriebs eine relevante anthropogene (betriebsbedingte)</p>

	<p>Beeinflussung der Oberflächentemperatur ausgeschlossen werden kann. Für die Flachlandregion wurden beispielhaft ein geschichteter und ein ungeschichteter See ausgewählt, da deren Temperaturentwicklung u. a. in Abhängigkeit der Windverhältnisse sehr unterschiedlich sein kann. Ferner wurde mit der Dahme ein Flussee aufgenommen, der ebenfalls spezifische Charakteristika aufweist und als Seetyp im norddeutschen Raum verbreitet ist.</p> <p>Die für die Indikatorardarstellung verwendeten Daten stammen aus Messungen im obersten Epilimnion (bis zu 50 cm Tiefe). Diese Schicht ist i. d. R. gut durchmischt (vorausgesetzt, es ist nicht extrem sonnig und völlig windstill) und reagiert vergleichsweise unmittelbar auf Veränderungen der Lufttemperatur. Die Entwicklung der Wassertemperaturen im Hypolimnion ist hingegen in Abhängigkeit vom Schichtungsmuster der einzelnen Seen sehr unterschiedlich, und die Zusammenhänge mit dem Klimawandel sind deutlich komplexer. Bei den Flachseen können sich infolge des Klimawandels der Durchmischungstyp und das Schichtungsregime verändern, was sprunghafte Änderungen der Hypolimnion-Temperatur nach sich ziehen kann. (KLIWA 2015: 19-21)</p> <p>Als Folge des Klimawandels wird vor allem auch mit höheren Wassertemperaturen im Winter und im zeitigen Frühjahr gerechnet. Dies hat Auswirkungen auf die Frühjahrsalgenblüte und damit auf die Entwicklung des aquatischen Nahrungsnetzes im gesamten Jahresverlauf. In der Praxis werden bei Eisbedeckung allerdings i. d. R. keine Messungen durchgeführt, oder diese sind lückenhaft. Dadurch schränkt sich das nutzbare Datenkollektiv für die Berechnung von Ganzjahresmitteln (bezogen auf das hydrologische Jahr) stark ein. Der Indikator schließt daher die Wintertemperaturen aus und stellt das Mittel der Saison Anfang März bis Anfang Oktober dar. Über einen Saisonbeginn ab März wird berücksichtigt, dass sich in den vergangenen Jahren an mehreren Seen bereits deutlich gestiegene Märztemperaturen und z. T. deutlich verfrühte Frühjahrsalgenblüten beobachten ließen.</p> <p>In zwei Indikatorzusätzen werden alternativ die Datenreihen für das Saisonmittel Anfang April bis Ende Oktober und für das Mittel des hydrologischen Jahres abgebildet.</p>
<p><b>Schwächen:</b></p>	<p>Mit der Darstellung der Zeitreihen für nur beispielhaft ausgewählte Seen bleibt die Aussage mit Blick auf die bundesweite Situation begrenzt. Die Darstellung von einzelnen Seen kann möglicherweise dazu führen, dass die Spezifika der einzelnen Seen in den Vordergrund treten und sich in Folge dessen die Wirkungszusammenhänge zwischen Klimawandel und Seetemperatur nicht generalisieren lassen.</p> <p>Die Messfrequenz der Datenerhebungen an den einzelnen Seen ist unterschiedlich. Wenn nur einmal monatlich gemessen wird, erfolgt diese Messung nicht immer am gleichen Tag des Monats. Diese unterschiedlichen Zeitintervalle zwischen den Messungen wirken sich auf die Mittelwertbildung aus. Bei Stichprobenerhebungen hängen die Messergebnisse stark von den jeweiligen Bedingungen zum Zeitpunkt der Temperaturmessung ab. Dieses Problem lässt sich aber letztendlich nur über kontinuierlicher Datenlogger-gestützte Messungen ausräumen. Auch eine lineare Interpolation zwischen den Einzelwerten brächte hier nur eine weitere Annäherung. Der Einsatz meteorologisch angetriebener Modelle zur Interpolation erscheint für ein Monitoring nicht mit vertretbarem Aufwand praktisch umsetzbar. Grundsätzlich kann konstatiert werden, dass die derzeitige Messpraxis für ein Klimafolgenmonitoring nicht ausreichend ist und nach den Vorschlägen des LAWA EK Seen weiterentwickelt werden muss.</p> <p>Die zur Komplettierung der Zeitreihen vorgenommene Fehlertergänzung bringt weitere Unsicherheiten mit sich.</p>
<p><b>Erläuterungen zur Fallstudie:</b></p>	<p>Es liegen individuelle Datenzulieferungen aus dem Seenmonitoring der Länder und dem Monitoring wissenschaftlicher Einrichtungen vor. Derzeit ist die Deutsche Seendatenbank des Umweltbundesamts diejenige Datenquelle mit der</p>

	<p>bundesweit umfangreichsten Datensammlung zu Seen. Die Datenhaltung in der Seendatenbank ist auf die Zustandsberichterstattung an die EUA ausgerichtet, die im Vergleich zur Berichterstattung nach WRRL jedes Jahr stattfindet (für die 6-jährliche Berichterstattung für die WRRL werden die Bewertungsergebnisse aller berichtspflichtigen Seen im Wasserblickportal der BfG gehalten). Die Daten für die Seendatenbank werden von den Überwachungsbehörden der Bundesländer zugeliefert. Wissenschaftliche Einrichtungen, die teilweise über deutlich längerfristige und höherfrequente Messungen verfügen, führen hingegen separate Datenbanken. Das bedeutet, dass viele existierende Langzeitbeobachtungen von Seen in den Bundesländern nicht in einheitlichen Datenbanken abgelegt werden.</p> <p><u>Perspektiven für eine bundesweite Darstellung des Indikators:</u>                  Für die bundesweite Darstellung des Indikators ist es notwendig, für jeden Seetyp über eine so große Anzahl von Datensätzen zu verfügen, dass eine Mittelwertbildung für die jeweilige Ökoregion möglich ist. Derzeit ist das Kollektiv der betrachteten Seen allerdings hierfür noch zu gering. Hinzu kommt das Problem, dass Datenlücken in den Zeitreihen nicht ausgeschlossen werden können und in der Folge bei einer Mittelung von Daten – vor allem bei einer nur geringen Anzahl von Seen – Artefakte entstehen. Über die fachlichen Möglichkeiten und Grenzen einer Mittelung ist zusammen mit dem LAWA EK Seen weiter zu diskutieren. Ferner ist zu erwarten, dass der Datenpool (s. Anlage) durch die gezielte Ansprache weiterer wissenschaftlicher Einrichtungen zusätzlich ergänzt werden kann.</p> <p>Als natürliche Seen der Mittelgebirgsregion wurden bereits für den Monitoringbericht 2015 die Maare in den Blick genommen. Es wurden damals Daten für das Meerfelder Maar (Biologische-Ökologische Station „Mosenberg“ / Bettenfeld Universität Koblenz-Landau / Prof. Dr. Ulrich Sinsch) in Aussicht gestellt. Diese reichen aber nur bis Anfang der 1990er Jahre zurück und ermöglichen daher nur eine gegenüber den Talsperren deutlich kürzere Zeitreihe.</p>
<p><b>Rechtsgrundlagen, Strategien:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)</li> </ul>
<p><b>In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen</b></p>	<p>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 hoher 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.</p>
<p><b>Ziele:</b></p>	<p>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.</p> <p>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 ei-</p>

	nem 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.
<b>Berichtspflichten:</b>	<p>Die Gewässertemperatur wird nach WRRL als allgemeine physikalisch-chemischen Qualitätskomponente unterstützend für die Bewertung und Überwachung des Gewässerszustands herangezogen (s. a. Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429), Anlage 3).</p> <p>Im Rahmen ihrer Berichtspflichten gegenüber der EU (Artikel 8 und 15 WRRL) sind die Länder verpflichtet, über die Ergebnisse der Überwachung des Zustands des Gewässers zu berichten.</p> <p><u>Hinweis:</u> Die Anforderungen, die im Zusammenhang mit der WRRL-Berichterstattung an das Monitoring gestellt werden, werden für das Klimafolgenmonitoring als nicht ausreichend erachtet. Es wären hierfür höherfrequente (möglichst tägliche) und kontinuierlichere Messungen über das ganze Jahr hinweg erforderlich. Der EK Seen fordert in diesem Zusammenhang vor alle Datenlogger-gestützte Messungen.</p>

#### IV Technische Informationen

<b>Datenquelle:</b>	<p>Bodensee: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) / Institut für Seenforschung (ISF)                  Saidenbachtalsperre: TU Dresden / Ökologischen Station Neunzehnhain und Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV)                  Großer Müggelsee: IGB – Abteilung (Abt. 2) Ökosystemforschung                  Stechlinsee: IGB – Abteilung (Abt. 3) Experimentelle Limnologie                  Dahme: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin</p>	
<b>Räumliche Auflösung:</b>	Punktdaten	NUTS: nicht relevant
<b>Geographische Abdeckung:</b>	<p>Ausgewählte Seen:                  Bodensee (Baden-Württemberg): LAWA-Typ 4 – Geschichteter Alpensee                  Saidenbachtalsperre (Sachsen): LAWA-Typ 5 – Geschichteter, calciumreicher Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet                  Großer Müggelsee (Berlin): LAWA-Typ 11 – Polymiktischer Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet                  Stechlinsee: LAWA-Typ 5 – Geschichteter, calciumreicher Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet                  Dahme (Berlin): LAWA-Typ 12 – Flussee im Tiefland</p>	
<b>Zeitliche Auflösung:</b>	<p>jährlich                  Bodensee: seit 1971                  Saidenbachtalsperre: seit 1977                  Stechlinsee: seit 1971                  Großer Müggelsee: seit 1979                  Rahnsdorf Spree: seit 1975</p>	
<b>Beschränkungen:</b>	keine	
<b>Verweis auf Daten-Factsheets:</b>	WW-I-5_Daten_Wassertemperatur_Seen.xlsx	

#### V Zusatz-Informationen

<b>Glossar:</b>	<b>Epilimnion:</b> bezeichnet die obere erwärmte und stark bewegte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer.
-----------------	---

	<p><b>Hypolimnion:</b> ist die untere, nur durch interne Wellen und deren Ausgleichsströmungen bewegte Wasserschicht in einem geschichteten stehenden Gewässer. Es ist durch die Sprungschicht, das Metalimnion, von der oberen Wasserschicht, dem Epilimnion, getrennt.</p> <p><b>LAWA-Seetypen:</b> Die Typologie der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, Mathes et al. 2002) für die deutschen Seen umfasst 14 Seetypen mit Flächen größer 50 Hektar. Die 14 Typen werden den drei Ökoregionen Alpen und Alpenvorland, zentrale Mittelgebirge und Norddeutsches Tiefland zugeordnet (diese Regionalisierung orientiert sich an den biozönotischen Ökoregionen von Illies 1978, der Deutschland im Wesentlichen in drei Ökoregionen „zentrales Tiefland“ (Region 14), „zentrale Mittelgebirge“ (Region 9) und Alpen (Region 4) eingeteilt hat). Die Typologie nutzt abiotische Kriterien: Ökoregion, Geologie, Seegröße, relative Größe des Einzugsgebietes und Schichtungsverhalten. Als erster Ansatzpunkt für die Lebensgemeinschaften wurde die Trophie berücksichtigt. (<a href="http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen#textpart-2">www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen#textpart-2</a>)</p>
<p><b>Weiterführende Informationen:</b></p>	<p>Informationen aus KLIWA zur Betroffenheit von Seen durch den Klimawandel: <a href="http://www.kliwa.de/gewaesseroekologie-seen-betroffenheit.htm">www.kliwa.de/gewaesseroekologie-seen-betroffenheit.htm</a></p> <p>Adrian R., O'Reilly C. M., Zagarese H., Baines S.B., Hessen D.O., Keller W., Livingstone D.M., Sommaruga R., Straile D., Van Donk E., Weyhenmeyer G.A., Winderl M. 2009: Lakes as sentinels of climate change. <i>Limnol. Oceanogr.</i>, 54 (6, part 2): 2283–2297. <a href="http://www.aslo.org/lo/toc/vol_54/issue_6_part_2/2283.pdf">www.aslo.org/lo/toc/vol_54/issue_6_part_2/2283.pdf</a></p> <p>Boehrer B. &amp; Schultze M. 2009: IV-2.2 Schichtung von Seen. <i>Handbuch Angewandte Limnologie. Limnologische Grundlagen-Gewässerbelastungen-Restauration-Aquatische Ökotoxikologie-Gewässerschutz-Bewertung: 3-21.</i> <a href="http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527321314_c01.pdf">www.wiley-vch.de/books/sample/3527321314_c01.pdf</a></p> <p>Hering D. 2011: <i>Climate Change and Freshwater. Indicating the status of freshwater ecosystems under changing climate conditions.</i> <a href="http://www.climate-and-freshwater.info">www.climate-and-freshwater.info</a></p> <p>IGB – Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei 2018: <i>Seen im Klimawandel – Diagnosen und Prognosen aus der Langzeitforschung.</i> IGB Dossier, Berlin, 11 S.</p> <p>Illies J. 1978: <i>Limnofauna Europaea. Eine Zusammenstellung aller die europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie.</i> Stuttgart, 532 S.</p> <p>Jeppesen E., Meerhoff M., Holmgren K., Gonzalez-Bergonzoni I., Teixeira-de Mello F., Declerck S. A. J., De Meester L., Søndergaard M., Lauridsen T. L., Bjerring R., Conde-Porcuna J. M., Mazzeo N., Iglesias C., Reizenstein M., Malmquist H. J., Liu Z, Balayla D, Lazzaro X. 2010: Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. <i>Hydrobiologia</i> 646: 73–90.</p> <p>KLIWA – Kooperationsvorhaben Klimaveränderung und Wasserwirtschaft 2015: <i>Einfluss des Klimawandels auf Seen – Literaturlauswertungstudie.</i> Konstanz, 125 S <a href="http://www.kliwa.de/_download/Literaturstudie-Seen-2015.pdf">www.kliwa.de/_download/Literaturstudie-Seen-2015.pdf</a></p> <p>Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW, Bayerisches Landesamt für Umwelt – LfU, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz – LUWG, Deutscher Wetterdienst – DWD) (Hrsg.) 2011: <i>Langzeitverhalten von Grundwasserständen, Quellschüttungen und grundwasserbürtigen Abflüssen in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz.</i> KLIWA-Berichte Heft 16, 148 S.</p> <p>LAWA – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser &amp; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2017: <i>Wasserwirtschaftliche Klima-Indikatoren in vorhandenen Monitoring-Programmen – Bundesweite Zusammenstellung und Handlungsempfehlungen für eine Vereinheitlichung</i></p>

	<p>und Anpassung. Stuttgart, 128 S.</p> <p>Mathes J., Plambeck G., Schaumburg J. 2002: Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: Nixdorf B. &amp; Deneke R. (Hrsg.): Ansätze und Probleme bei der Umsetzung der EU- Wasserrahmenrichtlinie. Aktuelle Reihe BTU Cottbus, Sonderband: 15-24.</p> <p>Shimoda Y, Azim M. E., Perhar G., Ramin M., Kenney M.A., Sadraddini S., Gundimov A., Arhonditsis G. B. 2011: Our current understanding of lake ecosystem response to climate change: What have we really learned from the north temperate deep lakes? Journal of Great Lakes Research 37 (1): 173-193.</p> <p>Vincent W.F. 2009: Encyclopedia of Inland Waters: 55-60.</p> <p>Weinberger S. &amp; Vetter M. 2012: Using the hydrodynamic model DYRESM based on results of a regional climate model to estimate water temperature changes at Lake Ammersee. Ecological Modelling 244: 38-48.</p>
--	---

## VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

<b>Aufwands-schätzung:</b>	Daten-beschaffung:	<b>3</b>	mehrere datenhaltende Institutionen; Daten müssen von den einzelnen datenhaltenden Institutionen individuell abgefragt werden
	Daten-verarbeitung:	<b>2</b>	Die Daten können nicht direkt übernommen werden, eine Generierung der Monatsdaten ist notwendig.
	<u>Erläuterung:</u> Die zeitliche Auflösung sowie die Messfrequenzen der einzelnen Seen sind unterschiedlich und variieren auch innerhalb der jeweiligen Zeitreihe. Es müssen zuerst konsistente Datenreihen von Monatswerten erzeugt werden. Der Aufwand für das Zusammentragen und Aufbereiten der Daten für die Fallstudie beläuft sich auf ca. 2 Tage.		
<b>Datenkosten:</b>	keine		
<b>Zuständigkeit:</b>	Koordinationsstelle		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

## VII Darstellungsvorschlag





