

Indikator-Factsheet: Wasserstand von Seen

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Bearbeitet in Zusammenarbeit mit dem Fachteam Seen der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (LM) Mecklenburg-Vorpommern, Referat 420 Gewässerkunde, Seenprogramm, Klimawandel (Eckard Kohlhas) Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin (SenUMVK) (Antje Köhler)	
Letzte Aktualisierung:	09.06.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Ersterstellung
	04.08.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Weitere (Daten-) Ergänzungen und Einarbeitung von Rückmeldungen aus der LAWA Kleingruppe Klimaindikatoren
	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:	laufend	Bei ausreichender Datenlage könnten perspektivisch der Westen und der Osten des Norddeutschen Tieflandes getrennt ausgewertet werden, da sich besonders im niederschlagsarmen Osten eine deutliche Abnahme der Wasserstände zeigt. Grundsätzlich lässt sich die Datengrundlage des Indikators durch die Hinzunahme zusätzlicher Seen erweitern. So wird beispielsweise in Brandenburg derzeit an einer systematischen Kategorisierung der Seen gearbeitet, unter anderem mit dem Ziel, mehr Klarheit zur Beeinflussung der Seen durch Wehre zu erhalten. Gleichzeitig setzt das IGB seine Arbeiten im Rahmen des LAWA EK Seen fort und wertet die Wasserstandsdaten der „Klimaseen“, in denen kontinuierlicher Datenerhebungen gestartet wurden, aus.

I Beschreibung

Interne Nr. WW-I-7	Titel: Wasserstand von Seen	
Einheit:	Kurzbeschreibung des Indikators:	
<u>Teil A:</u> cm Abweichung	<u>Teil A:</u> Mittlerer (indexierter) Wasserstand von Seen der Region Norddeutsches Tiefland im hydrologischen Jahr (1.11. des Vorjahres bis 31.10.)	
<u>Teil B:</u> cm Abweichung	<u>Teil B:</u> Mittlerer (indexierter) Wasserstand von Seen der Region Alpen und Alpenvorland im hydrologischen Jahr (1.11. des Vorjahres bis 31.10.)	
<u>Zusatz Teil A:</u> cm Abweichung	<u>Zusatz zu Teil A:</u> Mittlerer (indexierter) Wasserstand ausgewählter Seen der Region Norddeutsches Tiefland im hydrologischen Winterhalbjahr (1.11. des Vorjahres bis 30.4.)	

<u>Zusatz Teil B:</u> cm Abweichung	und im hydrologischen Sommerhalbjahr (1.5. bis 31.10.) <u>Zusatz zu Teil B:</u> Mittlerer (indexierter) Wasserstand ausgewählter Seen der Region Alpen und Alpenvorland im hydrologischen Winterhalbjahr (1.11. des Vorjahres bis 30.4.) und im hydrologischen Sommerhalbjahr (1.5. bis 31.10.) Berechnungsvorschrift: <u>Schritt 1:</u> Auswahl von Seen Auswahl von Seen mit möglichst kontinuierlichen Datenreihen und ganzjährigen Messungen des Wasserstands; Talsperren werden nicht berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass deren Wasserstand in erheblichem Maße anthropogen beeinflusst ist. Für die Fallstudie wurden ausgewählte Seen aus den Ökoregionen Norddeutsches Tiefland sowie Alpen und Alpenvorland berücksichtigt (s. Abschnitt VIII). Arbeitsschritte für jeden einzelnen See: <u>Schritt 2:</u> Zusammenstellung oder Berechnung der Monatswerte Die Daten werden in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung geliefert. Für die Messstellen müssen zunächst die Monatsmittelwerte aus den Tageswerten berechnet werden. <u>Schritt 3:</u> Mittelung für das hydrologische Jahr und die hydrologischen Halbjahre Teile A und B: Durchschnitt des Wasserstands im hydrologischen Jahr (1.11. des Vorjahres bis 31.10.) Zusätze zu Teil A und B: Durchschnitt des Wasserstands im hydrologischen Winterhalbjahr (1.11. des Vorjahres bis 30.4.) und im hydrologischen Sommerhalbjahr (1.5. bis 31.10.) <u>Schritt 4:</u> Indexierung der Werte Zur Vorbereitung der Aggregation über mehrere Seen müssen alle Absolutwerte indexiert werden. Zur Vorbereitung der Aggregation über mehrere Messstellen müssen alle Absolutwerte indexiert werden. Dabei wird das Jahr 2014 auf „0“ gesetzt, und für alle anderen Werte wird dann die Differenz zum ursprünglichen Wert des Jahres 2014 (in cm) ermittelt. Das Jahr 2014 wurde ausgewählt, weil dies das am weitesten zurückliegenden Jahr ist, in dem von allen Messstellen Daten zur Verfügung stehen. Der Indexwert wird zur Vermeidung von Missverständnissen ohne Einheit angegeben (im Grunde ist die Einheit aber cm). Für Messstellen, deren Werte in m ü. NN angegeben werden, muss zunächst eine Umrechnung in cm erfolgen. z. B. Index 2019 = Wasserstand 2019 – Wasserstand 2014 Arbeitsschritte zur Aggregation: <u>Schritt 5:</u> Mittelung der Indexierung für die Ökoregionen Norddeutsches Tiefland sowie Alpen und Alpenvorland Die indexierten Werte werden über alle Messstellen, die der jeweiligen Ökoregion 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:	<u>Teile A und B sowie Zusätze:</u> Je höher der Indikatorwert, desto höher ist der relative Wasserstand in den betrachteten Gewässern.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft
Themenfeld:	Wasserstand von Seen
Thematischer Teilaspekt:	Veränderung des Wasserstands von Seen
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorensysteme:	keine
Begründung:	Steigende Luft- und Wassertemperaturen und die damit verbundene höhere Evapotranspiration auf dem Land und an der Wasseroberfläche selbst können zu sinkenden Wasserständen in Seen führen. Hinzu kommen in einigen Regionen Deutschland verringerte Niederschlagsmengen. Sie führen zu geringeren Zuflüssen in die Seen, sei es direkt über Oberflächenabflüsse oder über Zuflüsse aus dem Grundwasser (Prange et al. 2020, Lischeid et al. 2021). Bereits vor mehr als zehn Jahren haben Kobel & Spicher (2010) festgestellt, dass die Seewasserspiegel seit etwa 20 bis 30 Jahren in ganz Nordostdeutschland sinken (Kobel & Spicher 2010). Teilweise liegen Pegel heute schon zeitweise im Trockenen, weil die Wasserstände unter die Pegelnullpunkte sinken. Bei der Einrichtung der Pegel konnte mit derart niedrigen Wasserständen nicht gerechnet werden. Besonders augenscheinlich ist die Situation bei grundwassergespeisten Seen, denn der Seenwasserstand ist eng mit dem Grundwasserstand gekoppelt. Die vor allem in den norddeutschen Bundesländern auftretende Wassermangelsituation, die zu deutlich sinkenden Grundwasserständen beiträgt (vgl. Indikator WW-I-2), hat sinkende Seenwasserstände zur Konsequenz. Aber auch im Süden Deutschland lassen sich sinkende Seenwasserstände beobachten. Rückläufige Niederschläge wirken sich insbesondere bei flachen Seen deutlich sichtbar aus. Wenn hier der Wasserspiegel sinkt, fallen gleich viele Meter Ufer trocken und Stege stehen weit über der Wasseroberfläche. Dadurch kann auch die Nutzung beispielsweise durch Badende oder Bootsfahrende stark beeinträchtigt werden. Sinkende Wasserstände bringen vor allem auch ökologische Probleme mit sich. Am Ufer (im Litoral) können Brutgebiete für Vögel oder Laichgebiete für Fische durch Rückgang des Gelegegürtels verlorengehen. Die im Litoral angestammten Arten der wirbellosen Fauna werden verdrängt. Bei schrumpfenden Seewasservolumina können sich Nähr- und Schadstoffe aufkonzentrieren. Zudem heizt sich der Wasserkörper schneller auf, mit allen damit verbundenen Folgen für die Schichtungsstabilität und Stoffumsätze, die Wasserqualität und die Gewässerökosysteme (vgl. Indikator WW-I-8). Die höhere Wassertemperatur wiederum verstärkt die Verdunstung und führt damit zu einem sich selbst verstärkenden Prozess des Wasserverlustes. Der Indikator bezieht sich auf die Regionen Norddeutsches Tiefland sowie Alpen und Alpenvorland. Für die Mittelgebirgsregion konnten bisher keine geeigneten Seendaten verfügbar gemacht werden. Es handelt sich bei der Mehrzahl der Seen um staugeregelte Seen, und zu den wenigen natürlichen Seen gibt es keine ausreichenden Daten. Für die thüringischen Talsperren gibt es Hinweise auf rückläufige Abflussspenden zumindest im Sommerhalbjahr. Der Indikator basiert auf indexierten Werten. Das bedeutet, für jeden See werden die relativen Abweichungen von einem auf den Wert 0 gesetzten Indexjahr

	(hier das Jahr 2014) ermittelt. Unterschiedliche Höhenlagen-, Naturraum- und Seen-typische Temperaturniveaus werden damit relativiert, sodass die Werte über verschiedene Seen hinweg gemittelt werden können. Das Jahr 2014 wird als Indexjahr gewählt, um die Darstellung mit der des Indikators WW-I-8 vergleichbar zu machen. Der Indikator-Zusatz stellt die Entwicklung differenziert für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr dar, da sich auch die Grundwasserstände in den Halbjahren unterschiedlich entwickeln.
Einschränkungen:	Mit der Mittelung der Indexwerte der verschiedenen Seen für die Ökoregion wird über mitunter sehr unterschiedliche individuelle Seencharakteristika hinweg gemittelt. Vor allem, wenn für einzelne Jahre und einzelne Seen Daten fehlen und die Mittelwertbildung in einzelnen Jahren nur über ausgewählte Seen vorgenommen wird, kann dies zu (leichten) Brüchen in der Zeitreihe führen. Messfrequenz und Messzeitpunkt der Datenerhebungen an den einzelnen Seen sind unterschiedlich. Teilweise stehen Terminwerte (um 7.00 oder auch um 9.00 Uhr) oder auch Tagesmittelwerte zur Verfügung. Veränderungen kann es auch innerhalb von Zeitreihen geben. Über diese Brüche hinweg wird indiziert. Wasserentnahmen aus den Seen werden im Indikator nicht berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass auch diese zumindest indirekt auch in Verbindung mit dem Klimawandel stehen können.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	• Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901) geändert worden ist
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen	keine
Ziele:	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 [...] erhalten oder erreicht werden. DAS, Kap. 3.2.3: 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.
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Berlin (Sen-UMVK), Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW), Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN): Pegelmessungen an Seen	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS: nicht relevant
Geographische Abdeckung:	Ausgewählte Seen in den Ökoregionen Norddeutsches Tiefland (21) sowie Alpen und Alpenvorland (10)	

Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1961
Beschränkungen:	keine
Verweis auf Daten-Factsheets:	WW-I-7_Daten_Wasserstand_Seen.xlsx

V Zusatz-Informationen

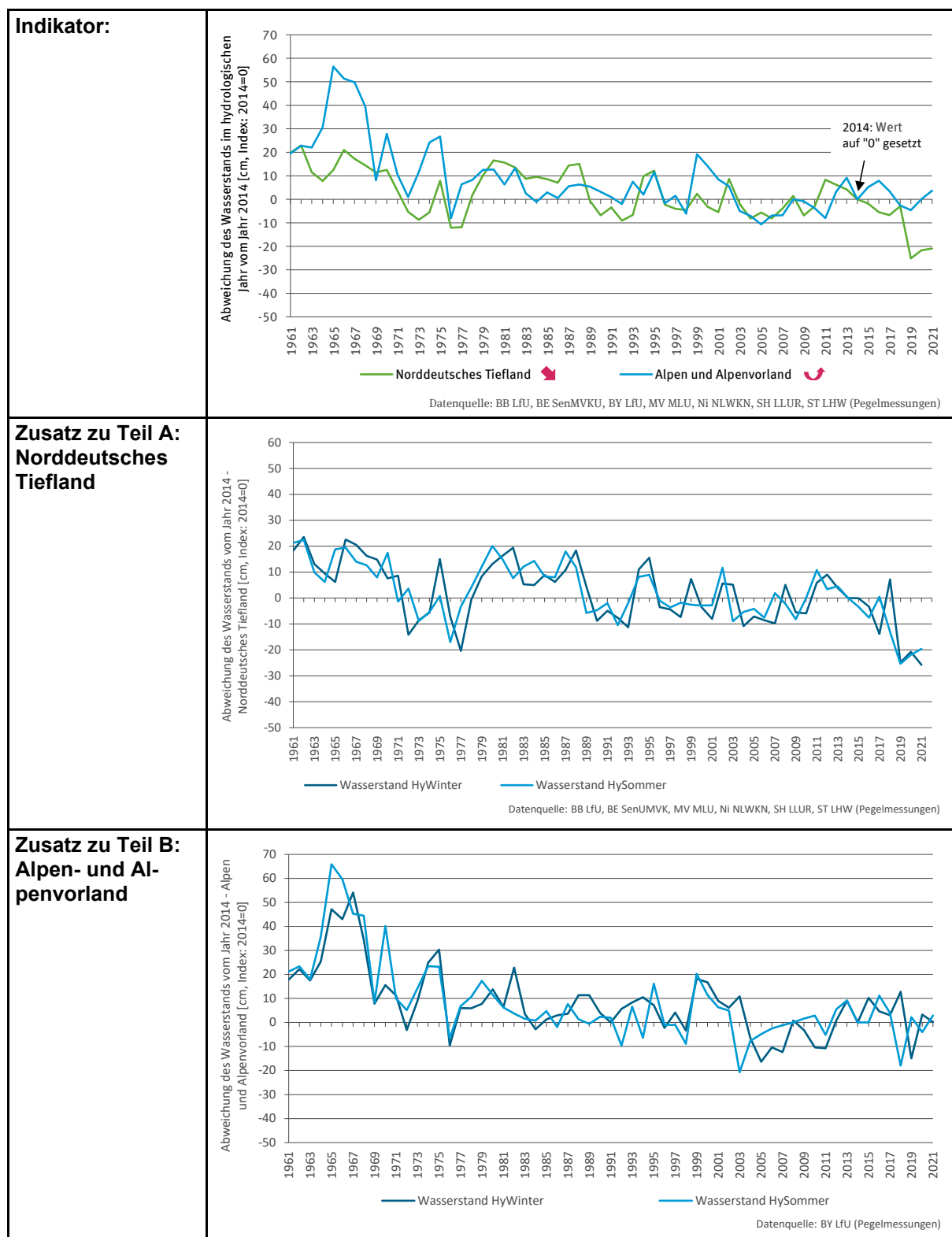
Glossar:	LAWA-Seetypen: Die Typologie der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, Mathes et al. 2002) für die deutschen Seen umfasst 14 Seetypen mit Flächen größer 50 Hektar. Die 14 Typen werden den drei Ökoregionen Alpen und Alpenvorland, zentrale Mittelgebirge und Norddeutsches Tiefland zugeordnet. Die Typologie nutzt abiotische Kriterien: Ökoregion, Geologie, Seegröße, relative Größe des Einzugsgebietes und Schichtungsverhalten. Als erster Ansatzpunkt für die Lebensgemeinschaften wurde die Trophie berücksichtigt. (www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen#textpart-2)
Weiterführende Informationen:	Kaiser K., Germer S., Küster M., Lorenz S., Stüve P., Bens O. 2012: Seespiegelschwankungen in Nordostdeutschland: Beobachtung und Rekonstruktion. System Erde (2): 62-67. Kobel J. & Spicher V. 2010: Entwicklung der Wasserstände ausgewählter Seen und Renaturierung des Wasserhaushaltes im Müritz-Nationalpark, Mecklenburg-Vorpommern. In: Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen, Lösungen. Scientific Technical Report 10/10. Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam: 104-109. Lischeid G., Dannowskia R., Kaiser K., Nützmann G., Steidl J., Stüve P. 2021: Inconsistent hydrological trends do not necessarily imply spatially heterogeneous drivers. Journal of Hydrology 596 (2021) 126096. doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126096 Ostendorp W., Brem H., Dienst M., Jöhnk K., Mainberger M., Peintinger M., Rey P., Rossknecht H., Schlichtherle H., Straile D., Strang I. 2007: Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Bodensee. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Heft 125: 199-244. Prange M., Wilke T., Wesselingh F. 2020: The other side of sea level change. Communications Earth & Environment 1, 69 (2020). doi: 10.1038/s43247-020-00075-6

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	mehrere datenhaltende Institutionen; Daten müssen von den einzelnen datenhaltenden Institutionen individuell abgefragt werden
	Daten-verarbeitung:	3	Die Daten können nicht direkt übernommen werden, eine Generierung der Monatsdaten und aufwändige Verrechnungen sind 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 beläuft sich für die Fallstudie auf ca. 2 Tage.		
Datenkosten:	keine		

Zuständigkeit:	Koordinationsstelle
	Erläuterung: keine

VII Darstellungsvorschlag



VIII Anlagen

Die nachstehende Tabelle ordnet die im Indikator berücksichtigten und geprüften Seen und Talsperren den Ökoregionen und LAWA-Seentypen zu.

Ökoregion	LAWA-Seentyp	See (und Bundesland)
Norddeutsches Tiefland	Typ 10: Geschichteter Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet	BB: Wolziger See MV: Dolgener See MV: Keetzer See MV: Medeweger See MV: Binnenmüritz
	Typ 11: Polymiktischer Tieflandsee mit relativ großem Einzugsgebiet	MV: Borgwallsee MV: Gross-Upahler See MV: Malchiner See NI: Steinhuder Meer NI: Dümmer
	Typ 12: Flussee im Tiefland	MV: Nonnensee
	Typ 13: Geschichteter Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	BB: Wittwesee BB: Parsteiner See BE: Groß Glienicker See MV: Carwitzer See MV: Drewitzer See MV: Neustädter See MV: Woseriner See, Hofsee SH: Großer Plöner See ST: Arendsee
	Typ 14: Polymiktischer Tieflandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	-
	Ohne Einordnung, da <50 ha	MV: Groß Liepener See
Alpen und Alpenvorland	Typ 2: Geschichteter Alpenvorlandsee mit relativ großem Einzugsgebiet	BY: Waginger See
	Typ 3: Geschichteter Alpenvorlandsee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	BY: Rottachsee BY: Wörthsee
	Typ 4: Geschichteter Alpensee	BY: Ammersee BY: Bodensee BY: Chiemsee BY: Königssee BY: Schliersee BY: Starnberger See BY: Tegernsee
Mittelgebirge (geprüft, aber nicht berücksichtigt)	Typ 5: Geschichteter, calciumreicher Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet	-
	Typ 6: Polymiktischer, calciumreicher Mittelgebirgssee	BY: Altmühlsee BY: Kleiner Brombachsee
	Typ 7: Geschichteter, calciumreicher Mittelgebirgssee mit relativ kleinem Einzugsgebiet	-
	Typ 8: Geschichteter, calciumarmer Mittelgebirgssee mit relativ großem Einzugsgebiet	-
	Typ 9: Geschichtete, calciumarme Talsperre mit kleinem Einzugsgebiet	-