

I-WW-1: Grundwasserstand


I Indikationsidee		
Indikator	Die klimawandelbedingt veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse haben Auswirkungen auf die Grundwasserstände. Verringerte Niederschläge und hohe Verdunstung reduzieren die Grundwasserneubildung. Auch bei Starkregen tragen die Niederschläge nur wenig zur Versickerung und Auffüllung der Grundwasserspeicher bei. Im Bereich der Geest zeichnen sich seit den 1990er Jahren vermehrt Unterschreitungen der mittleren niedrigsten Grundwasserstände ab.	
II Basisinformationen		
Interne Nummer	I-WW-1	
Titel	Grundwasserstand	
Verfasser/in	Bosch & Partner / Konstanze Schönthaler	
Ansprechperson	BUKEA, Stabsstelle Klimafolgenanpassung für das Klimafolgen-Monitoring: Dr. Andreas Gravert (stabsstelleklimafolgenanpassung@bukea.hamburg.de) BUKEA, Amt für Wasser, Abwasser und Geologie W1221 für Daten und Indikator: Nikolaus Classen (nikolaus.classen@bukea.hamburg.de)	
Letzte Aktualisierung	28.04.2022, Bosch & Partner / Konstanze Schönthaler: Erstentwurf 18.10.2022, Bosch & Partner / Konstanze Schönthaler: Einarbeitung redaktioneller Anmerkungen von BUKEA W1221	
Nächste Fortschreibung	derzeit nicht vorgesehen	
III Einordnung		
Handlungsfeld	Wasserwirtschaft und Binnenhochwasserschutz	
Kategorie	Impact II (beobachtbare Klimawandelfolge)	
Klimaparameter	S-NI-4 Jahresniederschlag S-NI-2 Jahreszeitlicher Niederschlag S-TP-2 Jahreszeitliche Temperatur Klimatische Wasserbilanz (noch nicht erarbeitet)	
IV Berechnung		
Kurzbeschreibung des Indikators [Einheit]	Indikator Teil 1	Monate mit einer Überschreitung des mittleren höchsten Grundwasserstands der Referenzperiode 1971-2000 im Bereich der nördlichen Geest [Anzahl]
	Indikator Teil 2	Monate mit einer Unterschreitung des mittleren niedrigsten Grundwasserstands der Referenzperiode 1971-2000 im Bereich der nördlichen Geest [Anzahl]
Berechnungsvorschrift	Indikator Teil 1	<u>Schritt 1:</u> Ermittlung der Referenzwerte zu den höchsten Grundwasserständen für die Referenzperiode 1971-2000 für jede Messstelle Mittlerer höchster Grundwasserstand 1971-2000 = Mittelwert der jährlichen Höchststände der hydrologischen Jahre 1971-2000 Es werden Daten für zwei Messstellen in der nördlichen Geest (Nr. 165 (Sülldorf) und 887 (Bergstedt)) verwendet.

		<p>Berechnung basiert auf hydrologischen Jahren (1.11. des Vorjahres bis 31. Oktober)</p> <p><u>Schritt 2:</u> Ermittlung der Überschreitungen</p> <p>Für jede Messstelle Ermittlung der Anzahl der Monate eines jeden hydrologischen Jahres, in denen der Monatsmittelwert den langjährigen höchsten Grundwasserstand (aus Schritt 1) überschreitet.</p> <p>Mittlerer Grundwasserstand Monat – Mittlerer höchster Grundwasserstand 1971-2000 > 0</p> <p>Hinweis: Es werden alle Messstellen berücksichtigt, zu denen für mind. 6 Monate des jeweiligen hydrologischen Jahres Monatsmittelwerte vorliegen.</p> <p><u>Schritt 3:</u> Mittelung über die Messstellen</p> <p>Mittelung aller Monatssummen mit Überschreitungen des langjährigen höchsten Grundwasserstands / der langjährigen höchsten Quellschüttung (aus Schritt 2) für die im jeweiligen Jahr berücksichtigten Messstellen.</p>
	<p>Indikator Teil 2</p>	<p><u>Schritt 1:</u> Ermittlung der Referenzwerte zu den niedrigsten Grundwasserständen für die Referenzperiode 1971-2000 für jede einzelne Messstelle</p> <p>Mittlerer niedrigster Grundwasserstand 1971-2000 = Mittelwert der jährlichen Niedrigststände der hydrologischen Jahre 1971-2000</p> <p><u>Schritt 2:</u> Ermittlung der Unterschreitungen</p> <p>Für jede einzelne Messstelle Ermittlung der Anzahl der Monate eines jeden hydrologischen Jahres, in denen der Monatsmittelwert den langjährigen niedrigsten Grundwasserstand (aus Schritt 1) unterschreitet.</p> <p>Mittlerer Grundwasserstand Monat – Mittlerer niedrigster Grundwasserstand 1971-2000 < 0</p> <p>Hinweis: Es werden alle Messstellen berücksichtigt, zu denen für mind. 6 Monate des jeweiligen hydrologischen Jahres Monatsmittelwerte vorliegen.</p> <p><u>Schritt 3:</u> Mittelung über die Messstellen</p> <p>Mittelung aller Monatssummen mit Unterschreitungen des langjährigen niedrigsten Grundwasserstands (aus Schritt 2) für die im jeweiligen Jahr berücksichtigten Messstellen</p>

V Begründung und Hintergrund

<p>Begründung</p>	<p>Nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, für die Grundwasserkörper einen guten mengenmäßigen Zustand des Grundwassers zu sichern oder zu erreichen. Dieser wird erreicht, wenn die Grundwasserneubildungsrate deutlich über der für verschiedene Nutzungen entnommenen Wassermenge liegt. Eine über die Grundwasserneubildungsrate hinausgehende Nutzung von Grundwasservorkommen führt langfristig zu niedrigeren Grundwasserspiegeln. Dies gilt insbesondere bei kleinen Grundwasserkörpern. Auch bei gerade ausgeglichenem Verhältnis von entnommenem Grundwasser und Grundwasserneubildungsrate kommt es durch den natürlichen Abfluss des Grundwassers zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels.</p> <p>Veränderte Temperaturen und Niederschläge beeinflussen die Grundwasserneubildung: Wegen steigender Temperaturen erhöht sich unter anderem die Verdunstung; damit sind Versickerung und Grundwasserneubildung reduziert. Auch die veränderten Niederschlagsverhältnisse beeinflussen über den Abfluss an der Oberfläche die Grundwasserneubildung. Bei Starkregen kann der Boden die großen Regenmengen nicht schnell genug aufnehmen, sodass ein Großteil des Regenwassers direkt an der</p>
-------------------	---

	<p>Oberfläche abfließt, ohne zur Versickerung zu gelangen. Auf der anderen Seite bieten Niederschlagszunahmen im Winter gute Bedingungen für die Grundwasserneubildung. Grundsätzlich wirken Veränderungen des Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre und des Niederschlagsregimes bei der Beeinflussung des Grundwasserstands zusammen. Durch welchen der Faktoren in einem bestimmten Jahr oder auch in einer Episode die Grundwasserstände dominierend beeinflusst werden, lässt sich ohne eine genauere Betrachtung der jeweiligen lokalen Witterungsverhältnisse nicht sagen.</p> <p>Im Vergleich zu Oberflächengewässern reagieren Grundwässer langfristig auf die Verschiebung von Niederschlagsmengen, wodurch z. B. Jahre mit einer geringen Gesamtniederschlagsmenge kompensiert werden können. Cuthbert et al. (2019) sprechen in diesem Zusammenhang auch von einem „hydraulischen Gedächtnis“ von Grundwassersystemen, das Klimawandelfolgen in vielen Regionen zunächst abpuffern kann, sich dann aber – zunächst unbemerkt – zu einer lange währenden Altlast des menschengemachten Klimawandels für Abflüsse und grundwasserabhängige Ökosysteme entwickelt.</p> <p>Der Klimawandel beeinflusst aber nicht nur die Grundwasserneubildung, sondern auch die Nutzung des Grundwassers: Vor allem während Hitzeperioden kann es zu verstärkten Wasserentnahmen für Trink- und Brauchwasserzwecke kommen (vgl. Indikator I-VE-1).</p> <p>Um die unmittelbaren Effekte des Klimawandels auf die Entwicklung der Grundwasserstände abbilden zu können, bedarf es möglichst anthropogen unbeeinflusster Grundwassermessstellen, sodass die Effekte nicht durch Veränderungen beispielsweise der Grundwasserentnahme überlagert werden. In Hamburg gibt es im Bereich der nördlichen Geest zwei Messstellen, die diese Anforderungen erfüllen. Sie liegen im Bereich Sülldorf und Bergstedt im Norden Hamburgs. Im Bereich der Marsch zeigen die erprobten Auswertungen der Daten dreier Messstellen Entwicklungen, die sich mit Blick auf den Klimawandel nicht interpretieren lassen (s. IX Anlagen). Durch die Polderung gibt es im Bereich der Marsch offensichtlich eine Überlagerung der mit dem Klimawandel verbundenen Phänomene, die eine Interpretation deutlich erschweren. Der Indikator beschränkt sich daher auf den Bereich der nördlichen Geest.</p> <p>Die Neubildung qualitativ hochwertigen Grundwassers ist eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige Trinkwasserbereitstellung. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl grundwasserabhängiger Ökosysteme. Hierzu gehören Feuchtgebiete, die Teil eines Oberflächengewässers sind (wie z. B. Röhrichtgürtel an Seen) sowie Biotoptypen auf Standorten mit geringem Grundwasserflurabstand. Diese Ökosysteme sind von Veränderungen des Grundwasserstands direkt betroffen. Von Relevanz ist ebenfalls, dass Oberflächengewässer auch aus dem Grundwasser gespeist werden, was auch oder insbesondere in Trockenzeiten bedeutsam ist.</p>
Anwendungshinweise	Der Indikator basiert auf nur zwei Messstellen, von denen eine erst ab dem hydrologischen Jahr 1972 Daten bereitstellt. Die Datenreihe hat daher einen Datenbruch zwischen 1971 und 1972. Die Messstelle 887 zeigt deutlichere Ausschläge bei den Über- und Unterschreitungen.
Schnittstellen	I-WW-3 Mittlerer Abfluss an Alster und Wandse I-VE-1 Trinkwasserquantität
Referenzen auf andere Indikatorenssysteme	<p>Monitoring zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS): WW-I-2 Grundwasserstand und Quellschüttung Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WH-1 Grundwasserstand und Quellschüttung Klimawandelmonitoring Brandenburg: W-4 Grundwasserzustand Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen: 2.4 Grundwasserstand, 2.5 Grundwasserneubildung Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-WW-1 Grundwasserstand und Quellschüttungen</p>

	<p>Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-W3 Entwicklung des Grundwasserstands</p> <p>Klimafolgenmonitoring Sachsen-Anhalt: Langjähriger mittlerer Grundwasserstand für die Messstelle Piesdorf</p> <p>Klimawandelfolgenmonitoring Schleswig-Holstein: Grundwasserstand</p>
Bezüge zu Maßnahmen	 <p><i>Im Zuge der Fertigstellung der Hamburger Anpassungsstrategie im Jahr 2023 wird dieses Feld ausgefüllt.</i></p>

VI Definitionen und Referenzen

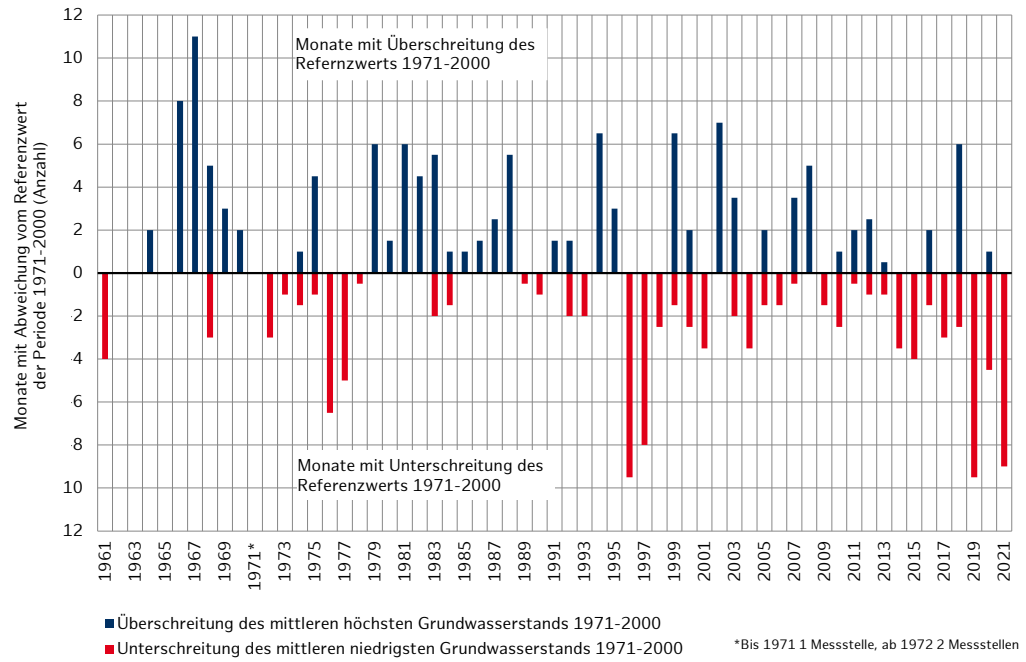
Glossar	Grundwasser	Grundwasser ist alles unterirdische Wasser unterhalb der Bodenoberfläche, das den Porenraum einer Boden- bzw. Gesteinsmatrix zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich von der Schwerkraft bestimmt wird.
	Grundwasserleiter	Unter Grundwasserleiter versteht man den Gesteinskörper, der aufgrund seines Gehalts an Hohlräumen in der Lage ist, Grundwasser weiterzuleiten, sodass entweder ein nennenswerter Grundwasserstrom oder die Entnahme erheblicher Grundwassermengen möglich ist.
	Grundwasserkörper	Ein Grundwasserkörper ist ein eindeutig abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter.
	Grundwasserstand	Der Grundwasserstand ist das Niveau in der gesättigten Zone, auf dem der hydrostatische Druck gleich dem Atmosphärendruck ist
	Geest	Die Geest bezeichnet einen geomorphologisch-pedologischen Landschaftstyp in Norddeutschland, Flandern, den Niederlanden und Dänemark. Er ist gekennzeichnet durch Sandablagerungen aus der Zeit des Pleistozäns und steht im Gegensatz zum nacheiszeitlich entstandenen Schwemmland, der Marsch. Da die Geest eine höher gelegene Landschaft darstellt, nennt man sie bisweilen auch Geestrücken oder Sandrücken. Geestlandschaften bestehen aus Endmoränen, Grundmoränen saaleiszeitlicher Prägung (Hohe Geest) oder weichseleiszeitlichen Sandern (Niedere Geest). Diese Altmoränenlandschaft wurde im Zuge des Eem-Interglazials von Flugsanden und danach von Sandern der folgenden Weichseleiszeit überprägt. Sehr sandige Geestgebiete wie die im Hamburger Raum sind nur wenig fruchtbar.
Referenzen, weiterführende Literatur	<p>BUKEA – Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg: Informationen zu Grundwasser und Grundwassernutzungen. Link: Website</p> <p>Cuthbert M. O., Gleeson T., Moosdorf N., Befus K. M., Schneider A., Hartmann J., Lehner B. 2019: Global patterns and dynamics of climate-groundwater interactions. Nature Climate Change volume 9: 137–141. Link: Artikel</p> <p>Wunsch A., Liesch T., Broda S. 2022: Deep learning shows declining ground-water levels in Germany until 2100 due to climate change. Nature Communications 13, Article number: 1221. Link: Artikel</p>	

VII Technische Informationen

Datenquelle	Indikator Teile 1 und 2	BUKEA, W 1221: Grundwassermessnetz
Räumliche Auflösung	Indikator Teile 1 und 2	für die nördliche Geest anhand zweier ausgewählten Messstellen Nr. 165 Sülldorf Nr. 887 Bergstedt
Zeitliche Auflösung	Indikator Teile 1 und 2	jährlich, ab 1961

VIII Visualisierung des Indikators

Indikator



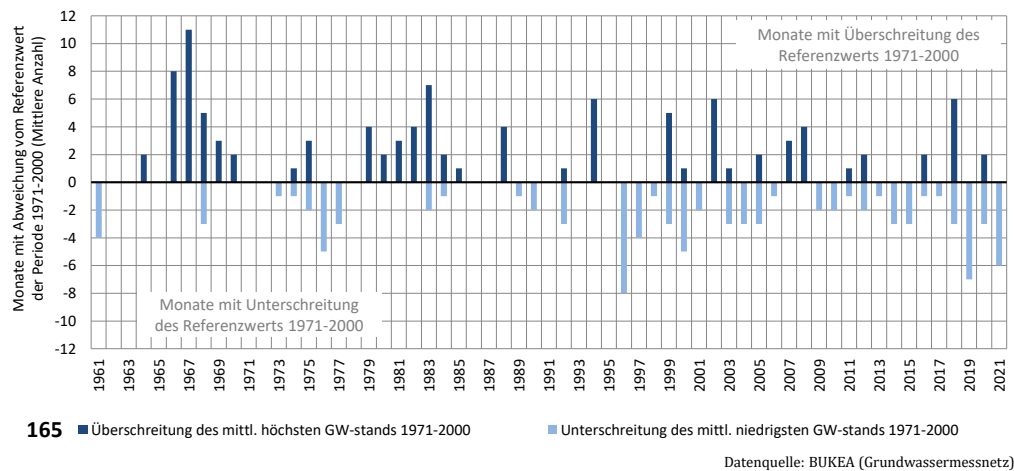
I-WW-1: GRUNDWASSERSTAND -GEEST

IX Anlagen

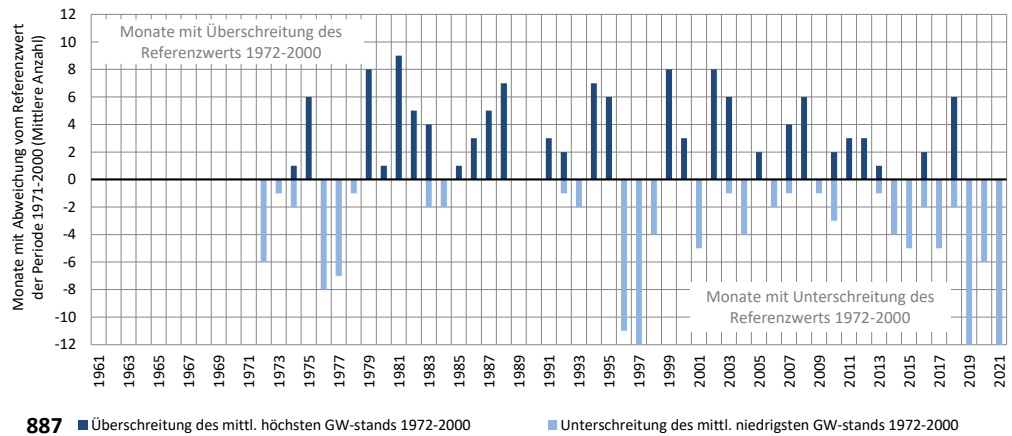
Auswertungen der einzelnen Messstellen

Die nachstehenden Messstellen wurden nach der oben beschriebenen Methodik separat ausgewertet. Für den Indikator wurden nur die beiden oben stehenden Messstellen im Bereich der Nördlichen Geest genutzt, da diese zumindest in der Tendenz vergleichbare Entwicklungen zeigen.

Nördliche Geest:

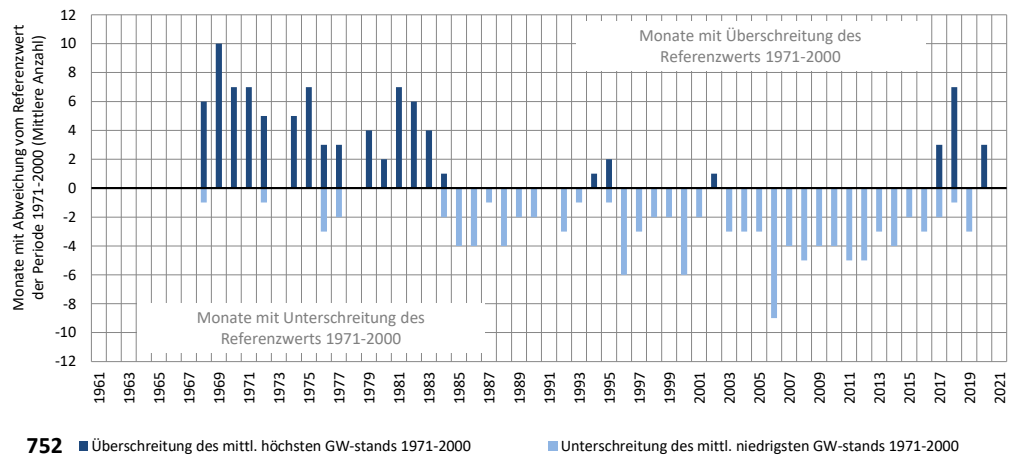


Nördliche Geest:



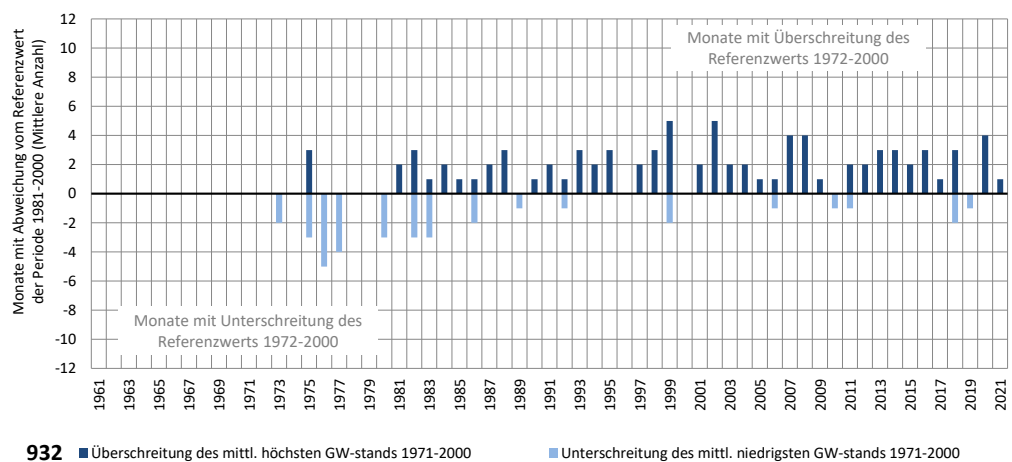
Datenquelle: BUKEA (Grundwassermessnetz)

Übergang Geest-Marsch



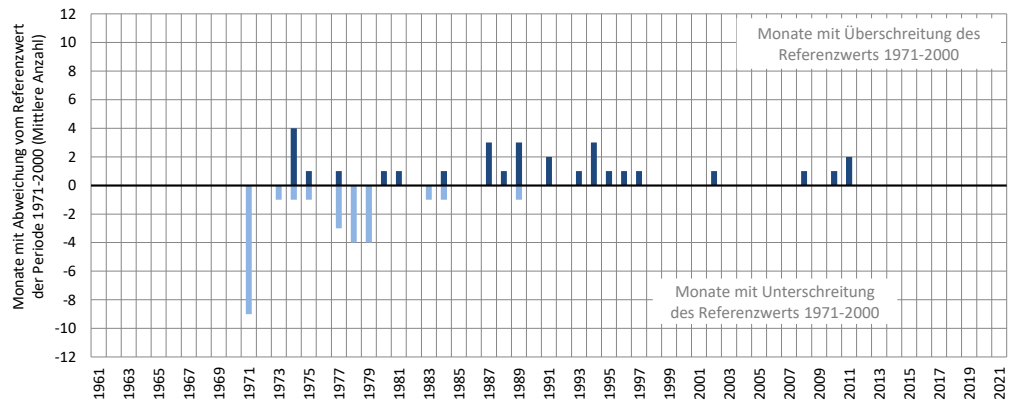
Datenquelle: BUKEA (Grundwassermessnetz)

Marsch:



Datenquelle: BUKEA (Grundwassermessnetz)

Marsch:



635 ■ Überschreitung des mittl. höchsten GW-stands 1972-2000 ■ Unterschreitung des mittl. niedrigsten GW-stands 1972-2000

Datenquelle: BUKEA (Grundwassermessnetz)