

I. Basisinformation										
Ansprechpartner	LfULG, R43 Grundwasser, Siedlungswasserwirtschaft Grundwasser.lfulg@smekul.sachsen.de LfULG Ref.55, Fachzentrum Klima FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de									
Letzte Aktualisierung:	01/2024									
Fortschreibungszyklus:	jährlich									
Interne Nummer: I-WW1	Entwicklung der Grundwasserstände anhand des standardisierten Grundwasserindex (SGI)									
Kurzbeschreibung und Einheit:	Der standardisierte Grundwasserindex SGI ist ein klimatologischer Grundwasserindex zur Identifikation von Grundwasserüberschüssen (Hochwasser im Grundwasser) und -defiziten (Grundwasserdürre) ⁵ analog zu anderen verwandten Indices ^{1, 2, 3, 4} und ermöglicht den Vergleich von Grundwasserständen verschiedener Grundwassermessstellen und Quellen unterschiedlicher Tiefe und Bedeckung.									
Berechnungsvorschrift:	<p>Es wird die Differenz aus dem langjährigen Monatsmittelwert (Mittelwert des Grundwasserstandes für jeden der 12 Monate des gesamten Auswertungszeitraums) und dem Monatsmittelwert (gemittelte Grundwasserstände pro Monat) geteilt durch die langjährige Standardabweichung für jeden der 12 Monate über den gesamten Auswertungszeitraum. Der Auswertungszeitraum wird jährlich seit 1916 fortgeschrieben. Praktisch hat man dann sich wiederholende Werte für den langjährigen Monatsmittelwert und die langjährige Standardabweichung, die dann für jeden Monat in Beziehung gesetzt werden zum Monatsmittelwert.</p> <p>Der Monatsmittelwert ergibt sich aus den Monatsmittelwerten der einzelnen Messstellen. Die Anzahl der verwendeten Messstellen variiert aufgrund von Messstellenneubau und –aussonderung über die Zeit. Aus diesem Grund empfiehlt es sich auch die zweite Abbildung zu betrachten, wo der zeitliche Verlauf der Anzahl der verwendeten Messstellen dargestellt wird.</p> $SGI_M = \frac{(MM_{i..n} - MM_i)}{\sigma_{MM}}$ <p>MM_i → langjähriges Monatsmittel (MM) des Grundwasserstandes in cm unter dem Gelände der Datenreihe der Monate <i>i..n</i>, die mindestens 30 Jahre lang sein und keine Fehljahre aufweisen sollte</p> <p>MM_i → Monatsmittelwert des Grundwasserstandes des Monats <i>i</i> in cm unter Gelände</p> <p>σ_{MM} → Standardabweichung der Datenreihe der Monatsmittelwerte des Grundwasserstandes</p>									
Interpretation des Indikatorwertes:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SGI-Wert</th> <th>Interpretation der Grundwasserstände</th> <th>Dürreintensität (Art der Grundwasserdürre)⁵</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< -1.0</td> <td>Extrem niedrig</td> <td>Extrem</td> </tr> <tr> <td>< -0.75</td> <td>Sehr niedrig</td> <td>Schwer</td> </tr> </tbody> </table>	SGI-Wert	Interpretation der Grundwasserstände	Dürreintensität (Art der Grundwasserdürre) ⁵	< -1.0	Extrem niedrig	Extrem	< -0.75	Sehr niedrig	Schwer
SGI-Wert	Interpretation der Grundwasserstände	Dürreintensität (Art der Grundwasserdürre) ⁵								
< -1.0	Extrem niedrig	Extrem								
< -0.75	Sehr niedrig	Schwer								

	< -0.5	Niedrig bzw. moderat niedrig	Moderat
	-0.5 – 0	Moderat niedrig bis mittel	Leicht
	>0	Mittel bis hoch	Keine Grundwasserdürre
II. Einordnung			
DPSIR	Impact		
Handlungsfeld:	Wasserwirtschaft		
Themenfeld:	Grundwasser		
Klimawirkung:	<p>Klimatisch bedingte Schwankungen von Niederschlagsmenge und Intensität, sowie zunehmende Verdunstungsraten in Sommer und Winter (Statusindikatoren 1-4), wirken sich direkt und indirekt auf die Füllstände und das Auffüllverhalten des Grundwassers aus. Vermehrte Starkregenereignisse in Folge von Trockenheit sorgen für erhöhte Abflussraten des Regenwassers an der Oberfläche anstelle von Sickerwasserbildung. Hinzu kommen steigende Nutzungsansprüche hinsichtlich der Wassermenge durch industrielle und wirtschaftliche Prozesse insbesondere in den durch Trockenheit geprägten Jahresabschnitten. Die Anwendung des SGI kann vor dem Hintergrund der klimatisch bedingten Zunahme hydrologischer Extreme für künftige Bewirtschaftungsstrategien des Grundwassers hilfreich sein, da das witterungsbedingte Schwankungsverhalten der Grundwasserstände unabhängig von der Tiefe und Bedeckung standardisiert wird.</p>		
Schwächen:	<p>Der sachsenweite SGI in langer Zeitreihe betrachtet, berücksichtigt nicht die kleinräumige topografische und geologische Gliederung Sachsens, welche die natürlichen Grundwasserspeicher maßgeblich beeinflussen. Um eine differenzierte Aussage für einzelne Regionen oder Kommunen zu treffen müssen die Ergebnisse einzelner Messstellen herangezogen werden. Der Indikator SGI bietet hier einen Eindruck für Gesamtsachsen. Für die differenzierte Auswertung des SGI in Fest- und Lockergestein standen nur eine geringere Zahl an Messstellen zur Verfügung, sodass die absoluten Werte in Abhängigkeit von der Messstellenanzahl entsprechenden Schwankungen unterliegen, hat jedoch keinen Einfluss auf die Gesamtaussage.</p>		
III. Bezüge			
Referenz auf andere Indikatoren-system (z.B. DAS, LIKI):	<p><u>WW-I-1 (DAS) – Grundwasserzustand (UBA)</u> <u>Grundwasserstand (LANUV Nordrhein-Westfalen)</u> <u>Grundwasserstand (LAU Sachsen-Anhalt)</u> <u>Grundwasserstand und Quellausschüttung (Klimawandelfolgen in Thüringen S. 60)</u></p>		
Fachpolitischer Bezug (z.B. EKP)	<p>Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft – Absinken des Grundwasserspiegels (EKP 2021, Teil II, Kap. 7.1) <u>Europäische Wasserrahmenrichtlinie (LfULG Sachsen)</u></p>		
Inhaltlicher Bezug:	<u>Grundwasserstände (LfULG Sachsen)</u>		
IV. Technische Informationen			
Datenquelle:	Landesmessnetz Grundwasser (LfULG)		
Räumliche Auflösung:	Punkthaft		
Geographische Abdeckung:	Freistaat Sachsen		
Zeitliche Auflösung:	unterschiedlich je nach Messpunkt, min. 1x monatlich		
Beschränkungen, Datenkosten:	keine		

Weiterentwicklung/Ausblick:	
V. Auswertung und Darstellung	
Kernaussage/Schlüsselsatz:	<i>Die zuletzt beobachtete Grundwasserdürre von 2014 bis 2023 ist eine der extremsten seit Aufzeichnungsbeginn</i>
Ausführliche Beschreibung der Ergebnisse:	<p>Abbildung 1 zeigt den gleitenden 6-Monatsmittelwert des berechneten SGI vom sächsischen Grundwasserstandsmessnetz von 1916 bis einschließlich dem Abflussjahr 2023. Dabei wurden ausschließlich Grundwassermessstellen berücksichtigt mit einer Messreihe der Grundwasserstände von mindestens 30 vollständigen Abflussjahren. Trockengefallene Grundwassermessstellen wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Unterhalb der gestrichelten Linie von -1 ist von einer starken Grundwasserdürre auszugehen.</p> <p>Die zuletzt beobachtete Grundwasserdürre von 2014 bis 2023 ist mit der Grundwasserdürre von 1929 bis 1938 vergleichbar, wo ein historischer Tiefstand von -1,48 im Juli 1934 erreicht wurde. Im August 2020 wurde ähnliche Werte von bis zu -1,37 erreicht. Zusätzlich zeichnet sich die Grundwasserdürre im Zeitraum von April 2019 bis Januar 2021 mit Werten unterhalb -0,75 aus und weist somit eine länger anhaltende starke Dürreperiode auf. Diese zuletzt beobachtete Dürrephase unternormaler Grundwasserverhältnisse resultiert insbesondere aus den gehäuft zu trockenen Sommerhalbjahren und einer weiter angestiegenen Verdunstungsrate der letzten Jahre. Damit sinken die GW-Stände im Sommerhalbjahr stärker ab.</p> <p>Die Entwicklung der Grundwasserverhältnisse unterscheiden sich in Sachsen für den Fest- und Lockergesteinsbereich (Abb. 2). Das zeigt sich nach 2020 wie folgt: Übernormale Niederschlagsmengen im Jahr 2021 führten im Festgesteinsbereich bis März zu sehr hohen Grundwasserständen, während sich in den Lockergesteinsbereichen im Raum Leipzig und Teilen der nördlichen Lausitz die Grundwasserdürre auch 2021 weiter fortsetzte. Identisch ist für beide Gesteinsverhältnisse das maximale Absinken des SGI in 2020 im betrachteten Zeitraum ab 1970. Der Trend fällt im Lockergestein stärker aus und befindet sich auch 2022 noch im Bereich eines SGI um -1. Grundsätzlich unterliegt das Auffüllverhalten in Lockergestein größeren Schwankungen, als im Festgestein, sodass sich Wasservorräte im Lockergestein schneller auffüllen, jedoch auch bei Trockenheit schneller wieder fallen.</p> <p>Im mittleren Jahresgang der tatsächlichen Grundwasserstände wird der Effekt veränderter Klimarahmenbedingungen besonders deutlich (Abb.3). Die Dekade 2014-2023 verzeichnet im Zeitraum April bis September ein deutlich tieferes mittleres Niveau gegenüber der Dekade 1982-1992 bei ähnlich niedrigen Niederschlägen. Das gab es in der messtechnisch begleiteten Zeit noch nicht und ist auf ein verringertes Dargebot von Sickerwassermengen zurückzuführen (siehe S-5 Potenzielles Wasserdargebot und I-WW2 Grundwasserneubildung).</p>

Abbildung des Indikators im Monitoringbericht

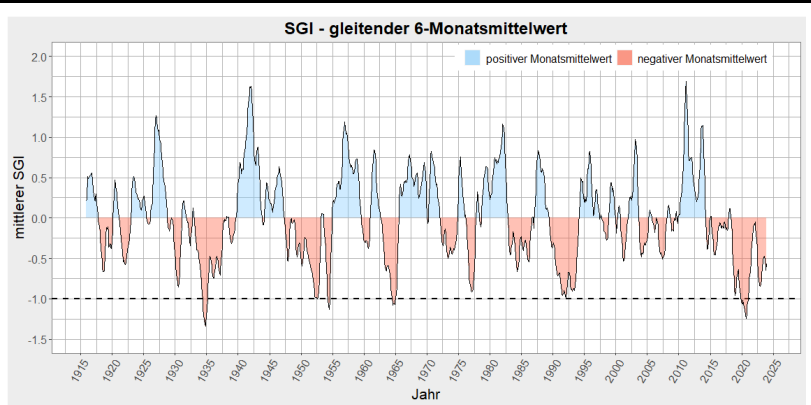


Abbildung 1: SGI (gleitender 6-Monatsmittelwert) des sächsischen Grundwasserstandsmessnetzes

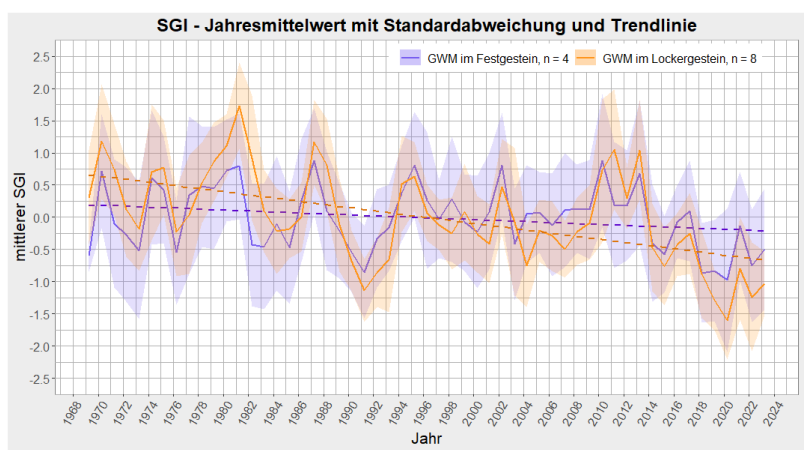


Abbildung 2: Mittlerer jährlicher Standard-Grundwasser-Index (SGI), sowie dessen Standardabweichung und linearer Trend im Fest- und Lockergestein von Sachsen im Zeitraum 11/1970–03/2023 (Festgestein 4 GW-Messstellen, Lockergestein 8 GW-Messstellen)

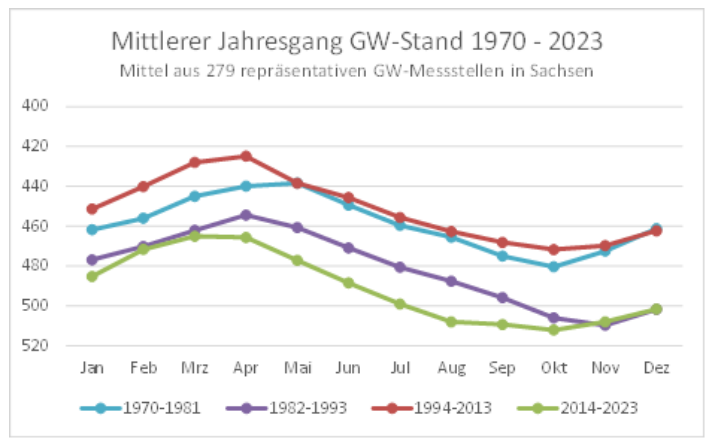


Abbildung 3: Tendenz der mittleren Jahressgänge der Grundwasserstände im dekadischen Mittel von 1970–2023

Trendauswertung:

Über die gesamte Beobachtungsperiode von 1916 bis 2023 ist ein leicht abnehmender Trend des SGI mit stärkerer Ausprägung in Lockergesteinsgebieten, in der sachsenweiten Auswertung zu beobachten. Dafür ausschlaggebend ist insbesondere die zuletzt beobachtete Grundwasserdürre von 2014 bis 2023. Im Zeitraum der Klimareferenzperiode von 1961 bis 1990 wurde im Mittel keine derartig lange und schwere Grundwasserdürre wie zuletzt 2014-2023 festgestellt.

	<p>Eine vergleichbare Grundwasserdürre trat von 1929 bis 1938 auf. Dieser Zustand wird als schwere bis extreme Grundwasserdürre eingeordnet. Im Mittel lag der sachsenweiten SGI-Wert der Klimareferenzperiode bei 0,063 und somit oberhalb des Mittelwerts des Zeitraums der Bezugsperiode von -0,063.</p>
VI. Zusatz-Informationen	
<p>Weiterführende Informationen / Literatur:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloomfield, J. P. and Marchant (2013): Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach, <i>Hydrol. Earth Syst. Sci.</i>, 17, 4769–4787, https://doi.org/10.5194/hess-17-4769-2013, 2. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, (1993): The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186. 3. Hsin-Fu Yeh, Chia-Fu Chang, 2019 Using Standardized Groundwater Index and Standardized Precipitation Index to Assess Drought Characteristics of the Kaoping River Basin, Taiwan. <i>Water Resour</i> 46, 670–678 (2019). 4. Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S., and Lopez-Moreno, J. I. (2010): A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index, <i>J. Climate</i>, 23, 1696–1718 5. Börke P, Mellentin U, Ullmann C, 2022, Der standardisierte Grundwasserindex (SGI) – Ein neues (gutes) Werkzeug zur Abbildung von Grundwasserdürren?, Poster Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 43 Siedlungswasserwirtschaft, Grundwasser