

I. Basisinformation	
Ansprechpartner	LfULG, R43 Grundwasser, Siedlungswasserwirtschaft <a href="mailto:Grundwasser.lfulg@smekul.sachsen.de">Grundwasser.lfulg@smekul.sachsen.de</a> LfULG Ref.55, Fachzentrum Klima <a href="mailto:FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de">FachzentrumKlima.lfulg@smekul.sachsen.de</a>
Letzte Aktualisierung:	04/2024
Fortschreibungszyklus:	Aufgrund der aktuellen Dynamik ist eine jährliche Fortschreibung wünschenswert, momentan aber nur alle 5 bis 10 Jahre möglich.
Interne Nummer: I-WW2	Entwicklung der Grundwasserneubildung in Sachsen
Kurzbeschreibung und Einheit:	Grundwasserneubildung/Sickerwassermenge in mm/a Grundwasserstand unter Gelände in cm Grundwasserabfluss mm/a bestehend aus den Abflusskomponenten RG1 (schneller Anteil) und RG2 (langsamer Anteil)
Berechnungsvorschrift:	<p>Zur Berechnung der Grundwasserauffüllstände (Abbildung 2) werden die monatlichen Grundwasserstände von 279 repräsentativen Grundwassermessstellen verwendet, um daraus einen Monatsmittelwert zu berechnen. Die Monatsmittelwerte aus den Monaten Februar bis April werden verwendet, um daraus den jährlichen Maximum-Peak im hydrologischen Winter abzubilden. Hingegen wird der jährliche Minimum-Peak im hydrologischen Sommer aus den Monatsmittelwerten der Monate August bis Oktober abgeleitet.</p> <p>Der Grundwasserabfluss (bzw. Sickerwasser, Mittel über 82 sächsische Pegel Einzugsgebiete) summiert sich aus der schnellen Abflusskomponente RG1 und der langsamen Abflusskomponente RG2. RG2 und RG1 ergeben sich aus einer Abflusskomponentenseparation gemessener Durchflüsse mit dem Verfahren DIFGA (<b>D</b>IFferenz<b>G</b>anglinien<b>A</b>nalyse unter Verwendung des Klimareferenzdatensatzes 2.0). Nach Separation des Direktabflusses wird der grundwasserbürtige Basisabfluss bzgl. schneller (RG1) und langsamer (RG2) Komponente separiert. Halbwertszeiten der Aufenthaltszeit des Sickerwassers im GW-Speicher liegen für RG1 im Bereich von ein bis drei Wochen, während beim langsamen Basisabfluss RG2 um ein Jahr typische Werte der Halbwertszeit sind. Die Abflusskomponentenseparation ist ein klassisches Verfahren zur gebietsintegralen Schätzung der Grundwasserneubildung in beobachteten Pegel Einzugsgebieten.</p>
Interpretation des Indikatorwertes:	Sinkende Werte weisen auf reduzierte Grundwasserneubildungsraten und Grundwasserstände sowie eine zunehmende Zehrung aus dem Grund- und Bodenwasserspeichern hin.
II. Einordnung	
DPSIR	Impact
Handlungsfeld:	Wasserwirtschaft
Themenfeld:	Grundwasser
Klimawirkung:	Der Gebietsauslass RG2 und RG1 (Netto-GWN) unterscheidet sich nochmal von der Zusickeung ins GW (Brutto-GWN) und ist in vollem Umfang von der zehrenden Wirkung der gebietsspezifischen klimatischen Änderungen der Pegel Einzugsgebiete betroffen, das heißt vom potentiell verfügbaren Wasserdargebot ( <a href="#">siehe Potenzielles Wasserdargebot</a> ). Die klimatische Wasserbilanz stellt das Wasserdargebot dar, welches sich aus der Differenz

	vom Niederschlag und potentieller Verdunstung ergibt. Die beobachtete Grundwasserneubildung unterscheidet sich hiervon durch die weitere Separation des Direktabflusses sowie die Abhängigkeit der realen Verdunstung von Faktoren wie der Wasserverfügbarkeit im Untergrund und der Landnutzung. Die beobachtete Grundwasserneubildung ist damit ein adäquater Indikator zur Darstellung des atmosphärischen Einflusses auf das tatsächliche Grundwasserdargebot.
Schwächen:	Der Indikator liefert eine über Sachsens Naturräume gemittelte Aussage. Die generalisierte Aussage kann nicht pauschal auf die regional und lokal unterschiedlichen Bedingungen übertragen werden. Weiterhin ermöglicht die für Winter- und Sommerhalbjahr getrennte Betrachtung des Indikators ein tieferes hydrologisches Verständnis. Der Indikator erklärt nicht per se den Anteil der Verdunstung und des Niederschlages am Trendverhalten der Sickerwasserbildung.
<b>III. Bezüge</b>	
Referenz auf andere Indikatoren-system (z.B. DAS, LIKI):	WW-I-1 (DAS) – Grundwasserzustand (UBA) Grundwasserstand (LANUV Nordrhein-Westfalen) Grundwasserstand (LAU Sachsen-Anhalt) Grundwasserstand und Quellausschüttung (Klimawandelfolgen in Thüringen S. 60)
Fachpolitischer Bezug (z.B. EKP)	Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft – Absinken des Grundwasserspiegels (EKP 2021, Teil II, Kap. 7.1) <a href="#">Europäische Wasserrahmenrichtlinie (LfULG Sachsen)</a>
Inhaltlicher Bezug:	<a href="#">Grundwasserstände (LfULG Sachsen)</a>
<b>IV. Technische Informationen</b>	
Datenquelle:	Landesmessnetz Grundwasser (LfULG) Klimareferenzdatensatz KlimRefDSv2 aus ReKIS
Räumliche Auflösung:	Grundwasserstand punkthaft, Grundwasserneubildung flächenhaft
Geographische Abdeckung:	Freistaat Sachsen
Zeitliche Auflösung:	unterschiedlich je nach Messpunkt, min. 1x monatlich
Beschränkungen, Datenkosten:	keine
Weiterentwicklung/Ausblick:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspektivisch Differenzierung der über ganz Sachsen gemittelten Sickerwasserbildung nach naturräumlichen Unterschieden unter Berücksichtigung der Landnutzungsformen (Verhältnis der Wald- und Landwirtschaftsanteile), Bodenausprägungen (Lössgebiet, Sandböden) und hydrodynamischer Besonderheiten des Fest- und Lockergesteins (z.B. Kluftgrundwasserleiter, Porengrundwasserleiter der Kreide u.a.)</li> <li>• Auswertung und Trend der GW-Stände hinsichtlich Flurabstand in GWM mit geringen (&lt;5 ... 8 m) und großen (&gt;5 ... 8 m) Flurabstand, da wetterbedingte Schwankungen durch hohe Flurabstände gefiltert und gepuffert werden</li> </ul>
<b>V. Auswertung und Darstellung</b>	
Kernaussage/Schlüsselsatz:	Die Grundwasserneubildungsraten verringern sich aufgrund zunehmender atmosphärischer Zehrwirkung auf den Grund- und Bodenwasserspeicher.
Ausführliche Beschreibung der Ergebnisse:	Für Sachsen ist der Wechsel von mehrjährigen Perioden mit übernormalem und mit unternormalem GW-Stand typisch (Siehe I-WW1 SGI). Im Zeitraum 1961-2020 wirkte sich die steigende potentielle Verdunstung bei nahezu trendfreiem Niederschlag auf die mittlere Grundwasserneubildung systematisch vermindern aus (Tabelle 1).

Infolgedessen verringerte sich die landesweite Grundwasserneubildung. Besonders sensitiv sind dabei Gebiete mit standörtlich großem GW-Flurabstand, wie sie z.B. im Zittauer Gebirge, in der Sächsischen Schweiz und auch im Tiefland von Sachsen verbreitet vorkommen.

Aus diesem Trend erklärt sich auch die gesteigerte Intensität der Grundwasserdürre in 2018-2020. Im Vergleich mit anderen Grundwasserdürren ist die zuletzt beobachtete Grundwasserdürre von 2018-2020 vor allem durch eine Halbierung der langsamen Basisabflusskomponente RG2 geprägt, während die Anomalien des schnell abfließenden Anteils RG1 am Sickerwasser keine starken Unterschiede aufweisen (Abb. 1). Im Zeitraum 1993-2013 hat ein deutlich erhöhtes 25-Perzentil des Niederschlages (25% der Werte der Zeitreihe sind kleiner oder gleich dem Wert des 25-Perzentils) die mindernde Wirkung der höheren Verdunstung auf den Abfluss bzw. die GWN gedämpft.

Die prozentuale mittlere Anomalie des Sickerwassers RG2+RG1 erreicht im Tiefland von Sachsen in 2018-2020 eine Verringerung von ca. 50 %. Wird der hohe Anteil der sächsischen Mittelgebirgsregion berücksichtigt, liegt die Verringerung bei 38 %. Das deutlich höhere Sickerwasseraufkommen der sächsischen Mittelgebirge ist somit bei dem aktuellen Stand der Klimaänderungen von einer Halbierung in Trockenperioden noch sicher entfernt, während sie von Teilen des sächsischen Tieflandes mittlerweile erreicht wird. Bei hohen GW-Flurabständen zeigt sich in ganz Sachsen außerdem typischerweise ein robusterer Abnahmetrend der erwartungsgemäß mit dem Abnahmetrend des Sickerwassers RG2 bzw. RG2+RG1 korreliert.

Die nun schon seit 2014 anhaltende Phase unternormaler GW-Verhältnisse resultiert insbesondere aus den gehäuft zu trockenen Sommerhalbjahren und einer weiter angestiegenen Verdunstungsrate. Damit sinken die GW-Stände im Sommerhalbjahr stärker ab (Abb. 2). Die Anstiege des GW-Standes im Winterhalbjahr können die angestiegenen Rückgänge des Sommerhalbjahres für ausgeglichene Jahresmittelwerte aktuell nicht mehr hinreichend kompensieren.

Abbildung des Indikators im Monitoringbericht

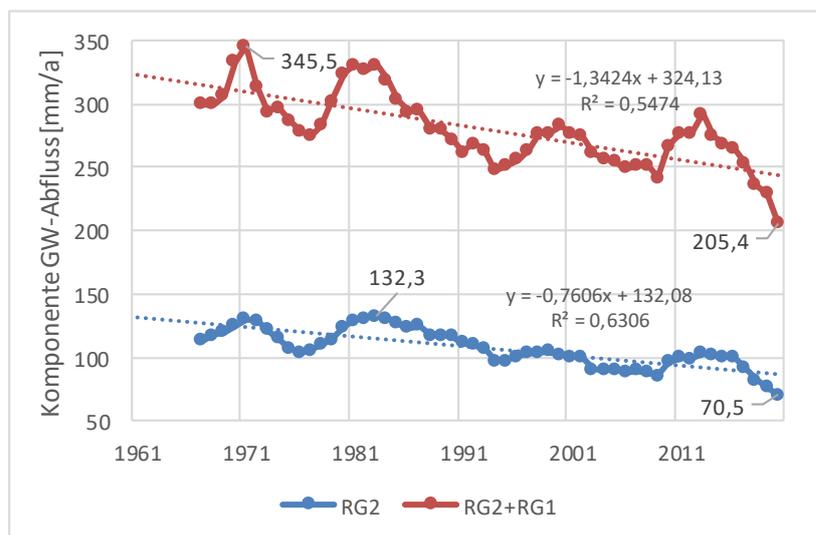


Abbildung 1: Siebenjährig gleitender Mittelwert des Basisabflusses RG2 (Konvention: RG2 = Grundwasserneubildung im Festgestein) und des Sickerwassers RG2+RG1 über 82 Pegelgebiete in Sachsen aggregiert mit linearem Trend von 1961 bis 2020 in [mm/a], Daten: LfULG, DIFGA 3.0 GWN-Viewer

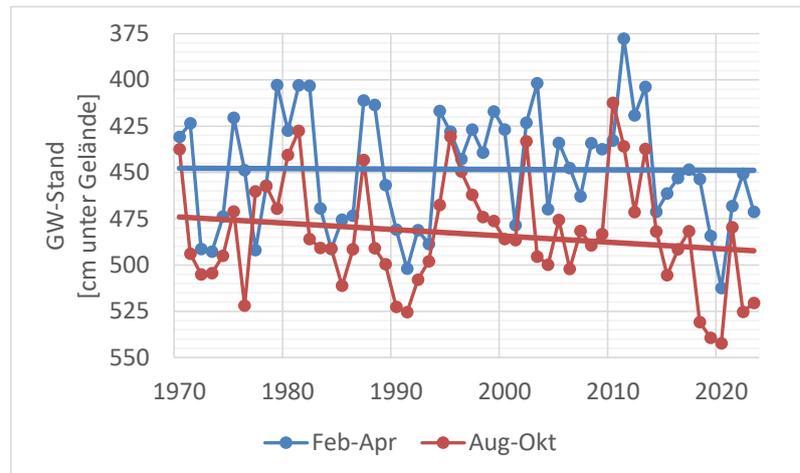


Abbildung 2: Grundwasserauffüllstand zum Ende des Winters (Februar bis April) und Sommers (August bis Oktober) über 279 repräsentative Grundwassermessstellen in Sachsen gemittelt.

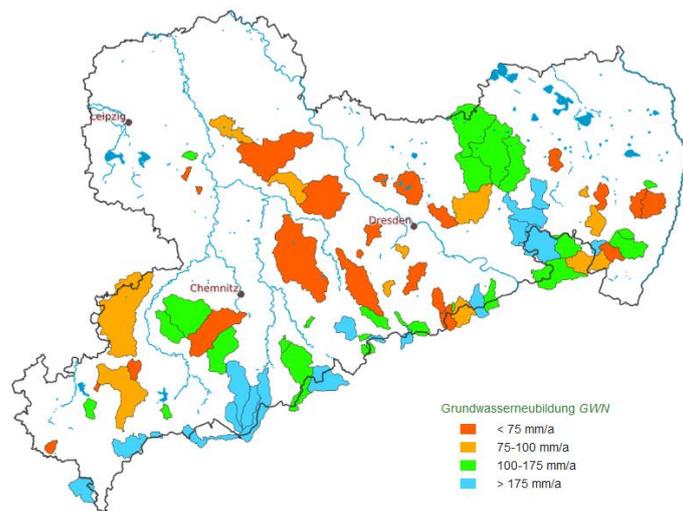


Abbildung 3: Mittlere Grundwasserneubildung 1961-1990 von 82 Pegel Einzugsgebieten in Sachsen, Quelle: LfULG, DIFGA 3.0 GWN-Viewer

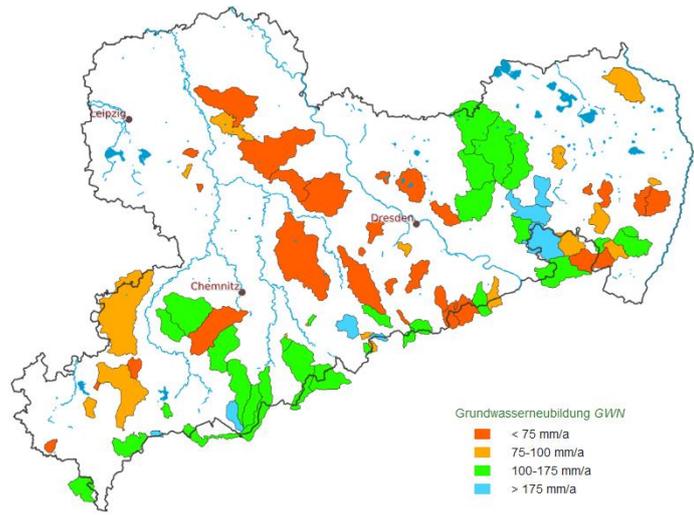


Abbildung 4: Mittlere Grundwasserneubildung 1991-2020 von 82 Pegel Einzugsgebieten in Sachsen, Quelle: LfULG, DIFGA 3.0 GWN-Viewer

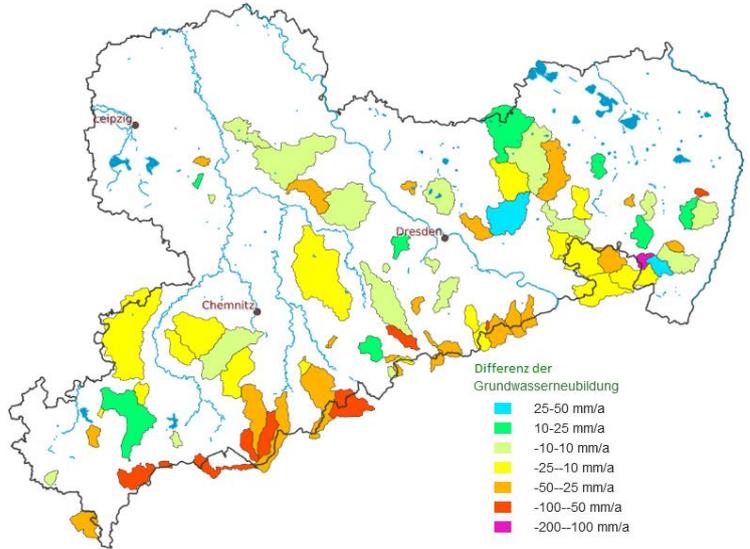


Abbildung 5: Differenzkarte der mittleren Grundwasserneubildung von 1991-2020 gegenüber 1961-1990 in 82 Pegel Einzugsgebieten in Sachsen, Quelle: LfULG, GWN-Viewer, Raumauswahl: DIFGA H1, Modell: DIFGA 3.0 1991-2020, Vergleichsmodell: DIFGA 3.0 1961-1990

Trendauswertung:

	1961-1990 Referenz [mm/a]	1991-2020 Änderung [%]	1962-1964 Änderung g [%]	1989-1991 Änderung g [%]	2018-2020 Änderung [%]
	Mittelwert		Extremwert Grundwasserdürre		
Potentielle Verdunstung	608	+7,2	+1,8	+6,6	+18
Mittlerer Niederschlag	926	+1,4	-16	-19	-17
Sickerwasser RG2+RG1	296	-14	-33	-31	-38
Schneller Anteil RG1	179	-9	-34	-37	-30

	<table border="1"> <tr> <td>Langsamer Anteil RG2</td> <td>117</td> <td>-22</td> <td>-31</td> <td>-22</td> <td>-50</td> </tr> <tr> <td>Grundwasser-neubildung</td> <td>123</td> <td>-20</td> <td>-32</td> <td>-22</td> <td>-50</td> </tr> </table>	Langsamer Anteil RG2	117	-22	-31	-22	-50	Grundwasser-neubildung	123	-20	-32	-22	-50
Langsamer Anteil RG2	117	-22	-31	-22	-50								
Grundwasser-neubildung	123	-20	-32	-22	-50								
	<p>Tabelle 1: Komponenten der Grundwasserneubildung aus dem Referenzzeitraum 1961-1990 und dem Vergleichszeitraum 1991-2020 sowie extremer Dürreperioden von 1962-1964, 1989-1991 und 2018-2020</p> <p>Im Zeitraum 2014-2023 wirkte sich die Kombination aus einem weiteren Temperaturanstieg sowie gehäufte Trockenjahre auf die GWN in bisher unbekanntem Ausmaß mindernd aus. In 2014-2020 fiel die Sickerwasserbildung im Gebietsmittel von Sachsen gegenüber dem Klimamittel von 1961-1990 um ca. 30% geringer aus. Bei anhaltenden Bedingungen mit steigender Verdunstung und gleichzeitig stabilen Niederschlagsmengen wird sich die derzeit aufgezeigte Entwicklung der Grundwasserneubildungsraten unter Schwankungen fortsetzen (siehe Indikator <a href="#">Potenzielles Wasserdargebot</a>). Tabelle 1 verdeutlicht die Abnahme des zur Verfügung stehenden Sickerwassers für die Grundwasserneubildung in 1991-2020 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990.</p>												
<b>VI. Zusatz-Informationen</b>													
Weiterführende Informationen / Literatur:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bloomfield, J. P. and Marchant (2013): Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, 4769–4787, <a href="https://doi.org/10.5194/hess-17-4769-2013">https://doi.org/10.5194/hess-17-4769-2013</a>,</li> <li>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.</li> <li>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. Water Resour 46, 670–678 (2019).</li> <li>4. Vincente-Serrano, S. M., Begueria, S., and Lopez-Moreno, J. I. (2010): A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index, J. Climate, 23, 1696–1718,</li> </ol>												
Glossar	RG1: schneller grundwasserbürtiger Abfluss RG2: langsamer grundwasserbürtiger Abfluss, Grundwasserneubildung im Festgestein gemäß einer Konvention, Basisabfluss RG2 + RG1: Sickerwasser, Grundwasserneubildung im Lockergestein												