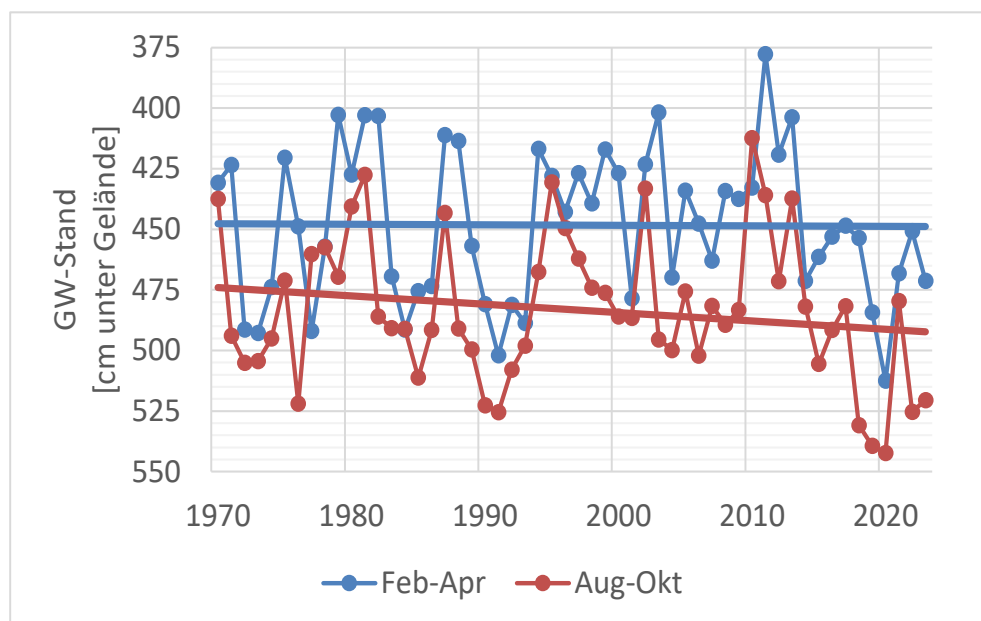


## Klimafolgenmonitoring

I-Ww-2 Grundwasserneubildung

### Basisinformationen

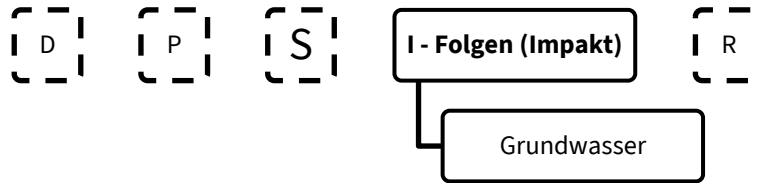
Inhalt	Entwicklung der Grundwasserneubildung in Sachsen
Klimawirkung	Der grundwasserbürtige Abfluss eines Pegeleinzugsgebietes setzt sich aus den schnellen und langsamen Abflusskomponenten (RG1 und RG2) zusammen aus denen sich die Zusicke­rungsrate für die Grundwasserneubildung ableitet. Gebietsauslässe und Zusicke­rungsra­ten sind in vollem Umfang von der zehrenden Wirkung der gebietsspezifischen klimatischen Änderungen der Pegeleinzugsgebiete betroffen, das heißt vom potentiell verfügbaren Wasserdargebot (siehe Potenzielles Wasserdargebot).



**Abbildung 1: Grundwasserauffüllstand zum Ende des Winters (Februar bis April) und Sommers (August bis Oktober) über 279 repräsentative Grundwasser­messstellen in Sachsen gemittelt.**

Inhaltsbeschreibung	Sinkende Werte weisen auf reduzierte Grundwasserneubildungs­raten und Grundwasserstände sowie eine zunehmende Zehrung aus dem Grund- und Bodenwasserspeichern hin. Die Anstiege des GW-Standes im Winterhalbjahr können die angestiegenen Rückgänge des Sommerhalbjahres für ausgeglichene Jahresmittelwerte aktuell nicht mehr hinreichend kompensieren.
Befund	Die Grundwasserneubildungs­raten verringern sich aufgrund zunehmender atmosphärischer Zehrwirkung auf den Grund- und Bodenwasserspeicher.
Inhaltlicher Rahmen	Sächsisches Klimafolgenmonitoring ( <a href="http://Klimaentwicklung.in.Sachsen-Klima-sachsen.de">Klimaentwicklung in Sachsen - Klima - sachsen.de</a> )
Weitere Indikatoren im Handlungsfeld	I-Ww-1 Standardisierter Grundwasserindex, I-Ww-3 Niedrigwasser, I-Ww-4 Hochwasser, I-Ww-5 Betriebsraumfüllstände, I-Ww-6 Jahreszeitliches Schichtungsverhalten

## Einordnung und Systematik



DPSIR-Schema

Präambel	Es besteht die Möglichkeit von inhaltlichen und methodischen Abweichungen der Indikatoren im sächsischen Klimafolgenmonitoring von denen anderer Monitoringsysteme. Grund dafür sind unter anderem die Indikatorherleitung und die verwendete Datengrundlage. Entsprechende Indikatoren sind dadurch nur bedingt mit denen anderer Monitoringsysteme vergleichbar.
Bund	<u>WW-I-2 Grundwasserstand und Quellschüttung (Monitoring der deutschen Anpassungsstrategie (DAS Monitoring))</u> Länderinitiative Kernindikatoren → kein Indikator
Andere Bundesländer	<u>B1 Grundwasserstand (LAU Sachsen-Anhalt)</u> <u>I-WW-1 Grundwasserstand und Quellschüttung (Zweiter Monitoringbericht Thüringen LUBN)</u>
Sachsen	Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 Maßnahmeplan zur Umsetzung des EKP 2021, Nummer 9.03
Thematischer Bezug	Grundwasserstände (LfULG Sachsen)

## Materialien und Methoden

Indikator	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	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.  Der Grundwasserabfluss (bzw. Sickerwasser, Mittel über 82 sächsische Pegelinzugsgebiete) 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>DIF</b> -ferenz <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 Pegelinzugsgebieten.
Einschränkungen in der Interpretierbarkeit	

## Klimafolgenmonitoring

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.

Datengrundlage	Landesmessnetz Grundwasser (LfULG) Klimareferenzdatensatz KlimRefDSv2 aus ReKIS
Zeitliche Auflösung	unterschiedlich je nach Messpunkt, min. 1x monatlich
Datenverfügbarkeit	frei verfügbar ( <a href="#">Rekis</a> , <a href="#">iDA</a> )
Ausblick	<p>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.)</p> <p>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</p>

### Auswertung und Darstellung

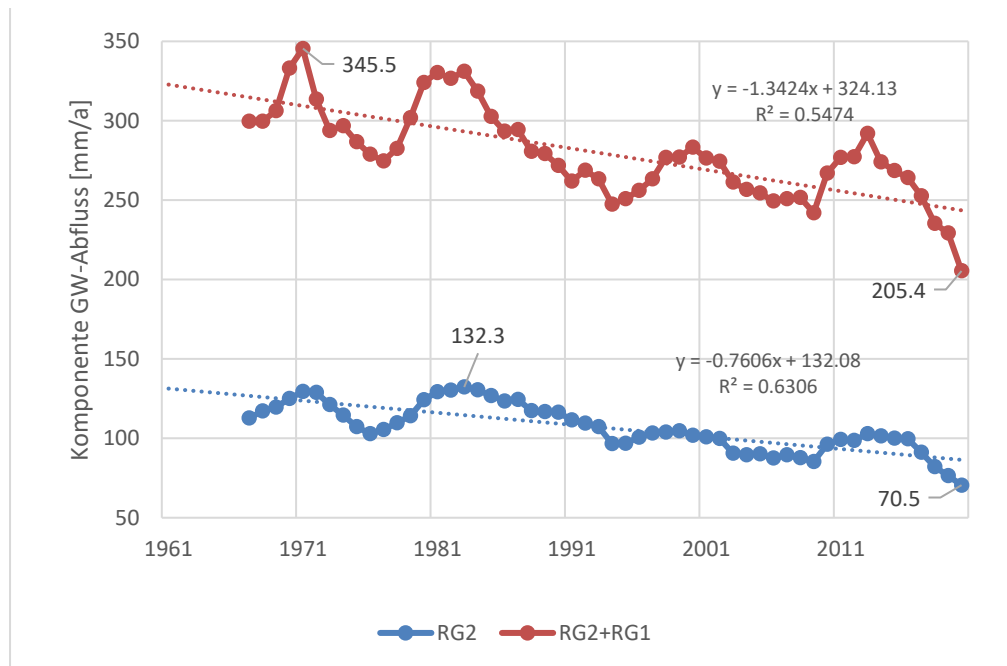
Befund	Die Grundwasserneubildungsraten (GWN) verringern sich aufgrund zunehmender atmosphärischer Zehrwirkung auf den Grund- und Bodenwasserspeicher.
Ergebnisbeschreibung	<p>Für Sachsen ist der Wechsel von mehrjährigen Perioden mit übernormalem und mit unternormalem GW-Stand typisch (Siehe I-Ww-1 SGI). 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.</p> <p>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 (Abbildung 2). 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 beziehungsweise die GWN gedämpft.</p> <p>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</p>

## Klimafolgenmonitoring

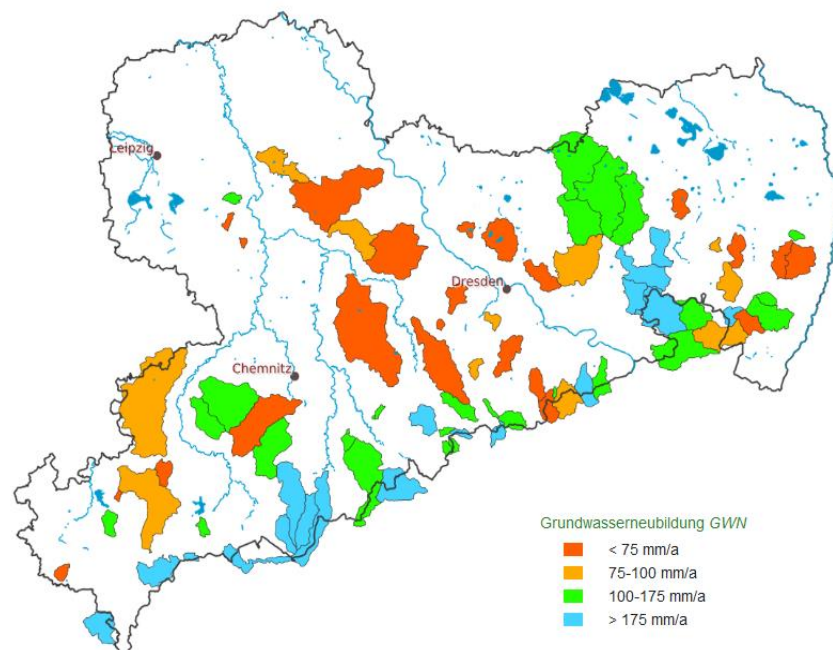
sich in ganz Sachsen außerdem typischerweise ein robusterer Abnahmetrend der erwartungsgemäß mit dem Abnahmetrend des Sickerwassers RG2 bzw. RG2+RG1 korreliert.

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 (Abbildung 1). Die Anstiege des GW-Standes im Winterhalbjahr können die angestiegenen Rückgänge des Sommerhalbjahres für ausgeglichene Jahresmittelwerte aktuell nicht mehr hinreichend kompensieren.

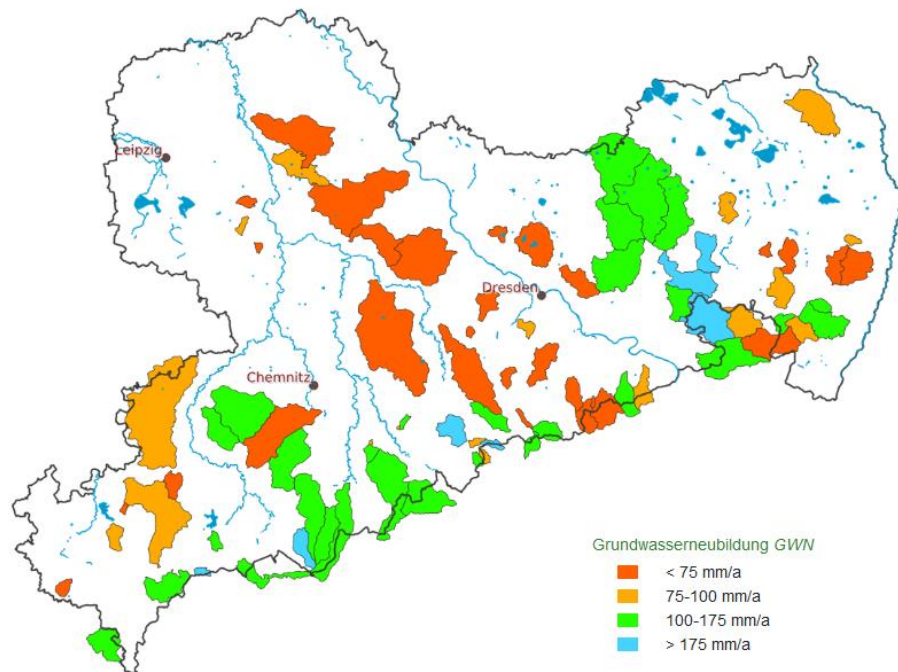
### Abbildungen



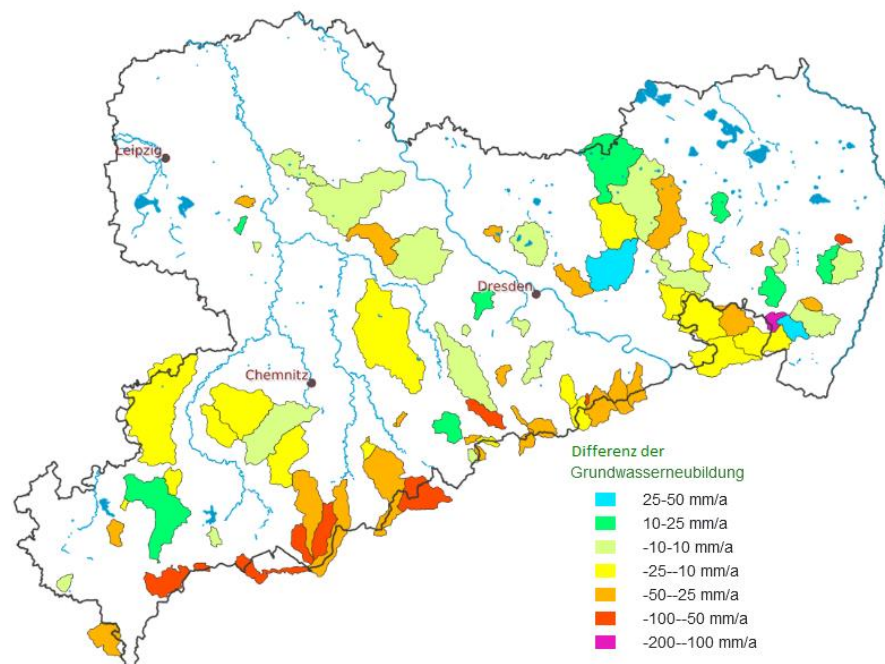
**Abbildung 2: Siebenjährig gleitender Mittelwert des Basisabflusses RG2 (Konvention: RG2 = Grundwasserneubildung im Festgestein) und des Sickerwassers RG2+RG1 über 82 Pegelgebiete in Sachsen aggregiert mit linearem Trend von 1961 bis 2020 in [mm/a], Daten: LfULG, DIFGA 3.0 GWN-Viewer**



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



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



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

Entwicklung

Im Zeitraum 2014-2023 wirkte sich die Kombination aus einem weiteren Temperaturanstieg sowie gehäufter 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 Potenzielles Wasserdargebot). Tabelle 1 verdeutlicht die Abnahme des zur Verfügung stehenden Sickerwassers für die Grundwasserneubildung in 1991-2020 gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990.

**Tabelle 1: Komponenten der Grundwasserneubildung (Mittelwerte und prozentuale Abweichung) aus dem Referenzzeitraum 1961-1990 und dem Vergleichszeitraum 1991-2020 sowie extremer Dürreperioden von 1962-1964, 1989-1991 und 2018-2020.**

	1961-1990	1991-2020	1962-1964	1989-1991	2018-2020
	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
Langsamer Anteil RG2	117	-22	-31	-22	-50
Grundwasser-neubildung	123	-20	-32	-22	-50

### Literaturverzeichnis

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, <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. Water Resour 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, J. Climate, 23, 1696–1718,

### Glossar

RG1: schneller grundwasserbürtiger Abfluss

RG2: langsamer grundwasserbürtiger Abfluss, Grundwasserneubildung im Festgestein gemäß einer Konvention, Basisabfluss

RG2 + RG1: Sickerwasser, Grundwasserneubildung im Lockergestein

Autor: Udo Mellentin; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 4; Referat 43; Telefon: 0351 8928-4309; E-Mail: [Grundwasser.lfulg@smekul.sachsen.de](mailto:Grundwasser.lfulg@smekul.sachsen.de), Fachzentrum-Klima.lfulg@smekul.sachsen.de; Redaktionsschluss: 31.01.2024; [www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)