



Klima und Umwelt
Agrarmeteorologie
Kärnerstr. 68, 04288 Leipzig
www.dwd.de

Abteilung 5 – Klima, Luft, Lärm, Strahlen
Fachzentrum Klima
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
www.lfulg.sachsen.de

Kap. 1 Falk Böttcher

Kap. 2 Dr. Johannes Franke, Ute Schreiber,
Dominic Rumpf

Kap. 3 Dr. Stefanie Weißbach, Petra Walther, Dr.
Andy Philipp, Dr. Dorit Julich, Antje Sohr,
Bernd Siemer, Dr. Peter Börke, Udo
Mellentin, Anita Kenner (Abt. 4),
Jana Drewlow, Ulf Winkler
(Landestalsperrenverwaltung) sowie
Dr. Stefan Werisch (Staatliche
Betriebsgesellschaft für Umwelt und
Landwirtschaft)

Kap. 4 Dr. Dirk-Roger Eisenhauer, Lutz-Florian
Otto (Staatsbetrieb Sachsenforst)

Kap. 5 Martin Sacher, Maik Panicke, (Abt. 9)
Pierre Seibold, Dr. Kerstin Jäkel, Martin
Scholz (Abt. 7)

Kap. 6 Frieder Tränkner, Christian Kröling (Abt. 8)

Kap. 7 Martin Stock (Abt. 6)

Kap. 8 Martina Straková, Uwe Wolf, Dr. Susanne
Bastian

Wetter trifft auf Klima

Jahresrückblick 2023

Fachbeitrag

Inhalt

1.	Klimatologische Einordnung global, in Europa und Deutschland, sowie zur phänologischen Entwicklung in Deutschland und Sachsen	2
2.	Klimatologische Einordnungen in Sachsen	9
3.	Auswirkungen der Witterung auf die Ressource Wasser	13
4.	Auswirkungen der Witterung auf Wälder und Forstwirtschaft	32
5.	Auswirkungen der Witterung auf die Landwirtschaft	37
6.	Auswirkungen der Witterung auf den Wein- und Gartenbau	42
7.	Auswirkungen der Witterung auf den Naturschutz	45
8.	Auswirkungen der Witterung auf die Luftqualität	49

1. Klimatologische Einordnung global, in Europa und Deutschland, sowie zur phänologischen Entwicklung in Deutschland und Sachsen

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hat das Wetter 2023 im vorläufigen Report wie folgt klimatologisch eingeordnet und folgende Kernbotschaften veröffentlicht:

- 2023 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen
- Treibhausgase steigen weiter an
- Rekordtemperaturen an der Meeresoberfläche und Anstieg des Meeresspiegels
- Rekordtief im antarktischen Meereis
- Extremwetter verursacht Tod und Verwüstung

Der vorläufige WMO-Bericht "State of the Global Climate" bestätigt, dass 2023 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen war. Die bisher ausgewerteten Daten zeigen, dass das Jahr 1,40 K (mit einer Unsicherheitsmarge von $\pm 0,12$ K) über der vorindustriellen Basislinie von 1850 bis 1900 lag.

Die vergangenen neun Jahre, 2015 bis 2023, waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Das erwärmende El-Niño-Ereignis, das im Frühjahr 2023 auf der Nordhalbkugel auftrat und sich im Sommer schnell entwickelte, wird wahrscheinlich auch 2024 temperaturerhöhend wirken, da El Niño in der Regel den größten Einfluss auf die globalen Temperaturen hat, nachdem er seinen Höhepunkt erreicht hat.

Der Kohlendioxidgehalt ist um 50 % höher als in der vorindustriellen Zeit und speichert Wärme in der Atmosphäre. Die lange Lebensdauer von CO_2 führt dazu, dass die Temperaturen noch viele Jahre weiter steigen werden.

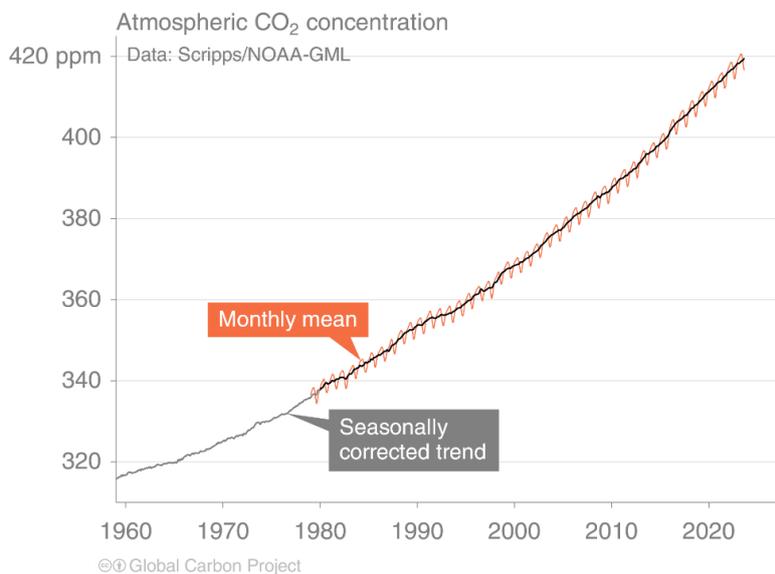


Abbildung 1: Globale gemittelte atmosphärische CO_2 -Konzentration an der Erdoberfläche (Quelle: Global Carbon Project 2023)

Die Rate des Meeresspiegelanstiegs von 2013 bis 2022 ist mehr als doppelt so hoch wie im ersten Jahrzehnt der Satellitenaufzeichnungen (1993-2002), was auf die anhaltende Erwärmung der Ozeane und das Abschmelzen von Gletschern und Eisschilden zurückzuführen ist.

Die maximale Ausdehnung des antarktischen Meereises in diesem Jahr war die niedrigste seit Beginn der Aufzeichnungen, ganze 1 Million km² (mehr als die Größe Frankreichs und Deutschlands zusammen) weniger als das vorherige Rekordtief am Ende des Winters auf der Südhalbkugel. Die Gletscher in Nordamerika und Europa litten erneut unter einer extremen Schmelzsaison. Die Schweizer Gletscher haben in den letzten zwei Jahren rund 10 % ihres verbliebenen Volumens verloren.

Der endgültige Bericht "State of the Global Climate 2023" wird zusammen mit regionalen Berichten in der ersten Jahreshälfte 2024 veröffentlicht.

Folgende Extremwetterereignisse weltweit sollen schlaglichtartig die Problematik der immer weiter zunehmenden Extremwetterereignisse darstellen:

- sintflutartige Regenfälle im September an Teilen der US-Ostküste mit einem besonderen Schwerpunkt im Raum New York
- drastische Dürre in Frankreich mit behördlicher Regulierung der Trinkwassernutzung, Ertragsausfälle bis 80 % im Weinbau
- horrendes Hochwasser durch Sturmtief Daniel im Mittelmeerraum, dabei besonders in Libyen tausende tote Menschen zu beklagen
- Schwerster Taifun seit 140 Jahren im Süden Chinas im September mit vielen Toten
- im April traf ein schwerer Sturm den Nordwesten Australiens mit einem noch nie dagewesenen 10-Minuten-Mittel der Windgeschwindigkeit von 218 km/h
- über einen Monat andauernde tropische Wirbelsturmentwicklung vor der afrikanischen Ostküste mit zweimaligem Übergreifen auf Land, dabei starben 1000 Menschen und es kam zu Überschwemmungen und Erdbeben
- jahrelange Dürre in Uruguay mit nahezu vollständiger Erschöpfung der Trinkwasserreservoirs des Landes
- heftige Hitze sowohl in Mexiko und den angrenzenden US-Bundesstaaten sowie auf der Iberischen Halbinsel und in Marokko

Der weltweite Überblick zeigt, dass 2023 eine global gemittelte Abweichung der Jahresmitteltemperatur von 1,03 K aufwies (siehe Abbildung 2).

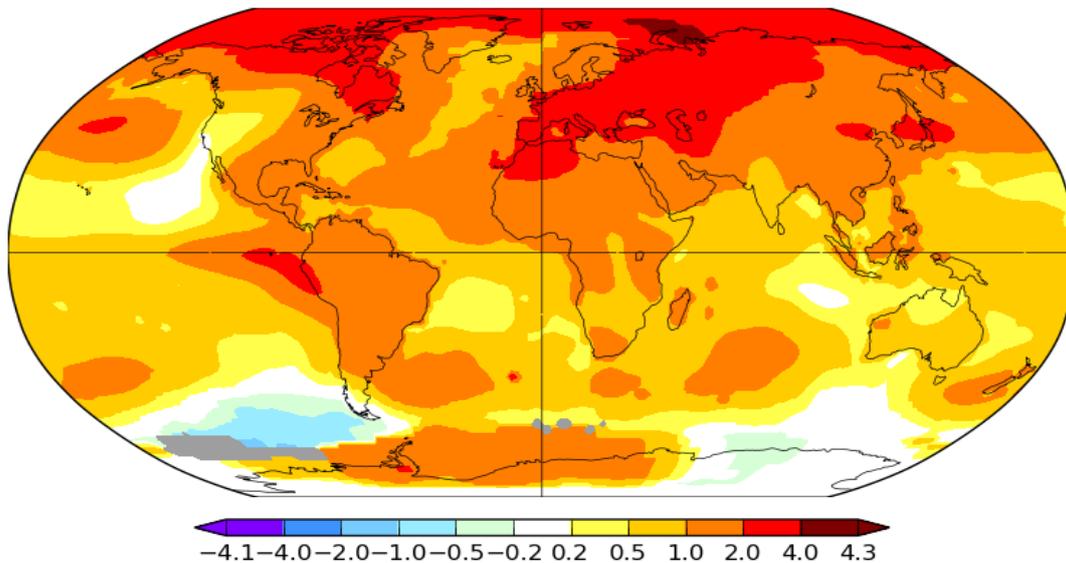


Abbildung 2: Abweichung der Jahresmitteltemperatur zwischen Dezember 2022 und November 2023
(Quelle: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>)

Der Copernicus-Klimadienst registrierte ebenso das wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. Das Jahr 2023 hat sechs rekordverdächtige Monate und zwei rekordverdächtige Saisons hinter sich. Die außergewöhnlichen globalen Novembertemperaturen, darunter zwei Tage, die wärmer als 2 °C über dem vorindustriellen Niveau sind, bedeuten, dass 2023 das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen ist. Solange die Treibhausgaskonzentrationen weiter steigen, können keine anderen Ergebnisse erwartet werden. Die Temperatur wird weiter steigen und damit auch die Auswirkungen von Hitzewellen und Dürren. Das schnellstmögliche Erreichen von Netto-Null ist ein wirksamer Weg, um unsere Klimarisiken zu managen.

Wie die Abbildung 3 zeigt, gab es auch im Sommer 2023 in Europa nur positive Temperaturabweichungen. Das gilt für den überwiegenden Teil der Fläche des Kontinents auch für die übrigen Jahreszeiten. Hinsichtlich des Auftretens von Hitzewellen in Europa reiht sich das Jahr 2023 mit der Augusthitzewelle in Teilen des Kontinents an die vierte Stelle seit 1950 ein.

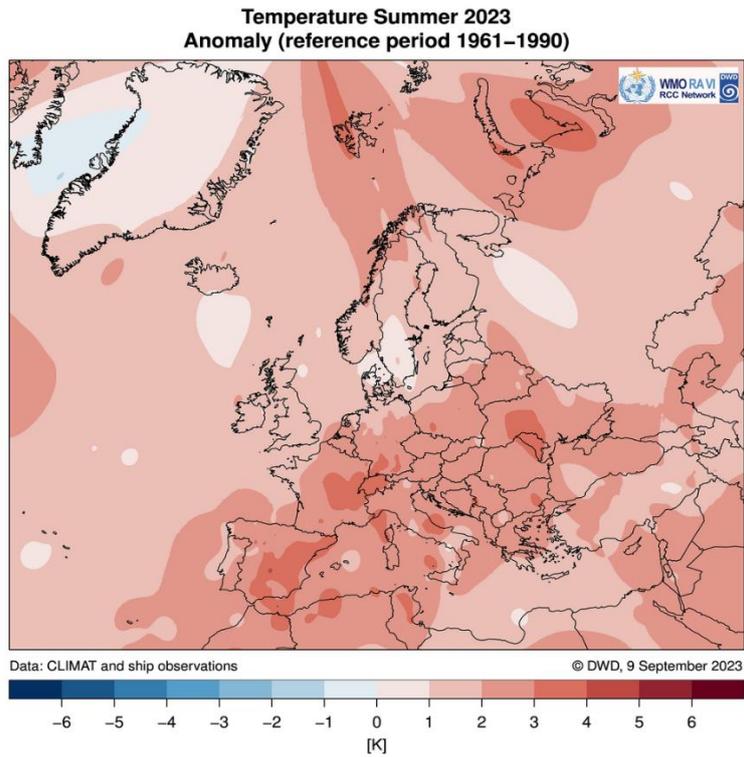


Abbildung 3: Temperaturabweichung im Sommer 2023 in Europa bezogen auf die Klimanormalperiode 1961-1990

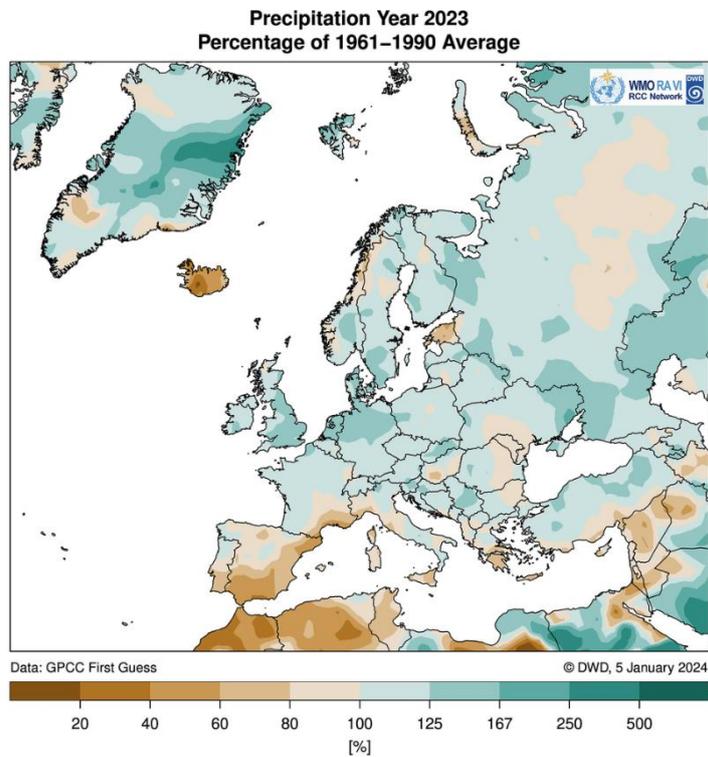


Abbildung 4: Prozentuale Niederschlagsabweichung im Jahr 2023 in Europa bezogen auf die Klimanormalperiode 1961-1990

Hinsichtlich der Jahressumme des Niederschlages sind die europäischen Mittelmeeranrainerstaaten direkt an der Mittelmeerküste von Niederschlagsarmut betroffen, während in den übrigen Regionen normale oder leicht übernormale Jahressummen zu Buche schlugen. Wie aber schon die weiter oben beschriebene Dürre in Frankreich und das hohe Temperaturniveau auf der Iberischen Halbinsel belegen, ist damit keinesfalls sicher, dass dies auch zu einer normalen Wasserversorgung für die davon abhängigen Wirtschaftssektoren geführt hat. Die regionalen und interannuellen Verteilungsunterschiede waren auch 2023 beim Niederschlag wieder beträchtlich.

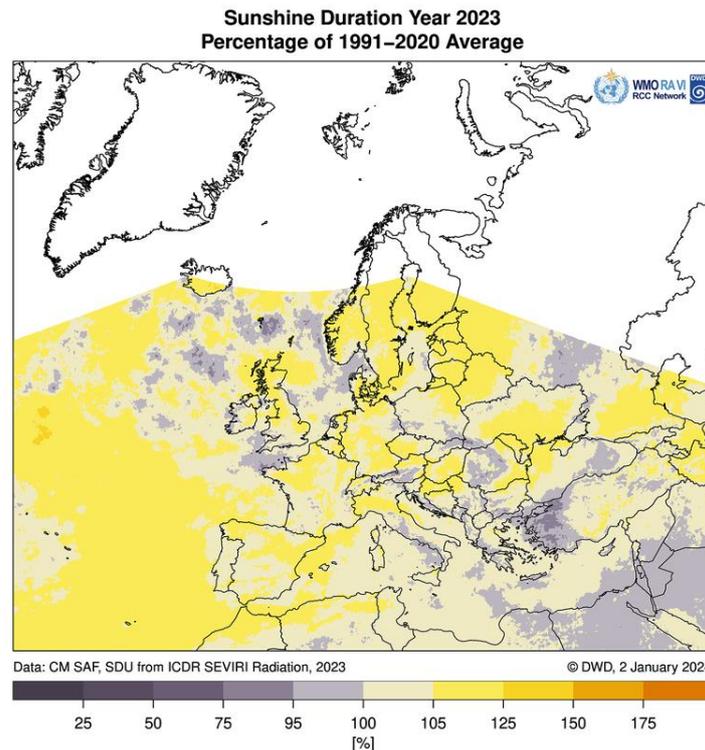


Abbildung 5: Abweichung der Sonnenscheindauer im Jahr 2023 in Europa bezogen auf die Periode 1991-2020 (eine frühere Vergleichsperiode kann aufgrund der verfügbaren Daten nicht verwendet werden)

Die Sonnenscheindauer variierte 2023 in Europa zwischen 75 % und 125 % des Normalwertes, wobei -flächenhaft betrachtet- in den meisten Regionen des Festlandes Werte oberhalb der Klimamittel registriert wurden, was zusätzlich zum Temperaturniveau auch die Verdunstung deutlich vergrößerte.

In Deutschland war nach einem sehr milden Jahresbeginn 2023 die Lufttemperatur im Jahresmittel die wärmste seit 1881 (siehe Abbildung 6). Alle 12 Monate und damit auch alle vier Jahreszeiten zeigten positive Temperaturabweichungen, wobei der April nur knapp über dem Normalwert 1961-1990 abschloss. Demgegenüber stand ein September, der in Deutschland seit 1881 noch nie so warm war. Die Tendenz zu einer Abnahme von Eis- und Frosttagen sowie zur Zunahme von Sommer- und Heißen Tagen setzte sich fort. Das Nebeneinander von kalten und milden Perioden zeigte sich auch wieder im Dezember 2023 und demonstriert erneut sehr eindrucksvoll, dass die klimatische Bandbreite größer geworden ist.

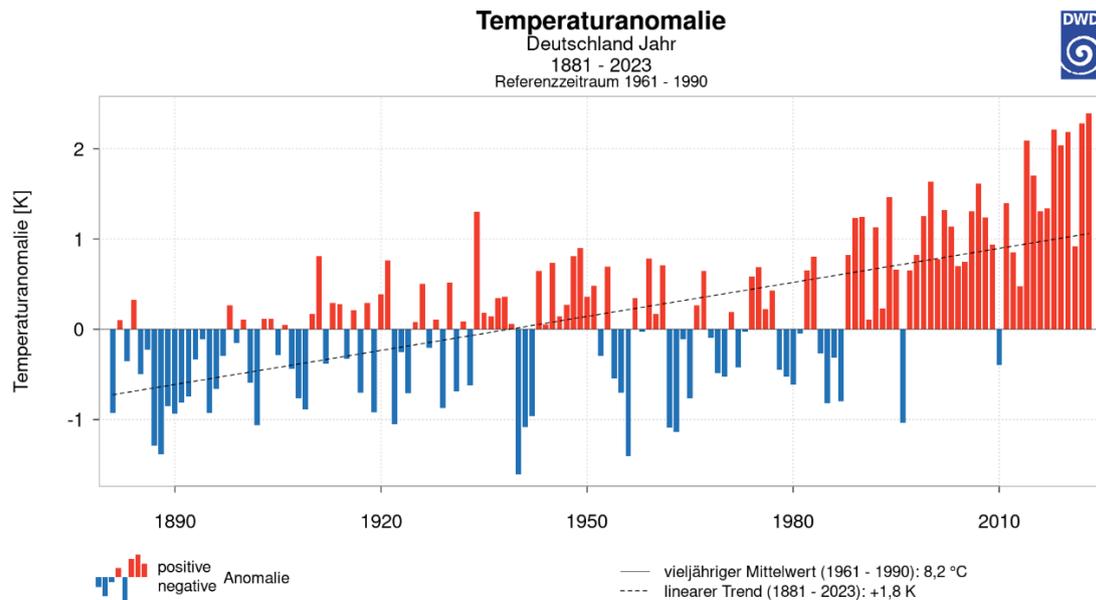


Abbildung 6: Anomalie der Jahresmitteltemperatur über Deutschland 1881 bis 2023 bezogen auf die Klimanormalperiode 1961-1990

Die Sonnenscheindauer summierte sich 2022 im flächenhaften Deutschlandmittel auf 1753,1 Stunden. Das sind 209,1 Stunden oder 13,5 % mehr als normal.

Während die Vorjahre durch Niederschlagsarmut gekennzeichnet waren, zeigten 2023 alle Jahreszeiten überdurchschnittliche Niederschlagssummen. Gleichwohl war im Frühjahr durch das hohe Temperaturniveau und die überdurchschnittliche Globalstrahlung erneut ein drastischer Rückgang der Bodenfeuchte zu verzeichnen, der im Mai vom oberen Rand des klimatologischen Normalbereiches in den zu trockenen Bereich beobachtet werden konnte. In der zweiten Hälfte des Jahres waren die Niederschläge so groß, dass es Ende des Jahres in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Sachsen-Anhalt langanhaltende Hochwasserereignisse gab, die einerseits durch den immer wieder fallenden Regen andererseits aber auch durch zu Tage tretendes Grundwasser der oft bis zum ersten Grundwasserleiter gesättigten Bodenwasservorräte gespeist wurden.

Landwirtschaftliche Versicherungsunternehmen berichten im Jahr 2023 von einer Rekordschadenssumme. Dabei schlugen verbreitete Schäden besonders im süddeutschen Raum zu Buche. Es ist zum Teil Hagel in Tennisballgröße aufgetreten.

Die phänologische Entwicklung

Das phänologische Jahr startete 2023 in Deutschland am 17.01. mit dem Vorfrühling mehr als drei Wochen früher als zum mittleren Termin und nochmals eine Woche früher als 2022. Diese Verfrühung blieb bis in den Erstfrühling hinein erhalten. Die zwar bezogen auf den Klimanormalwert von 1961-1990 noch immer leicht erhöhten Lufttemperaturwerte waren dennoch so, dass der Vegetationsvorsprung aufgezehrt wurde und die Apfelblüte und damit der Vollfrühling in etwa zum normalen Zeitpunkt einsetzte. Auch über den Sommer verlief die Pflanzenentwicklung in Deutschland in etwa im normalen Zeitkorridor. Erst die Kombination aus verfügbarem Bodenwasser und hohem Temperaturniveau im Herbst verhalf der

Pflanzenentwicklung zu einer „Nachspielzeit“. Ab dem Vollherbst wurden die Eintrittstermine der phänologischen Entwicklungsphasen etwa 1 bis 2 Wochen später als üblich registriert, was klimatologisch bisher ganz selten vorkam.

In Sachsen war die Entwicklung ähnlich wie deutschlandweit. Die herbstliche Verspätung des Phaseneintritts war im Freistaat noch etwas stärker und insbesondere bei den Europäischen Lärchen war eine außerordentlich späte Nadelverfärbung und ein ebensolcher Nadelfall beobachtet worden.

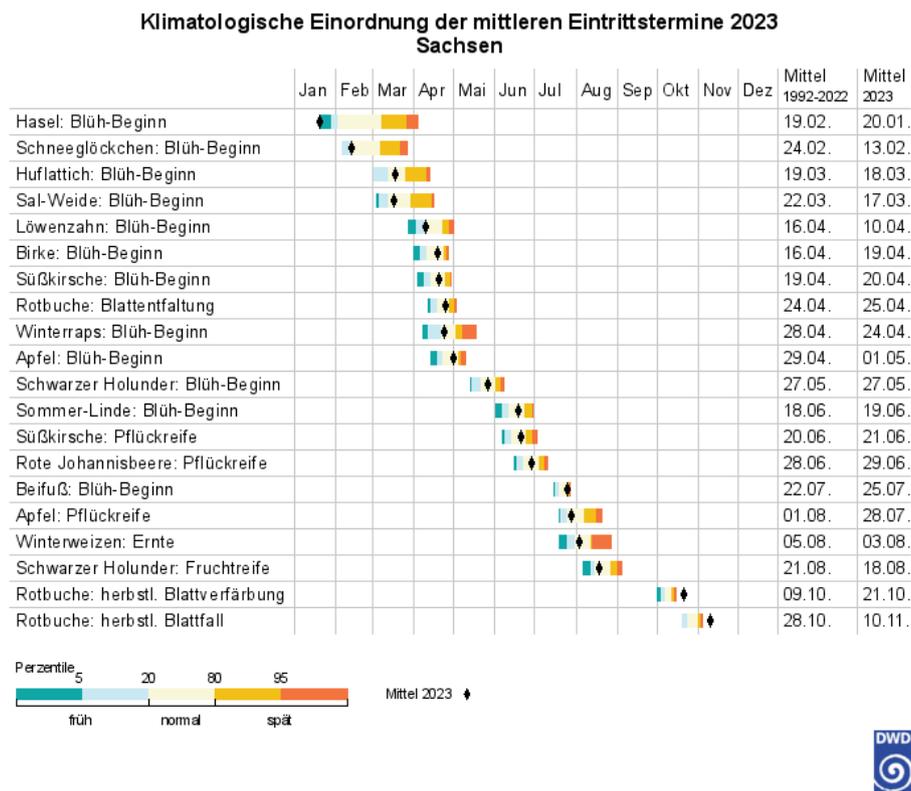


Abbildung 7: Klimatologische Einordnung der phänologischen Entwicklung in Sachsen im Jahr 2023

Für diesen Abschnitt wurden neben eigenen Auswertungen folgende Quellen benutzt:

<https://wmo.int/news/>

https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/klimaueberwachung_node.html

<https://climate.copernicus.eu/>

<https://globalcarbonbudget.org/carbonbudget2023/>

<https://vereinigte-hagel.net/de/>

2. Klimatologische Einordnungen in Sachsen

Hinweis: Dieses Kapitel baut auf Kapitel 2 im [Vorjahresbericht](#) auf und schreibt dieses mit den Beobachtungen aus dem Jahr 2023 fort.

Klimatologische Einordnung des Jahres 2023

Abbildung 8 zeigt eine zusammenfassende Übersicht zur klimatologischen Einordnung der Wetter-/Witterungsabfolge für 2023 anhand der Elemente Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenstunden auf der Basis von Jahres-, Jahreszeiten- und Monatswerten. Die farblichen Hervorhebungen betreffen die Randbereiche der Verteilungen über die jeweiligen Abweichungen seit Datenverfügbarkeit und zielen auf das Sichtbarmachen von Extremen in den unterschiedlichen Zeitskalen Monat, Jahreszeit und Jahr ab.

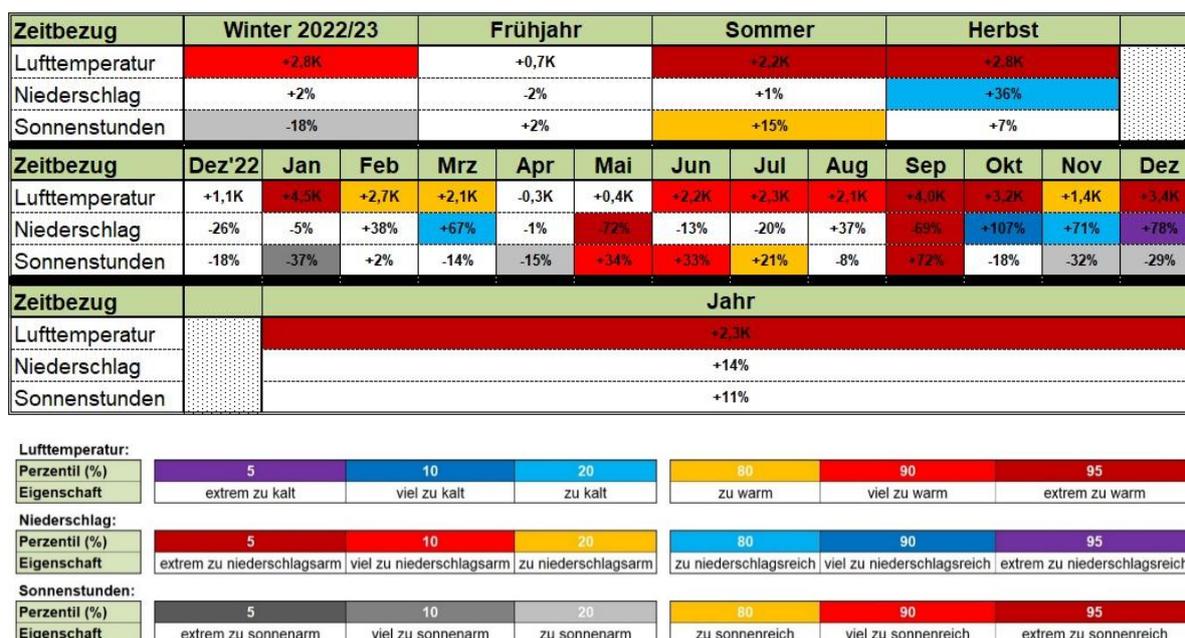
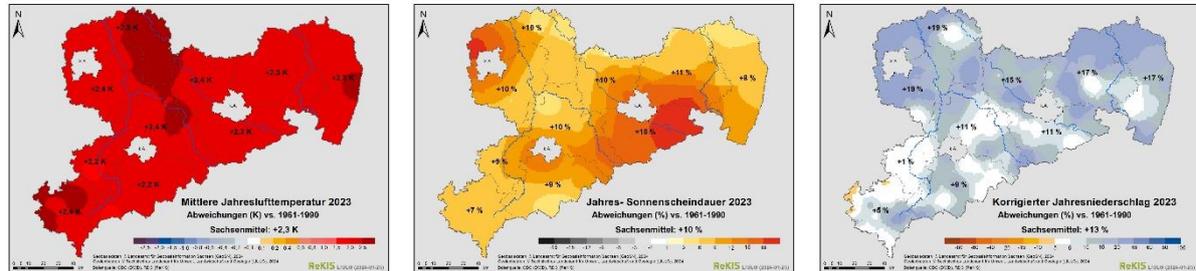


Abbildung 8: Zusammenfassende klimatologische Einordnung des Jahres 2023 vs. 1961-1990 in Sachsen (oben, Datenzeitraum: 1881 bis 2023, Hinweis: scheinbare Inkonsistenzen in den Zahlenangaben beruhen auf Rundungsungenauigkeiten, maßgebend sind die Größenordnungen) sowie verwendete Perzentile und deren Einstufung (unten)

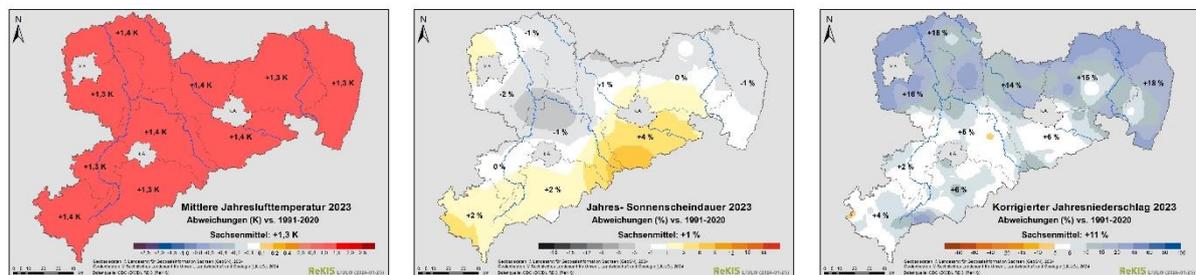
Das Jahr 2023 war mit +2,3 K im Vergleich zur Klima-Referenzperiode 1961-1990 das wärmste seit den Wetteraufzeichnungen ab 1881 und wurde als «extrem zu warm» eingestuft. Somit liegen die fünf wärmsten Jahre in Sachsen (seit 1881) in den letzten 6 Jahren. Der Jahresniederschlag fiel um +13 % und die Anzahl der Sonnenstunden um +10 % höher aus. Mit Ausnahme des Aprils waren alle Monate wärmer, überwiegend auf einem sehr hohen Temperaturniveau. Besonders auffällig waren die Monate September bis Dezember. Der September war mit +4,0 K «extrem zu warm», mit ca. -69 % «extrem zu niederschlagsarm» und mit ca. +72 % «extrem zu sonnenreich». Ihm folgten die sehr niederschlagsreichen Monate Oktober (+107 %, «viel zu niederschlagsreich»), November (+71 %, «zu niederschlagsreich») und Dezember (+78 %, «extrem zu niederschlagsreich») bei gleichbleibend sehr hohem Temperaturniveau und Defiziten im Saldo der Sonnenstunden. (Abbildung 8)

In Abbildung 9 sind die Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (in Kelvin, K), der Sonnenscheindauer (in %) und des Jahresniederschlages (in %) für 2023 gegenüber 1961-1990 (Klima-Referenzperiode), 1991-2020 (aktueller Bezugszeitraum) und der Dekade 2011-2020 flächendifferenziert nach Landkreisen dargestellt.

Abweichungen (%) vs. 1961-1990



Abweichungen (%) vs. 1991-2020



Abweichungen (%) vs. 2011-2020

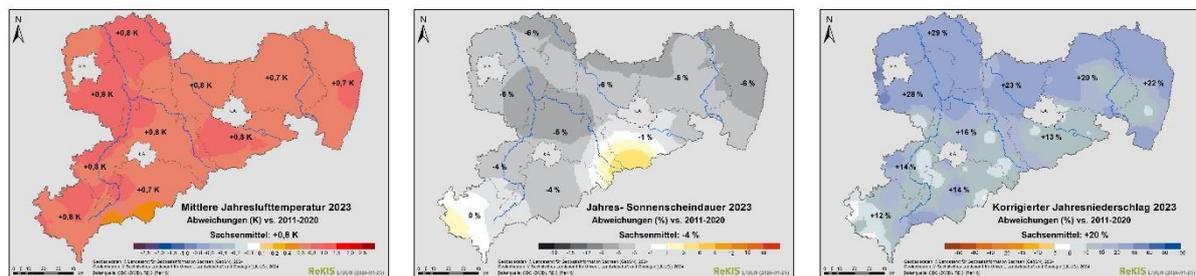


Abbildung 9: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (K), der Jahressonnenstunden (%) und des Jahresniederschlages (%) für 2023 vs. 1961-1990, 1991-2020 und 2011-2020 in Sachsen und den sächsischen Landkreisen (ohne kreisfreie Städte)

Die Bilanzierung der atmosphärischen Bedingungen als Treiber im Wasserhaushalt erfolgt anhand der klimatischen Wasserbilanz. Diese gibt das potentielle Wasserdargebot an und berechnet sich aus dem Niederschlag (Gewinngröße) abzüglich der potentiellen Verdunstung (Verlustgröße). Die potentielle Verdunstung gibt das atmosphärische Sättigungsdefizit an und beschreibt somit den „Durst“ der Atmosphäre. Die Quantifizierung erfolgt hier mittels der Gras-Referenzverdunstung. Der Niederschlag wird hier um den windbedingten Messfehler korrigiert verwendet.

Tabelle 1 zeigt die Ausprägung der voran genannten Größen (in l/m² bzw. mm) für das Jahr 2023 und deren Abweichungen gegenüber der Referenzperiode 1961-1990, dem Bezugszeitraum 1991-2020 und der Dekade 2011-2020.

Die Klimatische Wasserbilanz in Sachsen weist mit +270 l/m² im Jahr 2023 einen Überschuss von 20 l/m² aus. Zum Vergleich: In der Klima-Referenzperiode 1961-1990 betrug die Klimatische Wasserbilanz im Mittel +250 l/m². Der Überschuss im Jahr 2023 resultiert

insbesondere aus dem 13-prozentigen Niederschlagsüberschuss bei einer um +16 % erhöhten potentiellen Verdunstung, die durch die sehr hohen Niveaus für die Temperatur und die Sonnenstunden (Globalstrahlung) maßgebend angetrieben ist. Der Überschuss im potentiellen Wasserdargebot (klimatische Wasserbilanz) resultiert insbesondere aus den sehr niederschlagsreichen Monaten Oktober bis Dezember (Abbildung 8).

Auf die klimatische Wasserbilanz wird weiter in Kapitel 3 „Wasserhaushaltliche Einordnung“ eingegangen.

Tabelle 1: Korrigierter Niederschlag, Gras-Referenzverdunstung und Klimatische Wasserbilanz (l/m²) für 2023 und deren Abweichungen (%) vs. 1961-1990, 1991-2020 und 2011-2020 in Sachsen, Jahr

korrigierter Niederschlag	Gras-Referenzverdunstung	Klimatische Wasserbilanz
<p>Korrigierter Jahresniederschlag 2023 Sachsenmittel: 890 l/m²</p>	<p>Jahres-Gras-Referenzverdunstung 2023 Sachsenmittel: 620 l/m²</p>	<p>Klimatische Wasserbilanz* 2023 Sachsenmittel: +270 l/m²</p>
2023: 890 l/m ²	2023: 620 l/m ²	2023: 270 l/m ²
Abweichung (%) vs. 1961-1990		
+13 %	+16 %	+20 l/m ²
Abweichung (%) vs. 1991-2020		
+9 %	+8 %	+25 l/m ²
Abweichung (%) vs. 2011-2020		
+14 %	+4 %	+85 l/m ²

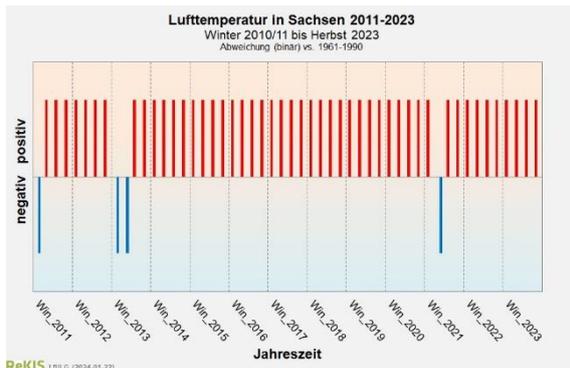
Jahresübergreifende Einordnung seit 2011

Mit der mehrjährigen Witterungsabfolge auf Basis von Jahreszeiten können Risiken aus der kumulativen Wirkung, gar neuartige Extreme, im System Boden-Pflanze-Atmosphäre eingeschätzt bzw. sichtbar gemacht werden.

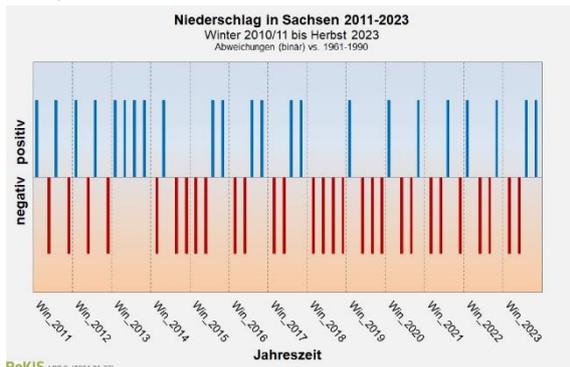
Neben der Temperatur und dem Niederschlag wird hierzu auch ein einfaches Trockenheitsmaß¹ verwendet, dass mit der klimatischen Wasserbilanz harmoniert und als atmosphärische Rahmenbedingungen für Feuchte- und Trockenphasen interpretiert werden kann.

Abbildung 10 zeigt die Witterungsabfolge anhand von Abweichungen (binär) der Temperatur, dem Niederschlag und dem Trockenheitsmaß für aufeinanderfolgende Jahreszeiten von Winter 2010/11 bis Herbst 2023 in Sachsen gegenüber 1961-1990.

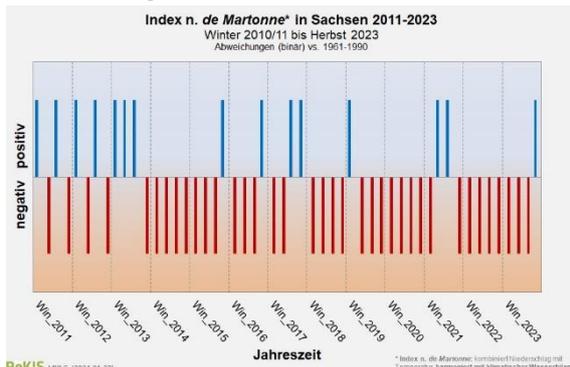
¹ *de Martonne-Index*: zielt auf die pflanzenphysiologische Wirkung des Niederschlags ab und liefert ein einfaches Maß für die Trockenheit eines Lebensraumes. Er kombiniert Temperatur TM (°C) und Niederschlag RR (mm bzw. l/m²) und berechnet sich mit $dM = RR/(TM+10)$. Die Temperatur fungiert hier als Ersatzgröße (Proxy) für die Verdunstung. Der *de Martonne-Index* harmoniert mit der klimatischen Wasserbilanz und kann als atmosphärische Rahmenbedingungen für Feuchte- und Trockenphasen interpretiert werden. Aufgrund der geringen Datenanforderung lassen sich vergleichsweise lange Zeitreihen berechnen und hinsichtlich des längerfristigen Klimatrends bewerten.



Temperatur



Niederschlag



Trockenheitsmaß

Abbildung 10: Witterungsabfolge für Temperatur (oben), Niederschlag (Mitte) und Trockenheitsmaß (unten) von Winter 2010/11 bis Herbst 2023 in Sachsen – Abfolge positiver und negativer Abweichungen (binär) vs. 1961-1990

Die Abfolge wärmerer und kühlerer Jahreszeiten zeigt das zunehmend höhere thermische Niveau. Seit 1881 sind die 31 aufeinanderfolgenden Jahreszeiten von Sommer 2013 bis einschließlich Winter 2020/21 der längste Abschnitt, in dem durchgehend alle Jahreszeiten über ihrem Referenzwert lagen. Das Frühjahr 2021 war lediglich eine Unterbrechung.

Die Abfolge niederschlagsärmerer und -reicherer Jahreszeiten zeigt auf den ersten Blick keine vergleichbare Entwicklung wie die der Temperatur an. Allerdings ist eine Häufung niederschlagsärmerer Abschnitte seit Winter 2013/14 mit einem Verhältnis von 25 (negative Abweichung) zu 15 (positive Abweichung) deutlich erkennbar.

Der Verlauf des Trockenheitsmaßes zeigt, dass seit Herbst 2013 gehäuft atmosphärische Bedingungen auftraten, die einen Aufbau bzw. die Ausprägung von Trockenheit begünstigen bzw. vorantreiben. Sichtbar wurden die Auswirkungen aber erst 2018.

Zusammenfassend kann aus atmosphärischer Sicht festgehalten werden, dass neben dem Jahr 2021 auch 2023 nur als „Entlastung“ in der seit 2018 sichtbaren und noch heute anhängigen Trockenphase zu bezeichnen ist. Maßgebend wird hier der weitere Witterungsverlauf im Jahr 2024 sein.

Laut der aktuellen 3-Monatsmittel-Vorhersage des DWD ist für 2024 davon auszugehen, dass der Übergang vom Winter zum Frühjahr (Februar, März, April) und die Vegetationsperiode I (April, Mai, Juni) wärmer (+0,5 K bis +1,0 K) bei durchschnittlichem Niederschlag (-10 % bis +10 %) im Vergleich zur aktuellen Bezugsperiode 1991-2020 ausfallen.

Für die Zukunft wird maßgebend sein, wieviel Niederschlag im Winter fällt und wie weit sich der Vegetationsbeginn und damit auch die Verdunstung der Pflanzen nach vorn verschieben

wird. Die Winterniederschläge sollten die Wasserspeicher im Boden füllen, damit diese für die Vegetationsperiode ausreichen. Es ist offen, ob für eine wesentlich früher einsetzende pflanzenaktive Phase das Bodenwasser zum Ausgang des Sommers für die notwendige Versorgung ausreichend sein wird.

3. Auswirkungen der Witterung auf die Ressource Wasser

Hinweis: Die folgenden Auswertungen beziehen sich teilweise auf das Kalenderjahr, teilweise auf das Hydrologische Jahr (oder „Abflussjahr“), welches vom November des Vorjahres bis zum Oktober des Betrachtungsjahres reicht. Diese Zeiteinteilung ist in der Hydrologie für Mitteleuropa gebräuchlich, da hier im November typischerweise die Phase der Grundwasserneubildung einsetzt.

Wasserhaushaltliche Einordnung

Das Abflussjahr 2023 (Start: 11/2022) begann mit drei zu trockenen Monaten. Darauf folgten die zu nassen Monate Februar bis April und danach wieder drei zu trockene Monate Mai bis Juli, beginnend mit dem deutlich zu trockenen Mai. Dieser war der zweittrockenste Mai seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Während der August zu nass und der Oktober deutlich zu nass war, zeigte sich der September extrem trocken. Seit 1982 und damit seit über 40 Jahren war ein September nicht mehr so niederschlagsarm.

Die Summe des Gebietsniederschlags von November 2022 bis Oktober 2023 beträgt für Sachsen 680,5 mm. In Bezug auf die Referenzreihe (723,7 mm) beträgt das Defizit 43,2 mm (6,0 %). Damit war das Abflussjahr 2023 nicht so extrem niederschlagsarm wie die Abflussjahre 2018 bis 2020 und 2022. Das kumulative Niederschlagsdefizit seit 2018 hat sich mit dem Defizit aus dem Abflussjahr 2023 gegenüber der Referenzperiode um 43,2 mm auf 614 mm erhöht. Vor allem im November und Dezember fiel dann überdurchschnittlich viel Niederschlag, was für das Kalenderjahr 2023 ein Überschuss von gut 11 % bedeutet.

In den Monaten November 2022 bis Februar 2023 waren die kumulierten Werte der Klimatischen Wasserbilanz (KWB)² im Verlauf vergleichbar, aber unter den Werten der Referenzperiode 1991 bis 2020. In den Monaten März und April lag die kumulierte KWB sogar leicht über den Referenzwerten. Ab Mai blieben die Werte, wie schon in den Jahren zuvor typisch, deutlich unterhalb der kumulierten Referenzwerte (siehe Abbildung 11: Monatliche Klimatische Wasserbilanz Sachsens des Kalenderjahres 2023 im Vergleich zum mehrjährigen Mittel der Referenzperiode 1991-2020 (blau)).

In den ersten drei Monaten des Abflussjahres 2023 blieb die monatliche KWB im Sachsenmittel unter den Werten der Referenzperiode. Nur im Erzgebirgsraum näherten sich diese mehr den Referenzwerten. In den Monaten Februar und März war die monatliche KWB jeweils deutlich (150 bis 210 %) über dem Referenzwert. Im April war die monatliche Summe der KWB, untypisch für diesen Monat, mit leicht positiver Bilanz. Lediglich im Raum Leipzig war die KWB bereits negativ. In den Monaten Mai bis Juli waren die Werte der KWB deutlich negativ, auch gegenüber den Werten der Referenzperiode (siehe Abbildung 12).

² Die *Klimatische Wasserbilanz* ist die Differenz aus der Niederschlagssumme und der Summe der potentiellen Verdunstung.

Wechselhaft wie die Niederschlagssummen der Monate August, September und Oktober stellte sich auch die KWB in diesem Zeitraum ein. Im August war die KWB in Sachsen untypisch deutlich positiv ausgefallen (+36 mm) hingegen im September dann schon wieder mit negativen Werten, auch deutlich unterhalb des Wertes der Referenzperiode. Im Oktober war die KWB wieder mit +75 mm deutlich (270 %) über dem Wert der Referenzperiode (+27,5 mm).

Allgemein zeichnet sich der Verlauf der KWB im Jahr 2023 durch starke monatliche Wechsel aus. Während das Abflussjahr (endet im Oktober) noch eine gegenüber dem Referenzwert reduzierte KWB aufweist, führten die überdurchschnittlichen Niederschläge im November und vor allem Dezember zu einem deutlichen Zuwachs der KWB. Zum Ende des Kalenderjahres liegt der kumulierte Wert für 2023 mit +280 mm deutlich über dem der Referenzperiode aus 1991 bis 2020 mit +230 mm, also um rund 50 mm.

Hinweis: Bei negativen KWB-Werten ist es nicht so, dass der verfügbare Niederschlag ausschließlich für die Verdunstung aufgebraucht wird. Vor allem bei schlechter Wasserverfügbarkeit ist die tatsächliche Verdunstung sehr viel geringer als die potentielle Verdunstung. So gelangt also auch ein – wenn auch unterdurchschnittlicher – Anteil des Niederschlags zum Abfluss oder ins Grundwasser.

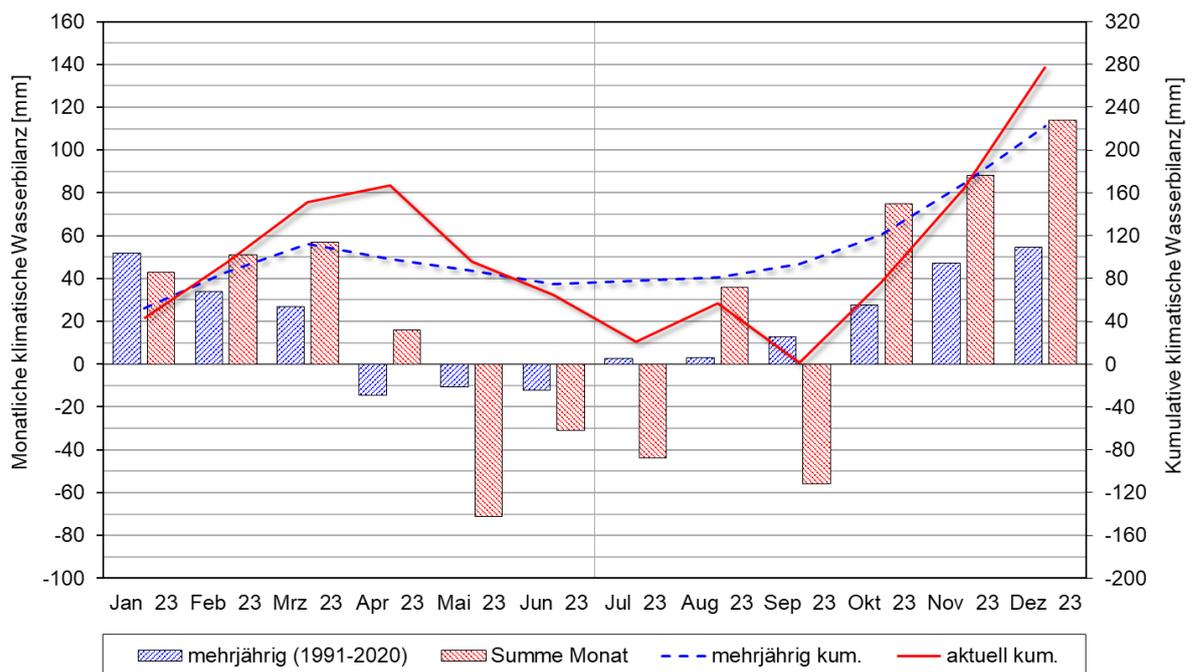


Abbildung 11: Monatliche Klimatische Wasserbilanz Sachsens des Kalenderjahres 2023 im Vergleich zum mehrjährigen Mittel der Referenzperiode 1991-2020 (blau).

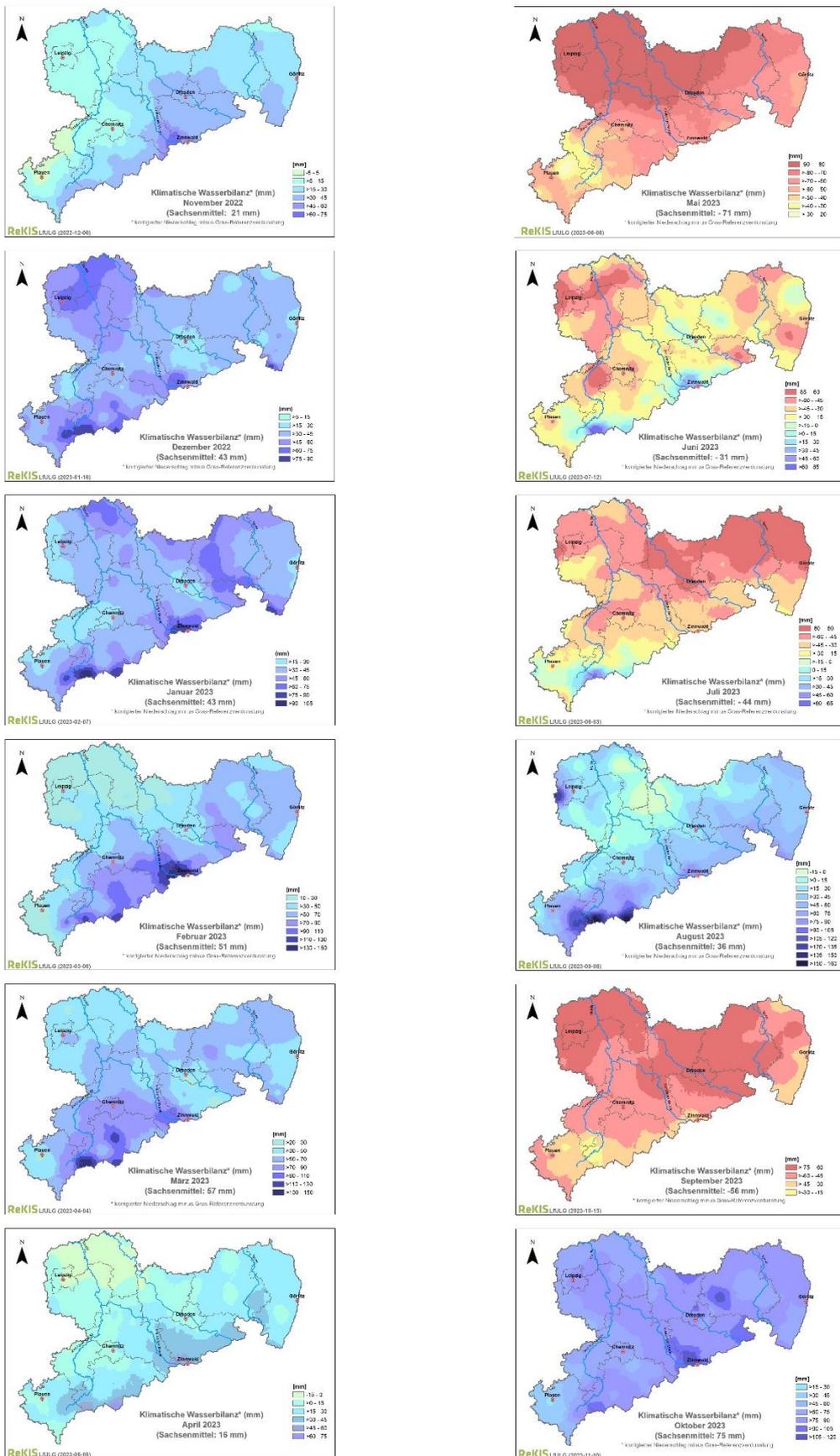


Abbildung 12: Abweichung der Klimatischen Wasserbilanz für Sachsen in den Monaten November 2022 bis Oktober 2023 von der Referenzreihe 1991 bis 2020.

Entwicklung der Bodenfeuchte an ausgewählten Standorten

Entwicklung der Bodenfeuchte an den Intensivmessflächen BDF II

Dargestellt sind die Auswertungen der Messungen an vier Boden-Dauerbeobachtungsflächen („BDF“) des LfULG (siehe Abbildung 13):

- BDF **Köllitsch**: Vega aus Auensediment (Elbaue Nordsachsen)
- BDF **Schmorren**: Parabraunerde-Tschernosem aus Lösslehm (Mittelsächsisches Lösshügelland)
- BDF **Hilbersdorf**: Braunerde aus Lösslehm über Gneis (Östlicher Erzgebirgsnordrand)
- BDF **Lippen**: Regosol aus Kippsand (Senftenberger Heide- und Seengebiet)

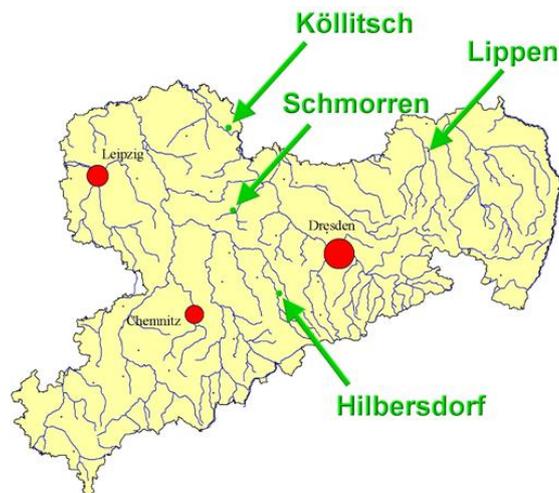


Abbildung 13: Lage der betrachteten Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen.

Der Verlauf der Bodenfeuchten im Jahr 2023 zeigte an den vier Intensivmessflächen sehr unterschiedliche Entwicklungen (siehe Abbildung 14):

An der BDF II Hilbersdorf lagen im Winter 2022/23 feuchte Verhältnisse im kompletten Bodenprofil vor (Abbildung 14-1). Im Frühjahr und Sommer kam es zu einer kontinuierlichen Absenkung der Bodenfeuchten bis in tiefere Bodenschichten. Die erhöhten Regenmengen im Herbst führten zu einem schnellen Wiederanstieg der Werte, der auch den Unterboden erreichte.

Ähnlich verlief die Entwicklung der Bodenfeuchten an der BDF II Lippen. Insgesamt liegen die Bodenfeuchten an dieser Station jedoch aufgrund des sandigen Substrats und damit einer deutlich geringen Wasserspeicherkapazität auf einem geringeren Niveau (Abbildung 14-3).

Der Lössboden der BDF II Schmorren zeigte einen sehr gleichförmigen Verlauf der Bodenfeuchten über das ganze Jahr 2023. Im Winter/Frühjahr 2023 war ein leichter Anstieg messbar (Abbildung 14-2). Über den Sommer und Herbst, bis in den Winter hinein sanken die Bodenfeuchten bis in tiefe Bodenschichten von 1,65 m gleichmäßig ab. Insgesamt können für diese Station keine Aussagen zu den Bodenfeuchten im Oberboden getroffen werden. Nutzungsbedingt (Spargelanbau) befinden sich die Messsonden in tieferen Bodenschichten (>65 cm), welche generell geringere Jahresschwankungen im Feuchteverlauf aufweisen im Vergleich zu oberflächennahe Bodenschichten.

An der BDF II Köllitsch trat 2023 wie schon im Vorjahr eine deutliche sommerliche Absenkung der Bodenfeuchten auf, die bis Ende November anhielt (Abbildung 14-4). Erst Ende November führten Niederschläge in Form von Schnee mit anschließender Schneeschmelze zu einem merklichen Anstieg der Bodenfeuchte in den oberen Bodenschichten.

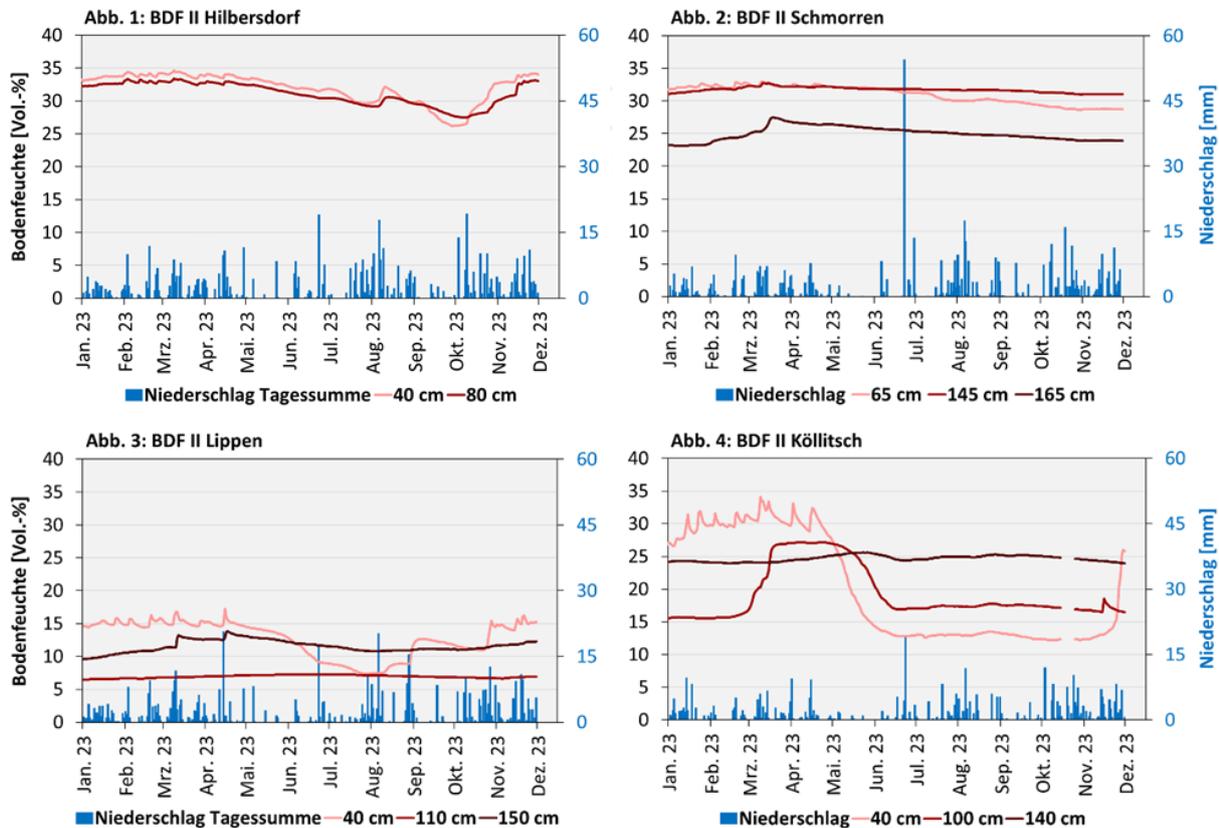


Abbildung 14-1 bis 14-4: Verlauf der Bodenfeuchten (Tagesmittel in Vol.-%) in verschiedenen Bodentiefen und der Niederschläge (Tagessummen in mm) von Januar bis Ende November 2023 an den Intensivmessflächen BDF II Hilbersdorf, Schmorren, Lippen und Köllitsch.

Die aufgezeigten Jahresverläufe der Bodenfeuchten im Jahr 2023 stehen in engem Zusammenhang mit den aufgetretenen Niederschlagsmengen (Tabelle 2). An den BDF II Hilbersdorf, Schmorren und Lippen wurden im Abflussjahr 2023 jeweils leicht erhöhte Jahresniederschläge gegenüber dem vieljährigen Mittel erfasst (seit Einrichtung der Station). An der BDF II Köllitsch fehlten rund 100 mm im Vergleich zum mittleren Jahresniederschlag.

Tabelle 2: Niederschlagssummen an den Intensivmessflächen BDF II Hilbersdorf, Schmorren, Lippen und Köllitsch für das Abflussjahr 2023 und vieljähriger mittlerer Jahresniederschlag seit Einrichtung der Stationen. Für die BDF II Köllitsch wird aufgrund der vergleichsweise kurzen Datenreihe zusätzlich das vieljährige Mittel der nahe liegenden Agrarmeteorologischen Station Köllitsch angegeben.

Station (Beginn der Messung)	Niederschlagssumme Mittlerer Jahresniederschlag seit	
	HJ 2023 (mm)	Beginn der Messung (mm)
BDF II Hilbersdorf (1996)	609	576
BDF II Schmorren (2001)	539	465
BDF II Lippen (1998)	543	524
BDF II Köllitsch (2016)	418	374
Agrarmeteorol. Station Köllitsch (1994)		525

Entwicklung der Wasservorräte im Boden an den Intensivmessflächen BDF II

Pflanzen können Bodenwasser je nach Bodenart und Dichte des Bodens aus ihrem Wurzelraum aufnehmen. Die maximal pflanzenverfügbare Wassermenge, die der Boden in mittelgroßen Poren halten kann, wird durch den Parameter nutzbare Feldkapazität angegeben. Dieser maximale Bodenwasservorrat wurde für die Böden der Intensivmessflächen mittels bodenphysikalischer Laboranalysen und unter Berücksichtigung des jeweiligen effektiven Wurzelraums (WE) bestimmt. Die pflanzenverfügbare Wassermenge, die in Abhängigkeit der jeweils aktuellen Standortverhältnisse (Wetter, Bewirtschaftung, etc.) tatsächlich im durchwurzelbaren Raum auftritt, wurde aus den gemessenen Bodenfeuchten tagaktuell ermittelt. Das Verhältnis aus aktueller zu maximal möglicher Wassermenge repräsentiert den Auffüllstand des Wasservorrats (in %) an einem Standort.

Der Auffüllstand des Bodenwassers erreicht seinen höchsten Punkt üblicherweise zu Beginn des Frühjahrs nach der Schneeschmelze. Liegen die Werte über 100 %, wird die Feldkapazität des Bodens überschritten und es kommt zur Sickerwasserbildung bzw. Abfluss überschüssigen Bodenwassers. Die geringsten Auffüllstände treten in der Regel in den Sommermonaten auf. Sinken sie unter 40 % ist mit beginnendem Wasserstress zu rechnen; Werte unter 20 % führen zu Trockenstress und Einschränkungen des Pflanzenwachstums.

An den Intensivmessflächen BDF II sank der Bodenwasservorrat im Sommer 2023 lediglich an der Station Lippen in den Trockenstressbereich von <20 % des maximal möglichen Wasservorrats (Abbildung 15). Das sandige Substrat zeigt hier typischerweise sehr schnelle Austrocknungs- sowie Wiederbefeuchtungsphasen. Daher kommt es nach Niederschlägen (wie im August 2023) zu einer schnellen Wiederauffüllung des Bodenwasserspeichers, der an dieser Station in den Wintermonaten meist vollständig gefüllt ist.

An den BDF II Hilbersdorf und Schmorren lagen die Bodenwasservorräte im Jahr 2023 ganzjährig im normal feuchten Bereich zwischen ca. 50 und 70 %. Während jedoch der Auffüllstand in Hilbersdorf seit Mitte Oktober deutlich ansteigt, ist in Schmorren eine weitere Zehrung der Wasservorräte bis Anfang Dezember zu beobachten.

Sehr deutlich zeigte sich der Einfluss der geringen Niederschläge der letzten Jahre an der BDF II Köllitsch. Die Defizite der Bodenwasservorräte aus dem Vorjahr wurde erst im April bis Mai 2023 wieder aufgefüllt. Bereits im Juni sanken die Auffüllstände erneut deutlich ab und lagen von Juli bis November im Bereich um 30 %, was einen trockenen Bodenzustand anzeigt.

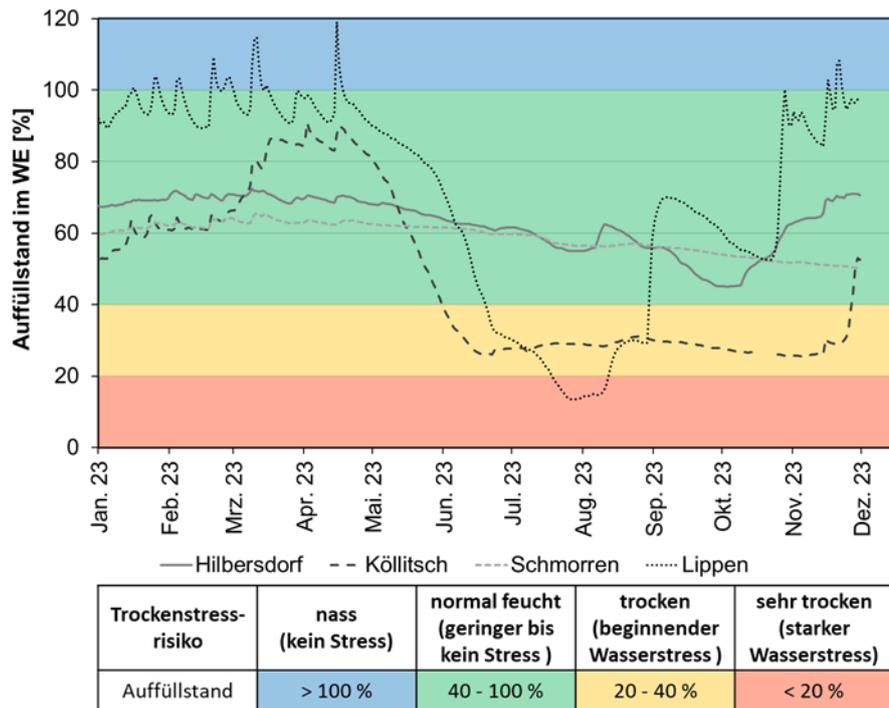


Abbildung 15: Auffüllstand des Wasservorrates im effektiven Wurzelraum (WE) von Januar bis Ende November 2023 an den Intensivmessflächen BDF II Hilbersdorf (WE = 8 dm), Schmorren (WE = 15 dm), Köllitsch (WE = 12 dm) und Lippen (WE = 6 dm). Auffüllstand = Anteil des aktuell pflanzenverfügbaren Wasservorrates am maximal möglichen Wasservorrat eines Bodens.

Aufgrund der sich sehr stark unterscheidenden Wasserspeicherkapazitäten verschiedener Bodenarten muss zur Beurteilung der aktuellen Wasserversorgung neben den relativ verfügbaren Wasservorräten (Auffüllstände) auch die absolut pflanzenverfügbare Wassermenge herangezogen werden. So wies der Lössboden der BDF II Schmorren trotz kontinuierlicher Reduzierung der Werte in den letzten Jahren noch immer sehr hohe absolute verfügbare Wasservorräte auf und lag Ende November 2023 bei 129 l/m² bzw. mm im effektiven Wurzelraum. An der BDF II Hilbersdorf betrug die pflanzenverfügbare Wassermenge zu diesem Zeitpunkt 110 l/m², an der BDF II Köllitsch ca. 117 l/m² und an der BDF II Lippen rund 55 l/m².

Hinweis: Weitere Details und Auswertungen sind zu finden unter <https://www.boden.sachsen.de/informationen-zur-bodenfeuchte-24467.html>

Bodenwasserhaushalt und Sickerwasserbildung am Standort Brandis (Lysimeterstation BfUL)

Die nachfolgenden Analysen basieren auf den Untersuchungen verschiedener Bodentypen unter einheitlicher landwirtschaftlicher Nutzung und identischem Klima auf der Lysimeterstation Brandis. Im aktuellen Untersuchungsjahr wurde in Brandis Winterweizen angebaut. Die untersuchten Bodengruppen decken ein breites hydrologisches Spektrum ab und sind vor allem für den Nordwesten Sachsens repräsentativ. Tabelle 3 enthält die wesentlichen bodenhydrologischen Eigenschaften der Böden. Die in Brandis beobachteten Sickerwassermengen und Bodenwasserspeicherdefizite des Abflussjahres 2023 (11/2022 – 10/2023) werden nachfolgend mit den historischen Beobachtungen im Referenzzeitraum 1991 – 2020 verglichen.

Tabelle 3: Einteilung der untersuchten Bodengruppen (Gr.) in Klassen von Pedohydrotopen (PH) mit Beschreibung der Böden und Angaben zur mittleren Feldkapazität (FK) und der maximalen Feldkapazität (FK_{max}) der Wurzelzone, sowie den mittleren jährlichen Sickerwassermengen (Referenzzeitraum 1991 – 2020) und dem vertikalen Verlagerungsrisiko des Wassers (VR).

PH	Beschreibung	Gr.	FK (FK _{max}) (mm)	Sw (mm/a)	VR
a	kiesige Mittel- und Grobsande ohne bindige Deckschichten	5	62 (82)	156	mittel
b	gebänderte Mittel- und Feinsande über Sanden und Kiesen	4 8	117 (167)	119	gering
c	Geschiebelehm (-mergel) über Sanden oder Kiesen	1; 7 11	127 (205)	90	gering – sehr gering
d	mächtige Lößschichten über Sanden, Kiesen oder Geschiebelehm/-mergel	9 10	322 (570)*	5	sehr gering

* auf den Lößböden findet Kapillaraufstieg aus Bodenschichten unterhalb der Wurzelzone statt, weshalb sich die Angabe für die Feldkapazität für diese Böden über die gesamte Profiltiefe von 3 m erstreckt

Durch den warmen und relativ trockenen Sommer 2022 endete das Abflussjahr 2022 mit überdurchschnittlichen Bodenwasserspeicherdefiziten auf allen untersuchten Böden. Bedingt durch diese ausgeprägten Bodenwasserspeicherdefizite und unterdurchschnittliche Niederschläge im November, konnte der Beginn der Sickerwasserperiode auf den meisten Böden erst im Januar 2023 festgestellt werden. Zwischen Dezember 2022 bis April 2023 fielen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen, die auf den leichten und mittleren Böden, mit Ausnahme des März, zu mittleren Sickerwassermengen führten. Außergewöhnlich feuchte Bedingungen führten im März zu außergewöhnlichen Sickerwassermengen auf den leichten und mittleren Böden. In der Jahressumme konnten die erhöhten Sickerwassermengen im Frühjahr den späten Beginn der Sickerwasserperiode kompensieren, so dass auf allen leichten und mittleren Böden durchschnittliche Jahressummen der Sickerwasserbildung beobachtet wurden (Abbildung 16).

Auf den schweren Böden kam es aufgrund der ausgeprägten Bodenwasserspeicherdefizite zu keiner Sickerwasserbildung. Eine ausbleibende Sickerwasserbildung wurde auf diesen Böden bereits in der Vergangenheit beobachtet, dennoch ist die mehrjährig anhaltende Sickerwasserlosigkeit (Gruppe 9: 10 Jahre; Gruppe 10: 8 Jahre) auch auf den schweren Lößböden auffällig.

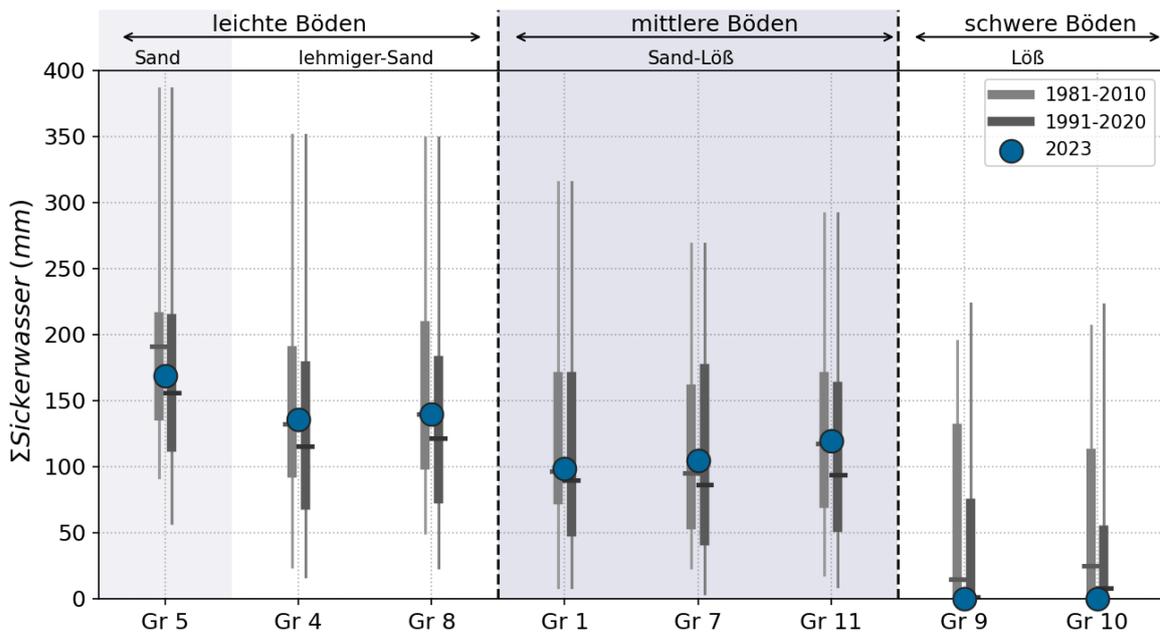


Abbildung 16: Auf der Lysimeterstation Brandis beobachtete Jahressummen der jährlichen Sickerwassermengen für 8 verschiedene Bodengruppen im Abflussjahr 2023. Die grauen Boxplots repräsentieren die im Referenzzeitraum 1981 – 2010 beobachteten Verteilungen der jeweiligen jährlichen Größen und dienen der statistischen Einordnung.

Alle Lysimeter waren mit Winterweizen bestellt, der mit Beginn der Vegetationsperiode im März 2023 von einer guten Wasserversorgung der Wurzelzone profitierte. Diese gute Versorgungslage hielt bei mäßigen Verdunstungsansprüchen und leicht überdurchschnittlichen Niederschlägen bis in den April hinein an. Ein außergewöhnlich trockener, warmer und sonnenscheinreicher Mai änderte die Bodenwasserhaushaltssituation sehr schnell. Die Kombination aus hohen Verdunstungsansprüchen und niedrigem Niederschlagsdargebot resultierte auf den leichten und mittleren Böden in einer nahezu vollständigen Zehrung der Bodenwasserspeicher, so dass die Vegetation ab Ende Mai substantiellen Trockenstress litt. Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode überstieg der Verdunstungsanspruch in allen Monaten das Niederschlagsdargebot. Erst im Oktober führten überdurchschnittliche Niederschläge zu einer Reduktion der Bodenwasserspeicherzehrung und folglich zu einer Normalisierung der Bodenwasserhaushaltssituation.

Aus bodenhydrologischer Sicht ist die Winterperiode 2022/23 als übermäßig feucht einzuordnen, während die Vegetationsperiode 2023 erneut durch einen überdurchschnittlichen Verdunstungsanspruch bei unterdurchschnittlichem Niederschlagsdargebot gekennzeichnet war. Die mittleren jährlichen Bodenwasserspeicherdefizite fielen auf allen leichten und mittleren Böden in der Folge höher aus, als im Mittel der Referenzperioden (Abbildung 17). Durch die erneut ungünstigen meteorologischen Randbedingungen des Abflussjahres 2023 ist das Bodenwasserspeicherdefizit auf den schweren Lößböden der Gruppen 9 und 10 noch immer überdurchschnittlich stark ausgeprägt. Der effektiv nutzbare Bodenwasserspeicher dieser tiefgründigen Lößböden reicht durch Kapillaraufstieg tiefer als die effektive Wurzelzone. Daher bilden sich Defizite aus, die durch die Winterniederschläge nur teilweise aufgefüllt werden können. Auf diese Weise können Bodenwasserspeicherdefizite in Folgejahre fortbestehen und sich akkumulieren. Die aktuellen Bodenwasserspeicherdefizite der schweren Lößböden haben

ein Niveau erreicht, bei dem auch ein überdurchschnittlich feuchter Winter nicht zu einer Auffüllung ausreicht.

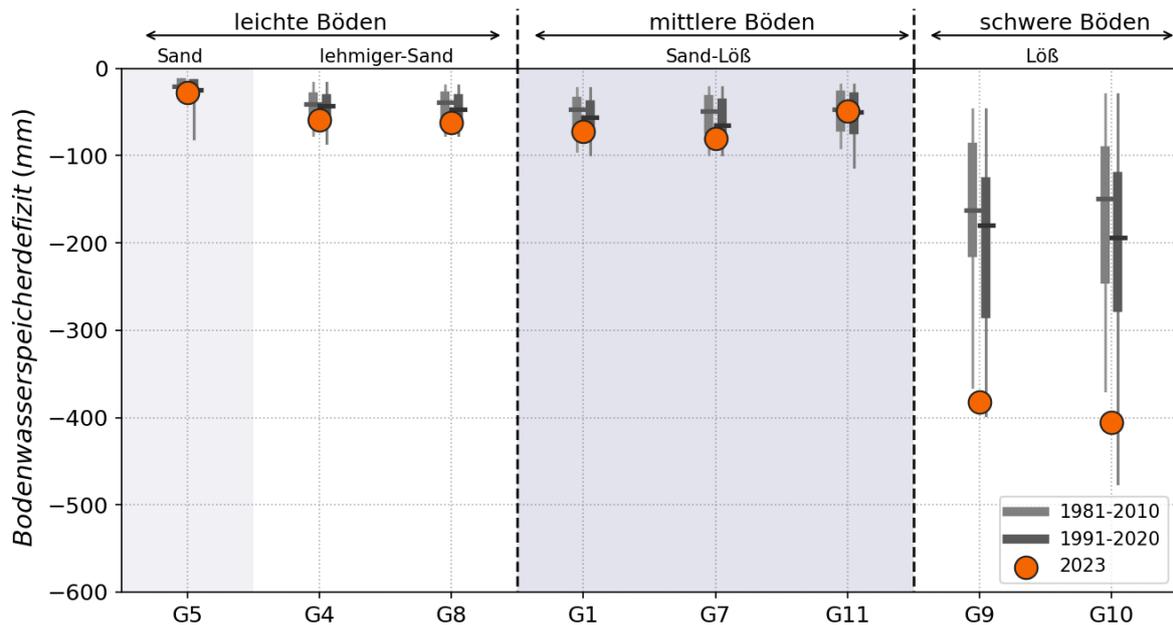


Abbildung 17: Verlauf der auf der Lysimeterstation Brandis beobachteten mittleren jährlichen Bodenwasserspeicherdefizite für 8 verschiedene Bodengruppen im Abflussjahr 2023. Die grauen Boxplots repräsentieren die im Referenzzeitraum 1981 – 2010 (hell) und 1991 – 2020 (dunkel) beobachteten Verteilungen der jeweiligen jährlichen Größen und dienen der statistischen Einordnung.

Auswirkungen auf das Grundwasser – erneut extreme Grundwasser-Dürre in Sachsen

Auch 2023 gehörte in Sachsen zu den Jahren mit Grundwasser-Dürre und setzt damit eine seit 2014 anhaltende Periode von Jahren ohne übernormale Jahresmittelwerte der Grundwasserstände fort (Abbildung 18). Gleichzeitig liegen die Jahresmittel von über 90 % der Jahre seit 1970 über dem des Jahres 2023.

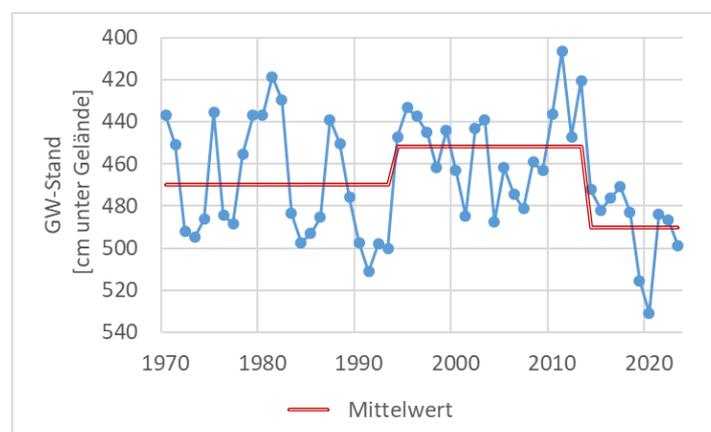


Abbildung 18: Jahresmittel des Grundwasserstandes von 279 repräsentativen Grundwassermessstellen in Sachsen für die Abflussjahre von 1970 bis 2023 (cm unter Gelände).

Nachdem auch 2022 Grundwasser-Dürre herrschte, erreichte der Grundwasserstand im Landesmittel von Sachsen im April den Jahreshöchstwert für 2023 auf nahezu mittlerem Niveau. Trotz nassem August und Oktober zeigen die GW-Stände anschließend von Mai bis Oktober einen durchgängigen Abwärtstrend (Abbildung 19). Damit war der Zeitraum von August bis Oktober erneut mit GW-Dürre verbunden. Von 1970 bis 2023 lag das Landesmittel des GW-Standes im Oktober nur in den drei Jahren 1991, 2018 und 2019 noch niedriger als 2023 (Abbildung 20). Die von Oktober bis Dezember 2023 anhaltend übernormalen Monatsniederschläge führen aktuell zu einer frühen und rasanten Wiederauffüllung im Grundwasser, die momentan noch nicht vollständig quantifizierbar ist.

Für Sachsen ist der Wechsel von mehrjährigen Perioden mit übernormalem und mit unternormalem GW-Stand typisch (Abbildung 21). Die Andauer der aktuellen, seit 2014 bestehenden Phase unternormaler GW-Verhältnisse ist mit den 1930er Jahren noch vergleichbar, weist für die Unterschreitung des SGI-Wertes von -0,75 jedoch eine höhere Andauer der GW-Dürre auf.

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 22). Die Anstiege des GW-Standes im Winterhalbjahr können die angestiegenen Rückgänge des Sommerhalbjahres für ausgeglichene Jahresmittelwerte aktuell nicht mehr hinreichend kompensieren (Abbildung 18).

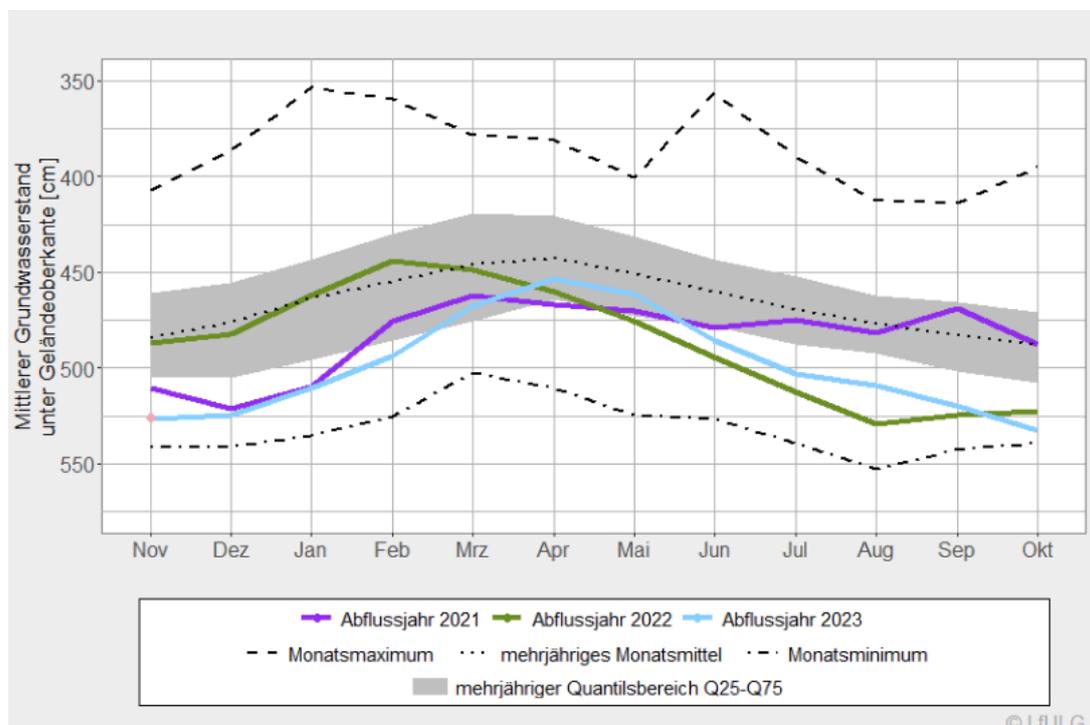


Abbildung 19: Monatsmittel des Grundwasserstandes von 279 repräsentativen Grundwassermessstellen in Sachsen im 51-jährigen Mittel von 1970 bis 2020 (grauer Bereich und schwarze Linien) im Vergleich mit den aktuellen Abflussjahren 2021, 2022 und 2023 in [cm unter Gelände]. Das Abflussjahr beginnt am 01.11. des Vorjahres und endet am 31.10. des Jahres.

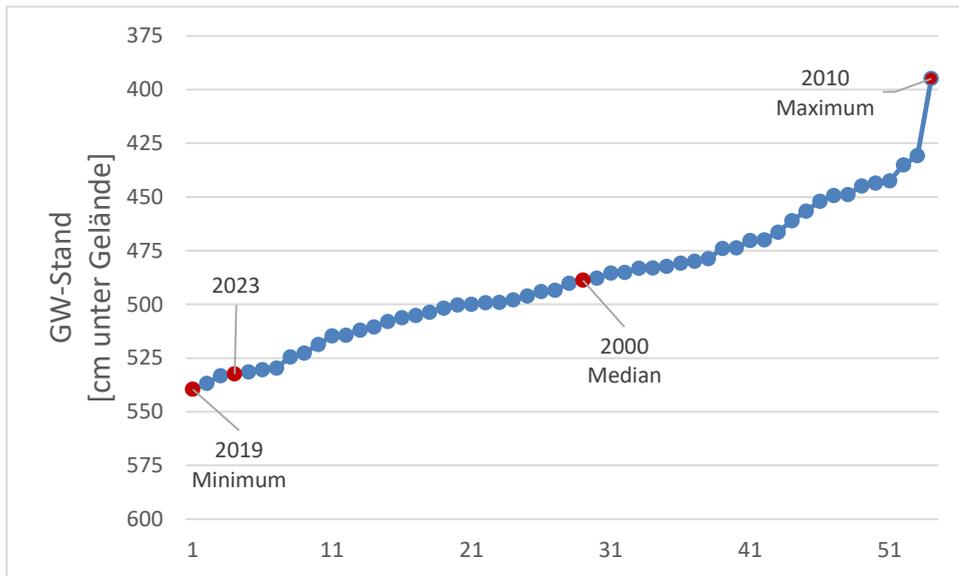


Abbildung 20: Rangfolge des mittleren GW-Flurabstandes im Oktober für das Landesmittel aus 279 repräsentativen Grundwassermessstellen in Sachsen im Zeitraum 1970 bis 2023 (cm unter Gelände).

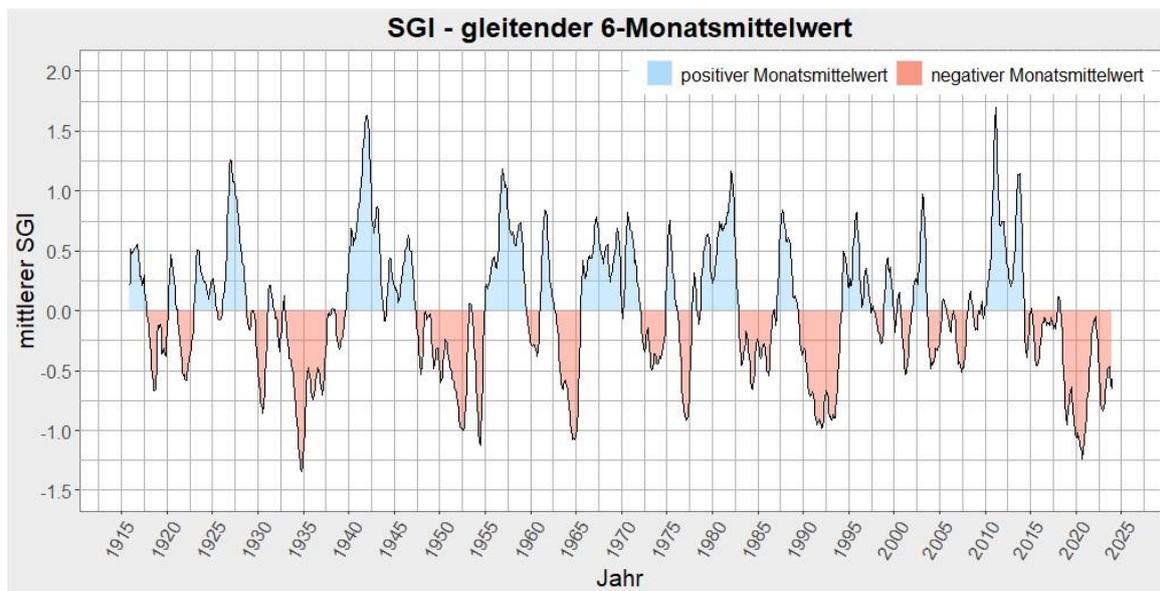


Abbildung 21: Gleitendes 6-Monatsmittel des Standardisierten Grundwasserindizes (SGI) für den Landesmittelwert von Sachsen 1916 bis 2023; übernormaler GW-Stand (blau), unternormaler GW-Stand (rot).

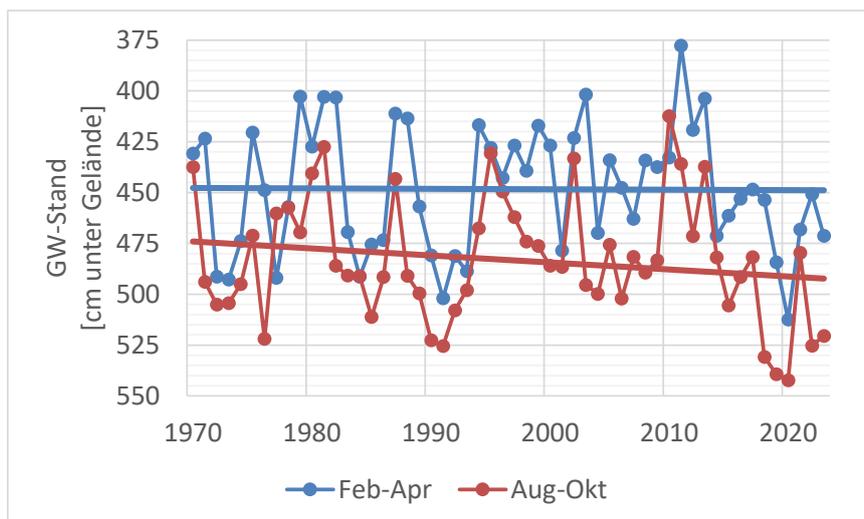


Abbildung 22: Mittlerer Grundwasserstand in Sachsen im Zeitraum 1970 bis 2023 zum Ende des Winter- (Februar-April) und Sommerhalbjahres (August-Oktober) mit linearer Trendschätzung (cm unter Gelände).

Hinweis: Weitere Details und Auswertungen sind zu finden unter <https://www.wasser.sachsen.de/grundwasserstaende.html>

Auswirkungen auf die Öffentliche Wasserversorgung

Aus dem Jahr 2023 sind dem LfULG keine nennenswerten unmittelbaren Auswirkungen der Witterung auf die öffentliche Wasserversorgung bekannt. Die Versorgung mit Trinkwasser erfolgte mit hoher Qualität und Zuverlässigkeit. Da keine überregionalen Extremwetterereignisse zu verzeichnen waren, erfolgte keine spezifische Abfrage der Wasserversorgungsunternehmen durch das LfULG.

Auswirkungen der Witterung und der projizierten Veränderung klimatischer Verhältnisse auf den Brunnenbau haben sich – wie bereits in den Vorjahresberichten zu „Wetter trifft Klima“ erläutert – seit der Trockenperiode ab 2018 gezeigt. Nach 2018 sind aufgrund der Trockenheit die Anzeigen zu Brunnenbohrungen³ um ein Vielfaches angestiegen. Seit dem Hoch von knapp 2.000 Anzeigen im Jahr 2020 nahm die Brunnenbauaktivität in den letzten drei Jahren wieder allmählich ab (Abbildung 23). Bei den angezeigten Bauvorhaben handelt es sich vielmals um Brunnen für den privaten Zweck. Da Grundwasserentnahmen in geringen Mengen erlaubnisfrei sind, ist keine Aussage über Entnahmemengen an diesen Brunnen möglich.

Aufgrund der zunehmend hohen Ausschöpfungsraten von Grundwasserkörpern (Grundwasserneubildung vs. Grundwasserentnahmen), die in trockenen Sommermonaten durch zeitweise besonders hohe Wasserentnahmen aus den Grundwasserleitern einen Höhepunkt finden, gewinnt der Schutz der Ressource Grundwasser vor Übernutzung an Bedeutung. Um die Vorrangstellung des öffentlichen Trinkwasserbedarfes zu sichern, werden neue Wasserentnahmen gemäß dem Grundwasserbewirtschaftungserlass des SMEKUL genauestens geprüft.

Die Stadt Leipzig begegnet den angespannten Grundwasserhältnissen durch eine generelle Untersagung erlaubnisfreier Grundwasserentnahmen aus neu angezeigten

³ Enthalten sind Brunnenbohranzeigen zu jeglichem Zweck (private, betriebliche, öffentliche Wasserversorgung etc.)

Brunnen. Zudem werden die Grundwasserentnahmen aus Gartenbrunnen zunächst auf fünf Jahre befristet.

Während der trockenen Sommermonate in 2022 und 2023 erließen die Landkreise Bautzen und Leipzig Allgemeinverfügungen nicht nur zur Beschränkung von Wasserentnahmen aus oberirdischen Gewässern, sondern zeitlich und nach Einsatzzweck beschränkt auch aus Brunnen. Der Erzgebirgskreis gab diese Vorgaben als Hinweise bekannt.

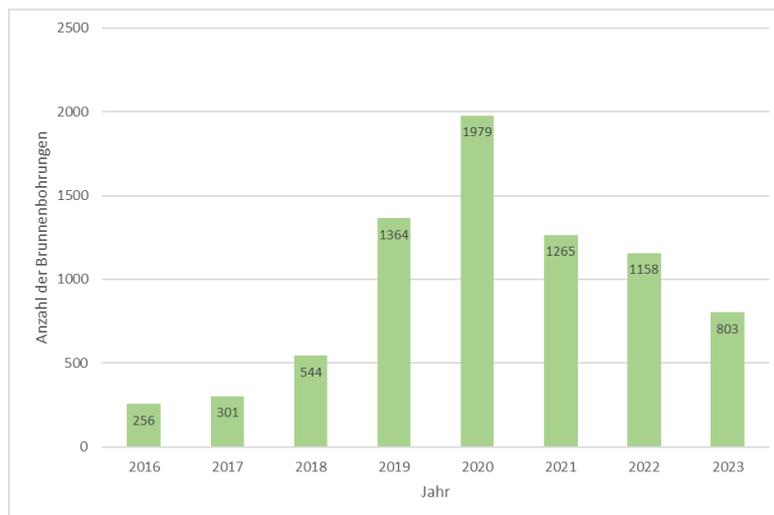


Abbildung 23: Entwicklung der Bohranzeigen zum Brunnenbau seit 2016.

Wasserführung in den Fließgewässern

Im Abflussjahr 2023 lagen die Jahresmittelwerte der Durchflüsse an den Pegeln der sächsischen Fließgewässer im Flussgebiet Nebenflüsse der Mittleren Elbe bei 45 bis 55 %, in den Flussgebieten Spree und Weiße Elster meist bei 50 bis 80 %, in den Flussgebieten Nebenflüsse der Oberen Elbe, Schwarze Elster und Mulde meist bei 65 bis 85 % und im Flussgebiet Lausitzer Neiße bei 75 bis 105 % vom MQ(Jahr).

Im Kalenderjahr 2023 lagen die Jahresmittelwerte der Durchflüsse an den Pegeln der sächsischen Fließgewässer in den Flussgebieten der Lausitzer Neiße, der Mulde, der Nebenflüsse der Oberen Elbe und der Schwarzen Elster bei 85 bis 115 %, im Flussgebiet der Nebenflüsse der Mittleren Elbe bei 60 bis 70 %, im Flussgebiet der Spree bei 70 bis 95 % und im Flussgebiet der Weißen Elster bei 65 bis 85 % vom MQ(Jahr). Die Unterschiede zwischen Abfluss- und Kalenderjahr ergeben sich vor allem auf Grund der hohen Niederschläge im November und vor allem Dezember 2023.

Die Niedrigwassersituation in den sächsischen Fließgewässern war zu Beginn des Abflussjahres 2023 stärker ausgeprägt, als 11/2022, entspannte sich dann aber über den Winter. Das zeigt auch die Abbildung 24, in der der Anteil der sächsischen Pegel mit einer Wasserführung kleiner/gleich des Niedrigwasser-Schwellenwertes MNQ für die Abflussjahre 2018 bis 2023 dargestellt ist.

Von Mai bis Oktober war erneut Niedrigwasser unterschiedlicher Verbreitung und Intensität zu verzeichnen. Damit war das Abflussjahr 2023 durchaus ein Niedrigwasserjahr. In den Monaten November und Dezember 2023 hat sich die Niedrigwasserlage aufgelöst; die letzte

Dezemberdekade war in Sachsen durch flächendeckendes Hochwasser geprägt, dabei gab es Richtwertüberschreitungen, teilweise bis in den Bereich der Alarmstufe 3.

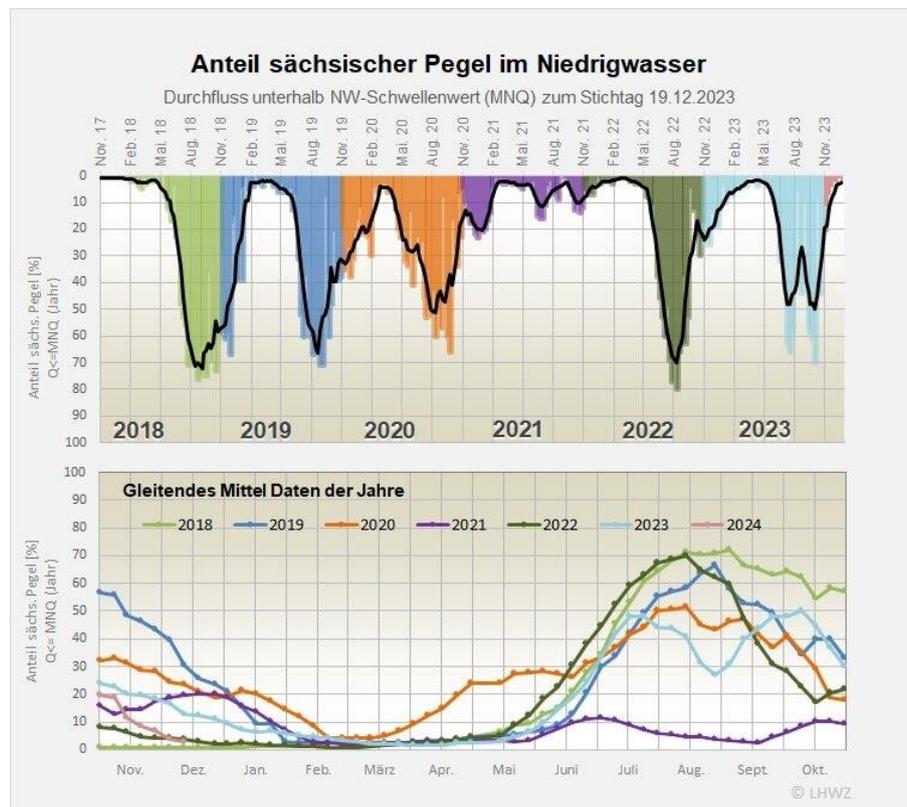


Abbildung 24: Anteil sächsischer Pegel mit einer Wasserführung kleiner/gleich des Niedrigwasser-Schwellenwertes MNQ für die Abflussjahre 2018 bis 2023; es handelt sich um eine wöchentlich aktualisierte Stichtags-Auswertung (LHWZ).

Zur Elbe

Nach dem in 2021 fast normale Abflussverhältnisse im Jahresmittel in der Elbe vorlagen, folgte 2022 wieder ein abflussärmeres Jahr (siehe Abbildung 25). Die Jahresmittelwerte der Durchflüsse der sächsischen Elbepegel erreichten dann im Kalenderjahr 2023 mit 2021 vergleichbare Werte, blieben aber an fast allen Pegeln trotz des Weihnachtshochwassers unterdurchschnittlich.

Nach einem durchschnittlichen bis leicht überdurchschnittlichen Verlauf der Wasserführung an den sächsischen Elbepegeln bis Ende Mai, sank die Wasserführung im Juni unter die vieljährigen Mittelwerte bei weiter abnehmender Tendenz. Niedrigwasser stellte sich dann im Juli für mehrere Tage ein und an den sächsischen Elbepegeln wurde MNQ(Jahr) zeitweise unterschritten. Im weiteren Verlauf des Jahres war das Abflussgeschehen weitgehend stabil, wenn auch unterdurchschnittlich und an den Pegeln wurden nicht mehr Durchflüsse unter MNQ(Jahr) beobachtet. Ab November wurden wieder monatsübliche Durchflüsse an den Pegeln registriert.

Am abflussreichsten war der Monat Dezember. Hier führten Schneeschmelze und Regenniederschläge, vor allem im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe dazu, dass die Wasserführung auch auf dem sächsischen Elbeabschnitt deutlich anstieg und die höchsten

Wasserstände und Durchflüsse seit dem Hochwasser 2013 an den Pegeln beobachtet wurden. Dabei gab es Richtwertüberschreitungen, am Pegel Schöna bis in den Bereich der Alarmstufe 3. Das Hochwasser 12/23 bis 01/24 wird derzeit vom Landeshochwasserzentrum umfassend ausgewertet.

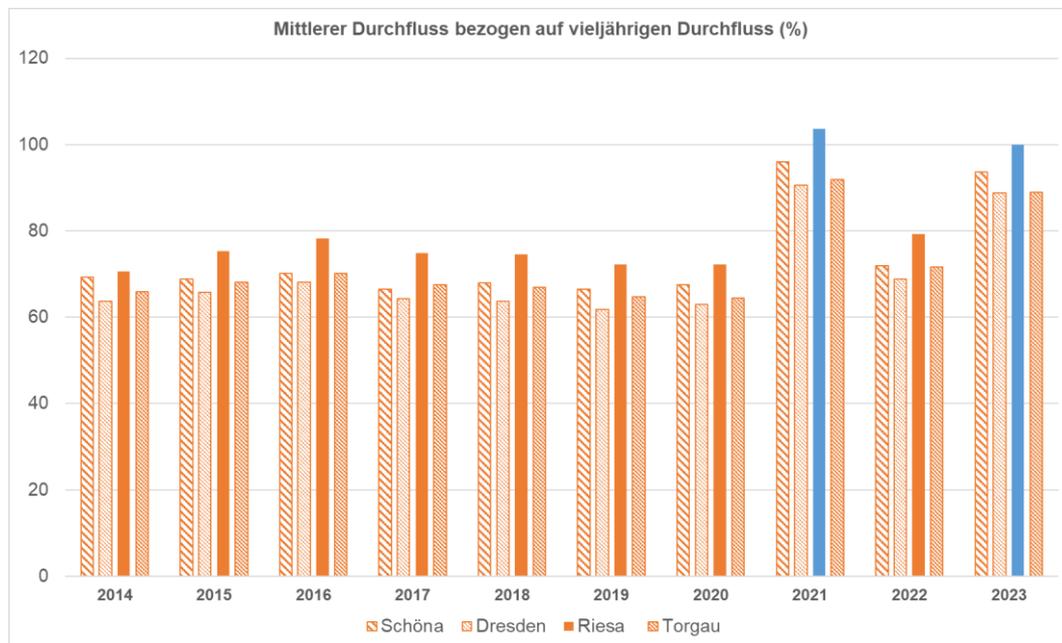


Abbildung 25: Vergleich der mittleren Durchflüsse in den Kalenderjahren 2014 bis 2023 mit dem vieljährigen Mittel für ausgewählte Pegel an der Elbe; rot: unterdurchschnittlich; blau: (über-)durchschnittlich.

Hinweis: Weitere Details und tiefergehende Auswertungen sind in den vom LHWZ herausgegebenen „Hydrologischen Wochen- und Monatsberichten“ zu finden (siehe <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/lhwz/hydrologische-wochen-und-monatsberichte.html>).

Talsperrenbewirtschaftung und Wasserbereitstellung aus Talsperren

Insgesamt etwa 40 % des Rohwasserbedarfes der sächsischen Trinkwasserversorgung werden aus Talsperrenwasser gedeckt. Regional bestehen dabei große Unterschiede, besonders hoch ist der Anteil des Talsperrenwassers an der Trinkwasserversorgung mit ca. 80 % im mittleren und westlichen Erzgebirge. Die Rohwasserbereitstellung aus Talsperren war in Sachsen auch im Jahr 2023 jederzeit ohne Einschränkungen gesichert. Dabei bewährt sich die Vernetzung der Talsperren über Grenzen von Versorgungsgebieten hinaus, da die dadurch mögliche Verbundbewirtschaftung zum Ausgleich von Überschuss- und Defizitgebieten genutzt werden kann.

Im Jahr 2023 wurden an den Stauanlagen der LTV Jahressummen des Niederschlages beobachtet, die über dem vieljährigen Mittelwert lagen. Regional und auch im Jahresverlauf variierte die Niederschlagsverteilung. Die Monate Februar, März und August waren feuchte Monate. Die Monate Oktober, November und Dezember markant feuchte Monate. In den Monaten Mai und September fiel wenig Niederschlag.

Die vergleichsweise hohen Niederschläge wurden nicht vollumfänglich abflusswirksam. Die Wasserführung der oberirdischen Gewässer, die den Stauanlagen zufließen, lag unterhalb des vieljährigen mittleren Abflusses. In der Darstellung der Gesamtzuflüsse zu den Stauanlagen (Abbildung 26) ist erkennbar, dass das Niederschlagsdefizit seit dem Jahr 2018 und die unterdurchschnittlichen Grundwasserstände, zusammen mit dem generell erhöhten Verdunstungsanspruch, das Dargebot beeinflussen. Seit dem Jahr 2018 liegen die Zuflüsse unterhalb der vieljährigen Mittelwerte; mit Ausnahme weniger Regionen im Jahr 2021.

Es wurden im Abflussjahr 2023 (November 2022 – Oktober 2023) in den Mittelgebirgslagen Gesamtzuflüsse in der Größenordnung von 70 bis 80 % der vieljährigen Mittelwerte (Bezugsreihe 1991/2023) beobachtet; im Gebirgsvorland und im Tiefland 50 bis 70 %.

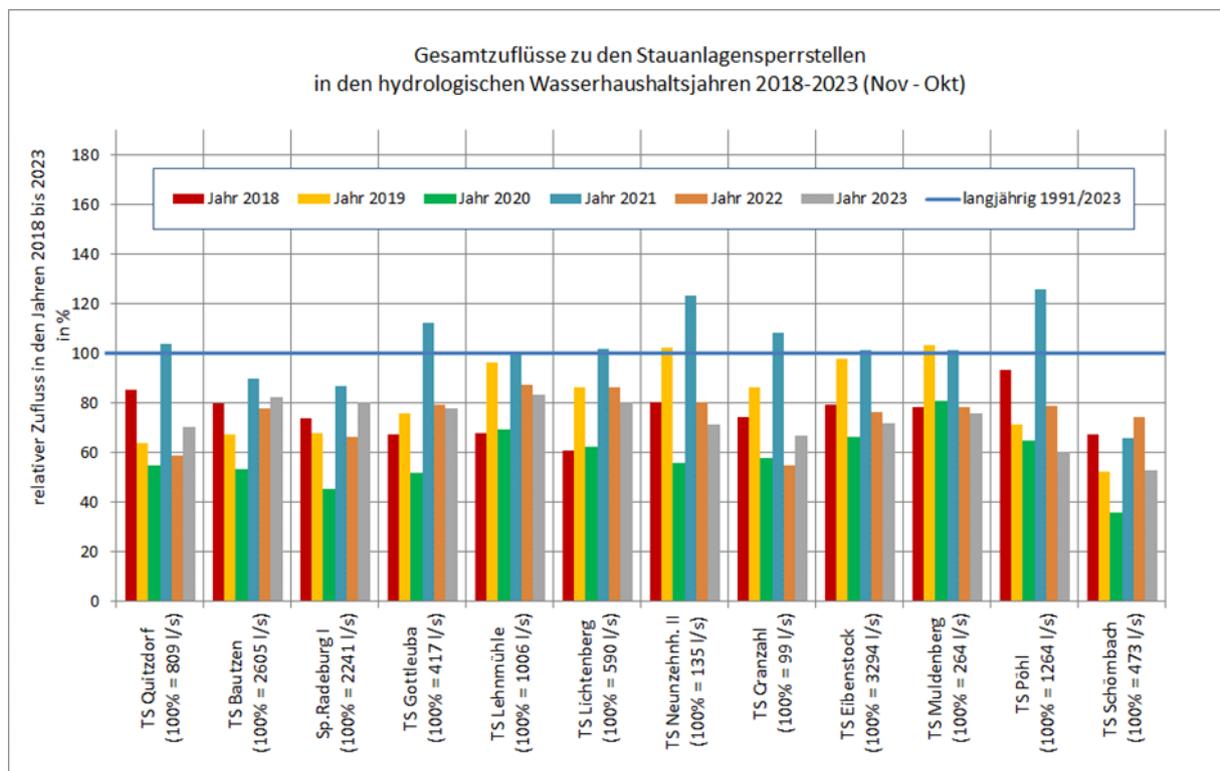


Abbildung 26: Gesamtzuflüsse zu den Stauanlagen in den Abflussjahren 2018 – 2023.

In den Sommermonaten erreichte die Wasserführung der Stauanlagen-Zuflüsse 40 bis 60 % der vieljährigen Mittelwerte (Bezugsreihe 1991/2023); siehe Abbildung 27.

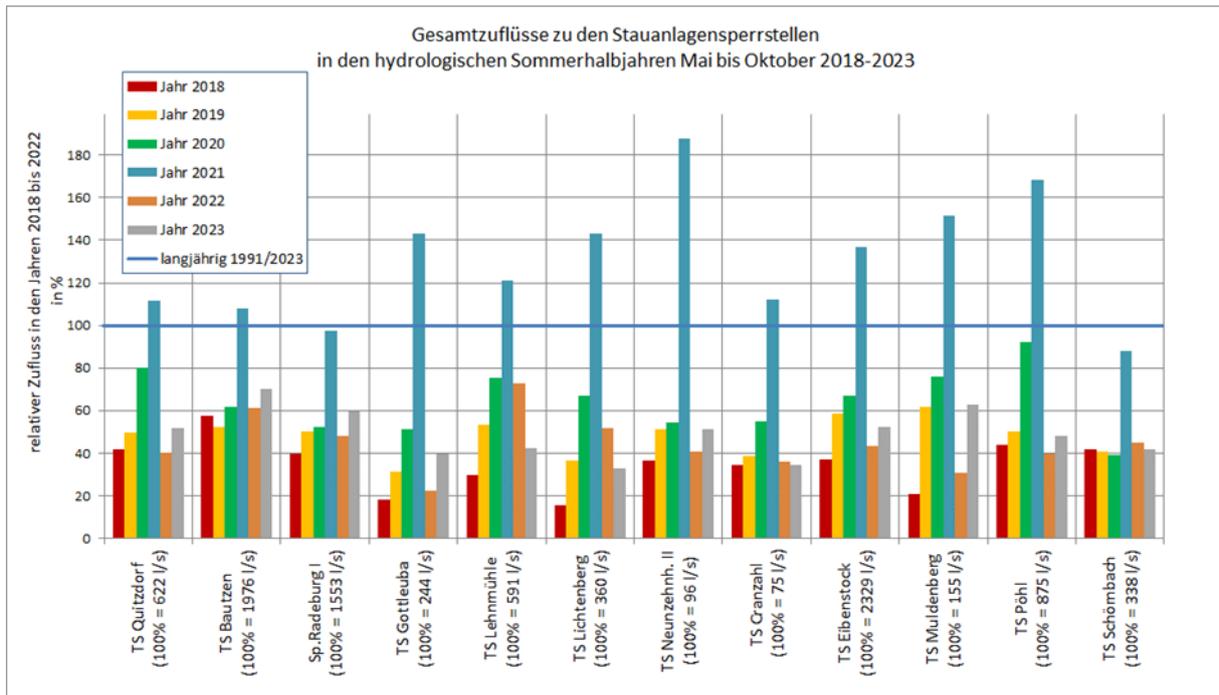


Abbildung 27: Gesamtzuflüsse zu den Stauanlagensperrstellen im Abflusssommerhalbjahr der Jahre 2018 – 2023.

Zahlreiche Talsperren waren im Dezember 2022 zu 70 bis 80 % gefüllt, da im Trockenjahr 2022 Wasser aus den Betriebsräumen zur Gewährleistung der Wasserbereitstellung (Trinkwasser, Brauchwasser, Niedrigwasseraufhöhung) gezielt abgegeben wurde.

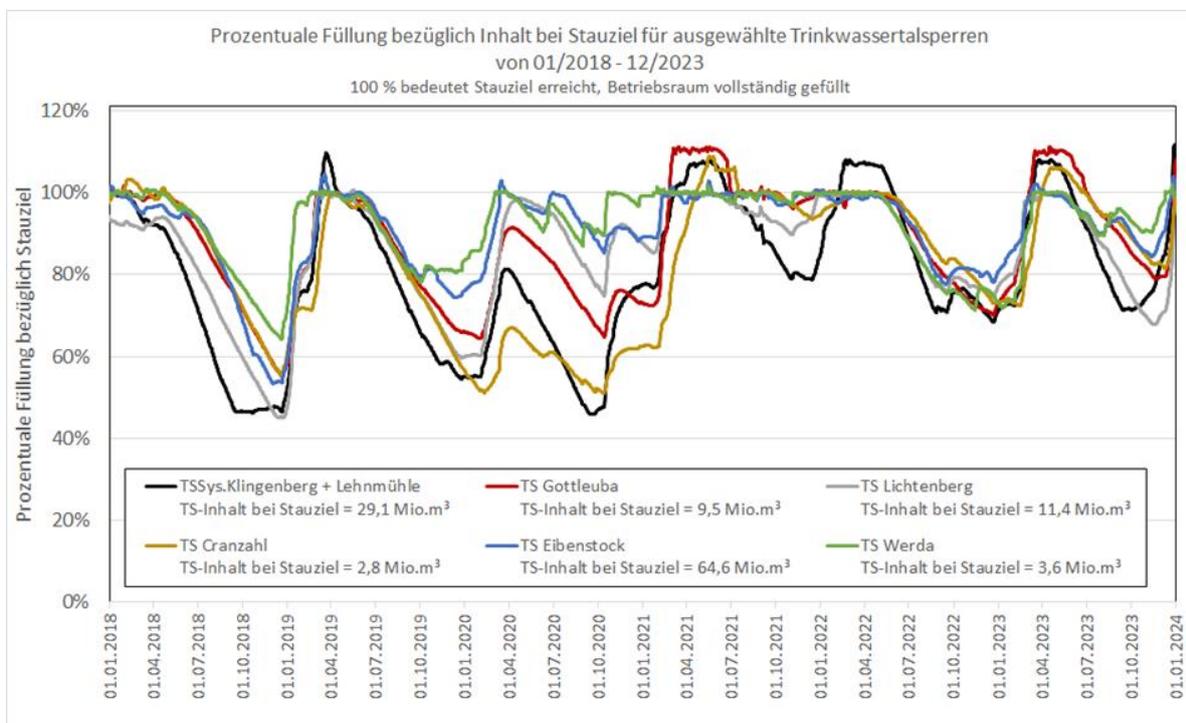


Abbildung 28: Prozentuale Füllung bezüglich Inhalt bei Stauziel für ausgewählte Trinkwassertalsperren der LTV im Zeitraum 01/2018 bis 12/2023.

Nach den ergiebigen Winterniederschlägen ab Mitte Januar bis März 2023 stieg die Wasserführung in den Zuflüssen zu den Talsperren an. Reichlich Wasser konnte innerhalb von 2 – 3 Monaten in den Betriebsräumen eingestaut werden. Das Stauziel wurde an nahezu allen Talsperren erreicht (Abbildung 28).

An ausgewählten Trinkwassertalsperren wurde über das reguläre Stauziel, d. h. über 100 % Betriebsraumfüllung hinaus, in den gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum temporär eingestaut (Abbildung 28). Dieser temporäre Einstau der gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume wurde behördlich bis 2026/27 genehmigt. Vorkehrungen zum zügigen Freifahren der gewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume im Falle einer Starkregenwarnung wurden getroffen. Das zusätzlich eingespeicherte Wasser wird geregelt an die jeweiligen Wasserwerke der Vertragspartner abgegeben und kommt damit der Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung in den nächsten Trockenperioden zugute.

Bei der Flussgebietsbewirtschaftung des Lausitzer Raumes kommt den Brauchwassertalsperren Bautzen und Quitzdorf eine zentrale Bedeutung zu. Aus der Wahrnehmung ihrer Wasserausgleichsfunktion im vorausgegangen Trockenjahr 2022 resultierte eine Füllung beider Talsperren von ca. 50 % bezogen auf das Stauziel (Abbildung 29). Die Talsperren waren somit ähnlich stark ausgelastet, wie in den Jahren 2018 bis 2020.

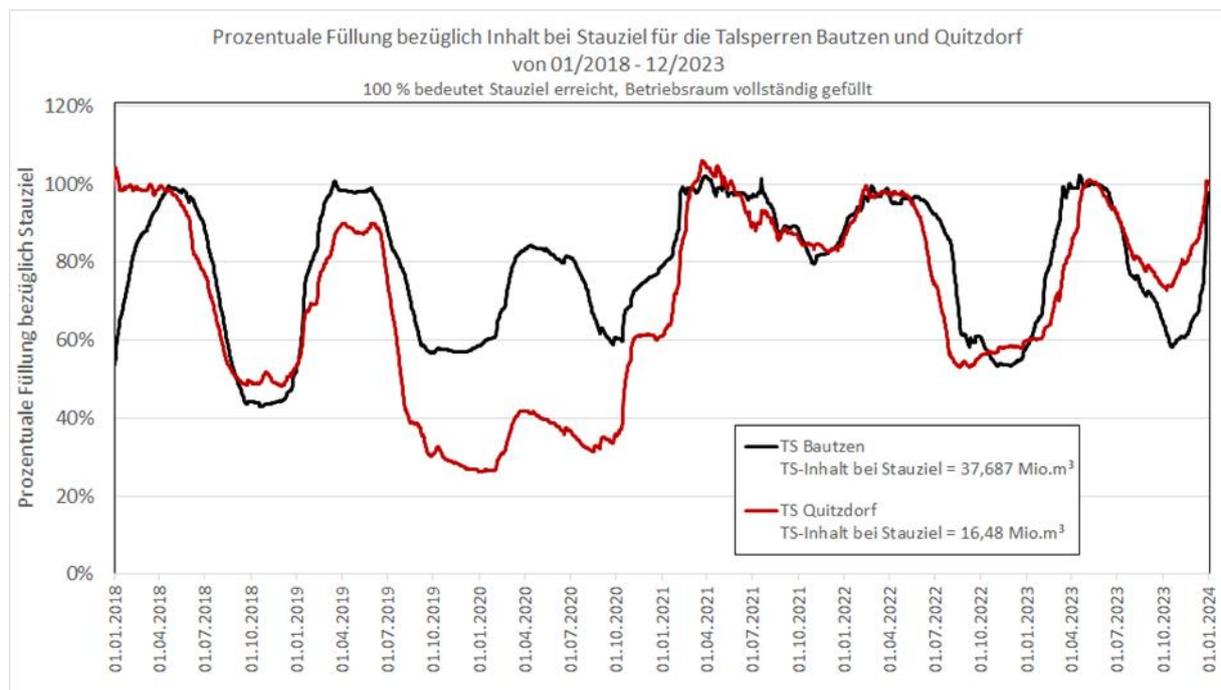


Abbildung 29: Prozentuale Füllung bezüglich Inhalt bei Stauziel der Brauchwassertalsperren Bautzen und Quitzdorf im Zeitraum 01/2018 bis 12/2023.

Aufgrund der guten hydrologischen Situation in den Fließgewässern und der restriktiven Abgabesteuerung konnten beide Stauanlagen im Frühjahr 2023 zügig bis zum Stauziel gefüllt werden. Diese gute Ausgangssituation war wichtig, denn wie schon in den Jahren 2018 bis 2020 und 2022 lagen die Zuflüsse im Sommerhalbjahr 2023 durch ausbleibende Niederschläge erneut deutlich unter den vieljährigen Mittelwerten. Die wiedereinsetzenden Niederschläge ab August haben zwar zu keinem signifikanten Anstieg der Zuflüsse geführt, jedoch den Bedarf unterhalb der Talsperren etwas reduziert. Die ergiebigen Niederschläge der Monate Oktober, November und Dezember führten zu einem Anstieg der Wasserführung in

den Talsperrenzuflüssen. Bereits ab Oktober füllten sich die Talsperren Bautzen und Quitzdorf wieder. Durch den Einstau des Weihnachtshochwassers 2023 wurde das Stauziel an beiden Talsperren wieder erreicht.

Die Monate November und Dezember 2023 gehören bereits zum Auswertzeitraum des Abflussjahres 2024: In diesen Monaten fielen erhebliche Mengen Niederschlag. Der ergiebige Dauerregen Ende Dezember auf bereits stark durchfeuchtete Einzugsgebiete sowie das zeitgleiche Tauwetter bis in hohe Lagen führte über die Weihnachtsfeiertage zu einer großräumigen Hochwasserlage. Die Zuflüsse zu den Stauanlagen erreichten flächendeckend Hochwasserniveau. Die Hochwasserrückhalteräume in den Stauanlagen sowie die freien Anteile im Betriebsraum wurden bestimmungsgemäß eingestaut. Durch den gezielten Rückhalt von Wasser konnte die Hochwasserlage unterhalb von Stauanlagen vielerorts entschärft bzw. gemildert werden.

4. Auswirkungen der Witterung auf Wälder und Forstwirtschaft

Die Anpassung von Wald und Forstwirtschaft im Prozess des Klimawandels ist seit etwa drei Jahrzehnten eine der Kernaufgaben des Kompetenzzentrums für Wald und Forstwirtschaft in unmittelbarer Verbindung mit der Bewirtschaftung des Staatswaldes und der Beratung von Forstbetrieben anderer Eigentumsformen.

Die programmatische wie systematische Umsetzung erfolgte mit der entsprechenden Anpassung der Waldbewirtschaftung seit dem Jahr 2003. Entscheidend war die deutliche Steigerung der Intensität bei der Schaffung der nachfolgenden Waldgeneration aus standortgerechten, an Boden und Klima (Veränderungen) angepassten Baumarten, überwiegend im Schutz der älteren Fichten- und Kiefernbestände. Die Tatsache, dass im Staatswald in der Periode von 2006 – 2018 die Kunstverjüngungsfläche bei gleichzeitig höherer Baumartenvielfalt gegenüber dem Jahr 2002 mehr als verdoppelt wurde, hat auf einer Fläche von ca. 130.000 ha zu einem Waldzustand geführt, bei dem im Fall von Waldschäden (ökologisch: Störungen) eine in unterschiedlicher Ausprägung bereits etablierte nachfolgende Waldgeneration die weitere Waldentwicklung prägt. Aus wald-, landschaftsökologischer und wirtschaftlicher Perspektive ist es gelungen, ein hohes Potenzial für eine fließende strukturelle und funktionale Erneuerung der Wälder zu schaffen.

Das Wetter während des hydrologischen Jahres 2022 – 2023, kann tendenziell als zu warm und regional differenziert als zu trocken bezeichnet werden. Letzteres betrifft vor allem das westliche Erzgebirge und das Vogtland. Dem gegenüber lagen die Niederschläge im westlichen Tiefland (Dübener Heide mit Übergängen zum Löß-Hügelland und zur Leipziger Tieflandsbucht) vor allem während der Wintermonate und im Frühjahr leicht über dem langjährigen Mittel (s. Abbildung 30).

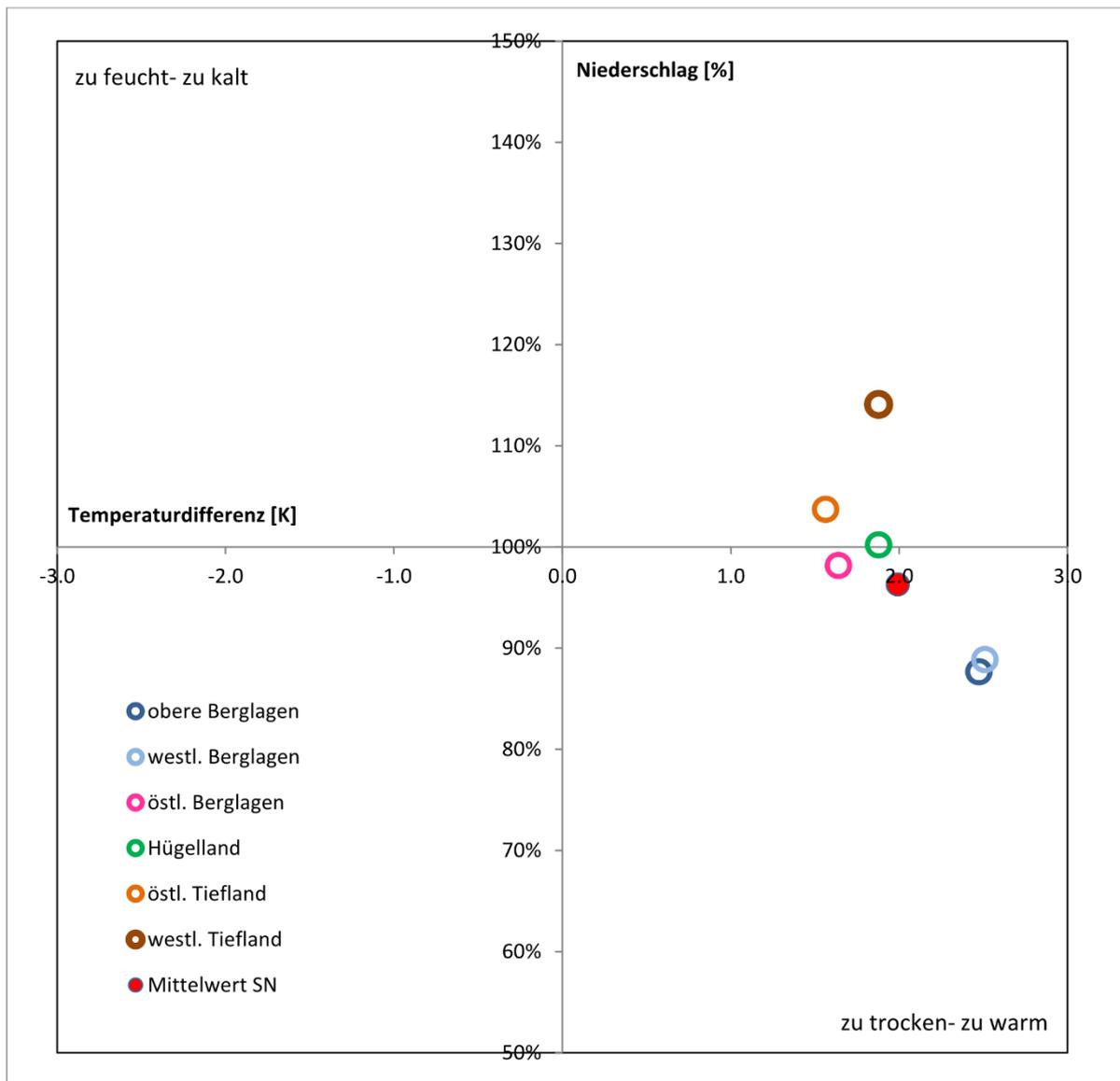


Abbildung 30: Abweichungen der Niederschlagssumme und der Mitteltemperatur von den klimatischen Vergleichswerten nach Regionen (Zeitraum August 2022 bis Juli 2023)

In Abhängigkeit von der Speicherfähigkeit der Waldböden konnten so die Wasservorräte im durchwurzelbaren Bodenraum mindestens temporär aufgefüllt werden (Abbildung 31). Dementsprechend gering fallen die aktuellen unmittelbaren Schäden durch Trockenheit bzw. Dürre an. Davon unbenommen kann nach wie vor nicht von einem Ausgleich des seit 2018 entstandenen Niederschlagsdefizits ausgegangen werden.

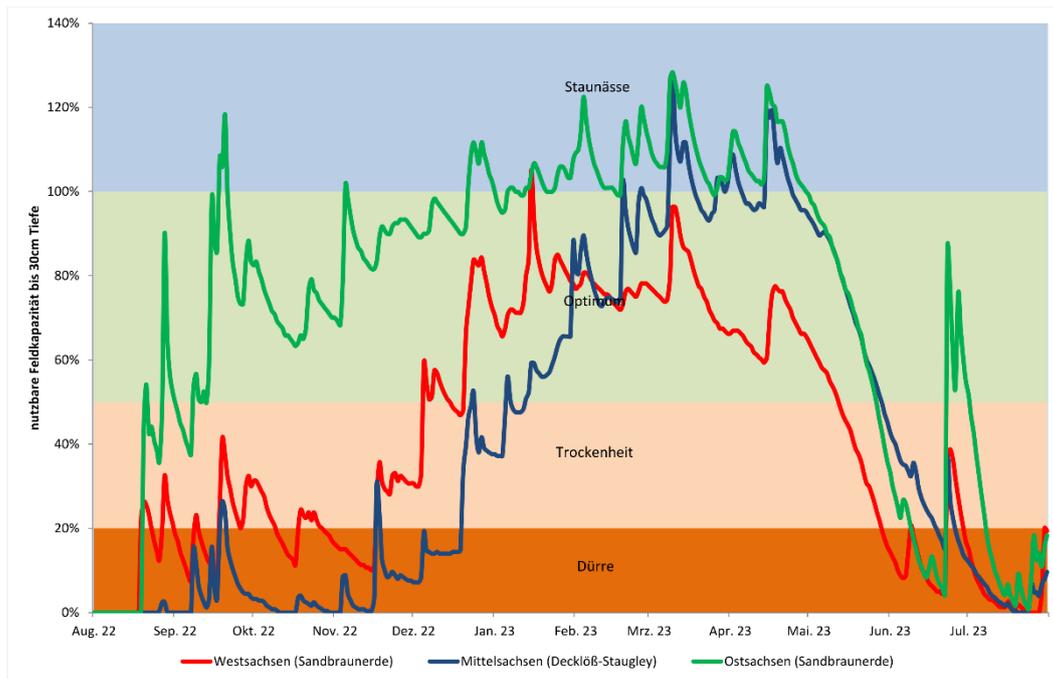


Abbildung 31: Mittelwerte der nutzbaren Feldkapazität (pflanzenverfügbares Bodenwasser) in 30 cm Bodentiefe – Tiefland

Der für die Waldbäume insgesamt günstige Witterungsverlauf hat zu einer Konsolidierung des Belaubungs- bzw. Benadelungszustandes, nicht aber zu einer durchgreifenden Revitalisierung geführt. Insofern muss in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortverhältnissen bei allen Baumarten von einem mehr oder weniger kritischen Vitalitätsstatus ausgegangen werden (s. Abbildung 32). Dieser bedingt eine hohe Prädisposition für deren Befall durch biotische Schaderreger. Gleichzeitig treffen letztere auf günstige Entwicklungsbedingungen. Das Ergebnis ist eine sich weiter aufbauende Störungs- bzw. Waldschadensspirale.

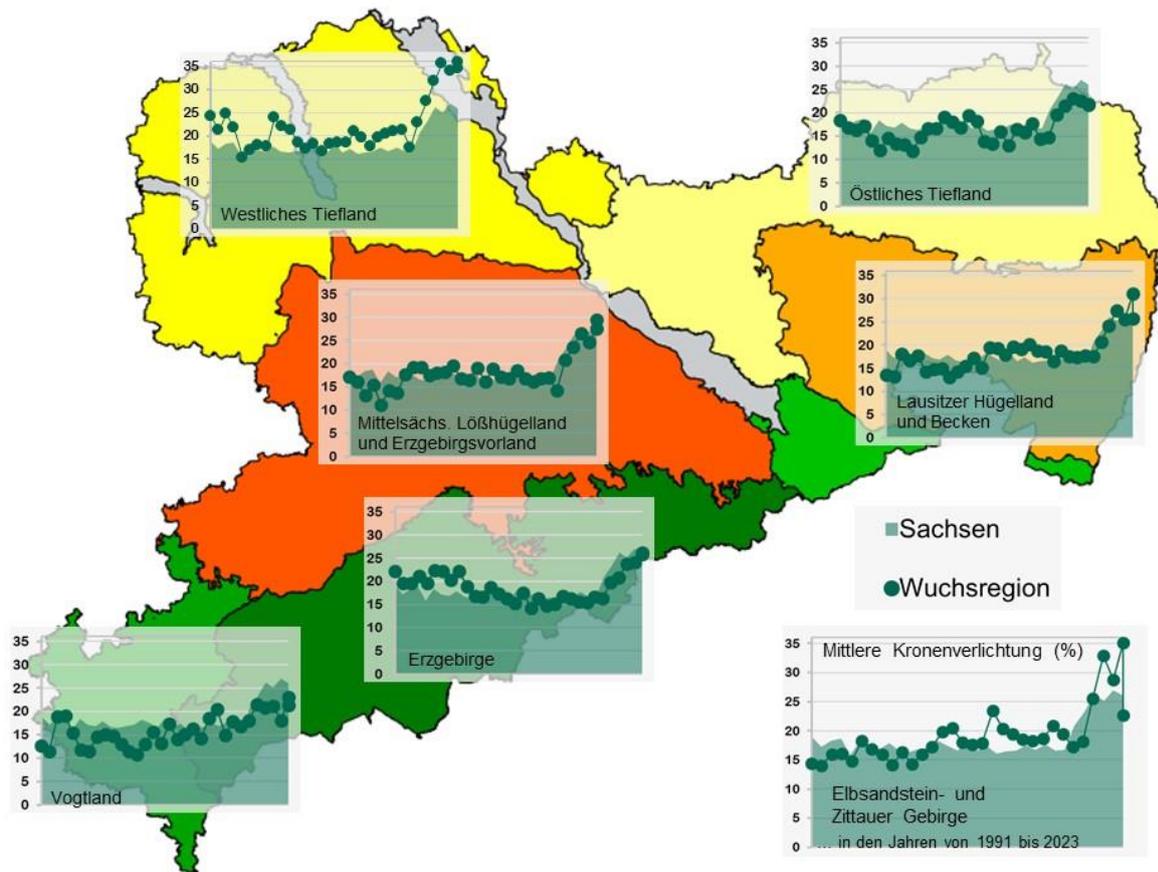


Abbildung 32: Veränderung der mittleren Kronenverlichtung (%) von 1991 bis 2023 in den sächsischen Wuchsregionen (Punktlinie) im Vergleich zum Landestrend (Fläche).

Die Entwicklungsbedingungen für Buchdrucker und Kupferstecher an der Fichte waren wiederholt günstig. Ein Ende der bisher seit 6 Jahren anhaltenden Massenvermehrung des Buchdruckers ist nicht absehbar. Die rückläufige Menge an befallenem Holz ist in bedeutendem Maß auf den Totalverlust der Fichte im Löß-Hügelland und Teilen des Oberlausitzer Berglandes zurückzuführen. Demgegenüber bedingt der sich neu entwickelnde Befallsschwerpunkt im Westerzgebirge und Vogtland ein hohes Risiko für eine nicht mehr kontrollierbare Ausweitung der Massenvermehrung des Buchdruckers auf das Erzgebirge (Abbildung 33). Die landschaftsökologischen und sozialökonomischen Folgen einer solchen Entwicklung sind als äußerst kritisch zu bewerten.

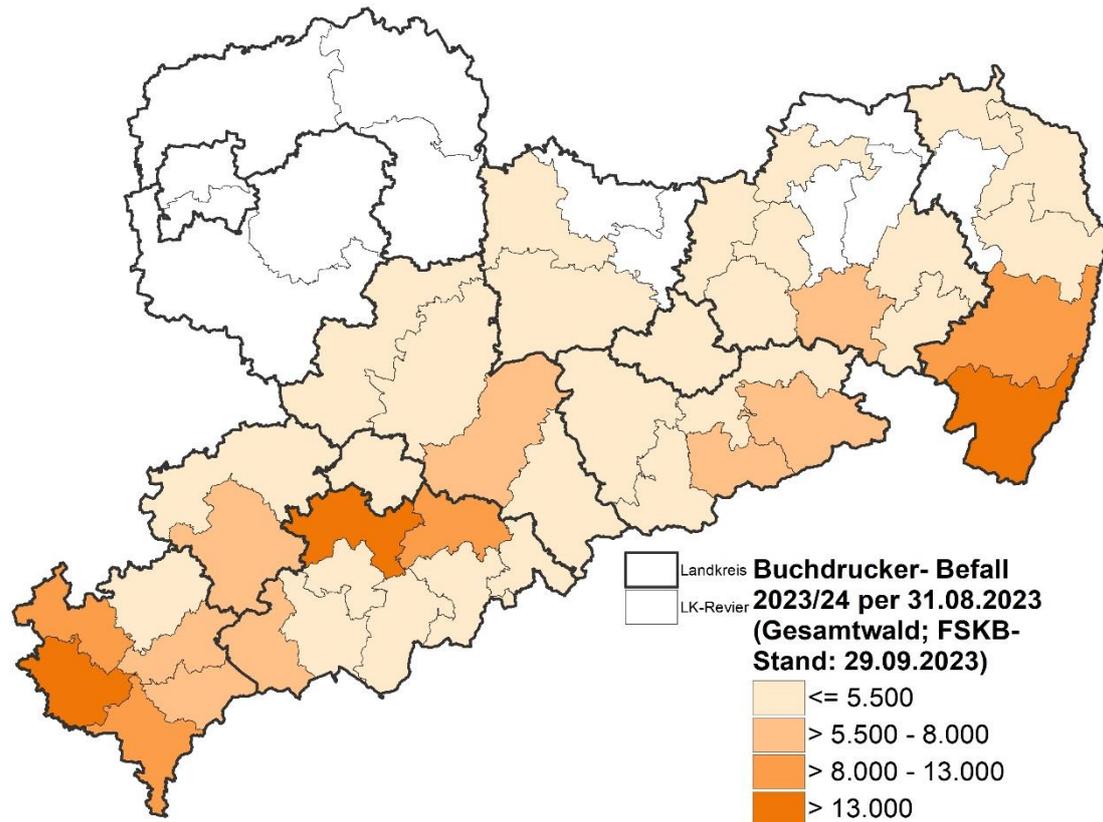


Abbildung 33: Im Borkenkäferjahr 2023/24 von Buchdrucker befallenes Schadholz in Kubikmetern in den Landkreisrevieren (alle Eigentumsarten). (Quelle: FSKB vom 01.06. bis 31.08.2023; Stand der Meldung: 29.09.2023)

Die Anfälligkeit der Kiefer durch holz- und rindenbrütende Käferarten ist nach dem durch Trockenheit bedingten Vitalitätsrückgang hoch. Das gilt vor allem für mittel- bis grobsandige Böden mit geringer bzw. nicht gegebener Wasserspeicherfähigkeit des durchwurzelt Mineralbodens, ohne wasserstauende oder wasserspeichernde Schichten in den tieferen Bodenhorizonten. Auf diesen Standorten ist mit sich weiter ausweitenden Waldschäden zu rechnen. An den Laubbaumarten, im Wesentlichen Rotbuche, Stiel- und Traubeneiche, hat der Witterungsverlauf bzw. das Niederschlagsdargebot des vergangenen hydrologischen Jahres ebenfalls keine deutliche Revitalisierung bewirkt. Der Befall durch holz- und rindenbrütende Käferarten ist auch bei diesen Baumarten der Indikator einer sich aufbauenden Störungsspirale. Dabei ist mit unterschiedlichen Effekten zu rechnen. Einerseits deutet diese Entwicklung die Verschiebung von Existenzmöglichkeiten und damit Baumartenarealen an, wie sie mit der seit 2007 durch das Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft eingeführten vegetationsökologischen Modellierung prognostiziert worden ist. Das betrifft den Rückzug der Rotbuche von trockenheitsexponierten Standorten im Tief- und Hügelland, z. T. auch bis in die unteren Berglagen. Für die Traubeneiche vollzieht sich dieser Prozess auf speichertrockenen bis speicherdürren Sanden. Ebenfalls kritisch sind grundwasserbeeinflusste Böden, wo die Absenkung des Grundwasserstandes in Verbindung mit der Austrocknung der oberen Bodenhorizonte während der vergangenen Jahre zum flächigen Absterben der Eiche geführt hat, da deren Wurzelsystem nicht an diese Veränderungen angepasst ist. Andererseits können strukturierende Effekte durch die Verringerung von Konkurrenz eine Konsolidierung des Wasserhaushalts der betroffenen Wälder und damit deren Revitalisierung bewirken.

Im ersten Fall ist die Konsequenz eine Anpassung der Baumartenzusammensetzung, im zweiten Fall der Waldstruktur durch eine adäquate Gestaltung der Waldentwicklung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Wirkungen des Witterungsverlaufes im hydrologischen Jahr 2022 bis 2023 auf den Wald und die Forstwirtschaft in Sachsen nicht gravierend waren. Die überwiegend im Staatswald während der vergangenen 30 Jahre etablierte nachfolgende Waldgeneration mit standortgerechter Baumartenzusammensetzung bildet im Fall einer sich weiter aufbauenden Störungsspirale auf großer Fläche ein ausgeprägtes Potenzial zur strukturellen und funktionalen Erneuerung. Der Nichtstaatswald und hier insbesondere der Kleinprivatwald bedarf dafür weiterhin der programmatischen Unterstützung. Die dargestellten Indikatoren für die Veränderungen des Beziehungsgefüges zwischen Standorten (Biotopen) und Wald-Lebensgemeinschaften (Biozöosen) betonen den Waldumbau als Prozess, der diese Dynamik berücksichtigen muss.

5. Auswirkungen der Witterung auf die Landwirtschaft

Nach einem trockenen und heißen Sommer brachte der Herbst 2022 zunächst flächendeckenden ergiebigen Regen, welcher die starke Trockenheit beendete. Im Oktober und November kehrten allerdings teils ungewöhnliche Wärme und trockene Witterung zurück. Der Oberboden trocknete im Oktober nochmal aus, danach kam die Auffüllung der Böden nur langsam in Gang. Insgesamt war es der fünft wärmste Herbst seit Aufzeichnungsbeginn 1881. Die Niederschlagsmengen erreichten im Flächenmittel Sachsens nur etwa 92 % des Normalwertes bezogen auf die Periode 1991–2020.

Der Winter 2022/2023 brachte Mitte Dezember eine Kältewelle, in der die Böden verbreitet gefroren waren. Anschließend folgte bis Mitte Januar allerdings eine sehr milde und zeitweise nasse Periode, um den Jahreswechsel gab es eine außergewöhnliche „Wärmewelle“. Die zweite Winterhälfte verlief wechselhaft und eher mild, mit kurzen kalten Abschnitten. Die Böden wurden abgesehen vom mitteldeutschen Trockengebiet verbreitet mindestens in den oberen 60 cm mit Wasser aufgefüllt. Insgesamt erwies sich die Jahreszeit mit einer Temperaturabweichung von 1,7 K als markant zu mild. In Sachsen fiel im Flächenmittel erneut etwas zu wenig Niederschlag.

Der Frühling 2023 startete im März trocken und kalt, rasch übernahmen jedoch Tiefdruckgebiete die Regie. Im April und in der ersten Maihälfte dauerte die nasse Witterung an, die Auffüllung der tieferen Bodenschichten setzte sich fort. Erst in der zweiten Maihälfte stellte sich trockenes und wärmeres Wetter ein und der Rückgang der Bodenfeuchte erfolgte aufgrund hoher Verdunstungswerte so rasch wie nie in den letzten sechs Jahrzehnten. Auch insgesamt erreichte die flächenhafte Frühjahrsniederschlagssumme in Sachsen nicht den Normalwert der Jahre 1991 bis 2020. Ebenso war dies bei der Mitteltemperatur der Fall.

Nach dem niederschlagsarmen Frühjahr und Frühsommer mit Bodenfeuchtwerten ähnlich niedrigem Niveau wie im vergangenen Jahr umzugehen war, stellte sich die Wetterlage in der dritten Julidekade um. Nachdem die Wintergerste noch vielfach unter guten Erntebedingungen eingefahren werden konnte, waren anschließend Tiefdruckwetterlagen mit nur kurzen Zwischenhochabschnitten wetterbestimmend und vielerorts traten häufig Schauer, teils mit Gewitter, auf. Es gab keine längere Periode, die flächendeckend niederschlagsfrei war und mehrtägige Zeitfenster zum Drusch von Winterraps, Winterroggen, Winterweizen, Sommergerste und Hafer. Regenfreie Zeiten waren allenfalls auf kleinere Regionen begrenzt.

Schon bis Mitte August waren in Sachsen 60 bis 90 % der normalen Augustniederschlagssummen registriert worden. Dazu kommen hohe Temperatur- und besonders seit Beginn der zweiten Augustdekade auch hohe Luftfeuchtwerte. Damit trockneten die Bestände nur sehr zögernd ab und die Kornfeuchten gingen – wenn überhaupt – tagsüber nur wenig zurück. Selbst bei niederschlagsfreien Tagen war dadurch eine Nachrocknung von Getreide und Raps an der Tagesordnung. Durch die beschriebene Witterungskonstellation, die trotz allem nahezu durchgängig zu hohe Temperaturwerte brachte, gingen die Qualitätsparameter des Ernteguts deutlich zurück und es waren ideale Bedingungen für die Entwicklung pilzlicher Schaderreger gegeben, die das reife Getreide und den Raps zusätzlich gefährdeten. Gleichzeitig musste aber auch die pilzliche Infektionsgefahr in Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben beachtet werden. Hier waren ggf. Gegenmaßnahmen zu treffen.

Durch die verzögerte Ernte verzögerte sich auch die folgende Bodenbearbeitung und Neuaussaat insbesondere auf den Flächen, auf welchen Schauer beträchtliche Niederschlagsmengen brachten. Neben der punktuellen Einschränkung der Feldbefahrbarkeit ließ sich kaum ein feinkrümeliges Saatbett bereiten. Auch wenn zum Ende der 33. und am Anfang der 34. Kalenderwoche nochmals gut nutzbare Erntebedingungen bestanden, stellten sich danach spätsommerlich-frühherbstliche aber auch wechselhafte Witterungsbedingungen ein. Dadurch wurde der Fortgang der Herbstfeldarbeiten wiederum verzögert.

Trotz der Niederschläge bleibt allerdings festzustellen, dass die Bodenwasservorräte unterhalb von etwa 30 cm noch immer im sehr trockenen Bereich lagen. Ausnahmen waren nur im Erzgebirge zu sehen.

Winterweizen

Der Winterweizen wurde überwiegend bei günstigen Boden- und Witterungsbedingungen gedrillt. Der Aufgang war meist gleichmäßig. Die Bestände entwickelten sich vor dem Winter normal. Eine erste kurze Frostphase um den 20. November 2022 hatte Blattspitzenerfrierungen zur Folge, allerdings ohne nachhaltige Schäden. Es gingen ausreichend entwickelte Bestände in die Vegetationsruhe. Ein überwiegend milder Winter, mit wenigen kurzen Kälteperioden im Dezember und Februar und kaum Schnee, ließ die Bestände phasenweise weiterwachsen. Es traten keine nennenswerten Auswinterungsschäden auf. Auch Schäden durch Virose spielten im Frühjahr 2023 keine Rolle.

Bis Mitte Mai sorgten eine ausreichende Niederschlagsversorgung und Bodenfeuchte und eher kühle Bedingungen für eine überwiegend gute Entwicklung der Bestände. In der Folge war verbreitet optisch gut entwickelter Weizen mit ausreichenden Bestandesdichten vorhanden. Vorerst war der Krankheitsdruck mäßig. Blattseptoria war häufig vorhanden, überwiegend aber mit geringem bis mittlerem Befallsniveau. Regional wurde in anfälligen Sorten frühzeitig Gelbrost festgestellt.

Danach folgte eine wärmere Periode mit verbreitetem Niederschlagsdefizit. Wie in den Vorjahren kam es kleinräumig zu Niederschlagsereignissen, welche die Bestände, aber auch den Krankheitsdruck förderten. Auf Standorten mit geringerer Bodengüte wurden frühzeitig Trockenschäden erkennbar. Bei den Krankheiten war weiterhin auf einigen Standorten Gelbrost präsent. Außerdem entwickelte sich ab Anfang Juni teilweise starker Braunrostbefall. Die beiden Krankheiten hinterließen in anfälligen Sorten auf betroffenen Standorten deutliche Schäden am Blattapparat.

Ab der zweiten Junidekade kam es zu mehreren Perioden mit hochsommerlichen Bedingungen, die zu einer beschleunigten Abreife der Bestände führten.

Vereinzelt trat Lager auf, was durch Ernteverzögerungen verstärkt wurde. Es ist davon auszugehen, dass durch das feuchte Frühjahr zumindest teilweise Halmbasierkrankungen für das Lager verantwortlich waren.

Überwiegend trockene Bedingungen bis Mitte Juli ließen in den Frühdruschgebieten eine problemlose Ernte zu. Danach setzte sich kühles, niederschlagsreiches Wetter durch und verhinderte vorerst nennenswerte Erntearbeiten.

Die Ernte konnte meist erst wieder zu Beginn der 2. Augustdekade aufgenommen werden. Höhere Feuchtegehalte machten eine entsprechende Trocknung des Erntegutes erforderlich.

Erste Qualitätsergebnisse verdeutlichen verbreitet vergleichsweise niedrige Rohproteingehalte. Außerdem haben die Ernteverzögerungen durch die feuchte Witterungsperiode von Mitte Juli bis zur ersten Augustdekade Fallzahlstabilitätsprobleme entstehen lassen.

Die mittleren Winterweizen-Erträge lagen mit 78,3 dt/ha um knapp +5 % höher als das 10-jährige Mittel bis 2022 (Ertragsvorschätzung des Statistischen Landesamtes).

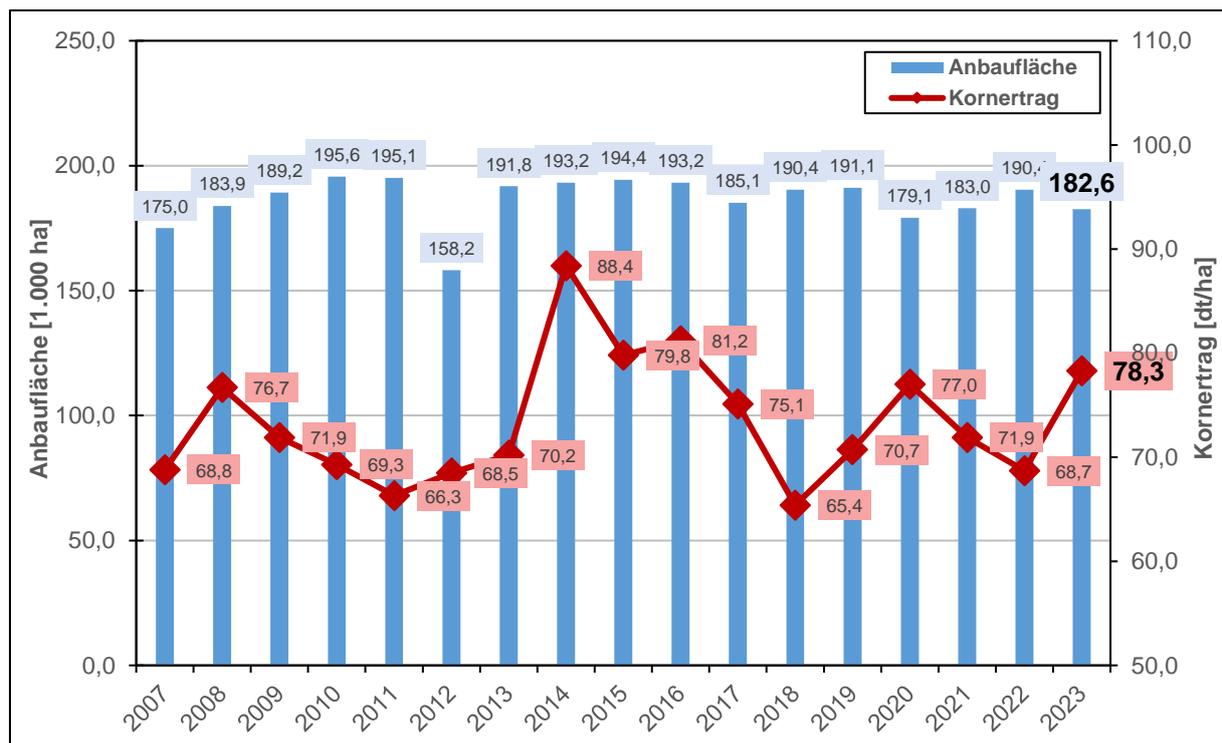


Abbildung 34: Anbaufläche und mittlerer Kornertrag von Winterweizen in Sachsen 2007 bis 2023 (vorläufig), Datenquelle: Statistisches Landesamt

Wintergerste

Die Wintergerste wurde überwiegend bei günstigen Boden- und Witterungsbedingungen, vereinzelt leicht verspätet, gedrillt. Der Aufgang war meist gleichmäßig. Die Vorwinterentwicklung kann als normal bezeichnet werden. Es gingen ausreichend bestockte, nicht überwachsene Bestände in die Vegetationsruhe. Ein überwiegend milder Winter, mit wenigen kurzen Kälteperioden und kaum Schnee, ließ die Bestände phasenweise

weiterwachsen und verursachte keine nennenswerten Auswinterungsschäden. Lediglich im Erzgebirgskreis musste ausgangs des Winters sortendifferenzierter Schneeschimmelbefall festgestellt werden. Virose spielten in der Wintergerste 2023 keine nennenswerte Rolle.

Bis Mitte Mai sorgten eine ausreichende Niederschlagsversorgung/Bodenfeuchte und eher kühle Bedingungen für eine überwiegend gute Entwicklung der Bestände. Danach folgte eine wärmere Periode mit verbreitetem Niederschlagsdefizit. Es gab regional sehr differenzierte Schauer, die aber vorerst nur vereinzelt zu nennenswertem Krankheitsdruck führten. Ab der zweiten Junidekade kam es zu Perioden mit hochsommerlichen Bedingungen, die zu einer beschleunigten Abreife der Bestände führten. Nur auf Standorten mit Niederschlagsereignissen konnte sich v.a. stärkerer Mehltau- und Zwergrostbefall etablieren.

Überwiegend trockene Bedingungen in der Folgezeit führten meist zu einer frühzeitigen Ernte. Die wurde kaum durch Lager und nur vereinzelt durch Halmknicken beeinträchtigt.

Die Erträge der Winterfuttergerste lagen in den sächsischen Versuchen im langjährigen Vergleich auf durchschnittlichem bis deutlich überdurchschnittlichem Niveau. Auch die Daten der Erntevorschätzung des Statistischen Landesamtes zeigen einen Kornertrag, welcher mit 81,1 dt/ha um ca. +12 % über dem 10-jährigen Mittel liegt. Erste Qualitätsergebnisse zeigen in der Wintergerste tendenziell ausreichende bis sehr hohe Hektolitergewichte, eine gute Kornsortierung, aber vergleichsweise niedrige Rohproteingehalte.

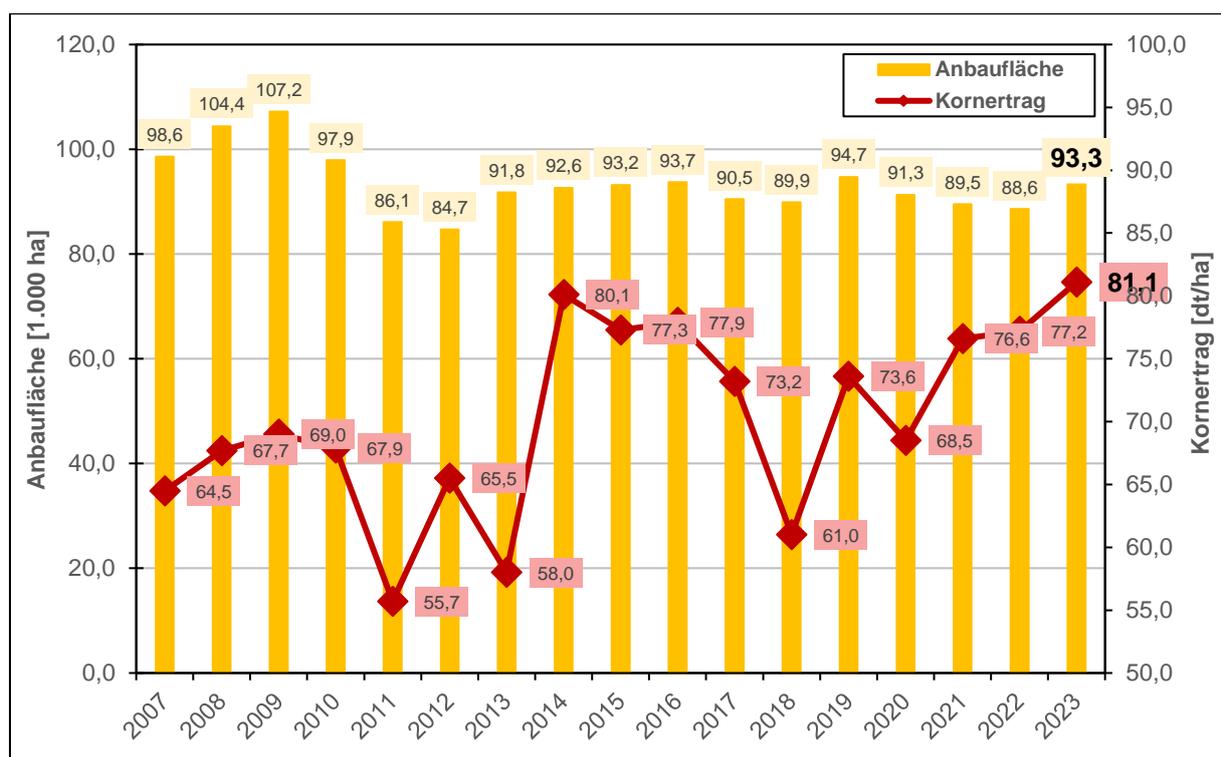


Abbildung 35: Anbaufläche und mittlerer Kornertrag von Wintergerste in Sachsen 2007 bis 2023 (vorläufig), Datenquelle: Statistisches Landesamt

Winterraps

Die Aussaat des Rapses Mitte August 2022 verzögerte sich regional geringfügig aufgrund von stärkeren Niederschlägen. Der Raps entwickelte sich dann bis zum Vegetationsende sehr gut. Durch den warmen Oktober waren einige Bestände sogar überwachsen. Der Winter führte in der Kultur zu keinen Schäden. Im folgenden Frühjahr, insbesondere im April und Mai, ließen

die im Vergleich zum langjährigen Mittel zu niedrigen Temperaturen den Raps verhalten wachsen. Wassermangel war bis Mitte Mai auf vielen Standorten (Löss- und Diluvial-Böden) kein Problem. Aufgrund von ausbleibenden Niederschlägen und höheren Durchschnittstemperaturen ab Mitte Mai litten Bestände an D-Standorten unter sichtbaren Trockenschäden. Die Kulturen auf Lö-Standorten wiesen aufgrund des besseren Wasserhaltevermögens keine nennenswerten Probleme auf. Die Rapsernte erfolgte teils standorttypisch, teils konnte aufgrund von verzögerter Abreife und anhaltenden Niederschlägen erst verspätet geerntet werden.

Nach Erntevorschätzung des Statistischen Landesamtes liegen die diesjährigen mittleren Winterraps-Erträge mit 35,3 dt/ha fast -2 % unter dem 10-jährigen Durchschnitt.

Kartoffeln

Aufgrund von kühler und feuchter Witterung im Frühjahr und der damit verbundenen Nichtbefahrbarkeit des Bodens konnten die Kartoffeln erst vergleichsweise spät zum Anfang Mai gelegt werden. Die ab Mitte Mai eintretende Trockenheit zeigte sich optisch kaum an den Beständen. Die sehr frühen Reifegruppen, welche vor dem Legen vorgekeimt wurden, liefen bis zu zwei Wochen eher auf und konnten entsprechend noch von den Frühjahrsniederschlägen profitieren. Dies führte dazu, dass die Erträge der sehr frühen Reifegruppe kaum schlechter waren als die der späteren Reifegruppe. Die Niederschläge im August führten bei den Reifegruppen früh bis mittelspät, die durch Wassermangel schon in Abreife gegangen waren, zu beginnendem Zwiewuchs. Durch rechtzeitiges Krautschlagen mit anschließender Sikkation konnte der Zwiewuchs jedoch gestoppt werden.

Die Auswertung der Daten des Statistischen Landesamtes zur Erntevorschätzung ergaben für dieses Jahr eine Minderung der mittleren Erträge im 10-jährigen Durchschnitt um ca. -1 % auf 375,3 dt/ha.

Mais

Der Zeitraum von Ende April bis Anfang Mai war feucht und kühl, wodurch der Mais in Sachsen oft erst Anfang Mai gedrillt wurde, da die Böden oft noch nicht befahrbar waren. Zu der Zeit waren die Böden ausreichend erwärmt, weshalb sich zügige Aufläufe ergaben. Im weiteren Verlauf zeigte sich die Witterung im Mai und Juni eher kühl (vor allem nachts) und trocken. Die Bodenwasservorräte waren für den Mais in dieser Zeit jedoch ausreichend. Ende Juni bis Anfang Juli wurde es wärmer und es fielen örtlich geringe Niederschläge. Es wuchsen leicht unterdurchschnittliche Bestandshöhen heran. Die Mitte des Julis zeigte sich heiß und trocken, weshalb einige Maisbestände standortabhängig (Diluvialböden) Trockenschäden zeigten. Nach der Maisblüte Ende Juli gingen die Temperaturen stark zurück und es fielen über mehrere Tage begrenzte Mengen an Niederschlag. Diese Witterung hielt Anfang August noch an. Anschließend wurde es wieder heiß und trocken. Erneut kam es an einzelnen D-Standorten zu deutlichen Trockenstress-Symptomen. Die Einkörnung der Kolben war auf einigen Standorten unvollständig. Es gab Berichte aus dem Raum Leipzig von Maisflächen, die keine Kolben ausbildeten. An den unvollständig ausgebildeten Kolben trat sehr oft Maisbeulenbrand auf. Trotz dieser Einzelfälle, wies der Mais insgesamt eine gute Entwicklung auf. In den letzten August- und ersten Septembertagen gingen die Temperaturen zurück und es fielen auf einigen Standorten geringe Mengen Niederschlag. Diese Niederschlagsmengen konnten aber kaum ertragswirksam umgesetzt werden, sondern verzögerten die Abreife. Mitte und Ende September kam es wieder zu trockenen und sehr warmen Bedingungen. Die

Silomaisenernte konnte damit unter günstigen Witterungsbedingungen stattfinden. Anfang Oktober war es sehr warm, mit gelegentlichen Niederschlägen. Der Körnermais trocknete durch die höheren Temperaturen gut ab und konnte Mitte Oktober gedroschen werden.

Sowohl der Körnermais-Ertrag als auch der Grünmasseertrag des Silomais lagen mit 86,0 dt/ha bzw. 367,5 dt/ha knapp (+4 % bzw. +1 %) über dem 10-jährigen Mittel (Erntevorschätzung des Statistischen Landesamtes).

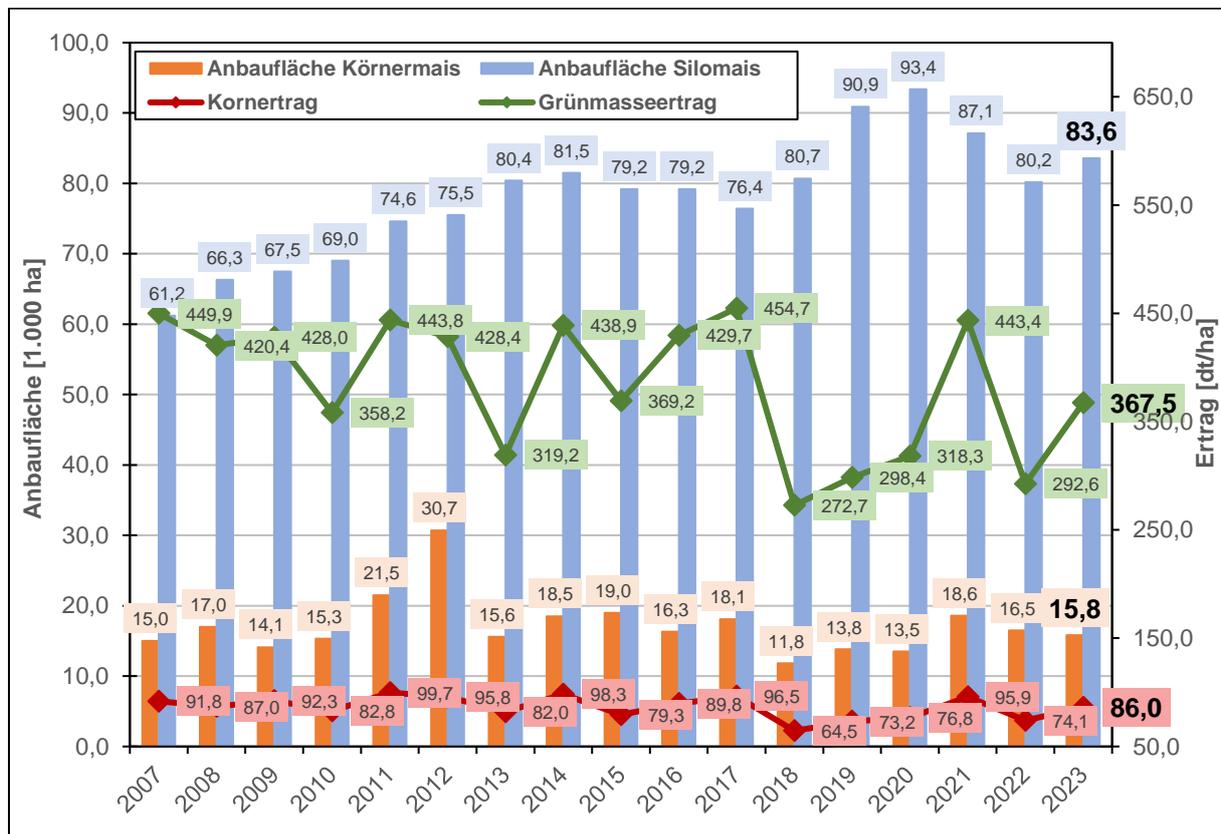


Abbildung 36: Anbaufläche und mittlerer Kornertrag bzw. Grünmasseertrag von Körner- bzw. Silomais in Sachsen 2007 bis 2023 (vorläufig), Datenquelle: Statistisches Landesamt

6. Auswirkungen der Witterung auf den Wein- und Gartenbau

Auswirkungen auf den Weinbau

Der Januar begann mit höheren Temperaturen als sonst üblich und geringeren Niederschlägen. Die nachfolgenden Monate, insbesondere der März, brachten erfreulicherweise deutlich mehr Niederschläge, so dass die Summe aller Winterniederschläge höher ausfiel als im letzten Jahr. Damit war zu Vegetationsbeginn zumindest der Oberboden ausreichend mit Wasser versorgt.

Verwöhnt aus den Vorjahren, war in diesem Jahr der April kühler, so dass der Austriebbeginn nur zögerlich und verspätet begann. Im Mai lagen die Temperaturen unterhalb des langjährigen Mittels, insbesondere waren die Nächte bei klarem Himmel oft sehr kühl. Der Mai war erneut überdurchschnittlich sonnig, mit 24 mm Niederschlag viel zu trocken, aber er verschonte uns weitestgehend von Spätfrösten.

Nach dem zögerlichen Wachstum im Mai folgte Anfang Juni bei sommerlichen Temperaturen eine schnelle Entwicklung der Reben. Die Blüte begann in den meisten Lagen um den 15. Juni, was dem langjährigen Mittel in etwa entsprach. Niederschläge im Blütezeitraum führten

dazu, dass teilweise Blütenrückstände im Traubeninneren zurückblieben. Schäden durch Verrieselungen konnten in den meisten Rebanlagen nicht festgestellt werden. Die Niederschläge im Juli waren lokal sehr unterschiedlich verteilt und lagen im Durchschnitt mit 55 mm unter dem langjährigen Mittel. An Trockenstandorten, ohne individuell angepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen kam es zu diesem Zeitpunkt zu ersten Trockenstresssymptomen in Verbindung mit Nährstoffmangelerscheinungen. Wo vorhanden, wurden zu diesem Zeitpunkt die Bewässerungsanlagen in Betrieb genommen. Aufgrund von hohen Temperaturen mit bis zu 37 °C um den 9. Juli traten je nach Hangneigung und Ausrichtung der Zeilen teils Sonnenbrandschäden an gefährdeten Rebsorten wie „Riesling“ und „Bacchus“ auf. Die so geschädigten Traubenteile trockneten jedoch schnell ein und führten nicht zu Ertragsverlusten.

Ab dem 5. August kam dann der dringend benötigte Regen, verteilt auf mehrere Tage, so dass er vom Boden gut aufgenommen werden konnte. Insgesamt wurden im August in Dresden-Pillnitz über 100 mm Niederschlag gemessen. Das führte zur Bildung von sehr kompakten Trauben und bei frühreifen Sorten teilweise zum Aufplatzen der Beeren. Dort wo Prämiumqualitäten erzeugt werden sollten, waren Ausdünnmaßnahmen erforderlich.

Der Kräuselmilbenbefall spielte im Weinjahr 2023 eine geringe Rolle. Nur an Standorten mit Vorjahresbefall trat er teilweise verstärkt auf. Durch die überwiegend trockene Witterung beziehungsweise das schnelle Abtrocknen nach Niederschlagsereignissen in der Hauptwachstumszeit kam es lokal nur selten zur Primärinfektion mit Peronospora. Die Bedingungen für den Oidiumbefall waren dagegen an vielen Standorten vorhanden und führten bei zu weiten Behandlungsintervallen bei empfindlichen Sorten vereinzelt zum Befall. Durch die feuchtwarme Witterung im August kam es zu einem deutlichen Anstieg der Kirschessigfliegenfänge an den Fallenstandorten. Das führte Mitte September zur Eiablagen in den Beeren, die eine Pflanzenschutzmaßnahme teilweise notwendig machte.

Hagelereignisse traten nur vereinzelt und lokal begrenzt im frühen Entwicklungsstadium auf und führten zu keinen nennenswerten Ertragseinbußen.

Der Lesebeginn der frühen Sorten startete im Anbaugebiet Anfang bis Mitte August und lag damit seit mehreren Jahren mal wieder im langjährigen Mittel. Das trockene Wetter im September mit sommerlichen Temperaturen sorgte für eine entspannte und unaufgeregte Lesezeit, wie wir sie schon länger nicht mehr erlebten. Der goldene Herbst beschenkte die Winzer mit gesunden Trauben, guten Mostgewichten und guter Aromaausbildung sowie einem ausgewogenen Säuregehalt. Bis auf wenige noch sehr gesunde Anlagen, die für eine Trockenbeerenauslese oder für eine mögliche Eisweinlese vorgesehen sind, war in den meisten Betrieben Anfang Oktober die Lese weitestgehend abgeschlossen.

Dank der optimalen Wetterlage über den gesamten Lesezeitraum konnte die anfangs geringer geschätzte Erntemenge nach oben korrigiert werden.

Auswirkungen auf den Gartenbau

Im Obstbau ist seit 30 Jahren (Messung an der Versuchsstation Dresden-Pillnitz) ein immer früherer Beginn der Apfelblüte aufgrund der stetig steigenden Durchschnittstemperaturen zu beobachten (Abbildung 37). Im Jahr 2023 lag dieser jedoch am 26.04. und damit etwas später als im langjährigen Trend, es traten entsprechend keine Schäden durch Spätfröste auf. Dank regelmäßiger kleinerer Niederschlagsmengen zwischen 5 und 10 mm und vereinzelt

Niederschlagsereignissen von bis zu 15 mm starteten die Obstkulturen bis zur Blüte mit genügend Niederschlag, so dass die Trockenphase von Mitte April bis Mitte Juni für das Baumobst gut kompensiert wurde und sich die Früchte normal entwickelten. Erdbeeren mussten in dieser Zeit bewässert werden. Der einsetzende Regen im Juli und August wirkte sich positiv auf alle Reifegruppen der Äpfel aus. Umgekehrt stieg jedoch der Aufwand für die Prophylaxe von Pilzinfektionen.

Ausfälle durch Sonnenbrand wie im Jahr 2022 blieben im vergangenen Jahr aus. Hagelschäden waren punktuell zu verzeichnen, jedoch führten diese dann zu Totalausfällen.

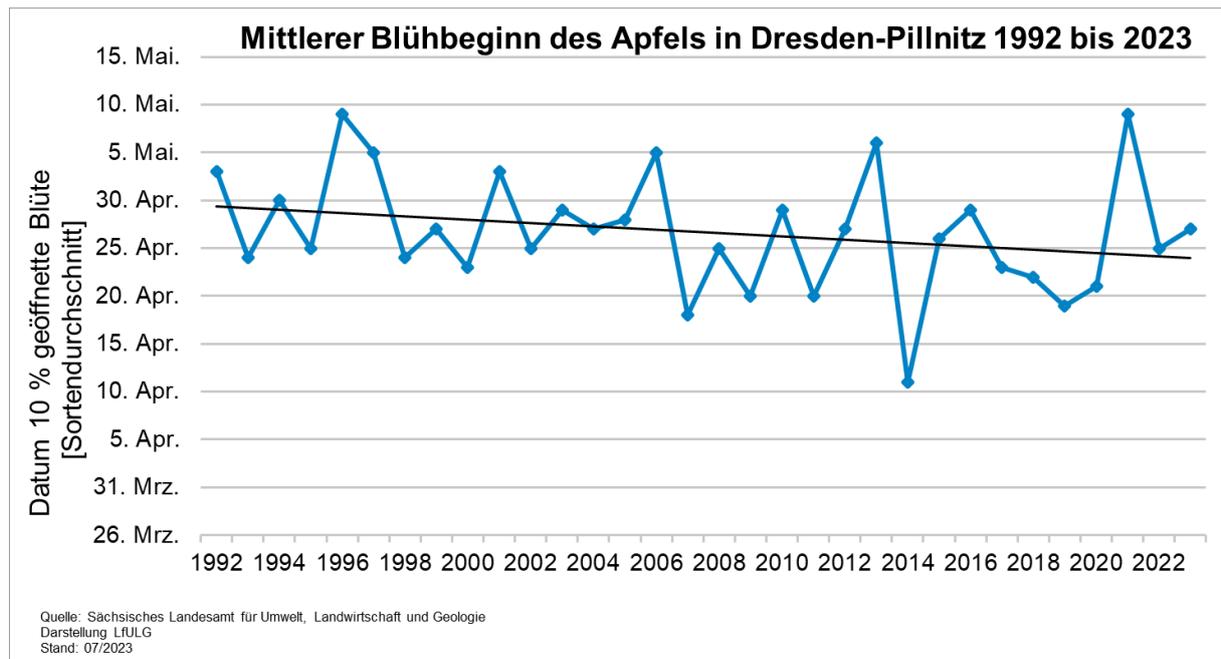


Abbildung 37 Mittlerer Blühbeginn des Apfels in Dresden-Pillnitz.

Im Gemüsebau waren negative Witterungseinflüsse vor allem bei der Erbsenaussaat zu beobachten, da der Witterungsverlauf im Frühjahr 2023 zunächst von relativ viel Niederschlag geprägt war, so dass die frühen Erbsen erst Anfang April und die mittelspäten erst Mitte April gesät werden konnten.

Der April war recht kühl mit mehreren Nächten mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Frühe Erbsen liefen daher teilweise erst spät im April auf und zeigten auch danach zunächst nur ein verhaltenes Wachstum. Im Mai sanken die Nachttemperaturen meist auf einstellige Werte ab, so dass insgesamt von „kalten Nächten“ gesprochen werden konnte.

Dies setzte sich in abgeschwächter Form auch im Juni und teilweise im Juli fort. In der Ernteperiode war es dann sommerlich warm, teilweise sogar heiß.

Längere Trockenperioden konnten durch Bewässerung weitgehend ausgeglichen werden. Die vielfach kühlen bis kalten Nächte wirkten sich bei den mittelspäten Sorten weniger ertragsmindernd aus als bei den frühen/mittelfrühen Sorten, so dass hier oftmals gute Erträge bei guter bis sehr guter Grünkornqualität erzielt werden konnten.

Die Zwiebeln erreichten nach anfänglichen witterungsbedingten Entwicklungsverzögerungen erst im Juli eine zufriedenstellende Belaubung, aber dennoch je nach Sorte gute Erträge. Hagelschäden blieben bis auf wenige Ausnahmen hinter den Ertragserwartungen zurück.

7. Auswirkungen der Witterung auf den Naturschutz

Durch den Klimawandel steigen die Temperaturen und es verändern sich die Menge und die regionale Verteilung der Niederschläge. Das hat Konsequenzen für Tier- und Pflanzenarten sowie mittelbar möglicherweise sogar für die Funktionsfähigkeit ganzer Ökosysteme. Solche biologischen Effekte lassen sich besonders gut an drei Kenngrößen ablesen: Phänologie, Verbreitung und Häufigkeit von Arten. Diese verändern sich bereits seit einiger Zeit sicht- und messbar (Parmesan 2006, Primack & Miller-Rushing 2012).

Das Jahr 2023 gehörte auch in Sachsen zu den wärmsten Jahren. Außerdem gab es trotz insgesamt hohem Jahresniederschlag doch auch äußerst trockene Phasen, wie im Mai, der ersten Sommerhälfte oder im September. Es ist daher von einer Fortsetzung der ökologischen Veränderungen auszugehen, die hier exemplarisch beschrieben sind. Wichtig ist dabei, dass derlei Veränderungen zumeist nicht Resultat der Witterungsbedingungen eines einzelnen Jahres sind und auch nicht sprunghaft auftreten. Vielmehr führt die kontinuierliche Veränderung des Klimas über längere Zeiträume zu fortgesetzten Anpassungsprozessen in der Natur. Um diese Veränderungen hinsichtlich Phänologie, Verbreitung und Häufigkeit zu verdeutlichen, seien nachfolgend einige Beispiele aufgeführt, für die dank guter Datenlage relativ sichere Aussagen möglich sind.

Veränderte Phänologie

Unter Phänologie versteht man wiederkehrende Phänomene in der Natur, wie die Abläufe von Wachstum, Entwicklung und Reproduktion von Organismen in Bezug auf die Jahreszeiten (Begon et al. 1992). Besonders auffällig sind phänologische Veränderungen von Pflanzen, z. B. früherer Blühbeginn, zeitigerer Blattaustrieb und zeitiger einsetzende Fruchtreife sowie Verlängerung der Vegetationsperiode. Bei manchen Vogelarten wurde eine zeitigere Rückkehr aus den Winterquartieren, ein früherer Brutbeginn und die Verlängerung der Brutperiode festgestellt (Ernst 2013, Steffens et al. 2013). Erkenntnisse zur Vorverschiebung der Erstankunft liegen z. B. für die Mönchsgrasmücke oder die Mehlschwalbe aus dem sächsischen Vogtland vor (Ernst 2013). Das Spektrum der Verhaltensanpassungen reicht sogar bis hin zu verkürzten Zugstrecken und teilweisen Verzicht auf den Wegzug.

Solche Entwicklungen beeinflussen die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Arten. Obwohl hier im Einzelnen noch Forschungsbedarf besteht, ist es somit möglich, dass ökologische Beziehungen zeitlich „aus dem Takt“ geraten (*ecological mismatches*). Dies hätte weitreichende Folgen, die sich z. B. in sinkenden Bruterfolgen bei Vögeln oder geringerer Bestäubungsrate bei Blütenpflanzen auswirken könnten.

Gefährdete Arten und Lebensräume

Durch den Klimawandel gefährdet sind insbesondere Arten und Lebensräume nasser oder kühl-feuchter Standorte (z. B. Hoch- und Zwischenmoore). Auch an höhere Berglagen angepasste Arten und Lebensräume können bei temperaturbedingter Verschiebung der Höhenstufen im Mittelgebirge irgendwann nicht weiter nach oben ausweichen (z. B. natürliche hochmontane Fichtenwälder).

Zunehmend reagieren auch Arten auf die Veränderungen, die früher durchaus weit verbreitet und häufig waren. Dazu gehören die Amphibien, die insgesamt stark vom Klimawandel

betroffen sind. Dies zeigt sich besonders eindrücklich am Grasfrosch (*Rana temporaria*), einer der häufigsten und am weitesten verbreiteten Amphibienarten.

Ergebnisse eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des LfULG weisen auf den starken Rückgang der Grasfroschpopulationen in Sachsen hin (Naturschutzzentrum Freiberg 2023). So war der erfasste Bestand in der Region Grimma im Zeitraum von 2019 bis 2022 um 98 % niedriger als in den Jahren zwischen 1994 und 1997 (Schätzung auf der Basis von Laichballenkartierungen, s. Abbildung 38). Auch in der Umgebung von Freiberg lag der Grasfroschbestand der Jahre 2019 bis 2022 um 69 % unter dem der Jahre 1993 bis 1997.

Die Art legt im zeitigen Frühjahr Laichballen aus mehreren Hundert bis Tausend Eiern im flachen Wasser am Gewässerufer ab. Deshalb war sie in den zurückliegenden Jahren auch besonders stark von vollständiger Austrocknung aber auch bereits dem Wassermangel in den Laichgewässern betroffen. Neben den Laichgewässern weisen auch die Landhabitate und Wanderkorridore in längeren Trocken- und Hitzeperioden zunehmend ungeeignete Bedingungen auf, was ebenfalls zu den Bestandsrückgängen beigetragen haben dürfte.

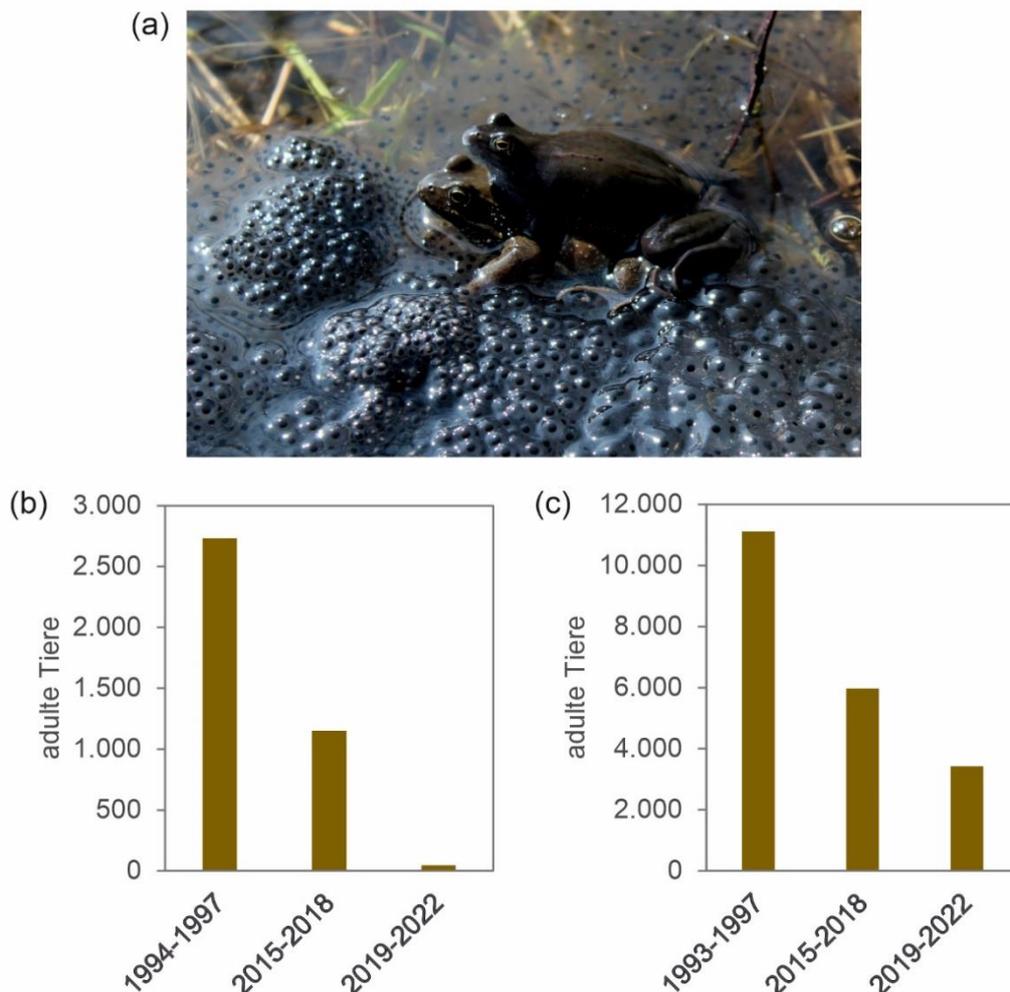


Abbildung 38: Bestandsentwicklung des Grasfroschs (*Rana temporaria*) in zwei Regionen in Sachsen. Den Zahlen liegt die Annahme zugrunde, dass ein kartierter Laichballen zwei adulte Elterntiere repräsentiert. (a) Adulte (ausgewachsene) Tiere mit Laichballen (Foto: Holger Lueg). (b) Bestandsentwicklung repräsentativer Untersuchungsgebiete im Raum Grimma (Gewässer wurden in einem Raum von insgesamt 16 km² beprobt). (c) Bestandsentwicklung repräsentativer

Untersuchungsgebiete im Raum Freiberg (Proberaum 50 km²) (Daten: Naturschutzzinstitut Freiberg 2023).

Da das höher gelegene Freiberg tendenziell kühlere und niederschlagsreichere Bedingungen aufweist als Grimma, liegt hier im Mittelgebirge und dessen Vorland eines der Schwerpunktorkommen der Art. Dies könnte auch ein Grund dafür sein, dass der Bestandseinbruch nicht ganz so extrem wie in den niedrigeren Höhenlagen ausfiel. Dessen ungeachtet ist der Abwärtstrend innerhalb von nur knapp 30 Jahren in beiden Regionen deutlich und besorgniserregend.

Profiteure des Klimawandels

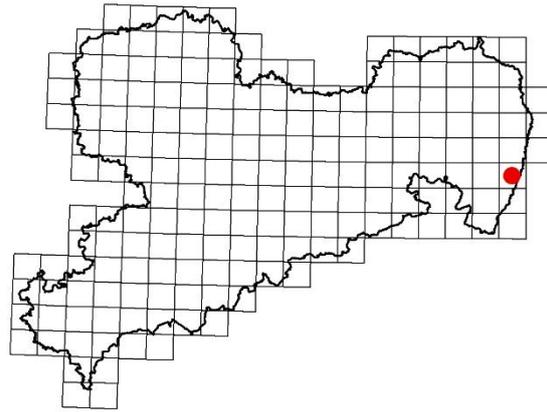
Auswertungen umfangreicher Datensätze u. a. von Tagfaltern und Libellen deuten darauf hin, dass in den zurückliegenden rund 30 Jahren in Sachsen in einigen Artengruppen bereits eine Verschiebung der Zusammensetzung in Richtung wärmeangepasster Arten stattgefunden hat (Wiemers et al. 2013).

Profiteure des Klimawandels sind manche wärmeliebenden Arten und Lebensräume trockener Standorte. Dazu gehören auch ursprünglich südlich verbreitete Arten, wie die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) (s. Abbildung 39). Weitere Libellenarten, die sich in den letzten etwa 30 Jahren deutlich ausgebreitet und offensichtlich von wärmeren Temperaturen profitiert haben sind u. a. Südliche Mosaikjungfer (*Aeshna affinis*), Südliche Heidelibelle (*Sympetrum meridionale*), Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii*) und Kleines Granatauge (*Erythromma viridulum*). Einige dieser Arten kamen vor 20 bis 25 Jahren in Sachsen noch gar nicht vor, andere wiederum waren äußerst selten.

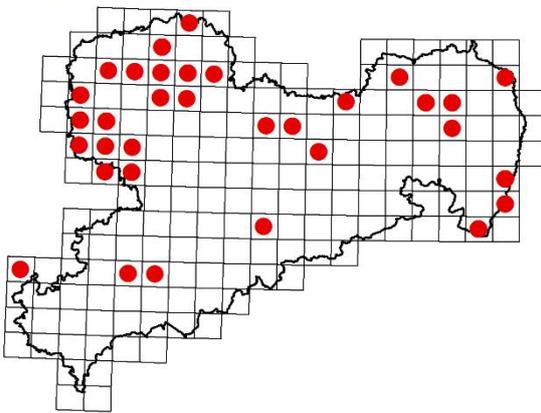
Besondere Beachtung erfordern vom Menschen eingeführte Tier- und Pflanzenarten (Neobiota), von denen sich einige invasiv ausbreiten. Sie kommen oft besser mit neuen Klimabedingungen zurecht und sind in der Lage, freie Nischen in gestörten Ökosystemen zu besetzen, so z. B. die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*).



1991 - 2000



2001 - 2010



2011 - 2020

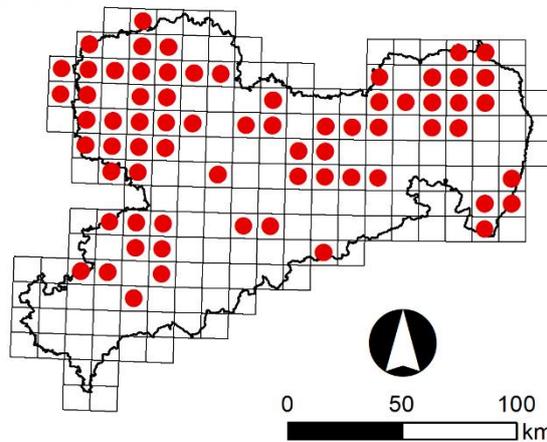


Abbildung 39: Ausbreitung der ursprünglich südlich verbreiteten Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) infolge des Klimawandels. Jeder rote Punkt steht für mindestens einen Nachweis im Messtischblatt (ca. 11 x 11 km). Die Art wurde 1997 erstmals in Sachsen beobachtet. Seitdem vergrößert sich ihr Areal und die Anzahl der Nachweise nimmt zu (1991 – 2000: $n = 1$, 2001 – 2010: $n = 110$; 2011 – 2020: $n = 370$). Seit 2021 ist ein weiteres Messtischblatt mit Nachweis hinzugekommen (Quelle: LfULG Zentrale Artdatenbank 2024, Foto: Heiner Blichke).

Für diesen Abschnitt wurden neben eigenen Auswertungen folgende Quellen benutzt:

Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1992): *Ökologie. Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften*. Birkhäuser, Basel.

Ernst, S. (2013): Veränderungen der Ankunftszeiten von 25 häufigen Zugvogelarten im sächsischen Vogtland in den Jahren 1967 bis 2011. *Mitteilungen des Vereins Sächsischer Ornithologen* 11 (1): 1–14.

Naturschutzinstitut Freiberg (2023): *Amphibien als Modellartengruppe für Analysen und Maßnahmeplanungen*. Bisher unveröffentlichter Abschlussbericht.

Parmesan, C. (2006): Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637–669.

Primack, R.B. & Miller-Rushing, A.J. (2012): Uncovering, Collecting, and Analyzing Records to Investigate the Ecological Impacts of Climate Change: A Template from Thoreau's Concord. *BioScience* 62: 170–181.

Steffens, R., Nachtigall, W., Rau, S., Trapp, H. & Ulbricht, J. (2013): *Brutvögel in Sachsen*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Wiemers, M., Musche, M., Striese, M., Kühn, I., Winter, M. & Denner, M. (2013): *Naturschutzfachliches Monitoring Klimawandel und Biodiversität, Teil 2: Weiterentwicklung des Monitoringkonzeptes und Auswertung ausgewählter vorhandener Daten*. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

8. Auswirkungen der Witterung auf die Luftqualität

Die Witterung hat einen starken Einfluss auf die Luftqualität. Sowohl der Ausstoß von Luftschadstoffen als auch deren Ausbreitung in der Atmosphäre sind unmittelbar mit dem Witterungsverlauf verbunden.

Die durch den Klimawandel bedingten Änderungen der Witterung haben sowohl positive als auch negative Folgen für die Luftqualität: In milden Wintern werden weniger Luftschadstoffe aus Schornsteinen und Auspuffanlagen ausgestoßen. Auch Inversionswetterlagen, die ungünstige Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe darstellen, sind in milden Wintern seltener. In der Folge werden niedrigere Konzentrationen von verbrennungsbedingten Luftschadstoffen, insbesondere Feinstaub, aber auch Stickstoffdioxid registriert.

Dagegen führen überdurchschnittlich hohe Temperaturen verbunden mit erhöhter Sonneneinstrahlung im Sommerhalbjahr zu steigenden Ozonkonzentrationen. Ebenso haben längere Trockenperioden einen negativen Einfluss auf die Luftqualität. Sie verstärken verbunden mit höheren Windgeschwindigkeiten Abwehungen und Aufwirbelungen zum Beispiel von landwirtschaftlichen Nutzflächen und führen damit zu erhöhten Feinstaubbelastungen.

Das Jahr 2023 war gegenüber der Klimareferenzperiode 1961 - 1990 um + 2,3 K wärmer. Die Anzahl der Sonnenstunden lag mit plus 10 % über dem Referenzwert. Niederschläge verteilten sich ungleich und lagen mit + 13 % über dem Referenzwert. Diese Bedingungen beeinflussten die Luftqualität eher positiv.

Auswirkung auf die PM₁₀-Konzentrationen

Die höheren Niederschläge 2023 und der milde Winter mit nur wenigen austauscharmen Wetterlagen führte zu den niedrigsten PM₁₀-Belastungen in Sachsen seit Messbeginn. Das zeigt sich auch beispielhaft an den untenstehenden Häufigkeitsverteilungen von zwei dargestellten Messstationen.

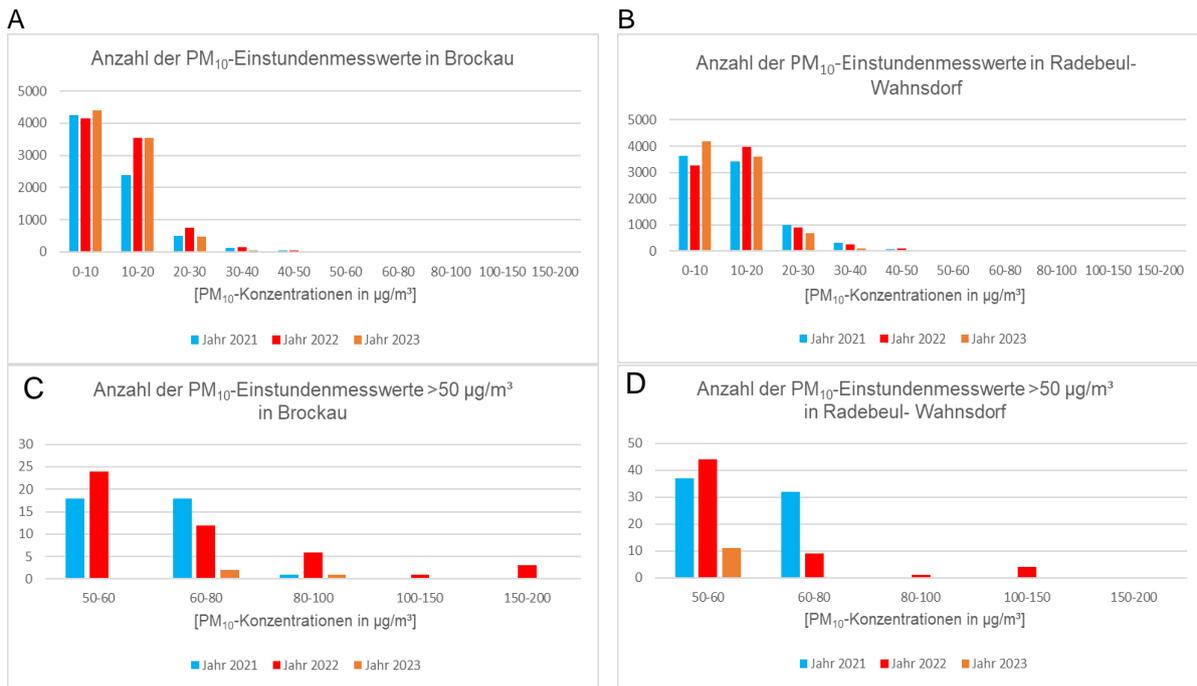


Abbildung 40: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der stündlichen PM₁₀-Konzentrationen an den Luftmessstationen Brockau (A, C) und Radebeul-Wahnsdorf (B, D) in den letzten drei Jahren (2023: vorläufige Werte)

In Abbildung 40 A und B werden alle Klassen dargestellt, in Abbildung 40 C und D nur die Klassen mit erhöhten PM₁₀-Stundenmittelwerten größer 50 µg/m³. Vor allem im Bereich der niedrigsten PM₁₀-Konzentrationen wurden mehr Werte gemessen als in den beiden Vorjahren. In Radebeul-Wahnsdorf als vorstädtischem Standort wurden sogar seit Messbeginn 2002 noch nie so häufig Konzentrationen unter 10 µg/m³ gemessen wie 2023.

Im Gegensatz dazu gab es kaum noch Messwerte größer 50 µg/m³ in der Stunde. In Brockau als ländlichem Standort wurden nur drei Stunden mit erhöhten Konzentrationen im Sommer 2023 gemessen. Ursache dafür war vermutlich Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft. In Radebeul-Wahnsdorf wurden noch elf Messwerte in der Klasse 50 bis 60 µg/m³ registriert. Davon fielen sechs Werte auf den Winter, drei auf den Frühling und zwei auf den Herbst. Die erhöhten Werte im Winter sind vermutlich auf städtische Emissionen zurückzuführen, die übrigen wahrscheinlich ebenso wie in Brockau auf die Landwirtschaft.

Auswirkung auf Stickoxidkonzentrationen

Seit über 20 Jahren gibt es einen deutlichen Trend zu geringeren Konzentrationen (Abbildung 41). Dieser Trend setzte sich auch im Jahr 2023 fort. Als ebenfalls hauptsächlich verbrennungsbedingter Luftschadstoff reduzieren milde Winter die Konzentrationen der Stickoxide. Eine gute Durchlüftung mit erhöhten Windgeschwindigkeiten führt ebenso zu niedrigeren Konzentrationen.

Entwicklung Stickoxide

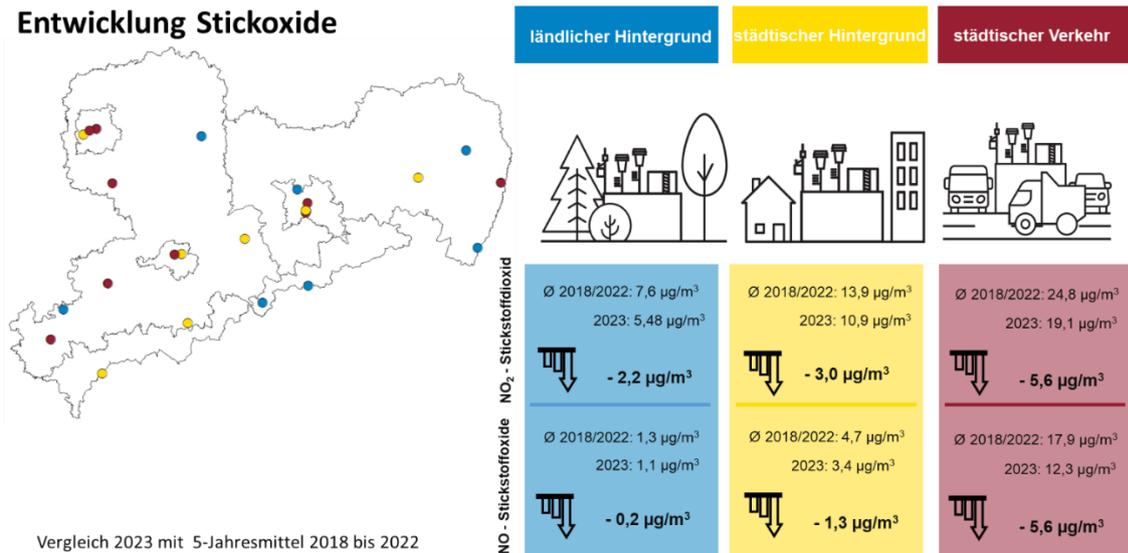


Abbildung 41: Vergleich der Stickoxidkonzentrationen 2023 mit 5-Jahresmittel 2018 bis 2022 (2023: vorläufige Werte)

Auswirkung auf die Ozonkonzentrationen

Hohe Ozonkonzentrationen entstehen bei länger anhaltenden Hochdruckwetterlagen mit Temperaturen über 30 °C und intensiver Sonneneinstrahlung durch chemische Reaktionen aus den Vorläufersubstanzen Stickstoffdioxid und flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen. Darüber hinaus spielt hier eine sogenannte Ozon-Hintergrundbelastung, die durch den Transport aus entfernten Regionen verursacht wird, eine wichtige Rolle. In hohen Konzentrationen kann Ozon der menschlichen Gesundheit und der Vegetation schaden.

- Der Schwellenwert zur Information der Öffentlichkeit über kurzfristige akute Ozonbelastungen (180 µg/m³ als Stundenmittelwert) wurde im Jahr 2023 an einem Tag, am 12. September, an der Station Schwartenberg von 18-19 Uhr überschritten.
- Der gesetzliche Ozon-Zielwert zum Schutz der Gesundheit (vgl. 39. BImSchV) wurde 2022 eingehalten. Gesetzlich vorgeschrieben ist eine Mittelung über drei Jahre, um meteorologische Schwankungen auszugleichen.
- Der gesetzliche Ozon-Zielwert zum Schutz der Vegetation (5-Jahresmittelwert, vgl. 39. BImSchV) wurde 2023 das erste Mal an keiner Station überschritten, weil das außergewöhnliche Jahr 2018 nicht mehr in die Berechnung einbezogen wurde.
- Die Langfristzielwerte werden in ganz Sachsen immer noch überschritten.

Wie die Abbildung 42 zeigt, hat Ozon einen ausgeprägten Tages- und Jahresgang. Die Belastung ist an allen Messstationstypen am Nachmittag in den Sommermonaten am höchsten, wobei die stärkste Belastung im ländlichen Hintergrund auftritt. Eine Besonderheit stellt der Erzgebirgskamm dar, der in der Abbildung gesondert dargestellt ist. Hier werden die höchsten Ozonkonzentrationen in Sachsen gemessen.

Auffällig im Jahresverlauf war besonders der September. Die überdurchschnittliche Sonnenscheindauer und die hohen Temperaturen bewirkten eine für diese Jahreszeit eher ungewöhnlich hohe Ozonbelastung.

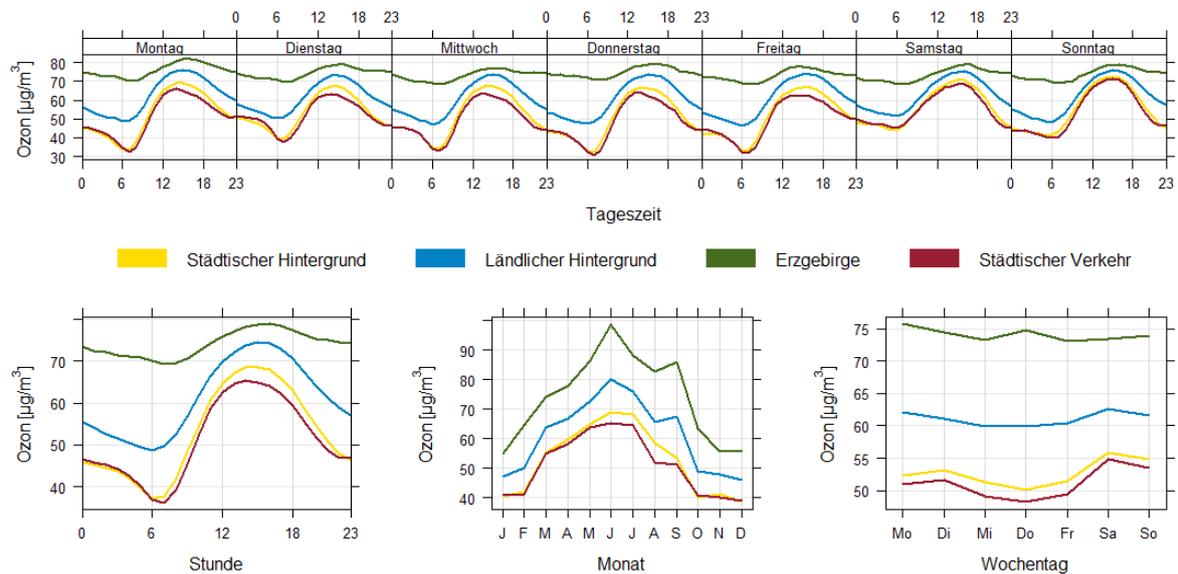


Abbildung 42: Tages- und Wochengang und der Jahresverlauf der Ozonkonzentrationen für verschiedene Stationstypen im sächsischen Luftmessnetz im Jahr 2023. Daten basieren auf vorläufigen Werten.

In der Tabelle 4 werden die meteorologischen Bedingungen und Ozonparameter der Jahre 2018, 2022 und 2023 verglichen. Das Jahr 2018 war ein Extrem. Der Sommer 2023 wich mit einer Temperatur 2,2 K und einem Sonnenscheinüberschuss von 15 % von den Referenzwerten ab. Der verregnete Sommer war aber um 1 % niederschlagsreicher als das langjährige Mittel.

Im Vergleich zum Sommer 2022 war der Sommer 2023 kühler, niederschlagsreicher und es schien deutlich weniger die Sonne. Diese meteorologischen Bedingungen spiegeln sich in den Ozonparametern wider.

Tabelle 4: Vergleich der meteorologischen Bedingungen der Jahre 2018, 2022 und 2023 in Bezug auf die Referenzwerte 1961-1990 und die Auswirkungen auf Ozonparameter

	2018	2022	2023
Meteorologische Bedingungen im Sommer (Juni – August)			
Temperatur	+3 K	+2,7 K	+2,2 K
Niederschlag	-53 %	-33 %	+1 %
Sonnenstunden	+28 %	+29 %	+15 %
Spezifische Ozonparameter			
Anzahl der Überschreitungsstunden der Informationsschwelle	20	3	1
Anzahl der Stationen mit Überschreitungen des Zielwertes für die menschliche Gesundheit ⁴	13 von 16 Stationen	3	2
Anzahl der Stationen mit Überschreitungen des Zielwertes für die Vegetation ⁵	9 (alle Stationen)	5	3
Jahresmittelwert (Mittelwert aller Stationen)	60,3 µg/m ³	58,0 µg/m ³	58,9 µg/m ³

2018 waren die Ozonwerte am höchsten, 2023 in allen Kategorien mit Ausnahme des Jahresmittels am niedrigsten.

Zur Überschreitung der Informationsschwelle kam es 2023 ungewöhnlich im September. Die Ursache lag an länger anhaltenden Hochdruckwetterlagen mit Temperaturen über 30 °C und intensiver Sonneneinstrahlung in Kombination mit chemischen Reaktionen aus Vorläufersubstanzen, die vermutlich mit Luftmassen aus dem Böhmischem Becken zum Erzgebirge transportiert wurden. Untersuchungen zeigen aber, dass auch die Luft- und Bodenfeuchte die Ozonkonzentration beeinflusst. Niederschlagsarme Perioden, wie im September 2023, können die Ozonbelastung zusätzlich verstärken.

⁴ Betrachtung der Einzeljahre ohne gesetzliche Mittelung, Grundlage alle aktiven Ozonmessstationen von 2019 bis 2023 in Sachsen.

⁵ Betrachtung der Einzeljahre ohne gesetzliche Mittelung, Grundlage alle aktiven Ozonmessstationen von 2019 bis 2023 in Sachsen.