

Klima und Umwelt
Abteilung Agrarmeteorologie, Dienstort
Leipzig
Kärnerstr. 68, 04288 Leipzig
www.dwd.de
Kap. 1: F. Böttcher

Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen
Referat Klima, Luftqualität

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
www.lfulg.sachsen.de

Kap. 2: Dr. J. Franke

Kap. 3: Mitarbeiter der Referate 42, 43, 45;
BfUL, LTV

Kap. 4: Dr. D.-R. Eisenhauer (SBS)

Kap. 5.1: Dr. G. Riehl

Kap. 5.2: Martin Sacher, Dr. Wolfgang Karalus,
Maik Panicke, Dr. Walter Schmidt,
Dan Zederer

Kap. 6: Ch. Kröling

Kap. 7: A. Pausch, Dr. A. Hausmann

2019 Wetter trifft auf Klima

Fazit:

Die aktuellen Änderungen im Temperatur- und Niederschlagsregime begünstigen zunehmend Aufbau und Ausmaß von Trockenheit.

Zwei extrem trockene und warme Jahre hintereinander haben die Trockenheit in Sachsen bis in tiefe Bodenschichten hinein verschärft. Die Temperaturen stiegen schneller als in den Klimaprojektionen abgebildet. Grundwasserdürre, Niedrigwasser in den Flüssen, schwer geschädigte Wälder und schwankende Erträge in Landwirtschaft und Gartenbau sind die Folgen.

1 Einordnung der Jahreswitterung 2019 in Europa und Deutschland, Phänologie

Das Jahr 2019 war ein weiteres zu warmes Jahr in Folge. Im globalen Maßstab wurde vom COPERNICUS-Klimawandeldienst festgestellt, dass es als das zweitwärmste in dem bei diesem Service zur Verfügung stehenden Datensatz ist. So ähnlich liegen auch die Resultate der anderen Datenzentren. Beim Vergleich der globalen Temperaturanomaliekarten 2018 und 2019 fällt auf, dass auch 2019 überwiegend dort, wo im Vorjahr die Maxima oder Minima diese positiven oder negativen Abweichungen zu finden sind. Das deutet auf eine im Durchschnitt ähnliche globale Zirkulationsverteilung hin.

Im europäischen Maßstab wird es als das bisher wärmste Jahr geführt. Der flächenhafte Vergleich der Temperaturabweichung vom Normalwert im Sommer offenbart, dass die Ausdehnung des Gebietes mit einer positiven Lufttemperaturabweichung von über 4 Kelvin gegenüber 2019 noch einmal zugenommen hat und es sogar Regionen im Südwesten Polens und im Nordosten Österreichs gibt, die sogar eine um über 5 Kelvin (K) höhere Sommertemperatur aufwiesen, als im klimatologischen Mittel von 1961-1990 zu erwarten gewesen wäre. Im Flächenmittel über Deutschland war 2019 nach 2018 und 2014 das drittwärmste Jahr (*Abbildung 1*). Teile der östlichen Bundesländer konnten sogar mit dem wärmsten Jahr aufwarten, dass seit 1881 registriert wurde, dabei sind verbreitet 11 der 12 Monate als zu warm einzustufen. Nur der Mai war 1 bis 2 K zu kühl. Ihm folgte jedoch ein Juni mit mehr als 5 K Abweichung. In den Tieflandregionen waren wieder viele Landstriche mit einer Jahresmitteltemperatur von 10 bis zum Teil über 11 Grad C vertreten. In den gebirgigeren Standorten lagen die Werte zwar darunter, aber hinsichtlich der Abweichungen vom Normalwert ist kein Unterschied zwischen Bergland und Tiefland zu erkennen. Hier gibt es eine Trennlinie, die in etwa von Bremen nach München gezogen werden kann. Westlich davon war es zwar auch zu warm, aber die Abweichung der Jahresmitteltemperatur erreichte nicht die 2-K-Marke. Östlich der genannten Linie wurde diese Marke erreicht und überschritten.

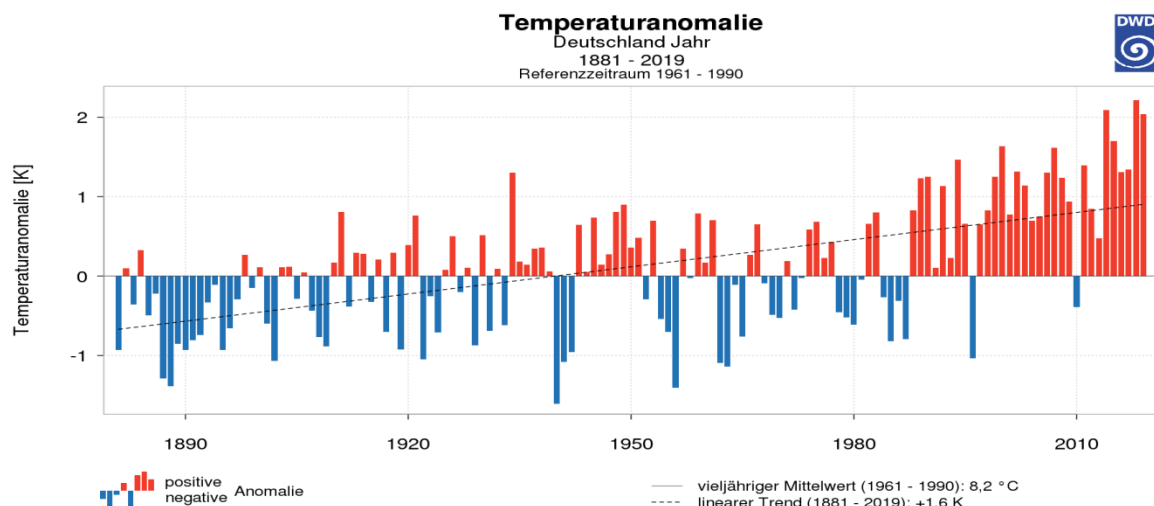


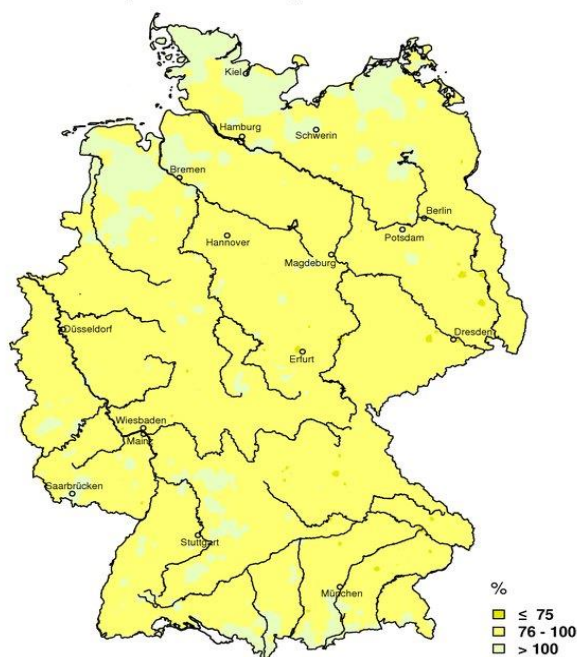
Abbildung 1: Anomalie der Jahresmitteltemperatur über Deutschland bezogen auf die Normalperiode 1961-1990 im Zeitraum 1881 bis 2019

Trotz der im Mittel höheren Lufttemperatur war die Anzahl von Sommer- und heißen Tagen deutlich geringer als 2018. Besonders im Januar gab es kurze winterliche Intermezzi aber insgesamt war auch die kalte Jahreszeit deutlich zu mild.

Es fiel zwar 2019 mehr Niederschlag in Deutschland als 2018, aber auch 2019 war nur in einem Gebiet vom Emsland längs der Nord- und Ostseeküsten von normalen Jahresniederschlagssummen auszugehen (*Abbildung 2*). In den allermeisten Regionen wurde durch nochmals bis zu einem Viertel geringere Niederschlagsmengen das Defizit nicht abgebaut, sondern verstärkte sich. Bilanziert man die gefallene Niederschlagsmenge seit 2017, zeigt sich, dass Ende 2019 über die drei Jahre in vielen Regionen ein Defizit von zum Teil über 250 mm aufgelaufen ist. Ähnliche kumulierte Niederschlagsdefizite gab es bezogen auf die Jahressumme zuletzt in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts, also vor mehr als 40 Jahren. Nach dem Sommer 2018 waren die Bodenwasservorräte bis in tiefere Schichten unter 1 bis 2 m erschöpft und wurden durch die Niederschläge nicht aufgefüllt, so dass 2019 gegenüber 2018 ein noch schnellerer Rückgang des Bodenwassergehaltes erfolgte und beispielsweise unter Winterweizen erst Ende September 2019 wieder den Bodendürrebereich mit Bodenfeuchtwerten von unter 30 Prozent des pflanzenverfügbaren Wassers verlassen konnte.

Die Pflanzenentwicklung startete 2019 im Mittel über Deutschland etwa 9 Tage früher als normal (*Abbildung 3*). Das ist auf den milden Winter 2018/19 zurückzuführen. Die ersten stäubenden Haselsträucher waren um den Monatswechsel vom Januar zum Februar zu erleben. Die Verfrühung hielt bis zum Beginn des Frühsommers, festgemacht am Erblühen der Dolden des Schwarzen Holunders an. Der vergleichsweise kühle Monat Mai dämpfte dann die phänologische Entwicklung und nach einem in etwa normal ablaufenden Frühsommer sorgte der warme Juni für einen schnellen Übergang zu einem langen Hochsommer, der in einen vergleichsweise kurzen Spätsommer überging. Einem ausgedehnten Früherbst folgten sowohl hinsichtlich Eintrittszeit als auch Andauer normale Voll- und Spätherbstwochen und mit nur zwei Tagen Verspätung begann der phänologische Winter mit dem Blattfall der Stieleiche. Die Entwicklung der Pflanzenwelt in Sachsen wich nur marginal von dem für Deutschland beschriebenen Verlauf ab.

Niederschlagshöhe Jahr 2019
in Prozent des vieljährigen Mittels 1961-1990
Precipitation Year 2019
in percent of the long-term mean 1961-1990

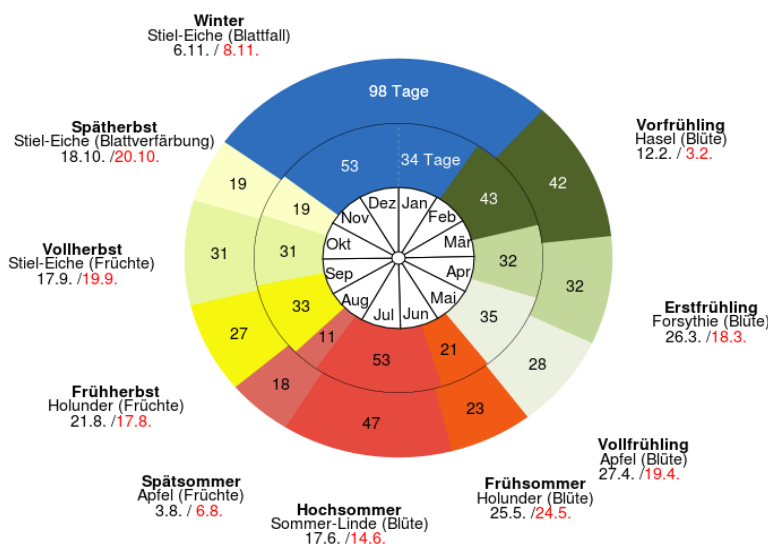


© Deutscher Wetterdienst 2020

Diese Karte wurde am 02.01.2020 mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD erstellt.
 This chart was produced on January 02, 2020 using data of all stations of the networks of DWD.

Abbildung 2: Anomalie der Jahresniederschlagssumme in Prozent über Deutschland im Jahr 2019 bezogen auf die Normalperiode 1961-1990

Phänologische Jahreszeiten für Deutschland
Mittel (außen) /2019 (innen)



Stand Sofortmelder : 07.01.2020 16:09



Abbildung 3: Darstellung der phänologischen Entwicklung 2019 im Vergleich der Normalperiode 1961-1990

2 Klimatologische Einordnung für Sachsen und seine Landkreise

2.1 Langjährige Entwicklung der Lufttemperatur

In Abbildung 4 sind die jährlichen Abweichungen (in Kelvin, K) des Flächenmittels der Jahresmitteltemperatur gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 für Sachsen abgebildet. 2019 wurde mit +2,3 K als «extrem zu warm» eingestuft und ist das wärmste Jahr seit 1881. Es fällt auf, dass in den letzten knapp 30 Jahren in Sachsen fast ausnahmslos überdurchschnittlich warme Jahre auftraten, was auch in der dekadischen Entwicklung der Lufttemperatur in einem markanten Anstieg über die letzten vier Dekaden 1981-1990 bis 2011-2020 (messtechnisch bis 2019 erfasst) zum Ausdruck kommt (Abbildung 5).

Auf der Grundlage von Auswertungen der sächsischen Klimaprojektion „WEREX-VI-Ensemble“ ist davon auszugehen, dass sich dieser Erwärmungstrend bis zum Ende des 21. Jahrhunderts weiter fortsetzt. Unter Berücksichtigung des Unsicherheitsbereiches liegen 80 Prozent der Realisierungen (zwischen 10 % und 90 %) in einem Entwicklungsintervall zwischen +1,5 K und +5 K, gegenüber 1961-1990, bis zum Ende des lfd. Jahrhunderts (Abbildung 5).

In Abbildung 6 sind die jährlichen Abweichungen (in Kelvin, K) der Jahresmitteltemperatur gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet.

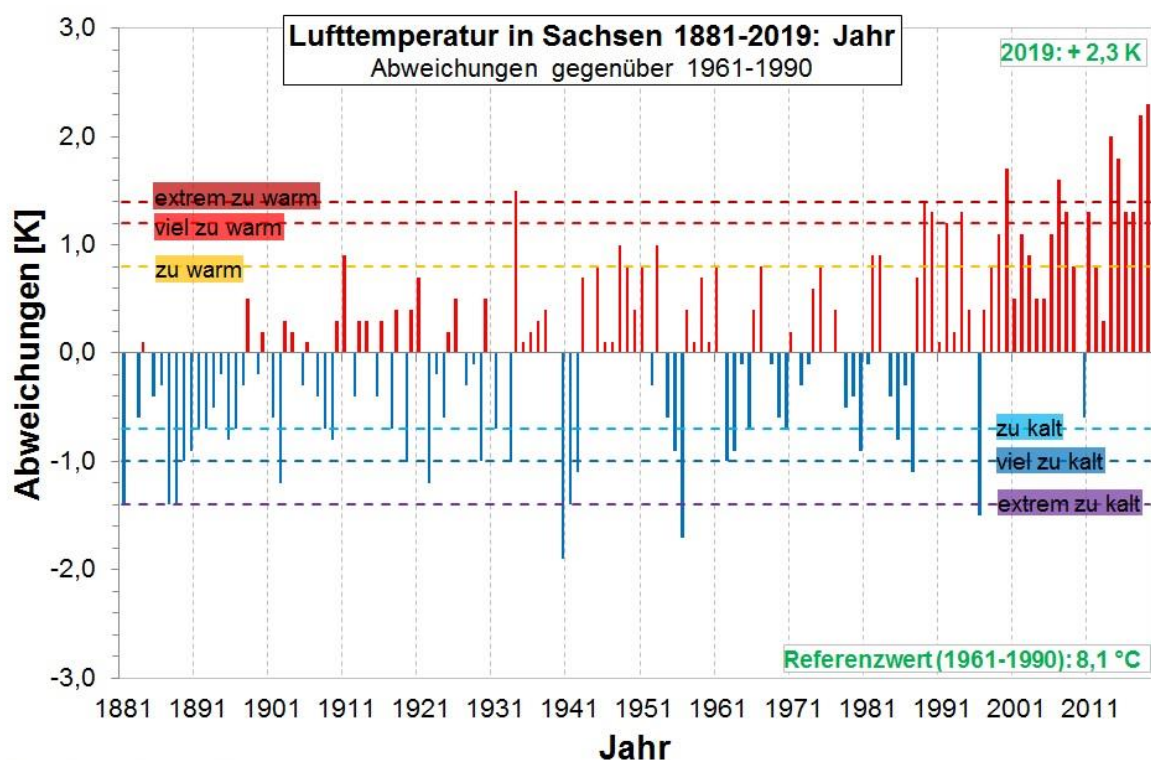
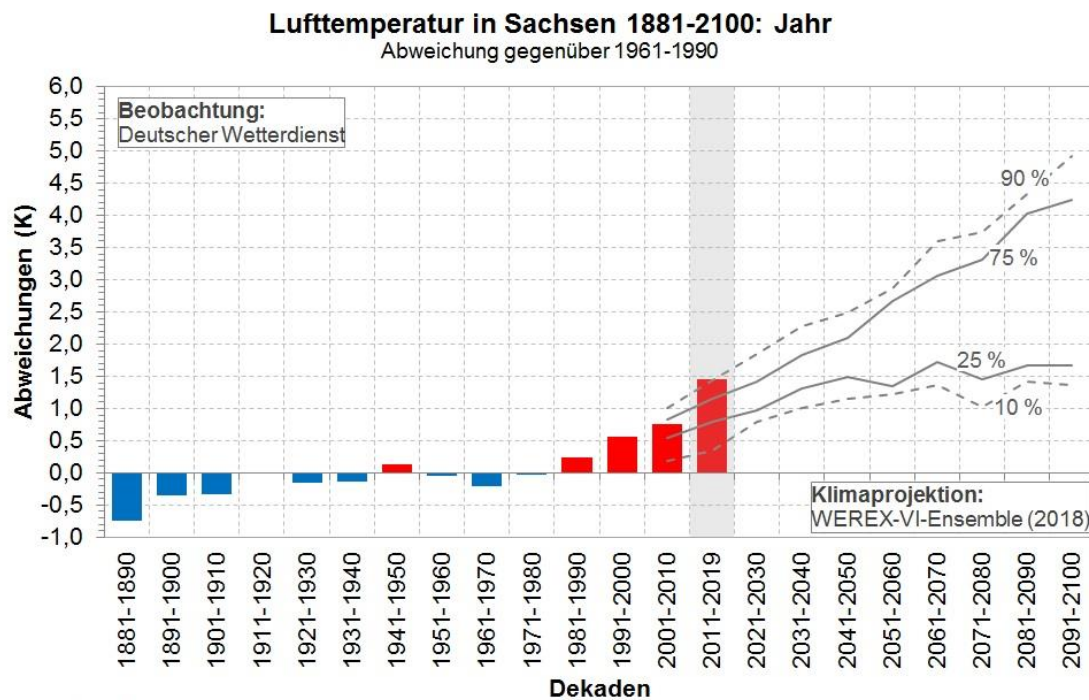


Abbildung 4: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (K) gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2019



erstellt: LfULG (2020)

Abbildung 5: Abweichungen der mittleren Jahresmitteltemperatur (K) für Dekaden gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2100 (1881-2019 gemessene Daten, 2001-2100 Projektionsdaten WEREX-VI-Ensemble)

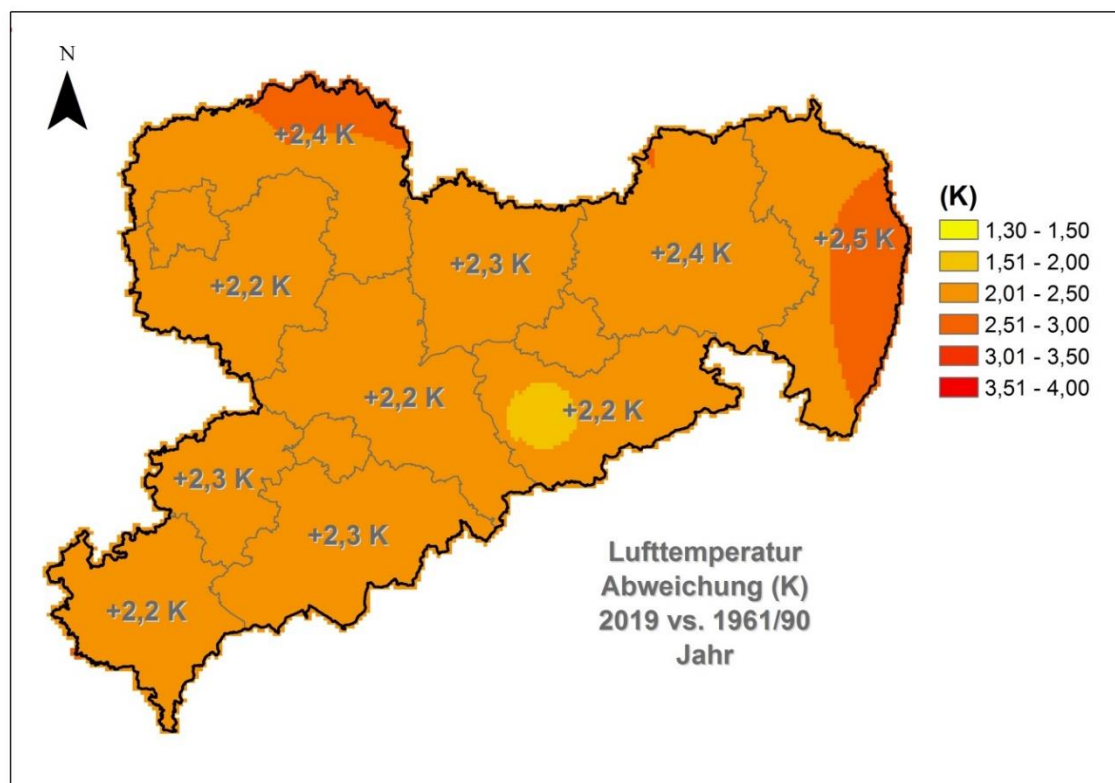


Abbildung 6: Abweichungen der Jahresmitteltemperatur (K) für 2019 vs. 1961-1990 in sächsischen Landkreisen (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 7 sind die jährlichen Abweichungen (in Kelvin, K) der Temperatur für den Sommer gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für Sachsen und für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet. Mit +3,3 K war der Sommer der wärmste seit 1881.

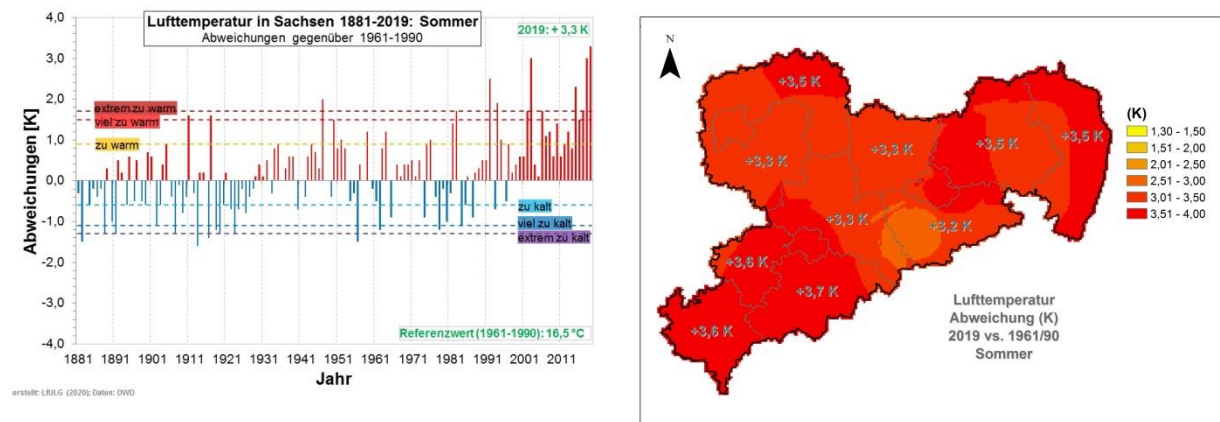


Abbildung 7: Abweichungen der Mitteltemperatur (K) für 2019 vs. 1961-1990 im Sommer in Sachsen (links) und sächsischen Landkreisen (rechts) (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 8 ist die chronologische Abfolge wärmerer und kühlerer Jahreszeiten in Sachsen im Zeitraum Winter 2000/01 bis Herbst 2019 dargestellt. Diese Abbildung dokumentiert das zunehmend höhere thermische Niveau, auch vor dem Hintergrund der Kumulation. Seit 1881 ist der Abschnitt von Sommer 2013 bis Herbst 2019 (26 Jahreszeiten) der längste, in dem durchgehend alle Jahreszeiten über ihrem Referenzwert lagen.

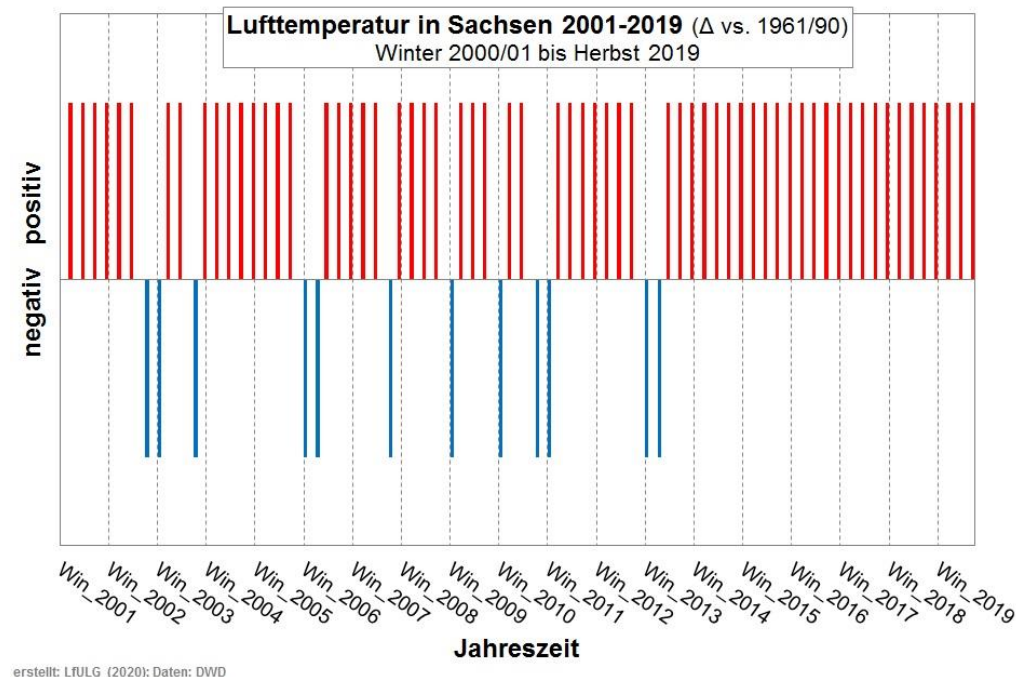


Abbildung 8: Chronologische Abfolge positiver und negativer Abweichungen der Lufttemperatur für Jahreszeiten gegenüber 1961-1990 in Sachsen, Winter 2000/01 bis Herbst 2019

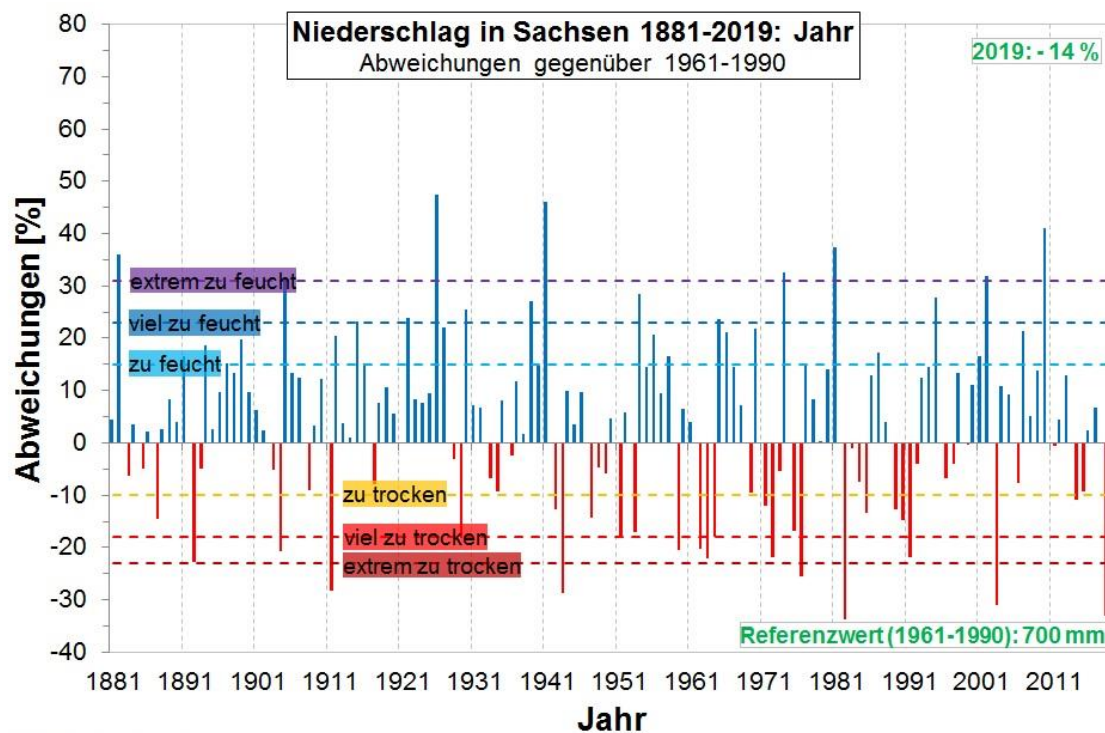
2.2 Langjährige Entwicklung des Niederschlags

Generell ist der Niederschlag, im Vergleich zur Temperatur, eine raum-zeitlich sehr heterogene Größe, was den Umgang mit diesem wichtigen Klimaelement schwierig macht.

In Abbildung 9 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) des Flächenmittels des Jahresniederschlages gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 für Sachsen abgebildet. Das Jahr 2019 war mit -14 % «zu trocken». In Abbildung 9 fällt auf, dass im Vergleich zur Lufttemperatur keine klare Entwicklung in den Jahresniederschlagssummen sichtbar wird.

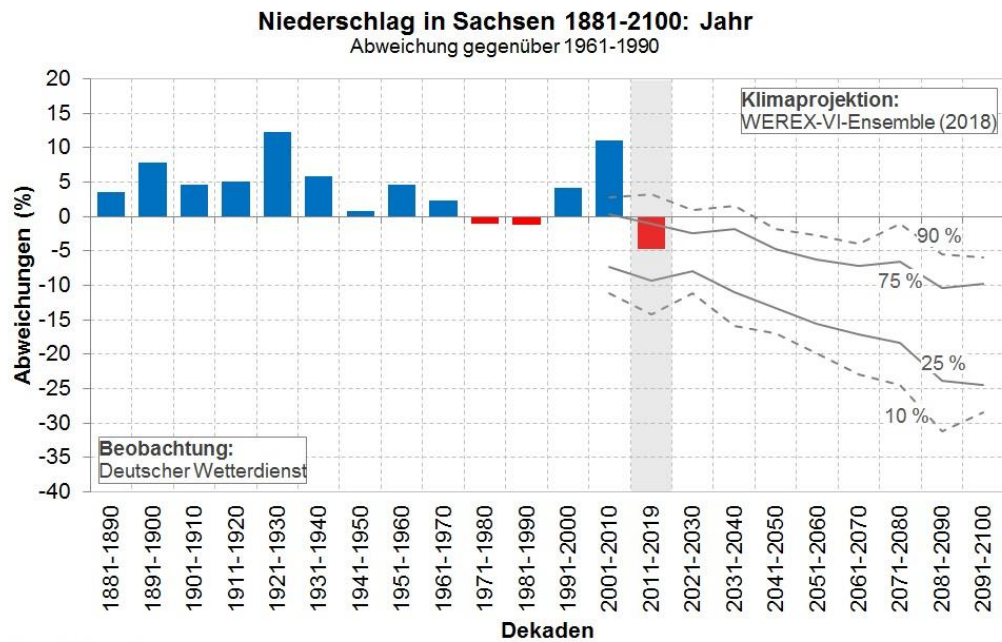
Auf der Grundlage von Auswertungen der sächsischen Klimaprojektion „WEREX-VI-Ensemble“ ist davon auszugehen, dass sich die in der lfd. Dekade 2011-2020 (messtechnisch bis 2019 erfasst) bisher beobachtete Entwicklung des mittleren Jahresniederschlages kontinuierlich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts fortsetzt. Unter Berücksichtigung des Unsicherheitsbereiches liegen 80 Prozent der Realisierungen (zwischen 10 % und 90 %) in einem Entwicklungsintervall zwischen -5 % und -30 %, gegenüber 1961-1990, bis zum Ende des lfd. Jahrhunderts (Abbildung 10).

In Abbildung 11 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) des Jahresniederschlages gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet.



erstellt: LfULG (2020); Daten: DWD

Abbildung 9: Abweichungen des Jahresniederschlages (%) gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2019



erstellt: LfULG (2020)

Abbildung 10: Abweichungen des mittleren Niederschlages im Jahr (%) für Dekaden gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2100 (1881-2019 gemessene Daten, 2001-2100 Projektionsdaten WEREX-VI-Ensemble)

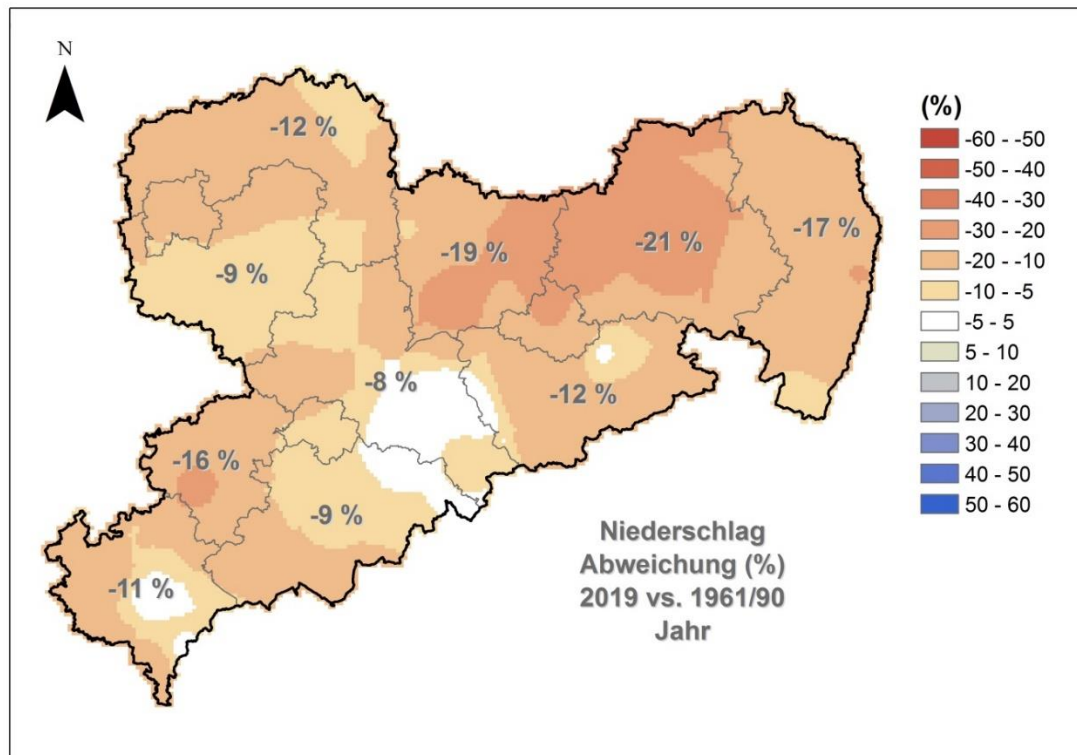


Abbildung 11: Abweichungen des Jahresniederschlags (%) für 2019 vs. 1961-1990 in sächsischen Landkreisen (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 12 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) der Niederschlagssummen für den Sommer gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für Sachsen und für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet. Mit -39 % war der Sommer «extrem zu trocken».

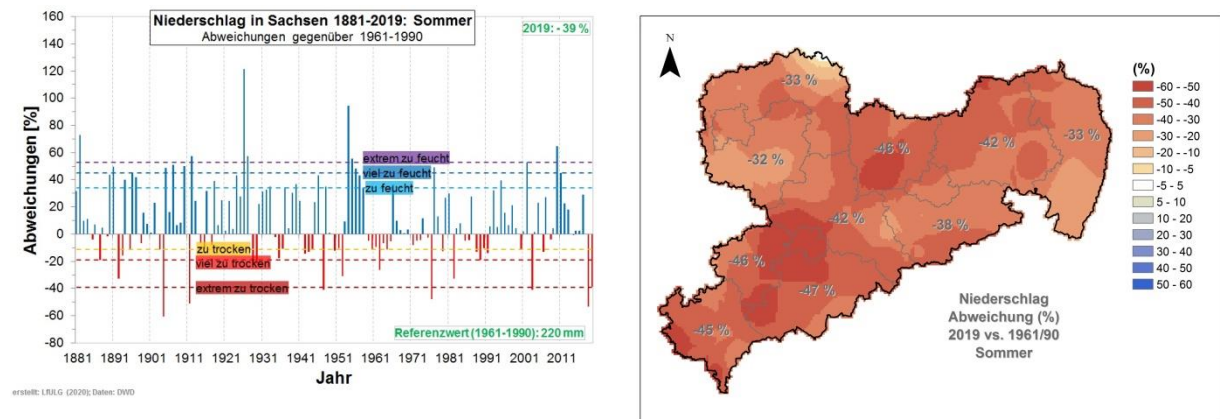


Abbildung 12: Abweichungen des Niederschlags (%) für 2019 vs. 1961-1990 im Sommer in Sachsen (links) und sächsischen Landkreisen (rechts) (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 13 ist die chronologische Abfolge trockenerer und feuchterer Jahreszeiten in Sachsen im Zeitraum Winter 2000/01 bis Herbst 2019 dargestellt. In dieser Darstellung zeigt sich auf den ersten Blick keine der Temperatur vergleichbare Entwicklung an (vgl. Abbildung 8), allerdings werden feuchtere und trockenere Abschnitte erkennbar.

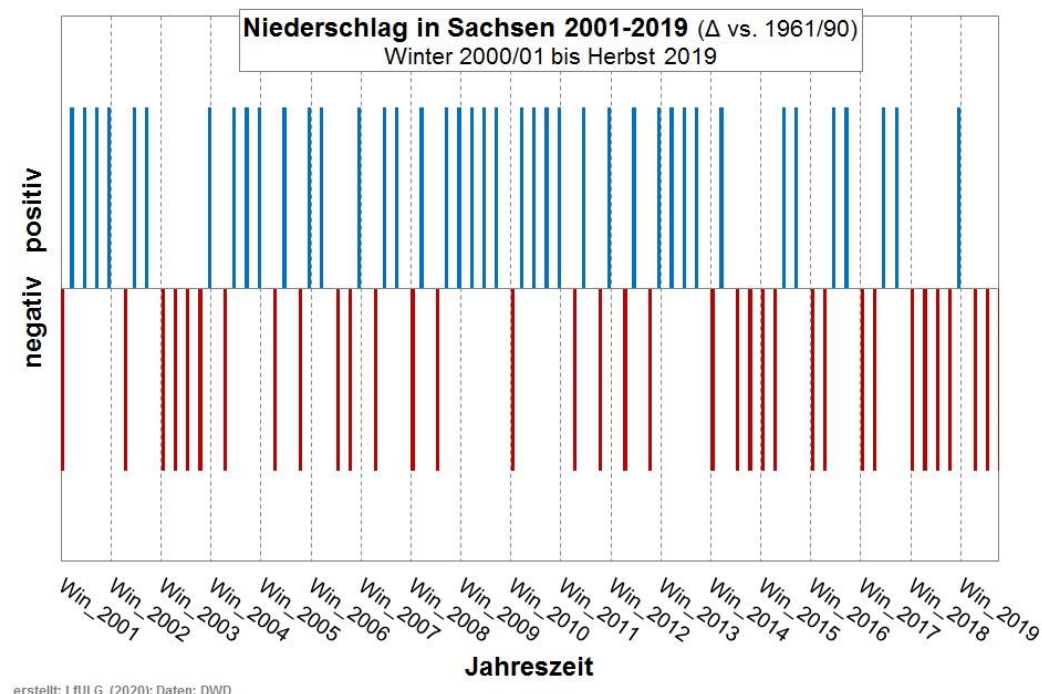


Abbildung 13: Chronologische Abfolge positiver und negativer Abweichungen des Niederschlages für Jahreszeiten gegenüber 1961-1990 in Sachsen, Winter 2000/01 bis Herbst 2019

2.3 Langjährige Entwicklung eines Trockenheitsmaßes (*de Martonne-Index*)

Der Index nach *de Martonne* zielt auf die pflanzenphysiologische Wirkung des Niederschlags ab und liefert ein einfaches Maß für die Trockenheit eines Lebensraumes. Er ist definiert mit $dM = P/(T+10)$, wobei P der Niederschlag (mm) eines Bezugszeitraumes (z.B. Jahreszeit) und T die Mitteltemperatur (°C) des Bezugszeitraums ist. Die Temperatur fungiert hier als 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 für dM berechnen und hinsichtlich Klimawandel bewerten.

In Abbildung 14 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) des Flächenmittels für den *de Martonne*-Index auf Jahresbasis gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 für Sachsen abgebildet. Das Jahr 2019 hatte mit -24 % einen Wert angenommen, der mit «extrem zu trocken» eingestuft wurde und Ausdruck einer ausgeprägten trockenen und warmen bodennahen Luftschicht ist. Aus Abbildung 14 geht hervor, dass hier bereits seit 6 Jahren eine Tendenz besteht.

Auf der Grundlage von Auswertungen der sächsischen Klimaprojektion „WEREX-VI-Ensemble“ ist davon auszugehen, dass sich die in der lfd. Dekade 2011-2020 (messtechnisch bis 2019 erfasst) bisher beobachtete Entwicklung des mittleren *de Martonne*-Index auf Jahresbasis kontinuierlich bis zum Ende des 21. Jahrhunderts fortsetzt. Unter Berücksichtigung des Unsicherheitsbereiches liegen 80 Prozent der Realisierungen (zwischen 10 % und 90 %) in einem Entwicklungsintervall zwischen -15 % und -45 %, gegenüber 1961-1990, bis zum Ende des lfd. Jahrhunderts (Abbildung 15).

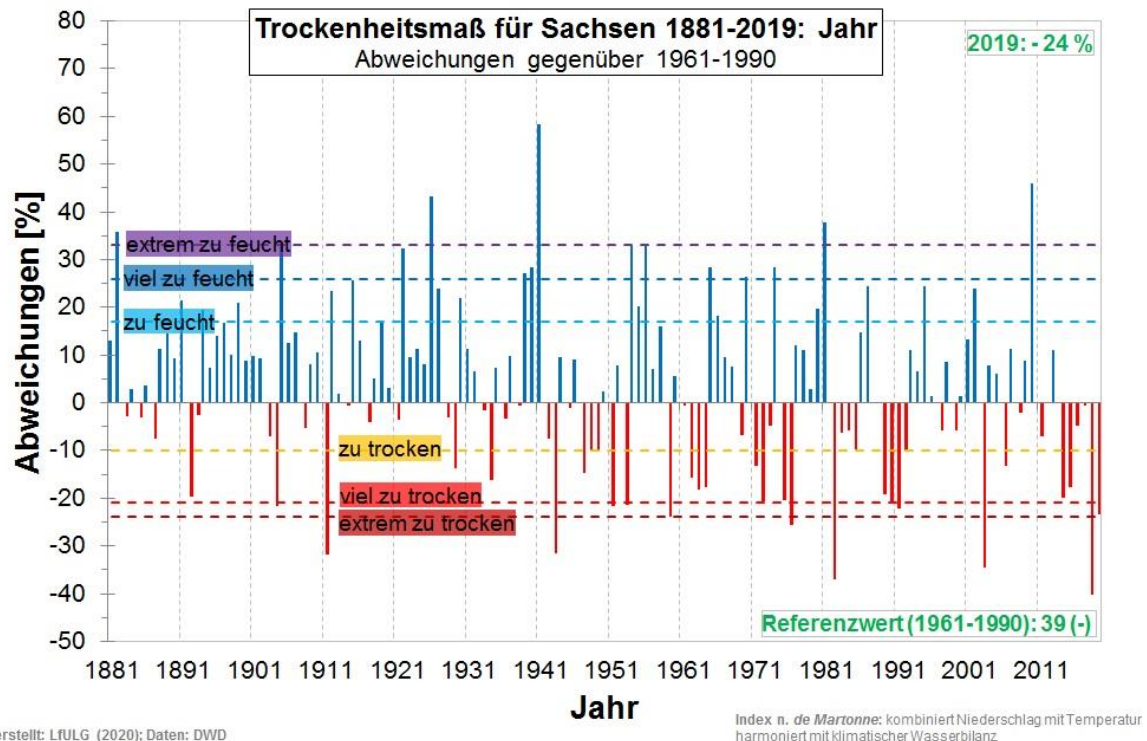


Abbildung 14: Abweichungen des *de-Martonne-Index* (%) gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2019, Jahr

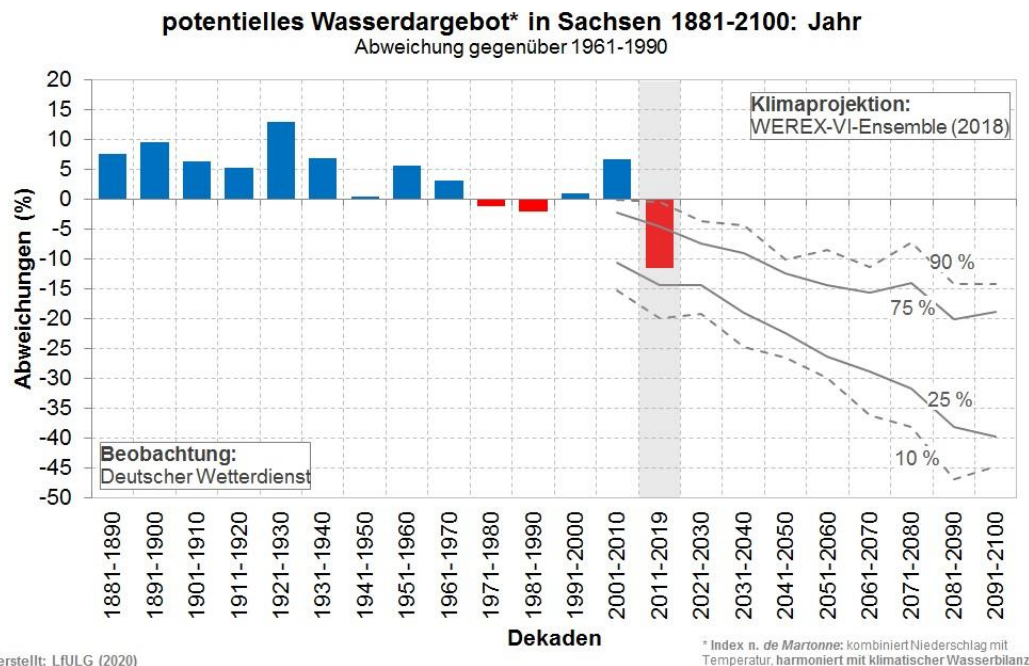


Abbildung 15: Abweichungen des de-Martonne-Index im Jahr (%) für Dekaden gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1881 bis 2100 (1881-2019 gemessene Daten, 2001-2100 Projektionsdaten WEREX-VI-Ensemble)

In Abbildung 16 ist die chronologische Abfolge trockener und feuchterer Jahreszeiten in Sachsen im Winter 2000/01 bis Herbst 2019 dargestellt. Diese Abbildung dokumentiert, dass seit Herbst 2013, mit wenigen Ausnahmen, vermehrt atmosphärische Bedingungen auftraten, die einen Aufbau/Ausprägung von Trockenheit begünstigen.

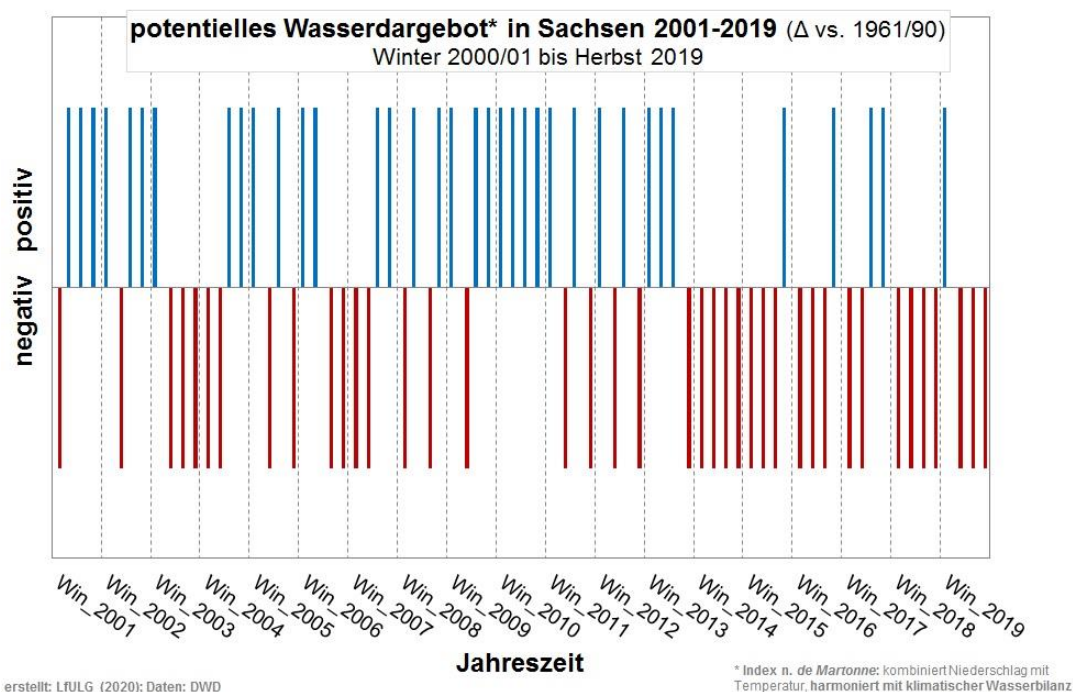


Abbildung 16: Chronologische Abfolge positiver und negativer Abweichungen des de-Martonne-Index für Jahreszeiten gegenüber 1961-1990 in Sachsen, Winter 2000/01 bis Herbst 2019

2.4 Langjährige Entwicklung der Sonnenscheindauer

In Abbildung 17 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) des Flächenmittels der Jahressumme für Sonnenstunden gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 für Sachsen abgebildet. Das Jahr 2019 wurde mit +25 % als «viel zu sonnenreich» eingestuft. In Abbildung 17 fällt auf, dass in Analogie zur Lufttemperatur die letzten knapp 30 Jahre weitgehend überdurchschnittlich sonnenreich, mit Auftreten von extrem sonnenreichen Jahren, gewesen sind, was auch in der dekadischen Entwicklung sichtbar ist (Abbildung 18). Diese Zunahme ist auch vor dem Hintergrund einer verbesserten Luftqualität infolge eines verminderten Aerosolgehaltes zu sehen.

Das WEREX-VI-Ensemble projiziert bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine Fortsetzung der dekadischen Entwicklung für die seit 1951 vorliegenden Messungen innerhalb eines Unsicherheitsbereiches (80% der Realisierungen) in der Größenordnung +10 % bis +35 %, gegenüber 1961-1990 (Abbildung 18).

In Abbildung 19 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) der Jahressumme für Sonnenstunden gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet.

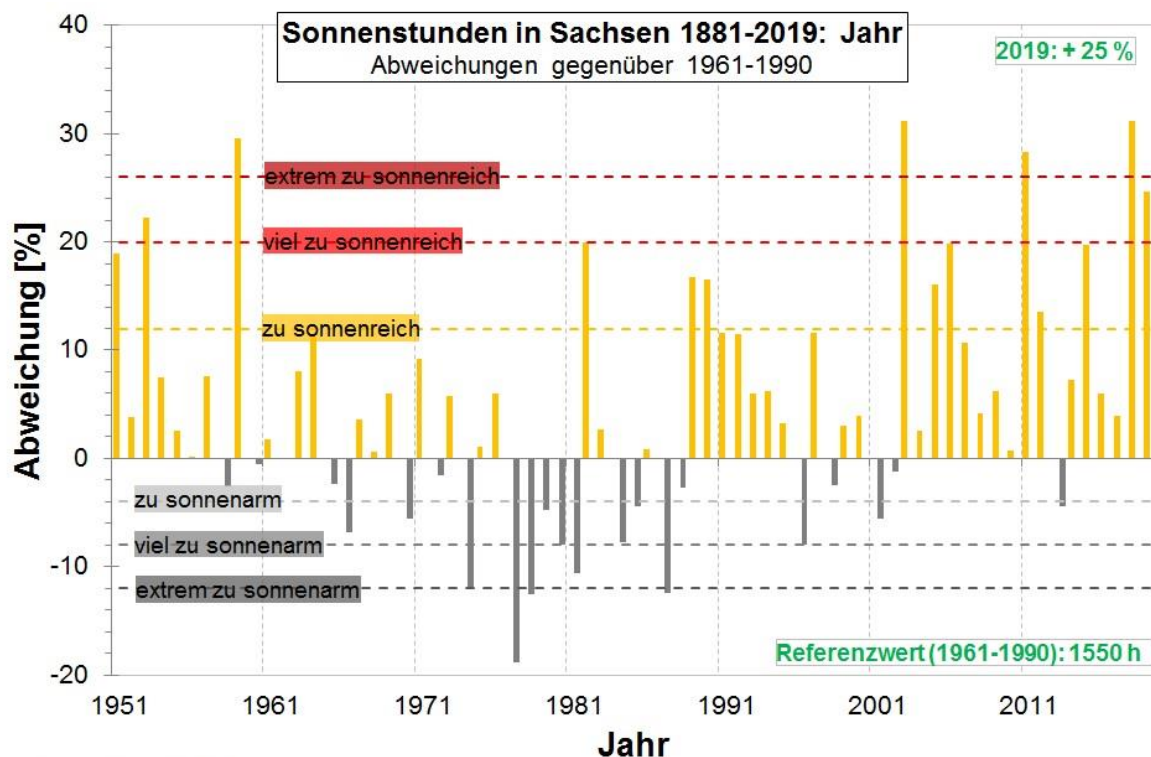


Abbildung 17: Abweichungen der Jahressonnenstunden (%) gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1951 bis 2019

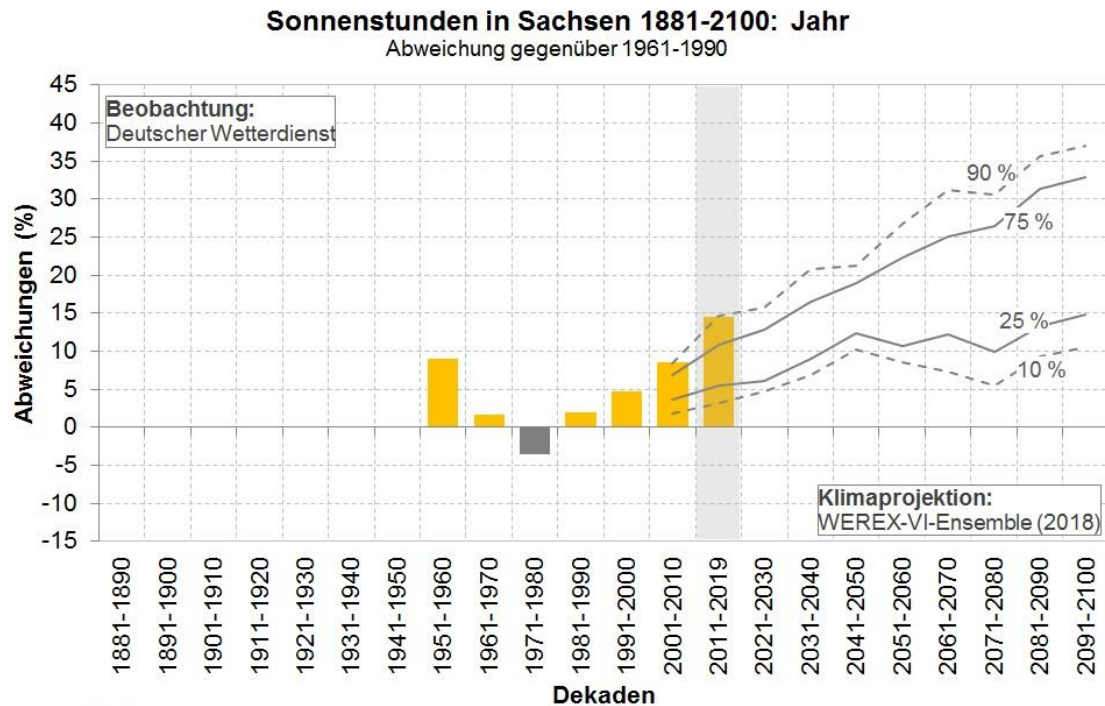


Abbildung 18: Abweichungen der mittleren Jahressonnenstunden (%) für Dekaden gegenüber 1961-1990 in Sachsen, 1951 bis 2100 (1951-2019 gemessene Daten, 2001-2100 Projektionsdaten WEREX-VI-Ensemble)

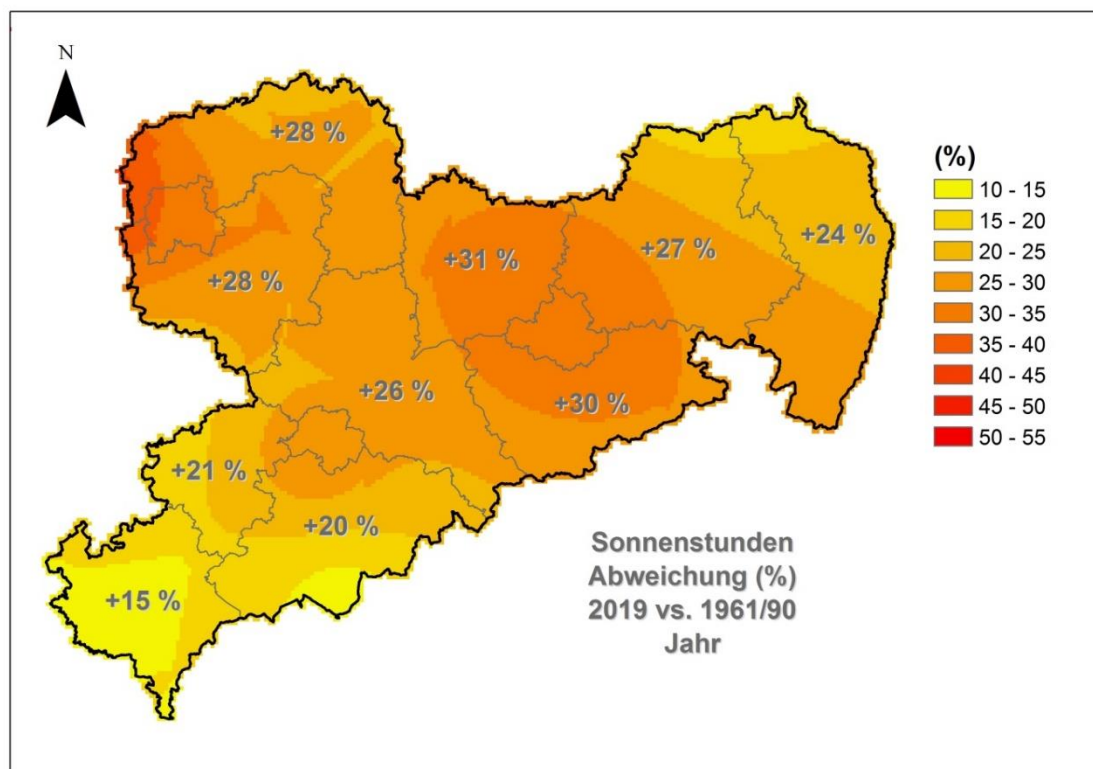


Abbildung 19: Abweichungen der jährlichen Sonnenscheindauer (%) für 2019 vs. 1961-1990 in sächsischen Landkreisen (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 20 sind die jährlichen Abweichungen (in Prozent) der Sonnenstundensummen für den Sommer gegenüber der Referenzperiode 1961-1990 als Flächenmittel für Sachsen und für sächsische Landkreise (ohne kreisfreie Städte) abgebildet. Mit +30 % war der Sommer 2019 der zweitsonnenreichste seit 1951

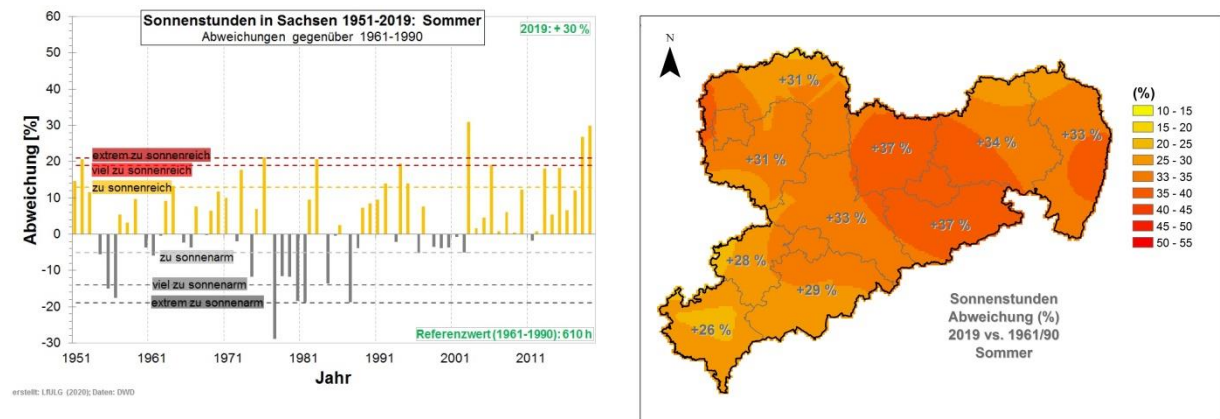


Abbildung 20: Abweichungen der Sonnenscheindauer (%) für 2019 vs. 1961-1990 im Sommer in Sachsen (links) und sächsischen Landkreisen (rechts) (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

In Abbildung 21 ist die chronologische Abfolge der prozentualen Abweichungen sonnenreicherer und sonnenärmerer Jahreszeiten in Sachsen im Winter 2000/01 bis Herbst 2019 dargestellt. In Analogie zur Lufttemperatur (Abbildung 8) ist auch bei den Sonnenstunden eine Entwicklung hin zu wesentlich länger andauernden Zeitabschnitten mit sonnenreicheren Jahreszeiten festzuhalten.

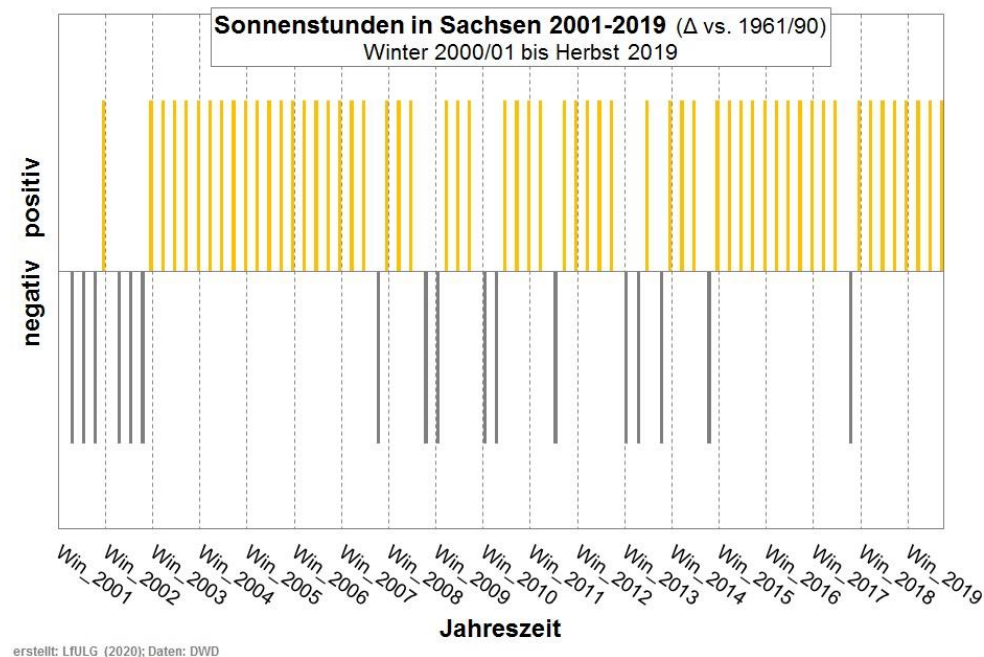


Abbildung 21: Chronologische Abfolge von Abweichungen der Sonnenstunden für Jahreszeiten gegenüber 1961-1990 in Sachsen, Winter 2000/01 bis Herbst 2019

2.5 Zusammenfassende klimatologische Einordnung für Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer

Abbildung 22 zeigt eine zusammenfassende klimatologische Einordnung für die 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.

Zeitbezug	Winter 2018/19			Frühjahr			Sommer			Herbst			
Lufttemperatur	2,6K			1,4K			3,3K			1,5K			
Niederschlag	47%			-14%			39%			-1%			
Sonnenstunden	21%			18%			30%			13%			
Zeitbezug	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Lufttemperatur	3,0K	1,0K	3,8K	3,2K	2,2K	-1,3K	5,3K	1,8K	2,8K	0,7K	1,9K	1,8K	3,5K
Niederschlag	54%	98%	-18%	26%	-57%	-5%	-42%	-32%	-41%	17%	19%	-38%	-42%
Sonnenstunden	-48%	0%	76%	1%	70%	-11%	67%	10%	13%	12%	13%	15%	50%
Zeitbezug				VP I			VP II						
Lufttemperatur				2,1K			1,8K						
Niederschlag				-34%			27%						
Sonnenstunden				40%			12%						
Zeitbezug		Jahr											
Lufttemperatur		2,3K											
Niederschlag		-14%											
Sonnenstunden		25%											
Perzentil (%)	5	10	20	80	90	95							
Eigenschaft	extrem zu kalt	viel zu kalt	zu kalt	zu warm	viel zu warm	extrem zu warm							
Perzentil (%)	5	10	20	80	90	95							
Eigenschaft	extrem zu trocken	viel zu trocken	zu trocken	zu feucht	viel zu feucht	extrem zu feucht							
Perzentil (%)	5	10	20	80	90	95							
Eigenschaft	extrem zu sonnenarm	viel zu sonnenarm	zu sonnenarm	zu sonnenreich	viel zu sonnenreich	extrem zu sonnenreich							

Abbildung 22: Zusammenfassende klimatologische Einordnung des Jahres 2019 in Sachsen (Datenzeitraum: 1881 bis 2019; Hinweis zur oberen Abbildung: scheinbare Inkonsistenzen in den Zahlenangaben beruhen auf Rundungsungenauigkeiten, maßgebend sind die Größenordnungen) und verwendete Perzentile und deren Eigenschaft für die Lufttemperatur (2. von oben), den Niederschlag (3. von oben) und die Sonnenstunden (unten)

2.6 Besonderheit im Witterungsverlauf

Die hier gemachten Aussagen verstehen sich in Ergänzung zum Kapitel 3 „Besonderheit im Witterungsverlauf – Anmerkungen zur Trockenheit 2018“ des Berichtes von 2019

(https://www.klima.sachsen.de/download/Jahresrueckblick2018_Fachbeitrag_2019-01-24_final.pdf) und beleuchten die Abfolge der Monate November 2017 bis Dezember 2019.

Über die Monate November 2017 bis Dezember 2019 hat sich ein ca. 22prozentiges Niederschlagsdefizit gegenüber 1961/90 in Sachsen aufgebaut, ca. 335 mm Niederschlag, der dem

Boden fehlt und in etwa der Hälfte des mittleren Jahresniederschlags in Sachsen entspricht (Abbildung 23, Abbildung 24).

Infolge des im Mittel mit +2,2 K gegenüber 1961-1990 sehr hohen thermischen Niveaus in Sachsen (siehe Abbildung 25) erhöhte sich über diesen Zeitraum die potentielle Verdunstung (Sättigungsdefizit der Atmosphäre) um ca. +18 % bzw. 235 mm (Abbildung 26), was eine stark erhöhte Sogwirkung auf die Landoberfläche zur Folge hat, worauf diese in Abhängigkeit des Wasserdargebotes mit entsprechenden Verdunstungsraten reagiert. Somit wird die Wirkung des (kumulativen) Niederschlagsdefizites im System Boden-Pflanze-Atmosphäre temperaturbedingt verstärkt.

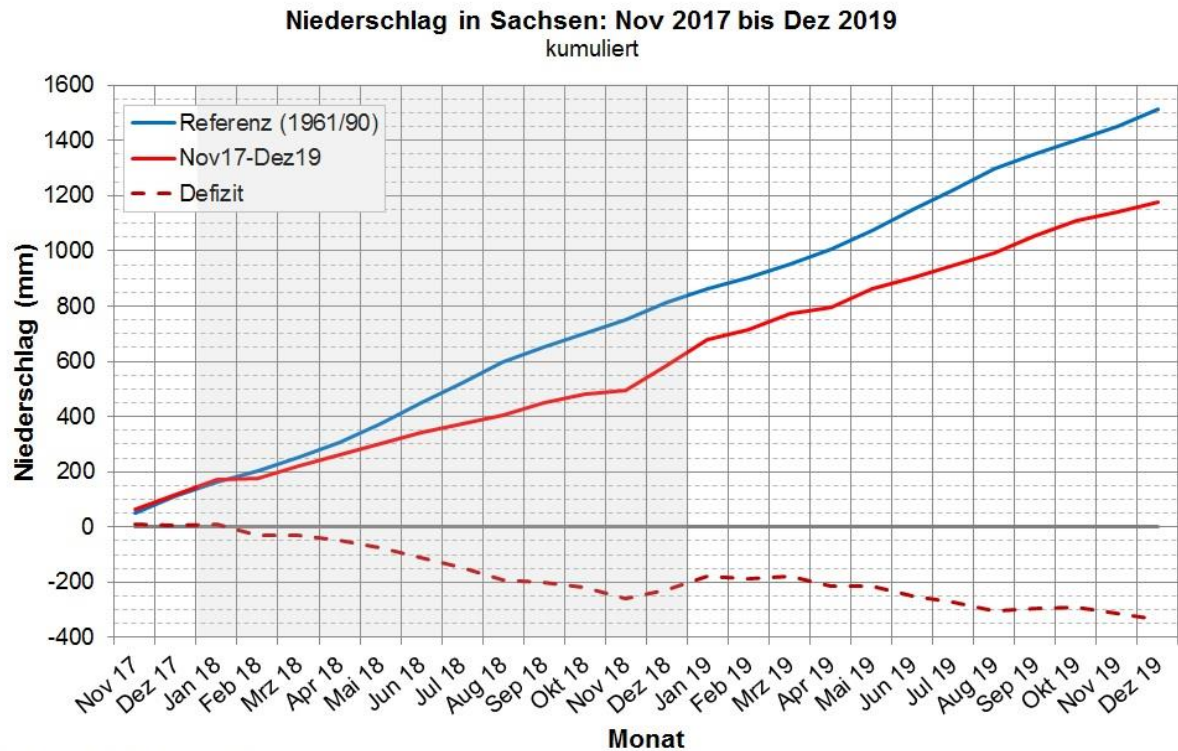
Folge des gleichzeitigen und anhaltenden Auftretens ist eine flächendeckende und weitgreifende Ausschöpfung des Wassers bis in tiefere Bodenschichten (Abbildung 27). Aufgrund der anhaltenden atmosphärischen Bedingungen konnte das über die 10 Monate von Februar 2018 bis November 2018 aufgebaute 45prozentige Niederschlagsdefizit (vs. 1961/90) von dem 75prozentigen Niederschlagsüberschuss aus den darauffolgenden 2 Monaten Dezember 2018 und Januar 2019 hier nicht zur Kompensation bzw. Entschärfung beitragen!

Bei Wassermangel wird die aktuelle Verdunstung unterdrückt, was eine zusätzliche Erwärmung der bodennahen Luft zur Folge hat.

Fazit:

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die gegenwärtigen Änderungen im Temperatur- & Niederschlagsregime Aufbau und Ausmaß von Trockenheit zunehmend begünstigen! Folgende Merkmale stehen hierbei im Vordergrund:

- Längerfristige Niederschlagsdefizite (Trockenheit) & kurzfristige Niederschlagsüberschüsse (Starkregen) treten gleichzeitig auf.
- Hohe Temperaturen verstärken infolge der Verdunstung die Wirkung eines Niederschlagsdefizites.
- Die gemessene Temperaturentwicklung schreitet im Vergleich zur projizierten schneller voran.
- Niederschlags- & Temperatur-Extreme treten gleichzeitig und anhaltend auf.



erstellt: LfULG (2020), Daten: DWD

Abbildung 23: Verlauf des kumulierten Niederschlages (mm) von November 2017 bis Dezember 2019 in Sachsen (Daten: DWD, Datenverarbeitung: LfULG)

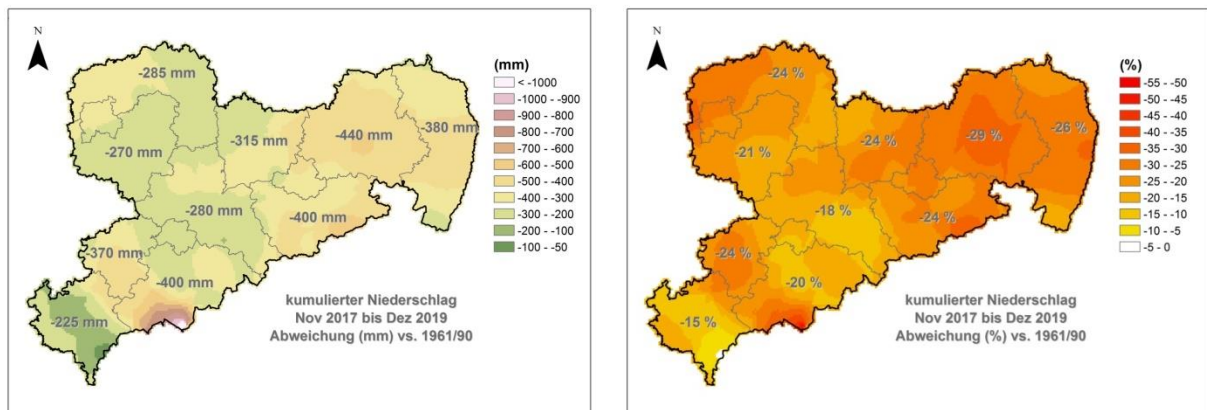
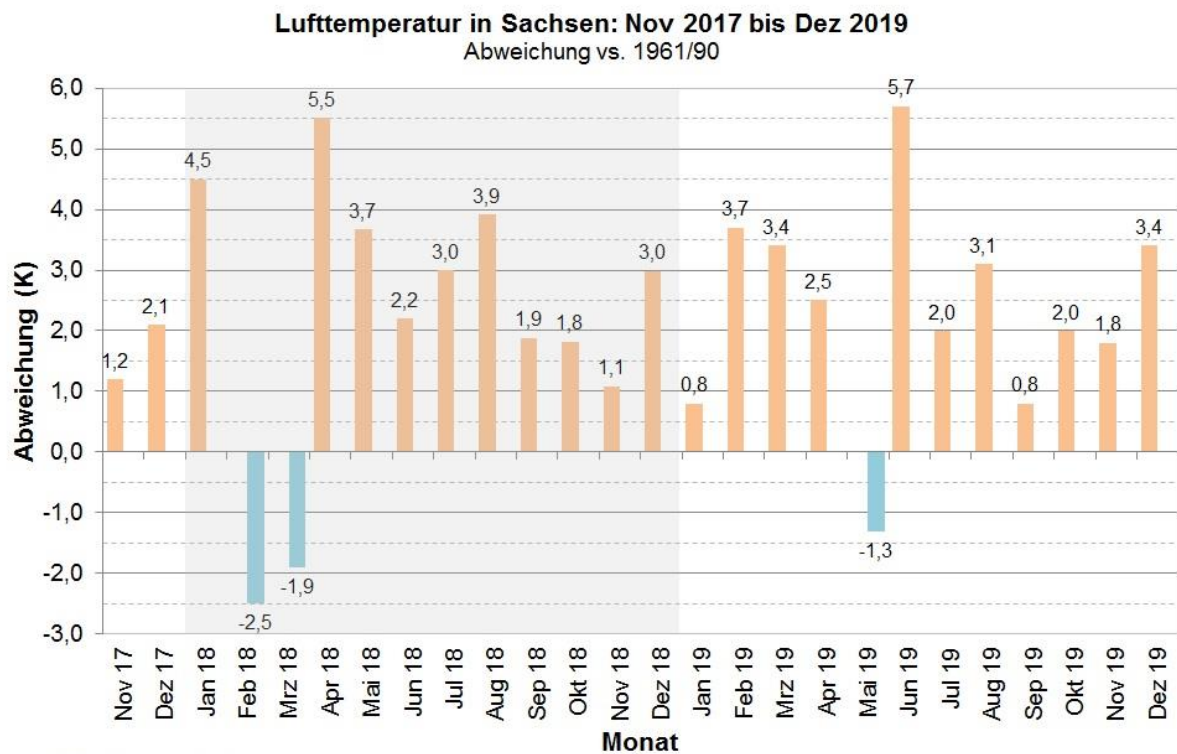


Abbildung 24: Abweichungen des kumulierten Niederschlages von November 2017 bis Dezember 2019 vs. 1961-1990 in sächsischen Landkreisen: links in (mm), rechts in (%) (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)



erstellt: LfULG (2020), Daten: DWD

Abbildung 25: Abweichungen der Monatsmitteltemperatur (K) von November 2017 bis Dezember 2019 vs. 1961-1990 in Sachsen (Daten: DWD, Datenverarbeitung: LfULG)

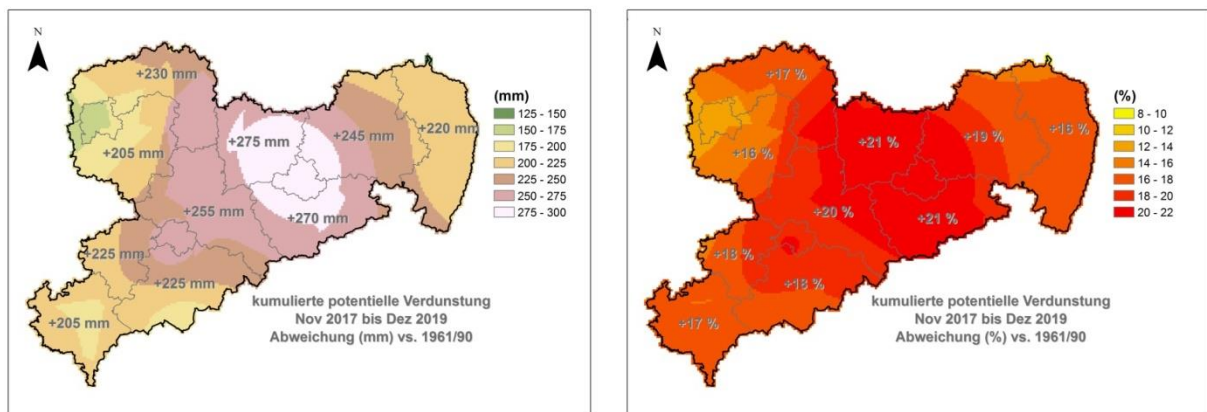


Abbildung 26: Abweichungen der kumulierten potentiellen Verdunstung von November 2017 bis Dezember 2019 vs. 1961-1990 in sächsischen Landkreisen: links in (mm), rechts in (%) (Daten: DWD, Datenverarbeitung & Kartenerstellung: LfULG)

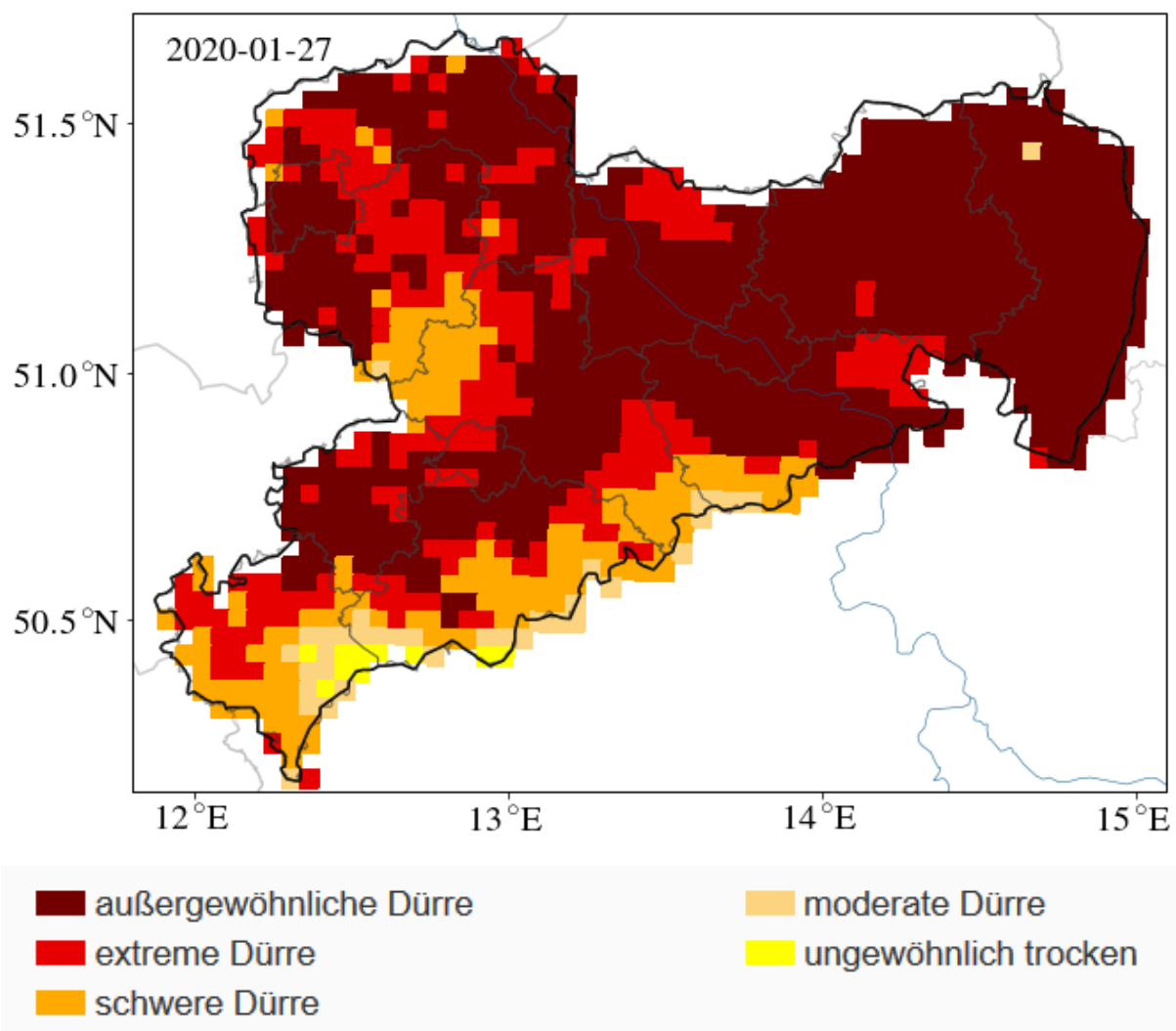


Abbildung 27: Relative Trockenheit im Bodenhorizont bis 180cm Tiefe in Sachsen: klassifizierte Abweichung des Bodenfeuchte-Index SMI für den 27.01.2020 (Ende eines 30-Tage-Zeitraumes) vs. 1951-2015 (Quelle: UFZ-Dürremonitor)

3 Auswirkungen der Witterung 2018/19 auf die Ressource Wasser

3.1 Wasserhaushaltliche Einordnung der Jahre 2018 und 2019

Das Niederschlagsdefizit betrug im Sachsenmittel 2018 rund 33 % und 2019 rund 14 %. Insgesamt »fehlten« im Mittel demnach rund 330 mm (oder Liter pro Quadratmeter) an Niederschlag (bei einem mittleren Jahresniederschlag von rund 700 mm). Dieses ausgeprägte Defizit hat zwangsläufig Auswirkungen auf den Wasserhaushalt.

Ein wichtiger Kennwert zur Bewertung des Wasserhaushalts ist die sogenannte Klimatische Wasserbilanz (KWB). Sie ist die Differenz aus der Niederschlagssumme und der potentiellen Verdunstung. Die potentielle Verdunstung ist dabei ein Maß für die unter optimalen Verdunstungsbedingung und maximaler Wasserverfügbarkeit mögliche Verdunstung über Gras. Die tatsächliche Verdunstung ist in der Regel kleiner als die potentielle Verdunstung.

Grundsätzlich ist in Sachsen die KWB im Jahres- und Flächenmittel positiv – es fällt also mehr Niederschlag, als potentiell verdunstet. Dieses »Plus an Niederschlag« lässt sich für Sachsen im mehrjährigen (1981–2010) Flächenmittel mit circa 140 mm (Liter pro Quadratmeter) beziffern. Im Wasserhaushaltsjahr (November bis Oktober) 2018 betrug die KWB hingegen im Flächenmittel circa -220 mm, im Wasserhaushaltsjahr 2019 ca. -20 mm. Insbesondere die Monate April bis Oktober wiesen in beiden Jahren (Ausnahme: Mai 2019) eine deutlich unter der Erwartung liegende KWB auf (*Abbildung 28*).

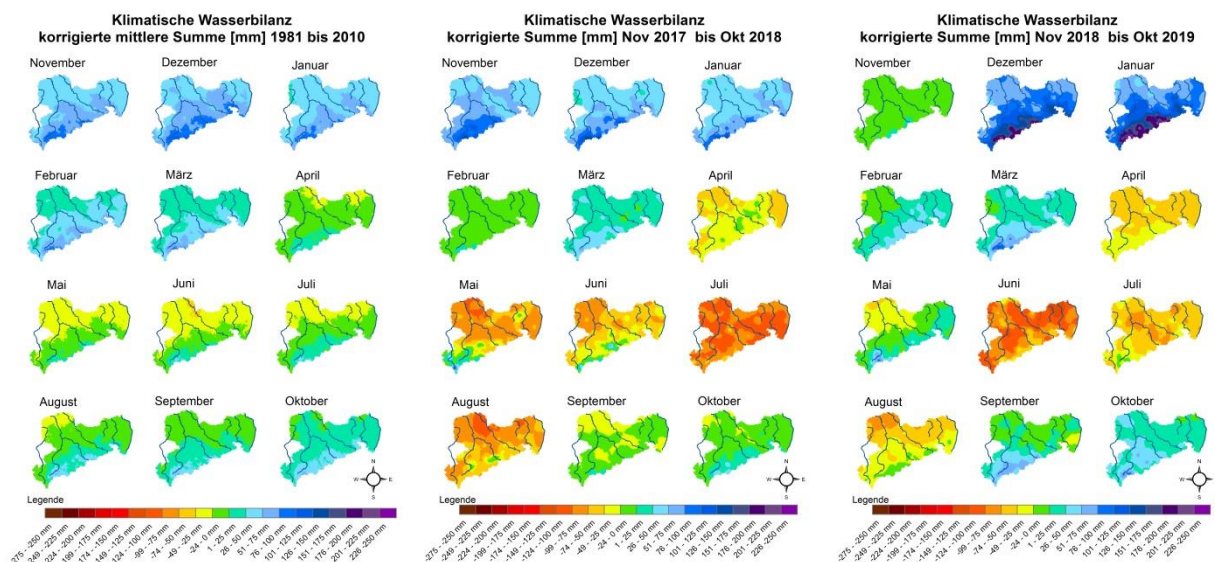


Abbildung 28: Vergleich der Klimatischen Wasserbilanz der Wasserhaushaltsjahre 2018 und 2019 mit der mehrjährigen Erwartung (1981 bis 2010)

Bei negativen KWB-Werten ist es aber nicht so, dass der verfügbare Niederschlag ausschließlich für die Verdunstung aufgebraucht wird. Wie bereits erwähnt, 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. Abfluss und Grundwasserneubildung sind damit gegenüber den typischen Verhältnissen reduziert, was unter anderem zu Niedrigwasser führt, da bei länger andauerndem Trockenwetter der Abfluss in den Fließgewässern in der Regel aus dem Grundwasser gespeist wird.

3.2 Entwicklung der Bodenfeuchte an ausgewählten Standorten

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf Beobachtungen des LfULG an vier Boden-Dauerbeobachtungsflächen (»BDF II«; Tabelle 1, Abbildung 30):

Tabelle 1: Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen

Standort	Beschreibung des anzutreffenden Bodens
Köllitsch (Nordsachsen, Aue / Elbaue)	Vega aus Auensediment
Hilbersdorf (Osterzgebirge / Östlicher Erzgebirgsnordrand)	Braunerde aus Lösslehm über Gneis
Lippen (Nordostsachsen, Kippe / Muskauer Heide)	Regosol aus Kippsand
Schmorren (Mittelsachsen / Mittelsächsisches Lösshügelland)	Kolluvisol über Parabraunerde-Tschernosem aus Lösslehm

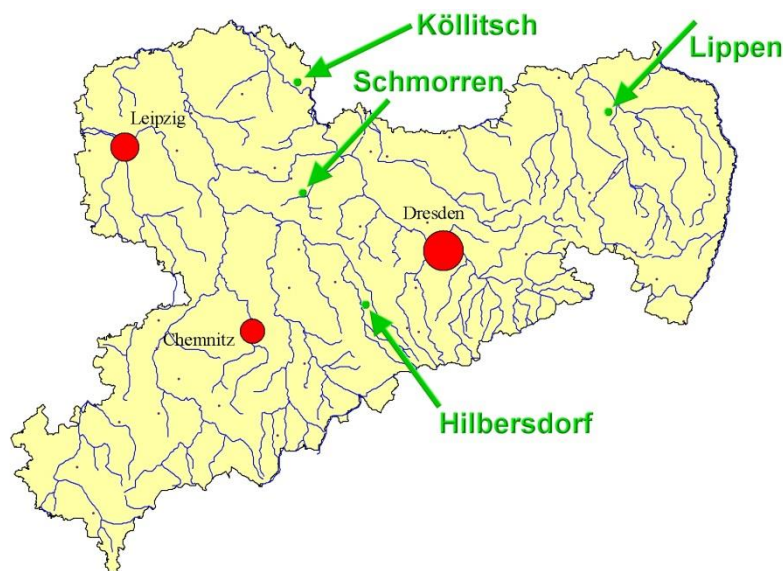


Abbildung 29: Lage der vier Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Die Bodenfeuchte erreichte in den Jahren 2018/2019 in Folge der lang anhaltenden Trockenheit ausgeprägte und außergewöhnliche Minima (siehe beispielhaft nachfolgende Abbildung). Auch die mittlere Bodenfeuchte ist in den vergangenen Jahren rückläufig. Der kritische Bodenwassergehalt, d. h. der permanente Welkepunkt (PWP) als Grenze des für Pflanzen gerade noch nutzbaren Wassers, wurde jedoch (noch) nicht erreicht.

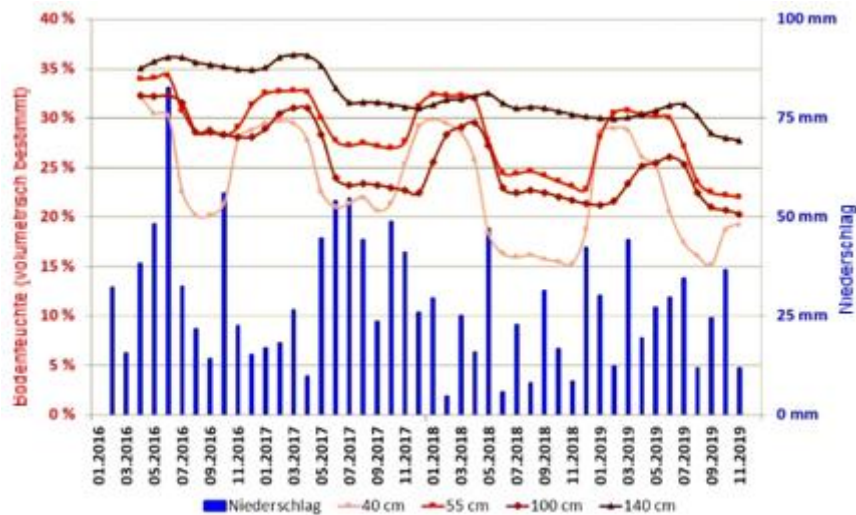


Abbildung 30: Beispielhafte Entwicklung von Niederschlag und Bodenfeuchten in unterschiedlichen Tiefenniveaus an der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Köllitsch

Durch die Niederschläge Ende 2018/Anfang 2019 stiegen die Bodenfeuchten wieder an, erreichten aber im Frühling 2019 nicht überall die normalen Auffüllungswerte. Am Ende des Jahres 2019 sind immer noch Defizite beim Auffüllen der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) feststellbar. Am stärksten ist das Defizit der nFKWe in Jahren 2018/2019 in den Böden der Lössgebiete (BDF Schmorren) ausgeprägt. Das maximale nFKWe-Defizit wurde jedoch hier am Ende 2003 gemessen. In einigen Regionen Sachsens (vor allem im Erzgebirge – Beispiel BDF Hilbersdorf) gab es im Frühling 2019 einen Überschuss an nutzbarer Feldkapazität und es kam zu einer moderaten Sickerwasserbildung bzw. potentiellen Grundwasserneubildung.

Anders die Situation in Regionen, wo die Trockenheit ausgeprägter war; vor allem Ost- und Nordsachsen sind hier zu nennen. Beispielhaft dafür sei im Folgenden noch kurz auf die den Einfluss der Witterung auf den Bodenwasserhaushalt und die Grundwasserneubildung an der Lysimeterstation Brandis (östlich von Leipzig) eingegangen werden.

3.3 Bodenwasserhaushalt am Standort Brandis (Lysimeterstation)

Die folgende Abbildung 31 zeigt den Verlauf der Bodenwasserhaushaltsgrößen Niederschlag, reale Verdunstung, Grundwasserneubildung und Bodenwasserausschöpfung auf der Basis von Monatswerten der Jahre 2017 bis 2019 am Beispiel eines für Sachsen typischen Braunerde-Pseudogley (Geschiebelehm). Die im Referenzzeitraum 1981–2010 beobachteten monatlichen Mittelwerte sowie Streuungen für jede Größe und jeden Monat sind durch Boxplots repräsentiert.

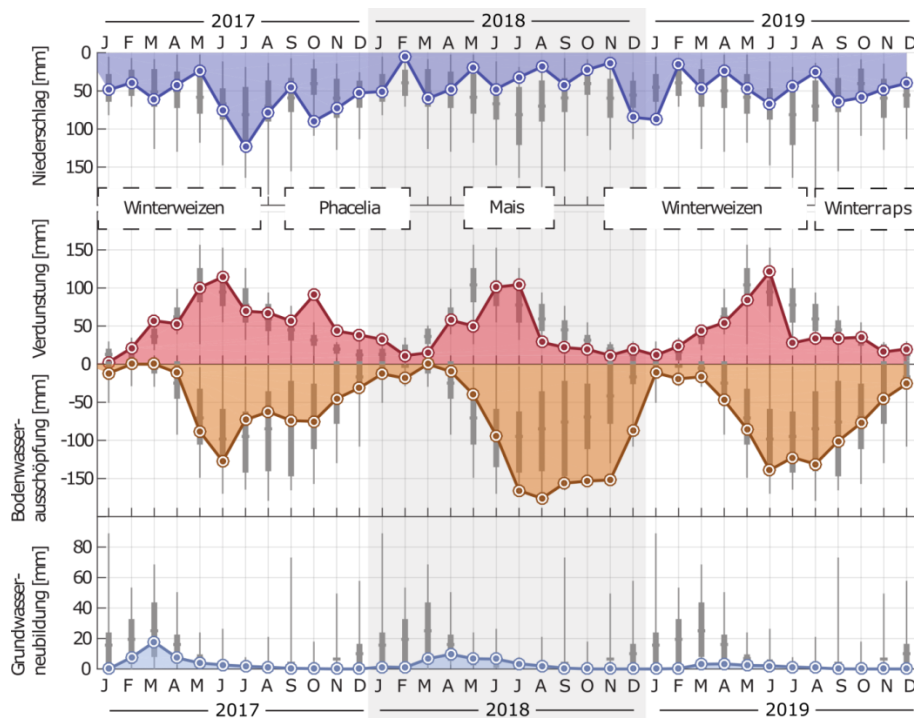


Abbildung 31: Verlauf der monatlichen Summen des korrigierten bodengleichen Niederschlags, der realen Verdunstung, der Bodenwasserausschöpfung sowie der Grundwasserneubildung für die Jahre 2017, 2018 und 2019 für ein Braunerde-Pseudogley Lysimeter. Die grauen Boxplots repräsentieren die im Referenzzeitraum 1981–2010 beobachteten Verteilungen der jeweiligen monatlichen Größen und dienen der statistischen Einordnung.

Mit rund 569 mm am Standort ist der (korrigierte) Jahresniederschlag im Jahr 2019 knapp 120 mm höher als im Vorjahr, aber dennoch deutlich unter dem mehrjährigen Mittel des Referenzzeitraumes (1981–2010) von 673 mm. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Dezember 2018 und Januar 2019 konnten das außergewöhnliche Bodenwasserspeicherdefizit aus dem Trockenjahr 2018 nicht vollständig auffüllen. Die Monate Februar und März 2019 wiesen durchschnittliche, bzw. unterdurchschnittliche Niederschlagssummen auf, welche in Kombination mit zunehmenden Verdunstungssummen des Weizenbestandes nur zu einer kurzen und späten Auffüllung des Bodenwasserspeichers führten. In der Folge konnte erst im März 2019 eine signifikante Grundwasserneubildung beobachtet werden. Im Vergleich zur Referenzperiode setzte die Grundwasserneubildung damit 5 Monate verspätet ein und fiel mit nur 12 % der mittleren Jahresmengen außergewöhnlich niedrig aus. Zusammenfassend ist anzumerken, dass 2019 am Standort Brandis das sechste Jahr in Folge mit einer stark unterdurchschnittlichen Grundwasserneubildung darstellt. Zwischen 2014 und 2019 konnten insgesamt nur 30 % der langjährigen Grundwasserneubildung beobachtet werden.

3.4 Auswirkungen der Witterung auf die Grundwasserstände

Für den 50-jährigen Zeitraum 1970 bis 2019 ist für Sachsen eine Abnahme der mittleren Grundwasserstände von ca. -13 cm zu verzeichnen. Am stärksten ist dabei das Sommerhalbjahr mit -17 cm und am schwächsten der Zeitraum Januar bis März mit -6 cm betroffen. In den beiden Jahren 2018 und 2019 entwickelte sich durch die Kombination aus Nieder-

schlagsmangel und hoher (potentieller) Verdunstung eine ausgeprägte Grundwasserdürre. 2019 sanken die Grundwasserstände gegenüber 2018 im Landesmittel von Sachsen nochmals.

Die folgende Abbildung 32 enthält den mittleren Jahresgang für die vieljährigen Reihen 1970 bis 1988 sowie 1989 bis 2019, im Vergleich mit der Entwicklung der Einzeljahre 2017, 2018 und 2019. Dabei zeigt sich, dass die Grundwasserstände 2017 noch wiederaufgefüllt werden konnten, während die Rückgänge der Grundwasserstände infolge der ausgeprägten Trockenheit 2018/19 noch nicht wieder ausgeglichen werden konnten. Am Ende der Jahre 2018 bzw. 2019 fehlten im Landesmittel gegenüber dem jüngeren Bezugszeitraum 1989 bis 2019 ca. 20 bzw. 40 cm.

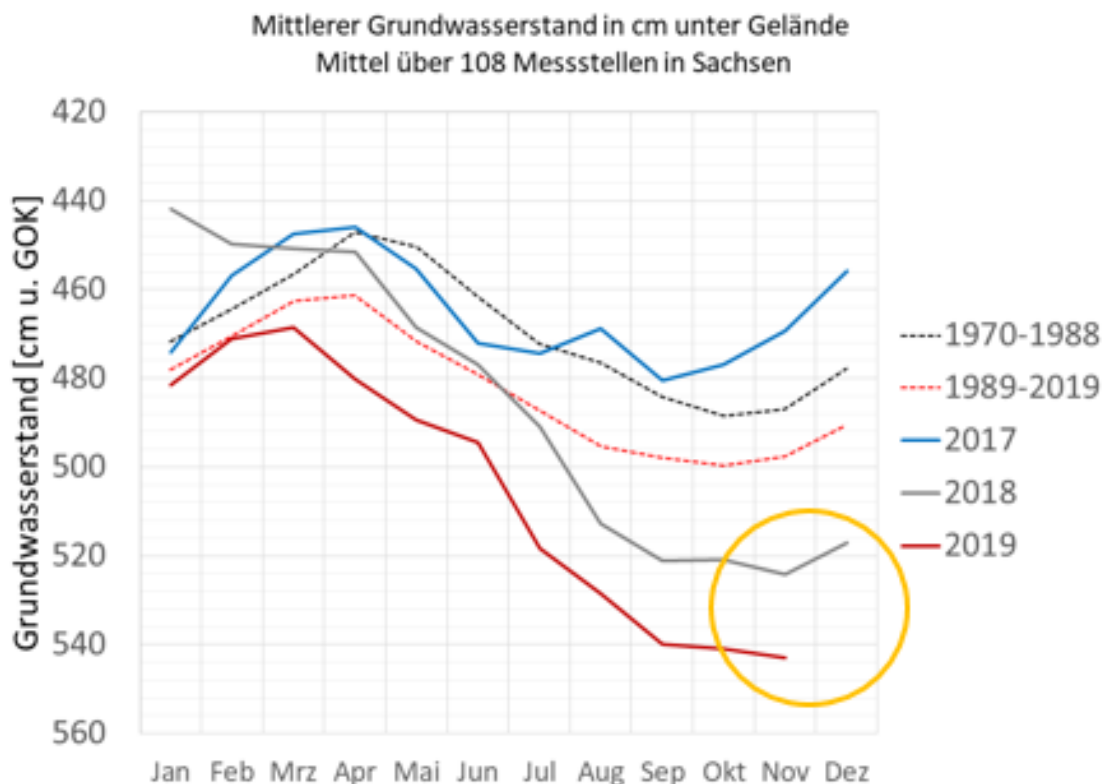


Abbildung 32: Vergleich mittlerer Jahresgänge von 108 repräsentativen Grundwassermessstellen in Sachsen

Auffällig ist bei der aktuellen Grundwasserdürre in 2018 und 2019, im Unterschied zur letzten Grundwasserdürre von 1991 und 1992, dass die Grundwasserstände im Landesmittel im Zeitraum Januar bis März jeweils auf einem für die Jahreszeit normalen Niveau liegen und erst zum Sommer hin rapide absinken (Abbildung 33).

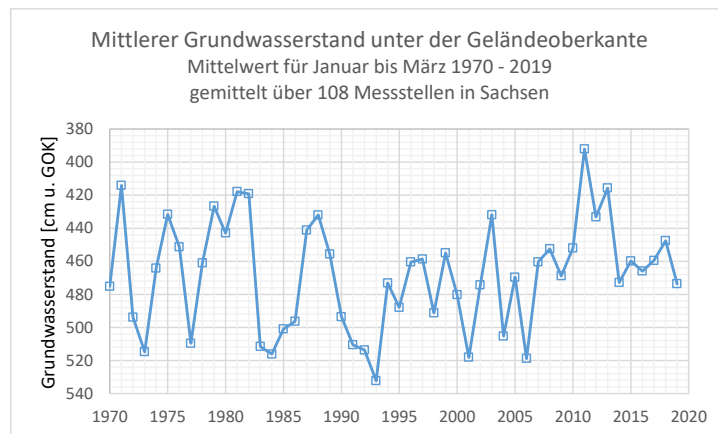


Abbildung 33: Mittlerer Grundwasserstand am Jahresbeginn von 108 repräsentativen Messstellen in Sachsen 1970 bis 2019

Im Landesmittel der spätsommerlichen Tiefstwerte der Grundwasserstände entspricht die gegenwärtige Grundwasserdürre der bisher letzten Grundwasserdürre der Jahre 1991 und 1992 (Abbildung 34). Mit der sich auch für diesen Winter abzeichnenden Fortsetzung des Niederschlagsmangels ist die weitere Verschärfung der bestehenden Grundwasserdürre im laufenden Jahr 2020 nicht auszuschließen.

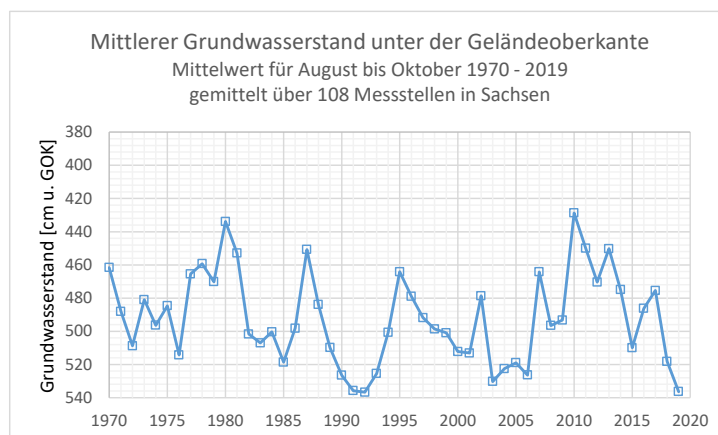


Abbildung 34: Mittlerer Grundwasserstand des Zeitraumes August - Oktober von 108 repräsentativen Messstellen in Sachsen 1970 bis 2019

3.5 Entwicklung der Niedrigwassersituation 2019 und Vergleich zu 2018

Folgende Auswertungen stützen sich auf den in Sachsen gebräuchlichsten Niedrigwasserkennwert, den mittleren Niedrigwasserdurchfluss MNQ, der an den Stationen des gewässerkundlichen Pegelnetzes bestimmt wird. Es handelt sich dabei um den arithmetischen Mittelwert der kleinsten Tagesmittel des Durchflusses im gesamten bisher vorliegenden Beobachtungszeitraum an diesen Standorten. Die Aussagekraft dieser Werte, die erst mit Beobachtungsreihenlängen ab 30 Jahren gegeben ist, wächst mit jedem weiteren Beobachtungsjahr. Ab dem Mai 2018 war an den gewässerkundlichen Pegeln, entsprechend der Einordnung gemäß des MNQ-Schwellenwertes, Niedrigwasser zu verzeichnen. Die folgende Abbildung 35 zeigt den qualitativen Verlauf des Niedrigwassers in Sachsen in den Jahren 2018 und

2019 anhand des Anteils von Pegeln mit einem Durchfluss unterhalb des MNQ zum Stichtag (wöchentliche Erhebung).

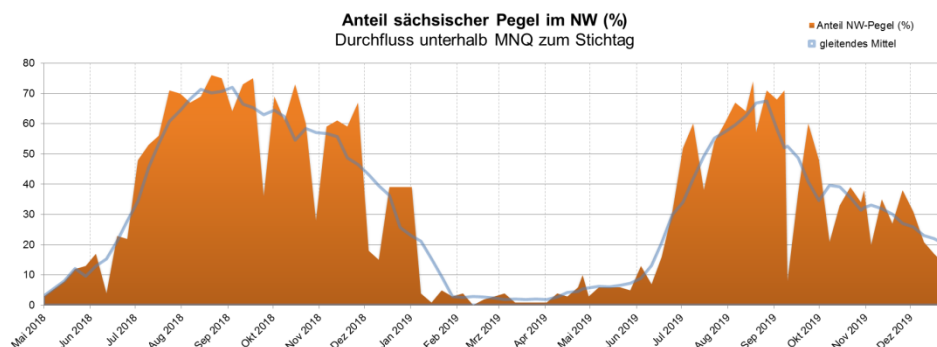


Abbildung 35: Qualitativer Verlauf des Niedrigwassers in Sachsen in den Jahren 2018 und 2019

Aus der *Abbildung 36* wird ersichtlich, dass sich in beiden Jahren ab dem Frühsommer eine ausgeprägte Niedrigwasserlage herausgebildet hatte, welche bis in den Winter hinein anhielt. Grundsätzlich war im Jahre 2018 die Niedrigwassersituation etwas stärker ausgeprägt, als im Folgejahr 2019. Einzelne Niederschlagsereignisse brachten einen kurzzeitigen, allerdings nicht nachhaltigen Rückgang des Anteils der Pegel mit Niedrigwasserführung (»Zacken« im Verlauf).

Folgende Abbildung stellt die beiden Jahre 2018 und 2019 direkt gegenüber. Bemerkenswert ist, dass die Wasserführung aktuell zum Stichtag 27. Januar 2020 – vergleichbar mit dem Zustand Ende Juni/Anfang Juli 2018 und 2019 – schon bei rund 30 Prozent der Pegel unterhalb des MNQ bewegt.

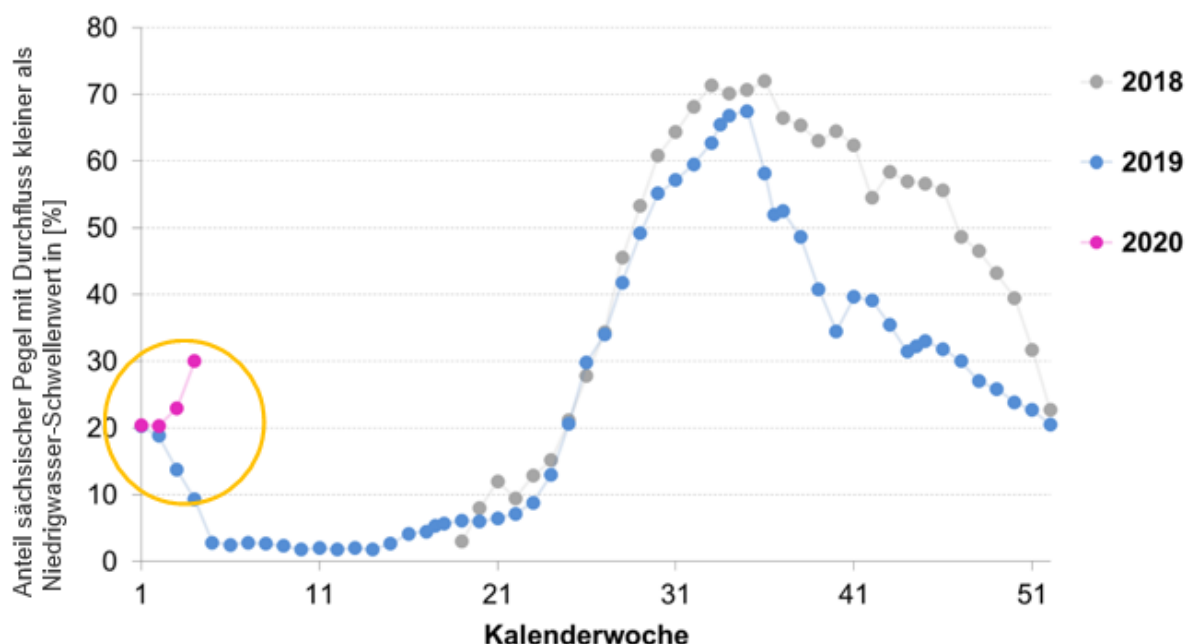


Abbildung 36: Anteil sächsischer Pegel mit Durchfluss kleiner als Niedrigwasser-Schwellenwert in [%]

Ursache dafür ist, dass – abgesehen vom Westerzgebirge und seinem Vorland – im Freistaat nach wie bodenwasserhaushaltliche Defizite vorliegen (siehe auch nachfolgende Abbildung 37). In Nord- und vor allem Ostsachsen belaufen sich diese auf schwereren und mächtigeren Böden mittlerweile auf einige hundert Millimeter (Liter pro Quadratmeter). Erst wenn diese Defizite ausgeglichen sind, kann es zu einer nachhaltigen Erholung der Wasserführung kommen. Sollte die Witterung in den kommenden Monaten nicht überdurchschnittlich nass ausfallen, so ist davon auszugehen, dass sich im Frühsommer 2020 erneut eine ausgeprägte Niedrigwassersituation einstellen wird.

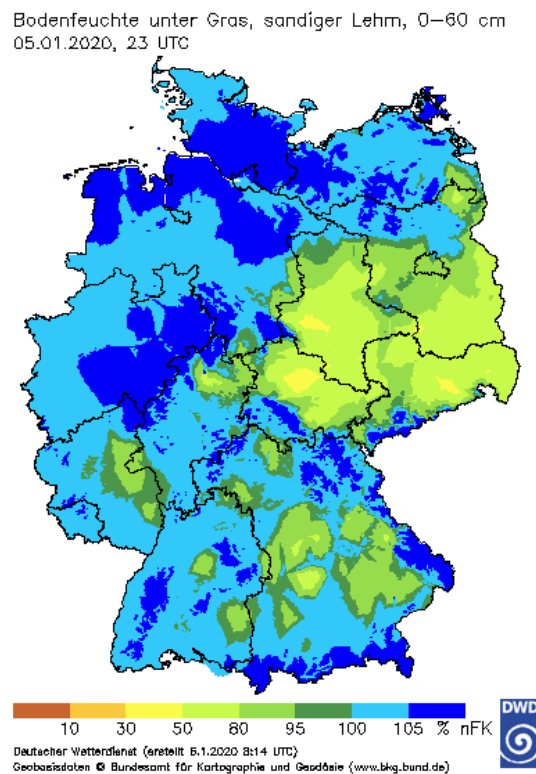


Abbildung 37: Modellierter Bodenwassergehalt in % der nutzbaren Feldkapazität zum 05.01.2020 (Quelle: DWD)

Die folgende Auswertung bezieht sich nicht auf einen zeitlich konstanten Kennwert, wie den MNQ, sondern legt eine tagesscharfe statistische Einordnung der gesamten Beobachtungsreihe in Unterschreitungs-Perzentile zu Grunde (gewissermaßen beobachtete Häufigkeiten für die Unterschreitung eines bestimmten Durchflusses an einem bestimmten Tag). Eine zehnpromtente Unterschreitungshäufigkeit (10er-Perzentil) für einen bestimmten Wert bedeutet dabei, dass in der zu Grunde liegenden Beobachtungsreihe dieser Wert in einem von zehn Fällen unterschritten wurde (oder für das 1er-Perzentil nur in einem von hundert Fällen). Der Verlauf des 50er-Perzentils entspricht dabei durchschnittlichen Bedingungen (Median).

Die folgende *Abbildung 41* liefert solch eine Perzentil-Auswertung für die Pegel Dresden / Elbe, Görlitz / Lausitzer Neiße, Bautzen 1 / Spree sowie Neuwiese / Schwarze Elster.

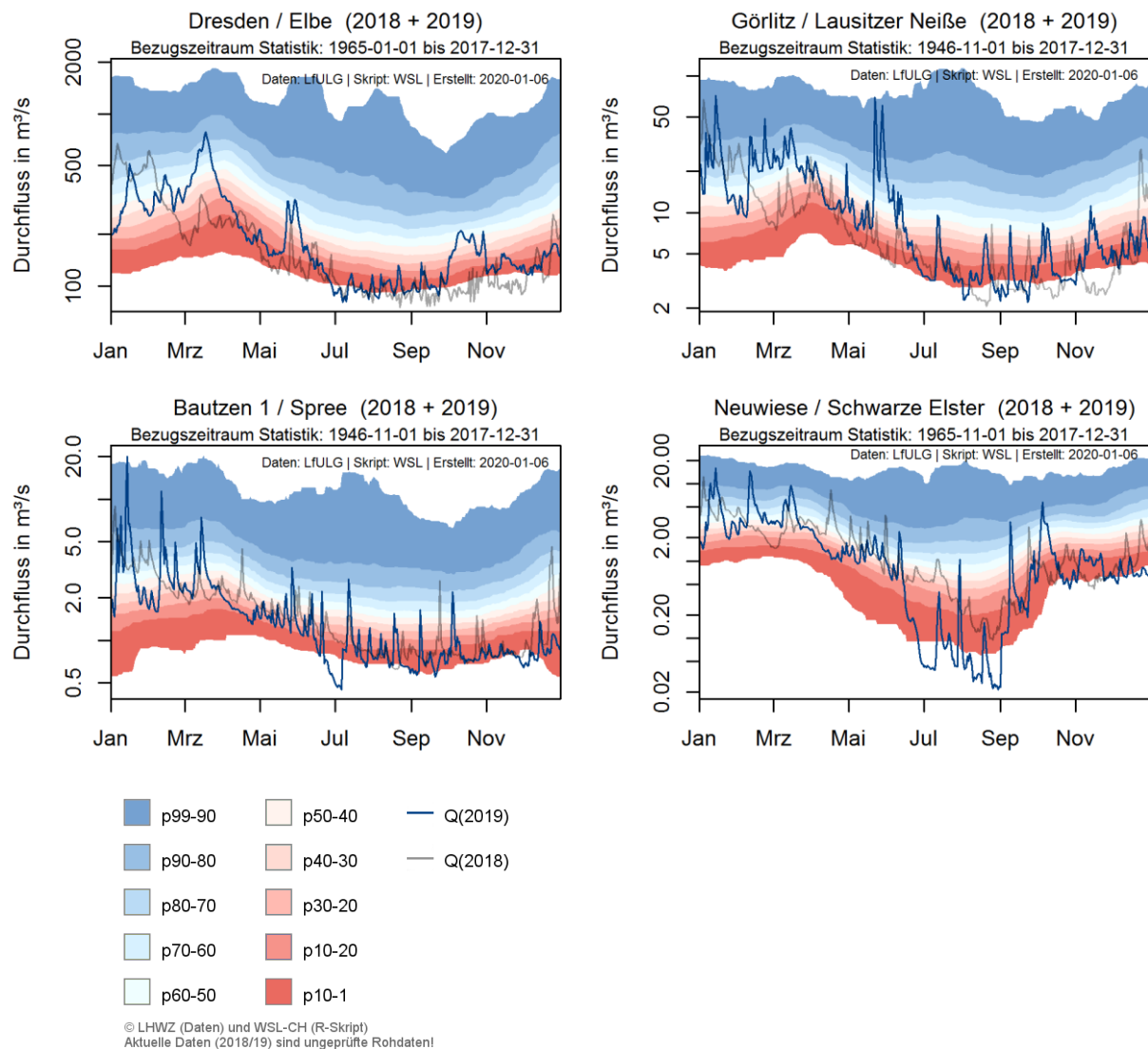


Abbildung 38: Ganglinien des Durchflusses für die Jahre 2018 und 2019 an ausgewählten Pegelmessstellen vor dem Hintergrund des typischen Häufigkeitsregimes der Durchflüsse (Perzentile)

Grundsätzlich war die Niedrigwassersituation 2018 in vielen Teilen Sachsens mit der des Jahres 2019 vergleichbar. Vor allem in den Flussgebieten Spree und Schwarze Elster jedoch (Beispiele Bautzen 1 und Neuwiese) waren in 2019 teilweise noch geringere Durchflüsse als im Jahre 2018 zu beobachten. So unterschritt am Pegel Neuwiese an 89 Tagen der Durchfluss das MNQ(Jahr). Im Jahr 2018 war dies an 54 Tagen der Fall. Die Schwarze Elster fiel im August 2019 abschnittsweise zwischen Neuwiese und Senftenberg trocken. Aufgrund der anhaltend extremen Niedrigwassersituation in der Schwarzer Elster und der Spree war auch 2019 eine länderübergreifende Abstimmung der wasserwirtschaftliche Maßnahmen zwischen Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Berlin notwendig, um die Folgen der Trockenheit auf die Abflüsse und die Wasserbeschaffenheit der Spree und Schwarzen Elster und ihrer Nebengewässer zu bewältigen. Dabei wurden für die Niedrigwasseraufhöhung und Sulfatverdünnung der Abfluss der Spree aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf bis zum 23.09.2019 mit insgesamt 20 Mio. m³ gestützt.

Die Durchflüsse an den sächsischen Elbepegeln bewegten sich 2019 meist unterhalb der monatstypischen Mittelwerte (MQ(Monat)) und in den Sommermonaten unter MNQ. Ein unbedeutendes Hochwasser trat im März auf. Dabei wurde 18./19.03.2019 am Pegel Schöna der Richtwert der Alarmstufe 1 von 400 cm um 3 cm überschritten. Hochwasser wurde davor letztmalig am 24.02.2017 mit einem Wasserstand von 402 cm am Pegel Schöna beobachtet. Danach ging die Wasserführung in der Elbe kontinuierlich zurück. Bereits Ende März lagen die Durchflüsse an den Pegeln unter MQ(Monat) und verblieben bis zum Ende des Jahres mit kurzen Unterbrechungen im Juni und Oktober darunter. Von Ende Juni bis Anfang Oktober fielen die Durchflüsse sehr oft unter MNQ und wie in den vergangenen vier Jahren zeigten sich aufgrund der niedrigen Wasserstände erneut die zahlreiche Hungersteine in der Elbe.

Am 29.07.2019 wurde am Pegel Dresden der niedrigste jährliche Tagesmittelwert des Wasserstandes und des Durchflusses mit einem Wasserstand von 49 cm und Durchfluss von 78,8 m³/s registriert. Zur Einordnung: im Vorjahr 2018 wurde am Pegel Dresden am 23.08.2018 der niedrigste Tagesmittelwert des Wasserstandes und des Durchflusses seit Inbetriebnahme der größeren tschechischen Stauanlagen 1964 mit W = 45 cm und Q = 74,2 m³/s registriert. Den abflussarmen Jahren 2015, 2016, 2017 und 2018 ist nunmehr ein weiteres Jahr gefolgt, dass durch extremes Niedrigwasser gekennzeichnet war.

Aufgrund der lang anhaltenden geringen Wasserführung der Elbe wurde am 15.07.2019 mit dem »Messprogramm für hydrologische Extremextremereignisse an der Elbe (Niedrigwasser)« der Flussgebietsgemeinschaft Elbe begonnen. Die Wasserbeschaffenheit der Elbe wurde an den Sondermessstellen statt im monatlichen, im 14-täglichen Turnus beprobt. Von den untersuchten Parametern befanden sich die überwiegende Anzahl Ergebnisse im elbetypischen Bereich. Am 14.10.2019 fand die letzte Beprobung im Rahmen des Messprogrammes statt.

Es ist festzuhalten, dass es vor allem im Zeitraum Juli/August sowohl 2018 als auch 2019 eine signifikante Anzahl von Messstellen mit Durchflüssen unterhalb der ersten Perzentile gab. An einigen Messstellen wurden sogar 2018/2019 die bis dato geringsten Durchflüsse beobachtet (NNQ).

Damit ist die aktuelle und möglicherweise noch nicht abgeschlossene (siehe oben) Niedrigwasserperiode sicher als außergewöhnlich, aber mitnichten als extremstes Ereignis (bezogen auf Durchflussmengen) seit Beginn der regelmäßigen Beobachtungen (in Sachsen seit 1909) einzustufen. Eine fundierte extremwertstatistische Auswertung und vergleichende Einordnung ist erst nach Ende der Niedrigwasserperiode sowie nach Vorliegen abschließend geprüfter Daten für 2019 möglich (Mitte 2020). Dabei sind dann auch die Beeinflussungen des trockenheitsgesteuerten Niedrigwasserdurchflusses durch wasserrechtlich festgesetzte Niedrigwasseraufhöhungen durch Stauanlagen, Sumpfungswassereinleitungen aus Tagebauen sowie bedeutsame Einleitungen gereinigten Abwassers aus großen Kläranlagen zu berücksichtigen.

3.6 Auswirkungen auf Talsperren (Beispiele)

Die monatelang anhaltende Trockenperiode 2018 mit wenig bis sehr wenig Niederschlag wurde ab Dezember 2018 beendet. Die darauffolgenden Wintermonate 2019 brachten viel Niederschlag, teils als Schnee. Vor allem in den Gebirgsregionen, in denen die Trinkwassertalsperren liegen, bildete sich eine Schneedecke aus. Die Folgemonate fielen erneut überwiegend niederschlagsarm aus.

In *Abbildung 39* sind beispielhaft Niederschlagsmessungen an den LTV-Stauanlagen von Januar 2018 bis Dezember 2019 dargestellt, die vor allem das sich bis November 2018 aufgebaute Niederschlagsdefizit ausweisen. Für die dargestellten zwei Talsperren summiert sich das Niederschlagsdefizit von Anfang 2018 bis Ende 2019 für die TS Lichtenberg auf -455 mm und die TS Lehmühle auf -433 mm.

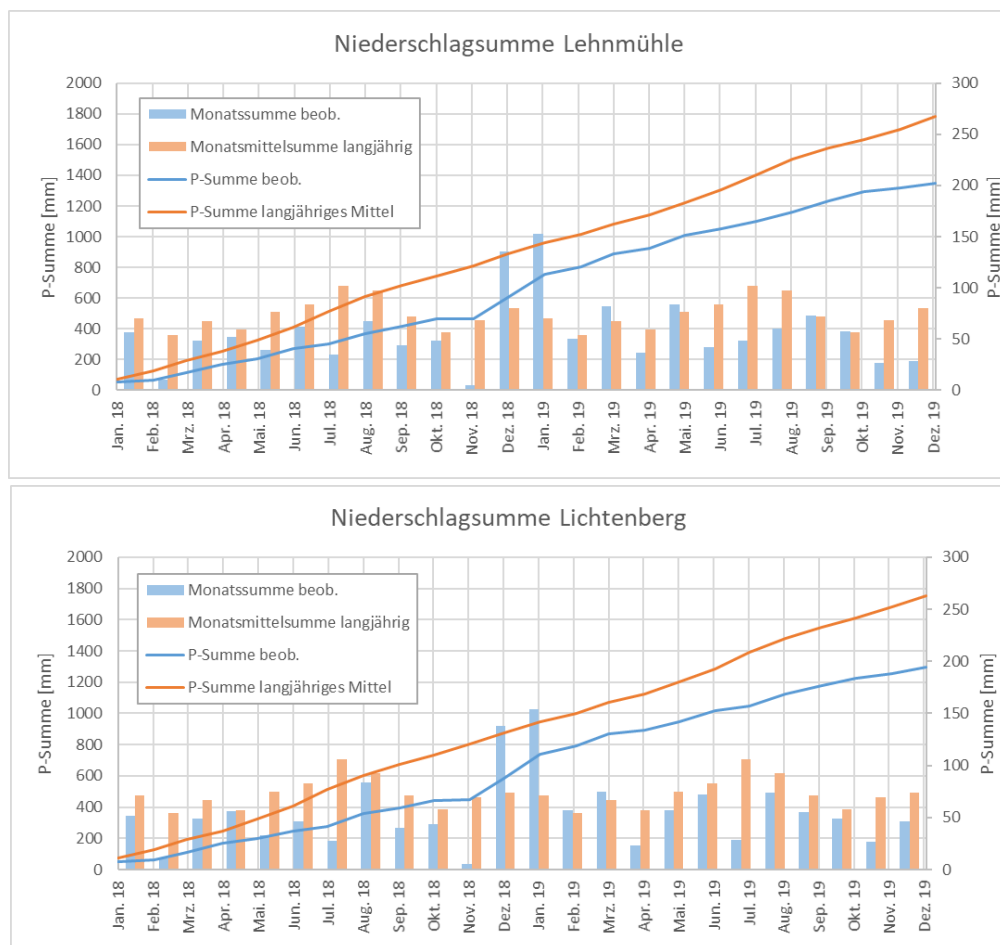


Abbildung 39: Verlauf Niederschläge und Niederschlagssummen an den Talsperren Lehmühle und Lichtenberg

Die vergleichsweise großen Wasservorräte in der Schneedecke in den Gebirgsregionen wurden im Februar und März 2019 abflusswirksam. Die erhöhten Zuflüsse konnten in den Talsperren gespeichert werden. Die teilweise weit abgesenkten Stauräume füllten sich wieder. An den Trinkwassertalsperren im System Lehmühle/Klingenberg war im März bzw. April 2019 das Stauziel wieder erreicht. Das heißt, der für die Wasserversorgung genutzte Betriebsraum war zu 100 % wieder gefüllt (Abbildung 40).

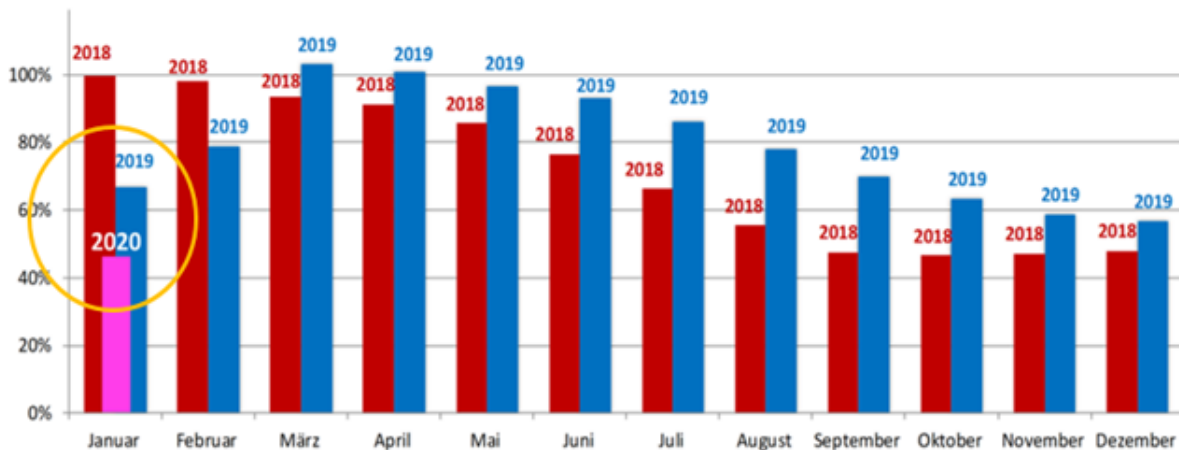


Abbildung 40: Vergleich der Füllstände des Talsperrensystems Lehmühle-Klingenberg (Summe) bezogen auf das Stauziel für die Jahre 2018 und 2019

Im weiteren Jahresverlauf war ab April 2019 eine überdurchschnittlich warme Witterung zu verzeichnen. Von April bis August war es trocken bis sehr trocken. Auch der November und der Dezember waren vergleichsweise erneut sehr trocken. Die Zuflüsse zu den Trinkwassertalsperren gingen ab Mai 2019 deutlich zurück. In den Monaten Juli bis September waren ähnlich geringe Zuflüsse zu beobachten, wie in der Trockenperiode 2018. Die Rohwasserabgaben an die Wasserwerke zur Trinkwasseraufbereitung konnten aber ohne Einschränkungen bereitgestellt werden.

Wegen der geringen Talsperrenzuflüsse sank die Talsperrenfüllung in 2019 stetig; aber nicht so deutlich wie im Jahr 2018. Das Minimum der TS-Füllung des Jahres 2019 war am Ende des Jahres zu beobachten; bei weiter ausbleibenden Niederschlägen wird die TS-Füllung also noch weiter sinken. Der Füllstand vom Januar 2020 weist bereits in diese Richtung. Während in den Einzugsgebieten der Talsperren Klingenberg und Lehmühle erhöhte Niederschläge im Dezember 2018 und Januar 2019 fielen, fehlten diese Niederschläge im Einzugsgebiet der Talsperre Bautzen (gilt für den gesamten ostsächsischen Raum). In Folge dessen konnte beispielsweise die TS Quitzdorf (Brauchwassertalsperre) bis zum Beginn der Bewirtschaftungsperiode Mai 2019 nicht wieder bis zum Stauziel gefüllt werden.

Die TS Bautzen (Abbildung 41) konnte hingegen trotz der geringen Niederschläge 2018/19 bis zum Beginn der Bewirtschaftungsperiode 2019 bis ans Stauziel aufgefüllt werden, musste aber ab Juni 2019 wieder abgestaut werden, um die Minderwasserabgaben im Rahmen der wasserrechtlich festgesetzten Niedrigwasseraufhöhung der Spree erfüllen zu können (siehe folgende Abbildung). Ende 2019 bewegte sich der Inhalt der TS Bautzen ungefähr auf einem Niveau vergleichbar mit dem Ende 2018.

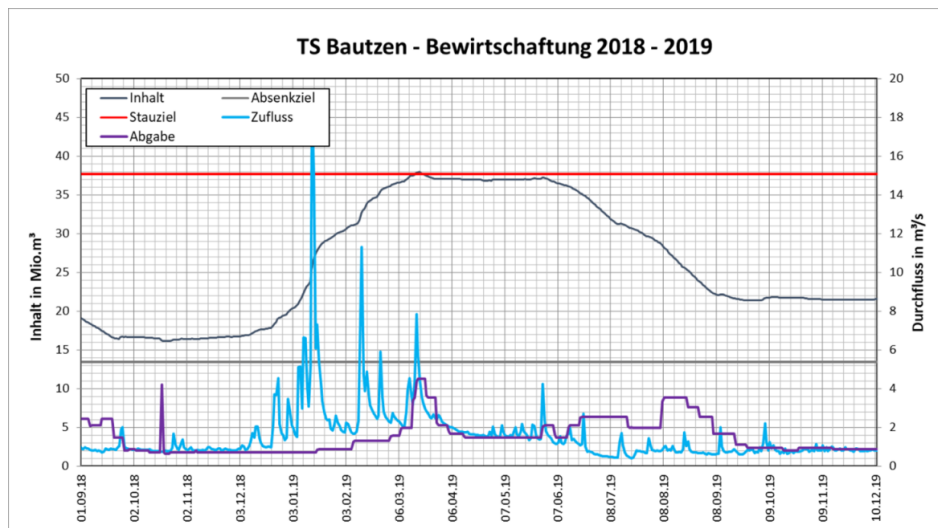


Abbildung 41: Bewirtschaftung der Talsperre Bautzen (Spree) in den Jahren 2018/19

4 Auswirkungen auf Wald und Forstwirtschaft – Risiko wird Wirklichkeit

Stürme, Nassschnee, Trockenheit, Dürreperioden treffen seit dem Jahr 2017 auf Fichten- und Kiefernforste.

Massiver Schneebruch in den Mittelgebirgslagen, das Sturmtief Eberhard, welches zu weiteren massiven Schäden im Löß-Hügelland und im Erzgebirgsvorland führte sowie der erneut extrem warm-trockene Witterungsverlauf im Jahr 2019, führten in Sachsens Wälder zu einer äußerst kritische Entwicklung (Beispiel Colditzer Forst, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**; Waldschäden und Schadholzbergung, **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Regionale Einbrüche in der Funktionalität der sächsischen Kulturlandschaft sind nicht mehr auszuschließen. Betroffen wären insbesondere die Wirkungen von Wäldern auf den Landschaftswasserhaushalt, den Boden- und Klimaschutz aber auch auf die Erholungsfunktion.

Das unmittelbare Aufeinanderfolgen von mehreren Jahren mit extremen warm-trockenen Witterungsverläufen ist in dieser Kontinuität eine bisher unbekannte ökophysiologische Situation, die neben direkten, trockenheitsbedingten Vitalitätsverlusten bis hin zum Absterben von Waldbäumen, komplexe Interaktionen in den Wald- und Forstökosystemen auslöst. Im Fall der Fichten- und Kiefern-Forste ist deren Widerstandspotenzial überschritten. Die stark eingeschränkte Abwehrkraft der Bäume, ein auf großer Fläche homogenes Nahrungsangebot und optimale Wärmebedingungen, haben zu Massenvermehrungen von holz- und rindenbrütenden Insekten geführt. Als Folge sind großflächige Störungen – ein Absterben der Baumschicht – zu erwarten. Mit einem „Waldsterben 2.0“ hat das jedoch nichts zu tun. Prinzipiell handelt es sich um einen gesetzmäßigen Prozess in der Produktionsdynamik dieser Forstökosysteme, der durch ein Zusammenwirken von äußeren Faktoren, z. B. Stürme, Dürreperioden, und einer Aktivierung von inneren Faktoren, die diese Ökosysteme wegen ihrer stark eingeschränkten Fähigkeit zur Selbstorganisation regulieren können, ausgelöst wird. Dem entspricht z.B. die gegenwärtige Massenvermehrung von holz- und rindenbrütenden Insekten.

30. August 2017 (Sentinel 2A)

4. Sept 2019 (Sentinel 2A)



Abbildung 42: Landbedeckung Colditzer Forst 2017 und 2019 (Datenquelle: ESA, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>)



Abbildung 43: *Waldschäden und Schadholzbergung, Fotos: SBS*

Der reale Klimawandel verstärkt die Intensität solcher Prozesse. Kritische Bedingungen für die Vitalität einzelner Baumarten häufen sich, standörtliche Grenzbereiche für deren Vorkommen weiten sich aus, Massenvermehrungen von Insektenarten erreichen ein größeres Ausmaß, bisher unterschiedliche Entwicklungsbedingungen, wie z.B. das Wärmeangebot entlang eines Höhengradienten, gleichen sich zunehmend an. So war der Buchdrucker bis in Höhenlagen um 700 m ü. NN in der Lage eine dritte Generation anzulegen. Ein neues Phänomen.

Dem funktionalen Einbruch in den Fichten- und Kiefern-Forsten folgt die Systemerneuerung, auf „Freiflächen“ durch deren natürliche Wiederbewaldung.

Die Frage ist, ob, in welchem Maße und in welcher Zeit dieser natürliche Prozess zur Befriedigung der verschiedensten Bedürfnisse der Menschen als Teil der sächsischen Kulturlandschaft beiträgt. Der Beantwortung dieser Frage sollte wiederum die Intensität entsprechen, mit der wir solche natürlichen Prozesse gestalten.

Die Massenvermehrung des Buchdruckers in den Fichten-Forsten hat, im wirtschaftlichen Sinn, im Buchdruckerjahr 2019 / 20 im Gesamtwald zu einem Schadholzanfall von 1,7 Mio. m³ geführt, davon 774.000 m³ im Staatswald [Quelle: Digitales Forstschutzkontrollbuch, 31.12.2019]. Gegenüber dem Buchdruckerjahr 2018/19 ist das etwa eine Verdoppelung der Schadholzmenge. Eine kritische, aber dennoch realistische Prognose, geht für das Jahr 2020 in den Fichten-Forsten Sachsens von einem erneuten Schadholzanfall von etwa 2,5 Mio. m³ aus. Dabei handelt es sich jedoch nicht um das potenzielle Ende der gegenwärtigen Kalamitätsspirale.

In Sachsen sind etwa 110.000 – 130.000 ha Fichten-Forste einer Entwicklungsphase zuzuordnen, die durch eine hohe bis sehr hohe Anfälligkeit gegenüber Sturmschäden und Buchdruckerbefall charakterisiert ist. Dem entspricht ein Holzvorrat von etwa 48 Mio. m³.

Die planmäßige jährliche Holznutzung im Gesamtwald des Freistaates Sachsen lag in der Periode 2002 – 2012 [Bundeswaldinventur³] bei 2,5 Mio. m³. Diese Relation verdeutlicht die Dramatik einer potenziellen Entwicklung.

Ein ähnlicher Prozess vollzieht sich in den Kiefern-Forsten des Tieflandes, wo 2019 Dürre, holz- und rindenbrütende Insekten, zum Teil auch Pilzbefall zu einem Schadholzanfall von 400.000 m³ führten, bisher mit einer Konzentration auf speicherdürren bis speichertrockenen Sandböden.

Der Blick über Sachsen hinaus verdeutlicht die europäische Dimension des Problems. Dieser entspricht in den Jahren 2017 bis 2019 ein Schadholzanfall von mindestens 180.000.000 m³ [EUWID, November 2019].

Die Arbeitskapazitäten, der Holzmarkt und damit die wirtschaftliche Situation von Forstbetrieben aller Eigentumsformen, sind unter diesen Bedingungen das Nadelöhr für ein effizientes Krisenmanagement.

Der Witterungsverlauf 2020/2021 entscheidet zusammen mit einer effektiven Sanierung der Fichten, die vom Buchdrucker nach dessen Überwinterung frisch befallen werden, über die Ausweitung seiner Massenvermehrung. Das gilt prinzipiell auch für holz- und rindenbrütenden Insekten in den Kiefern-Forsten.

Aber selbst ein Witterungsverlauf, der für die Vitalität der Bäume förderlich aber für die Entwicklungsbedingungen von holz- und rindenbrütenden Insekten eher ungünstig ist, bedeutet keinesfalls das Ende des sich vollziehenden Systemeintrucks von Fichten- und Kiefern-

Forsten, sondern lediglich eine mehr oder weniger ausgeprägte zeitliche Verzögerung dieses Prozesses.

Insgesamt ist diese Entwicklung ein Indikator für die Verletzlichkeit (Vulnerabilität) der sächsischen Kulturlandschaft im Klimawandel.

Der Waldumbau puffert diese Vulnerabilität erheblich. Im Staatswald wurde in drei Jahrzehnten systematisch und planmäßig auf einer Fläche von mindestens 80.000 ha, das ist mehr als ein Drittel der Fläche des Staatswaldes, unter den gefährdeten Fichten und Kiefern eine zweite Waldschicht geschaffen - das Potenzial für einen „Zukunftswald“ mit einer vielfältigen Baumartenzusammensetzung aus Weißtanne, Buche, Ahornarten, Eichenarten, Hainbuche, Lindenarten, Vogelkirsche und Douglasie und damit einer hohen Anpassungsfähigkeit gegenüber einer nicht prognostizierbaren Entwicklung von Wald-Lebensgemeinschaften im Klimawandel (Abbildung 44).

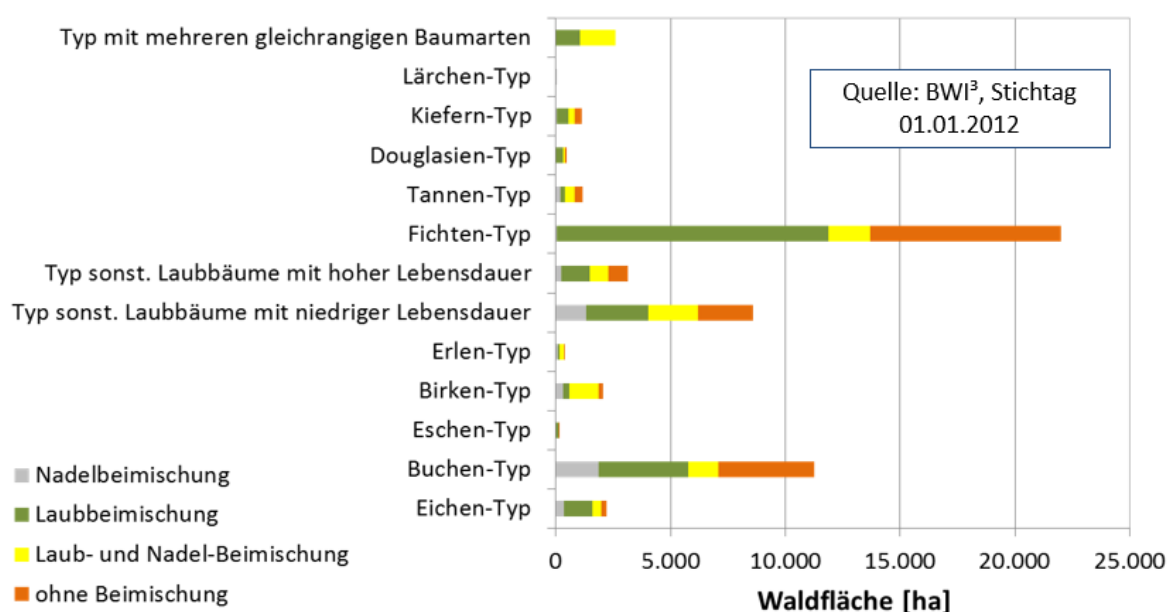


Abbildung 44: Absolute Flächenanteile der Bestockungstypen unter Schirm

Waldinventuren machen diese enorme Leistung messbar.

Vorsorge, die nicht den Rehen und Hirschen geopfert werden darf. Hierin besteht eine der vorrangigen Aufgabe der Jagd als Umweltleistung.

Auf den Freiflächen, die mit dem bisherigen Kalamitätsverlauf entstanden sind und weiter entstehen werden, ohne solche Anfangsstadien eines neuen Waldes, werden wir diese im Zusammenwirken mit der Natur schaffen (Abbildung 45). In diesem Prozess werden wir Baumarten ergänzen, die für das potenzielle innere Beziehungsgefüge der neuen Wälder als Lebensgemeinschaft in einem unbekannten Klima wichtig sein können.

Die neu entstehenden Wälder werden zu unserem Zusammenleben mit der sächsischen Kulturlandschaft beitragen, als deren Teil wir uns verstehen müssen. In solchen Wäldern fließt Wasser nicht schnell an der Oberfläche ab und nimmt Humus und Boden mit sich, sondern sickert überwiegend in den Waldboden ein. Von dort aus wirkt es als Lebensgrundlage von Wäldern, Bächen, Flüssen und für uns selbst. Es entwickeln sich ausgeglichene Nährstoffkreisläufe. Die Wirkung als Kohlenstoffsенке baut sich erneut auf und wird zunehmend

durch die langlebigen Baumarten geprägt und konsolidiert sich im Beziehungsgefüge der Wald-Lebensgemeinschaft und ihrer Umwelt. Ein Beitrag zum Klimaschutz.

Wir müssen uns aber auch entscheiden, in welchem Maße wir Holz aus heimischen Wäldern für unsere Bedürfnisse nutzen wollen. Dabei sollten wir uns bewusst sein, dass nur die Verwendung von regional (!!) und in hohem Maße ökologisch, ökonomisch wie sozial nachhaltig produziertem Holz, einen positiven ökologischen „Fußabdruck“ aufweisen kann. (Abbildung 45)

Das globale Holzaufkommen wird überwiegend durch die industriemäßige Holzproduktion in Plantagen und die explorative Nutzung von Wäldern unter Inkaufnahme von großflächigen Waldverlusten bestimmt.

Wir müssen uns also entscheiden, ob wir unsere Bedürfnisse aus diesen Rohstoffquellen oder aus einem Leben mit unserer Landschaft, der Nutzung von Holz aus einer ökologisch orientierten Waldbewirtschaftung, befriedigen wollen.

Wälder als **Lebensgemeinschaft** müssen sich **ohne** Zaun entwickeln können



Hirsch und Reh überprägen Waldentwicklung:
Gras an Stelle von Jungwaldstadien



Gegenwart ohne Zukunft:
Wald-Lebensgemeinschaften im Zaun



Abbildung 45: Waldentwicklung mit und ohne Einzäunung, Fotos: SBS

5 Auswirkungen auf die Landwirtschaft

5.1 Grünland und Feldfutter

Eine Nachwirkung der Trockenheit des Jahres 2018 war auch im Vegetationsjahr 2019 noch zu spüren, am Jahresende bestand immer noch ein enormes Wasserdefizit im Unterboden. Im Dauergrünland war der Ertragsausfall zwar nicht ganz so heftig wie 2018, aber auch 2019 gab es in den Regionen mit großem Bodenwasser- und Niederschlagsdefizit keine Chance zur Reservebildung von Futterkonserven.

Die Grünlanderträge waren 2019 mit durchschnittlich 47,4 dt/ha Trockenmasse bei den Wiesen und 47,7 dt/ha Trockenmasse bei den Weiden (einschl. Mähweiden und Almen) um 7,4 dt/ha Trockenmasse (Wiesen) bzw. 5,5 dt/ha Trockenmasse (Weiden (einschl. Mähweiden und Almen)) etwas höher als 2018. Gegenüber dem Jahr 2018 entspricht dies einem relativen Mehrertrag von 19 % bei den Wiesen bzw. 13 % bei den Weiden (einschl. Mähweiden und Almen), *Abbildung 46* (Datenquelle: Statistisches Landesamt).

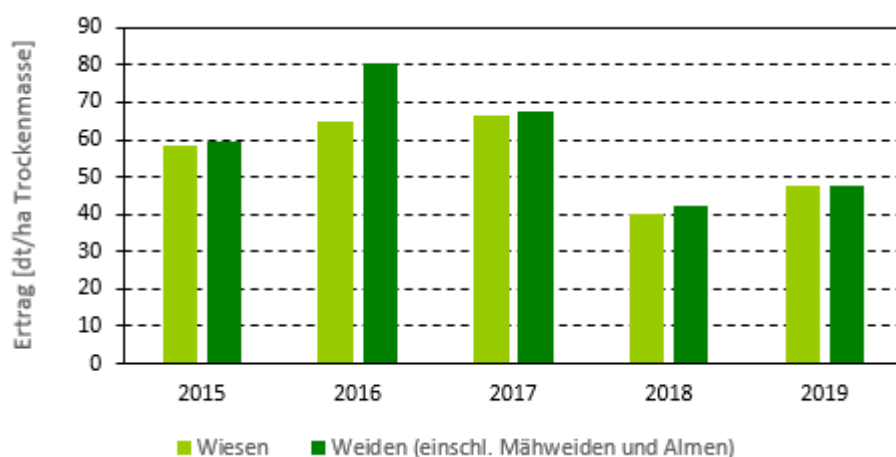


Abbildung 46: Erträge im Grünland 2015 bis 2019, Datenquelle: Statistisches Landesamt

Die Erträge im Feldfutterbau waren 2019 mit durchschnittlich 62,9 dt/ha Trockenmasse bei den Leguminosen (z. B. Klee, Klee gras, Luzern) und 67,7 dt/ha Trockenmasse beim Feldgras um 6,1 dt/ha Trockenmasse (Leguminosen) bzw. 10,5 dt/ha Trockenmasse Feldgras) höher als 2018. Gegenüber dem Jahr 2018 entspricht dies einem relativen Mehrertrag von 11 % bei den Leguminosen bzw. 18 % beim Feldgras; *Abbildung 47* (Datenquelle: Statistisches Landesamt).

Sowohl beim Grünland als auch im Feldfutterbau (ohne Silomais) waren die Erträge 2019 immer noch um etwa 25 % niedriger als im Mittel der Jahre 2015 bis 2017, d. h. eine Reservebildung von Futterkonserven als Vorsorge für künftige Trockenperioden war nicht oder nur eingeschränkt möglich.

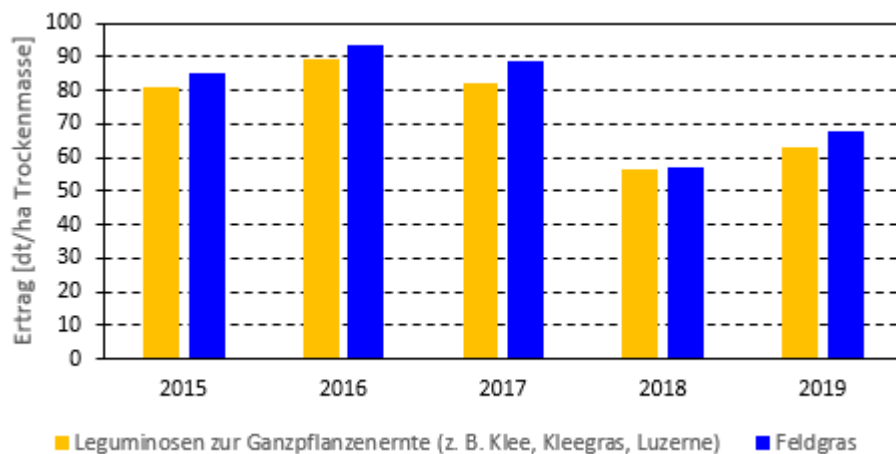


Abbildung 47: Erträge von Leguminosen und Feldgras im Futterbau 2015 bis 2019, Datenquelle: Statistisches Landesamt

Die Silomaisflächen waren in ihrer Bestandsentwicklung sehr unterschiedlich und teilweise durch einen hohen Unkrautbesatz (Tiefwurzler) gekennzeichnet, der eine zügige Jugendentwicklung der Maisbestände erschwerte. Die Silomaiserträge haben sich infolge der unterschiedlichen Wasserversorgung in der Wachstumsphase sehr unterschiedlich entwickelt, teilweise war neben dem Masseertrag auch die Kolbenbildung mangelhaft.

Der Ertragsrückgang beim Silomais gegenüber dem Mittel der Jahre 2015 bis 2017 betrug 29 % und war damit noch höher als beim Grünland und übrigen Feldfutter; Abbildung 48 (Datenquelle: Statistisches Landesamt).

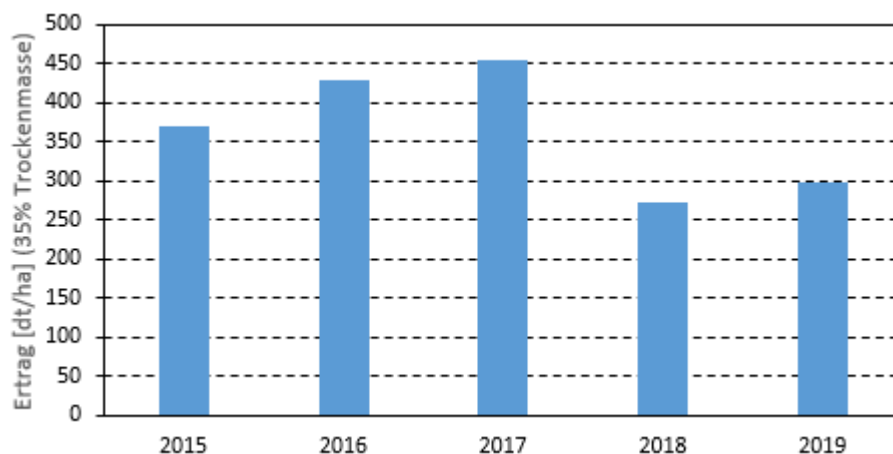


Abbildung 48: Erträge von Silo- und Grünmais(einschließlich Lieschkolbenschrot 2015 bis 2019, Datenquelle: Statistisches Landesamt

Nach zwei trockenen Jahren ist es dringend notwendig, in 2020 Voraussetzungen für einen breiter aufgestellten Futterbau zu schaffen und somit das Ertragsrisiko zu mindern. Vor diesem Hintergrund gewinnt der mehrjährige Ackerfutter- sowie Zwischenfruchtanbau an Bedeutung. Die stärkere Einbindung von Leguminosen als Reinsaat bzw. Gemengepartner spielt dabei eine tragende Rolle

5.2 Ausgewählte Ackerkulturen

Allgemeine Einschätzung

Die ersten sechs Monate des Jahres 2019 waren in Sachsen vom Wetter her sehr unterschiedlich. Im ersten Halbjahr 2019 fehlte in Sachsen der erforderliche Niederschlag. Größere Trockenschäden traten fast überall in Sachsen auf. Dies gilt insbesondere für Nordsachsen (Quelle: Statistisches Landesamt). Insgesamt setzte sich die Trockenheit des Jahres 2018 in abgeschwächter Form fort; eine umfassende Wiederbefeuchtung der im Trockenjahr 2018 bis in größere Bodentiefen ausgetrockneten Ackerböden fand nicht statt. Aus diesem Grund war 2019 bei den Ackerkulturen in der Regel nur eine mäßige Ertragsbildung möglich, mit allerdings hohen Ertragsunterschieden zwischen den Regionen in Sachsen, bedingt sowohl durch die Standortbedingungen (z. B. leichte Böden mit geringer bzw. bindigere Böden mit hoher Wasserhaltefähigkeit) als auch regional hohen Niederschlagsdefiziten.

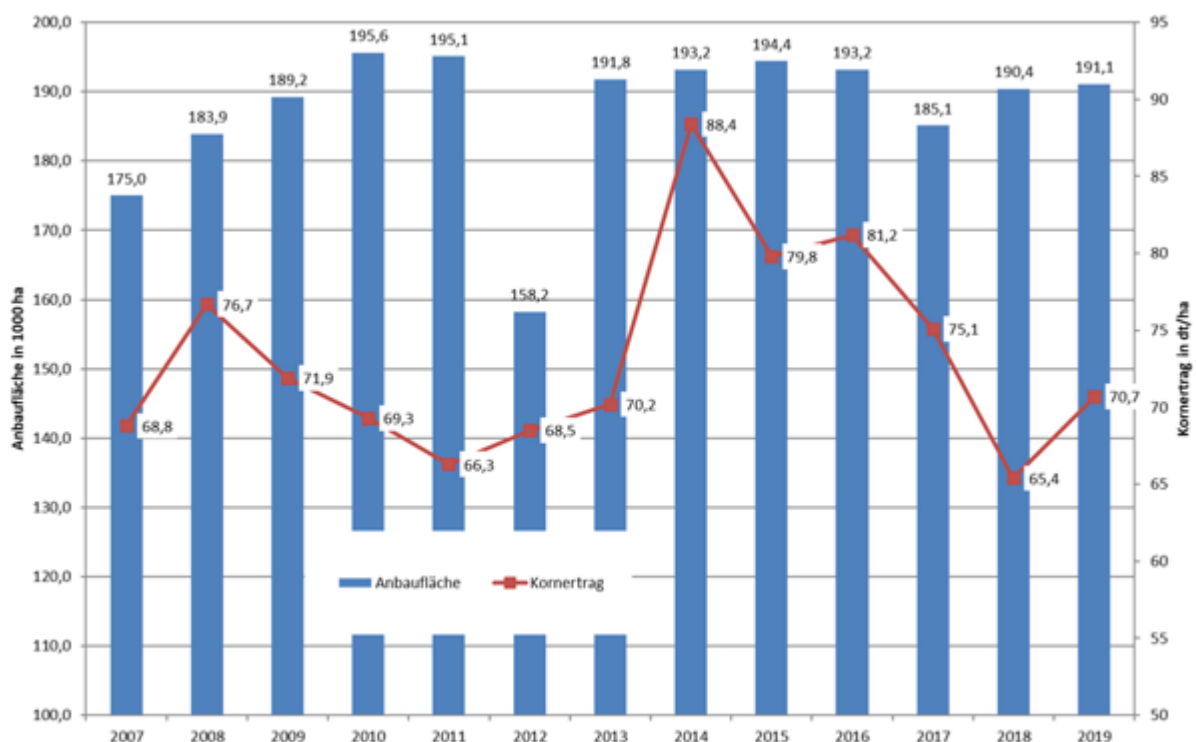


Abbildung 49: Anbaufläche und mittlerer Kornertrag von Winterweizen in Sachsen 2007 bis 2019, Datenquelle: Statistisches Landesamt

Winterweizen

- Vor Winter entwickeln sich größtenteils gleichmäßige Weizenbestände, aber meist schwächer als in den Vorjahren.
- Milder Winter 2019 verhindert Auswinterungsschäden bei Weizen.
- Ende des Winters 2018/19: geringfügiger Schneeschimmelbefall regional im Erzgebirge.
- Niederschläge Ende April / Anfang Mai 2019 fördern Weizenbestände.
- Ährenschieben und Blüte bei Wintergetreide waren später feststellbar als im Trockenjahr 2018.

- Dominierende Blattkrankheit 2019 war Braunrost - aber geringere Befallsintensität als 2018.
- 2019 kaum Probleme hinsichtlich des Befalls mit Ährenfusariumpilzen mit der Folge geringster Mykotoxin-Gehalte.
- Hohe Sommertemperaturen bedingen meist frühzeitiges Abreifen der Bestände und einen frühen Erntestart bei guten Erntebedingungen.
- Auf „leichten“ Standorten in Nordsachsen wurde verbreitet notreife, kleinkörnige Winterweizenware (Schmachtkörner) geerntet.
- Ernteverzögerungen in Spätreifegebieten im August 2019.
- Spätsaaten mit Ertragsdepressionen, aber nicht so extrem wie 2018.
- Keine nennenswerten Fallzahlprobleme aufgrund der trockenen Erntebedingungen 2019.
- Auf Trockenstandorten in Nordsachsen: bezüglich Qualitätsparametern häufig niedrige Tausendkornmasse und Hektolitergewichte.
- Laut Statistischem Landesamt Sachsen (12/2019) liegt der mittlere Winterweizenertrag 2019 bei 70,7 dt/ha (= 4 % unter 10-Jahresmittel bis 2018 und 8 % über dem Weizendurchschnittsertrag 2018 mit 65,4 dt/ha) (s. *Abbildung 49*) bei regional sehr starker Differenziertheit des Ertrags (18,0 dt/ha Weizenertrag auf leichten Standorten bis 101,0 dt/ha Weizenertrag auf bindigeren Standorten).

Wintergerste

- Trockene Böden erschwerten im Herbst 2018 die Wintergerstenaussaat mit der Folge von teilweise ungleichmäßigem Feldaufgang (z. T. auch bedingt durch Niederschlagsereignisse verkrustete Böden).
- Gleichmäßige Entwicklung vor Winter auf Löß- und Verwitterungsstandorten.
- Milder Winter 2018/19 ohne frostbedingte Auswinterungsschäden.
- Befall mit Schneeschimmel in höheren Lagen des Erzgebirges Ende des Winters 2018/19 – Ausdünnung von Beständen.
- 2019 vorerst sehr trockenes Frühjahr; Niederschläge im Zeitraum Ende April / Anfang Mai fördern Gerstenbestände bei überwiegend geringem Krankheitsdruck.
- verbreitet Trockenstress ab Juni 2019, Bodenwasser reicht meist noch für die Kornfüllung bei Gerste.
- Kein nennenswertes Lager in der Gerste, Halmknicken wurde erst kurz vor der Ernte festgestellt.
- Gerste kann Niederschläge im späten Frühjahr 2019 nutzen, dies bringt 2019 akzeptable Erträge mit durchschnittlich 73,6 dt/ha (7 % über 10-jährigem Mittel bis 2018) im Vergleich zu durchschnittlich 61,0 dt Gerstenertrag/ha im Jahr 2018 (entsprechend rund 17 % Gerstenmehrertrag 2019 gegenüber dem durchschnittlichen Wintergerstenertrag von 2018).
- Hinsichtlich dem Qualitätsparameter Hektolitergewicht gab es Probleme infolge der hitzebedingten raschen Abreife im Juni 2019 auf ganz „leichten“ Standorten.

Winterraps

- Winterrapsaussaat im Herbst 2018: erhebliche Trockenheit im August und September 2018 führte zu sehr schwierigen Aussaat- und Auflaufbedingungen; Rapsbestände waren deshalb zum Teil lückig und mit zu geringer Bestandesdichte, Auflaufen des Rapses erfolgte in mehreren Phasen. Auf Grund schlechter und sehr ungleicher Feldaufgänge wurden in Sachsen viele Rapsflächen im Herbst 2018 umgebrochen und mit anderen Kulturen bestellt (besonders Wintergetreide (plus 12.100 ha) sowie Mais (plus 10.700 ha)). Als Folge davon Rückgang der Rapsanbaufläche 2019 in Sachsen auf 96,9 Tsd. ha gegenüber 125,9 Tsd. ha im Jahr 2018 (Rückgang 2019 gegenüber 2018: - 23,1 % ; (s. *Abbildung 50*; Datenquelle: Statistisches Landesamt)).
- Keine Auswinterungsschäden im insgesamt milden Winter 2018/19.
- Frühjahr 2019: Frühes und starkes Auftreten von Rapsschädlingen (z. B. Gefleckter Kohltriebrüssler ab Februar 2019), Fröste während der Knospenbildung und der Blüte, teilweise unzureichende Schotenausbildung bzw. Schotenabwurf.
- Hitze im Juni und Juli 2019 führt zu einer raschen Entwicklung der Bestände und teilweise frühzeitigen Reife; Krankheitsdruck insgesamt gering.
- Winterrapsertrag lag 2019 bei durchschnittlich 33,5 dt/ha (plus 10 % zum Vorjahr 2018; minus 10 % zum zehnjährigen Mittel); die Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Regionen Sachsen waren 2019 durch das hohe Niederschlagsdefizit wieder besonders groß (0,0 dt/ha auf leichten Standorten z. B. in Nordsachsen und 46,0 dt/ha auf Lößstandorten (Quelle: Statistisches Landesamt)).
- Ölgehalte vieler Rapspartien deutlich unterdurchschnittlich, hervorgerufen durch die rasche hitze- und trockenheitsbedingte Abreife.
- Rapsaussaat im Herbst 2019: Bestellung durch Trockenheit im August 2019 erneut vielerorts erschwert (s. *Abbildung 51*); Auflaufen teilweise verzögert, zum Teil lückige und in Bezug auf das Entwicklungsstadium heterogene Bestände (s. *Abbildung 52*); Aussaatprobleme waren aber 2019 nicht so stark wie im Vorjahr 2018.
- Herbstentwicklung 2019 mit regionalen und lokalen Unterschieden: Je nach Auflauftermin von schwächerer und ungleicher Pflanzenentwicklung über normal bis überwachsene Rapsbestände.

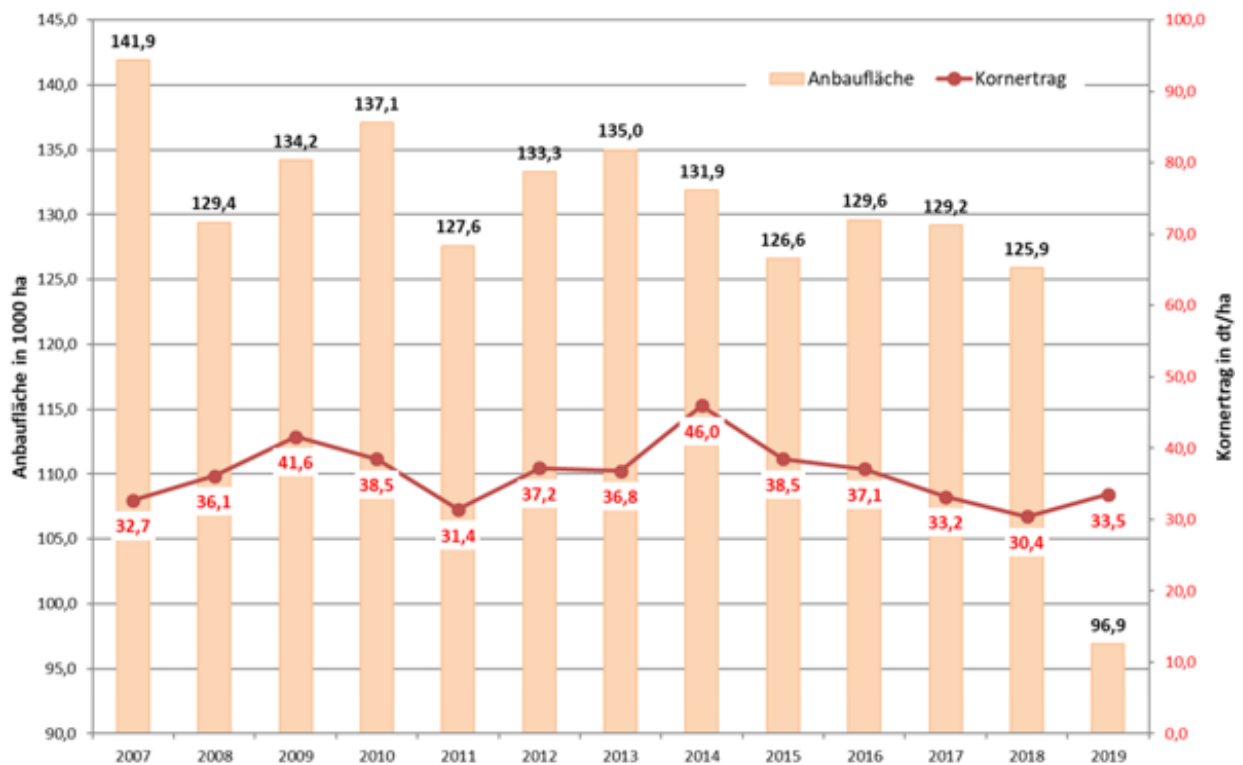


Abbildung 50: Anbaufläche und mittlerer Kornertrag von Winterraps in Sachsen 2007 – 2019, Datenquelle: Statistisches Landesamt



Abbildung 51: Trockene Aussaatbedingungen zu Raps im Herbst 2019 erschweren die Rapskeimung (Foto: M. Grunert, LfULG)



Abbildung 52: *Sehr ungleicher Rapsbestand infolge Trockenheit im Herbst 2019*
 (Quelle: M. Grunert, LfULG)

Kartoffeln

- Mit Ausnahme des Monats Mai 2019 herrschten 2019 durchweg überdurchschnittliche Temperaturen, insbesondere im Juni 2019.
- Erneut ausgeprägte Trockenheit 2019 auf vielen Standorten in Sachsen; dabei wirkt noch das Wasserdefizit aus dem Vorjahr 2018 nach, denn die Böden sind in tieferen Schichten weitgehend ausgetrocknet. Allerdings regional und lokal deutliche Unterschiede aufgrund von Niederschlägen in eng begrenzten Räumen.
- Kartoffelkrautwachstum ist teilweise eingeschränkt, dadurch wird der Reihenschluss nicht überall erreicht.
- Krautfäule erlangt nur geringe Bedeutung; andere pilzliche Schaderreger wie *Alternaria* und *Verticillium* treten teilweise stärker in Erscheinung.
- Besonderheit bei Pflanzkartoffeln 2019: Außergewöhnlich hoher Virusbesatz.
- Kartoffelertrag in 2019 bei 344 dt/ha (plus 9 % zum Vorjahr 2018; minus 15 % zum zehnjährigen Mittel).
- Die Stärkegehalte sind in vielen Kartoffelpartien deutlich erhöht.

Mais

- Aufgrund ungünstiger Wetterverhältnisse konnte Mais vielerorts erst Anfang Mai ausgesät werden
- Durch niedrige Temperaturen in der ersten Maihälfte 2019 erhebliche Verzögerung des Aufgangs sowie Kälteschäden bei bereits aufgelaufenem Mais (gelbe Pflanzen).
- Kompensation der anfänglichen Entwicklungsrückstände durch deutlich überdurchschnittliche Temperaturen im Juni.
- Niederschlagsdefizite im Juni und Juli wirkten sich je nach Höhe der Defizite auf das Längenwachstum der Maispflanzen aus.

- Besonders auf D-Standorten führte Wassermangel in diesem Zeitraum neben sehr inhomogenen Wuchshöhen auch verbreitet zu kolbenlosen Pflanzen.
- Der Zeitpunkt für die weibliche Blüte lag im langjährigen Mittel und es wurden auf den meisten Standorten keine Befruchtungsprobleme beobachtet.
- Die Kolbenentwicklung war mit Ausnahme der durch Trockenheit stärker beeinflussten Standorte gut.
- Die Erträge bei Silomais/Grünmais lagen 2019 bei durchschnittlich 298,4 dt/ha (mit 35 % Trockenmasse). Gegenüber dem Silomais-Durchschnittsertrag von 272,7 dt/ha im Jahr 2018 bedeutet dies einen Mehrertrag von durchschnittlich rund 26 dt/ha im Jahr 2019 (entsprechend rund 9 % Mehrertrag 2019 gegenüber dem Erntejahr 2018) (Quelle: Statistisches Landesamt). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2015 bis 2017 betrug der Ertragsrückgang 2019 beim Silomais jedoch 29 % (Quelle: Statistisches Landesamt, s. a. Kapitel 5.1).

6 Auswirkungen auf den Garten- und Weinbau

Der Garten- und Weinbau belegt in Sachsen zurzeit eine Fläche von rund 8.000 ha. Neben Apfel zählen derzeit noch Sauerkirschen und Erdbeeren zu den wichtigsten Obstarten. Der Anbau konzentriert sich auf den Raum um Borthen und Dürreweitzschen. Markerbsen, Speisezwiebeln und Buschbohnen dominieren das Anbauspektrum im Gemüsebau, der vor allem in der Lommatzcher Pflege und im Raum Leipzig beheimatet ist. Das sächsische Weinanbaugebiet umfasst eine bestockte Rebfläche von 510 ha.

In den letzten Jahren lassen sich folgende allgemeine Tendenzen für den Garten- und Weinbau ableiten:

- Die Ausdehnung der Vegetationsperiode begünstigt schrittweise den Anbau von Sorten, die bislang in unserer Region nicht anbauwürdig waren. Die Zahl von Anbausätzen im Gemüsebau steigt.
- Milde Winter führen zu einem frühen Knospenaufbruch und einer immer früheren Obstblüte. Dies kann die Gefahr von Spätfrostschäden bei allen Obstarten, insbesondere aber bei den früh blühenden Süßkirschen und Birnen erhöhen. In milden Wintern können kurze Phasen mit Starkfrösten bei Weinreben zu erheblichen Ausfällen führen.
- Niederschlagsarme Winter, Wärme- und Trockenperioden im April und Mai führen z.B. bei Markerbsen immer häufiger zu Trockenschäden infolge zu geringer Wasserverfügbarkeit aus dem Boden.
- Sommerliche Hitzeperioden mit extrem hohen Temperaturen und Trockenheit führen zu erheblichen Qualitätseinbußen durch Sonnenbrandschäden im Obst- und Weinbau, bei Speisezwiebeln oder auch zu Ozonschäden bei Buschbohnen. Wassermangel reduziert signifikant die Produktqualität. Ein sicherer Anbau der meisten gartenbaulichen Kulturen wird nur noch mit Zusatzbewässerung möglich sein.
- Stark wechselnde Witterungsabläufe während der Vegetation führen zu Stress und zu Problemen in der Kulturführung und -terminierung, zu krankheitsanfälligen Beständen und nicht selten zu Ertragseinbußen.
- Extreme Wetterereignisse (Starkregen, Hagel, Sturm) führen teilweise zum vollständigen Verlust der Ernte und erfordern sehr kostenintensive Schutzmaßnahmen (z. B. Hagelschutznetze, Regenschutz bei Süßkirschen).

- Die schrittweise Klimaerwärmung führt zum verstärkten Auftreten von schwer bekämpfbaren Krankheiten und Schädlingen. Besonders bei Apfelschorf und -mehltau, Mehltau und Fusariosen bei verschiedenen Gemüsearten sowie Viruserkrankungen ist eine starke Zunahme zu beobachten. Mit dem Auftreten der Kirschessigfliege werden der Weinbau sowie der Anbau von Weichobst vor neue Herausforderungen gestellt. Ähnlich verhält es sich beim Apfel mit der marmorierten Baumwanze.

Das Jahr 2019 kann für den sächsischen Gartenbau als extrem eingestuft werden. Neben einer erneuten und lang anhaltenden Trockenheit, welche sich an das Trockenjahr 2018 nahtlos anschloss, führten häufige und mehrtägige Spätfrostereignisse im Frühjahr und schwere Hagelereignisse im Juni zu erheblichen Ertrags- und Qualitätseinbußen in vielen gartenbaulichen Kulturen.

Im Baumobstanbau konnten auf Flächen ohne Hagel durchschnittliche Erträge erzielt werden (*Abbildung 53*). Verluste durch nässebedingtes Aufplatzen von Kirschen blieben in diesem Jahr gering.

Äpfel verzeichneten großflächig extreme Schäden durch Hagel, was einen Großteil der Ware unverkäuflich machte. Aufgrund der europaweit geringen Erntemengen besteht eine erhöhte Nachfrage nach Mus- oder Schälware sowie Mostobst. Ein gewisser Anteil der beschädigten Früchte kann über diesen Weg abgesetzt werden, was jedoch die hohen Produktionskosten bei weitem nicht deckt.

Einen Eindruck von der Schutzwirkung der Hagelnetze bei Äpfeln auf Versuchsflächen des LfULG in Pillnitz vermittelt *Abbildung 54*.

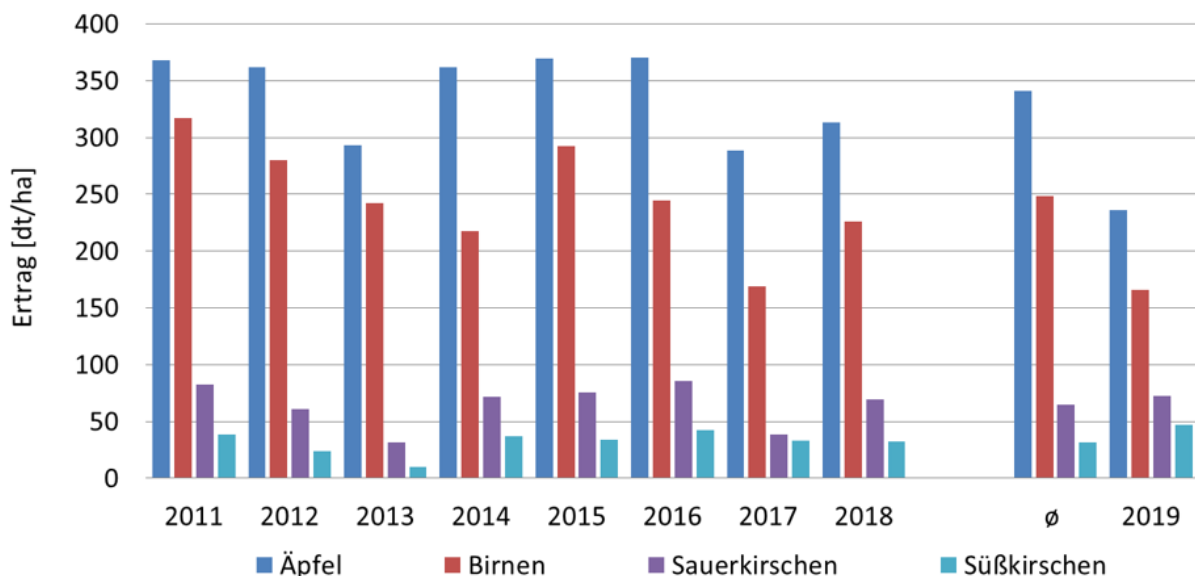
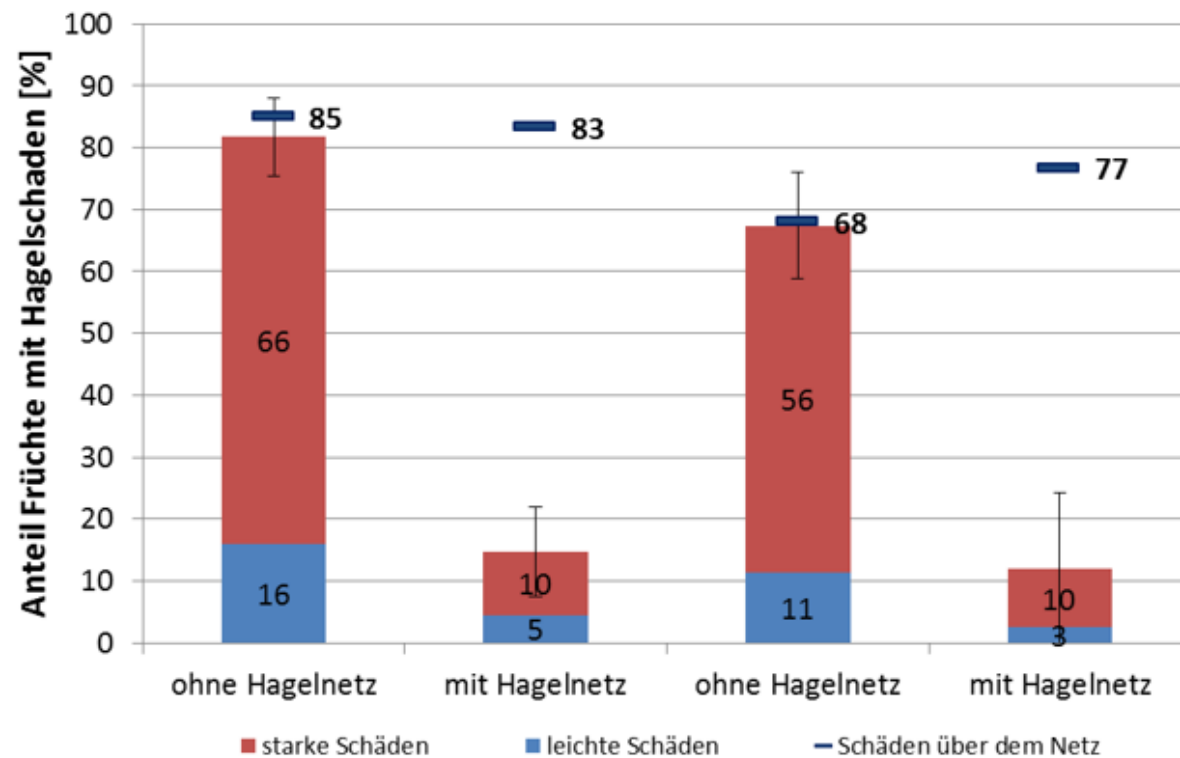


Abbildung 53: Ertrag der wichtigsten Baumobstkulturen 2011 bis 2019

Neben den großflächigen Hagelereignissen, welche ebenfalls die Früchte an den Erdbeerpflanzen stark schädigten, sorgten bei Erdbeeren im Besonderen die Spätfrostereignisse, Mitte April bis Ende Mai, für erhebliche Ertragseinbußen ohne Vliesabdeckung.

Im Gemüseanbau waren, wie schon 2019, erhebliche Ernteaufälle zu verzeichnen. Dies betraf besonders die für Sachsen wichtigen Verarbeitungsgemüsearten Markerbsen und Buschbohnen. Im Anbaugebiet in der Lommatzcher Pflege ist vornehmlich Wassermangel infolge unzureichender Bewässerungsmöglichkeiten als Ursache für die Ertragsminderungen zu nennen. Die Ertragsaufälle durch zu kleine Zwiebeln, die die vorgeschriebene Vermarktungsgröße von 40 mm Durchmesser verfehlten und deshalb nicht vermarktet werden konnten, sind in etwa vergleichbar mit denen aus 2018. Bewässerungsverbote in den Trockenzeiten, die zum Teil ausgesprochen wurden, führten zu einer zusätzlichen Wasserverknappung in den Kulturen. Vereinzelt kam es regional auch in den Gemüsekulturen zu Hagelschäden.

Im Weinanbau waren die Erträge sehr differenziert. Ursache hierfür war die erneute starke Trockenheit. Sandige, wasserdurchlässige Standorte, sowie viele Junganlagen wiesen erhebliche Mindererträge auf. Ältere Reben, besonders auf lehmigen Böden mit guter Wasserspeicherkapazität verzeichneten hingegen durchschnittliche bis überdurchschnittliche Erträge. Im Gegensatz zum Vorjahr wurden auch Schäden durch Sonnenbrand verzeichnet. Die späten Niederschläge vor der Rieslinglese förderten das Auftreten von Fäulniserregern in den späten Rebsorten.



leichter Schaden



starker Schaden

Abbildung 54: Ergebnisse zur Schutzwirkung von Hagelnetzen auf 2 Versuchsflächen des LfULG in Pillnitz,
Fotos: Ch. Kröling

7 Auswirkungen auf die Luftqualität

Die durch den Klimawandel bedingten Änderungen der Witterung sind mit sowohl positiven als auch negativen Folgen für die Luftqualität verbunden. Wichtige meteorologische Größen sind insbesondere die Temperaturverläufe im Winter (Dezember bis Februar) und im Sommerhalbjahr (März bis Oktober).

In milden Wintern wird weniger Energie für Gebäudeheizungen benötigt. Kraftfahrzeugmotoren erreichen schneller die optimale Betriebstemperatur. Deshalb werden wenige Luftschadstoffe aus Schornsteinen und Auspuffanlagen ausgestoßen. Inversionswetterlagen, die ungünstige Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe darstellen, sind in milden Wintern seltener. In der Folge werden niedrigere Konzentrationen von verbrennungsbedingten Luftschadstoffen, insbesondere Feinstaub registriert (Abbildung 55)

Im klimatologischen Vergleich waren alle Winter seit 2013/14 zu warm. Die Wirkung der Maßnahmen in den sächsischen Luftreinhalteplänen wurde dadurch unterstützt. Die letzten an den Luftgütemessstationen festgestellten Überschreitungen beim Feinstaub PM10-Tagesgrenzwert traten 2014 auf (Abbildung 56).

Die Klimaprojektionen lassen eine Fortsetzung der zu warmen Winter erwarten (Abbildung 57). Trotzdem können weiterhin einzelne kalte Winter oder längere Kälteepisoden auftreten, die erneute PM10-Grenzwertüberschreitungen begünstigen.

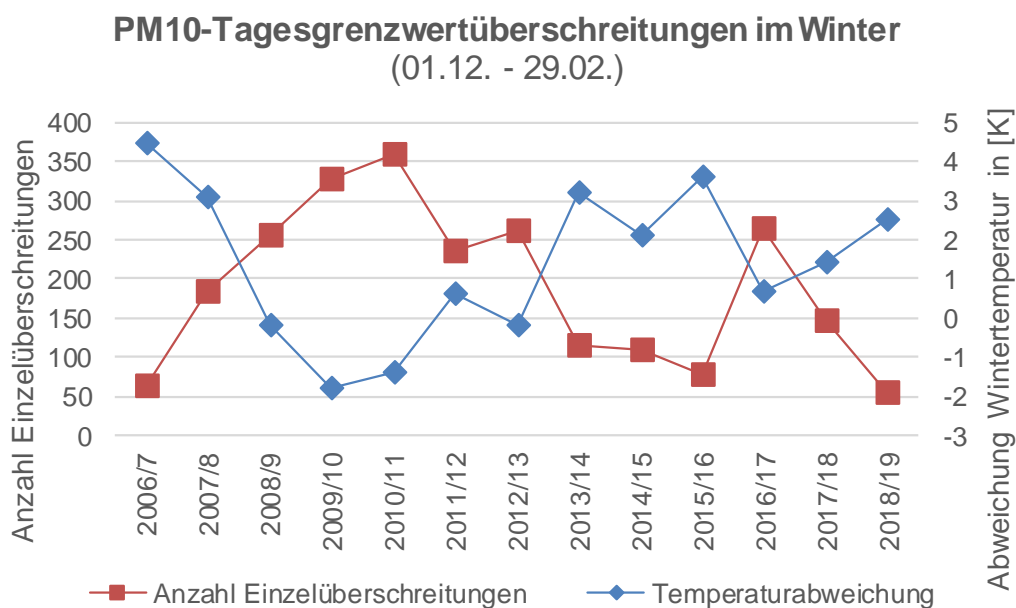


Abbildung 55: *Anzahl der PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen an 22 durchgängig messenden Stationen im Winter im Vergleich zur Abweichung der Wintertemperatur*

Anzahl der Tagesmittel >50 µg/m³ PM10

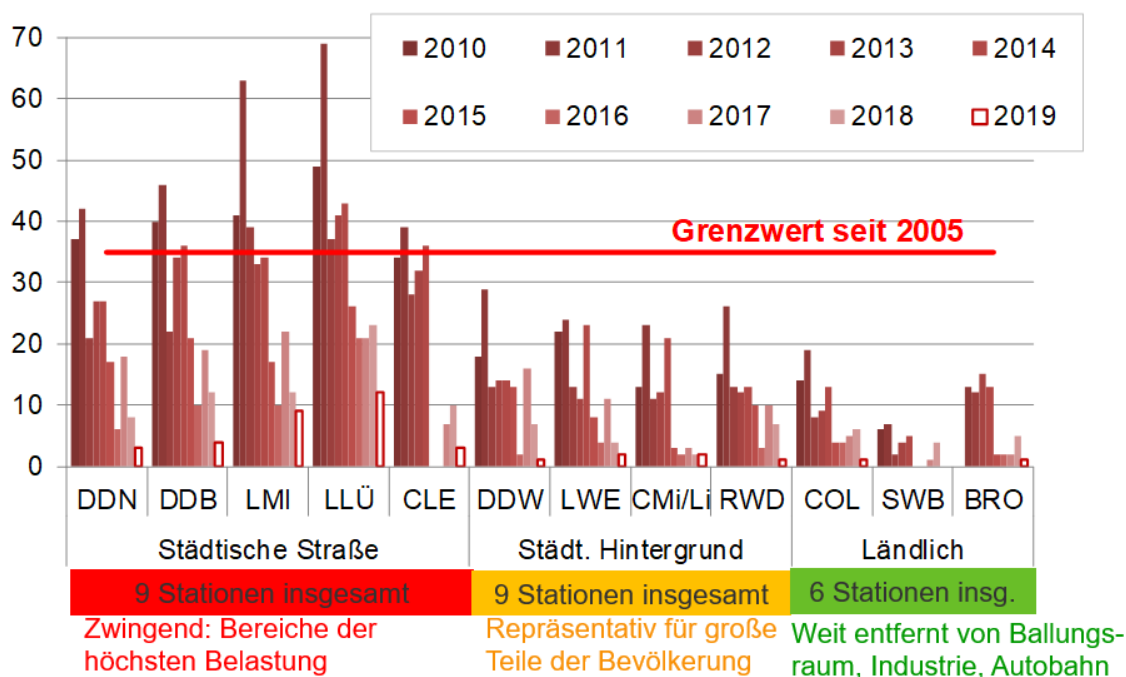
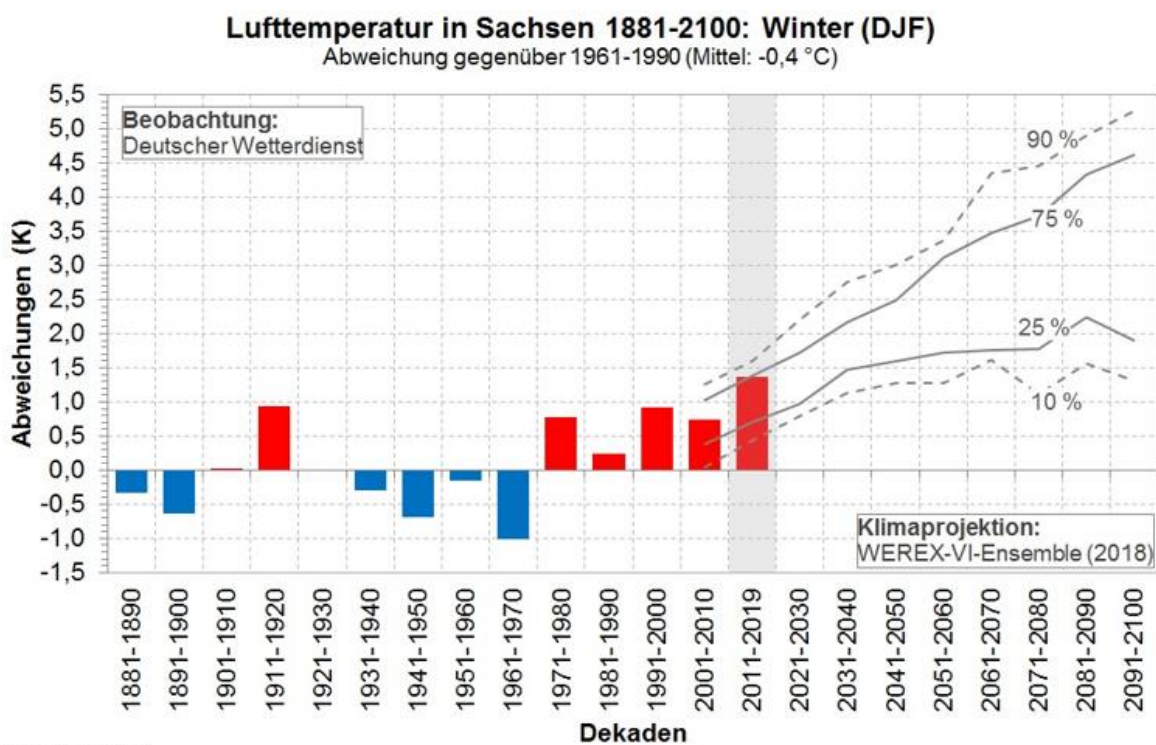


Abbildung 56: Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwertes 2010 bis 2019



erstellt: LRULG (2019)

Abbildung 57: Entwicklung der Wintertemperatur in Sachsen

Negativ auf die Luftqualität wirken sich die gestiegenen Temperaturen insbesondere in der warmen Jahreszeit aus. Hohe Temperaturen und intensive Sonneneinstrahlung begünstigen

die Bildung des Luftschadstoffes Ozon aus Vorläuferstoffen wie z. B. Stickoxiden und leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen.

Die lange Ozon-Messreihe von der Luftgütemessstation in Radebeul-Wahnsdorf zeigt ab Anfang der 70er Jahre bis Ende der 90er Jahre einen deutlichen Anstieg der Ozonkonzentrationen im Jahresmittel. Danach schwächte sich dieser Anstieg etwas ab. 2018 und 2019 waren *heiße* Jahre. Die Ozon-Messreihe zeigt für diese beiden Jahre noch einmal Zuwächse im Vergleich zum schon hohen Niveau der letzten Jahre. (Abbildung 58). Die witterungsbedingten Unterschiede in den Monatsmitteln der Lufttemperatur korrespondieren mit den Jahresgängen der Ozonkonzentration.

Die gesetzlichen Ozon-Zielwerte zum Schutz der Gesundheit und der Vegetation (vgl.

39. BImSchV) werden seit Jahren auf dem Erzgebirgskamm und zuletzt vereinzelt auch im Tiefland überschritten. Die Langfristzielwerte werden in ganz Sachsen überschritten.

Für die Zukunft lassen die Klima-Projektionen keine Entspannung bei der Ozonproblematik erwarten (Abbildung 59). Die meteorologischen und sonstigen Bedingungen für Ozonbildung und –abbau sind äußerst komplex, es gibt noch erheblichen Forschungsbedarf. Verschiedene Institutionen, auch das LfULG, beschäftigen sich damit.

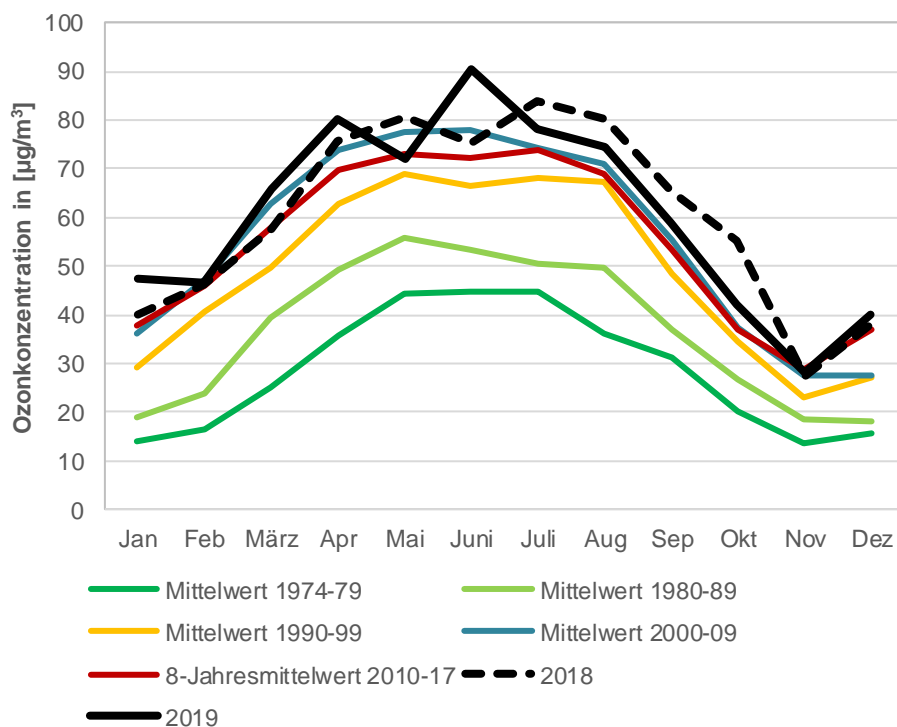
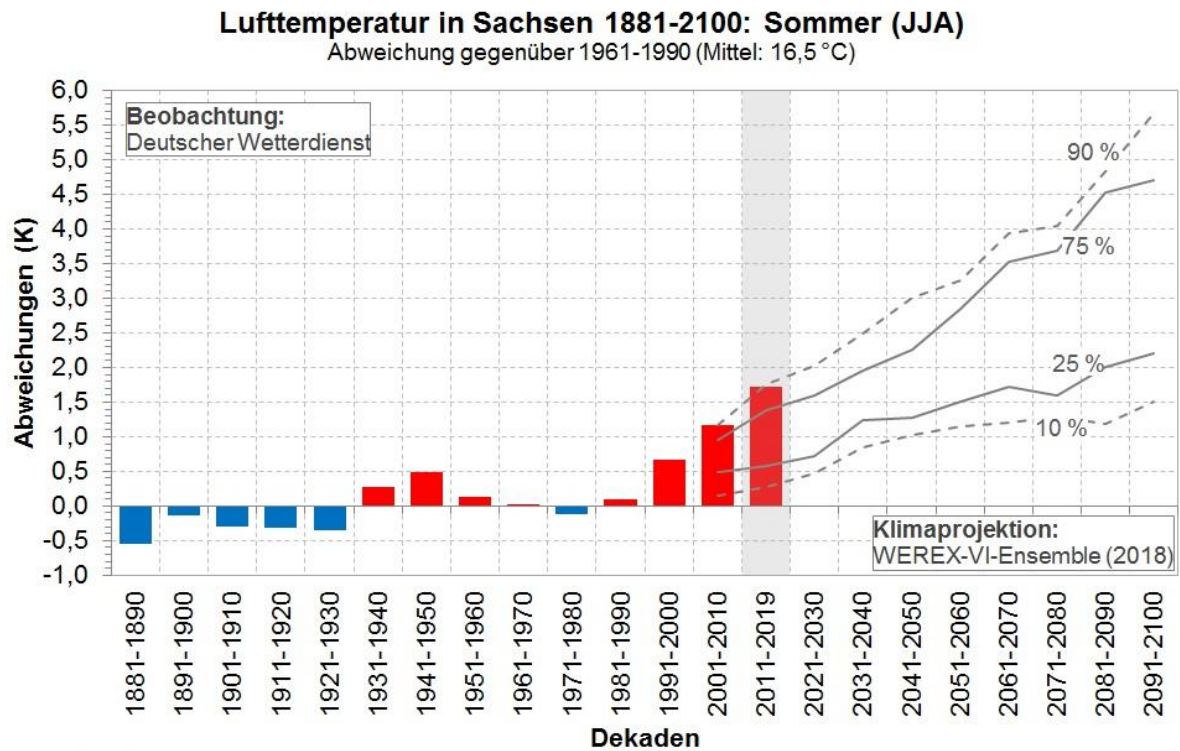


Abbildung 58: *Jahresgang der Ozonkonzentration in Radebeul-Wahnsdorf*



erstellt: LfULG (2019)

Abbildung 59: *Entwicklung der Sommertemperatur in Sachsen*