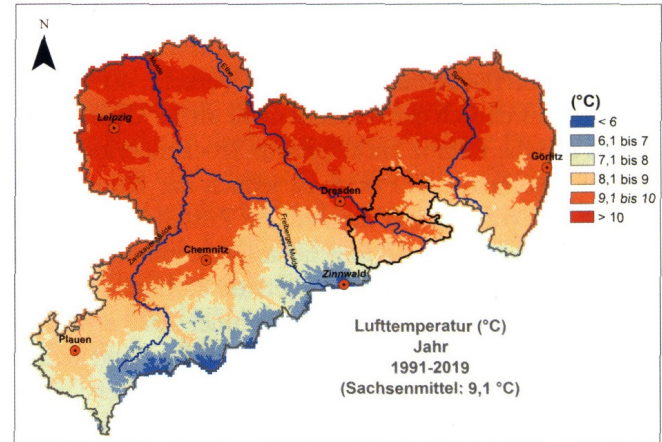
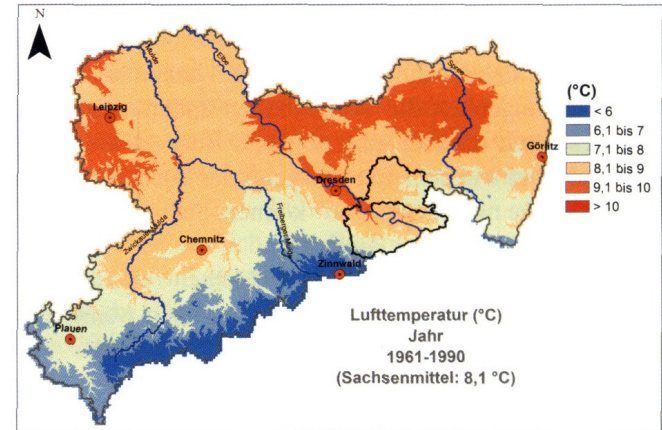


Grundzüge der Klimaentwicklung in der Sächsischen Schweiz

Das Klimasystem besteht aus mehreren Komponenten, deren Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Zeit- und Raumskalen stattfinden. Somit ergeben sich das Klima und seine Änderungen aus der Überlagerung von Ursachen. Letztlich als Folge von Variationen im Strahlungshaushalt, die wiederum durch Änderungen in der Energiebilanz (Erwärmung der bodennahen Luft, Verdunstung) zum Ausdruck kommen. Über die Verdunstung ist der Energiehaushalt mit dem Wasserhaushalt verbunden. Letztlich ändert sich das Klima immer, die Frage ist nur in welchem Ausmaß pro Zeit!

Das erweiterte Klimagebiet um die Sächsische Schweiz unterliegt dem Einfluss der Mittelgebirge und befindet sich im Übergangsbereich von atlantisch zu kontinental geprägten Luftmassen. Darüber hinaus wird das Klima in der Sächsischen Schweiz auch durch die Landbedeckung (durch Vegetation) beeinflusst. In diesem Kontext ist die teilweise sehr starke und kleinräumige Geländegliederung ein Spezifikum (sog. „Kellerklima“).

Die Jahresmitteltemperatur in der Sächsischen Schweiz hat sich im Zeitraum 1991-2019 gegenüber 1961-1990 um +0,9 K erhöht. Entsprechend der RCP-Szenarien zur Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Luft bis 2100 (RCP: representative concentration pathways) ist davon auszugehen, dass sich die kontinuierliche Erwärmung bis zum Ende des laufenden Jahrhunderts mit einer Bandbreite von ca. +1,5 K (RCP-Szenario 2.6) bis ca. +5 K (RCP-Szenario 8.5)



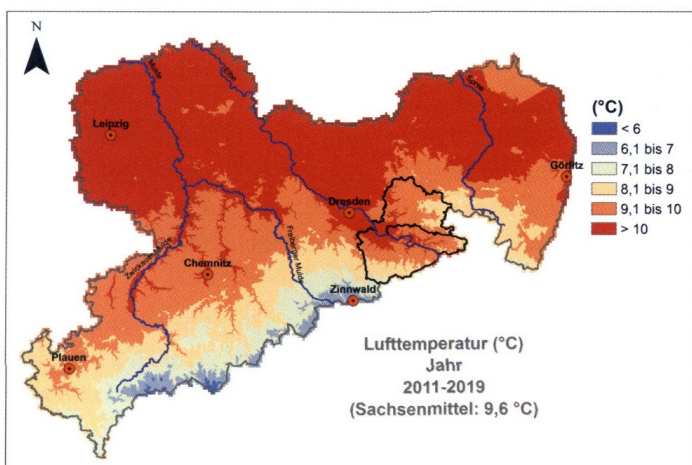
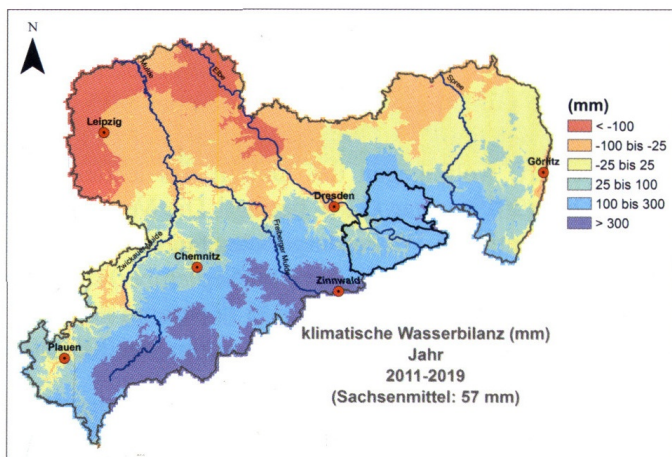
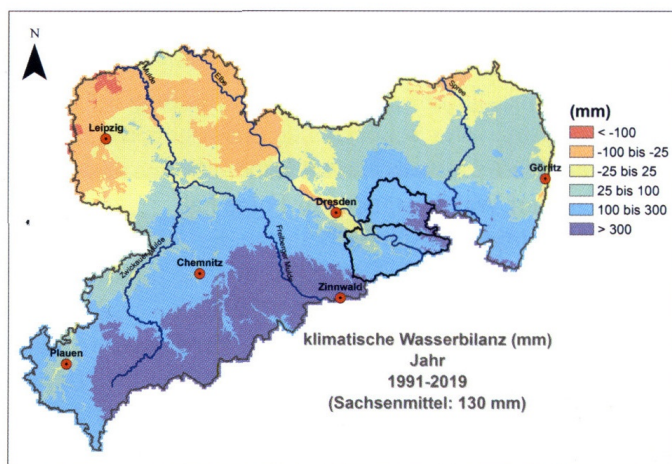
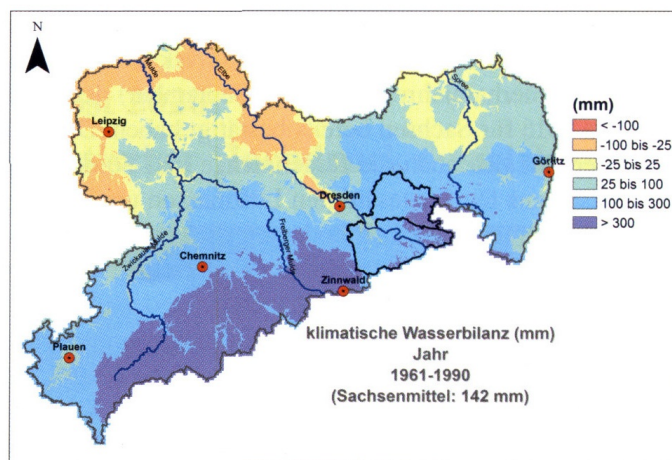
fortgesetzt. Dabei liegt das gegenwärtig erreichte Temperaturniveau (2011-2019) bereits bei ca. +1,3 K. Die letzten aufeinanderfolgenden 29 Jahreszeiten (bis einschließlich Sommer 2020) waren, mit zunehmenden graduellen Abweichungen, alle wärmer als ihre Referenz 1961-1990. Somit ist es der längste zusammenhängende Zeitraum seit 1881. Ausdruck der erhöhten Wärmebelastung im Sommerhalbjahr ist ein um ca. 35 % vermehrtes Auftreten von Sommertagen (Tagesmaximum >25°C). Die mittlere Anzahl von Frosttagen (Tagesminimum <0°C) hat um etwa 10 % abgenommen.

Die Atmosphäre kann pro Grad Erwärmung immerhin 7 % mehr Wasserdampf aufnehmen. Das hat fundamentale Bedeutung für das Klimasystem. Die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen (Kohlendioxid, Methan, Lachgas u.a.) erhöhen die Temperatur der Atmosphäre, was einen höheren Wasserdampfgehalt zur Folge hat. Dieser wirkt als natürliches Treibhausgas auf die Temperatur zurück und verstärkt somit die Treibhauswirkung der anthropogenen Treibhausgase (sog. positiver Rückkopplungseffekt). Darüber hinaus hat der Grad der Erwärmung grundlegenden Einfluss auf die Wolken- und letztlich Niederschlagsbildung, wobei von Wolken auch ein Strahlungseffekt auf das Klima ausgeht. Der Netto-Strahlungseffekt ergibt sich aus erwärmendem Treibhauseffekt (bei hohen Wolken dominierend) und abkühlendem Albedo-Effekt (bei niedrigen Wolken dominierend).

Vor dem Hintergrund eines zunehmend wärmeren Temperaturregimes stellt sich die Frage nach Änderungen im Niederschlagsverhalten.

In der Sächsischen Schweiz geht die um 0,9 K erhöhte **Jahresmitteltemperatur** mit einer Zunahme des mittleren Jahresniederschlages um 4 % (1991-2019 gegenüber dem Referenzwert 1961-1990) einher.

Das gegenwärtige Niveau (2011-2019) im mittleren **Jahresniederschlag** entspricht in etwa dem Referenzwert. Von wesentlich höherer Bedeutung ist allerdings die innerjährliche Verteilung der mittleren Niederschlagssummen und auch, in welcher Art der Niederschlag fällt. Mit ca. 230 mm waren die mittleren Niederschlagssummen in den Vegetationsperioden I (April, Mai, Juni) und II (Juli, August, Septem-



ber) des Referenzzeitraumes 1961-1990 in etwa gleich. Im Vergleichszeitraum 1991-2019 erfolgte hier eine Abnahme von 10 % in der Vegetationsperiode I und eine Zunahme von 12 % in der Vegetationsperiode II.

Gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 war im Vergleichszeitraum 1991-2015 ca. 70 % der Sächsischen Schweiz von Zunahmen im jährlichen Auftreten von **Starkregenereignissen** und deren mittlerer Intensität (hier sogar weitgehend flächendeckend) betroffen. Entscheidend dafür sind die beobachtete starke und weitgehend flächendeckende Zunahme von Starkniederschlägen in den Sommermonaten. Hieraus ergibt sich ein deutlicher Hinweis auf die

Intensivierung des konvektiven Starkregengeschehens, was Untersuchungen zum allgemeinen Konvektionspotential in den Sommerhalbjahren (April bis September) der Jahre 2001 bis 2016 für Sachsen bereits bestätigt haben. Darüber hinaus erhöht sich auch die Regenmenge von Starkregenereignissen aus feuchtegesättigten Luftmassen um 7 % pro Grad Erwärmung. Letztlich bedeuten die Änderungen im Starkregenverhalten, dass mittlere Niederschlagssummen einen zunehmend höheren Starkregenanteil aufweisen. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass länger andauernde niederschlagsarme bzw. -freie Witterungsabschnitte von Starkregenereignissen unterbrochen werden, was sich wiederum auf die Abflusseigenschaften der Bodenoberfläche auswirkt und zu mehr schnellabfließendem Oberflächenwasser führt.

Ergänzend sei noch erwähnt, dass der Niederschlag bei höheren Temperaturen im Winter eher als Regen denn als Schnee fällt bzw. die Schneedecke einen höheren Flüssigwassergehalt aufweist und somit höhere Schneelasten beispielsweise auf Waldbestände zur Folge hat.

In der Sächsischen Schweiz führten die um 0,9 K erhöhte Jahresmitteltemperatur und die um 10 % erhöhte mittlere Anzahl der jährlichen Sonnenstunden zu einer Zunahme der mittleren jährlichen potentiellen **Verdunstung** (auch Sättigungsdefizit der Atmosphäre) um 10 % (1991-2019 gegenüber 1961-1990). Das gegenwärtige Niveau (2011-2019) liegt um 13 % über dem Referenzwert.

Die klimatische Wasserbilanz ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung und bezeichnet somit das potentielle Wasserdargebot. Die mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz in der Sächsischen Schweiz hat sich um 13 % (1991-2019 gegenüber 1961-1990) verschlechtert, wohingegen das Defizit des letzten Jahrzehnts (2011-2019) sogar -32 % beträgt! Die Verschlechterung des potentiellen Wasserdargebotes fand insbesondere während der Vegetationszeit (April bis September) statt. Das langjährige Defizit betrug hier -20 % (Zeitraum von 1991-2019 gegenüber 1961-1990) und im Zeitraum von 2011-2019 immerhin -47 %!

Besonderheit der gegenwärtigen Situation

Seit Herbst 2013 traten in den Jahreszeiten bis einschließlich Sommer 2020 vermehrt atmosphärische Bedingungen auf, die den Aufbau bzw. die Ausprägung von Trockenheit in Sachsen begünstigen. So baute sich von November 2017 bis August 2020 ein kumulatives Niederschlagsdefizit von -22 % (ca. 520 l/m²) gegenüber dem Zeitraum 1961-1990 in der Sächsischen Schweiz auf.

Aus den weitreichenden und noch anhängigen Folgen leitet sich die Frage nach der Besonderheit der gegenwärtigen Situation gegenüber früher aufgetretenen Niederschlagsdefiziten ab. Aufgrund des sehr hohen thermischen Niveaus (+2,2 K gegenüber 1961-1990) und des sehr großen Strah-

lungsüberschusses (+25 % gegenüber 1961-1990) erhöhte sich die potentielle Verdunstung im genannten Zeitraum um 20 % (ca. 350 l/m²) gegenüber 1961-1990. Auf diese enorme atmosphärische Sogwirkung reagiert die Landoberfläche mit der tatsächlichen Verdunstung. Das hat sehr hohe Verdunstungsraten von Wasserflächen und bei anhaltenden Niederschlagsdefiziten eine weitgreifende Ausschöpfung des Bodenwassers bis in tiefere Schichten zur Folge.

Hinzu kommt, dass Wassermangel die tatsächliche Verdunstung unterdrückt und sich somit die bodennahe Luft zusätzlich erwärmt. Kritisch ist, dass über kurzfristige Niederschlagsüberschüsse keine Kompensation erreicht werden kann. Für das System Boden-Pflanze-Atmosphäre stellt das gleichzeitige und anhaltende Auftreten (Einwirkzeit!) von Temperatur- und Niederschlagsextremen besondere Risiken mit weitreichenden Folgen dar.

Ergebnisse

- Die hohe natürliche Variabilität in der regionalen Klimaentwicklung ist zunehmend von einem Erwärmungstrend überlagert, was komplexe Auswirkungen zur Folge hat.
- Das Risiko im Auftreten witterungsbedingter Extreme hat sich erhöht, auch deren gleichzeitiges und/oder länger anhaltendes Auftreten.
- Die Änderungen im Temperatur- und Niederschlagsregime begünstigen zunehmend den Aufbau bzw. die Ausprägung von Trockenheit. Hierbei treten längerfristige Niederschlagsdefizite und kurzfristige -überschüsse gleichzeitig auf; verstärken hohe Temperaturen die Wirkung eines Niederschlagsdefizites, infolge der Verdunstung; schreitet die gemessene Temperaturentwicklung im Vergleich zur projizierten schneller voran.

Zur Bewältigung der Herausforderung Klimawandel empfiehlt sich eine solide Doppelstrategie der Art „Das Unbeherrschbare vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen!“ (zit. Hans Joachim Schellnhuber). Dies bedeutet unter dem Motto „Global Denken und Lokal Handeln“ ein aktives und gleichzeitiges Betreiben von Klimaschutz und Anpassung an die Folgen. Zur Anpassung ist die Etablierung eines intelligenten Wassermanagements von zentraler Bedeutung, das die Überführung des potentiellen in ein nutzbares Wasserdargebot zum Ziel hat und ein nachhaltiges Landmanagement als Baustein einschließt. Letzteres zielt auf den Wasserrückhalt im Landschaftswasserhaushalt durch Landschaftselemente und nachhaltige Flächenbewirtschaftung ab.

Dr. Johannes Franke,
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie