

4.4 Strahlung

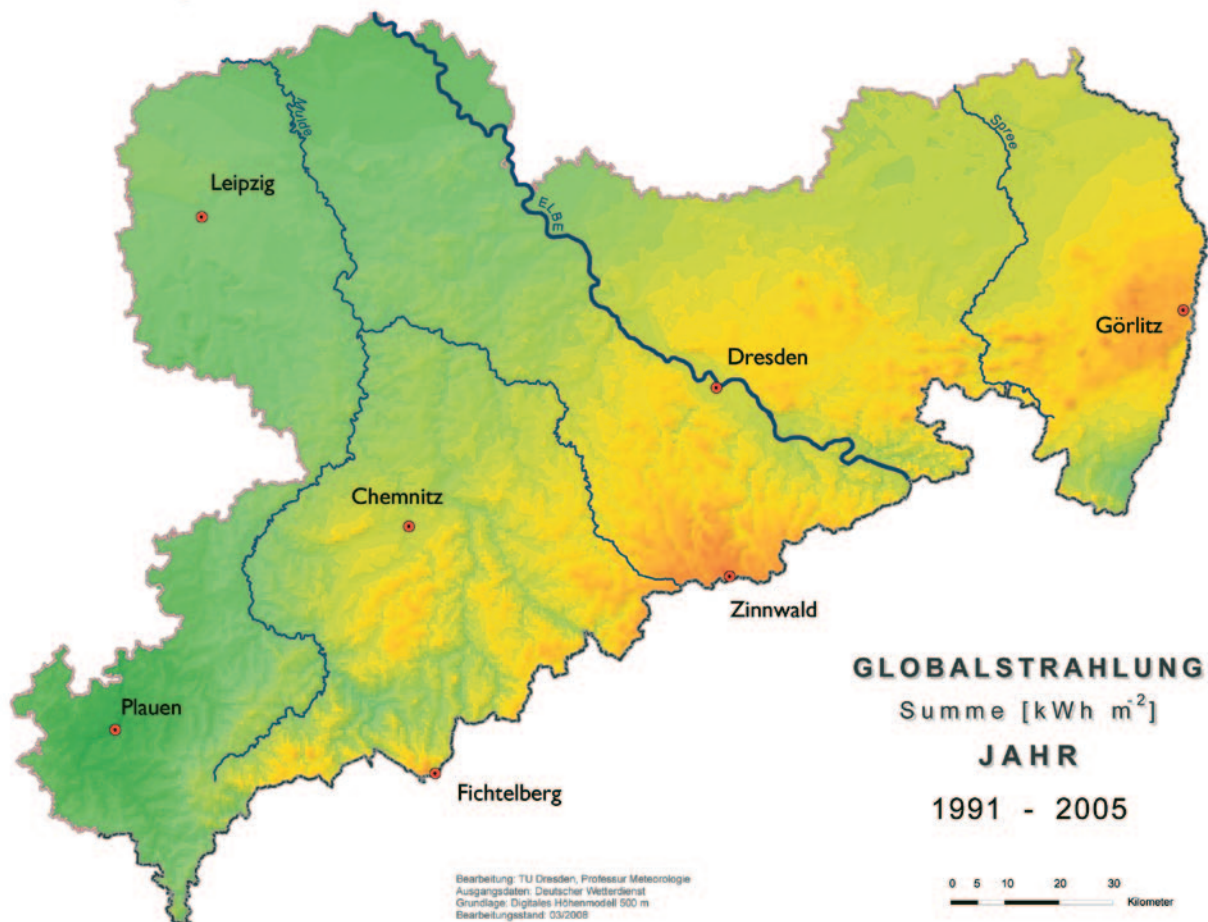
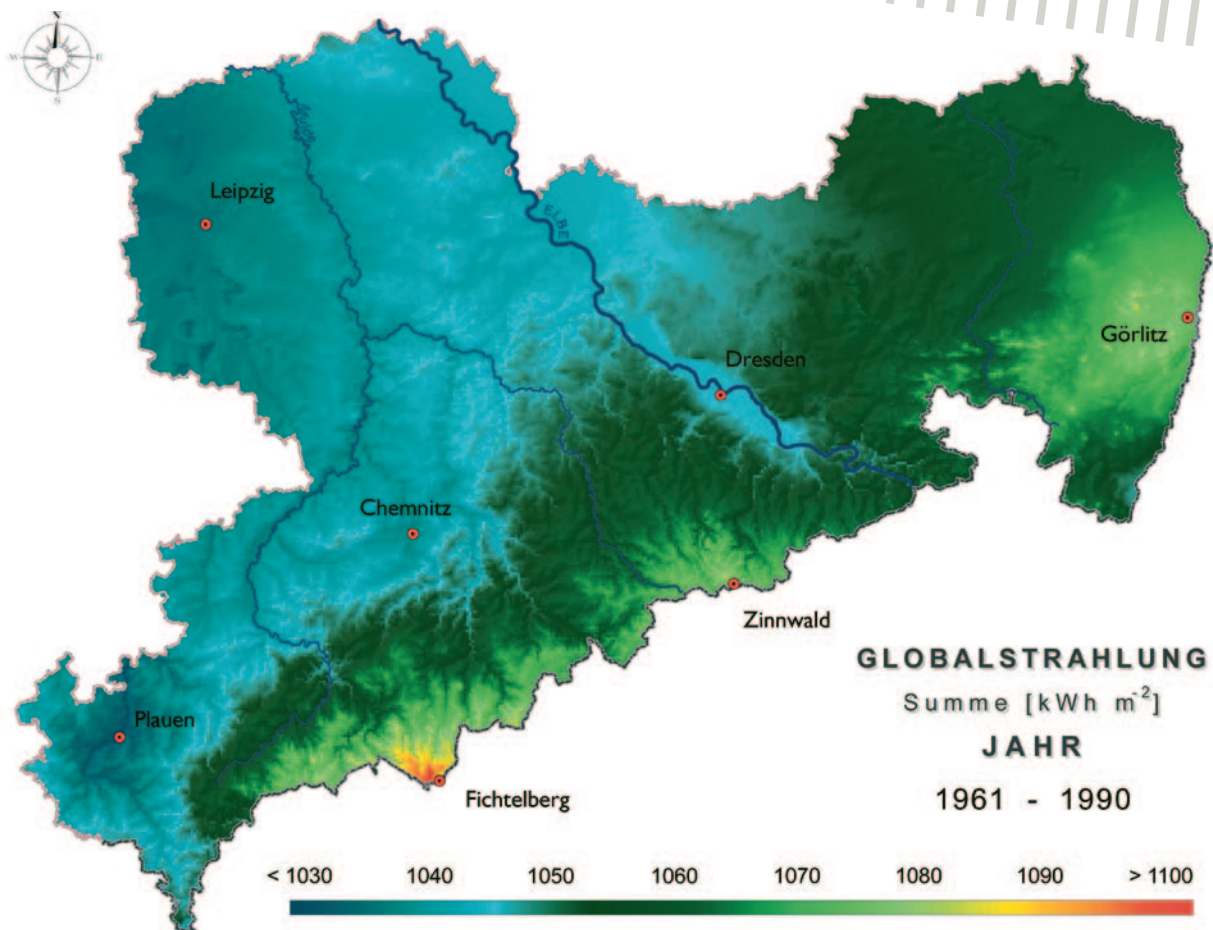
4.4.1 Globalstrahlung



4.4.1.1 Karten

In den Abbildungen 4.4.1.1-1 bis 4.4.1.1-3 sind die Karten für die Jahressummen und die Summen für Sommer- und Winterhalbjahr der Globalstrahlung dargestellt. Die Globalstrahlung an einem Ort ist von zwei Faktoren abhängig - zum einen von der Sonnenscheindauer und zum anderen von der Länge des Weges, den die Strahlung durch die Atmosphäre bis zum Erdboden zurücklegen muss. Die Sonnenscheindauer ist neben der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer maßgeblich vom Bedeckungsgrad des Himmels durch Wolken abhängig, während die Weglänge der Strahlung im Wesentlichen von der Höhe über NN abhängt. Mit der Entfernung vom Meer nimmt die Kontinentalität zu und damit die Bewölkungshäufigkeit ab, so dass in Sachsen die Globalstrahlung in Richtung Osten tendenziell zunimmt. Mit der Höhe nimmt die Wahrscheinlichkeit für Wolkenbildung zu, so dass sich beide Faktoren im Gebirge gegenseitig beeinflussen. In der Formel zur Berechnung der Globalstrahlung wird die Änderung der Weglänge durch eine Höhenkorrektur berücksichtigt, die im Gebirge einen Gewinn zwischen 6 % und 12 % gegenüber dem Flachland bringt (Kap. 3.4.3.1). Zum Vergleich betrug der Unterschied der Sonnenscheindauer zwischen Fichtelberg und Dresden im Mittel in der Periode 1961-1990 etwa 2 % und in der Periode 1991-2005 über 10 %, sodass die beiden Einflüsse in den verschiedenen Perioden und Jahreszeiten unterschiedlich stark hervor treten.

Bei den Jahressummen in der Periode 1961-1990 ist der Höhengradient dominanter. So werden die höchsten Werte in den Kammlagen des Erzgebirges um den Fichtelberg mit etwa 1100 kWh/m² erreicht. Ein zweites Strahlungsmaximum ist im Osten Sachsens zu finden. Hier wurden in der ersten Periode Jahressummen um 1080 kWh/m² bestimmt. Hier zeigt sich der Einfluss der zunehmenden Kontinentalität. Das Minimum im Leipziger Land von etwa 1035 kWh/m² ist wahrscheinlich mit der Industrietätigkeit im Raum Leipzig erklärbar. Erhöhte Aerosolgehalte in der Luft haben dort häufigere Bewölkung und mehr Nebeltage zur Folge. Im Vogtland, wo ähnlich niedrige Werte erreicht werden, wird durch die Beckenlage Plauens die Ansammlung von Aerosolen in der Luft begünstigt. Da im Regionalisierungsverfahren der Messwert Plauens die einzige Stützstelle für die Region Vogtland war, wird die Globalstrahlung dort wahrscheinlich etwas unterschätzt. Die Periode 1991-2005 weist gegenüber dem Referenzzeitraum eine homogenere Verteilung auf, wobei hier der West-Ost-Gradient dominanter ist. Insgesamt ist eine Erhöhung der Globalstrahlung festzustellen, besonders im Leipziger Land. Die erreichten Werte liegen zwischen 1070 kWh/m² im Vogtland und 1090 kWh/m² am Ostrand Sachsens bzw. in den Kammlagen des Erzgebirges, wo sich der Strahlungsinput zwischen den Perioden kaum geändert hat.



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500 m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.4.1.1-1 | Mittlere Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/ m²] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



Die Verteilung der Strahlungswerte des Sommerhalbjahres, in dem mehr als dreiviertel der jährlichen Strahlungsleistung erbracht wird, zeigt in beiden Untersuchungszeiträumen einen ausgeprägteren West-Ost-Gradienten. In der Periode 1961-1990 hebt sich besonders der Chemnitzer Raum als Industriezentrum mit niedrigen Werten ab. Auch im Dresdner Elbtal wird die lokale Industrietätigkeit deutlich. Das Minimum mit etwa 780 kWh/m^2 ist wieder im Vogtland zu finden (mögliche Unterschätzung). Die höchste Globalstrahlung zeichnet sich mit etwa 820 kWh/m^2 deutlich am Ostrand Sachsens ab. In der Periode 1991-2005, in der die Schadstoffemission durch Industrie nachgelassen hat, ist in den niederen Lagen eine deutliche Zunahme zu erkennen. Im Gebirge wird die Abnahme der Industrietätigkeit durch eine Zunahme der Sommerniederschläge kompensiert, so dass in den Kammlagen die Werte relativ gleich bleiben und sich neben dem weiterhin deutlichen West-Ost-Gradient ein negativer Höhengradient einstellt. Das Maximum im Osten Sachsen beträgt etwa 840 kWh/m^2 und das Minimum im Vogtland etwa 805 kWh/m^2 .

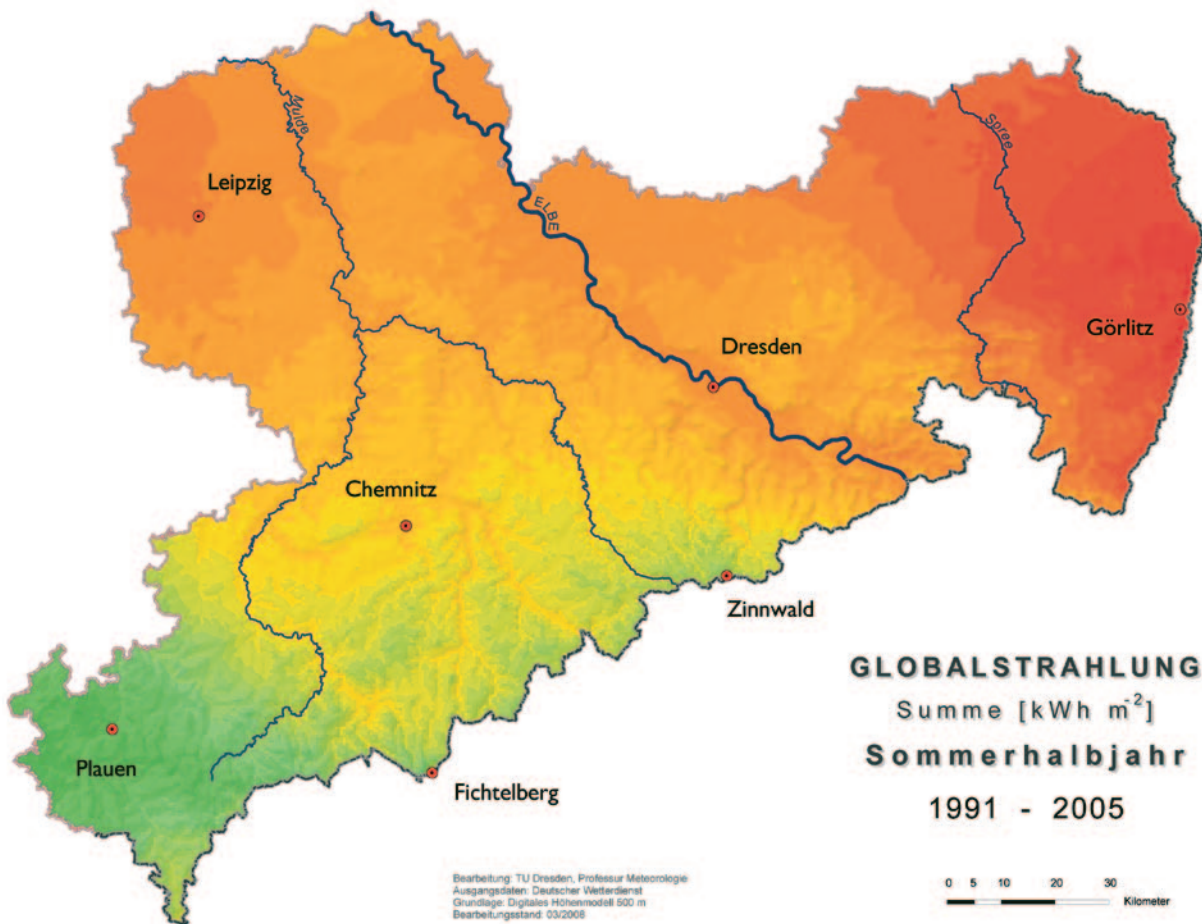
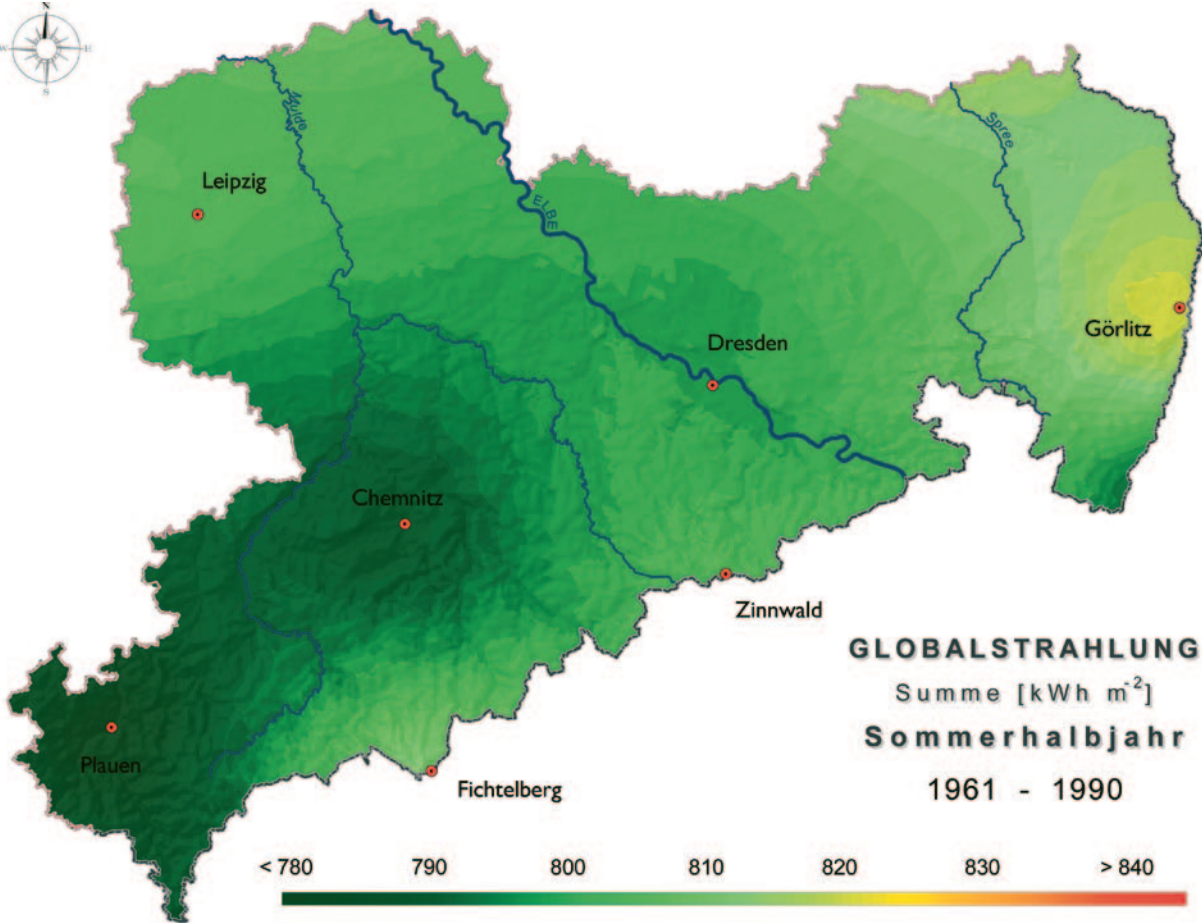
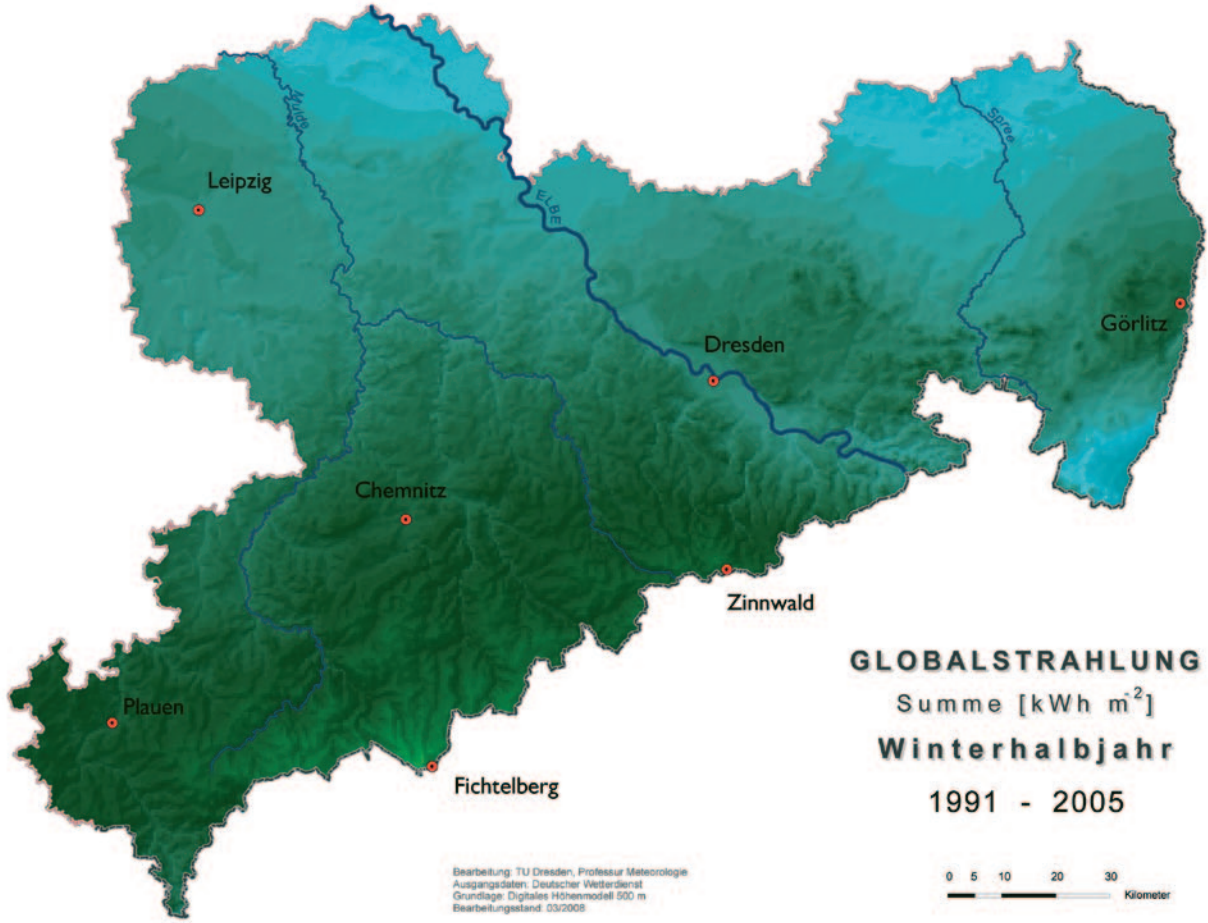
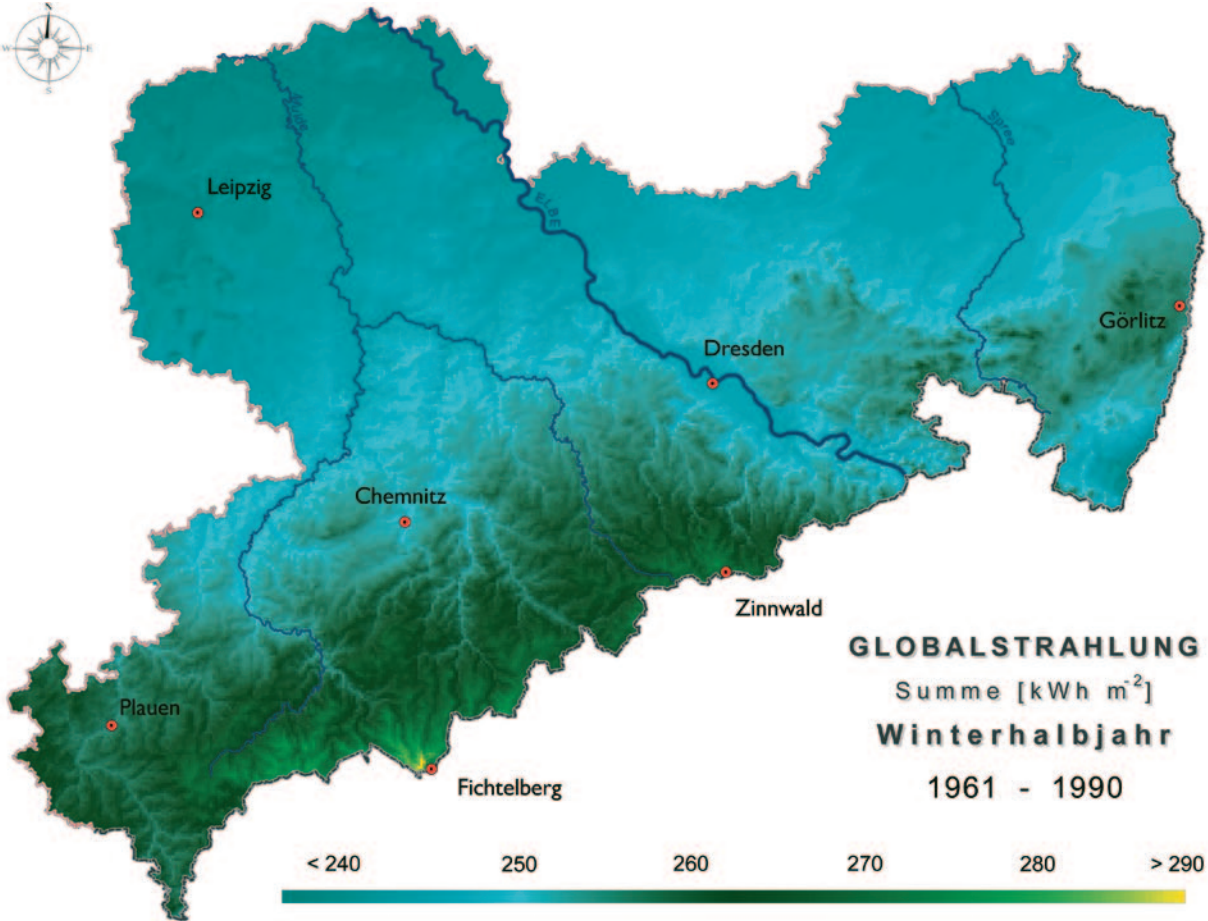


Abb. 4.4.1.1-2 | Mittlere Summe der Globalstrahlung [kWh/m²] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



Im Winterhalbjahr ist die Sonneneinstrahlung sehr niedrig. Die Verteilung in Sachsen ist von einem deutlich positiven Höhengradienten geprägt, da die Kammlagen bei Inversionswetterlagen deutlich von mehr Sonnenschein profitieren. Nur im Lausitzer Gebirge ist die Globalstrahlung aufgrund möglicher Industriebeeinflussung aus den Nachbarstaaten entgegen dem Gradienten deutlich niedriger. Zwischen den Perioden 1961-1990 und 1991-2005 ist in den niederen Regionen allgemein eine Zunahme festzustellen, während in den Kammlagen die Strahlung etwa konstant bleibt. In der ersten Periode liegen die Werte zwischen 240 kWh/m² im Leipziger Raum bzw. Lausitzer Gebirge und 285 kWh/m² in den Kammlagen des Erzgebirges, in der zweiten zwischen 245 kWh/m² im Lausitzer Gebirge und 280 kWh/m² in den Kammlagen.



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500 m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.4.1.1-3 | Mittlere Summe der Globalstrahlung [kWh/m²] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



4.4.1.2 Mittlerer Jahresgang

In Abbildung 4.4.1.2-1 sind die mittleren Jahresgänge der Globalstrahlung der Referenzperiode und die mittleren Änderungen in der Vergleichsperiode dargestellt. Als Ausnahme ist der Jahresgang der Station Zinnwald zu betrachten, da an dieser Station die Datenaufzeichnung erst 1971 begann und somit der mittlere Jahresgang aus einer deutlich kürzeren Datenreihe errechnet wurde. Im Vergleich zu den anderen Stationen, die im folgenden etwas näher beschrieben werden, ist aber festzustellen, dass die typischen Charakteristiken der Verläufe an den anderen Stationen auch in Zinnwald erkennbar sind. Vor allem die Abnahme im Herbst und die allgemeine Zunahme während der anderen Monate im Vergleichszeitraum werden auch in Zinnwald deutlich (siehe folgender Text).

Typisch für die Globalstrahlung ist, dass sich ihr Verlauf als Glockenkurve darstellt. Maßgeblich dafür ist der Jahresgang des Sonnenhöchststandes und der Tageslänge bzw. der maximal möglichen Sonnenscheindauer. Das Maximum tritt dementsprechend im Sommer auf, wenn die Sonne also zum einen am höchsten steht und somit die meiste Energie pro Fläche einträgt und zum anderen auch am längsten scheint, also über längere Zeit mehr Energie einträgt als in den anderen Jahreszeiten. Obwohl die Sonne im Juni ihren Höchststand erreicht, wird das Strahlungsmaximum allgemein im Juli erreicht, das zum einen an der Monatslänge von 31 Tagen und zum anderen an häufigeren Hochdrucklagen in diesem Monat liegt. In der Periode 1961-1990 wird der höchste Wert in Görlitz mit 161 kWh/m^2 , der niedrigste Wert in Leipzig mit 151 kWh/m^2 ermittelt. Das Jahresminimum tritt erwartungsgemäß im Dezember auf, wenn die Tage am kürzesten sind. Die geringste Strahlung mit 18 kWh/m^2 wird wieder in Leipzig erreicht, der höchste Wert am Fichtelberg mit 25 kWh/m^2 . Der Unterschied zwischen Gebirge und Tiefland in den Wintermonaten war bereits in den Karten der Globalstrahlung sichtbar. Der erhöhte Strahlungsgenuss der oberen Gebirgslagen ist zurückzuführen auf eine hö-

here Strahlungsintensität aufgrund geringerer Luftdichte und geringerer Bewölkung bei häufig auftretenden Inversionslagen.

Wie ebenfalls aus den Kartendarstellungen ersichtlich war, ist auch bei den Einzelmonaten der Referenzstationen in der Vergleichsperiode eine allgemeine Zunahme der Globalstrahlung festzustellen. An der Station Leipzig ist beispielsweise durchweg eine Zunahme der Strahlung zwischen 3 % und 14 % zu verzeichnen, die prozentual in jedem Monat die höchste aller Stationen ist. Zum großen Teil kann diese Entwicklung der nachlassenden Industrietätigkeit nach 1990 zugeschrieben werden, wodurch die Atmosphäre allgemein klarer geworden ist und somit auch die Voraussetzung für Wolkenbildung abgeschwächt wurde. Diese Ursache kann auch auf die anderen städtischen Stationen übertragen werden, an denen sich Veränderungen zwischen 1 % und 8 % ergeben. An diesen Stationen sind besonders im Oktober auch Abnahmen der Globalstrahlung gegenüber der Referenzperiode festzustellen. Ein etwas anderes Bild im Vergleich zu den städtischen Stationen zeigt der Fichtelberg, der von Industrietätigkeit relativ unbeeinflusst war. Hier halten sich Zunahmen und Abnahmen in etwa die Waage mit einer leichten Tendenz zur Abnahme. Während die maximale Zunahme 4,5 % im Januar erreicht, ist im Oktober eine maximale Abnahme von 10 % zu erkennen. Die Abnahme der Strahlung in diesem Monat bei fast allen Stationen geht einher mit dem häufigeren Auftreten der zyklonalen Südwestwetterlage auf Kosten von Hochdruckperioden, wodurch mehr feuchte Luftmassen nach Sachsen gelangen. Dies hat zur Folge, dass die Sonnenscheindauer durch vermehrte Bewölkung verringert wird. Im Wesentlichen decken sich die Änderungen der Globalstrahlung mit denen des Niederschlags (siehe Kap. 4.2.2). In Monaten, in denen der Niederschlag geringer geworden ist, hat sich die Globalstrahlung deutlich erhöht. Bei positiver Niederschlagsentwicklung ist dagegen eine Abnahme bzw. nur geringe Zunahme der Globalstrahlung festzustellen.

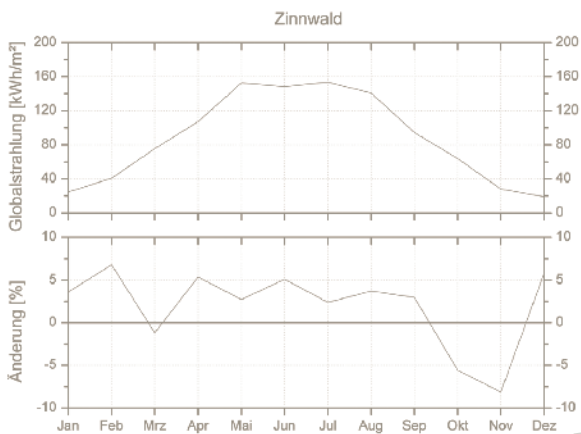
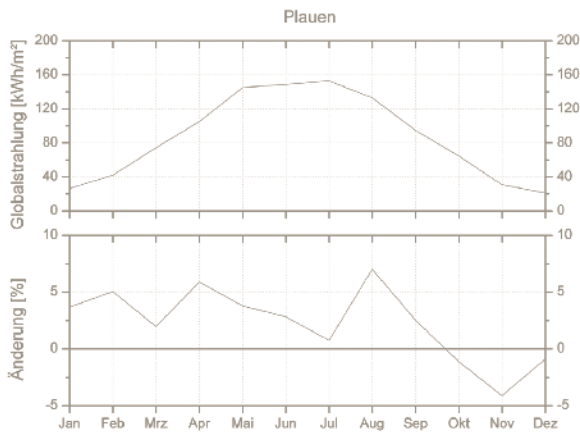
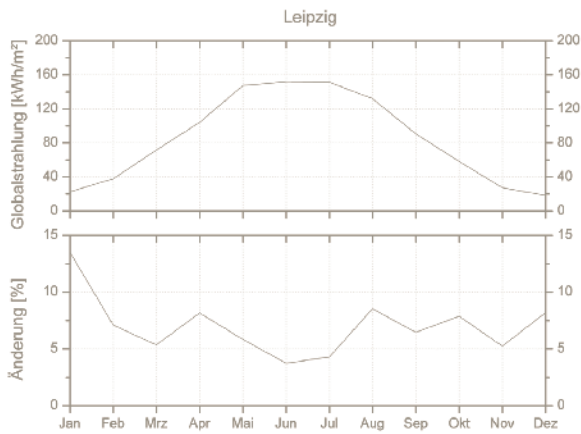
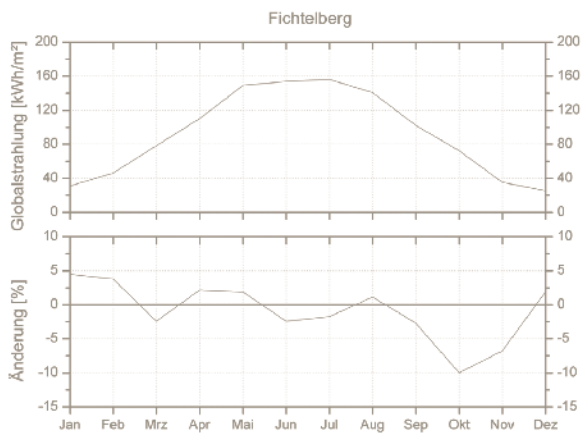
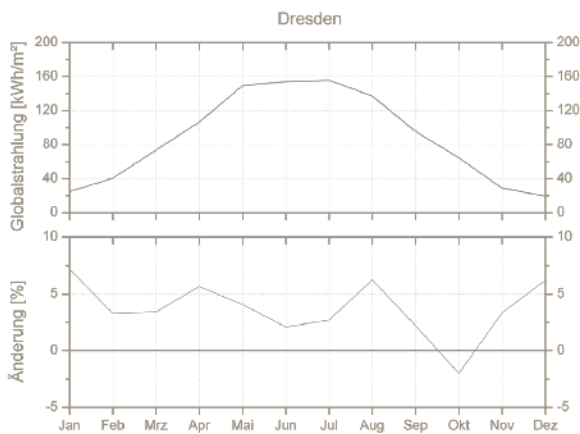
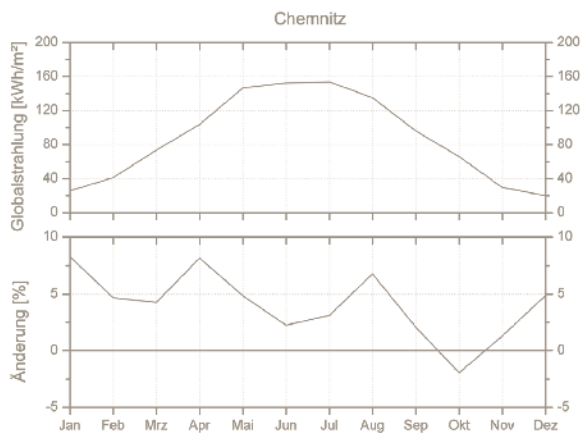


Abb. 4.4.1.2-1 | Mittlerer Jahresgang der Globalstrahlung [kWh/ m²] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen



4.4.1.3 Langzeittrends

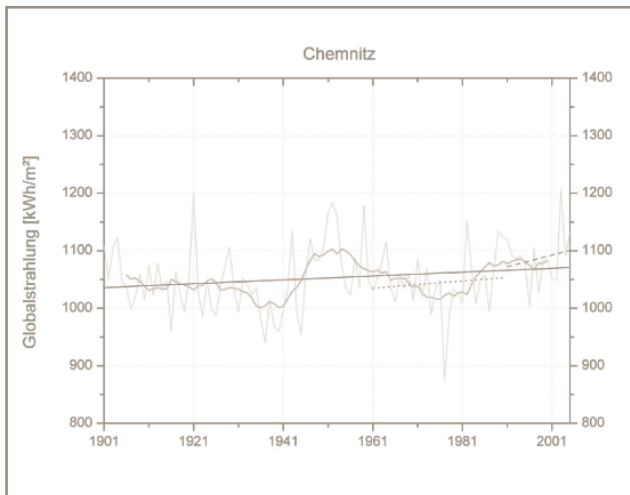
Bei Betrachtung der langjährigen Reihen der Globalstrahlung an den Referenzstationen in Abbildung 4.4.1.3-1 erkennt man, dass alle Stationen eine eigene Charakteristik aber auch Gemeinsamkeiten aufweisen. Es ist ersichtlich, dass bei allen Stationen die Werte zwischen den Jahren stark schwanken können. Der größte Schwankungsbereich ist auf dem Fichtelberg festzustellen. Der Maximalwert wurde hier im Jahr 1933 mit 1337 kWh/m^2 und der Minimalwert im Jahr 1926 mit 930 kWh/m^2 erreicht, was einem Schwankungsbereich von über 400 kWh/m^2 entspricht. Am geringsten ist die Schwankungsbreite in Dresden mit 268 kWh/m^2 . Wenn man die langfristige mit den kurzfristigen Entwicklungen vergleicht lassen sich zwei Ursachen finden, die das Strahlungsregime beeinflussen. Zum einen sind das die großräumige Witterung und zum anderen die Industrie.

Die Entwicklung über die langen Zeiträume ist bei allen Stationen außer Chemnitz negativ, in Leipzig und Görlitz sogar signifikant (fettgedruckte Werte in Tabellen). Diese Entwicklung geht einher mit dem häufigeren Auftreten von zyklonalen Großwetterlagen, die verantwortlich für Wetter mit Wolken und Regen sind. Insbesondere die Wetterlage „Südwestlage, zyklonal“ tritt jetzt deutlich häufiger auf als am Anfang des 20. Jahrhunderts. Dagegen haben die antizyklonalen und Hochdruckwetterlagen abgenommen, die für wolkenloses Wetter sorgen. Besonders das Hoch Mitteleuropa tritt deutlich seltener auf (siehe Kap. 4.9.2). Chemnitz profitiert möglicherweise von häufigerem Föhn-Einfluss bei häufigerer Südanströmung.

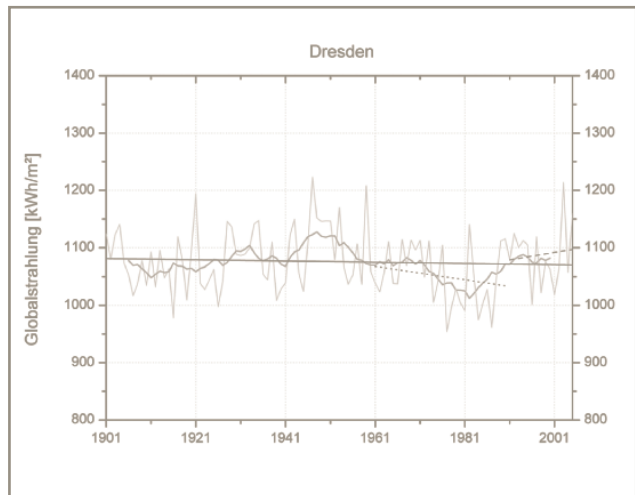
Die kurzzeitigen Entwicklungen zeigen einen Zusammenhang zur Industrieentwicklung. Erhöhte Industrietätigkeit führt zu erhöhter Schadstoffbelastung in der Atmosphäre. Damit verbunden sind häufigere Dunst- und Nebeltage sowie erhöhte Wolkenbildung. So ist nach dem 2. Weltkrieg bei allen Stationen eine Phase mit hohen Strahlungswerten zu erkennen. Das 11-jährige Gleitmittel (tiefpassgefilterte Reihe) liegt in dieser Zeit an den Stationen im Bereich 1100 bis 1160 kWh/m^2 mit dem Maximum von 1162 kWh/m^2 in Görlitz. Danach sinken die Werte kontinuierlich ab. In der Folge stellt sich ein Strahlungsminimum

ein, das zu unterschiedlichen Zeitpunkten an den Stationen erreicht wird. Zum Beispiel ist in Leipzig die Phase mit den geringsten Werten in den 60er Jahren mit einem minimalen Gleitmittel von 977 kWh/m^2 zu erkennen. Bei den anderen Stationen stellt sich das Minimum erst Ende der 70er bzw. Anfang der 80er Jahre auf einem etwas höheren Niveau ein. Aufgrund der wahrscheinlich geringeren Beeinflussung durch Industrie fällt es auf dem Fichtelberg weniger deutlich aus als in den Städten. Im weiteren Verlauf nimmt die Strahlung wieder kontinuierlich bis 1990 zu. Das unterstreichen auch die Trends für die Periode 1961-1990, die an den meisten Stationen positiv ausfallen (siehe Abbildung 4.4.1.3-1). Signifikant ist er nur in Leipzig, wo die Phase der Strahlungszunahme schon eher begonnen hat als an den anderen Stationen. Nur an den beiden östlichen Stationen Dresden und Görlitz ist die Entwicklung im Referenzzeitraum negativ. In Dresden ist in den 70er Jahren noch ein starker Rückgang der Strahlung erkennbar, während in Görlitz der Anstieg nach dem Minimum bis 1990 etwas schwächer ausfällt als an den anderen Stationen. Nach 1990 ist nach kurzer Strahlungsabnahme ein erneuter Anstieg zu erkennen. Besonders durch die hohen Strahlungswerte im Jahr 2003 sind für den Vergleichszeitraum außer in Leipzig positive Trends festzustellen, die aber aufgrund der kurzen Periode nicht signifikant sind.

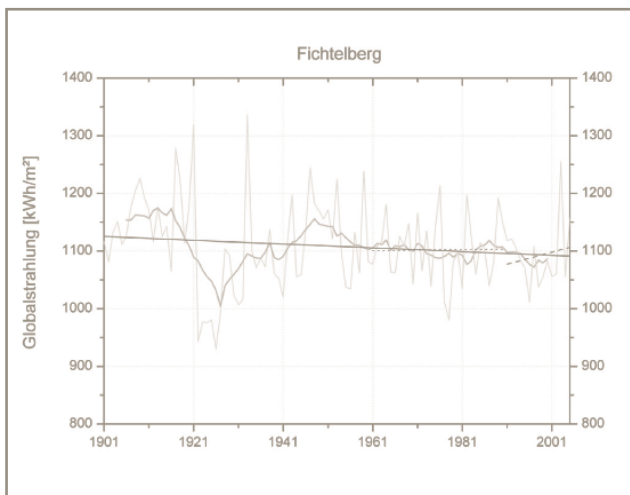
Da die Datenaufzeichnung in Zinnwald erst 1971 begonnen wurde, sind für diese Station noch keine konkreten Aussagen möglich. Die kurze Reihe zeigt aber Ähnlichkeiten zum Verlauf in Leipzig. Bis 1990 hat die Globalstrahlung zugenommen, danach ist ein negativer Trend zu erkennen. Der negative Trend ist wahrscheinlich durch häufigere Südanströmungen erklärbar. Zinnwald liegt auf dem Kamm des Osterzgebirges, welches nach Süden sehr steil abfällt. Dadurch ist bei Strömungen aus Süden die Wahrscheinlichkeit für Wolken- und Hochnebelbildung etwas erhöht. Auch befinden sich südlich Industriestädte, wodurch mehr Aerosole herantransportiert werden.



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	+0,33 kWh/m²	1053,4 kWh/m ²
1961-1990	+0,62 kWh/m ²	1044,1 kWh/m ²
1991-2005	+2,02 kWh/m ²	1086,3 kWh/m ²

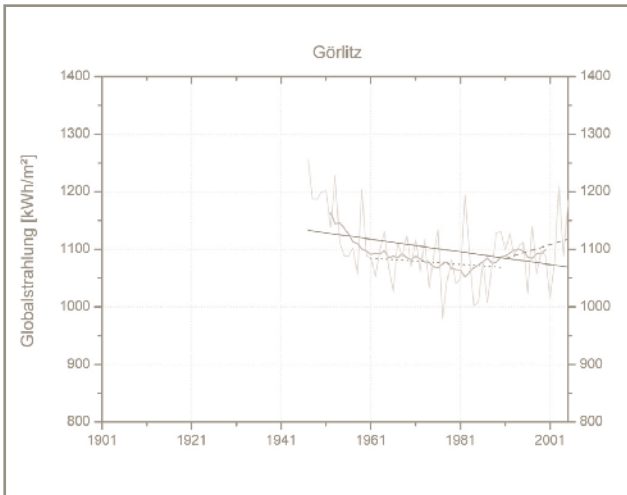


Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-0,11 kWh/m ²	1075,5 kWh/m ²
1961-1990	-1,15 kWh/m ²	1050,9 kWh/m ²
1991-2005	+1,29 kWh/m ²	1087,8 kWh/m ²

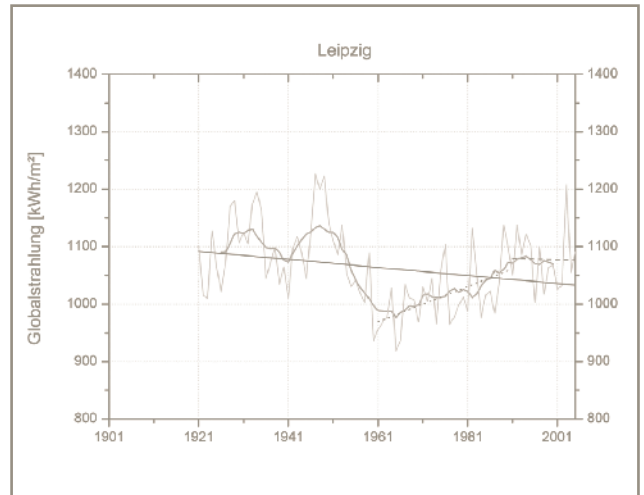


Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-0,33 kWh/m ²	1108,2 kWh/m ²
1961-1990	+0,10 kWh/m ²	1101,9 kWh/m ²
1991-2005	+2,02 kWh/m ²	1091,7 kWh/m ²

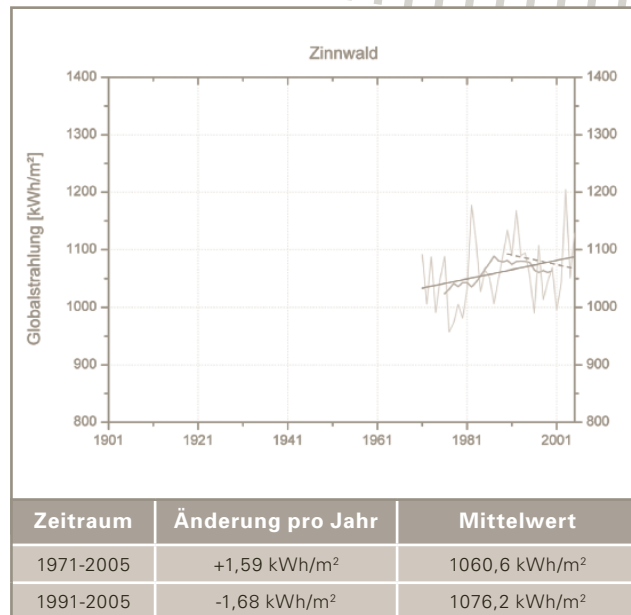
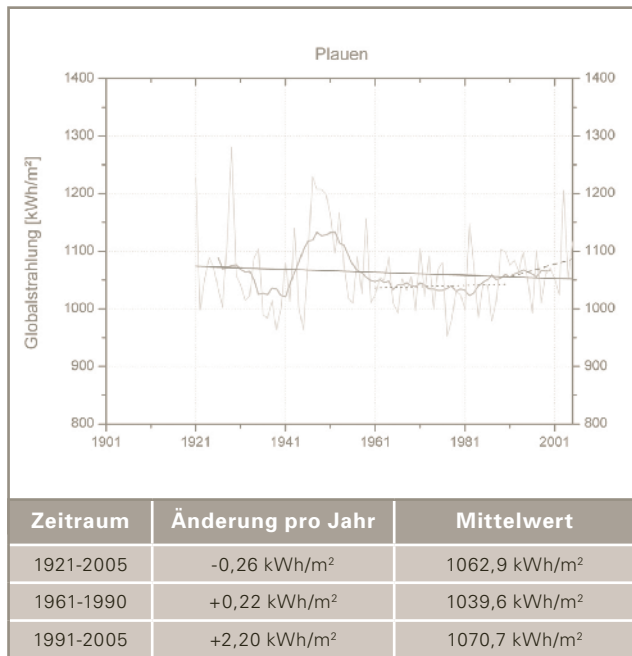
- Globalstrahlung (Urreihe)
- Globalstrahlung (tiefpassgefiltert)
- linearer Trend Urreihe
- linearer Trend 1961-1990
- linearer Trend 1991-2005



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1947-2005	-1,10 kWh/m²	1101,0 kWh/m ²
1961-1990	-0,55 kWh/m ²	1076,9 kWh/m ²
1991-2005	+2,39 kWh/m ²	1100,9 kWh/m ²



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1921-2005	-0,69 kWh/m²	1062,6 kWh/m ²
1961-1990	+3,06 kWh/m²	1014,1 kWh/m ²
1991-2005	-0,27 kWh/m ²	1077,6 kWh/m ²



— Globalstrahlung (Urreihe)
 — Globalstrahlung (tiefpassgefiltert)
 — linearer Trend Urreihe
 linearer Trend 1961-1990
 - - - - linearer Trend 1991-2005

Abb. 4.4.1.3-1 | Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/ m²] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)

4.4.2 Synthetische Einstrahlung



Die Abbildung 4.4.2-1 zeigt die Verteilung der berechneten (synthetischen) kurzwelligen Einstrahlung („Globalstrahlung“, s. Kap. 3.4.3.2) für die Monate Januar und Juli für Sachsen*.

Deutlich erkennbar ist der stärkere Einfluss des Reliefs im Januar mit hohen Werten der Einstrahlung z.B. an den Südhängen des Oberen Elbtals oder in verschiedenen Flusstälern des Erzgebirges und des Vogtlandes. Die großen Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass bei niedrigem Sonnenstand nördlich orientierte Hangexpositionen einen sehr flachen Einstrahlungswinkel und damit eine sehr geringe Intensität der kurzwelligen Einstrahlung aufweisen (s. dazu Kap. und Abb. 3.4.3.2).

Im Juli verwischen bei hohem Sonnenstand die Reliefunterschiede, da auch nördlich orientierte Hangexpositionen einen relativ hohen Einstrahlungswinkel und damit hohe Werte der kurzwelligen Einstrahlung aufweisen. Dafür tritt der Einfluss der Bewölkungszunahme in den Berglagen stärker hervor. Dies führt zu einer Abnahme der Einstrahlung mit der Seehöhe um bis zu 10% gegenüber dem Tiefland. Im Winter sind die Bewölkungsunterschiede zwischen Tiefland und Gebirge gering, und es dominiert der Geländeeffekt (Einfluss des Reliefs auf die Strahlung, s. Kap. 3.4.3.2) über dem Höheneffekt (Änderung der Einstrahlung mit der Höhe infolge Änderung der Luftdichte und Lufttrübung, s. Kap. 3.4.3.1) auf die Einstrahlung.

Bezogen auf das Jahr liegen die Absolutwerte der berechneten synthetischen kurzwelligen Einstrahlung für Horizontalflächen bei 900 KWh/m². Dieser Wert ist etwa um 10-15% niedriger als die mit der Angström-Beziehung ermittelten Globalstrahlungswerte, die für Sachsen je nach Höhenlage zwischen 900 und 1050 KWh/m² (DWD) bzw. 1000 und 1100 KWh/m² (Kap. 4.4.1) betragen. Die Ursachen liegen wahrscheinlich in einer abweichenden Parametrisierung des Einflusses der Luftdichte und Lufttrübung in den verwendeten Ansätzen (Kap. 3.4.3.2) im Vergleich zum Angström-Ansatz (Kap. 3.4.3.1). Insofern sind die dargestellten reliefbedingten Unterschiede als relative Unterschiede zu interpretieren. Ein direkter Vergleich mit den Angström-Werten ist nach Anbringung eines Pauschalaufschlages von etwa 10-15% auf die Werte der synthetischen Einstrahlung möglich.

Bei der Anwendung der Ergebnisse ist weiter zu beachten, dass die Bestimmung von reliefbedingten Unterschieden der kurzwelligen Einstrahlung stark von der Auflösung des Digitalen Höhenmodells abhängt. Bei der hier verwendeten horizontalen Auflösung von 500 m verwischen die Reliefunterschiede in kleinen, engen Flusstälern, die häufig das Landschaftsbild der Mittelgebirge in Sachsen prägen. Die realen Unterschiede können deshalb deutlich größer sein (vgl. dazu u. a. Flemming, 1994; Goldberg und Häntzschel, 2002).

* Der Begriff „Globalstrahlung“ wird hier analog zur Betrachtung ohne Geländeeinfluss verwendet, ist aber im strengen Sinne nur für eine horizontalparallele Betrachtung definiert.

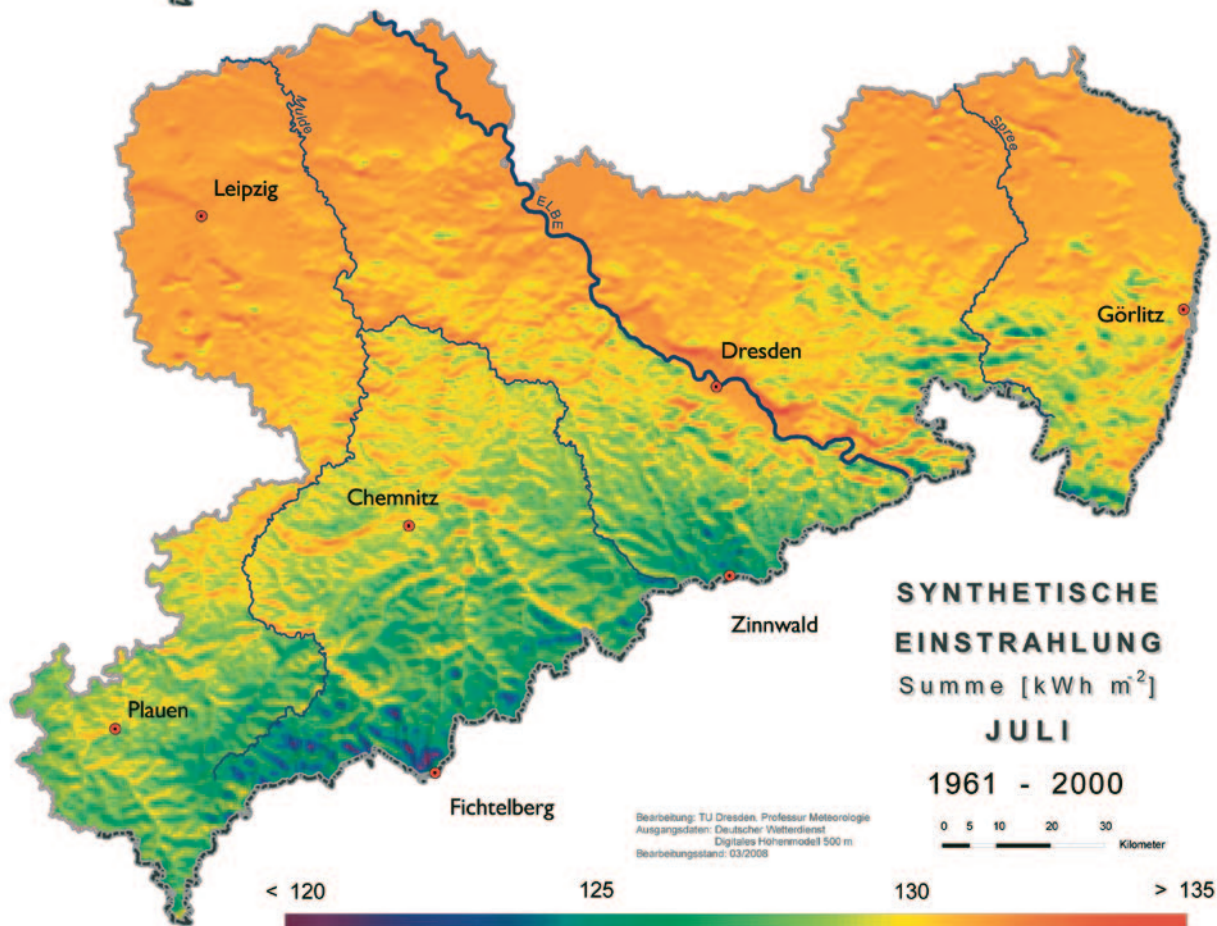
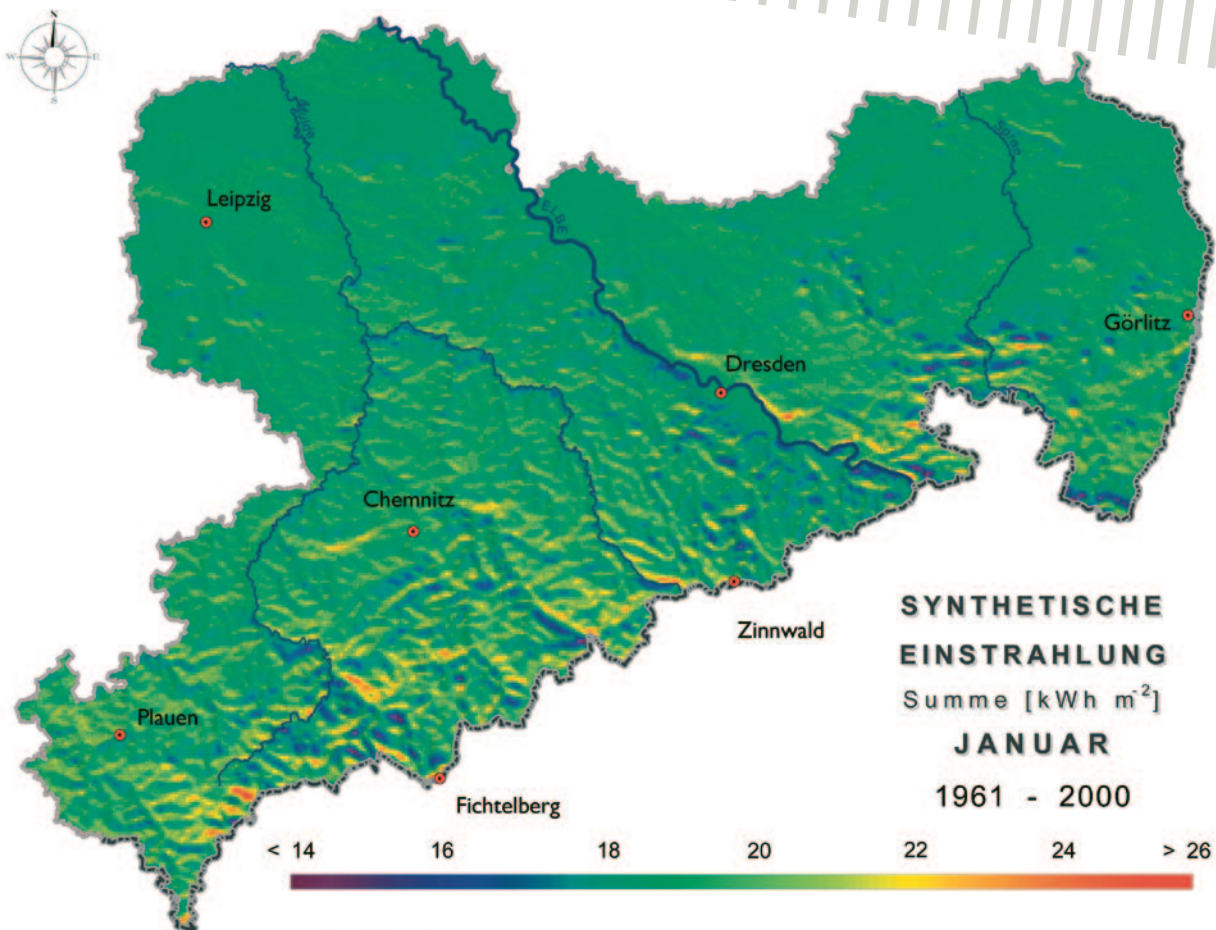


Abb. 4.4.2-1 | Synthetische kurzwellige Einstrahlung [kWh/m^2] für Januar und Juli in Sachsen, 1961-2000

4.4.3 Synthetische Strahlungsbilanz



Die Abbildung 4.4.3-1 zeigt die Verteilung der berechneten (synthetischen) Strahlungsbilanz (s. dazu Kap. 3.4.3.3) für die Monate Januar und Juli für Sachsen. Deutlich erkennbar ist der stärkere Einfluss des Reliefs im Januar mit hohen Werten der Nettostrahlung, z.B. an den Südhängen des Oberen Elbtals oder in verschiedenen Flusstälern des Erzgebirges und des Vogtlandes. Diese Differenzierung resultiert aus der Dominanz der kurzwelligen Einstrahlung in der Strahlungsbilanz als der am stärksten von den Reliefunterschieden beeinflussten Größe. Im Juli verwischen bei hohem Sonnenstand die Reliefunterschiede der kurzwelligen Einstrahlung (vgl. Kap. 4.4.2) und damit auch der Nettostrahlung. Dafür tritt deutlicher der Einfluss unterschiedlicher Landnutzung auf die Strahlungsbilanz hervor. Dieser Unterschied wird hauptsächlich durch das abweichende Reflexionsvermögen der Oberflächen im kurzwelligen Strahlungsbereich (Albedo) verursacht. So sind gut Wald- und Siedlungsgebiete (z.B. Tharandter Wald, Dresden, Leipzig, Waldgebiete im Erzgebirge) mit relativ niedriger Albedo und höherer Strahlungsbilanz gegen Acker- und Wiesenflächen mit relativ hoher Albedo und niedrigerer Strahlungsbilanz abgrenzbar (s. dazu Kap. 3.4.3.3).

Bei der Verwendung der Karten ist zu berücksichtigen, dass die Landnutzungs- und Reliefeffekte v. a. auf den Unterschieden im kurzwelligen Teil der Strahlungsbilanz basieren. Die Unterschiede im langwelligen Teil der Strahlungsbilanz (s. dazu Kap. 3.4.3.3) begründen sich auf der mittleren Höhenabhängigkeit der Bewölkung und des Wasserdampfdruckes (Gegenstrahlung) und der Oberflächentemperatur (Ausstrahlung). Landnutzungsbedingte Effekte auf die Oberflächentemperatur wie z.B. Wärmeinseleffekte der Ballungsgebiete (Januar) oder vergleichsweise kühle Wasser- und Waldflächen (Juli) wurden nicht beachtet.

Der Vergleich mit Messwerten aus dem Tharandter Wald zeigt, dass für den Januar zu hohe Werte der Strahlungsbilanz berechnet wurden. Die gemessene Strahlungsbilanz ist oftmals schwach negativ (ca. -3.6 kWh/m^2) und liegt nicht im leicht positiven Bereich wie die Rechenwerte (Abb. 4.4.3-1). Das ist v. a. darauf zurückzuführen, dass bei der Berechnung der synthetischen Strahlungsbilanz aufgrund der fehlenden flächendeckenden Datengrundlage von einer schneefreien Unterlage mit konstanter Albedo in allen Jahreszeiten ausgegangen wurde. Tatsächlich ist aber eine zeitweise vorhandene winterliche Schneedecke im Januar mit einer deutlich erhöhten Albedo verbunden (Werte zwischen 0.5 und 0.9, im Vergleich zu 0.1 für Nadelwald ohne Schneedecke). Dadurch verkleinert sich der kurzwellige Anteil der Strahlungsbilanz (Kap. 3.4.3.3) und damit der Betrag der gesamten Nettostrahlung deutlich.

Im Juli stimmen Messwerte und Berechnung für Horizontalflächen im Tharandter Wald mit jeweils ca. 100 kWh/m^2 gut überein.

Im Jahresvergleich werden durch die Diskrepanz im Winter etwas zu niedrige Werte der Strahlungsbilanz berechnet (Mittelwert der gemessenen Strahlungsbilanz im Tharandter Wald für den Zeitraum 1997-2007: 562 kWh/m^2 ; berechneter Wert: ca. 610 kWh/m^2).

Somit sind die Rasterwerte der synthetischen Strahlungsbilanz in erster Linie zur Interpretation relativer Unterschiede in Abhängigkeit von Jahreszeit, Relief und Landnutzung geeignet. Der Bezug zu realistischen Werten ist insbesondere im Winter erst nach Korrektur der berechneten Werte auf Basis von Vergleichen mit Messwerten an unterschiedlichen Standorten möglich.

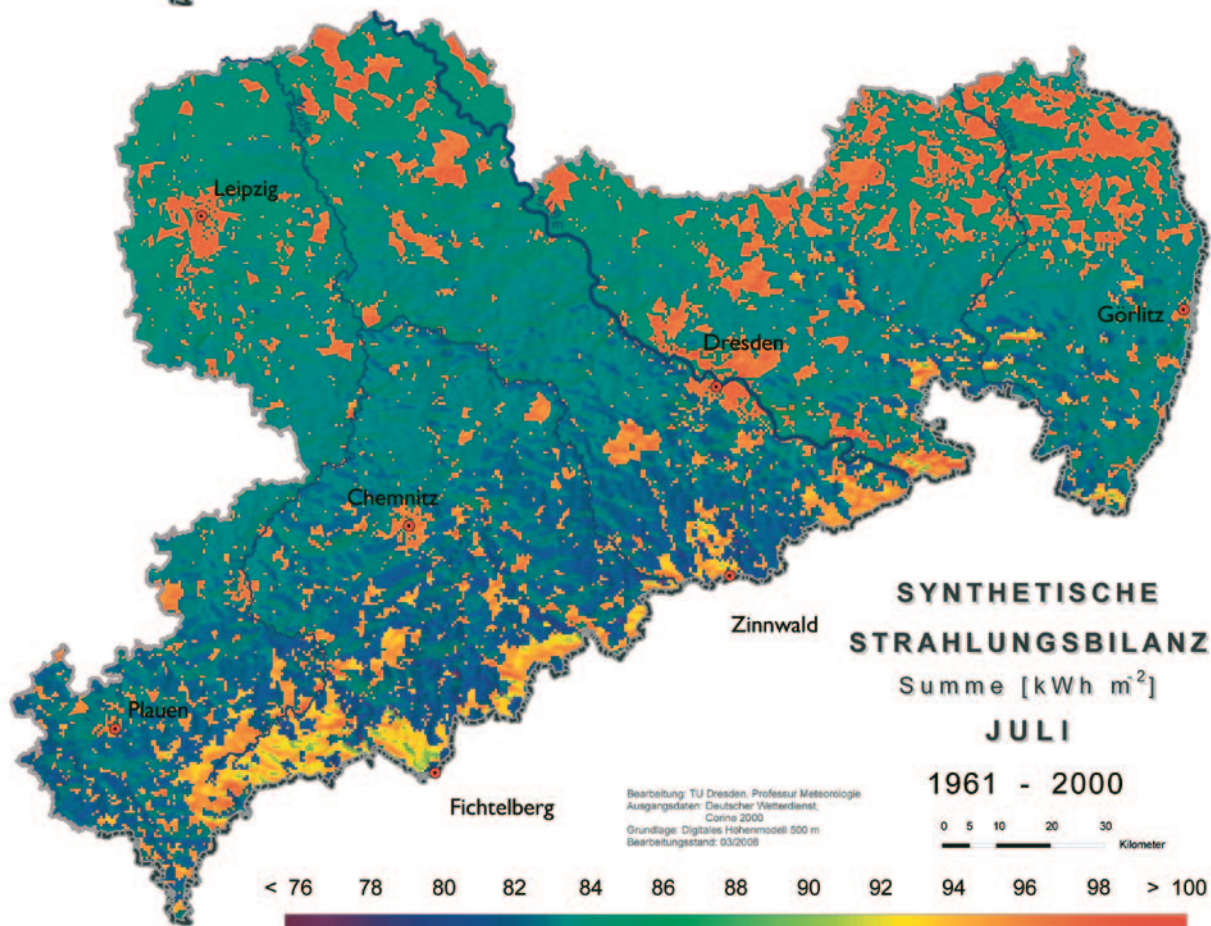
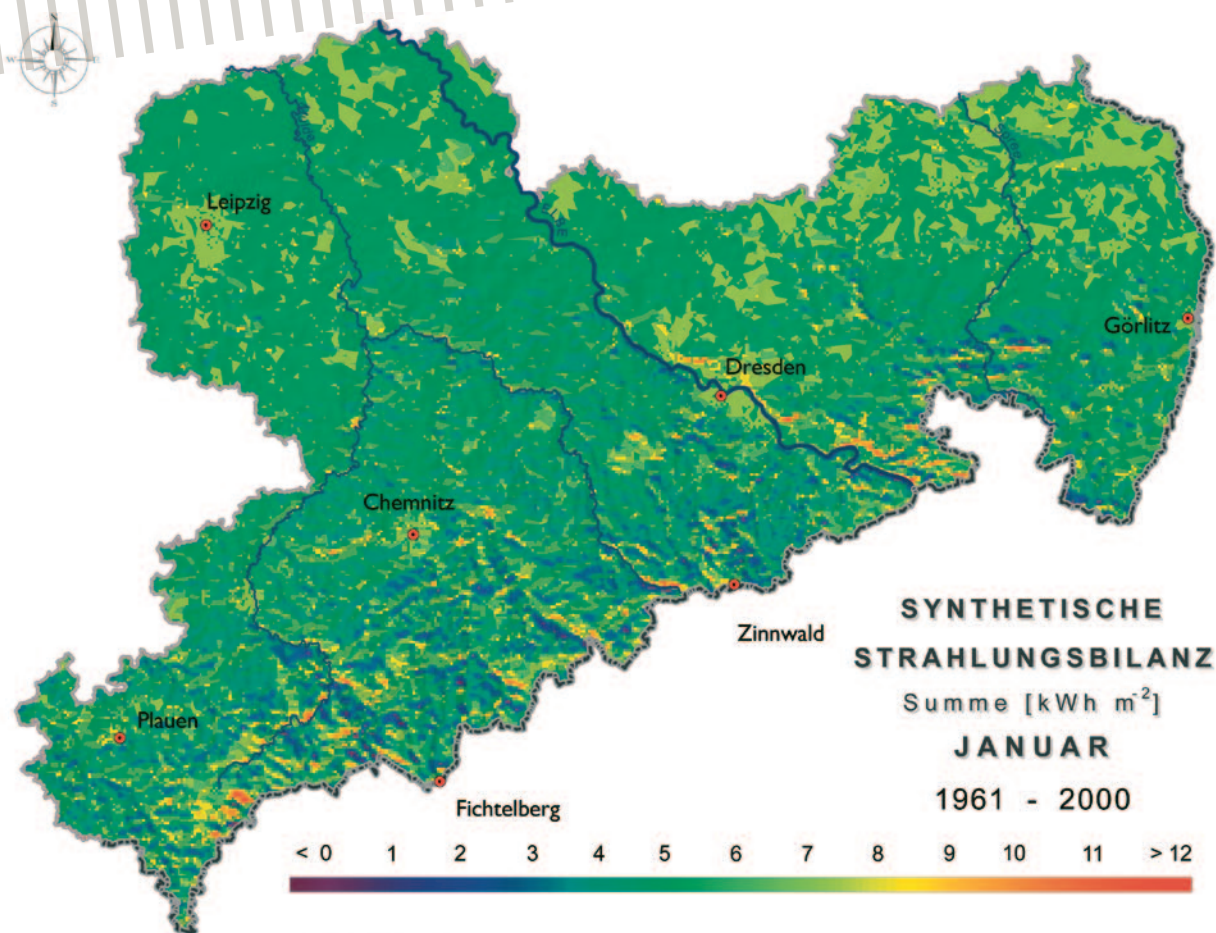


Abb. 4.4.3-1 | Synthetische Strahlungsbilanz [kWh/ m²] für Januar und Juli in Sachsen, 1961-2000

4.5. Potentielle Verdunstung

4.5.1 Karten



In den Abbildungen 4.5.1-1 bis 4.5.1-3 sind die Summen der potentiellen Verdunstung für das Jahr und die Sommer- bzw. Winterhalbjahre beider Untersuchungszeiträume gegenübergestellt.

Die räumliche Verteilung der potentiellen Verdunstung ist maßgeblich von der Temperatur- und Globalstrahlungsverteilung abhängig. Wie in den Kapiteln 4.1 und 4.4.1 dargestellt, sind beide Größen abhängig von der Geländehöhe (Temperaturabnahme und Globalstrahlungszunahme mit der Höhe). Der Einfluss der Temperaturabnahme mit der Höhe ist dabei größer als der der Globalstrahlungszunahme, so dass auch die potentielle Verdunstung mit der Höhe abnimmt. Die Höhenkorrektur in der Formel (Kap. 3.4.4) begünstigt den negativen Gradienten zusätzlich. Auch werden beide Größen durch die zunehmende Kontinentalität in Richtung Osten beeinflusst, der aber aufgrund des starken Höhengradienten bei der potentiellen Verdunstung kaum bemerkbar wird. Im Vergleich der Periode 1991-2005 zu 1961-1990 wurde bei Temperatur und Globalstrahlung eine allgemeine Zunahme festgestellt. Als Folge davon hat auch die potentielle Verdunstung im Vergleichszeitraum gegenüber dem Referenzzeitraum zugenommen.

Sowohl bei den Jahressummen als auch bei den Summen der Sommer- und Winterhalbjahre hebt sich besonders die strahlungs- und temperaturbegünstigte Lage des Dresdner Elbtals durch die jeweils höchste potentielle Verdunstung in Sachsen hervor. Die Änderungen zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen fallen in den Flachlandregionen größer aus als in den Gebirgsregionen. Dies liegt vor allem an der starken Strahlungs-

zunahme aufgrund der zurückgegangenen Industrietätigkeit in den Städten. Im Gebirge hat die Strahlung wegen der geringeren Industriebeeinflussung weniger zugenommen bzw. in den Kammlagen mitunter aufgrund Bewölkungszunahme leicht abgenommen.

Bei den Jahressummen beträgt das Maximum im Dresdner Elbtal im Referenzzeitraum etwa 640 mm und im Vergleichszeitraum etwa 670 mm. Dagegen ist in den Kammlagen des Erzgebirges die potentielle Verdunstung mit 510 mm (1961-1990) bzw. 520 (1991-2005) deutlich niedriger.

Im Sommerhalbjahr hat die Atmosphäre aufgrund der hohen Temperaturen und Strahlungssummen den höchsten Verdunstungsanspruch. In den Flachlandbereichen werden in diesem Halbjahr Summen erreicht wie in den Kammlagen des Erzgebirges über das gesamte Jahr. Das Maximum der Periode 1961-1990 beträgt im Dresdner Elbtal etwa 505 mm und in der Periode 1991-2005 etwa 530 mm. Die Minimalwerte in den Kammlagen betragen etwa 400 mm in der Referenzperiode und etwa 410 mm im Vergleichszeitraum.

Bei den Summen des Winterhalbjahres sind aufgrund der allgemein niedrigen Temperaturen und des Strahlungsüberschusses im Gebirge die Unterschiede zwischen Flachland und Kammlagen geringer als im Sommer. Im Elbtal bei Dresden werden Maximalwerte von etwa 130 mm (1961-1990) bzw. 135 mm (1991-2005) erreicht. In den Kammlagen sind die Werte mit etwa 115 mm in beiden Zeiträumen nur wenig niedriger.

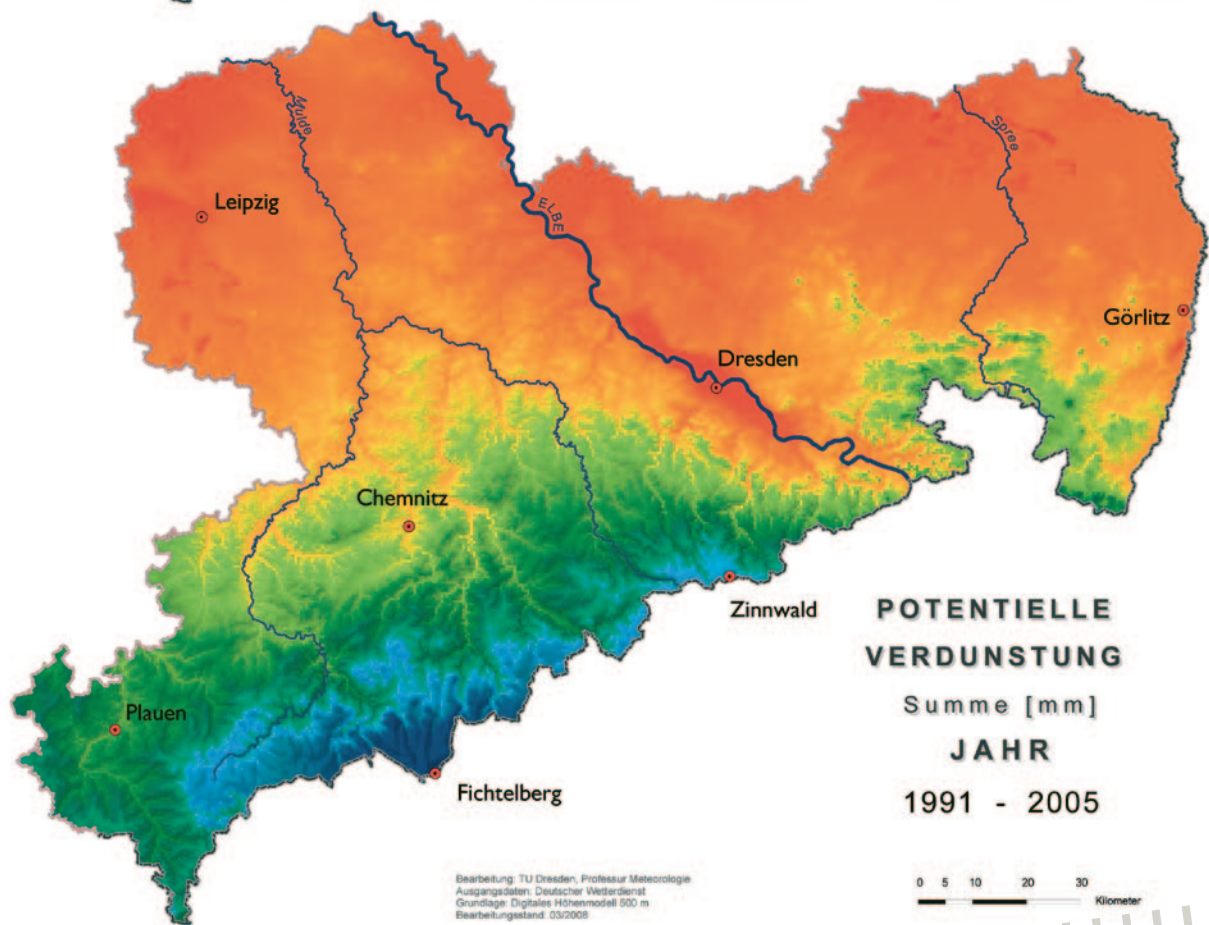
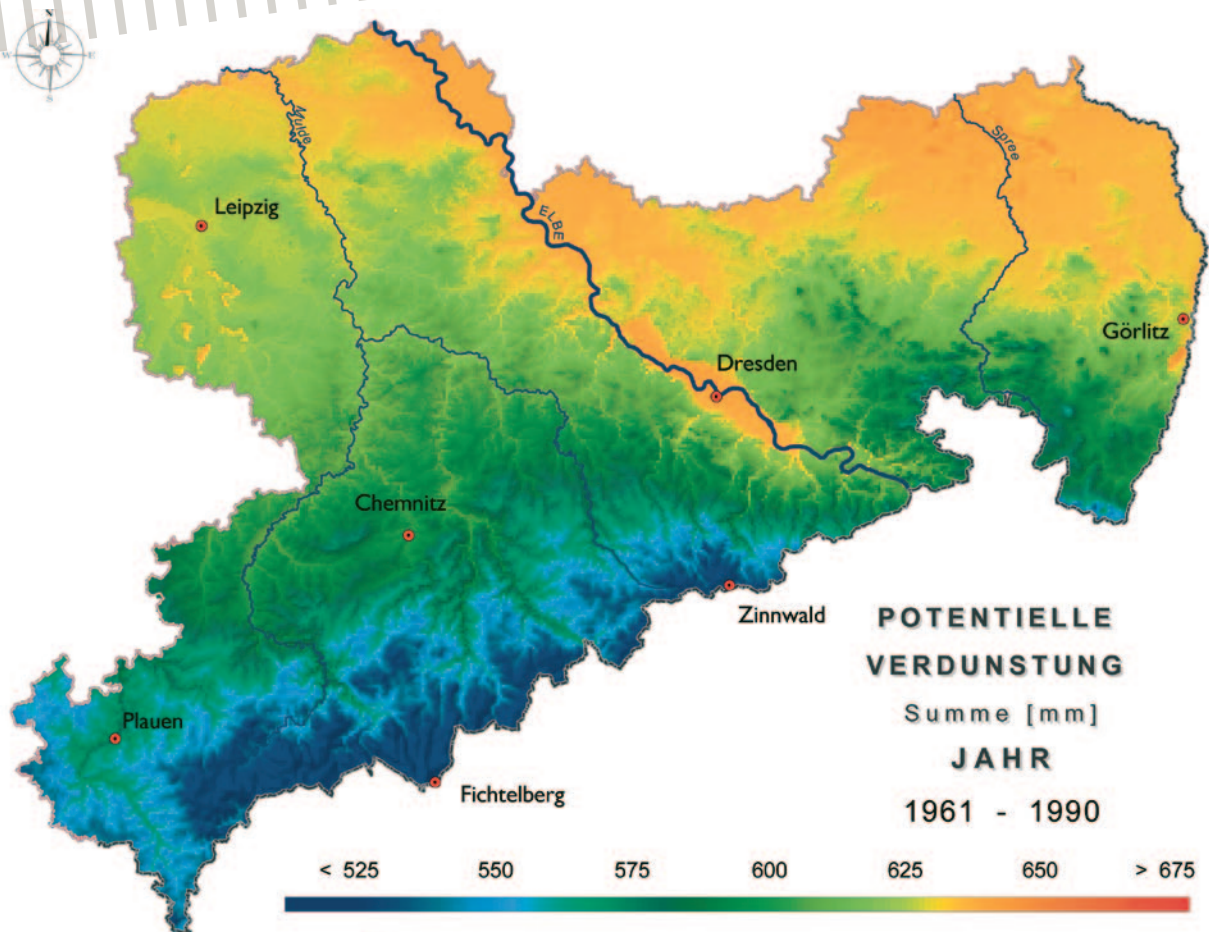


Abb. 4.5.1-1 | Mittlere Jahressumme der potentiellen Verdunstung [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)

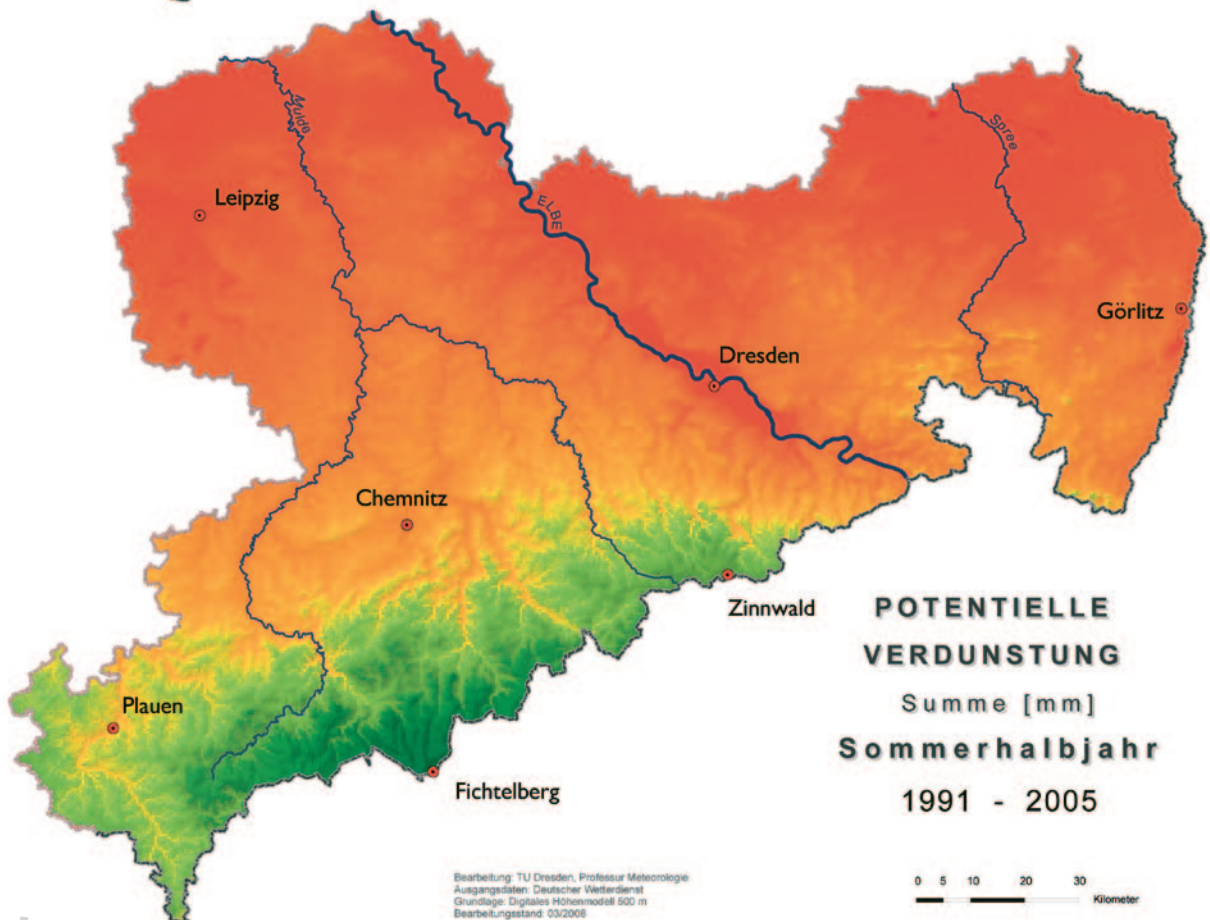
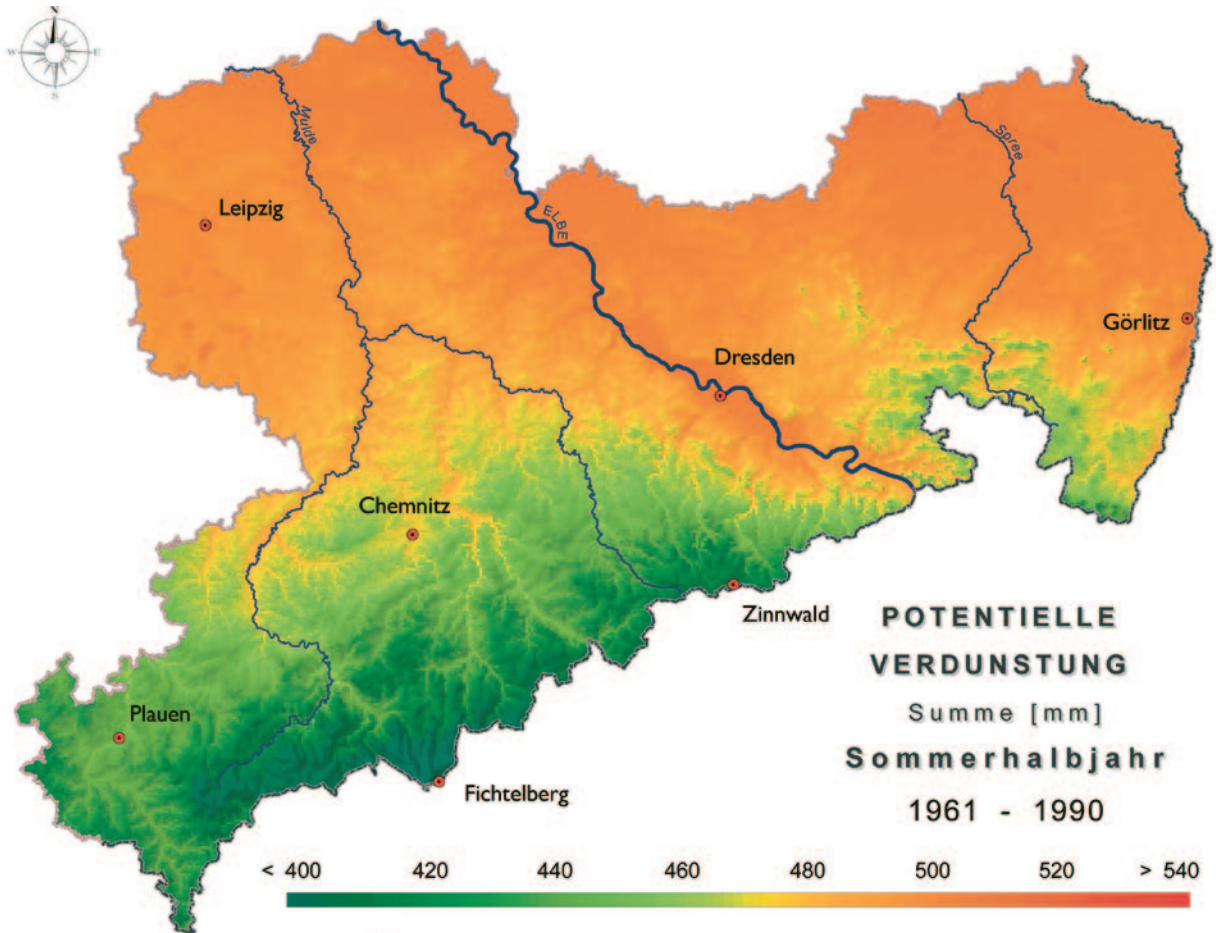
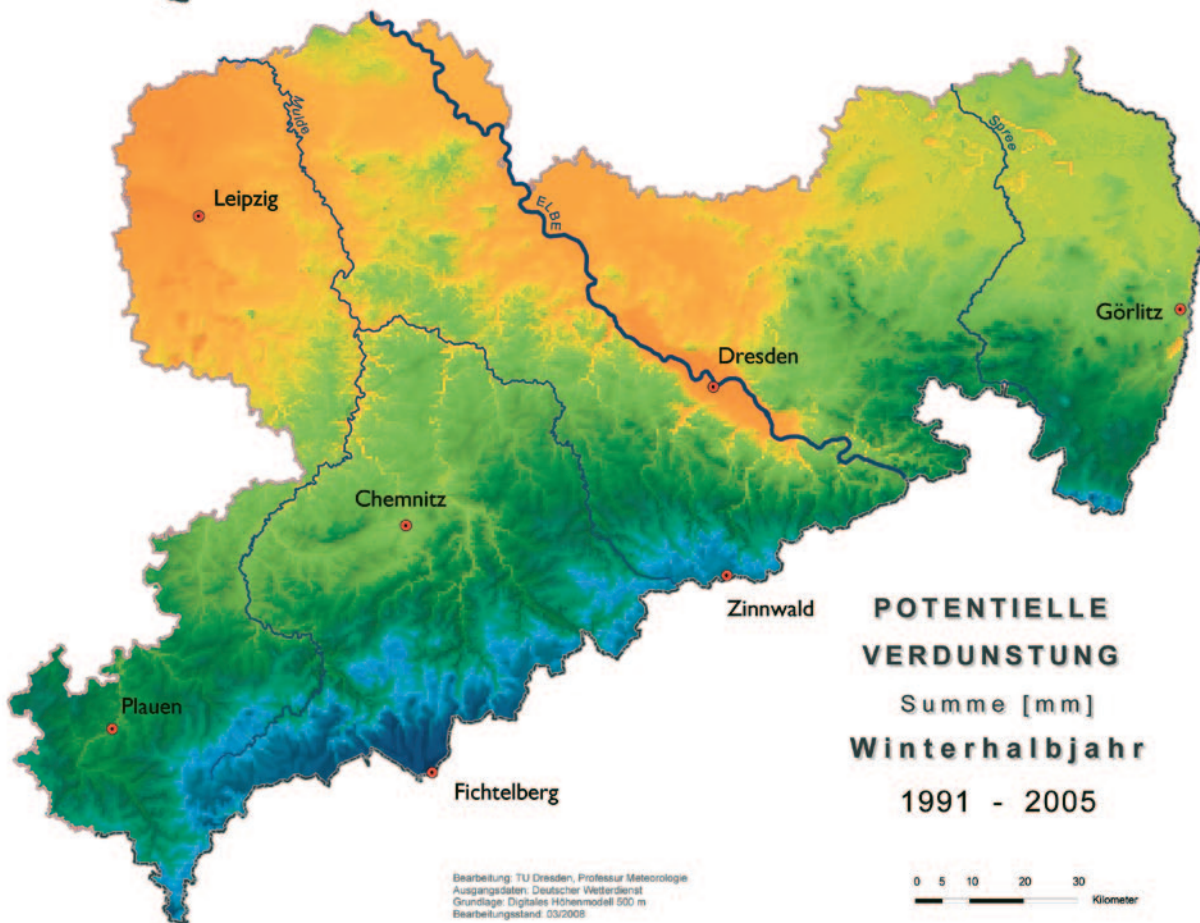
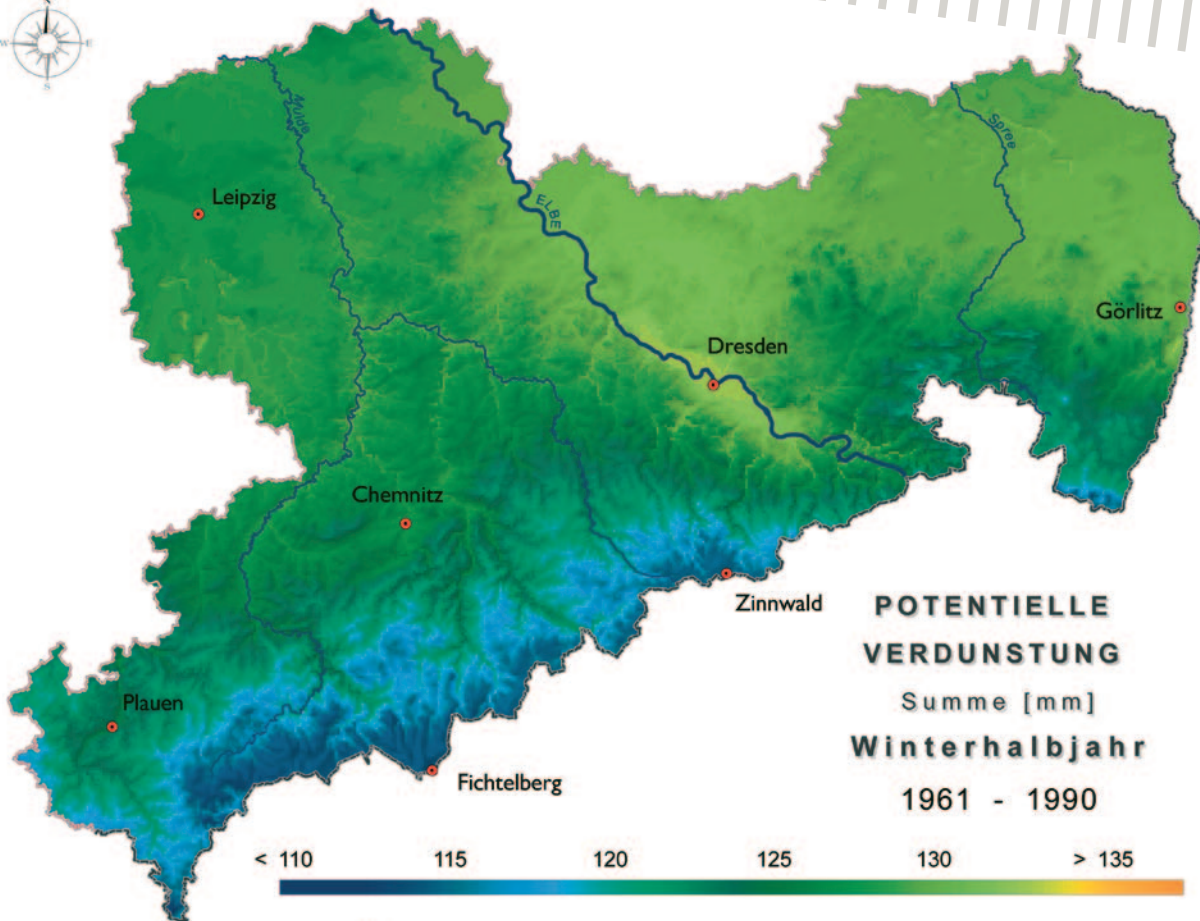


Abb. 4.5.1-2 | Mittlere Summe der potentiellen Verdunstung [mm] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500 m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.5.1-3 | Mittlere Summe der potentiellen Verdunstung [mm] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)

4.5.2 Mittlerer Jahresgang



Die Abbildung 4.5.2-1 zeigt die Jahresverläufe der potentiellen Verdunstung an den Referenzstationen für die Periode 1961-1990 sowie die Änderungen in der Periode 1991-2005. Die Station Zinnwald bildet aufgrund fehlender Daten vor 1971 wieder die Ausnahme. Aber wie schon bei der Globalstrahlung, sind die typischen Charakteristiken der anderen Station auch an der Station Zinnwald wiederzuerkennen, besonders die Ähnlichkeit zum Jahresgang der Globalstrahlung (siehe folgender Text).

Da sich die potentielle Verdunstung aus der Globalstrahlung und der Temperatur ableitet, haben auch hier die Jahresverläufe eine ähnliche Form wie diese Größen. Sowohl das Strahlungs- als auch das Temperaturmaximum wird im Juli erreicht, deshalb ist auch die potentielle Verdunstung in diesem Monat am größten. Der höchste Monatsdurchschnitt für die Periode 1961-1990 tritt mit 103 mm in Görlitz auf, wo auch die Globalstrahlung am höchsten war. Weil der negative Höhengradient der Temperatur einen größeren Einfluss als der positive Höhengradient der Globalstrahlung hat, ist die potentielle Verdunstung auf dem Fichtelberg mit 82 mm deutlich geringer. Der Minimalwert liegt bei allen Stationen zwischen 10 und 11 mm und wird wie das Strahlungsminimum im Dezember erreicht. Im Januar, in dem die Temperatur am geringsten ist, sind die Verdunstungswerte nur geringfügig höher.

Die Veränderungen im Vergleichszeitraum sind ebenfalls sehr ähnlich zu denen der Globalstrahlung und Temperatur. Bei beiden Größen wurde im Allgemeinen eine Zunahme festgestellt, was entsprechend auch eine Zunahme der potentiellen Verdunstung zur Folge hat.

Mögliche Ursachen waren zum einen die abnehmende Industrietätigkeit, die eine klarere Atmosphäre zur Folge hat und zum anderen eine Änderung im Auftreten der Großwetterlagen, die besonders im Herbst für mehr Bewölkung und feuchtere Luft sorgt. An den Stationen wirkt sich das so aus, dass in den Monaten Januar bis August, in denen Globalstrahlung und Temperatur am stärksten zugenommen haben, auch die potentielle Verdunstung die stärksten Zuwächse zeigt. In Leipzig nimmt die potentielle Verdunstung z. B. zwischen 4 % und 15 % zu. Diese Zunahme ist ähnlich hoch wie bei der Globalstrahlung. In den Monaten September bis Dezember hat sich die Temperatur zwischen den Untersuchungszeiträumen nur wenig geändert. Aus diesem Grund wird in diesen Monaten deutlich, dass die Änderungen der Globalstrahlung einen etwas geringeren Einfluss auf die potentielle Verdunstung haben als die Temperaturänderungen. Die Änderung der potentiellen Verdunstung folgt zwar der Strahlungsänderung, fällt aber betragsmäßig etwas geringer aus. Zum Beispiel ist in Dresden die Globalstrahlung im Dezember um 6,2 % gestiegen. Bei einer leichten Temperaturabnahme von 0,1 °C wirkt sich das bei der potentiellen Verdunstung in einer geringeren Zunahme von 4,4 % aus. In Plauen dagegen führt im gleichen Monat eine Temperaturzunahme von etwa 0,25 °C bereits dazu, dass die potentielle Verdunstung um 1,1 % zu nimmt, obwohl die Globalstrahlung um 0,9 % gesunken ist. Der dominante Temperatureinfluss wird durch die Station Fichtelberg bestätigt. Während bei der Globalstrahlung im Vergleichszeitraum an dieser Station 6 der 12 Monatsmittelwerte gegenüber dem Referenzzeitraum abgenommen haben, sind es bei der potentiellen Verdunstung nur 4.

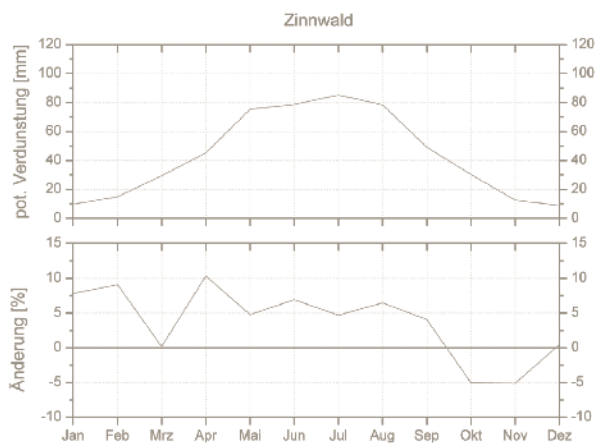
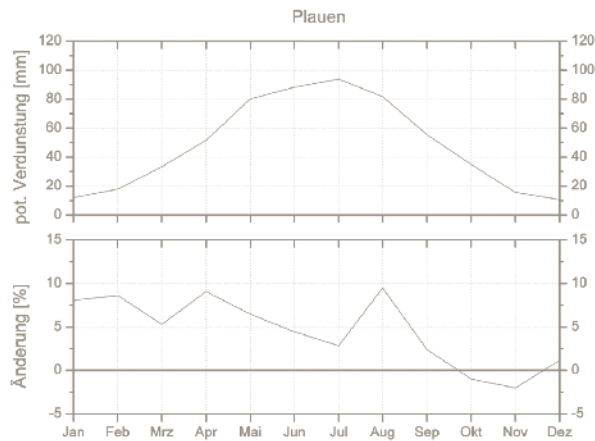
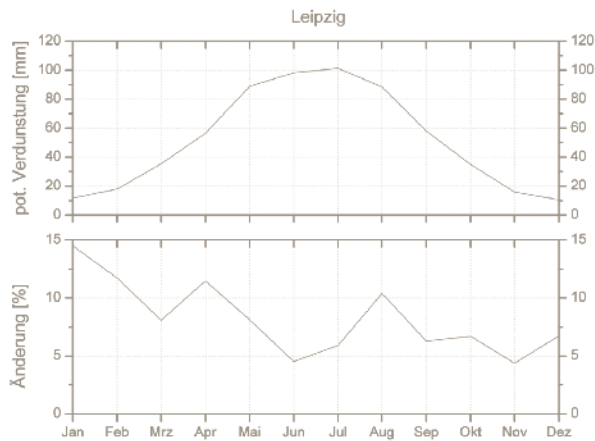
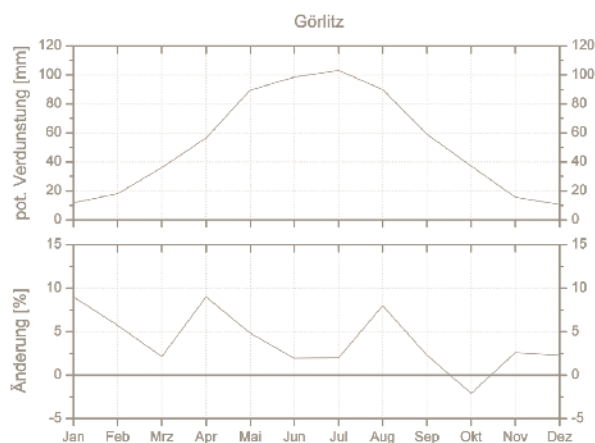
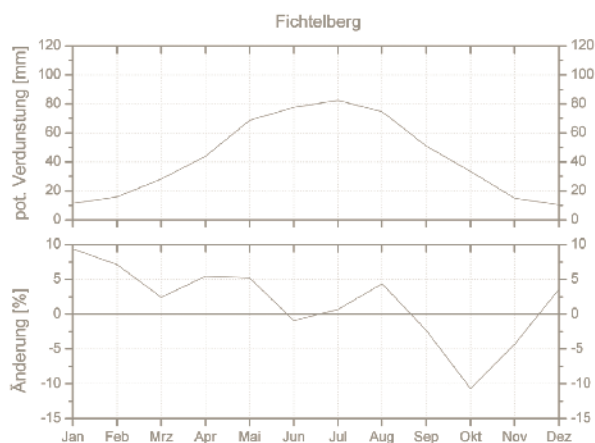
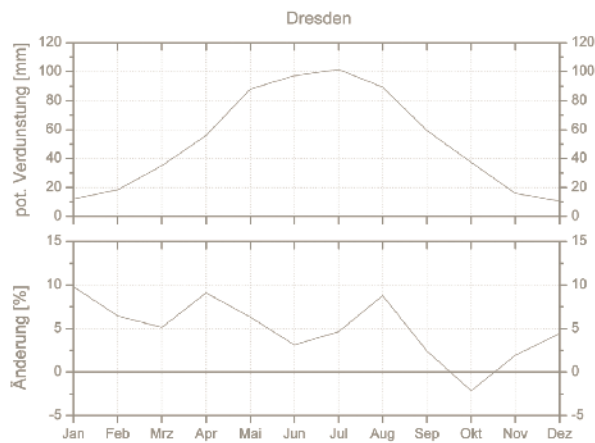
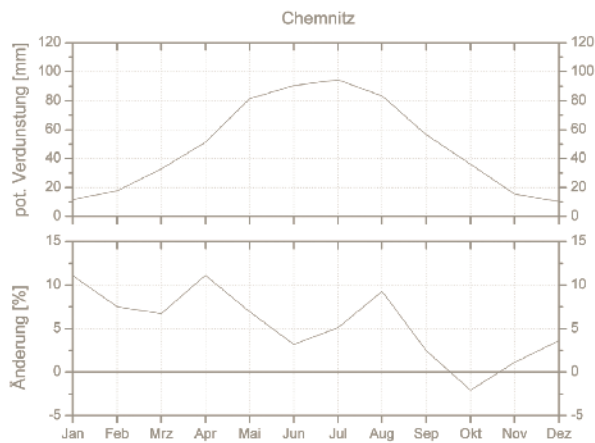


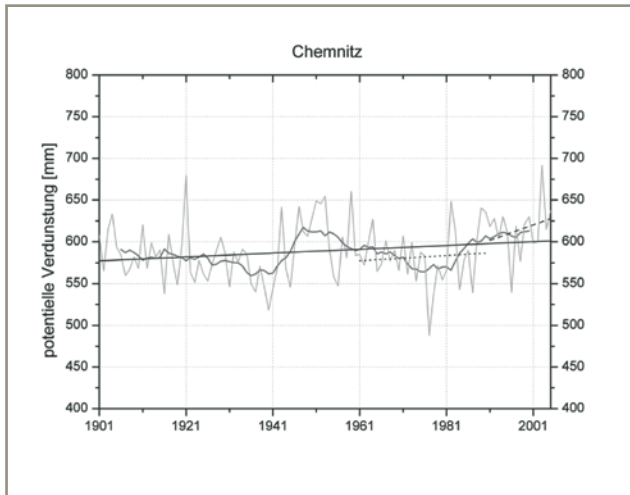
Abb. 4.5.2-1 | Mittlerer Jahresgang der potentiellen Verdunstung [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen

4.5.3 Langzeittrends

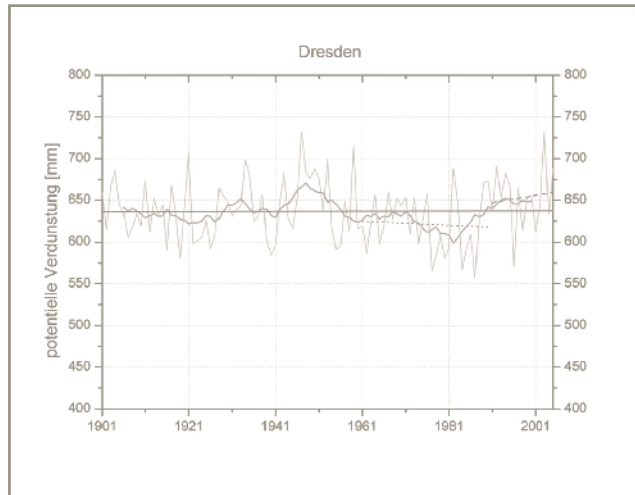


In Abbildung 4.5.3-1 sind die langjährigen Reihen der potentiellen Verdunstung an den Referenzstationen dargestellt. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, haben Veränderungen der Temperatur einen größeren Einfluss auf die potentielle Verdunstung als die Schwankungen der Globalstrahlung. Da jedoch die Globalstrahlung zwischen den Jahren deutlich größeren Schwankungen unterliegt als die Temperatur, zeigt der zeitliche Verlauf der potentiellen Verdunstung die gleiche Charakteristik wie die Globalstrahlung. Auch bei der potentiellen Verdunstung ist die Phase hoher Werte nach 1945 zu erkennen, woran sich in den Folgejahren eine kontinuierliche Abnahme bis in die 1960er bzw. 1980er Jahre anschließt. Danach folgt wieder ein kontinuierlicher Anstieg bis in die Gegenwart mit einem leichten Knick nach 1990, der bei den Reihen der Globalstrahlung etwas stärker ausgeprägt war. Dieser Verlauf lässt sich auf die Industrieentwicklung in den Städten zurückführen. Als nicht-städtische Station bildet der Fichtelberg die Ausnahme, wo die Jahressummen der potentiellen Verdunstung seit 1960 relativ gleichmäßig um einen Wert von etwa 530 mm schwanken.

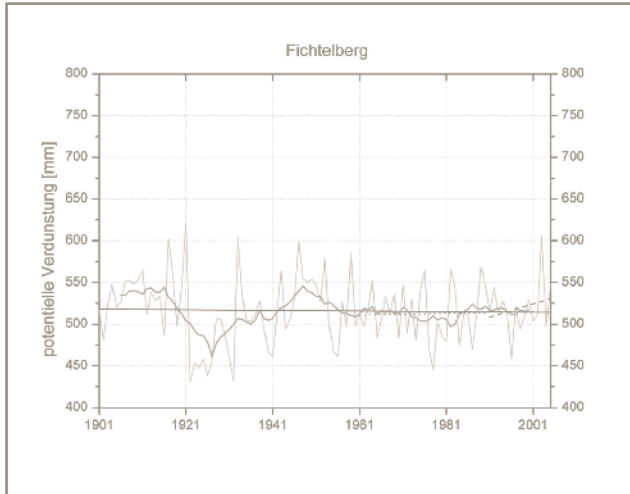
Der Einfluss der Temperatur zeigt sich zum Beispiel am Schwankungsbereich der potentiellen Verdunstung an den verschiedenen Stationen. Die größten Schwankungen der Globalstrahlung traten am Fichtelberg auf. Aufgrund der niedrigeren Temperaturen in den Kammlagen haben dort Temperaturschwankungen einen geringeren Einfluss auf die potentielle Verdunstung. Die größte Schwankungsbreite der potentiellen Verdunstung wird in Leipzig und Chemnitz mit jeweils 203 mm erreicht. Die Maxima betragen in Chemnitz 691 mm (2003) und in Leipzig 751 mm (1934), die Minima 488 mm (1977) bzw. 548 mm (1965). An beiden Stationen werden Maximum bzw. Minimum in Jahren erreicht, in denen sowohl die Globalstrahlung als auch die Temperatur überdurchschnittlich hoch bzw. niedrig waren. Die geringste Schwankungsbreite mit 165 mm tritt in Görlitz auf.



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	+0,23 mm	589,1 mm
1961-1990	+0,31 mm	581,8 mm
1991-2005	+1,86 mm	614,6 mm

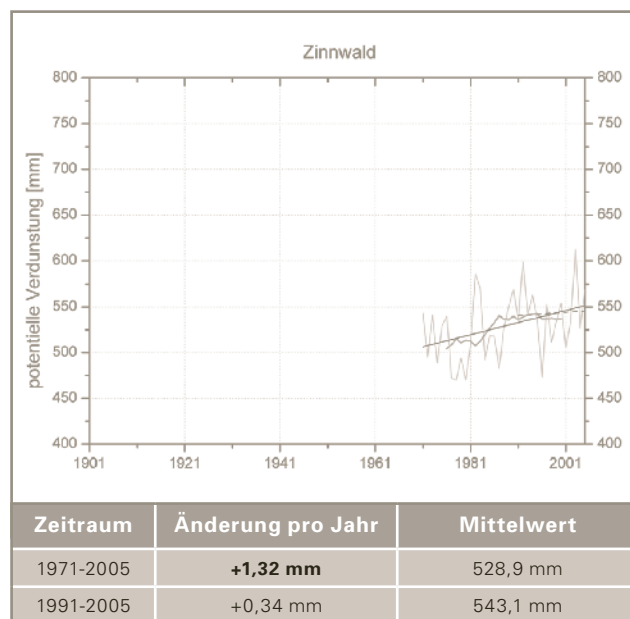
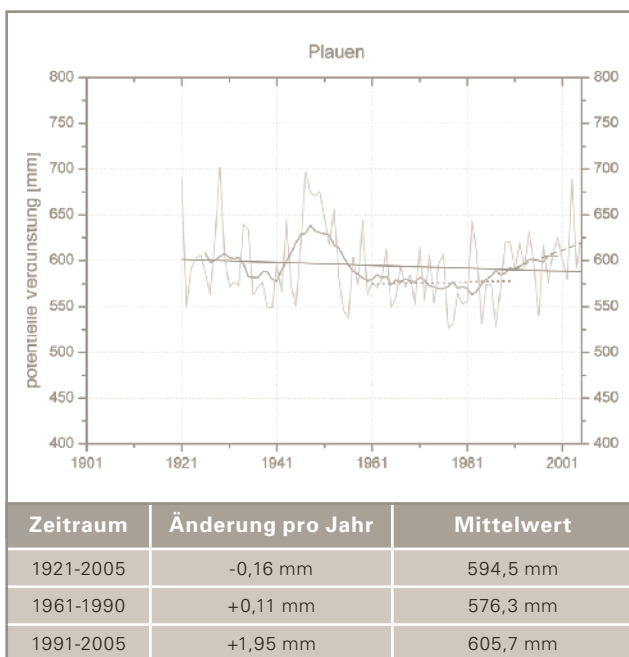
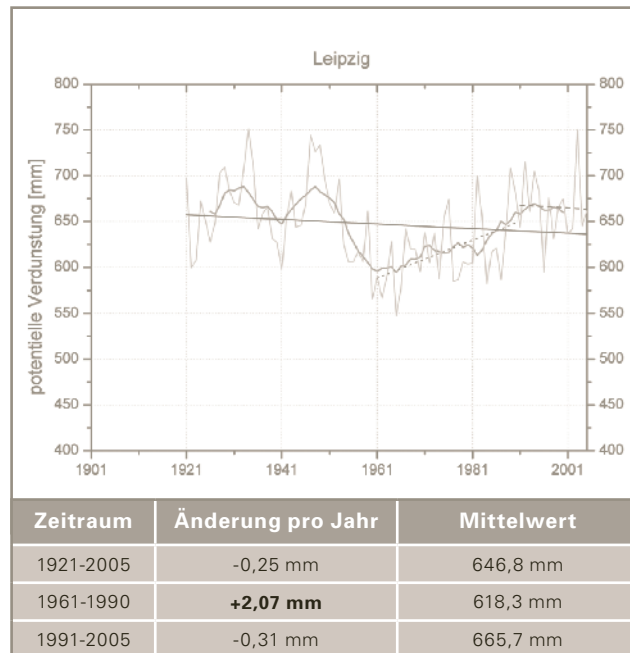
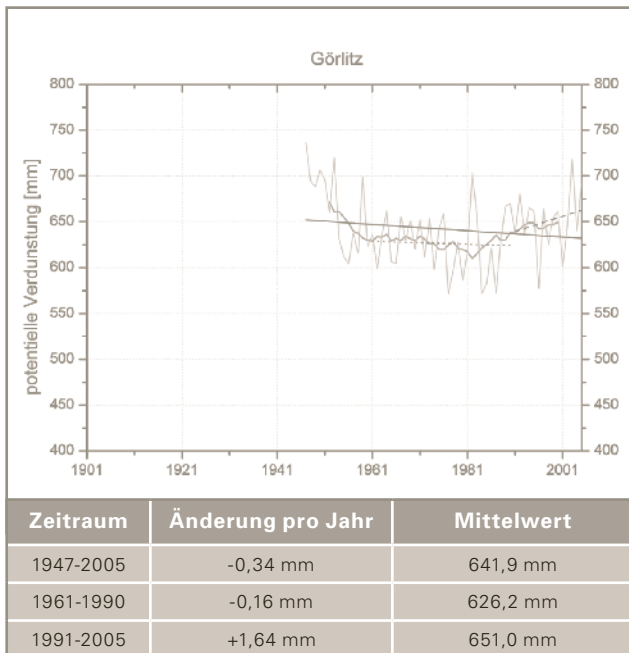


Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	+0,01 mm	636,6 mm
1961-1990	-0,24 mm	621,4 mm
1991-2005	+0,85 mm	653,3 mm



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-0,03 mm	516,3 mm
1961-1990	+0,11 mm	512,6 mm
1991-2005	+1,57 mm	519,5 mm

- Potentielle Verdunstung (Urreihe)
- Potentielle Verdunstung (tiefpassgefiltert)
- linearer Trend Urreihe
- linearer Trend 1961-1990
- linearer Trend 1991-2005



— Potentielle Verdunstung (Urreihe)
 — Potentielle Verdunstung (tiefpassgefiltert)
 — linearer Trend Urreihe
 linearer Trend 1961-1990
 - - - linearer Trend 1991-2005

Abb. 4.5.3-1 | Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der potentiellen Verdunstung [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)



Auch die Trends der potentiellen Verdunstung sind aufgrund der ähnlichen Verläufe der Zeitreihen denen der Globalstrahlung ähnlich. Bei der Temperatur wurden an allen Stationen ausschließlich positive Trends festgestellt. Dies führt dazu, dass in den Perioden, in denen die Globalstrahlung zugenommen hat, auch die potentielle Verdunstung zunimmt, aber zum Teil deutlicher als bei der Globalstrahlung. Negative Strahlungstrends führen dagegen zu schwächeren negativen bzw. vernachlässigbaren Trends der potentiellen Verdunstung. Zum Beispiel an den Stationen Dresden und Fichtelberg ändert sich die potentielle Verdunstung über die gesamte Zeitreihe mit $+0,01$ mm bzw. $-0,03$ mm pro Jahr nicht nennenswert, obwohl die Globalstrahlung relativ deutlich abgenommen hat. Aufgrund der Änderung im Auftreten der Großwetterlagen nimmt an den Stationen Leipzig, Plauen und Görlitz die potentielle Verdunstung ebenso wie die Globalstrahlung im gesamten Zeitraum ab. Nur in Chemnitz ist eine signifikante Zunahme (fett gedruckter Wert in Tabelle) seit Beginn des 20. Jahrhunderts festzustellen, die möglicherweise durch Zunahme von Föhnlagen bei vermehrter südlicher Anströmung verursacht wird.

Bei den kurzzeitigen Trends ist die Richtung der Änderung gleich zu denen der Globalstrahlung, wobei die stärksten Zunahmen an allen Stationen außer Leipzig erneut in der Periode 1991-2005 auftreten. In Leipzig nimmt die potentielle Verdunstung wieder am stärksten in der Periode 1961-1990 mit $2,07$ mm pro Jahr zu, während an den anderen Stationen sowohl positive als auch negative Trends festzustellen sind. Der Trend in Leipzig ist wie schon bei der Globalstrahlung signifikant.

4.6 Klimatische Wasserbilanz

4.6.1 Karten



Die Summen der klimatischen Wasserbilanz für das Jahr und Sommer- sowie Winterhalbjahr sind in den Abbildungen 4.6.1-1 bis 4.6.1-3 für beide Untersuchungszeiträume dargestellt.

Wie im Methodikteil beschrieben ergibt sich die klimatische Wasserbilanz aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung. Beide Größen sind nicht unabhängig von einander. Wenn Niederschlag fällt, ist der Himmel bedeckt, wodurch die Einstrahlung und damit die potentielle Verdunstung abgeschwächt wird. Dagegen ist an wolkenlosen Tagen die Einstrahlung hoch; es fällt jedoch kein Niederschlag. Aus diesem Grund sind die regionalen Unterschiede der klimatischen Wasserbilanz größer als die der Einflussgrößen. Da der Niederschlag räumlich deutlich höheren Variationen unterliegt als die potentielle Verdunstung, zeigt die räumliche Abhängigkeit der klimatischen Wasserbilanz in allen Karten ein sehr ähnliches Bild zur räumlichen Niederschlagsverteilung (siehe Kap. 4.2.1). Vor allem die orographischen Effekte sind gut zu erkennen. Weil mit der Höhe der Niederschlag zu- und gleichzeitig die potentielle Verdunstung abnimmt, ist die klimatische Wasserbilanz im Gebirge ganzjährig durch einen deutlichen Wasserüberschuss gekennzeichnet. Am höchsten ist sie im Westerzgebirge, wo aufgrund der Luvwirkung bei häufig auftretenden westlichen Anströmungen die meisten Niederschläge fallen. In Nordsachsen dagegen, das im Lee von Harz und Thüringer Wald liegt, ist die klimatische Wasserbilanz wegen der geringen Niederschlagsmengen am niedrigsten. Der Lee-Effekt wirkt sich bis in die östlichen Gebiete aus, wo das Wasserdargebot nur wenig höher ist. Mit Blick auf die Wasserverfügbarkeit unterscheidet sich der Flachlandbereich Sachsens vom Gebirge hauptsächlich dadurch, dass dort im Sommerhalbjahr die potentielle Verdunstung höher als der Niederschlag und somit die klimatische Wasserbilanz negativ ist.

Beim Vergleich beider Untersuchungszeiträume wurde bereits festgestellt, dass sowohl die Niederschlagsmenge als auch die potentielle Verdunstung im Vergleichszeitraum gegenüber dem Referenzzeitraum zugenommen haben. Weil sich beide Änderungen im ähnlichen Größenbereich bewegen, ändert sich die klimatische Wasserbilanz nur wenig.

Über das gesamte Jahr betrachtet werden in der Referenzperiode im Westerzgebirge Maximalwerte von etwa 770 mm erreicht, die sich im Vergleichszeitraum auf stellenweise über 800 mm erhöhen. Im Norden Sachsens gleichen sich in beiden Perioden der Verlust durch Verdunstung und der Wassergewinn durch Niederschlag etwa aus. Vereinzelt ist die Wasserbilanz auch leicht negativ.

Im Sommerhalbjahr ist aufgrund des hohen Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre die klimatische Wasserbilanz am niedrigsten. Das Maximum im Westerzgebirge beträgt in der Periode 1961-1990 etwa 280 mm und sinkt im Vergleichszeitraum leicht auf etwa 260 mm ab. Im Flachlandbereich ist deutlich das Wasserdefizit zu erkennen mit dem Minimum in Nordsachsen von etwa -150 mm (1961-1990) bzw. -170 mm (1991-2005).

Wegen des geringen Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre ist die klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr flächendeckend von deutlichem Wasserüberschuss geprägt. Im Westerzgebirge betragen die Maximalwerte etwa 500 mm (1961-1990) bzw. 530 mm (1991-2005) und in Nordsachsen die Minimalwerte etwa 130 mm (1961-1990) bzw. 140 mm (1991-2005).

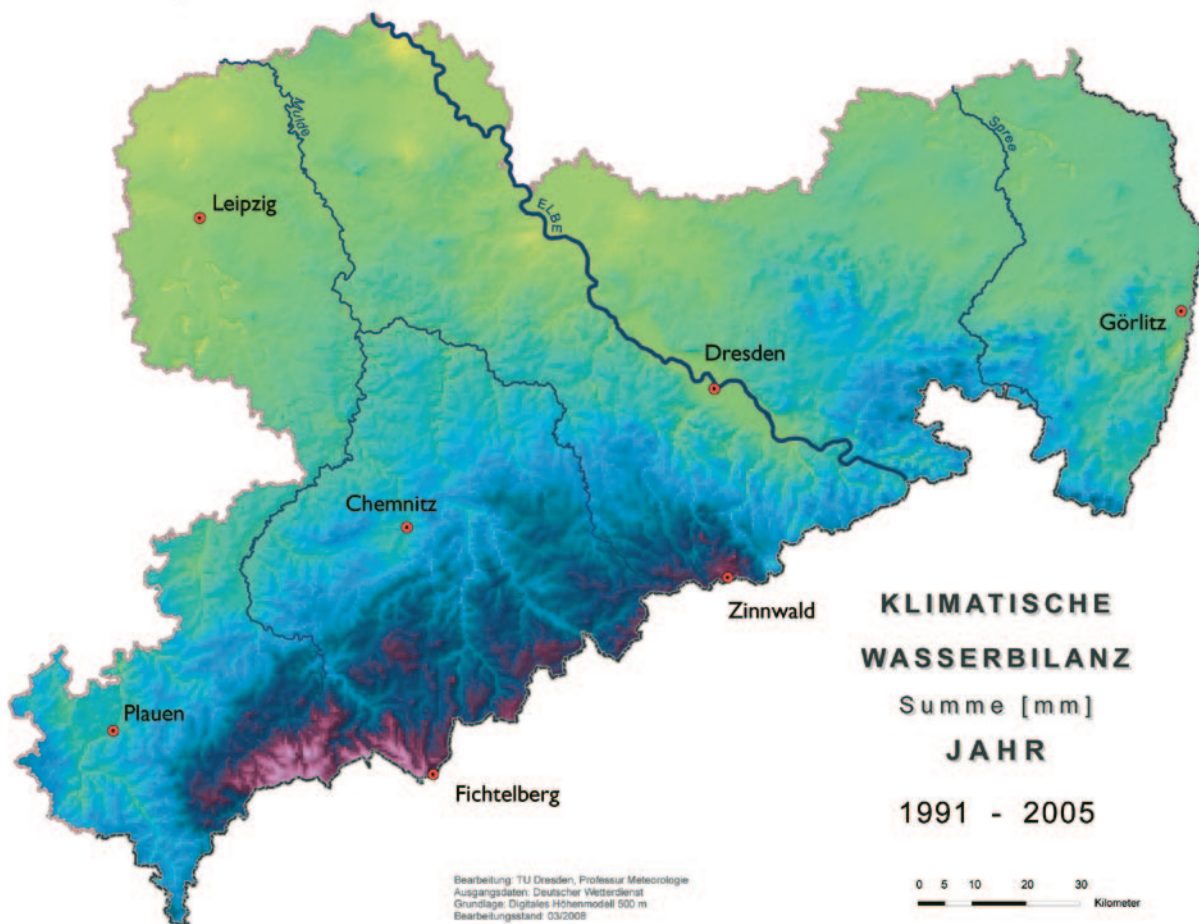
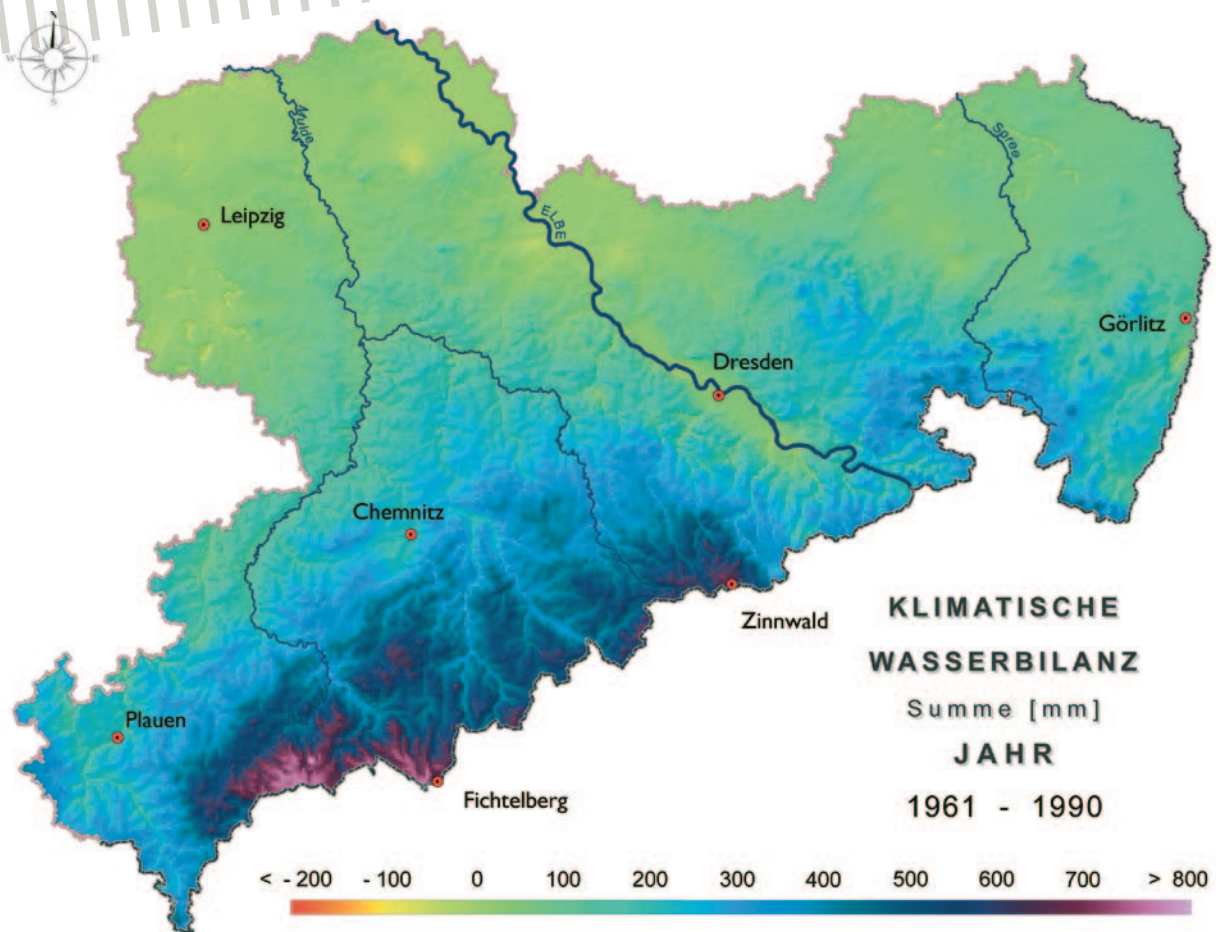


Abb. 4.6.1-1 | Mittlere Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)

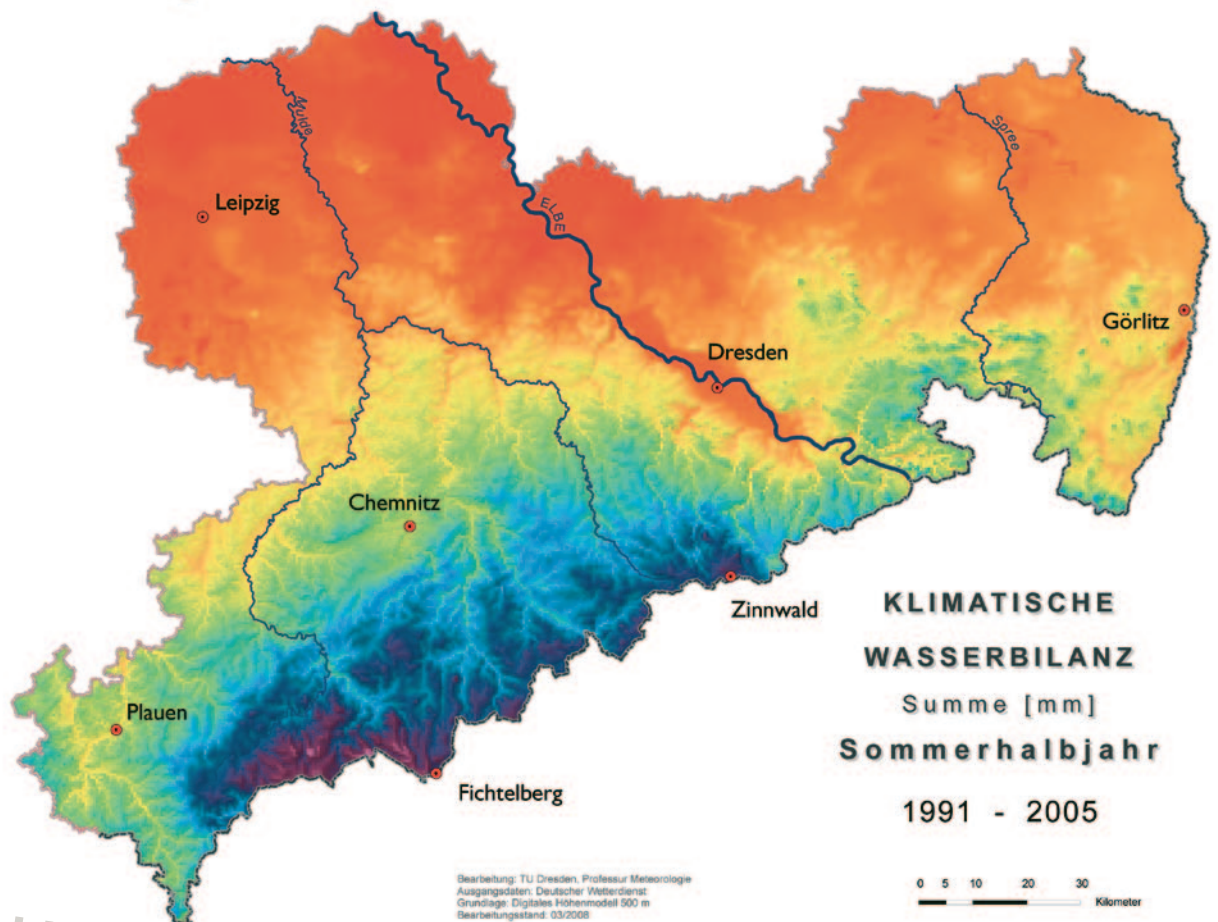
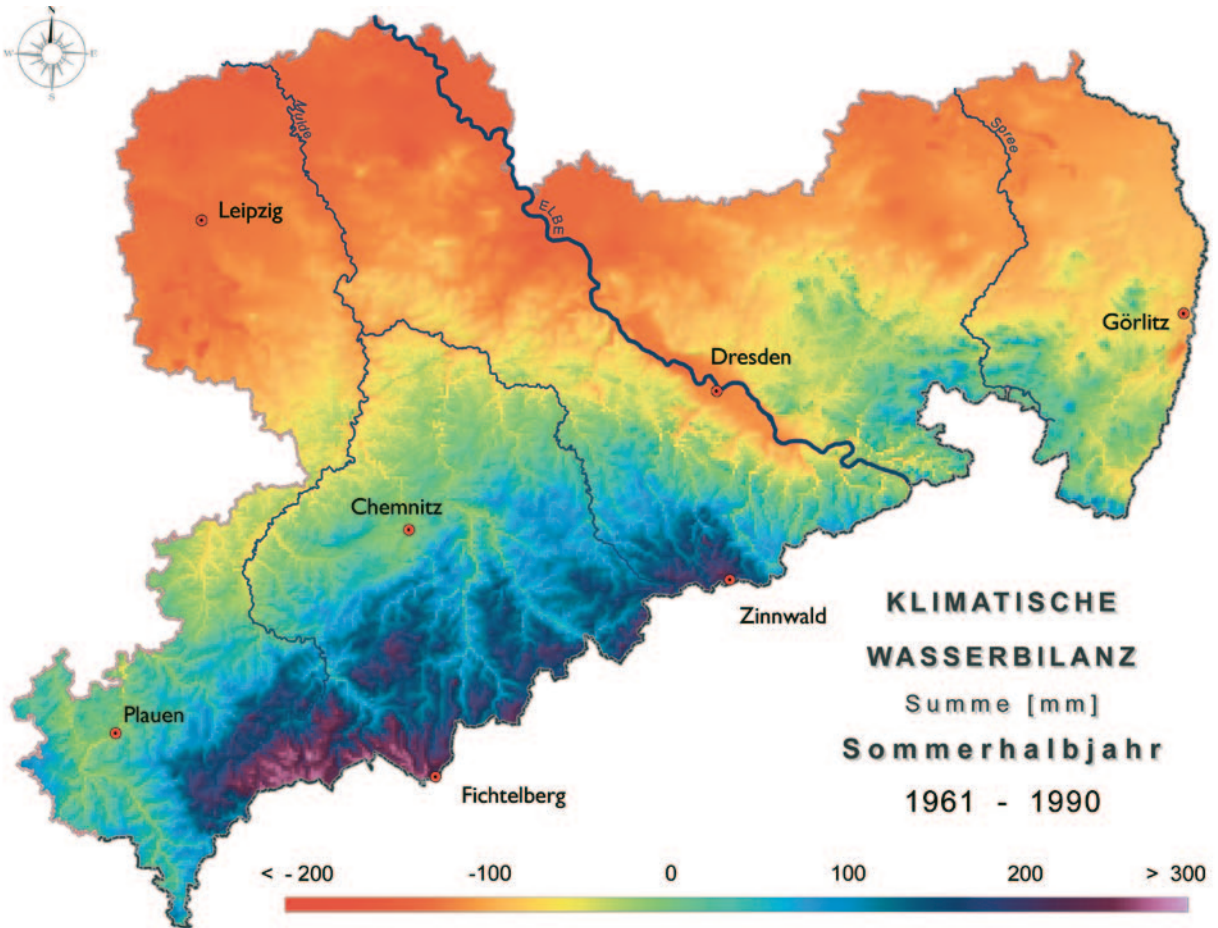


Abb. 4.6.1-2 | Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz [mm] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)

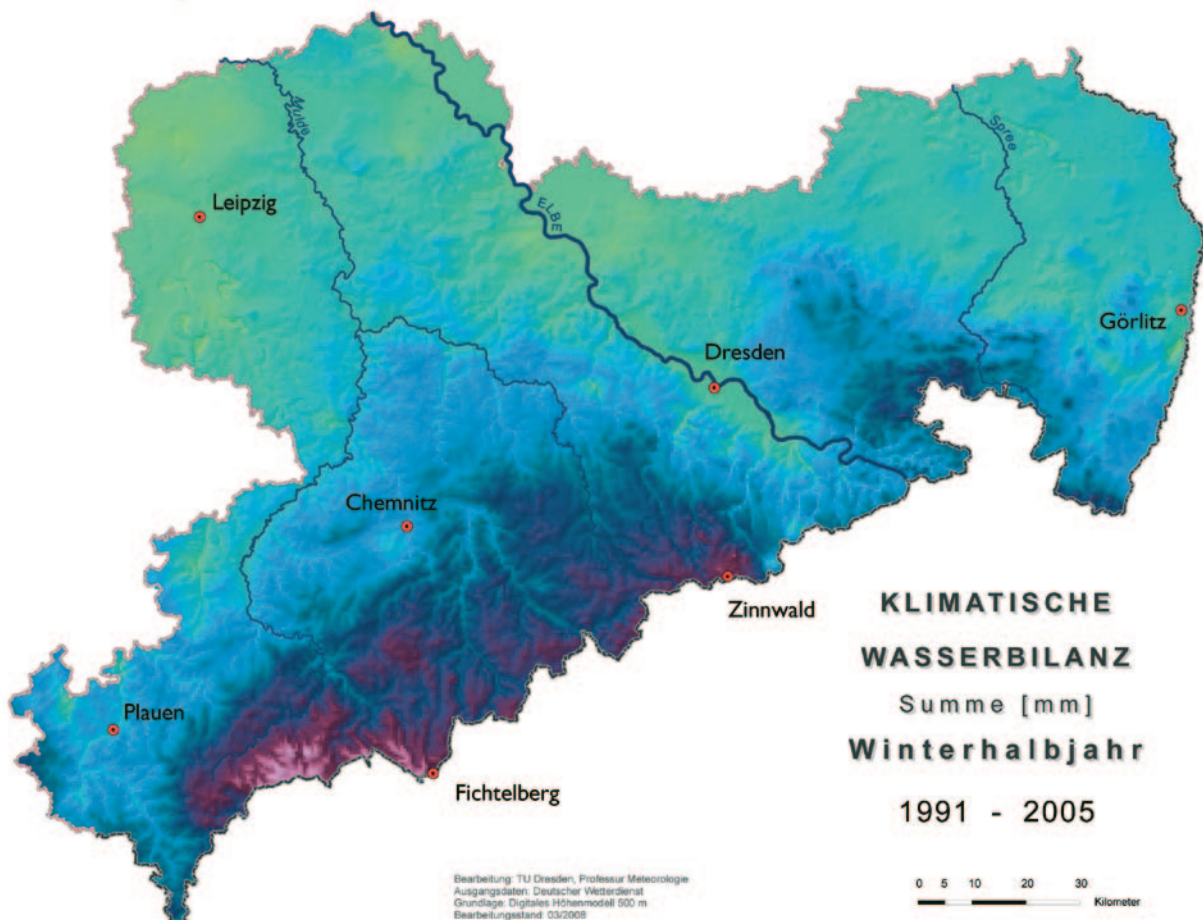
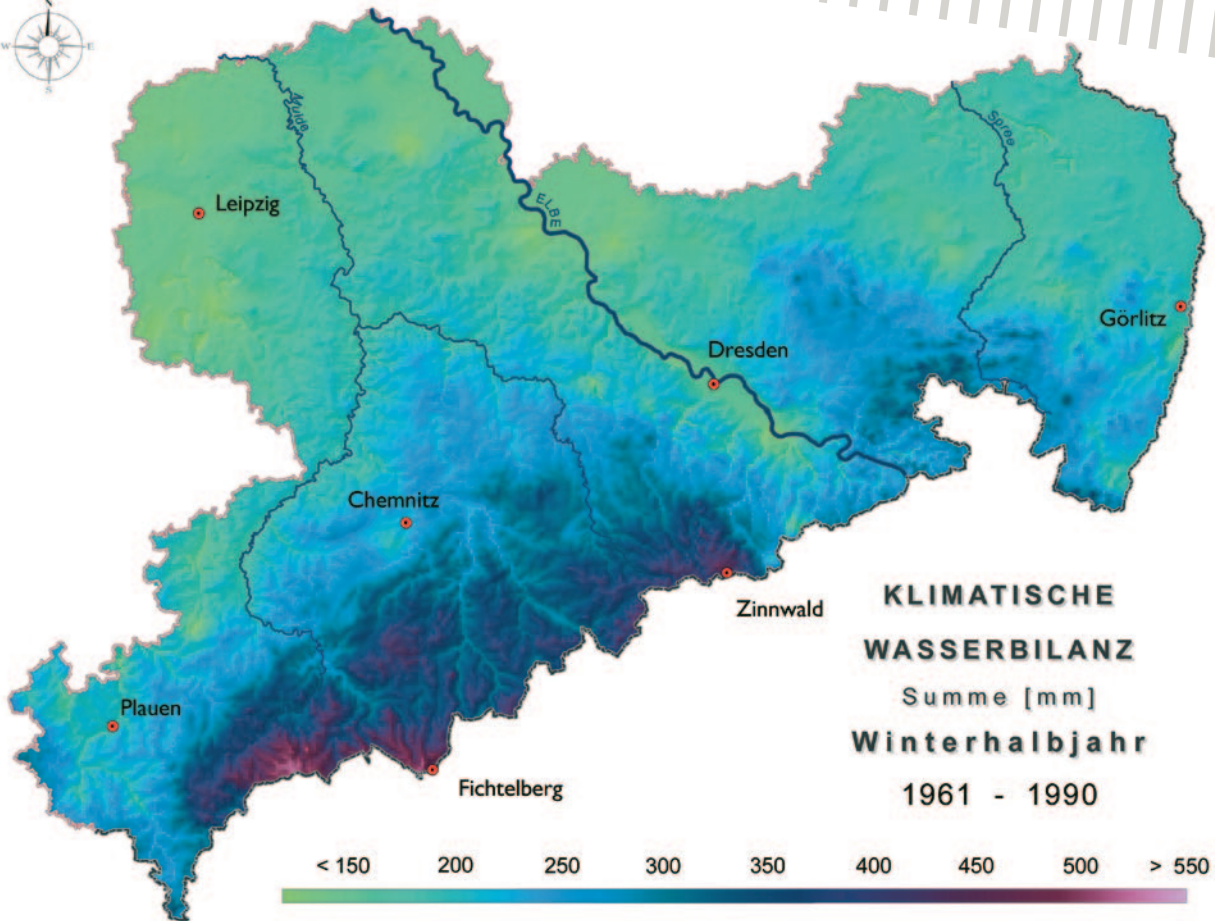


Abb. 4.6.1-3 | Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz [mm] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)

4.6.2 Mittlerer Jahresgang

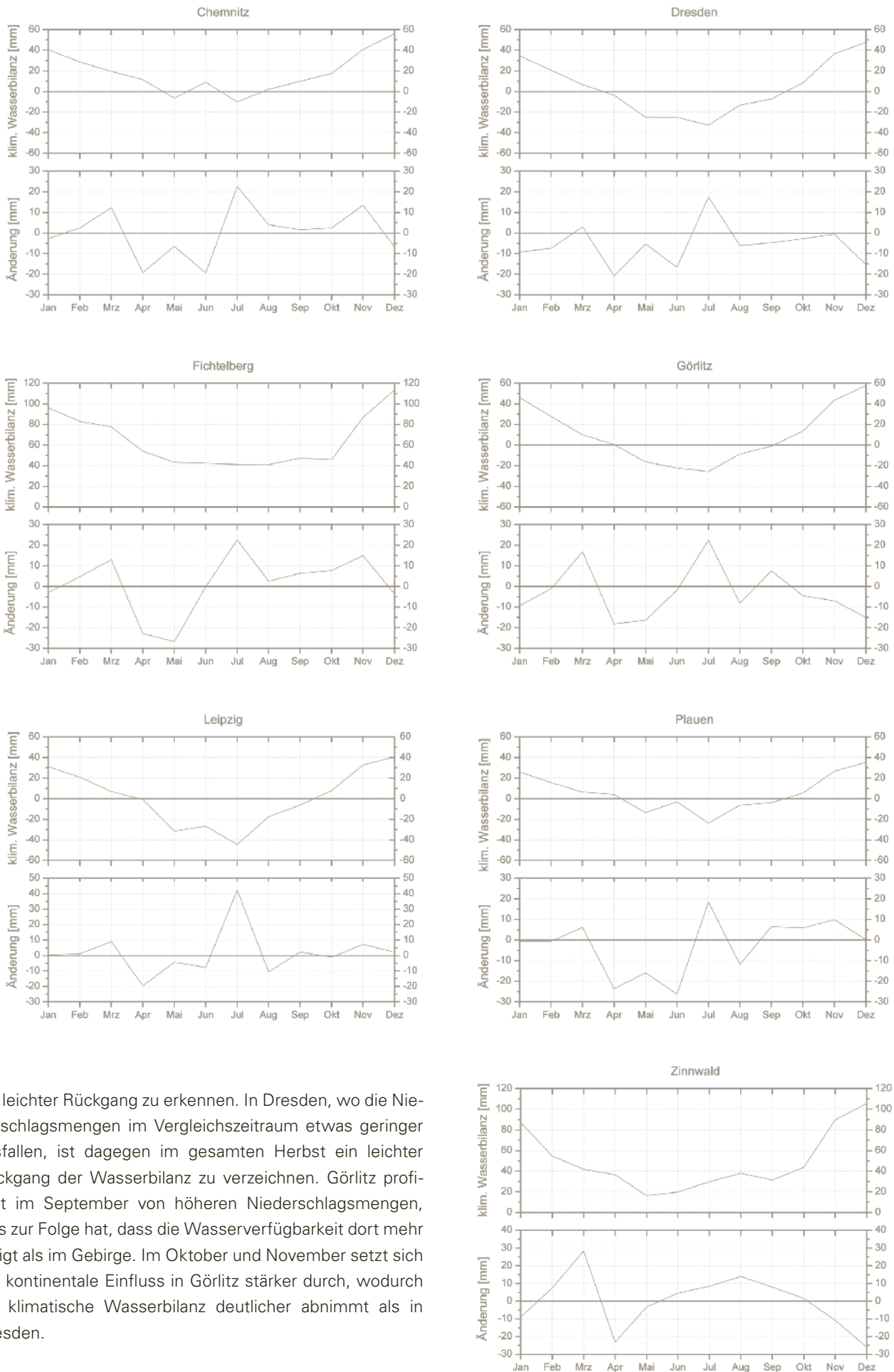


In der Abbildung 4.6.2-1 sind die Jahresgänge dargestellt. Zinnwald stellt wieder die Ausnahme dar, da an dieser Station erst seit 1971 Daten aufgezeichnet werden. Aufgrund ihrer Höhenlage ist eine Ähnlichkeit zum Jahresgang auf dem Fichtelberg zu erkennen, der in erster Linie durch eine ganzjährig positive Wasserbilanz gekennzeichnet ist (siehe folgender Text).

Während in den Karten die räumlichen Verteilungen der klimatischen Wasserbilanz eine hohe Abhängigkeit von der hohen räumlichen Variabilität des Niederschlags zeigten, wird im Jahresgang der Einfluss der potentiellen Verdunstung deutlich. Die Monatssummen des Niederschlags schwanken relativ gesehen weit weniger als die der potentiellen Verdunstung. Deshalb ähnelt der Jahresgang der klimatischen Wasserbilanz in etwa dem der potentiellen Verdunstung. Der spiegelbildliche Verlauf erklärt sich aus der Tatsache, dass die potentielle Verdunstung in der Wasserbilanz ein negatives Vorzeichen hat. Das Maximum der klimatischen Wasserbilanz während der Referenzperiode tritt im Dezember auf, wobei der höchste Wert auf dem Fichtelberg mit 114 mm erreicht wird. In Plauen wird dagegen nur ein Maximum von 35 mm erreicht. Grund für den geringen Wert ist die Abschattung durch das Westerzgebirge, wodurch das Vogtland für eine Mittelgebirgsregion relativ trocken ist. Das Minimum der klimatischen Wasserbilanz stellt sich im Sommer ein, wenn die Strahlung bzw. die potentielle Verdunstung am höchsten ist, obwohl auch der meiste Niederschlag fällt. Auf dem Fichtelberg bleibt die klimatische Wasserbilanz mit 41 mm im August und Juli positiv. Bei den anderen Stationen wird sie negativ und es stellt sich ein deutliches Jahresminimum im Juli ein. Das größte Defizit ist in Leipzig mit -44 mm zu verzeichnen. Da der Juni im Referenzzeitraum der regenreichste Monat ist, stellt sich bei den Stationen Leipzig, Plauen und Chemnitz in diesem Monat ein sekundäres Maximum ein.

Im Vergleich der beiden Untersuchungszeiträume wurde bereits festgestellt, dass sich sowohl die Niederschlagsmenge als auch die potentielle Verdunstung bzw. Globalstrahlung im Allgemeinen erhöht hat, obwohl sich diese Größen bei Änderung in einer Richtung gegenseitig negativ beeinflussen. Besonders deutlich wird das im Juli, der

den Juni als niederschlagsreichsten Monat im Vergleichszeitraum abgelöst hat. In diesem Monat hat der Niederschlag um bis zu 50 % gegenüber der Periode 1961-1990 zugenommen, wodurch die Wasserbilanz fast positiv wird. Trotzdem hat sich auch die Einstrahlung erhöht, was nur durch seltenere Bewölkung erklärbar ist. Daraus folgt, dass es zwar seltener regnet, dafür aber mit höherer Intensität. Diese Entwicklung spiegelt sich etwas abgeschwächt auch im März wider. Da in diesem Monat sowohl die Monatssumme des Niederschlags als auch die Zunahme zwischen den Zeiträumen geringer ausfällt als im Juli, fällt auch die Zunahme des Wasserdargebots deutlich niedriger aus. Besonders die Stationen Leipzig, Dresden und Plauen, die in relativ trockenen Gebieten liegen, profitieren kaum von der Niederschlagszunahme. Dort stehen im März zwischen 4 mm und 9 mm mehr Wasser zur Verfügung. Eine allgemeine Abnahme der klimatischen Wasserbilanz ist in den Monaten April bis Juni zu erkennen, in denen auch schon eine allgemeine Niederschlagsabnahme festgestellt wurde. Auch im August ist die Wasserverfügbarkeit deutlich gesunken, obwohl der Niederschlag kaum abgenommen hat. In diesem Monat ist aufgrund der deutlich höheren Sonnenscheindauer der Verdunstungsanspruch gestiegen. Nur in Chemnitz und auf dem Fichtelberg wird die Zunahme der potentiellen Verdunstung durch die Niederschlagszunahme kompensiert. In den restlichen Monaten sind an den Stationen unterschiedliche Tendenzen erkennbar. Im Winter zum Beispiel ist die klimatische Wasserbilanz an den östlichen Stationen Dresden und Görlitz deutlich niedriger als im Referenzzeitraum, während sie an den anderen Stationen relativ konstant bleibt. Dort zeigt sich zum einen der kontinentale Einfluss und zum anderen die strahlungsbegünstigte Lage des Dresdener Elbtals. Im Herbst ist dagegen eine stärkere Höhenabhängigkeit zu sehen. Aufgrund der stärkeren Niederschlagszunahme im Gebirge nimmt an den Stationen Chemnitz, Plauen und Fichtelberg die Wasserverfügbarkeit zu. An den Stationen der tieferen Lagen nimmt die Wasserbilanz weniger zu bzw. sogar ab. Die Änderungen sind lokal verschieden. In Leipzig, wo im Vergleichszeitraum die potentielle Verdunstung am stärksten zugenommen hat, hat auch der Niederschlag stärker zugenommen als zum Beispiel in Dresden, sodass dort im September und November die Wasserverfügbarkeit höher ist als im Referenzzeitraum. Nur im Oktober ist in Leipzig



ein leichter Rückgang zu erkennen. In Dresden, wo die Niederschlagsmengen im Vergleichszeitraum etwas geringer ausfallen, ist dagegen im gesamten Herbst ein leichter Rückgang der Wasserbilanz zu verzeichnen. Görlitz profitiert im September von höheren Niederschlagsmengen, was zur Folge hat, dass die Wasserverfügbarkeit dort mehr steigt als im Gebirge. Im Oktober und November setzt sich der kontinentale Einfluss in Görlitz stärker durch, wodurch die klimatische Wasserbilanz deutlicher abnimmt als in Dresden.

Abb. 4.6.2-1 | Mittlerer Jahresgang der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen

4.6.3 Langzeittrends



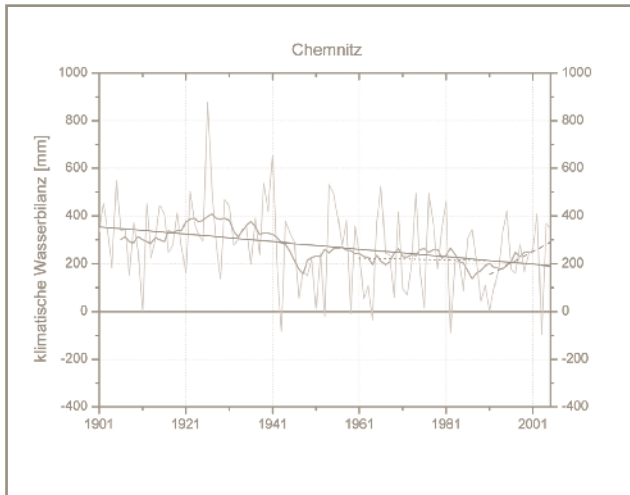
Im Gegensatz zu den innerjährigen Schwankungen sind im langjährigen Vergleich die Schwankungen der Niederschlagsmenge größer als die der potentiellen Verdunstung. Deshalb geben die langen Reihen der klimatischen Wasserbilanz in der Abbildung 4.6.3-1 im Prinzip den Verlauf der Niederschlagsreihen wieder. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung fallen die zwischenjährlichen Schwankungen der klimatischen Wasserbilanz größer aus als die der beiden Einflussgrößen. Der größte Schwankungsbereich tritt mit 1265 mm auf dem Fichtelberg auf. Das Maximum wird 1922 mit 1550 mm erreicht, das Minimum 1943 mit 284 mm. Die geringste Schwankungsbreite ergibt sich in Plauen mit 564 mm. Im Allgemeinen fallen sowohl die Maxima als auch die Minima von klimatischer Wasserbilanz und Niederschlag der jeweiligen Station und Zeitreihe auf das gleiche Jahr.

Wie die klimatische Wasserbilanz sich aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung ergibt, so resultiert auch der Trend der klimatischen Wasserbilanz aus der Differenz der Trends beider Größen. Unter dieser Betrachtungsweise sind bei den kurzfristigen Trends zwei unterschiedliche Charakteristiken unterscheidbar. In der Periode 1961-1990 haben die Trends von potentieller Verdunstung und Niederschlag bei allen Stationen außer Leipzig ein gegenteiliges Vorzeichen, bedingt durch die gegenseitigen Beeinflussung der Größen. Bei den beiden östlichen Stationen Görlitz und Dresden nimmt der Niederschlag zu und die potentielle Verdunstung ab, woraus sich ein positiver Trend für die klimatische Wasserbilanz ergibt. Einen gegensätzlichen Trend zeigen die Stationen

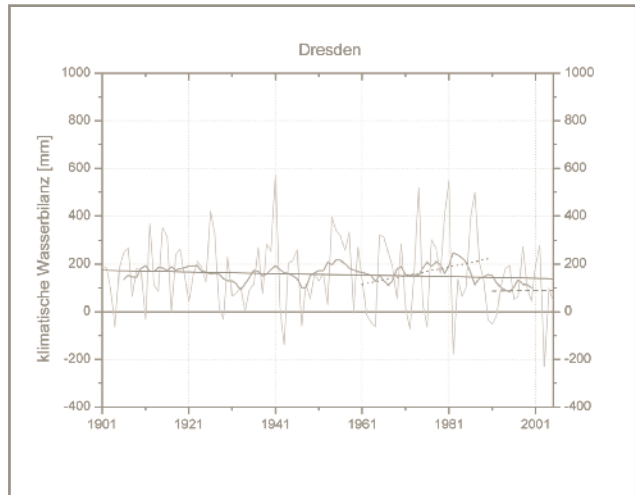
Fichtelberg, Chemnitz und Plauen, die in der Mittelgebirgsregion liegen. In Leipzig sind beide Trends positiv, wobei aufgrund des stärkeren Niederschlagstrends auch die klimatische Wasserbilanz eine positive Entwicklung zeigt. Aus der Betrachtung der langjährigen Entwicklung der potentiellen Verdunstung bzw. Globalstrahlung geht hervor, dass die Zunahme der Verdunstung in Leipzig auf die lokale Industrieentwicklung zurückzuführen ist, während die Niederschlagsentwicklung eher mit Variabilitäten der großräumigen Strömungen zusammen hängt.

Im Gegensatz zum Referenzzeitraum sind die Trends für Niederschlag und potentielle Verdunstung in der Periode 1991-2005 bei allen Stationen außer Görlitz gleich gerichtet. Die zeitliche Änderung des Niederschlags ist dabei größer als die der potentiellen Verdunstung, so dass der Trend der klimatischen Wasserbilanz dem des Niederschlags folgt. An den 4 Stationen Dresden, Chemnitz, Plauen und Fichtelberg ist er positiv. In Leipzig ist er negativ, ebenso in Görlitz, wo einem negativen Niederschlagstrend ein positiver Verdunstungstrend gegenüber steht.

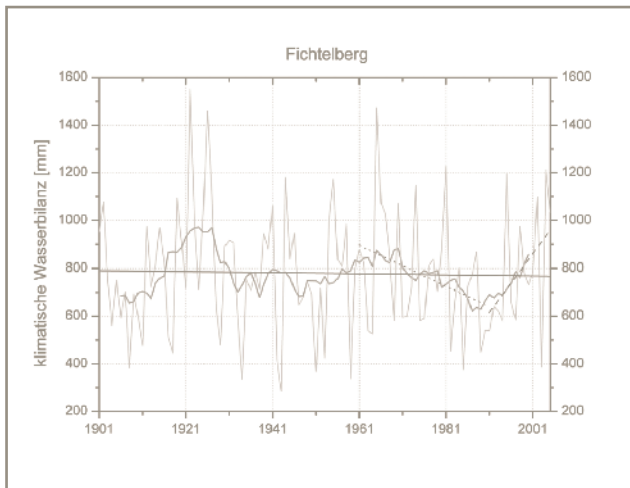
Bei den langfristigen Trends ist die Vergleichbarkeit zwischen Niederschlags- und Verdunstungstrend nicht gegeben, da sich diese zum Teil auf unterschiedliche Zeiträume beziehen. An allen Stationen ist eine Abnahme festzustellen, wobei sie nur in Chemnitz signifikant (fettgedruckte Werte in Tabellen) ist. Auch in Plauen ist eine ähnliche Tendenz erkennbar. Das bedeutet, dass sich der Wasserhaushalt in den mittleren Höhenlagen des Erzgebirges am stärksten geändert hat.



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-1,57 mm	273,4 mm
1961-1990	-0,34 mm	218,3 mm
1991-2005	+9,62 mm	222,6 mm

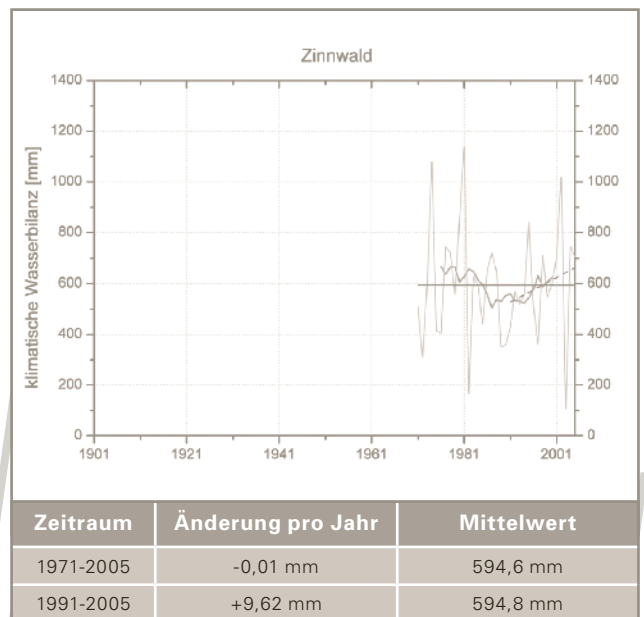
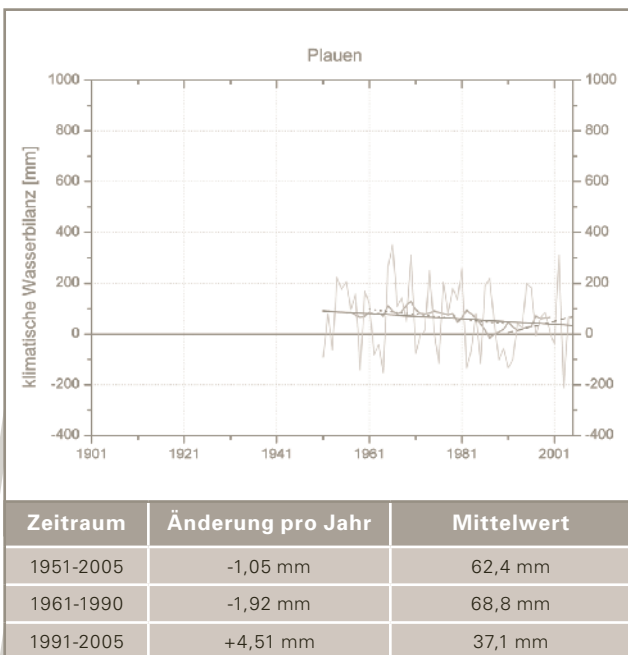
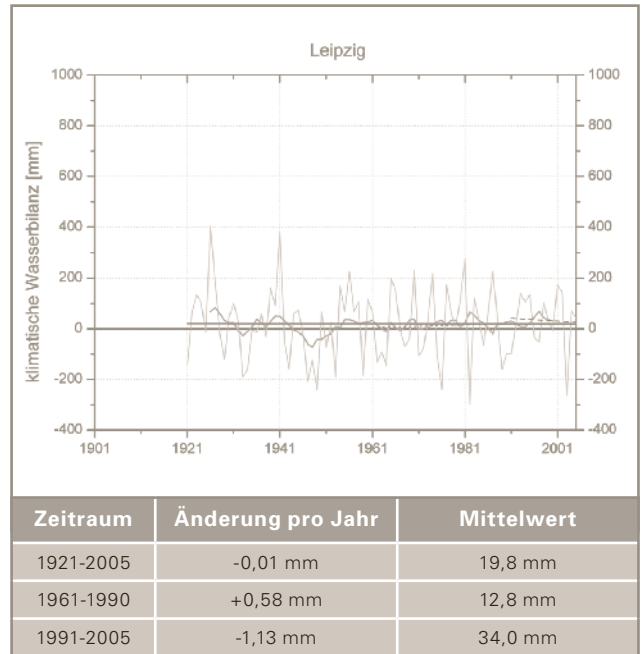
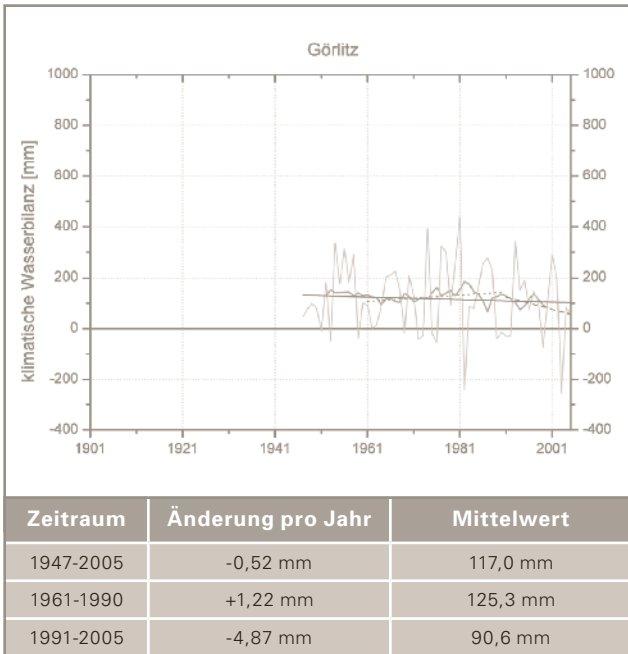


Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-0,33 mm	155,7 mm
1961-1990	+3,69 mm	167,4 mm
1991-2005	+0,32 mm	88,9 mm



Zeitraum	Änderung pro Jahr	Mittelwert
1901-2005	-0,21 mm	779,5 mm
1961-1990	-8,53 mm	772,5 mm
1991-2005	+24,58 mm	788,0 mm

- Klimatische Wasserbilanz (Urreihe)
- Klimatische Wasserbilanz (tiefpassgefiltert)
- linearer Trend Urreihe
- linearer Trend 1961-1990
- linearer Trend 1991-2005



— Klimatische Wasserbilanz (Urreihe)
 — Klimatische Wasserbilanz (tiefpassgefiltert)
 — linearer Trend Urreihe
 linearer Trend 1961-1990
 - - - linearer Trend 1991-2005

Abb. 4.6.3-1 | Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)

4.7 Wetterextreme



Eine ausführliche Behandlung der Wetterextreme (siehe Glossar) in der jüngeren Klimavergangenheit von Sachsen würde eine separate Publikation füllen und ist auch nicht das Anliegen dieser Abhandlung. Mit der kurzen Beschreibung zweier prominenter Wetterextreme der jüngsten Klimageschichte – dem Jahrhunderthochwasser 2002 und der Sommerdürre 2003 - soll die Spannweite der möglichen extremen Variabilität des Klimas von Sachsen aus heutiger Sicht erläutert werden. Beide Wetterextreme können aber nicht direkt mit dem Klimawandel in Sachsen in Verbindung gebracht werden. Erst eine statistische Einordnung der Ereignisse in sehr lange Reihen kann darüber Auskunft geben. Dabei erweist sich der Hitze- und Dürresommer 2003 in Deutschland als 450-jähriges Ereignis (Schönwiese *et al.*, 2003) und in der Schweiz sogar als 10000-jähriges Ereignis (Schär *et al.*, 2004).

4.7.1 Hochwasser im August 2002



4.7.1.1 Wetterentwicklung

Am Rande eines Hochdruckgebietes über dem Nordatlantik wurde Anfang August 2002 grönländische Polarluft vom isländischen Raum in Richtung westliches Mittelmeer transportiert. Damit verbunden formierte sich am 10. August 2002 ein gut ausgeprägter Höhentrog über dem westlichen Mittelmeer. Entlang des Höhentrogs zog das Tief „Ilse“ von den Britischen Inseln über Frankreich nach Oberitalien (Abb. 4.7.1-1). In der Nacht vom 11. zum 12. August verstärkte sich „Ilse“ über der nördlichen Adria zu einem Vb-Tief (Kerndruck < 1000 hPa) und zog unter weiterer Vertiefung nordostwärts in Richtung Ungarn, Tschechien und Polen (Abb. 4.7.1-2). Dabei wurde extrem warme und feuchte Luft vom Mittelmeer und vom Schwarzen Meer in die Zirkulation einbezogen.

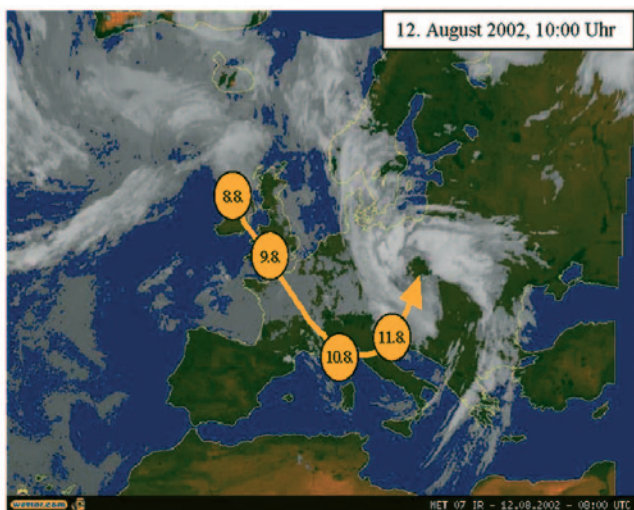


Abb. 4.7.1-1 | Infrarot-Satellitenbild (METEOSAT) der Wetterlage vom 12.08.2002, 10:00 Uhr MEZ in Europa mit eingezeichneter Zugbahn des Vb-Tiefs „Ilse“ (Quelle: Deutscher Wetterdienst (siehe Glossar), bearbeitet)

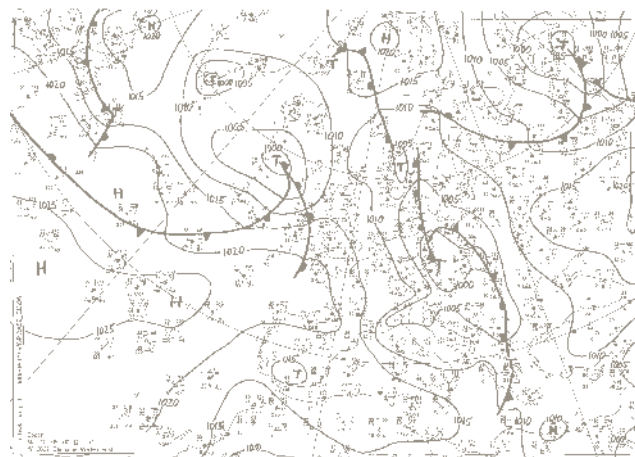


Abb. 4.7.1-2 | Wetterlage vom 12.08.2002, 14:00 MEZ (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Verstärkend auf die hydrologischen Auswirkungen der Extremsituation vom 12. bis 13. August 2002 wirkte sich aus, dass bereits seit Anfang August die Witterung in Sachsen von sehr feuchtlabilenlabilen Luftmassen beherrscht wurde, wodurch es zwar lokal unterschiedlich, z. T. aber mehrfach und in der Summe überall zu intensiven Schauern und Gewittern kam. Dadurch war der Boden in den Starkregenregionen vom 12./13. August bereits teilweise mit Wasser gesättigt. Mit den Niederschlägen des 12. bis 14. August führte dies weit verbreitet zu neuen Rekorden in den Tagessummen des Niederschlags, (Abb. 4.7.1-3, Tabelle 4.7.1-1) als auch zu neuen Rekordwerten im Maximalabfluss der Erzgebirgsflüsse und der Elbe.

Tabelle 4.7.1-1 | Auswahl maximaler Tagessummen des Niederschlags [mm] in Sachsen vom 12.08.2002, 7:00 MEZ bis 13.08.2002, 7:00 MEZ (Datenquellen: Deutscher Wetterdienst, Technische Universität Dresden, Landestalsperrenverwaltung Sachsen)

Zinnwald-Georgenfeld	312	Dippoldiswalde	186
Oberbärenburg (Osterzgebirge)	300	Marienberg	166
Grillenburg	294	Dresden-Klotzsche	158
Klingenberg	281	Carlsfeld	145
Lauenstein	267	Oberwiesenthal	109
Dönschten (Osterzgebirge)	250	Oschatz	108
Altenberg	248	Riesa	101
Tanneberg	228	Torgau	94
Talsperre Malter	219		
Talsperre Lichtenberg	201		
Fichtelberg	193		

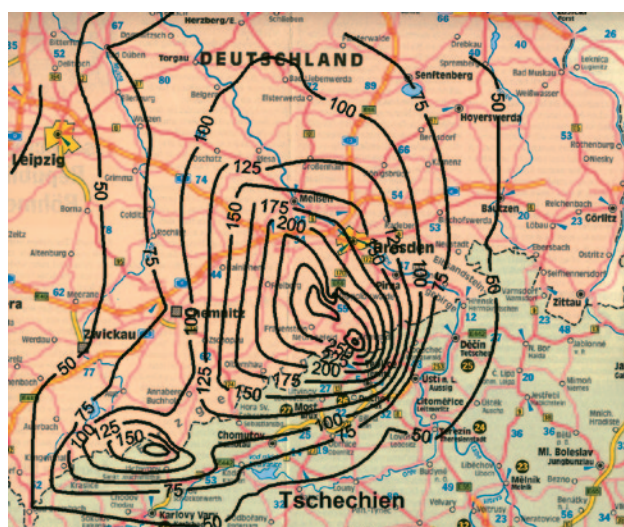


Abb. 4.7.1-3 | Niederschlagssumme [mm] vom 12.08.-13.08.2002, 08:00 MEZ in Sachsen und Nordböhmen (Der für diesen Zeitraum gemessene Maximalniederschlag im Niederschlagszentrum betrug 312 mm (Zinnwald-Georgenfeld)), (Quellen: Deutscher Wetterdienst, Meteomedia AG, TU Dresden)



Zusammenfassend können vier entscheidende meteorologische Faktoren für das Auslösen des Extremniederschlags (siehe Glossar) benannt werden:

1. Großräumige, starke und ortsfeste Aufgleitfläche (Vb-Tief)
2. Einbeziehung von warmer und sehr feuchter Luft vom Mittelmeer und vom Schwarzen Meer in das Tiefdrucksystem, damit verbunden extrem hoher Flüssigwassergehalt der Luft
3. Niederschlagsverstärkende konvektive Prozesse (Schauer, Gewitter) in der labilen Luftmasse
4. Zusätzliches orographisch bedingtes Aufgleiten und luvseitige Stauerscheinungen am Erzgebirgsnordrand



4.7.1.2 Vergleichende Auswertungen für Klimastationen in Sachsen

Die Abbildung 4.7.1-4 zeigt die Niederschlagsverteilung im Sommer 2002 im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 an sieben ausgewählten Klimastationen in Sachsen. Deutlich erkennbar ist die starke positive Abweichung im August. Hier wurden an allen aufgeführten Stationen Maximalwerte, teilweise sogar die höchsten jemals gemessenen Niederschlagswerte erreicht. Hervorzuheben ist, dass die Monatssummen vorwiegend nur aus wenigen Tagen Niederschlag resultieren. Der orographische Effekt des Erzgebirges führte zu einer Verstärkung des Aufgleitniederschlags um 50-100% (vgl. z.B. Dresden-Klotzsche mit Zinnwald-Georgenfeld).

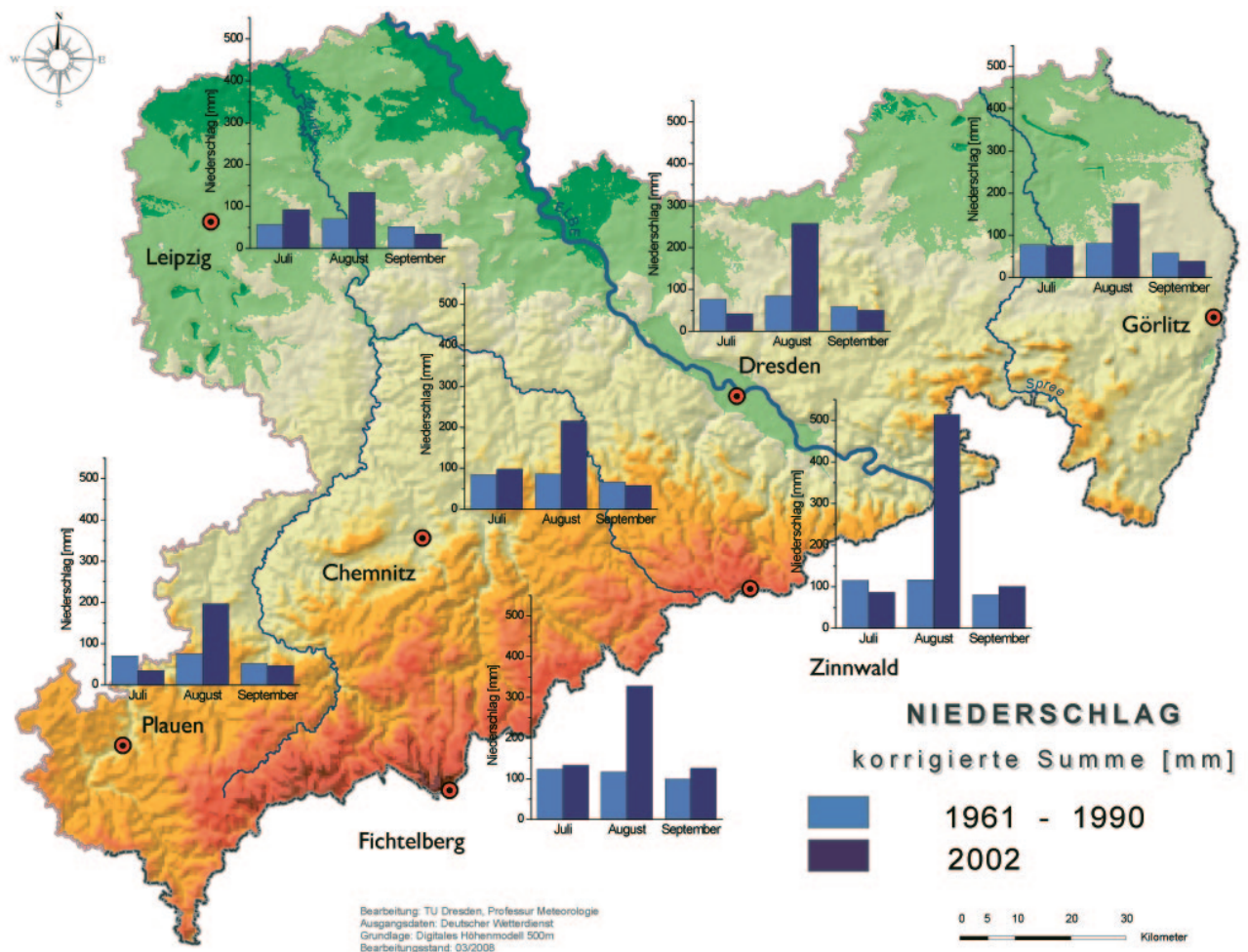


Abb. 4.7.1-4 | Monatssummen des Niederschlags [mm] im Sommer an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2002

4.7.2 Trockenheit 2003



4.7.2.1 Wetterlage

Im Sommer 2003 entwickelte sich mit kurzen Unterbrechungen eine anhaltende ausgeprägte Dürreperiode in Mittel- und Westeuropa. Diese Dürreperiode war insbesondere in Westeuropa gleichzeitig mit extremer Hitze verbunden. Ursache für diese Witterungsanomalie war die Häufung von so genannten Omega-Lagen über Mitteleuropa. Diese Wetterlagen sind das Ergebnis des quasi-stationären Verhaltens der großen planetaren Wellen, die maßgeblich die Zugbahnen der Hoch- und Tiefdruckgebiete in den gemäßigten Breiten steuern. Die Omega-Lagen führen zu einer stationären meridionalen Ausprägung der Strömung, die mit Extremen in bestimmten Gebieten gekoppelt ist.

Im Sommer 2003 etablierte sich das „Omega“ der Höhenströmung über Mitteleuropa, verbunden mit einem warmen Höhenhoch, das für stabiles und trockenes Hochdruckwetter sorgte (Abb. 4.7.2-1). Niederschlagsbringende Tiefdrucksysteme wurden um das Höhenhoch herum nach Nord- und Osteuropa geführt. Das besondere an dieser Wetterlage war die große räumliche Ausdehnung und das andauernde Verharren in stationärer Position. Dies war die entscheidende Ursache für die ausgeprägte Trockenheit in Mitteleuropa.

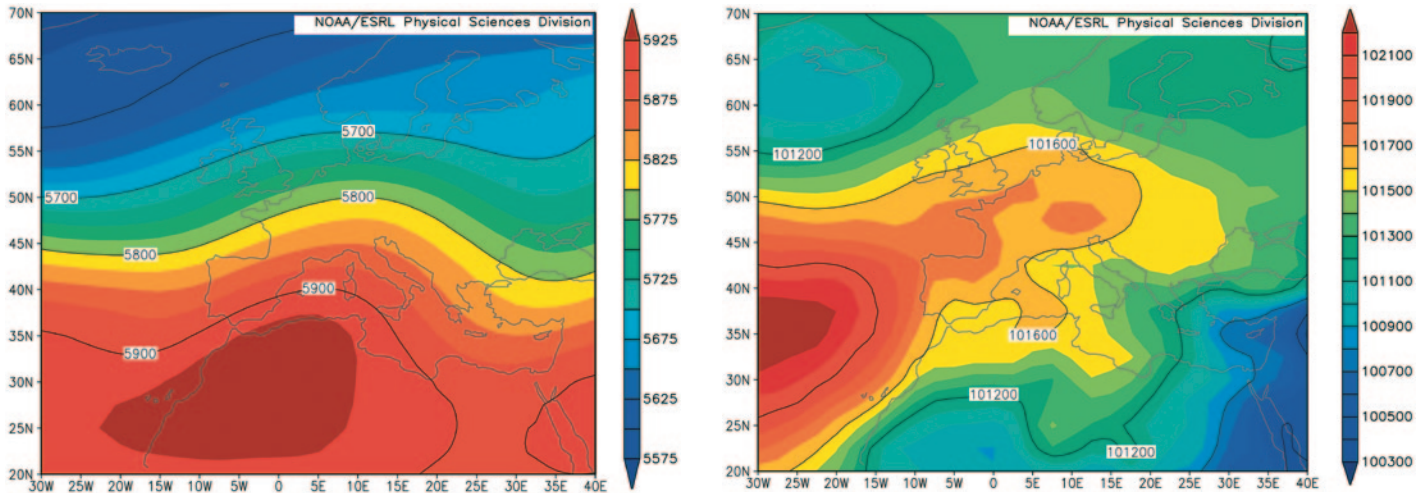


Abb. 4.7.2-1 | Mittlere geopotentielle Höhe [m] in der 500 hPa - Fläche (links) und mittlerer Bodendruck auf NN [Pa] (rechts) über Europa im Zeitraum 01.07.-31.08.2003 (Deutlich erkennbar ist das ausgeprägte „Omega“ des Geopotentialfeldes, kombiniert mit einem Hochdruckkeil über Mittel- und Westeuropa.), (Quelle: www.cdc.noaa.gov)



4.7.2.2 Vergleichende Auswertungen für Klimastationen in Sachsen

In der Abbildung 4.7.2-2 sind die Werte von Niederschlag (oben) und Klimatischer Wasserbilanz (unten) in den Vegetationsperioden I und II im Jahr 2003 im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 dargestellt. An allen Klimastationen ist in beiden Vegetationsperioden eine deutlich positive Temperaturanomalie von 2,5 bis 5 Grad Celsius zu erkennen (Abb. 4.7.2-3, oben).

Gemeinsam mit dem Sommer 1992 gilt der Sommer 2003 als der wärmste seit Beginn der Aufzeichnungen in Sachsen. Die hohe Mitteltemperatur war verbunden mit einer deutlich positiven Anomalie der Sonnenscheindauer (Abb. 4.7.2-3, unten), einer Erhöhung der Anzahl der Sommertage auf zum Teil mehr als das Doppelte des Durchschnittswertes sowie einer Vervielfachung der heißen Tage im Tiefland (Abb. 4.7.2-4). Das anhaltend

strahlungsreiche und heiße Sommerwetter war mit einem erheblichen Niederschlagsdefizit in beiden Vegetationsperioden in allen Höhenlagen verbunden. Bedingt durch ein bereits aus dem Frühjahr vorhandenes Wasserdefizit konnten auch die teilweise überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen im Juli 2003 zu keinem Ausgleich in der Wasserbilanz führen. Die Kombination aus hoher Temperatur, hoher Sonnenstundenzahl (=hohe Verdunstung) und wenig Niederschlag führten deshalb zu einer Verschärfung der defizitären Wasserbilanz in der Vegetationsperiode II (Abb. 4.7.2-2, unten). Dies war die wesentliche Ursache für die Dürre des Sommers 2003.

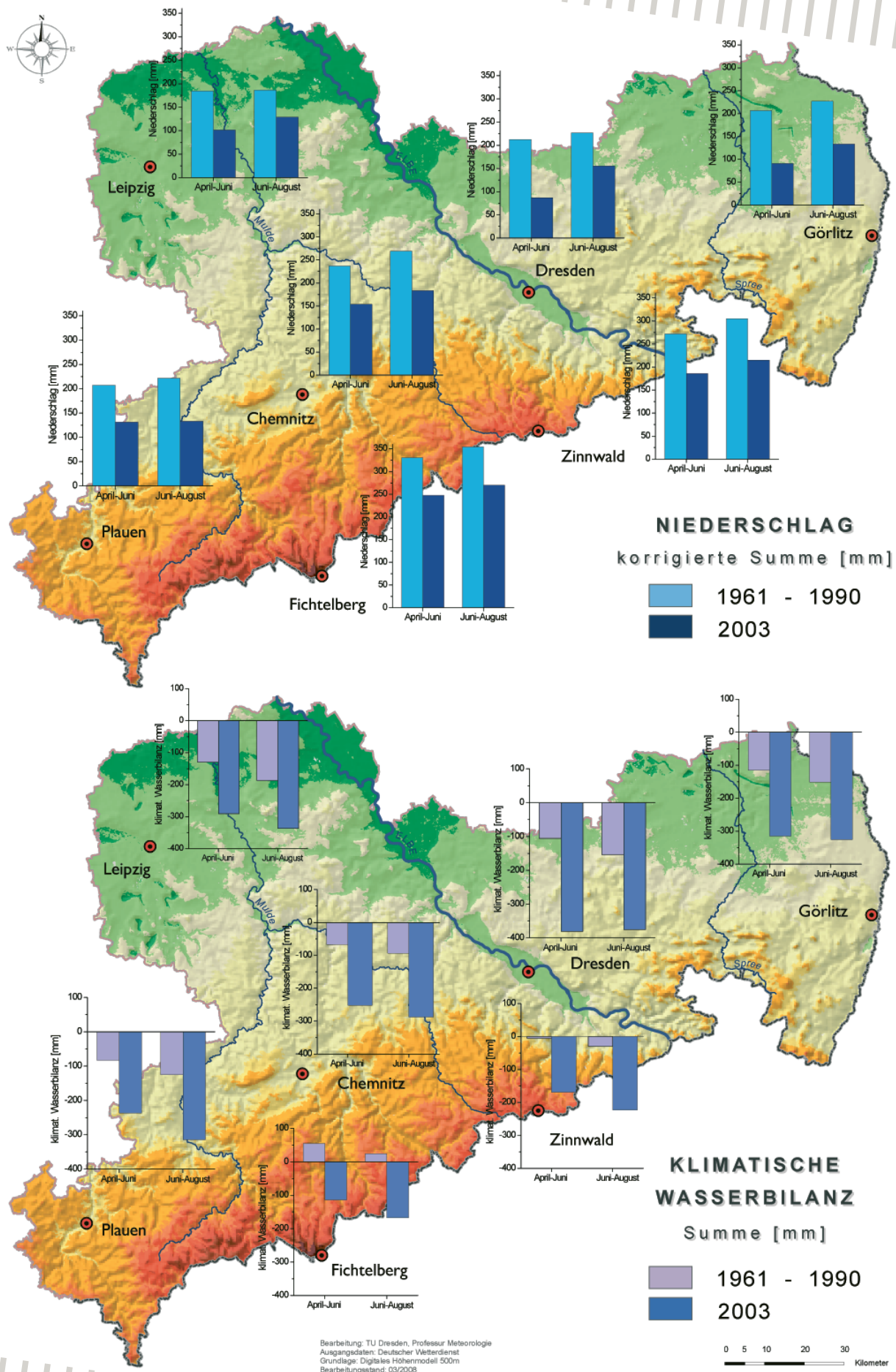
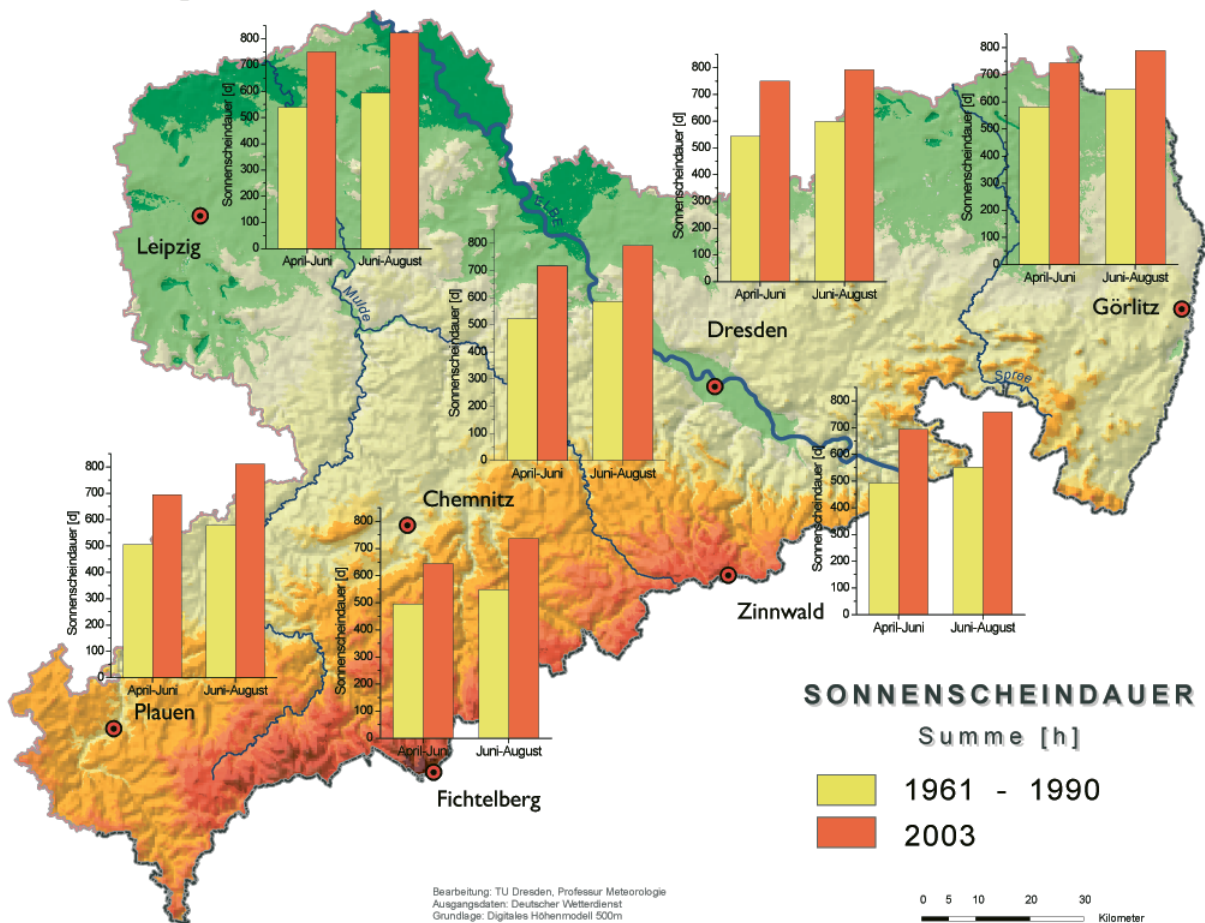
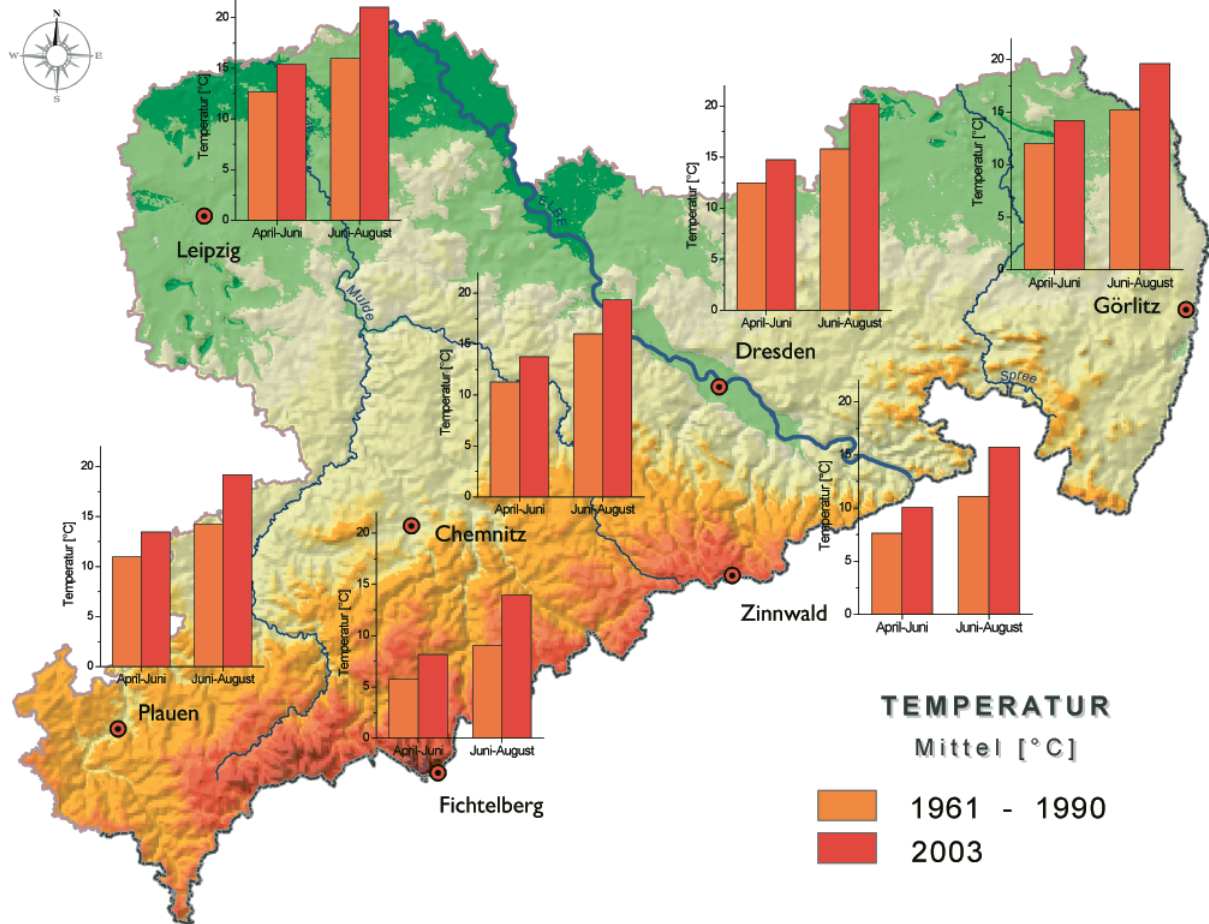
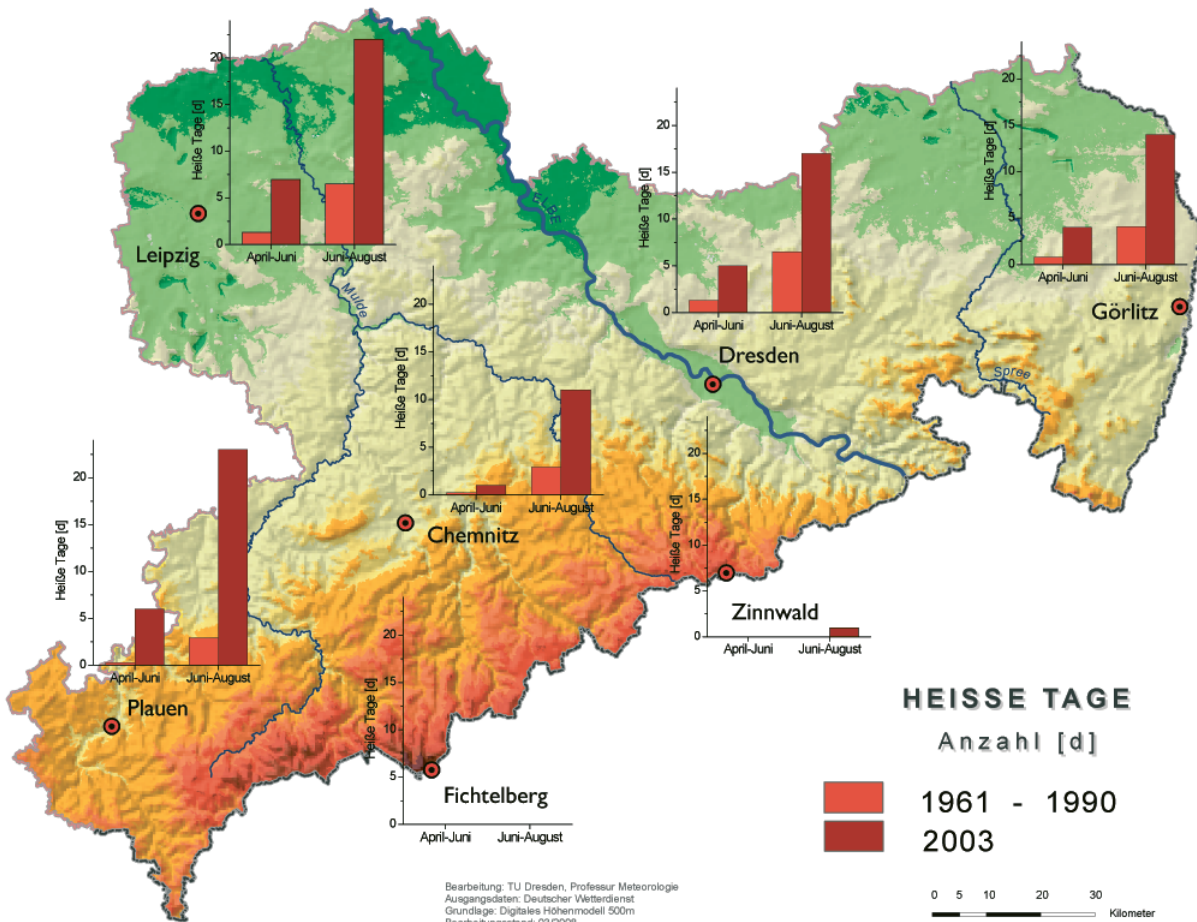
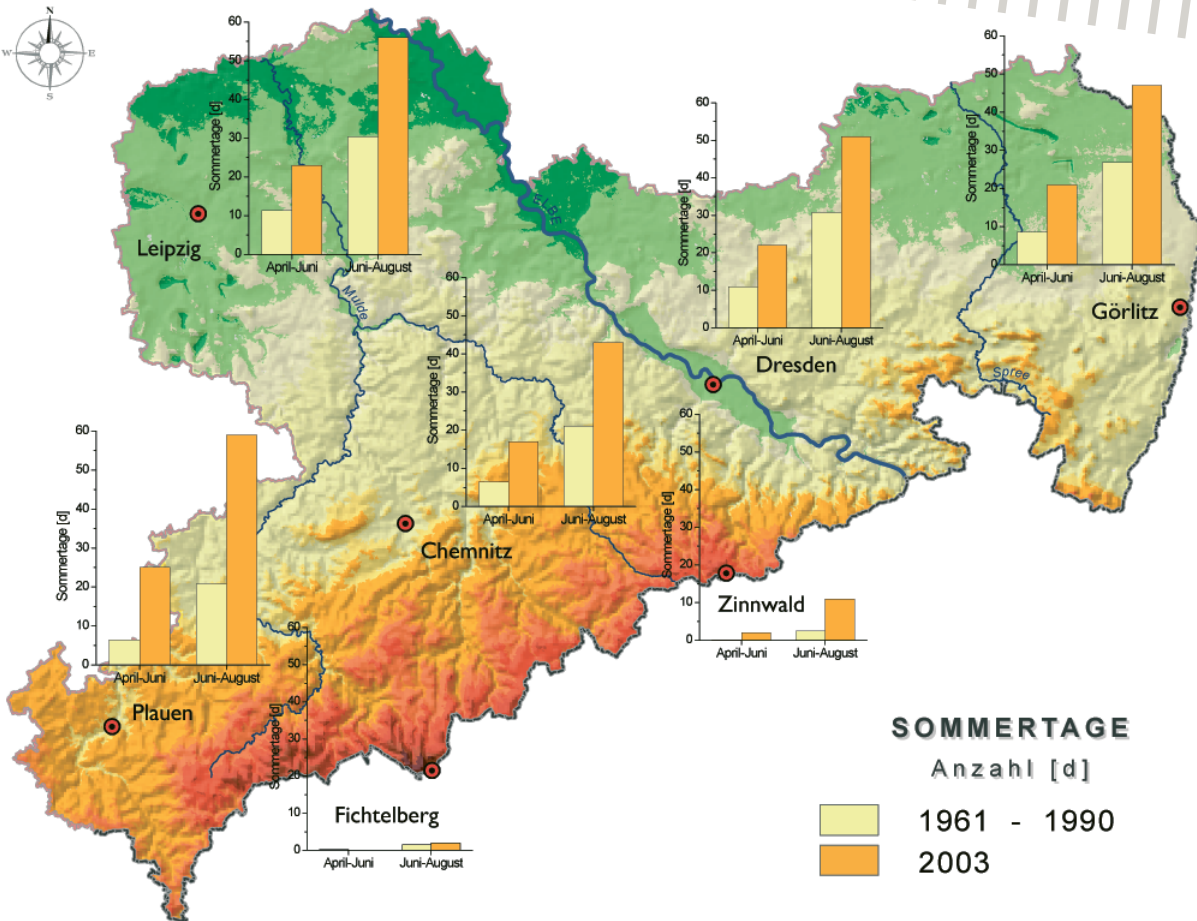


Abb. 4.7.2-2 | Summen des Niederschlages [mm] (oben) und der klimatischen Wasserbilanz [mm] (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.7.2-3 Temperatur [°C] (oben) und Sonnenscheindauer [h] (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2006



Abb. 4.7.2-4 | Anzahl von Sommertagen (oben) und heißen Tagen (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003

4.8 Trockenindizes



Im Folgenden werden drei Trockenindizes vorgestellt. Wie im Kapitel 3.4.7 erwähnt wird sich auf Trockenindizes beschränkt, die lediglich meteorologische Eingangsgrößen benötigen. Auf Indizes, die zur Definition von Dürren verwendet werden, wird nicht weiter eingegangen.

Als ein Trockenindex für die Forstwirtschaft kann der im operationellen Betrieb genutzte Waldbrandindex M-68 interpretiert werden. Ein bezüglich der Trockenheit für verschiedene Sektoren, wie die Land, Forst- und Wasserwirtschaft, sehr aussagekräftiger und vielfach verwendeter Indikator ist die klimatische Wasserbilanz. Während im Kapitel 4.6 Periodenmittel dargestellt werden, liegt der Schwerpunkt in diesem Kapitel auf den Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz. Ein weiterer, oft verwendeter, einfacher Trockenindex ist die Meteorologische Trockenheit. Die Vorschriften zur Berechnung der Indizes sind in den Kapiteln 3.4.5 bis 3.4.7 erläutert. Das Kapitel 4.8.1 entstand in Zusammenarbeit mit der Abteilung Agrarmeteorologie des Deutschen Wetterdienstes in Holzhausen und das Kapitel 4.8.3 mit dem Interdisziplinären Ökologischen Zentrum der Bergakademie Freiberg.

4.8.1 Waldbrandindex M-68



4.8.1.1 Karten

Der Waldbrandindex M-68 wird zur Abschätzung der witterungsbedingten Waldbrandgefahr verwendet. Er kann aber auch als ein für die Forstwirtschaft relevanter Trockenindex interpretiert werden. Auf den Abbildungen 4.8.1.1-1 bis 4.8.1.1-3 ist die mittlere Anzahl an Tagen mit einer Waldbrandwarnstufe (neu) von 4 oder 5 für die Perioden 1961-1990 und 1991-2005 für die Betrachtungszeiträume Jahr sowie die Vegetationsperioden I und II dargestellt.

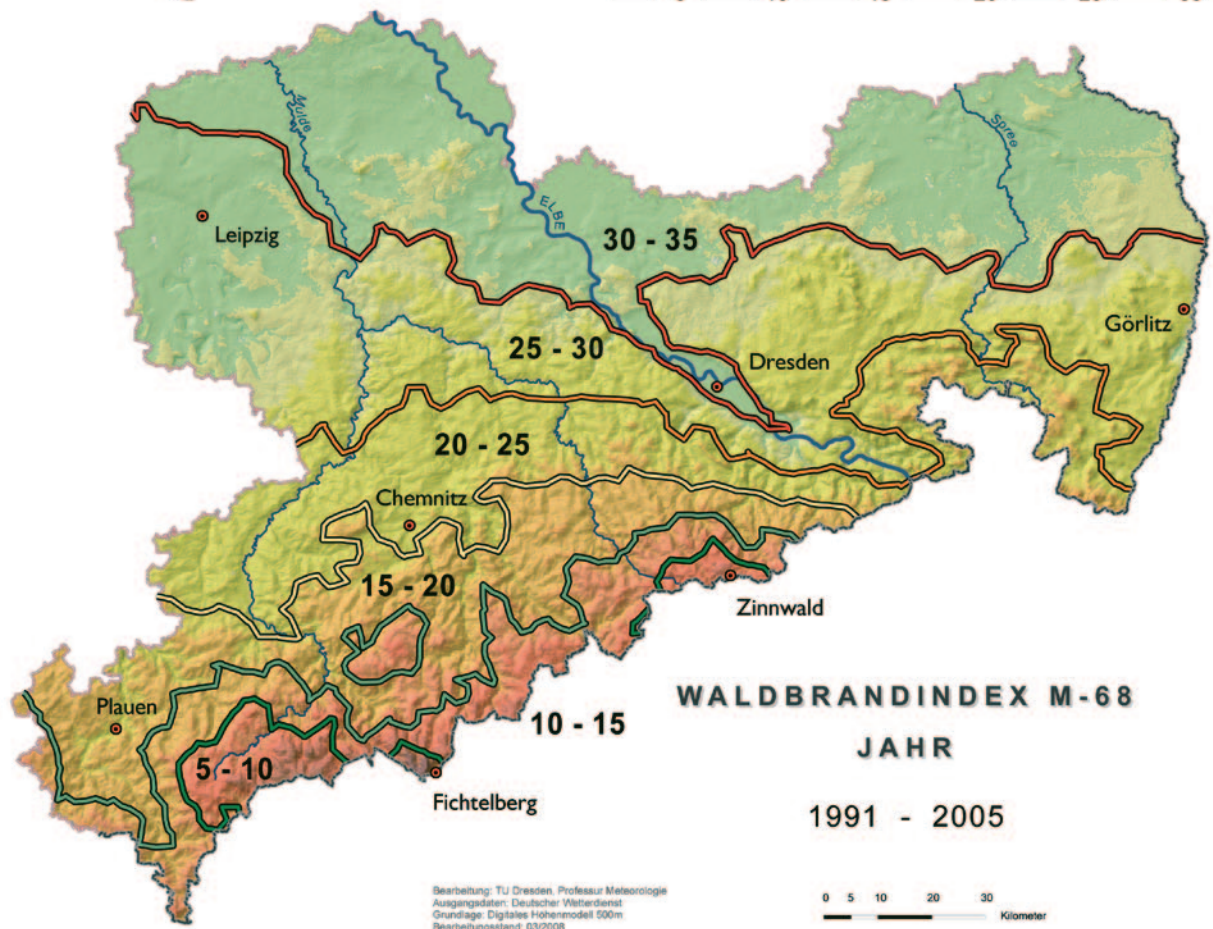
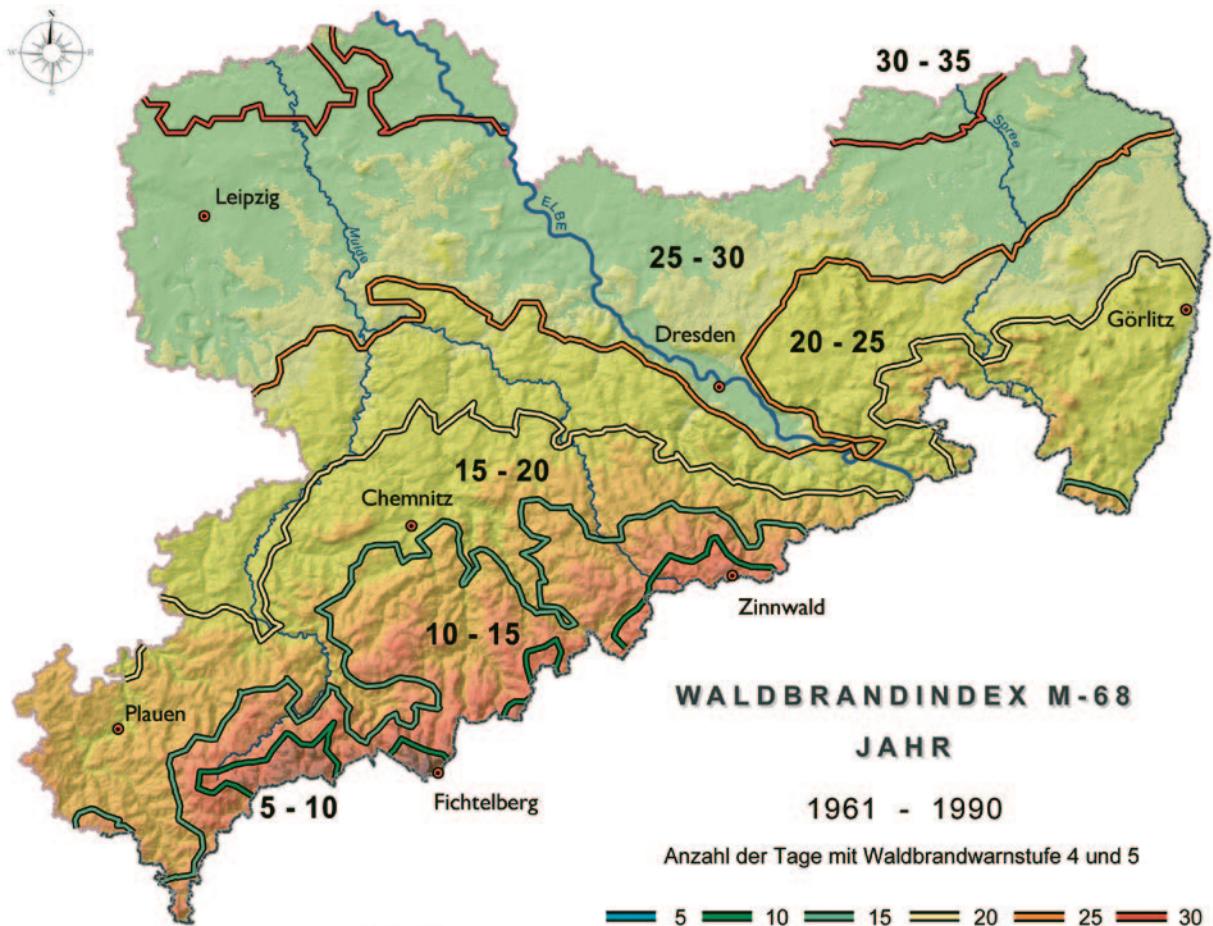
Auf allen Karten erkennbar sind starke Gradienten entlang der Nord-Süd-Achse. Grund sind negative Korrelationen der Höhe mit der Temperatur und positive Korrelationen mit der Niederschlagshöhe. Sind es in den feuchteren und kühleren sächsischen Mittelgebirgen zwischen weniger als 10 und 20 Tage mit hoher Waldbrandgefahr (Abb. 4.8.1.1-1 oben), so sind es im Hügelland 20 bis 30 und im Tiefland mehr als 30 Tage. Ein Vergleich zu einer Abbildung aus Käse (1969) über den Zeitraum 1954-1959 lässt ähnliche Muster erkennen, obgleich die Anzahl an Tagen damals um ca. 5 geringer war. Jene Periode war im Vergleich zum langjährigen Mittel etwas feuchter und kühler, was den Unterschied mit erklärt.

Der Vergleich der beiden Perioden (Abb. 4.8.1.1-1) zeigt deutlich eine fast flächendeckende Zunahme der Waldbrandgefahr im Jahresmittel. Die Linien gleicher Häufigkeit rücken bis auf die 10 Tage Isolinie nach Süden bzw. in die Höhe vor. Die 10 Tage Isolinie weitet sich entgegen des allgemeinen klimatischen Trends der Temperaturzunahme aufgrund einer Erhöhung der Niederschlagsmenge (vgl. Abb. 4.2.1-1) in den Gipfellagen etwas nach Südwest aus. Für weite Teile Sachsens hat die Anzahl der Tage mit erhöhter Waldbrandgefahr um ca. 5 Tage zugenommen.

In den Vegetationsperioden I und II (Abb. 4.8.1.1-2 und 4.8.1.1-3) sind prinzipiell die gleichen Muster wie für das Gesamtjahr ersichtlich. Die Waldbrandgefahr und somit auch die Trockenheit sind in der Vegetationsperiode I höher als in der Vegetationsperiode II. In der Vegetationsperiode I ist die aktuelle Zunahme der Waldbrandgefahr sehr ausgeprägt, was durch die zunehmend trockeneren Frühjahre bzw. Frühsommer bedingt ist (vgl. Abb. 4.2.2-1). Die Tabelle 4.8.1.1-1 verdeutlicht anhand der exemplarischen Stationen die im Durchschnitt 13-prozentige Abnahme des Niederschlags in der Vegetationsperiode I, wohingegen in der Vegetationsperiode II die Niederschläge im Mittel um 16% zunahmen. Eine Reduzierung der Waldbrandgefahr in den Höhenlagen der Mittelgebirge wird besonders in der Vegetationsperiode II (Abb. 4.8.1.1-3) im Vogtland deutlich.

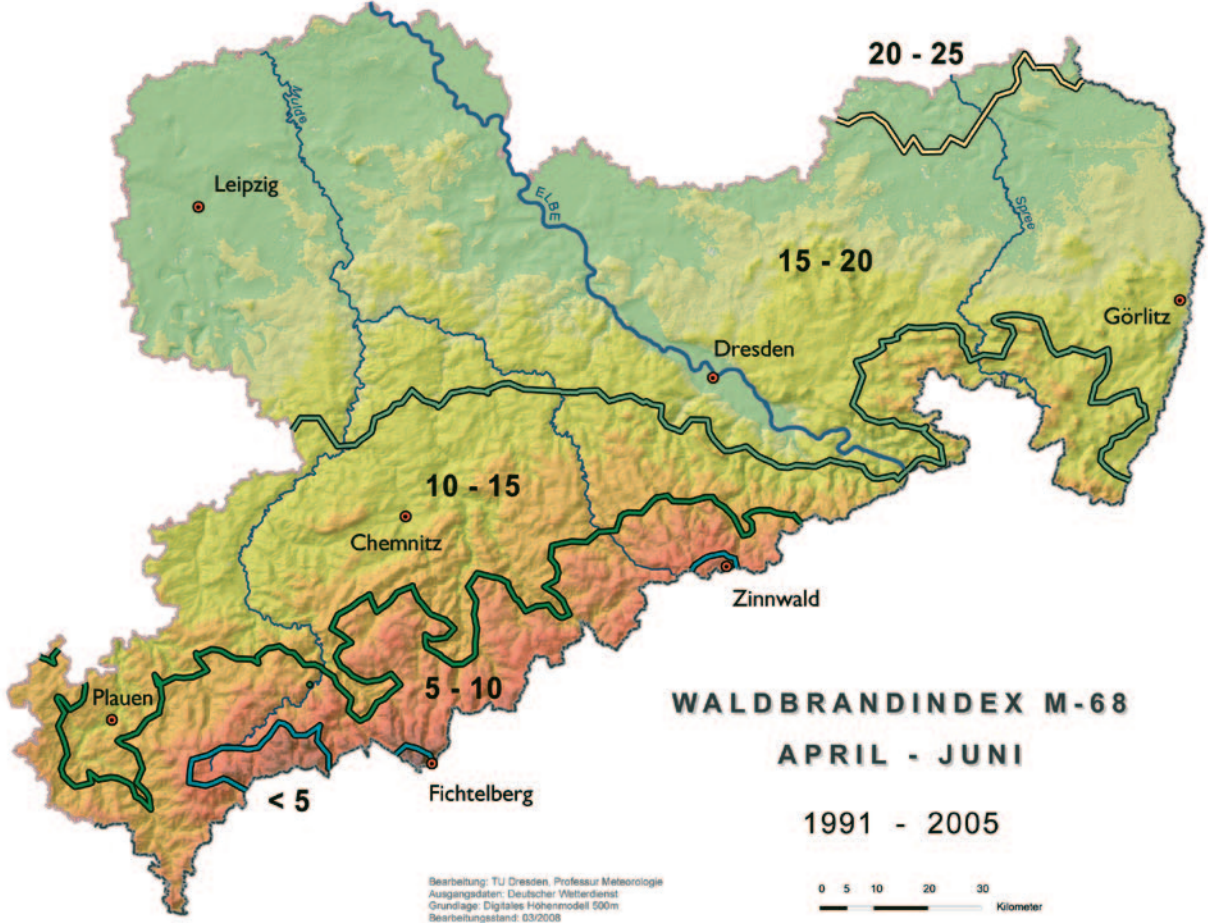
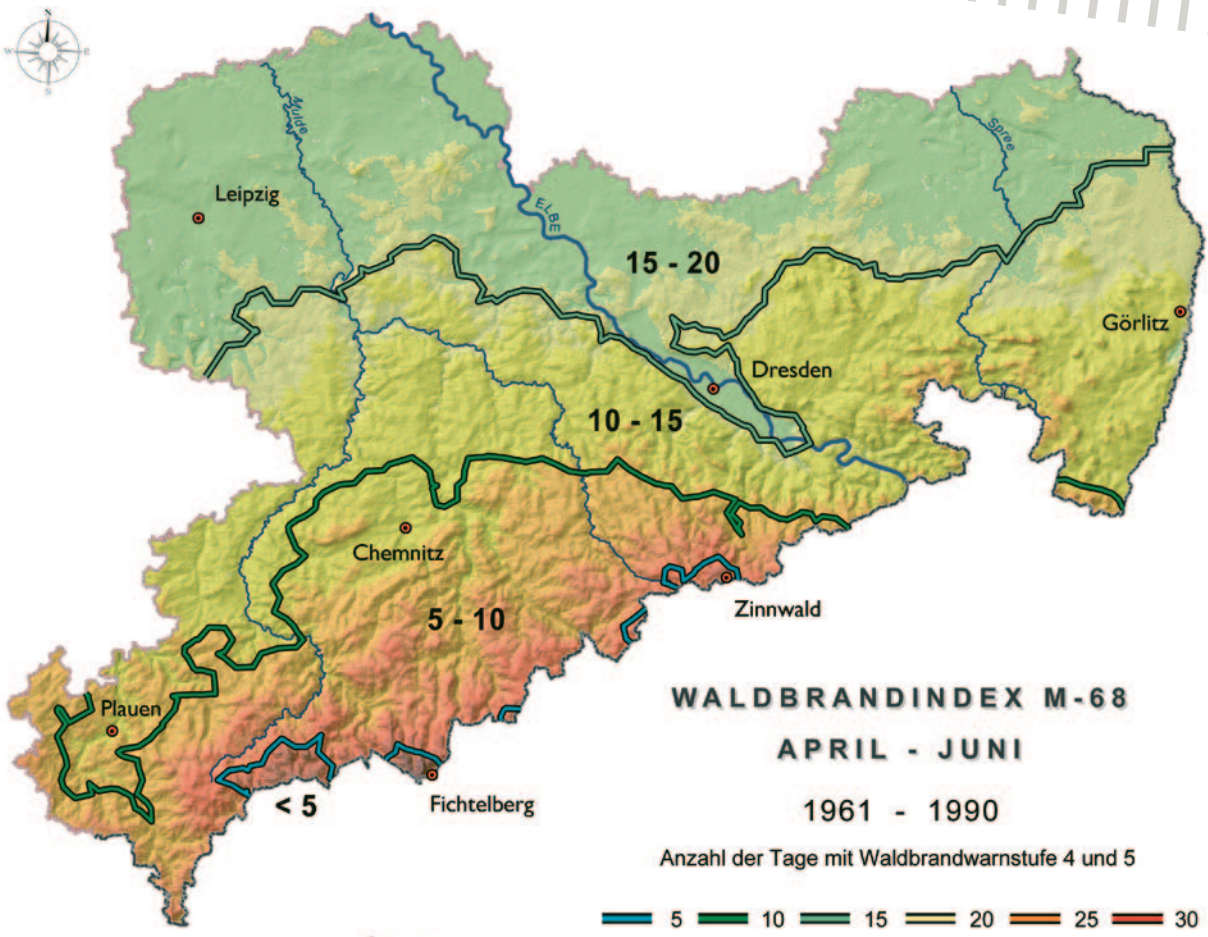
Tab. 4.8.1.1-1 | Mittlerer korrigierter Niederschlag [mm] in den Vegetationsperioden I und II für 1961-1990 und 1991-2005

Zeitraum	Chemnitz	Dresden	Fichtelberg	Görlitz	Leipzig	Plauen	Zinnwald
Vegetationsperiode I							
1961-1990	237	213	330	207	185	208	285
1991-2005	206	179	285	182	171	156	264
Vegetationsperiode II							
1961-1990	235	221	339	218	180	198	300
1991-2005	278	242	372	249	232	222	354



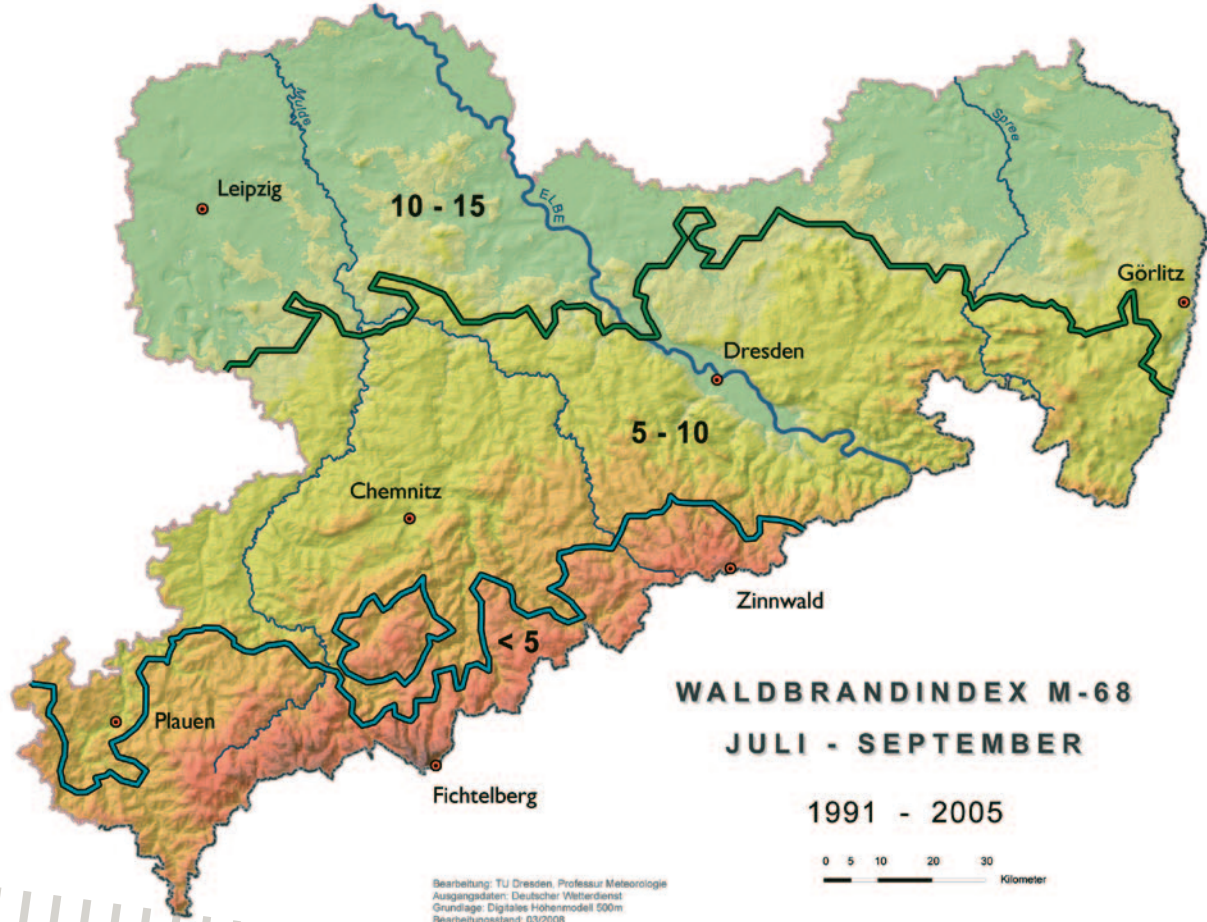
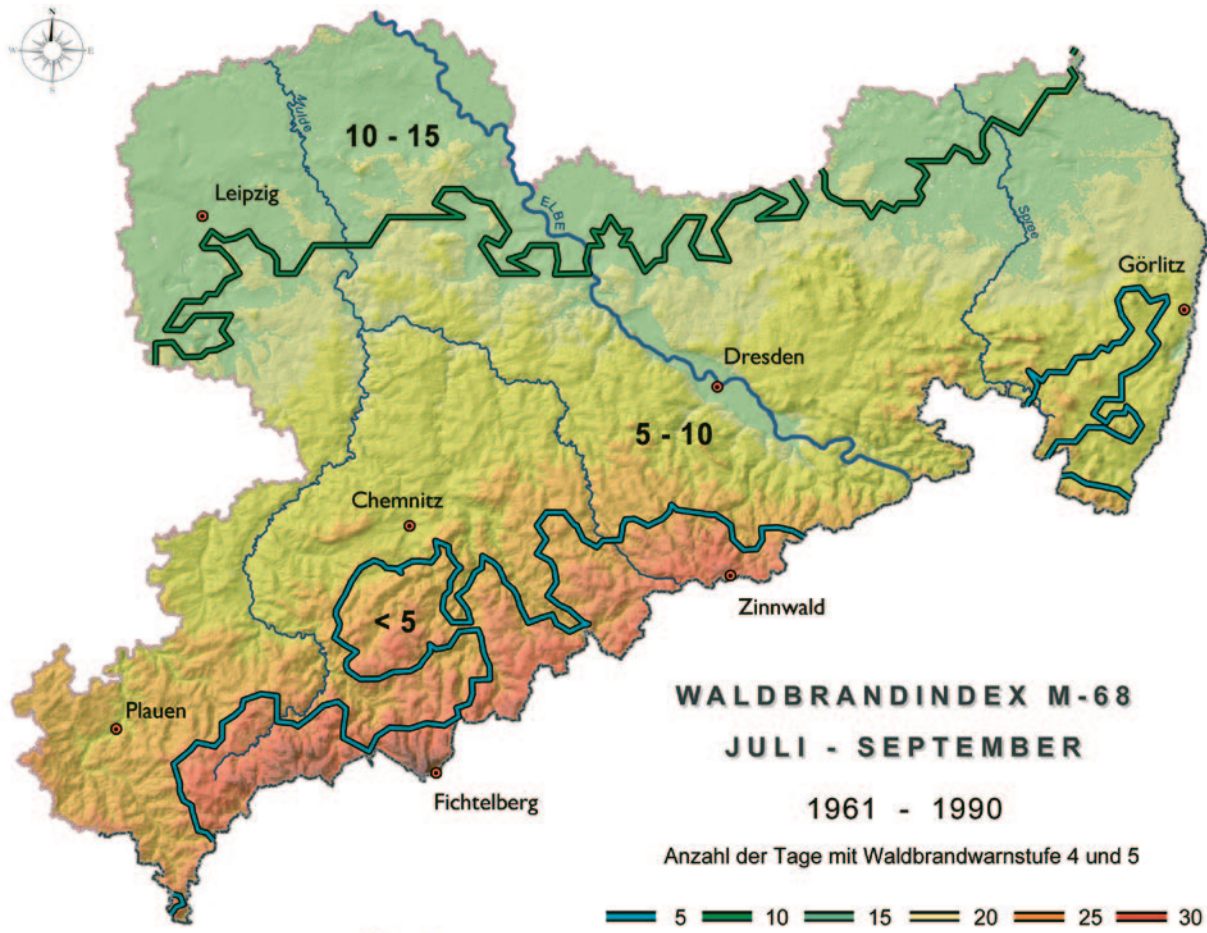
Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.8.1.1-1: Mittlere Anzahl der Tage im Jahr mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2008

Abb. 4.8.1.1-2 | Mittlere Anzahl der Tage in den Monaten April bis Juni mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



Bearbeitung: TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungszeit: 03/2008

Abb. 4.8.1.1-3 | Mittlere Anzahl der Tage in den Monaten Juli bis September mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



4.8.1.2 Aktuelle Änderungen des Waldbrandindexes M-68 in ausgewählten Waldgebieten

An ausgewählten Waldstandorten, die repräsentativ für die Verhältnisse in verschiedenen Höhenstufen stehen, wurden in der Tabelle 4.8.1.2-1 verschiedene statistische Werte zur Waldbrandgefahr in den o. g. Perioden berechnet. Zum Vergleich werden das Jahr 2003 für eine extreme Trockenperiode sowie der Trend über die Gesamtperiode mit aufgeführt. Genutzt wurden Messwerte von Klimastationen, die aufgrund ihrer Höhenlage als repräsentativ für die Waldgebiete angesehen werden. Für den Gebirgsbereich zwischen 500 und 900 m lag keine repräsentative Station vor.

Tab. 4.8.1.2-1 | Statistik zur Waldbrandgefahr (WBWS 4 und 5) ausgewählter Waldstandorte (Signifikanzniveaus: * <0.1 ** <0.05 *** <0.01)

Höhenlage	Tiefland und Unteres Bergland	Unteres und Mittleres Bergland	Oberes Bergland und Kammlagen
Waldgebiet (Beispiel)	Lausitzer Heiden	Tharandter Wald	Kammlage Erzgebirge
Referenz – Klimastation	Görlitz	Chemnitz	Fichtelberg
Mittlere Anzahl der Tage mit WBWS > 3 []			
1961-1990	19	14	1
1991-2005	28	19	2
2003	69	50	5
Trend	+18 **	+12**	0
Mittlere Andauer der maximalen Periodendauer mit WBWS > 3 [d]			
1961-1990	9	8	1
1991-2005	16	12	2
2003	27	25	4
Trend	+10 **	+8 **	0
Beginn der maximalen Periodendauer mit WBWS > 3			
1961-1990	4. Juni	28. Mai	15. Juli
1991-2005	15. Juni	4. Juni	5. Juni
2003	6. Aug.	5. Aug.	11. Aug.
Trend	+23	+18	-65

Die Anzahl der Tage mit einer Waldbrandwarnstufe von 4 oder 5 nehmen bis auf die Kammlagen des Erzgebirges signifikant zu (Tab. 4.8.1.2-1), im Jahr 2003 verdreifachte sich die Anzahl. Die mittlere Andauer der längsten Perioden mit erhöhter Waldbrandgefahr schwankt zwischen 9 Tagen in den Heiden der Lausitz und einem Tag in den Kammlagen des Erzgebirges. Zu einer signifikanten Verlängerung der Perioden kam es bis auf die Kammlagen des Erzgebirges in allen weiteren exemplarischen Waldgebieten. Die Periodendauer verdoppelte bis verdreifachte sich im Trockenjahr 2003. Der Beginn der längsten Perioden mit erhöhter Waldbrandgefahr verschob sich um 2 bis 3 Wochen nach hinten, lediglich in den Kammlagen des Erzgebirges verfrühte sich der Eintritt der Trockenperioden um 2 Monate. Zusammenfassend wird festgehalten: Die Wälder in den Kammlagen des Erzgebirges unterliegen kaum einer Änderung der Waldbrandgefahr. Für den überwiegenden Teil der Wälder in den tieferen Lagen Sachsens nimmt sie markant zu. Das ist mit einer Erhöhung des Trockenstresses für die Bestände gleich zu setzen.

4.8.2 Abweichungen der Klimatischen Wasserbilanz



Die klimatische Wasserbilanz wird in vielen volkswirtschaftlichen Sektoren wie der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft als eine Maßzahl für die Wasserverfügbarkeit verwendet. Sie stellt die Grundlage für längerfristige Planungen (z. B. Umbau Waldbestände) aber auch kurzfristige Entscheidungen (z. B. Steuerung von Talsperren) dar. Daher wird neben der allgemein üblichen Darstellung der klimatischen Wasserbilanz (Abb. 4.6.1-1 bis -3) im Folgenden eine auf Trocken- und Feuchteperioden ausgerichtete Darstellung präsentiert:

- Kumulative Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz der Referenzstationen über das gesamte Jahr im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 (Abb. 4.8.2-1)
- Diskrete Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz der Referenzstationen über die Vegetationsperiode I (Abb. 4.8.2-2) und über die Vegetationsperiode II (Abb. 4.8.2-3) im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990

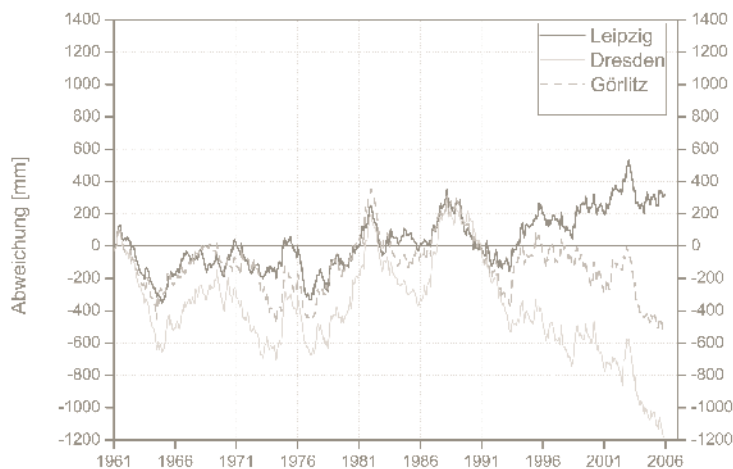
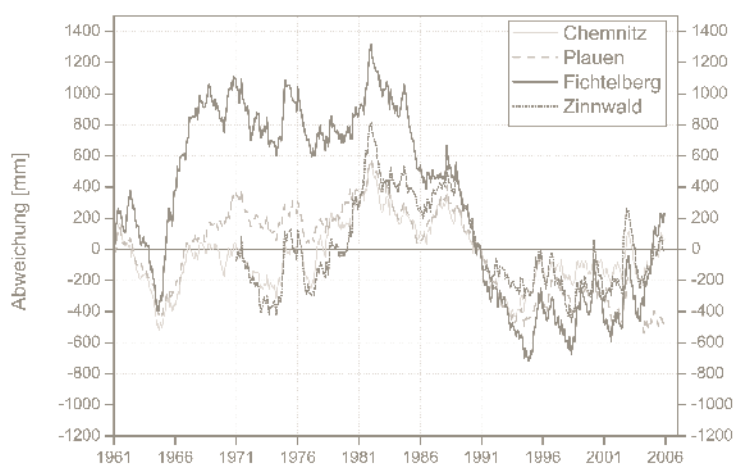


Abb. 4.8.2-1 | Kumulative Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)

Die kumulativen Abweichungen werden durch die Aufsummierung der Differenzen zwischen einzelnen Monatswerten und den entsprechenden Monatsmittelwerten der Periode 1961-1990 bestimmt. Ziel der Berechnungen ist es nicht, die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegende klimatische Wasserbilanz darzustellen, sondern den Einfluss des vorangegangenen Witterungsgeschehens auf die derzeitigen Überschüsse bzw. Defizite in der klimatischen Wasserbilanz zu verdeutlichen. Tro-

ckenzeiten sind anhand von negativen und Feuchteperioden anhand von positiven Anstiegen in der Kurve (Abb. 4.8.2-1) zu erkennen. Die Lage bezüglich der Nulllinie ist nicht von Bedeutung, da aufgrund fehlender Vorinformationen für den 1. Monat immer von Normalbedingungen ausgegangen wird.

Sowohl für die Stationen im Gebirge als auch für diejenigen im Flachland (Abb. 4.8.2-1) sind markante Tro-

ckenperioden wie 1962-1964 oder 1988-1994 sowie Feuchtperioden 1965-1969 oder 1980-1982 mewist an allen Stationen zeitgleich erkenntlich. Sie unterscheiden sich lediglich im Ausmaß, wobei im Gebirge stärkere Schwankungen als im Tiefland zu verzeichnen sind. Zwischen 1961-1990 treten oft Feuchte- bzw. Trockenperioden mit Dauern von mehreren Monaten bis Jahren auf. In der sich anschließenden Periode 1991-2005 treten keine lang anhaltenden markanten Feuchteperioden mehr auf, da sie durch Trockenperioden unterbrochen werden. Nach einer mehrjährigen Trockenperiode, die 1988 beginnt und je nach Lage 1993/1994 endet, sind an den in Westsachsen gelegenen Stationen Leipzig, Chemnitz und Fichtelberg ein leicht positiver Anstieg zu beobachten. Plauen und Fichtelberg weisen eine ausgeglichene Bilanz auf. Dagegen sind in Dresden und Görlitz lang anhaltende negative Anstiege in den Kurven der Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz zu verzeichnen, die lediglich durch kurze Feuchteperioden unterbrochen werden. Damit manifestiert sich ein West-Ostgefälle in der Weise, dass im Osten Sachsens zunehmend trockenere Bedingungen und im Westen gleichbleibende bis etwas feuchtere Bedingungen herrschen.

Die diskreten Abweichungen in den Vegetationsperioden werden durch Aufsummieren der Abweichungen der jeweiligen drei Monatswerte von den dazu gehörigen mittleren Monatswerten der Referenzperiode berechnet. Zur Interpretation sind die Abweichungen vom „Normalen“ - also von der Nulllinie - zu betrachten. Diese Form der Berechnung und Darstellung ist eher für die Land- und Forstwirtschaft von Interesse, da sie besser die Bedingungen während der Wuchszeit widerspiegeln. So kann es z. B. trotz lang anhaltender Trockenperioden, wie der von 1988-1994, zu normalen Feuchtebedingungen in den Vegetationsperioden kommen.

In der Vegetationsperiode I (Abb. 4.8.2-2) ist ab 1988 eine Häufung der negativen Abweichungen an allen Stationen zu verzeichnen (Ausnahme: Fichtelberg bereits ab 1976). Besonders stark betroffen - im Sinne der absoluten Abweichungen - ist die höchst gelegene Station Fichtelberg. Aus der Sicht der Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum ist die Betroffenheit für die tiefer

gelegenen Stationen ebenfalls hoch, da das Ausgangsniveau der klimatischen Wasserbilanz geringer ist, und Defizite tendenziell eher zu pflanzenphysiologischem Stress führen. In der Vegetationsperiode II (Abb. 4.8.2-3) ist keine einheitliche Tendenz erkennbar. Ab ca. 1994 treten gehäuft positive Abweichungen auf, außer in Plauen und Dresden. Auffällig ist auch der große Betrag der positiven Abweichungen (Deutlich erkennbar ist auch das Extremereignis im August 2002 in Zinnwald.). Die Ursachen hierfür sind zum Einen in einer Verschiebung des innerjährlichen Ganges der Niederschläge (Abnahme auf allen Höhenstufen in Vegetationsperiode I und Zunahme in Vegetationsperiode II; vgl. Abb. 4.2.2-1) und zum Anderen in der nahezu ganzjährigen Temperaturerhöhung (vgl. Abb. 4.1.2-1) zu finden. Der April, der oft den Beginn der Wachstumsperiode markiert, ist somit besonders kritisch, da die negativen Abweichungen des Niederschlags in dieser Zeit am ausgeprägtesten sind und gleichzeitig die Temperatur um 1 - 1.4°C höher ist, womit es zu Defiziten in der klimatischen Wasserbilanz kommt. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass die Änderungen beim Niederschlag - aufgrund seiner hohen zwischenjährlichen Variabilität - nur vorsichtig als Indiz für einen möglicherweise bereits stattgefundenen Klimawandel interpretiert werden können.

Das Jahr 2003, das zu den extremsten Trockenperioden in den letzten Jahren gerechnet wird, ist in den kumulativen Abweichungen sowie den Abweichungen beider Vegetationsperioden deutlich ersichtlich. Es sind jedoch weitaus extremere Perioden in der Vergangenheit aufgetreten.

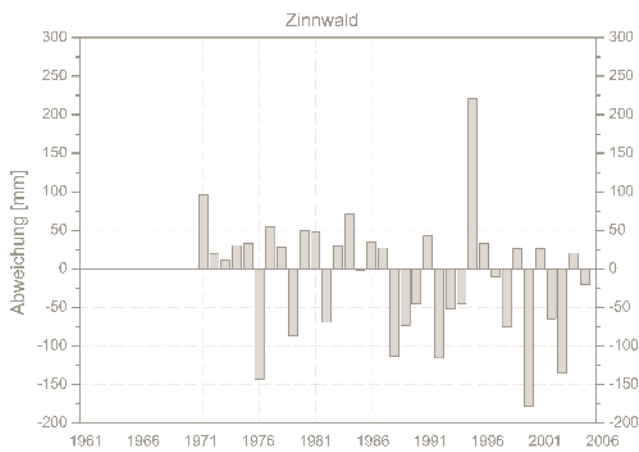
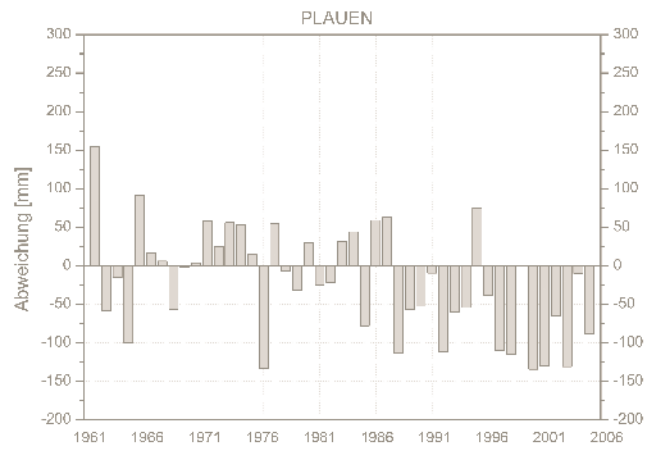
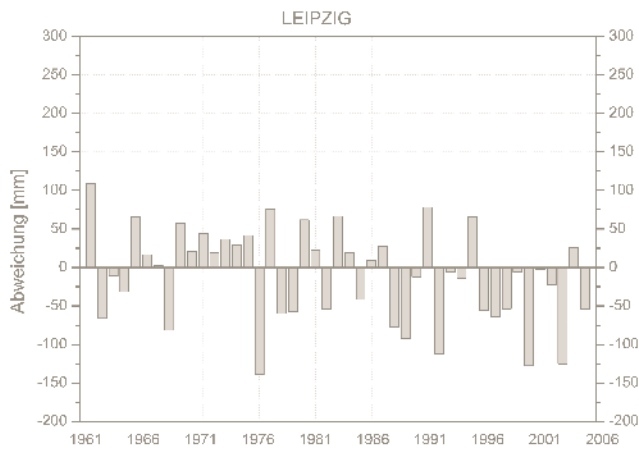
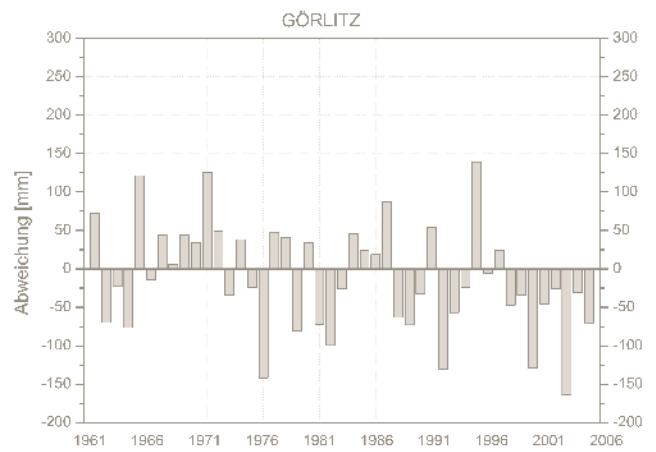
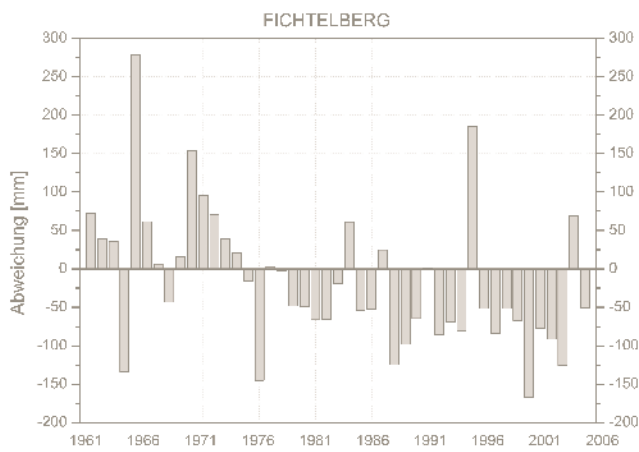
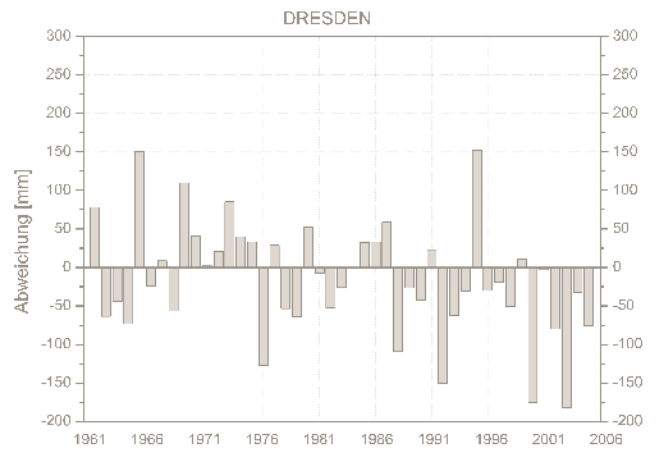
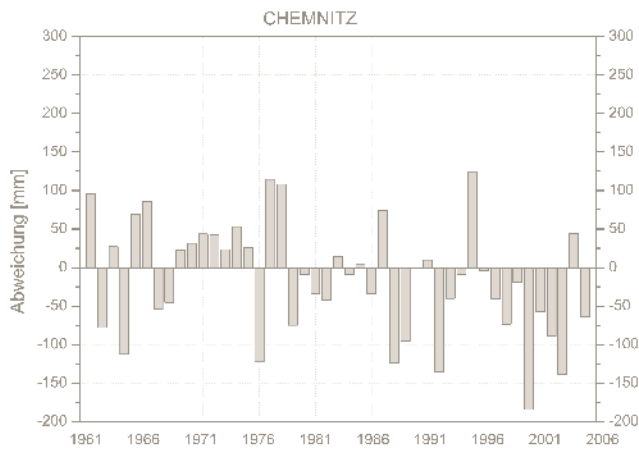


Abb. 4.8.2-2 | Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für die Monate April-Juni 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)

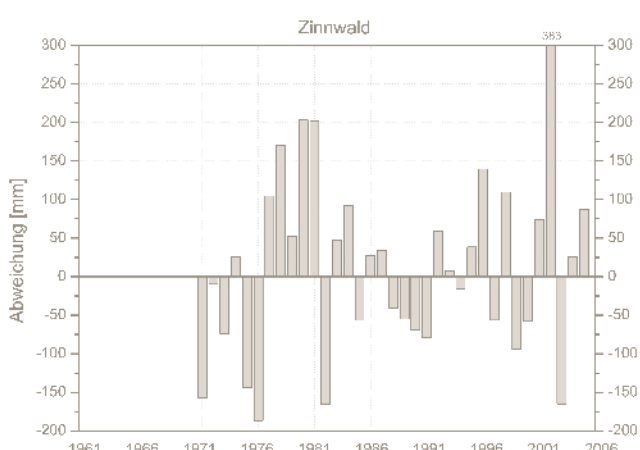
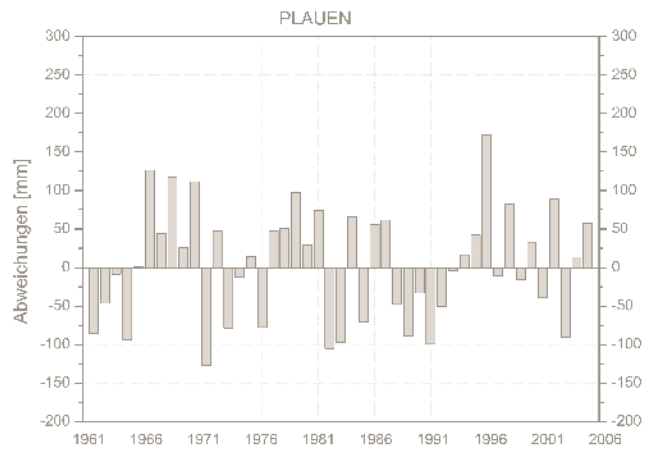
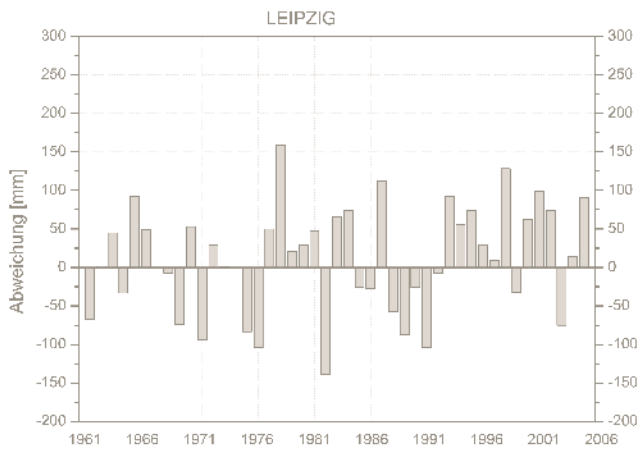
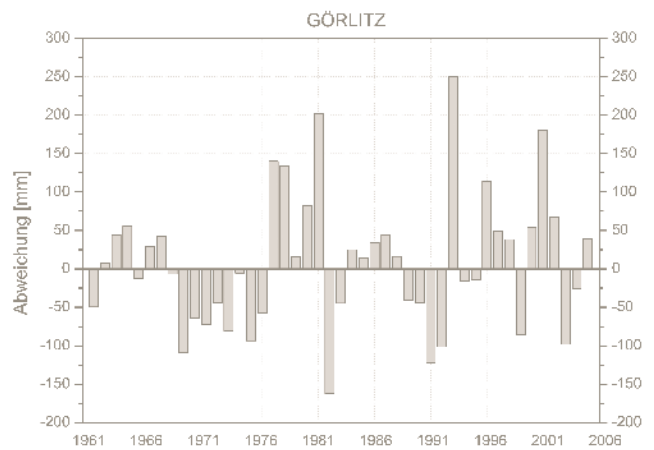
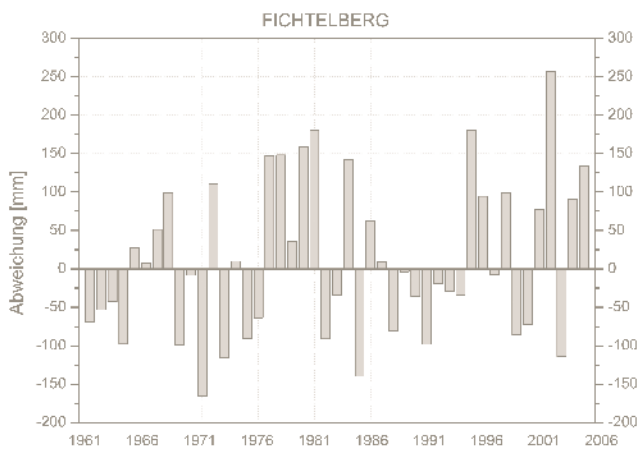
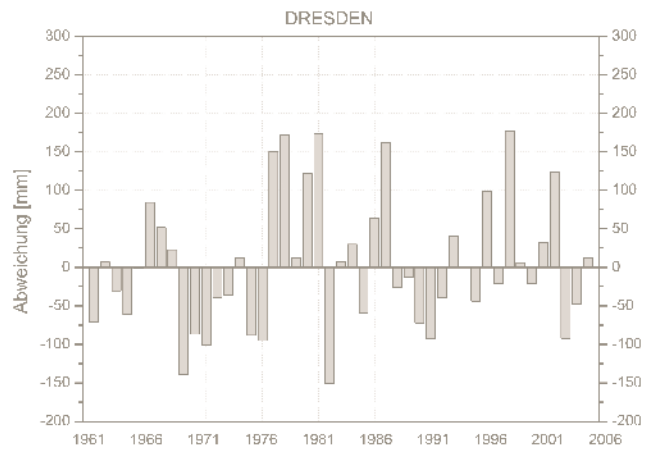
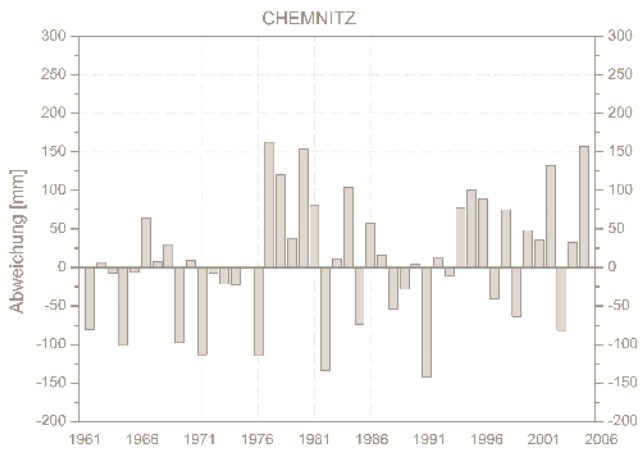


Abb. 4.8.2-3 | Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für die Monate Juli-September 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)

4.8.3 Meteorologische Trockenheit



4.8.3.1 Karten

In der Abbildung 4.8.3.1-1 ist die Häufigkeit des Auftretens sowie in der Abbildung 4.8.3.1-2 die mittlere Andauer von Meteorologischen Trockenperioden für die Perioden 1961-1990 und 1991-2005 für die Bezugszeiträume Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr dargestellt.

Die Häufigkeit des Auftretens von Meteorologischen Trockenperioden (Abb. 4.8.3.1-1) weist eine starke Abhängigkeit von der Höhe und demzufolge einen ausgeprägten Nord-Süd-Gradienten auf. Auf Jahresebene sind in jüngerer Zeit etwas weniger Trockenperioden aufgetreten. Zwischen 1961-1990 kamen im Mittel vier bis fünf Perioden für weite Bereiche des Sächsischen Hügellandes und mehr als 5 Perioden im Tief- und Teilen des Hügellandes vor. Zwischen 1991-2005 hat sich die Anzahl der Trockenperioden in der gesamten Lausitz im Mittel um einen Tag vermindert. Ursache für den Rückgang im Jahr ist der Rückgang der Häufigkeit von Trockenperioden im Winterhalbjahr. Im Sommerhalbjahr nimmt dagegen die Anzahl der Trockenperioden zu, was am Verschwinden der Ein-Tages-Isolinie und der Verlagerung der Zwei-Tage-Isolinie nach Süden ersichtlich wird.



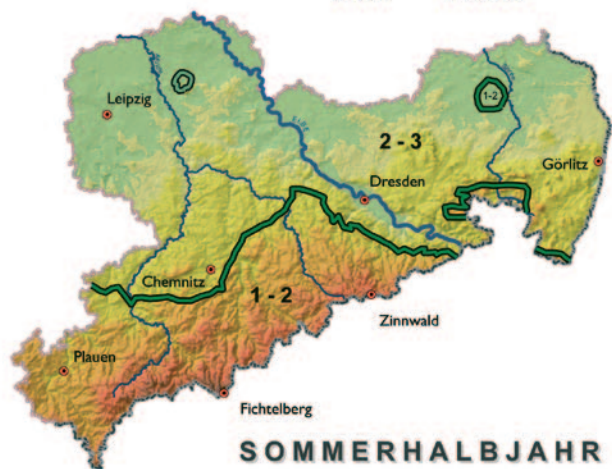
JAHR
1961 - 1990



JAHR
1991 - 2005



SOMMERHALBJAHR
1961 - 1990



SOMMERHALBJAHR
1991 - 2005



WINTERHALBJAHR
1961 - 1990



WINTERHALBJAHR
1991 - 2005

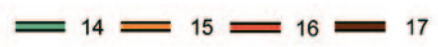
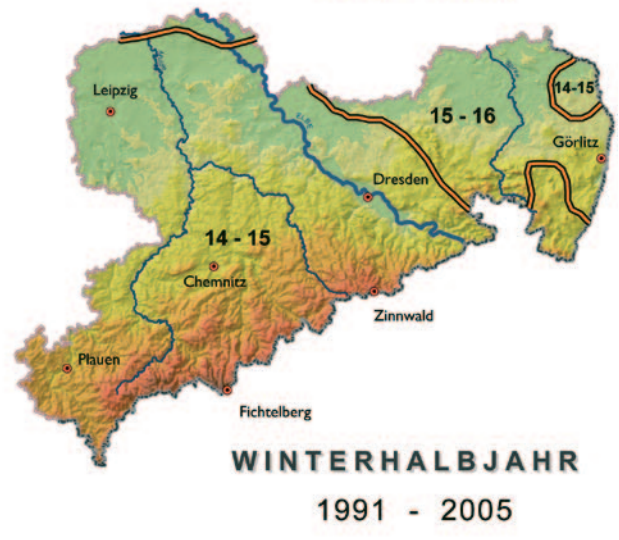
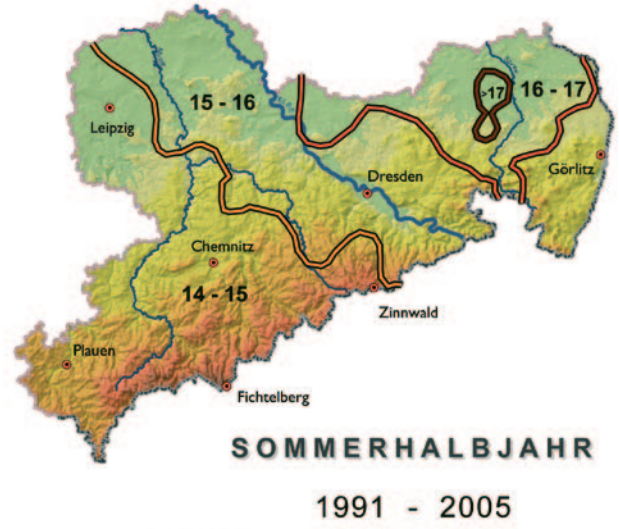
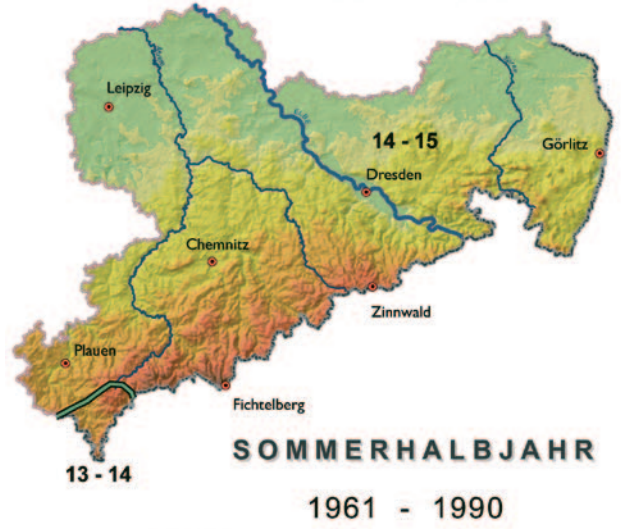
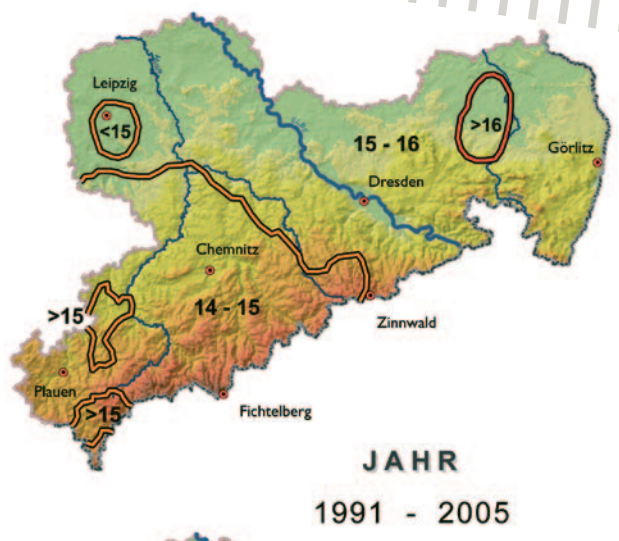
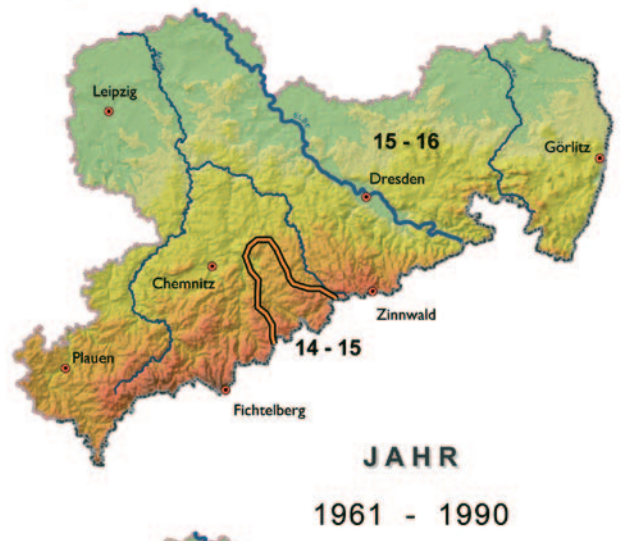


Bearbeitung: TU Bergakademie Freiberg, IQZ,
TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2008



**METEOROLOGISCHE
TROCKENHEIT**
Häufigkeit [/]

Abb. 4.8.3.1-1 | Mittlere Auftretenshäufigkeit meteorologischer Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005



**METEOROLOGISCHE
TROCKENHEIT
Andauer [d]**

Bearbeitung: TU Bergakademie Freiberg, IOZ,
TU Dresden, Professur Meteorologie
Ausgangsdaten: Deutscher Wetterdienst
Grundlage: Digitales Höhenmodell 500m
Bearbeitungsstand: 03/2006

0 10 20 30 60 Kilometer

Abb. 4.8.3.1-2 | Mittlere Andauer [d] meteorologischer Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005



Die mittlere Andauer von Meteorologischen Trockenperioden (Abb. 4.8.3.1-2) betrug für die Periode 1961-90 im Jahresmittel zwischen 14 und 17 Tagen, im Sommerhalbjahr zwischen 13 und 15 Tagen und im Winterhalbjahr zwischen 15 und 17 Tagen. Die Abnahme der mittleren Andauer im südwestlichen Teil Sachsens auf Jahresebene in der Periode 1991-2005 ist begründet auf den Abnahmen während des Winterhalbjahr. Im Sommerhalbjahr stieg die Andauer der Trockenperioden flächendeckend und insbesondere in der Nordwesthälfte um bis zu drei Tage an.

Die Abnahme der Häufigkeit sowie der Andauer von Trockenperioden im Winterhalbjahr geht einher mit der beobachteten, leichten Niederschlagszunahme auf allen Höhenstufen Sachsens (Abb. 4.2.2-1). Die Zunahme der Häufigkeit und Andauer von Trockenperioden im Sommerhalbjahr kann nicht auf einen einheitlichen Trend in den Niederschlagssummen zurückgeführt werden. Nimmt zwischen April und Juni die Niederschlagssumme auf allen Höhenstufen Sachsens ab, so nimmt sie zwischen Juli und September zu. Es ist in Betracht zu ziehen, dass es auch bei insgesamt geringen mittleren Veränderungen des Niederschlags zu gleichzeitigen Zunahmen an beiden Extremen kommen kann (Starkniederschläge und Trockenheit). Für die Starkniederschläge konnte eine Zunahme der Häufigkeit im Sommer nachgewiesen werden (vgl. Abb. 4.2.4.2-2). Daher ist eine Tendenz zu mehr und länger andauernden Trockenperioden plausibel.



4.8.3.2 Langzeittrends

Die aus dem Vergleich zwischen den zwei Perioden sich ergebenden Tendenzen (Abb. 4.8.3.1-1 und -2) werden durch die Trendanalyse über den Zeitraum 1951-2000 bestätigt (Abb. 4.8.3.2-1). Obwohl Trends auf kleinem Raum hinsichtlich Stärke und Richtung sehr unterschiedlich sein können, was ein Hinweis auf Probleme im Datenmaterial sein könnte, sind in den meteorologischen Halbjahren klare Tendenzen ersichtlich: Im Sommerhalbjahr überwiegen positive Trends der Häufigkeit und der Andauer der Meteorologischen Trockenheit. Lediglich im Südwesten konzentrieren sich negative Trends der Häufigkeit, die sich in Thüringen und Bayern fortsetzen (Hänsel, 2004). Die Andauer nimmt, zusätzlich zum Vogtland, lokal auch an Orten im westlichen Teil Sachsens ab. Trockenphasen treten im Sommer also überwiegend nicht nur häufiger auf, sondern halten auch länger an. Im Winterhalbjahr kehrt sich die Trendrichtung um, d. h. Trockenperioden treten weniger häufig auf und sind von kürzerer Dauer. Ausnahmen hiervon sind das Mittelsächsische Hügelland, in dem auch im Winterhalbjahr die Häufigkeit von Trockenperioden zunimmt, und Ostsachsen, wo an einigen Stationen positive Trends in der Andauer von Trockenperioden zu verzeichnen sind.

Im Jahresmittel ergibt sich kein einheitliches Bild. Größe und Richtung der Trends variieren recht stark. Die entgegengesetzten Tendenzen in den Halbjahren heben sich auf Jahrsebene oft auf. Lediglich ein Ost-West-Gradient mit Dresden als Grenze deutet sich an. Östlich von Dresden nimmt die Häufigkeit von Trockenperioden ab, wohingegen die Dauer zunimmt. Westlich von Dresden verhält es sich umgekehrt.

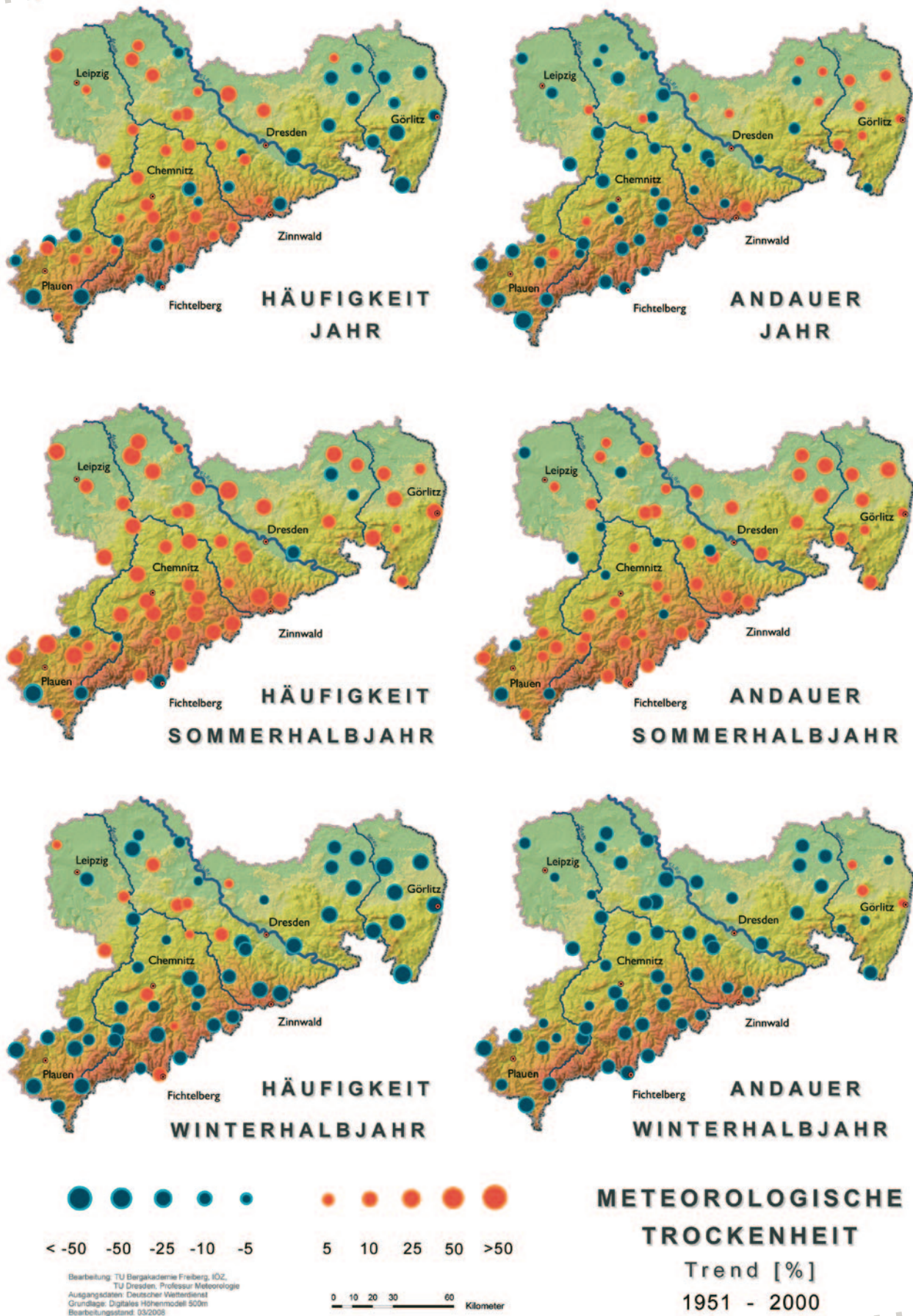


Abb. 4.8.3.2-1 | Trend [%] der Häufigkeit und Andauer meteorologischen Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1951-2000

4.9 Klimatologie ausgewählter **Wetterlagen**

4.9.1 Zeitliche Entwicklung des Auftretens von für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen und Zirkulationsformen



Großwetterlagen

Die einzelnen Großwetterlagen unterscheiden sich durch ihr Witterungsverhalten, das deutlichen zeitlichen und räumlichen Änderungen unterworfen ist (Gerstengarbe *et al.*, 1999). Aus diesem Grunde wirkt sich die Häufigkeit ihres Auftretens auch auf das Klima aus. Nehmen die Häufigkeiten innerhalb eines längeren Zeitraumes zu oder ab, führt dies aufgrund der veränderten Niederschlags- und Temperaturverhältnisse zu einer Änderung des Klimas. Es kann jedoch auch zu einer Veränderung der Charakteristik innerhalb der Wetterlage kommen, d. h. die Niederschlagsmenge oder die Temperatur innerhalb einer bestimmten Großwetterlage nimmt zu oder ab. Den Trend des Niederschlages innerhalb der Großwetterlagen hat zum Beispiel für Sachsen Köhl (2008) untersucht.

In diesem Kapitel werden neben dem Trend der Häufigkeiten und der Charakteristik der Großwetterlagen diese Fragen auch für die Zirkulationsformen, in denen die für Sachsen witterungsrelevanten Großwetter zusammengefasst sind, betrachtet.

Die am häufigsten auftretende Großwetterlage der zonalen Zirkulationsform ist die „Westlage, zyklonal“ (WZ). Gleichzeitig ist diese Großwetterlage die überhaupt am häufigsten vorkommende (Abb. 4.9.1-1). Die Großwetterlage mit der höchsten Auftrittswahrscheinlichkeit des antizyklonalen Typs ist die Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ (HM). Die Erstere zeichnet sich durch feuchte, warme Witterung aus, die Letztere im Sommer durch trockene warme und im Winter trockene kalte Witterung. Eine ebenfalls sehr häufige und im Zusammenhang mit der Vb-Zugbahn von Tiefs relevante Großwetterlage ist der „Trog Mitteleuropa“ (TRM).

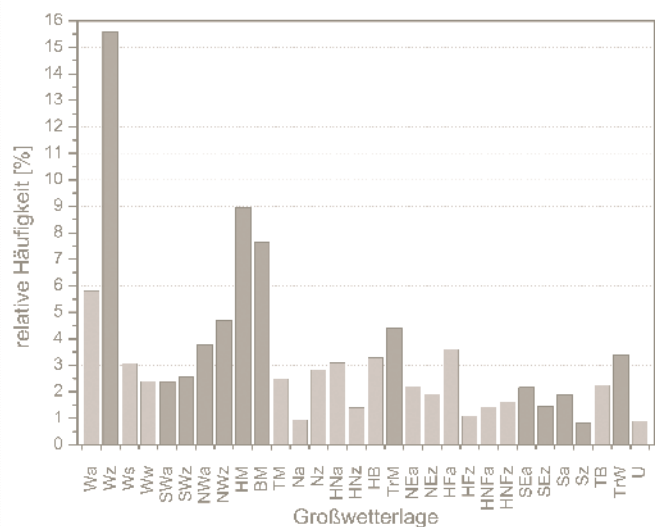


Abb. 4.9.1-1 | Häufigkeiten des Auftretens der Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky für 1881-2006 (dunkelgrau: für Sachsen witterungsrelevante Großwetterlagen)



Um festzustellen, ob sich das Auftreten der Großwetterlagen „Westlage, zyklonal“, „Hoch Mitteleuropa“ und „Trog Mitteleuropa“ geändert hat, wurde eine Untersuchung über die meteorologischen Halbjahre im Zeitraum 1881-2006 durchgeführt (Abb. 4.9.1-2, 4.9.1-4 und 4.9.1-5). Die jährliche relative Häufigkeit der ausgewählten Großwetterlagen und der Zirkulationsformen wurde durch eine Tiefpassfilterung (11-jährig gleitendes Mittel auf Basis des Sonnenfleckenzyklus) geglättet. Dadurch werden die großen Schwankungen geglättet, längerfristige Schwankungen im Auftreten der Großwetterlagen und Zirkulationsformen bleiben jedoch erhalten.

Für die Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ ist dabei für die letzten ca. 30 Jahre ein starker Anstieg im Winterhalbjahr festzustellen (um ca. 50%). Davor zeigt die Häufigkeit ein ausgeprägtes Maximum in der Mitte der 40er Jahre sowie Anfang des 20. Jahrhunderts. Nach einem Maximum 1990 nimmt die Häufigkeit der Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ wieder ab. Im Sommerhalbjahr nimmt die Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ zwischen Mitte der 40er bis Anfang der 50er Jahre abrupt ab. Davor tritt sie meist häufiger als im Winterhalbjahr auf (Abb. 4.9.1-2).

Es liegt nahe, dass die Großwetterlagen wiederum von noch großräumigeren Zirkulationsvorgängen beeinflusst werden. Diese großräumigen Zirkulationsvorgänge hängen mit der Anzahl planetarer Wellen zusammen und sind mit eher zonaler oder meridionaler Strömung verbunden. Für ihre Charakterisierung für Europa wird der NAO-Index herangezogen (siehe dazu z. B. NOAA, 2008a). Dieser Index gibt im Wesentlichen den Luftdruckunterschied zwischen dem Islandtief (Station Reykjavik) und dem Azorenhoch (Station Ponta Delgada) an. Abbildung 4.9.1-3 zeigt den zeitlichen Verlauf des NAO-Index zwischen 1881 und 2005, getrennt nach meteorologischem Sommer- und Winterhalbjahr. Ein hoher NAO-Index steht für eine hohe Druckdifferenz zwischen Islandtief und Azorenhoch und damit für eine starke Westströmung. Es ist jedoch nicht so, dass ein hoher NAO-Index automatisch immer zu einem häufigeren Auftreten von West-Wetterlagen führt, wie ein Vergleich mit Abbildung 4.9.1-2 zeigt. Für den Zeitraum ab Mitte der 60er Jahre trifft dies jedoch für das Winterhalbjahr zu.

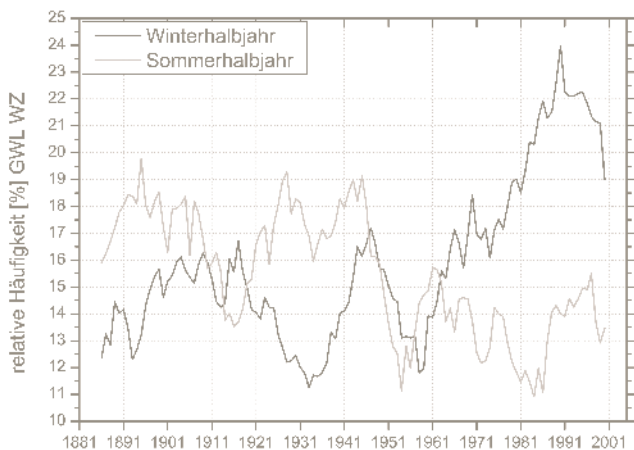


Abb. 4.9.1-2 | Häufigkeit des Auftretens der „zyklonalen Westwetterlage“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)

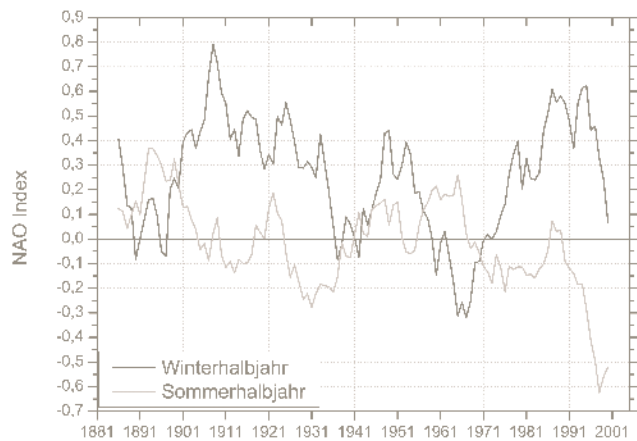


Abb. 4.9.1-3 | Zeitlicher Verlauf des NAO-Index im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)



Im Folgenden wird auf die Auswirkungen auf das Klima in Sachsen eingegangen, die mit der Änderungen der Häufigkeit des Auftretens der ausgewählten Großwetterlagen „Westlage, zyklonal“, „Hoch Mitteleuropa“ und „Trog Mitteleuropa“ in Zusammenhang gebracht werden können. Zugleich werden auch Trends der Klimaelemente mittlerer Tagesniederschlag und Tagesmitteltemperatur innerhalb der ausgewählten Wetterlagen betrachtet, da diese die Klimaänderung zusätzlich verstärken oder abschwächen können. Explizite Untersuchungen dazu enthält das Kapitel 4.9.2. Dasselbe Vorgehen wird auch auf die Zirkulationsformen angewandt, in denen die für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen zusammengefasst sind (siehe auch Kap. 3.3.2, Tab. 3.3.2-1). Die Temperaturzunahme im Winterhalbjahr (Kap. 4.1) kann in engen Zusammenhang mit der Zunahme der Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ und anderer westlicher Wetterlagen gebracht werden, da diese warme und feuchte Luft vom Atlantik herantransportieren (siehe auch Bissoli, 1999, 2001). Da auch innerhalb der Großwetterlage im Winterhalbjahr das Tagesmittel der Temperatur seit den 70er Jahren um ca. 2°C zugenommen hat (Abb. 4.9.2-1), verstärkt sich dieser Effekt noch. Der mittlere tägliche Niederschlag innerhalb der Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ nimmt in beiden meteorologischen Halbjahren ab, wobei das tägliche Mittel innerhalb der Wetterlage im Sommerhalbjahr allein in den letzten 15 Jahren um ca. 1 mm zurückgegangen ist (Abb. 4.9.2-1). Im Winterhalbjahr wird die Abnahme des Niederschlages durch die

starke Zunahme der Häufigkeit kompensiert (siehe auch Kap. 4.2). Dagegen kann die relativ geringe Zunahme des Auftretens der Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ im Sommerhalbjahr die langfristige Niederschlagsabnahme (siehe auch Kap. 4.2) nicht ausgleichen.

Für die Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ wird für den Zeitraum 1881-2005 ein recht unterschiedliches Trendverhalten beobachtet (Abb. 4.9.1-4). Während der Periode zwischen 1881 und 1935 zeigt die Häufigkeit des Auftretens sowohl für das Sommer- als auch das Winterhalbjahr einen rückläufigen Trend. Danach nimmt das Auftreten für beide meteorologische Halbjahre wieder zu. Während nun für das Winterhalbjahr kräftige Schwankungen in der Häufigkeit des Auftretens mit einem Minimum 1976 und einer darauf folgenden Zunahme um ca. 4% beobachtet wurden, zeigt die Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ für das Sommerhalbjahr zwischen 1953 und 1963 einen Rückgang der Häufigkeit um ca. 5%, um danach mit leichten Schwankungen auf eine relative Häufigkeit von ca. 9% anzusteigen. Sollte dieser Trend sich fortsetzen, muss im Zusammenhang mit den hohen Niederschlagsmengen beim Auftreten der Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ und der Vb-Zugbahn von Tiefdruckgebieten mit einer zunehmenden Häufigkeit von extremen Hochwasserereignissen gerechnet werden. Die Hochwässer an der Oder 1997 sowie an der Elbe 2002 wurden bspw. durch Niederschläge im Zusammenhang mit Tiefs auf einer Vb-Zugbahn ausgelöst.

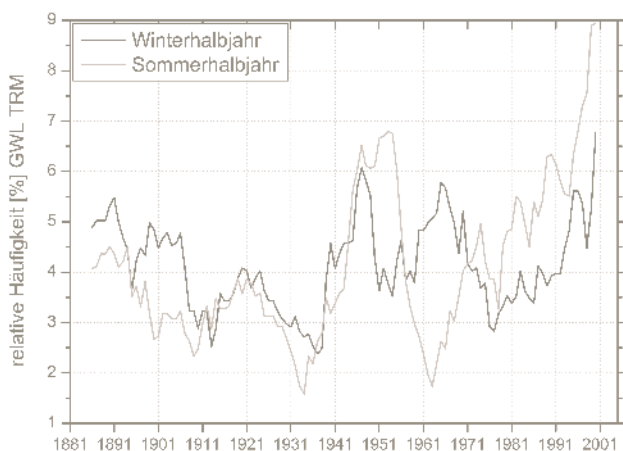


Abb. 4.9.1-4 | Häufigkeit des Auftretens der Großwetterlage „Trog über Mitteleuropa“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiepassgefiltert)

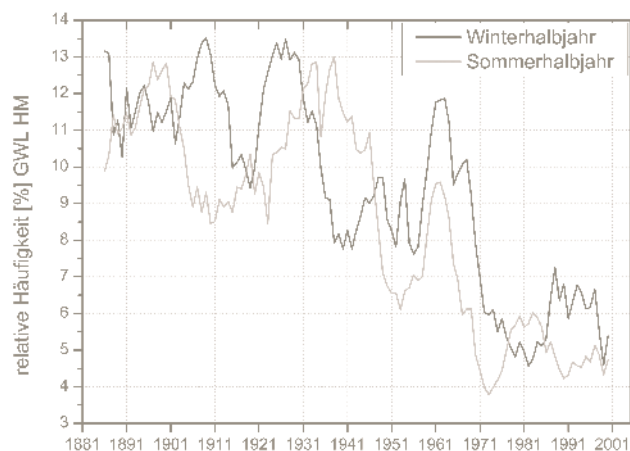


Abb. 4.9.1-5 | Häufigkeit des Auftretens der Großwetterlage „Hoch über Mitteleuropa“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiepassgefiltert)



Problematisch ist vor diesem Hintergrund die Tatsache, dass die mittlere tägliche Niederschlagssumme im Sommerhalbjahr innerhalb der Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ in den letzten ca. 20 Jahren ebenfalls zugenommen hat (Abb. 4.9.2-2). Niederschlagsereignisse mit hoher Dauer und Intensität, wie sie durch die Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ ausgelöst werden können, haben einen starken Einfluss bei der Ermittlung der mittleren täglichen Niederschlagssumme bei Auftreten dieser Wetterlage. Abbildung 4.9.2-2 zeigt für den „Trog Mitteleuropa“ an den Stationen Fichtelberg und Görlitz zum Beispiel in den 40er Jahren und zwischen 1975 und 1985 zwei Zeiträume, in denen im Sommerhalbjahr Ereignisse mit hohen Niederschlagssummen zu finden sind: am Fichtelberg 1940, 1946 und 1951, in Görlitz 1981 und 1984. Da die Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ eine der in der meridionalen Zirkulationsform zusammengefassten Großwetterlagen ist, werden solche Ereignisse auch bei der Auswertung für die meridionale Zirkulationsform sichtbar (Abb. 4.9.2-5).

Die mittlere Tagestemperatur innerhalb der Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ nimmt im Sommerhalbjahr seit den 60er Jahren stetig zu, so dass es in Verbindung mit der zunehmenden Häufigkeit der Großwetterlage im Sommerhalbjahr wärmer wird. Im Winterhalbjahr zeigte sich ein ähnlicher Trend, der sich jedoch Ende der 70er Jahre umdrehte und bis jetzt rückläufige Temperaturen zeigt. Da die Großwetterlage „Trog Mitteleuropa“ jedoch gegenüber der Großwetterlage „Westlage, zyklonal“ viel weniger häufig auftritt, wird sich diese Änderung auf die mittlere Temperatur im Winterhalbjahr nicht auswirken.

Die Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ zeigt sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr eine stark abnehmende Tendenz (Abb. 4.9.1-5). Seit 1881 unterliegt der Verlauf sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr zwar starken Schwankungen, seit Beginn der 60er Jahre nahm die Häufigkeit jedoch radikal ab: im Winterhalbjahr zwischen 1963 und 1982 um ca. 7,5%, im Sommerhalbjahr zwischen 1962 und 1973 um ca. 6%. Während für die Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ im Winterhalbjahr zwischen 1987 und 1996 wieder ein leichtes Maximum zu verzeichnen ist, findet sich für das Sommerhalbjahr in fast demselben Zeitraum ein Minimum.

Für die mittlere tägliche Niederschlagssumme ist der Trend für beide meteorologischen Halbjahre abnehmend (Abb. 4.9.2-3). Das bedeutet, dass beim Auftreten der Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ mit noch weniger Niederschlag zu rechnen ist als bisher. Die mittlere Tagestemperatur ist im Sommerhalbjahr nahezu gleichbleibend. Im Winterhalbjahr nimmt die Temperatur seit den 70er Jahren kontinuierlich ab. Die relative Häufigkeit der Großwetterlage „Hoch Mitteleuropa“ nimmt im Winterhalbjahr jedoch ebenfalls ab, sodass hieraus kein starker Einfluss auf die mittlere Temperatur in den Winterhalbjahren entsteht.



Zirkulationsformen

In der gemischten Zirkulationsform werden die für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen „Südwestlage, antizyklonal“, „Südwestlage, zyklonal“, „Nordwestlage, antizyklonal“, „Nordwestlage, zyklonal“, „Hoch Mitteleuropa“ und „Hochdruckbrücke Mitteleuropa“ zusammengefasst. Als weitere Großwetterlage wird „Tief Mitteleuropa“ dieser Zirkulationsform zugeordnet. Diese Wetterlage ist für Sachsen jedoch nicht witterungsrelevant und wurde daher nicht in die Untersuchung einbezogen.

Wie aus Abb. 4.9.1-6 ersichtlich, zeichnet sich diese Zirkulationsform durch starke Schwankungen in der Häufigkeit ihres Auftretens aus. Um ca. 1960 nimmt die relative Häufigkeit in beiden meteorologischen Halbjahren sprunghaft ab. Ab 1973 nimmt sie kontinuierlich in beiden Halbjahren um ca. 9% (Winterhalbjahr) bzw. ca. 15% (Sommerhalbjahr) zu. Für das Sommerhalbjahr hat an dieser Entwicklung die Großwetterlage „Hochdruckbrücke Mitteleuropa“ einen großen Anteil, für das Winterhalbjahr die Großwetterlagen „Südwestlage, antizyklonal“, „Nordwestlage, zyklonal“ und „Hoch Mitteleuropa“. Nach einem Rückgang erreicht die relative Häufigkeit für das Winterhalbjahr im Jahr 2000 mit 37% das absolute Maximum, woran die Großwetterlage „Nordwestlage, zyklonal“ einen maßgeblichen Anteil hat.

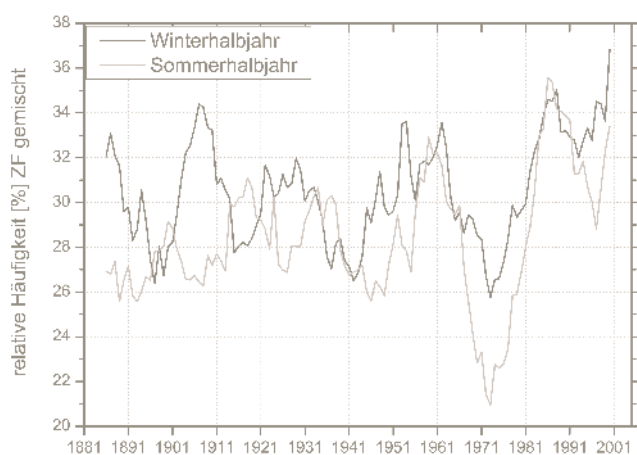


Abb. 4.9.1-6 | Häufigkeit des Auftretens der Zirkulationform „gemischt“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)

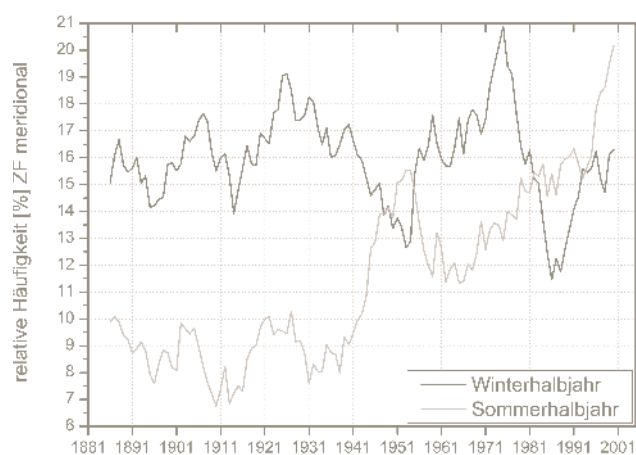


Abb. 4.9.1-7 | Häufigkeit des Auftretens der Zirkulationform „meridional“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)



Die täglichen Niederschlagssummen nehmen im Winterhalbjahr an der Station Fichtelberg seit Ende der 80er Jahre zu, was an dieser Station im Zusammenhang mit der zunehmenden relativen Häufigkeit zu einer Zunahme der Niederschlagssummen im Winterhalbjahr dieses Zeitraumes führt (siehe auch Kap. 4.2). An der Station Görlitz dagegen nimmt der Winterniederschlag ab diesem Zeitpunkt leicht ab, was aber durch die Häufigkeit des Auftretens der Großwetterlagen der gemischten Zirkulationsform, vor allem der niederschlagsreichen Großwetterlage „Nordwestlage, zyklonal“, aufgewo-

gen wird und auch hier anteilig zu einer Zunahme der Niederschlagssummen im Winterhalbjahr führt. Die seit den 70er Jahren im Sommerhalbjahr stark angestiegene relative Häufigkeit der gemischten Zirkulationsform beruht hauptsächlich auf Großwetterlagen mit geringen Niederschlagsmengen. Innerhalb der gemischten Zirkulationsform kommt es im Sommerhalbjahr an der Station Fichtelberg seit den 70er Jahren zu einer Zunahme der täglichen Niederschlagssummen um ca. 1 mm/d. Damit liefert die gemischte Zirkulationsform einen Anteil des bei Franke *et al.* (2004) genannten sommerlichen

Zuwachses der Niederschlagssumme in den Mittelgebirgslagen. Für die mittleren Tagestemperaturen ist seit Anfang der 80er Jahre im Sommerhalbjahr ein starker positiver Trend zu beobachten, der zusammen mit der seit den 70er Jahren stark angestiegenen relativen Häufigkeit der gemischten Zirkulationsform eine Zunahme der Sommertemperaturen verursacht. Die Temperatur im Winterhalbjahr zeigt keinen eindeutigen Trend (Abb. 4.9.2-4).

In der meridionalen Zirkulationsform werden die für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen „Südostlage, antizyklonal“, „Südostlage, zyklonal“, „Südlage, antizyklonal“, „Südlage, zyklonal“, „Trog Mitteleuropa“ und „Trog Westeuropa“ zusammengefasst. Weitere Großwetterlagen dieser Zirkulationsform sind „Hoch Britische Inseln“, „Hoch Fennoskandien, antizyklonal“, „Hoch Fennoskandien, zyklonal“, „Hoch Nordmeer-Island, antizyklonal“, „Hoch Nordmeer-Island, zyklonal“, „Hoch Nordmeer-Fennoskandien, antizyklonal“, „Hoch Nordmeer-Fennoskandien, zyklonal“, „Nordlage, antizyklonal“, „Nordlage, zyklonal“, „Nordostlage, antizyklonal“, „Nordostlage, zyklonal“ sowie „Tief Britische Inseln“ (Gerstengarbe *et al.*, 2005).

Der langjährige Trend (Abb. 4.9.1-7) der meridionalen Zirkulationsform zeigt im Winterhalbjahr bis etwa 1947 ein häufiges Auftreten der hier zusammengefassten, für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen, eine geringe Häufigkeit im Sommerhalbjahr. Für das Winterhalbjahr ist ab 1926 eine stetige Abnahme der Großwetterlagen der meridionalen Zirkulationsform, für das Sommerhalbjahr dagegen ab 1931 ein stetig zunehmendes Auftreten zu beobachten. Nahezu zeitgleich wird Anfang der 50er Jahre dieser Trend gestoppt. Seit diesem Zeitpunkt gibt es relativ starke Schwankungen im Auftreten

der Großwetterlagen der meridionalen Zirkulationsform sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr. Nach einem Minimum der Großwetterlagen der meridionalen Zirkulationsform um 1960 gibt es einen starken Anstieg im Sommerhalbjahr zu verzeichnen. 1985 wird das absolute Minimum für das Winterhalbjahr beobachtet. Seit Beginn der 80er Jahre ist die relative Häufigkeit im Sommerhalbjahr stets größer als im Winterhalbjahr und erreicht 2000 das bisherige absolute Maximum.

Aufgrund der Eigenschaften der in der meridionalen Zirkulationsform zusammengefassten, für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen ergeben sich aus dem verstärkten Auftreten im Sommerhalbjahr höhere Temperaturen sowie Starkregenereignisse. Die Südlagen bringen verstärkt warme und feuchte Luftmassen nach Mitteleuropa, die Troglagen können wie 1997 und 2002 zu extremen Hochwasserereignissen führen. Da sowohl die Tagesmitteltemperatur in beiden met. Halbjahren als auch die mittlere Tagessumme der Niederschläge im Sommerhalbjahr zunehmen (Abb. 4.9.2-5), lässt sich der aktuelle positive Temperatur- und Niederschlagstrend auch auf die relative Häufigkeit der Großwetterlagen der meridionalen Zirkulationsform sowie deren veränderte Charakteristik zurückführen.

Die für Sachsen witterungsrelevante Großwetterlagen der zonalen Zirkulationsform ist die Großwetterlage „Westlage, zyklonal“. Der Verlauf der relativen Häufigkeiten dieser Großwetterlage wurde bereits weiter oben erläutert (siehe Abb. 4.9.1-2). Die weiteren in dieser Zirkulationsform zusammengefassten Großwetterlagen („Westlage, antizyklonal“, „Südliche Westlage“ und „Winkelförmige Westlage“) sind für Sachsen nicht witterungsrelevant und werden hier aus diesem Grund nicht betrachtet.

4.9.2 Zeitliche Entwicklung des Niederschlages und der Temperatur innerhalb von für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen und Zirkulationsformen

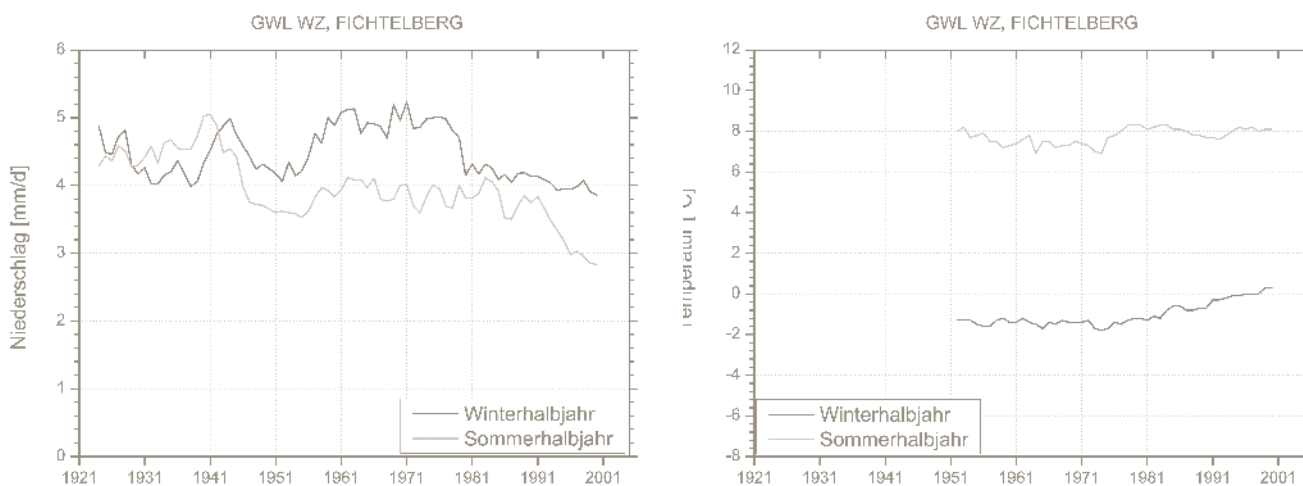


Für die Untersuchung des Trends der Charakteristik der Großwetterlagen und Zirkulationsformen wurden die Stationen Fichtelberg und Görlitz ausgewählt. Diese Stationen sind aufgrund der Länge der Zeitreihen von täglichen Niederschlagssummen und Werten der mittleren Tagestemperatur als Referenzstationen dazu geeignet, den langjährigen Trend dieser Klimaelemente innerhalb der ausgewählten Großwetterlagen und der Zirkulationsformen aufzuzeigen. Die Abbildung 4.9.2-1 bis 4.9.2-5 zeigen den langjährigen Trend von mittleren Tagessummen des Niederschlages und der Tagesmitteltemperatur innerhalb der für Sachsen witterungsrelevanten Großwetterlagen „Westlage, zyklonal“, „Trog Mitteleuropa“ und „Hoch Mitteleuropa“ sowie für die gemischte und meridionale Zirkulationsform.

Der Zusammenhang von Häufigkeit der Großwetterlage beziehungsweise der Zirkulationsform und dem Trend der Klimaelemente Niederschlag und Temperatur innerhalb der Großwetterlage beziehungsweise der Zirkulationsform wurde bereits im vorherigen Kapitel 4.9.1 erläutert, um das Zusammenwirken dieser beiden Punkte als Ursache für Niederschlags- und Temperaturtrends in ganz Sachsen im Kontext zu betrachten.



Großwetterlagen



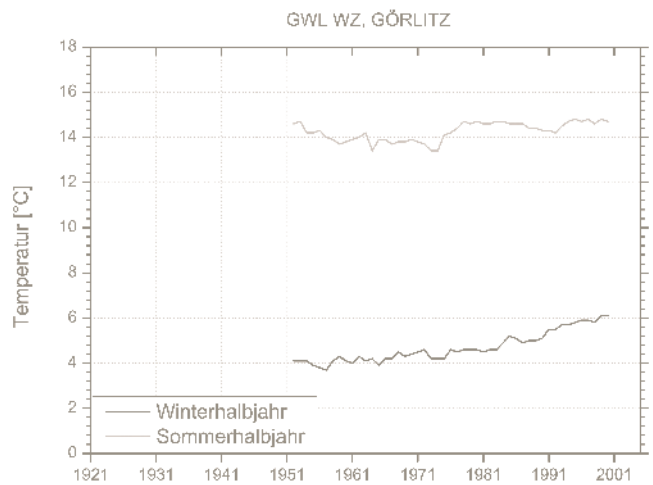
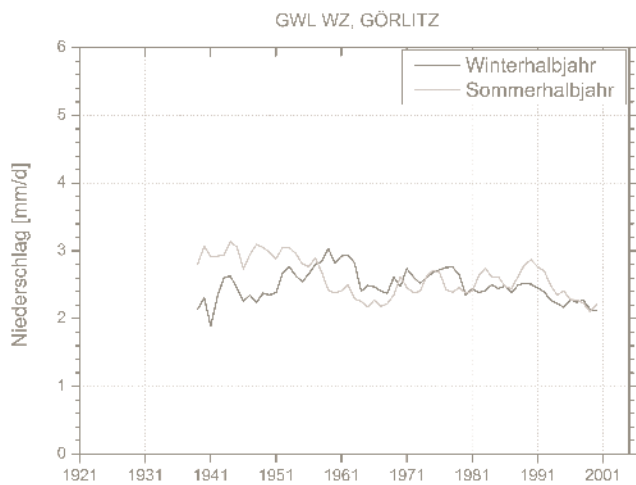


Abb. 4.9.2-1 | Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/ d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender „zyklonaler Westwetterlage“ (tiefpassgefiltert)

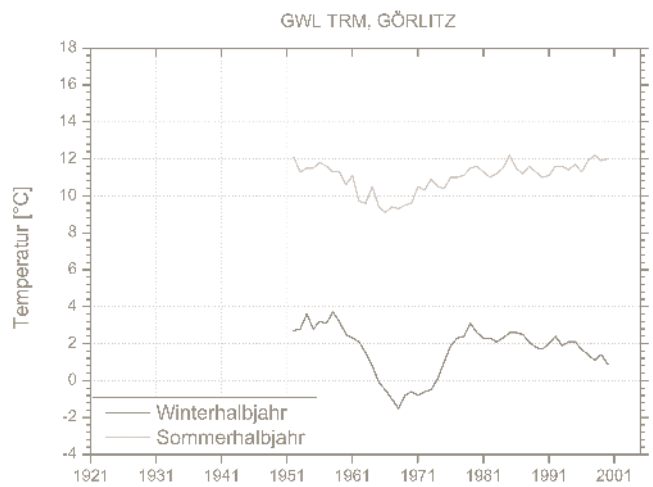
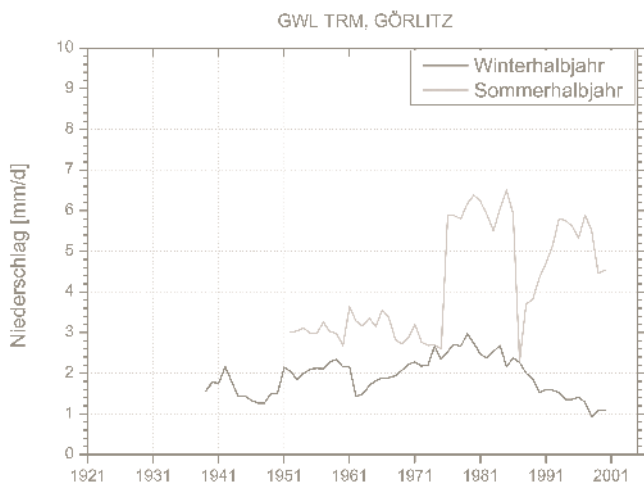
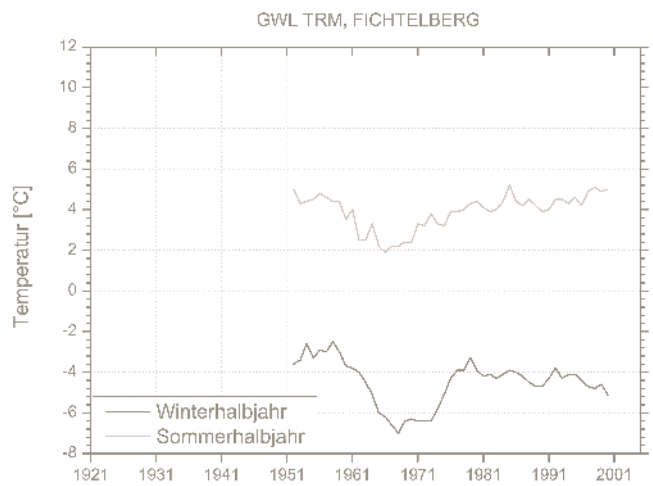
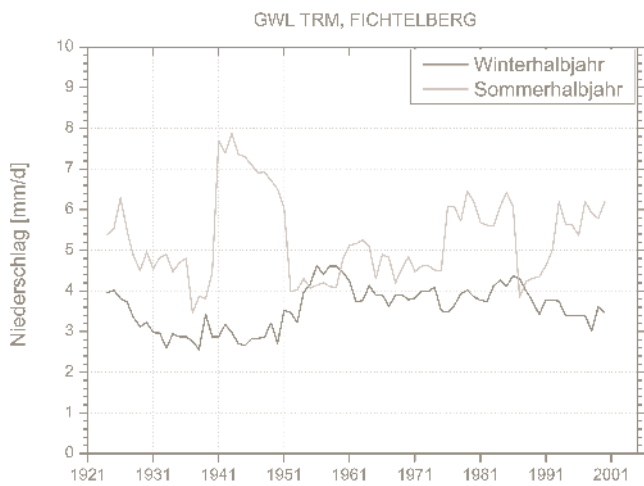


Abb. 4.9.2-2 | Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/ d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Großwetterlage „Trog über Mitteleuropa“ (tiefpassgefiltert)

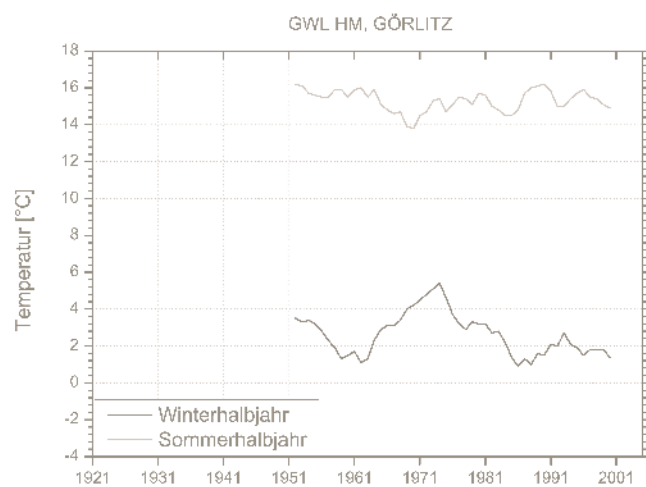
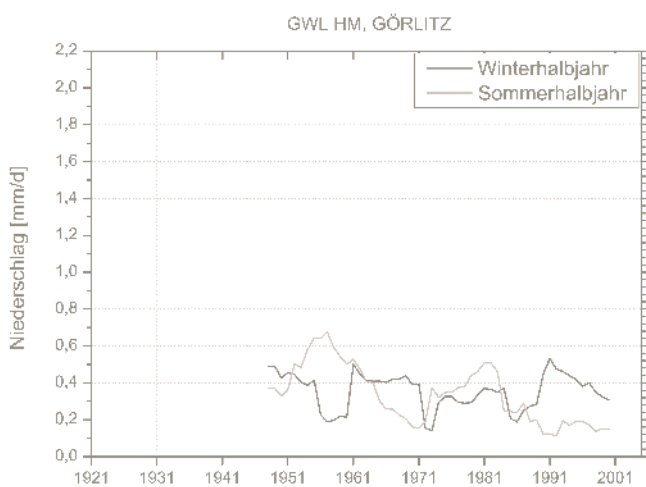
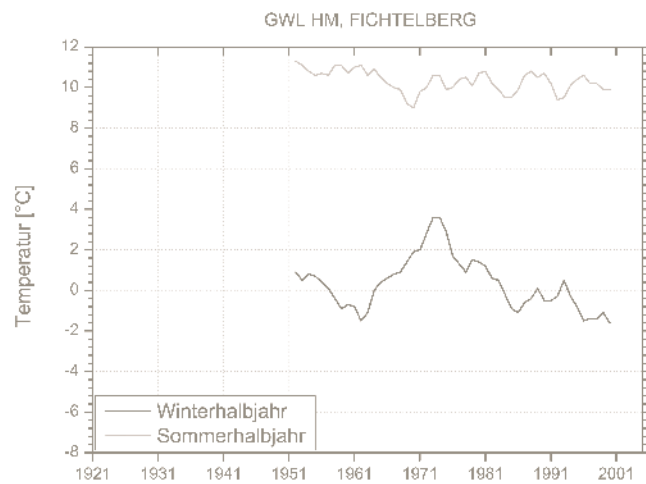
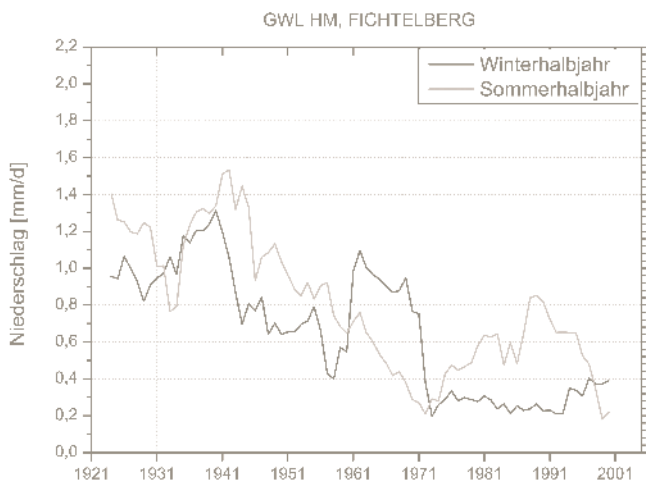
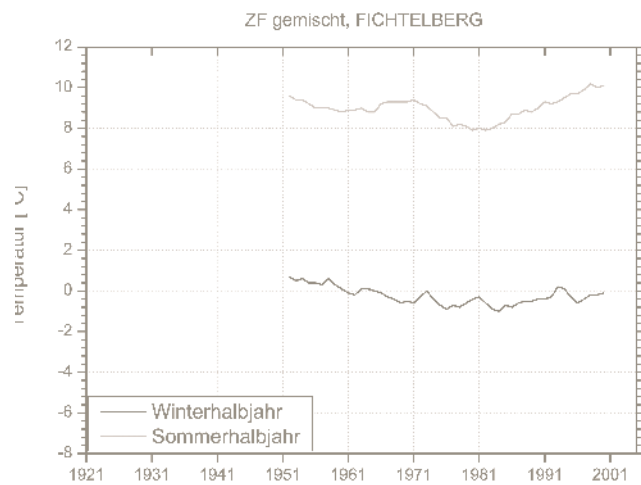
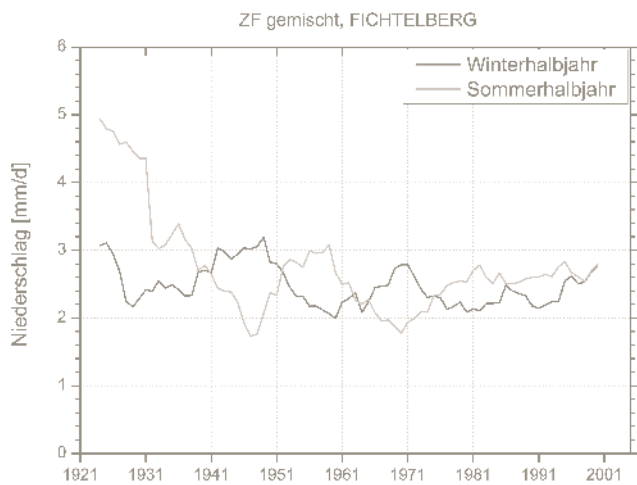


Abb. 4.9.2-3 Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Großwetterlage „Hoch über Mitteleuropa“ (tiefpassgefiltert)



Zirkulationsformen



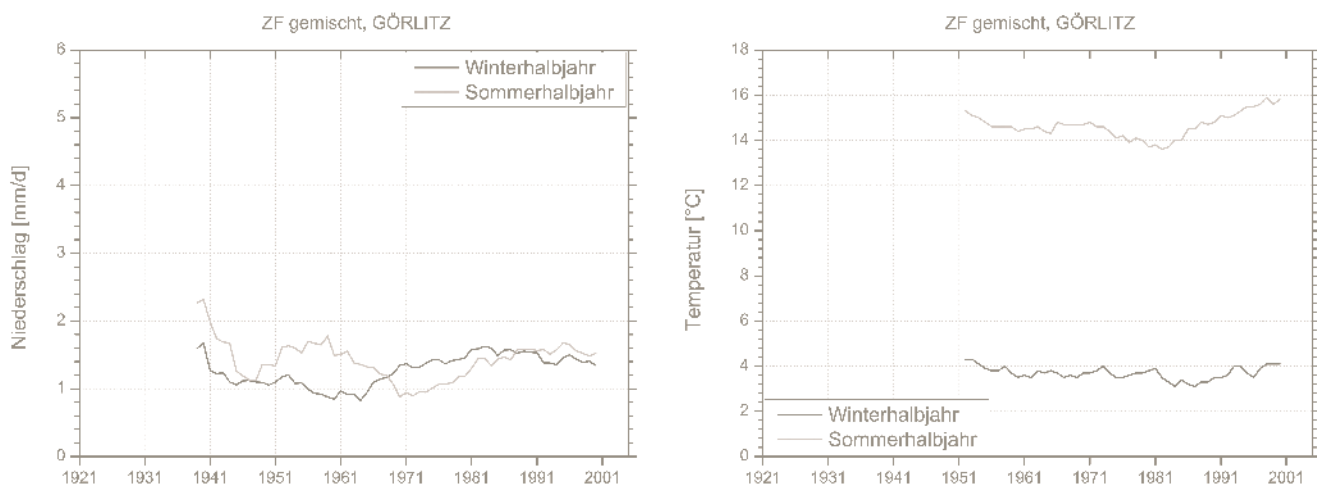


Abb. 4.9.2-4 | Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Zirkulationsform „gemischt“ (tiefpassgefiltert)

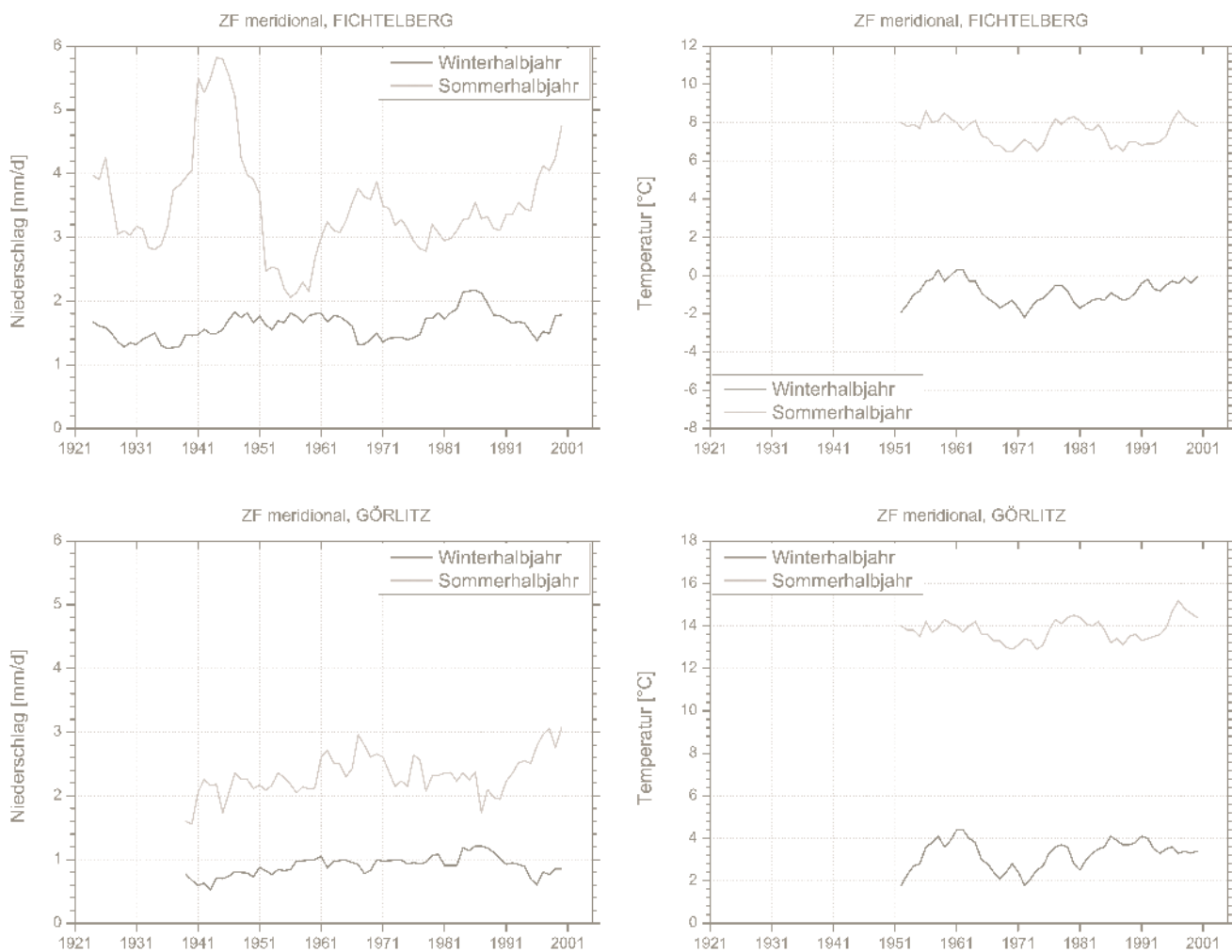


Abb. 4.9.2-5 | Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Zirkulationsform „meridional“ (tiefpassgefiltert)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS



- Abb. 2.1-1** Klimadiagramme nach Walter (modifiziert) für den Zeitraum 1961-1990 (abweichend: Zinnwald ab 1971)
- Abb. 2.2-1** Topographie von Sachsen
- Abb. 2.2-2** Naturräumliche Gliederung Sachsens (Makrogeochoren nach Haase und Mannfeld, 2002)
- Abb. 2.2-3** Monats- und Jahresmittelwerte des Niederschlags [mm] in Carlsfeld (Westerzgebirge) und Zinnwald-Georgenfeld (Osterzgebirge)
- Abb. 2.2-4** Wetterlage und Höchsttemperaturen [°C] vom 16.11.2006 (Zwischen einem Tief bei den Britischen Inseln und einem Hoch über Südosteuropa fließt subtropische Warmluft nach Mitteleuropa. Verbunden mit föhnartigen Absinkbewegungen und Sonneneinstrahlung werden am Nordrand des Erzgebirges zahlreiche neue Temperaturrekorde für Mitte November aufgestellt. (Quellen: www.wetter3.de, www.wetteronline.de))
- Abb. 2.2-5** Landnutzung von Sachsen (CORINE 2000-Datensatz)
- Abb. 2.2-6** Böhmischer Wind im Oberen Elbtal und im Neißetal bei gleichzeitigem Föhn Effekt am Nordrand des Erzgebirges (09.11.2005, 14:00 Uhr MEZ)
- Abb. 2.2-7** Wetterlage vom 09.11.2005, 01:00 Uhr MEZ (Ein Hochdruckgebiet über Ost- und Südosteuropa verliert an Einfluss. Gleichzeitig nähert sich ein Tiefausläufer von Westeuropa. Diese Wettersituation führte zu einer Inversionslage über dem Erzgebirgsraum, bei gleichzeitigem Auftreten des Böhmisches Windes)
- Abb. 3.3.1-1** Übersicht verwendeter Messstationen des Deutschen Wetterdienstes in Sachsen
- Abb. 3.4.2.2-1** Schema zur Berechnung der Windrichtungsverteilung (Quelle: www.meteo.uni-koeln.de)
- Abb. 3.4.3.2-1** Größen zur Charakterisierung der Geländegeometrie in einem digitalen Höhenmodell (schematisch)
- Abb. 3.4.3.2-2** Strahlengang bei direkter Besonnung an zwei geneigten Ebenen (Wenn I_s die Strahlungsintensität der direkten Sonnenstrahlung auf eine Normfläche bei senkrechtem Einfall ist, ergibt sich die Intensität der direkten Einstrahlung auf den geneigten Flächen aus I_s/A_1 bzw. I_s/A_2 . Daraus wird sofort ersichtlich, dass die Intensität der sonnenzugewandten Fläche deutlich größer ist als auf der sonnenabgewandten Fläche, da die bestrahlte Fläche A_1 deutlich kleiner ist als A_2 . Die Intensität der Besonnung steht im direkten Zusammenhang mit dem Sinus des Einfallswinkel der Sonnenstrahlung: $I_{s1}=I_s \sin(\alpha_1)$ und $I_{s2}=I_s \sin(\alpha_2)$)
- Abb. 4.1.1.1-1** Mittlere Jahrestemperatur [°C] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.1-2** Mittlere Frühjahrstemperatur [°C] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.1-3** Mittlere Sommertemperatur [°C] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.1-4** Mittlere Herbsttemperatur [°C] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.1-5** Mittlere Wintertemperatur [°C] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.2-1** Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Frühjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.2-2** Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Sommer in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.2-3** Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Herbst in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.1.2-4** Mittlere Maximumtemperatur [°C] im Winter in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.1.2-1** Mittlerer Jahrgang der Mittel-, Maximum- und Minimumtemperatur [°C] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [°C] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatsmittel
- Abb. 4.1.3-1** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für das Jahresmittel der Lufttemperatur [°C] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.1.3-2** Langzeittrend der mittleren Jahrestemperatur [°C] in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.1.4-1** Normalkurven (nach Junghans, 1974) und Singularitäten (Basis: mittlere Jahrgänge der Tagesmitteltemperatur [°C] über 25-jährige Mittelungszeiträume) an den Stationen Dresden-Klotzsche (oben) und Fichtelberg (unten), 1917-1941 (vgl. Goldschmidt, 1950a,b), 1951-1975, 1976-2000
- Abb. 4.1.4-2** Entwicklung der Auftretenshäufigkeit von Wetterlagen, die kalte bzw. warme Singularitäten hervorrufen (Periode 1917-1941 auf 100 % gesetzt)
- Abb. 4.1.5.1-1** Mittlere Auftretenshäufigkeit (mit Standardabweichung) von Ereignistagen im Jahr an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
- Abb. 4.1.5.1-2** Mittlere Temperatursummen (mit Standardabweichung) im Jahr an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
- Abb. 4.1.5.1-3** Mittleres Heizaufkommen (mit Standardabweichung) im Jahr an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
- Abb. 4.1.5.2-1** Mittlerer Beginn [DOY] der Vegetationsperiode in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



- Abb. 4.1.5.2-2** Mittlere Andauer [d] der Vegetationsperiode in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.1-1** Mittlerer korrigierter Jahresniederschlag [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.1-2** Mittlerer korrigierter Frühjahrsniederschlag [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.1-3** Mittlerer korrigierter Sommerniederschlag [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.1-4** Mittlerer korrigierter Herbstniederschlag [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.1-5** Mittlerer korrigierter Winterniederschlag [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.2.2-1** Mittlerer Jahresgang des Niederschlages (mit höhenstufenbezogener Standardabweichung) [mm] in ausgewählten Höhenstufen Sachsens für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: korrigierte Monatssummen
- Abb. 4.2.3-1** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für den Jahresniederschlag [mm] an ausgewählten Stationen im sächsischen Tiefland (≤ 150 m ü. NN) (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.2.3-2** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für den Jahresniederschlag [mm] an ausgewählten Stationen im sächsischen Hügelland (> 150 m ü. NN bis ≤ 350 m ü. NN) (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.2.3-3** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für den Jahresniederschlag [mm] an ausgewählten Stationen in den Berglagen sächsischer Mittelgebirge (> 350 m ü. NN bis ≤ 650 m ü. NN) (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.2.3-4** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für den Jahresniederschlag [mm] an ausgewählten Stationen in den Kammlagen des Erzgebirges (> 650 m ü. NN) (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.2.4.1-1** Regenhöhen [mm] für Ereignisandauern von 5 bis 60 Minuten an ausgewählten Stationen in Sachsen, 1951-2000 (Mai-September)
- Abb. 4.2.4.1-2** Regenhöhen [mm] für Ereignisandauern von 1 bis 12 Stunden an ausgewählten Stationen in Sachsen, 1951-2000 (Mai-September)
- Abb. 4.2.4.1-3** Regenhöhen [mm] für Ereignisandauern von 12 bis 72 Stunden an ausgewählten Stationen in Sachsen, 1951-2000 (Mai-September)
- Abb. 4.2.4.2-1** Überschreitungswahrscheinlichkeit [%] [d] von Regenhöhen $\geq 0,1$ mm pro Tag an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und deren Änderung [%] [d] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (Januar-Dezember)
- Abb. 4.2.4.2-2** Überschreitungswahrscheinlichkeit [%] [d] von Regenhöhen $\geq 0,1$ mm pro Tag an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und deren Änderung [%] [d] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (Juni-August)
- Abb. 4.2.4.2-3** Überschreitungswahrscheinlichkeit [%] [d] von Regenhöhen $\geq 0,1$ mm pro Tag an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und deren Änderung [%] [d] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (Dezember-Februar)
- Abb. 4.2.4.3-1** Überschreitungswahrscheinlichkeit [%] [d] von Schneedeckenhöhen > 0 cm pro Tag an ausgewählten Stationen in sächsischen Mittelgebirgen für 1961-1990 und deren Änderung [%] [d] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (November-April)
- Abb. 4.2.4.3-2** Überschreitungswahrscheinlichkeit [%] der Andauer von Tagen mit einer Schneedeckenhöhen ≥ 20 cm pro Tag an ausgewählten Stationen in sächsischen Mittelgebirgen für 1961-1990 und deren Änderung [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (November-April)
- Abb. 4.3.1-1** Windrichtungsverteilung an der Station Fichtelberg, 1991-2005
- Abb. 4.3.1-2** Mittlerer Jahresgang der Windgeschwindigkeit [m/ s] an der Station Fichtelberg, 1961-2005, Basis: Tages- und Monatsmittel
- Abb. 4.3.1-3** Windgeschwindigkeitsverteilung an der Station Fichtelberg, 1991-2005
- Abb. 4.3.2-1** Synthetische Windgeschwindigkeitsverteilung in Sachsen, 1981-2000
- Abb. 4.3.3-1** Modellierte Windrichtungsverteilung im Elbtal bei Königstein
- Abb. 4.3.3-2** Gemessene und modellierte Windrichtungsverteilungen an ausgewählten Stationen in Sachsen, 1991-2005
- Abb. 4.3.3-3** Synthetische Windrichtungsverteilung in Sachsen, 1991-2005
- Abb. 4.3.3-4** Synthetische Windrichtungsverteilung in Sachsen bei vorherrschender „zyklonaler Westwetterlage“, 1991-2005
- Abb. 4.3.3-5** Synthetische Windrichtungsverteilung in Sachsen bei vorherrschender „zyklonaler Südwestwetterlage“, 1991-2005
- Abb. 4.4.1.1-1** Mittlere Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/ m²] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.4.1.1-2** Mittlere Summe der Globalstrahlung [kWh/ m²] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.4.1.1-3** Mittlere Summe der Globalstrahlung [kWh/ m²] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)



- Abb. 4.4.1.2-1** Mittlerer Jahresgang der Globalstrahlung [kWh/m²] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen
- Abb. 4.4.1.3-1** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der Globalstrahlung [kWh/ m²] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.4.2-1** Synthetische kurzweilige Einstrahlung [kWh/ m²] für Januar und Juli in Sachsen, 1961-2000
- Abb. 4.4.3-1** Synthetische Strahlungsbilanz [kWh/m²] für Januar und Juli in Sachsen, 1961-2000
- Abb. 4.5.1-1** Mittlere Jahressumme der potentiellen Verdunstung [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.5.1-2** Mittlere Summe der potentiellen Verdunstung [mm] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.5.1-3** Mittlere Summe der potentiellen Verdunstung [mm] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.5.2-1** Mittlerer Jahresgang der potentiellen Verdunstung [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen
- Abb. 4.5.3-1** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der potentiellen Verdunstung [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.6.1-1** Mittlere Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz [mm] in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.6.1-2** Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz [mm] für das Sommerhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.6.1-3** Mittlere Summe der klimatischen Wasserbilanz [mm] für das Winterhalbjahr in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.6.2-1** Mittlerer Jahresgang der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 (oben) und dessen Änderungen [%] für 1991-2005 vs. 1961-1990 (unten), Basis: Monatssummen
- Abb. 4.6.3-1** Ganglinien (mit Tiefpassfilter) und ihre linearen Trends für die Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen (fettgedruckte Werte in Tabellen bezeichnen signifikante Trends)
- Abb. 4.7.1-1** Infrarot-Satellitenbild (METEOSAT) der Wetterlage vom 12.08.2002, 10:00 Uhr MEZ in Europa mit eingezeichneter Zugbahn des Vb-Tiefs „Ilse“ (Quelle: Deutscher Wetterdienst, bearbeitet)
- Abb. 4.7.1-2** Wetterlage vom 12.08.2002, 14:00 MEZ (Quelle: Deutscher Wetterdienst)
- Abb. 4.7.1-3** Niederschlagssumme [mm] vom 12.08.-13.08.2002, 08:00 MEZ in Sachsen und Nordböhmen (Der für diesen Zeitraum gemessene Maximalniederschlag im Niederschlagszentrum betrug 312 mm (Zinnwald-Georgenfeld)), (Quellen: Deutscher Wetterdienst, Meteomedia AG, TU Dresden)
- Abb. 4.7.1-4** Monatssummen des Niederschlags [mm] im Sommer an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2002
- Abb. 4.7.2-1** Mittlere geopotentielle Höhe [m] in der 500 hPa - Fläche (links) und mittlerer Bodendruck auf NN [Pa] (rechts) über Europa im Zeitraum 01.07.-31.08.2003 (Deutlich erkennbar ist das ausgeprägte „Omega“ des Geopotentialfeldes, kombiniert mit einem Hochdruckkeil über Mittel- und Westeuropa.), (Quelle: www.cdc.noaa.gov)
- Abb. 4.7.2-2** Summen des Niederschlags [mm] (oben) und der klimatischen Wasserbilanz [mm] (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003
- Abb. 4.7.2-3** Temperatur [°C] (oben) und Sonnenscheindauer [h] (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003
- Abb. 4.7.2-4** Anzahl von Sommertagen (oben) und heißen Tagen (unten) in den Vegetationsperioden I und II an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 2003
- Abb. 4.8.1.1-1** Mittlere Anzahl der Tage im Jahr mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.8.1.1-2** Mittlere Anzahl der Tage in den Monaten April bis Juni mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.8.1.1-3** Mittlere Anzahl der Tage in den Monaten Juli bis September mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 (Waldbrandindex M-68) in Sachsen, 1961-1990 (oben), 1991-2005 (unten)
- Abb. 4.8.2-1** Kumulative Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)
- Abb. 4.8.2-2** Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für die Monate April-Juni 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)



- Abb. 4.8.2-3** Abweichungen der klimatischen Wasserbilanz [mm] an ausgewählten Stationen in Sachsen für die Monate Juli-September 1961-2005 vs. 1961-1990 (Datenzeitraum Zinnwald: 1971-2005)
- Abb. 4.8.3.1-1** Mittlere Auftretenshäufigkeit meteorologischer Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
- Abb. 4.8.3.1-2** Mittlere Andauer [d] meteorologischer Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
- Abb. 4.8.3.2-1** Trend [%] der Häufigkeit und Andauer meteorologischen Trockenperioden im Jahr, Sommer- und Winterhalbjahr in Sachsen für 1951-2000
- Abb. 4.9.1-1** Häufigkeiten des Auftretens der Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky für 1881-2006 (dunkelgrau: für Sachsen witterungsrelevante Großwetterlagen)
- Abb. 4.9.1-2** Häufigkeit des Auftretens der „zyklonalen Westwetterlage“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.1-3** Zeitlicher Verlauf des NAO-Index im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.1-4** Häufigkeit des Auftretens der Großwetterlage „Trog über Mitteleuropa“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.1-5** Häufigkeit des Auftretens der Großwetterlage „Hoch über Mitteleuropa“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.1-6** Häufigkeit des Auftretens der Zirkulationsform „gemischt“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.1-7** Häufigkeit des Auftretens der Zirkulationsform „meridional“ im Sommer- und Winterhalbjahr für 1881-2006 (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.2-1** Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender „zyklonaler Westwetterlage“ (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.2-2** Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Großwetterlage „Trog über Mitteleuropa“ (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.2-3** Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Großwetterlage „Hoch über Mitteleuropa“ (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.2-4** Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Zirkulationsform „gemischt“ (tiefpassgefiltert)
- Abb. 4.9.2-5** Zeitlicher Verlauf des Niederschlages [mm/d] und der Tagesmitteltemperatur [°C] an den Stationen Fichtelberg und Görlitz bei vorherrschender Zirkulationsform „meridional“ (tiefpassgefiltert)

TABELLENVERZEICHNIS



Tab. 3.3.1-1	Verwendete Klimaelemente und deren Messstandards im Klima- und Niederschlagsmessnetz des Deutschen Wetterdienstes und des Tschechischen Hydrometeorologischen Dienstes
Tab. 3.3.1-2	Anzahl und räumliche Zuordnung verwendeter Messstationen
Tab. 3.3.1-3	Exemplarisch verwendete Klimastationen in Sachsen
Tab. 3.3.1-4	Exemplarisch verwendete Schneemessstationen in Sachsen
Tab. 3.3.2-1	Für Sachsen witterungsrelevante Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky
Tab. 3.4.1.2-1	Kategorien zur Beurteilung der Winterstrenge
Tab. 3.4.3.1-1	Trübungsfaktor nach Linke für die Gesamtatmosphäre über Österreich (Wakonigg, 2007)
Tab. 3.4.4-1	Abhängigkeit des Feuchteterms in der Berechnungsformel für die potentielle Verdunstung von der Temperatur
Tab. 3.4.6-1	Korrektur der Waldbrandkennziffer in Abhängigkeit vom Niederschlag
Tab. 3.4.6-2	Korrektur der Tageswaldbrandkennziffer in Abhängigkeit von der Vegetation
Tab. 3.4.6-3	Zuordnung der Waldbrandwarnstufen anhand der Waldbrandkennziffern
Tab. 3.4.8-1	Signifikanzniveau SIG, Irrtumswahrscheinlichkeit a linearer Trends
Tab. 4.1.2-1	Mittlere Minimumtemperatur [°C] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
Tab. 4.1.2-2	Mittlere Maximumtemperatur [°C] an ausgewählten Stationen in Sachsen für 1961-1990 und 1991-2005
Tab. 4.1.4-1	Singularitäten an der Station Dresden-Klotzsche nach Goldschmidt (1950), Zeitraum des Auftretens, vorherrschende Großwettertypen (Übernahme der Großwettertypen nach Hess und Brezowsky aus: www.wetterstation-goettingen.de , 10.7.2008) sowie zeitliche Entwicklung der Singularitäten im Vergleich zur Periode 1917-1941
Tab. 4.2.2-1	Änderung [%] des korrigierten Niederschlages (mit höhenstufenbezogener Standardabweichung SdW) [mm] für 1991-2005 vs. 1961-1990
Tab. 4.2.4.3-1	Auftretenshäufigkeit von Schneedeckenhöhen ≥ 20 cm pro Tag und deren Änderung [d] an ausgewählten Stationen in sächsischen Mittelgebirgen, 1961-2005 (November-April)
Tab. 4.7.1-1	Auswahl maximaler Tagessummen des Niederschlages [mm] in Sachsen vom 12.08.2002, 7:00 MEZ bis 13.08.2002, 7:00 MEZ (Datenquellen: Deutscher Wetterdienst, Technische Universität Dresden, Landestalsperrenverwaltung Sachsen)
Tab. 4.8.1.1-1	Mittlerer korrigierter Niederschlag [mm] in den Vegetationsperioden I und II für 1961-1990 und 1991-2005
Tab. 4.8.1.2-1	Statistik zur Waldbrandgefahr (WBWS 4 und 5) ausgewählter Waldstandorte (Signifikanzniveaus: * <0.1 ** <0.05 *** <0.01)

REFERENZEN



Alissow BP, Drosdow OA, Rubinstein ES (1956): Lehrbuch der Klimatologie. Deutscher Verlag der Wissenschaft, Berlin, 536 S.

Ångström A (1924): Solar and terrestrial radiation. *QJR Met. Soc.* **50**: 121–125.

Bárdossy A, Caspary HJ (1990): Detection of climate change in Europe by analysing European atmospheric circulation patterns from 1881-1989. *Theor. Appl. Climatol.* **42**: 155-167.

Bartels H, Dietzer B, Malitz G, Albrecht FM, Guttenberger J (2005): KOSTRA-DWD-2000 - Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000) Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Baur F, Hess P, Nagel H (1944): Kalender der Großwetterlagen Europas 1881-1939. Bad Homburg.

Baur F (1963): Großwetterkunde und langfristige Witterungsvorhersage. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt a. M.

Beck C, Grieser J (2003): Extremniederschläge in Deutschland seit 1900. *Terra Nostra* **6**: 35-39.

Bernhofer C (2006): Grundlagen der Meteorologie. unveröffentlichtes Lehrmaterial, TU Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie, 174 S.

Bissolli P (1999): Kommen Westwetterlagen häufiger vor als früher? *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 1999*, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Bissolli P, Dittmann E (2001): The objective weather types classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations. *Meteorol. Z.* **10/4**: 253-260.

Bissolli P (2001): Wetterlagen und Großwetterlagen im 20. Jahrhundert. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2001*, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Brücher W, Kerschgens MJ, Steffany F (1994a): Synthetic wind climatologies. *Meteorol. Z.* **3**: 183-186.

Brücher W, Kerschgens MJ, Steffany F (1994b): On the Generation of Synthetic Wind Roses in Orographically Structured Terrain. *Theor. Appl. Climatol.* **48**: 203-207.

Bruhns C (1864-1875): Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen angestellt an mehreren Orten im Königreich Sachsen.

Dietzer B (2000): Langzeitverhalten extremer Niederschlagsereignisse – Ergebnisse aus KLIWA. In: Arbeitskreis KLIWA: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft. *KLIWA - Berichte* **1**: 46-67.

Dittmann E, Barth S, Müller-Westermeier G, Lang J (1995): Objektive Wetterlagenklassifikation. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **197**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

DVWK (Hrsg.) (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Merkblatt: **M 504**.

DWD (2007): Großwetterlagen nach Hess und Brezowsky 2005, 2006. Deutscher Wetterdienst [Online verfügbar: www.dwd.de, 27.06.2007]

DWD (2008): Mündliche Mitteilungen. Deutscher Wetterdienst.

Dyck S, Peschke G (1995): Grundlagen der Hydrologie. Verlag für Bauwesen, Berlin, 536 S.

Egert (1929): Festschrift der DMG anlässlich ihrer 16. Tagung zu Dresden.

Erbe S (2002): Untersuchungen zur räumlichen Verteilung und zum Trend korrigierter Niederschläge in Sachsen im Zeitraum 1971 -2000 . unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Geographie, 65 S.



Flemming G (1994): Wald Wetter Klima, Einführung in die Forstmeteorologie. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 136 S.

Flemming G (2001): Angewandte Klimatologie Sachsens. Basis- und Zustandsklima im Überblick. *Tharandter Klimaprotokolle* **4**, Eigenverlag TU Dresden, 154 S.

Flohn H (1954): Witterung und Klima in Mitteleuropa. In: *Forschungen zur Deutschen Landeskunde*, 2. Aufl., Hirzel Verlag, Stuttgart, 214 S.

Franke J, Goldberg V, Eichelmann U, Freydank E, Bernhofer C (2004): Statistical analysis of regional climate trends in Saxony, Germany. *Climate Research* **27/2**: 145-150.

Franke J, Surke M, Langrock M (2007): Handbuch zur „Klimadatenbank Mitteldeutschland“. unveröffentlichtes Handbuch, TU Dresden, Professur Meteorologie, Tharandt.

Freydank E (2005): Klimaatlas von Sachsen für die Forstwirtschaft - Eine Bearbeitung der Klima-Rasterdaten der Bundesrepublik Deutschland für Sachsen (Periode 1971 bis 2000). Abschlussbericht zum FuE-Vorhaben der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft und des Landesforstpräsidiums: „Erläuterungen der aktuellen Klimadaten für Sachsen anhand der Rasterdaten des DWD der Reihe 1971-2000“, Graupa, 121 S.

Freydank E, Gerth WP (1997): Klimatologische Grundlagen für die Landes- und Regionalplanung. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Eigenverlag Dresden.

Gerth WP (1987): Anwendungsorientierte Erstellung großmaßstäbiger Klimateignungskarten für die Regionalplanung. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **173**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Gerth WP, Christoffer J (1994): Windkarten von Deutschland. *Meteorol. Z.* **3**: 67-77.

Gerstengarbe FW, Werner PC (1993): Katalog der Großwetterlagen Europas nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky 1881-1992. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **113**, 4. Aufl., Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M., 249 S.

Gerstengarbe FW, Werner PC, Rüge U (1999): Katalog der Großwetterlagen Europas 1881-1998 nach P. Hess und H. Brezowsky. 5. Aufl., Eigenverlag Potsdam Inst. f. Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam [Online verfügbar: www.pik-potsdam.de, 29.05.2008].

Gerstengarbe FW, Werner PC (2005): Katalog der Großwetterlagen Europas 1881-2004 nach P. Hess und H. Brezowsky. *PIK - Report* **100**, 6. verbesserte und ergänzte Aufl., Eigenverlag Potsdam Inst. f. Klimafolgenforschung, Potsdam [Online verfügbar: www.pik-potsdam.de, 17.07.2008].

Goldberg V, Häntzschel J (2002): Application of a radiation model for small-scale complex terrain in a GIS environment. *Meteorol. Z.* **11**: 119-128.

Goldschmidt J (1950 a): Die Singularitäten im jährlichen Witterungsverlauf von Wahnsdorf. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **2**, Akademie Verlag, Berlin.

Goldschmidt J (1950 b): Das Klima von Sachsen. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **3**, Akademie Verlag, Berlin.

Haase G, Mannsfeld K (Hrsg.) (2002): Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. *Forschungen zur deutschen Landeskunde* **250**, Selbstverlag, Flensburg, 214 S.

Hann v J (1883): Handbuch der Klimatologie. Engelhorn, Stuttgart, 764 S.

Hänsel S (2004): EXTROSA, Extreme Starkniederschläge und Trockenperioden. Klimatrends in Sachsen. Zwischenbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.



Hess P, Brezowsky H (1977): Katalog der Großwetterlagen Europas 1881-1976. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **113**, 3. Aufl., Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

HMU der ČSSR, MD der DDR (1973): Klima und Witterung im Erzgebirge. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* - bearbeitet mit dem Hydrometeorologický ústav der ČSSR. Abhandlungen Nr. **104/31**, Akademie Verlag, Berlin.

Humboldt A von (1817): Von den isothermen Linien und der Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper. In: Kleinere Schriften von Alexander von Humboldt **1**, Stuttgart und Tübingen.

Hupfer P, Kuttler W (Hrsg.) (2006): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12. Aufl., Verlag Teubner, Stuttgart, Leipzig, 554 S.

Jahrbücher des königlich sächsischen meteorologischen Institutes (1883-1918).

Junghans H (1974): Der Vergleich zweier 25jähriger Temperatur- und Niederschlagsreihen von Wahnsdorf. *Zeitschrift f. Meteorol.* **24/3-8**: 196 – 204.

Käse H (1969): Ein Vorschlag für eine Methode zur Bestimmung und Vorhersage der Waldbrandgefährdung mit Hilfe komplexer Kennziffern. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **94/ XII**, Akademie Verlag, Berlin, 68 S.

Kendall MG (1970): Rank correlation methods. 4th ed., Griffin, London.

Kerschgens M, Brücher W, Steffany F (1995): WiTraK: Windfeld- Transport- und Klimatologieprogramm. *Ann. Meteorol.* **31**: 135-136.

Köhl A (2008): Veränderungen der Großwetterlagen im Hinblick auf Intensität und räumliche Verteilung des Niederschlages in Sachsen. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Geographie, 138 S.

Kondratyev KYa (1977): Radiation regime of inclined surfaces. *WMO Technical Note* **152**, 82 S.

Köppen W (1923): Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde. De Gruyter Berlin, 339 S.

Küchler W (2008): Mündliche Mitteilungen. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden

Lamb HH (1972): Climate, Present, Past and Future. Bd.1, Methuen, London.

Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V. (Hrsg.) (2005): Landschaftsgliederungen in Sachsen. Eigenverlag, Dresden.

Lehmann A (2001): Die Säkulare Klimareihe von Potsdam. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2001*, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Mann HB (1945): Nonparametric test against trends. *Econometrica* **13**: 245-259.

Mannsfeld K, Richter H (1995): Naturräume in Sachsen. *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* **238**, Selbstverlag, Trier, 228 S.

Meza F, Varas E (2000): Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* **100**: 231–241.

Müller J, Jorn P, Schumann A, Schellin H (2001): Evapotranspirations- und Versickerungsverhalten sowie Häufigkeit von Bodendürren im Mitteldeutschen Trockengebiet unter Berücksichtigung von Substrat und Bewuchs. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2001*, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

NOAA (2008): National Oceanic and Atmospheric Administration, [Online verfügbar: www.cdc.noaa.gov, 22.05.2008]

NOAA (2008a): National Oceanic and Atmospheric Administration, [Online verfügbar: www.cdc.noaa.gov, 01.03.2008]



Pelzel E, Antonik B (1952): Zur Vergleichbarkeit der Niederschlagswerte von Sachsen vor 1935 mit den Werten der angrenzenden Gebiete. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone* **7/42**: 169-171.

Pielke R (2003): Heat storage within the Earth system. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **84/3**: 331-335.

Rapp J (2000): Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland. *Berichte des deutschen Wetterdienstes* **212**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Reichsamt für Wetterdienst (1934): Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für den Freistaat Sachsen (1919-1933). Springer, Berlin.

Richter D (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **194**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Schär C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA, Appenzeller C (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* **427**: 332-335.

Schneider-Carius K (1961): Das Klima, seine Definition und Darstellung: Zwei Grundfragen der Klimatologie. Akademie Verlag Berlin, 222 S.

Schönwiese CD (2000): Praktische Statistik – für Meteorologen und Geowissenschaftler. 3. Aufl., Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 289 S.

Schönwiese CD (2003): Jahreszeitliche Struktur beobachteter Temperatur- und Niederschlagstrends in Deutschland. In: Chmielewski F, Foken T (Hrsg.). *Beiträge zur Klima- und Meeresforschung*. S. 59-68.

Schönwiese CD, Staeger T, Trömel S, Jonas M (2003): Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland. *Klimastatusbericht des*

Deutschen Wetterdienstes 2003, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Tremmel J, Stellmacher R (1985): Die Niederschlagsmessungen in Sachsen – ein Beitrag zur Homogenisierung von Niederschlagsreihen. *Zeitschrift f. Meteorol.* **35/1**: 45-49.

Trnka M, Zalud Z, Eitzinger J, Dubrovsky M (2005): Global solar radiation in Central European lowlands estimated by various empirical formulae. *Agricultural and Forest Meteorology* **131**: 54-76.

VDI (Hrsg.) (1992): Umweltmeteorologie. Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen. Berechnung der kurz- und langwelligen Strahlung. (VDI-Richtlinie 3789). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 52 S.

VDI (Hrsg.) (1998): Energieverbrauchskennwerte für Gebäude - Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte (VDI-Richtlinie 3807/2). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 42 S.

Wakonigg H (2007): Hochgebirgsklima. Unveröffentlichtes Lehrmaterial, TU Graz [Online verfügbar: www.uni-graz.at, 10.07.08].

Walter H (1990): Vegetation und Klimazonen. 6. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 382 S.

Watson DF, Philip GM (1985): A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing* **2**: 315-327.

Werner PC, Gerstengarbe FW, Wechsung F (2008): Großwetterlagen and precipitation trends in the Elbe river catchment. *Meteorol. Z.* **17**.

Yarnal B (1993): Synoptic climatology in environmental analysis – A primer. Belhaven Press, London, 195pp.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR



Adrian G (1994): Zur Dynamik des Windfeldes über orographisch gegliedertem Gelände. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **188**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M., 142 S.

Ahas R, Aasa A, Menzel A, Fedotova VG, Scheifinger H (2002): Changes in European spring phenology. *Int. J. Climatol.* **22**: 1727-1738.

Ahrens CD (1994): *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 5th ed. West Publishing, New York, 591 pp.

Allen RG, Smith M, Perrier A, Pereira LS (1994): An Update for definition of Reference Evapotranspiration. *ICID Bulletin* **43/2**: 1-34.

Anemüller S, Monreal S, Bals C (2006): Globaler Klimarisiko-Index 2006 – Wetterbedingte Schadensereignisse und ihre Auswirkungen auf die Staaten der Welt 2004 und im langjährigen Vergleich. [Online verfügbar: www.germanwatch.org, 19.05.2008]

Bahrenberg G, Giese E (1985): *Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie*, Teubner Verlag, Darmstadt, 308 S.

Balzer K (1995): Automatische Wettervorhersage mittels statistischer Interpretation. *PROMET* **4**.

Balzer K, Enke W, Wehry W (1998): *Wettervorhersage: Mensch und Computer - Daten und Modelle*. Springer-Verlag, Berlin, 184 S.

Barry RG (1992): *Mountain Weather and Climate*. Routledge, New York, 416 S.

Bartels H, Malitz G, Asmus S, Albrecht FM, Dietzer B; Günther T, Ertelt H (1997): *Starkniederschlagshöhen für Deutschland (KOSTRA)*. Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Baumgartner A, Liebscher HJ (1990): *Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie 1*, Gebrüder Bornträger, Berlin, 610 S.

BayForClim (1999): *Klimaänderungen in Bayern und ihre Auswirkungen*. Abschlußbericht des Bayerischen Klimaforschungsverbundes, München.

Beak Consultants GmbH (2004): *KLIWEP – Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe*. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Eigenverlag LfUG, Dresden.

Becker A, Grünewald U (2003): Flood Risk in Central Europe. *Science* **300/5623**: 1099-2018

Becker A, Lahmer W (1996): „Klimawandel und seine Auswirkungen auf den Wasserhaushalt“, *gwf-Wasser Special* **14/96**.

Bengtsson L, Botzet M, Esch E (1994): Will Greenhouse Gas-Induced Warming over the Next 50 Years Lead to Higher Frequency and Greater Intensity of Hurricanes? *MPI-Report* **139**, Eigenverlag Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg.

Berner U, Steif H (Hrsg.) (2001): *Klimafakten*. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 238 S.

Bernhofer C, Goldberg V (2001): *CLISAX – Statistische Untersuchungen regionaler Klima-trends in Sachsen*. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (AKZ: 13-8802.3521/48), Dresden, 125 S.

Bernhofer C, Goldberg V (2003): Meteorologische Aspekte des Hochwassers 2002. *AFZ-Der Wald*, **5/2003**: 220-222.

Bernhofer C, Goldberg V, Franke J (2002): *CLISAX II – Assimilation von standardisierten und abgeleiteten Klimadaten für die Region Sachsen und Ausbau der Sächsischen Klimadatenbank*. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (AKZ: 13-8802.3521/50), Dresden, 127 S.



- Bernhofer C, Goldberg V, Franke J, Surke M (2005):** WEKLIS – Entwicklung einer Datenbank zur Erstellung einer Wetterlagenstatistik und zur Analyse der zeitlichen Entwicklung der Korrelation zwischen Wetterlagen und Klimaparametern in Sachsen. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.
- Bissolli P (1991):** Eintrittswahrscheinlichkeiten und statistische Charakteristika der Witterungsregelfälle in der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin. *Berichte d. Institut f. Meteorologie und Geophysik Universität Frankfurt a. M.*, Frankfurt a. M.
- BMU (Hrsg.) (2003):** Hydrologischer Atlas von Deutschland 1. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 170 S.
- Bork HR (2006):** Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Brandt S (1999):** Datenanalyse, mit statistischen Methoden und Computerprogrammen. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 646 S.
- Brauch HG (2005):** Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks in Environmental and Human Security. United Nations University UNU-EHS. *Publications Series 1/2005*, Bonn.
- Brauer H (1997):** Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik - Emissionen und ihre Wirkung. Springer Verlag, Hamburg, 842 S.
- Caspary HJ (2004):** Zunahme „kritischer“ Wetterlagen als Ursache für die Entstehung extremer Hochwasser in Südwestdeutschland. Bericht zum KLIWA-Symposium 2004: 135-151.
- CHMI (2006):** Climate Atlas of the Czech Republic. Czech Hydrometeorological Institute [Online verfügbar: www.chmi.cz, 19.05.2008]
- Chmielewski FM, Müller A, Bruns E (2004):** Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology 121/1-2*: 69-78.
- Club of Rome (2004):** Die neuen Grenzen des Wachstums. [Online verfügbar: www.clubofrome.de. 19.05.2008]
- Cubasch U, Kasang D (2000):** Anthropogener Klimawandel, Klett-Perthes Verlag, Gotha, Stuttgart.
- Cugc W (2005):** Weather catastrophes and climate change - Is there still hope for us? Geo Risks Research. Münchener Rückversicherungs Gesellschaft, München, 263 S.
- Czeplak G, Noia M, Ratto CF (1991):** An assessment of a statistical method to estimate solar irradiance at the earth's surface from geostationary satellite data. *Renewable Energy 1/5-6*: 737-743.
- Defila C (2004):** Der Sommer und Herbst 2003 aus phänologischer Sicht. Schweizer Zeitschrift f. Forstwesen **155/ 5**: 142-145.
- Demuth S, Stahl K (Hrsg.) (2001):** Assessment of regional impact of droughts in Europe. Final report to the European Union ENV-CT97-00553. Institut f. Hydrologie, Universität Freiburg (Brsg.), Freiburg (Brsg.).
- Dietrich O, Schwärzel K (2002):** Untersuchungen zu Auswirkungen des globalen Wandels auf den Wasserhaushalt von Feuchtgebieten am Beispiel des Spreewaldes. *Verhandlungen der Gesellschaft f. Ökologie 32*: 264 ff.
- Dilley M, Chen R, Deichman U (2005):** Natural Disaster Hotspots – a Global Risk Analysis. Synthesis Report [Online verfügbar: www.sedac.ciesin.columbia.edu, 19.05.2008]
- Dreyhaupt J (2002):** Die Bedeutung der Heterogenität von Boden, Klima und Landnutzung für die Regionalisierung von Modellzustandsgrößen. Dissertation, Universität Bayreuth, Lehrstuhl Bodenkunde und Bodengeographie, Bayreuth.



DVWK (Hrsg.) (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. *DVWK-Merkblatt M238*, Bonn, 135 S.

DWD (1987): Allgemeine Meteorologie - Leitfaden Nr. 1. Deutscher Wetterdienst, Eigenverlag, Offenbach a. M., 166 S.

DWD (2002): Die objektive Wetterlagenklassifikation. Deutscher Wetterdienst [Online verfügbar: www.dwd.de, 15.02.07]

DWD: Klimainformationssystem (KLIS). Deutscher Wetterdienst [Online verfügbar: www.dwd.de, 15.02.07]

Dyck S, Becker A, Flemming G, Glugla G, Golf W, Grünwald U, Gurtz J, Kluge C, Peschke G (1978): Angewandte Hydrologie **2**, VEB Verlag f. Bauwesen, Berlin, 516 S.

Eimern v J, Häckel H (1984): Wetter- und Klimakunde. 4. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, 275 S.

Emeis S (2000): Meteorologie in Stichworten. Gebrüder Bornträger, Berlin, 176 S.

Enke W (2003): Anwendung eines Verfahrens zur wetterlagenkonsistenten Projektion von Zeitreihen und deren Extreme mit globaler Klimasimulation. Abschlussbericht der Fa. Meteo-Research, Stahnsdorf, 67 S.

Enke W, Deutschländer T, Schneider F, Küchler W (2005): Results of five regional climate studies applying a weather pattern based downscaling method to ECHAM4 climate simulations. *Meteorol. Z.* **15/2**: 247-257.

Enke W, Küchler W, Sommer W (2000 a): Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mittels des statistischen Verfahrens der Wetterlagen-Klassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen. [Online verfügbar: www.gruenesachsen.de, 12.03.07]

Enke W, Küchler W, Sommer W (2000 b): Klimaprognose für Sachsen. Zusammenfassender Bericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.

Enke W, Spekat A (1997): Downscaling climate model outputs into local and regional weather elements by classification and regression, *Climate Research* **8**: 195-207.

Enke W, Spekat A, Wehry W (1999): Signalanalyse zur Regionalisierung von Klimamodell-Outputs mit Hilfe der Erkennung synoptischer Muster und statistischer Analysemethoden. Abschlußbericht des BMBF-Forschungsschwerpunktes Klimavaialität und Signalanalyse, Teilprojekt 07 VKV01/30, Potsdam.

Enke W (2001): Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen des statistischen Verfahrens der Wetterlagenklassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse für Sachsen. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.

Enke W (2005): Bereitstellung regionaler Klimaszenarien für die regionale Klimadiagnose und Prognose (Verbundprojekt ENFORCHANGE). Abschlussbericht der Fa. Meteo-Research, Stahnsdorf.

Fabian P (1992): Atmosphäre und Umwelt. Springer-Verlag, Berlin.

Flemming G (1968): Untersuchung des Windes in Abhängigkeit von der Geländeform und ihrem Einfluss auf die Rauchausbreitung. Habilitationsschrift, TU Dresden, Fakultät für Forstwissenschaften, Tharandt.

Flemming G (1993): Klima und Immissionsgefährdung des Waldes im Osterzgebirge. *Arch. Natursch. Landschaftsforsch.* **32**: 273-284.

Fojt W (1974): Die Schneedecke im Erzgebirge. *Abh. des Meteorol. Dienstes der DDR* **111**, Akademie Verlag, Berlin.



- Franke J, Goldberg V, Mellentin U, Bernhofer C (2006):** Risiken des regionalen Klimawandels in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. *Wiss. Zeitschrift der TU Dresden* **55**: 97-105.
- Franke J, Köstner B (2007):** Effects of recent climate trends on the distribution of potential natural vegetation in Central Germany. *Int. J. Biometeorol.* **52/2**: 139-147
- Freydank E (1991):** Untersuchungen zum Einfluß der Wetterlage auf die Niederschlagsverteilung. *Zeitschrift f. Meteorol.* **41/2**: 114-121.
- Gehr P, Kost C, Stephan G (1997):** CO₂ - eine Herausforderung für die Menschheit. Springer Verlag, Berlin, 208 S.
- Gerstengarbe FW, Werner P (1996):** Szenarien zur Klimaentwicklung im Land Brandenburg bis zum Jahr 2050. Eigenverlag Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung PIK. Potsdam. [Online verfügbar: www.pik-potsdam.de, 22.01.2007]
- Gerth WP (1987):** Anwendungsorientierte Erstellung großmaßstäbiger Klimaeignungskarten für die Regionalplanung. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **173**, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.
- Gibbs WJ, Maher JV (1967):** Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin* **48**, Commonwealth of Australia, Melbourne, 37 S.
- Gläsel R (1955):** Die geologische Entwicklung Sachsens. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 140 S.
- Glickman TS (Hrsg.) (2000):** Glossary of Meteorology. 2d Ed., Amer. Meteor. Soc., 855 pp. [Online verfügbar: www.amsglossary.allenpress.com, 22.01.2007]
- Goldberg V (1999):** Zur Regionalisierung des Klimas in den Hochlagen des Osterzgebirges unter Berücksichtigung des Einflusses von Wäldern. Dissertation, *Tharandter Klimaprotokolle* **2**, Eigenverlag TU Dresden, 193 S.
- Goldberg V, Bernhofer C (2000):** Ein Konzept zur Regionalisierung des Klimas komplexer Mittelgebirgslandschaften, veranschaulicht am Beispiel des Osterzgebirges. *Erdkunde* **54**: 263-270.
- Goldberg V, Frühauf C, Bernhofer C, Wienhaus O, Zimmermann F, Seelig U (1998):** Regional- und Lokalklima des Osterzgebirges; Methoden zur Regionalisierung des Standortklimas. In: Nebe W; Roloff A; Vogel M (Hrsg.), *Forstwiss. Beitr. Tharandt* **4**, Eigenverlag TU Dresden, 255 S.
- Goldberg V, Häntzschel J, Bernhofer C (2002):** Raumbezug von Klimainformationen – Methoden und Beispiele. *Wiss. Zeitschrift der TU Dresden* **51**: 55-60.
- Goldschmidt J (1953):** Die 25jährige Beobachtungsreihe von Wahnsdorf 1917 1941. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **11/II**, Akademie Verlag, Berlin.
- Götschmann G (1975):** Die Windverhältnisse in der DDR. Potsdam.
- Grabs W (Hrsg.) (1997):** Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin (CHR), CHR-Report, No. I-16, Lelystad, 172 S.
- Graßl H (1998):** Szenarien der Klimaveränderungen durch den Menschen - eine anhaltende Herausforderung für die Wissenschaft. In: Warnsignal Klima - Das Klima des 21. Jahrhunderts, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg.
- Graßl H, Lozan JL (2002):** Das Klima des 21. Jahrhunderts – Einführung in das globale Klimaproblem, 4. Aufl., Hamburg.
- Grieser J, Beck C (2002):** Extremniederschläge in Deutschland, Zufall oder Zeichen? *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2002*. Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.



Grieser J, Staeger T, Schönwiese CD (2000): Statistische Analyse zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhaus-effektes. *Berichte des Instituts f. Meteorologie und Geophysik Universität Frankfurt a. M.* **103**, Frankfurt a. M.

Grieser J, Trömel S, Schönwiese CD (2002): Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature. *Theor. Appl. Climatol.* **71**: 171-183.

Grünewald U (2003): Nach der Oderflut 1997 und der Weichselflut 2001 kam (überraschend?) die Elbeflut 2002. In: Hochwasserkonferenz-Tagungsband, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Eigenverlag SMUL, Dresden.

Guderian R (2001): Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie **2**, Springer-Verlag, Berlin.

Guhauhasapir D, Hargitt D, Hoyois P (2004): Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers, UCL-Presses Universitaires de Louvain. [Online verfügbar: www.em-dat.net, 22.05.2008]

Günther T (2004): Langzeitverhalten hydrometeorologischer Größen, KLIWA-Symposium 2004: 37-56.

Haase J (1971): Die räumliche Struktur der Niederschlagsverhältnisse in den sächsischen Bezirken. Dissertation, Martin Luther Universität Halle-Wittenberg.

Haase J, Haase G (1965): Die Bedeutung der monatlichen Niederschlagssumme für die Kennzeichnung regionaler Klimaunterschiede. *Leipziger Geograph. Beitr.* (Sonderdruck anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. E. Lehmann).

Häckel H (2005): Meteorologie. 5. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, 447 S.

Haferkorn U (2000): Größen des Wasserhaushaltes verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung im klimatischen Grenzraum des Mitteldeutschen Trocken-

gebietes – Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis. Dissertation, Georg-August Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften.

Hännichen H (1995): Effects on climate change on trees from cool and temperate regions: an ecophysiological approach to modelling the bud burst phenology. *Can. J. Bot.* **73/2**, S. 183-199.

Hänsel S, Kückler W, Matschullat J (2005): Regionaler Klimawandel Sachsen. Extreme Niederschlagsereignisse und Trockenperioden 1934-2000. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* **17/3**; S. 159-165.

Heinrich D, Hergt M (Hrsg.) (1990): DTV-Atlas zur Ökologie. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 265 S.

Hellmann G (1921): Klima-Atlas von Deutschland, Berlin.

Hendl M (1991): Das Klima. In: Bramer H (Hrsg.): Physische Geographie - Mecklenburg Vorpommern, Brandenburg, Sachsen Anhalt, Sachsen, Thüringen. Klett-Perthes Verlag, Gotha.

Hinneburg D, Tetzlaff G (1996): Calculated wind climatology of the South Saxonia / North Czech mountain topography including improved resolution of mountains. *Ann. Geophys.* **14**: 767-772.

HU Berlin (2003): KLIVEG - Mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen. Abschlussbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Berlin.

Hupfer P (1996): Unsere Umwelt: Das Klima – Globale und lokale Aspekte. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart/Leipzig.

IPCC (Hrsg.) (2001): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 1032 pp.



IPCC (Hrsg.) (2007): Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change [Online verfügbar: www.ipcc.ch, 09.03.2008]

Jankiewicz P, Neumann J, Duijnisveld WHM, Wesolek G, Wycisky P, Hennings V (2005): Abflusshöhe – Sickerwasserrate – Grundwasserneubildung, Drei Themen im Hydrologischen Atlas von Deutschland. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* **49, H. 1:** 2-12.

Jarisch K (2002): Erarbeitung einer Windklimatologie für Sachsen. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Geographie.

Jonas M, Staeger T, Schönwiese CD (2005): Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen – Schwerpunkt Deutschland. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsvorhaben Nr. 201 41 254. Berichte des Inst. f. Atmosphäre u. Umwelt der Univ. Frankfurt a. M. **1.**

Jones PD, Goodess CM, Davies TD (2000): ACCORD – Final Report 2000, Atmospheric Circulation Classification and Regional Downscaling, Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich. [Online verfügbar: www.cru.uea.ac.uk, 22.05.2008]

Jordan H, Weder HJ (1995): Hydrogeologie. Enke-Verlag, Berlin, 603 S.

Junghans H (1964): Die Niederschlagsverteilung im sächsischen Osterzgebirge. *Zeitschrift f. Meteorol.* **18/3-4:** S. 163-173.

Junghans H (1969): Sonnenscheindauer und Strahlungsempfang geneigter Ebenen. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **85.** Akademie Verlag, Berlin, 106 S.

Kalb M (1979): Klimakarten des Deutschen Wetterdienstes für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland. *Natur u. Landschaft* **54.**

Kalb M, Vent-Schmidt V, Gerth WP (1985): Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei Nutzungsänderungen. 2. Arbeitsbericht, Offenbach a. M.

Karbaum H (1969): Der Niederschlag als Wasserhaushaltsgröße. *Abh. d. Meteorol. Dienstes der DDR* **86/ XI,** Akademischer Verlag, Berlin, 64 S.

Kasten F (1984): Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. Forschungsbericht T84-125, Technol. Forschung u. Entw. - Nichtnukleare Energietechnik, BMFT.

Kaufuss W, Kramer M (1991): Grundzüge der physisch-geographischen Landschaftsstruktur des Freistaates Sachsen. *Mitteilungen Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V.* **1/1991,** Dresden.

Kleeberg HB (Hrsg.) (2003): Klima – Wasser – Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut. Beiträge zum Tag der Hydrologie 2003, Freiburg i. Br., *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* **4/1:** 151-160.

Kleeberg HB, Mayer U (1999): Hydrologische Extreme – Gefährdungspotentiale in Fließgewässern durch Trockenperioden. Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen. *Mitteilung* **70,** München, 189 S.

Klose S (2000): Konsequenzen globaler Klimaveränderungen für die biologische Vielfalt. Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (Hrsg.) *NNA-Bericht* **13/2,** Schneverdingen.

Koppe C, Jendritzky G, Pfaff G (2003): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2003, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Küchler W (2004): Projektion des Klimawandels in Sachsen für die Dekade 2041 – 2050. *Wasser und Abfall* **11:** 10-14.



Küchler W, Sommer W (2003): Anwendung eines Verfahrens zur wetterlagenkonsistenten Projektion von Zeitreihen und deren Extreme mit globaler Klimasimulation. Zusammenfassender Bericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden, 24 S.

Kundzewicz ZW (2005): Summer Floods in Central Europe - Climate Change Track?, *Natural Hazards* **36**:165 – 189.

Kunz M, Kottmeier C (2002): Starkniederschläge mit langer Andauer über Mittelgebirgen. Dissertation Universität Karlsruhe, Fakultät für Physik, Karlsruhe [Online verfügbar: www.dkkv.org, 22.05.2008]

Kysely J, Huth R (2003): Recent changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods, Institute of Atmospheric Physics AS CR, Prague. [Online verfügbar: www.ufa.cas.cz, 22.05.2008]

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Deutscher Wetterdienst: KLIWA-Berichte. Arbeitskreis KLIWA, Mannheim. [Online verfügbar: www.kliwa.de, 09.06.2008]

Latif M (2003): Simulation und Vorhersage von ENSO-Extremen, *promet* **29/1-4**.

Liljequist GH, Cehak K (1984): Allgemeine Meteorologie. 3.Aufl., Springer Verlag, Hamburg, 396 S.

Linke R (2005): Untersuchungen zur raum-zeitlichen Verteilung und zum Trendverhalten des potentiellen Wasserdargebots in Mitteldeutschland. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Geographie.

Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M, Wanner H (2004): European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500, *Science* **303**: 1499-1500.

Mannsfeld K, Bastian O, Syrbe RU, Röder M (2005): Landschaftsgliederungen in Sachsen. Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Arbeitsstelle „Naturhaushalt und Gebietscharakter“ Landesverein Sächsischer Heimatschutz, Dober Verlag, Mügeln.

Marx S (1964): Zur regionalen Struktur der Niederschlagsverteilung in Ostsachsen. *Zeitschrift f. Meteorol.* **10**: 241-248.

Meadows D, Meadows L, Randers J (2006): Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update. Hirzel Verlag, Stuttgart.

Meier S, Keller W (1990): Geostatistik. Springer, Wien, 206 S.

Meteorologischer Dienst d. DDR (Hrsg.) (1969): Hydrographisches Kartenwerk der DDR (1 : 200 000), Akademie Verlag, Berlin.

Meteorologischer Dienst d. DDR (Hrsg.) (1978): Klimatologische Normalwerte für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik (1901-1950), Akademie Verlag, Berlin.

Meteorologischer Dienst d. DDR (1953,1954,1956, 1987): Klimaatlas der DDR, Akademie Verlag, Berlin.

Meteorologischer Dienst d. DDR (1987): Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik. Klimatologische Normalwerte 1951/80. Reihe B - Bd.14, Potsdam.

Metternich P (1993): Klimarelevante Beobachtungen in Deutschland. Ein Informationskatalog über Messprogramme und Datenkollektive. Kernforschungszentrum Karlsruhe, Eigenverlag, 605 S.

Mudelsee M, Börngen M, Tetzlaff G, Grünewald U (2004): Extreme floods in central Europe over the past 500 years: Role of cyclone pathway „Zugstrasse Vb“, *J. Geophys. Res.* **109/ D23101**.



Mues V (2000): GIS-gestützte Regionalisierung von Klima- und Depositionsraten in Niedersachsen. Dissertation, Universität Göttingen, Fakultät f. Forstwissenschaften u. Waldökologie, Göttingen, 223 S.

Müller-Westermeier G (1995): Numerische Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes 193*, Eigenverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M.

Müller-Westermeier G (1999): Die mittleren klimatologischen Bedingungen in Deutschland, Teil III. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 1999*. Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Müller-Westermeier G, Kreis A, Dittmann E (1999): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 1. Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Müller-Westermeier G, Kreis A, Dittmann E (2001): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 2. Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Münch A (1994): Wasserhaushaltsberechnungen für Mittelgebirgseinzugsgebiete unter Berücksichtigung einer sich ändernden Landnutzung, Dissertation, TU Dresden, 159 S.

Münch A, Dittrich I (2004): Hochwasserminderung und Wasserhaushaltsänderung durch Aufforstung und Waldumbau in den Einzugsgebieten des Osterzgebirges. Teil 2: Parametrisierung von Waldtypen für das Wasserhaushaltsmodell AKWA-M. Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH im Auftrage der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen.

Münchner Rück (2007): NatCatSERVICE® - Wegweiser durch die Münchener-Rück-Datenbank der Naturkatastrophen, München.

Naegler W, Alt E (Hrsg.) (1923): Das Klima von Sachsen, Teil I. Die örtliche und zeitliche Verteilung der mittleren Lufttemperatur. Selbstverlag der Sächsischen Landeswetterwarte Dresden.

Nagel HD, Gregor HD (1998): Ökologische Belastungsgrenzen. Critical loads und levels. Springer Verlag, Berlin, 255 S.

NAU-Atlas (1959): Niederschlags-Abfluss-Unterschieds-Atlas für das Gebiet der DDR. Institut für Wasserwirtschaft, Berlin.

Neumann J (2004): Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung von Deutschland – Entwicklung und Anwendung des makroskaligen Verfahrens HAD-GW. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 137 S.

Nicolis C, Ebeling W, Baraldi C (1997): Markov processes, dynamic entropies and the statistical prediction of mesoscale weather regimes. *Tellus 49*.

Oke TR (1987): Boundary Layer Climates. 2. Aufl., Routledge-Verlag, London, 435 pp.

Ökodata GmbH (1998): Erfassung und Kartierung von ökologischen Belastungsgrenzen für den Freistaat Sachsen im Rahmen des Projektes OMKAS, Abschlussbericht für das LfUG-Dresden, Ökodata GmbH, Strausberg.

Paulson CA (1970): The mathematical of wind speed and temperatur profiles in the unstable atmospheric layer. *J. Appl. Met.* **9**: 857-861.

Pazuca K (2004): Agrarklimatische Bedingungen für den Anbau ausgewählter Kulturpflanzen in Sachsen unter heutigen und geänderten Klimaverhältnissen. unveröffentlichte Diplomarbeit, HU Berlin, 117 S.

Pichler H (1997): Dynamik der Atmosphäre. 3. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, 572 S.

Plate EJ, Merz B (Hrsg.) (2001): Naturkatastrophen: Ursachen, Auswirkungen, Vorsorge. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Pöhler H (2006): Niederschlags-Abfluss-Modellierung im Einzugsgebiet der Roten und Wilden Weißeritz unter dem Aspekt von Nutzungs- und Klimaänderungen. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum.



Räisänen J, Hansson U, Ullerstig A, Döscher R, Graham LP, Jones C, Meier HEM, Samuelsson P, Willen U (2004): European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios, *Climate Dynamics* **22**: 13-31.

Rapp J, Schönwiese CD (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990. In: Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten: Ser. B, Meteorologie und Geophysik **5**, Frankfurt a. M.

Raupach MR, Finnigan JJ (1997): The influence of topography on meteorological variables and surface-atmosphere interactions. *J. Hydrol.* **190**: 182-213.

Roth GD (1999): Wetterkunde für alle. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 301 S.

Rötzer T, Wittenzeller M, Häckel H, Nekova J (2000): Phenology in central Europe; differences and trends of spring-phenophases in urban and rural areas. *Int. J. Biometeorology* **44**: 60–67.

Rudolf B, Rapp J (2003): Das Jahrhunderthochwasser der Elbe: Synoptische Wetterentwicklung und klimatologische Aspekte. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2002*, Eigenverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2001): Regionalisierung von Klimamodell-Ergebnissen mit Hilfe des statistischen Verfahrens der Wetterlagenklassifikation und nachgeordneter multipler Regressionsanalyse“ (REKLISA)“, Abschlußbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Az.: 13-8802.3521/44), Eigenverlag, Dresden.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003): Anwendung eines Verfahrens zur wetterlagenkonsistenten Projektion von Zeitreihen und deren Extreme mit Hilfe globaler Klimasimulationen auf der Basis des globalen Modells ECHAM4 (WEREX I). Abschlußbericht des Abschlußbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Az.: 13-8802.3521/51), Eigenverlag, Dresden.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2004): Ableitung von Wetterlagen aus großräumigen Zirkulationsmustern zur Identifikation von extremen Witterungsperioden mit Schwerpunkt lang anhaltende Trockenheit und deren Projektion in Klimaszenarien (WEREX III). Abschlußbericht des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Az.: 13-8802.3521/57), Eigenverlag, Dresden.

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2005): Klimawandel in Sachsen, Sachstand und Ausblick. Saxoprint, Dresden.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (1997 a): Klimatologische Grundlagen für die Landes- und Regionalplanung. Materialien zur Landesentwicklung 1/1997. Eigenverlag, Dresden.

Salinger MJ (2005): Increasing Climate Variability And Change, *Climatic Change* **70/1**.

Salvisberg E (1996): Wetterlagenklimatologie – Möglichkeiten und Grenzen ihres Beitrages zur Klimawirkungsforschung im Alpenraum, *Geographica Bernensia* **51**, 187 S.

Sekretariat d. Deutschen Bischofskonferenz (2007): Der Klimawandel: Brennpunkt globaler, intergenerationaler und ökologischer Gerechtigkeit. 2. Aufl., Die deutschen Bischöfe Weltkirche **29**, Eigenverlag, Bonn.

Schmugge TJ, Andre JC (1991): Land surface evaporation (siehe Glossar): measurement and parameterization. Springer-Verlag, New York, 424 S.

Schnur R, Hegerl G (2003): Geben die gekoppelten Ozean-Atmosphärenmodelle die natürliche Klimavariabilität wieder? *promet* **29/1-4**.

Schönwiese CD (2002): Beobachtete Klimatrends im Industriezeitalter. Ein Überblick global/Europa/Deutschland. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Univ. Frankfurt/M.* **106**, Eigenverlag, Frankfurt a. M., 93 S.



Schönwiese CD (2003): Klimatologie. 2. Aufl., Ulmer (UTB), Stuttgart.

Schönwiese CD (2000): Statistische Analysen zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund anthropogenen Treibhauseffektes. Bericht zum Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes 297 41 132.

Schönwiese CD, Janoschitz R (2005): Klima-Trendatlas Deutschland 1901-2000. *Berichte des Instituts für Atmosphäre u. Umwelt der Univ. Frankfurt/M.* **4**, Eigenverlag, Frankfurt a. M.

Schönwiese CD, Staeger T, Steiner H, Brinckmann S (2006): Analyse der Klimaveränderungen in Hessen für den Zeitraum 1901-2003. Abschlussbericht zum INKLIM-Projekt **3**, Frankfurt a. M.

Schönwiese CD, Walter A, Rapp J, Meyhöfer S, Denhard M (1998): Statistische Analyse der Klimavariabilität und anthropogene Klimasignale in globaler und regionaler Betrachtung. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Univ. Frankfurt/M.* **102**, Eigenverlag, Frankfurt a. M., 156 S.

Schramm D (2004): Quantifizierung des Abflussverhaltens im Einzugsgebiet der Wilden Weißeritz mittels Niederschlags-Abfluss-Modellierung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum.

Storch v H, Güss S, Heimann M (1999): Das Klimasystem und seine Modellierung, Springer Verlag. Berlin.

Schulla J (1997): Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen, Dissertation, ETH Zürich.

Schwanecke W, Koch D (1970): Mittelgebirge und Hügelland der DDR. Klimastufen, zusammengestellt nach Ergebnissen der forstlichen Standorterkundung von 1956-1970 (1:300.000). Potsdam.

Sequeira M (2003): Landnutzungsänderungen (siehe Glossar) und deren Folgen auf den Wasserhaushalt – Niederschlag-Abfluss-Modellierungen im Einzugsgebiet der Weißeritz, Sachsen. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum.

Sommer T (2003): Modellierung der Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt des Einzugsgebietes der Elbe (Teil Grundwassermodellierung). Einzelvorhaben 3.3 des Teilprojektes 3 („Unstrutgebiet“) des BMBF-Forschungsprojektes „GLOWA-Elbe“. Dresden.

Spekat A, Heller-Schulzer B, Lutz M (1983): Über Großwetter und Markov-Ketten. *Meteorol. Rundschau* **36**: 243-248.

Stopa-Boryczka M, Boyczka J, Wegrowska M, Smialkowski J (1994): Atlas wzajemnych zależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce. VIII. Cechy oceaniczne klimatu Europy (VIII. The Oceanic features of European climate. Atlas of interdependence of meteorological and geographical parameters in Poland). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Stott PA, Stone DA, Allen MR (2004): Human contribution to the European heatwave of 2003, *Nature* **432**.

Sturm K, Glaser R, Jacobeit J, Deutsch M, Brazdil R, Pfister C, Luterbacher J, Wanner H, (2001): Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation, *Petermanns Geographische Mitteilungen* **145/6**, Gotha.

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2006): Klimawandel in Thüringen – eine Herausforderung in unserer Zeit. Jena. [Online verfügbar: www.tlug.jena.de, 16.08.2007]

Trenberth KE (1999): Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. *Climate Change* **42/1**.



Trömel S (2005): Statistische Modellierung von Klimazeitreihen. *Berichte des Instituts für Atmosphäre u. Umwelt der Univ. Frankfurt/M.* **2**, Eigenverlag, Frankfurt a. M.

Trömel S, Schönwiese CD (2005): A generalized method of time series decomposition into significant components including probability assessments of extreme events and application to observational German precipitation data. *Meteorol. Z.* **14**: 417-427.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2004): Konkretisierungsstrategien für Artikel 2 der UN-Klimarahmenkonvention. Bericht der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen, Bad Neuenahr-Ahrweiler.

UMDP (Hrsg.) (2006): Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis. [Online verfügbar: www.undp.org, 22.05.2008]

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (1998): Die Anrechnung biologischer Quellen und Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschlag für den Umweltschutz? Sondergutachten, Bremerhaven, 76 S.

Wechsung F, Becker A, Gräfe P (2005): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Weißensee Verlag, Berlin, 407 S.

Weimann A (1993): Regionalisierung von Niederschlagsdaten mit Hilfe der Clusteranalyse am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland. unveröffentlichte Diplomarbeit, FU Berlin.

Weischet W (2002): Einführung in die Allgemeine Klimatologie - Physikalische und meteorologische Grundlagen. Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, 276 S.

Weizsäcker E v, Lovins AB, Lovins LH (1998): Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use - A Report to the Club of Rome. Earthscan Verlag, London, 224 pp.

Weltbank (2006): An Investment Framework for Clean Energy and Development. [Online verfügbar: www.siteresources.worldbank.org, 22.05.2008]

Wendling U (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung. *Wasserwirtschaft* **85**: 602-604.

Werner PC, Gerstengarbe FW, Oesterle H (2001): Klimatypänderungen in Deutschland im 20. Jahrhundert. *Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes 2001*. Selbstverlag Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M.

Wilhite DA (Hrsg.) (2000): Drought as a Natural Hazard - Concepts and definition. In: *Drought - A Global Assessment I*. Routledge Hazards and Disasters Series, Routledge, London.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Hrsg.) (1999): Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Springer, Berlin, 482 S.

WMO - No. 8 (1983): Guide to meteorological instruments and methods of observation. Secretariat of the World Meteorological Organisation, Geneva.

Wolff B, Erhard M, Holzhausen M, Kuhlow T (2003): Das Klima in den forstlichen Wuchsbezirken Deutschlands, *Mitteilungen der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* **211**, Eigenverlag BFH, Wiedebusch.

Zebisch M, Grothmann T, Schröter D, Hasse C, Fritsch U, Cramer W (2005): Klimawandel in Deutschland, Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Kurzfassung des Abschlussberichtes des Umweltbundesamtes, Dessau ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Jahrbuch. [Online verfügbar: www.zamg.ac.at, 22.05.2008]

Zorita E, Hughes JP, Lettemaier DP, Storch H v (1993): Stochastic characterization of regional circulation patterns for climate model diagnosis and estimation of local precipitation. Max-Planck-Institut für Meteorologie, *Report* **109**, Hamburg.

GLOSSAR



A

Altweibersommer

Der A. (Singularität) ist eine häufig im Zeitraum von Mitte September bis Anfang Oktober auftretende stabile Hochdruckwetterlage über Mitteleuropa, die durch vornehmlich südöstliche bis östliche, trockenwarme Winde gekennzeichnet ist.

anthropogen

vom Menschen verursacht oder produziert

Atmosphäre

Die A. ist eine gasförmige Hülle, welche die Erde umgibt. Die trockene Atmosphäre besteht fast gänzlich aus Stickstoff (78,1 Vol. %) und Sauerstoff (20,9 Vol. %), zusammen mit einer Anzahl von Spurengasen wie Argon (0,93 Vol. %), Helium und strahlungsaktiven Treibhausgasen wie Kohlendioxid (0,038 Vol. %) und Ozon. Zusätzlich enthält die Atmosphäre Wasserdampf, dessen Menge stark schwankt, aber typischerweise bei 1 Vol.% liegt. Die A. enthält auch Wolken und Aerosole.

Auswirkungen (klimabezogen)

A. sind Folgen der Klimaänderung auf natürliche und gesellschaftliche Systeme. Abhängig von der Betrachtung der Anpassung kann man unterscheiden in:

- Potenzielle Auswirkungen: Alle Auswirkungen, die bei einer gegebenen projizierten Klimaänderung auftreten können, ohne Anpassungen zu berücksichtigen.
- Verbleibende Auswirkungen: Die Auswirkungen der Klimaänderung, die nach einer Anpassung auftreten würden



B

Bezugswert/Referenz

In der Klimatologie werden statistisch ermittelte Bezugswerte (z.B. langjähriges Mittel der Jahrestemperatur) als Referenz verwendet. Sie dienen der Normierung diskreter Werte oder dessen Angabe als Änderung gegenüber der Referenz.

Blockierendes Hoch

Ein blockierendes Hoch ist eine stationäre warme und hochreichende Antizyklone in den mittleren Breiten, die aus der Abschnürung eines vom subtropischen Hochdruckgürtel polwärts vorstoßenden Hochdruckkeils entsteht. Es zeichnet sich durch eine hohe Beständigkeit aus und kann die Witterung in einer größeren Region über Wochen bestimmen.

Böhmischer Wind

Der B. W. ist ein kalter und böiger Fallwind, der in Sachsen vom Nordrand der Mittelgebirge bis zur Oberlausitz im Winterhalbjahr auftreten kann. Dieser Süd- bis Südostwind stellt sich ein, wenn sich über Osteuropa ein Hochdruckgebiet und gleichzeitig ein Tiefdruckgebiet über Westeuropa befinden und mit dem Hoch die Voraussetzungen für lang anhaltende Inversionswetterlagen in Nordböhmen gegeben sind.



D

Datenreduktion

Anpassen von kürzeren Messreihen von Temperatur und Niederschlag an lange Messreihen (siehe Differenzkriterium, Quotientenkriterium)

Deutscher Wetterdienst

Nationaler meteorologischer Dienst der Bundesrepublik Deutschland

Diagnostisches Windmodell

Ein D. M. ist ein Modell zur Berechnung von stationären Windfeldern unter besonderer Berücksichtigung der Massenerhaltung. Mit Hilfe von Messwerten wird ein erstes Windfeld geschätzt, welches daraufhin an die Umgebung angepasst wird.

Differenzkriterium

Methode zur Verlängerung von kurzen Temperaturreihen

Dürre

Während einer D. liegt der Niederschlag signifikant unter dem normalerweise gemessenen Niveau und verursacht ein starkes hydrologisches Ungleichgewicht, das terrestrische Produktionssysteme nachteilig beeinflusst. Oft wird als Sy-

nonym Trockenperiode verwendet. Im deutschen Sprachgebrauch wird der Dürrebegriff jedoch häufig eher auswirkungsbezogen (auf Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie) verwendet, während Trockenperioden sich eher auf das bloße Auftreten eines im Vergleich zum Klimanormalen zu trockenen Zeitabschnittes beziehen.



E

Eisheilige

Die E. sind eine meteorologische Singularität in Mitteleuropa, die Anfang Mai noch zu Bodenfrösten führen kann. Sie tritt bei nördlichen und östlichen Wetterlagen auf.

Eistag

Tage mit einem Temperaturmaximum unter 0°C

Emissionen

E. nennt man den Ausstoß von Treibhausgasen oder deren Vorläufern (d.h. Stoffe, die sich später mit anderen Stoffen zu Treibhausgasen verbinden können) und von Aerosolen, die mit menschlichen Aktivitäten in Verbindung stehen. Anthropogene Emissionen werden durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung, durch Rodung und andere Landnutzungsänderungen verursacht.

Emissionshandel

Der E. ist ein marktkonformer Ansatz zur Erreichung von klimapolitischen Zielen. Er besteht darin, dass diejenigen Parteien, die ihre Treibhausgasemissionen unter das vorgeschriebene Niveau senken, ihre „überschüssigen“ Rechte auf Emissionen handeln können, um Emissionen aus einer anderen Quelle im In- oder Ausland auszugleichen. Im Allgemeinen kann der Handel innerhalb eines Unternehmens, eines Landes oder international erfolgen. Der zweite Wissensstandsbericht des IPCC (SAR) hat die Terminologie der UNFCCC übernommen und verwendet „Lizenzen“ für Binnen- und „Quoten“ für internationale Handelssysteme. Emissionshandel ist in Artikel 17 des Kyoto-Protokolls als ein System handelbarer Quoten definiert, das auf

den zugeteilten Emissionsmengen basiert, die aus den Emissionsminderungs- und Beschränkungsverpflichtungen errechnet wurden.

Ereignistage

E. sind über ein Temperaturkriterium definiert und werden als Auftretenshäufigkeit in Tagen pro Jahr angegeben (siehe Sommertag, heiße Tage, Frosttag, Eistag).

Erfassungsinstrumente

E. sind Messgeräte, mit denen die meteorologischen Größen in Zustand und Menge erfasst werden.

Evaporation

Die E. ist die Verdunstung von Wasser auf unbewachsenem/ freiem Land oder Wasserflächen. Es wird unterscheiden in potentielle (maximal mögliche) und aktuelle (reale) E.

Evapotranspiration

Die E. ist die Summe aus Transpiration und Evaporation, also der Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt, sowie der Bodenoberfläche.

Extremwertstatistik

Die E. ist eine mathematische Disziplin, die Techniken und Modelle zur Beschreibung seltener Ereignisse entwickelt.

Extremes Wetterereignis

Ein e. W. ist ein Ereignis, das an einem bestimmten Ort im Vergleich zu seiner normalen statistischen Verteilung selten ist. Die Definitionen für „selten“ variieren, aber ein extremes Wetterereignis wäre normalerweise so selten wie oder seltener als das 10- oder 90%-Perzentil. Die Definition für „Extremwetter“ kann von Ort zu Ort variieren. Ein „extremes Klimaereignis“ ist ein Durchschnitt einer Anzahl von Wetterereignissen über eine bestimmte Zeitspanne, ein Durchschnitt, der für sich selbst extrem ist (z.B. die saisonale Regenmenge). (ipcc)

Extremniederschlag

hier als Tagessummen des Niederschlages größer oder gleich dem 90%-Quantil bzw. 95%-Quantil der Häufigkeitsverteilung definiert.



F

Föhnwetterlage

In Sachsen tritt dieser Effekt vornehmlich bei Hochdruckeinfluss mit Inversionswetterlagen ein. Die kalte Bodeninversion wird aufgelöst und durch Warmluft aus der darüber befindlichen Luftmasse ersetzt. Voraussetzung ist Hochdruckeinfluss und eine süd- bis südwestliche Strömung.

Frontale Niederschläge

Niederschlag, verursacht durch Aufeinandertreffen unterschiedlicher Luftmassen an Wetterfronten (z.B. durch Aufgleitprozesse an Warmfronten oder konvektive Hebung an Kaltfronten)

Frosttag

Tage mit einem Temperaturminimum unter 0°C.



G

Globale Erdoberflächentemperatur

Die g. E. ist der flächengewichtete globale Durchschnitt (a) der Temperatur an der Oberfläche der Ozeane (i. Allg. Wassertemperatur von wenigen Metern unter der Oberfläche) und (b) die bodennahe Lufttemperatur über dem Land in 2 m Höhe über Grund.

Globale Zirkulationsmodelle

sind Modelle zur Simulation der gekoppelten atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation. Diese sowohl für die Wettervorhersage (Tage bis maximal 2 Wochen) als auch für Langzeitsimulationen (>100 Jahre) verwendeten Modelle arbeiten gegenwärtig mit Gitterpunktsystemen, die in der Atmosphäre einen Abstand von ca. 180 km Maschenweite aufweisen. Diese Modelle sind in bis zu 40 Modellschichten übereinander angeordnet. Es gibt weltweit verschiedene Modellstrategien, die sich durch unterschiedliche Modellphysik und -parametrisierungen (u.a. für Niederschlag, Grenzschicht, Energieflüsse usw.) voneinander unterscheiden.

Großwetterlage

Eine G. stellt die Druckverteilung auf Meeresebene dar, die über eine Periode gemittelt wurde, in der sich die entscheidenden Eigenschaften der atmosphärischen Zirkulation über einer größeren Region nahezu unverändert verhalten.

Man unterscheidet in subjektive G., wie z. B. nach Hess-Brezowsky, und objektive G. (wie z. B. Objektive Wetterlagenklassifikation des DWD).



H

Häufigkeitsverteilung

H. werden zur statistischen Beschreibung von Messdaten verwendet. Mathematisch gesehen ist eine H. eine Funktion, die zu jedem vorgekommenen Wert angibt, wie häufig dieser Wert aufgetreten ist. Ausgehend von einer geordneten Stichprobe wird das absolute bzw. relative Auftreten von Datenklassen in Histogrammen dargestellt. Zur Analyse von H. können theoretische Verteilungsfunktionen (Wahrscheinlichkeitsverteilungen, z. B. Normalverteilung) an das Histogramm angepasst werden.

Heiße Tage

Tage mit einem Temperaturmaximum größer oder gleich 30°C.

Heizgradtag

Der H. ist ein Maß für den Wärmebedarf eines Gebäudes während der Heizperiode mit der Einheit [Kd/a] (Kelvin day / anno). Er stellt den Zusammenhang zwischen der gewünschten Raumtemperatur und der Außenlufttemperatur dar und ist somit ein Hilfsmittel zur Bestimmung des Wärmebedarfes eines Wohnraumes. Die Bestimmung des H. beginnt, sobald die Außentemperatur unter 15°C, der so genannten Heizgrenze liegt. Sie ist die Summe aus der Differenz einer angenommenen Rauminnentemperatur von 20°C und der jeweiligen durchschnittlichen Tagesaußentemperatur, die vom Deutschen Wetterdienst ermittelt wird.

Klassifikation nach Hess und Brezowsky

Die K. nach H. & B. ist die in Mitteleuropa gebräuchlichste, subjektive Wetterlagenklassifikation. Sie beschreibt die mittlere Luftdruckverteilung eines Großraumes, mindestens von der Größe Europas während der aufeinanderfolgender Tage. Die 29 Großwetterlagen können in Gruppen (Zirkulationsformen) mit einem typischen Strömungsverhalten (zonal, gemischt, meridional) zusammengefasst werden. Verwandte Großwetterlagen werden zu 10 Großwettertypen (z.B. Westlage; Südwestlage; Hoch Mitteleuropa) zusammengefasst. Bestimmte Großwetterlagen gehen mit sehr ergiebigen großräumigen Niederschlägen einher, wie z. B. Westlage zyklonal, Trog Mitteleuropa („Vb-Wetterlage“).

Hitzewelle

Eine H. ist eine lang anhaltende Periode von überdurchschnittlich heißem Wetter, das mit einer hohen Luftfeuchte gepaart sein kann. Es existiert noch keine allgemein akzeptierte Definition einer Hitzewelle, z.B. durch die WMO. Grundsätzlich muss eine wirkungsbezogene Definition auf der Anwendung eines thermophysiologisch relevanten Wärmehaushaltsmodells des Menschen beruhen. Neben der Überschreitung von Schwellenwerten spielen darüber hinaus auch Andauer, Änderungsgeschwindigkeit und Zeitpunkt innerhalb der Saison (Akklimatisation) eine Rolle.

Homogenitätsprüfung

Die H. ist ein Testverfahren, welches nach nicht klimatisch begründeten Veränderungen (Inhomogenitäten) im Verlauf von Zeitreihen sucht. Dabei wird zwischen absoluten und relativen Verfahren unterschieden. Eine Bereinigung identifizierter Inhomogenitäten (z.B. Sprung) erfolgt über die Homogenisierung der Zeitreihe. Die H. ist Voraussetzung zur klimatologischen Nutzung (z.B. Trendanalyse) von Zeitreihen.

Hundstage

Als H. werden in Europa die heißen Tage im Sommer, in der Zeit vom 23. Juli bis zum 23. August, bezeichnet. Diese Singularität ist meist mit Südwestlagen- oder stabilen Hochdrucklagen verbunden.



Interpolation

Die I. ist ein Verfahren, um aus bekannten Werten an diskreten Punkten, z. B. Zeitpunkten, über funktionelle Zusammenhänge Werte zwischen diesen Punkten zu ermitteln.

Inversion

Eine I. ist die Temperaturzunahme mit der Höhe und damit die Umkehr des allgemein vorherrschenden negativen vertikalen Temperaturgradienten in einer mehr oder weniger dicken Atmosphärenschicht. Inversionen wirken wie Sperrschichten, weil in ihnen eine große vertikale Stabilität der vertikalen Temperaturschichtung herrscht.

IPCC

zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimafragen (Intergovernmental Panel on Climate Change) - 1988 gegründet. Untergliedert sich in drei Arbeitsgruppen: Arbeitsgruppe I befasst sich mit den naturwissenschaftlichen Aspekten des Klimasystems, Arbeitsgruppe II bewertet die Folgen des Klimawandels sowie geeignete Anpassungsstrategien, und Arbeitsgruppe III konzentriert sich auf mögliche Strategien, die resultierenden Probleme zu lösen. 2007 wurde der Fourth Assessment Report vorgelegt; er skizziert die mit sehr großer Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahrzehnten zu erwartenden Klimaänderungen und deren voraussichtlichen Folgen sowie den Einfluss des Menschen auf das Klima.

Ist-Zustand (Status quo)

Der I. ist der Ausgangszustand zu Beginn der Simulationsperiode eines Entwicklungsszenarios oder eines Wandelszenarios.



K

Kältesumme

Die K. ist die Summe der absoluten Beträge negativer Tagesmittel der Temperatur. Üblicherweise werden Kältesummen bezogen auf den Zeitraum zwischen November und März berechnet. Diese gelten als ein Maß zur Beurteilung der Winterstrenge.

Klima

Klima ist die Gesamtheit aller an einem Ort möglichen Wetterzustände, einschließlich ihrer typischen Aufeinanderfolge sowie ihrer tages- und jahreszeitlichen Schwankungen. Das Klima wird nicht nur von Prozessen innerhalb der Atmosphäre, sondern vielmehr durch das Wechselspiel aller Sphären der Erde (Kontinente, Meere, Atmosphäre) sowie der Sonnenaktivität geprägt.

Klimadatenbank Sachsen

In der Sächsischen Klimadatenbank sind Zeitreihen von Klimaelementen (in Tages- und Monatsauflösung) aus dem Standardmessprogramm des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie des Tschechischen Wetterdienstes (CHMI) für den Freistaat Sachsen (und Umgebung) zusammengeführt. Neben Tools zur Datenanalyse ist ein komplexer Algorithmus zur Homogenitätsprüfung implementiert. Die S. K. wurde im Auftrag des LfUG an der Professur für Meteorologie der TU Dresden entwickelt.

Klimaelemente

Als K. bezeichnet man jede messbare Eigenschaft des Klimasystems der Erde, welche einzeln oder durch ihr Zusammenwirken das Klima auf unterschiedlichen Ebenen prägt und für dessen Charakterisierung genutzt werden kann. K. sind meteorologische Größen, welche im Zuge der Wetterbeobachtungen in Wetterstationen erfasst werden. Sie sind meteorologische Größen, die einzeln sowie durch ihr Zusammenwirken das Klima kennzeichnen (z.B. Temperatur, Niederschlag, Verdunstung, Strahlungsbilanz).

Klimafaktoren

Unter Klimafaktoren versteht man verschiedenste Prozesse und Zustände, durch welche das Klima hervorgerufen, erhalten oder verändert wird. Zu den klassischen K. zählen die Sonnenstrahlung, die Land- und Meerverteilung und die Höhe über dem Meeresniveau. Für das Klima eines Ortes oder einer Region spielt die atmosphärische Zirkulation als sekundärer Klimafaktor oft eine entscheidende Rolle.

Klimaänderung

Eine K. bezieht sich auf jede Änderung des Klimas im Verlauf der Zeit, sei dies aufgrund von natürlichen

Schwankungen oder durch menschliche Aktivitäten. Dieser Gebrauch unterscheidet sich von demjenigen des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC), das „Klimaänderungen“ definiert als „Änderungen des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen sind, welche die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern, und die zu den über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimaschwankungen hinzukommen.“ Siehe auch Klimavariabilität.

Klimafunktionskarte

Eine synthetische K. bietet im Allgemeinen sowohl Informationen zum lufthygienischen Wirkungskomplex (Emissionen, Immissionen, Durchlüftungsverhältnisse) als auch zum thermischen Wirkungskomplex (Temperatur- und Durchlüftungsverhältnisse), da deren Zusammenwirken von besonderer Bedeutung für das Wohlbefinden und die Gesundheit der in der Stadt lebenden Menschen ist.

Klimamodell (Hierarchie)

Ein K. ist eine numerische Darstellung des Klimasystems, die auf den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften seiner Bestandteile, seinen Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozessen basiert und alle oder einige seiner bekannten Eigenschaften berechnet. Das Klimasystem kann von Modellen unterschiedlicher Komplexität dargestellt werden. Gekoppelte Atmosphären-Ozean-Meereis-Zirkulationsmodelle bieten eine umfassende Darstellung des Klimasystems. Sie werden in Richtung noch komplexerer Modelle mit aktiver Chemie und Biologie weiter entwickelt. Klimamodelle werden zur Untersuchung und Simulation des Klimas herangezogen.

Klimanormalperiode

K. umfassen in der Regel 30 Jahre, damit die statistischen Kenngrößen der verschiedenen klimatologischen Parameter mit befriedigender Genauigkeit bestimmt werden können. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hat als zur Zeit gültige internationale klimatologische Referenzperiode den Zeitraum 1961-1990 festgelegt.

Klimaproggnose

Eine K. oder Klimavorhersage ist eine Schätzung der höchstwahrscheinlichen Entwicklung des Klimas in der Zukunft. (z. B. auf saisonaler, jahresübergreifender oder längerfristiger Zeitskala).

Klimaprojektion

eine Projektion der Reaktion des Klimasystems auf Emissions- oder Konzentrationsszenarien von Treibhausgasen, Aerosolen oder Strahlungsantriebs-Szenarien, häufig auf Klimamodellsimulationen basierend. Klimaprojektionen werden von Klimaprognosen unterschieden, um zu betonen, dass Klimaprojektionen von den verwendeten Emissions-/Konzentrations- und Strahlungsantriebs-Szenarien abhängen, die auf Annahmen, z. B. über zukünftige gesellschaftliche und technologische Entwicklungen, beruhen, die nur eventuell verwirklicht werden und deshalb mit erheblicher Unsicherheit verbunden sind.

Klima Reanalyse (Diagnose)

Eine Klima Reanalyse ist eine statistische Analyse von gemessenen klimatologischen Elementen sowie abgeleiteten Größen vergangener Klimaperioden.

Klimasensitivität

In den Berichten des IPCC bezieht sich die Gleichgewichts-Klimasensitivität auf die Gleichgewichtsänderung der globalen mittleren Oberflächentemperatur als Folge einer Verdoppelung der atmosphärischen CO₂-Konzentration. Allgemeiner ausgedrückt bedeutet eine ausgeglichene Klimasensitivität eine Gleichgewichtsänderung der bodennahen Lufttemperatur als Folge einer Änderung des Strahlungsantriebs (°C / W/m²) um eine Einheit. Gewöhnlich erfordert die Evaluation der Gleichgewichts-Klimasensitivität sehr lange Simulationen mit den Gekoppelten Allgemeinen Zirkulationsmodellen. siehe auch: Klimamodell

Klimasystem

Das K. ist ein höchst komplexes System, das aus fünf Hauptbestandteilen besteht: der Atmosphäre, der Hydrosphäre, der Kryosphäre, der Landoberfläche und der Biosphäre sowie den Wechselbeziehungen zwischen diesen. Das Klimasystem verändert sich über die Zeit unter dem Einfluss seiner eigenen inneren Dynamik und durch exter-

ne Kräfte wie Vulkanausbrüche, solare Schwankungen und menschlich induzierte Einflüsse wie die Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre und Landnutzung.

Klimaszenario

Ein K. ist eine mögliche Realisierung des zukünftigen Klimas unter Annahme von SRES-Szenarien. (siehe auch: SRES-Szenarien)

Klimatische Wasserbilanz (KWB)

Die KWB ist die Differenz aus(korrigierter) Niederschlagshöhe und potentieller Verdunstungshöhe.

Klimatologie

Die K. ist die Wissenschaft, die die Gesetzmäßigkeiten des Klimas, dessen Eigenschaften, Entwicklung und Erscheinungsbild erforscht.

Klimavariabilität

Die K. bezieht sich auf Schwankungen des mittleren Zustandes und anderer Statistiken (wie Standardabweichungen, Vorkommen von Extremerscheinungen etc.) des Klimas auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen, die über einzelne Wetterereignisse hinausgehen. Die Variabilität kann durch natürliche interne Prozesse innerhalb des Klimasystems (interne Variabilität) oder durch natürliche oder anthropogene externe Einflüsse (externe Variabilität) begründet sein.

Kontinentalität

Einfluss von Festlandsmassen auf das Klima an bestimmten geographischen Orten. Die K. nimmt mit der Entfernung von Meeren zu. Die Stärke der Kontinentalität wird gewöhnlich mit dem Kontinentalitätsgrad ausgedrückt. Kontinentales Klima ist das Gegenstück zum maritimen und ozeanischen Klima und ist durch große Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter sowie Tag und Nacht gekennzeichnet. Die Übergangsjahreszeiten sind nur von kurzer Dauer. Die starke Ausprägung der Temperaturextreme wird als thermische Kontinentalität bezeichnet. Das Maximum der Niederschläge liegt im Sommer (wegen der thermischen Konvektion), gleichwohl ist auch eine Abnahme der Niederschläge – im Gegensatz zu maritim geprägten Orten – über einen längeren Zeitraum zu verzeichnen (hygrische Kontinentalität).

Kontinentales Kältehoch

Das K. K. ist eine Singularität, die bei östlichen Wetterlagen, gekoppelt mit stabilen Hochdruckgebieten über Nord- bzw. Osteuropa zu trockener, kalter Witterung führt (z. B. Russland-Hoch).

Konvektiver Niederschlag

Der k. N. ist einer Form des Niederschlages, der durch das rasche Aufsteigen von feucht-warmen Luftmassen in einer Gewitterzelle entsteht.

**L****Landnutzung**

Als L. wird die Art der Inanspruchnahme von Böden und Landflächen (Teilen der festen Erdoberfläche) durch den Menschen bezeichnet (z. B. Grünland, Acker, Wald, Siedlung).

Landnutzungsänderung

Die L. ist eine Änderung in der Nutzung oder Bewirtschaftung des Landes durch den Menschen, die zu Bodenbedeckungsänderungen führen kann. Bodenbedeckungs- und Nutzungsänderungen können Auswirkungen auf Albedo, Verdunstung, Quellen und Senken von Treibhausgasen oder auf andere Eigenschaften des Klimasystems haben und können deshalb eine Wirkung auf das lokale oder globale Klima haben.

Lee

bezeichnet die dem Wind abgewandte Seite

Luv

bedeutet die dem Wind zugekehrte Seite

**M****Märzenkälte**

Als M. wird eine Singularität bezeichnet, die durch nördliche und östliche Wetterlagen in der ersten Märzhälfte hervorgerufen wird und kühles und trockenes Wetter mit sich bringt

Mittelwert

Das arithmetische Mittel ist eine geeignete Schätzung für den Erwartungswert der Verteilung, aus der die Stichprobe (Messwerte) stammt.

Modellierung

Die M. ist eine Computer gestützte Simulation von natürlichen Prozessen und Bedingungen.

**N****Niederschlag**

Der Begriff Niederschlag bezeichnet in der Meteorologie Wasser, das in flüssiger oder fester Form (Regen, Tau, Hagel, Schnee, Graupel, Reif,) aus Wolken auf die Erde fällt. N. entsteht durch Kondensation der Feuchtigkeit in der Luft. Entsprechend der Entstehungsgeschichte wird zwischen orografischen, konvektiven und advektiven (frontalen) Niederschlägen unterschieden. Der N. ist ein Faktor, der das lokale Klima bestimmt.

Nikolaustauwetter

Das N. ist eine Singularität, die etwa am 5. Dezember durch den Antransport von feuchten warmen Luftmassen aus westlichen Richtungen zu einem Wärmeeinbruch und damit oft zum Abschmelzen des ersten Schnees führt.

Nordatlantische Oszillation (NAO)

Unter der NAO versteht man die Schwankung des Druckverhältnisses zwischen dem Islandtief im Norden und dem Azorenhoch im Süden des Nordatlantiks. Der NAO-Index basiert auf der Differenz der standardisierten Luftdruck-Anomalien zwischen Ponta Delgada (Azoren) und Reykjavík (Island). Er ist ein Maß für die Stärke der Westwinddrift auf dem Nordatlantik, die für das Klima in Europa, besonders im Winter, entscheidend ist.

**O****Omega Wetterlage**

Die Struktur der Großwetterlage erinnert an den griechi-

schen Buchstaben „Omega“. Ein beständiges und quasi stationäres Hochdruckgebiet wird eingekeilt zwischen zwei ebenfalls nahezu ortsfesten Tiefs.

Orografischer Niederschlag

Der o. N. ist eine Form des Niederschlags, der durch das erzwungene Aufsteigen und Abkühlen von Luftmassen ausgelöst wird.



P

Phänologie

Die P. ist die Lehre vom Einfluss der Witterung und des Klimas auf den jahreszeitlichen Entwicklungsgang und die Wachstumsphasen der Pflanzen (und Tiere). Die phänologischen Beobachtungen betreffen leicht und eindeutig feststellbare Phasen im Lebenslauf verbreiteter Wild- und Kulturpflanzen, wie Blühbeginn, Laubentfaltung, Fruchtreife und Blattfall.

Potentielle Verdunstung

Die p. V. wird lediglich durch die Energiezufuhr begrenzt und ist die maximal mögliche Verdunstung über offenen Wasserflächen oder gut mit Wasser versorgten Landoberflächen.

Potenziell natürliche Vegetation (p. n. V.)

Die p. n. V. sind Pflanzengesellschaften, die sich unter gegebenen Klima- und Standortverhältnissen einstellen würden, wenn der Mensch keinen weiteren Einfluss nimmt.



Q

Quotientenkriterium

Methode zur Verlängerung von kurzen Niederschlagsreihen.



R

Räumliche und zeitliche Skalen

Das Klima kann in einem weiten Spektrum von räumlichen und zeitlichen Skalen schwanken. Räumliche Ska-

len variieren von lokal (weniger als 100.000 km²) über regional (100.000 bis 10 Mio. km²) bis zu kontinental (10 bis 100 Mio. km²). Zeiträume variieren von saisonal bis zu geologisch (Hunderte von Millionen Jahren). (ipcc)

Regionalisierung

Unter Regionalisierung versteht man in der Geostatistik die Übertragung von Punktdaten auf die Fläche (Beispiel Inverse Distanz Wichtung, Kriging). Regionalisierung ist überall dort von wesentlicher Bedeutung, wo Daten punktuell, also stichprobenartig, aufgenommen werden und anschließend flächenhaft dargestellt werden sollen.

Regressionsanalyse

Die R. ist ein statistisches Analyseverfahren mit dem Ziel, Beziehungen zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen festzustellen.

Reservoir

Ein R. ist eine Komponente des Klimasystems außerhalb der Atmosphäre, die Kapazität hat, eine problematische Substanz wie z. B. Kohlenstoff als ein Treibhausgas oder einen Vorläufer davon zu speichern, zu akkumulieren oder freizusetzen. Ozeane, Böden und Wälder sind Beispiele für Kohlenstoffreservoirs. Pool ist ein synonyme Begriff, der oft auch die Atmosphäre mit einschließt. Die absolute Menge von problematischen Substanzen, die in einem Reservoir zu einer bestimmten Zeit gespeichert ist, wird als Vorrat („stock“) bezeichnet. (ipcc)

Rückkopplung

Eine R. tritt auf, wenn ein Prozess Änderungen in einem zweiten Prozess auslöst und dieser seinerseits wieder den ursprünglichen Prozess beeinflusst; eine positive Rückkopplung verstärkt den ursprünglichen Prozess und eine negative Rückkopplung dämpft ihn.



S

Schafskälte

Als S. bezeichnet man eine Singularität, die mit einem Kälteeinbruch nach Mitteleuropa aus dem Nordwesten um den 11. Juni verbunden ist.

Schwellenwert

In der Klimatologie werden S. zur Abgrenzung von Extremereignissen (z.B. Dürre, Starkniederschlag) oder von Entwicklungsphasen in der belebten Welt verwendet, die in Wechselwirkung mit der Atmosphäre stehen (z.B. alpha oder Vegetationsperiode).

Silvestertauwetter

S. nennt man die mild-nasse Witterungsperiode, die in Mitteleuropa als klimatologische Singularität in gut sieben von zehn Jahren zwischen dem 24. und dem 29. Dezember eintritt. Ursache ist ein Vorstoß von feuchtwarmer Meeresluft aus Südwest nach Mitteleuropa. Dabei kommt es häufig zu ergiebigen Regenfällen, die für ein rasches Abschmelzen der vorher gebildeten Schneedecke bis in die Gipfellagen sorgen. Da das Regen- und Schmelzwasser im meist noch gefrorenen Erdboden nicht versickern kann, führen Bäche und Flüsse in dieser Zeit oft Hochwasser.

Singularitäten

Unter S. versteht man in diesem Zusammenhang Großwetterlagen, die nach dem jahreszeitlichen Lauf des Sonnenstandes und den damit verbundenen Temperaturveränderungen zyklisch und mit recht hoher Wahrscheinlichkeit zu festen Terminen wiederkehren. Dazu gehören z. B. die Eisheiligen und das Silvesterstauwetter.

signifikant

Zusammenhänge sind s., wenn die Wahrscheinlichkeit gering ist, dass sie durch Zufall zustande gekommen sind. Die Überprüfung statistischer Signifikanz geschieht unter Anwendung von den an das Datenmaterial angepassten statistischen Tests, die eine Abschätzung der Irrtumswahrscheinlichkeit erlauben. Das Quantil der maximal zulässigen geschätzten Wahrscheinlichkeit, das so genannte Signifikanzniveau, wird a priori festgelegt und oft mit p bezeichnet, beispielsweise $p = 0,05$ für 5% maximal zulässige Irrtumswahrscheinlichkeit.

Signifikanzniveau

siehe: signifikant

Sommerhalbjahr (meteorologisch)

zwischen 1. April und 30. September

Sommertag

Tage mit einem Temperaturmaximum größer oder gleich 25°C

Sonnenfleckenzyklus

Der S. bezeichnet die Periodizität in der Häufigkeit der Sonnenflecken. Der S. beträgt im Mittel 11 Jahre.

Sonnenstrahlung

von der Sonne abgegebene Strahlung. Sie wird auch als kurzwellige oder solare Strahlung bezeichnet. Solare Strahlung weist eine bestimmte Spannbreite von Wellenlängen (Spektrum) auf, die von der Temperatur der Sonne abhängig sind. 97% des solaren Spektrums liegen zwischen 0,4 bis 4 μm .

SRES – Szenarien

SRES (Special Report on Emission Scenarios)-Szenarien des IPCC sind Emissionsszenarien, die unter anderem als Basis für die Klimaprojektionen verwendet wurden. Es wird zwischen den SRES-Szenario-„Familien“ A1, A2, B1 und B2 unterschieden, die unterschiedlichen globalen Strategien im Umgang mit den Ressourcen entsprechen: Diese Szenarien basieren auf vier Kombinationen aus weniger (A-Szenarien) oder mehr ausgeprägtem Umweltbewusstsein (B-Szenarien) sowie aus weniger oder mehr ausgeprägtem Wissenstransfer.

Standardabweichung

Die S. ist ein Maß für die Variabilität einer zufallsverteilten (Mess-) Größe. Sie beschreibt die Schwankungsbreite (mittlere quadratische Abweichung) von Messwerten um ihren Mittelwert.

Status-quo-Analyse

Eine Status-quo-Analyse beinhaltet eine Analyse und modellgestützte Abbildung des Zustandes ausgewählter Parameter in der Gegenwart mit dem Ziel, die Genauigkeit eines Modells zu testen. Referenzzeitraum ist ein Basisjahr oder eine Basisperiode.

Strahlungsantrieb

Der S. ist die Veränderung in der Nettoeinstrahlung (ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter: W/m^2) in das System Erde-Atmosphäre aufgrund einer internen Veränderung oder einer Veränderung im externen Antrieb des Klimasystems,

wie z.B. eine Veränderung in der Konzentration von CO₂ oder der Sonnenstrahlung. Normalerweise wird der Strahlungsantrieb nach Angleichung der stratosphärischen Temperaturen an das Strahlungsgleichgewicht berechnet, während alle troposphärischen Eigenschaften auf ihren ungestörten Werten konstant gehalten werden. Der Strahlungsantrieb wird als unverzögert bezeichnet, wenn keine Veränderung in den stratosphärischen Temperaturen beobachtet wird.

Stratosphäre

Die S. ist die zweite Schicht der Erdatmosphäre, sie liegt über der Troposphäre (die Untergrenze variiert zwischen durchschnittlich 9 km Höhe in hohen Breitengraden und 16 km in den Tropen). In der Stratosphäre nimmt die Temperatur im Mittel mit steigender Höhe zu. Diese Temperaturzunahme mit der Höhe unterscheidet die Stratosphäre von den sie einschließenden Luftschichten. Verursacht wird dieser inverse Temperaturverlauf hauptsächlich durch das in der Stratosphäre befindliche Ozon, das UV-Strahlung aus dem Sonnenlicht absorbiert und dabei Strahlungsenergie in Wärme umwandelt.

Synoptik

Die S. befasst sich mit der Zusammenschau der meso- und großskaligen Wettervorgänge in Raum und Zeit, mit dem Ziel der Wetteranalyse und Wettervorhersage. Die Grundlagen der Synoptik sind die Beobachtungen (Messdaten), die schnelle Zusammenführung der Daten (Nachrichtentechnik), die Analysetechnik und deren Produkte (z.B. Wetterkarten), sowie die Wettervorhersagen (mit numerischen und konzeptionellen Modellen).



T

Tagestemperaturschwankung

Als T. wird die Differenz zwischen maximaler und minimaler Temperatur während eines Tages bezeichnet.

Tiefpassfilter

Zur Unterdrückung zeitlich übergeordneter, natürlicher Klimavariationen (z. B. Sonnenfleckenzyklus) werden Zeitreihen von Klimaelementen tiefpassgefiltert. In der Klimatologie bedeuten T. eine gleitende Mittelung (Glättung) in Zeitreihen.

Trend

Der (meist lineare) T. wird in der Klimatologie verwendet, um langfristige Veränderungen im zeitlichen Verlauf der Messreihen von Klimaelementen/ -größen angegeben. Zur Identifizierung klimatisch bedingter Niveauschiebungen sind die Messreihen vor der Trendanalyse einer Homogenitätsprüfung zu unterziehen. Zur Bewertung des berechneten T. empfiehlt es sich diesen auf Signifikanz (z.B. Mann-Kendall-Test) zu testen. Der für einen Zeitraum berechnete Trend darf zeitlich nicht extrapoliert werden.

Trockenperiode

siehe: Dürre

Trog

Ein T. ist ein großräumiges Gebiet niedrigen Geopotentials im Vergleich zur Umgebung. Im Gegensatz zu Höhentiefs sind Tröge nicht vollständig von höherem Geopotential umschlossen. Während Tiefs besonders in Bodennähe vorkommen, sind Tröge im Allgemeinen Phänomene der freien Atmosphäre.

Tromben

T. sind kleinräumige Tiefdruckgebiete (Meter bis einige 100 m), bei denen eine Luftsäule sehr schnell um eine fast senkrechte Drehachse (span. Tornar = sich drehen) gewirbelt wird. Hierzu gehören die Tornados sowie die Wind- und Wasserhosen.

Troposphäre

Die T. ist der unterste Teil der Atmosphäre mit einer vertikalen Ausdehnung von ca. 10 km Höhe in den mittleren Breiten, 6 km in hohen Breiten und 18 km in den Tropen. Da sich in ihr der Großteil des Wetters abspielt, spricht man auch von der Wetterschicht der Atmosphäre. In der Troposphäre nimmt die Temperatur mit der Höhe im Mittel ab.



U

Überschreitungswahrscheinlichkeit

Die Ü. gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein bestimmtes Ereignis erreicht oder überschritten wird. Das Reziproke der Ü. entspricht der Wiederkehrzeit des Ereignisses.

Unterschreitungswahrscheinlichkeit

Die U. gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein bestimmtes Ereignis erreicht oder unterschritten wird.



V

Vegetationsperiode

Die V. (VP) ist der rhythmisch sich wiederholende Jahresteil, in dem eine Pflanze aktiv wächst und sich entfaltet. Folgende Einteilung ist möglich und üblich: VP I (1. April -30. Juni) und VP II (1. Juli-30. September)

Vertikalgradient

Der V. die Änderung einer Größe (z.B. Klimaelement) mit der Höhenkoordinate. In der Klimatologie werden Vertikalgradienten oft auf ein Intervall von 100 Höhenmetern bezogen.

Vorhersage

siehe Klimaprognose und Klimaprojektionen

Vb – Wetterlage

ist eine ältere, aber noch gebräuchliche Bezeichnung für eine spezielle Großwetterlage in Mitteleuropa. Sie geht zurück auf Untersuchungen von Van Bebbber, der 1884 die Zugstraßen der Tiefdruckgebiete in Europa näher analysierte und mit römischen Ziffern bezeichnete. Die Zugstraße Vb führt von der Adria über das östliche Mitteleuropa nordostwärts. Dabei liegt ein so genannter Höhentrog (eine Tiefdruckzone in höheren Luftschichten) über Mitteleuropa. Diese allgemein sehr niederschlagsintensiven Wetterlagen (Beispiel Elbe-Hochwasser 2002) sind relativ selten und treten eher im Frühjahr und Herbst auf.



W

Waldbrandindex M-68

Ermittlung der Gefahr eines Waldbrandes nach einer in den Ländern unterschiedlichen vier- oder fünfstufigen Skala. Das Modell, das diese Indizes berechnet, greift auf Mittagswerte der Lufttemperatur, der relativen Luft-

feuchte, der Windgeschwindigkeit und auf 24-stündige Niederschlagssummen (im Frühjahr auf morgendliche Schneehöhenmessungen) sowie phänologischen Daten von Birke und Robinie zurück.

Walterdiagramm

Das W. ist eine Form eines Klimadiagramms zur grafischen Darstellung der klimatischen Verhältnisse an einem bestimmten Ort im Jahresverlauf. Für Klimanormalperioden werden 30jährige Mittelwerte des Niederschlages und der Temperatur dargestellt. Es ermöglicht eine schnelle, grobe Einschätzung der örtlichen Witterungsverhältnisse, beispielsweise in Bezug auf Trockenzeiten, Vegetation, Aridität und Humidität.

Wärmesumme

Summe des Anteils der Tagesmitteltemperaturen, der größer ist als eine festgelegte Basistemperatur. Dabei richtet sich die Basistemperatur an dem zu untersuchenden Gegenstand aus. Für klimatologische Betrachtungen wird eine Basistemperatur von $\geq 20^{\circ}\text{C}$ empfohlen.

Wasserknappheit

Ein Land ist von W. betroffen, wenn das Verhältnis zwischen verfügbarem Süßwasservorrat und Wasserentnahme eine wichtige Einschränkung in der Entwicklung bedeutet. Wasserentnahmen von über 20% des erneuerbaren Wasservorrates werden als Indikator für Wasserknappheit gewertet. (ipcc)

Weltorganisation für Meteorologie (WMO)

Die WMO ist die Sonderorganisation der Vereinten Nationen für Meteorologie, Hydrologie und damit verbundene Geophysik. Sie ist eine staatenübergreifende Einrichtung mit 188 Mitgliedsländern (2004), deren Hauptsitz in Genf in der Schweiz angesiedelt wurde.

Weibull-Verteilung

Die W. ist eine spezielle Verteilungsfunktion für Zufallsgrößen, die nach dem Schweden Waloddi Weibull benannt ist. Mittels zweier Parameter kann sie an verschiedene Zufallsgrößen angepasst werden. Sie eignet sich besonders gut, um die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit an einem Standort funktionell zu beschreiben.

Westwindzone

Die W. ist eine globale atmosphärische Windströmung und umfasst die mittleren geographischen Breiten von etwa 35° bis 70°, in denen Wind aus westlichen Richtungen dominant auftritt. In der Westwindzone herrschen Boden- und Höhenwinde aus Westen oder aus westlichen Richtungen vor, deren Luftmassen thermisch gemäßig und relativ feucht sind. Typische Merkmale dieser Zone sind das Auftreten von ausgedehnten Kalt- und Warmfronten sowie Wellenbewegungen unterschiedlicher Wellenlänge; sie führen zur Ausbildung von Hoch- und Tiefdruckgebieten, die das Wettergeschehen in den mittleren Breiten bestimmen. Ursache dafür ist der Druckunterschied zwischen Subtropen und Polargebiet als Antrieb und die Erdrotation als Ablenkung.

Wetter

Als W. wird der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einem auch kürzeren Zeitraum an einem bestimmten Ort oder in einem Gebiet, wie er durch die meteorologischen Elemente und ihr Zusammenwirken gekennzeichnet ist, bezeichnet.

Wetterextreme

siehe: Extremes Wetterereignis

Wetterlagen

siehe: Großwetterlagen

Wiederkehrzeit

Die W. oder Jährlichkeit gibt eine mittlere Zeitspanne an, in welcher ein bestimmtes Ereignis (z. B. Schwellenwert) einmal erreicht oder überschritten wird. Die W. entspricht dem Reziproken der Überschreitungswahrscheinlichkeit für das Ereignis.

Windklimatologie

beschreibt die Windverhältnisse an einem Standort. Sie wird charakterisiert durch die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Im Allgemeinen wird die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit für jeden Windrichtungssektor extra behandelt.

Winterhalbjahr (meteorologisch)

zwischen 1. Oktober und 31. März

WiTraK - Windmodell

WiTraK ist ein Windmodell, das an der Universität Köln entwickelt wurde. Auf Basis eines Optimierungsverfahrens, das die Windvektoren an das Gelände anpasst, können Windfelder für ein großräumiges Gebiet simuliert werden. Darauf aufbauend können Windklimatologien im stark strukturierten Gelände und Schadstoffausbreitungen berechnet werden.

Witterung

Als W. wird der vorherrschende Charakter des Wetterablaufes, der meteorologischen Erscheinungen über mehrere Tage bis Monate (z.B. Witterungsbericht für einen bestimmten Monat) bezeichnet.

**Zirkulationsformen**

Die Z. werden durch typische Druckverhältnisse in der Atmosphäre bestimmt, die bestimmte Anströmrichtungen zur Folge haben. Es wird unterschieden in die zonale, die meridionale und die gemischte Zirkulationsform.

Zyklonale Westlage (WZ)

WZ ist die häufigste Großwetterlage. Einzelstörungen wandern mit eingelagerten Zwischenhochdruckgebieten oder -keilen in einer Frontalzone zwischen 50° und 60° Nord vom Seegebiet westlich Irland über die Britischen Inseln, Nord- und Ostsee hinweg nach Osteuropa und biegen dann, besonders im Winter, nach Nordosten um. Das steuernde Zentraltief liegt meist nördlich von 60° Nord, so dass über dem Nordatlantik und dem europäischen Nordmeer tiefer Luftdruck herrscht. Das in normaler Lage befindliche Azorenhoch reicht meist mit einem Ausläufer bis nach Südfrankreich oder sogar bis in den Alpenraum. Oberitalien bleibt meistens antizyklonal beeinflusst. Unter dem Einfluss der WZ sind die Sommer meist kälter, die Winter wärmer als normal und die Niederschläge meist übernormal.

VERWENDETE ARBEITSMITTEL



Zur Erstellung der Publikation „Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse“ wurden lizenzierte Softwarepakete verwendet.

Der fachliche Inhalt wurde unter Verwendung von: Adobe Acrobat 7.0 Professional, ArcGis 9.1, Compaq Visual Fortran 6.6, KOSTRA-DWD 2000 2.0.4, Microsoft Office Professional Edition 2003, OriginPro 8G, SPSS 14.0 und Surfer 8.0 sowie der frei zugänglichen Software Dev-C++ 4.9.9.2 erstellt. Weiterhin wurde mit Genehmigung der Institutes für Geophysik und Meteorologie der Universität Köln das Windmodell WITRAK verwendet.

Die Erstellung und Gestaltung der Druckfahne wurde mittels der Softwarepakete: Adobe Creative Suite CS2 und Adobe Acrobat 7.0 Professional realisiert.

**Herausgeber:**

Sächsisches Staatsministerium für
Umwelt und Landwirtschaft,
Postfach 10 05 10, 01076 Dresden,
Internet: www.smul.sachsen.de,
E-Mail: info@smul.sachsen.de
(Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für
verschlüsselte elektronische Dokumente)

**Autoren:**

Technische Universität Dresden, Institut für
Hydrologie und Meteorologie, Professur Meteorologie:

Leitung:

Prof. Dr. Christian Bernhofer,
Dr. Valeri Goldberg;

Koordination:

Dipl.-Geogr. Johannes Franke;

Weitere Mitarbeiter:

MA Geogr. SOA Kerstin Geidel,
Dr. Janet Häntzschel,
Dipl.-Hydrol. Stefan Harmansa,
Dipl.-Hydrol. Thomas Pluntke,
Tech. Ass. Met. Heiko Prasse,
Dipl.-Hydrol. Michaela Surke,
Dipl.-Geoökol. Stephanie Hänsel
(TU Bergakademie Freiberg, IÖZ, Kapitel 4.8.3);

Redaktionelle Mitarbeit:

Udo Mellentin, Wilfried Kuchler
(Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft
Geologie);

Fachlektor:

Dr. habil. Eberhard Freydank
(Dresden);

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

**Redaktionsschluss:**

September 2008

**Auflagenhöhe:**

2.500 Stück

**Gestaltung:**

VOR Werbeagentur GmbH, www.vor-dresden.de

**Druck:**

Druckerei Thieme & Co KG, Meißen

**Schutzgebühr:**

15,00 EUR zzgl. Nachnahmegebühr

**ISBN:**

3-932627-16-4

**Bestelladresse:**

Zentraler Broschürenversand der Sächsischen
Staatsregierung
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Tel.: 03 51 210 36 71 oder 03 51 210 36 72
Fax: 03 51 210 36 81
E-Mail: publikationen@sachsen.de
(Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für ver-
schlüsselte elektronische Dokumente)

