

## Klimawandel und Forstwirtschaft

# Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens

Von Rainer Gemballa, Graupa, und Angela Schlutow, Strausberg

Der Entwurf für eine neue forstliche Klimaeinteilung in Sachsen wird vorgestellt, die unter Berücksichtigung der Klimaänderung und entsprechender Prognoseszenarien dynamisch anwendbar ist.

Die Charakterisierung des regionalen Klimas eines Waldstandortes ist ein unerlässlicher Bestandteil bei der Beschreibung seiner Standortseigenschaften. Die in Ostdeutschland angewendete Forstliche Klimagliederung wurde von den Entwicklungsgruppen für die forstliche Standorterkundung unter KOPP und SCHWANECKE ab den 1960er- bis Ende der 1980er-Jahre erarbeitet und weiterentwickelt.

Die **Forstlichen Klimastufen** sind Kombinationen aus Höhenstufen und Klimafeuchtestufen. Sie bezeichnen größere Räume mit ähnlichen Merkmalen des Makroklimas (Feuchte, Temperatur, Lage, Vegetation), die eine gleichartige waldbauliche Behandlung zulassen. Dem diente auch die Herausarbeitung von Leitbaumarten aus den als naturnah eingeschätzten Vegetationsaufnahmen im Zuge der Standortskartierung. Bis Ende der 1980er Jahre war mehr als 90 % der sächsischen Waldfläche standortskundlich bearbeitet. Neue Erkenntnisse, die im Prozess der Standortskartierung gewonnen wurden, wirkten sich auf die Abgrenzung der Klimastufen und ihre regionale Untergliederung in Makroklimaformen aus.

### Vergleich der Rahmenklimawerte

Die sächsischen Klimastufen (s. Abb. 1) spiegeln den ausgeprägten Höhengradienten des Landes vom trockenen bzw. mäßig trockenen

Tiefland im Norden (< 200 m ü. NN) bis hin zu den feuchten Kammlagen des Erzgebirges (> 800 m ü. NN) im Süden wider. Zu ihrer Kennzeichnung wurden ihnen Rahmenklimawerte zugeordnet; insbesondere zu Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur, Niederschlag und Temperatur im Zeitraum Mai bis September, Vegetationszeitlänge (Tage > 10 °C) und Trockenheitsindizes. Allerdings konnten hierfür nur Werte der Periode 1901 bis 1950 herangezogen werden. Eine Charakterisierung der Klimaareale durch Rahmenwerte einer mehr als 50 Jahre zurückliegenden Reihe ist unbefriedigend. Deshalb bemühte sich die Standortserkundung an der damaligen Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa (heute im Staatsbetrieb Sachsenforst) ab Ende der

1990er-Jahre um eine Datenaktualisierung. Auf Basis der Klimarasterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Perioden 1961 bis 1990 und 1971 bis 2000 konnten der Forstpraxis aktuelle Übersichtskarten der wichtigsten Klimaelemente durch die Kartografie am Standort Graupa zur Verfügung gestellt werden.

In einem nächsten Schritt wurden die Klimarasterdaten der Reihe 1971 bis 2000 statistisch so aufbereitet, dass für die vorhandenen Klimaareale aktuelle Rahmenwerte zur Verfügung standen. Dies erfolgte in Kooperation mit dem Institut für Meteorologie der TU Dresden in Tharandt. Eine Gegenüberstellung der bislang verwendeten Rahmenwerte der Forstlichen Klimagliederung und der neu hergeleiteten Wertespuren auf Basis der Periode 1971 bis 2000 ergab deutliche Differenzen (s. Abb. 2). Der Vergleich ergibt, dass die aktuellen Jahrestemperaturen außer in den Kamm- und Unteren Berglagen deutlich höhere Werte aufweisen, wobei es im

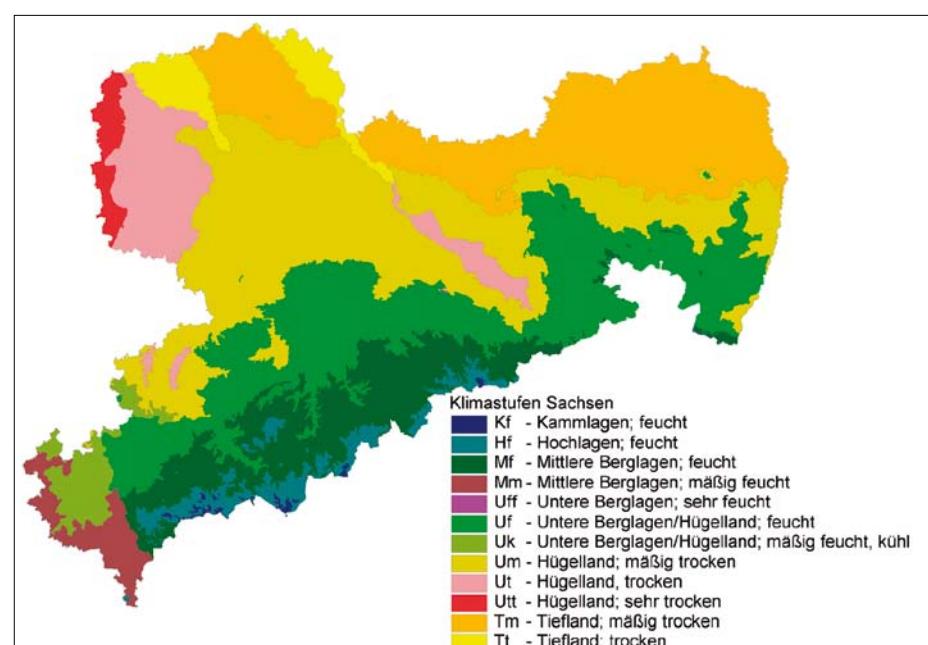


Abb. 1: Forstliche Klimastufen in Sachsen, abgeleitet aus den Werten der Referenzperiode 1901 bis 1950

Dr. habil. A. Schlutow ist wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der Gesellschaft für Ökosystemanalyse und Umwelt-datenmanagement mbH (ÖKO-DATA) in Strausberg. Dipl.-Ing. R. Gemballa ist Referent für Standorterkundung in der Geschäftsleitung des Staatsbetriebs Sachsenforst, Abt. Ressourcenmanagement, Ref. Standorter-kundung/Bodenmonitoring/Labor in Graupa. Der Beitrag beruht auf Ergebnissen eines vom Freistaat Sachsen finanzierten Forschungsvorhabens (Vorhabens-Nr. 40200317) bei der LfL.

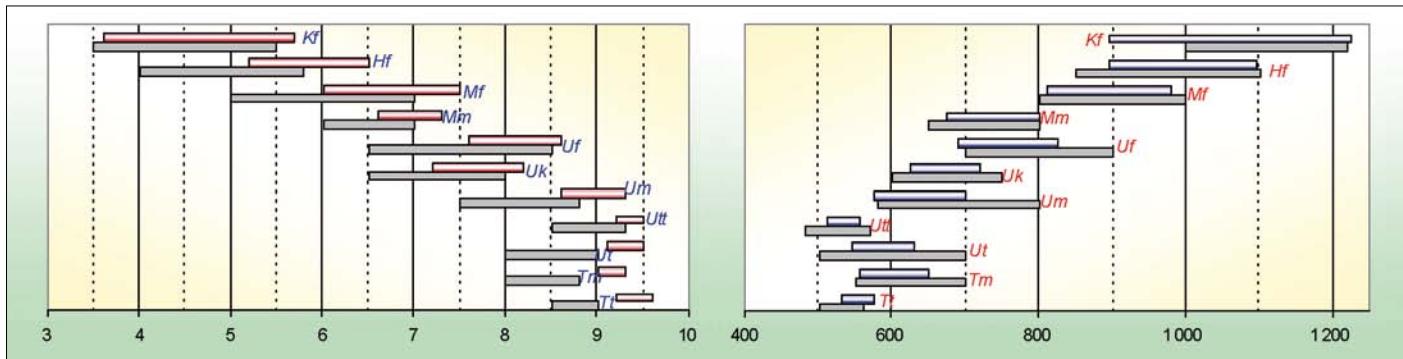


Abb. 2: Gegenüberstellung der bislang verwendeten Rahmenwerte der Klimastufen in Sachsen (abgeleitet aus der Periode 1901 bis 1950) und neu ermittelten Wertespennen für diese Areale auf Basis der Rasterdaten des DWD (Periode 1971 bis 2000) für Jahrestemperatur und -niederschlag; grau – Werte Periode 1901 bis 1950; farbig – Werte Periode 1971 bis 2000

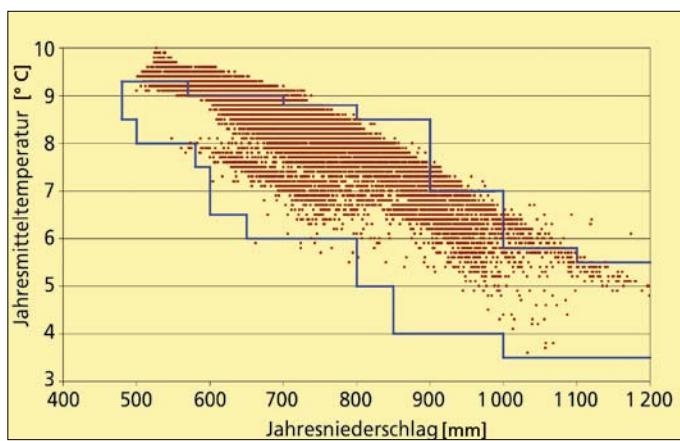


Abb. 3:  
Abdeckung der Klimarasterdaten der Periode 1971 bis 2000 (braune Punkte) durch den bislang verwendeten Werteraum der forstlichen Klimaareale in Sachsen (blau umgrenzte Fläche)

Bereich des Tief- und Hügellandes kaum noch eine Überdeckung von alten und neuen Rahmenwerten gibt.

Bei den Jahresniederschlägen fällt insbesondere im mäßig trockenen Tiefland sowie im überwiegenden Teil des Hügellandes und der Unteren Berglagen die Absenkung der Obergrenzen der Wertespennen gegenüber den alten Rahmenwerten auf.

Es wurde geprüft, ob eine Aktualisierung der Forstlichen Klimagliederung unter Anwendung der bisher gültigen Rahmenwerte durch das Verschieben der Arealgrenzen möglich ist. Dieser Ansatz ist jedoch nicht zielführend, weil bereits jetzt große Bereiche Sachsens nicht mehr durch den herkömmlichen Werterahmen abgedeckt werden (Abb. 3). Dies trifft insbesondere für die trockeneren und wärmeren Gebiete zu.

### Neuer Gliederungsrahmen

Damit ergibt sich unter Berücksichtigung der fortschreitenden Klimaänderung und entsprechender Prognoseszenarien die Forderung nach der Erarbeitung einer neuen, dynamisch anwendbaren Forstlichen Klimagliederung. Hierfür wurden wesentliche methodische Grundlagen im Auftrag des Staatsbetriebes Sachsenforst durch die

Gesellschaft für Ökosystemanalyse und Umweltdatenmanagement mbH (ÖKO-DATA) in Strausberg erarbeitet.

Grundsätzlich sollte an die bereits vorhandene Forstliche Klimagliederung methodisch angeknüpft werden. Deshalb wurde

wieder ein vegetationsökologischer Ansatz gewählt. Mittels des von ÖKO-DATA entwickelten BERN-Modells wurde anhand von mehr als 13 000 Aufnahmen aus der vegetationskundlichen Literatur die ökologische Valenz bezüglich wesentlicher Klimaparameter und Bodeneigenschaften im terrestrischen (unvernsäten) Bereich für Leitwaldgesellschaften und forstlich wichtige Baumarten hergeleitet.

Als pflanzenphysiologisch relevante Klimadaten wurden die Vegetationszeitlänge (Tage mit >10 °C Lufttemperatur) und die Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit ausgewählt. In Sachsen variiert die **Vegetationszeitlänge** zwischen 88 Tagen auf dem Fichtelberg in den Kammlagen des Erzgebirges und 180 bis 185 Tagen im Elbtal und im Bereich Gröditz–Riesa–Großenhain (Abb. 4). Die **Klimatische Wasserbilanz** als Differenzgröße aus Niederschlag und potenzieller Verdun-

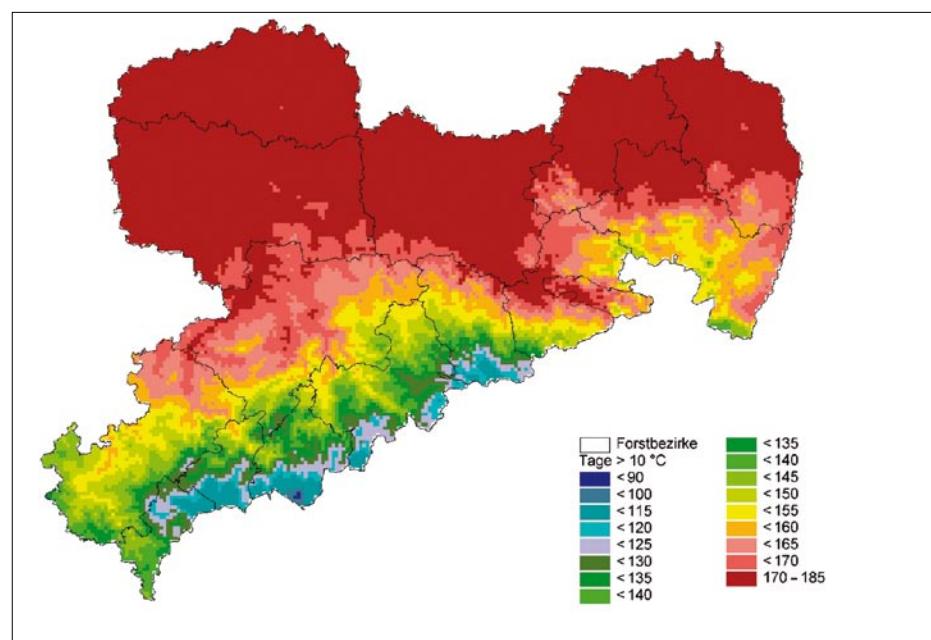


Abb. 4: Länge der Vegetationszeit (Tage > 10 °C Lufttemperatur) in Sachsen für den Zeitraum 1971 bis 2000  
(Quelle: Rasterdaten DWD)

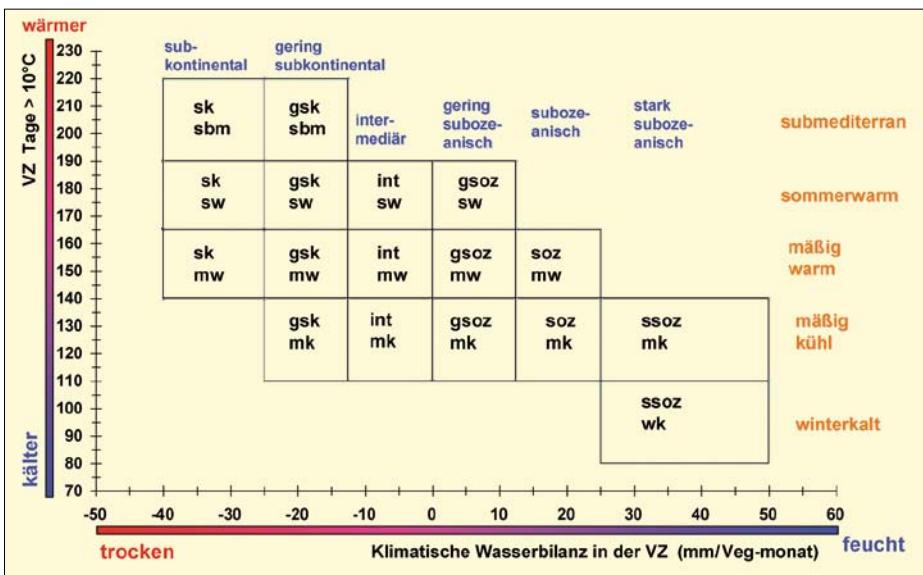


Abb. 5: Entwurf des neuen Gliederungsrahmens für eine forstliche Klimaeinteilung in Sachsen

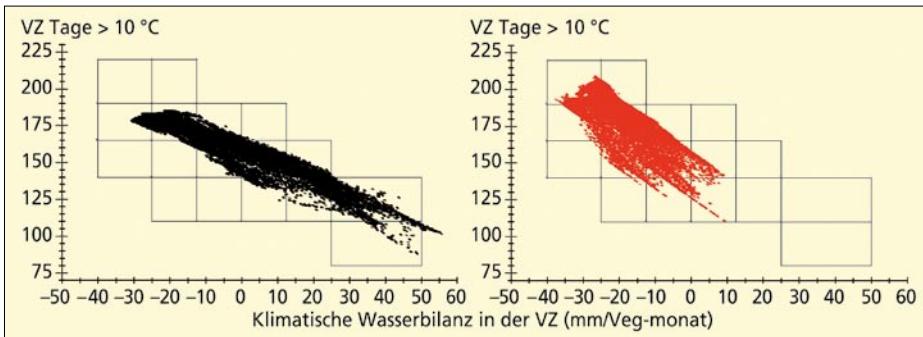


Abb. 6: Gegenüberstellung der Wertepaare der Rasterdaten des Basisklimas (DWD 1971 bis 2000) – schwarze Punktwolke – und von Prognose-Rasterdaten für das Ende dieses Jahrhunderts 2091 bis 2100 (B1-Szenario ECHAM 5-Simulation, WEREX-Regionalisierung; LfUG 2006) – rote Punktwolke – innerhalb des Entwurfs des neuen Gliederungsrahmens für eine forstliche Klimaeinteilung in Sachsen

tung ist ein Maß dafür, wie sich das Klima auf den Bodenwasserhaushalt auswirkt. Im vorliegenden Fall wurde sie auf Millimeter je Vegetationszeitmonat normiert. Ist sie negativ, wird der Boden trockener, ist sie positiv, kann Versickerung stattfinden. Unterstellt man eine vollständige Auffüllung des Bodenspeichers zum Ende des Winters, verliert der Boden im ersten Fall also tendenziell stetig an Feuchtigkeit, während im Falle einer positiven Klimatischen Wasserbilanz die Bodenfeuchteverhältnisse in Abhängigkeit von der Evapotranspiration ausgeglichen bleiben.

Die Wertespalten der Klimaparameter, in denen die Leitwaldgesellschaften ihre Existenzmöglichkeit finden, wurden analysiert, um **Grenzwertbereiche** zu finden, die das Vorkommen von Gesellschaftsgruppen trennen. Diese Grenzwertbereiche sind die Grundlage zur Herleitung der Klassengrenzen für den Vorschlag eines neuen Klimagliederungsrahmens. Der Entwurf des

neuen Gliederungsrahmens (Abb. 5) kombiniert **Klassen der Klimatischen Wasserbilanz** in der Vegetationszeit mit **Klassen der Vegetationszeitlänge**. Die Benennung der Klassen unterscheidet sich absichtlich von den Namen der bisher in Ostdeutschland gebräuchlichen Klimastufen, um Verwechslungen auszuschließen. Die Spanne der gegenwärtig bzw. künftig relevanten Einheiten in Sachsen reicht von „stark subozeanisch und winterkalt“ mit hohen Niederschlägen bei relativ geringer Verdunstung, niedrigen Mitteltemperaturen und kurzer Vegetationszeit bis hin zu „subkontinental und submediterran“ mit geringen Niederschlägen bei relativ hoher Verdunstung, hohen Mitteltemperaturen und langer Vegetationszeit.

Mit diesem Gliederungsrahmen ist es möglich, sowohl das Basisklima (hier: auf Messwerten beruhende aktuelle Periode 1971 bis 2000) als auch prognostizierte Klimaszenarien zu klassifizieren und zu

veranschaulichen. Zur Abschätzung der mittelfristigen Klimaänderungen und des möglichen Zustandes am Ende dieses Jahrhunderts wurden die vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) zur Verfügung gestellten Ergebnisse der WEREX-Regionalisierung auf Basis des B1-Szenariums der ECHAM 5-Simulation verwendet. Das B1-Szenarium ist unter den globalen Klimaszenarien ein relativ moderates, welches u.a. aufgrund effektiv angewandter neuer Technologien eine abnehmende Intensität des weltweiten Energie- und Materialverbrauchs unterstellt.

## Vergleich Basisklima 1971 bis 2000 und Zeitraum 2091 bis 2100

In Abb. 6 sind die sächsischen Wertepaare der Rasterdaten aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationszeit und Vegetationszeitlänge in dem Entwurf des neuen Gliederungsrahmens der forstlichen Klimaeinteilung dargestellt. Bei dem Vergleich der Diagramme für das Basisklima (1971 bis 2000) und das Klima Ende dieses Jahrhunderts (2091 bis 2100) wird das Ausmaß der prognostizierten Klimaänderungen deutlich. Zu letzterem Zeitpunkt wird in Sachsen auf fast allen Standorten das Verdunstungspotenzial während der Vegetationszeit höher als die zur Verfügung stehenden Niederschläge sein. Außerdem ist eine Temperaturverschiebung bis in die wärmsten Klassen mit der längsten Vegetationszeit erkennbar.

Abb. 7 zeigt die Klimaareale in Sachsen für beide Zeiträume. Auf der ersten Karte (Abb. 7a) für das Basisklima 1971 bis 2000 ist gut zu erkennen, dass in dieser Periode in Nordwest-Sachsen ein rot gekennzeichnetes Areal mit subkontinentalen und sommerwarmen (sk-sw) Bedingungen und einer negativen klimatischen Wasserbilanz von < -25 mm/V-Z-Monat existiert. Dagegen wird das Erzgebirge überwiegend von blauen Farben abgedeckt, welche die subozeanischen (soz) bis stark subozeanischen (ssoz) Areale mit klimatisch guter Wasserversorgung symbolisieren.

Auf der zweiten Karte für die Periode 2091 bis 2100 zeigt sich eine völlig andere Situation. Anhand der rot gefärbten Gebiete ist ersichtlich, dass im gesamten nord-sächsischen Raum und dem Elbtal bis in die Sächsische Schweiz und das Osterzgebirge hinein subkontinentale (sk) Klimaverhältnisse mit einer negativen klimatischen Wasserbilanz unter -25 mm je Vegetationszeit-Monat herrschen werden. Für die dunkel- und blassenroten Areale wird eine Temperaturerhöhung und damit Verlängerung der Vegetationszeit auf > 190 Tage prognostiziert, was einen Sprung in die

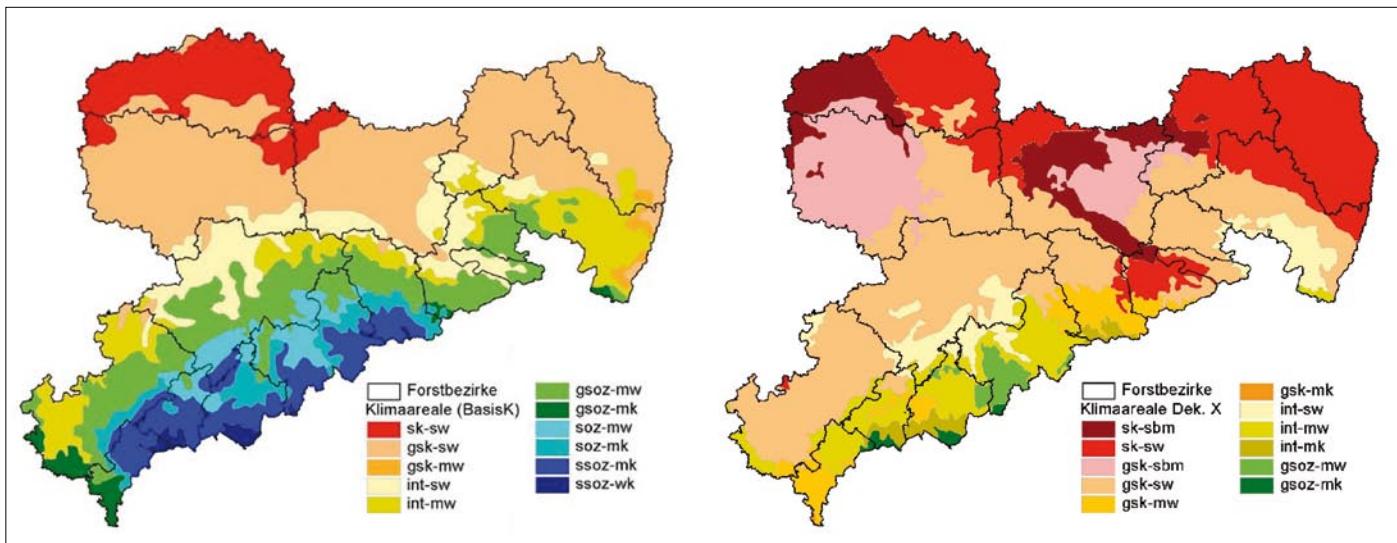


Abb. 7: Klimakarten für Sachsen auf Basis des Vorschages zur neuen Forstlichen Klimagliederung in Sachsen,  
Abb. 7a (links): Basisklima Reihe 1971 bis 2000; Abb. 7b (rechts): Prognoseklima 2091 bis 2100

submediterrane (sbm) Klasse bedeutet. Insbesondere fällt ins Auge, dass die blauen Farben fehlen. Die klimatische Wasserbilanz wird also selbst im Erzgebirge bis in die Kammlagen auf Werte unterhalb von 12,5 mm je Vegetationszeit-Monat abgesunken sein.

#### Zeitliche und regionale Dynamik des Faktors Klima

Die Forstwirtschaft der Gegenwart muss deshalb bei allen Waldbestände betreffenden Maßnahmen, von der Bestandesbegründung bis zu den Pflegekonzepten, sowohl aktuelle als auch die künftig wahrscheinlichen Klimaverhältnisse berücksichtigen. Dabei kann eine Karte hilfreich sein, die die aktuellen Klimaarealen und die zu erwartenden Klimaänderungen vereinigt. Dieses Prinzip wurde auf der Karte in Abb. 8 umgesetzt. Hier sind die Klimaarealen des Basisklimas (1971 bis 2000) blau umgrenzt. Die farbigen Flächen innerhalb der Areale symbolisieren die Intensität der zu erwartenden klimatischen Veränderungen bis Ende des Jahrhunderts. Damit wird ein Zeitraum überstrichen, der durchaus relevant für eine Baumgeneration ist. Das Farbspektrum von violett bis dunkelrot bezeichnet Veränderungen zu trockneren Klassen der klimatischen Wasserbilanz um zwei bis vier Klassen. Diese Farben, die den dramatischen Wandel der klimaabhängigen Standortsfaktoren verdeutlichen, befinden sich insbesondere im Bereich der Berglagen.

In den sächsischen Mittelgebirgen ist die Fichte aufgrund ihres hohen Anteils die Hauptwirtschaftsbaumart. Die zu erwartenden Klimaänderungen engen hier jedoch die für sie geeigneten Bereiche auf

ein kleinstandörtlich und lokal begünstigtes Spektrum ein. Hier steht die Forstwirtschaft vor einer großen Herausforderung. Dabei gilt es den begonnenen Waldumbau unter dem Aspekt des Klimawandels fortzusetzen und die vorhandenen Bestände mittels Pflegekonzepten, die sich u.a. an der optimalen Ausnutzung der knapper werdenden Ressource Wasser orientieren, zu stabilisieren.

#### Einfluss weiterer Standortsfaktoren

Neben dem Klima als überregional wirkendem Standortsfaktor gibt es andere wichtige Faktoren wie Lage, Boden und Hydrologie des Standortes. Diese stehen in engen wechselseitigen Beziehungen. Sie können

die Wirkungen des Klimas auf das Ökosystem puffern oder auch verschärfen. Es ist zu erwarten, dass der Klimawandel auch Veränderungen einzelner Bodeneigenschaften und hydrologische Bedingungen bewirken wird. Hier bestehen Forschungsbedarf und die Notwendigkeit der Entwicklung eines effektiven Monitorings zur Abbildung des klimabedingten Standortswandels.

Mit wachsendem Einfluss des verfügbaren Wassers als steuernder Ressource in den Waldökosystemen gewinnen Kenntnisse zur Wasserspeicherfähigkeit der Waldböden an Bedeutung. Damit werden Arbeiten zur Charakterisierung von Bodenwasserhaushalt und -speichervermögen im Tätigkeitsfeld der Standorterkundung immer

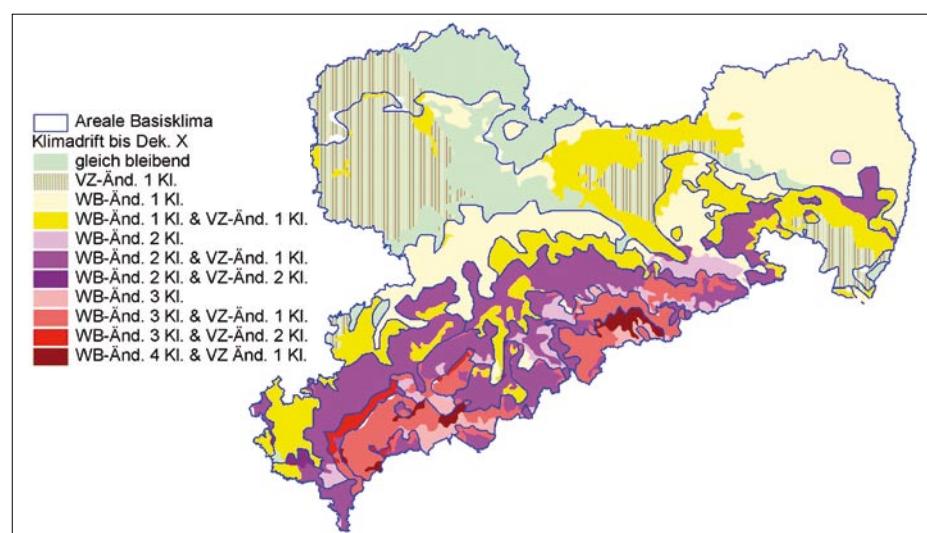


Abb. 8: Aktuelle Klimaarealen für Sachsen mit den zu erwartenden Klimaänderungen bis Ende des 21. Jahrhunderts auf Basis des Vorschages zur neuen Forstlichen Klimagliederung in Sachsen; Veränderungen immer in Richtung niedrigerer klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationszeit bzw. längerer Vegetationszeit; WB – Klimatische Wasserbilanz, VZ – Vegetationszeit, Kl – Klasse

## Sachsen

wichtiger werden. Aus diesem Grund wurde in Sachsen damit begonnen, repräsentative Bodenformen und Substratgruppen bodenphysikalisch zu charakterisieren, um hieraus Kenngrößen zum Bodenwasserhaushalt ableiten und mithilfe der Standortskarten regionalisieren zu können.

### Zusammenfassung

Die Klimastufen der seit den 1960er-Jahren in Sachsen angewendeten Forstlichen Klimagliederung sind Kombinationen aus Höhenstufen und Klimafeuchtestufen. Sie bezeichnen größere Räume mit ähnlichen Merkmalen des Makroklimas, die eine gleichartige waldbauliche Behandlung zulassen. Rahmenwerte zu Niederschlag und Mitteltemperatur im Jahresmaßstab und von Mai bis September sowie Vegetationszeitlänge (Tage >10 °C) und Trockenheitsindices charakterisieren die Verhältnisse in den Höhenstufen (sie sind abgeleitet aus Werten der Referenzperiode 1900 bis 1950).

Infolge der Klimaveränderungen seit 1950 und unter Berücksichtigung des zu

erwartenden Klimawandels kann das reale Klima mithilfe der Rahmenwerte der herkömmlichen Klimastufen nicht mehr gekennzeichnet werden. Insbesondere in heute oder künftig trocknen und wärmeren Gebieten treten Werte auf, die außerhalb des Werterahmens der Klimastufen liegen. Deshalb wurde der Entwurf einer neuen Forstlichen Klimagliederung erarbeitet, die unter Berücksichtigung der fortschreitenden Klimaänderung und entsprechender Prognoseszenarien dynamisch anwendbar ist. Die vorgeschlagenen Klimaklassen beziehen sich auf die Länge der Vegetationszeit und die Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit. Bei der Gegenüberstellung von Basisklima (1971 bis 2000) und dem prognostizierten Klima Ende dieses Jahrhunderts (2091 bis 2100) wird deutlich, dass sich in allen Landesteilen die Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationszeit und damit das pflanzenverfügbare Wasserangebot in unterschiedlicher Intensität verringern wird. Demnach sind die stärksten klimatischen Veränderungen in den sächsischen Mittelgebirgen zu erwarten. Die Forstwirtschaft

muss sowohl das aktuelle, als auch das künftig zu erwartende Klima angemessen berücksichtigen. Deshalb werden in den Karten mit aktuellen Klimaarealen auch die prognostizierten Veränderungen dargestellt.

### Ausblick

Die vorgestellten Ergebnisse werden zurzeit durch ÖKO-DATA methodisch unterstützt. Dabei erfolgen weitere Analysen zu den Leitwaldgesellschaften und Leitbaumarten in Abhängigkeit von Substratgruppen und wichtigen Bodentypen mit Schwerpunkt im Mittelgebirge. Außerdem wird die Referenzdatenbasis durch Einbeziehung von weiteren Vegetationsaufnahmen u.a. aus dem herzynischen und dem slowakisch-ungarischen Raum erweitert. Im Anschluss soll die neue Klimagliederung nach eingehender Diskussion mit Fachkollegen und der forstlichen Praxis ab Ende des Jahres 2007 in Sachsen in Gebrauch genommen und sukzessive in Handlungsrichtlinien und Planungen übernommen werden.