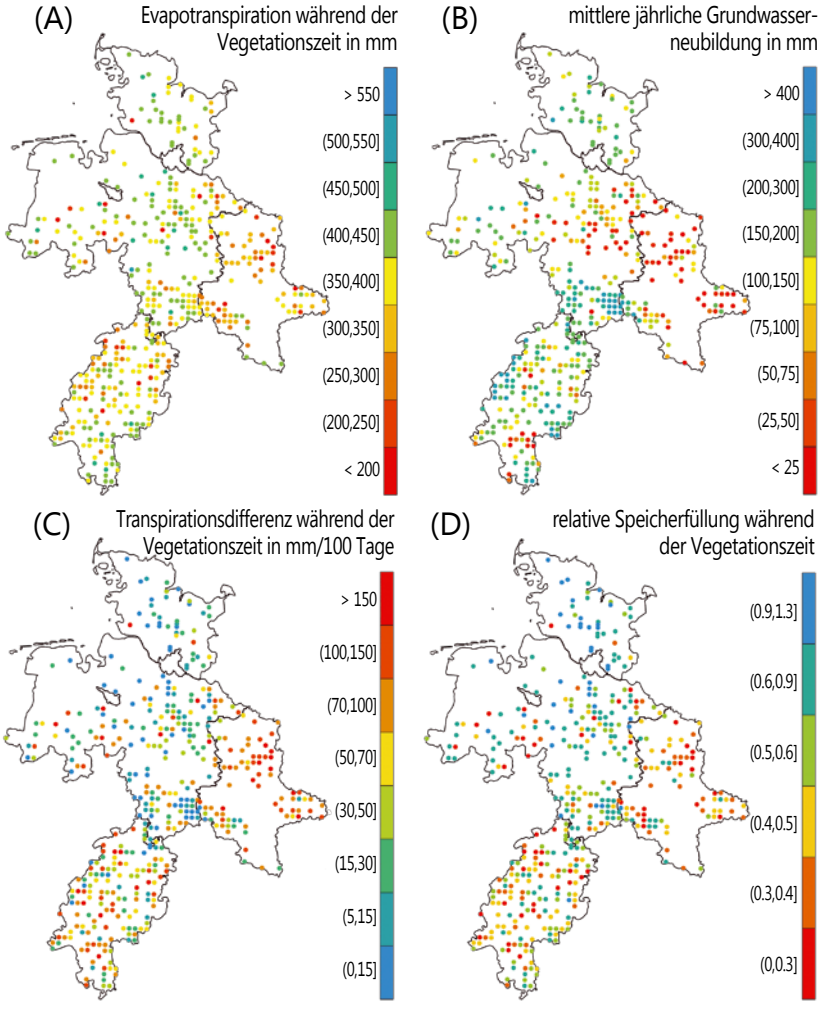
Bodenwasserhaushalt und Trockenstress

Paul Schmidt-Walter, Bernd Ahrends und Henning Meesenburg

Der Wasserhaushalt ist neben der Nährstoffversorgung die wichtigste lokale Standortskomponente. Durch den Klimawandel werden unsere Waldökosysteme in den nächsten Jahrzehnten aber klimatischen Bedingungen ausgesetzt sein, die sich in ihrer Intensität und Dynamik grundsätzlich von denen der Vergangenheit unterscheiden. Die möglichen Auswirkungen dieser veränderten Umweltbedingungen auf die Wälder und ihre Böden umfassen nicht nur reduzierte Grundwasserneubildungsmengen, sondern auch das Bodenwasserregime einschließlich der Verfügbarkeit des Bodenwassers für Baumwurzeln. Damit ergibt sich eine direkte Beziehung zur Produktionsfunktion (Zuwachs der Waldbäume). Diese Folgen betreffen nicht nur die Jahre mit auftretender Trockenheit, häufig ist z. B. ein vermindertes Wachstum in den Jahren nach der Dürre stärker ausgeprägt. Darüber hinaus wird von besonders starken Reaktionen beim Auftreten von trockenen Bodenverhältnissen in aufeinanderfolgenden Jahren ausgegangen. Da der Klimawandel die Standortsbedingungen unserer Wälder auch heute schon merklich verändert hat, kann ein möglicher Einfluss von Temperatur- und Niederschlagsveränderungen anhand von hinreichend langen Klimazeitreihen aus der Vergangenheit untersucht werden. Hierfür werden im Projekt WP-KS-KW (Veränderte Produktivität und Kohlenstoffspeicherung der Wälder Deutschlands angesichts des Klimawandels) umfassende Wasserhaushaltssimulationen an Aufnahmepunkten der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE II) durchgeführt. Das BZE II-Netz eignet sich für derartige Untersuchungen besonders, da es repräsentativ für die Waldflächen in Nordwestdeutschland ist und alle wesentlichen für die Wasserhaushaltssimulation notwendigen bodenphysikalischen Kenngrößen (Bodenart, Trockenrohdichte, Skelettgehalt, Humusgehalt) und Bestandesparameter erhoben werden. Bei den hier vorgestellten Simulationen wurde für die jeweiligen Waldbestandstypen von konstanten Bestandeseigenschaften und -entwicklungen ausgegangen, um den Einfluss der Klimaentwicklung und regionale Unterschiede deutlicher herauszuarbeiten.

Vorzeitige Blattverfärbung der Buche im August 2016

Foto: J. Weymar



Medianwerte der realen Evapotranspiration während der Vegetationsperiode (A), der jährlichen Grundwasserneubildung (B), der Transpirationsdifferenz während der Vegetationsperiode (C) und der mittleren relativen pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicherfüllung während der Vegetationsperiode (D) für BZE II-Punkte im Zeitraum 1981-2010.

Gesamtverdunstungsmenge

Die Abbildung links (A) zeigt die räumliche Verteilung der Gesamtverdunstungsmenge (Evapotranspiration) während der Vegetationsperiode. Ein großer Teil der BZE-Punkte liegt im Bereich von 300-500 mm. Sehr hohe Verdunstungsraten (>450 mm) treten vereinzelt in Bereichen auf, die niederschlagsreich sind und gleichzeitig über hohe Temperaturen mit entsprechend langen Vegetationsperioden verfügen. Ein gehäuftes Auftreten von niedrigen Gesamtverdunstungsraten (<350 mm) findet sich im Regenschatten des Harzes, im Hessischen Schiefergebirge, in der Altmark sowie weiterhin auf Standorten mit hohen Skelettgehalten und/oder geringen effektiven Durchwurzelungstiefen.

Bodenwasserhaushalt und Trockenstress

Grundwasserneubildung

Stärker ausgeprägte räumliche Muster zeigt die Grundwasserneubildung (Abbildung Seite 17 (B)), da sie primär vom Niederschlag bestimmt wird. Die Grundwasserneubildung hat als Ökosystemleistung unserer Wälder eine große Bedeutung, da im Vergleich mit anderen Landnutzungsformen die Qualität des unter Wald gebildeten Grundwassers als insgesamt hochwertig anzusehen ist. Folglich ist der Anteil bewaldeter Flächen in Trinkwassergewinnungsgebieten häufig überproportional hoch. Für den Großteil der BZE-Punkte liegt die jährliche Grundwasserneubildung bei 50-400 mm. Niedrige Werte (<100 mm) befinden sich vorwiegend in Sachsen-Anhalt, im Ostniedersächsischen Tiefland und vereinzelt in Hessen (Hessisches Ried und Großraum Frankfurt). Hohe Grundwasserneubildungsraten (>400 mm) konzentrieren sich auf den Harz und in Hessen auf den Westerwald und das Hessisch-Fränkische Bergland.

Transpirationsdifferenz und relative Bodenwasserspeicherfüllung

Zwei Indikatoren zur Beschreibung der Trockenstresssituation von Wäldern sind die Transpirationsdifferenz und die relative Bodenwasserspeicherfüllung. Die Transpirationsdifferenz beschreibt die Differenz zwischen der bei jederzeit optimaler Wasserversorgung möglichen (potenziellen) Transpiration und der bei gegebener Wasserverfügbarkeit real möglichen Transpiration und berücksichtigt stärker die absolute Wasserverfügbarkeit. Sie ermöglicht es festzustellen, ob die Verdunstung eines Standortes durch Wassermangel begrenzt ist (Abbildung Seite 17 (C)). Je niedriger der Wert, desto günstiger ist die Wasserversorgung. Werte unter 5 mm pro 100 Tage während der Vegetationsperiode werden in den Hochlagen der Mittelgebirge und an vielen Standorten in Schleswig-Holstein erreicht. In Sachsen-Anhalt dagegen überwiegen Werte von >100 mm während der Vegetationsperiode pro 100 Tage. Aber auch an vielen Standorten in Hessen werden entsprechende Werte erreicht.

Standorte mit geringer relativer Auffüllung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers befinden sich vorwiegend in Sachsen-Anhalt und Hessen (Abbildung Seite 17 (D)). Neben geringen Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode sind hierfür auch geringe Speicherkapazitäten auf flachgründigen Standorten verantwortlich. Auf vielen anderen BZE-Punkten tritt demgegenüber Wassermangel nur in Trockenjahren auf. Die kurzzeitige Verknappung der Wasserversorgung des Bestandes führt zu Trockenstress

Dynamik der Bodenaustrocknung in Nordwestdeutschland von 1961 bis 2013 (Zuständigkeitsbereich NW-FVA)

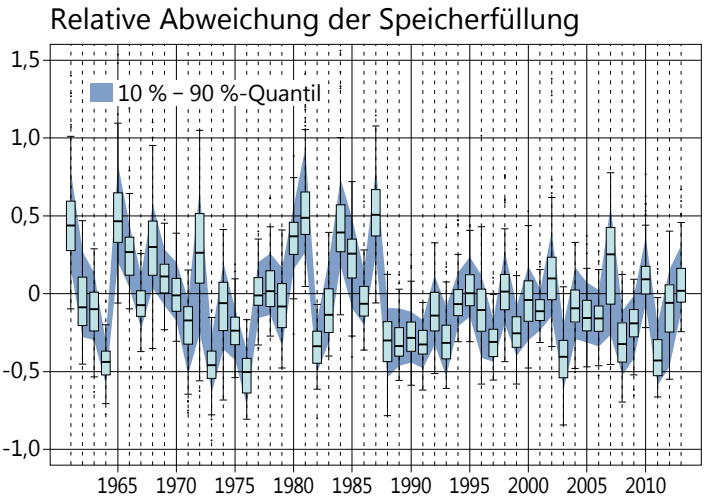
und ist damit eine Risikokomponente. Mögliche Folgen sind Blattverlust, Abnahme der Vitalität, erhöhte Mortalität und eine temporäre Verringerung der Wuchsleistung.

Räumliche und zeitliche Dynamik

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass Abweichungen von den langjährigen Witterungsbedingungen eine zentrale Bedeutung für das bestandesspezifische Trockenstressrisiko haben (Choat et al. 2012). Demzufolge sollten im Vergleich zu Mittelwerten auch die zeitlichen Veränderungen betrachtet werden. Entsprechend wurden die Ergebnisse der Wasserhaushaltsmodellierung der BZE-Punkte hinsichtlich der Raum-Zeit-Dynamik ausgewertet. Hierbei lässt sich die zeitliche Entwicklung anschaulich mit dem Ausmaß von Perioden starker Bodenaustrocknung (Matrixpotentiale von weniger als -120 kPa im Wurzelraum) beschreiben (Abbildung oben). Rote Symbole markieren intensiven Wassermangel und blaue Symbole unkritische Wasserversorgungen. In extremen Trockenjahren (1973, 1976, 1989 und 2003) weist der überwiegende Anteil der BZE-Punkte eine rote Einfärbung auf. Eine Ausnahme hiervon können in einzelnen Jahren die Küstenstandorte in Niedersachsen und Schleswig-Holstein

Bodenwasserhaushalt und Trockenstress

bilden. In Jahren, die weder durch extreme Trockenheit noch durch sehr hohe Niederschläge gekennzeichnet sind, fällt ein ausgeprägtes räumliches Muster des Wassermangels auf. Bereiche mit besonders intensivem Wassermangel sind zum einen die grobbodenreichen Mittelgebirgslagen, deren Wasservorräte schnell aufgebraucht sind, und zum anderen sehr niederschlagsarme Regionen (z. B. im Regenschatten des Harzes). In der zeitlichen Dynamik häuft sich seit Beginn der 1990er Jahre das Auftreten von erhöhtem Wasserstress. Neben dieser Zunahme von Trockenstress zeigen die Modellergebnisse auch eine Abnahme der Variabilität zwischen den BZE-Punkten. Die ist darauf zurückzuführen, dass in der Vergangenheit besser versorgte Standorte in der Zeitachse nach 1990 ebenfalls gehäuft Trockenstress erfahren.



Pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicherfüllung in der Vegetationsperiode für die BZE-Punkte in Hessen im Zeitraum 1961 bis 2013. Verteilung (Median, Quantil-Bereich 25-75 %, 10 %- und 90 %-Quantil), dargestellt als relative Abweichung vom Mittelwert des Zeitraums 1961-1990.

Boden mit hohem Skelettanteil und geringer Wasserspeicherkapazität *Foto: NW-FVA*

Trinkwassergewinnungsgebiete liegen häufig im Wald *Foto: M. Spielmann*

Feuchte und trockene Vegetationsperioden in Hessen

Die langfristige Entwicklung von Wassermangelperioden in Hessen wird aus der Abbildung links ersichtlich, in der die zeitliche Entwicklung der pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicherfüllung im Wurzelraum als Verteilung der relativen Abweichungen zum Referenzzeitraum 1961-1990 dargestellt ist. So können Jahre identifiziert werden, die in der Vegetationsperiode gegenüber dem Referenzzeitraum überdurchschnittlich feucht oder trocken waren. Sind Ende der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre ein Großteil der BZE-Punkte überdurchschnittlich mit Wasser versorgt, liegt von 1989 bis 1992 das 90 %-Quantil unter 0, hier weisen also in vier aufeinanderfolgen Vegetationsperioden mehr als 90 % der hessischen BZE-Punkte eine unterdurchschnittliche Wasserversorgung auf. In den extremen Trockenjahren 1976 und 2003 zeigten fast 75 % der BZE-Punkte eine sogar um mindestens 25 % niedrigere mittlere Speicherfüllung. Insgesamt zeigt sich auch hier, dass Jahre mit unterdurchschnittlicher Wasserversorgung während der Vegetationsperiode seit dem Ende der 1980er Jahre zugenommen haben. In den meisten Jahren seit 1989 liegt der Median unter 0, woraus ersichtlich wird, dass hier für die Mehrzahl der BZE-Punkte im Vergleich zu 1961-1990 unterdurchschnittliche Speicherfüllungen verzeichnet wurden. Diese Abnahme ist statistisch signifikant und auf die Zunahme der Temperaturen bei gleichbleibenden Niederschlagsverhältnissen zurückzuführen.

Fazit

Die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen in Häufigkeit, Dauer und Intensität von Trockenperioden müssen bei einer klimasensitiven Betrachtung des Wasserhaushalts beachtet werden. Änderungen der Wasserverfügbarkeit im Zuge des Klimawandels müssen dementsprechend bei der Baumartenwahl, der waldbaulichen Behandlung und im Rahmen des Wald- und Grundwasserschutzes berücksichtigt werden. Ohne flächendeckende, verlässliche und dynamische Informationen zum Wasserhaushalt ist eine vorausschauend an den Klimawandel angepasste und damit stabile Forstwirtschaft nicht möglich. Entsprechend gilt es, dieses Modellsystem nicht nur wie dargestellt auf BZE-Punkte anzuwenden, sondern direkt in die Standortskartierung zu integrieren und außerdem die mögliche zukünftige Klimaentwicklung einschließlich deren Unsicherheiten in die Betrachtungen einzubeziehen.