

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Hessen

Bernd Ahrends, Paul Schmidt-Walter und Henning Meesenburg

Das Projekt WP-KS-KW

Im Waldklimafonds-Projekt WP-KS-KW („Waldproduktivität-Kohlenstoffspeicherung-Klimawandel“) wurden länderübergreifend einheitliche Standortsinformationen (Klima, Boden) für die Inventurpunkte der Bundeswaldinventur (BWI) erhoben. Innerhalb des 4 km x 4 km Grundnetzes der BWI werden deutschlandweit alle 10 Jahre an ca. 26.450 Inventurpunkten eine Vielzahl von Bestandesparametern (z. B. Baumartenzusammensetzung, Holzvorrat, Zuwachs, Altersverteilung) erhoben. Um die Produktivität, die Kohlenstoffspeicherung und weitere Ökosystemleistungen unserer Wälder verlässlicher unter sich verändernden Klimabedingungen prognostizieren zu können, sind detaillierte Standortsinformationen eine wichtige Ergänzung zu diesen Daten.

Insbesondere zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klima- und Bodendaten fehlten bislang für die Inventurpunkte der BWI oder waren in einer sehr uneinheitlichen und unbefriedigenden Auflösung vorhanden. Wasserhaushaltssimulationen mit prozessorientierten Modellen zur Abbildung des Standortwasserhaushaltes und der Trockenstresssituation waren durch fehlende Informationen zu bodenphysikalischen Eigenschaften der Bodenprofile an den BWI-Traktecken dieses Projekts in einer bundesweit einheitlichen Form nicht durchführbar. Für diese Mammutaufgabe ist es den zwölf Projektpartnern aus ganz Deutschland gelungen, eine deutlich verbesserte Datengrundlage zu schaffen. Hierdurch

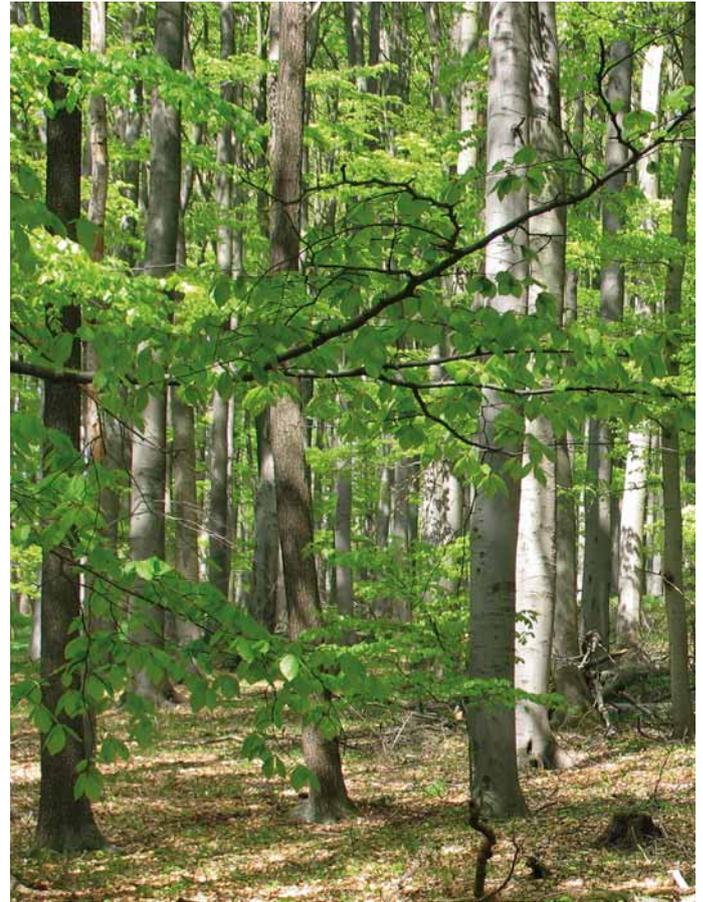
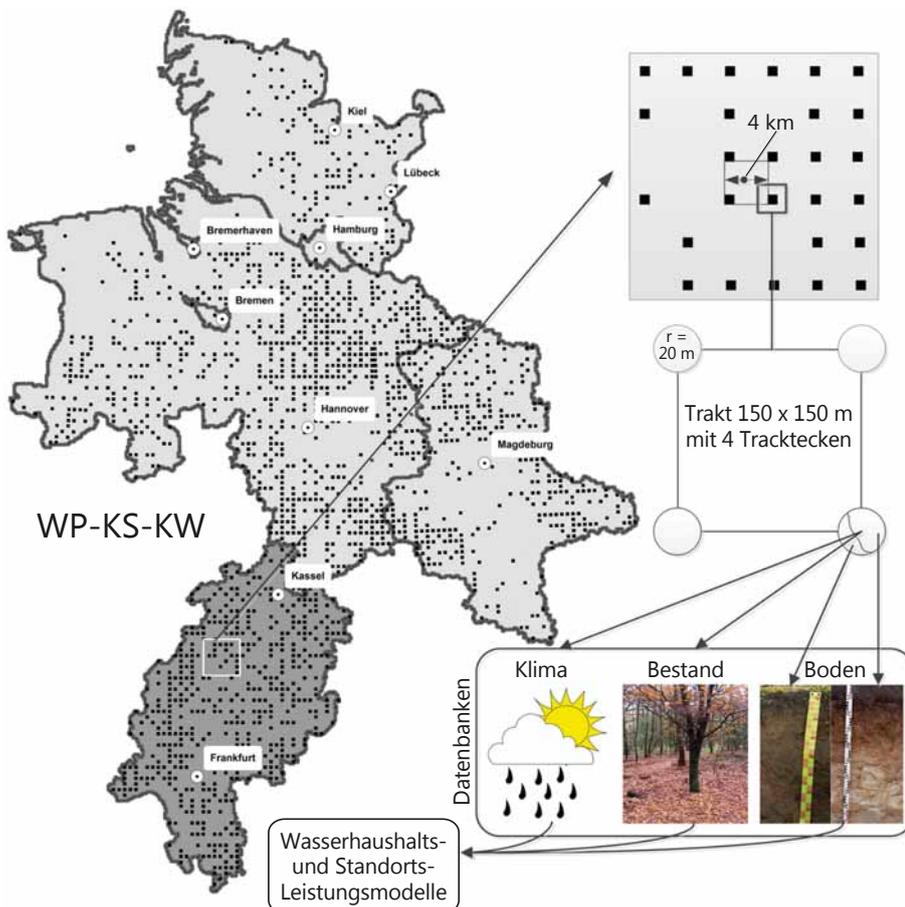


Foto: M. Schmidt



Schematische Darstellung der Ableitung von Umweltinformationen (Klima, Boden) für Traktecken der BWI

ist es nun möglich, für die Traktecken der BWI belastbarere Erklärungen des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum zu erhalten, z. B. durch eine genauere Ableitung von Kenngrößen des Wasserhaushaltes, welche für die Standort-Leistungs-Modellierung verwendet werden können.

Boden-Leitprofile für BWI-Traktecken

Ziel war es, für jede Traktecke des Grundnetzes der BWI Leitprofile mit bodenphysikalischen Grundlagendaten zu erstellen. Eine wichtige Datengrundlage bilden hierbei die in den Bundesländern zur Verfügung stehenden Informationen aus der Standorts- und Bodenkartierung. In den jeweiligen Bundesländern erfasst jedoch die traditionelle forstliche Standortskartierung Bodeninformationen in sehr unterschiedlicher Intensität und Qualität. Diese Ausgangslage erforderte ein länderspezifisches Vorgehen, das durch einheitliche Vorgaben in einem homogenen bundesweiten Datensatz mündete.

Als Grundlage für die Erstellung der Bodenleitprofile in Hessen dienten die Bodenkarten BFD25 und BFD50. Bei einer Abdeckung durch die BFD25 wurde diese verwendet, bei allen anderen Standorten

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Hessen

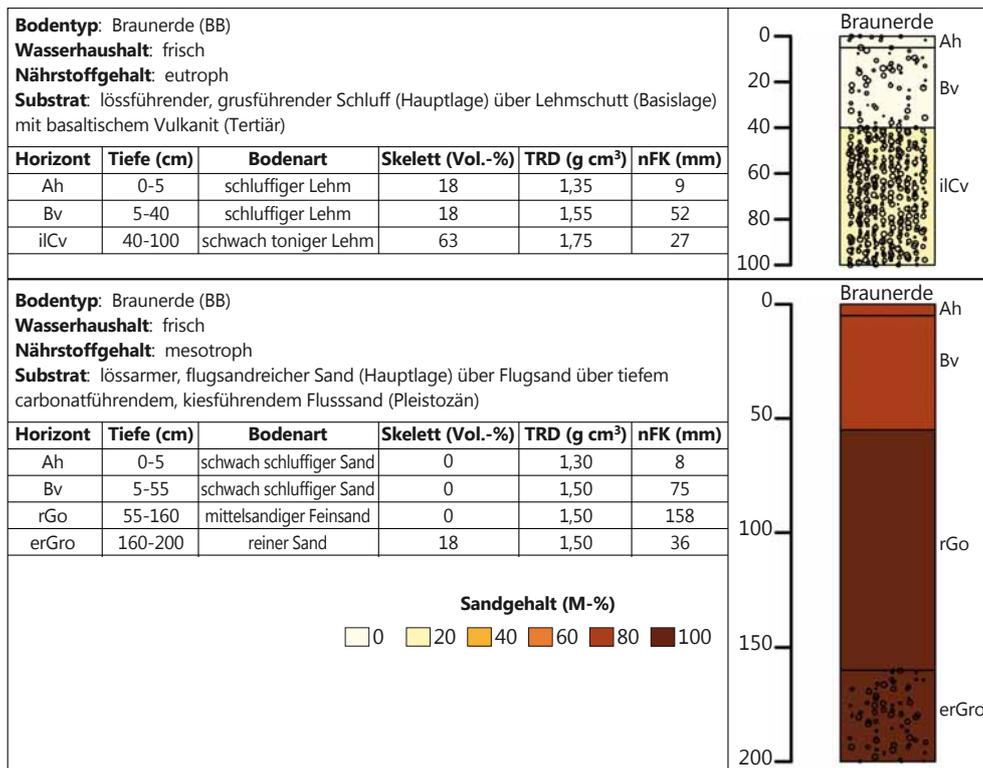


Foto: M. Schmidt

Beispielhafte Darstellung von zwei Bodenprofilen an BWI-Traktecken in Hessen und verfügbare Profilinformationen (Auszug) (verändert nach HLU 2006 u. 2011).

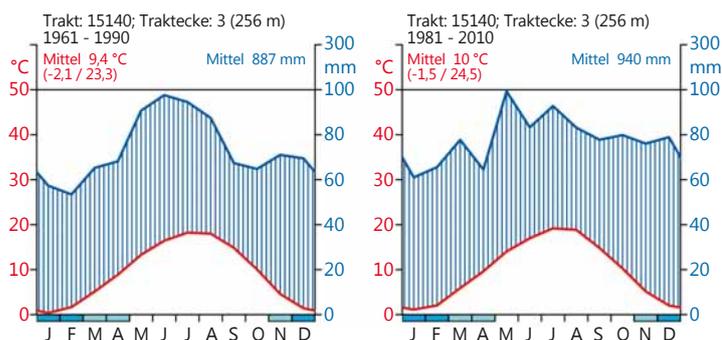
entsprechend die BFD50. Eine Ableitung von Leitprofilen für die hessischen Standortseinheiten, wie sie z. B. in anderen Bundesländern durchgeführt wurde (vgl. Benning et al. 2016) war nicht erfolgreich, da die Anzahl von qualitativ hochwertigen Profilen, die dem Projekt zur Verfügung standen, zu gering und die räumliche Verteilung der verfügbaren Profile sehr inhomogen war. Auch Versuche, die räumliche und/oder inhaltliche Auflösung der BFD50 z. B. anhand von Informationen aus der Forsteinrichtung oder unter Berücksichtigung der Geometrien der Standortkartierung zu optimieren, führten bei einer abschließenden Validierung an unabhängigen Bodenprofilen zu keiner signifikanten Verbesserung gegenüber den BFD50 Daten. Dieses kann auch darauf zurückgeführt werden, dass die räumliche Auflösung der BFD50 in Hessen im Vergleich zu anderen Bodeninformationen aus anderen Bundesländern in einem entsprechenden Maßstab als deutlich besser zu bewerten ist (vgl. Ad-hoc-AG Boden 2006). Entsprechend konnten aus einer relativ homogenen Datengrundlage konkrete Bodenprofile abgeleitet werden (vgl. Abb. oben), auf deren Grundlage dann für BWI-Trakte-

ecken wichtige ökologische Kennwerte, wie z. B. die nutzbare Feldkapazität oder die potenzielle Kationenaustauschkapazität mittels so genannter Pedotransferfunktionen berechnet werden können.

Für die Zuordnung der bodenkundlichen Kartiereinheiten zu den BWI-Traktecken wurde eine Kreisfläche mit einem Radius von 20 m (vgl. Abb. Seite 25) um die Traktecke betrachtet. Innerhalb dieser Kreisfläche wurden die zwei flächenmäßig bedeutendsten Standortseinheiten (Flächenanteil > 20 %) berücksichtigt.

Klimadaten für die Bundeswaldinventur

Das Klima ist häufig eine entscheidende Einflussgröße für das standörtliche Leistungsvermögen und das Risiko von biotischen Schädigungen der Bestände. Entsprechend sind zur Bewertung der vergangenen und zukünftigen Wachstumsbedingungen unserer Wälder räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Klimadaten eine wichtige Grundlage. Eine klimasensitive Berechnung der Vegetationsperiode oder der Einsatz von prozessorientierten Wasserhaushaltsmodellen erfordert in der Regel Klimadaten in täglicher Auflösung. Entsprechende Zeitreihen wurden am Institut für Geographie der Universität Hamburg an 26.450 BWI-Punkten für acht Klimagrößen entwickelt (Kawohl et al. 2017). Die Zeitreihen umfassen dabei sowohl eine retrospektive Betrachtung (ab 1961) als auch die Projektion von mehreren Klimaszenarien bis zum Jahr 2100. Mit dieser Datengrundlage können zum einen einfache Auswertungen in monatlicher Auflösung zur klimatischen Charakterisierung der einzelnen Traktecken der BWI durchgeführt werden und zum anderen Tagesdaten als Antrieb von komplexen Modellen verwendet werden. Die Abbildung links zeigt so genannte Walter/Lieth-Klimadiagramme beispielhaft für eine Traktecke. Es ergeben sich zwischen den beiden retrospektiven Zeiträumen (1961-1990



Klimadiagramme auf Grundlage der generierten Klimazeitreihen für die Traktecke 3 des Traktes 15140 für die Zeiträume 1961-1990 (links) und 1981-2010 (rechts).

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Hessen

und 1981-2010) ein Temperaturanstieg um 0,6 °C und ein Niederschlagsanstieg von 53 mm. Während bei der Niederschlagsverteilung 1961 bis 1990 ein ausgeprägtes Maximum in den Sommermonaten (Juni bis August) zu beobachten war, erfolgte im Zeitraum von 1981 bis 2010 eine ausgeglichene Verteilung mit einer deutlichen Erhöhung der Winterniederschläge.

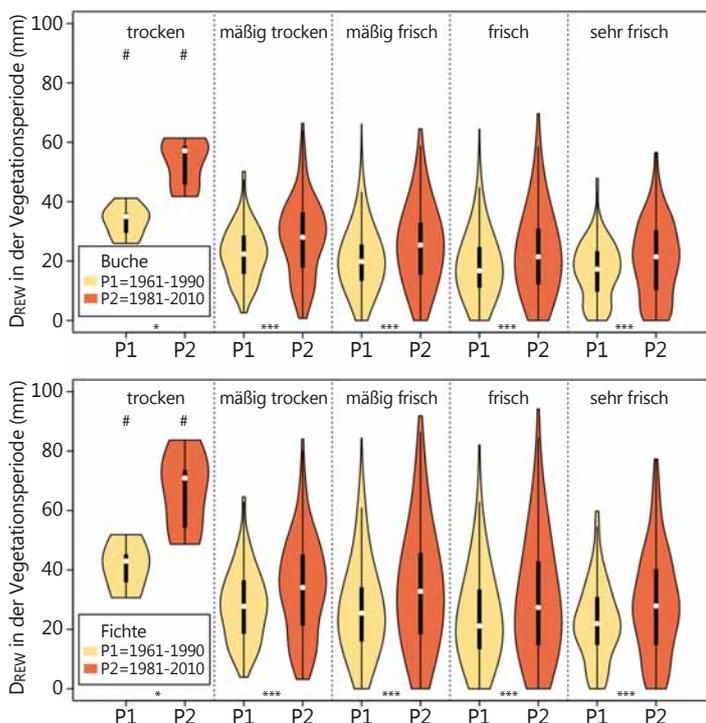
Die so für die BWI generierten Klimadaten können zusammen mit den Bodenprofilen einerseits verwendet werden, um mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen zeitlich hochaufgelöste Kenngrößen des Wasserhaushaltes (z. B. Trockenstressindikatoren) zu ermitteln und mit der Wasserhaushaltseinstufung der Standortkartierung zu vergleichen (vgl. folgendes Kapitel). Andererseits bilden sie eine wichtige Grundlage für ein verbessertes Verständnis der Standort-Leistungsbeziehungen und möglicher Prognosen im Klimawandel.

Der Trockenstress nimmt zu

Für insgesamt 24.610 Traktecken der Bundeswaldinventur (BWI) wurde der Wasserhaushalt von Buchen- und Fichtenbeständen für den Zeitraum von 1961 bis 2013 berechnet. Verwendet wurde das Modell LWF-Brook90, welches die Verdunstung, die Bodenwasserflüsse einschließlich Sickerwasserspense sowie die Bodenwasserverfügbarkeit von Wäldern in täglicher Auslösung berechnet. Grundlage für die Berechnungen sind unter anderem die vorab beschriebenen bodenkundlichen und klimatischen Eingangsdaten. Für jede Traktecke wurden die Berechnungen jeweils für Modellbe-

stände von Buche und Fichte durchgeführt, um den Einfluss der flächenhaft bedeutendsten Nadel- und Laubbaumart auf den Wasserhaushalt abzuschätzen und deren Standortseignung zu beurteilen. Aus den Modellergebnissen wurden verschiedene Trockenstressindikatoren abgeleitet, welche Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit an den BWI-Traktecken beschreiben. Ein häufig verwendeter Indikator ist beispielsweise die relative pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicherfüllung (REW). Diese wird als Verhältnis aus aktueller Bodenwasserspeicherfüllung und der maximal pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge berechnet und quantifiziert somit die Bodenwasserverfügbarkeit. Unterschreitet dieser Indikator 40 % der nutzbaren Feldkapazität wurden in zahlreichen Studien Wachstumseinschränkungen in Waldbeständen beobachtet (z. B. Granier et al. 1999; 2007). Um die Dauer und Intensität einer solchen Unterschreitung zu berücksichtigen, kann die Defizitsumme unterhalb des 40 %-Schwellenwertes für die Vegetationsperiode berechnet werden (D_{REW}).

Dieser Indikator wurde für zwei verschiedene Zeiträume der jüngeren Vergangenheit für Hessen ausgewertet (vgl. Abb. links), da neuere Untersuchungen darauf hindeuten, dass Abweichungen von den langjährigen Witterungsbedingungen eine zentrale Bedeutung für das bestandesspezifische Trockenstressrisiko haben (Choat et al. 2012). Die Defizitsumme des REW bei Unterschreitung der 40 %-Grenze korrespondiert gut mit den Feuchtestufen der Standortkartierung. Bäume auf trockenen Standorten haben ein höheres Trockenstressrisiko als Bäume auf frischen Standorten. Die Fichte weist in allen Feuchtestufen insgesamt ein höheres Trockenstressrisiko auf als die Buche. Das Muster der Feuchtestufen ist jedoch vergleichbar. Des Weiteren wird ersichtlich, dass die mittlere Defizitsumme bei beiden Baumarten im Zeitraum 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990 in allen ökologischen Feuchtestufen signifikant angestiegen ist und sich somit das mittlere Trockenstressniveau erhöht hat. Bei den mäßig frischen Standorten geht der Anstieg des Risikos für die Fichte und Buche so weit, dass diese Standorte im Zeitraum von 1981 bis 2010 im Mittel sogar stärker an Trockenstress litten als die mäßig trockenen Standorte im Zeitraum von 1961 bis 1990. Für diese Standorte hat demnach



Mittlere Defizitsumme (D_{REW}) des relativen pflanzenverfügbaren Bodenwassers bei Unterschreitung von 40 % der nutzbaren Feldkapazität in der Vegetationsperiode der Buche (oben) und Fichte (unten) für zwei Zeiträume gruppiert nach ökologischen Feuchtestufen. Signifikant verschiedene Werte zwischen den Zeiträumen sind durch Sternchen gekennzeichnet. Die Anzahl der Sterne beschreibt das Signifikanzniveau (***) $< 0,001$, * $< 0,05$; #: äußerst geringer Stichprobenumfang. Das „Violinen“-Diagramm ist sehr ähnlich zum Boxplot. Die Breiten der „Violine“ zeigen zusätzlich an, wie viele Fälle in dem jeweiligen Wertebereich vorliegen.



Foto: M. Spielmann

Standortsinformationen für die Bundeswaldinventur in Hessen

bereits ein Sprung von einer Wasserhaushaltstufe stattgefunden. Da das Klima die einzige veränderliche Größe in den Wasserhaushaltssimulationen ist, kann der Anstieg des Trockenstressniveaus auf die Klimaänderungen, insbesondere auf die angestiegenen Temperaturen, innerhalb der letzten 50 Jahre zurückgeführt werden. Es ist zu erwarten, dass sich im Zuge des prognostizierten Klimawandels die Trockenstresssituation an vielen BWI-Traktecken durch trockenere und wärmere Bedingungen weiter verschärft und somit die bisher im Rahmen der Standortkartierung erfolgte statische Wasserhaushaltsansprache einer Anpassung bedarf.

Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025

Wie vorab schon für die jüngere Vergangenheit aufgezeigt, wird der Klimawandel auch in Zukunft die ökologischen Rahmenbedingungen für die Wälder in Hessen verändern, dies jedoch mit einer erheblich gesteigerten Geschwindigkeit, an die sich die relativ „trägen“ Waldökosysteme anpassen müssen. Neben einer Veränderung der Leistungsfähigkeit der Baumarten werden vor allem höhere biotische und abiotische Risiken erwartet, deren Ausprägung jedoch stark standortsabhängig sein wird. Um die bedeutenden Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder für die hessischen Bürgerinnen und Bürger und die Forstwirtschaft nicht zu gefährden und langfristig zu sichern, hat das Land Hessen einen umfangreichen Klimaschutzplan mit konkreten Maßnahmen ins Leben gerufen. Zu den prioritären Maßnahmen mit einem Umsetzungsbeginn bis 2019 zählen die Klimarisikokarten Forst. Diese sollen eine verbesserte Beratungsgrundlage für die hessischen Waldbesitzer unter den sich verändernden Rahmenbedingungen liefern und somit dazu

beitragen, gut durchmischte, artenreiche Wälder langfristig zu sichern, die klimaangepasst und klimaresilient sind. Hierfür werden von Hessen-Forst und der NW-FVA flächenbezogene, dynamische Informationsgrundlagen über abiotische (z. B. Trockenheit) und biotische (z. B. Insekten u. Pilze) Risiken sowie Anpassungs- und Managementmöglichkeiten entwickelt. Um die Waldbesitzer aller Besitzarten zu erreichen, sollen diese Informationen in einem Entscheidungsunterstützungssystem zusammengetragen werden. Konkret sind folgende Punkte vorgesehen (vgl. HMUKLV 2017):

1. Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems mit Darstellung in Form von Risikokarten für die Baumartenwahl und Bestandsbehandlung.
2. Baumartenwahl und Bestandsbehandlung berücksichtigen das Spektrum standortgerechter Baumarten im Hinblick auf die ökologische Stabilität der Wälder, sowie Aspekte des Naturschutzes und der Wirtschaftlichkeit.
3. Regelmäßige Aktualisierung der Karten und der verwendeten Grundlagendaten.
4. Berücksichtigung von Erfahrungen aus bestehenden Forschungsprojekten bei der Entwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems und Einbeziehung von bestehenden Informationssystemen. Bestehende forstliche und umweltbezogene Monitoringsysteme sind dabei zu verstärken und um klimasensitive Indikatoren zu erweitern.
5. Anwendung der entwickelten Planungsgrundlage für notwendige Anpassungsmaßnahmen des ökologischen Waldmanagements, der Zielbestockung, der Lokalisierung von Umbauschwerpunkten sowie der Sicherung der Klimaschutzleistungen der Holz- und Forstwirtschaft.



Foto: M. Schmidt

Fazit

Im Projekt WP-KS-KW konnten für die Traktecken im 4 km x 4 km-Grundnetz der Bundeswaldinventur umfangreiche Datensätze mit Umweltdaten erhoben und abgeleitet werden. Diese Datengrundlagen erlauben eine Analyse des Zusammenhangs zwischen Standort und Waldwachstum und somit eine bessere Einschätzung der zukünftigen Waldentwicklung. Aber auch die Wasserhaushaltseinstufung der Standortkartierung kann hinsichtlich ihrer Konstanz bzw. Dynamik bewertet werden. Die durch die Klimaänderungen der jüngeren Vergangenheit bedingte Zunahme der Trockenstressintensität zeigt, wie wichtig eine klimasensitive Einschätzung des Standortwasserhaushalts zur Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel zukünftig sein wird. Dies muss bei der Baumartenwahl und der Bewirtschaftung der Bestände berücksichtigt werden. Die Dynamik des Bodenwasserregimes und die damit verbundenen Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit stehen direkt mit der Produktionsfunktion unserer Wälder und der zukünftigen Standortseignung der Baumarten in Verbindung. Die im Projekt erarbeiteten Wasserhaushalts- und Trockenstressgrößen eröffnen nun erstmals die Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Produktionsfunktion und Wasserverfügbarkeit großflächig zu analysieren und bilden darüber hinaus eine wichtige Datengrundlage für die Umsetzung des Integrierten Klimaschutzplanes Hessen 2025.