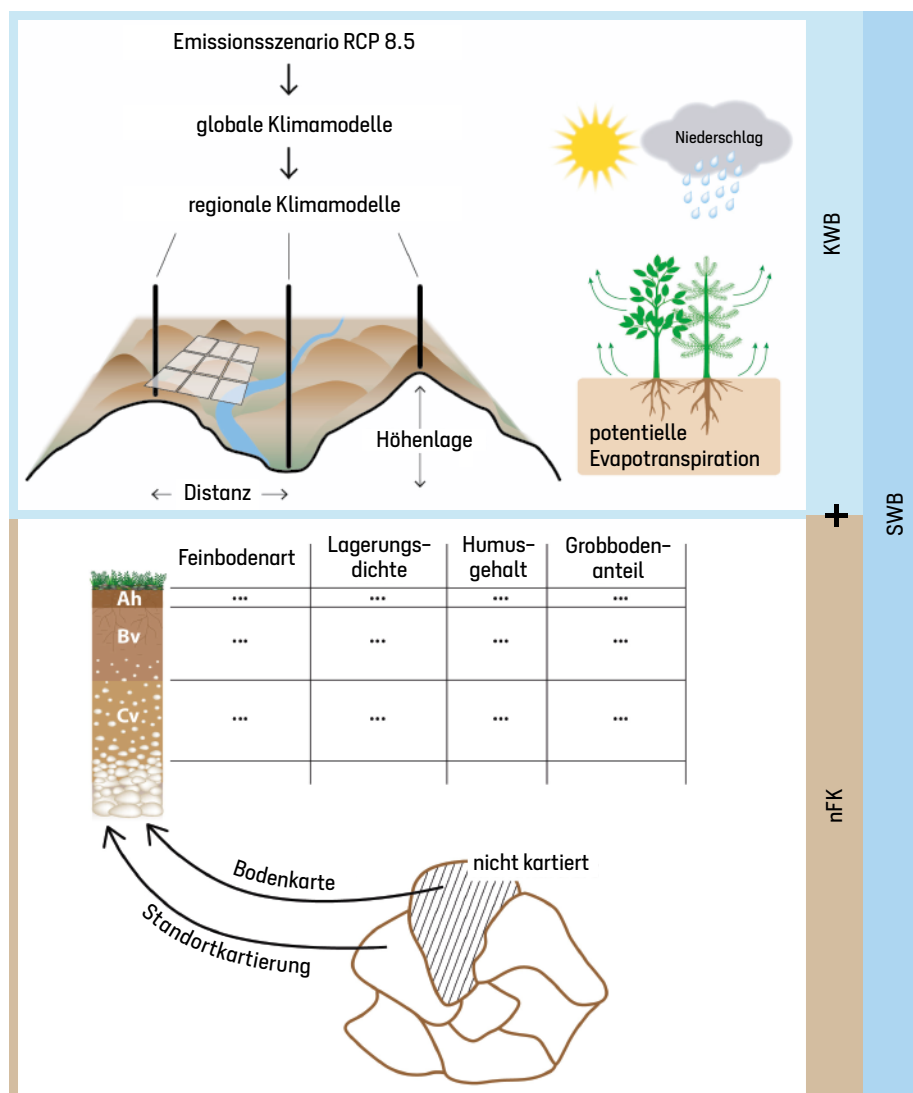


Überblick über die langfristige Waldbauplanung bei Bundesforst

Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind ein deutlicher Temperaturanstieg, eine Zunahme von Trockenperioden, eine veränderte Niederschlagsverteilung und ein gehäuftes Auftreten von Extremwetterereignissen zu erwarten. Die sich ändernden klimatischen Bedingungen beeinflussen unter anderem das Auftreten von abiotischen und biotischen Risiken, die Vitalität sowie das Produktivitätspotenzial von Bäumen und somit deren Eignung. Um auf die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels vorbereitet zu sein, hat die Sparte Bundesforst der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) gemeinsam mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) die Richtlinien zur Waldbewirtschaftung überarbeitet.

TEXT: MAXIMILIAN AXER, HANS HAMKENS, RALF NAGEL, THOMAS BÖCKMANN, MARKUS DISZTL, MALTE EBERWEIN, HERMANN SPELLMANN



Im Rahmen des Projekts Klimaplastischer Bundeswald wurde unter anderem eine innovative Entscheidungshilfe entwickelt. Ziel ist es, Försterinnen und Förstern bei der Waldbauplanung durch die Integration bodenkundlicher Daten und regionalisierter Klimaprojektionen zu unterstützen. Diese Entscheidungshilfe wird als geografisches Informationssystem (GIS) realisiert, um für jeden Waldbestand spezifische Informationen abzubilden und so die Unsicherheit bei der Baumartenwahl und Bestandsbehandlung zu reduzieren.

Ziele des Projekts

Die anhaltenden Herausforderungen des Klimawandels und die Notwendigkeit, nachhaltige Bewirtschaftungsstrategien zu entwickeln, stellen hohe Anforderungen an die Waldbauplanung. In Anbetracht der zunehmenden Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen klimatischen Bedingungen und deren Auswirkungen auf die Waldökosysteme sind räumlich hoch aufgelöste Werkzeuge zur Entscheidungsfindung unerlässlich. Im Zuge eines Forschungsprojekts in Zusammenarbeit mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wurde eine technische Entscheidungshilfe entwickelt, die auf bodenkundlichen Daten und regionalisierten Klimaprojektionen basiert.

Grundlage: Dynamischer Standort

Das Projekt verfolgt einen integrativen Ansatz, indem es zur Erstellung der wald-

Quelle: M. Axer

Standörtlicher Planungsbereich

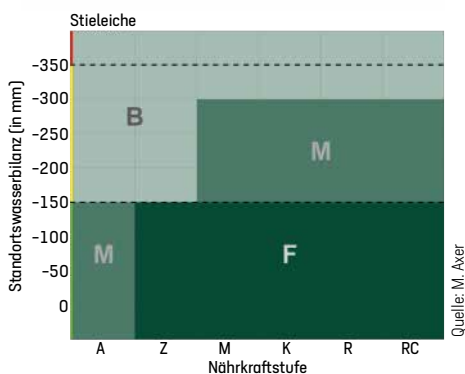


Abb. 2: Darstellung der Zuordnungstabelle für Stieleiche. Die Rolle wird für verschiedene Nährkraftstufen und Standortwasserbilanzklassen eingeordnet.

baulichen Entscheidungshilfe bodenkundliche Daten mit Klimaprojektionen kombiniert. Klimatische Grundlage ist die Herleitung der Standortwasserbilanz (SWB) (Abb. 1). Bei der SWB handelt es sich um einen Trockenstressindikator, der durch Summierung von Klimatischer Wasserbilanz (KWB) und nutzbarer Feldkapazität (nFK) eine Bilanzierung des Bodenwasserhaushalts eines Standorts vornimmt. Das Ziel bildet die Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems, welches eine großmaßstäbige Abbildung der relevanten Daten für jeden Waldbestand ermöglicht. Hierbei werden folgende Schritte durchgeführt.

- Als standortspezifische Bodenkennwerte werden für die klimasensitive Baumartenwahl das pflanzenverfügbare Bodenwasser (nFK) sowie die Nährstoffausstat-

„Die Methodik kombiniert bodenkundliche Daten mit regionalisierten Klimaprojektionen zur Berechnung der Standortswasserbilanz.“

MAXIMILIAN AXER

tung der Böden benötigt. Soweit vorhanden, wurden Angaben aus der Standortkartierung verwendet. Da die einzelnen Bundesforstbetriebe nach den jeweiligen Länderverfahren kartiert wurden [1], erfolgte zunächst eine Harmonisierung der Nährkraftstufe sowie des Geländewasserhaushalts für die Grund- und Stauwasserstandorte [2, 3]. Um die Wasserversorgung zwischen den Standorten vergleichbar zu machen, wurde die nutzbare Feldkapazität mittels einer einheitlichen Pedotransferfunktion hergeleitet [4]. Hierzu wurden Bodeneigenschaften wie Feinbodenart, Lagerungsdichte, Humusgehalt sowie Grobbodenanteil verwendet, die das pflanzenverfügbare Wasser beeinflussen (vgl. Abb. 1).

- Für die nicht durch die Standortkartierung erfassten Flächen sind Bodenkarten mit flächenhaften Profilinformatoren eine wichtige Grundlage, um aus ihnen vergleichbare Informationen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt abzuleiten [5, 6]. Horizontierung, Ausgangsmaterial der Bodenbildung, bodenchemische und -physikalische Parameter aus der Bodenkarte werden herangezogen. Die verfügbaren Maßstäbe sind jedoch in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich (1:25.000 ~ 1:50.000).
- Für die Festlegung klimarobuster Waldentwicklungstypen sind fundierte Informationen zum zukünftigen Klima wichtig. Als Referenzperiode wird dabei die Periode von 2071 bis 2100 gewählt. Auf Basis von globalen Klimamodellen werden regionalisierte Projektionen erstellt, welche die zukünftig zu erwartenden Veränderungen der Temperatur und Niederschlagsmuster in Form der KWB der Vegetationszeit abbilden [7].

Für die klimaangepasste Baumartenwahl im Bundeswald wurde das Emissionsszenario RCP8.5, das als „Weiter wie bisher“-Szenario gilt, ausgewählt. Für das Szenario RCP8.5 steht ein Gesamtensemble von 37 Projektionen regionaler Klimamodelle zur Verfügung, das bezüglich der Erhöhung der Jahresmitteltemperatur eine Bandbreite von circa 2,8 bis hin zu 5,2 °C abgrenzt. Ähnliche Variationen gibt es auch im Bereich der Niederschlagsprognosen. Aus diesem Gesamtensemble wurden innerhalb des ReKliEs-De-Projekts sieben Projektionen für ein repräsentatives Kernensemble ausgewählt, das den Handlungskorridor sämtlicher Klimäläufe annähernd widerspiegelt [8, 9]. Die Projektionen innerhalb eines Emissionsszenarios haben dabei grundsätzlich die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit [10].

Das Ziel dieses Ansatzes ist es, sicherzustellen, dass die Ziele bezüglich der für Bundesforst angestrebten spezifischen Waldfunktionen und Produktionsziele von Mischbeständen unter den extremen Bedingungen des derzeit leider realistischen Szenarios erreicht werden. Zudem soll es aber die Begründung stabiler Waldbestände auch unter den bisherigen Klimabedingungen ermöglichen. Daher wurde für eine robuste Entscheidungsunterstützung statt eines einzelnen Klimamodelllaufes das gesamte Kernensemble in seiner Bandbreite der möglichen Klimaentwicklung genutzt.

Die für Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) berechneten Projektionen der Klimamodelle müssen noch zutreffend auf die forstlichen Standorteinheiten angepasst werden. Das passiert durch eine Technik namens Regionalisierung. Dabei werden der Abstand der Standorte zu den nächstgelegenen DWD-Stationen und die Höhenlage verwendet, um Projektionen in einer Auflösung von 50 mal 50 m zu erhalten [11, 12] (Abb. 1). Die KWB für die Vegetationsperiode wurde als 30-jähriger Mittelwert berechnet.

Potenzialabschätzung und Baumartenwahl

Die Wahl der richtigen Baumarten ist entscheidend für die langfristige Stabilität und Produktivität der Wälder. Bundesforst führt Potenzialabschätzungen durch, um herauszufinden, welche Baumarten an zukünftige klimatische Bedingungen auf dem jeweiligen Standort angepasst sind.

Schneller ÜBERBLICK

- » Die Baumartenwahl erfolgt anhand einer Matrix aus Standortwasserbilanz und Nährkraftstufen
- » In Waldentwicklungstypen werden stabile Mischbestände beschrieben und durch Mischungsanteile und Mischungsform beteiligter Baumarten definiert
- » Die Ergebnisse der klimaangepassten Baumartenwahl werden im geografischen Informationssystem dargestellt

Ergebnisdarstellung

Ausprägung	bedingt klimarobust [höheres Risiko]	klima robust [geringesRisiko]	sehr klimarobust [risikoarm]	Verjüngungsanteile [Fläche]
Führende Baumart	Kiefer			50 - 60 %
1. Mischbaumart	Traubeneiche			20 - 30 %
	Roteiche			
Optionale Baumart	Sandbirke			0 - 20 %
nWF-Baumarten	Fichte			0 - 30 %
	Douglasie			
Begleitbaumarten				0 - 10 %
nicht empfohlen			Winterlinde	

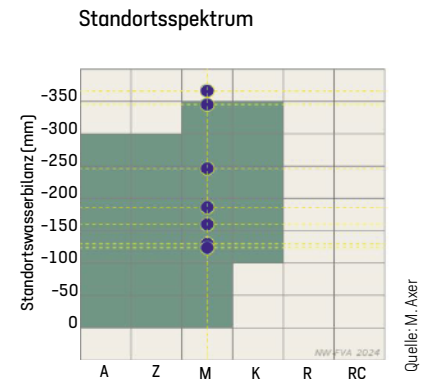


Abb. 3: Darstellung der standortsspezifischen klimaangepassten Baumartenwahl am Beispiel des Waldentwicklungstyps 81 Kiefer-Eiche. Die Klimarobustheit wird für die führende Baumart sowie die Mischbaumarten, die optionalen Mischbaumarten sowie die nWF-Baumarten (Baumarten zur Erfüllung nutzerspezifischer Waldfunktionen) angegeben.

Veränderung Standortwasserbilanz

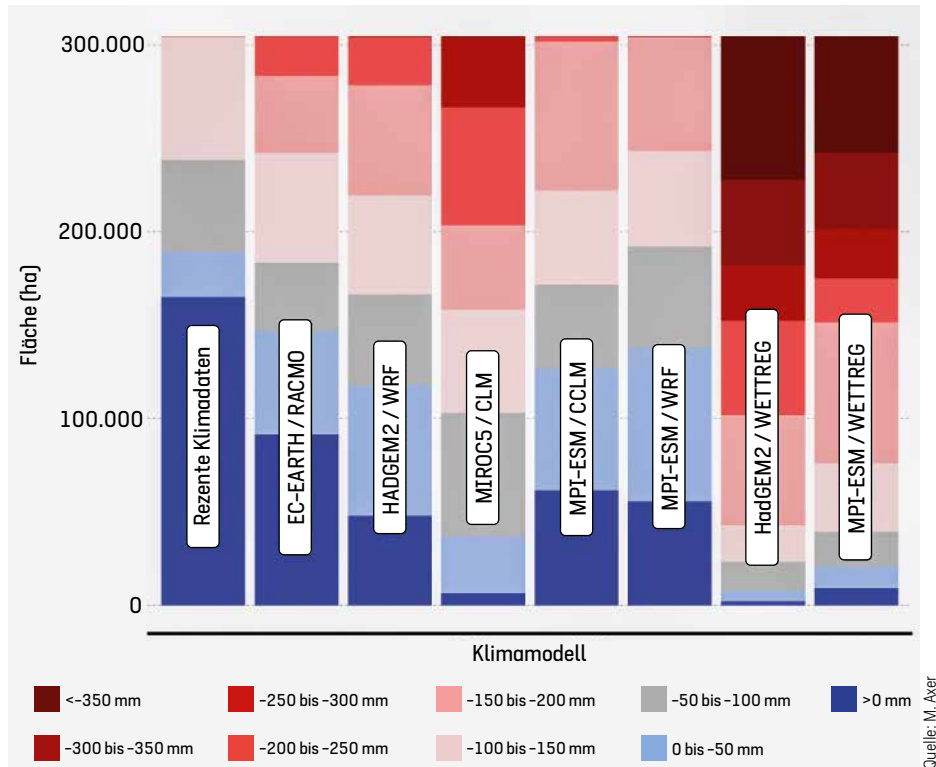


Abb. 4: Verteilung der Standortwasserbilanzklassen auf den terrestrischen Standorten für die rezenten Klimadaten und die sieben Klimäläufe des Kernensembles

An der NW-FVA wurde dazu eine Zuordnungstabelle entwickelt, um das Potenzial 33 heimischer sowie eingeführter, für den Anbau geeigneter Baumarten zu bewerten [13, 14]. In dieser Tabelle werden die Baumarten hinsichtlich ihrer Rolle in Mischwäldern entsprechend ihren Wasser- und Nährstoffbedürfnissen in einer zweidimensionalen Matrix aus Standortwasserbilanz-Stufen und harmonisierter Nährkraftstufe

eingeteilt. Je nachdem, als wie gut die Anpassung einer Baumart an die Bedingungen eines Standorts eingeschätzt wird, erhält sie einen Rang für ihre potenzielle Rolle in standortgerechten Mischbeständen als führend (F), Mischbaumart (M), begleitend (B) oder für den Anbau ungeeignet (Abb. 2).

Aus dem Abgleich von projizierter SWB und Nährkraftstufe können so für jeden Standort und für jeden Klimalauf

des Kernensembles mögliche Baumarten und ihre Ränge mit dem Entscheidungsmodell baklaw (= Baumartenwahl im Klimawandel) abgeleitet werden.

Von den Zutaten zum Rezept

Ein wichtiges Instrument der Waldbauplanung bei Bundesforst sind langfristig festgelegte Waldentwicklungstypen (WET). Konzipiert als stabile Mischbestände werden sie beschrieben durch Mischungsanteile und Mischungsform beteiligter Baumarten sowie durch die angestrebte Waldstruktur. Die Zusammensetzung eines WET orientiert sich in erster Linie an den nutzerspezifischen (militärischen) Waldfunktionen (z. B. Sicht-, Staub- und Lärmschutz) sowie den ökologischen und wirtschaftlichen Zielsetzungen.

Innerhalb des baklaw-Entscheidungsmodells erfolgt im zweiten Schritt der Abgleich zwischen den im WET definierten Baumartenanteilen in Anbetracht ihrer Rolle und den an dem Standort möglichen Baumarten [15]. Der Abgleich zwischen dem möglichen Rezept und vorhandenen Zutaten liegt nahe. Dies erfolgt für jeden Waldentwicklungstyp und jeden Klimalauf. Je nach Zustandekommen eines WET unter den Bedingungen des jeweiligen Klimalaufes ergibt sich eine Häufigkeit der Empfehlung eines WET für jeden Standort. Nach der Anzahl der Empfehlungen innerhalb des Ensembles wird ein WET auf dem jeweiligen Standort als sehr klimarobust, klimarobust oder nur bedingt klimarobust bewertet bzw.

Potenzielle WET-Flächen

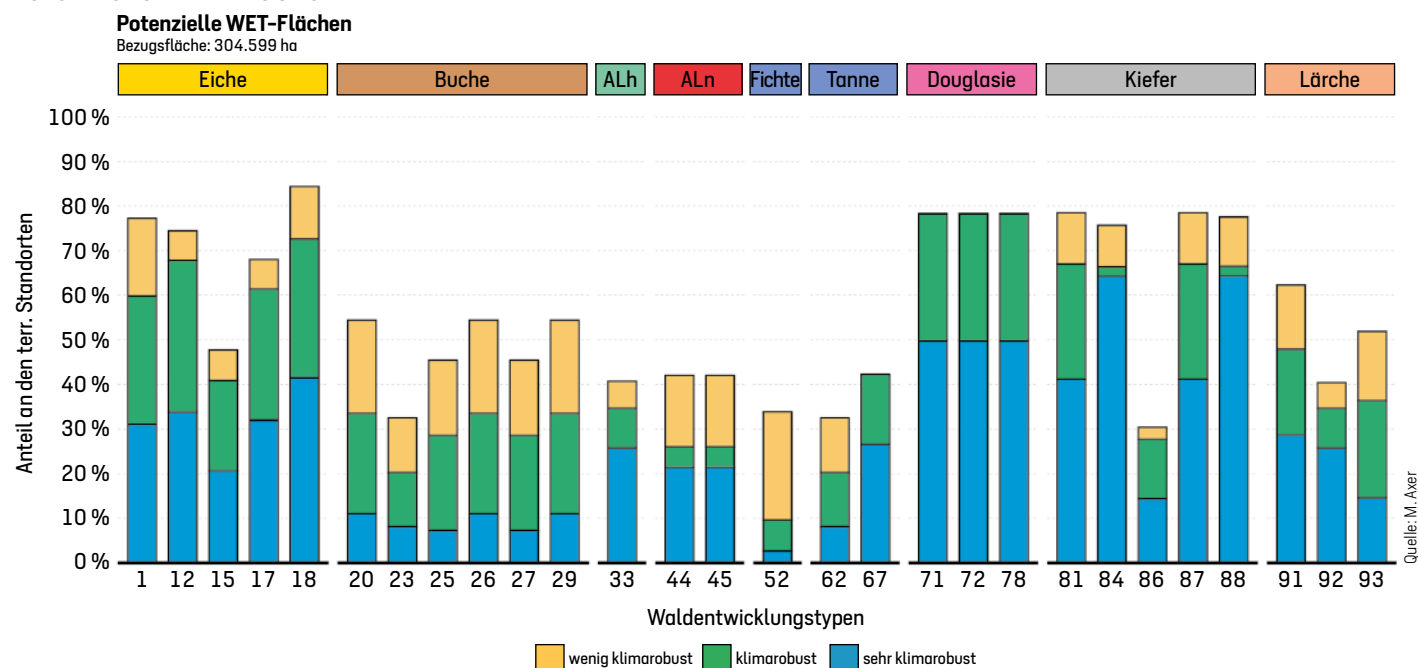


Abb. 5: Ableitung potenzieller Flächenanteile der verschiedenen WET auf terrestrischen Standorten, gegliedert nach Klimarobustheit

gänzlich ausgeschlossen. Auf diese Weise kann die Unsicherheit der Klimaprojektionen innerhalb des Kernensembles bei der Baumartenwahl zumindest teilweise berücksichtigt werden.

Insgesamt wurden 34 verschiedene WET von einer Arbeitsgruppe entwickelt. Mit 19 von 34 Waldentwicklungstypen ist ein Großteil durch führende Laubbäume geprägt. Waldentwicklungstypen mit führenden eingeführten Baumarten gibt es für Douglasie, Schwarzkiefer, Roteiche, Japanische Lärche und Küstentanne. Besonderheit bei Bundesforst sind zusätzlich mögliche Mischungsanteile von Baumarten zur optimalen Erfüllung nutzerspezifischer Waldfunktionen (sog. nWF-Baumarten). Dies umfasst vor allem Nadelbaumanteile oder Eichenanteile, um Sicht-, Staub-, Waldbrandschutz oder Geschossfang zu gewährleisten.

Vom Topf auf den Teller

Angesichts der Vielfalt der möglichen Ergebnisse ist eine tabellarische Darstellung nicht mehr ausreichend. Daher sind neue Methoden zur Visualisierung der Ergebnisse erforderlich, sodass die gesammelten Daten in benutzerfreundlicher Form dargestellt werden. Der Abruf der Ergebnisse erfolgt über das betriebseigene GIS. Für jedes Standortpolygon wird die Verteilung der zukünftigen Standortwasserbilanzen grafisch dargestellt. Weiterhin werden standortge-rechte Waldentwicklungstypen abgestuft nach ihrer Klimarobustheit dargestellt. In einer zweiten detaillierten Ansichtsebene werden Varianten eines Waldentwicklungstyps, die sich durch unterschiedliche Mischbaumarten ergeben können, nach ihrer Klimarobustheit weiter differenziert (Abb. 3).

Försterinnen und Förster können diese spezifischen Informationen zu jedem Standortpolygon abrufen und erhalten damit eine umfassende Entscheidungsgrundlage für die Baumartenwahl und Bestandsbehandlung.

Veränderung der Standorte

Im Mittel der Klimareferenzperiode 1991 bis 2020 betrug die Standortwasserbilanz auf den Standorten von Bundesforst 54 mm. Es gibt jedoch große regionale Unterschiede auf dem bundesweiten Standortgradienten. Auf einigen Standorten reicht bereits unter heutigen Klimabedingungen das Bodenwasser nicht mehr aus, um eine uneingeschränkte Verdunstung über die Pflanzen zu ermöglichen.

Für die Zukunft sieht sich Bundesforst mit signifikanten klimatischen Veränderungen konfrontiert. Abb. 4 zeigt die klimawandelbedingte Veränderung der Standorte für die verschie-

denen Klimamodelle des Kernensembles. Im Gegensatz zu der heutigen Verteilung der Standortwasserbilanzklassen verschlechtern sich die projizierten Standortwasserbilanzen in der Periode 2071 bis 2100 für das Projektgebiet enorm. Je nach Klimamodell liegt eine künftige mittlere Standortwasserbilanz in einer unsicherheitsbedingten Spanne von -10 mm bis -188 mm. Insbesondere weite Teile des Nordostdeutschen Tieflands werden ein besonders hohes Defizit in der Standortwasserbilanz aufweisen. Entsprechende 30-jährige Mittel deuten darauf hin, dass anhaltende Trockenperioden und Dürren in Zukunft voraussichtlich häufiger auftreten und den Trockenstress für die Bäume weiter erhöhen. Dies hat erhebliche Implikationen für die Ableitung der zukünftig klimaangepassten Waldentwicklungstypen (Abb. 5).

Insbesondere eichen-, douglasien- und kiefernführende Waldentwicklungstypen wären nach der Zuordnung der NW-FVA auf der Mehrheit der Standorte auch zukünftig geeignet. Auf fast 80 % der terrestrischen Standorte werden douglasienführende WET als sehr klimarobust oder klimarobust empfohlen. Ebenfalls gibt es für den WET 18 Eiche-Kiefer auf über 70 % der Standorte eine Empfehlung. Ähnlich hohe Anteile erreichen kiefernführende WET. Zu beachten ist, dass für diese eine Restriktion auf



sehr gut wasserversorgten Standorten vorliegt, wo anspruchsvolleren Baumarten der Vorrang gegeben wird.

Fichtenführende Waldentwicklungstypen nehmen dagegen in der WET-Empfehlung besonders geringe Flächenanteile ein. Auf weniger als 10 % der Fläche werden sie als künftig noch klimarobust oder besser eingestuft. Allerdings werden auch buchenführende Waldentwicklungstypen auf vielen Standorten nur als klimarobust bzw. wenig klimarobust eingestuft oder sogar ausgeschlossen.

Unter Berücksichtigung von waldbaulicher Ausgangssituation, nutzerspezifischen sowie naturschutzfachlichen Anforderungen kann somit aus einer mehr oder weniger großen Anzahl für den je-

weiligen Standort empfohlener WET ein geeigneter gewählt werden.

Folgerungen

Die entwickelte Entscheidungshilfe stellt einen bedeutenden Fortschritt in der Waldbauplanung dar. Durch die Kombination von bodenkundlichen Daten und regionalisierten Klimaprojektionen wird die Unsicherheit bei der Waldbauplanung erheblich reduziert. Försterinnen und Förster erhalten flächenscharfe Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Baumarten und zur Anpassung der Bewirtschaftungsstrategien, die auf hochaufgelösten Projektionen künftiger standörtlich-klimatischer Bedingungen basieren.

Das System bietet zudem eine Plattform zur kontinuierlichen Aktualisierung der Daten, sodass die Entscheidungshilfe flexibel an neue wissenschaftliche Erkenntnisse und veränderte Klimabedingungen ange-

passt werden kann. Dies fördert eine adaptive Bewirtschaftung und trägt zur langfristigen Nachhaltigkeit der Wälder bei.



Maximilian Axer

maximilian.axer@nw-fva.de

Hans Hamkens, Ralf Nagel und Thomas Böckmann sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum in Göttingen.

Markus Disztl, Malte Eberwein und Hermann Spellman sind Mitarbeiter an der Zentrale Bundesforst in Berlin.

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses in der digitalen Ausgabe von AFZ-DerWald (<https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald>) sowie unter: www.forstpraxis.de/downloads

Ihr kompakter Jahresbegleiter!

Der bewährte Taschenkalender für die Forst- und Jagdbranche 2025



Jetzt bestellen!

Auch 2025 erwartet Sie:

- das Kalendarium über das gesamte Forstwirtschaftsjahr von 10/2024 bis 12/2025
- der 88 Seiten starke Serviceteil mit Fachadressen, Terminen und Fachinformationen von Statistik über Holzernte und Arbeitssicherheit bis hin zur Wildschadensverhütung

Dazu neue Beiträge zu den Themen:

- **Thema des Jahres:** 20 Jahre Bayerische Staatsforsten
- **Waldschutz:** Wuchshilfen aus nachwachsenden Rohstoffen
- **Windenergie:** Entwicklung der Windenergie im Wald
- **Holzsortierung:** Fotooptische Poltervermessung
- **Jagd:** Aktuelles zur Durchführung des Waffengesetzes

Robuster Kunststoffeinband mit Bleistifttasche.
Format 10,0 × 14,5 cm, 532 Seiten



Jetzt schnell bestellen unter:
afz-derwald.de/kalender



Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH
Leserservice · Lothstraße 29 · 80797 München
Tel. +49 89 12705-228 · Fax -586
E-Mail: leserservice.afz-derwald@dly.de · afz-derwald.de