KlimLandRP

KLIMA- UND LANDSCHAFTSWANDEL IN RHEINLAND-PFALZ

WALD

THEMENBLATT

Impressum

Herausgeber:
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

Hauptstraße 16
67705 Trippstadt

Telefon: +49 (0) 6306 / 911-0
Telefax: +49 (0) 6306 / 911-200
Internet: www.klimlandrp.de
www.klimawandel-rlp.de

Verantwortlich:
Der Leiter des Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen

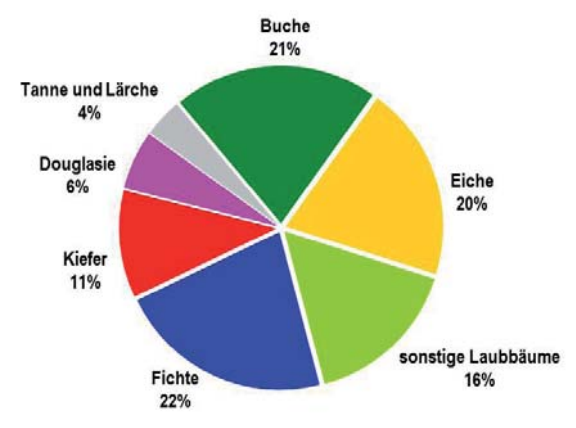
Ausgangslage

Wald

In der Verteilung der Wälder spiegeln sich die verschiedenen geografischen Faktoren wie Geologie und Klima, aber auch die Geschichte des Menschen wider. Mit einer zunehmenden Tendenz ist gegenwärtig die Waldfläche von Rheinland-Pfalz (833.000 ha) größer als die Landwirtschaftsfläche und umfasst in etwa **42% der Landesfläche – dies ist der höchste relative Waldanteil deutschlandweit**.

Abbildung 1:
Prozentuale Anteile der Hauptbaumarten in Rheinland-Pfalz.

Die heutige Baumartenzusammensetzung in Rheinland-Pfalz wird von Laubmischwald dominiert. Die Buche und Eiche machen zusammen mit der Fichte und Kiefer den weitaus größten Anteil der Waldfläche aus (Abb. 1).
Während bei Buche und Traubeneiche eine weit gestreute Verbreitung über das Land festzustellen ist, was ihrem natürlichen Vorkommenspotenzial entspricht, sind bei Fichte und Kiefer eher komplementäre Verbreitungsschwerpunkte zu erkennen. Die Fichte ist im Norden stärker vertreten und die Kiefer eher im Süden. Die Douglasie zeigt weniger deutlich ausgeprägte Schwerpunkte in weiten Bereichen des Westens und Südens des Landes.



Klimawandel

Multi-Modell-Ensembledarstellungen für verschiedene klimatische Parameter bis zum Ende des 21. Jahrhunderts deuten auf unterschiedliche Größenordnungen der künftigen Klimaentwicklung in Rheinland-Pfalz hin. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen war eine durchgängige Multi-Modell-Betrachtung nicht leistbar. Klimaprojektionen des Globalmodells **ECHAM5-MPI-OM** und des Regionalmodells **WETTREG$_{2006}$** wurden betrachtet. Im Hinblick auf den klimatischen Einfluss auf Waldökosysteme wurden die relevanten klimatischen Parameter *i*) Niederschlagssumme in der forstlichen Vegetationszeit (Indikator für die Wasserversorgung als Grundlage für das Baumwachstum) und *ii*) Jahresmitteltemperatur (Indikator für die Wärmeversorgung als Grundlage für die Waldzonierung) für eine Klimaentwicklungs-Analyse angewendet. Die Analyse der Klimaentwicklung bei den verschiedenen verfügbaren Klimaprojektionen spannt einen Klimakorridor auf, dessen Klima sich am Ende des Jahrhunderts zwischen den Klimaprojektionen nach den Emissionsszenarien (aus der *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC 2007) **A1B (trocken)** (eher trocken und warme Bedingungen) und **B1 (feucht)** (eher feuchtere und weniger warme Bedingungen) bewegt. Die z.T. ebenfalls verwendet Projektionen für **A2 (normal)** und **A1B (normal)** bewegen sich etwa in der Mitte und beschreiben demgegenüber mittlere Wege innerhalb dieses Korridors.

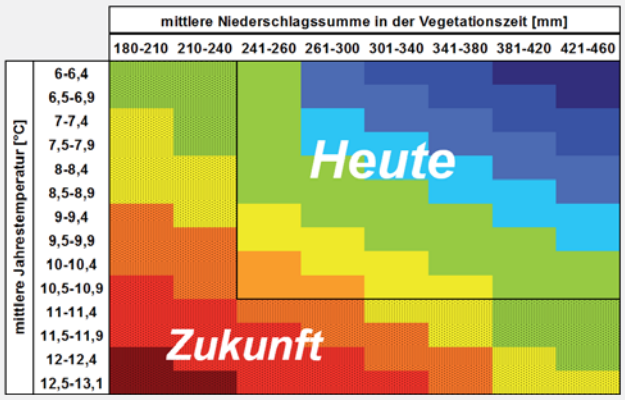
Die Wahrnehmung der durch den Klimawandel verursachten standörtlichen Veränderungen ist Voraussetzung für die Einschätzung der Verschiebung der Baumarteneignung und damit der Vitalität der Wälder. Bei der Analyse der Entwicklung des Waldklima-Musters lässt sich eine markante Veränderung anhand der Farbtöne für die gesamte Waldfläche erkennen. Sie weist auf eine **Entwicklung des Waldklimas in Richtung warm-trockener Verhältnisse bis Ende des Jahrhunderts** hin – die Blautöne

der Hochlagenregionen des Landes werden in großem Maße von Grün- bis Gelbtönen ersetzt. Deutlich wird, dass die Verteilung der Klimazonen mit dem Geländerelief korreliert. **Am Ende des Jahrhunderts sind über alle verwendeten Klimaprojektionen hinweg Klimakombinationen auf der Waldfläche zu erwarten, die im Rahmen der heutigen Waldklimaverhältnisse fremd sind.**

Wälder in den großen Flusstälern (Rhein, Mosel, Nahe) und deren Umgebung (Nord-Pfalz, Haardtrand) werden für die ferne Zukunft bei der Klimaprojektion auf Grundlage des Emissionsszenarios A1B-trocken von den extremsten projizierten Klimaverhältnissen (warm-trocken) betroffen sein.

Abbildung 2:

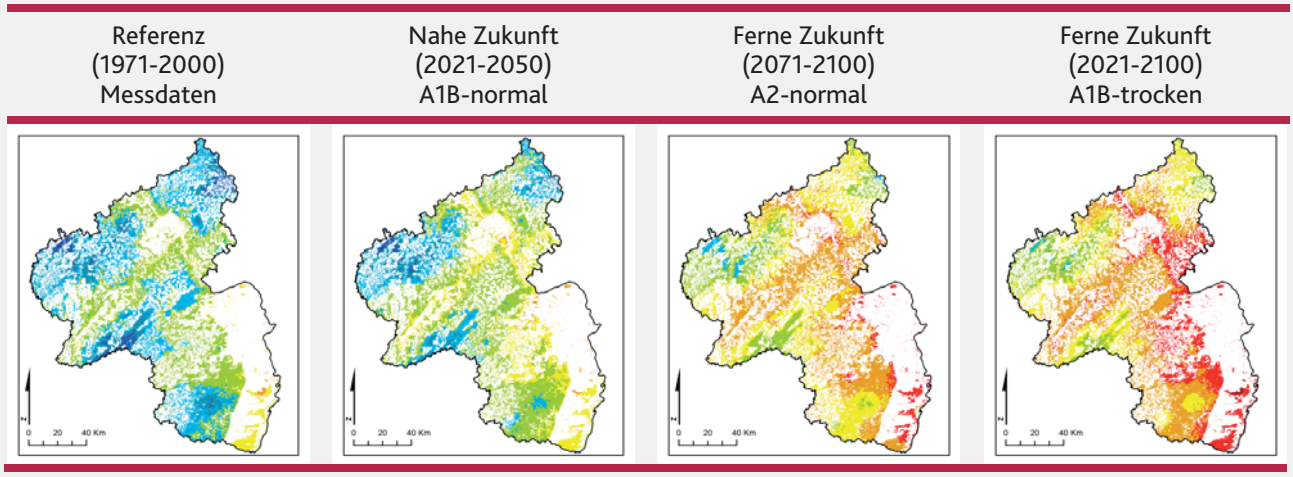
Klimamatrix. Die farbliche Darstellung bezieht sich auf eine grobe Differenzierung des klimatischen Gradienten – von blau: kühl-feuchte Zone bis rot: warm-trockene Zone.



Für das Referenzklima („Heute“) und das projizierte zukünftige Klima („Zukunft“) kombiniert eine Klimamatrix (Abb. 2) Klassen der Jahresmitteltemperatur und des Niederschlags in der Vegetationszeit. Die Übertragung der farblichen Darstellung der Klassenkombinationen der Klimamatrix auf die Waldfläche erlaubt die Visualisierung der räumlichen Verteilung der unterschiedlichen Klimazonen innerhalb der betrachteten Zeiträume und Klimaprojektionen (Kartenreihe in Abb. 3).

Abbildung 3:

Übertragung der Klimamatrix (Abbildung 2) auf die rheinland-pfälzische Waldfläche für die unterschiedlichen Zeiträume und Klimaprojektionen.



Zielsetzung

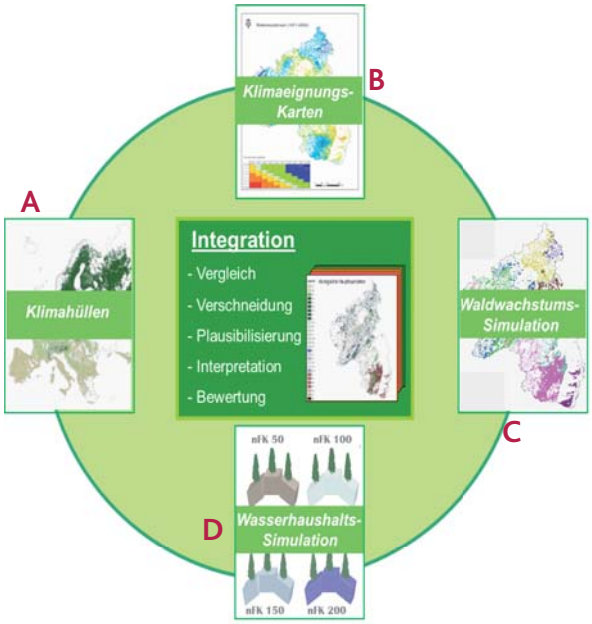
Die Wälder in Rheinland-Pfalz können aufgrund ihrer langen Lebensdauer von Klimaveränderungen besonders betroffen sein. Das Modul Wald des Landesprojekts KlimLandRP (Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz) erzielte auf Basis des aktuellen Standes der Forschung und der aktuell verfügbaren Datengrundlagen erste Erkenntnisse über die räumliche Ausprägung der möglichen Vulnerabilität in den rheinland-pfälzischen Wäldern bis zum Ende des Jahrhunderts (Vasconcelos et al. 2013). Studienobjekte sind hierbei die flächenrepräsentativsten Baumarten (Hauptbaumarten) von Rheinland-Pfalz – Buche, Traubeneiche, Fichte, Kiefer und Douglasie – und die von ihnen ausgehenden Hauptwaldtypen. Die Abschätzung von Trends der künftigen Entwicklung dieser Arten und Typen, die eine wichtige wirtschaftliche Rolle spielen, sollte dementsprechend eine Grundlage für weitere Entscheidungsprozesse liefern.

Methodik

Die Wissenslücken führten u.a. zur Entwicklung und Anwendung von Methoden, die auf deduktiver oder empirischer Grundlage versuchen, die ökoklimatischen Ansprüche von Baumarten und Waldökosystemen zu erheben und räumlich und zeitlich übertragbar zu machen. Für die gezielte Erstellung von flächendeckenden Aussagen wurden verschiedene z.T. veröffentlichte Ansätze ausgewählt, erprobt und ggf. angepasst. Die Ansätze der Bioklima-Hüllen (A), Klimaeignungskarten (B), Waldwachstumssimulationen (C) und Wasserhaushaltssimulationen (D) betrachten unterschiedliche Facetten des Problemkomplexes. Die parallele Anwendung verschiedener Methoden bzw. schwerpunktmäßige Betrachtung verschiedener Aspekte lassen eine spätere integrative Interpretation der verschiedenen Ergebnisse zu. Die separaten baumarten- und raumbezogenen Erkenntnisse der verschiedenen Meilensteine müssen validiert und verglichen werden, um die abschließenden Aussagen so vollständig wie möglich zu fassen. Abb. 4 skizziert die Zusammenführung der verschiedenen gleichgewichteten Meilensteine zu einer integrativen Gesamtinterpretation.

Abbildung 4:

Schematische Darstellung des methodischen Ansatzes, durch gegenseitige Integration der vier methodischen Herangehensweisen die jeweils unterschiedliche Facetten des Problemkomplexes „Wald-Klimawandel" beleuchten.



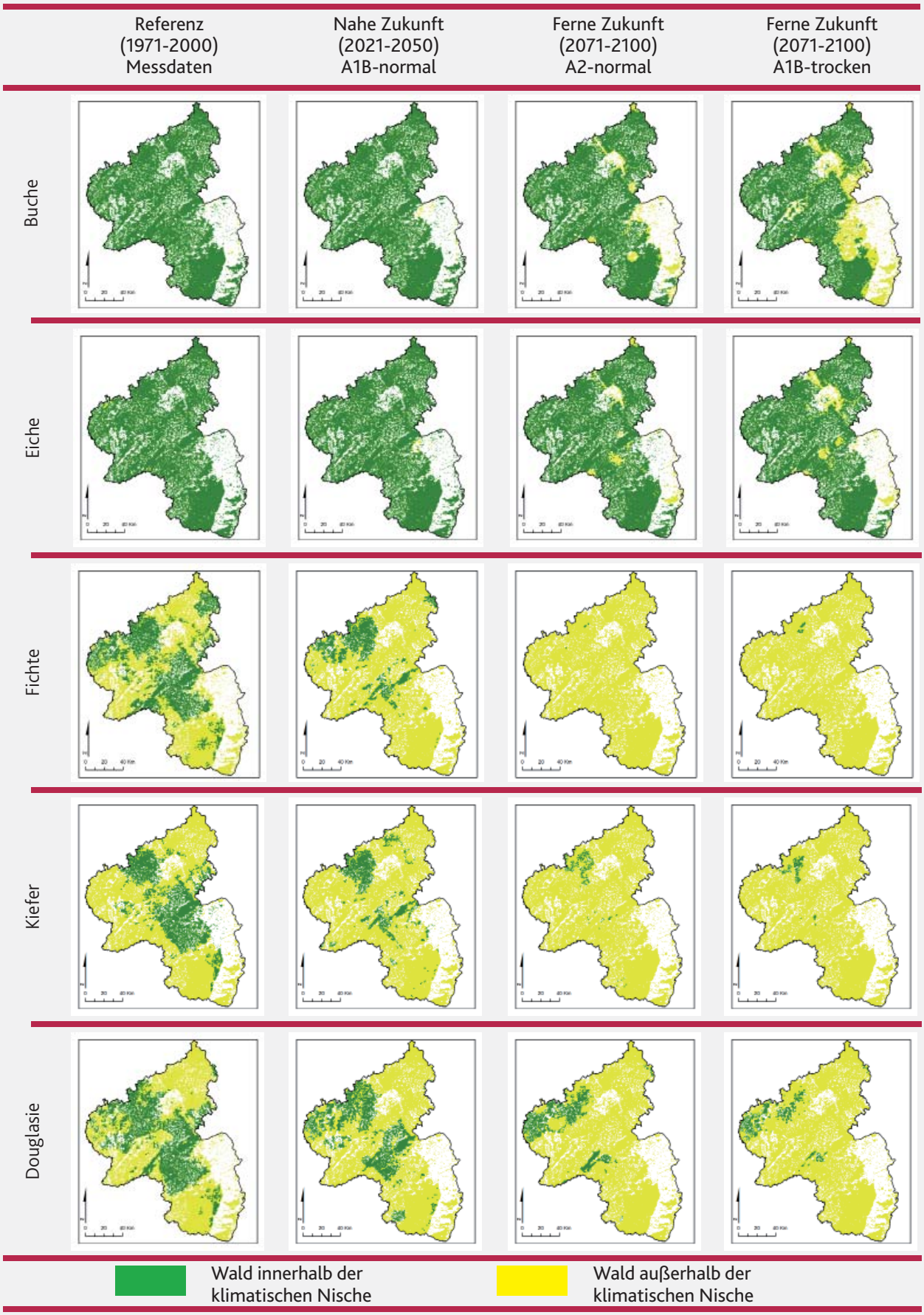
Ergebnisse

Bioklima-Hüllen

Durch die Verschneidung des heutigen potentiellen natürlichen Verbreitungsgebiets einer Baumart (nach Bohn & Neuhäusl 2003) mit den Klimabedingungen in diesem Gebiet (auf der Grundlage des globalen Klima-Datensatz WORLDCLIM nach Hijmans et al. 2005) können sogenannte „Bioklima-Hüllen" hergeleitet werden. Diese Betrachtung von Schwellenwerten oder Klimakombinationen der Verbreitungsgebiete einer Baumart sind unter der Verwendung von Klimaprojektionen auf die Zukunft übertragbar. Somit lässt sich darstellen, ob eine Baumart unter künftigen Bedingungen ihre klimatische Nische in einem Landschaftsraum noch besetzten kann. Verschiedene relevante bioklimatische Variablen wie Temperatur (Jahresmittel, Vegetationszeit und Sommer) und Niederschlag (Jahressumme, Vegetationszeit und Sommer) werden verschnitten. Zunächst wird dies für das heutige Klima in Rheinland-Pfalz betrachtet, davon ausgehend können dann Klimaprojektionen für die Zukunft simuliert und mit den Ergebnissen der heutigen Verbreitung verglichen werden (s. Abb. 5).

Abbildung 5:

Entwicklung der klimatischen Nischen der Hauptbaumarten in Rheinland-Pfalz bis Ende des Jahrhunderts anhand relevanter bioklimatischer Variablen.



Die auf Rheinland-Pfalz übertragenen Bioklima-Hüllen zeigen für die **Buche** und vor allem für die **Traubeneiche** überwiegend eine nicht zu starke Abweichung von den Bedingungen innerhalb ihrer natürlichen Verbreitungsgebiete. Beide Baumarten gehören zu der heutigen potentiellen Waldvegetation in Rheinland-Pfalz. Am Ende des Jahrhunderts kann es im Rhein- und Nahetal, vor allem bei der Buche, zu bioklimatischen Einschränkungen kommen. Eine andere Tendenz zeigt sich bei den übrigen Hauptbaumarten, da bei Betrachtung verschiedener bioklimatischer Variablen der größte Teil der Waldfläche im Verlauf des Jahrhunderts außerhalb ihrer potentiellen natürlichen klimatischen Nische liegt. In unterschiedlicher Größenordnung könnten Teile der Höhenlagen in Zukunft passende klimatische Bedingungen für Fichte, Kiefer und Douglasie bieten.

Klima-Eignungskarten

Bei diesem Vorgehen handelt es sich um eine Anpassung der Methoden nach z.B. Kölling et al. 2008 (*Provisorische Risiko Karten*) oder Pyatt et al. 2001 (*Ecological Site Classification*). Entlang des in Abb. 2 einleitend schon abgebildeten Waldklimagradienten (Klima-Matrix) wurden die „Wohlfühlbereiche" der rheinland-pfälzischen Hauptbaumarten abgeleitet. Die allgemeine Vorkommenshäufigkeit einer Baumart dient als Indikator dafür, ob eine Baumart per se in einer Klimazone „lebensfähig" ist, während der Ertragswert (Höhe/Alters-Beziehung) die generelle Leistung des Vorkommens charakterisieren soll. Es folgte eine umfassende empirische und gutachterliche Auswertung der Baumarteneignung in jeder Zone der Klima-Matrix, basierend auf der Annahme, dass die Klimabedingungen für eine Baumart günstiger sind, je größer das Vorkommen und die erreichten Ertragswerte sind. Als Resultat entsteht eine Verteilung der heutigen und künftigen Klima-Eignung der Baumarten in Rheinland-Pfalz entlang des dargestellten Klimagradienten. Ergebnis ist eine Klima-Eignungsmatrix für jede Hauptbaumart – eine Art Klima-Ökogram – wie in Abb. 6 am Beispiel der Buche und Fichte dargestellt. Die Regionalisierung ergibt dann die Klima-Eignungskarten in Abb. 7 für alle Hauptbaumarten.

Die Klima-Eignungskarten deuten auf eine markante Veränderung der klimatischen Eignung der Hauptbaumarten hin. Zu erkennen ist eine durchgängige, jedoch baumartenspezifische und regional differenzierte **Eignungsabnahme**. Von den Talhängen der

Abbildung 6:

Klima-Eignungsmatrix für die Baumarten Buche und Fichte sowie Zuordnung der Eignungsklassen (Mitte).

Buche	mittlere Niederschlagssumme in der Vegetationszeit [mm]							
mittlere Jahrestemperatur [°C]	180-210	210-240	241-260	261-300	301-340	341-380	381-420	421-460
6-6,4	-	-	-	-	-	-	-	-
6,5-6,9	-	-	-	-	-	-	-	-
7-7,4	-	-	-	+-	+-	+-	+-	+-
7,5-7,9	-	-	-	+-	+	+	+	+
8-8,4	-	-	-	+-	+	++	++	++
8,5-8,9	-	-	-	+-	+	++	++	++
9-9,4	-	-	-	+-	+	++	++	++
9,5-9,9	-	-	-	+-	+	++	++	++
10-10,4	--	-	-	+-	+-	+	+	+
10,5-10,9	--	-	-	+-	+-	+	+	+
11-11,4	--	-	-	+-	+-	+	+	+
11,5-11,9	--	-	-	-	+-	+	+	+
12-12,4	--	--	--	-	+-	+-	+-	+-
12,5-13,1	--	--	--	-	+-	+-	+-	+-

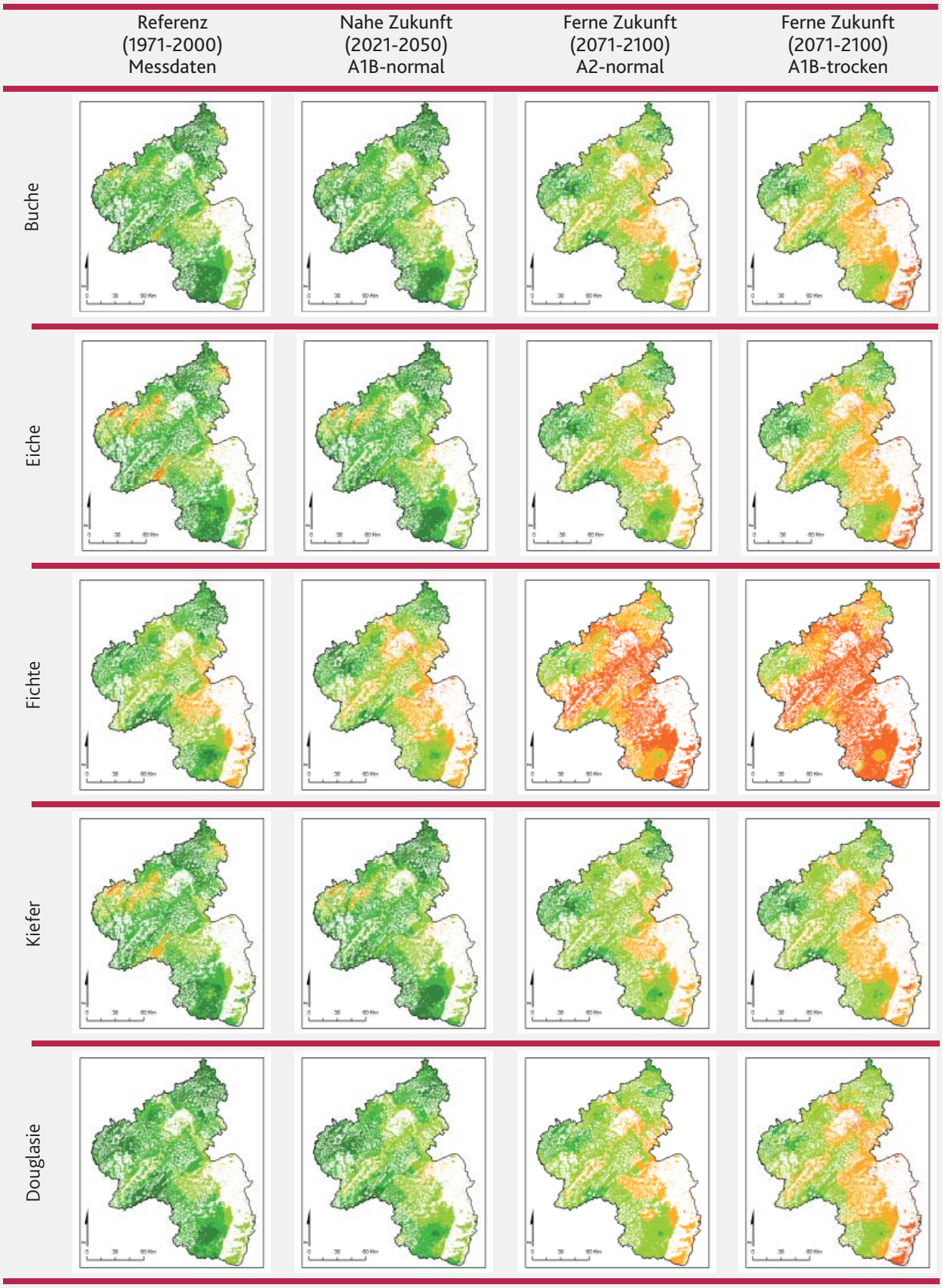
		Vorkommen	Ertragsklasse
++	Sehr gut geeignet	sehr hoch	I (I,5) und besser
+	Gut geeignet	hoch	I,5 (II)
+-	Geeignet	mittel	II (II,5)
-	Bedingt geeignet	gering	II,5 (III)
- -	Nicht geeignet	sehr gering	III und schlechter

Fichte	mittlere Niederschlagssumme in der Vegetationszeit [mm]							
mittlere Jahrestemperatur [°C]	180-210	210-240	241-260	261-300	301-340	341-380	381-420	421-460
6-6,4	-	-	-	+-	+	++	++	++
6,5-6,9	-	-	-	+-	+	++	++	++
7-7,4	-	-	-	+-	+	+	++	++
7,5-7,9	-	-	-	+-	+	+	++	++
8-8,4	--	-	-	-	+-	+	++	++
8,5-8,9	--	-	-	-	+-	+	+	++
9-9,4	--	-	-	-	+-	+-	+	++
9,5-9,9	--	-	-	-	+-	+-	+	+
10-10,4	--	--	--	-	-	+-	+-	+
10,5-10,9	--	--	--	--	-	+-	+-	+-
11-11,4	--	--	--	--	-	-	+-	+-
11,5-11,9	--	--	--	--	-	-	+-	+-
12-12,4	--	--	--	--	--	-	-	+-
12,5-13,1	--	--	--	--	--	-	-	-

großen Flüsse bis in den kollinen Bereich hinein kann sich die klimatische Eignung im Vergleich zur Referenz für alle analysierten Baumarten deutlich verschlechtern. Eine extreme Eignungsverschlechterung ist vor allem für die **Fichte** projiziert worden.In den Höhenlagen von Rheinland-Pfalz (Eifel, Westerwald, Hunsrück und Teile des Pfälzerwaldes) sind jedoch für alle Baumarten bis Ende des Jahrhunderts die klimatischen Bedingungen günstiger. Zudem kann sich aufgrund einer relativen Temperaturerhöhung die Eignung der **Buche**, **Eiche** und **Kiefer** von „nicht geeignet" zu „gut geeignet" deutlich steigern.

Abbildung 7:

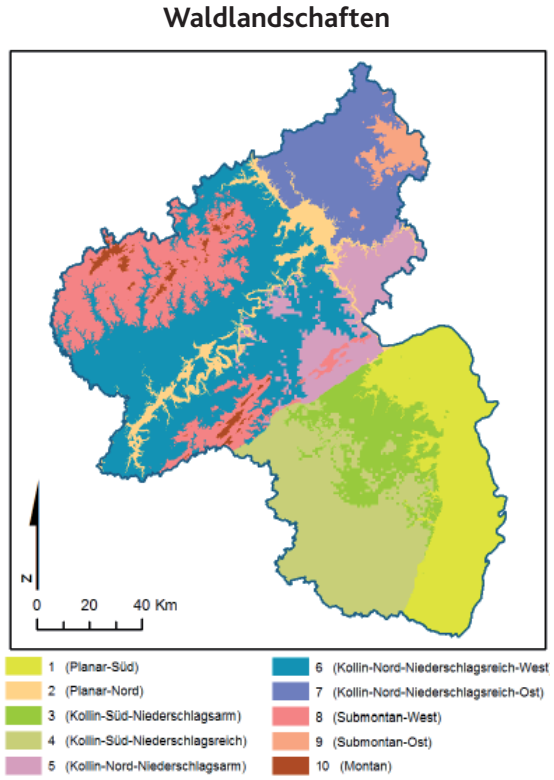
Klima-Eignungskarten für die Hauptbaumarten in Rheinland-Pfalz im Verlauf des Jahrhunderts unter verschiedenen Emissionsszenarien (Legende wie Abbildung 6).



Klimasensitive Waldwachstumssimulation

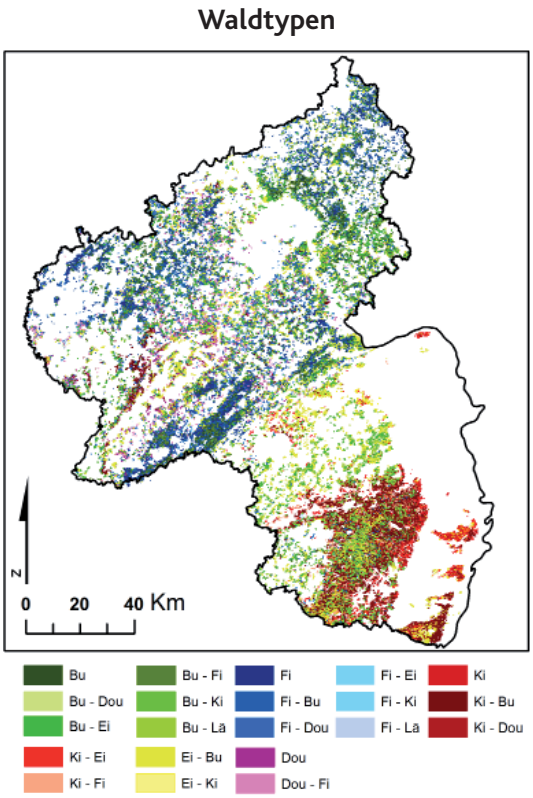
Die langfristige Entwicklung der Wachstumsleistung unterschiedlicher Wälder bei bestimmten forstlichen Maßnahmen wird aktuell über Waldwachstumssimulationsmodelle abgebildet. Auch unter wechselnden Standortsbedingungen sollen Modelle Hinweise zur möglichen Entwicklung verfügbarer Holzvorräte liefern. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München wurde ein methodischer Ansatz entwickelt, der auf der Verwendung von zwei gekoppelten Waldwachstumssimulationsmodellen basiert. Dafür wurde eine Stratifizierung der Waldlandschaften (Abb. 8) und der Waldtypen (Abb. 9) erarbeitet, um repräsentative Waldlandschaftseinheiten abgrenzen zu können.

Abbildung 8:
Einteilung der Waldlandschaften.



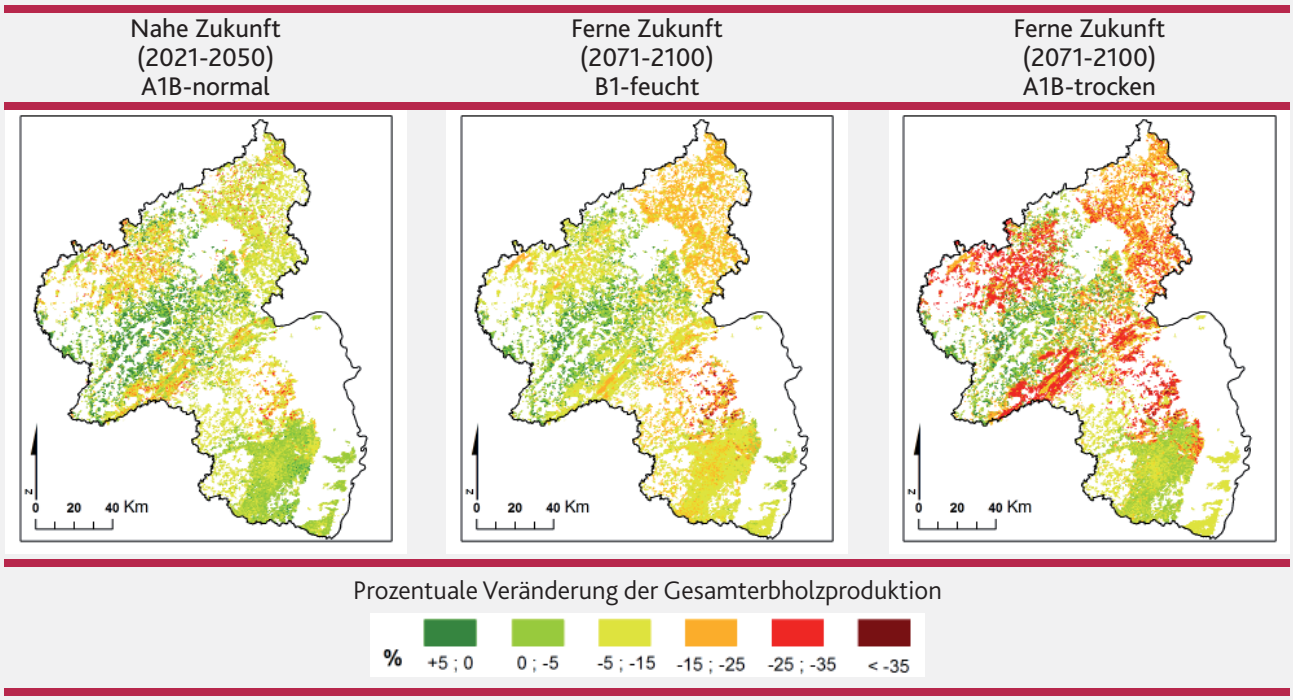
Das Wachstum der repräsentativen Waldtypen je Landschaft wird, unter einer durchschnittlich gültigen Behandlungsoption, auf der Grundlage der veränderten Wachstumsmodi der Baumarten bis zum Ende des Umtriebszeitraums oder des Jahrhunderts simuliert. Das Modell BALANCE (Grote & Pretzsch

Abbildung 9:
Verteilung der Hauptwaldtypen nach der Stratifizierung des rheinland-pfälzischen Waldes.



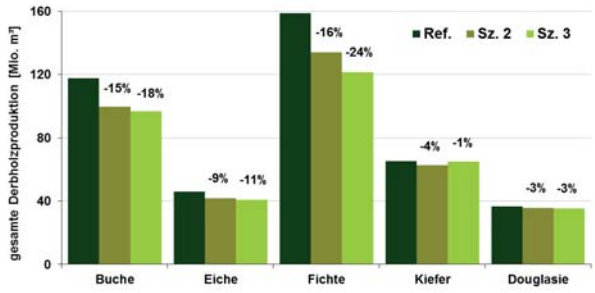
2002) simuliert die physiologische Baumartenreaktion in Bezug auf unterschiedliche Klimabedingungen und stellt als Ergebnis die daraus resultierende potentielle Veränderung des baumartenbezogenen jährlichen Zuwachses dar. Diese Veränderungen werden in einem zweiten Schritt in das empirische und managementorientierte Modell SILVA (Pretzsch 2002) gesteuert. Die räumliche Auflösung reicht modellspezifisch vom Einzelbaum über den Bestand bis zur Betriebs- und Landschaftsebene. Das Ergebnis ist die Darstellung möglicher Veränderungen der Gesamtderbholzproduktion im Zeitraum 2000-2100 in Abhängigkeit von den verschiedenen Emissionsszenarien auf unterschiedlicher Maßstabsebene. Abb. 10 stellt die geografische Zuordnung der Ergebnisse zur Waldort-Kulisse dar. Grundlage ist die Bestockung in den hier betrachteten Perioden bis 2050 und bis 2100. Ausgehend vom derzeitigen Waldtyp in jedem Waldort ist ein Vergleich der Wuchsleistung unter dem projizierten Klima und dem Referenzklima möglich.

Abbildung 10:
Prozentuale Veränderung der Gesamtderbholzproduktion im Vergleich zum Referenzszenario. Anhand der Bestandstypen je Waldort und Zeitraum ist der Vergleich zur Produktion unter dem Referenzklima dargestellt.



Für die nahe Zukunft sind nur wenige markante Veränderungen zu erkennen. Im Bereich **Mosel und Pfälzerwald** sind unter der Klimaprojektion des Emissionsszenarios A1B-normal sogar leicht positive Veränderungen der gesamten Derbholzproduktion im Vergleich zum Referenzklima erkennbar. Unter den Bestandstypen der fernen Zukunft ergibt sich bei den betrachteten Emissionsszenarien ein signifikanter Unterschied in der Intensität der Veränderungen. Bei beiden Szenarien ist wieder im **Moselgebiet** keine oder eine leicht positive Veränderung der gesamten Derbholzproduktion relativ zum Referenzklima zu bemerken. Im **Westerwald** und in der **Nordpfalz** stellt sich ein Rückgang der gesamten Derbholzproduktion in der Größenordnung zwischen -15 und - 35% im Vergleich zum Referenzklima ein. Sehr markant sind die großräumigen Veränderungen unter Emissionsszenario A1B-trocken in der **Eifel** und im **Hunsrück**, wo sich Rückgänge von -25 bis -35% ergeben können. Größtenteils sind die extremeren Bedingungen der Klimaprojektion unter dem Emissionsszenario A1B-trocken mit schwerwiegenderen Wirkungen für den Wald verbunden. Die Darstellung weist auf die Eignung und Produktionsleistung der Waldzusammensetzung bei den unterschiedlichen Zeitpunkten hin und offenbart den möglichen Bedarf einer regionalen **Überarbeitung des Waldentwicklungsziels.**

Abbildung 11:
Gesamte Derbholzproduktion [Mio.m³] jeder Baumart für die drei Simulationsszenarien (prozentuale Angaben weisen auf die Abweichungen der Szenarien 2 und 3 vom Referenzszenario 1 hin).



Die Darstellung in Abb. 11 ist für Fragen der möglichen Entwicklung der verfügbaren Holzvorräte, differenziert nach Baumarten, besonders interessant. Die baumartenspezifisch aufsummierte gesamte Derbholzproduktion zwischen 2000 und 2100 unter den drei Simulationsszenarien verdeutlicht, dass die **Fichte** die Baumart ist, bei der die größte Reduktion der Holzproduktion zu erwarten ist, wobei auch für die **Buche** merkliche Rückgänge projiziert werden. Deutlich geringere Veränderungen (und auch kaum szenariodifferenziert) sind bei **Eiche**, Kiefer und **Douglasie** anzunehmen. Zusammenfassend kann festgehalten

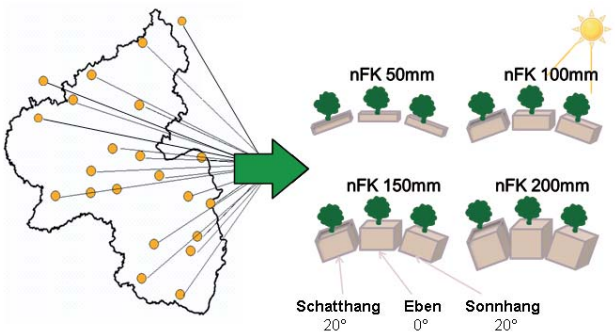
werden, dass für die betrachteten Nadelbäume im Fall einer statischen Baumartenverteilung ein Verlustkorridor im Rahmen der gesamten Derbholzproduktion bis 2100 zwischen ca. 29 und 40 Mio. m³ auftreten könnte. Für die betrachteten Laubbaumarten ist mit einem kleineren Rückgang zwischen ca. 22 und 26 Mio. m³ zu rechnen.

Wasserhaushaltssimulation am Beispiel der Buche

Markante Veränderungen des Wasserhaushalts der Wälder sind im Zuge des projizierten Klimawandels zu erwarten. Die tendenziell immer längeren und wärmeren Vegetationszeiten benötigen eine ausreichende Wasserversorgung, um Trockenheit und dementsprechend Produktivitätseinschränkungen zu verhindern (Badeck et al. 2004). In Zusammenarbeit mit dem Fach für Physische Geographie der Universität Trier und der Außenstelle Forsteinrichtung von Landesforsten sind an 21 Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes die hydrologischen Prozesse von 12 fiktiven Standorten (4 Variationen von nutzbarer Feldkapazität und 3 Reliefvariationen) (s. Abb. 12) unter heutigen und künftigen Klimabedingungen mit dem Modell WASIM-ETH (Schulla & Jasper 2007) simuliert worden. Mit Hilfe eines Indikators (BWd9) wurde der tägliche Wassergehalt im Wurzelraum bewertet. Damit kann die Häufigkeit und Intensität des potentiellen Trockenstresses in der Vegetationszeit der Buche geschätzt werden.

Abbildung 12:

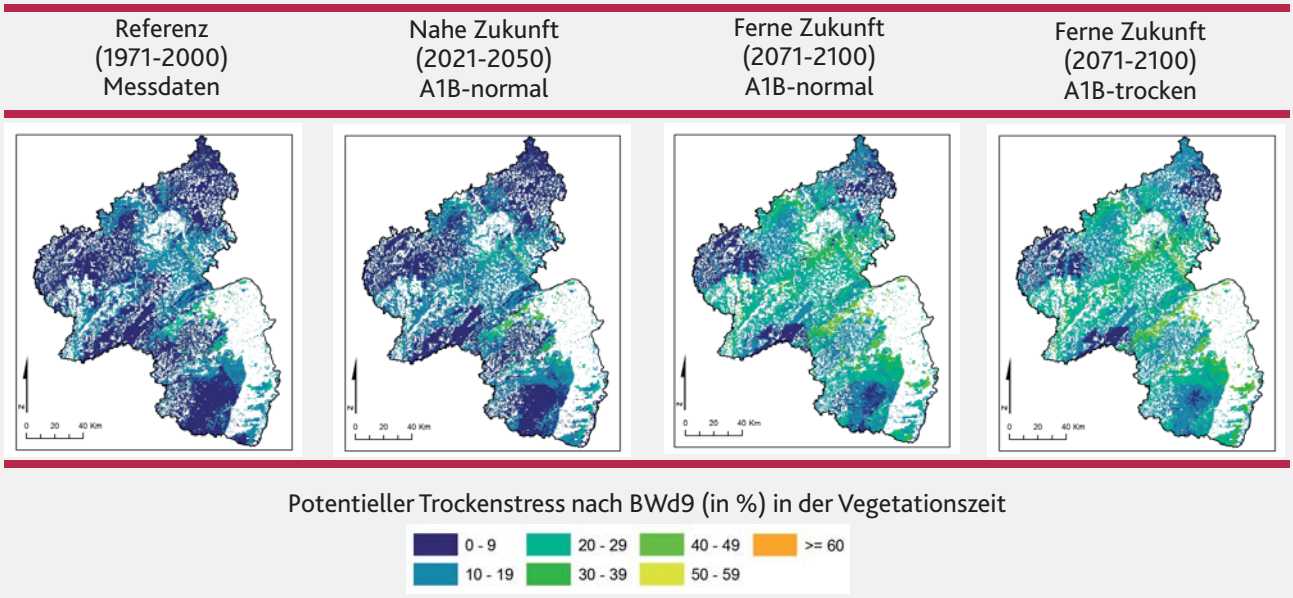
Schematische Darstellung der jeweils zwölf zu simulierenden fiktiven Waldstandorte an den geografischen Lagen der insgesamt 22 DWD-Klimastationen (CASPER et al. 2013).



Weil Schwellenwerte der Wasserversorgung oder Trockenheit weiterhin nicht einfach zu definieren oder objektiv als physiologischer Stress zu quantifizieren sind (McDowell et al. 2008), stellen die Ergebnisse ein Maß für „potenziellen" Stress dar.

Abbildung 13:

Potenzieller Trockenstress in der Vegetationszeit, ermittelt aus der Häufigkeit und Intensität von Wasserdefiziten im Wurzelraum, parametrisiert für 100-jährige Buche, bezogen auf die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz (nach Casper et al. 2013).



Zwar ist eine deutliche Zunahme des potenziellen Trockenstresses der Buche zu bemerken, doch sind die Höhenlagen und die kollinen Mittelgebirge auch weiterhin sehr geringem potenziellen Trockenstress ausgesetzt. Eine mögliche erhöhte Belastung für die Buche ist an den Hängen der großen Flusstäler zu erwarten.

Risiken und Chancen

Die Anfälligkeit des Waldes gegenüber dem Klimawandel wurde unter verschiedenen Aspekten für den regionalen Maßstab von Rheinland-Pfalz untersucht. Die Ergebnisse liefern auf der Regions- und Baumartenebene neue Erkenntnisse hinsichtlich möglicher künftiger Wirkungen des Klimawandels auf die rheinland-pfälzischen Waldökosysteme

Buche

Die Buche als „wesentliches und unverzichtbares Element (des) naturnahen Waldbaus in Mitteleuropa" (Kölling et al. 2005) wird auch künftig in Rheinland-Pfalz im Mittel weiterhin gute klimatische Verhältnisse vorfinden. Es wird in den kollinen und vor allem in den planaren Bereichen des Landes zu Einschränkungen kommen, während die Höhenlagen demgegenüber im Verlauf des Jahrhunderts für die Buche „klimagerechter" werden können und somit Buchenstandorte mit guter Vitalität und Leistung sein können.

Eiche

Die Traubeneiche, als eine aktuell charakteristische Baumart rheinland-pfälzischer Waldlandschaften, ist nach dem Stand der Forschung auch zukünftig als geeignete Baumart zu betrachten. Die Untersuchungen weisen auf eine Zukunftsentwicklung vergleichbar mit derjenigen der Buche hin. In manchen Gebieten, wie beispielsweise in der planaren Stufe, kann die Traubeneiche infolge der für andere Baumarten möglichen Situationsverschlechterung und dank ihrer relativen Trockenheitsresistenz an Bedeutung gewinnen.

Fichte

Wie in anderen Regionen Deutschlands ist auch in Rheinland-Pfalz davon auszugehen, das die Fichte die am meisten vom Klimawandel betroffene Baumart sein wird. Alle landesspezifischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass am Ende des Jahrhunderts wahrscheinlich lediglich die Höhenlagen von Rheinland-Pfalz für die Fichte „klimagerecht" sein werden.

Kiefer

Im Vergleich zu den anderen betrachteten Hauptbaumarten schneidet die Kiefer mit am Besten ab. Obwohl die Eignung in planaren und kollinen Landesteilen im Zeitverlauf abnehmen kann, erscheint eine Verbesserung ihrer Rahmenbedingungen in den Höhenlagen möglich. Darüber hinaus können der Pioniercharakter der Kiefer und ihre relative Trockenheitsresistenz zu einer Zunahme ihrer Bedeutung beitragen.

Douglasie

Die Douglasie schneidet im direkten Vergleich trotz ihrer ebenfalls allgemeinen Eignungsabnahme deutlich besser ab als die Fichte. Hierbei kann die wirtschaftliche Bedeutung dieser Baumart im Zuge des Klimawandels deutlich zunehmen und ihre Flächenpräsenz stärken. Diese Entwicklung soll mit Hinblick auf Ökosystemwirkungen weiter erforscht werden.

Regionale Perspektiven

Die Baumartenreaktionen hängen von den Eigenschaften der Bäume und von den sich verändernden Bedingungen der Standorte im Zuge des Klimawandels ab. Die verschiedenen methodischen Ansätze führten hierbei zu ähnlichen gerichteten regionalen Trends.

In den Tieflagen (planar) wird aufgrund einer sich ändernden (negativen) Wasserbilanz zu erwarten sein, dass weniger trockenheitstolerante Baumarten an ihre Grenzen stoßen können.

Der Eignungsverlust mancher Baumarten kann in kollinen Mittelgebirgen zu ökologischen Vorteilen anderer führen, indem sich beispielsweise die Konkurrenzverhältnisse verschieben.

Die Höhenlagen (submontan und montan) können aufgrund von Temperaturerhöhungen künftig günstige Standorte für manche Baumarten werden.

Der allgemein erkennbare Eignungsverlust der Baumarten kann die Vulnerabilität der Waldökosysteme gegenüber baumartenspezifischen Schädlingen oder weiteren Extremereignissen erhöhen.

Die Wälder in Rheinland-Pfalz werden aufgrund ihrer langen Lebensdauer von Klimaveränderungen betroffen sein. Auf der einen Seite weist bereits die Größenordnung der Veränderungen auf die Sensibilität und künftige mögliche Eignung (bzw. Nicht-Eignung) der Baumarten unter den projizierten Klimaveränderungen hin, auf der anderen Seite ist auch die aktuelle Verbreitung der Baumarten ein Ausdruck für das mit dem Klimawandel möglicherweise verbundene ökonomische Risiko. In bestimmten Regionen ist der Bedarf an einer aktiven Anpassung der Waldzusammensetzung oder der Produktionsziele zu erkennen. Die strategische regionale Planung soll Maßnahmen und Optionen benennen, die eine aktive Waldanpassung an den Klimawandel fördern und deren Zielsetzung sich an der Erhöhung der Resilienz der Wälder und somit auch an einer Risikominimierung orientiert. Aus Sicht der Waldlandschaftsökologie und angesichts des Unsicherheitscharakters des Klimawandels und dessen Folgen ist eine Umsetzung von ***No-Regret-Strategien*** zu fördern. Alle Maßnahmen, die z.B. zum Erhalt der Arten- und Strukturvielfalt oder zur Minimierung von Bodenstörungen beitragen, sind auch unabhängig vom Klimawandel ökologisch und ökonomisch sinnvoll (Ogden & Innes 2009). **Handlungsoptionen sollten weiterhin auf allgemein gültigen Maßstäben für die Gestaltung einer standorts- und klimagerechten Waldlandschaft basieren: i. eine langfristig risikostreuende Waldbauplanung und ii. die Prinzipen der naturnahen Waldbewirtschaftung.**

Forschungs- und Monitoringbedarf

Viele grundsätzliche Aspekte und Zusammenhänge sind ohne experimentelle Beobachtung und mittel- bis langfristiges Monitoring nicht zu klären. Für die Beantwortung von speziellen Fragen sind Beobachtungen und Resultate aus bestehenden **Versuchsflächen** und **Waldklimastationen** wertvoll. Der Bedarf einer **Intensivierung des forstlichen Umweltmonitorings** stützt sich auf die Notwendigkeit, die Wirkungen des Klimawandels auf die Wälder flächendeckend und im Detail zu identifizieren und den Erfolgsgrad von Anpassungsmaßnahmen zu erkennen. Somit ergibt sich insbesondere folgender Forschungs- bzw. Untersuchungsbedarf:

- Vulnerabilität und Wirkungen von häufigen Extremwetterereignissen auf Wälder;
- Wachstumsreaktionen bei erhöhtem atmosphärischen CO_2-Gehalt;
- Vulnerabilität und Wirkungen von Schadorganismen auf die Wälder unter künftigen Klimabedingungen;
- Waldbrandgefahr infolge klimatischer Änderungen und sich ggf. verändernder Bestockung;
- genetisch- und phänotypisch bedingte Anpassungspotenziale von Baumarten und entsprechenden Provenienzen;
- Potenziale von weiteren heimischen Baumarten unter sich verändernden Standortsverhältnissen;

- Beobachtung der Klimawandelfolgen in Referenzgebieten der natürlichen Reaktion der Waldökosysteme, z.B. in Naturwald Reservaten und Naturparken;
- Potenziale von gebietsfremden Baumarten und Provenienzen in Rheinland-Pfalz unter künftigen Klimaverhältnissen bei gleichzeitiger Beobachtung ihres Konkurrenzverhaltens gegenüber einheimischen Baumarten und im Hinblick auf ihre Invasivität;
- wirtschaftliche Entwicklungsperspektiven auf Grenzertragsstandorte;
- Dynamik existierender oder neu entstehender Waldnaturschutzobjekte;
- Vulnerabilitätsanalyse unter Berücksichtigung neuer Emissionsszenarien und zusätzlicher Klimamodelle (Ensembleauswertung).

Projekt:	Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP)
Modul:	Wald
Bearbeitung:	**Ana Cátia Vasconcelos** **Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege und Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen** **Hauptstraße 16, 67705 Trippstadt** **Dr. Ulrich Matthes** **Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen** **Prof. Dr. Werner Konold** **Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Landespflege** **Tennenbacher Straße 4, 79106 Freiburg**
Berichtszeitraum:	April 2008 - September 2011
Homepage:	www.kwis-rlp.de www.klimawandel-rlp.de www.klimlandrp.de
Gesamtkoordination des Projekts:	Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
Zitierhinweise:	Vasconcelos, A.C., Matthes, U. & Konold, W. (2013): Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP) – Themenblatt zu den Methoden und Ergebnissen des Moduls Wald. Hrsg.: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen.
Quellen/Literaturangaben	Ein Literaturverzeichnis kann bei Bedarf über die Verantwortlichen bezogen werden

Projektpartner KlimLandRP:

Das Landesprojekt KlimLandRP - Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz wurde gefördert mit Mitteln der Ministerien für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung sowie für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten

© April 2013 Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers