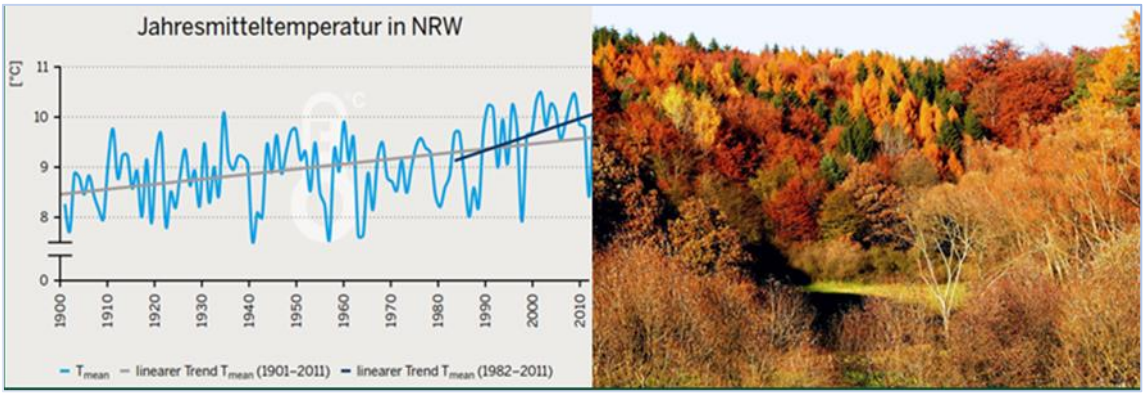
Klimawandel im Wald
–Konzept für eine Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen

Klimafolgen, Anpassungsmaßnahmen und klimadynamisches Waldinformationssystem



UNIQUE forestry and land use.

Klimawandel im Wald – Konzept für eine Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen

Klimafolgen, Anpassungsmaßnahmen und klimadynamisches Waldinformationssystem

Auftraggeber und Herausgeber:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Auftragnehmer:

UNIQUE forestry and land use GmbH

Bearbeiter:

Martin Redmann

Dr. Axel Weinreich

Axel Winking

Stand Juni 2014

UNIQUE forestry and land use GmbH

Schnewlinstraße 10
79098 Freiburg, Germany
Tel: +49 - 761 - 20 85 34 - 0
Fax: +49 - 761 - 20 85 34 - 10
unique@unique-landuse.de
www.unique-landuse.de

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung 0
0.1 Hintergrund für die Erstellung des Konzeptes einer Anpassungsstrategie Wald NRW 0
0.2 Ergebnisse 1
1 Hintergründe und Zielsetzung 4
1.1 Herausforderung Klimawandel und Klimaschutz 4
1.2 Klimawandel und Klimaanpassung im Wald 4
1.3 Klimaschutz- und Klimaanpassungspolitik in Nordrhein-Westfalen 5
1.4 Wald und nachhaltige Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 5
1.5 Klimawandel in NRW: Aktuelle Klimaszenarien 9
1.6 Bisherige Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel 14
1.7 Zielsetzung des Konzepts für eine Anpassungsstrategie für Wald an den Klimawandel 16
2 Methodik und Bearbeitungsschritte 17
2.1 Literaturanalyse 18
2.2 Klimafolgen: Risiken, Chancen und Betroffenheiten 18
2.3 Erarbeitung und Gewichtung von Handlungsfeldern 19
3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder in NRW 22
3.1 Klimafolgen für Wald und Waldbewirtschaftung 23
3.2 Klimafolgen für Biodiversität und Naturschutz 31
3.3 Klimafolgen für den Cluster Forst und Holz 31
3.4 Klimafolgen für Wald und Gesellschaft 32
3.4.1 Klimafolgen für den Wald in urbanen Räumen 32
3.4.2 Klimafolgen für Wald im ländlichen Raum 33
3.4.3 Klimafolgen und Risiken für Klimaschutzziele in der Waldwirtschaft 33
3.4.4 Klimafolgen für die Wasserwirtschaft 33
3.5 Übergeordnete Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels auf Wald in NRW 34
4 Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel 35
4.1 Anpassungsmaßnahmen für Wald und Waldbewirtschaftung 35
4.2 Handlungsfelder und Maßnahmen für Biodiversität und Naturschutz 44
4.3 Handlungsfelder und Maßnahmen im Cluster Forst und Holz 50
4.4 Handlungsfelder und Maßnahmen für Wald und Gesellschaft 55
4.5 Die bedeutsamsten Handlungsfelder im Überblick 61
5 Klimadynamisches Waldinformationssystem 66

5.1 Anforderungen an ein klimadynamisches Waldinformationssystem 67
5.2 Entwurf eines klimadynamischen Waldinformationssystems 69
6 Fazit und Ausblick..... 76
7 Literatur..... 80
Anlage 1: Auswahl von Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel 87
Anlage 2: Fachleute (interne AG) und Vertreter/innen von Institutionen (externe AG) 94

Kurzfassung

Die vorliegende Kurzfassung des Konzeptes für eine Anpassungsstrategie Wald in Nordrhein-Westfalen (nachfolgend NRW) ist den inhaltlichen Kapiteln 1 bis 5 vorangestellt und ein eigenständig lesbares Kapitel.

0.1 Hintergrund für die Erstellung des Konzeptes einer Anpassungsstrategie Wald NRW

Klimawandel global und in Nordrhein-Westfalen

Der im September 2013 veröffentlichte fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) bestätigt mit verbesserter Methodik, dass Klimaänderungen stattfinden, die anthropogen verursacht sind. Die angenommenen Klimaänderungen und -folgen werden in Mitteleuropa vergleichsweise moderat ausfallen (vgl. Kap. 1.1).

Für Nordrhein-Westfalen ist anzunehmen (vgl. Kap. 1.5), dass

- es zu einem weiteren Anstieg der Temperaturen kommt, der den Westen des Landes mehr betrifft als die östlichen Landesteile und der sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts weiter verstärkt.
- der Niederschlag geringfügig zunimmt, die Veränderungsrichtung aber im Jahresverlauf verschieden ist (weniger Regen im Sommer, mehr im Winter) und zu vermehrten Starkregenereignissen führen kann. Im Südwesten werden die relativ größten Niederschlagsabnahmen erwartet, im Nordosten ist eine Niederschlagszunahme zu erwarten.
- Frosttage (Min. der Lufttemp. ≤ 0°C) um 11 bis 29 Tage in der nahen Zukunft zurückgehen, regional sind diese Abnahmen im Osten und Südosten des Landes am stärksten ausgeprägt.
- Sturmereignisse zunehmen, insbesondere in Form von lokalen Sturmereignissen – allerdings sind Sturmereignisse weniger sicher zu prognostizieren als die vorher genannten Klimaänderungen.

Diese als wahrscheinlich eingeschätzten Klimaänderungen machen deutlich, warum neben Maßnahmen zum Klimaschutz (vgl. Kap. 1.1) auch Anpassungen an die unvermeidbaren Folgen von Klimawandel für verschiedene Bereiche und gesellschaftliche Gruppen erforderlich sind.

Kenndaten zu Wald und Holz in Nordrhein-Westfalen

Mit einer Waldfläche von rd. 0,9 Mio. ha zählt NRW absolut gesehen zu den waldreichen Bundesländern, der Anteil der Waldfläche beträgt 27 % und ist im Bundesvergleich eher unterdurchschnittlich. Der Wald setzt sich zu fast gleichen Anteilen aus Laub- und Nadelbäumen zusammen und erfüllt verschiedene Waldfunktionen (Nutz-, Schutz-, Erholungsfunktionen) für 17,5 Mio. Einwohner. Anzahl und Anteil privater Waldeigentümer NRWs sind im Bundesgebiet einmalig: rd. 150.000 Eigentümer besitzen ca. 68 % des Waldes.

In der Forstwirtschaft Nordrhein-Westfalens und sämtlichen Betrieben, die zum Cluster Forst und Holz zählen (Holzwirtschaft bis Druckereigewerbe; vgl. Kap. 1.4), arbeiten rund 180.000 Beschäftigte, die 38 Mrd. Euro Umsatz im Jahr 2011 erwirtschafteten. Aus den Wäldern NRWs beziehen diese Betriebe zwischen 4,5 und 5,0 Mio. Festmeter Holz aus der Forstwirtschaft.

Allein diese Zahlen und Relationen verdeutlichen, warum Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Wald zur Sicherung der verschiedenen Waldfunktionen in NRW eine besonders große Bedeutung zukommt. Hinzu kommt, dass die Klimaschutzleistungen von Wald (Baum- und Bodenkohlenstoff) und die aus seiner Bewirtschaftung resultierenden stofflichen Produkte wie auch energetischen Substitutionen bemerkenswerte Reduktionen von Treibhausgasen bewirken: 18 Mio. t CO_2 werden rechnerisch jährlich reduziert.

Vorgehensweise

Für NRW, Deutschland und Europa wurde die aktuelle Literatur zu den Themen Klimaprojektionen, Auswirkungen des Klimawandels, Waldmanagement sowie Klimaschutz zusammen getragen und die wichtigsten Literaturquellen zusammenfassend dargestellt. Dieses analytische Wissen wurde im Workshop-Prozess zur Verfügung gestellt und so mit dem erfahrungsbasierten Wissen der Teilnehmer ergänzt. In insgesamt sechs Workshops (vier Experten-, zwei Stakeholder-Workshops) wurden für verschiedene Wirkungsebenen (Wald und Waldwirtschaft, Naturschutz und Biodiversität, Cluster Forst und Holz, Gesellschaft) Handlungsfelder und Maßnahmen erarbeitet, zuständigen Institutionen zugewiesen und abgestimmt. Die Beteiligung an diesem partizipativen Prozess lag über den Erwartungen und erfolgte in den Workshops sehr engagiert.

0.2 Ergebnisse

Klimafolgen

Die angenommenen Auswirkungen des Klimawandels haben Risiken, zum Teil auch Chancen zur Folge und führen zu verschieden großen Betroffenheiten für Wälder, landschaftliche Räume, Lebensgemeinschaften im Wald und verschiedene wirtschaftliche Einheiten (Forst-, Holzwirtschafts-, Tourismusbetriebe), aber auch für die im Wald tätigen oder Erholung suchenden Menschen.

Die wesentlichen Auswirkungen auf den verschiedenen Wirkungsebenen sind:

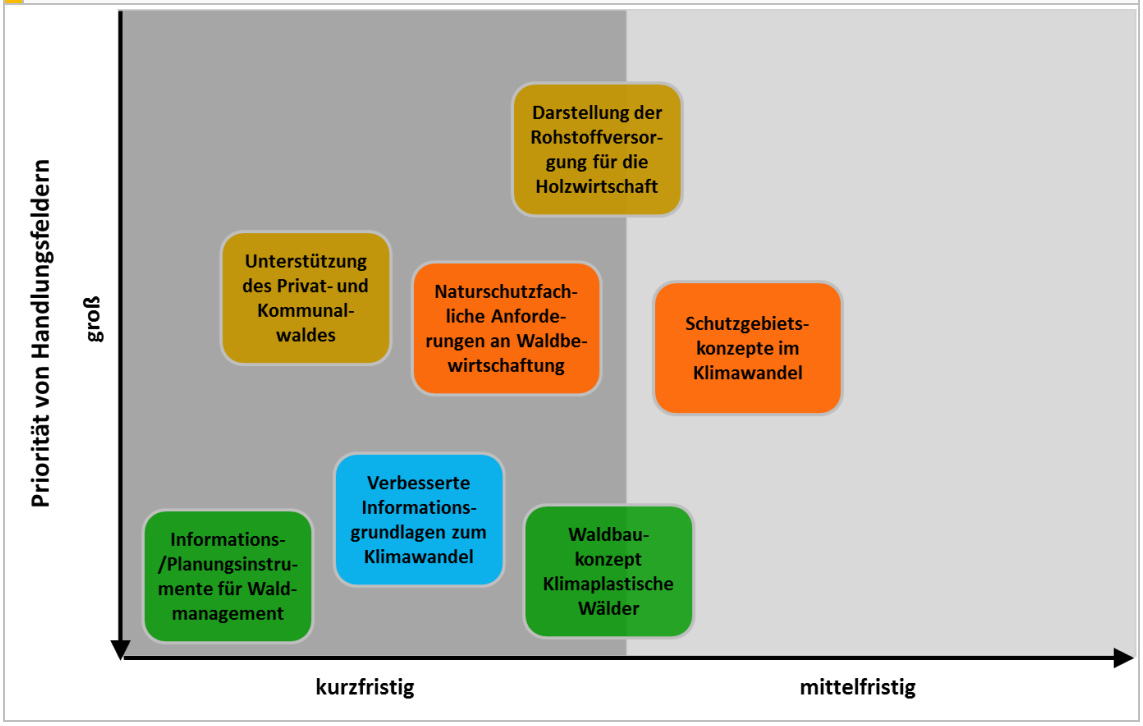
- **Wald und Waldbewirtschaftung**: Veränderung der Vitalität und Stabilität der Wälder; Verschiebung der Konkurrenzkraft der Baumarten weg von der Hauptwirtschaftsbaumart Fichte überwiegend hin zu Laubbäumen; Zunahme zufälliger Ereignisse (Trocken-, Käferschäden; Starkregenereignisse; lokale Stürme), die gewohnte Abläufe unterbrechen und zu Mehraufwänden führen. Rückhaltung von Wasser im Wald wird wichtiger werden, wie auch die Ableitung bei Starkregen. Günstig wirken stellenweise die steigende Vitalität von Mischbaumarten im Mittelgebirge und lokal auch mögliche bessere Wachstumsbedingungen (z. B. durch mehr Wärme, wenn ausreichend Wasser vorhanden).
- **Biodiversität und Naturschutz**: Lebensräume werden sich verändern; Populationen mit einem engen ökologischen Toleranzbereich werden ggf. kleiner; Arealverschiebungen finden statt, sind aber noch wenig einschätzbar; Naturschutzkonzepte müssen dieser neuen Dynamik gerecht werden.
- **Cluster Forst und Holz**: Einschränkungen bei der Verfügbarkeit des Hauptrohstoffs, insbesondere Nadelholz/Fichtenholz nach Menge, Qualität und Zeitpunkt mit Folge verringerter Wirtschaftlichkeit der Forst- und Holzwirtschaft; Zunahme aufwändiger Anpassungs- und Veränderungsprozessen durch Verschiebung hin zu Laubholz.

- **Wald und Gesellschaft**: Bedeutung der Klimaausgleichsfunktion von Wald im urbanen Räumen nimmt zu, wie auch die der Walderholung bei gleichzeitig steigenden Risiken (Waldschutz, Waldbrand); potenzielle Gefährdung der Einkommens- und Arbeitsplatzfunktion von Betrieben der Forst- und Holzwirtschaft im ländlichen Raum.
- **Wasserwirtschaft**: Verringerte Sickerwasserspende aus Wald beeinflusst ggf. die Trinkwasserversorgung bei Sommertrockenheit; eine ggfs. reduzierte Waldbedeckung verringert die direkte Verdunstung durch Kronen der Waldbäume.

Handlungsfelder

Insgesamt wurden 18 Handlungsfelder für vier Wirkungsebenen mit mindestens einer und bis zu vier konkret formulierten Maßnahmen in Workshops erarbeitet und Adressaten zugewiesen (vgl. Kap. 4). Die Handlungsfelder wurden nach ihrer Priorität und zeitlichen Dringlichkeit angeordnet, um eine Empfehlung für deren Umsetzung auszusprechen. Sieben Handlungsfelder werden als vordringlich für die Umsetzung empfohlen (vgl. Abbildung 1):

Abbildung 1: Besonders bedeutsame Handlungsfelder



Quelle: eigene Darstellung

Klimadynamisches Waldinformationssystem

In den Workshops wurde ein klimadynamisches Waldinformationssystem entworfen und anschließend beschrieben, dass Informationen zu Wald und Klimawandel sowie dessen Auswirkungen für verschiedene Nutzergruppen bereitstellt. Die wesentlichen Informationsgrundlagen und Funktionen für das klimadynamische Waldinformationssystem liegen durch abgeschlossene Projekte der vergangenen Jahre bereits vor, müssen aber verknüpft und teilweise ergänzt werden. Drei Module sollen den spezifischen Informationsbedarf verschiedener Nutzergruppen erfüllen:

- **Waldinformation**: stellt Informationen zu Wäldern und Waldmanagement im Klimawandel für Waldbesitzer, die interessierte Öffentlichkeit und die Politik bereit.
- **Waldmanagement**: liefert aktuelle und digitale Informationen für das Waldmanagement im Klimawandel für Forstfachpersonal und andere Fachleute, insbesondere zur Unterstützung von Entscheidungen beim Waldmanagement.
- **Experten-Tool**: bietet Analyse- und Prognosemöglichkeiten durch Modellierungen und Simulation der Waldentwicklung im Klimawandel für Experten/-innen.

1 Hintergründe und Zielsetzung

Anlass für die Erstellung des vorliegenden Konzeptes einer Anpassungsstrategie Wald in Nordrhein-Westfalen ist der weltweit festzustellende Klimawandel und dessen Auswirkungen auf Wald. Diese Auswirkungen sind regional verschieden, weil das Regionalklima unterschiedlich ist und die jeweiligen Wälder in den Regionen nach Alter und Zusammensetzung differieren. Hinzu kommt, dass verschiedene gesellschaftliche Gruppen in unterschiedlicher Stärke betroffen sind.

Die Hintergründe zu diesen Zusammenhängen werden nachfolgend erläutert. Die Kapitel 1.1 und 1.2 stellen grundsätzliche Aspekte zum Klimawandel dar. In den Kapiteln 1.3 bis 1.7 werden für Nordrhein-Westfalen (nachfolgend: NRW) typische Sachverhalte erläutert.

1.1 Herausforderung Klimawandel und Klimaschutz

In Medien und populären Veröffentlichungen werden Starkniederschläge, Hitzewellen, Überschwemmungen, Stürme sowie Dürren oder das Abschmelzen von Gletschern pauschal und vereinfachend mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht. Aber auch für Wissenschaftlerinnen[1] und Wissenschaftler des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) sind das keine Einzelphänomene mehr[2]. Für sie steht fest, dass der Klimawandel stattfindet und das Risiko von Wetterextremen deutlich steigt. Auf nationaler Ebene verdeutlichen die umfangreichen Aktivitäten des Bundes und der Länder zum Klimaschutz, dass die Herausforderungen des Klimawandels erkannt wurden und Gegenmaßnahmen ergriffen werden[3].

Auch die in Nordrhein-Westfalen zu erwartenden Auswirkungen des globalen Klimawandels[4] werden zu mehr Wetterextremen führen und die Lebensgrundlage von Menschen, Tieren und Pflanzen beeinflussen. Die umfangreichen Aktivitäten innerhalb des Landes und deren frühzeitiger Start (vgl. Kap. 1.3) verdeutlichen das politische und gesellschaftliche Bemühen, die Folgen des Klimawandels für menschliche Gesundheit und Lebensqualität der Bevölkerung abzumildern oder sogar sich daraus ergebende Chancen zu nutzen.

1.2 Klimawandel und Klimaanpassung im Wald

Wald ist von der globalen Klimaerwärmung dadurch betroffen, dass seine aktuelle Baumartenzusammensetzung und Struktur an zurückliegende Klimabedingungen angepasst ist, die sich in der Zukunft verändern. Deshalb werden sich teilweise Stabilität und Vitalität der Wälder verändern, wodurch Anpassungsmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen erforderlich werden, um Multifunktionalität von Wald in NRW auch unter veränderten Klimabedingungen zu sichern.

Parallel zu den erforderlichen Anpassungsmaßnahmen zur Entwicklung „klimaplastischer Wälder“ bewirkt Wald selber Klimaschutz und begrenzt die Auswirkungen der globalen Klimaer-

[1] Nachfolgend werden aus Vereinfachungsgründen und zur besseren Lesbarkeit ausschließlich männliche Sprachformen verwendet, die aber beide Geschlechter gleichrangig meinen.
[2] IPCC (2013)
[3] Osterburg, B. et al. (2013)
[4] MKULNV (2013b)

wärmung: Zum einen durch den im Waldökosystem gespeicherten Kohlenstoff und zum anderen durch die aus Waldbewirtschaftung resultierenden Holzprodukte[5].

Ungeachtet der globalen Wirksamkeit der Klimaerwärmung sind es konkrete nationale und regionale Maßnahmen, die eine Minderung oder Anpassung an die Folgen des Klimawandels bewirken können.

1.3 Klimaschutz- und Klimaanpassungspolitik in Nordrhein-Westfalen

Nordrhein-Westfalen ist in Deutschland und darüber hinaus ein Vorreiter im Klimaschutz. NRW verabschiedete 2013 das bundesweit erste Klimaschutzgesetz mit Zielen für Klimaschutz und Klimafolgenanpassung und entwickelt derzeit einen umfassenden Klimaschutzplan[6]. Der Klimaschutzplan ist die „Road Map“ für das Erreichen der im Gesetz formulierten ambitionierten Klimaschutzziele Nordrhein-Westfalens. Er wurde in einem breit angelegten Dialog- und Beteiligungsverfahren erarbeitet. Konkrete Maßnahmen für den Bereich Wald und Forstwirtschaft werden im Klimaschutzplan in je einem Kapitel zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels dargestellt.

Die derzeit auf der Grundlage des hier vorliegenden Fachkonzeptes entwickelte Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW ist ein wichtiger Bestandteil der gesamten Klimaanpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen[7]. In 2012 wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder und die Forstwirtschaft in NRW durch die gleichnamige Broschüre[8] der Öffentlichkeit vorgestellt und in einer Tagung diskutiert. Die Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW ist auch ein bedeutender Bestandteil der derzeit für Nordrhein-Westfalen erstellten Waldstrategie 2050. Zusätzlich bestehen Bezugspunkte zu Klimaschutzaspekten der Strategie für die Holzwirtschaft bzw. den Cluster Forst und Holz in NRW sowie zur Umweltwirtschaftsstrategie NRW.

Inhaltlich knüpft die Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW an die deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel[9] und an entsprechende Initiativen und Projekte auf europäischer Ebene[10] an.

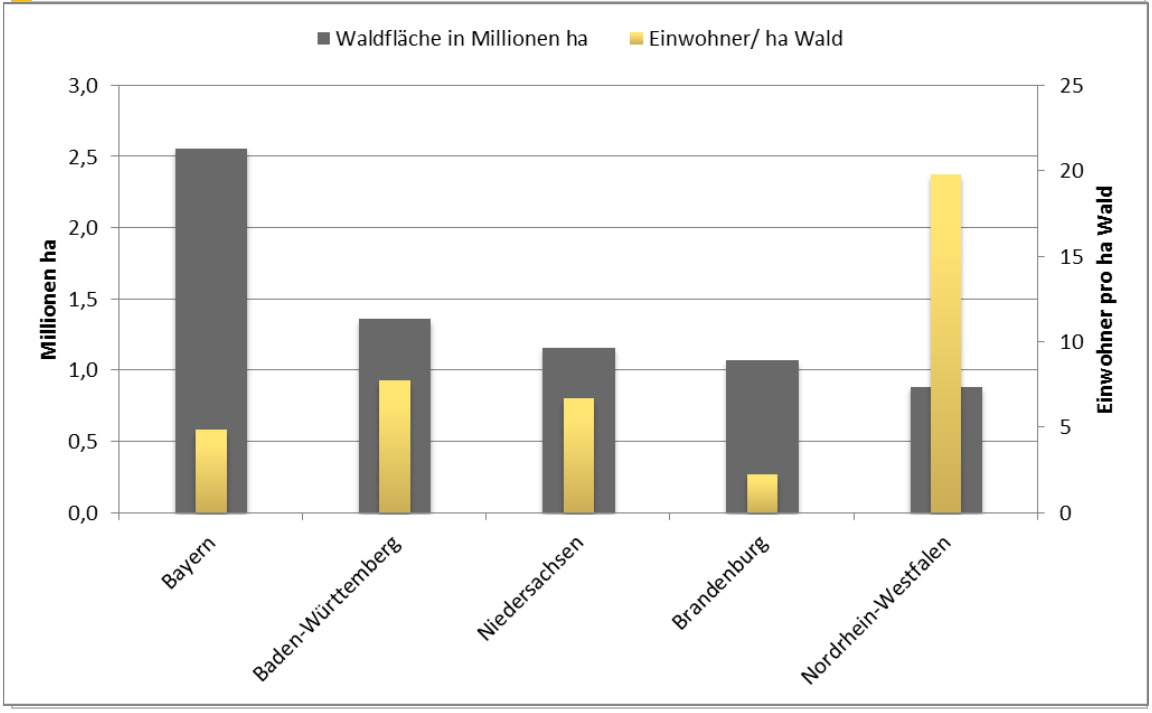
1.4 Wald und nachhaltige Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen

Nordrhein-Westfalen ist mit einer Waldfläche von ca. 0,9 Mio. ha[11] eines der waldreichen Bundesländer in Deutschland[12] (vgl. Abbildung 2). Der Waldanteil im Vergleich zur Landesfläche ist mit rund 27 % im Bundesvergleich (Waldflächenanteil bundesweit: 31 %) leicht unterdurchschnittlich.

---

[5] MKULNV & LB WH (2013a); Osterburg, B. et al. (2013)
[6] LANUV (2014b)
[7] MUNLV (2009d)
[8] MKULNV (2012b)
[9] BMU (2008)
[10] United Nations (1994); EU Kommission (2010); McCallum, S. et al. (2013); EU Kommission (2013); EU Projekt: CLIMATE-ADAPT
[11] Nach Landeswaldinventur 1 (1999): 915.000 ha. Ein Hektar (ha) sind 100x100m.
[12] Größere Waldflächen haben nur Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Brandenburg (vgl. Bundeswaldinventur 2, BMELV)

Abbildung 2: Waldflächen und Einwohner pro ha Wald im Vergleich



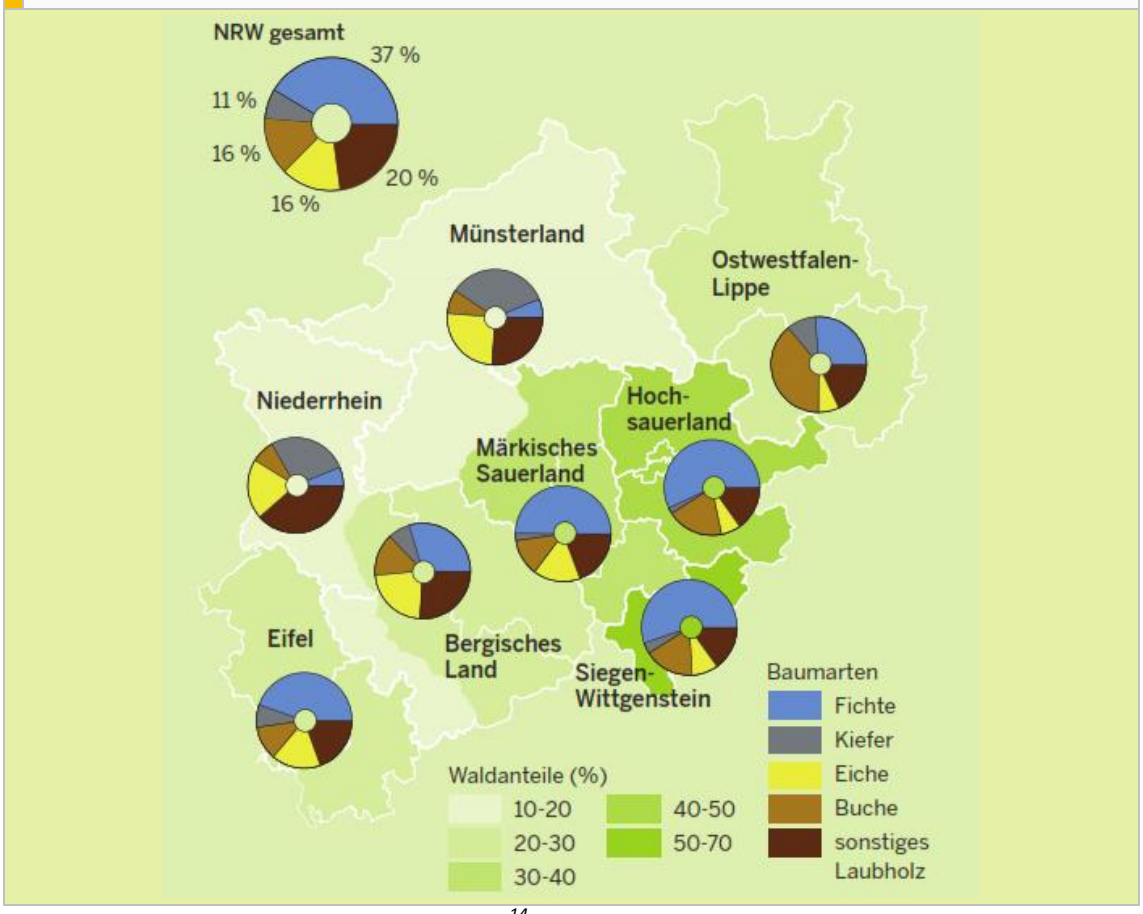
Quelle: Bundeswaldinventur 2 und Einwohnerzahlen lt. Statistischem Bundesamt, eigene Darstellung

Die waldreicheren Gebiete NRWs sind die Mittelgebirgsregionen mit Waldanteilen von deutlich über 50 %, in den tieferen Lagen beträgt der Waldanteil zum Teil weniger als 20 % (vgl. Abbildung 3).

Laub- und Nadelbäume kommen zu ungefähr gleichen Anteilen, mit einem etwas größeren Anteil von Laubbäumen, vor. Die bestimmende Baumart ist Fichte (37 % der Waldfläche), gefolgt von Buche und Eiche mit jeweils rund einem Sechstel Flächenanteil[13].

[13] Vgl. Bundeswaldinventur 2, BMELV. Aktuellere Daten der Bundeswaldinventur 3 werden in der zweiten Jahreshälfte 2014 veröffentlicht.

Abbildung 3: Wald- und Baumartenverteilung in NRW



Quelle: Landesbetrieb Wald und Holz NRW[14] nach Bundeswaldinventur 2

Typisch für Nordrhein-Westfalen und im Bundesvergleich einmalig sind[15]

- die hohe Bevölkerungsdichte: Die Einwohner NRWs nutzen Wald unmittelbar als Raum für Erholung oder sportliche Aktivitäten und profitieren von seinen Produkten in unverarbeiteter Form (Brennholz) oder als weiter verarbeitetes Produkt (Dachstuhl, Parkett, Möbel). Aber auch mittelbar spielt Wald eine bedeutende Rolle durch z. B. seine Regenrückhaltefunktion, Wirkung für Bodenerosionsschutz oder Klimaausgleich in den urbanen Ballungsräumen. Hinzu kommen die für den Erhalt der natürlichen Umwelt sowie der Ökosystemleistungen und der Biodiversität gesellschaftlich wichtigen Waldnaturschutzfunktionen.
- die Bedeutung privater Waldeigentümer (rd. 150.000), die ca. 68 % des Waldes in NRW besitzen; kein anderes Bundesland hat einen höheren Privatwaldanteil (bundesweiter Privatwaldanteil: 44 %). Der weit überwiegende Teil der Waldeigentümer (rd. 120.000) besitzt Waldflächen unter 2 ha und hat diesen Waldbesitz zu 75 % in den Regionen Sauerland, Münsterland, Bergisches Land und Ostwestfalen-Lippe. Weitere Waldeigentumsarten sind der Körperschaftswald mit rd. 15 %, der Landeswald mit rd. 14 % und der Bundeswald mit rd. 3 %.

Für das Konzept zur Klimaanpassungsstrategie Wald in NRW haben diese Sachverhalte verschiedene Konsequenzen. Zum einen wird die große Bedeutung der Entwicklung eines klima-

[14] LB WH (2012a)
[15] Daten aus MKULNV (2013c) und PEFC (2011)

plastischen Waldes in NRW offensichtlich, denn allein das Verhältnis von Einwohnerzahl zu Waldflächen verdeutlicht (vgl. Abbildung 2), wie wertvoll und damit besonders erhaltenswert das vergleichsweise knappe Gut „Wald“ im bevölkerungsreichsten Bundesland ist.

Zum anderen wird aber auch deutlich, welche Akteure sich in besonderer Weise mit den Folgen der Klimawandels auseinandersetzen und ggf. Entscheidungen zur Entwicklung klimaplastischer Wälder treffen und konkret umsetzen müssen: Das sind die rund 150.000 Privatwaldeigentümer, denen die Wälder in NRW weit überwiegend gehören.

Wirtschaftliche Aspekte im Cluster Forst und Holz: Die wirtschaftliche Bedeutung des Waldes als nachhaltige Rohstoffquelle in NRW verdeutlichen einige Kennzahlen.

- Unter Einbeziehung auch geringfügig Beschäftigter nennt der Landeswaldbericht 2012[16] 180.000 Beschäftigte (das sind 9 % der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe in NRW). Der erwirtschaftete Umsatz betrug rd. 38 Mrd. Euro, das sind rd. 7 % des Umsatzes im produzierenden Gewerbe NRWs.
- Nach der Clusterstatistik des Bundes[17], die zusätzlich zu den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten auch die steuerpflichtigen Unternehmen erfasst, gab es 2011 in NRW 219.000 Gesamtbeschäftigte im Cluster Forst und Holz, die einen Umsatz von rd. 40,7 Mrd. Euro erwirtschafteten.

Eine der maßgeblichen Grundlagen für die wirtschaftlichen Wertschöpfungen im Cluster ist der jährliche Holzeinschlag aus den Wäldern im Land. Dieser beträgt im mehrjährigen Mittel nach Landeswaldbericht rund 4,5 – 5,0 Mio. m^3 (korrigierte Grundlagendaten der Holzmarktstatistik). Rund fünf Sechstel der eingeschlagenen Holzmenge sind Nadelholz, ein Sechstel ist Laubholz[18]. Nach aktuellem Stand ist davon auszugehen, dass der Holzeinschlag auch in den kommenden Jahren in diesen Größenordnungen, mit tendenziell steigenden Laubholzanteilen, erfolgt. Genauere Aussagen sind nach Veröffentlichung der bereits erhobenen Daten der Bundeswaldinventur 3 möglich.

Die Klimaschutzleistungen im Cluster Forst und Holz[19]: Bäume speichern durch ihr Wachstum kontinuierlich Kohlenstoff im Holz. Der in den Holzvorräten und im Boden des Waldes gebundene Kohlenstoff bildet den „Waldspeicher“. Dieser Waldspeicher nimmt solange zu, wie der jährliche Zuwachs im Wald größer ist als der Holzeinschlag und die Kohlenstoffentwicklung im Boden positiv oder zumindest neutral ist. Die durch die Waldbewirtschaftung erzeugten stofflichen Produkte (z. B. Dachbalken aus Nadelholz, Parkettbodenbelag aus Eichenholz, Möbel aus Buche oder Eiche, etc.) sichern den in ihnen gebundenen Kohlenstoff für mehrere Jahrzehnte im Kohlenstoffspeicher „Holzspeicher“. Zusätzliche positive Effekte sind neben der Bindungswirkung die Substitutionseffekte, die durch stoffliche und energetische Holznutzungen entstehen.

Nach aktuellen Berechnungen sind in NRW insgesamt rund 1,2 Mrd. t CO_2 im Wald- und Holzspeicher gebunden, die jährliche Emissionsreduktion (Holzspeicher plus stoffliche und energe-

[16] MKULNV (2013c)
[17] Seintsch, B. (2013)
[18] Beim Stammholz, das Hauptsortiment für die stoffliche Verwertung im Cluster Forst und Holz, beträgt das Verhältnis zwischen Nadel- und Laubholz rd. 8:1.
[19] Vgl. MKULNV (2013a)

tische Substitution) macht mit 18 Mio. t CO_2 ca. 6 % der Treibhausgasemissionen des Landes aus.

1.5 Klimawandel in NRW: Aktuelle Klimaszenarien

Der Fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) bestätigt mit verbesserter Methodik, dass der Klimawandel stattfindet, die Hauptursache der menschliche Einfluss ist und spürbare Konsequenzen auch in den gemäßigten Breiten haben wird[20]. Die Experten aus verschiedenen Nationen kommen zu dem Schluss, dass nur bei Umsetzung ambitionierter Klimaschutzmaßnahmen eine Temperaturerhöhung von rd. 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum anzunehmen ist. Es gibt aber bislang weltweit keine ausreichenden Umsetzungen der ambitionierten Klimaschutzziele, so dass die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in betroffenen Bereichen eine große Bedeutung hat.

Das warm-gemäßigte Regenklima in Nordrhein-Westfalen[21] ist langfristig und durchschnittlich von kühlen Sommern und milden Wintern geprägt. In den einzelnen Regionen weicht das Klima allerdings von dieser stark vereinfachten Beschreibung deutlich ab:

- warm mit mäßigem Niederschlag ist das Klima in der Westfälischen Bucht und am Niederrhein und
- deutlich kühler sowie regenreicher in den Mittelgebirgen (Weserbergland, Sauer- und Siegerland sowie Eifel), wobei in den Mittelgebirgen durch die Exposition eine weitere deutliche Differenzierung auftritt.

Einige konkrete Jahresmitteltemperaturen sowie Jahresniederschlagssummen verdeutlichen die Bedeutung regionaler Betrachtungen und Interpretationen (vgl. Abbildung 4). So beträgt die Jahresmitteltemperatur der Jahre 1979 - 2008 im Rheintal bis zu 11 °C, im Niederrheinischen Tiefland und der Westfälischen Bucht über 9 °C und in Hochlagen einiger Mittelgebirge (Eifel, Sauerland) 5 – 8 °C. Auch die Niederschlagssummen variieren deutlich: Der jährliche Durchschnittsniederschlag von 920 mm (1979 – 2008) im gesamten Land resultiert aus Niederschlagsregionen mit 600 – 800 mm (Teile der Westfälischen und Niederrheinischen Bucht) und solchen mit über 1.200 mm pro Jahr (Mittelgebirgsregionen des Bergischen Landes, des Sauerlandes und der Eifel).

Annahmen und Modelle für Klimaprojektionen

Grundlage für Angaben der globalen Erwärmung und der damit verbundenen Folgewirkungen nach IPCC sind verschiedene Szenarien über mögliche gesellschaftliche Entwicklungen, die zu unterschiedlich hohen Treibhausgasemissionen führen. Die Höhe der Treibhausgasemissionen für unterschiedliche Zeitabschnitte ist der maßgebliche Faktor zur Abschätzung des zukünftigen menschenversursachten Klimawandels[22]. Die verschiedenen gesellschaftlichen Entwicklungen mit ihren unterschiedlichen Treibhausgasemissionen werden in Szenarien zusammengefasst. Das am häufigsten verwendete, mittlere Szenario heißt „A1B“ und nimmt für eine globalisierte Weltwirtschaft hohe Wachstumsraten (Kennung: „A1“), einen sozialen und kulturellen Austausch, zunehmende Einkommensangleichungen sowie ausgewogene Nutzungen fossiler wie nichtfossiler Energiequellen („B“ für balanced) an. Ungeachtet der inzwischen deutlich verbesserten Aussagekraft der verwendeten Klimamodelle, haben die resultierenden Aussagen zur Wirkung des Klimawandels keinen Prognose- oder Vorhersagecharakter, sondern es sind wissenschaftlich fundierte Einschätzungen, die auf der Ebene von Nationalstaaten

[20] www.de-ipc.de/de/200.php oder MKULNV (2013b)
[21] Vgl. LANUV (2010)
[22] Straub, W.; Sträter, E.; Wurzler, S. (2010)

Aussagen zu Klimaerwärmungen, Niederschlagsänderungen etc. zulassen. Für Aussagen über einzelne Bundesländer ist die Auflösung zu grob.

Um zu fundierten Einschätzungen auf Bundesländerebene und evtl. für einzelne Regionen zu kommen, werden unter Verwendung der Klimaszenarien des IPCC, verschiedenen Klimaprojektionen und regionalen Klimainformationen Berechnungen durchgeführt. Ergebnis dieser Berechnungen sind Aussagen zu Erwärmungstrends und anzunehmenden Niederschlagsregimen, die auch topographische Besonderheiten oder Expositionen berücksichtigen. Für Nordrhein-Westfalen werden diese regionalen Auswertungen nach einer mit dem Deutschen Wetterdienst abgestimmten Methodik aktuell vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz erstellt[23].

[23] Vgl. Straub, W.; Sträter, E.; Wurzler, S. (2010); Mitteilung LANUV vom 11.06.13, LANUV (2014)

Abbildung 4: Temperatur- und Niederschlagsverteilung in NRW (1979-2008)

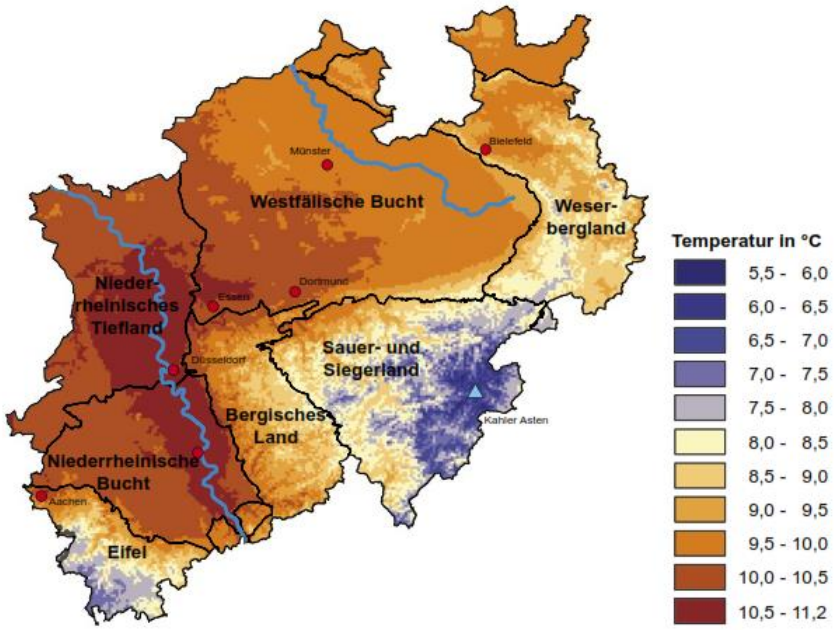


Abb. 1.2: Jahresmitteltemperaturen in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1979 – 2008. (Datengrundlage: DWD)

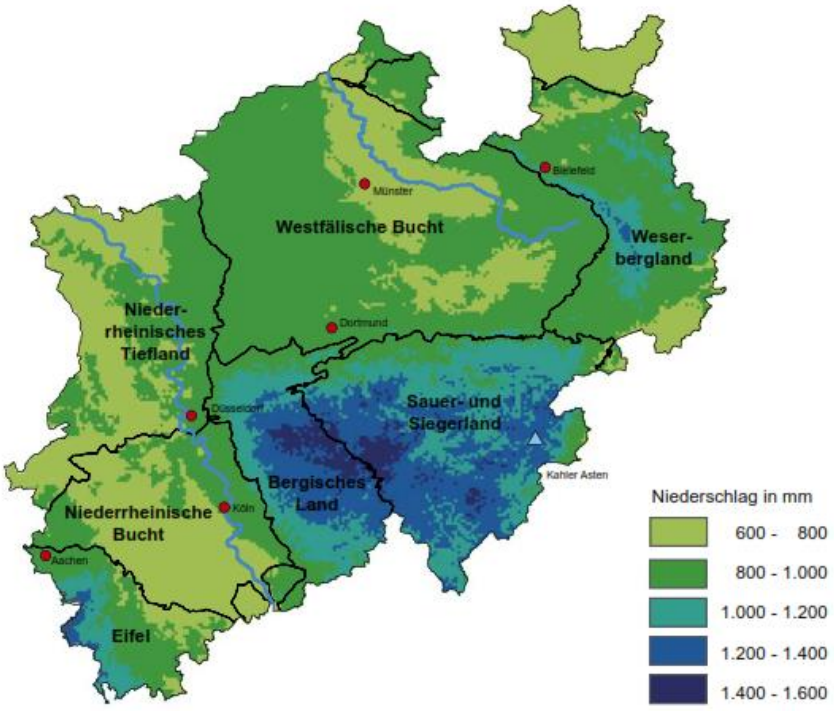


Abb. 1.6: Mittlerer Jahresniederschlag in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1979– 2008. (Datengrundlage: DWD)

Quelle: LANUV (2010)

Seit Beginn des 20. Jahrhundert hat sich das Klima in NRW nachweisbar für verschiedene Kenndaten verändert[21, 24]:

- Die Jahresmitteltemperaturen sind von 1901 bis 2011 von rund 8,4 °C auf 9,6 °C gestiegen, den stärksten Anstieg gab es in den letzten 30 Jahren. In NRW war dieser Anstieg gegenüber der Temperaturzunahme der gesamten nördlichen Hemisphäre (0,3 °C pro Dekade) leicht überdurchschnittlich.
- Die Anzahl von Tagen mit einer Tageshöchsttemperatur über 25 °C (Sommertage) hat zu-, die Anzahl von Frosttagen (Tage mit Tagesminimum unter 0 ° C) hingegen hat abgenommen.
- Die veränderte Temperatur bewirkt andere Wasserdampfgehalte der Luft und damit verändert sich auch der Niederschlag, so dass das langjährige Mittel (1901 – 2011) von 859 mm mit deutlichen Schwankungen seit den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts zunimmt. Diese Niederschlagszunahme ist jahreszeitlich und regional verschieden: Während im Winter und Frühling, bezogen auf das langjährige Mittel 1901 – 2008, der Niederschlag um 19 % zugenommen hat, nahmen die Werte im Sommer und Herbst nur um 3 bzw. 11 % zu. Regional zeigte sich im Sommerhalbjahr die Südhälfte Nordrhein-Westfalens eher unverändert bis gering trockener, während es nördlich des Haarstrangs unverändert bis gering feuchter war.

Entwicklung des Klimas in den **kommenden Jahrzehnten:** Die Aussagen in den vorhergehenden Abschnitten betreffen zurück liegende Entwicklungen für verschiedene Klimaparameter, die aus gemessenen Werten resultieren. Bei der Einschätzung künftiger Entwicklungen hingegen werden mathematische Rechenmodelle verwendet (vgl. Infobox, S. 10). Die globalen Projektionsergebnisse des aktuellen Fünften Sachstandsberichts des Weltklimarats werden zurzeit für Nordrhein-Westfalen regionalisiert. Ergebnisse werden für 2016 erwartet. Die nachfolgenden Ausführungen zur künftigen Klimaentwicklung in NRW beruhen deshalb auf den Ergebnissen des Vierten Sachstandsberichts.[25]. Diese Aussagen zu den zu erwartenden Klimaveränderungen beschreiben wahrscheinliche Entwicklungen, die als wichtige Änderungssignale zu interpretieren sind[25].

Temperatur

Für die Jahre 2021 bis 2050 wird eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur gegenüber dem Vergleichszeitraum 1971 – 2000 um rund 0,8 bis 1,7 °C projiziert, für die Jahre 2071 – 2100 von 2,3 bis 3,8 °C erwartet. Diese Temperaturanstiege werden wahrscheinlich im Herbst- und Winter relativ höher sein, im Frühjahr geringer.

Klimatologische Kenntage

Für die nahe Zukunft (2021 – 2050) ist ein Anstieg der Sommertage (Max. der Lufttemperatur ≥ 25 °C) um bis zu 14 Tage möglich, die heißen Tage (Max. der Lufttemperatur ≥ 30° C) können um bis zu 7 Tage zunehmen. Vor allem im Südwesten des Landes sind Zunahmen der heißen Tage zu erwarten.

---

[24] MKULNV (2013b)
[25] Vgl. LANUV (2014)

Für die Frosttage (Min. der Lufttemp. ≤ 0°C) gilt als wahrscheinlich, dass diese um 11 bis 29 Tage in der nahen Zukunft zurückgehen, regional sind diese Abnahmen im Osten und Südosten des Landes am stärksten ausgeprägt (vgl. Abbildung 5). Die nachfolgende Abbildung zeigt die Veränderung der Anzahl der Frosttage für die Jahre 2012 – 2050 und 2071 – 2100 in jenem Wahrscheinlichkeitskorridor, der 70 % der Modellergebnisse abdeckt (15. Bis 85. Perzentil).

Abbildung 5: Abnahme der Frosttage

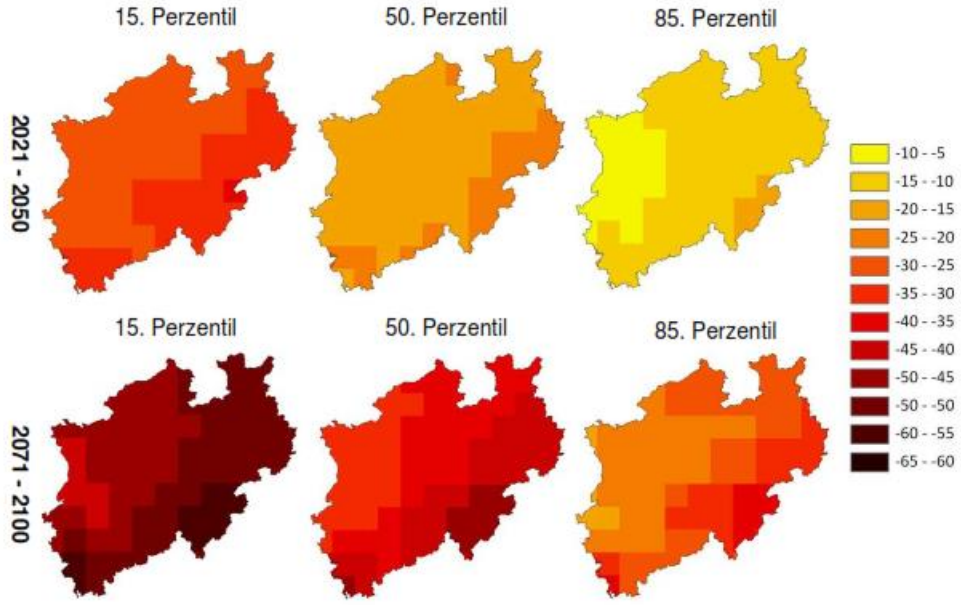


Abb. 6: Projizierte Veränderung der Anzahl an Frosttagen pro Jahr im Vergleich zu dem Referenzzeitraum (1971-2000)

Quelle: LANUV 2014. Datengrundlage: Deutsche Wetterdienst

Quelle: LANUV (2014)

Niederschlag

Die als wahrscheinlich geltende Veränderung des Niederschlag-Jahresmittels liegt zwischen minus 1 und plus 8 % für die nahe Zukunft. Im Jahresverlauf ist die Veränderung signifikanter: Für die Jahre 2021 – 2050 stehen Zunahmen im Winter von + 1 bis + 13 % Niederschlagsabnahmen im Sommer von bis zu – 11 % gegenüber. Eine Zunahme von Starkregenereignissen im Winter wie im Sommer wird ebenfalls angenommen, ist aber noch zurückhaltend zu interpretieren.

Die angenommene Entwicklung des Niederschlages für die Jahre 2071 – 2100 zeigt regionale Unterschiede entlang eines Südwest-Nordost-Gradienten (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Relative Veränderung des Niederschlages in den Sommermonaten im Vergleich zu 1971 – 2000

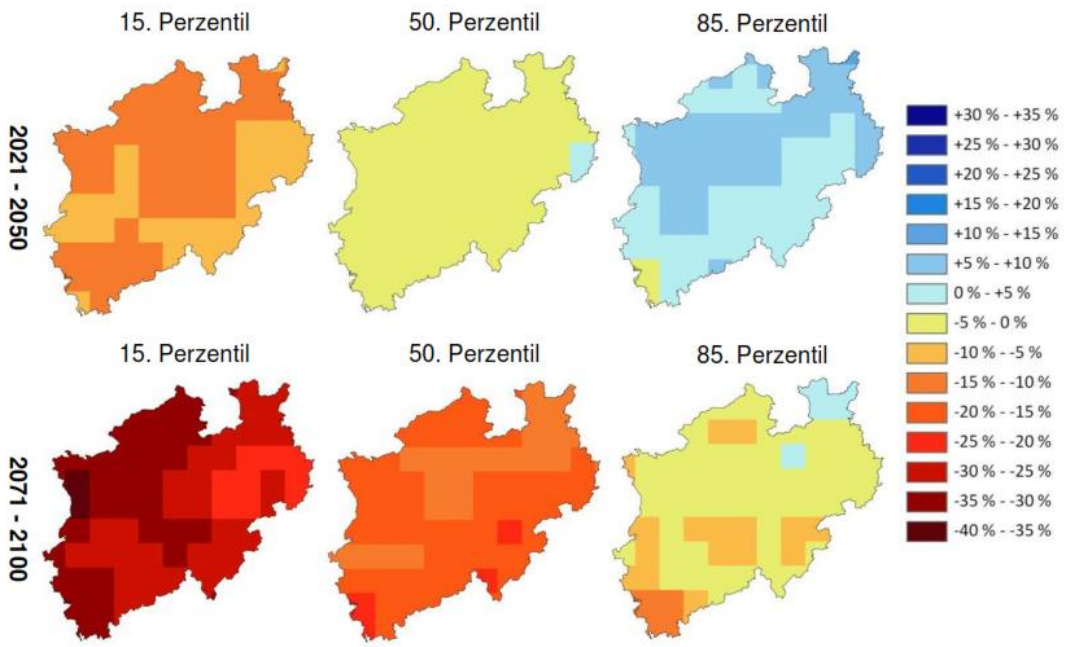


Abb. 8: Projizierte relative Veränderung des Niederschlags in den Sommermonaten im Vergleich zu den Sommermonaten des Referenzzeitraums (1971-2000)

Quelle: LANUV (2014)

Wind

Aussagen zu Veränderungen der Windverhältnisse gelten im Vergleich zu den vorgenannten Klimaparametern als vergleichsweise unsicher. Angenommen wird aber von den Experten, dass die Anzahl von Sturmtagen zunimmt, das gilt vor allem für kleinräumige, lokale Starkwindereignisse wie Windhosen.

1.6 Bisherige Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel

Bereits vor mehr als zehn Jahren wurde in NRW die Notwendigkeit erkannt, dass Wälder an den Klimawandel angepasst werden müssen. Erste Maßnahmen waren die Einbeziehung des Wald- und Umweltmonitorings und der digitalen forstlichen Standortsklassifikation für Fragestellungen und Datenerhebungen zu den Auswirkungen des Klimawandels. Anschließend wurden Forschungsprojekte zu Wald im Klimawandel initiiert, deren Ergebnisse zur wissenschaftlichen Basis der vorliegenden Konzeption für eine Klimaanpassungsstrategie Wald entscheidend beitragen: In allen folgenden Kapiteln, insbesondere im Kapitel 4, sind diese Ergebnisse erkennbar eingeflossen.

Nachfolgend werden die wichtigsten Monitoringsysteme und Forschungsprojekte genannt. Im Anhang 1 sind ausgewählte Maßnahmen in Form kurzer Steckbriefe detaillierter dargestellt.

Standort, Boden und Wasser

Die Wirkungen der Klimaänderung auf Waldstandorte, Böden als Lebensgrundlage der Wälder und den entscheidenden Faktor Bodenwasserhaushalt waren und sind Thema in mehreren Monitoring- und Forschungsprojekten. Die Beobachtung der Veränderungen der Standorte in Abhängigkeit von der Klimaentwicklung als Ergebnis der Monitoringtätigkeiten wurde aufgegriffen, um die Standortbeschreibung durch digitale und flexibel messbare Boden- und Wasserhaushaltsparameter dynamisch an den Klimawandel anpassbar zu machen. Diese sind:

- Bodenzustandserhebung (BZE) (LANUV)
- Digitale Forstliche Standortklassifikation (LB WH)
- Dauerbeobachtungsflächen des Umweltmonitorings im Wald (EU Programm Level II) (LANUV)

Wald und Waldbewirtschaftung

Trends aus den Waldmonitoringsystemen der Waldinventur und den langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächen wurden ausgewertet, um Einflüsse der Klimaänderung auf die Waldentwicklung (Wachstum und Zusammensetzung) zu untersuchen. Durch den Einsatz von Waldwachstumsmodellen und Modellen zur Sturm- und Borkenkäfergefährdung wurden bereits ab 2009 Vorstellungen zukünftiger Waldwachstumsprozesse entwickelt. Andere Projekte griffen die neuen Gefährdungen durch die veränderten Lebensbedingungen für forstliche Schaderreger und die direkten Klimagefährdungen durch Stürme, Schneefall und Dürre auf. Schlussfolgerungen aus den neuen Erkenntnissen für den zukünftigen Waldbau wurden für Teilräume in NRW erarbeitet. Nicht zuletzt führte auch der Klimawandel zu neuen Ansprüchen an das seit 2005 entwickelte Waldinformationssystem „Virtueller Wald“, das rasch aktuelle Walddaten für ein „klimadynamisches“ Waldmanagement vorhalten soll:

- Landeswaldinventur NRW und Bundeswaldinventur (LB WH)
- Waldzustandserhebung (WZE) (LB WH)
- Waldschutz-Monitoring des LB WH - Forstschutzmonitoring der Forstämter
- Waldbaulich-ertragskundliche Dauerbeobachtungsflächen (LB WH)
- Studie Klimawandel in NRW - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren (PIK-Studie) (MKULNV)
- Projekt Waldbau im Klimawandel – Grundlagen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen zu den waldbaulichen Umstellungsprozessen im Klimawandel (LB WH)
- Anbauversuche gebietsfremder Baumarten (Arboretum Burgholz) (LB WH)
- Studie Waldschutz im Klimawandel - Wie bleiben unsere Wälder vital? (LB WH)
- Projekt zur Entwicklung des Waldinformationssystems – „Der virtuelle Wald“
- Waldklimafonds-Projekt "Fit für den Klimawandel - Maßnahmen für eine nachhaltige, naturnahe Anpassung feuchter Wälder im Münsterland an Klimaveränderungen"

Biodiversität und Naturschutz

Die Veränderungen des Ökosystems Wald und seiner Biodiversität, die anzunehmenden Arealverschiebungen und Konkurrenzveränderung in Fauna und Flora sowie Fragen des Schutzes

seltener und gefährdeter Wald-Lebensräume und -arten durch den Klimawandel waren ein Fokus bei der Auswertung von Dauerbeobachtungsflächen in Naturwaldzellen[26]. Zu relevanten Maßnahmen und Projekten gehören:

- Dauerbeobachtung in Naturwaldzellen (LB WH; LANUV)
- Wildnisentwicklungsgebiete im Wald (LANUV; LB WH)
- Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) (LANUV; LB WH)

1.7 Zielsetzung des Konzepts für eine Anpassungsstrategie für Wald an den Klimawandel

Mit dem Konzept für eine Anpassungsstrategie Wald in NRW konkretisiert das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (kurz MKULNV), unter Einbindung von Landeseinrichtungen sowie mit Beteiligung verschiedener Interessenvertretungen (vgl. Anlage 2), Maßnahmen, um Wald an die wahrscheinlichen Folgen der Klimaveränderungen anzupassen. Damit verbunden sind Maßnahmen für sämtliche gesellschaftliche Gruppen, die seine vielfältigen Funktionen nutzen, im Wald arbeiten oder seine Rohholz-Produkte weiter verarbeiten. Ziel sämtlicher Handlungsfelder und Maßnahmen ist es, die Risiken des Klimawandels zu minimieren und die Klimawandel-Chancen zu erkennen und zu nutzen. Bei der Erarbeitung der Handlungsfelder und Maßnahmen wurden das Wissen und die Erfahrungen eines Expertenteams sowie einer Gruppe von Stakeholdern durch insgesamt sechs Workshops im Zeitraum Sommer 2013 bis Frühjahr 2014 abgefragt und berücksichtigt. Zusätzlich zu den Anpassungsmaßnahmen wurde eine Skizze für ein „klimadynamisches Waldinformationssystem (KlimaWIS)“ vorgelegt, das über Wald im Klimawandel ausführlich informiert und Entscheidungen zum komplexen Waldmanagement durch gezielte Beratung und moderne Prognose-Werkzeuge unterstützt. Das hier vorliegende Fachkonzept stellt die Grundlage für die Erstellung der Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW sowie die angestrebte Umsetzung der Strategie dar. Auch wenn einige Handlungsfelder als besonders wichtig oder dringend identifiziert wurden, beinhaltet das Konzept noch keine spezifische Priorisierung oder Auswahl von Umsetzungsmaßnahmen und auch keine Zuordnung von erforderlichen Ressourcen.

[26] Vgl. Heinrichs, S. et al. (2010) und (2011); LB WH (2014)

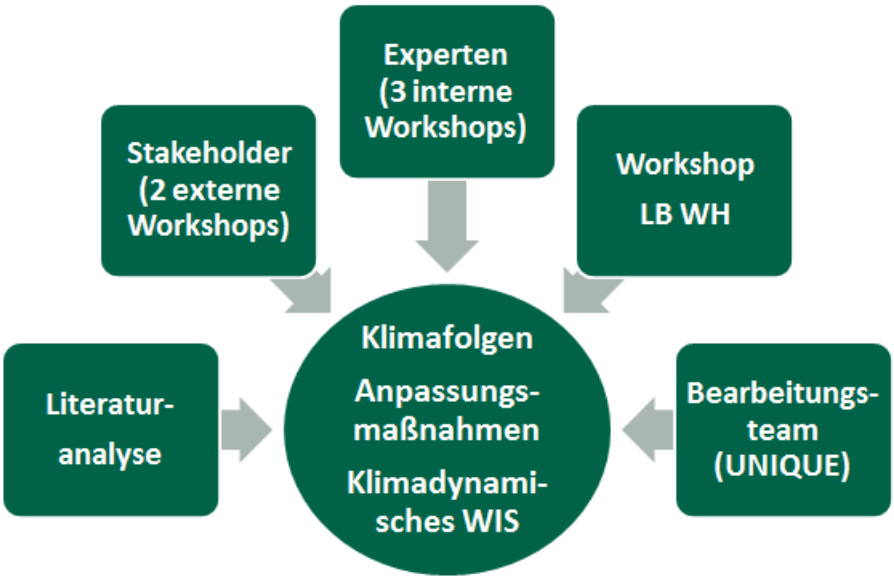
2 Methodik und Bearbeitungsschritte

Zur Erarbeitung der Konzeption für eine Anpassungsstrategie für den Wald in NRW, die sowohl den aktuellen Stand des allgemeinen Wissens zu Klimawandel und Wald-Anpassungsstrategien beinhaltet als auch für NRW spezifisches Wissen und Erfahrungen angemessen berücksichtigt, wurden folgende Arbeitsschritte geleistet:

1. Die aktuelle und relevante Literatur zum Thema wurde gesichtet, analysiert und vom Bearbeitungsteam der Studie, den Experten des MKULNV, des LB WH und des LANUV in einem ersten Experten-Workshop (nachfolgend: „interner Workshop“) bewertet. Die wichtigsten 17 Literaturquellen wurden ausgewählt und in einem Dokument komprimiert zusammengestellt, um die Teilnehmer eines Workshops aller relevanter Akteure (nachfolgend „externer Workshop“) inhaltlich vorzubereiten (vgl. Kap. 2.1).
2. Aus den Dokumenten „Anpassung an den Klimawandel“, „Wald im Klimawandel“ und „Waldbau im Klimawandel“ und analogen Strategiestudien außerhalb NRWs wurden bereits vorhandene, allgemein formulierte und nicht adressierte Handlungsoptionen selektiert. Diese Handlungsoptionen wurden auf Poster übertragen und in weiteren internen Workshops und einem externen Workshop inhaltlich und räumlich konkretisiert sowie für die Umsetzung zuständige bzw. relevante Einrichtungen festgestellt.
3. In den verschiedenen Workshops wurden die Klimafolgen auch bezüglich der Risiken und Chancen sowie der Vulnerabilitäten bzw. Betroffenheiten bewertet. Grundlage hierfür war eine Literaturauswertung mit dem Schwerpunkt NRW. Zusätzlich wurde ein Konzept für die Ausgestaltung eines „klimadynamischen Waldinformationssystems“ (vgl. Kap. 5) erarbeitet.

Die folgende Abbildung 7 illustriert die wesentlichen Wissens- und Erfahrungsquellen, mit denen Klimafolgen, Anpassungsmaßnahmen und ein „klimadynamisches Waldinformationssystem“ erarbeitet wurden.

Abbildung 7: Ableitung von Klimafolgen und Anpassungsmaßnahmen



2.1 Literaturanalyse

Ausgangsbasis der Literaturstudie waren Quellen des MKLNUV, verfügbare Literatur aus den Klimaprojekten des Auftragnehmers sowie ergänzende Literaturrecherchen. Die gesichteten Literaturinhalte wurden in einem Ordnersystem abgelegt und in einer Tabelle nach Inhalten und mit einem zusammenfassenden Kommentar aufbereitet. Die Literaturauswertung wurde den Experten des internen Workshops vorgestellt und deren Anregungen übernommen. Aus der abschließenden Literaturliste wurden 17 Dokumente nach Aktualität, Relevanz, Örtlichkeit und thematischer Einordnung ausgewählt, zusammengefasst und den Teilnehmern des externen Workshops zur Vorbereitung zur Verfügung erstellt. So waren die Teilnehmer in der Lage, sich gezielt über thematisch relevante Sachverhalte zu informieren, ohne dabei die Originalartikel in vollem Umfang durcharbeiten zu müssen.

2.2 Klimafolgen: Risiken, Chancen und Betroffenheiten

Die Klimafolgen für Wald und mittelbar betroffene Sektoren und Akteursgruppen wurden in einem ersten Arbeitsschritt anhand von Literaturauswertungen identifiziert und nach Wirkungsebenen sowie Betroffenen gruppiert. Im zweiten Arbeitsschritt wurden diese Vorauswertungen in den Workshops diskutiert, geprüft und ergänzt. Dabei erfolgte auch eine Bewertung der Bedeutsamkeit von Risiken und Chancen sowie abschließend der Betroffenheit.

Als wichtigste betroffene Sektoren und Akteursgruppen wurden identifiziert:

- Wald und Forstwirtschaft (privater, kommunaler und staatlicher Waldbesitz, Forstbetriebe),
- Holzwirtschaft (Holz be- und verarbeitende Industrie),
- Naturschutz,
- Wasserwirtschaft,

- Jagd (Jagdverbände und Jäger),
- Tourismus und Erholungsnutzung,
- Kommunen (Städte und Gemeinden, urbaner und ländlicher Raum, Bürger/innen).

Kriterien für die Bewertung der Betroffenheit waren die Stärke der Auswirkung einer Klimaveränderung, die Sensitivität der betroffenen Gruppe, der Güter oder Leistungen sowie die Anpassungskapazität.

2.3 Erarbeitung und Gewichtung von Handlungsfeldern

Das Wissen aus der Literatur und räumlich übergeordnete Erfahrungen zur Anpassung von Wäldern und Waldbewirtschaftung an den Klimawandel wurde so mit NRW-spezifischem Wissen und entsprechenden Praxiserfahrungen kombiniert, dass fundierte und zugleich umsetzungsrelevante Handlungsfelder und Maßnahmen formuliert werden konnten. Diese Kombination gelang dadurch, dass nach der Literaturanalyse bei der Erarbeitung der Anpassungsmaßnahmen in sechs Workshops Wissen und Erfahrung von Fachleuten und Akteuren aus NRW gesammelt wurden. In den Workshops wurden die aus vorliegenden Dokumenten gesammelten Handlungsoptionen auf Postern dargestellt, konkretisiert und für die Umsetzung verantwortliche bzw. relevante Einrichtungen festgestellt. Abschließend wurden die Maßnahmen durch die Teilnehmer der Workshops bewertet. Im nächsten Arbeitsschritt wurden die bewerteten und damit als relevant für die Klimaanpassung von Wald in NRW erachteten Maßnahmen zu Handlungsfeldern zusammengefasst und in einem weiteren Workshop vorgestellt und Ergänzungs- oder Änderungshinweise aufgenommen (vgl. Kap. 2.2). Zusätzlich genutzt wurden bei diesem Ablauf Informationen aus einem spezifischen Workshop des LB WH, dessen Ergebnisse in die Inhalte und Formulierung von Anpassungsmaßnahmen eingeflossen sind.

Die erarbeiteten Handlungsfelder (vgl. Kap. 4) und Maßnahmen werden im Tabellenformat dargestellt und erläutert:

Titel des Handlungsfeldes	
Hintergrund	Einführung zum Hintergrund und Problemstellung der Handlungsmaßnahme
Ziele und Maßnahmen	Beschreibung von Ziel und einzelnen Maßnahmen (konkrete adressierte Projekte) des Handlungsfeldes
Verantwortlicher / Adressat	Institutionen, die als verantwortlich bzw. relevant für die Umsetzung der Maßnahmen des Handlungsfeldes benannt wurde. (Institution vor Klammern mit Koordinationsfunktion)
Bezug zum KlimaWIS	Die Anpassungsstrategie strebt die Entwicklung eines „klimadynamischen Waldinformationssystems“ (kurz: „KlimaWIS“) als ein zentrales Instrument an, um viele der Handlungsfelder und Maßnahmen in ihrer Umsetzung zu unterstützen. Das „KlimaWIS“ wird in Kap. 5 vorgestellt. Für jedes Handlungsfeld wird hier dargestellt, ob es entweder zur Entwicklung des „KlimaWIS“ beiträgt oder von Ergebnissen der Analyse- und Prognosemöglichkeiten des KlimaWIS profitiert
Effekte	Liste mit Effekten der Maßnahmen für die Anpassung an den Klimawandel (z.B. Aufbau klimaplastischer Wälder, Anpassung an Starkniederschläge, Erhalt der Biodiversität, Verbesserung der Klimaschutzwirkung des Waldes)
Relevant für Sektoren, Akteure	Relevanz der Handlungsfelder für Sektoren und Gruppen von Akteuren (Wald- und Forstwirtschaft (Betriebe, Beschäftigte, private Waldbesitzer, Kommunale Waldbesitzer, Landesbetrieb Wald und Holz NRW), Holzwirtschaft, Naturschutz, Wasserwirt-

	schaft, Jagd, Städte (Verwaltungen, Bürger und Bürgerinnen), der Ländliche Raum (Tourismus, Dienstleistungssektor, Gemeinden).
Weitere Infos und Status	Auswahl relevanter Veröffentlichungen oder Projekte.

Die erarbeiteten Handlungsfelder und Maßnahmen hängen thematisch eng zusammen und bauen oft aufeinander auf, wirken aber verschieden intensiv für unterschiedliche Sektoren sowie Akteure. Zusätzlich ist die Dringlichkeit der zeitlichen Umsetzung durchaus verschieden. Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen und eine Empfehlung für die Reihenfolge der Umsetzung von Handlungsfeldern zu geben, wurden diese nach ihrer „Priorität“ und der „Zeitlichen Dringlichkeit“ eingestuft. Diese Gewichtung der Handlungsfelder wurde nach Abschluss der Workshops auf der Grundlage der Literatur, der Bewertungen in den verschiedenen Workshops und nach eigener fachlicher Einschätzung durch das Bearbeitungsteam vorgenommen.

Handlungsfelder wurden nach dem Kriterium „Priorität“ hoch bewertet, wenn

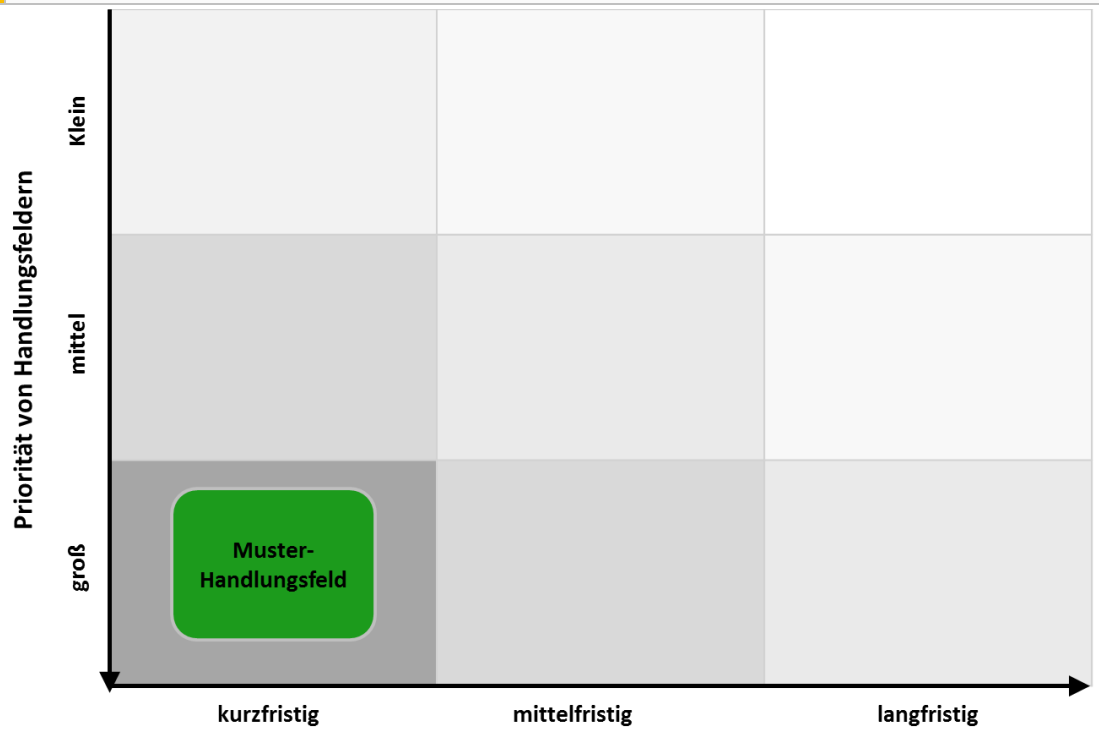
- diese eine maßgebliche Wissensgrundlage für die Planung und Durchführung erfolgreicher und wirksamer Klimaanpassungsmaßnahmen sind.
- hohe Betroffenheiten mit dem Handlungsfeld verbunden sind und diese auf mehrere Sektoren wirken.
- diese eine erfolgsbestimmende Rahmenbedingung für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen sind.

Ein kurzfristiger Beginn wurde für Handlungsfelder dann empfohlen, wenn diese

- zur Vermeidung von Schäden oder Risiken beitragen.
- auf Grund der langen Wirkungszeiträume besonders langfristige Effekte haben.
- Voraussetzung für die effiziente Durchführung weiterer Anpassungsmaßnahmen sind.

Die Handlungsfelder jeder Wirkungsebene wurden nach den genannten Kriterien eingestuft und das Ergebnis dieser Einstufung so in einer Grafik dargestellt, dass als wichtig eingestufte und mit hoher zeitlicher Priorität versehene Handlungsfelder unten links in der Grafik erscheinen (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8: Einstufung von Handlungsfeldern



3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder in NRW

Die durch Klimawandel verursachten Veränderungen beeinflussen direkt Vitalität, Wachstum, Struktur und Zusammensetzung der Wälder sowie bei Witterungsextremen teilweise auch die Existenz von Baumbeständen. Diese Folgen von Klimawandel werden durch gesellschaftliche Bewertungen zu Risiken oder Chancen. Lässt sich die Stärke einer Klimafolge und die Empfindlichkeit für eine Waldgesellschaft, ein Waldgebiet, einen Forstbetrieb oder die Gesellschaft bewerten, drückt dies die „Betroffenheit“ (oder Vulnerabilität) durch den Klimawandel aus.

Forstwirtschaft ist als Branche mit ihrer direkten Abhängigkeit von Witterungsverläufen und der Langlebigkeit des Bewirtschaftungsgutes „Baum“ gegenüber den Klimafolgen ein Sektor mit vergleichsweise hoher Betroffenheit. Zunehmende Extremwetterereignisse wie Hitze und Dürre, Starkniederschläge oder Sommer-Stürme (Gewitter, Tornados) können Wälder regional schädigen oder Baumbestände zerstören. Auch indirekte Klimafolgen wie neue oder virulentere Schaderreger (Insekten, Pilze, Mikroorganismen) sind in Zukunft zu erwarten und wirken auf Vitalität, Stabilität und Zusammensetzung von Wäldern. Unter bestimmten Bedingungen können Klimafolgen aber auch Chancen bedeuten, z. B. dann, wenn sich das Baumwachstum bei ausreichender Wasserversorgung und höheren Temperaturen im Winterhalbjahr erhöht und dadurch die Produktivität von Wäldern steigt.

Wichtige Begriffe:

Auswirkung des Klimawandels: Effekte und Veränderungen, die aus Klimawandel resultieren.

Risiken und Chancen: Bewertung der Klimafolgen bzgl. Stärke und Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Veränderung sowie der Betroffenheit, die aus Sicht verschiedener gesellschaftlicher Gruppen durchaus unterschiedlich sein kann.

Betroffenheit (Vulnerabilität): Kann durch Bewertung von drei Kriterien eingeschätzt werden.

- Stärke der Klimawirkung: Größenordnung der Klimafolge in einer Region, für einen Wirtschaftszweig, eine Waldgesellschaft oder eine Akteursgruppe.
- Empfindlichkeit (Sensitivität): Beschreibt die verschieden großen Wirkungen, die eine gegebene Klimafolge haben kann (bedeutsam oder marginal, klein oder groß).
- Anpassungskapazität: Ausdruck dafür, wie einfach oder schwierig, bzw. wie schnell oder langwierig sich eine Region, ein Sektor oder eine Akteursgruppe auf Veränderungen einstellen kann.

Ist die Wirkung einer Klimaänderung groß, die Empfindlichkeit hoch und die Anpassungskapazität niedrig, so ist die Betroffenheit besonders groß.

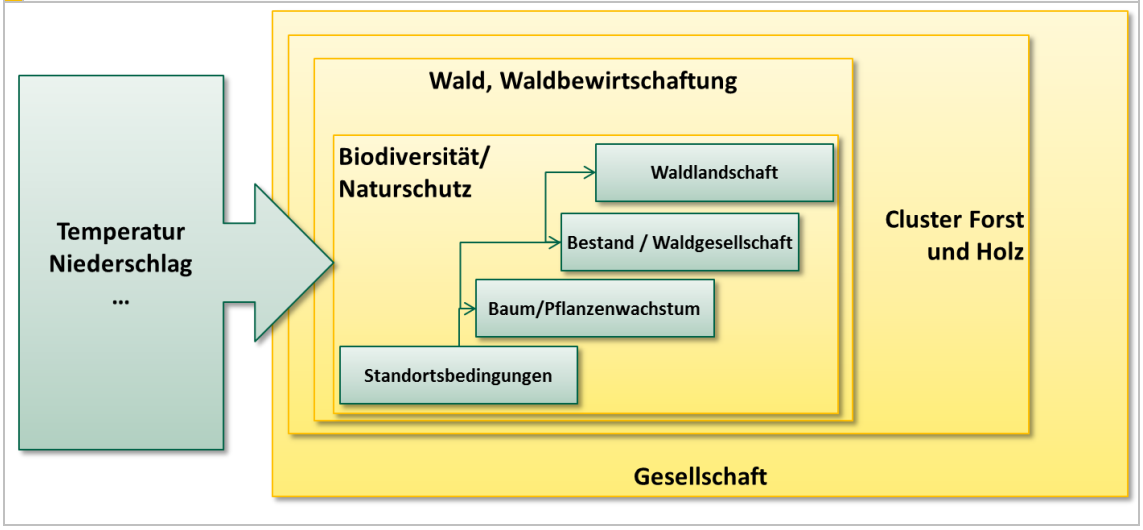
Beispiel:

- ***1. Fall:*** *Fichte – 200-400 m ü.N.N., Niederschlag 800 mm, Standort mäßig frisch: Effekte des Klimawandels: Mehr Trockenphasen, eine zusätzliche Borkenkäfergeneration, Zuwachseinbußen. Sensitivität: In der Region hoch, da viele Fichtenwälder. Anpassungskapazität: Region gering, für Forstbetriebe und Holzwirtschaft aufwändig und risikoreich. Betroffenheit: hoch.*
- ***2. Fall:*** *Fichte – 600-800 m ü.N.N., Niederschlag >1.000 mm, Standort frisch: Positive Wirkung der höheren Niederschläge und Wärme überwiegt, höheres Wachstum. Sensitivität: Regional hoch, Holzwirtschaft, Forstbetriebe hoch. Anpassungskapazität: Region gering, Holzwirtschaft aufwändig, risikoreich, Forstbetriebe aufwändig. Die Betroffenheit ist wegen überwiegend positiver Wirkung gering.*

Im Kapitel 2.2 wurde erläutert, wie Risiken und Chancen für die Erstellung des Konzeptes Klimaanpassungstrategie Wald NRW identifiziert und bewertet wurden. In den folgenden Kapiteln 3.1 bis 3.4 wird dargestellt, welche Auswirkungen des Klimawandelsfür NRW zu erwarten sind und welche Risiken und Chancen diese bergen. Ebenfalls dargestellt wird, welche Akteure, Güter und Umweltleistungen rund um Wald und Waldbewirtschaftung wie stark be-

troffen sein können. Abbildung 9 zeigt, nach welchen Wirkungsebenen die Klimafolgen für Wald in den nachfolgenden Kapiteln 3.1 bis 3.4 dargestellt werden.

Abbildung 9: Wirkungsebenen von Klimafolgen



Quelle: eigene Darstellung

3.1 Klimafolgen für Wald und Waldbewirtschaftung

Die Klimafolgen für Wald und Waldbewirtschaftung werden nachfolgend gruppiert nach Wirkungsebenen (Baum, Bestand, Landschaft) erläutert, anschließend aggregiert und aus der Perspektive der Gruppe der betroffenen Forstbetriebe und Waldbesitzer bewertet.

Klimafolgen auf der Ebene von Bäumen und Pflanzen

Waldböden in ihrer Funktion als Wurzelraum der Bäume werden durch den Klimawandel verändert. Höhere Lufttemperaturen lassen die Bodentemperaturen ansteigen[27]. Alle biologischen Prozesse im Boden – die Vermehrung von Bodenorganismen und Bodentieren, das Wachstum von Wurzeln und die Umsetzungsraten der Boden-Lebensvorgänge – verstärken sich. Dadurch wird das Pflanzenwachstum gesteigert und der Wasserbedarf der Pflanzen steigt damit ebenfalls. Gleichzeitig wird der Niederschlag in den Sommermonaten abnehmen. Eine besondere Rolle kommt damit dem pflanzenverfügbaren Bodenwassergehalt zu. Ist dieser gering, wird das Pflanzenwachstum bei einer fortschreitenden Klimaerwärmung zurückgehen. Dementsprechend kommt dem Erhalt des Bodenwasserspeichervermögens eine große Bedeutung zu.

Für **Bäume** bedeutet die für NRW prognostizierte Verschiebung der Niederschlagsmengen in den Winter und das vermehrte Auftreten von Trockenphasen, Wachstumseinbrüche, insbesondere auf trockenen Standorten – bis hin zum Ausfall von Bäumen durch Trockenstress. Im letzten Jahrzehnt traten gehäuft Trockenphasen im Frühjahr und Herbst auf, ersteres führte regelmäßig zu Ausfällen in Anpflanzungen und bei Jungwüchsen.

[27] MKULNV (2011a)

Vermehrt auftretende Extremereignisse wie Trockenphasen, Starkniederschläge, aber auch Kälte- und Hitzeperioden erhöhen den physiologischen Stress[28] für Bäume, insbesondere für Arten mit einem engen ökologischen Toleranzbereich (z. B. Fichte).

Das Wachstum von älteren Bäumen wird durch Trockenheit und Hitze beeinträchtigt; auch eine erhöhte trockenheits- und hitzebedingte Mortalität von Sämlingen und Jungpflanzen ist zu erwarten. Ebenfalls steigen Spät- und Frühfrostgefahren, insbesondere durch die verlängerten Vegetationszeiten: Durch unzureichende Frosthärtung treten vermehrt Frostschäden auf, Blüten und Knospen werden vernichtet. Mit einem zusätzlichen Vitalitätsverlust in warmen Wintern ist zu rechnen, da hier Reservestoffe mobilisiert und verbraucht werden[29].

Allerdings bieten der prognostizierte Anstieg der Temperaturen und der CO_2-Konzentration sowie die Verlängerung der Vegetationszeit teilweise auch Chancen. Bei ausreichend verfügbarem Wasser steigt die Wachstumsleistung der Bäume und die Effizienz der Wassernutzung wird positiv beeinflusst[30]. So können beispielsweise für die Baumart Fichte bei überwiegend negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Standorten mit guter Wasserversorgung in mittleren und höheren Lagen auch positive Zuwachseffekte erwartet werden[31].

Positive und negative Klimafolgen können sich an einem Standort aufheben oder auch verstärken. Die Wirkung lässt sich nur regional oder lokal, mit Kenntnis der betroffenen Baumarten und unter Einbeziehung von Boden (Nährstoffgehalt, verfügbare Wasserkapazität) sowie Topografie (Einstrahlung, Hanglage, Exposition) beurteilen. Die Prognosen sind entsprechend komplex und mit Unsicherheiten behaftet, aber bedeutsam für die Einschätzung der Betroffenheit von Regionen und Betrieben sowie für die Ableitung von Anpassungsstrategien[32].

Klimafolgen auf der Ebene Waldbestand und Waldgesellschaft

Erhöhte Temperaturen, CO_2-Konzentrationen und extreme Witterungsereignisse beeinflussen die verschiedenen Baumarten unterschiedlich stark. Dies gilt ebenso für die gesamte Flora und Fauna im Waldökosystem. Damit ändern sich die Konkurrenzverhältnisse durch den Klimawandel.

---

[28] Für das Wuchsgebiet Sauerland haben Asche, N. und Schulz, R. (2010) diese Zusammenhänge analysiert und die resultierende Synthese als Risikokarte für Baumarten dargestellt.
[29] LB WH (2010c)
[30] Keanan (2013); MUNLV (2009e)
[31] MUNLV (2009e)
[32] Das in dieser Anpassungsstrategie skizzierte klimadynamische Waldinformationssystem (KlimaWIS) liefert durch Informationen und Auswertungen Grundlagen für diese Einschätzungen (siehe Kap. 5).

Veränderungen der Konkurrenzverhältnisse der Hauptbaumarten im Klimawandel

Fichte

Die Baumart mit der größten Verbreitung in NRW bevorzugt kühle und frische-feuchte Standorte und ist wenig trockenheits- und hitzetolerant. Die Hauptwirtschaftsbaumart ist vom Klimawandel besonders betroffen.

Buche

Die bedeutendste natürliche Baumart in NRW bevorzugt mildes Winter- und kühles, feuchtes Sommerklima. Die Konkurrenzkraft wird daher in den höheren Lagen eher zunehmen. In Tieflagen und auf trockeneren Standorten oder Regenschattengebieten wird die Konkurrenzkraft tendenziell abnehmen, wenn nicht andere Bodenwasserquellen vorhanden sind.

Stiel- und Traubeneiche

Stiel- und Traubeneiche sind Baumarten des Tief- oder Hügellandes, die tiefe Bodenschichten erschließen können und auch bei Grund- oder Stauwassereinfluss eine gute Konkurrenzkraft besitzen. Beide Baumarten sind auch an wärmere Klimate angepasst. Während insbesondere Traubeneichen ihre Konkurrenzkraft im Klimawandel im Verhältnis zu anderen Baumarten vergrößern, haben derzeit vor allem Stieleichen Vitalitäts-Probleme (siehe Infobox S. 30).

Kiefer

Als Baumart der nährstoffarmen und sandigen Böden des Tieflands wird Kiefer durch die Folgen des Klimawandels ihren Stellenwert beibehalten oder ausbauen, da sie auch mit höheren Temperaturen zurechtkommt.

Aufgrund der unterschiedlichen Sensitivitäten der Baumarten gegenüber Änderungen von Temperatur, Niederschlag und Extremereignissen kann von einer Verschiebung der Verbreitung der Baumarten in NRW ausgegangen werden.

Wird über sämtliche Standorte hinweg eine Flächenbilanz für NRW gezogen, so gilt, dass einige Arten im Mittel unter den Klimabedingungen in NRW produktiver und vitaler werden (z. B. Traubeneiche, Douglasie), während andere überwiegend an Konkurrenzkraft verlieren (insbesondere Fichte)[33].

Infolge dessen verschieben sich die Areale von Baumarten, insbesondere an ihren klimatischen Trockengrenzen. Daraus resultieren für die verschiedenen Baumarten unterschiedliche Risiken und Chancen[34]:

- Die Veränderung des Niederschlagsregimes kann bei Baumarten, welche auf hohe Bodenfeuchte angewiesen sind oder wenig tief wurzeln, im Sommer auf flachgründigen Standorten zu Wasserstress führen.
- Besonders deutlich werden sich in NRW in den kollinen und submontanen Lagen die Wuchsbedingungen der wirtschaftlich wichtigsten Baumart Fichte verschlechtern.
- Durch die klimatische Erwärmung, verbunden mit längeren Vegetationszeiten, können wärmeliebende Baumarten in höhere Lagen vordringen, weil sie konkurrenzstärker werden. Werden diese Baumarten (z. B. Traubeneiche, Esskastanie) gezielt in höheren Lagen gepflanzt, bewirken sie eine Risikominderung für Waldeigentümer.

Konkurrenzveränderungen und Arealverschiebung betreffen nicht nur Bäume, sondern alle Arten des Ökosystems. Infolge wird sich die Biodiversität der Waldökosysteme verändern[35].

Viele biotische Schaderreger (Insekten, Pilze) im Waldökosystem profitieren von höherer Wärme (Insekten), höherer Luftfeuchte (Pilze) oder der Vitalitätsverringerung der Wirtsbäume (z. B. Borkenkäfer)[36].

---

[33] LB WH (2010c); Cerbu, C.; Hanewinkel , M. (2013); MUNLV (2009e)
[34] LB WH (2010c)
[35] vgl. Kap. 3.2; MUNLV (2009a-c)
[36] Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013)

Hinzu kommt, dass

- bereits bekannte Organismen, die bisher keine Virulenz haben, diese durch die Klimawandelfolgen entwickeln können und
- bislang an wenigen Standorten vorkommende Schaderreger (z. B. Eichenprozessionsspinner) sich flächig ausbreiten und vitaler werden.

Die Wirkungen dieser biotischen Schaderreger sind nicht auf Waldlebewesen beschränkt, sondern können auch für im Wald arbeitende oder Erholung suchende Menschen negativ sein.

Eichenprozessionsspinner: Der unauffällige Nachtschmetterling trat bis Anfang der neunziger Jahre nur vereinzelt mit kleinflächigen Massenvermehrungen in Erscheinung, weil er optimale Bedingungen in wärmeren südlichen Länder findet. Seit den 1990er Jahren nehmen die Befallsgebiete deutschlandweit deutlich zu, ausgehend von warm-trockenen Gebieten und Offenland. Das wärmeliebende Insekt ist vor allem durch die menschliche Gesundheitsgefährdung problematisch: Die von den Raupen abfallenden Brennhaare reizen Oberhaut wie Schleimhäute und sind zusätzlich hochallergen. Die schädigende Wirkung auf befallene Eichen ist von eher geringerer Bedeutung.

Günstigere Fruktifikationsbedingungen führen zur vermehrten Bereitstellung von Früchten und Samen. Schalenwildbestände werden sich mit zunehmendem Äsungsangebot und milderen Wintern vermehren, was zu höherem Verbissdruck führt[37].

Klimafolgen auf der Ebene der Waldlandschaft

Waldböden werden direkt vom Klimawandel beeinflusst. Neben der besonderen Funktion als Wurzelraum und Nährstoffquelle der Pflanzen ist ihre Funktion für den Wasser- und Stoffhaushalt und die Kohlenstoffbindung gefährdet. Vermehrte Starkniederschläge steigern das Risiko von Erosionsschäden. Hangrutschungen können zunehmen. Daher kommt dem Erosionsschutz in Hanglagen eine große Bedeutung zu.

Gewässer werden ebenfalls durch häufigere Starkregen - auch im Wald - vermehrt über die Ufer treten.

Die **Wasserspende in das Grundwasser** wird stärker schwanken. In den sommerlichen Trockenphasen kann die Wassernachlieferung für Wassergewinnungsgebiete oder Talsperren vermehrt beeinträchtigt werden[38].

Stürme haben in den zurückliegenden Jahrzehnten mit den Orkanen „Wiebke“ und „Kyrill“ Wälder in NRW stark geschädigt und verändert. Dennoch kann aktuell keine wahrscheinliche Einschätzung dazu abgegeben werden, wie sich die Häufigkeit von Sturmereignissen im Klimawandel verändert. Aktuelle Prognosen gehen von einer geringen Erhöhung von Sturmhäufigkeiten und -Intensitäten für Westeuropa und NRW aus (vgl. Kap. 1.5). Der ebenfalls festzustellende Trend der Zunahme starker, lokal wirkender Sommerstürme (Gewitter, Tornados) wird sich durch den Anstieg der Sommertemperaturen voraussichtlich fortsetzen. Vor dem Hintergrund dieser vorsichtigen Einschätzungen wird aufgrund der erheblichen Folgen von Sturmereignissen und ihres großen Schadenspotenzials an den Hauptwirtschaftbaumarten diesen ein besonders großes Risiko für das Waldökosystem, für Waldbesitzer und Forstbetriebe beigemessen.

[37] Vgl. Petrak, M. (2007)
[38] MKULNV (2011b)

Schnee- und Eisbruch als weitere wesentliche Schadfaktoren für **Bäume und Wälder** sind aktuell vor allem in höheren Lagen bekannt. Abgesicherte Prognosen zur Entwicklung der Häufigkeit von Schnee- und Eisbruch liegen aktuell nicht vor[39]. Trifft der grundsätzliche Trend zu extremeren Witterungsereignissen allerdings zu, werden Schnee- und Eisbruch in Zukunft in den höheren Lagen zunehmen und ggfs. neu in Regionen auftreten, in denen sie derzeit nahezu unbekannt sind.

Klimafolgen für das gesamte **Wald-Ökosystem und Wald als Landschaftselement** ergeben sich aus den wahrscheinlich etwas ansteigenden Risiken von Schäden durch Stürme oder Schnee- und Eisbruch, am deutlichsten dann, wenn sie nachfolgend zu Gradationen von Borkenkäfern und anderen Schwächeparasiten führen. Flächenhafte Bestockungsverluste können die Folge sein.

In niederschlagsärmeren, wärmeren Regionen NRWs wird die Zunahme der Sommertrockenheit - verbunden mit einem erhöhten Waldbesucherverkehr bei Sommer- und Hitzetagen - die **Waldbrandgefahr** erhöhen (z. B. nördliches Ruhrgebiet, Teile des Niederrheins). Damit verbunden ist das Risiko des Verlusts von Waldbeständen, Bodenvegetation, Humus, Nährstoffen und Kohlenstoffvorräten.

Klimafolgen für Forstbetriebe und Waldbesitzer

Mit der Vielzahl der bis hier aufgezählten Klimafolgen, Risiken und Chancen sind alle Waldbesitzer konfrontiert. Um die daraus resultierenden Herausforderungen zu bewältigen sind:

- **Waldbauliche Behandlungskonzepte für die heimischen Hauptbaumarten anzupassen** und weiterzuentwickeln, weil sich die standörtlichen Wuchsbedingungen und die klimabedingten Risiken für viele Baumarten und Bestandestypen oder Waldgesellschaften verändern werden. Dies beinhaltet Formen der Bestandesbegründung (z. B. Baumarten-Mischungen) und -pflege sowie die Dauer der Umtriebs- bzw. Produktionszeit (ggfs. kürzere Umtriebszeit zur Risikoverringerung). Bei der Baumartenwahl kommt der Festlegung des passenden Standorts eine besondere Bedeutung zu.
- **Geeignetes Saat- und Pflanzgut** für die heimischen Hauptbaumarten sowie die Erprobung und ggf. Einführung neuer Herkünfte sicher zu stellen.
- **Neue Einsatzformen heimischer Baumarten** zu prüfen und umzusetzen, weil es aufgrund sich verändernder Konkurrenzsituationen zwischen den heimischen Baumarten zu Arealverschiebungen kommen kann.
- Die wachsende **Bedeutung gebietsfremder Baumarten zu berücksichtigen**, wenn diese als klimaplastisch gelten; das gilt insbesondere für wachstumsstarke und zugleich klimaplatische Nadelbaumarten.
- **Forsttechnische Verfahren** anzupassen, insbesondere zur Vermeidung von Bodenverdichtung durch Forstmaschinen bei wärmeren und feuchteren Wintern sowie zur Vermeidung von Bodenerosion bei Holzernte in Hanglagen.

Für die häufigste und wirtschaftlich bedeutendste Baumart in NRW, Fichte, bedeuten die Folgen des Klimawandels gebietsweise eine Verringerung der Standorteignung und ein steigendes Risiko für Kalamitäten (z. B. Borkenkäfer). Sofern keine leistungsstarken, aber

[39] Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013)

klimaangepassten Nadelbaumarten die Fichte ganz ersetzen bzw. als Mischungsanteile ergänzen, werden **Holzeinschlag und Einnahmen der Forstbetriebe langfristig sinken**. Vom Klimawandel tendenziell profitierende Baumarten wie z. B. Traubeneiche, Kiefer, Robinie und Esskastanie werden diese Lücke in absehbaren Zeiträumen voraussichtlich weder vom Zuwachs noch vom Wert der Produkte her schließen können.

Mit Douglasie, Küsten- oder Weißtanne und Roteiche stehen grundsätzlich[40] standortgeeignete und zuwachsstarke Baumarten zur Verfügung, um Zuwachsverluste durch eine abnehmende Fichtenverbreitung zu vermindern. Bei der Pflanzung dieser Baumarten ist die Verwendung geeigneter Herkünfte besonders bedeutsam[41].

Wichtige Baumarten anderer biogeographischer Regionen[42]

Der Anteil gebietsfremder Nadelbaumarten beträgt in NRW 2,9 % (überwiegend Japan-Lärche und Douglasie), der von Laubbaumarten 1,5 % (überwiegend Roteiche und Robinie).

Bereits etablierte und gut untersuchte Baumarten („anbaufähig“):

- **(Japan)Lärche:** Auf mehr als 10.000 ha als robuster, lichtliebender und schnellwüchsiger Pionier in den mittleren und höheren Lagen von NRW angebaut. Der Zuwachs liegt unter dem der Fichte, aber sie weist eine günstige Eignung für zwei- und mehrschichtige Misch-Bestände auf.
- **Douglasie:** Auf über 8.000 ha wird sie in NRW angebaut. Sie ist bodenpfleglich (Streuzersetzung) und auf vielen Standorten gut natürlich zu verjüngen, geeignet als Mischbaumart, weist eine breite Standortsamplitude auf und erlaubt den Anbau auch auf trockenen und flachgründigen Standorten. Nach einer empfindlichen Jugendphase zeigt sich diese Baumart als relativ unempfindlich gegenüber biotischen und abiotischen Schadfaktoren. Im Vergleich zu Fichte ist sie i.d.R. sturmfester, schneebruchsicherer und deutlich ertragsstärker.
- **Roteiche:** Für wärmere Tieflagen auch auf trockeneren Standorten geeignete und raschwüchsige Alternative zu Buche und Eiche, auf gut 10.000 ha in NRW. Insbesondere im Münsterland und in den Wäldern des Ruhrgebietes liegen rund hundertjährige Erfahrungen vor, weil zu Beginn des 20. Jahrhunderts Roteiche als Ersatzbaumart für absterbende Eichen und Buchen gepflanzt wurde. Um bekannte schlechte Erfahrungen mit Roteiche auf armen und sandigen Standorten zu vermeiden (Rindenerkrankung durch den Pilz „Zimtscheibe“), ist eine sorgfältige Standortsauswahl zu treffen.
- **Weißtanne:** Ältere Weißtannen-Vorkommen in NRW zeigen, dass sie grundsätzlich in NRW als Wirtschaftsbaumart geeignet ist. Weißtanne kann aufgrund arttypischer Eigenschaften wie beispielsweise hoher Wurzelintensität und Trockentoleranz sowie ihrer Mischfähigkeit in naturnahen Waldbausystemen im zu erwartenden Klimawandel eine wichtige Rolle einnehmen. Stabilität, Schattenerträgnis, eine breite Standortsamplitude, die bodenverbessernde Wirkung, wertvolle Holzsortimente sowie langfristiger, hoher Zuwachs sind weitere Argumente, die Weißtanne als Mischbaumart in waldbauliche Anpassungskonzepte zu integrieren.
- **Küstentanne**: Geeignete Baumart für die gezielte Beimischung in Buchenwälder. Kommt gut mit einem wärmeren Klima zurecht und zeichnet sich durch gute Holzqualität und durch schnelles Wachstum aus: Sie wächst oft schneller als Fichte und erreicht Holzvorräte bis zu 1.200 m³ je Hektar. Ihr Holz kann vor allem für die Span- und Faserplattenherstellung eingesetzt werden. Für die Beimischung der Küstentanne in Buchenwälder spricht auch, dass sich junge Buchen im Schutz der amerikanischen Tannenart sehr gut entwickeln.

Untersucht werden u. a. folgende Baumarten mit günstigen Eigenschaften:

- Esskastanie
- Walnuss
- Hemlocktanne
- Riesenlebensbaum
- Pazifische Edeltanne
- Lindenblättrige Birke

[40] Begleitende wissenschaftliche Untersuchungen sollten prüfen, auf welchen künftigen Standorten die genannten Baumarten besonders geeignet oder auch nicht geeignet sind und wie ihr Zuwachsverhalten unter verschiedenen Klimaregimen zu bewerten ist.

[41] LB WH (2010c)

[42] LB WH (2010c)

Die Erhöhung der Stabilität und der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände bedeutet einen erheblichen **Mehraufwand für die Forstbetriebe.** Dieser Mehraufwand resultiert aus höheren Ansprüchen bei der Pflanzenauswahl, veränderten waldbaulichen Vorgehensweisen und erhöhten Kosten bei der Pflanzung (z. B. Containerpflanzen), weil etablierte Pflanzverfahren und -termine nicht mehr den bekannten Erfolg sichern.

Ein zusätzliches Risiko entsteht durch die **Unsicherheit waldbaulicher Entscheidungen**. Fragestellungen, die durch die Klimawandelfolgen entstehen, sind:

- Welche Baumarten sind bei sich verändernden Standortbedingungen wo geeignet?
- Wie lange können welche Fichtenbestände noch vital bleiben?
- Wie sehen die besten Anbau- und Pflegekonzepte für stärker gemischte, strukturreichere Wälder aus?
- Welche langfristigen Absatzmärkte gibt es für im Klimawandel standörtlich bevorzugte, aber regional neue Baumarten (Küstentanne, Esskastanie, Robinie)?

Viele Strategien, um die waldbaulichen Risiken durch den Aufbau eines diversen und damit klimaplastischen Waldes zu mindern[43], führen zu **Mehraufwändungen für Waldbesitzer** und Forstbetriebe und das bei voraussichtlich **geringeren Erlösen** (mehr Laubholz, weniger Nadelholz). Diesen Folgen kann durch die Entwicklung neuer technischer Anwendungsbereiche und Produkte, z. B. im Bereich Holzbau mit Laubholz, entgegen gewirkt werden.

Bei der Weiterentwicklung der Waldbaukonzepte und beim Waldumbau sind Aspekte der Biodiversität und des Waldnaturschutzes zu beachten. Insbesondere bei der Verwendung neuer, gebietsfremder Baumarten sind die Auswirkungen auf die natürliche Artenvielfalt und Naturschutzaspekte zu berücksichtigen.

Wildverbiss gefährdet den Waldumbau entscheidend, da für den Aufbau klimaplastischer Wälder eine breite Baumartenpalette und die Nutzung seltener oder gebietsfremder Baumarten bedeutsam sind. Diese müssen sich natürlich oder bei Pflanzung auch ohne Schutz verjüngen lassen, um klimastabile Mischbestände mit einer hohen Anzahl von Baumarten mit geringen Geldaufwänden zu ermöglichen. Ein effektives Wildmanagement und eine erfolgreiche Jagd sind daher in Zukunft noch mehr als bisher Schlüsselfaktoren für den Aufbau klimaplastischer Wälder und für die Wirtschaftlichkeit von Forstbetrieben.

Der **Waldschutzaufwand wird** mit der Unsicherheit der Entwicklung von abiotischen wie biotischen Schadfaktoren **ansteigen**. Vorbeugungsmaßnahmen wie z. B. eine „saubere Wirtschaft“ zur Vermeidung von Borkenkäferschäden nehmen an Bedeutung zu. Entscheidend ist ein Monitoring für das frühzeitige Erkennen von Schäden, eventuell neuer invasiver Schädlinge und Komplexerkrankungen[44] im Klimawandel. Die derzeit bereits aufwändige und besonders in urbanen Räumen konfliktträchtige Bekämpfung von Schadinsekten wird problematischer.

Die Eichen-Komplexkrankheit – ein Beispiel

Da insbesondere die Traubeneiche auch relativ wärmere und trockenere Bedingungen verträgt, kann diese unter standörtlichen Gesichtspunkten im Klimawandel ihr Areal ausweiten und in vielen Regionen in NRW an Konkurrenzkraft gewinnen (vgl. Infobox Seite 26).

Gleichzeitig sind eichenbestimmte Wälder wegen der hohen Anzahl an vorkommenden Arten besonders wertvoll für den Naturschutz.

[43] LB WH (2010c)
[44] Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013)

Aber im Klimawandel kann eine Komplexkrankheit aus Spätfrost, Mehltau, Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft und nachfolgender Prachtkäferbefall an Bedeutung zunehmen und zum Absterben von Eichenbeständen führen.

Ist das Ziel, die klimatisch angepasste, wirtschaftliche wertvolle, langlebige und für den Naturschutz wichtige Baumart zu erhalten, müssten in Konsequenz auch umweltverträgliche Bekämpfungsmaßnahmen geprüft werden.

Deutlich werden an diesem Beispiel bestehende Zielkonflikte zwischen Artenschutz von (seltenen) Eichen-Insekten, damit Erhalt von Eiche, dem Sicherheitsinteresse der lokalen Bevölkerung, den wirtschaftlichen Interessen der Waldbesitzer und der auf die Ressource Holz angewiesenen Holzwirtschaft. Der Bedarf an Strategien zur Minimierung dieser Zielkonflikte, z. B. durch räumliche Entzerrungen oder regionale Schwerpunktsetzungen, wird ersichtlich.

Kommt es vermehrt zum Absterben von Bäumen durch sich ändernde Standortbedingungen, wird auch der Aufwand für Verkehrssicherung ansteigen.

Die Zunahme der Winterniederschläge und Starkregenfälle beanspruchen das forstliche Wegenetz verstärkt. Wasserableitungen von der Wegfläche müssen angepasst werden. Zur Vorbeugung einer konzentrierten Entwässerung durch Rücke- und Fahrwege werden Aufwendungen für ein günstiges Verteilen von Niederschlägen in den Wald wichtiger. Instandhaltungsaufwendungen erhöhen sich dementsprechend.

Höhere Winterniederschläge und weniger Frosttage in den Mittelgebirgen engen die Zeiten für bodenschonende Holzernteeinsätze ein oder erhöhen den technischen Aufwand auf durchnässten Böden (z. B. Gleitschutzbänder, vermehrter Seilwindeneinsatz). Mehraufwand für ein flexibilisiertes Zeitmanagement ist die Folge. Die Holzernte muss auf niederschlagsarme Zeitpunkte verlegt und zeitlich komprimiert werden, wenn Böden und Wege eine ausreichende Befahrbarkeit mit schwerem Gerät erlauben. Eine mit ökonomischen und ökologischen Folgen verbundene Zwischenlagerung von Hölzern kann weitere Folge sein.

Auch von einem erhöhten Vorsorgeaufwand für den Katastrophenschutz nach Stürmen, Schneebruch, Waldbrände sind die Forstbetriebe betroffen. Überregionale Informationsstrukturen, Handlungsanleitungen und das Bereitstellen von angepassten Werkzeugen (Feuerlöscheinrichtungen, Nasslagerplätze) sind verstärkt vorzuhalten[45]. Für Forstbetriebe wie Forstunternehmer erhöhen sich so der Organisations-, und Logistikaufwand und die Ansprüche an alle Ausführenden. Ebenso kommt es zu höheren Standzeiten bei Holzerntemaschinen.

Im Bereich der Holzvermarktung steigt die Unsicherheit bei der Vermarktung (Sorten, Preise) bisher wenig bekannter Baumarten. Dies fällt zusammen mit regional sinkenden Hiebssätzen durch verminderte Anteile von Fichte und Nadelbäumen allgemein (Lärche, Kiefer). Steigen die Kalamitätsnutzungen an, so kommen Schwankungen des Holzmarkts hinzu.

In der Summe steigen die Kosten für betriebliche Arbeiten, sowie der Organisations- und Logistikaufwand. Die Wirtschaftlichkeit von Forstbetrieben ist stark betroffen.

Die komplexen und teuren Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sind insbesondere eine große Herausforderung für den Privatwald und die diesen beratenden und betreuenden Institutionen.

[45] LB WH (2007)

3.2 Klimafolgen für Biodiversität und Naturschutz

Der Klimawandel beeinflusst auch (vgl. auch Kap 3.1) Biodiversität und damit Naturschutz, weil Lebensräume sich in einer bislang nicht gekannten Dynamik verändern: Temperaturzunahmen, Änderungen der Niederschlagsverhältnisse, Zunahmen von Sommertrockenheit sowie extreme Witterungsereignisse wirken auf die Lebensräume der Waldarten.

Konkurrenzveränderungen und Arealverschiebung betreffen nicht nur Bäume, sondern alle Arten des Ökosystems. Risiken bestehen insbesondere für derzeit bereits seltene und gefährdete Arten, deren Wärme- und Trockenheitstoleranz gering ist (z. B. Arten der Feuchtwälder und Moore), aber auch für Arten, die durch im Klimawandel konkurrenzstärkere Arten oder einwandernde Arten verdrängt werden (z. B. hochmontane Arten).

Weiser dafür, dass die Auswirkungen des Klimawandels bereits spürbar sind, sind beobachtete Arealverschiebungen, vor allem bei mobilen Insekten- und Vogelarten[46]. Eine Studie zu den Auswirkungen der Klimaveränderung auf die biologische Vielfalt in NRW („ILÖK-Studie“)[47] hat ebenfalls die ersten Veränderungen in Populationsgrößen („Klimagewinner“ und „Klimaverlierer“) aufgezeigt. Ein weiteres Indiz ist das vermehrte Auftreten von immergrünen Arten[48] wie Stechpalme und Efeu.

Zu erwarten ist, dass die beschriebenen Folgen von Klimawandel besonders auf Arten mit engem ökologischen Toleranzbereich und einer Anpassung an kühle und feuchte Klimate (Moore, Feuchtwälder, hochmontane Arten) wirken. Wie genau diese Veränderungen die Schutzwürdigkeit von Arten und Lebensräumen betreffen, kann noch nicht prognostiziert werden. Die Herausforderung besteht darin, dass Naturschutz im Wald sich auf diese neue Dynamik einstellt und Effekte auf aktuelle Schutzgebiete und ihre besonders schutzwürdigen Güter eingeschätzt werden können. Zudem sind Anpassungsmaßnahmen zur Aufrechthaltung der Naturschutzleistungen zu entwickeln.

3.3 Klimafolgen für den Cluster Forst und Holz

Alle beschriebenen Klimafolgen für die Forstwirtschaft und die Produktion des nachwachsenden Rohstoffs Holz führen mittelbar auch zu Risiken für die Betriebe der Holzwirtschaft, die auf die Verfügbarkeit von Holz nach Holzart, Menge und Qualitäten angewiesen sind. Die Bedeutung aller Branchen des Clusters Forst und Holz für die Wirtschaft in NRW und insbesondere den ländlichen Raum wurden in Kapitel 1.4 bereits betont. Besonders wichtige Branchen innerhalb des Clusters Forst und Holz NRW und über die Landesgrenzen hinaus sind die Sägeindustrie, die Holzwerkstoff- und die Möbelindustrie.

Die Sägeindustrie[49] schafft als erste Bearbeitungsstufe von Rohholz die Grundlagen für regionale Wertschöpfungsketten. In NRW sind das rund 300 Unternehmen, die 700 Mio. Euro Umsatz mit 3.200 Beschäftigten erwirtschaften. Die Bedeutung der Holzwerkstoffindustrie verdeutlichen folgende Daten: 60 Unternehmen mit 5.800 Beschäftigten erzielen einen Umsatz von rund 900 Mio. Euro. Rohstoffgrundlage für diese zwei Branchen des Clusters Forst und Holz ist ganz überwiegend Nadelholz, insbesondere Fichtenholz. 2013 wurden in NRW laut

[46] MUNLV (2010b)
[47] MUNLV (2009a-c)
[48] Die mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebrachte Zunahme immergrüner Laubholzarten wird als „Laurophyllisierung“ bezeichnet.
[49] MKULNV (2013c)

IT.NRW 2,4 Mio m^3 Rohholz zu Schnittholz verarbeitet, davon 2,3 Mio m^3 Nadelholz. In der Möbelindustrie[50] arbeiten rund 28.000 Beschäftigte in 174 Unternehmen, die einen Umsatz von 6,1 Mrd. Euro erzielen. Das sind 37 % des deutschlandweiten Umsatzes aller Unternehmen dieser Branche.

Die erhöhten Standorts- und Waldschutzrisiken von Fichte und der aktive Umbau zu klimaplastischeren Baumarten können die Versorgungslücken für Fichtenholz zukünftig vergrößern. Hinzu kommt, dass Holzmengen aus Sturmwurf oder Käferschäden zu nicht geplanten Zeiten auf den Markt kommen und andere als die gewohnten Holzqualitäten liefern. Nadelholzsägewerke sind in den kommenden Jahrzehnten zur Anpassung an eine breitere Holzartenpalette von derzeit wenig verfügbaren und daher weniger genutzten Nadelholzarten (z. B. Douglasie, Küstentanne, Weißtanne, Lärche) gezwungen. Folge ist ein erhöhter betrieblicher Aufwand durch Diversifizierung der Produkte, durch die notwendige Erschließung unbekannter Märkte und für die Vermarktung.

Die Holzwirtschaft muss sich auf steigende Anteile von Laubbäumen in klimaplastischen und gemischten Wäldern und die waldbaulich angestrebte breitere Baumartenpalette einstellen. Es besteht beim Umbau oder der natürlichen Sukzession hin zu laubbaumreichen Wäldern das Risiko, dass zum einen weniger Holz für die be- und verarbeitenden Unternehmen zur Verfügung steht, zum anderen innovative und hochwertige Produkte für Laubholz noch fehlen.

Eine höherwertige Verwendung von Laubholz in der Säge- oder Furnierindustrie ist mengenmäßig begrenzt. Der Anteil geeigneter Qualitäten und die Ausbeute sind im Vergleich zu denen der Nadelbaumarten geringer. Soll die volkswirtschaftliche Bedeutung der (Laub-) Holznutzung aufrechterhalten oder wieder gesteigert werden, dann müssen mit dem Klimawandel neue Produkte und Märkte auch für Laubhölzer gefunden werden. Dies ist eine Herausforderung und zusätzlicher Aufwand für Forschung und Entwicklung sowie Normung und Markteinführung[51]. Sind diese neuen Produkte vorhanden, besteht die Herausforderung für Unternehmen, bestehende Produktionsanlagen anzupassen und neue Märkte zu entwickeln: Erhöhte Investitionen sowie Aufwände für Beschaffung, Marketing und Logistik/Transport sind die Folge.

Ohne eine Anpassung der Wälder, ihrer dort heranwachsenden Holzressourcen und der Reaktion der Holzwirtschaft hierauf sind vermehrte Insolvenzen und Arbeitsplatzverluste in einem der in NRW wichtigen Branchencluster zu befürchten. Dies betrifft insbesondere Arbeitsplätze im ländlichen Raum. Entsprechend hoch ist die Betroffenheit der Holzwirtschaft durch den Klimawandel einzustufen.

3.4 Klimafolgen für Wald und Gesellschaft

3.4.1 Klimafolgen für den Wald in urbanen Räumen

Wald in urbanen Räumen dient insbesondere der Walderholung sowie dem Erleben von Natur und natürlicher Landschaft. Im Klimawandel ist zusätzlich die günstige Beeinflussung des Mikroklimas durch Wald in enger Verzahnung mit Siedlungsflächen wichtig. Wald erhält Kaltluftschneisen und bietet kühle, schattige Räume bei steigender Hitzebelastung auf bebauten Flächen.

---

[50] Angaben für Unternehmen mit mind. 50 Beschäftigten.
[51] Aktuell wird dazu eine „Laubholzstudie NRW“ erstellt.

Die oben angeführten Risiken für den Waldbestand durch biotische und abiotische Schadfaktoren (Sturm, Pilze, Käfer, Vitalitätsverlust) stellen Herausforderungen für die Walderhaltung in urbanen Räumen dar. Zusätzliche Verkehrssicherungsmaßnahmen können Forstbetriebe durch Mehrkosten belasten und Waldbesucher behindern. Nehmen Bekämpfungsmaßnahmen von Forstschädlingen erwartungsgemäß zu, sind vermehrt Konflikte zwischen Waldbesitzern und Bevölkerung zu erwarten (vgl. Kap. 3.1). Die für Waldschutz Verantwortlichen müssen umwelt-freundliche Pflanzenschutzmittel, und -werkzeuge einsetzen und intensiver Informationen für die Bevölkerung bereitstellen, um diese Konflikte zu vermeiden. Die dicht besiedelten urbanen Räume sind selbst stark durch den Klimawandel betroffen[52] (Hitze, Wasserversorgung) und auf den Erhalt intakter Schutz- und Erholungsfunktionen angewiesen. Daher ist die Betroffenheit der urbanen Räume auch hinsichtlich der Klimafolgen für Wald als hoch zu bewerten.

3.4.2 Klimafolgen für Wald im ländlichen Raum

Forstbetriebe und die Holzwirtschaft im ländlichen Raum sind gefährdet durch die Risiken des Klimawandels und die Veränderungen der Wälder. Folgen können Arbeitsplatzverluste und Abwanderung von Bevölkerung und Betrieben sein (vgl. Kap. 3.3), was strukturschwache Räume in den waldreichen Mittelgebirgen im Osten Nordrhein-Westfalens überproportional betreffen wird, wo sowohl Forst- als auch die Holzwirtschaft eine entscheidende wirtschaftliche Basis darstellen.

Daneben ist der landschaftsbasierte Tourismus ein wichtiger Wirtschaftsfaktor (Sauerland, Eifel). Für diesen ist die Frage der zukünftigen Veränderung der Waldlandschaften in seinen Wirkungen unbeantwortet. Inwiefern sich verändernde Waldlandschaften und weniger Schnee im Winter auf den Tourismus im Sauerland und in der Eifel auswirken, ist näher zu untersuchen, um das Risiko qualifiziert einschätzen zu können.

3.4.3 Klimafolgen und Risiken für Klimaschutzziele in der Waldwirtschaft

Die hohe Bedeutung der Wälder und der durch ihre Bewirtschaftung klimafreundlich erzeugten Holzprodukte in NRW wurde im Kapitel 1.4 vorgestellt. Würden bei veränderten Baumartenzusammensetzungen im Klimawandel gleichzeitig Vorräte, Zuwächse und Nutzungsmöglichkeiten sinken, so wäre auch die Klimaschutzwirkung von Wald als Kohlenstoffsenke eingeschränkt. Das würde in Folge auch für den bedeutsamen Kohlenstoffspeicher in langlebigen Holzprodukten („Produktspeicher“) gelten und den stofflichen und energetischen Substitutionseffekt vermindern. Die Betroffenheit der Gesellschaft ist angesichts der Risiken für die Klimaschutzwirkung der Wälder konkret und hoch.

3.4.4 Klimafolgen für die Wasserwirtschaft

Die Trinkwasserversorgung ist bei vermehrter Sommertrockenheit und Wärme vermehrt auf die Gleichmäßigkeit und Höhe der Sickerwasserspende aus Wäldern angewiesen. Da davon auszugehen ist, dass sich die Sickerwasserspende in der Vegetationszeit zukünftig verändern wird, sind regionale und zeitlich beschränkte Engpässe im Wasserangebot möglich, welche die Trinkwasserversorgung beeinflussen können. Zusätzlich zu diesen Einflüssen durch eine ver-

[52] Vgl. LANUV (2013)

ringerte Sickerwasserspende sind aber auch Auswirkungen durch Starkregenereignisse wahrscheinlich: Da Wald den Abfluss dieser Wassermengen reduziert und verzögert, wird die Gefahr von Bodenerosion verringert und auch die Zuführung zu Hochwasserspitzen vermindert. Dadurch wirkt Wald auch im Klimawandel als Landnutzungsform in mehrfacher Hinsicht positiv auf den Wasserhaushalt. Kommt es durch Folgen des Klimawandels zu einem Verlust der Waldbedeckung durch Windwürfe, sind negative Folgen für die Wasserqualität (z. B. beschleunigter Abbau organischer Auflagen mit Folgen der Stickstoffeinschwemmung) oder auch Wasserrückhaltung zu erwarten.

Die geschilderten Sachverhalte verdeutlichen die engen Wirkungsketten zwischen Waldzustand, Wasserqualität und stetiger, qualitativ hochwertiger Wasserversorgung. Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung wirkt sich grundsätzlich positiv auf wasserwirtschaftliche Belange aus. Aus diesem Grund ist eine schonende, nachhaltige Waldbewirtschaftung ein wichtiger aktiver Beitrag zum Gewässerschutz, der unter veränderten Klimabedingungen eine besondere Rolle einnehmen wird. Die Wasserwirtschaft wird deshalb ein noch wichtigerer Partner für Walderhaltung, aber auch der Anspruch an angepasste Waldstrukturen, die die Forstbetriebe sichern sollen, wird steigen. Zu erwarten ist auch die Ausweisung größerer Wasserschutzgebiete im Wald, die zu Einschränkungen bei der Waldbewirtschaftung führen können.

3.5 Übergeordnete Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels auf Wald in NRW

Die vorangegangenen Kapitel verdeutlichen vor allem zwei Sachverhalte:

- Die meisten Folgen des Klimawandels sind noch nicht mit belastbarer Wahrscheinlichkeit als Risiken oder Chancen einzuschätzen oder gegeneinander abzuwägen. Das gilt auch für die dargestellten Betroffenheiten verschiedener gesellschaftlicher Gruppen oder Regionen. Dennoch sind Einschätzungen über die Richtung der Änderungen von Klima und der hauptsächlich betroffenen Bereiche möglich.
- Die aktuell als wahrscheinlich eingeschätzten Veränderungen durch Klimawandel verstärken die Nachfrage nach sämtlichen Waldfunktionen (Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen). Gleichzeitig steigen die Herausforderungen an Waldeigentümer und -bewirtschafter, diese Waldfunktionen im Klimawandel zu erhalten.

Eine Folge aus diesen Sachverhalten ist, dass noch bessere Werkzeuge und Informationen bereit zu stellen sind, die die Auswirkungen von Klimawandel und das Wirken auf verschiedene Güter und Funktionsebenen besser darstellen und abwägbar machen, insbesondere für räumliche Einheiten, in denen entschieden wird. Eine weitere Folge ist, dass die verschiedenen Maßnahmen zur Anpassung von Wald (vgl. Kap. 4) an den Klimawandel sorgfältig abzuwägen sind, auch hier kommt der betrachteten räumlichen Ebene eine besondere Bedeutung zu.

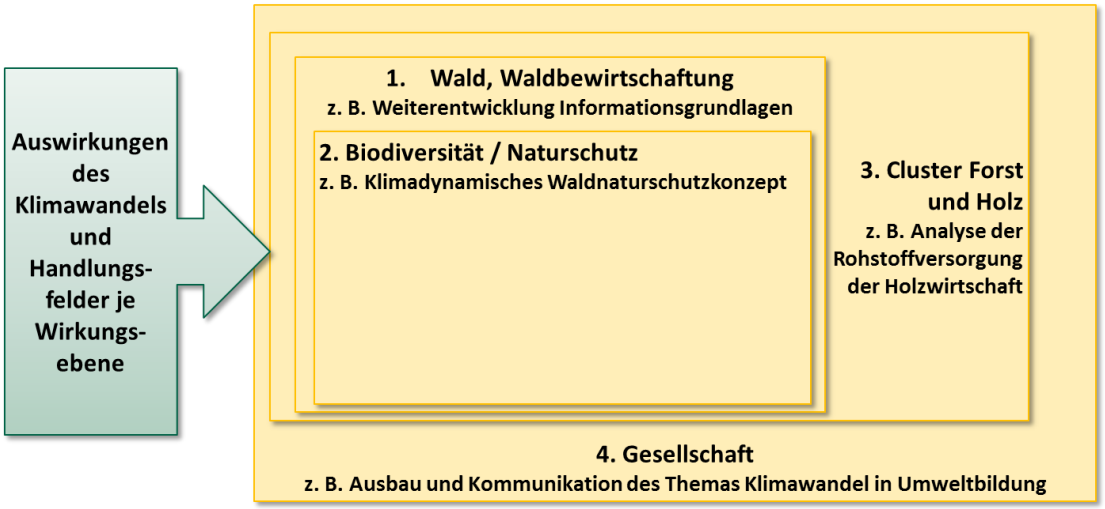
Aber auch dann, wenn verbesserte Informationsquellen und Werkzeuge vorliegen (vgl. Kap. 5), die die Folgen verschiedener Handlungsweisen oder auch von Nichthandeln einschätzbarer machen, ist davon auszugehen, dass die Bedeutung klimakompetenten Handelns beim Waldmanagement und forstpolitischen Agierens in den kommenden Jahrzehnten im bevölkerungsreichsten Bundesland zunehmen wird.

4 Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel

In diesem Kapitel werden 18 Handlungsfelder und zahlreiche Maßnahmen in Form von Kurzprofilen dargestellt, die auf Grundlage der in der Literatur allgemein formulierten Handlungsoptionen durch die Beteiligung von Experten und Stakeholdern konkretisiert, adressiert und als bedeutsam bewertet wurden (vgl. Kap. 2.2). Erläutert werden die Anpassungsmaßnahmen nach den von der Darstellung der Klimafolgen (Kap.3) bekannten Themenbereichen:

1. Wald und Waldbewirtschaftung (Kap. 4.1)
2. Biodiversität und Naturschutz (Kap. 4.2)
3. Cluster Forst und Holz (Kap. 4.3)
4. Wald und Gesellschaft (Kap. 4.4)

Abbildung 10: Themenbereiche für Handlungsfelder und Maßnahmen



Quelle: eigene Darstellung

4.1 Anpassungsmaßnahmen für Wald und Waldbewirtschaftung

Die vorangegangenen Kapitel machten deutlich, dass Wald in dem bevölkerungsreichsten Bundesland NRW eine sehr bedeutende Rolle für die verschiedenen Nutzungsformen und gesellschaftlichen Ansprüche spielt und deshalb Anpassungsmaßnahmen für den Klimawandel im Wald eine große Bedeutung haben. In den ländlichen Regionen besitzt Wald eine wichtige Einkommensfunktion für die große Anzahl privater Waldbesitzer und eine zentrale Rolle als Rohstofflieferant für die Holzwirtschaft. In den städtischen und stadtnahen Gebieten Nordrhein-Westfalens dominieren andere Funktionen, nämlich jene der Erholung, der sportlichen Aktivitäten und des Klimaausgleichs. Vor dem Hintergrund der steigenden Temperaturen und einer Hitzesensibilität der zahlenmäßig zunehmenden älteren Bevölkerung, wird die Bedeutung der klimatischen Ausgleichsfunktionen von Wald in den kommenden Jahrzehnten noch deutlich zunehmen[53]. Die Waldgebiete des ländlichen und des städtischen Raums sowie die Holzverwendung insbesondere auch in urbanen Zentren leisten über die CO_2-Speicherung im

[53] Vgl. LANUV (2013)

Wald und in Holzprodukten sowie über die Substitution fossiler Materialien und Energieträger auch einen wichtigen Klimaschutzbeitrag.

Risiken, Chancen und Betroffenheiten wurden im Kap. 3 eingehend dargestellt. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass

- für Waldbestände/-lebensräume Risiken durch das Zusammenwirken mehrerer Klimafolgen entstehen (mehr Sommertage, weniger Niederschläge in den Sommermonaten, mehr Waldbesucher, höheres Waldbrandrisiko; z. B. Niederrhein, nördliches Ruhrgebiet).
- Risiken dadurch entstehen, dass vorhandene und bewährte Informations-, Steuerungs- und Überwachungssysteme für die nachhaltige Waldbewirtschaftung die dynamischen Klimaveränderungen noch nicht umfänglich berücksichtigen können.
- die zu erwartenden Veränderungen auch Herausforderungen für die erforderliche Weiterentwicklung von Verfahren u. a. des Waldbaus, der Waldarbeit und des Forstschutzes darstellen.

Nachfolgend werden die sieben Handlungsfelder des Themenbereichs „Wald und Waldbewirtschaftung“ dargestellt und erläutert.

Weiterentwicklung und Integration von Informations- und Planungsinstrumenten für Waldmanagement im Klimawandel	
Hintergrund	Für die Wälder in NRW gibt es aus dem Forst-, Naturschutz- und Umweltbereich eine Vielzahl von Informations- und Planungsinstrumenten mit unterschiedlichen Datengrundlagen. Diese Instrumente und Daten sind häufig nicht integriert und Auswertungen für Aspekte des Klimawandels sind begrenzt und aufwendig. Zudem sind diese meist statisch angelegt und können nur eingeschränkt auf die dynamischen Veränderungen des Klimawandels reagieren. Die Anforderungen an Informations-, Analyse-, Optimierungs- und Prognosemöglichkeiten wird zukünftig auch für Wald weiter steigen, zugleich wird auch die Notwendigkeit integrierter und effizienterer IT-Lösungen für das Waldmanagement wachsen.
Ziele und Maßnahmen	**Weiterentwicklung und Vernetzung von Informations- u. Planungsgrundlagen** – Ausbau und Weiterentwicklung bestehender Informations- und Planungsgrundlagen (z. B. forstliche Bodenkartierung, digitale forstliche Standortklassifikation, Forsteinrichtung und Waldbauplanung, Forstschutz-Monitoring, Holzernteplanung, Naturwaldzellen-Monitoring, Waldnaturschutzinformationen, forstliches Umweltmonitoring, waldökologische Inventur, Waldfunktionenkartierung). – Weitergehende Vernetzung der Informationssysteme und Entwicklung zusätzlicher Analyse-, Optimierungs- und Prognosefunktionen, auch hin zu einem Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) beim Waldmanagement (z. B. Waldbauempfehlungen für einen bestimmten Standort für unterschiedliche Szenarien des Klimawandels und für verschiedene Betriebszielsetzungen, Szenarien zu Auswirkungen eines Waldumbaus auf die Biodiversität und auf die Rohstoffversorgung für die Holzwirtschaft, Darstellung und Minimierung von Zielkonflikten, Ansatz z. B. Plattform „Virtueller Wald“). **Anpassung von Planungsansätzen beim Waldmanagement an ein neues, dynamisches Leitbild klimaplastischer Wälder** – Anpassung von Zielsetzungen, Konzepten und Strategien (z. B. in den Bereichen Waldbau, Forstschutz, Holzernte, Waldnaturschutz, Erholungsnutzung, Umweltbildung) – Weiterbildungsangebote für das Fachpersonal (insbesondere Förster/-innen); Beratung verschiedener Akteure (vor allem Waldbesitzer)
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (MKULNV, LANUV, Forstbetriebe und Waldbesitz)
Effekte	– Entwicklung eines klimaplastischen Waldes durch verbesserte Informationsgrundlagen – Effizienterer Mitteleinsatz im Klimawandelprozess durch Anpassung verschiedener Zielsetzungen an Effekte des Klimawandels – Verbesserte Grundlagen für ein Monitoring im Klimawandel durch verbesserte Informationssysteme
Relevant für	Wald, Waldwirtschaft; Gesellschaft/Politik
Bezug zum KlimaWIS	Es werden Informationsgrundlagen geliefert und aus dem KlimaWIS resultierende Informationsgrundlagen genutzt.
Weitere Infos und Status	Forstliche Bodenkarten, digitale forstliche Standortklassifikation, Forsteinrichtung, Projekt „Virtueller Wald“ – Asche, N. (2002): Standortgerechte Baumartenwahl für Nordrhein-Westfalens Wälder. – Schulz, R.; Asche, N. (2008): Klima, Standort, Wald. Regionales Wasserhaushaltsmodell auf Bundesebene übertragbar? – Dworschak, M.; Schulte-Kellinghaus, S. (2012); Schulz, R.; Asche, N., (2000); Asche, N. (2001); Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2011); LB WH (2010c, 2013b); Asche (2012); MKULNV (2010c); Roßmann, J. (2012)

Entwicklung eines Waldbaukonzeptes für klimaplastische Wälder in NRW	
Hintergrund	Angesichts der Klimaveränderungen und der Erfordernis, die Stabilität und Anpassungsfähigkeit der Wälder zu erhöhen, sind die bisherigen, auf der forstlichen Vergangenheit basierenden Waldbaukonzepte weiterzuentwickeln. Waldbau für klimaplastische Wälder zielt meist auf naturnähere sowie arten- und strukturreichere Mischbestände ab, kann aber z. B. auch die Intensivierung der forstlichen Bewirtschaftung beinhalten (z. B. Verkürzung der Produktionszeit zur Risikoverringerung). Bestandestypen und Baumarten sind bezüglich ihrer Standorteignung und ihrer verschiedenen Leistungen neu zu bewerten.
Ziele und Maßnahmen	**Entwicklung eines integrierten Waldbaukonzeptes für klimaplastische Wälder in NRW** – Erstellung eines integrierten Waldbaukonzeptes für Waldentwicklungstypen, [54] Baumarten und Standortstypen, unter Berücksichtigung verschiedener Betriebszielsetzungen und verschiedener Szenarien des Klimawandels, für gesamt NRW, mit regionalen Schwerpunkten. – Weiterentwicklung vorhandener und Entwicklung neuer Waldbaukonzepte für einzelne Baumarten unter besonderer Berücksichtigung der Standorteignung (auch von Extrem-/Sonderstandorten, Vermeidung windwurfgefährdeter Baumarten auf flachgründigen Böden). – Einbeziehung anderer, geeigneter Herkünfte heimischer Baumarten und neuer, gebietsfremder Baumarten unter Berücksichtigung ökologischer und naturschutzfachlicher Aspekte sowie der Eignung für die Holzverwendung (hierzu auch Wissensaustausch bundesweit und international, insbesondere mit Regionen mit vergleichbaren Wuchsbedingungen). – Aufarbeitung und Darstellung geeigneter waldbaulicher Ansätze (z. B. Nutzung von Naturverjüngung und vielfältiger Waldentwicklungsphasen, Verkürzung der Produktionszeit). – Vorhalten geeigneter Erntebestände für die Saatgutgewinnung der gebietseigenen Baumarten. **Erweiterung der Eignungs- und Risikokarten für Baumarten** – Landesweite Kartendarstellung der standörtlichen Anbaueignung und entsprechender Risikogebiete für relevante Baumarten. – Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse zur veränderten Forstschutzsituation bei den Baumartenempfehlungen. **Ausbau bestehender Versuchs- und Demonstrationsflächen und Forschungsprojekte** – Anbauversuche und ertragskundliche Dauerbeobachtungsflächen für heimische und gebietsfremde Baumarten (Arboretum Burgholz), Naturwaldzellen-Monitoring – Anbauversuchs- und Demonstrationsflächen repräsentativ über ganz NRW („Regionale Klima-Zukunftswälder“) – Sicherung und Steigerung der Versorgung mit Saat- und Pflanzgut klimatoleranter Gehölzarten und Herkünfte. Ausweitung von Herkunftsversuchen und Prüfanbauten.
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (MKULNV, Forstbetriebe und Waldbesitzer)
Effekte	– Unterstützung/Sicherung der Klimaanpassung von Wald in NRW – Schaffung der Grundlage zur Entwicklung klimaplastischer Wälder – Verbesserung von Effizienz beim Einsatz sämtlicher Investitionen bei der Entwicklung klimaplastischer Wälder durch Maßnahmenempfehlungen im Waldbaukonzept
Relevant für	Waldwirtschaft; Holzwirtschaft; Beschäftigte im Ländlichen Raum
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des *KlimaWIS:* Für Regionen sind Baumarten- und Herkunftsempfehlungen mit den jeweiligen Risiken und Chancen abrufbar, damit verschiedene Betriebszielsetzungen mit ihren jeweiligen Risiken abgewogen werden können.
Weitere Infos und Status	Waldbaukonzepte für Fichte, Buche und Eiche (Eiche in Bearbeitung) – Niesar, M. (2012): Wald im Klimawandel - Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Waldschutz. – Leder, B. (2013): Eiche im Klimawandel. Beitrag zu den zu erarbeitenden Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Eichenrein- und Mischbeständen in NRW. – Asche, N.; Schulz, R. (2010); Asche, N.; Schulz, R. (2011); Niesar, M. et al. (2013)

[54] Waldentwicklungstypen umfassen Waldbestände mit vergleichbarem waldbaulichen Ausgangszustand und vergleichbarer Zielsetzung. Sie beschreiben die zweckmäßigsten Verfahren zur Erreichung dieser Zielsetzung unter Beachtung der Funktionenvielfalt des Waldes.

Anpassung von Waldarbeit und Forsttechnik an die Anforderungen forstwirtschaftlicher Maßnahmen im Klimawandel	
Hintergrund	Der Klimawandel erfordert eine Anpassung von Waldarbeit und Forsttechnik. Waldarbeit in zukünftig arten- und strukturreicheren Beständen ist komplexer. Angesichts von wärmeren und feuchteren Wintern ist die Bodenverdichtung durch Forstmaschinen zu vermeiden. Bei Holzernte in Hanglagen ist der Erosionsschutz zu verbessern. Aufgrund weniger verfügbarerer Arbeitstage im Jahr (weniger Frosttage, mehr Hitzetage, mehr Starkregen) ist die Arbeitsorganisation der Holzernte anzupassen und zu flexibilisieren. Veränderte Arbeitsverfahren, belastendere Arbeitsbedingungen (z. B. hohe Temperaturen), Einsatz in Sturmwurfflächen und neue Krankheitserreger machen Anpassungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz erforderlich.
Ziele und Maßnahmen	**Weiterentwicklung bestehender waldarbeits- und forsttechnischer Verfahren zum optimierten Einsatz in klimaplastischen Wäldern** – Erarbeitung von an Klimawandel angepassten Arbeitsverfahren (z. B. insbesondere bodenschonende Holzernte auch unter ungünstigen Bedingungen und Holzernte in arten- und strukturreichen Beständen unter technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten). – Weiterentwicklung geeigneter Pflanzverfahren zur qualitativ hochwertigen Bestandesbegründung (z. B. Container-Pflanzung[55]; Neheimer Pflanzverfahren). – Optimierung des Großmaschineneinsatzes bei der Holzernte (z. B. IT-gestützte Routenplanung, weitergehende Qualifizierungsangebote). – Herleitung eines qualifizierten, effizienten Waldkontrollmaßes für Stammholzabschnitte für den Katastrophenfall (Sturm, Schneebrauch) (z.B. Verfahren „Polter-Luchs“). – Innovative Verfahrenstechnik und Schulungskonzepte zur Durchführung von Maßnahmen der Jungbestandspflege zur Pflege/späten Ausdünnung von ehemaligen Windwurfflächen. **Bindung und Gesunderhaltung von Arbeitskräften**, **Flexibilisierung von Arbeitseinsätzen** – Langfristiger und im Jahresverlauf flexibler Einsatz qualifizierter forstlicher Dienstleistungsunternehmen (z. B. Rahmenverträge, Arbeitsstundenpool, Fortbildungen). – Weiterentwicklungen persönlicher Schutzausrüstungen für veränderte Klimaverhältnisse. – Qualifizierung von Privatwaldbesitzern bei Eigenleistungen (insbesondere im landwirtschaftlichen Nebenerwerb)
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (Forstbetriebe und Waldbesitz, MKULNV)
Effekte	– Gesundheitsvorsorge und Anpassung der Arbeitsplatzgestaltung an den Klimawandel – Minderung der betrieblichen Klimafolgen: durch Anpassung von Arbeitsverfahren – Minderung von Bodenschäden und Erhöhung der betrieblichen Flexibilisierung von Holzerntearbeiten: Durch neue Arbeitsverfahren. – Erhöhung der betrieblichen Flexibilisierung von Erntearbeiten: Durch neue Ernteverfahren
Relevant für	Waldwirtschaft; Holzwirtschaft; Beschäftigte im Ländlichen Raum
Bezug zum KlimaWIS	Liefert einige Ergebnisse für das KlimaWIS: Kosteninformationen neuer Arbeitsverfahren können für die vergleichende ökonomische Bewertung der prognostizierten Waldentwicklung verwendet werden. Nutzung von Holzernte-Simulationen.
Weitere Infos und Status	Projekte des Forstlichen Bildungszentrums NRW zu Waldarbeit und Forsttechnik, Projekt „Virtueller Wald“ – Jacke, H.; Zimmer, F. (2011): Ökonomie und Ergonomie manueller Pflanzverfahren. – Spiegelhalter, J. (2012): Ergonomie und Produktivität bei der Container-Pflanzung. – Anonymus (2013); LB WH (2010c);

[55] Spiegelhalter, J. (2012)

Anpassung von Wildmanagement und Jagd in Wäldern im Klimawandel	
Hintergrund	Es wird davon ausgegangen, dass zukünftig mildere Winter die Sterblichkeit von Schalenwildarten mindern. Wachsende Schalenwildpopulationen und ein verstärktes Hineindrängen des Wildes in die Waldbestände aufgrund von Störungen (Erholungsnutzung), was die Waldverjüngung durch Verbiss, Fegen oder Schälen negativ beeinflusst, sind ein zusätzlicher Stress- bzw. Gefährdungsfaktor, der die Entwicklung klimaplastischer Wälder deutlich erschwert. Konzepte und Instrumente des Wildmanagements und der Jagd sind anzupassen.
Ziele und Maßnahmen	**Anpassung des Jagdgesetzes zur Sicherstellung geeigneter Verjüngung relevanter Baumarten sowie Entwicklung und Einrichtung von Instrumenten zur Umsetzung** – Aufnahme der Anforderung in das Jagdgesetz, dass die Verjüngung (Naturverjüngung und Pflanzung) der lokal und standörtlich geeigneten Haupt- und Mischbaumarten gewährleistet ist, und Etablierung von Instrumenten zur Sicherstellung der Umsetzung. – Entwicklung und Einrichtung geeigneter Indikatoren und Monitoring-/Messverfahren zur Kontrolle des Einflusses von Schalenwildpopulationen, die eine Etablierung und Entwicklung klimaplastischer Wälder ermöglichen (z. B. Weiserflächen, Erhebung von Kenndaten zu den Populationen wie über Befliegung). – Erprobung und Einführung neuer Lösungsansätze bei Wald-Wild-Konflikten (z. B. Moderation durch Jagdberater, privatrechtliche Vereinbarungen zum Wildmanagement und zur Abschlussplanung). **Durchführung von Untersuchungen zu den Auswirkungen von Klimawandel auf Wildlebensräume sowie auf den Erfolg von Maßnahmen des Wildmanagements und von Jagdstrategien** – Studien zur Veränderung von Wild-Ruhezonen / -Rückzugsräumen unter Berücksichtigung von Habitat, Infrastruktur, Störungen und Jagdpraktiken – Monitoring der Entwicklung von Neozoen und deren Auswirkungen auf das Ökosystem (Waschbär, Marderhund, etc.). – Retrospektive Bewertung des Einflusses der Bejagung auf den Wiederaufforstungserfolg nach Kyrill unter Berücksichtigung der ursprünglichen fachlichen Empfehlungen.
Verantwortlicher / Adressat	MKULNV (LB WH, Jagdverbände, LANUV, Kommunen)
Effekte	– Sicherung der natürlichen Entwicklung klimaplastischer Wälder, weil die als wertvoll eingeschätzten Anpassungspotenziale natürlicher Waldverjüngung erhalten werden. – Effizienterer Mitteleinsatz bei der Begründung und Entwicklung klimaplastischer Wälder, weil negativer Wildeinfluss nicht ausgeglichen/durch andere Maßnahmen verhindert werden muss.
Relevant für	Jagdpächter, Eigenjagdinhaber
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des *KlimaWIS:* Aus dem KlimaWIS ist die Information zu entnehmen, welche Hauptbaumarten in einer Region zu erwarten sind.
Weitere Infos und Status	Novellierung Jagdgesetz NRW, Pilotvorhaben Rotwilderfassung Eifel – Petrak, M. (2007): Erderwärmung - Folgen für Hege und Jagd in NRW. – LB WH (2007): Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen.

Sicherung des forstlichen Wegebaus und -unterhalts für Waldmanagement im Klimawandel	
Hintergrund	Waldmanagement im Klimawandel kann eine intensivere Bewirtschaftung mit der Notwendigkeit guter Zugänglichkeit der Waldbestände bedeuten, z. B. im Zusammenhang mit Forstschutz und Katastrophenmanagement. Daher ist eine gut entwickelte und unterhaltene forstliche Infrastruktur wichtig, insbesondere was Waldstraßen angeht. Schwankungen im Wasserhaushalt von Waldstandorten und Waldgewässern werden im Klimawandel bedingt durch häufigere Starkregenfälle und Trockenphasen zunehmen. Folge davon ist, dass Anzahl, Bauart und Dimension der Wasserableitungen und Durchlässe im Waldstraßenbau überprüft werden müssen, um die Funktionsfähigkeit der Erschließung zu sichern und Wasser den Waldbeständen zukommen zu lassen.
Ziele und Maßnahmen	**Erhalt und Optimierung leistungsfähiger Waldstraßen** – Weiterentwicklung der Konzepte und Verfahren für Wegebau und Wegeunterhaltung im Klimawandel unter Nutzungsaspekten. – Vereinfachung von Planungs- und Genehmigungsverfahren für Wegebau und –unterhalt. – Monitoring von Waldwegenetz und –zustand. **Aufrechterhaltung und Verbesserung der Wasserableitung von Wegen in die Waldflächen** – Weiterentwicklung der Konzepte und Verfahren für Wegebau- und Wegeunterhaltung im Klimawandel unter Gesichtspunkten von Erosionsschutz und Geländewasserhaushalt. – Schulungen des neuen Konzepts in allen Waldbesitzarten durch Trainingstage an konkreten Objekten. – Inventarisieren und planen der notwendigen Maßnahmen im Gesamtwald durch Integration in Planungsvorgängen wie Forsteinrichtung oder Naturschutzplanungen – Umsetzung und Förderung des Konzepts im Rahmen der EU WRRL zur Beschleunigung der Abwicklung von Projekten.
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (Forstbetriebe und Waldbesitzer, MKULNV, LANUV)
Effekte	– Minderung von Dürreschäden: Beitrag zur Verbesserung des Wasserhaushalts von Waldböden. – Minderung von Schäden durch Starkregenfälle am forstlichen Wegenetz und öffentlichen Wegen. – Minderung potenzieller naturschutzfachlicher Konflikte: Erhöht die Akzeptanz der Wegebaumaßnahmen beim Naturschutz.
Relevant für	Waldbesitzer und Forstbetriebe; Wasserwirtschaft; Naturschutz; Straßenbehörden
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Nutzung von Holzernte- und Transport-Simulationen. Geländemodelle, Bodendaten und die Simulation von Niederschlägen können für die Simulation des Geländewasserabflusses genutzt werden.
Weitere Infos und Status	Projekte des Forstlichen Bildungszentrums NRW zum forstlichen Wegebau – MURL 2014: Leitlinien für den nachhaltsgerechten Wegebau Leitbild für den nachhaltsgerechten forstlichen Wegebau in Nordrhein-Westfalen. – Adler P.; Haas, S. (2008): Handbuch Wald und Wasser. – DEVK e.V. (2005): Richtlinien für den ländlichen Wegebau. – Projektvorhaben (2014): Wegemanagement: Moderne Methoden zur Zustandserfassung von Forststrassen (LB WH, Thüringen Forst, Berner Fachhochschule)

Ausweitung des Waldschutzmanagements und -monitorings im Klimawandel	
Hintergrund	Viele biotische Schaderreger (Insekten, Pilze, Mikrosorganismen) im Waldökosystem profitieren von höherer Wärme (Insekten), höherer Luftfeuchte (Pilze) oder der Vitalitätsverringerung der Wirtsbäume (z. B. Borkenkäfer). Hinzu kommt, dass bereits bekannte Organismen, die bisher keine Virulenz haben, eine solche durch die Klimawandelfolgen entwickeln können und bislang auf wenige Strandorte beschränkte Schaderreger (z. B. Eichenprozessionsspinner) sich flächig in NRW ausbreiten.
Ziele und Maßnahmen	**Ausweitung des Waldschutz-Monitorings** – Ausweitung der Monitoringaktivitäten und Verbesserung der Aufbereitung der Ergebnisse für ein Warnsystem. Neue Schwerpunkte sind: Borkenkäferüberwachung (Fichte), Vitalitätsüberwachung Esche, Überwachung Gesundheitszustand Buche (Extremstandorte), Monitoring Kiefer-Schaderreger, der Eichenarten, standörtlich bedeutsamer Mischbaumarten und Quarantäneschadorganismen (QSO). – Ausdehnung des interaktiven internetbasierten Borkenkäfermonitoring auf weitere relevante Schaderreger und Integration in das KlimaWIS. Nutzung des KlimaWIS zur gezielten Aufklärung auch wenig aktiver Waldeigentümer zu Waldschutzproblemen. **Ausbau und Weiterentwicklung des Waldschutz-Managements** – Intensivierung der Forschung und Bereitstellung integrierter, vorbeugender Maßnahmen im Waldmanagement. – Verbesserung bei Bereitstellung zugelassener umweltverträglicher und nachhaltig wirksamer Bekämpfungsmethoden für Schaderreger.
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (LANUV, Forstbetriebe und Waldbesitzer, MKULNV)
Effekte	– Risikominderung für Forstbetriebe: Forstbetriebe entlastet eine rasche Warnung, schnelle Lieferung von Handlungsanleitungen bis hin zur Bereitstellung von effizienten Bekämpfungsmaßnahmen. – Beitrag zum Erhalt der Biodiversität: Integrierte, vorbeugende Maßnahmen bewahren das Artenspektrum und vermeiden Bekämpfungsaktionen mit Nebenwirkungen auf Fauna und Flora. – Risikominderung für die Holzwirtschaft: Wirtschaftlich wichtige Baumarten werden geschützt und Holzprodukte für die Holzwirtschaft werden vor Schäden bewahrt.
Relevant für	Waldbesitzer und Forstbetriebe; Naturschutz; Bevölkerung; mittelbar: Holzwirtschaft
Bezug zum KlimaWIS	Beitrag zum KlimaWIS: Monitoringergebnisse werden zentral und zeitnah bereitgestellt. Dies gilt ebenso für alle Waldschutz-Handlungsanleitungen. Monitoringergebnisse dienen als Grundlage zur Ableitung von Risikomodellen für das KlimaWIS. Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Risikomodelle aus dem KlimaWIS können für die Vorhersage von Waldschutzrisiken in Abhängigkeit der Klima- und Witterungsentwicklung genutzt werden.
Weitere Infos und Status	Waldschutz-Monitoring auf Ebene der Regionalforstämter – Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013): Waldschutz im Klimawandel - Wie bleiben unsere Wälder vital? Niesar, M. (2012): Wald im Klimawandel - Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Waldschutz. – MKULNV (2012a, 2012b); MUNLV (2010a)

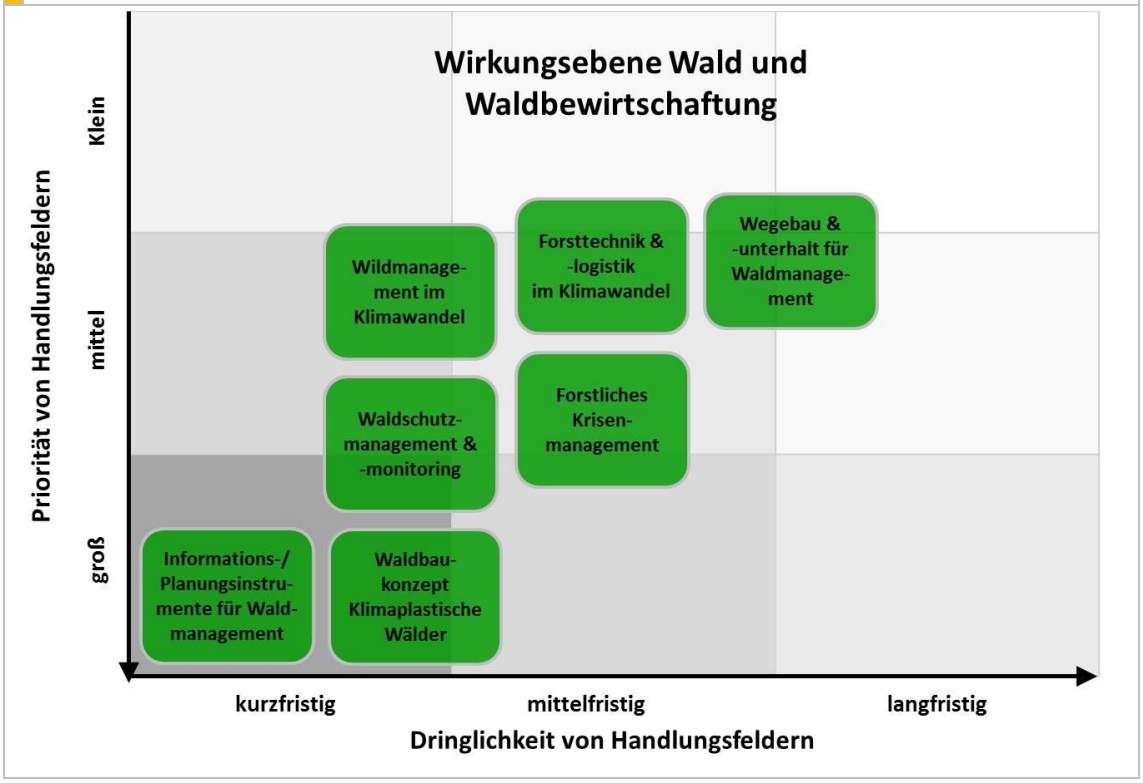
Weiterentwicklung des forstlichen Krisenmanagements	
Hintergrund	Der prognostizierte Anstieg von extremen Witterungsereignissen mit Folgen auch für die Bedrohung von Wäldern durch biotische Schaderreger (Borkenkäfer, Komplexerkrankungen) zeigt, dass bestehende betriebliche Managementkonzepte in Katastrophenfällen nur beschränkt zu Lösungsansätzen führen. Im Klimawandel ist daher ein forstbetriebliches Krisenmanagement, das Katastrophenfälle vorausdenkt, verstärkt notwendig.
Ziele und Maßnahmen	**Erstellung verbindlicher Leitlinen mit konkreten Abläufen und Arbeitsschritten für den Katastrophenfall sowie zentrale Bereitstellung bereits existierender Informationen** – Holz-Lagerkonzept erstellen. Um im Kalamitätsfall Absatzengpässen und der Entwertung von betroffenem Holz entgegenzuwirken, ist eine ausreichende Anzahl von Lagerplätzen (nass wie auch trocken) für Rundholz erforderlich. Hierzu sind – auch in Zusammenarbeit mit der Holzindustrie – geeignete Standorte zu identifizieren und GIS-basiert zu erfassen. Einholung notwendiger Genehmigungen (Wasserrecht, Landschaftsökologie…), Festlegung der technischen Ausstattung. – Ausbildung der Katastrophen-Hilfsdienste für Arbeiten im Wald. Bei der Beseitigung der Schäden sind die Katastrophen-Hilfsdienste gefordert. Fortbildungsmaßnahmen des Forstlichen Bildungszentrums: Ausbau der Multiplikatorenschulungen für Feuerwehren und das THW sowie Rettungssanitäter zum Thema „Rettung im schwierigen Gelände“. – Zusammenführung der notwendigen Logistikinformationen für den Katastrophenfall. – Krisenmanagement-Portal: Bündelung aller wichtigen Leitlinien und Einrichtung einer Nachrichtenplattform für das Krisenmanagement (z. B. im KlimaWIS). – Konkretisierung der Regelung von Zuladungshöchstmengen im Katastrophenfall, des damit benutzbaren Straßennetzes. Auswertung der langjährigen Erfahrungen in Frankreich. – Informationen zu regionalen Güterbahnhöfen, die bei Bedarf für Holztransporte genutzt oder bei Stilllegung reaktiviert werden können.
Verantwortlicher / Adressat	MKULNV (LB WH, Innenministerium, Bezirksregierungen / Landkreise, Katastrophen-Hilfsdienste)
Effekte	– Risikominderung für Forstbetriebe: Wirtschaftliche Schäden werden durch ein vorsorgliches Krisenmanagement verringert. – Risikominderung für Betriebe der Holzwirtschaft: Beitrag zum Werterhalt von Holzprodukten im Katastrophenfall. – Beitrag zur Gesundheitsvorsorge: Mehr Sicherheit für kritische Arbeitssituationen im Wald für Waldarbeiter und Hilfsdienste.
Relevant für	Waldbesitzer und Forstbetriebe; Wasserwirtschaft; Naturschutz; Straßenbehörden
Bezug zum KlimaWIS	Beitrag zum KlimaWIS Informationsmodul: Informationen für das Krisenmanagement werden zentral und inklusive Geodaten bereitgestellt.
Weitere Infos und Status	– Odenthal-Kahabka, J. (2005): Handreichung Sturmschadensbewältigung. – Laufend: Ausbildung der Katastrophen-Hilfsdienste für Arbeiten im Wald – Geodaten für die Logistik aus den Projekten des LB WH wie „Waldnavigation“ und „NAVLOG“

Gewichtung der Handlungsfelder

Werden die sieben Handlungsfelder der Wirkungsebene Wald und Waldbewirtschaftung nach ihrer Priorität und zeitlichen Dringlichkeit eingestuft (vgl. Kap. 2.3), so zeigt die Verteilung in einer Matrix (vgl. Abbildung 11), dass

- sämtliche Handlungsfelder kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden sollten und ihnen eine große bis mittlere Bedeutung zugeordnet wurde.
- erst weiter entwickelte Informations- und Planungsgrundlagen fundierte Entscheidungen zu Klimaanpassungsmaßnahmen im Wald ermöglichen. Zusätzlich sind die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes für fast alle anderen Handlungsfelder bedeutsam. Deshalb wird empfohlen, die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes zuerst umzusetzen.

Abbildung 11: Gewichtung der Handlungsfelder Wald und Waldbewirtschaftung



Quelle: eigene Darstellung

4.2 Handlungsfelder und Maßnahmen für Biodiversität und Naturschutz

Eine naturraumtypische biologische Vielfalt ist wesentlicher Bestandteil leistungs- und funktionsfähiger Waldökosysteme und eine wichtige Lebensgrundlage für den Menschen.

Mit über 43.000 verschiedenen Arten zeichnet sich NRW durch eine hohe Artenvielfalt aus. Dieser Artenreichtum ist durch das Nebeneinander zweier großer, sehr verschiedener Naturräume bedingt: Dem atlantisch geprägten Tiefland und dem teilweise kontinentalen Bergland. Jede dieser Regionen bietet eine natur- und kulturhistorisch gewachsene Vielfalt von Lebensräumen mit einer eigenen Tier- und Pflanzenwelt. Sie reicht von Feuchtwiesen, Heiden und Mooren des Tieflandes bis hin zu Bergwiesen, Quellbächen und Wäldern der Mittelgebirge.

Wald hat im dicht besiedelten und industriell beeinflussten NRW eine besondere Bedeutung für die Erhaltung der natürlichen Flora und Fauna. Als besonders naturnahes Ökosystem ist er Lebensraum für viele, zum Teil gefährdete Tier- und Pflanzenarten.

Naturschutzziele für Wald zielen auf die Erhaltung der Biodiversität durch den Erhalt typischer, seltener und gefährdeter Arten und Biotope. Dies wird insbesondere über Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Nationalpark, Wildnisentwicklungsgebiete und Naturwaldzellen) und die in diesen geltenden Pflege- und Entwicklungspläne umgesetzt. Für den Naturschutz sind auch CBD-Flächen[56] relevant. Viele Forstbetriebe und Waldbesitzer tragen

[56] Convention on Biological Diversity

außerhalb von Schutzgebieten über eine naturnahe Waldbewirtschaftung zum Waldnaturschutz bei. Einen Eindruck von der Bedeutung des Waldes für den Naturschutz in NRW vermittelt der Umfang der Natura 2000 Gebiete: In NRW gibt es 518 FFH-Gebiete und 28 Vogelschutzgebiete, die zusammen 290.000 ha (8,5 % der Landesfläche) umfassen. Rund 153.100 ha (53 %) davon sind Wald.

Risiken, Chancen und Betroffenheiten wurden im Kap. 3.2 eingehend dargestellt. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass

- Klimawandel direkt Biodiversität und damit Waldnaturschutz beeinflusst, weil Lebensräume sich in einer bislang nicht gekannten Dynamik verändern.
- Arten mit engem ökologischen Toleranzbereich und einer Anpassung an kühle und feuchte Klimate (Moore, Feuchtwälder, hochmontane Arten) besonders empfindlich reagieren.
- Schutzgebiete in Zukunft teilweise eingeschränkt jene Lebensraum(typen)flächen und Arten enthalten, für die sie unter Schutz gestellt wurden.

Weiterentwicklung der Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte im Klimawandel	
Hintergrund	Mit der zu erwartenden Veränderung der Habitate werden sich im Klimawandel auch die Areale von Fauna und Flora verschieben. Seltene Arten werden ggf. häufig und bislang häufige Arten können ggfs. selten werden. Diese Veränderungsprozesse treffen auf eine bislang zumeist statische Zuordnung, welche Art an welchem Ort geschützt werden soll.
Ziele und Maßnahmen	**Weiterentwicklung der Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte** – Stärkere Einbeziehung von Monitoring, Studien und Prognosen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität. – Entwicklung klimadynamischer Schutzgebietskonzepte. **Biotopentwicklung und -stabilisierung in Schutzgebieten zur Aufrechterhaltung der Schutzziele, ggf. auch Anpassung von Schutzzielen** – Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes zum Erhalt von Biodiversität in Schutzgebieten unter Einfluss des Klimawandels (insbesondere sensible Sonderstandorte). – Weiterentwicklung von Pufferzonen um Schutzgebiete und Schutzgebiets-Vernetzung (Waldkorridore). – In Einzelfällen Überprüfung und ggf. Anpassung von Schutzzielen und / oder Gebietskulissen zur Aufrechterhaltung der Naturschutzleistungen. **Ausbau von Monitoring und Studien zum Schutz von Biodiversität in Wäldern im Klimawandel** – Prüfung einer Wiederholung der ILOEK-Studie mit erweiterten Zielsetzungen für ein Monitoring im Waldnaturschutz. – Einheitliche Methoden-Standards abstimmen und Informationsquellen (Wald- und Naturschutzsektor, private Initiativen) systematisch zusammenführen. – Verstärkte Einbeziehung der Fauna. – Einbeziehen der Ergebnisse von Klimaprojektionen für das Natura-2000 Monitoring. – Verstärktes Monitoring bei Einbringung von gefährdeten Arten an passende Standorte
Verantwortlicher / Adressat	LANUV (LB WH, MKULNV, Kommunen, Biologische Stationen, Naturschutzverbände, Waldbesitzer)
Effekte	– Erhalt der Biodiversität im Wald: Frühzeitige Reaktionen auf Veränderungen – Erhalt seltener, gefährdeter Arten und Lebensräume – Anpassung von (Wald)Naturschutzkonzepten und Praktiken
Relevant für	Naturschutz; Waldbesitzer und Forstbetriebe; Tourismus; Gesellschaft
Bezug zum KlimaWIS	Beitrag zur Entwicklung des KlimaWIS: Ergebnisse dieses Projekts können zur Ableitung von Biodiversitätsindizes im KlimaWIS Verwendung finden. Ergebnis des KlimaWIS: Prognosekalkulationen liefern Grundlagendaten zur Einschätzung der zu erwartenden Standorts- und Habitats-Veränderungen.
Weitere Infos und Status	Basis sind die Ergebnisse und Empfehlungen der ILOEK-Studie und weiterer Studien insbesondere aus dem Monitoring von Naturwaldzellen und Wildnisgebieten und der Auswertung von Dauerbeobachtungsflächen (Level-II) sowie ÖFS-Flächen. – LB WH (2010b): Folgen des Klimawandels für die Veränderung der Struktur- und Artendiversität sowie der natürlichen Verjüngung. – MUNLV (2010c): Klimabedingte Veränderungen der Artenvielfalt. – LB WH (2010a); MUNLV (2010a); MUNLV (2010b)

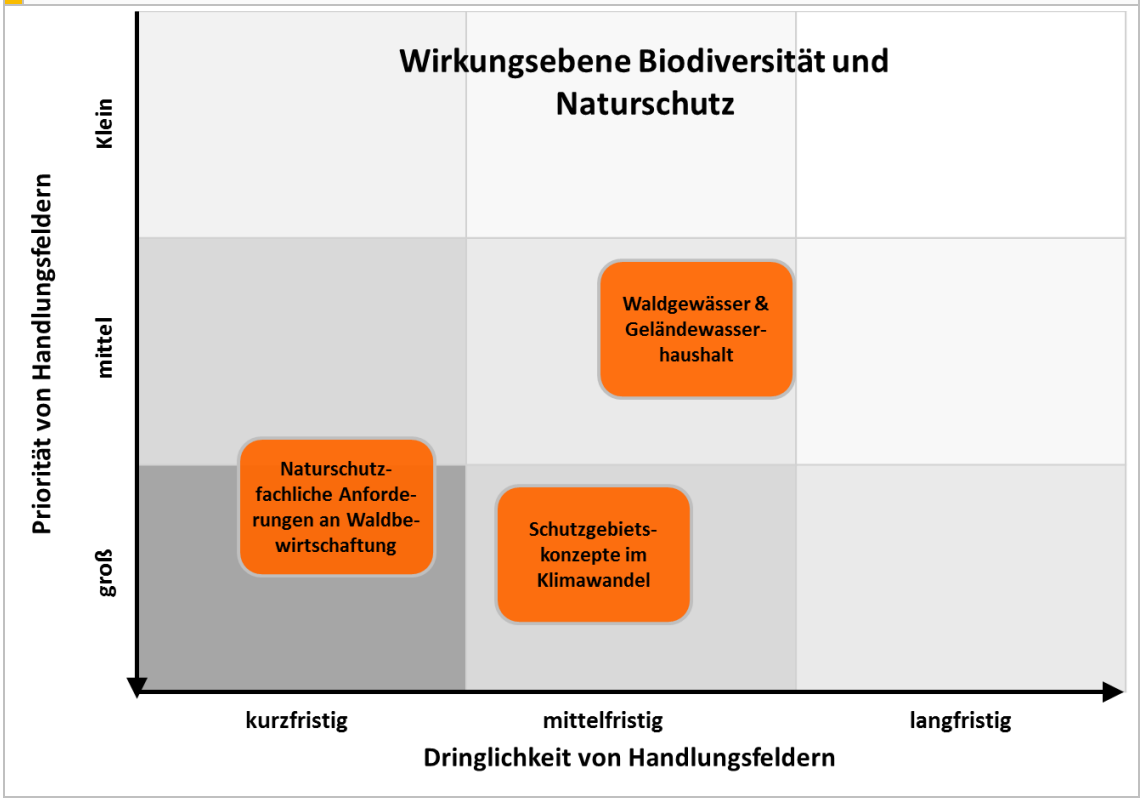
Anpassung naturschutzfachlicher Anforderungen an die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (außerhalb von Schutzgebieten)	
Hintergrund	Der Klimawandel wird nicht nur in allen Schutzgebieten zu Bestandsveränderungen, Arealverschiebungen mit Zu- wie Abwanderungen führen. Die notwendige Klimaanpassung von Naturschutzmaßnahmen kann sinnvoll ergänzt werden durch die Einbeziehung von freiwilligen Naturschutzmaßnahmen der Waldbesitzer, so dass auch außerhalb von Schutzgebieten Naturschutzziele ohne förmliche Ausweisung erreichbar sind. Elemente eines solchen Naturschutzkonzeptes können Korridore, Trittsteine, Pufferflächen und die Kompensation von Naturschutzleistungen der Waldbesitzer sein. „Integrativer Naturschutz“ ist Praxis im Landeswald und auch Zielsetzung in zahlreichen Kommunal- und Privatwäldern in NRW.
Ziele und Maßnahmen	**Weiterentwicklung der bestehenden freiwilligen Naturschutzstandards bei der Waldbewirtschaftung an die Auswirkungen des Klimawandels** – Überprüfung und Weiterentwicklung von Konzepten und Instrumenten (z. B. Naturschutzleistungen über waldbauliche Maßnahmen). **Förderung der Integration naturschutzfachlicher Zielsetzungen in das Waldmanagement (auch in der Beratung und Betreuung von Waldbesitzern)** – Freiwillige Naturschutzmaßnahmen können dabei effizient über forstliche Wirtschaftspläne regelmäßig und auf einer großen Waldfläche in forstbetriebliches Handeln umgesetzt werden. Dabei findet die Abwägung mit dem Eigentümerinteresse im Planungsprozess statt. – Die Umsetzung im Privatwald wird darauf aufbauend in Form von Vertragsnaturschutz o.a. Instrumente (TEEB) kompensiert. Unterstützung der Erstellung von Wirtschaftsplänen, die Aspekte der Biodiversität und des Waldnaturschutzes integrieren.
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (Forstbetriebe und Waldbesitzer, LANUV, MKULNV)
Effekte	– Erhalt der Biodiversität: Maßnahmen zum Erhalt von Biodiversität werden regelmäßig, abgestimmt, planvoll und auf größerer Fläche umgesetzt. – Förderung des Wald-Naturschutz: Erleichtert Aufbau und Erhalt von Korridoren, Trittsteinen, Pufferflächen und die Einbeziehung bislang nicht förmlich geschützter Flächen für Naturschutzmaßnahmen.
Relevant für	Waldbesitzer und Forstbetriebe, Naturschutz, Gesellschaft
Bezug zum KlimaWIS	KlimaWIS liefert Ergebnisse: Prognosen über die zukünftige Waldzusammensetzung, Waldstrukturen und der Vergleich von Varianten waldbaulicher Behandlung erlauben die Ableitung von Biodiversitätsindikatoren. Prognosekalkulationen liefern Grundlagendaten zur Einschätzung der zu erwartenden Standorts- und Habitats-Veränderungen für Waldlebensraumtypen und der an diese gebundene Arten.
Weitere Infos und Status	Ein „integrativer Naturschutz“ ist bereits Praxis im Landeswald und auch Zielsetzung in zahlreichen Kommunal- und Privatwäldern in NRW – MUNLV (2009a): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen – Teil 1-3.

Verbesserung der Naturnähe von Waldgewässern und Geländewasserhaushalt im Klimawandel	
Hintergrund	Vermehrte Trockenphasen und Starkregenfälle sind im Klimawandel zu erwarten. Es gilt den Wasserrückhalt im Boden und Gelände zu verbessern. Fehlende Durchlassbauten in forstlichen Wegenetzen und bei Straßen im Wald sind Hauptursache für die Einschränkung der Durchgängigkeit der Waldgewässer. Gleichzeitig verändern Waldwege, Maschinenwege und Straßen im Wald die natürliche Entwässerung von Hängen. Weitere Probleme können im Bereich von Einengungen und Beeinträchtigungen der Bachauen in Waldtälern durch den Einfluss von Bach parallel laufenden Waldwegen bestehen. Dabei kann eine größere Naturnähe von Waldgewässern mit verbesserter Wasserrückhaltung in der Waldfläche verbunden werden.
Ziele und Maßnahmen	**Erhöhung der Durchgängigkeit von Bächen und Flüssen bei gleichzeitiger Verringerung rascher Wasserableitung durch Vorfluter, bzw. vermehrte Wasserableitung in Waldflächen zur Verbesserung des Wasserrückhalts im Boden und Gelände** – Inventarisieren und planen der notwendigen Maßnahmen im Gesamtwald. Dabei kann dies effizient und in Abstimmung mit den Waldbesitzerzielen durch Integration in Forsteinrichtung, Naturschutzplanungen oder WRRL-Planungen erfolgen. – Training zur Naturschutz-optimalen Umsetzung des Arbeitsprogramms u. a. unter Nutzung des neuen „Konzepts Wegebau- und Wegeunterhaltung im Klimawandel“ (vgl. Kap. 4.1). – Verbessern der organisatorischen Voraussetzungen für die Umsetzung und Förderung der erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der EU WRRL zur Beschleunigung der Abwicklung von Projekten.
Verantwortlicher / Adressat	LANUV (LB WH, Forstbetriebe und Waldbesitzer, MKULNV)
Effekte	– Minderung von Dürreschäden: Beitrag zur Verbesserung des Wasserhaushalts von Waldböden – Minderung von Schäden durch Starkregenfälle am forstlichen Wegenetz und öffentlichen Wegen – Erhalt der Biodiversität im Wald: Verbessert die Durchgängigkeit von Waldgewässern – Erhalt seltener, gefährdeter Arten und Lebensräume – Mindert Konflikte mit dem Naturschutz: Erhöht die Akzeptanz der Wegebaumaßnahmen beim Naturschutz – Mindert Konflikte mit der Wasserwirtschaft: Erhöht die Akzeptanz von Wegebaumaßnahmen und Waldmanagement insbesondere in Wasserschutzgebieten
Relevant für	Waldbesitzer und Forstbetriebe; Wasserwirtschaft; Naturschutz; Straßenbehörden
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Geländemodelle, Bodendaten und die Simulation von Niederschlägen aus dem KlimaWIS können für die Simulation des Geländewasserabflusses genutzt werden.
Weitere Infos und Status	– Adler P.; Haas, S. (2008): Handbuch Wald und Wasser. – DVWK e.V. (2005): Richtlinien für den ländlichen Wegebau.

Gewichtung der Handlungsfelder

Bei den drei Handlungsfeldern der Wirkungsebene Biodiversität und Naturschutz wurden Maßnahmen, die außerhalb von Schutzgebieten naturschutzfachliche Zielsetzungen unterstützen, am höchsten gewichtet (vgl. Abbildung 12). Diese Maßnahmen des Handlungsfeldes „Anpassung naturschutzfachlicher Anforderungen an die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (außerhalb von Schutzgebieten)“ können kurzfristig und potenziell auf einer großen Waldfläche umgesetzt werden. Wie bereits beim vorhergehenden Themenbereich, wurden alle Handlungsfelder mindestens einer mittleren Gewichtung zugeordnet.

Abbildung 12: Gewichtung der Handlungsfelder Biodiversität und Naturschutz



Quelle: eigene Darstellung

4.3 Handlungsfelder und Maßnahmen im Cluster Forst und Holz

Gemessen an dem hohen Industrialisierungsgrad NRWs haben die das Cluster Forst und Holz bildenden Unternehmen eine vergleichsweise große wirtschaftliche Bedeutung. Das gilt insbesondere für die Beschäftigungswirkung in den ländlichen Räumen, in denen die Holz bereitstellenden sowie be- und verarbeitenden Betriebe überwiegend ansässig sind. Regionale Schwerpunkte der Nadelholz bearbeitenden Betriebe sind die Mittelgebirgsregionen im (Süd-)Osten von NRW, die meisten Betriebe des Laubholzclusters sind in Westfalen ansässig. Der wirtschaftliche Zusammenhang des Clusters resultiert aus dem Bezug zum gemeinsamen Ausgangsstoff „Holz“ für die wirtschaftliche Tätigkeit. Der nachwachsende Rohstoff ist Grundlage für vielfältige Produktions- und Wertschöpfungsketten. Die nordrhein-westfälische Holzwirtschaft gehört zu den bundes- und europaweiten Marktführern und bietet eine Vielzahl innovativer Produkte und Dienstleistungen an.

Bei Nadelholz überwiegt die stoffliche Verwertung, die den Produktkohlenstoffspeicher vergrößert, bei Laubholz überwiegt die energetische Nutzung, die die Substitution fossiler Energieträger ermöglicht. Rundholz- und Transportkosten machen den größten Anteil der gesamten Produktionskosten für die Holzwirtschaft aus.

Die Zusammenhänge verdeutlichen, dass die Holzindustrie zur Sicherung von Abschreibungszeiträumen für Maschineninvestitionen in besonderem Maße auf eine planbare Rohholzversorgungsmenge und -qualität bei ähnlichen Preisen für alle Betriebe angewiesen ist, um ihre nationale wie internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Dann können aktuell wie künftig wettbewerbsfähige Arbeitsplätze im ländlichen Raum erhalten werden. Dem Privat- und Kommunalwald kommt in NRW aufgrund seines Flächenanteils eine sehr große Bedeutung bei der Rohholzversorgung zu. Die Herausforderungen der Bewirtschaftung des klein strukturierten Privatwaldes werden sich mit steigenden Anforderungen an das Waldmanagement im Klimawandel weiter vergrößern.

Die bedeutsamsten Folgen des Klimawandels für die Betriebe des Clusters Forst und Holz und die dort arbeitenden Menschen sind die zu erwartenden Änderungen bei der Holzbereitstellung (vgl. Kap. 3.3):

- Veränderung der Baumartenverteilung in NRW mit mehr Laubholzarten und neuen Nadelholzarten, die entsprechend Veränderungen des Holzaufkommens in NRW für die Holzindustrie bedeuten.
- Zunahme zufälliger Holznutzungen aus Sturm oder Nassschnee-Ereignissen, die Holz in anderen Qualitäten und zu anderen Zeiten auf den Markt bringen als es wirtschaftlich optimal wäre (höhere Kosten entlang der Produktions- und Wertschöpfungskette Holz).
- Einschränkungen bei der Holzernte im Wald (fehlende Frosttage, Starkregenereignisse), die zu einer temporär verringerten Lieferfähigkeit der Forstbetriebe führen.

Unterstützung des Privat- und Kommunalwaldes bei der Anpassung der Wälder an den Klimawandel	
Hintergrund	Der Privat- und der Kommunalwald sind in NRW aufgrund ihrer Flächenanteile sehr bedeutsam. Die Herausforderungen der Bewirtschaftung des klein strukturierten Privatwaldes werden sich mit steigenden Anforderungen an das Waldmanagement im Klimawandel (Berücksichtigung vielfältiger Informationen, veränderte Baumartenwahl, Anpassung von Arbeitsverfahren, Umgang mit betrieblichen Unsicherheiten und Risiken) weiter vergrößern. Die Anpassung der privaten und kommunalen Wälder an den Klimawandel kann durch Informations-, Schulungs-, Beratungs- und Betreuungsangebote sowie durch finanzielle Maßnahmen unterstützt werden.
Ziele und Maßnahmen	**Ausbau moderner, IT gestützter Beratung und Betreuung** – Sicherung und Ausbau qualitativ hochwertiger forstlicher Beratungs- und Betreuungsangebote für Privat- und Kommunalwaldbesitzer, insbesondere durch erweiterten Einsatz moderner forstlicher Informations- und Entscheidungsunterstützungssysteme. – Weitere Unterstützung von Zusammenschlüssen von Kleinprivatwaldbesitzern für ein leistungsfähiges Waldmanagement. **Angebot eines finanziellen Unterstützungsprogramms zum Waldumbau (Förderung, Vertragspartnerschaft etc.)** – Forstliche Planung (Standorterkundung, Forsteinrichtung) – Bestandesbegründung und -pflege (geeignete Waldbauverfahren, Baumarten und Herkünfte, auch unter Berücksichtigung von Biodiversitäts- und Naturschutzaspekten) – Forstschutz – Wegebau und -instandsetzung – Bevorzugte Behandlung von Sonder-/Risikostandorten – Verfahrensvereinfachung **Informations- und Schulungsangebote zu Waldmanagement im Klimawandel** – Schulungsangebote zu Waldmanagement im Klimawandel inkl. KlimaWIS für Förster/innen und Waldbesitzer/innen sowie für Multiplikatoren (u. a. Forstliches Bildungszentrum NRW)
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (MKULNV, Forstbetriebe und Waldbesitzer, Forstliche Dienstleister)
Effekte	– Risikominderung für Forstbetriebe: Maßnahmen zur Klimaanpassung werden bei der dominierenden Waldbesitzart unterstützt. – Förderung klimaplastischer Wälder: Die Anpassung von Wäldern an den Klimawandel wird unter Berücksichtigung von Biodiversitätszielen im Privatwald beschleunigt. – Klimaschutz: Gesellschaftliche Anforderungen werden bei Umsetzung im Privateigentum honoriert, die Motivation zur Waldbewirtschaftung unterstützt.
Relevant für	Waldwirtschaft; Beschäftigte im Ländlichen Raum
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Für die Durchführung von Beratungen ist das KlimaWIS das zentrale Beratungs-und Informationsinstrument.
Weitere Infos und Status	Beratung und Betreuung durch LB WH und geeignete Dritte, Förderprogramme zu Waldbau und Wegebau, Schulungsangebote des Forstlichen Bildungszentrums NRW, Projekt „Virtueller Wald“, Förderung von Angeboten anderer Träger (Pilotprojekte) Diverse Unterlagen und Instrumente der Waldbesitzerverbände und des Landesbetriebs Wald und Holz zur Beratung privater Waldbesitzer

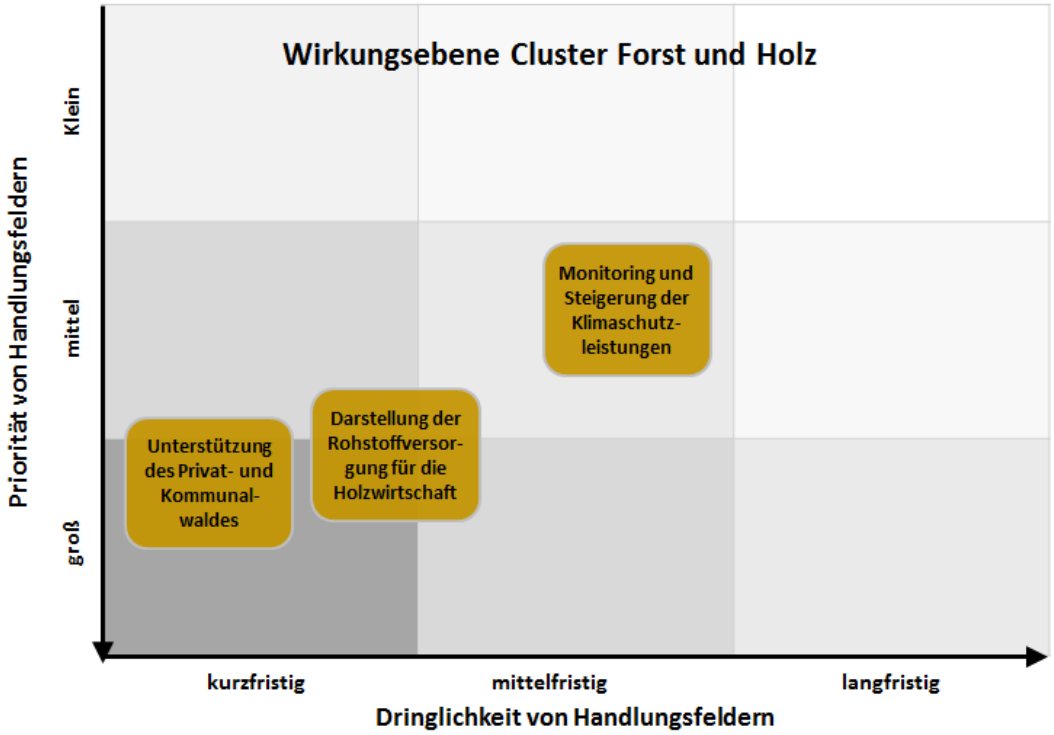
Darstellung der Rohstoffversorgung für die Holzwirtschaft bei veränderter Waldbewirtschaftung im Klimawandel	
Hintergrund	Die Entwicklung klimaplastischer Wälder beinhaltet den verstärkten Einsatz von Laub- und neuen Nadelbaumarten. Wird bei der Entwicklung klimaplastischer Wälder der Nadelholzanteil perspektivisch verringert, sinkt der Versorgungsgrad der in NRW ansässigen Nadelholzindustrie mit Holz aus NRW. Folge davon sind längere Transportwege und eine Verschlechterung der wirtschaftlichen Situation der Betriebe. Daraus können negative Beschäftigungseffekte resultieren. Die Laubholzindustrie produziert aktuell teilweise nicht ausreichend innovative und wertschöpfende Produkte mit der Folge, dass energetische Verwerter höhere Laubholzmengen einkaufen können.
Ziele und Maßnahmen	**Prognose von Waldwachstum und Holzaufkommen in NRW bei Umsetzung verschiedener waldbaulicher Strategien und Baumartenpräferenzen zur Entwicklung klimaplastischer Wälder** – Definition verschiedener Szenarien (z. B. klimaschutzoptimal, aufwandsminimiert, versorgungsoptimiert) und Durchführung der Szenarienanalyse (z. B. mit dem Waldwachstumssimulator SILVA). – Darstellung langfristig verfügbarer Holzerntemengen (Ndh./Lbh., Menge und Qualität) und ihrer stofflichen oder energetischen Verwendungsmöglichkeiten (marktrelevante Holzsortimente). **Analyse und Prognose von Holzaufkommen und -verwendung in NRW** – Weitergehende Untersuchungen des Holzmarkts und der Holz-basierten Produktions- und Wertschöpfungsketten in NRW (stofflich, energetisch, chemisch) unter Einbeziehung von Warenströmen (Import und Export) und Kaskadennutzung (z. B. Einsatz von Holz-Reststoffen). **Darstellung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Effekte für eine veränderte Rohstoffversorgung** – Analyse und Handlungsempfehlungen zu den Auswirkungen von Klimaanpassungsmaßnahmen für den Wald in NRW auf den Cluster der Forst- und Holzwirtschaft in NRW (alle Branchen, Produktions- und Wertschöpfungsketten, Stoffströme und Märkte, Wettbewerbsfähigkeit, Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte etc.). – Unterstützungsmaßnahmen zum Erhalt und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Clusters Forst und Holz NRW. – Unterstützung der Entwicklung des Laubholzsektors (FuE, Normung und Markteinführung innovativer und werthaltiger Laubholzprodukte).
Verantwortlicher / Adressat	MKULNV (LB WH, Verbände und Unternehmen der Forst- und Holzwirtschaft)
Effekte	– Klimaschutz: Die aus der Umsetzung von Waldbaustrategien resultierenden unterschiedlichen Holzerntemengen sind bekannt, so dass die Holzindustrie sich darauf einstellen kann. – Klimaschutzwirksame und gesellschaftliche Effekte der Umsetzung verschiedener Waldbaustrategien sind dargestellt, können als Entscheidungs-Kriterium genutzt werden. – Die Effekte auf die Beschäftigung im ländlichen Raum sind dargestellt (Wertschöpfungsunterschiede Laub- zu Nadelholz, Verwertungsunterschiede stofflich-energetisch und deren Effekte).
Relevant für	Waldwirtschaft; Holzwirtschaft; Beschäftigte im Ländlichen Raum
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des *KlimaWIS:* Für verschiedene Standorte empfohlene Waldbaustrategien enthalten Baumartenempfehlungen, anzustrebende Vorratshöhen und Durchforstungshinweise (Wann sollte wie viel Holz entnommen werden?) als wesentliche Steuerungsgrößen für resultierende Holzerntemengen.
Weitere Infos und Status	Clustermanagement Wald und Holz (Landesebene und Regionalcluster), Laubholzstudie (in Bearbeitung), Clusterstudie Forst und Holz NRW – MKULNV (2013a): Wald und Klimaschutz in NRW - Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz. – MUNLV (2003): Clusterstudie Forst und Holz. – Projekt: Laubholzstudie NRW (laufend)

Monitoring und Steigerung der Klimaschutzleistungen von Wald und Holz	
Hintergrund	Klimaschutzleistungen durch CO_2-Speicherung werden an zwei Orten erbracht: Steigende Holzvorräte im Waldökosystem (inkl. Waldböden) binden Kohlenstoff im „Waldspeicher“ ebenso wie die nach Holzernte aus Rundholz stofflich erzeugten Produkte („Produktspeicher“ wie z. B. Dachstuhl, Holzwände, Holzböden, Holzmöbel). Da aktuell der Anteil der stofflichen Verwertung von Nadelholz in NRW mehrfach größer als von Laubholz ist, ist auch die Klimaschutzwirkung von Nadelwäldern/-holz in einer Gesamtbilanz bei den gegeben Verwertungsunterschieden derzeit unter den aktuellen Rahmenbedingungen höher als jene von Laubwäldern/-holz.
Ziele und Maßnahmen	**Periodische Aktualisierung der CO_2-Reduktion durch Speicherung und Substitution (Wald und Holzprodukte) in NRW** – Weiterentwicklung und Aktualisierung der Darstellung der CO_2-Reduktion durch Speicherung und Substitution (Wald und Holzprodukte, differenziert nach Nadel- und Laubholz). – Berücksichtigung von Waldentwicklungs- und Holzverwendungsszenarien im Rahmen der Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. **Steigerung der gesamten Klimaschutzleistung des Clusters Forst und Holz in NRW** – Maßnahmen zur Steigerung der Klimaschutzleistung von Wald und Holz (Waldbewirtschaftung, verstärkte Holzverwendung)
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (MKULNV, Verbände der Forst- und Holzwirtschaft)
Effekte	– Klimaschutzleistungen der Holz-Produkte aus Waldnutzung sind mit aktuellen Werten bekannt und können z. B. für ein Marketing von Holzprodukten eingesetzt werden. – Regelmäßige Bilanzierungen verdeutlichen A) den Akteuren des Forst- und Holz-Clusters die Klimaschutzrelevanz ihrer Entscheidungen/Handlungen und B) der Politik positive Klimaschutzhandlungen in der Wirtschaft. – Sach-Zusammenhänge zu statischen gesellschaftlichen Zielsetzungen, die Klimaaspekte nicht berücksichtigen, werden deutlich (z. B. Naturschutz). – Angemessene Nadelbaumanteile werden erhalten.
Relevant für	Holzwirtschaft; Waldwirtschaft; Beschäftigte im Ländlichen Raum
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS*:* Verschiedene waldbauliche Anpassungsstrategien zur Entwicklung klimaplastischer Wälder machen auch Effekte auf Vorratshöhen, also den Waldkohlenstoffspeicher deutlich und können unter Hinterlegung von Sortendaten und Informationen zu Verwertungspfaden für die Bewertung des Produktspeichers verwendet werden.
Weitere Infos und Status	Studie zur Klimaschutzleistung von Wald und Holz in NRW (MKULNV, 2013a), Projekt „Virtueller Wald“ – BMELV (2010): Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald.

Gewichtung der Handlungsfelder

Das Handlungsfeld „Unterstützung des Privat- und Kommunalwaldes“ wurde am höchsten gewichtet (vgl. Abbildung 13), weil diese Waldbesitzarten die größten Rohholzmengen bereitstellen und sämtliche Unternehmen im Cluster Forst und Holz von der Rohstoffquelle Holz abhängig sind. Um die Rohstoffbereitstellung aus privaten und kommunalen Wäldern auch im Klimawandel zu sichern, sollten die in diesem Handlungsfeld dargestellten Maßnahmen bald begonnen werden: Daraus resultiert die Einschätzung der zeitlichen Priorität. Auch die drei Handlungsfelder der Wirkungsebene Cluster Forst und Holz wurden mindestens einer mittleren Gewichtung zugeordnet.

Abbildung 13: Gewichtung der Handlungsfelder Cluster Forst und Holz



Quelle: eigene Darstellung

4.4 Handlungsfelder und Maßnahmen für Wald und Gesellschaft

In Nordrhein-Westfalen werden viele klimabedingte Veränderungen im Wald eine besonders große Vielzahl von Menschen und Nutzergruppen betreffen (vgl. Kap. 1.4). Dabei ist unter Klimawandelaspekten zu erwarten, dass Wald in und im Umfeld von Ballungsräumen aufgrund seiner Temperatur ausgleichenden Funktion noch häufiger aufgesucht wird. Einige Klimawandelfolgen werden auf bestimmte Nutzergruppen wirken (z. B. Sportler, Jäger), andere Auswirkungen wie Insektenkalamitäten oder neue Krankheitsbilder können sämtliche Nutzergruppen betreffen.

Auch die weiteren Leistungen von Wald spielen in NRW eine herausragende Funktion, weil Waldflächen im urbanen Raum Kaltluftabflüsse in die Städte sichern und Wald als naturnächste Nutzungsform besonders wichtige Naturschutzfunktionen übernimmt. Zusätzlich ist die wirtschaftliche Bedeutung der aus naturnaher Waldbewirtschaftung resultierenden Produkte eindrucksvoll. In den Mittelgebirgsregionen kann es dazu kommen, dass Wald an steilen Hängen stärker als bisher Schutzfunktionen im engeren Sinne übernimmt, indem z. B. Erosion durch Starkregenereignisse abgemildert oder verhindert wird.

Diese Sachverhalte verdeutlichen, dass besondere Herausforderungen bestehen, um die Folgen von Klimawandel oder auch die Anpassungen an den Klimawandel mit verschiedenen Akteuren und Nutzergruppen zu kommunizieren und zu gestalten sind.

Verbesserte Informationsgrundlagen zu Klimawandel	
Hintergrund	Zur Ausprägung und zu den Auswirkungen des Klimawandels in NRW liegen bereits umfassende Analysen und Prognosen nach derzeitigen Methoden und Daten vor. Allerdings sind die Modelle, Daten und Auswertungen insbesondere bezüglich der Prognosefähigkeit und der Möglichkeit regionalisierter und Sektor-spezifischer Aussagen (auch für Wald und Forstwirtschaft) weiterzuentwickeln und auszubauen.
Ziele und Maßnahmen	**Weiterentwicklung regionalisierter Analysen und Prognosen zum Klimawandel in NRW und zu den Auswirkungen auf Wald (Modelle, Datengrundlagen und Auswertungen)** – Weiterentwicklung von Modellen, Erweiterung von Datengrundlagen und weitere Auswertungen – Geeignete Aufbereitung und Kommunikation der wissenschaftlichen Ergebnisse regionaler Klimawandelprognosen für die forstliche Praxis **Erweiterte Erhebung von Klimadaten** – Räumlich verdichtete Erhebung und Erhebung zusätzlicher Faktoren **Verstärkte Einbeziehung auch historischer Informationsquellen** – Verbesserte Wissensgrundlage zu historischen Waldgesellschaften und zum Vorkommen von Baumarten aus zurück liegenden Epochen mit wärmeren Temperaturen
Verantwortlicher / Adressat	LANUV (MKULNV, LB WH)
Effekte	– Klimaanpassung Wald: Erhöhung der Genauigkeit regionaler Aussagen und darauf aufbauender zielgerichteter Maßnahmensteuerung – Klimaschutzeffekt Wald: Verbesserte Prognosen zu den Klimaschutzwirkungen zukünftiger klimaplastischer Wälder.
Relevant für	Sämtliche Akteure und Akteursgruppen, die von Klimawandel in NRW betroffen sind.
Bezug zum KlimaWIS	Beitrag zum KlimaWIS: Verbessert erheblich die Datengrundlage und Qualität der Aussagen des KlimaWIS. Regionalisierte Klimamodelle ermöglichen die Entwicklung präziserer dynamischer Waldmanagementkonzepte durch Verbesserung regionaler Prognosen der Waldentwicklung.
Weitere Infos und Status	Modelle, Analysen und Prognosen zum Klimawandel in NRW – LANUV (2014a): Prognose Klimawandel. – Straub, W.; Sträter, E.; Wurzler, S. (2010): Die Klimaentwicklung in NRW. – Asche, N.; Schulz, R. (2006): Waldstandorte und Klimawandel. Eine Fallstudie für die Eifel in Nordrhein-Westfalen. – LANUV (2010); MKULNV (2013b) ; Asche, N. (2012)

Erweitertes Wissensmanagement zum Klimawandel und zur Klimaanpassung für Wälder	
Hintergrund	In der Forstwissenschaft und in verwandten Forschungsfeldern erscheint das Thema Klimawandel gemessen an seiner gesellschaftlichen Bedeutung unterrepräsentiert. Das bereits vorhandene (Methoden)Wissen ist anderen Akteuren im Klimawandel, Entscheidungsträgern und Stakeholdern zu wenig bekannt.
Ziele und Maßnahmen	**Verstärkte Vernetzung zwischen Forschungseinrichtungen (NRW mit anderen Bundesländern, Bund und international)** – Erweiterte Vernetzung und verstärkter fachlicher Austausch zu Stand von Wissenschaft und Technik im Bereich Klimawandel und Klimaanpassung im Wald – Identifikation von FuE-Prioritäten (Forschungsplan) – Abstimmung bei der Aufbereitung von wissenschaftlichen Ergebnissen für die forstliche Praxis, Politik und Öffentlichkeit **Verstärkter Wissenstransfer zwischen Forschung und Praxis** – Systematischer Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen und forstlichen Entscheidungsträgern, Praktikern und Multiplikatoren **Ausbau von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten** – Verstärkte Koordination von FuE-Aktivitäten im Rahmen von Forschungsprogrammen, hier zu Waldmanagement im Klimawandel, auch mit Bezug zum „klimadynamischen Waldinformationssystem“ – Verstärkte Nutzung von Forschungsförderung des Bundes und der EU, Beteiligung und Initiierung von Förderanträgen und Forschungsprojekten in Konsortien (auch mit anderen Bundesländern, auch zur Nutzung von Synergien und Harmonisierung von Methoden und Instrumenten)
Verantwortlicher / Adressat	Forschungseinrichtungen (LB WH, LANUV, MKULNV)
Effekte	– Verbesserung gesellschaftlicher Wahrnehmung des Klimawandels im Wald als ersten Schritt für Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen. Der Klimawandel ist konkreter bekannt und ausgewogen dargestellt mit Chancen und Risiken. – Verminderung der Klimawandelfolgen für Wald durch effizientere Forschung und Wissensaustausch: Vernetzungen und gezielter Informationsaustausch verbessern die Wissensbasis und damit auch resultierende Handlungsmaßnahmen und Forschungsausrichtungen.
Relevant für	Gesellschaft; Waldbesitzer; Forstbetriebe
Bezug zum KlimaWIS	Wissenschaftliche Ergebnisse als eine Datengrundlage für das KlimaWIS. Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Die Kenntnisse zu den unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels auf Wald in verschiedenen Regionen sind aus dem KlimaWIS als Informationsquelle für Öffentlichkeitsarbeit nutzbar.
Weitere Infos und Status	Zahlreiche Studien, Monitoringvorhaben sowie Forschungs- und Kooperationsprojekte zu Waldökologie und Waldbewirtschaftung in NRW

Berufliche Qualifizierung und Sicherung der Personalkapazitäten für Waldmanagement im Klimawandel	
Hintergrund	Da die Anforderungen an das Waldmanagement im Klimawandel bezüglich Qualifikation und Kapazitäten steigen werden, kommt der Sicherung der beruflichen Qualifizierung und ausreichender personeller Ressource eine große Bedeutung zu. Bezüglich der fachlichen Veränderungen beim Waldmanagement im Klimawandel und bei der Nutzung neuer Instrumente wie erweiterten Informationssystemen besteht Aus- und Weiterbildungsbedarf.
Ziele und Maßnahmen	**Förderung und Bewerbung der beruflichen Aus- und Weiterbildungsangebote für die Forst- und Holzwirtschaft** – Informationsangebote und -kampagne zur Nachwuchskräftegewinnung (in Anlehnung an BIBB-Projekt des Bundes zu Berufen in der Forst- und Holzwirtschaft) – Aufbau einer Bildungsplattform Wald und Holz NRW (auch Forschung und Innovation, z. B. Ansatz Bildungsplattform Holz Rheinland) **Aus- und Weiterbildungsangebote zum Themenbereich „Klimawandel, Klimaanpassung und Waldmanagement im Klimawandel“** – Erstellung von Schulungsmaterialien und Schulungsangebote (z. B. Forstliches Bildungszentrum NRW) **Sicherung ausreichender Personalressourcen in der Forstverwaltung und in Forstbetrieben sowie in forstlichen Bildungs- und Forschungseinrichtungen** – Stellensicherung und Gewinnung von Nachwuchskräften – Stärkere Zusammenarbeit mit bundesweiten Hochschulen (z. B. Lehrinhalte, Vermittlung in Praxis)
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (MKULNV, LANUV, Bildungseinrichtungen, Forstbetriebe und Waldbesitzer)
Effekte	– Sicherung der kompetenten Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie Wald
Relevant für	Sämtliche Institutionen, die mit Wald zu tun haben; insbesondere LB WH sowie kommunale und private Waldbetriebe
Bezug zum KlimaWIS	Nutzung der Ergebnisse des KlimaWIS: Es ist Gegenstand von Weiterbildungen, damit Verantwortliche die dort enthaltenen Informationen nutzen und korrekt für verschiedene Fragestellungen interpretieren. Für Spezialisten im Landesbetrieb Wald und Holz liefert das KlimaWIS die standortskundlichen und klimatechnischen Informationsgrundlagen, um auf lokaler Raumebene waldbezogene Entscheidungen zu unterstützen.
Weitere Infos und Status	Informationsangebot Grüne Berufe NRW (MKULNV, 2014), Aus- und Weiterbildungsangebote des Forstlichen Bildungszentrum NRW, BIBB-Projekt des Bundes zu Berufen in der Forst- und Holzwirtschaft, Studienangebote im Bereich Wald und Holz, NRW-Projekt Klima-Kümmerer, Bildungsplattform Holz Rheinland

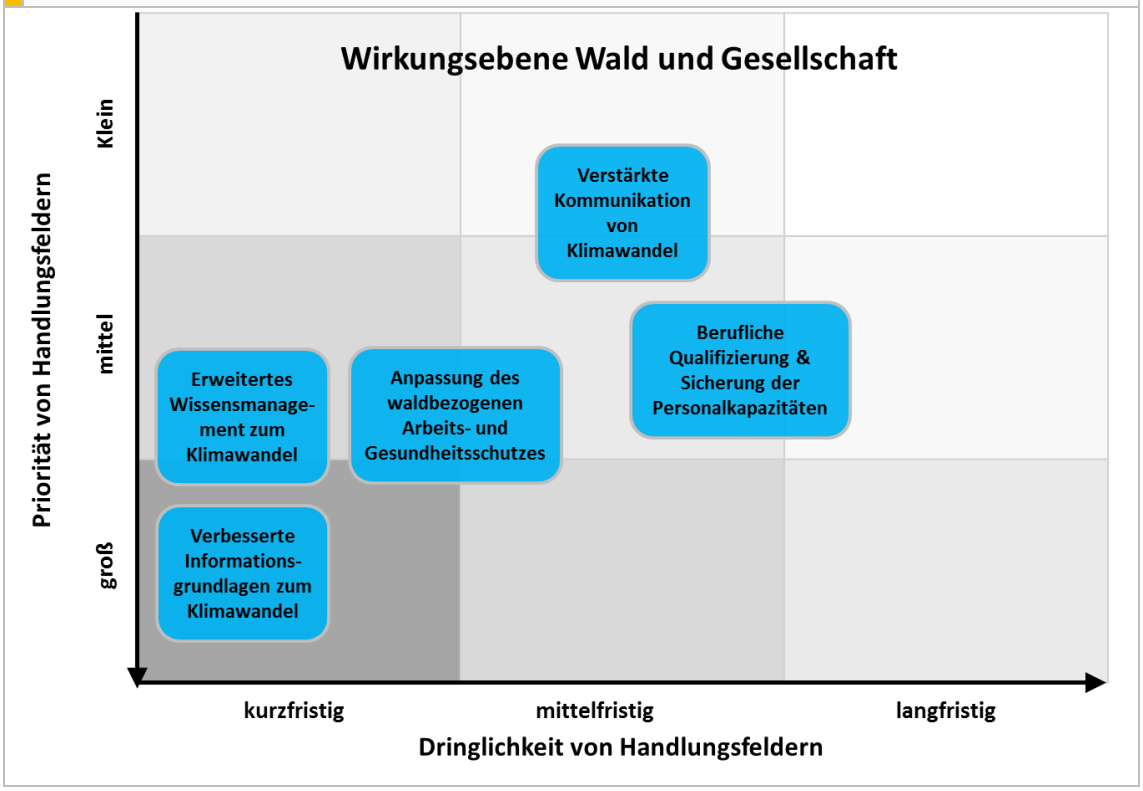
Verstärkte Kommunikation von Klimawandel im Wald und Anpassung in Umweltbildung und Öffentlichkeitsarbeit	
Hintergrund	Das Thema Klimawandel ist bekannt aus medialen Meldungen, insbesondere im Zusammenhang mit eher dramatischen Meldungen zu Ereignissen oder neuen Erkenntnissen. Die konkreten, wahrscheinlichen Auswirkungen in den verschiedenen Regionen Nordrhein-Westfalens mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen (Risiko oder Chance) sind bislang zu wenig bekannt. Insbesondere die Veränderungen, die auch Chancen bieten, werden selten thematisiert.
Ziele und Maßnahmen	**Erweiterte Aufbereitung und Vermittlung des Themenbereichs Klimawandel im Wald und Anpassungsmaßnahmen für die Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung** – Verständliche Aufbereitung des aktuellen Wissens in verschiedenen Medien und Bildungsmodulen, -programmen – Nutzung verschiedener Kommunikationsforen (z. B. soziales Netzwerk „Klimawandel NRW“) für die Kommunikation von Inhalten – Durchführung von Fortbildungen (kognitiv) wie auch Elemente der Erlebnispädagogik (sensitiv). Dabei sind die von den Experten der LB WH aufbereiteten Bildungsinhalte in die Aktivitäten und Programme der bestehenden Bildungsträger zu integrieren, zu bündeln und diese intensiv für die Umsetzung zu nutzen. **Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zum Themenbereich Klimawandel im Wald und Anpassungsmaßnahmen** – Öffentlichkeitsarbeit für das Thema Wald im Klimawandel ist zu intensivieren.
Verantwortlicher / Adressat	LB WH (LANUV, NUA, Bildungsträger der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung, Schulen)
Effekte	– Verbesserung gesellschaftlicher Wahrnehmung des Klimawandels im Wald als Schritt zur Förderung der Akzeptanz von Anpassungsmaßnahmen.
Relevant für	Gesellschaft; Waldbesitzer; Forstbetriebe
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Die Kenntnisse zu den unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels auf Wald in verschiedenen Regionen sind aus dem KlimaWIS als Informationsquelle für Öffentlichkeitsarbeit nutzbar.
Weitere Infos und Status	Umweltbildungsangebote NRW, Internet-basierte Umweltportale NRW – www.klimaschutz.nrw.de. – http://www.umwelt.nrw.de/klima/klimawandel/anpassungspolitik/projekte/uebergreifende_aktivitaeten/projektseite_01/index.php

Anpassung des waldbezogenen Arbeits- und Gesundheitsschutzes an den Klimawandel	
Hintergrund	Zunehmende Temperaturen fördern Krankheitserreger, die durch Überträger eingeschleppt werden und sich z. B. durch Stechmücken oder Zecken verbreiten. Analog zur zunehmenden Verbreitung mediterraner Tier- und Pflanzenarten, nehmen auch Verbreitungsrisiken für Krankheiten aus südlichen Ländern zu (z. B. Mittelmeerfieber), die durch Stechmücken übertragen werden. Menschen, die potenziell überdurchschnittlich häufig von Stechmücken gestochen werden (z. B. Forstwirte), sind einem erhöhten Risiko ausgesetzt.
Ziele und Maßnahmen	**Informations- und Aufklärungsangebote zu neuen Gesundheitsrisiken (Waldarbeiter, Förster, Jäger, Waldbesucher, etc.)** – Informationsmaterialien und -veranstaltungen – Schulungen für Forstbetriebe und forstliche Dienstleister **Entwicklung und Einführung eines landesweiten Melde- und Monitoringsystems für neue Krankheitsbilder** – Untersuchung und Beobachtung von Verdachtsfällen mit Unfallversicherungsträgern, Gesundheitsbehörden und wissenschaftlicher Unterstützung
Verantwortlicher / Adressat	Unfallversicherungsträger (Gesundheitsbehörden, LB WH, Waldbesitzerverbände, Jagdverbände, Kommunen)
Bezug zum KlimaWIS	Nutzt Ergebnisse des KlimaWIS: Unterstützung beim Auffinden prioritärer Zielregionen
Effekte	– Gesundheitsvorsorge im Klimawandel: Die mit dem Klimawandel verbundenen Krankheitsrisiken werden analysiert und evaluiert, um bei Bedarf adressatengerecht Prävention zu betreiben. – Gesundheitsvorsorge im Klimawandel: Frühzeitige und belegbare Informationen, deren Analysen und resultierende Präventionen unterstützen einen angemessen rationalen Umgang mit „Neuen Krankheitsbildern“.
Relevant für	Im Wald arbeitende oder Wald als Sport und Erholungsraum nutzende Gruppen: Forstwirte, Förster, Sportler, Wanderer, Jäger
Weitere Infos und Status	– Masterplan Umwelt und Gesundheit NRW (in Bearbeitung) – LB WH (2007): Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen. – Niesar, M. (2012): Wald im Klimawandel - Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Waldschutz. – MUNLV (2009d): Anpassung an den Klimawandel - Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen.

Gewichtung der Handlungsfelder

Drei der fünf Handlungsfelder der Wirkungsebene „Wald und Gesellschaft“ wurden hoch gewichtet, zwei weiteren wurde eine mittlere Bedeutung mit mittelfristigem Zeithorizont beigemessen (vgl. Abbildung 14). Wie bereits bei der Wirkungsebene Wald und Waldbewirtschaftung wurden Maßnahmen, die einer Verbesserung der Information dienen, als besonders bedeutsam und als kurzfristig umzusetzen eingestuft. Denn erst fundierte Informationen erlauben qualifizierte Entscheidungen zur Durchführung einer angemessenen Maßnahme und rechtfertigen den damit verbundenen personellen oder finanziellen Aufwand.

Abbildung 14: Gewichtung der Handlungsfelder Wald und Gesellschaft

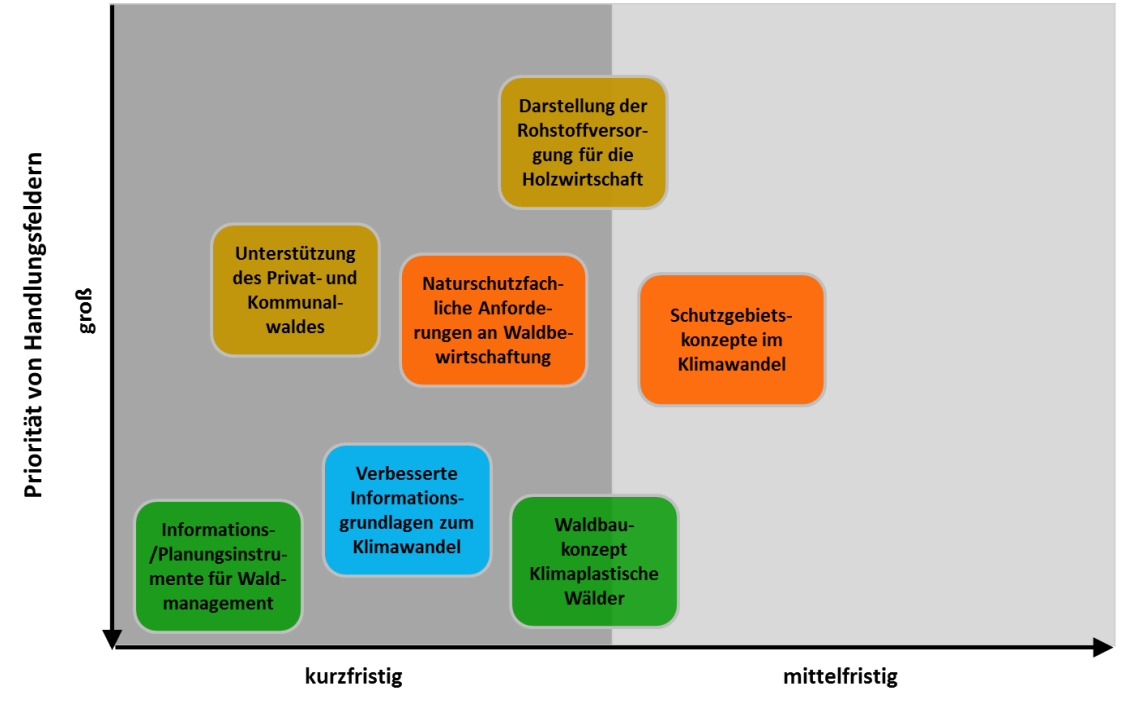


Quelle: eigene Darstellung

4.5 Die bedeutsamsten Handlungsfelder im Überblick

Werden über die Wirkungsebenen hinweg (vgl. Kap. 4.1 bis 4.4) die Handlungsfelder mit großer Priorität und kurz- bis mittelfristiger Dringlichkeit dargestellt, ergibt sich die folgende Grafik (vgl. Abbildung 15):

Abbildung 15: Besonders bedeutsame Handlungsfelder



Quelle: eigene Darstellung

Diese besonders wichtigen Handlungsempfehlungen werden nachfolgend erläutert und der inhaltliche Zusammenhang dargestellt.

Informations-/Planungsinstrumente für Waldmanagement

- **Langfassung des Titels**: Weiterentwicklung und Integration von Informations- und Planungsinstrumenten für Waldmanagement im Klimawandel (vgl. Kap. 4.1)
- **Wirkungsebene**: Wald, Waldbewirtschaftung
- **Erläuterung**: Das Handlungsfeld liefert mit Umsetzung der zugeordneten Maßnahmen jene Informationsgrundlagen, die erforderlich sind, um Baumartenzusammensetzungen, Vitalität und Wachstum zukünftiger, klimastabiler Wälder bei verändertem Klima einschätzen zu können. Erst mit Vorlage dieser Informationen können fundierte Entscheidungen zur richtigen Baumartenwahl und Behandlung von Wäldern (z. B. Verjüngungsverfahren, Durchforstungsmaßnahmen, Baumartenwahl) gefällt und Aufwände korrekt eingeschätzt werden. Liegen diese Informationen nicht vor, können ggfs. die falschen Baumarten gepflanzt und gepflegt werden: Die ökonomischen Auswirkungen wären durch falsche Allokation erheblich und der Verlust an Zeit für die Erziehung klimaplastischer Wälder groß, weil diese Fehlentscheidung nicht kurzfristig rückgängig gemacht werden kann.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Fast alle anderen Handlungsfelder benötigen die Informationsgrundlagen, die aus der Umsetzung der Maßnahmen dieses Handlungsfeldes resultieren.

Verbesserung der Informationsgrundlagen

- **Langfassung des Titels**: Verbesserung der Informationsgrundlagen zum Klimawandel (vgl. Kap. 4.4)
- **Wirkungsebene**: Wald und Gesellschaft
- **Erläuterung**: Die Erstellung regionalisierter Projektionen des Klimawandels ist eine entscheidende Grundlage für die erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel, wichtig für alle Sektoren und damit auch um Auswirkungen auf Wald bewerten zu können. Nordrhein-Westfalen hat sich in seiner methodischen Vorgehensweise und bei den Auswertungen der Vorgehensweise des Deutschen Wetterdiensts angeschlossen. Das LANUV erarbeitet regionalisierte Prognosen, die 2016 vorliegen sollen und die Auswirkungen des Klimawandels für die naturräumlichen Einheiten in NRW noch genauer darstellen. Mit diesen Grundlagen können Anpassungsmaßnahmen effizienter umgesetzt werden.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Alle anderen Handlungsfelder profitieren von diesen Informationsgrundlagen, die aus der Umsetzung der Maßnahmen dieses Handlungsfeldes resultieren.

Waldbaukonzept Klimaplastische Wälder

- **Langfassung des Titels**: Entwicklung eines Waldbaukonzeptes für klimaplastische Wälder in NRW (vgl. Kap. 4.1)
- **Wirkungsebene**: Wald, Waldbewirtschaftung
- **Erläuterung**: Um die langfristig wirkenden Entscheidungen zur Waldbegründung und -entwicklung an die zu erwartenden Klimawandelfolgen anzupassen, sind Waldbauvorstellungen (Wie werden Wälder für verschiedene Zielsetzungen behandelt?) erforderlich, die verschiedenen Risiken durch Vielfalt und Flexibilität der Strategien begegnen und Chancen nutzen. Dazu sollen Erkenntnisse aus Versuchsflächen in NRW gezielt ausgewertet und für die neuen Klimatrends teilweise auch besser angepasste, gebietsfremde Baumarten einbezogen werden. Das Waldbaukonzept erläutert wie und auf welchen Standorten zu erwartende Risiken abgemildert und wie Chancen genutzt werden können (z. B. Nutzung von Naturverjüngung, Schaffung und Nutzung der Vielfalt von Waldentwicklungsphasen) und enthält Eignungs- und Risikokarten für Baumarten. Dabei werden die aktuellen Erkenntnisse zur veränderten Forstschutzsituation bei den Baumartenempfehlungen und Risikobewertungen genutzt.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Für die Wirkungsebene Wald und Waldwirtschaft ist dies das zweite zentrale Handlungsfeld. Da die Umsetzung im Wald nur langsam Wirkungen zeigen kann, ist ein rasches Handeln aufbauend auf den beiden vorhergenannten Handlungsfeldern prioritär.

Naturschutzfachliche Anforderungen an Waldbewirtschaftung

- **Langfassung des Titels**: Anpassung naturschutzfachlicher Anforderungen an die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (außerhalb von Schutzgebieten) (vgl. Kap. 4.2)
- **Wirkungsebene**: Biodiversität und Naturschutz

- **Erläuterung**: Der Klimawandel wird in Wäldern zu Arealverschiebungen von Arten und Zu- wie Abwanderungen führen. Die notwendige Klimaanpassung von Naturschutzmaßnahmen kann effizient ergänzt werden durch die Einbeziehung von freiwilligen Naturschutzmaßnahmen der Waldbesitzer, so dass auch außerhalb von Schutzgebieten Naturschutzziele erreicht werden können. Elemente eines solchen Naturschutzkonzeptes können Korridore, Trittsteine oder Pufferflächen sein. Dabei wird diese Umweltleistung der Waldbesitzer kompensiert werden. Bereits heute ist ein „integrativer Naturschutz“ Praxis im Landeswald und auch Zielsetzung in zahlreichen Kommunal- und Privatwäldern in NRW, wird aber im Klimawandel verstärkt für den Waldnaturschutz benötigt.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Maßnahmen des integrativen Naturschutzes sind auch Bestandteil des Waldbaukonzeptes klimaplastische Wälder (siehe Handlungsfeld HF2). Die Weiterentwicklung des Naturschutzkonzepts außerhalb der Schutzgebiete hat Auswirkungen auf die Weiterentwicklung der Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte (siehe Handlungsfeld HF8 unten).

Unterstützung des Privat- und Kommunalwaldes

- **Langfassung**: Unterstützung des Privat- und Kommunalwaldes bei der Anpassung der Wälder an den Klimawandel (vgl. Kap. 4.3)
- **Wirkungsebene**: Cluster Forst und Holz
- **Erläuterung**: Alle Maßnahmen zur Klimaanpassung von Wäldern erfordern die Nutzung neuen Wissens, Investitionen und Umstellungen gewohnter Arbeits- oder Entscheidungsabläufe für die wirtschaftenden Forstbetriebe. Der hohe Privatwaldanteil in NRW bedingt, dass die Umsetzung von Maßnahmen der Klimaanpassungsstrategie in dieser Waldbesitzart besondere Bedeutung hat. Da die Maßnahmen zur Klimaanpassung von Wäldern erst mittel- bis langfristig erkennbare Erfolge zeigen, kurzfristig aber Aufwände erfordern, sind finanzielle Unterstützungsmaßnahmen erforderlich. Hierzu gehören der Ausbau moderner, IT gestützter Beratung und die Ausweitung der Forsteinrichtung zu einem Planungs- und Beratungsinstrument für den klimastabilen Waldumbau. Angeboten werden kann ein finanzielles Unterstützungsprogramm zur Entwicklung klimaplastischer Wälder unter Beachtung von Biodiversitätsaspekten, u. a. für Pflanzung und Schutz geeigneter klimastabiler Baumarten, die Durchführung von Forstschutzmaßnahmen und geeignete Standortserkundung/Planung auf Risikostandorten. Vorbereitet und begleitet wird die Umsetzung durch ein Informations- und Schulungsangebot zu Waldmanagement im Klimawandel.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Das Handlungsfeld unterstützt den Kommunalwald und Privatwald bei der Umsetzung der oben vorgestellten prioritären Handlungsfelder HF2 – Waldbaukonzept Klimaplastische Wälder und HF9 – Naturschutzfachliche Anforderungen an Waldbewirtschaftung.

Darstellung der Rohstoffversorgung für die Holzwirtschaft

- **Langfassung Titel**: Darstellung der Rohstoffversorgung für die Holzwirtschaft bei veränderter Waldbewirtschaftung im Klimawandel (vgl. Kap. 4.3)
- **Wirkungsebene**: Cluster Forst und Holz

- **Erläuterung**: Die Entwicklung klimaplastischer Wälder beinhaltet den verstärkten Einsatz von Laubbäumen und neuer Nadelbaumarten. Wird bei der Entwicklung klimaplastischer Wälder der Nadelbaumanteil perspektivisch verringert, sinkt der Versorgungsgrad der in NRW ansässigen Nadelholzindustrie mit Holz aus NRW. Folge davon sind längere Transportwege mit negativen Klimaeffekten und eine Verschlechterung der wirtschaftlichen Situation der Betriebe. Die regelmäßige Darstellung der zukünftigen Rohstoffversorgung erlaubt frühzeitige Reaktionen der Holz verarbeitenden Betriebe und ggf. die Rückkoppelung auf den Waldbau. Dazu werden verschiedene Szenarien definiert und Szenarienanalysen zur Prognose der Holzerntemengen und Sortimente durchgeführt. Die Holzindustrie erhält so Umsetzungsempfehlungen für sämtliche Be- und Verarbeitungsstufen des Clusters aus der Darstellung der Effekte auf Holzstoffströme, Wirtschaftlichkeit und Beschäftigungseffekte im Cluster Forst und Holz und kann entsprechend reagieren.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Hier werden insbesondere die Ergebnisse der Handlungsfelder HF1 – Informations-/Planungsinstrumente für Waldmanagement genutzt. Die Ergebnisse stehen insbesondere in Wechselwirkung mit dem HF2 – Waldbaukonzept Klimaplastische Wälder.

Schutzgebietskonzepte im Klimawandel

- **Langfassung**: Weiterentwicklung der Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte im Klimawandel (vgl. Kap. 4.2)
- **Themenbereich**: Biodiversität und Naturschutz
- **Erläuterung**: Mit der zu erwartenden Veränderung der Habitate werden sich im Klimawandel auch die Areale von Fauna und Flora verschieben. Daher sind die bestehenden Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte weiter zu entwickeln zu „klimadynamischen Schutzgebietskonzepten“, die Aussagen machen zur Biotopentwicklung und -stabilisierung in Schutzgebieten, zur Aufrechterhaltung der Schutzziele und ggf. auch Anpassung von Schutzzielen im Klimawandel. Die komplexen Wirkungen des Klimawandels werden nur durch ein intensives Monitoring und regelmäßige Analysen (vgl. ILOEK-Studie) erkennbar. Zum Ausbau des Monitoring gehört auch die Harmonisierung der Methoden und Zusammenführung aller Informationsquellen sowie die verstärkte Einbeziehung der Fauna.
- **Bezug** zu den anderen besonders bedeutsamen Handlungsfeldern: Die notwendige Anpassung von Schutzgebietskonzepten benötigt als Grundlage ein intensiviertes Monitoring der Auswirkung des Klimawandels auf Biodiversität, Fauna und Flora. Nur langfristig lassen sich hierbei Trends erkennen. Die Erkenntnisse selbst haben Auswirkungen auf die genannten Handlungsfelder der Wirkungsebene Wald und Waldwirtschaft.

5 Klimadynamisches Waldinformationssystem

Aus den vorangegangen Kapiteln können folgende Herausforderungen an ein Waldinformationssystem abgeleitet werden, welches multifunktionales Waldmanagement im Klimawandel ermöglicht:

- Informationsgrundlagen müssen kontinuierlich an neue Wissensstände und Erfahrungen zu Klimawandel im Wald angepasst werden können.
- Die Informationen zu verschiedenen Sachverhalten müssen so miteinander verknüpft werden, dass Schlussfolgerungen, z. B. durch Simulationen[57], zu und aus verschiedenen Zusammenhängen gezogen werden können.
- Informationen sind so aufzubereiten und darzustellen, dass verschiedene Interessiertengruppen, bzw. Nutzer Antworten auf ihre Fragen bekommen.

In diesem Kapitel wird nachfolgend ein „klimadynamisches Waldinformationssystem“ skizziert, das Lösungsansätze zur Bewältigung der genannten Herausforderungen bietet und auf den umfangreichen vorhandenen IT-Grundlagen im Land NRW aufbaut. Folgende Anforderungen sind hierbei von besonderer Bedeutung:

- Ausweitung bestehender IT-Systeme, Funktionalitäten und Datengrundlagen (z. B. erweiterte Flächenabdeckung eines Datensatzes)
- Verknüpfung bestehender IT-Systeme, Funktionalitäten und Datengrundlagen (z. B. Integration verschiedener Plattformen)
- Ergänzung um neue IT-Systeme, Funktionalitäten und Datengrundlagen (z. B. Hinzufügen neuer Parameter und Daten)
- Erweiterung der Funktionalitäten (z. B. neue Analyse- und Prognosemöglichkeiten, Schaffung eines Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) für Waldmanagement im Klimawandel)
- Konzeption des Waldinformationssystems als offene, anpassbare und erweiterbare IT-Plattform

IT-Systeme werden in NRW mit einer langen Tradition für die mittelfristige Forstplanung (z. B. Software FOWIS im LB WH), die operationale Umsetzung von Maßnahmen, den Holzverkauf (z. B. Software ABIES im LB WH) sowie die Kosten- und Leistungsrechnung eingesetzt. Seit einigen Jahren werden auch Geografische Informationssysteme (z. B. Forst-GIS des LB WH) genutzt, um die Aufgaben im modernen Forstbetrieb zu bewältigen. Die Weiterentwicklung und Integration der vielfältigen Einzelsysteme, Datengrundlagen, Informationsebenen und Nutzergruppen in einem zentralen Waldinformationssystem wird mit dem Forschungsprojekt „Virtueller Wald“[58] vorangetrieben.

Aufbauend auf den Integrations-, Vernetzungs- und dynamischen Anpassungsoptionen des „Virtuellen Waldes“ könnten die existierenden IT-Systeme und Datenbestände (z. B. digitale forstliche Standortsklassifikation, Forsteinrichtung, Naturschutzkartierungen und- pläne) zu einem „klimadynamischen Waldinformationssystem“ weiterentwickelt werden. Die bereits an anderer Stelle genannten aktuellen Forschungsergebnisse und Modelle zur Simulation der Waldentwicklung im Klimawandel müssten dabei berücksichtigt werden.

---

[57] Cerbu, C.; Hanewinkel , M. (2013); Vasconcelos, A.C.; Matthes, U.; Konold, W. (2013); Bolte, A. et al. (2009) ; LB WH (2009) ; Rammer, W. et al. (2013); Forschungszentrum Waldökosysteme (2010)

[58] LB WH (2009)

Im folgenden Kapitel 5.1 werden die für NRW im Zuge der Erarbeitung der Klimaanpassungsstrategie formulierten Anforderungen an ein „klimadynamisches Waldinformationssystem - KlimaWIS“ vorgestellt. Das Kap. 5.2 beschreibt einen ersten Entwurf des „KlimaWIS“ und nennt wichtige Bausteine (Daten und Projektergebnisse), die bereits heute für die Zusammenführung zur Verfügung stehen.

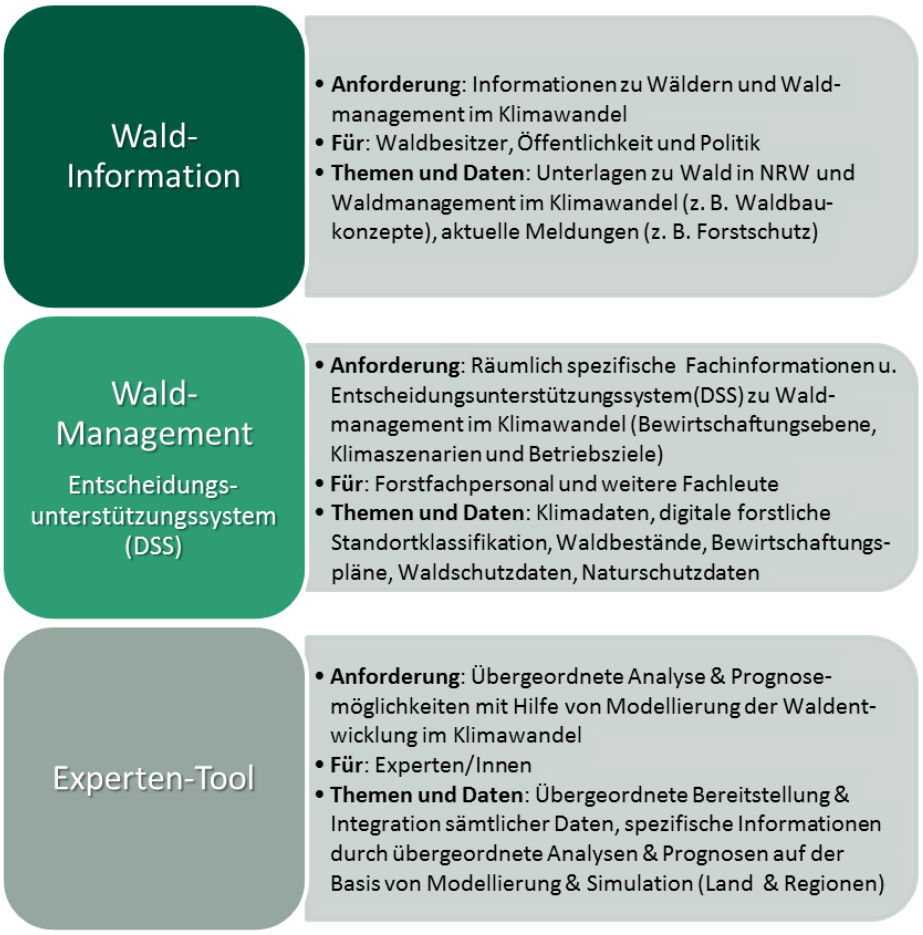
5.1 Anforderungen an ein klimadynamisches Waldinformationssystem

Die aus der Literatur abgeleiteten und in den Workshops weiter spezifizierten Anforderungen an die Weiterentwicklung der forstlichen IT-Systeme zu einem „KlimaWIS“ führen zu einer Gliederung des Waldinformationssystems in drei Module, die auf verschiedene Informationsbedürfnisse/Nutzergruppen ausgerichtet sind. Abbildung 16 illustriert und erläutert diesen modularen Aufbau:

- Modul „Wald-Information“
- Modul „Waldmanagement“ - Entscheidungsunterstützungssystem (DSS[59])
- Modul „Experten-Tool“

[59] DSS: Gängige englische Abkürzung für Decision-Support-System, deutsch: Entscheidungsunterstützungssystem

Abbildung 16: Module und Anforderungen des KlimaWIS



Quelle: Eigene Darstellung

Anforderungen an das **Modul Wald-Information**:

- Informationen zu Wäldern und Waldmanagement im Klimawandel sollen für die Zielgruppen Waldbesitzer, Öffentlichkeit und Politik gebündelt und aktuell bereitgestellt werden.
- Hier sollen einführende und grundlegende Informationen zu Wäldern in NRW und zu Waldmanagement im Klimawandel in Form von Unterlagen und Karten angeboten werden. Dies beinhaltet z. B. Landeswaldberichte, Waldzustandsberichte, Waldbaukonzepte und Baumarteneignungs- und Risikokarten.
- Eine mögliche Realisierung als webbasierte Informationsplattform kann auch genutzt werden, um aktuelle Information zu Klima-Gefährdungen (Dürre, Sturm, aktuelle Waldschutzprobleme) regionenspezifisch bereitzustellen.
- Alle aktuellen Nachrichten über und zum Krisenmanagement bei Klima-Katastrophenfällen sollen gebündelt werden sowie Leitlinien und logistische Informationen für das Krisenmanagement zur Verfügung stehen.

Anforderungen an das **Modul „Wald-Management“ - Entscheidungsunterstützungssystem (DSS):**

- Ziel dieses Moduls ist ein Angebot räumlich spezifischer Fachinformationen und eines umfassenden Entscheidungsunterstützungssystems (DSS) zu Waldmanagement im Klima-

wandel. Das System richtet sich an die Bewirtschaftungsebene (Forstbetrieb, Bestand, Standort), enthält Daten zu verschiedenen Klimaszenarien und unterschiedlichen Betriebszielen (Zuwachs und Ertrag, Biodiversität und Naturschutzleistungen, Erholungsleistung, Klimaschutzleistung etc.). Zielgruppe und Nutzer sind das Forstfachpersonal und weitere Fachleute aus anderen Sektoren. Förster können das System sowohl bei der Bewirtschaftung des eigenen Forstbetriebs oder Waldes als auch in der Beratung und Betreuung von Waldbesitzern einsetzen.

- Über dieses Modul sollen die lokalen Walddaten aktuell gehalten und gepflegt werden. Damit ist es ein wichtiger Dateninput- und Qualitätssicherungs-Bestandteil der zentral gesteuerten Walddatenbank des Waldinformationsystems. Das Modul soll aus der Zusammenführung von Funktionen und Daten der derzeitigen Wald-bezogenen IT-Systeme entsprechend dem Konzept „Virtueller Wald“ entwickelt werden.

Anforderungen an das **Modul „Experten-Tool“:**

- Ziel des Moduls ist die übergeordnete Integration und Bereitstellung sämtlicher Daten sowie die Erstellung spezifischer Informationen durch übergeordnete Analysen und Prognosen auf der Basis von Modellierung und Simulation.
- Den Schwerpunkt bilden hierbei die landesweite und die regionale Ebene, es werden aber auch lokale Daten für das Modul „Wald-Management“ bereitgestellt.
- Über das Modul „Experten-Tool“ wird die zentrale Walddatenbank des KlimaWIS mit landesweit bedeutsamen, zentralen Informationen befüllt und gepflegt (z. B. landesweite Kataster, Geländedaten, Waldinventuren). Ergänzt werden diese durch die lokalen Daten eingegeben über das Modul „Wald-Management“ (siehe dort).
- Das Experten-Tool soll die rasche Aktualisierung von Waldmanagementkonzepten und deutlich präzisere Aussagen zu Klimawirkungen auf lokaler Ebene und dazu passenden Anpassungsstrategien im Klimawandel erlauben. Wichtige Elemente für die Realisierung dieses Moduls sind:
  - Simulation und Modellierung der Waldentwicklung als Kernbaustein;
  - Aktuelle regionale Klimaszenarien und Klimamodelle als Basis für Simulationen;
  - Aussagen auf Bestandesebene und aggregiert auf Betriebs- und regionaler Ebene;
  - Szenarienfähigkeit unter Auswahl und Vergleichsmöglichkeit von Management-Optionen;
  - Vergleichende Bewertungen von Managementalternativen (ökonomische Effekte, Biodiversität- und Naturschutzeffekte, Effekte auf Waldfunktionen wie Erholung, Klimaschutzleistung durch CO_2-Speicherung etc.);
  - Vergleichende Risikobewertung von Auswirkungen des Klimawandels und Bewertung der Erfolgschancen von Anpassungsmaßnahmen.

5.2 Entwurf eines klimadynamischen Waldinformationssystems

Die in Abbildung 16 illustrierten drei Module eines „KlimaWIS“ werden in der folgenden Abbildung näher erläutert.

Abbildung 17: Entwurf eines „KlimaWIS“

	Modul Wald-Information	Modul Wald-Management Entscheidungsunterstützungssystem (DSS)	Modul Experten-Tool
Ziele und Zielgruppe	**Informationen zu Wäldern und Waldmanagement im Klimawandel, für Waldbesitzer, Öffentlichkeit, Politik**	**Bereitstellung von aktuellen, digitalen Fachinformationen für das Waldmanagement im Klimawandel für Forstfachpersonal und weitere Fachleute**	**Expertenanalysen mit Hilfe von Modellierung und Simulation der Waldentwicklung im Klimawandel**
Themen	• Einführende Informationen zu Wald in NRW • Aktuelle Informationen Klimagefährdungen & Waldschutz • Leitlinien und News zum Krisenmanagement • Regionale klimadynamische Waldbaukonzepte • Baumarteneignungskarten, Risikokarten	• Klimadaten, digitale forstliche Standortklassifikation • Verwaltungsgliederungen, Waldfunktionen, Waldnaturschutz- und Waldschutzinformationen • Waldbestände und Bestockungsbeschreibungen & Forsteinrichtungsplanung • Waldwegenetz (NavLog) • Naturalbuchführung und Holzerntemaßnahmen (Vollzugsdaten) • Aufbereitete Ergebnisse des Moduls Experten-Tool	Simulation von Waldentwicklung im Klimawandel: • Risikobewertung • Prognose Baumarteneignung • Ökologische Bewertung • Vergleichende ökonomische Bewertung • Klimabilanz • Waldbauliche Empfehlungen
Funktionelle Umsetzung	Internetportal mit Daten, Dokumenten und Web-GIS	Abruf aller Fachinformationen Angebot umfassendes Entscheidungsunterstützungssystem Pflege, Aktualisierung & QM lokaler Daten mit dynamischer Walddatenbank	Kern des Systems Integration aller relevanten Datenebenen, Eingabe & Pflege Expertensystem für Szenarienbildung, Analysen & Simulationsrechnung
Vorhandene Bausteine	Webportale Wald-und-Holz-NRW, der LANUV, Umweltportal-NRW Ergebnisse aus Wald- und Umweltmonitoring-Aktivitäten Ergebnisse Klimaprojekte & Studien	IT-Plattformen wie ForstGIS, FOWIS und ABIES, Integration in die Plattform Virtueller Wald	Fachdatenbanken wie Landeswaldinventur, Waldzustandserfassung, Bodenzustandserfassung, Waldschutzbeobachtungen, Naturwaldzellen), Fachdatenbanken zu Biodiversität u. Naturschutz

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Weiterentwicklung der forstlichen Informationssysteme zum zentralen KlimaWIS sind nicht nur die oben bereits beispielhaft erwähnten in NRW vorhandenen forstlichen IT-Systeme (FOWIS, ABIES, FORST-GIS, Virtueller Wald) und Informationsportale (Wald-und-Holz NRW, Webportal des LANUV, Umweltportal NRW) Bausteine, sondern auch Daten aus dem Wald- und Umwelt-Monitoring und die Ergebnisse von zahlreichen Forschungsprojekten zu Wald und Klima.

Seit Jahrzehnten wird in NRW Waldforschung und ein regelmäßiges Monitoring der Waldentwicklung betrieben; seit der Diskussion um den Klimawandel in den zurückliegenden fünf Jahren ganz gezielt auch zu Fragen der Klimaanpassung im Wald. Daten und Ergebnisse dieser Projekte und aktuelles Wissen aus benachbarten (Bundes)ländern stehen bereits jetzt zur Verfügung und sollen gezielt im „KlimaWIS“ genutzt werden.

In der Anlage 1 sind die wichtigsten Monitoring-Projekte und Forschungsprojekte in Form kurzer Steckbriefe vorgestellt. Ihre Bedeutung für das zukünftige „KlimaWIS“ ist nachfolgend in der Beschreibung der drei Module berücksichtigt.

Modul Wald-Information

Umgesetzt wird das Modul als **Internetportal mit Informationen** in Form von Publikationen, Studien, Tabellen und thematischen Karten (Geoportal).

Das vorhandene Wissen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Wald und auf Waldmanagement im Klimawandel wird so aufbereitet, dass es für Waldbesitzer ohne forstfachlichen Hintergrund und die allgemeine Öffentlichkeit, bereitgestellt werden kann.

Wichtige Informationsbausteine und Beratungswerkzeuge sind insbesondere:

- **Waldmanagementkonzepte** für Regionen, dortige Waldgesellschaften, abgestimmt auf Forstbetriebstypen (Privat-, Kommunal-, Staatswald) und deren Ziele. In Zukunft werden hier die Ergebnisse von Szenarienanalysen aus dem Modul Experten-Tool einfließen und die Ergebnisse präziser gestalten.
- **Baumarteneignungskarten und Baumarten-Risikokarten**: Grundlagen sind die Analysen und Darstellungen aus der digitalen forstlichenStandortsklassifikation“[60]. Zukünftig könnten die zugrunde liegenden Modelle und Daten in die Analyse-, Prognose- und Darstellungsfunktionen des KlimaWIS integriert werden.

Ebenfalls über das webbasierte Informationsportal des Moduls Wald-Information können regelmäßig in leicht verständlicher Form und aufbereitet für die Regionen **aktuelle Warnhinweise zu Klimagefährdungen** textlich und kartographisch erscheinen. Veröffentlicht werden können dort auch **Handlungsanweisungen**, welche Maßnahmen hinsichtlich der Klimagefährdung zu ergreifen sind. Beispiele für aktuelle Informationen zu Klimagefährdungen:

- Starkniederschläge: Warnungen und Anleitungen zu akuten Maßnahmen;
- Waldschutzinformationen zu biotischen Schaderregern: Aktuelle Gefährdungen, Bekämpfungs- und Vorbeugungsempfehlungen zu Eichen-Fraßgesellschaft, Borkenkäfer etc.
- Waldschutzinformationen zu Stürmen, Schnee-, Eisbruchgefahren und entsprechenden Folgen: Warnungen, Information zu Maßnahmen der Sicherung von Straßen und Wegen, Informationen zur Holzernte, -logistikabstimmung, Vermarktung, etc.

Auf der gleichen Plattform werden alle wichtigen **Informationen für das Krisenmanagement** im Katastrophenfall vorgehalten:

- Waldwege, Anfahrtswege, Rettungspunkte, Hubschrauberlandeplätze, Namen von Abteilungen und Waldorten,
- Nasslagerplätze, Holzlagerplätze,
- Standorte und Adressen von Katatstrophenhilfsdiensten und den Forstbehörden.

Zielgruppen hierfür sind Waldbesitzer, die Forstbetriebe und -verwaltungen sowie Kommunen und andere Behörden wie Naturschutz und Wasserwirtschaft.

Vorhandene Bausteine sind alle waldbezogenen Informationen aus den Webportalen Wald-und-Holz-NRW, des MKULNV sowie das LANUV oder aus dem Umweltportal-NRW. Diese können direkt übernommen und im „KlimaWIS“ zusammengeführt werden. Das gleiche gilt für Geodaten aus Portalen wie dem Umweltportal-NRW, dem neuen System Wald-Kompass oder dem GEOportal.NRW.

Ergebnisse aus zahlreichen Wald- und Umweltmonitoring-Aktivitäten können hier als Informationsquellen eingebunden werden (u. a. die Ergebnisse des Waldschutzmonitorings, der Bodenzustandserhebung, der Waldzustandserfassung und der Landes- bzw. Bundeswaldinventur).

[60] Asche, N. (2002)

Darüber hinaus stehen die Ergebnisse des Waldklimawissens aus den abgeschlossenen und laufenden Forschungsprojekten zur Verfügung (u. a. Projekt Waldbau im Klimawandel, die aktuellen Waldbaukonzepte, die Baumarteneignungskarten und Standortskarten der digitalen Standortsklassifikation) (vgl. dazu Anlage 3).

Modul Wald-Management - Entscheidungsunterstützungssystem (DSS)

In diesem Modul sind alle relevanten forstpraktischen Fachinformationen von der Bestandesebene bis zur Betriebs- oder Regionenebene verfügbar. Das Fachpersonal kann diese Fachinformationen für das Waldmanagement (Waldbau, Waldnaturschutz, weitere Maßnahmen) und die Beratung abrufen. Gleichzeitig werden lokale Fachinformationen hier gepflegt und aktualisiert. Bei der Eingabe lokaler Daten kommen der Standardisierung und der Qualitätssicherung eine große Bedeutung zu.

Übergeordnete Daten werden auf der Basis von Szenarienanalysen zur Waldentwicklung im Klimawandel im Modul Experten-Tool entwickelt und hier bereitgestellt (vgl. nachfolgende Beschreibung des Experten-Tools). Diese sind für die Entscheidungsunterstützung nach Typen betrieblicher Zielsetzungen (z. B. ausgeprägt multifunktional oder stärker ökonomisch oder naturschutzfachlich) differenziert abrufbar.

Für den Aufbau des Moduls könnten Konzept und System des „virtuellen Waldes“ genutzt und damit alle Wald bezogenen räumlichen Informationen integriert werden (z. B. FOWIS, ABIES, FORST-GIS etc.).

Wichtige Datenebenen sind:

- Katasterdaten, ATKIS, digitales Geländemodell, Bodenkarten, Klimadaten, digitale forstliche Standortklassifikation, Verwaltungsgliederungen, Waldfunktionen, Waldnaturschutzinformationen, zentral wichtig die Waldbestände und Bestockungsbeschreibungen (perspektivisch auch georeferenzierte Einzelbäume), die Forsteinrichtungsplanung, das Waldwegenetz (NavLog), die Naturalbuchführung und Holzerntemaßnahmen (Vollzugsdaten).

Zentraler Baustein ist die „dynamische“ Walddatenbank[61], die den aktuellen Zustand der Waldbestände für das Forstfachpersonal verfügbar macht und deren lokale Daten von hier aus gepflegt und aktualisiert werden.

Über klimasensitive Wachstumsmodelle (z. B. SILVA 2 als Basis) und die Berücksichtigung von Nutzungsmaßnahmen wird der Waldzustand fortgeschrieben und aktuell gehalten.

Das Forstfachpersonal kann Geo- und Sachdaten des Moduls Waldmanagement - Entscheidungsunterstützungssystem (DSS) ebenso abrufen und als thematische Karte und Datentabellen anzeigen wie Dokumente, Handlungsanleitungen und Nachrichten des Moduls Wald-Information. Auch die aufbereiteten Ergebnisse des Moduls Experten – Tool sind für das Forstfachpersonal und seine Beratungs- und Managementaufgaben hier in Form von z. B. Baumarteneignungs- oder Risikokarten verfügbar.

Wichtige Fach-Themen des Modul Waldmanagement - Entscheidungsunterstützungssystem (DSS) sind:

- Lage und Fläche, Waldbesitz, Waldbestand mit Bestockungsdaten und Holzvorkommen, die Waldbauplanung (wo vorhanden), forstliche Infrastruktur (Waldwege, Maschinenwe-

[61] Vgl. Roßmann, J. (2012)

ge und Rückegassen), geplante und vollzogene Maßnahmen der Waldpflege, der Holzernte und des Holzverkaufs.

- Basisdaten und Karten zum Waldaufbau, zur Waldvegetation, Waldstrukturen, Waldbesitzern und dem Cluster Forst und Holz
- Baumarteneignungskarten, Risikokarten zu Baumarten und Waldgesellschaften, Verbreitung von Schaderregern, Gefährdungskarten zu Erosion oder Überschwemmung
- Aktuelle Waldschutzsituation (Schädlinge, Sturm, Feuer)

Beispiele für aufbereitete Fach-Themen aus dem Modul Experten-Tool sind:

- Klima und Klimawandel als räumlich spezifisch und zeitliche Entwicklung wichtiger Klimakennwerte, Bestandeskarten mit Simulationsergebnissen (Wachstum, Risiken, Baumarteneignung)

Vorhandene Bausteine, die für die Entwicklung des Moduls genutzt und zusammengeführt werden können, sind die verschiedenen IT-Plattformen wie ForstGIS, FOWIS und ABIES des LB WH. Sie können zum Beispiel über die Plattform des Systems „Virtueller Wald“ integriert werden.

Über das Geographische Informationssystem können auch alle derzeit vorhandenen Datenebenen aus verschiedenen Informationssystemen für die Entscheidungsunterstützung des Fachpersonals zusammen geführt werden. Das sind Datenbanken

- des forstlichen Monitorings und Umwelt-Monitorings (u. a. Landes- und Bundeswaldinventur, Waldzustandserfassung und Bodenzustandserfassung, Waldschutzbeobachtungen, Naturwaldzellen),
- zu Biodiversität und Naturschutz (u. a. Schutzgebiete, FFH-Gebiete und Lebensraumtypen),
- Standortdaten (u.a. Bodenkarten, die digitale forstliche Standortsklassifikation),
- Grundlagendaten zu Topografie, Gelände, Kataster, Verwaltungseinheiten und
- raumbezogene Fachplanungen (u.a. Flächennutzungspläne).

Modul Experten-Tool

Für die langlebigen, ortsgebundenen Waldökosysteme sind Ausmaß und Geschwindigkeit des Klimawandels sowie die vielfältigen, komplexen Wechselwirkungen neu und fordern die Anpassungsmechanismen im Ökosystem heraus. Daraus resultieren auch Folgen für den Wald bewirtschaftenden Menschen/Fortbetrieb. Für jede Ableitung von Anpassungsmaßnahmen zur Klimaanpassung werden möglichst genaue Informationen über lange Zeiträume benötigt, denn Entscheidungen, die heute getroffen werden, müssen die Klima- und Standortverhältnisse der nächsten 100 Jahre berücksichtigen.

Fragestellungen für den Waldbesitzer in diesem Zusammenhang sind:

- Auf welchem Standort wird sich der Wasserhaushalt wann und wie stark verändern?
- Welche Baumarten eignen sich für die nächste Waldgeneration?
- Gelten Zuwachsangaben und Nutzungsansätze der Ertragstafeln, die vor 50 bis 100 Jahren entwickelt wurden, auch morgen noch? Wie werden sich Wachstum und Nutzungsmöglichkeiten verändern?
- Wie wirken sich die neuen Empfehlungen zum Aufbau klimastabiler Wälder auf meinen Forstbetrieb wirtschaftlich aus?

Das Experten-Tool ist ein modellbasiertes Experten-Werkzeug zur Klimawirkungsabschätzung über szenariengestützte Simulationen. Das Experten-Tool soll die zügige Aktualisierung von Waldmanagementkonzepten und deutlich präzisere Aussagen zu Klimawirkungen auf lokaler Ebene und dazu passenden Anpassungsstrategien im Klimawandel erlauben.

Vorbilder für das Experten-Tool existieren bereits in verschiedener Praxistauglichkeit in anderen Regionen Deutschlands und in anderen europäischen Ländern. Einzelmodelle zum Beispiel zur dynamischen, klimaangetriebenen Simulation von Waldwachstum und Mortalität oder zur Risikobewertung von Borkenkäferschäden oder Sturmfolgen sind vorhanden und werden laufend verbessert. Sie wurden auch teilweise bereits in NRW erprobt[62]. In verschiedenen Fällen muss der Bezug zu den Bedingungen in NRW hergestellt werden.

Im Experten-Tool können für gesamt NRW oder Regionen-übergeordnete strategische Analysen und Prognosen auf der Grundlage verschiedener Szenarien erstellt werden. Neben verschiedenen Szenarien zum Klimawandel und zu den Auswirkungen auf die Wälder können unterschiedliche strategische Ausrichtungen beim Waldmanagement betrachtet und anhand zahlreicher Parameter verglichen werden. Über die Integration und das Angebot der zentralen Walddatenbank mit allen Daten sowie über die Bereitstellung spezfischer Analyse- und Prognoseinformationen liefert das Experten-Tool auch die Informationsgrundlagen für das Waldmanagement-Tool und hier speziell das Entscheidungsunterstützungssystem (DSS). Folgende Grundlagen-Elemente könnte das Experten-Tool enthalten:

- Waldbestand: Die Simulation der Waldentwicklung im Klimawandel soll für konkrete Waldbestände bzw. Standorte möglich sein.
- Standort: Für die Prognoserechnung werden Standortdaten zu den Beständen benötigt. Im Klimawandel verändert sich insbesondere der Wasserhaushalt. Der Nutzer soll hier über die Lage der ausgewählten Bestände die zugehörigen Standortsdaten (z.B. Bodentyp, Bodenart nach Horizonten, Topologie, nFK (Nutzbare Feldkapazität), klimatische Wasserbilanz, Trophie, Durchwurzelbarkeit) erhalten.
- Klimaszenarien: Kern der Simulationsrechnungen sind Daten zur Klimaentwicklung für die kommenden Jahrzehnte (üblicherweise bis 2100). Der Nutzer soll auf aktuelle Klimaszenarien und für NRW regionalisierte Klimadaten und Witterungsverläufe zugreifen können. Die Simulationen sollen auf Basis eines Ensembles von Modellen aufbauen.
- Behandlungsmodelle: Die Waldbestände werden bei den Prognoserechnungen über eine bestimmte Zeitphase in der Entwicklung simuliert. Für Waldgesellschaften/ Bestandestypen werden dazu Behandlungsmodelle beschrieben und abgelegt.
- Waldeigentümer-Ziele oder Zieltypen: Die Waldbesitzer-Ziele zusammengefasst in Zieltypen sind wichtige Bestimmungsgrößen, die vor dem Start einer Prognose vom Nutzer ausgewählt werden sollen. Zieltypen könnten dabei beispielsweise sein: „Ertragsoptimierung“, „Multifunktionalität“, „Urbane Wälder“, „Naturschutz“, „Klimaschutz“.

Ergebnisse der Simulationsrechnungen können dem Experten in Form von Text, Tabellen, Grafiken und Karten bereitgestellt werden:

- Bestandesentwicklung als Entwicklung von Vorrat, Zuwachs, Nutzungen;
- Risikobewertung der Bestandesentwicklung: Dürreanfälligkeit, Borkenkäferrisiko, Sturmwurfrisiko;

[62] LB WH (2010d); LANUV (2009); Gardiner, B.; Schelhaas, M. J.; Nicoll, B. (2013)

- Baumartenempfehlungen für die analysierten Standorte;
- Bewertung der Biodiversität für den analysierten Bestand, Betrieb oder die Waldgesellschaft;
- Ergebnisse der vergleichenden ökonomische Bewertung;
- Kohlenstoffbilanz.

Aus den Ergebnissen bereiten Experten regional differenzierte Empfehlungen für die weitere, an Waldentwicklungstypen ausgerichtete Behandlung in Abhängigkeit von Standort, vorhandener Waldgesellschaft und den ermittelten Risiken des Prognose-Ergebnisses auf: Die Beschreibung eines risikominimierten klimaplastischen Waldes auf dem entsprechenden Standort unter Berücksichtigung der Waldbesitzer-Ziele. Die Verwendung dieser Informationen erfordert vor Ort die praktische Anwendung bzw. Vermittlung durch forstliches Fachpersonal.

6 Fazit und Ausblick

Zum Klimawandel mit seinen verschiedenen Ausprägungen und seinen Auswirkungen besteht inzwischen eine fundierte Wissensgrundlage. Die Themen Klimawandel und Klimaschutz, insbesondere die Anpassung an den Klimawandel, sind vielfältig in der Politik verankert. Allerdings bestehen noch Wissenslücken und Einschränkungen bei der Einleitung von Anpassungsstrategien. So sind langfristige Prognosen sowie regionalisierte und sektorspezifische Aussagen aktuell nur eingeschränkt möglich und mit Unsicherheiten und Risiken behaftet. Die praktische Umsetzung von Anpassungsnahmen durch den öffentlichen Sektor, die Wirtschaft und die Gesellschaft steht häufig noch am Anfang. Diese Situation trifft auch auf Nordrhein-Westfalen sowie auf Wälder und deren Bewirtschaftung zu.

NRW gehört mit seiner engagierten Klimaschutzpolitik bundesweit und auch international zu den Vorreitern. Aufbauend auf der Klimaanpassungsstrategie für NRW von 2009 und in Abstimmung mit dem derzeit erstellten Klimaschutzplan NRW wird eine Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW erstellt. Das hier vorliegende Fachkonzept stellt die inhaltliche Grundlage für eine Klimaanpassungsstrategie für den Wald in NRW dar. Die Erstellung des Fachkonzepts basiert zum einen auf einer ausführlichen Recherche und Aufbereitung des aktuellen Wissensstandes in NRW, Deutschland und auf internationaler Ebene (Auswertung von über 120 Quellen). Zum anderen fußt das Konzept auf einer umfassenden Beteiligung von Fachleuten aus der Forst- und Umweltverwaltung sowie von Verbandsvertretern aus dem Bereich Wald, Forst- und Holzwirtschaft, Naturschutz, Bildung und Forschung. Die Zusammenführung, Aufbereitung und Überarbeitung aller Erkenntnisse und Empfehlungen erfolgte durch das Projektteam. Die drei wesentlichen Projektergebnisse und Inhalte des Fachkonzepts sind:

- Beschreibung der Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Waldbewirtschaftung in NRW,
- Darstellung von Maßnahmen zur Anpassung der Wälder und des Waldmanagements in NRW an den Klimawandel sowie
- Skizzierung eines „klimadynamischen Waldinformationssystems (KlimaWIS)“ als zentrales, maßnahmenübergreifendes Element der Anpassungsstrategie.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Waldbewirtschaftung in NRW werden umfassend beschrieben (Klimafolgen). Wo zutreffend und möglich werden auch Risiken und Chancen des Klimawandels sowie die Vulnerabilität (Betroffenheit) eines Bereichs herausgestellt. Die Klimafolgen basieren hauptsächlich auf den zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsveränderungen. Hinzu kommen weitere klimatische Faktoren (z. B. Stürme) und indirekte Effekte für das Waldmanagement (z. B. erhöhte Belastung durch Schadinsekten, veränderte Baumartenwahl) sowie nachgelagerte Bereiche (z. B. verändertes Holzaufkommen).

Klimafolgen erstrecken sich über die vier Themenbereiche Wald und Waldbewirtschaftung, Biodiversität und Naturschutz, Cluster Forst und Holz sowie Gesellschaft. Eine zentrale Auswirkung des Klimawandels auf Wälder und Waldmanagement ist die Veränderung der standörtlichen Rahmenbedingungen und somit der Eignung und Risiken verschiedener Baumarten und Waldgesellschaften oder Bestandestypen. Eine veränderte Baumartenwahl und an-

gepasste Bewirtschaftungskonzepte haben vielfältige Auswirkungen in ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Sicht.

Auch die Anpassungsmaßnahmen für Wälder und Waldmanagement an den Klimawandel beziehen sich auf die vier Themenbereiche Wald und Waldbewirtschaftung, Biodiversität und Naturschutz, Cluster Forst und Holz sowie Gesellschaft. In 18 Handlungsfeldern werden fast 90 Maßnahmen skizziert und Einrichtungen für die Umsetzung benannt. Für die Handlungsfelder wird der Bezug zum IT-Konzept „KlimaWIS“ aufgezeigt und es werden bestehende Handlungsansätze und Vorarbeiten in NRW genannt. Aufgrund ihrer hohen Priorität für die Anpassung der Wälder und des Waldmanagements an den Klimawandel und aufgrund einer zeitlichen Dringlichkeit sind sieben Handlungsfelder besonders bedeutsam:

- Das Handlungsfeld „Weiterentwicklung und Integration von Informations- und Planungsgrundlagen für Waldmanagement im Klimawandel“ ist besonders wichtig und kurzfristig dringlich, da die meisten Anpassungsmaßnahmen mehr Informationen und verbesserte Instrumente benötigen. Der Integration, der Erweiterung sowie dem zentralen und modernen Angebot der für den Wald und das Waldmanagement relevanten Informationsquellen kommt im Klimawandel eine grundlegende Bedeutung zu.
- Aufgrund der zentralen Bedeutung der Baumarten und der Waldgesellschaften bzw. Bestandestypen ist auch das Handlungsfeld „Entwicklung eines Waldbaukonzepts Klimaplastische Wälder in NRW“ besonders wichtig, angesichts der langen Planungszeiträume allerdings eher kurz- bis mittelfristig dringend.
- Die Rahmenbedingungen für die Anpassungsmaßnahmen sind maßgeblich durch den Wissensstand zum Klimawandel bestimmt. Mit Bezug zu verbesserten Prognosen und regionalisierten Aussagen hat auch das Handlungsfeld „Verbesserung der Informationsgrundlagen zum Klimawandel“ eine sehr hohe Priorität.
- Im Themenbereich Biodiversität und Naturschutz ist das Handlungsfeld „Anpassung naturschutzfachlicher Anforderungen an die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (außerhalb von Schutzgebieten)“ sehr bedeutend. Über die Weiterentwicklung freiwilliger Naturschutzleistungen im Rahmen der Waldnutzung lassen sich auch im Klimawandel auf breiter Fläche positive Biodiversitätseffekte erzielen.
- Angesichts des sehr hohen Privat- und Kommunalwaldanteils in NRW hat auch das Handlungsfeld „Unterstützung des Privat- und Kommunalwaldes bei der Anpassung der Wälder an den Klimawandel“ eine sehr hohe Priorität bei zugleich hoher zeitlicher Dringlichkeit. Aufgrund der wichtigen Rolle der Wälder auch für die Gesellschaft bedürfen die Adaption der Waldbewirtschaftung und wo erforderlich der Waldumbau der Unterstützung.
- Weitere wichtige, kurz- bis mittelfristig dringliche Handlungsfelder sind „Weiterentwicklung der Waldnaturschutz-Schutzgebietskonzepte im Klimawandel“ und „Darstellung der Rohstoffversorgung für die Holzwirtschaft bei veränderter Waldbewirtschaftung im Klimawandel“.

Der Verbesserung der Informationsgrundlagen und der Managementinstrumente bei der Anpassung der Wälder und ihrer Bewirtschaftung und Pflege an den Klimawandel kommt eine grundlegende Bedeutung zu. Das skizzierte „klimadynamische Waldinformationssystem (KlimaWIS)“ stellt das zentrale, maßnahmenübergreifende Element der Anpassungsstrategie

dar. Das Konzept für die IT-Plattform „KlimaWIS“ besteht aus den drei Modulen „Wald-Information“, „Wald-Management“ und „Experten-Tool“.

Das Modul „Wald-Information“ bietet Waldbesitzern/innen und der interessierten Öffentlichkeit im Rahmen eines Internetportals Eingangsinformationen zu Wäldern in NRW und Bewirtschaftung und Pflege, auch Regionen-spezifisch und alles unter den besonderen Gesichtspunkten der Anpassung an den Klimawandel. Zudem finden sich hier aktuelle Hinweise wie etwa zur Forstschutzsituation (z. B. Waldbrandgefahr, Schadinsekten) und Katastrophenmeldungen (z. B. nach Sturmereignissen) sowie Verweise auf forstliche Beratungs- und Betreuungsangebote.

Das Modul „Wald-Management“ bietet Forstfachleuten und anderen Experten/innen mit Bezug zu Wald spezifische Fachinformationen zu Waldökosystemen und zu Waldmanagement im Klimawandel. Das zentrale Element dieses Moduls ist ein umfassendes und leistungsfähiges Entscheidungsunterstützungssystem (Decision-making Support System, DSS). Für Managemententscheidungen auf der räumlichen Ebene von Waldstandorten, Waldbeständen und Forstbetrieben (oder auch Schutzgebieten) kann der Nutzer zwischen verschiedenen Klimaszenarien und betrieblichen Schwerpunkten wählen. Bei den Klimaszenarien sind unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten des tatsächlichen Eintritts und Risikobereitschaften bezüglich der Auswirkungen möglich. Die betrieblichen Schwerpunkte können etwa ökonomische, ökologische oder gesellschaftliche Ziele beinhalten (z. B. Ertragsmaximierung, Maximierung der Biodiversitätseffekte und Naturschutzleistungen, optimales Erholungsangebot, Maximierung von Umwelt- und Klimaschutzleistungen, ausgeglichenes Ergebnis multifunkionaler Waldbewirtschaftung). Die Modellierung und Szenarien-gestützte Simulation stellt dem Nutzer räumlich spezifische Empfehlungen für das Waldmanagement wie etwa zu günstigen Bestandestypen und Baumarten sowie waldbaulichen Maßnahmen zur Verfügung. Das Entscheidungsunterstützungssystem verbessert und erleichtert zum einen die operationale Arbeit des/der Försters/in, zum anderen kann es auch effektiv in der Beratung und Betreuung von Privat- und Kommunalwäldern eingesetzt werden.

Das Modul „Experten-Tool“ ist die zentrale IT-Plattform und Datenbank des gesamten Waldinformationssystems. In diesem Modul wird die Integration aller Informationsarten und Datensätze organisiert. Der überwiegende Anteil der Dateneingabe und -pflege (alle landesweiten und regionalen Datensätze) inkl. der Qualitätssicherung findet hier statt. Die Kontrolle und Aktualisierung lokaler Daten (z. B. Forsteinrichtung, Holzernte, Wegenetz, Naturschutz) wird über das Modul „Wald-Management“ beigesteuert. Sämtliche Daten der Module „Wald-Information“ und „Wald-Managagement“ werden über das Modul „Experten-Tool“ bereitgestellt. Das Modul „Experten-Tool“ erlaubt übergeordnete und spezifische Datenintegrationen, Analysen, Optimierungsrechnungen, Modellierungen und Szenarien-gestützte Simulationen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder und das Waldmanagement sowie zu den direkten und indirekten Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen. Es erzeugt somit neuartiges Spezialwissen für das Waldmanagement, die Klimaanpassung und die Klimaschutzpolitik in NRW. Vielfältige IT-Grundlagen und -Ansätze in NRW können für das KlimaWIS genutzt werden, insbesondere das IT-Projekt „Virtueller Wald“ der Landesforstverwaltung.

Das vorliegende Fachkonzept stellt die Grundlage für die Erstellung der tatsächlichen Anpassungsstrategie für die Wälder in NRW an den Klimawandel (kurz „Klimaanpassungsstrategie Wald NRW“) dar. Auch wenn einige Handlungsfelder als besonders wichtig oder dringend identifiziert wurden, beinhaltet das Konzept noch keine spezifische Priorisierung oder

Auswahl von Umsetzungsmaßnahmen und auch keine Zuordnung von erforderlichen Ressourcen. Vor diesem Hintergrund ist auch die Angabe von Einrichtungen, die für die Umsetzung von Maßnahmen als zuständig oder relevant angegeben wurden, weiter zu konkretisieren. Eine Herausforderung wird sein, über öffentliche Einrichtungen hinaus auch private Waldeigentümer/innen sowie Unternehmen der Forst- und Holzwirtschaft weitergehend in Lösungsansätze einzubinden.

Bei der Erstellung der Klimaanpassungsstrategie Wald NRW ist eine Verschneidung mit NRW-Prozessen wie der „Waldstrategie 2050 NRW“, dem „Klimaschutzplan NRW“ und der fortzuschreibenden übergreifenden Anpassungsstrategie für NRW, aber auch mit Prozessen auf Bundes- und EU-Ebene (z. B. Deutsche Anpassungsstrategie) wichtig. Nach der Verabschiedung der Klimaanpassungsstrategie Wald NRW kommt der Erstellung und Implementierung eines „Aktionsplans Klimaanpassung Wälder NRW“ mit einer weitergehenden zeitlichen Differenzierung von Maßnahmen sowie einer Zuordnung von konkreteren Zuständigkeiten und von Ressourcen große Bedeutung zu. Die weitere Entwicklung des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Wälder und das Waldmanagement sowie die Wirkungen der Anpassungsmaßnahmen sollten periodisch überprüft werden, wofür sich ein Indikatoren-gestütztes Monitoring empfiehlt. Auch hier wird eine enge Anknüpfung an das Monitoring des Klimaschutzplans für Anpassungsmaßnahmen angestrebt.

7 Literatur

Adler P.; Haas, S. (2008): Handbuch Wald und Wasser. http://www.waldwissen.net/wald/naturschutz/gewaesser/fva_wasserhandbuch/index_DE (abgerufen am 28.03.2014).

Albert, M.; Schmidt, M. (2009): Dynamik der Standort-Leistungs-Beziehungen von Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Douglasie unter Klimaveränderungen in Deutschland. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Beiträge zur Jahrestagung 2010. S. 66 - 81.

Anonymus (2013): Entwicklung moderner Verfahren für ein integriertes Großraumwaldinformationssystem und die effiziente technische Produktion in der Waldwirtschaft zur zielgerichteten Rohstoff-Mobilisierung und -Bereitstellung für die Holzwirtschaft. Zwischenbericht.

Asche, N. (2001): Standortgerechte Baumartenwahl in Nordrhein-Westfalen. Eine Entscheidungshilfe. AFZ/Der Wald 16, S. 826-829.

Asche, N. (2002): Standortgerechte Baumartenwahl für Nordrhein-Westfalens Wälder. LÖBF Mitteilungen 2, S. 20-24.

Asche, N. (2012): Die digitale Standortklassifikation als Grundlage der Baumartenwahl. http://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/media/Dokumente/Digitale_Standortklassifikation___Asche.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

Asche, N.; Schulz, R. (2005): Forstliche Standorterkundung mit digitalen Werkzeugen. Ein neuer Weg in Nordrhein-Westfalen. WF, 23.Jg., Heft 4.

Asche, N.; Schulz, R. (2006): Waldstandorte und Klimawandel. Eine Fallstudie für die Eifel in Nordrhein-Westfalen . AFZ-DerWald, 11: 587-591.

Asche, N.; Schulz, R. (2010): Standortgerechte Baumartenwahl in Nordrhein-Westfalen, Wuchsgebiet Sauerland. Eine Entscheidungshilfe unter Berücksichtigung des Klimawandels. Cuvillier Verlag Göttingen.

Asche, N.; Schulz, R. (2011): Gefährdung von Fichtenflächen als Folge eines erwarteten Klimawandels. Eine Fallstudie im Sauerland. AFZ/DerWald 15, S. 28 - 31.

BMELV - Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010): Inventarstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald. Sonderheft 343.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

BMU – Bundesumweltministerium (2008): Deutsche Anspassungsstrategie an den Klimawandel. http://www.bmub.bund.de/N42783/ (abgerufen am 28.03.2014).

Bolte, A. et al. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research 4 2009 (59) 269-2.

Cerbu, C.; Hanewinkel , M. (2013): The 22nd Century Potential of Alpine Space Forests: An overview of climate change risks for forest practitioners in the Alps based on the EU Alpine Space Programme's MANFRED project results. http://manfredproject.eu/uploads/downloads/MANFRED_Short_Book.zip (abgerufen am 28.03.2014).

DVWK e.V. - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2005): Richtlinien für den ländlichen Wegebau. DWA-Regelwerk, Band A 904. 2. redaktionell korrigiete Neuauflage der DVWK-Regel 137/1999.

Dworschak, M.; Schulte-Kellinghaus, S. (2012): Bodenkarten als Instrument zur Darstellung von Veränderungen forstlicher Standorte. Geologischer Dienst NRW. Unveröffentlichte Präsentation.

EU Kommission (2010): Grünbuch der Kommission: Waldschutz und Waldinformation - Vorbereitung der Wälder auf den Klimawandel. COM(2010) 66 final.

EU Kommission (2013): EU Strategy on adaptation to climate change. COM(2013) 216 final.

Forschungszentrum Waldökosysteme (2010): Decision Support System - Wald und Klimawandel. http://www.dss-wuk.de/ (abgerufen am 28.03.2014).

Forschungszentrum Waldökosysteme (2010): DSS Wald und Klima. Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen. Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP), Teil 4, Modul Wald.

Gardiner, B.; Schelhaas, M. J.; Nicoll, B. (2013): Mapping the risk to European forests with a changing climate. Motive report - Chapter V. http://www.researchgate.net/publication/259821223_Adapting_to_climate_change_in_European_forests__results_of_the_MOTIVE_project/file/72e7e52dff1e947bdf.pdf#page=28 (abgerufen am 28.03.2014).

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2011): Veränderung forstlicher Standorteigenschaften bei Klimawandel. Auswertungen auf Basis großmaßstäbiger Bodenkarten des nördlichen Sauerlandes. – ArcGIS-Projekt m. Erl.; Krefeld.

Heinrichs, S.; Schmidt, W. (2010): Untersuchung möglicher klimabedingter Veränderungen der Artenvielfalt von Waldökosystemen am Beispiel von Wiederholungsuntersuchungen der Waldvegetation und der natürlichen Verjüngung in ausgewählten Naturwaldzellen Nordrhein-Westfalens. Georg-August-Universität Göttingen, Abt. Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen.

Heinrichs, S.; Schulte, U.; Schmidt, W. (2011): Veränderung der Buchenwaldvegetation durch Klimawandel? - Ergebnisse aus Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. Forstarchiv 82, Heft 2, S. 48 – 61.

Helmholtz Gemeinschaft (2013): Regionaler Klimaatlas. http://www.regionaler-klimaatlas.de/ (abgerufen am 28.03.2014).

Hentschel, S. (2003): Entscheidungsunterstützungssystem Waldfunktionen und Biodiversitätsveränderungen beim Waldumbau im Solling. In: Wunn und Quednau (Hrsg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Biometrie und Informatik, Freiburg 9. - 10.Oktober 2003, S. 103-109.

IPCC (2013a): Fünfter Sachstandsbericht des IPCC - Teilbericht 1 (Wissenschaftliche Grundlagen). Deutsche IPCC Koordinierungsstelle. Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/kernbotschaften_des_fuenften_sachstandsberichts_des_ipcc.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

IT.NRW (2013): 2013 wurden in NRW-Sägewerken 2,4 Millionen Kubikmeter Rohholz zu Schnittholz verarbeitet. Pressemitteilung. http://www.it.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2014/pres_070_14.html (abgerufen am 10.04.2014).

Jacke, H.; Zimmer, F. (2011): Ökonomie und Ergonomie manueller Pflanzverfahren. Holz-Zentralblatt, Heft 16, S. 391 – 393.

Keenan, T. F. et al. (2013): Increase in forest water use efficiency as atmospheric carbon dioxide concentrations rise. Nature, 499: S. 324-327. doi:10.1038/nature12291.

Kunz, M.; Kottmeier, C. (2011): Stürme im deutschen Binnenland. Klimanavigator. http://www.klimanavigator.de/dossier/artikel/030136/index.php (abgerufen am 28.03.2014).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2009): Modellierung des Wasserhaushaltes für ein bewaldetes Wassereinzugsgebiet. Abschlussbericht Projekt IF – LANUV – 13. www.lanuv.nrw.de/klima/pdf/studie_wald_und_forstwirtschaft_projekt_02.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010): Klima und Klimawandel in NRW. Fachbericht 27., S. 9 ff. http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe27/fabe27KW.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2012): Wirkungsermittlung zum Klimawandel im forstlichen Umweltmonitoring NRW. http://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/media/Dokumente/Wirkungsmermittlung_im_Umweltmonitoriing___Gehrmann.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2013): Klimawandelgerechte Metropole Köln. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Fachbericht 50. http://www.lanuv.nrw.de/klima/metropole.htm (abgerufen am 28.03.2014).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014a): Prognose Klimawandel. Unveröffentlicher Fachbericht.

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014b): Klimaschutzplan NRW.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2006): Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Buchenrein- und -mischbeständen in Nordrhein-Westfalen. http://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/media/Dokumente/IMPORT/Empfehlungen_fuer_eine_naturnahe_Bewirtschaftung_Buche_NRW_11_2006.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2007): Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen . Arbeitsgruppe "Wiederbewaldung“. Bericht. http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/wiederbewaldung.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2009a): Burgholz-Geschichte und Perspektiven eines Versuchsreviers im Zeichen des Klimawandels. Heft 19 der Schriftenreihe der Landesforstverwaltung NRW.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2009b): Der virtuelle Wald - Moderne Methoden Virtueller Realität für die biologische und technische Produktion der Forstwirtschaft. Unveröffentlichter Abschlussbericht.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2010a): Auswirkungen des Klimawandels am Beispiel von Naturwaldzellen. http://www.wald-und-holz.nrw.de/filead-min/media/Dokumente/Auswirkungen_des_Klimawandels_am_Beispiel_von_Naturwaldzellen___Schulte.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2010b): Folgen des Klimawandels für die Veränderung der Struktur- und Artendiversität sowie der natürlichen Verjüngung. Unveröffentlichter Abschlussbericht.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2010c): Waldbau im Klimawandel - Grundlagen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen zu den waldbaulichen Umstellungsprozessen im Klimawandel. Unveröffentlichte Studie.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2010d): Abschätzung der abiotischen und biotischen Risiken für die Fichte im Arnsberger Wald unter veränderten Klimabedingungen – DSS-WuK Arnsberger Wald. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für den Landesbetrieb Wald und Holz NRW. Arnsberg.

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2012a): Wald und Holz NRW - Für Menschen und Wälder. http://www.hkzr.de/media/filebase/files/ (abgerufen am 10.04.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2012b): Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Fichtenbeständen in Nordrhein-Westfalen. http://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/media/Dokumente/IMPORT/Fichten_Konzept_3_2004.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2013): Sturmkatastrophe - Empfehlungen zur Bewältigung für forstwirtschaftliche Zusammenschlüsse. http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/sturm_faltblatt_17102013.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2014): Die klimabedingte Veränderung der Totholzkäferfauna (Coleoptera) des nördlichen Rheinlandes. Analysen zur Gesamtfauna und am Beispiel von Wiederholungsuntersuchungen in ausgewählten Naturwaldzellen. (Studie zurzeit im Druck).

Leder, B. (2010): Strategie zur Ableitung waldbaulicher Handlungsoptionen im Klimawandel. AFZ-DerWald 3, 12-13.

Leder, B. (2013): Eiche im Klimawandel. Beitrag zu den zu erarbeitenden Empfehlungen für eine naturnahe Bewirtschaftung von Eichenrein- und mischbeständen in NRW. Unveröffentlichter Bericht.

McCallum, S.; Dworak, T.; Prutsch, A.; Kent, N.; Mysiak, J.; Bosello, F.; Klostermann, J.; Dlugolecki, A.; Williams, E.; König, M.; Leitner, M.; Miller, K.; Harley, M.; Smithers, R.; Berglund, M.; Glas, N.; Romanovska, L.; van de Sandt, K.; Bachschmidt, R.; Völler, S.; Horrocks, L. (2013): Support to the development of the EU Strategy for Adaptation to Climate Change: Background report to the Impact Assessment, Part I – Problem definition, policy context and assessment of policy options. Environment Agency Austria, Vienna.

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011a): Klimawandel und Boden - Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den Boden als Pflanzenstandort. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_klimawandel_boden.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011b): Klimawandel und Wasserwirtschaft - Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Lan-

des Nordrhein-Westfalen. https://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_klima_und_wasser.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012a): Waldzustandsbericht 2012. https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/waldzustand_2012_langfassung.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012b): Wald im Klimawandel - Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_wald_klimawandel.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2013a): Wald und Klimaschutz in NRW - Beitrag des NRW Clusters ForstHolz zum Klimaschutz. http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/130422_nrw_cluster_forstholz_klimaschutz_lang.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2013b): Umweltbericht Nordrhein-Westfalen 2013. S. 26 ff. http://www.umwelt.nrw.de/extern/epaper/2013/umweltbericht_nrw_2013/#/1/ (abgerufen am 28.03.2014).

MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2013c): Landeswaldbericht 2012 - Bericht über die Lage und Entwicklung der Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. https://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/landeswaldbericht_2012.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2003): Clusterstudie Forst und Holz. Gesamtbericht. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung NRW, Heft 17.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009a): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen - Teil 1. Studie.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009b): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen - Teil 2. Studie.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009c): Auswirkungen von Klimaänderungen auf die biologische Vielfalt: Pilotstudie zu den voraussichtlichen Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Tier- und Pflanzenarten in Nordrhein-Westfalen - Teil 3. Studie.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009d): Anpassung an den Klimawandel - Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen. http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/klimawandel/Klimawandel_Anpassungsstrategie_Gesamt.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2009e): Klimawandel in NRW - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht. http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2010a): Diversitätsveränderungen bei Braun- und Weißfäulepilzen der Initialphase der Holzzersetzung gegenüber den frühen Neunzigern. Studie.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2010b): Die klimabedingte Veränderung der Totholzkäferfauna (Coleoptera) des nördlichen Rheinlandes. Studie.

MURL - Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (2014): Leitbild für den nachhaltsgerechten forstlichen Wegebau in Nordrhein-Westfalen. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft - III A 4 – 35-00-00.00 v. 1.9.1999. https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&gld_nr=7&ugl_nr=79035&bes_id=2912&val=2912&ver=7&sg=0&aufgehoben=N&menu=1 (abgerufen am 28.03.2014).

Niesar, M. (2012): Wald im Klimawandel - Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Waldschutz. Präsentation vom 29.02.2012, Düsseldorf. Veranstaltung: "Wald im Klimawandel". LB WH - Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. http://www.wald-und-holz.nrw.de/fileadmin/media/Dokumente/Vortrag_Niesar_2012_02_29.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013): Waldschutz im Klimawandel - Wie bleiben unsere Wälder vital? (2. überarbeitete Auflage). Eigenverlag LB WH.

Nolden-Seemann, U. (2014): Burgholz - Arboretum und Versuchsrevier. Holz-Zentralblatt, Heft 4, S. 73-74.

Odenthal-Kahabka, J. (2005): Handreichung Sturmschadensbewältigung. Hrsg. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg und Landesforsten Rheinland-Pfalz. http://waldwissen.net, 21.07.2008 (überarbeitete Version) (abgerufen am 22.02.2014).

Osterburg, B. et al. (2013): Handlungsoptionen für den Klimaschutz in der deutschen Agrar- und Forstwirtschaft. Thünen Report 11. Hamburg.

PEFC (2011): 3. Regionaler Waldbericht Nordrhein-Westfalen 2011. Regionale PEFC - Arbeitsgruppe Nordrhein-Westfalen e.V.. https://pefc.de/tl_files/dokumente/fuer_waldbesitzer/Dokumente%20RAG%20%C2%B4en/Nordrhein-Westfalen/WB_NRW_2011_Text.pdf (abgerufen am 28.03.2014).

Petrak, M. (2007): Erderwärmung - Folgen für Hege und Jagd in NRW. Rheinisch-Westfälischer Jäger 9/07. S. 12-14.

Rammer, W. et al. (2013): A web-based ToolBox approach to support adaptive forest management under climate change. Skandinavian Journal of Forest Research. Motive report - Chapter X. S. 94 ff. http://www.researchgate.net/publication/259821223_Adapting_to_climate_change_in_European_forests__results_of_the_MOTIVE_project/file/72e7e52dff1e947bdf.pdf%23page=28 (abgerufen am 28.03.2014).

Roßmann, J. (2012): Der Virtuelle Wald als Zukunftsplattform. Institut für Mensch-Maschine-Interaktion. Unveröffentlichte Präsentation.

Schulz, R.; Asche, N. (2000): Forstliche Standortkartierung in NRW. Ansätze zur Nutzung digitaler Werkzeuge für die Klassifizierung forstlicher Standorte. LÖBF-Mitteilungen, 1, S. 47-56.

Schulz, R.; Asche, N. (2008): Klima, Standort, Wald. Regionales Wasserhaushaltsmodell auf Bundesebene übertragbar? AFZ/Der Wald, 1, S. 20-24.

Seintsch, B. (2013): Cluster Forst und Holz nach neuer Wirtschaftsklassifikation. Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2011. Thünen Working Paper 5.

Spiegelhalter, J. (2012): Ergonomie und Produktivität bei der Container-Pflanzung. Abschlussbericht des ifa, Göttingen 2012. Exkursionsführer der KWF Tagung 2012 in Bopfingen.

STAKA - Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (2003): Forstliche Standortaufnahme. 6. Auflage. IHW-Verlag Eching.

Straub, W.; Sträter, E.; Wurzler, S. (2010): Die Klimaentwicklung in NRW. Natur in NRW Nr. 2, S. 35 - 37.

United Nations (1994): United Nations Framework Convention on Climate Change. http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php (abgerufen am 10.04.2014)

Vasconcelos, A.C.; Matthes, U.; Konold, W. (2013): Klima und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP) – Themenblatt zu den Methoden und Ergebnissen des Moduls Wald. Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen. Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP), Teil 4, Modul Wald.

Anlage 1: Auswahl von Maßnahmen zur Anpassung der Wälder in NRW an den Klimawandel

Monitoringaktivitäten und Projekte

Um die Wechselbeziehungen zwischen Wald und Klima sowie die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände besser kennenzulernen, werden in NRW regelmäßige Beobachtungen vorgenommen und längere Zeitreihen erarbeitet.

Diese werden nachfolgend – in Themenbereiche gruppiert – vorgestellt. Zudem wird jeweils auf die Frage eingegangen, ob und was in Zukunft zu tun ist, damit diese einen Beitrag zur Entwicklung des KlimaWIS leisten.

Themenbereich: Standort, Boden und Wasser

	Bodenzustandserhebung (BZE)
Literatur	MKULNV (2012a): Waldzustandsbericht 2012
Status (Ziele, Inhalte)	Die BZE ist eine systematische, flächenrepräsentative und bundesweit abgestimmte Großrauminventur. Die zweite BZE Inventur wurde 2006 - 2008 durchgeführt. Als Teilprogramm des Forstlichen Umweltmonitoring liefert sie im Abstand von 10 - 15 Jahren zuverlässige und bundesweit vergleichbare Informationen über den aktuellen Zustand der Waldböden und deren Veränderung im Laufe der Zeit. Im Klimawandel sind Informationen zur Kohlenstoffspeicherung (Stoffumwandlungsfunktion) und über den Wasserhaushalt besonders wichtig. Andererseits wird die BZE II genutzt, um die Ergebnisse des intensiven Monitoring von Level II- und weiteren Dauerbeobachtungsflächen in die Fläche zu übertragen. Die BZE wird auf dem bundesweiten Erhebungsnetz im Raster 8 x 8 km (145 Punkte) durchgeführt. Das Konzept für NRW enthält eine Verdichtung des bundesweiten Erhebungsnetzes um weitere 147 Punkte, insbesondere im Tiefland.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Die BZE wird als Daueraufgabe im forstlichen Umweltmonitoring weitergeführt. Mit Hilfe von BZE Daten können verfügbare ältere Bodendaten/Standortskarten über geostatistische Verfahren aktualisiert werden und so zu einer Dynamisierung von flächendeckenden Bodendaten beitragen.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Basis: Beitrag zur Digitalen forstliche Standortsklassifikation: Standortskarten; Beitrag für Baumarteneignungskarten, Beitrag zu Baumarten-Risikokarten**

	Digitale Forstliche Standortsklassifikation
Literatur	Asche, N. (2002) Asche, N.; Schulz, R. (2006) Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2011)
Status (Ziele, Inhalte)	Mit Hilfe digitaler Techniken und Methoden können standörtliche Auswertungen durchgeführt werden, die natürliche Gegebenheiten realitätsnah abbilden. Damit steht, neben der klassischen Feldarbeit bzw. Kartierung, eine computergestützte Methode für die forstliche Standorterkundung in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung, mit der mit geringem Geländeaufwand große Räume kartierbar sind. Die digitale Standortklassifikation wurde für die Wuchsgebiete des nordrhein-westfälischen Berglandes durchgeführt (ca. 660.000 ha Wald). Die Klassifikation forstlicher Standorte gliedert sich nach folgenden Merkmalen: Das **Merkmal Lage** wird unter Nutzung des digitalen Höhenmodelles (DGM5, 10x10 m Zellen) berücksichtigt. Die durch das Höhenmodell vorgegebenen Rasterzellen mit 10x10 m Ausdehnung werden als Basiseinheiten aller Eingangsdaten und Berechnungen benutzt. Das **Merkmal Klima** wird anhand von Wetteraufzeichnungen für die Periode 1961 bis 1990 berücksichtigt. Aus den Klimadaten wird u. a. für jeden Ort bzw. jede 10x10 m Zelle die effektive Länge der Vegetationszeit (Temperatur >10°C) kalkuliert. Der in dieser Periode fallende Niederschlag wird für die Klassifikation genutzt, da er für das Wachstum der Waldve-

	Digitale Forstliche Standortsklassifikation
	getation wichtiger ist als der Jahresniederschlag. Der Vegetationszeitniederschlag wird durch zellenspezifische Ab- und Zuschläge für Einstrahlung, Exponiertheit, Wind und Temperatur modifiziert. Das **Merkmal Boden** wird durch die Geometrien und Attribute der digitalen Bodenkarte im Maßstab 1:50 000 (BK50) des Geologischen Dienstes NRW berücksichtigt. Hierbei werden in einem ersten Schritt alle Geometrien in 10x10 m Rasterzellen überführt. Diese Zellen werden unter Nutzung von Reliefparametern auf ihre Lagegenauigkeit überprüft und z.T. umgesetzt. Zudem werden die in der BK50 angegebenen Spannen der Schichtmächtigkeiten der Bodeneinheiten (z.B. 3-6 dm) mit Hilfe von Reliefparametern in konkrete Werte für jede Zelle umgerechnet. Diese Größen werden dann für die Berechnung der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (nFK) der Böden aus Bodenart, Skelettgehalt und Humusgehalt des Oberbodens genutzt. Das **Merkmal Geologie** wird durch die Geometrien und Attribute der digitalen geologischen Karte im Maßstab 1:100 000 (GK100) des Geologischen Dienstes NRW berücksichtigt, um die Trophie der Standorte einzuschätzen. Das **Merkmal Vegetation** wird in Form des mittleren täglichen Wasserbedarfs berücksichtigt. Dieser wurde auf 3 mm pro Tag festgesetzt (STAKA, 2003). Zudem werden die gemessenen Leistungsdaten aus der Landeswaldinventur für die Validierung der ausgewiesenen Gesamtwasserhaushaltsstufen bzw. Standorttypen genutzt, weil die Wuchsleistung der Baumarten ein integraler Kontrollparameter der Standortqualität ist. Ergebnis der digitalen forstlichen Standortsklassifikation ist eine **Standorttypenkarte** mit den Merkmalen Trophie und Gesamtwasserhaushaltsstufe. Diese Karten können für verschiedene Zwecke in frei wählbarem Maßstab ausgegeben werden. Zudem besteht die Möglichkeit, jede der vorliegenden Informationen als eigene thematische Karte zu produzieren, bzw. Sonderauswertungen zu Fragen Trocknis-, Spätfrostgefährdung zu erstellen. In **zwei jüngeren Studien** wurden sechs Szenarien der Klimaentwicklung (Anstieg der Temperatur (+1, +3 °C) und Veränderung des Niederschlags (+10%, -10%) definiert und für die Waldgebiete der Eifel und des Sauerlandes die Verschiebung in der Baumarteneignung wichtiger Baumarten eingeschätzt. Für das Sauerland wurde auch mit den dort verfügbaren BK5 und großmaßstäbigen Standortkarten eine Prognose der Baumarteneignung für einfach definierte Klimaszenarien (andere als vorgenannt) berechnet. Steuernder Faktor war hier die Veränderung in der Klimatischen Wasserbilanz.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Eine digitale Standortklassifikation existiert nicht landesweit und nicht auf Ebene der forstlichen Standortskarte (1:5.000 Maßstab), da die BK 5 nicht landesweit zu Verfügung steht. Für das „KlimaWIS“ – alle 3 Bausteine, aber insbesondere das „KlimaWIS-DSS“ - sind landesweite numerische differenzierte und wenig aggregierte, hochaufgelöste Standortdaten unverzichtbar. Daher muss für die noch nicht kartierten Waldflächen in NRW die Erarbeitung fortgesetzt werden.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Basis: Digitale forstliche Standortsklassifikation: Standortskarten; Beitrag für Baumarteneignungskarten, Beitrag zu Baumarten-Risikokarten**

	Dauerbeobachtungsflächen des Umweltmonitoring im Wald (Level II)
Literatur	LANUV (2012)
Status (Ziele, Inhalte)	Das Monitoring umfasst zur Zeit 17 Dauerbeobachtungsflächen, auf denen die Auswirkungen von Luftverunreinigungen und des Klimawandels untersucht werden. Vier dieser Monitoringflächen bringt das Land in das bundesweite sowie in das europäische forstliche Umweltmonitoring ein. Auf Landesebene verteilen sich die Dauerbeobachtungsflächen auf die forstlichen Wuchsgebiete und sind damit zur Beobachtung der Entwicklung an einem Querschnitt typischer Waldstandorte geeignet. Die hoch zeitauflösenden Messungen und Beobachtungen vertiefen die Erkenntnisse aus den landesweiten Wald- und Bodenzustandsinventuren und sichern sie ab. Folgende für den Klimawandel relevante Untersuchungsvorhaben werden auf den Flächen durchgeführt: - Waldklima- und Wasserhaushaltsmessungen - Ertragskundliche Messungen - Forstliche Phänologie - Kronenzustandserhebung

	Dauerbeobachtungsflächen des Umweltmonitoring im Wald (Level II)
*Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS**	- Forstpathologische Erhebung biotischer- und abiotischer Schäden - Forstliche Bioindikation von Schadstoffeinflüssen, Nährstoffdefiziten und Stressreaktionen - Bodenzustandserhebung und Stoffhaushaltsmessungen - Vegetations- und Waldstrukturaufnahmen Anhand der intensiven Untersuchungen können Auswirkungen von klimatischen Veränderungen aufgezeigt und Zusammenhänge besser erklärt werden. Das intensive Umweltmonitoring der LEVEL II – Flächen wird als Daueraufgabe im forstlichen Umweltmonitoring weitergeführt. Aus den intensiven Dauerbeobachtungen lassen sich Modelle für ein KlimaWIS zum Zusammenhang von Klima und Wasserhaushalt, Vegetationszeiten und Wachstumsprozessen ableiten und parametrisieren[63]. Auch die Risikobewertung von Trockenstress wird möglich.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Modelle zum Wasser- und Nährstoffhaushalt; Parametrisierung von Waldwachstumsmodellen**

Themenbereiche: Wald und Waldbewirtschaftung

	Landeswaldinventuren und Bundeswaldinventur
Literatur	MKULNV (2012b):
Status (Ziele, Inhalte)	Die Landeswaldinventur ist eine repräsentative Erfassung des Waldzustandes in Nordrhein-Westfalen. Sie gibt einen umfassenden Überblick über die Waldverhältnisse und die Produktionsmöglichkeiten. Insbesondere Fragen der nachhaltigen Bewirtschaftung, Nutzung und Entwicklung der Wälder, Biodiversität, Waldfunktionen und Funktionsüberlagerungen sollen für den Gesamtwald in NRW beantwortet werden. Die erste Wiederholungsinventur, die auch die Analyse der zeitlichen Entwicklung erlaubt, wurde 2013 gestartet. Die Aufnahme der Waldverhältnisse erfolgt in NRW an 9.158 Stichproben, die jeweils 100 ha Waldfläche (1x1 km-Raster) repräsentieren.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Die LWI soll zu einer „Ökologischen Waldinventur“ weiterentwickelt werden. Bestehende Inventurinstrumente sind aus heutiger Sicht nicht dynamisch genug, um klimarelevante oder biodiversitätsbezogene Parameter auf Betriebsebene hinreichend genau zu erfassen bzw. abzubilden. Die LWI soll in Zukunft durch Einbeziehung weiterer Daten zum klima- und waldökologischen Monitoring verstärkt beitragen. Wachstumsanalysen der LWI-Wiederholungsinventur sind zusammen mit Daten aus waldbaulich-ertragskundlichen Dauerbeobachtungsflächen sowie der Level-I Flächen zur Parametrisierung von Boden- und Klima-basierten Waldwachstumsmodellen eines KlimaWIS-DSS einsetzbar.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Parametrisierung von Boden- und Klima-basierten Waldwachstums-modellen**

	Waldbau im Klimawandel - Grundlagen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen zu den waldbaulichen Umstellungsprozessen im Klimawandel
Literatur	LB WH (2010c) LB WH (2010d) Leder (2013) MKULNV (2012): Fichten- und Buchen-Konzept der Landesforstverwaltung NRW
Status (Ziele, Inhalte)	Zentrales Projekt zum Thema Waldbau im Klimawandel war die Studie für die Modellregion Sauerland (LB WH (2010c) Basis für das Waldmanagementkonzept zum Aufbau klimastabiler Wälder waren Literaturauswertungen, Expertenwissen aus der Region und die Bewertung des aktuellen Klimawissens. Zudem fanden einige Teiluntersuchungen speziell für den Untersuchungsraum statt (zur Veränderung des Wasserhaushalts und zu Verschiebung der

[63] Ein erstes Projekt hierzu fand im Rahmen des Innovationsfonds statt: "Projekt IF – LANUV - 13: Modellierung des Wasserhaushaltes für ein bewaldetes Wassereinzugsgebiet“ LANUV (2009)

	Waldbau im Klimawandel - Grundlagen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen zu den waldbaulichen Umstellungsprozessen im Klimawandel
	Baumarteneignung, siehe Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2011), Asche und Schulz 2008). Mit der Studie des LB WH (2010d) wurde zusätzlich erstmals der Prototyp eines Entscheidungs-Unterstützungs-System für die Prognose der Risiken der Fichtenwirtschaft eingesetzt. In den Folgejahren sind mit einem ähnlichen Methodenansatz spezielle Waldmanagementkonzepte oder Waldbaukonzepte für bestimmte Waldtypen bzw. Baumarten entstanden (u. a. Fichten- und Buchen-Konzept).
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Die oben genannten Projekte sind wichtige Vorarbeiten bei der Umsetzung der Zielsetzung des „KlimaWIS-Beratung“. Ziel dort ist es modellbasierte und dynamisch an das aktuelle Klima- und Waldwissen anpassbare, somit adaptive Waldmanagementkonzepte für den Klimawandel zu entwickeln. Die Entwicklung eines „KlimaWIS-DSS“ bietet für die Erstellung der regionalen und dynamischen Waldmanagementkonzepte den denkbar größten Vorteil. Der Einsatz des Prototyp des Entscheidungs-Unterstützungs-System „DSS-WUK“ macht dies deutlich, auch wenn die damaligen Ergebnisse noch nicht in allen Bereichen befriedigen konnten und zu Recht kritisiert wurden.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Beratung: Regionale und dynamische Waldmanagementkonzepte** **KlimaWIS-DSS: Definition von Wald-Behandlungsmodellen**

	Waldbaulich-ertragskundliche Dauerbeobachtungsflächen
Literatur	--
Status (Ziele, Inhalte)	Waldbaulich-ertragskundliche Dauerversuchsflächen sind zu verschiedenen Baumarten und Managementthemen (Durchforstungsfragen, Verjüngungsfragen) in der Vergangenheit angelegt worden und werden periodisch im Sinn des Versuchsprogramms behandelt und wiederholt aufgenommen.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Wachstumsanalysen der Dauerbeobachtungsflächen sind wegen ihrer bekannten Historie von Wachstum und Behandlung wichtige Bausteine zur Parametrisierung von Boden- und Klima-getriebenen Waldwachstumsmodellen eines KlimaWIS-DSS.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Parametrisierung von Boden- und Klima basierten Waldwachstums-modellen**

	Waldschutz-Monitoring des LB WH: Fortschutzmonitoring der Forstämter
Literatur	MKULNV (2013a)
Status (Ziele, Inhalte)	Forstreviere und Forstämter beschreiben und melden flächendeckend in NRW Befall durch biotische Schaderreger und abiotische Schadfaktoren. An Befallsschwerpunkten werden die Analysen durch Inventuren (Fallen, Zählungen, Grabungen) intensiviert. Es liegt eine lange Zeitreihe an Beobachtungen vor, die in der Analyse auch bereits mit Witterungsdaten zusammen ausgewertet wird. Aktuelle Meldungen werden bereits regelmäßig über das Web-Portal des LB WH als „Wald-schutzinformationen“ den Waldbesitzern mitgeteilt.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Aus den Beobachtungen lassen sich in Verknüpfung mit weiteren Daten - u. a. der Wald-zustandserhebung- Modelle zur Risikobewertung von Baumarten insbesondere gegenüber biotischen Schadfaktoren (Borkenkäfer, Eichen-Fraßgesellschaft, Buchen-Prachtkäfer, Buchen-Komplexerkrankung etc.) ableiten und parametrisieren.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Info: Aktuelle Waldschutzinformationen (Karten, Meldungen) und Anleitungen** **KlimaWIS-DSS: Modelle zur Risikobewertung von Schaderregern**

	Waldschutz im Klimawandel - Wie bleiben unsere Wälder vital?

	Waldschutz im Klimawandel - Wie bleiben unsere Wälder vital?
Literatur	Niesar, M.; Zúbrik, M.; Kunca, A. (2013)
Status (Ziele, Inhalte)	Die Studie wertet umfangreich das aktuelle Wissen um den Klimawandel und der daraus folgenden Waldschutzprobleme für NRW aus und stellt diese in einem ausführlichen Bericht dar. Die Ergebnisse sollen Waldbesitzer und den Naturschutzsektor in die Lage versetzen, jetzt zu fällende Entscheidungen risikominimiert treffen zu können. Derzeitige Waldschutzverhältnisse werden dargestellt und zukünftige Entwicklungen im Klimawandel auf Basis von Sekundärliteratur und Daten des eigenen Monitoring bzw. der wissenschaftlichen Untersuchungen in NRW bewertet. Komplexerkrankungen werden in eigenen Kapiteln dargestellt. Zu jedem Schadfaktor werden abschließend Handlungsempfehlungen zur Risikominderung aufgeführt.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Die Ergebnisse der Studie sind gute Ausgangsinformationen, um Modelle zu Risikobewertungen verschiedener bedeutsamer Schadfaktoren wie Borkenkäfer, Buchen- oder Eichenkomplexerkrankungen oder Kiefernschädlinge abzuleiten und über das Waldschutzmonitoring zu verifizieren. Damit könnte in Zukunft ein „KlimaWIS-DSS“ zur Wiederholung dieser Studie, aber auch zur konkreten Prognose von Waldentwicklung im Klimawandel eingesetzt werden.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Info: Aktuelle Waldschutzinformationen (Karten, Meldungen) und Anleitungen** **KlimaWIS-DSS: Modelle zur Risikobewertung von Schaderregern**

	Waldschutz-Monitoring: Waldzustandserhebung (WZE)
Literatur	MKULNV (2012a):
Status (Ziele, Inhalte)	Auf dem Stichprobenraster des Level I_ Programms wird (Abstand von 4 x 4 km) regelmäßig der Kronenzustand von dauerhaft markierten Probebäumen beurteilt. Die wichtigsten Kriterien sind die Verlichtung der Baumkronen und die Vergilbung der noch vorhandenen Nadeln und Blätter sowie weiterer Schadfaktoren, die Einfluss auf das Erscheinungsbild der Baumkronen haben. Dazu zählen besonders die Fruktifikation, Insekten- und Pilzbefall, Sturm- und Wetterschäden sowie zusätzliche biotische und abiotische Schadereignisse.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Die WZE ist ein dauerhafter Bestandteil des Waldschutz-Monitorings in NRW. Die Befunde bilden eine wichtige Zeitreihe der Entwicklung zahlreicher abiotischer wie biotischer Schadfaktoren, die mit Klima- und Witterungsdaten verknüpft ausgewertet werden. Aus den Daten lassen sich in Verknüpfung mit weiteren Daten des Waldschutz-Monitorings Modelle zur Risikobewertung von Baumarten insbesondere gegenüber biotischen Schadfaktoren (Borkenkäfer, Eichen-Fraßgesellschaft, Buchen-Prachtkäfer, Buchen-Komplex-erkrankung etc.) ableiten und parametrisieren.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Modelle zur Risikobewertung von Schaderregern**

	Waldinformationssystem - Der virtuelle Wald
Literatur	Roßmann (2012): LB WH (2009b)
Status (Ziele, Inhalte)	Der LB WH hat mit dem Projekt „Virtueller Wald“ zusammen mit der Dortmunder Initiative zur rechnerintegrierten Fertigung (RIF) e. V. 2004 damit begonnen, ein Werkzeug zu entwickeln, das es ermöglichen soll, reale Waldbestände als virtuelles Ökosystem und als virtuellen Produktionsstandort im Rechner abzubilden. Status des Softwaresystems „Virtueller Wald“ derzeit: – Zentrales Waldinformationssystem für die Forstverwaltung und das Ministerium und Hilfsmittel zur Betriebssteuerung für den Landesbetrieb. Konsequent werden dabei Geo-Daten und Sachdaten verbunden. – Auch fachfremde, aber forstlich relevante Information sind über GIS integriert und damit verfügbar. Folgende zentrale Module und Bausteine sind entwickelt oder in Entwicklung: – Kataster und Liegenschaften – Stichprobeninventur

	Waldinformationssystem - Der virtuelle Wald
	– Forsteinrichtung mit Bestandesinventur – Waldwachstumssimulation (SILVA) – Waldbewertung – Holzmobilisierung und Holzerntesimulation In Zukunft soll eine „dynamische“ Walddatenbank entwickelt werden. Die Bestockungsdaten der Waldbestände sollen durch die forstliche Natural- und Holzmassenbuchführung oder die Nutzung von Harvesterdaten aktualisiert werden . Der virtuelle Wald kann derzeit bereits Hilfsmittel für den Aufbau klimastabiler Wälder und entsprechende Waldmanagementkonzepte sein: – Zustandsinformation liefern für den Nachweis aktueller „klimarelevanter Leistungen“ des Waldes – Nutzung digitaler aktueller Standortdaten durch Einbindung und Verschneidung – Wachstumsprognose mit SILVA – „Virtuelle Stresstests“ (Starkwind, Niederschläge, etc.) durch Verschneidung mit Wetter- und Geländemodellen – Verschneidung mit Wissen zu Natur-und Artenschutz Wird die Walddatenbank mit forstlichen Entscheidungsunterstützungs-Werkzeugen zur Risikobeurteilung im Klimawandel verbunden, lässt sich eine Integrationsplattform für die gesamte Forstpraxis und Umweltpolitik in NRW aufbauen.
*Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS**	Das in NRW für den Landesbetrieb entwickelte neue Waldinformationssystem kann für ein Monitoring der Waldentwicklung und als Informations- und Softwarebaustein für das „KlimaWIS“ genutzt werden. Der virtuelle Wald hat das Potential, das Wissen um den Wald im Klimawandel zusammenzu-führen und effektiv nutzbar zu machen, als: – Zentrale aktuelle und dynamische Walddatenbank – Integrationsplattform für die Prognose- und Risikoabschätzungswerkzeuge des „KlimaWIS – DSS“ Derzeit ist das System in der Praxis nicht eingeführt und auch nicht in allen Modulen fertig entwickelt. Der Ausbau zu einer „dynamischen“ Walddatenbank unter Einbeziehung der Bewirtschaftungsmaßnahmen oder unplanmäßiger Veränderungen der Waldstrukturen fehlt noch.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-Basis: Zentrale Walddatenbank und Geodaten-Infrastruktur**

	Klimawandel in NRW - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren (PIK-Studie)
Literatur	MULNV (2009e)
Status (Ziele, Inhalte)	In dieser Studie wurden auf Basis damaliger Klimaszenarien und eines regionalen Klimamodells erstmals und bislang ohne Wiederholung flächendeckend Klimawirkungn für den Wald in NRW prognostiziert. Simuliert wurde das Waldwachstum mit einem physiologischen Waldwachstumsmodell („4C“). Eine erste, noch recht grobe Sturmwurfrisiko-Karte, abgeleitet aus Mustern der Sturmwürfe durch „Kyrill“, wurde für NRW ermittelt. Das letzte Ergebnis zeigt die Entwicklungen des Waldbrandrisikos im Klimawandel mit Hilfe des Modells M-68 (nach Käse 1969).
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Welche Möglichkeiten modellbasierte Prognosen von Klimawirkungn bieten, wurde in dieser Studie aufgezeigt. Für den Aufbau eines „KlimaWIS“ müssen aktuelle regionale, besser auflösende Klimamodelle und neu verfügbare, verbesserten Modelle für Waldwachstum, Sturmgefährdung oder Waldbrandgefahren ausgewählt und insbesondere für die Bedingungen in NRW parametrisiert werden. Dann steht mit „KlimaWIS-DSS“ ein sehr effektives Werkzeug für die Abschätzung von Klimawirkungn und die Ableitung von Waldmanagementkonzepten zur Verfügung.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Methoden und Werkzeuge des PIK als Beitrag zur Entwicklung des KlimaWIS- DSS**

Themenbereich: Biodiversität und Naturschutz

	Dauerbeobachtung in Naturwaldzellen und in den neu eingerichteten Wildnisgebieten
Literatur	LB WH (2010a)
Status (Ziele, Inhalte)	Bereits seit 40 Jahren werden in Nordrhein-Westfalen Waldflächen aus der Bewirtschaftung genommen und sich selbst überlassen. Derzeit gibt es ein Netz von 75 Naturwaldzellen mit insgesamt 1.670 ha. Hinzu kommen großflächige Wildnisgebiete. Sie repräsentieren fast alle in Nordrhein-Westfalen vorkommenden Waldgesellschaften. Sie dienen der Waldökosystemforschung, der Waldbauforschung insbesondere Fragen der Waldverjüngung, dem Naturschutz (Prozessschutz, Referenzflächen) und als Dauerbeobachtungsflächen zu Klimawandel und Umweltveränderungen**. Regelmäßig erfasst werden:** Der lebende und toten Baumbestand und Baumverjüngung, die Bodenvegetation sowie Totholzkäfer, Pilze, Moose und Flechten.
Was ist zu tun zur Entwicklung KlimaWIS	Aus den Zeitreihen der Entwicklung von Artenzusammensetzungen bestimmter Waldtypen und ihrer Bestandesstrukturen lassen sich Biodiversitäts-Indikatoren für das „KlimaWIS-DSS“ ableiten.
Nutzung im KlimaWIS	**KlimaWIS-DSS: Definition von Biodiversitäts-Indikatoren**

Anlage 2: Fachleute (interne AG) und Vertreter/innen von Institutionen (externe AG)

Institution	Dienstelle/Abteilung	Name
AG Großstadtwald NRW		Albert Vosteen
Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft		Harald Klingebiel
Biologische Station Oberberg		Frank Herhaus
Bund Deutscher Forstleute		Ute Messerschmidt
Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V. (DeSH)		Katrin Büscher, Lukas Freise
EnergieAgentur NRW GmbH		Isabell Dörr
IG Bauen-Agrar-Umwelt		Hubertus Wicke
RWTH Aachen	Institut für Mensch-Maschine Interaktion	Prof. Dr. Jürgen Roßmann
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft		Dr. Ana Vasconcelos
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	Fachbereich Holzwirtschaft, Forschung, Klimaschutz	Meike Steimann, Martin Schwarz, Marco Lacks
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald	Dr. Norbert Asche
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	RFA Münsterland	Heinz-Peter Hochhäuser
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, Schwerpunktaufgabe Waldbau und Forstvermehrungsgut	Dr. Bertram Leder, Martin Rogge, Werner Wessels
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	Schwerpunktaufgabe Waldschutzmanagement	Dr. Mathias Niesar
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	Lehr- und Versuchsforst-amt Arnsberger Wald, Forstliches Bildungs-zentrum für Waldarbeit und Forsttechnik NRW	Thilo Wagner
Landesbetrieb Wald und Holz NRW	RFA Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, Forschungsstelle für Jagdkunde und Wildschadenverhütung	Dr. Michael Petrak, Dr. Walburga Lutz
Landesbüro der Naturschutzverbände NRW		Gerhard Naendrup
Landesclustermanagement Forst und Holz		Dr. Volker Ehlebracht
Landesjagdverband NRW		Gregor Klar

Institution	Dienstelle/Abteilung	Name
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Arbeitsbereich Naturschutz	Dr. Joachim Gehrmann
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen	Arbeitsbereich Klima	Dr. Barbara Köllner
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	Abteilung Forsten, Naturschutz, Referat Waldbau, Klimawandel im Wald, Holzwirtschaft	Dr. Rainer Joosten Dr. Thorsten Mrosek Berthold Haasler
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	Abteilung Forsten, Naturschutz, Referat Forstpolitik, Forsthoheit, Naturschutz im Wald	Renate Späth, Dr. Judith Kretschmer
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	Abteilung Forsten, Naturschutz, Referat Biotop- und Artenschutz, NATURA 2000, Klimawandel und Naturschutz, Vertragsnaturschutz	Dr. Michael Luwe
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW	Abteilung Fachübergreifende Umweltangelegenheiten, nachhaltige Entwicklung, Referat Anpassung an den Klimawandel, Flächenpolitik, Mobilitätskonzepte, Konversion	Cornelius Laaser, Sara Wild
Ruhrverband		Johannes Braß
SISPA Praxis zur tiergestützen Therapie		Annette Bergmann
Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie		Stephan Hofherr
Waldbauernverband NRW e.V.		Heidrun Buß-Schöne Freiherr von Wrede
Zweckverband Naturpark Rothaargebirge		Antonius Klein