

*Johannes Eichhorn, Martin Guericke, Dirk-Roger Eisenhauer,  
Christian Henschke, Michael Gerst, Caroline Klinck*

# Der Weg zu einer verbesserten Anpassungsfähigkeit der Wälder Herangehensweise im KLIMZUG-Verbund

## **1 Der Forschungsverbund KLIMZUG** (C. HENSCHKE, J. EICHORN)

Klimawandel wirkt weit gefächert auf unterschiedliche Bereiche der Gesellschaft und des Lebensraumes, sowohl bundesweit als auch auf regionaler und lokaler Ebene.

Um der regionalen Anpassung an den Klimawandel mehr Aufmerksamkeit zuteilwerden zu lassen, etablierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Forschungsprogramm und Förderkonzept »KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten« und stellte Forschungsmittel dafür zur Verfügung.

Als gemeinsame KLIMZUG-Leitlinien sind zu nennen:<sup>1</sup>

- ◆ Entwicklung von Verantwortung gegenüber dem Klimawandel auf der regionalen bzw. lokalen Ebene;
- ◆ Etablierung von langfristig tragfähigen Strukturen in Verwaltung, Wirtschaft und Gesellschaft, die einen zeitgerechten Umgang mit dem Klimawandel erlauben und dabei neueste wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen;
- ◆ Entwicklung eines stetigen Klimabezugs in regionalen Planungs- und Entwicklungsprozessen;
- ◆ Kräfte dauerhaft bündeln in Netzwerken der Regionen.

---

<sup>1</sup> <http://www.KLIMZUG.de>

Absicht von KLIMZUG ist es, durch frühzeitige Maßnahmen Wohlstandsverlusten vorzubeugen, Vorsorge gegen künftige Schadensereignisse zu treffen und gegebenenfalls Chancen zu nutzen, die durch Klimawandelfolgen entstehen können. Über eine Laufzeit von jeweils fünf Jahren wurden Forschungskonzepte für sieben Modellregionen in Deutschland verwirklicht:

- ◆ INKA BB (Region Brandenburg-Berlin),
- ◆ dynaklim (Region Emscher-Lippe, Ruhrgebiet),
- ◆ RADOST (Ostseeküste),
- ◆ REGKLAM (Region Dresden),
- ◆ nordwest2050 (Region Bremen-Oldenburg),
- ◆ KLIMZUG NORD (Region Hamburg),
- ◆ KLIMZUG-Nordhessen.

KLIMZUG bearbeitete in Deutschland unterschiedliche Themenbereiche. Die Herausforderungen in den Regionen unterschieden sich, ebenso die Forschungskonzeptionen und die vorgeschlagenen Anpassungsstrategien. In einer Zusammenschau ergeben sich daraus vielfältige Analysen und Entscheidungshilfen, die in der Buchreihe »KLIMZUG« des oekom verlags zusammengefasst sind.<sup>2</sup>

## 2 Klimaanpassung im Wald als KLIMZUG-Schwerpunkt

(M. GUERICKE, C. HENSCHKE, D.-R. EISENHAUER, J. EICHHORN)

Drei der sieben Modellregionen bearbeiteten Fragen zur weiteren Entwicklung des Waldes unter einem sich ändernden Klima. Es sind dies:

- ◆ KLIMZUG-Nordhessen – Klimaanpassungsnetzwerk für die Modellregion Nordhessen,
- ◆ REGKLAM – Regionales Klimaanpassungsprogramm Modellregion Dresden (<http://www.regklam.de/>),
- ◆ INKA BB Klimawandel und Innovation Brandenburg (<http://www.inka-bb.de/>),

Mit dem vorliegenden Beitrag werden die gemeinsamen Ergebnisse der drei Modellregionen mit Waldbezug vorgestellt und diskutiert.

---

<sup>2</sup> <http://www.oekom.de/buecher/buchreihen/klimzug.html>

## 2.1 INKA BB – Information über den Verbund

### *Organisation*

Im Rahmen des Verbundprojektes »Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA BB)« wurden von 2009 bis 2014 Anpassungsoptionen an den Klimawandel für die unterschiedlichen Landnutzungssektoren der Region Berlin-Brandenburg entwickelt und umgesetzt. In dem breit aufgestellten Verbund waren neben zwölf Forschungsinstituten und Hochschulen zahlreiche Akteure aus der Praxis beteiligt. Dabei handelte es sich um mehr als 40 Unternehmen und Wirtschaftsverbände, vom landwirtschaftlichen oder forstlichen Betrieb bis hin zum Landesbauernverband Brandenburg, Wasserwirtschaftsunternehmen sowie weiteren Landnutzer- und Interessenverbänden. Des Weiteren waren regionale Planungsstellen sowie Vertreter der Verwaltung und der Politik beteiligt. Insgesamt umfasste INKA BB knapp 100 Organisationen und Akteure.

Unter dem Dach von INKA BB bearbeiteten 24 Teilprojekte, gegliedert nach den Handlungsfeldern Landnutzung, Wasserhaushaltsmanagement und Netzwirkbildung, unterschiedliche Themen vom Siedlungswasserhaushalt über klimangepassten Tourismus bis hin zum ökologischen Landbau und weiteren Querschnittsprojekten (Strategieentwicklung, Klimafolgenkataster, Wissenstransfer, Regionalplanung und Gesundheitsvorsorge). INKA BB fokussierte sich dabei sowohl auf die gesamte Region als auch regional-standörtlich und betriebsbezogen auf drei Untersuchungsregionen: in den regionalen Planungsgemeinschaften Spreewald-Lausitz und Uckermark-Barnim mit dem Schwerpunkt auf Landnutzung und Wassermanagement sowie in der Metropole Berlin mit dem Fokus auf die Gesundheits- und Wasservorratsproblematik.

Koordiniert wurde das vom BMBF geförderte Projekt durch das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. in Müncheberg. Die Steuerung des Gesamtverbundes erfolgte auf Grundlage einer aufeinander abgestimmten Verbund- und Handlungsfeldkoordination. Dem Verbundmanagement zur Seite gestellt war ein Projektbeirat mit Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung mit beratender Funktion.

Das Teilprojekt 15 »Adaptation durch zielgerichtete Entwicklung von Mischwäldern« wurde am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) geleitet. Neben der HNEE arbeiteten darin das ZALF, das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) sowie das Institut für Waldökosysteme des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (TI) zusammen.

### Ziele

Das gemeinsame Ziel aller Projektpartner im Verbund INKA BB war es, die Nachhaltigkeit der Land- und Wassernutzung in der Region unter veränderten Klimabedingungen durch erfolgreiche Anpassungsstrategien zu sichern. Außerdem leistete INKA BB einen Beitrag zum klimaadaptiven Gesundheitsmanagement.

Unternehmen und deren Interessenvertretungen sowie politisch administrative Entscheidungsträger sollten in die Lage versetzt werden,

- ◆ sowohl innovativ mit klimawandelbedingten Chancen und Risiken der Landnutzung als auch des Wasser- und Gesundheitsmanagements umzugehen,
- ◆ geeignete Anpassungsstrategien in der Kooperation von Wissenschaft und Praxis zu entwickeln und dauerhaft zu implementieren sowie
- ◆ erprobte Anpassungsstrategien politisch administrativ oder institutionell zu unterstützen.

### Strategie

Wichtige Grundprinzipien von INKA BB waren die Orientierung auf die Aufbereitung vorhandenen Wissens und dessen praxisnahe Umsetzung, ein hohes Maß an Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer sowie die Partizipation und Vernetzung zwischen Akteuren aus Wissenschaft und Praxis, zwischen Forschungseinrichtungen, Interessenverbänden und Unternehmen.

Dazu wurden auf drei Ebenen Wissenschafts-Praxis-Netzwerke eingerichtet:

- ◆ In den *Teilprojekten* wurde in kleinen Gruppen problemorientiert an konkreten Fragestellungen aus der Praxis gearbeitet.
- ◆ In thematischen *Facharbeitsgruppen* vernetzten sich Wissenschaftler, um den Wissensstand und den Erkenntnisfortschritt auszutauschen und Überschneidungen zu vermeiden.
- ◆ Das Gesamtnetzwerk organisierte sich in den *Handlungsfeldern* Landnutzung, Wassermanagement und Netzwerkentwicklung, um übergreifende Fragestellungen zu bearbeiten und Synergien bei der langfristigen Verankerung von Maßnahmen und Strategien zu nutzen.

Da die Anpassungsstrategien nicht nur die in INKA BB eingebundenen Akteure, sondern auch weitere Partner in der Region Berlin-Brandenburg betrafen, verstand sich das Netzwerk selbst als lernende (Groß-)Organisation, in der die vor-

handenen Kompetenzen von Forschungseinrichtungen, öffentlicher Verwaltung, Wirtschaftsunternehmen und Verbänden gebündelt und Veränderungen aktiv gestaltet wurden.<sup>3</sup>

## 2.2 Das Verbundprojekt KLIMZUG-Nordhessen

### 2.2.1 Ziele und Herangehensweise KLIMZUG-Nordhessen

Die Modellregion Nordhessen wird politisch-administrativ geprägt durch die Stadt Kassel sowie die fünf nordhessischen Landkreise Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rothenburg, Waldeck-Frankenberg und Kassel. Das Gebiet umfasst 115 Gemeinden. Geografisch sind in Nordhessen die Mittelgebirge Reinhardswald, Habichtswald, Knüll und Hoher Meißner sowie die Taleinschnitte von Fulda, Werra, Diemel, Schwalm, Haune und Weser hervorzuheben.

Unter Federführung der Universität Kassel entstand mit KLIMZUG-Nordhessen eine leistungsfähige regionale Kooperation zwischen neun Konsortialpartnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gebietskörperschaften, unter anderem der Regionalmanagement Nordhessen GmbH mit ihren thematischen Clustern, dem Regierungspräsidium Kassel, der Stadt Kassel und den fünf nordhessischen Landkreisen. Projektverantwortung übernahmen auch Forscher der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Ziel des Verbundes KLIMZUG-Nordhessen war die Entwicklung von Nordhessen als Modellregion für die Klimaanpassung in Deutschland (Roßnagel, 2013). Dies erfolgte zwischen 2008 und 2013.

Klimawandel wirkt als Querschnittsthema weit gefächert auf unterschiedliche Bereiche der Gesellschaft und des Lebensraumes. Entsprechend breit aufgestellt waren die Arbeitsfelder von KLIMZUG-Nordhessen. Sie umfassen:

- ◆ Klimaszenarien (Klimaprojektionen, Regionalklima),
- ◆ Ressourcen (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Gewässermanagement),
- ◆ Energie (Energiebereitstellung, solare Trocknung von Erntegut, Raumklima),
- ◆ Verkehr (Personenverkehr, städtischer Wirtschaftsverkehr, Mobilitätsmanagement),
- ◆ Regionaltourismus,
- ◆ Gesundheit (Ausbreitung von Krankheiten, Versorgung Pflegebedürftiger, Gefährdung durch Hitzestress, Ausbildung im Gesundheitsbereich) sowie
- ◆ Gesellschaft (Rechtsfragen, Politik, Psychologie, Ökonomie).

---

<sup>3</sup> [www.inka-bb.de](http://www.inka-bb.de)

### 2.2.2 Alleinstellungsmerkmal: Entwicklung von Governancestrukturen in einem transformativen Forschungskonzept

KLIMZUG-Nordhessen verfolgte einen ambitionierten Ansatz. In den Handlungsfeldern wurden vielfältige fachliche Fragestellungen regionaler Klimaanpassung untersucht und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels abgeleitet. Darüber hinaus verfolgte das Projekt den Anspruch, diese Maßnahmen exemplarisch in die Umsetzung zu bringen oder diese vorzubereiten. Im Selbstverständnis der transformativen Forschung wurden diese Arbeitsprozesse in enger Kooperation von Wissenschaftlern und Praktikern aus Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft gestaltet. Durch das Zusammenführen verschiedener Wissensbestände sollte gewährleistet werden, dass gemeinsam möglichst passgenaue, wirksame und akzeptierte Anpassungsmaßnahmen erarbeitet werden (Henschke et al., 2013).

Um diese transdisziplinäre Kooperation erfolgreich durchzuführen, wurden innovative Governancestrukturen entwickelt und erprobt. Sie dienten als Scharniere zwischen Verwaltung (Klimaanpassungsbeauftragte, KAB), Wirtschaft (Klimaanpassungsmanager, KAM) und Zivilgesellschaft (Klimaanpassungsakademie, KAA). Jede Schnittstelle hatte bestimmte Managementfunktionen, die über den gesamten Zeitraum von projektfinanzierten Kollegen wahrgenommen wurden. Juristen, Politikwissenschaftler, Psychologen und Wirtschaftswissenschaftler begleiteten die Implementierung dieses neuartigen Ansatzes (Bauriedl et al., 2013).

## 2.3 REGKLAM

Das Projekt REGKLAM (Integriertes regionales Klimaanpassungsprogramm – Modellregion Dresden) ist ein Verbundvorhaben zwischen Wissenschaft, Politik und Verwaltung sowie Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Modellregion umfasst mit der Landeshauptstadt und den umgebenden Landkreisen einen Ballungsraum mit 1,3 Millionen Einwohnern, der durch eine vielfältige und intensiv genutzte Kulturlandschaft geprägt ist.

Die Wälder in der Modellregion reichen vom pleistozän geprägten Tiefland bis in die Kammlagen des Erzgebirges, wo in den 1970er- und 1980er-Jahren nach dem katastrophalen Absterben der Fichtenbestände als Folge von extremen SO<sub>2</sub>-Immissionen eine Aufforstung mit weitgehend »immissionsresistenten« Pionier- und Interimsbaumarten erfolgt ist. Schon damals war es ein vorrangiges Ziel, in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges die Ökosystemleistungen von Wäldern, die einen erheblichen Einfluss auf die Funktionalität der Kulturlandschaft

haben, zu sichern. Durch das enge funktionale Wirkungsgefüge zwischen Wäldern und den urban geprägten Teilen dieser Kulturlandschaft muss davon ausgegangen werden, dass Einbrüche in der funktionalen Stetigkeit von Wäldern auch Einbrüche in der Funktionalität der Kulturlandschaft der Projektregion bedingen.

Insofern ist das Teilmodul »Land- und Forstwirtschaftliche Landnutzung« auf Handlungsfelder im Rahmen eines integrierten regionalen Klimaanpassungsprogramms fokussiert, die einen bedeutenden Einfluss auf die Funktionalität einer intensiv genutzten Kulturlandschaft haben. Eine durch Fichtenforste geprägte, insgesamt jedoch relativ waldarme Mittelgebirgsregion sowie die Bewaldung der Hoch- und Kammlagen mit Pionier- und Interimsbaumarten, deren Funktionalität eingeschränkt ist, können als Alleinstellungsmerkmale gelten, aus denen sich für die Modellregion Dresden eine hohe Verletzbarkeit (Vulnerabilität) durch den Klimawandel ergibt. Die Hochwasserereignisse 2002, 2006 und 2013 sind reale Beispiele für zukünftige Entwicklungen. REGKLAM und insbesondere auch das Teilmodul Land- und Forstwirtschaftliche Landnutzung sind folglich auf eine Risikoprävention gerichtet, die sich über die Landnutzungsart hinaus auf unterschiedliche funktionale Einheiten der Kulturlandschaft auswirkt.

### 3 Ziele der Waldentwicklung

Überlegungen zu einer verbesserten Klimaanpassung der Wälder müssen zunächst regionale waldpolitische Ziele berücksichtigen. Für die drei Bundesländer im KLIMZUG-Vorhaben liegen jeweils Waldprogramme und Richtlinien vor, die Ziele und Grundsätze für die regionale Waldentwicklung benennen. Alle drei Waldprogramme gehen von einer ökologisch begründeten Klimaanpassung aus, die dazu beitragen soll, eine nachhaltige multifunktionale Leistungsfähigkeit der Wälder sicherzustellen.

#### 3.1 Brandenburg (M. GUERICKE)

Das brandenburgische Waldprogramm »Waldvision 2030« benennt den künftigen Weg der brandenburgischen Forstpolitik. Es ist das Ergebnis eines partizipativen Prozesses unter Berücksichtigung der politischen Rahmenbedingungen für den Wald, getragen von Forstwirtschaft und Waldbesitzern sowie von Interessengruppen und der Bevölkerung (MIL, 2013). Mit Blick auf die Zukunft und die erwarteten klimatischen Veränderungen werden der Erhalt und die Weiterentwick-



**Abbildung 1:** Klimastabiler Mischwald (Foto: Eichhorn).

lung standortgerechter, naturnaher, klimaplastischer und produktiver Wälder als generelles Leitbild postuliert. Explizit gefordert werden die Anpassung an natürliche Abläufe und eine naturnahe Bewirtschaftung, die unter den »raueren klimatischen Bedingungen« zu neuen stabilen Waldbildern führen soll (MIL, 2013).

### 3.2 Hessen (M. GERST)

Für Hessen definiert die Richtlinie für die Bewirtschaftung des Hessischen Staatswaldes (RiBeS, 2012; HMULV, 2012) das forstliche Zielsystem. Das Ökosystem Wald ist danach zu erhalten und zu schützen. Es ist eine optimale Kombination seiner Wirkungen zu entwickeln als ein möglichst hoher forstlicher Beitrag zu den Umwelt-, Wirtschafts- und Lebensverhältnissen. Die Wirkungen sollen in einem stabilen, vielfältigen und anpassungsfähigen Wald nachhaltig und wirtschaftlich erbracht werden. Es wird darauf verwiesen, dass der beginnende Klimawandel Einfluss auf die Gestaltung des Zielsystems RiBeS hatte. »Die Entwicklung muss wegen der Langlebigkeit unserer Wälder bereits jetzt behutsam und zielführend



beginnen mit den Methoden des ökologisch orientierten Waldbaus<sup>4</sup> (Thomasius, 1992). So sollen auch künftig bei der Erneuerung der Waldbestände die natürliche Verjüngung bevorzugt werden und mehr Mischbestände entstehen.«

### 3.3 Sachsen (D.-R. EISENHAUER)

Das Waldgesetz des Freistaates Sachsen (SächsWaldG) vom 10. April 1992, rechtsbereinigt mit Stand vom 1. Januar 2015, legt fest, dass die Bewirtschaftung des Gesamtwaldes planmäßig (§ 22) und unter Beachtung ökologischer Grundsätze (§ 24) erfolgen soll, um diesen gesund, leistungsfähig und stabil zu erhalten, zu sanieren und vor Schäden zu bewahren. Es sollen ökologisch stabile Wälder aus standortgerechten Baumarten unter Verwendung eines hinreichenden Anteils standortheimischer Forstpflanzen geschaffen werden (§ 24). Der Staatswald ist in diesem Kontext vorbildlich zu bewirtschaften und soll dem Allgemeinwohl im besonderen Maße dienen.

Da der Wald in Sachsen auf erheblichen Flächenanteilen von gleichaltrigen Fichten- und Kiefernreinbeständen geprägt ist, erfordert eine Anpassung der Forstwirtschaft an den Klimawandel die planmäßige Erneuerung von Kulturwäldern mit einer standortgerechten Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur. In den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges ist nach den dramatischen Immissionsschäden und dem Erhalt von landschaftsökologisch bedeutenden Waldfunktionen durch Bestände aus Pionier- und Übergangsbäumarten die Erneuerung von produktiven Fichten-Bergmischwäldern mit einer positiven abflussregulierenden Wirkung aus diesen Hochwasserentstehungsgebieten unverzichtbar. Unter dem Einfluss des Klimawandels sind diese Maßnahmen als notwendige Risikoprävention unaufschiebbar. Dem entspricht das Waldumbauprogramm für den Staatswald.

4 Aus Thomasius (1992): »Der Gegenstand dieser Waldbaurichtung ist das Waldökosystem mit seinen Strukturen, Funktionen, seiner Dynamik sowie Elastizität und Stabilität. Bei dem als Ökotechnologie aufgefassten zu betreibenden Management von Waldökosystemen erhalten die Kategorien Nachhaltigkeit sowie Raum- und Zeitordnung einen neuen, vom System des schlagweisen Hochwaldes abweichenden Inhalt. – Die Waldbauplanung basiert auf dem Vergleich der potenziellen natürlichen und der gegenwärtigen Bestockung. Davon ausgehend werden unter Berücksichtigung der Waldfunktion die Zielstruktur und der zu ihr führende Weg bestimmt. – Die Zielstruktur wird durch Baumartenanteile, die Alters- bzw. Dimensionsstruktur und die Raumstruktur charakterisiert, wobei generell nach Mannigfaltigkeit gestrebt wird. ... Die Nutzung wird in erster Linie vom Kulminationszeitpunkt des Wertes jedes einzelnen Baumes bestimmt. In engem Zusammenhang damit erfolgt die Verjüngung, wobei Art und Ablauf durch den Standort und die Baumart modifiziert werden. Erziehung und Pflege dienen der Wuchsraumgestaltung und Wertsteigerung, wobei ... die negative Phänotypenauslese an Bedeutung verliert und die positive stärker in den Vordergrund tritt.«

## 4 Waldinformation (J. EICHHORN, M. GUERICKE, C. KLINCK)

### 4.1 Anforderungen an die Waldinformation

Die Erarbeitung von Strategien für gesellschaftliche und betriebliche Leistungen des Waldes benötigt eine sachgerechte Datengrundlage, die Definition von Indikatoren und Referenzwerten sowie darauf aufbauende Bewertungen. Nachfolgend wird auf die Datengrundlage der Waldinformation eingegangen.

Notwendige Zustands- und Planungsinformationen orientieren sich zunächst an dem Katalog der Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen<sup>5</sup> Waldentwicklung gemäß den europäischen Forstministerkonferenzen<sup>6</sup>. Betrachtet werden hierbei sowohl die natural-ökologische, die wirtschaftliche als auch die gesellschaftliche Nachhaltigkeit (Forest Europe, 2011). Ein Schwerpunkt liegt in der Information zu Struktur und Wachstum der Waldbestände und den forstlichen Standorten.

Die Entwicklung von Entscheidungshilfen für den Wald im Klimawandel benötigt darüber hinaus Parameter und Indikatoren, die in der Lage sind, spezielle Information zu Ursache und Wirkung von Klimaveränderungen zu geben. Weiterhin sind Standortbedingungen in ihrer Veränderungsdynamik abzubilden und durch eine vernetzte Herangehensweise Erklärungsansätze zu einer veränderten Waldentwicklung zu leisten. Dies schließt modellhafte Kalkulationen mit ein.

Die periodische Zustands- und Planungsinformation von Forsteinrichtung und Standortkunde ist hierzu durch eine jährlich bis saisonal aufgelöste und auf die aktuellen Fragestellungen bezogene Information zu ergänzen.

#### *Witterung und Insekten – ein Beispiel für relevante Information in saisonaler zeitlicher Auflösung*

Beispielsweise steuern unterschiedliche saisonale Witterungsbedingungen die Häufigkeit von Insekten und Pilzen. Insekten wie Borkenkäfer oder die Eichenfraßgesellschaft sind eng mit dem Lebensraum bestimmter Baumarten (hier: Fichte, Kiefer bzw. Eiche) verknüpft. Ein saisonaler Wärmeüberschuss kann die Generationenfolge von Insekten verändern, Absterbeprozesse von Waldbäumen können auftreten, eine Entwicklung,

---

5 Nachhaltige Waldentwicklung: nach DUDEN ([www.duden.de](http://www.duden.de)) längere Zeit anhaltende Wirkung, in der Forstwirtschaft Prinzip (ursprünglich), nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf, als jeweils nachwachsen kann. In der Ökologie Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann.

6 Forest Europe: <http://www.foresteurope.org/>

die sich nach einem auslösenden Ereignis über mehrere Jahre hinziehen kann. Für die Bewertung von Ursachen und Wirkungen bzw. der ökosystemaren Stabilität ist demnach von großer Bedeutung, auch über Daten in einer saisonal bis jährlichen Auflösung zu verfügen.

#### *Wasserhaushalt – ein Beispiel zur Bedeutung dynamischer Information*

Im Klimawandel kommt dem Wasserhaushalt von Wäldern eine prioritäre Bedeutung zu. Traditionell umfasst die Standortaufnahme im Regelfall Daten zu Geländehöhe, zu Temperatur und Niederschlag sowie qualitative Informationen zum Geländewasserhaushalt, ergänzt durch Inklination und Exposition (Lage). Die Abschätzung von Trockenstress erfordert eine Herleitung der Indikatoren »Klimatische Wasserbilanz« (KWB)<sup>7</sup> von Waldbeständen und -standorten und eine quantitative Herleitung der »nutzbaren Feldkapazität« (nFK).

#### *Verbindung von Wasser- und Stoffhaushalt – ein Beispiel zur Bedeutung vernetzter Umweltinformation*

Wirkungen von Klima und Witterung treten vielfach in Wechselwirkungen mit veränderten Bedingungen des Stoffhaushalts auf. Um dies zu bewerten, ist es notwendig, Umweltfaktoren wie Säure-, Schwefel- oder Stickstoffdepositionen zu erfassen und dem Nährstoffmanagement der Wälder gegenüberzustellen. Eine auf Erfahrungswissen basierte, qualitative Beurteilung des Ernährungszustandes ist hierzu eine erste Näherung, letztlich aber nicht ausreichend trennscharf.

## 4.2 Datengrundlage

### 4.2.1 Betriebliche Waldinformation

Auf forstbetrieblicher Ebene werden Zustands- und Planungsinformationen im Rahmen der Forsteinrichtung im Regelfall alle zehn Jahre erarbeitet. Je nach Informationsbedarf kommen hierbei Stichprobenverfahren oder einzelflächenbezogene Verfahren zur Anwendung, mit dem Ziel, den aktuellen Waldzustand auf regionaler bzw. lokaler Ebene zu inventarisieren und darauf aufbauend mittel- und langfristige waldbauliche Planungsvorgaben zu erarbeiten bzw. zu über-

---

<sup>7</sup> Die klimatische Wasserbilanz ist eine rechnerische Größe zur Einschätzung der Wasserversorgung. Sie berechnet sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung.

arbeiten. Parallel dazu erfolgen ebenso regelmäßig retrospektive Analysen zum Planungsvollzug.

Von Bedeutung ist weiterhin die forstliche Standortaufnahme. Der Forstliche Standortstyp umfasst im hessischen Beispiel die Wuchszone, die Klimafeuchte, den Geländewasserhaushalt und die Trophie (Forstliche Standortaufnahme, Arbeitskreis Standortkartierung 1996). Die forstliche Standortaufnahme ermöglicht eine standörtliche Zuordnung von Bestandsdaten. In Bezug auf den Klimawandel begründen diese Daten zu Bestand und Standort ein wichtiges Referenzsystem. Forsteinrichtung und Standortkunde sind unter stabilen Umweltbedingungen gut geeignet, die für den forstlichen Betrieb notwendige naturale Information zu liefern und daraus ökonomische Ziele abzuleiten.

#### 4.2.2 Daten zu Witterung und Klima

Deutschlandweit liegen für das Wettergeschehen sehr gute und belastbare Informationen in hoher räumlicher Auflösung vor. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) als Betreiber des dichtesten und größten deutschen meteorologischen Messnetzes unterhält über 150 Wetterstationen, an denen die wichtigsten Klimaparameter hochaufgelöst gemessen werden. Die Zeitreihen beschreiben Temperaturen, Niederschlagshöhen, Windgeschwindigkeiten und anderes über teilweise mehr als 100 Jahre. Im Zusammenhang mit Fragen zum Klimawandel sind diese Daten unverzichtbar, da sie Aufschluss über die Klimaverhältnisse der Vergangenheit geben. Ergänzt werden diese Daten um ebenfalls zeitlich hochaufgelöste Klimadaten aus dem Forstlichen Umweltmonitoring. Im Rahmen verschiedener Umweltmonitoringprogramme wurden und werden Waldklimastationen betrieben, die zum Teil seit mehr als 30 Jahren Informationen sowohl zum allgemeinen Wettergeschehen, aber auch zu Besonderheiten des Waldinnenklimas liefern.

#### 4.2.3 Daten aus Walderhebungen nach Bundeswaldgesetz § 41a sowie aus Ergebnissen der Forstlichen Versuchsflächen (Experimente)

Der skizzierte Bedarf an zusätzlicher Information wird durch Walderhebungen des Forstlichen Umweltmonitorings gedeckt.

Mit der Neufassung von § 41a des Gesetzes zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz-BWaldG<sup>8</sup>) und der Rechtsverordnung zum Forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV)<sup>9</sup> wurde dem Forstlichen

---

8 <http://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/>

9 <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/forumv/gesamt.pdf>

Umweltmonitoring zum 1.1.2014 eine verbindliche rechtliche Grundlage gegeben. Zu den Walderhebungen gemäß § 41 BWaldG zählen das Forstliche Umweltmonitoring (§ 41a Absatz 6 BWaldG) und die Bundeswaldinventur (§ 41a Absatz 1 BWaldG).

Wichtige Informationen über die bundesdeutsche Waldfläche – wie unter anderem ihren Flächenumfang, die Artenzusammensetzung, Altersaufbau, Holzvorrat, Zuwachs und Nutzungsmengen – werden regelmäßig mit unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Auflösung erhoben. So stammt die letzte Waldstatistik der alle zehn Jahre durchgeführten Bundeswaldinventur aus dem Jahr 2012 (BMEL, 2014).

Einzelne Bundesländer führen ergänzend Landeswaldinventuren mit einem verdichteten Stichprobennetz durch (Kätzel & Kallweit, 2008).<sup>10</sup>

Die jährliche Waldzustandserhebung und die periodischen Bodenzustandserhebungen werden auch als Übersichtserhebungen des Forstlichen Umweltmonitorings (Level I) verstanden, das Intensive Monitoring bearbeitet mit erhöhter zeitlicher und funktionaler Messintensität ausgewählte Waldflächen (Level II). Die Waldzustandserhebung (WZE) beurteilt jährlich den Vitalitätszustand der Bäume. Indikatoren sind insbesondere der Belaubungs- bzw. der Benadelungszustand, das Vorkommen von Insekten oder Pilzen sowie die jährliche Absterberate der Bäume (Paar et al., 2015). Die Bodenzustandserhebung (BZE) beobachtet hingegen vor allem morphologische, physikalische und chemische Bodenzustände. Periodische Wiederholungen der BZE lassen auf standörtliche Veränderungen schließen (Paar et al., 2014).

Das intensive Forstliche Umweltmonitoring erfasst Ursachen und Wirkungen von Umweltveränderungen (Beispiel: Klima und Witterung, aber auch Stoffeinträge). Dieses Monitoring findet bundesweit kontinuierlich in ausgewählten Waldökosystemen statt (Eichhorn et al., 2015). Daten des Forstlichen Umweltmonitorings werden ergänzt durch weitere umweltbezogene Datengrundlagen wie die Bodenübersichtskarte (BÜK 50) oder regionalisierte Depositionsdaten des Umweltbundesamtes.

Im Vergleich zur Bundeswaldinventur und zur Forsteinrichtung bzw. Standortkunde haben Waldzustandserhebung und vor allem das Intensive Monitoring eine wesentlich höhere zeitliche Auflösung. Diese Erhebungsverfahren sind besonders geeignet, zeitliche Veränderungen der Umwelt- und Standortbedin-

---

<sup>10</sup> Brandenburg ist hierfür ein Beispiel. Relevante Ergebnisse der Inventur Brandenburg 2012 werden im Zusammenhang mit der Beschreibung der forstlichen Ausgangssituation in Brandenburg erläutert (siehe Kapitel »Klimarisiken und -anpassungsoptionen für Wälder in Brandenburg«).



**Abbildung 2:** Buchenwald im Forstamt Wolfhagen (Intensivmonitoringfläche Zierenberg) mit Einrichtungen zur Messung von Deposition und Streufall.

gungen und deren Wirkungen abzubilden und zusammen mit den vorgenannten Verfahren der Forsteinrichtung, der Standortkunde und des Versuchsflächenwesens in Entscheidungsprozesse einzubringen. Parallel dazu existiert in allen Bundesländern ein mehr oder weniger umfangreiches forstliches Versuchsflächenwesen.<sup>11</sup> Das forstliche Versuchsflächenwesen ist eine weitere wichtige Da-

<sup>11</sup> Das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) verwaltet Daten von fast 1.000 über ganz Brandenburg verteilten Versuchen mit über 3.000 langfristig, teilweise seit 1870, bearbeiteten Einzelflächen. Die langfristigen Einzelbaubeobachtungen umfassen ein breites Spektrum unterschiedlicher heimischer und alloctoner Baumarten, die kontinuierlich aufgenommen und analysiert werden. Seit 2014 sind die Informationen über Versuchsflächen des LFE im Geoportal des Landesbetriebs Forst Brandenburg als Web-Map-Service-(WMS-)Dienst veröffentlicht (Degenhardt & Hass, 2014).

tenquelle, um belastbare Aussagen über die retrospektiven Wachstums- und Vitalitätsveränderungen vieler Baumarten unter sich verändernden standörtlichen und klimatischen Rahmenbedingungen treffen zu können (Pretzsch et al., 2014).

## 5 Umsetzung und Fragestellungen (J. EICHORN)

Mit dem Klimawandel wird ökologische Stabilität durch Dynamik der Waldlebensgemeinschaften ersetzt. Durch welche Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur diese charakterisiert sind, kann nur bedingt prognostiziert werden.

Unter den genannten Voraussetzungen ist es für die Forstwirtschaft zweckmäßig, sich Möglichkeiten für einen *dynamischen Anpassungsprozess* offenzuhalten, der sich an der realen Standortdrift orientiert.

Aus den Ergebnissen der angewandten Klimaforschung werden Folgerungen für die betriebliche Praxis auf allen Ebenen gezogen (ForUmV,<sup>12</sup> 2015, auf Grundlage § 41 BWaldG). Manche Fragen betreffen eine *gesamtbetriebliche Unterstützung*, etwa die Kohlenstoffbilanz eines Landeswaldes. Hier sind primär summarische Informationen und Zielvorgaben zur Betriebssteuerung erforderlich. Andere Entscheidungshilfen werden speziell für die lokale Ebene (Revier, Forstbetrieb) und sogar für konkrete Waldflächen entwickelt. Dazu zählt zum Beispiel die Fichtenrisikokarte (Spellmann et al., 2007; Ullrich, 2009), die Stabilität und Risiko von Fichtenwäldern unter Klimaeinfluss darstellt.

Die Erarbeitung von Entscheidungshilfen ist zunächst auf den Waldbesitz und den Forstbetrieb ausgerichtet. Deren Umsetzbarkeit erfordert aber auch Kenntnisse darüber, welche Positionen andere Akteure im Wald haben, wie diese am Umsetzungsprozess teilhaben und diesen fördern können. Im Rahmen der drei Wald-Teilprojekte wurde deshalb neben fachwissenschaftlichen Grundlagen ein besonderer Schwerpunkt auf den inhaltlichen Austausch mit den jeweils Verantwortlichen der Umsetzungsmaßnahmen sowie mit weiteren gesellschaftlichen Akteuren gelegt. In einem »*transformativen*« *Aufgabenverständnis* der KLIMZUG-Projekte geht es darum, auf der Grundlage von Erkenntnissen reale Veränderungen in der Waldentwicklung anzuregen und zu unterstützen.

Entscheidungshilfen für eine lokale oder regionale Waldentwicklung im Zeichen von Klimaänderungen müssen demnach nicht nur natürliche Gegebenheiten und die Vielfalt der Umweltbedingungen, sondern auch Ziele der Gesellschaft,

<sup>12</sup> <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/forumv/gesamt.pdf>

der Waldeigentümer und der Forstbetriebe berücksichtigen. Für die Anpassung der Wälder an den Klimawandel stellen sich folgende Fragen:

- ◆ Wie intensiv ist eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel bereits heute notwendig?
- ◆ Welches Handwerkszeug ist notwendig, um Empfehlungen für forstbetriebliche Maßnahmen aussprechen zu können? Wie können die Planungsgrundlagen verbessert werden?
- ◆ Wie kann die Anpassungsfähigkeit (Resilienz) der Wälder durch forstbetriebliche Maßnahmen gefördert werden? Gibt es einen allgemeingültigen Königsweg?
- ◆ Wie kann die Umsetzung von Entscheidungshilfen verbessert werden?