

Stärkung der Wald- und Holzforschung in Deutschland

Abschlussbericht der Arbeitsgruppe

Braunschweig und Leipzig, 28. Mai 2021



Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Prof. Dr. Folkhard Isermeyer	Thünen-Institut
Prof. Dr. Georg Teutsch	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Prof. Dr. Christian Ammer	Georg August Universität Göttingen
Prof. Dr. Jürgen Bauhus	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Dr. Thomas Böckmann	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Prof. Dr. Andreas Bolte	Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Thünen-Institut für Waldökosysteme
Prof. Dr. Nina Farwig	Phillips-Universität Marburg
Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner	Ruhr-Universität Bochum
Dr. Anke Höltermann	Bundesamt für Naturschutz
Prof. Dr.-Ing. Bohumil Kasal	Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
Dr. Sonya Knapp	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Prof. Dr. Frank Ordon	Julius Kühn-Institut
Dr. Peter Pröbstle / Dr. Hans Joachim Klemmt	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Prof. Dr. Klaus Richter	Technische Universität München
Prof. Dr. Ulrich Schraml	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Prof. Dr. Christian Wirth	Universität Leipzig, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig
Dr. Markus Wolperdinger	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
1 Auftrag und Vorgehensweise	4
2 Herausforderungen für die Wald- und Holzforschung	5
3 Bestandsaufnahme	6
4 Forschungsschwerpunkte	9
5 Einrichtung eines nationalen Zentrums für Wald- und Holzforschung	14
5.1 Weiterentwicklung der Organisationsstrukturen	14
5.2 Zweck, Einbettung und Struktur eines nationalen Zentrums	15
6 Gemeinsame Infrastrukturen	19
6.1 Wald-Reallabore	20
6.2 Digitale Räume, Syntheseplattformen	21
6.3 Capacity Building im Transformationsprozess	22
7 Ausblick	23

Kurzfassung

Wälder sind von großer Bedeutung für den Naturhaushalt und erbringen vielfältige Ökosystemleistungen. Mit dem Rohstoff Holz liefern sie die wichtigste „non-food“-Ressource für eine nachhaltige Bioökonomie. Im Zusammenhang mit Klimaschutz-, Biodiversitäts- und Nachhaltigkeitszielen wachsen die gesellschaftlichen Ansprüche an den Wald. Zugleich schwindet jedoch die Fähigkeit der Waldökosysteme, diese Leistungen im benötigten Umfang erbringen zu können, denn die Wälder in ihrer bisherigen Form und die Waldbewirtschaftung sind vielerorts selbst gefährdet – vor allem durch die Folgen des Klimawandels.

Die neuen Herausforderungen stellen bisherige Waldbewirtschaftungskonzepte und Wertschöpfungsketten der Holzwirtschaft zunehmend in Frage. Hier ist die Wissenschaft gefordert. Einerseits werden Orientierungen benötigt, welche Rolle der Wald und die Holznutzung im gesellschaftlichen Transformationsprozess langfristig einnehmen sollen, andererseits herrscht aber auch ein großer Bedarf an kurzfristigen Entscheidungshilfen für jene Akteure, die mit den aktuellen Krisen zu kämpfen haben.

Auftrag an die Arbeitsgruppe

Vor diesem Hintergrund haben die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und für Bildung und Forschung (BMBF) mit Beteiligung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) eine 16-köpfige Arbeitsgruppe eingesetzt, die ein breites Spektrum der Wald- und Holzforschung in Deutschland abdeckt. Die Arbeitsgruppe sollte konkrete, praktisch umsetzbare Vorschläge zur Stärkung der deutschen Wald- und Holzforschung ausarbeiten. Dabei sollte sie den Fokus insbesondere auf integrative Forschungsstrukturen sowie langfristig wirkende Impulse richten.

Bestandsaufnahme

Eine Umfrage bei Forschungseinrichtungen und Verbänden des Forst- und Holzsektors und eine bibliometrische Analyse wissenschaftlicher und praxisorientierter Publikationen lieferten einen umfassenden Überblick zum aktuellen Stand der Wald- und Holzforschung:

- Die Dauerstellenkapazität in der Wald- und Holzforschung Deutschlands umfasst ca. 850 Vollzeitäquivalente (70 % Waldforschung, 30 % Holzforschung). Der weit überwiegende Teil dieser Kapazitäten konzentriert sich dabei, je nach angelegtem Maßstab, in 6 bis 8 regionalen Clustern, deren Grundausstattung vor allem von den Ländern getragen wird.
- Die Forschungsförderung (Drittmittel) lag im Zeitraum 2015 und 2020 bei mehr als 150 Mio. € pro Jahr, wobei 55 % von Bundesministerien getragen wurde. Ungefähr 2/3 der Summe entfielen auf die Waldforschung, 1/3 auf die Holzforschung.
- Die Wald- und Holzforschung in Deutschland wird bisher insgesamt als leistungsfähig eingeschätzt. Um jedoch angemessene Lösungen für die zukünftigen Herausforderungen entwickeln und die bestehenden Potenziale besser nutzen zu können, müssten folgende Voraussetzungen geschaffen werden: a) gemeinsame Entwicklung von Forschungsstrategien, b) langfristig nutzbare Forschungsinfrastrukturen, c) eine auf die Forschungsstrategien und die Infrastrukturen abgestimmte Forschungsförderung, d) eine verbesserte inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit und e) bessere Bedingungen zur Rekrutierung und längerfristigen Bindung des wissenschaftlichen Nachwuchses, z. B. durch längere Projektlaufzeiten.

Empfehlungen der Arbeitsgruppe

Die Arbeitsgruppe identifizierte vier inhaltliche **Themenbereiche**, in denen es besonders wichtig erscheint, die Forschung zu stärken und auf nationaler Ebene gemeinsame Strategien zu entwickeln:

- **Zukunftskonzepte für die Waldbewirtschaftung.** Der Klimawandel und die veränderten gesellschaftlichen Anforderungen stellen bisherige Konzepte der Waldbewirtschaftung in Frage. Die Wissenschaft ist gefordert,

neue Konzepte zu entwickeln und evidenzbasierte Entscheidungsgrundlagen für unterschiedliche Standortbedingungen bereitzustellen. Das erfordert ein strategisches Gesamtkonzept und standortübergreifende Zusammenarbeit.

- **Extremereignisse und Krisenmanagement.** Extremereignisse (Stürme, Dürren, Insektenkalamitäten) und daraus resultierende Waldschäden führen das bisherige Krisen- und Risikomanagement an ihre Grenzen. Neue Konzepte zur Früherkennung, Prognose und Bewältigung solcher Ereignisse sind daher gefragt.
- **Holzbasierte Bioökonomie.** Auf dem Weg zu einer postfossilen, biobasierten Wirtschaft kommt dem Rohstoff Holz eine besondere Bedeutung zu. Daher müssen ressourcenschonende Verfahren zur Konversion von Holz und zur Entwicklung innovativer Produkte entwickelt werden. Gleiches gilt für neue Konzepte im Bereich Recycling und Kreislaufwirtschaft.
- **Holz im Bauwesen.** Die verstärkte Holzverwendung im Bauwesen, insbesondere in urbanen Räumen, ist ein wichtiges klimapolitisches Ziel auf dem Weg zu einem CO₂-neutralen Gebäudebestand. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf rund um die Fragen von Bauen mit Holz in der Umsetzung, zum Einsatz unterschiedlicher Holzarten und -qualitäten und zur Entwicklung innovativer Bauprodukte.

Um die künftigen Herausforderungen zu bewältigen, bedarf es neben der gängigen Projektförderung zu bestimmten Themen einer neukonzipierten, erweiterten und veränderten Governance-Struktur, die neue Maßstäbe in der Forschungskoooperation setzt und wissenschaftliche Exzellenz mit höchster praktischer Relevanz verbindet. Daher schlägt die Arbeitsgruppe vor, ein **nationales Zentrum für Wald- und Holzforschung** einzurichten, das im Verbund mit leistungsfähigen regionalen Clustern als vernetztes Zentrum errichtet und von den bereits bestehenden Forschungseinrichtungen in Deutschland gemeinsam getragen wird. Ziel ist es, in den genannten Themenbereichen gemeinsame Forschungsstrategien sowie Konzepte für gemeinsam nutzbare Infrastrukturen zu entwickeln und daraus Vorschläge für eine gezielte, gut koordinierte Projektförderung abzuleiten.

Ein Schlüsselfaktor für die künftige Leistungsfähigkeit der deutschen Wald- und Holzforschung werden hochwertige **Infrastrukturen** sein. Da es weder sinnvoll noch machbar wäre, jede einzelne Forschungseinrichtung in Deutschland durch individuelle Infrastruktur-Investitionen zu fördern, sollte das nationale Zentrum die notwendigen Strukturen aufbauen und für eine gemeinsame Nutzung zur Verfügung stellen. Die vielfältigen, bereits bestehenden Infrastrukturen (z. B. forstliche Versuchsfelder, Datenbanken, Modellsysteme) sollten hier einbezogen werden. Im Einzelnen wird die Etablierung von drei Infrastrukturtypen vorgeschlagen:

- **Wald-Reallabore.** In einem Intensivansatz sollen an ausgewählten Standorten Reallabore etabliert werden, in denen innovative Waldbehandlungskonzepte einer eingehenden wissenschaftlichen Analyse unterzogen werden. Parallel dazu soll in einem Extensivansatz ein deutschlandweites Praxisnetzwerk etabliert werden, um auf einer größeren Anzahl von Flächen Lösungskonzepte in Zusammenarbeit von Forschung und Praxis untersuchen zu können.
- **Digitale Räume, Syntheseplattformen.** Hier geht es darum, die vielfältigen Datenbestände und -infrastrukturen, die in einzelnen Einrichtungen vorhanden sind, zu vernetzen und mit den neuen Datenquellen, die z. B. aus den Wald-Reallaboren oder der Fernerkundung erwachsen, zu verbinden. In einem gemeinsamen Auswertungsraum sollen Methoden und Werkzeuge (Statistik, Künstliche Intelligenz, Modelle) bereitgestellt und ausgetauscht werden.
- **Capacity building.** Forschungsergebnisse müssen interdisziplinär eingeordnet und so „übersetzt“ werden, dass sie für verschiedene Zielgruppen (auch innerhalb der Wissenschaft) gut verwertbar sind. Konzepte und Materialien für Aus- und Weiterbildung, Wissenstransfer in die Praxis, Graduiertenschulen etc. können effizienter entwickelt werden, wenn die Einrichtungen ihre Kräfte auch diesbezüglich im nationalen Forschungszentrum bündeln und eine sinnvolle Arbeitsteilung verabreden.

Im hier skizzierten nationalen Zentrum für Wald- und Holzforschung sollten sowohl zu den vier inhaltlichen Themenbereichen als auch zu den drei Infrastruktur-Typen **Arbeitsgruppen** eingerichtet werden, in denen die

Mitgliedseinrichtungen Strategien zur optimalen Gestaltung ihrer Zusammenarbeit entwickeln. Es ist absehbar, dass diese Arbeitsgruppen mehrere Jahre lang tätig werden müssen, denn die Herausforderungen lassen sich nicht in einem Dreijahres-Projektzyklus bewältigen.

Für den Aufbau und den Betrieb der nationalen Infrastrukturen wird die Einrichtung eines **Service Centers** vorgeschlagen, welches an mehreren Standorten angesiedelt ist und aus drei Komponenten besteht: einer Geschäftsstelle des nationalen Forschungszentrums, einer Serviceeinheit Verbundversuche und einer Serviceeinheit Daten & Modelle. Der Personalbedarf für das Service Center wird in der finalen Ausbaustufe auf gut 50 Stellen des höheren Dienstes veranschlagt.

Aus Sicht der Arbeitsgruppe hat das hier vorgeschlagene Zentrum das Potenzial, innovative wissenschaftsbasierte Lösungen für die großen Herausforderungen Klimaanpassung, Klimaschutz, Biodiversität und Bioökonomie zu entwickeln. Die Strahlkraft eines solchen Zentrums würde mittelfristig viele zusätzliche Forschungsinitiativen zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung der Wälder sowie der Ressource Holz in Deutschland beflügeln. Hiervon ist ein erheblicher Mehrwert für die Gesellschaft und eine erhöhte internationale Sichtbarkeit der wald- und holzbezogenen Forschung Deutschlands zu erwarten.

1 Auftrag und Vorgehensweise

Die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und für Bildung und Forschung (BMBF) haben eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die Vorschläge zur Stärkung der deutschen Wald- und Holzforschung erarbeiten soll. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) ist ebenfalls beteiligt.

Anlass für die Einsetzung der Arbeitsgruppe sind die Folgen des Klimawandels, die mittlerweile in vielen Wäldern deutlich sichtbar geworden sind. Nach Einschätzung der Bundesministerien *„entstehen ökologische wie ökonomische Waldschäden von derzeit kaum absehbarem Ausmaß. Dies stellt Wirtschaft, Gesellschaft und Politik vor neue Herausforderungen. Die Forschung ist gefragt, Risiken abzuschätzen und langfristige Strategien zu entwickeln, um Handlungsalternativen für einen tragfähigen Aufbau, den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wäldern aufzuzeigen. Anstrengungen in einer neuen Dimension sind erforderlich, um diese Aufgabe zu meistern. In Anbetracht der aktuellen Situation sehen BMEL und BMBF eine Stärkung der deutschen Wald- und Holzforschung als erforderlich an. Es werden vor allem integrative Forschungsstrukturen sowie langfristig wirkende Impulse benötigt, um die Leistungsfähigkeit der Wald- und Holzforschung zu verbessern. Dafür soll eine unabhängige Expertenarbeitsgruppe konkrete und praktisch umsetzbare Vorschläge ausarbeiten.“* (Auszug aus der Aufgabenbeschreibung).

Die Arbeitsgruppe bestand aus 16 Wissenschaftler*innen, die die fachliche und institutionelle Breite der deutschen Forschungslandschaft mit Bezug zur Wald- und Holzforschung repräsentieren (Universitäten, außer-universitäre Forschung, Ressortforschung des Bundes und der Länder). Die Arbeitsgruppe wurde gemeinsam von Prof. Dr. Isermeyer und Prof. Dr. Teutsch geleitet. Als Gäste nahmen Vertreter*innen von Bundesministerien und Projektträgern an den Sitzungen teil.

Die Arbeitsgruppe führte in einem ersten Schritt eine umfassende Befragung aller einschlägig tätigen Forschungseinrichtungen, Verbände und Projektträger durch, mit dem Zweck (a) ein Gesamtbild über die aktuelle Ressourcenausstattung und die inhaltliche Profilierung zu erhalten und (b) Vorschläge für eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit der wald- und holzbezogenen Forschung zusammenzutragen. Ergänzend wurde auch eine bibliometrische Auswertung der nationalen und internationalen Fachliteratur im Hinblick auf besonders intensiv bearbeitete Forschungsthemen durchgeführt. Die Antworten wurden zentral ausgewertet und in einem Ergebnisbericht zusammengefasst, der den vorliegenden Empfehlungen als Anhang beigefügt ist.

Darauf aufbauend wurden Unterarbeitsgruppen gebildet. Diesen betrafen (a) die wichtigsten und dringlichsten Forschungsthemen der Zukunft, (b) die zur Bearbeitung dieser Fragen benötigten Infrastrukturen und (c) eine Steuerungsstruktur (Governance) zur Ermöglichung und Förderung einer auf Transformation ausgerichteten, effektiven und effizienten Wald- und Holzforschung. Die Ergebnisse dieser drei Arbeitsgruppen wurden in weiteren Arbeitssitzungen übergreifend diskutiert und bildeten die Grundlage für den vorliegenden Abschlussbericht.

2 Herausforderungen für die Wald- und Holzforschung

Wälder bedecken fast ein Drittel der Gesamtfläche Deutschlands. Sie sind von großer Bedeutung für den Naturhaushalt und erbringen vielfältige weitere Ökosystemleistungen. Unter anderem liefern sie Holz, die wichtigste non-food-Ressource für eine nachhaltige Bioökonomie.

Forstwirtschaft muss in wesentlich längeren Zeiträumen planen und handeln als die meisten anderen Wirtschaftszweige. Bäume und Wälder entfalten ihr volles ökologisches und ökonomisches Potenzial erst nach vielen Jahrzehnten; Managementfehler können nicht kurzfristig und in der Regel nur in sehr aufwändiger Form korrigiert werden. Deshalb ist es kein Zufall, dass das Prinzip der Nachhaltigkeit bereits vor über 300 Jahren als Grundsatz für die geregelte Forstwirtschaft entwickelt wurde. Allerdings gelten viele bislang als vergleichsweise konstant angenommene standörtliche und klimatische Rahmenbedingungen für die Entwicklung der Wälder nicht mehr. Darüber hinaus erwiesen sich manche bisherigen Ansätze der Waldbewirtschaftung als ökologisch wenig nachhaltig. Somit ist es dringend nötig, neue Konzepte für die Waldbewirtschaftung zu entwickeln und zu erproben.

Hierbei ist zu beachten, dass Waldökosysteme - und mit ihnen die Waldbewirtschaftung - vor einer Vielzahl von Herausforderungen stehen: Klimawandel, demografische Entwicklung, Verknappung endlicher Ressourcen, Globalisierung, Eutrophierung und hoher Nutzungsdruck auf die Natur haben gravierende Auswirkungen auf Waldökosysteme. Beispiele dafür sind der Rückgang der Biodiversität und vielfach deutlich reduzierte Ökosystemleistungen. Die Wechselwirkungen sind komplex und die Gesamtentwicklung kaum vorhersehbar; das erzeugt bei vielen Bürger*innen ein Gefühl der Unsicherheit und Zukunftsangst. Zur Bewältigung der Herausforderungen sind transformative Prozesse erforderlich. Hierbei ist der Wald nicht isoliert zu betrachten, sondern sollte in der Perspektive einer gesamtgesellschaftlichen Transformation gesehen werden. Es geht um Ressourcenschutz (incl. Schutz von Lebensräumen), Ressourcenverbrauch und Wertschöpfung. Welche Rolle der Wald- und Holzbereich in dieser gesellschaftlichen Transformation langfristig einnehmen könnte und wie eine nachhaltige, standortangepasste Landnutzung langfristig ausgerichtet werden sollte, kann derzeit niemand mit Gewissheit sagen. Hier liegen große Aufgaben für die Wald- und Holzforschung. Sie agiert in einem Bereich, der wirtschaftlich, ökologisch und gesellschaftspolitisch bedeutsam ist, und soll Lösungsansätze entwickeln, die dem Erreichen des langfristigen Ziels einer klimaneutralen, naturfreundlichen und nachhaltigen Gesellschaft dienen.

Neben diesen langfristigen Zielen muss die Wald- und Holzforschung aber auch kurzfristige Ziele in den Blick nehmen: Die Wirtschaft benötigt rasche Antworten auf dringende Fragen, beispielsweise zur unmittelbaren Anpassung an den Klimawandel oder zur Intensität der Waldbewirtschaftung. Die gesellschaftliche Debatte zu diesen und anderen Fragen ist nicht selten von Meinungen und vermeintlich einfachen Patentrezepten geprägt, die der Komplexität der Probleme nicht gerecht werden. Diese bedürfen vielmehr einer genauen und differenzierten Analyse. Die Politik schreibt dem Bereich „Wald und Holz“ in ihren Politikstrategien zum Klimaschutz, zur Biodiversität und zur Bioökonomie zu Recht eine prominente Rolle zu. Die Strategien formulieren dabei in zunehmendem Maße konkrete Ziele für das Jahr 2030. Offen ist jedoch, ob der vom Klimawandel betroffene Wald- und Holzbereich die verschiedenen Teilziele überhaupt erreichen kann und wie er aufgestellt werden müsste, um einen bestmöglichen Beitrag zur Transformation zu leisten. Die Wissenschaft steht vor der großen Aufgabe, evidenzbasierte Antworten auf diese fundamentalen Zukunftsfragen zu geben.

3 Bestandsaufnahme

Die AG hat bei allen Forschungseinrichtungen, die in Deutschland Wald- und Holzforschung betreiben, und bei allen einschlägigen Verbänden eine Befragung durchgeführt. An der Befragung haben sich 72 Forschungseinrichtungen und 10 Verbände beteiligt. Zusätzlich wurden Informationen ausgewertet, die die Projektträger des BMBF und BMEL zur Verfügung gestellt haben.

Daraus ergibt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt folgende Einschätzung über die **Ressourcenausstattung** der deutschen Wald- und Holzforschung:

- Die **Dauerstellenkapazität** in der Wald- und Holzforschung Deutschlands umfasst ca. 850 Vollzeitäquivalente. Davon entfallen 70 % auf die Waldforschung und 30 % auf die Holzforschung. In der Waldforschung finden sich die höchsten Kapazitäten in der Landesressortforschung, den Universitäten und der Bundesressortforschung; in der Holzforschung in den Universitäten, Hochschulen und anderen Forschungsinstituten (v.a. WKI Fraunhofer Braunschweig). Knapp 80 % der Dauerstellen in der Waldforschung sowie 70 % in der Holzforschung konzentrieren sich in acht regionalen Clustern (s. Karte).
- Die **Forschungsförderung** (Drittmittel) im Bereich Wald und Holz lag im Zeitraum zwischen 2015 und 2020 bei mehr als 150 Mio. € pro Jahr. Der Anteil der Bundesministerien beträgt ca. 55 %. Andere wichtige Geldgeber sind die DFG (13%, v.a. Universitäten) und Bundesländer (10%, v.a. Landes-Ressortforschung). Es folgten EU-Förderung (8%) und, deutlich geringer, die Privatwirtschaft, die sich vor allem in der Holzforschung engagiert. Nach dieser überschlägigen Schätzung entfallen ca. 2/3 der Fördermittel auf die Waldforschung und 1/3 auf die Holzforschung.

In der Erhebung wurde auch danach gefragt, wo der größte Forschungsbedarf gesehen wird. Eine Clusterung der vielfältigen Antworten ergab **Forschungsbedarf** zu 14 Fachthemen:

- **Waldforschung:** Klimafolgen und Klimaanpassung (Waldgesundheit und Waldschutz, Klimaanpassung, Genetik und Züchtung, Boden und Wasser); Biodiversität und Naturschutz im Wald; Wald im Kontext anderer Landnutzungen; sozio-ökonomische und politische Analysen, neue Optionen durch Fernerkundung und Digitalisierung.
- **Holzforschung:** Holzbau; Materialwissenschaft; Kreislaufwirtschaft; Recycling von Holz und Holzprodukten; Energie aus Biomasse.

Als wichtigste **Schwachstellen** der deutschen Wald- und Holzforschung wurden genannt: Fehlende Kontinuität der Forschung und ihrer Förderung; fehlende langfristige Forschungsinfrastruktur; Fragmentierung der Forschungslandschaft; Ausrichtung der Forschungsförderung (zu wenig koordiniert, zu kleinteilig, zu wenig strategisch orientiert); zu geringe internationale Ausrichtung und Einbindung der Forschung; zu wenig inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit (zwischen Disziplinen, Sektoren und Einheiten); Defizite beim Wissens- und Informationstransfer in Praxis und Gesellschaft; Defizite in der Rekrutierung und Bindung leistungsstarken wissenschaftlichen Nachwuchses. Aufgrund der zumeist kurzfristigen Projektförderung und der immer enger werdenden arbeitsrechtlichen Vorgaben können die Forschungseinrichtungen ihren Nachwuchskräften nur in sehr seltenen Fällen wissenschaftliche Karriereemöglichkeiten in Aussicht stellen. Der ständige „Brain Drain“ beeinträchtigt die Kontinuität und Leistungsfähigkeit der Forschung. Mit weiter ansteigenden (kurzfristigen) Fördermitteln kann die Politik dieses gravierende strukturelle Problem nicht lösen.

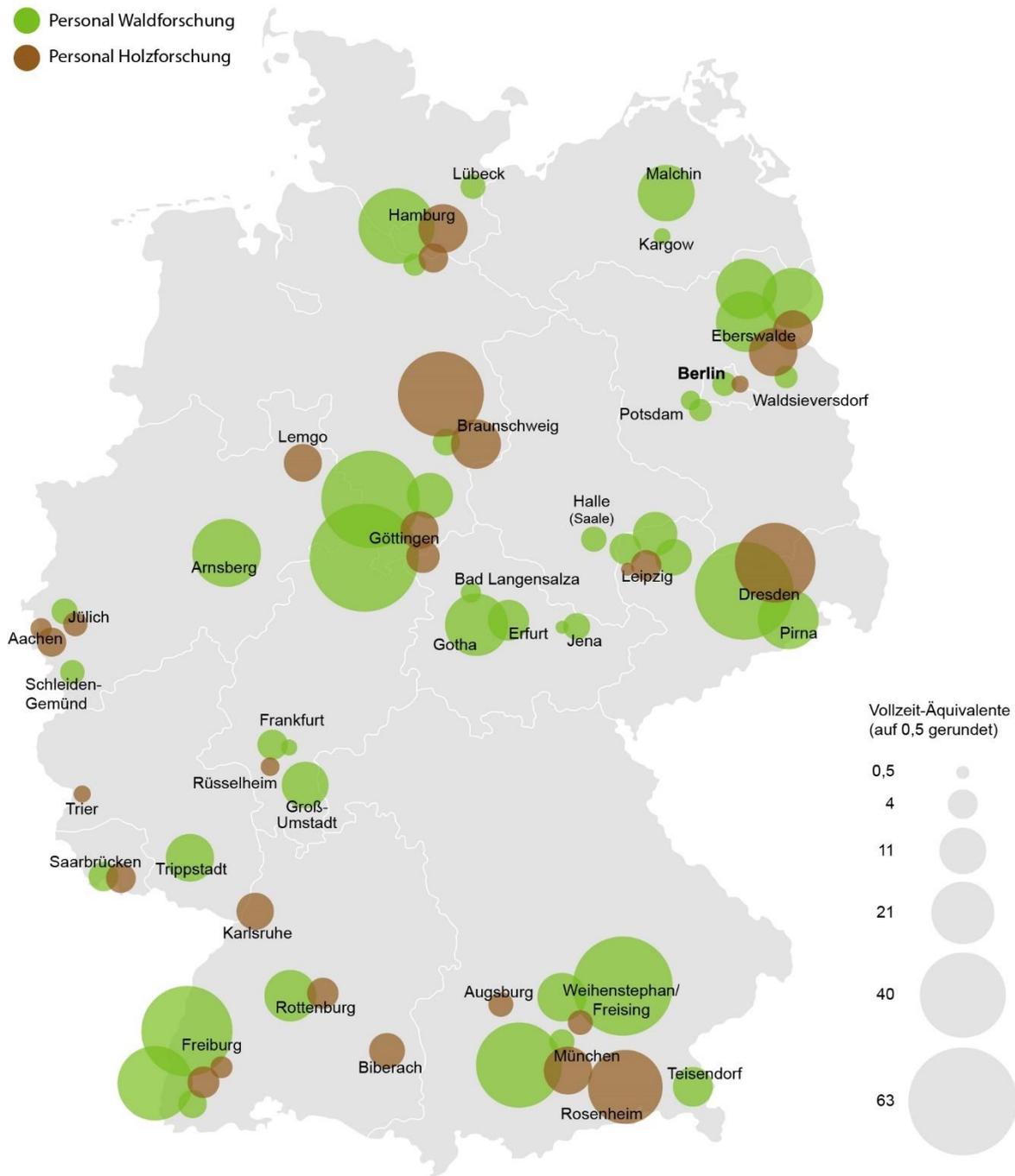
Bei der Frage nach den **Lösungen** zur Überwindung dieser Schwachstellen dominierten folgende Antworten: Steigerung der Attraktivität, z. B. durch ausreichende Ausstattung mit Dauerstellen; längerfristige, stärker koordinierte und abgestimmte Forschungsförderung; inter- und transdisziplinärer Forschung zu den genannten Fachthemen; gemeinsam betriebene Forschungsinfrastrukturen (Langzeitexperimente und Monitoring) bis hin zu (virtuellen) Forschungszentren; nationale und internationale Plattformen und Portale zum Datenaustausch und zur Vernetzung; strategische Nachwuchsförderung und Wissenschaftskommunikation. Die Synthese von Forschungsarbeiten sollte speziell unterstützt werden.

Auf die Frage, welche **internationalen Vorbilder** für die deutsche Wald- und Holzforschung beispielgebend sein könnten, wurden 17 Länder genannt, am häufigsten die Schweiz, Schweden und die USA. Für diese drei Länder wird die gute internationale Vernetzung und Sichtbarkeit der Forschung hervorgehoben. In der Schweiz, die ganz vorn rangiert, wird häufig das *Swiss Forest Lab* (WSL/ETH) als Beispiel (a) für eine besonders gelungene inter- und transdisziplinäre Vernetzung von Waldforschung bei gleichzeitig hoher internationaler Sichtbarkeit und (b) für das Monitoring auf nationaler Ebene genannt. Es werden aber auch (c) die innovative Verwendung von Laubholz und (d) die hohe Attraktivität der Schweiz als Arbeitsplatz hervorgehoben. Schweden punktet mit einem hohen politischen Stellenwert der Wald- und Holzforschung sowie der Forst- und Holzwirtschaft, großzügigen und langfristigen Experimental-Wäldern (über ganz Schweden verteilt) und einer guten Vernetzung von Grundlagen- und Anwendungsforschung. Ähnliches gilt für die USA, die sich zusätzlich durch eine innovative Fernerkundung, eine starke Einbindung der Sozialwissenschaften und hohe Interdisziplinarität auszeichnen.

Die **nationale und internationale Vernetzung** der deutschen Einrichtungen wird unterschiedlich beurteilt. Insgesamt überwiegen positive Einschätzungen, aber es werden auch Defizite konstatiert:

- **Stärken und positive Beispiele:** themenbezogene Zusammenarbeiten der Versuchsanstalten (z. B. in den Bereichen Waldwachstum, Waldschutz); Vernetzungsorganisationen wie das European Forest Institute (EFI); nationale Bund-Länder-AGs zum Monitoring; nationale und internationale Netzwerke, insbesondere der Deutsche Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), sowie IUFRO, ICP Forests, INTER und die DFG-Biodiversitätsexploratorien. Auch EU-Förderprogramme (COST, ERA-Net, H2020, Biodiversa) werden positiv gesehen.
- **Schwächen:** wenig koordinierte Förderung der Wald- und Holzforschung; fehlende nationale Forschungs-koordination; Fokus auf kurzfristige Projektforschung und zu wenig langfristig ausgerichtete Forschungsinfrastruktur; Restriktionen bei Daten- und Informationsbeschaffung.
- **Lösungsvorschläge:** Entwicklung einer nationalen Forschungsstrategie; Aufbau eines nationalen Forschungszentrums oder nationaler Forschungscluster; langfristige Förderung von Forschungsinfrastruktur; freier Zugang zu Daten und Informationen; Fokus der Förderung auf inter- und transdisziplinäre Forschung.

Karte 1: Regionale Verteilung der Wald- und Holzforschung und geschätzte Größe der Einrichtungen (anhand der Anzahl der Dauerstellen für wissenschaftliches Personal)



Quelle: Rückmeldungen zur Befragung der Einrichtungen der Wald- und Holzforschung sowie ergänzende Schätzungen aus Internetauftritten der Einrichtungen und abgeleiteten Verhältnissen zwischen Dauerstellen und Gesamtpersonal.

4 Forschungsschwerpunkte

Durch die Umfrage bei den Forschungseinrichtungen und Verbänden (s. Kapitel 3 und Anhang A) wurde eine Fülle von Forschungsthemen identifiziert, deren wissenschaftliche Bearbeitung den Beitrag der Waldwirtschaft und Holzverwendung zur gesellschaftlichen Transformation befördern könnte. Sie betreffen naturwissenschaftliche, technologische und sozioökonomische Aspekte und erfordern vielfach eine inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit.

Für einige dieser Themen ist es besonders wichtig, die Kräfte der deutschen Wald- und Holzforschung zu bündeln und die Forschungskapazitäten stärker als bisher auf gemeinsame Ziele, Zwischenziele und Meilensteine auszurichten. Mit Hilfe von Forschungsstrategien, die regionsübergreifend verzahnt und aufeinander abgestimmt sein sollten, könnten sich die Forschungseinrichtungen zu schnelleren und vor allem belastbareren Antworten auf die dringenden Zukunftsfragen vorarbeiten - vorausgesetzt, ein Teil der regional verfügbaren Ressourcen und Infrastrukturen sowie die Forschungsförderung werden möglichst kohärent auf die Erreichung dieser gemeinsamen Ziele ausgerichtet.

Es ist absehbar, dass sich die meisten Fragen auch mit den besten Forschungsstrategien nicht nach wenigen Jahren abschließend klären lassen werden. Insbesondere in der Ökosystemforschung müssen Monitoringkonzepte und Experimente längerfristig ausgerichtet sein, denn belastbare Ergebnisse und abgeleitete Empfehlungen für die Praxis lassen sich oft erst nach vielen Jahren erzielen. Andererseits wächst fortlaufend Wissen hinzu, so dass es sinnvoll ist, die Forschungsstrategien im Lichte der erzielten Zwischenergebnisse sukzessive anzupassen. Um hierfür einen organisatorischen Rahmen zu schaffen, werden im Kapitel 5 Vorschläge für längerfristig einzusetzende, thematische Arbeitsgruppen gemacht.

Es wird empfohlen, solche längerfristigen thematischen Arbeitsgruppen für zunächst vier Forschungsschwerpunkte einzusetzen. Diese Schwerpunkte werden im Folgenden kurz skizziert. Sie unterscheiden sich in Bezug auf Umfang, Ressourcenbedarf und Dauer der Forschung. Ihnen ist gemeinsam, dass sie wichtige Lösungsbeiträge zur Bewältigung der großen Herausforderungen im Bereich Wald und Holz liefern können.

Zukunftskonzepte für die Waldbewirtschaftung

Die forstliche Praxis muss in den nächsten Jahren viele Entscheidungen treffen, die das Geschehen auf den Flächen für die nächsten hundert Jahre festlegen. Die Politik setzt hierfür die Rahmenbedingungen. In mehreren Strategiepapieren hat sie ihre Absicht bekundet, diese Rahmenbedingungen richtungsweisend verändern zu wollen (z. B. Green Deal, Biodiversitätsstrategie, Bioökonomiestrategie, Waldstrategie). Die Zukunftskonzepte für die Waldbewirtschaftung sollen (a) den unterschiedlichen Standortbedingungen in Deutschland Rechnung tragen, (b) zugleich den Klimawandel mitberücksichtigen und (c) überdies die verstärkten gesellschaftlichen Anforderungen (biologische Vielfalt, Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, Bioökonomie) in den Blick nehmen.

Angesichts der anstehenden, richtungsweisenden Entscheidungen besteht ein großer Bedarf an Orientierungshilfen. Hier ist die Wissenschaft gefordert. Welche Bewirtschaftungskonzepte in welcher Kombination künftig die Bereitstellung der Ökosystemleistungen auf Landschaftsebene am besten sichern können, ist weitgehend unerforscht und gleichzeitig Gegenstand intensiver gesellschaftlicher Debatten. Aus diesem Grunde wird empfohlen, eine langfristige Arbeitsgruppe einzurichten, deren Kernziel darin besteht, einen strategischen Gesamtansatz für die Generierung und fortlaufende Verbesserung evidenzbasierter Entscheidungsgrundlagen zu entwerfen.

Die Forschung kann hierbei auf zahlreichen Projekten aufbauen, in denen bereits Einzelaspekte der Gesamthematik untersucht werden. Zu nennen sind zum Beispiel die vielfältigen Inventuren und Monitoringprogramme, die seit Jahrzehnten auf Landes-, Bundes- und teilweise auch EU-Ebene eingerichtet worden sind und ständig weiterentwickelt werden. Wertvolle Hinweise sind von neueren Projekten zu erwarten, die z. B. zur

vergleichenden Analyse der biologischen Vielfalt in Wirtschafts- und Naturwäldern oder zum fernerkundungsbasierten Monitoring der Waldschäden entwickelt werden. Die rasante Entwicklung der Digitalisierung wird die Möglichkeiten zur automatisierten Datengenerierung und -zusammenführung in den kommenden Jahren rasch erweitern. Daher erscheint es überaus lohnend, diese Entwicklungen vorzudenken und geeignete Organisationskonzepte für Datengewinnung, -zusammenführung und -analyse zu entwickeln.

Die Zukunftskonzepte sollten sich nicht nur auf das genaue Beobachten und Analysieren von Waldnutzungskonzepten beschränken, die bereits gegenwärtig praktiziert werden. Da sich die Rahmenbedingungen durch den Klimawandel und die gesellschaftliche Transformation stark ändern, wird darüber hinaus auch ein Experimentaldesign benötigt, mit dem innovative Waldbehandlungskonzepte erprobt werden können. Die Frage, welche Innovationen in diese systematische Erprobung einbezogen werden sollen, bedarf einer sorgfältigen vorbereitenden Analyse und ist auf die jeweiligen Standortbedingungen sowie unterschiedliche Zielfunktionen hin auszurichten. Gegen solche Experimente kann eingewendet werden, die Ergebnisse kämen für die nun anstehenden Entscheidungen in Politik und Praxis zu spät. Das ist zwar richtig, doch entspricht es unserer Verantwortung für künftige Generationen, dass wir heute bereits durch gezielte Investitionen die Erkenntnisgrundlagen für jene Entscheidungen vorbereiten müssen, die in den kommenden Jahrzehnten zur Anpassung der Wälder und ihrer Nutzung an den Klimawandel getroffen werden müssen. So profitiert z. B. die waldwachstumkundliche Forschung heute von Versuchsflächen und Waldbehandlungskonzepten, die mit der Etablierung des forstlichen Versuchswesens vor über 120 Jahren angelegt und kontinuierlich aufgenommen wurden. Bei der Konzipierung des Experimentaldesigns können die Forschungseinrichtungen an zahlreiche Projekte und Projektverbünde anknüpfen, die z. B. in der Ökosystemforschung und in der Forstpflanzenzüchtung bereits existieren. Das zu entwickelnde Konzept soll jedoch über solche Teilaspekte hinausgehen und unterschiedliche Waldnutzungssysteme umfassend in den Blick nehmen.

Extremereignisse und Krisenmanagement

In den letzten Jahren haben Extremwetterereignisse (Trockenheit in Kombination mit hohen Temperaturen) Waldbrände und einen massiven Borkenkäferbefall hervorgerufen. Das führte zu großflächigen Störungen in Wäldern, zum Verlust von Ökosystemleistungen, zu erheblicher Vernichtung von Waldvermögen und zu Disruptionen der Wertschöpfungsketten. Trotz aller Bemühungen, die Wälder langfristig resistenter, resilienter und anpassungsfähiger zu gestalten, werden diese Störungen in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich noch zunehmen. Das wird nicht nur von Fichten dominierte Wälder betreffen, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit auch weitere Baumarten und andere Waldtypen.

Angesichts dieses Befundes müssen Krisen- und Risikomanagementstrategien entwickelt werden, mit denen die Auswirkungen künftiger Extremereignisse möglichst gut vorhergesagt und ihre Folgen geringgehalten werden können. Hier können verschiedene Forschungsdisziplinen wichtige Beiträge leisten und Entscheidungen von Politik und Wirtschaft, die im Krisenfall oft kurzfristig zu treffen sind, vorbereiten. Es soll daher eine Arbeitsgruppe etabliert werden, die eine vorausschauende, über die Forschungsdisziplinen und -standorte hinweg abgestimmte Forschungsstrategie zum Umgang mit Extremereignissen und Krisensituationen entwickelt. Diese Arbeitsgruppe könnte dann beim Eintreten eines Extremereignisses auch als Task Force zur kurzfristigen Unterstützung von Politik und Wirtschaft aktiv werden. Damit würden erstmals die vielen regionalen Erfahrungen und Untersuchungen gebündelt und für unmittelbare Managemententscheidungen verfügbar gemacht.

Das Spektrum der einzubeziehenden Forschungsdisziplinen ist sehr breit. Zum einen wird biologische und ökologische Expertise benötigt, um kurzfristig wirksame Maßnahmen zum Waldschutz entwickeln und bewerten zu können. Hierbei geht es insbesondere um die Analyse, Früherkennung, Prognose und mögliche Bekämpfung von Schadorganismen, die Bäume befallen und sich in kurzer Frist stark vermehren können. Zu diesem Zweck müssen Modellierungsansätze vorangetrieben und hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit anhand von tatsächlich eingetretenen Störungen evaluiert werden. Es ist zu prüfen, ob parallel dazu auch Vorsorgestrategien gegen Holzschädlinge entwickelt werden sollten. Wo es nicht möglich ist, Wald- oder Holzschäden zu verhindern

oder zumindest markant abzumildern, gilt es das Schadensausmaß möglichst zutreffend vorherzusagen, um der Wirtschaft frühzeitig Orientierungshilfen zu geben. Hier werden auch ökonomische Markt- und Sektormodelle benötigt, um die Anpassungsreaktionen der verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette, des Holzhandels und der Holzverwender abzubilden. Ein weiterer Fragenkomplex ist der Umgang mit Kalamitätsholz; hier geht es um ökologische, logistische, technologische und wirtschaftliche Themen. Nicht zuletzt gilt es zu analysieren, wie die Wiederbewaldung von Flächen und die Wiederherstellung von Ökosystemleistungen bestmöglich bewerkstelligt werden kann. Auch hier sind diverse Forschungsdisziplinen angesprochen; der Bogen reicht von der Waldökologie über die Forstpflanzenzüchtung, die Phytomedizin, den Waldbau, die Forsttechnik bis hin zur betriebs- und sozialwissenschaftlichen Analyse von Finanzierungs- und Risikominimierungsstrategien.

Die Kernaufgabe der AG „Extremereignisse, Krisenmanagement“ wird zunächst darin bestehen, das gesamte Themenfeld zu strukturieren und zu analysieren, in welchen Punkten besonderer Forschungsbedarf besteht und welche Forschungsansätze besonders erfolgversprechend erscheinen. Auf dieser Grundlage sollen Vorschläge für transdisziplinäre Verbundforschungsvorhaben entwickelt und durch die neue Infrastruktur (vgl. Kapitel 6) realisiert werden.

Holzbasierte Bioökonomie

In den letzten hundert Jahren bildeten fossile Rohstoffe nicht nur die zentrale Grundlage unserer Energiewirtschaft, sondern auch für unsere Industrieproduktion stellten sie zu erheblichen Teilen die Rohstoffbasis dar. Angesichts der Notwendigkeit möglichst rasch in ein postfossiles Zeitalter einzutreten, bedarf es nicht nur einer Energiewende, sondern es ist für den Klimaschutz ebenfalls erforderlich, die Grundstoffe für die Industrieproduktion künftig aus nicht-fossilen Rohstoffen herzustellen. Hierbei spielen Kohlenstoffverbindungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe eine zentrale Rolle.

Die wesentlichen Quellen für die biobasierte Rohstoffbereitstellung werden auch künftig die Forstwirtschaft und die Landwirtschaft sein. Aus klima- und umweltpolitischen Gründen wird eine Erhöhung des Anteils der Waldflächen angestrebt. Auf den schrumpfenden landwirtschaftlichen Flächen lastet dann die Aufgabe, eine wachsende Weltbevölkerung mit Nahrungsmitteln versorgen zu müssen. Diese Nutzungskonkurrenz gibt Anlass, bei der Suche nach Kohlenstoffverbindungen und anderen Rohstoffen für die Industrie vor allem das Holz (als nachwachsender Nicht-Nahrungsrohstoff) in den Blick zu nehmen. Hierbei bietet für die erforderliche Effizienzsteigerung in der holzbasierten Wertschöpfung insbesondere die Kaskadennutzung große Potenziale, denn sie ermöglicht tendenziell eine mehrstufige industrielle Nutzung und eine energetische Nachnutzung der regenerativen Rohstoffe.

In der Praxisumsetzung des Konzeptes stellen sich hier jedoch große Herausforderungen. Zwar eröffnen die chemischen Grundbausteine des Holzes viele technisch attraktive und wertsteigernde Anwendungsmöglichkeiten, doch ist es für die Industrie oft einfacher, auf Zucker- oder Stärkeverbindungen aus der landwirtschaftlichen Erzeugung zurückzugreifen. Eine wichtige Aufgabe der Forschung besteht deshalb darin, den Rohstoff Holz als Grundstoff für die Industrie wettbewerbsfähiger zu machen, indem sie die Wertschöpfung von der Sortimentsaufbereitung über den Holzaufschluss, die Konversion der Zellwandbestandteile (physikalisch, biotechnologisch oder chemisch-katalytisch), die Produktentwicklung bis zur Nebenproduktverwertung einschließlich der End-of-Life Prozesse optimiert und zu Wertschöpfungssystemen entwickelt. Auf diese Weise lassen sich auch zusätzliche Vermarktungsmöglichkeiten insbesondere für qualitativ mindere Holzsortimente erschließen. Diese sind für die Rohstoffversorgung unverzichtbar, ebenso wie die Aufbereitung und Verwertung von Holzreststoffen und Gebrauchtholz (Kreislaufwirtschaft). Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, eine längerfristig mandatierte Arbeitsgruppe einzusetzen, die die wichtigsten Teilziele und FuE-Aufgaben in diesem Forschungsfeld identifiziert und eine (auf die verfügbaren Forschungskapazitäten abgestimmte) nationale Forschungsstrategie erarbeitet.

Ergänzend zu den Forschungskonzepten im Labormaßstab sollten auch Konzepte für Pilot- und Demonstrationsanlagen entwickelt und mit Wirtschaftspartnern umgesetzt werden. Ein weiteres wichtiges Element der Upscaling-Strategien sind Projektierungen und Folgenabschätzungen für Verarbeitungsanlagen, die am Ende der FuE-Arbeiten entstehen könnten. Bei diesen Forschungsarbeiten treten neben den technologischen Fragen auch logistische Fragen sowie Analysen zu Rohstoffquellen, Stoffströmen, Nebenproduktverwertungen etc. immer stärker in den Vordergrund. Hier müssen die ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen eines verstärkten Holzeinsatzes in der Bioökonomie (eingeschlossen Holzbauanwendungen) untersucht werden. Dabei ist die Brücke zu den waldbezogenen Arbeitsgruppen zu schlagen, indem für verschiedene Nutzungsszenarien und -skalierungen untersucht wird, welche Auswirkungen diese auf die Holzmärkte und auf die Waldnutzung an unterschiedlichen Standorten hätten

Holz im Bauwesen

Der rohstoffintensive Bausektor hat in Deutschland einen bedeutenden Anteil an den CO₂-Emissionen. Die verstärkte Nutzung von Holz im Bauwesen und in langlebigen Holzprodukten kann auf zwei Arten zum Klimaschutz beitragen: Zum einen dienen Holz und Holzprodukte als CO₂-Speicher (Speicherwirkung), zum anderen können durch die Holzverwendung Materialien, deren Herstellung oder Verwendung höhere CO₂-Emissionen verursacht, substituiert werden (Substitutionswirkung). Die größten Klimaschutzpotenziale liegen im Baubereich, und diese Potenziale sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Auch wenn die Holzbauquote in Deutschland stetig steigt, liegt sie mit unter 20 Prozent noch immer auf einem relativ niedrigen Niveau.

Die Ursachen für den relativ langsamen Anstieg der Holzbauquote sind vielfältig. Die baurechtlichen Vorgaben der Länder sind insgesamt uneinheitlich und restriktiver als in manchen anderen EU-Mitgliedstaaten mit höherer Holzbauquote. Die auf den Holzbau spezialisierten Firmen sind eher kleinstrukturiert, so dass die Option Holzbau bei großen Bauprojekten von den Großkonsortien oft gar nicht in Betracht gezogen wird. Der Umstand, dass das Bauen mit Holz weniger standardisiert erfolgt als andere Bauformen, erhöht tendenziell den Aufwand. Hier wirkt sich die Digitalisierung schon sehr hilfreich aus, doch ist die „digitale Kette“ der Gesamtplanung und -produktion in vielen Fällen noch nicht vollständig geschlossen. Die Planungsprozesse (von der Idee über die Planung und Vergabe bis zur Umsetzung) müssen beim Bauen mit Holz von vornherein anders konzipiert werden als beim Bauen mit Beton und Stahl. Nachteilig wirkt sich in diesem Zusammenhang auch aus, dass Holzbau in den Studiengängen Architektur und Bauingenieurwesen oft nur eine Nebenrolle spielt oder nicht angeboten wird. Die Absolvent*innen kennen dann zwar die Option Holzbau und haben durchaus von ihren Vorteilen gehört, doch wird es anschließend oft als zu große Hürde empfunden, sich dieser Option bei der Ausübung des Berufs konkret zuzuwenden.

Diese und weitere Herausforderungen werden im Handlungsfeld "Bauen mit Holz in Stadt und Land" der Charta für Holz 2.0 in der gleichnamigen Arbeitsgruppe mit Expert*innen aus Wissenschaft, Holzbaupraxis und Verwaltung intensiv beraten. Vor diesem Hintergrund wird ein verstärkter Austausch der Wissenschaft mit der Charta-Arbeitsgruppe angeregt, damit die Wissenschaft zusätzliche Handlungsoptionen und Lösungsansätze einbringen und mit der Praxis diskutieren kann. Ziel sollte es sein, vorhandene Defizite abzubauen und zusätzliche Chancen eines vermehrten und ressourceneffizienten Einsatzes von Holzprodukten im Bauwesen klimaschutzwirksam umzusetzen. Die Wissenschaft kann auf vielfältige Weise zur Erreichung dieses Ziels beitragen. So benötigt die Politik, um das klimapolitische Instrumentarium richtig zu dosieren, vergleichende Kennzahlen zu den CO₂-Bilanzen beim Einsatz von Holz und anderen Materialien. Insbesondere die Erarbeitung der Substitutionspotenziale ist nicht trivial und sollte methodisch konsistent mit der Treibhausgasberichterstattung verknüpft werden, damit eine breite, verlässliche und regionalisierte Bewertungsbasis entsteht. Weitere Forschungsfelder sind, (a) die effizientere Nutzung eines sich ändernden Holzaufkommens (mehr Laubholz) und die Kaskadennutzung, (b) die Entwicklung von Gebäuden und Bauteilen, in denen Holz mit anderen Materialien kombiniert wird (Hybridbau) (c) der optimierte Einsatz der Digitalisierung im Planungs- bis Bauprozess sowie (d) die Entwicklung von Konzepten zur Mehrfachverwendung von Holzbaustoffen (Trennungstechnologien, Recycling, „design for reuse“). Ein wichtiges Forschungsfeld ist außerdem die Folgenabschätzung: Mit Hilfe von Modellen

ist zu analysieren, wie sich eine Erhöhung des Einsatzes von Holz im Bauwesen unter Beachtung aller marktwirtschaftlichen Wechselwirkungen volkswirtschaftlich und im Hinblick auf klima- und umweltpolitische Ziele auswirkt. Dabei werden auch die Wechselwirkungen zu den Nutzungen in der holzbasierten Bioökonomie einbezogen. In diesen Modellen sind auch die zunehmenden Risiken, die der Klimawandel für die Rohholzversorgung und die nachhaltige Waldwirtschaft mit sich bringt, zu berücksichtigen.

5 Einrichtung eines nationalen Zentrums für Wald- und Holzforschung

5.1 Weiterentwicklung der Organisationsstrukturen

Die bisherigen Ausführungen haben verdeutlicht, dass die Gesellschaft bezüglich der Wald- und Holznutzung vor fundamentalen Zukunftsfragen steht und großen Bedarf an wissenschaftlicher Erkenntnis und Unterstützung hat.

Die Wald- und Holzforschung ist somit gefordert, konkrete Lösungsoptionen zu liefern, die (eventuell nach einigen Zwischenstufen) für das Handeln von Waldbesitzer*innen, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik von Relevanz sind.

Diese Forderung stellt das Forschungsmanagement vor große organisatorische Aufgaben, denn für die Erarbeitung brauchbarer Lösungen müssen verschiedene Forschungsdisziplinen zusammengespannt und in längerfristig bestehenden Verbänden tätig werden:

- **Ökologische Forschung** wird benötigt, um naturwissenschaftliche Zusammenhänge aufzuklären (Walddynamik, biologische Vielfalt, Ökosystemfunktionen in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren). Sie muss einerseits ins Detail vordringen, andererseits aber auch große räumliche und zeitliche Skalen abdecken.
- **Sozioökonomische Forschung** wird benötigt, um das Handeln von Menschen (Unternehmer*innen, Verbraucher*innen) zu erklären und zu analysieren, wie Menschen zu einer Veränderung ihres Verhaltens (z. B. im Hinblick auf Ressourcenschonung) veranlasst werden können.
- **Technologische Forschung** wird benötigt, um Lösungen (Sensoren, Gerätschaften, Informationssysteme, Materialien etc.) zu entwickeln, mit denen sich die oben genannten Probleme besser bewältigen lassen.

In der Forschungspraxis vollzieht sich diese breit aufgestellte Forschung in vielen Einzelprojekten, aus denen jährlich mehrere Tausend Publikationen hervorgehen. Für die Bewältigung der großen Zukunftsaufgaben ist es jedoch erforderlich, die innovative Kraft der Forschung stärker zu bündeln und strategisch auf die Entwicklung von Problemlösungen auszurichten. Es sollten daher vermehrt interdisziplinäre, langfristige Forschungsverbände etabliert werden. Außerdem wird eine inter- und transdisziplinäre Gesamtstrategie benötigt, in die sich Forschungsverbände und Einzelprojekte möglichst gut einfügen sollten.

Eine solche inter- und transdisziplinäre Gesamtstrategie ist leichter zu fordern, als tatsächlich zu realisieren. So zeigt sich bei der konkreten Umsetzung regelmäßig, wie schwer es ist, die großen Ziele (Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, Erhalt der biologischen Vielfalt, Bioökonomie) in erreichbare Zwischenziele zu untergliedern und dann Forschungsprozesse zu konzipieren, bei denen die einzelnen Projekte so gut aufeinander abgestimmt sind und ineinandergreifen, dass die proklamierten Zwischenziele auch wirklich erreicht werden.

Daher hält es die Arbeitsgruppe für essenziell, die Organisationsstrukturen der deutschen Wald- und Holzforschung weiterzuentwickeln. Ziel sollte es sein, den neuen Herausforderungen durch eine besser abgestimmte Planung der Infrastrukturentwicklung und der Forschungsprogramme sowie durch Bündelung von Daten und gemeinsame Auswertungen gerecht zu werden.

Dieser Schritt erscheint nicht nur angesichts der großen Aufgaben erforderlich, die auf die Wald- und Holzforschung zukommen, sondern auch angesichts der neuen Möglichkeiten, die der Wissenschaft inzwischen offenstehen. Die revolutionären Entwicklungen in der Molekularbiologie und in der Digitalisierung (KI, big data) bieten allen Wissenschaftsbereichen, so auch dem Wald- und Holzbereich, vielfältige neue Möglichkeiten. Diese großen Potenziale wird die Wissenschaft aber nur ausschöpfen können, wenn sie selbst einen Transformationsprozess durchläuft und neue Organisations- und Kooperationsstrukturen entwickelt.

5.2 Zweck, Einbettung und Struktur eines nationalen Zentrums

Deutschland verfügt über eine Vielzahl leistungsstarker Forschungseinrichtungen im Wald- und Holzbereich. Die Schaffung von ein oder zwei zusätzlichen Forschungseinrichtungen, die irgendwo auf der grünen Wiese gebaut und so die Fragmentierung der Forschungslandschaft weiter verstärken würden, wäre kein geeigneter Ansatz, um die großen Zukunftsaufgaben, namentlich den Erhalt der Funktionalität von Wäldern und ihrer Bedeutung für die Bioökonomie, bewältigen zu können.

Eine Aufstockung der Projektförderung würde zweifellos eine Erhöhung des Outputs nach sich ziehen, doch würden damit weder die strukturellen Defizite der Wald- und Holzforschung beseitigt noch die neuen überregionalen Herausforderungen adäquat adressiert. Nach Auffassung der Arbeitsgruppe sollte deshalb die Diskussion über die finanzielle Ausstattung einzelner Einrichtungen am Ende und nicht am Anfang einer Strategie zur Stärkung der deutschen Wald- und Holzforschung stehen. Zunächst sollten die Steuerungs- und Anreizsysteme für die Forschungseinrichtungen überdacht und Strukturen geschaffen werden, die die strategische Kraft des Gesamtsystems verbessern.

Die Stärkung der strategischen Zusammenarbeit zwischen den Forschungseinrichtungen sollte auf unterschiedlichen Ebenen anvisiert werden:

- **Regionale Cluster.** Wie die Befragung der bestehenden Forschungseinrichtungen gezeigt hat, gibt es in Deutschland, je nach angelegtem Maßstab, 6 bis 8 regionale Wald- und Holzforschungscluster erheblicher Größe. Sie stellen aufgrund ihrer regionalen Verortung in besonderer Weise die Verbindung zur forstlichen Praxis in den jeweiligen Regionen dar. Hier sollte auch weiterhin der Vorteil der „kurzen Wege“ und regionalen Expertise genutzt werden, um die in einer Region vorhandenen Einrichtungen in Forschung und Lehre noch enger kooperieren zu lassen. Eine Verstärkung der personellen und technischen Infrastrukturen (vgl. Kap. 6) sollte immer auch die bestehenden regionalen Cluster angemessen berücksichtigen, da diese vor Ort die konkrete Zusammenarbeit am effektivsten organisieren können.
- **Nationale Zusammenarbeit.** Eine engere Zusammenarbeit zwischen den Clustern und eine Einbeziehung jener Forschungseinrichtungen, die außerhalb der regionalen Cluster liegen, verspricht für viele Fragestellungen einen wesentlichen Zusatznutzen. Diese Potenziale lassen sich heben, wenn Bund und Länder die hierfür erforderlichen Strukturen schaffen und auch die Förderformate entsprechend ausrichten. Das betrifft zum Beispiel Projektkooperationen, gemeinsame Versuchsflächennetzwerke, gemeinsame Daten- und Modellinfrastrukturen, die Förderung von Synthesen auf der Grundlage bestehender, auf verschiedene Einrichtungen verteilter Datensätze sowie eine koordinierte Nachwuchsförderung (etwa durch gemeinsame Graduiertenschulen).
- **Internationale Zusammenarbeit.** Unsere Nachbarländer stehen vor ähnlichen Herausforderungen wie wir. Insofern ist es naheliegend, die Vernetzungsaktivitäten nicht an der nationalen Grenze enden zu lassen, sondern grenzüberschreitend zu handeln und dadurch die Kräfte noch besser zu bündeln. Grenzüberschreitende Einigungsprozesse sind allerdings zeitraubend.

Die nachfolgenden Empfehlungen der Arbeitsgruppe konzentrieren sich auf die nationale Zusammenarbeit. Bezüglich der regionalen Cluster wird an die Entscheidungsträger in den jeweils zuständigen Bundesländern appelliert, bestmögliche Voraussetzungen für die Zusammenarbeit der am jeweiligen Cluster beteiligten Gruppen und damit dessen Leistungsfähigkeit zu schaffen. Sie sind ein wesentliches Element der vorgeschlagenen Forschungsarchitektur, ohne die die für die nationale Ebene vorgeschlagenen Maßnahmen ihre angestrebte Wirkung verfehlen würden. Bezüglich der internationalen Zusammenarbeit sollte die Bundesregierung gezielte Aktivitäten auf den Weg bringen, sobald die Grundstruktur der nationalen Vernetzung geklärt ist.

Um die nationale Zusammenarbeit nachhaltig zu stärken, wird die Etablierung eines dezentral vernetzten Forschungszentrums vorgeschlagen. Dieses könnte beispielsweise als „**Deutsches Zentrum für Wald- und Holzforschung**“ bezeichnet werden. Das Zentrum soll als gemeinsame Aktivität der Forschungseinrichtungen, die in Deutschland mit Bezug zur Wald- und Holzforschung tätig sind, betrieben werden. Der Vorschlag sieht vor,

diesen Einrichtungen eine Mitgliedschaft im Zentrum anzubieten. Die Mitgliedschaft ist freiwillig. Die im Zentrum mitwirkenden Einrichtungen bleiben in der Landes- bzw. Bundeshoheit und arbeiten dort satzungsgemäß. Im nationalen Zentrum sollen sie gemeinsame Strategien entwickeln und eng zusammenarbeiten. Die jeweils zuständigen Ministerien und Forschungsförderer unterstützen die Kooperation, indem sie den Forschungseinrichtungen Anreize geben bzw. Aufträge erteilen, ihre strategische Entwicklung und ihre Forschungsaktivitäten im Sinne der gemeinschaftlichen Beschlüsse des virtuellen Forschungszentrums auszurichten. In dieser Struktur könnten bundesspezifische, aber auch landesspezifische Ziele durch Kooperation besser erreicht werden.

Das Zentrum soll durch eine Steuerungsgruppe geleitet werden, die von der Mitgliederversammlung gewählt wird. Es wird empfohlen, dass die Ministerien, die im Bund und in den Ländern für die Wald- und Holzforschung zuständig sind, eine Koordinationsgruppe einrichten. Diese **Koordinationsgruppe der Ministerien** fungiert als zentrale Ansprechpartnerin für die Steuerungsgruppe. Sie nimmt die Berichte der Steuerungsgruppe entgegen, diskutiert die darin enthaltenen Empfehlungen und gibt ihrerseits Empfehlungen ab. Diese richten sich zum einen an die Steuerungsgruppe und an das nationale Zentrum, zum anderen an Regierungen, Forschungsförderer und/oder einzelne Forschungseinrichtungen im Bund und in den Ländern. Die in der Koordinationsgruppe vertretenen Ministerien können auch Aufträge für nachgeordnete Behörden (v. a. Ressortforschung, Projektträger) ableiten. Dieser enge Austausch zwischen dem nationalen Zentrum und den Ministerien ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass der Gesamtprozess einen gewissen Grad an Verbindlichkeit erhält und die Empfehlungen der Steuerungsgruppe nicht nur als „ein Positionspapier unter vielen“ angesehen werden. Selbstverständlich bleiben die Ministerien in ihren Entscheidungen unabhängig und nur ihren jeweiligen Regierungen und Parlamenten verantwortlich.

Die Arbeitsgruppe empfiehlt, dass die **Projektträger** in Absprache mit den zuständigen Ministerien regelmäßig zu Beratungen mit der Steuerungsgruppe eingeladen werden, ebenso wie die einschlägig tätigen **Forschungsförderer**. Ziel dieser Gespräche ist es, die in der Steuerungsgruppe diskutierten strategischen Überlegungen frühzeitig mit der fachlichen Perspektive der Forschungsförderung zu verschneiden und Lösungsvorschläge zu entwickeln, mit denen (a) eine möglichst gute Verzahnung der verschiedenen Förderaktivitäten erreicht wird und (b) die Förderaktivitäten auch die langfristige strategische Entwicklung der Forschungslandschaft bestmöglich unterstützen. Die Ausrichtung der Forschungsarbeit in den Mitgliedseinrichtungen wird in hohem Maße durch die Möglichkeiten zur Drittmittelinwerbung bestimmt. Deshalb ist es wichtig, dass sich die im Zentrum entwickelten Strategien nicht nur in den Planungen der Forschungseinrichtungen niederschlagen, sondern auch in möglichst gut abgestimmten Aktivitäten der Projektträger.

Die so skizzierte Einbettung des Zentrums wird im Schaubild schematisch dargestellt. Das Schaubild illustriert außerdem, aus welchen Organisationseinheiten das vorgeschlagene Zentrum besteht und wie diese miteinander und mit dem Umfeld agieren. Die Rolle der einzelnen Organe wird im Folgenden näher erläutert.



- Die **Mitgliederversammlung** setzt sich aus je einer Vertreterin bzw. einem Vertreter jener Einrichtungen zusammen, die dem Zentrum angehören. Mitglieder können alle Forschungseinrichtungen werden, die in ihrer Grundausstattung überwiegend mit öffentlichen Mitteln finanziert sind und Forschung im Bereich Wald und Holz betreiben. Die Mitgliederversammlung wird einmal im Jahr einberufen, idealerweise anlässlich von Statuskolloquien oder z. B. der Forstwissenschaftlichen Tagung. Die Mitgliederversammlung bespricht wesentliche strategische Fragen des virtuellen Zentrums, u. a. die Einrichtung oder Auflösung von Arbeitsgruppen, und wählt Vertreter*innen für die Steuerungsgruppe. Die Mitgliedschaft berechtigt zur Nutzung der durch das Zentrum bereitgestellten Services und Infrastruktur (Daten, Modelle, mobile Geräte) und verpflichtet gleichzeitig zur Bereitstellung eigener Daten für gemeinsame Analysen und Synthesen (gemäß der „Open-Data-Policy“, „Data & Publication Policy“ des Zentrums). An den Projekten und Veranstaltungen des Zentrums (z. B. Strategieforen, Statuskolloquien) können auch private Personen und nicht öffentliche Einrichtungen teilnehmen, die nicht Mitglied sind.
- Die **Steuerungsgruppe** setzt sich zum einen aus fünf gewählten Vertreter*innen der Mitgliederversammlung zusammen, zum anderen aus den gewählten Sprecher*innen der Arbeitsgruppen, die ohne Stimmrecht mitwirken. Sie lenkt den strategischen Prozess. Dabei beachtet sie die Empfehlungen der Koordinationsgruppe der Ministerien und die Hinweise aus dem Beirat. Die Steuerungsgruppe nimmt die Berichte der Arbeitsgruppen entgegen, erörtert sie im Gesamtzusammenhang und erarbeitet daraus Empfehlungen für die Koordinationsgruppe der Ministerien. Empfehlungen, die auch die Projektförderung betreffen, diskutiert sie vorab mit dem Kreis der Projektträger. Die Steuerungsgruppe kann Arbeitsgruppen einsetzen, auflösen oder mit Empfehlungen versehen. Sie kann externe (internationale) Begutachtungen von erarbeiteten Empfehlungen initiieren. Die Steuerungsgruppe berichtet an die Mitgliederversammlung und an die Koordinationsgruppe der Ministerien.
- Die **Arbeitsgruppen** werden von der Steuerungsgruppe eingesetzt, mandatiert und gegebenenfalls auch wieder aufgelöst. Die Arbeitsgruppen haben die Aufgabe, für bestimmte Segmente der Forschung und der

Forschungsinfrastruktur Bestandsaufnahmen durchzuführen, Vorschläge für eine verbesserte Zusammenarbeit auszuarbeiten und Ideen für Forschungsstrategien und Verbundforschungsvorhaben zu entwickeln. Mitglieder der Arbeitsgruppen werden von der Steuerungsgruppe auf Vorschlag der Mitgliederversammlung benannt. In der Regel sollte jede Einrichtung, die zu einer Arbeitsgruppe inhaltlich beitragen kann, nur mit einer Person pro Arbeitsgruppe vertreten sein. Jede Arbeitsgruppe wählt eine Sprecherin bzw. einen Sprecher; diese Person wird nicht-stimmberechtigtes Mitglied der Steuerungsgruppe. Um zu gewährleisten, dass sich die Sprecher*innen der Arbeitsgruppen mit dem notwendigen zeitlichen Umfang für die Ausgestaltung der Aktivitäten der AGs wie z. B. die Entwicklung von Verbundvorhaben und in der Steuerungsgruppe engagieren, sollte jede Arbeitsgruppe in ihrer Arbeit durch personelle Zusatzressourcen (i. d. R. eine befristete Stelle für eine Wissenschaftlerin oder einen Wissenschaftler) unterstützt werden.

- Der Stakeholder-**Beirat** setzt sich aus national und regional tätigen Akteuren zusammen, die wirtschaftliche und gesellschaftliche Interessen mit Bezug zu Wald und Holz vertreten. Sie werden von den in der Koordinationsgruppe organisierten Ministerien berufen. Die Mitglieder des Beirats sollen keiner Mitgliedereinrichtung des Zentrums für Wald- und Holzforschung angehören. Der Beirat berät die Steuerungsgruppe und kann zu Berichten, die die Steuerungsgruppe an die Koordinationsgruppe der Ministerien gibt, Stellungnahmen verfassen.
- Zur operativen Unterstützung des national vernetzten Zentrums für Wald- und Holzforschung wird **ein Service Center** mit hauptamtlich beschäftigtem Fachpersonal eingerichtet. Es besteht aus drei Serviceeinheiten. Die **Geschäftsstelle** ist für alle organisatorischen Fragen und für die Kommunikation zuständig, unterstützt die Arbeitsgruppen und die Steuerungsgruppe bei der Abfassung von Projektberichten und baut Expertise auf, die in den Mitgliedseinrichtungen für das Capacity Building im Transformationsprozess benötigt wird. In Ergänzung zur Arbeitsgruppe „Wald-Reallabore“, die die Aufnahme und Entwicklung der Forschung und deren Infrastruktur zur Aufgabe hat, unterstützt die **Serviceeinheit Verbundversuche** den Aufbau und Betrieb der dezentralen Wald-Reallabore praktisch; dies betrifft die Versuchseinrichtung, die Betreuung der apparativen Ausstattung für Datenerhebungen und die Kommunikation einschließlich des Datentransfers. Die **Serviceeinheit Daten & Modelle** widmet sich dem Austausch und dem Kuratieren von Daten, entwickelt „ready-to-use“-Modell- und Auswertewerkzeuge, bietet methodischen Support und unterstützt die Vernetzung der Mitgliedseinrichtungen in diesem Bereich. Die Service-Einheiten des **Service Centers** sollten auf verschiedene Standorte aufgeteilt werden. Eine dezentrale Ansiedelung des Personals erscheint wichtig, um das Service Center intensiv in die regionalen Cluster einzubinden. In administrativer Hinsicht spricht aber vieles dafür, das Service Center dienstrechtlich als eine (standortübergreifend organisierte) Einheit aufzustellen. Das begrenzt die Fliehkräfte und unterstützt die überregionale Vernetzung. Die fachliche Leitung des Service Centers sollte durch die Steuerungsgruppe erfolgen.

6 Gemeinsame Infrastrukturen

Die Leistungsfähigkeit der Wald- und Holzforschung hängt entscheidend von der Qualität der Infrastrukturen ab. Ohne hochwertige Infrastrukturen (z. B. moderne Versuchstechnik, Flächen der Langzeitbeobachtung, Dateninfrastrukturen) können die aktuellen und künftigen Herausforderungen der Wald- und Holzwirtschaft nicht bewältigt werden. Auch im internationalen wissenschaftlichen Wettbewerb sind solche Infrastrukturen unabdingbar, um herausragende Wissenschaftler*innen zu gewinnen und dem wissenschaftlichen Nachwuchs eine erfolgreiche Perspektive zu bieten.

Eine gemeinsame Nutzung von Infrastrukturen ermöglicht es,

- bei gegebenem Gesamtbudget mehr Forschende hochkarätig zu unterstützen und somit die Gesamtleistung zu erhöhen,
- Spezialisierungsvorteile zu nutzen, indem sich verschiedene regionale Cluster auf unterschiedliche methodische Aspekte spezialisieren (in ihrem Bereich können diese Cluster besonders großen Fortschritt erzielen und die jeweils erzielten Fortschritte dann wieder allen zur Verfügung stellen),
- neue Erkenntnisse statistisch besser absichern zu können, indem hierfür eine größere (harmonisierte) Datenbasis herangezogen werden kann.

Im Einzelnen sind es vor allem folgende Infrastrukturen, die für die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Wald- und Holzforschung unabdingbar sind:

- Zum einen geht es um vernetzte **Wald-Reallabore** und Versuchsflächen, worunter etwa Observatorien (z. B. Dauerbeobachtung-, Monitoringflächen), experimentelle Plattformen (z. B. Diversitäts- und Klimawandelexperimente) oder auch diverse Übergangsformen wie forstliche Versuchsflächen oder Exploratorien (z. B. zur Biodiversitätsforschung) fallen.
- Zum zweiten werden **Dateninfrastrukturen** benötigt, welche existierende Daten verfügbar machen, aufbereiten und Synthesen ermöglichen. Hierzu gehören auch ergänzende Infrastrukturen wie etwa gemeinsame **Auswertungsräume**, in denen Modelle und Methoden für die Analyse, Synthese und Bewertung von Forschungsbefunden bereitstehen (Archive, Werkzeugboxen, Visualisierungssysteme).
- Zu den Infrastrukturen im weiteren Sinne zählt auch eine breit vernetzte wissenschaftliche Kompetenz, die sich kurzfristig mobilisieren und zielgruppengerecht einsetzen lässt (**Capacity Building**). Die Digitalisierung bietet auch hier eine Fülle neuer Möglichkeiten, um Lernprozesse der Akteure in Wissenschaft, Wirtschaft und Administration zu beschleunigen und effizienter zu gestalten.

Es existieren bereits eine Reihe von Infrastrukturen, welche für die Aktivitäten des nationalen Forschungszentrums genutzt werden können (z. B. die von den Ländern und Universitäten betriebenen Dauerversuchsflächen einschließlich der betreffenden Datenbestände oder die Strukturen für Weiterbildung), weitere befinden sich derzeit im Aufbau (s. Übersicht in Anhang C). Erforderlich ist darüber hinaus jedoch die Entwicklung neuer Infrastrukturen, teilweise unter Mitnutzung oder Zusammenführung von bereits bestehenden Strukturen. Nur so können die Fragen der Zukunft in angemessener Weise beantwortet werden.

Es wird angestrebt, dass im nationalen Forschungszentrum zu jeder der drei Infrastrukturkomponenten (Wald-Reallabore, Digitale Räume, Capacity Building) eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen wird, in der Vertreter*innen der Mitgliedseinrichtungen Feinkonzepte für die überregionale Zusammenarbeit erarbeiten. Die Konzepte sollen anschließend in der Steuerungsgruppe und in der Mitgliederversammlung diskutiert werden und im Erfolgsfall zur Umsetzung gelangen. Um solche langfristig ausgerichteten Infrastrukturkonzepte erarbeiten und umsetzen zu können, ist es erforderlich, im Service Center des nationalen Zentrums hauptamtlich beschäftigtes Fachpersonal einsetzen zu können.

Nachfolgend wird skizziert, wie die Infrastruktur-Komponenten konzipiert werden sollten und welche Personal-ausstattung im Service Center langfristig erforderlich wäre, um eine Umsetzung des Konzepts und damit -

insbesondere mit Blick auf die neuen Herausforderungen - eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wald- und Holzforschung in Deutschland zu erreichen.

6.1 Wald-Reallabore

Der bisherige Schwerpunkt der Aktivitäten auf nationaler Ebene lag auf der Beobachtung von Waldökosystemen (Monitoring). Ergänzend dazu sollen künftig auch vermehrt Experimente durchgeführt werden, um die drängenden Fragen im Zusammenhang mit den Herausforderungen des Klimawandels, des Biodiversitätsschutzes und der Ressourcenverfügbarkeit beantworten zu können.

Hierzu schlägt die Arbeitsgruppe ein neuartiges Konzept mit zwei Komponenten vor: Zum einen sollen einige großflächige **Waldlabore (Intensivansatz)** eingerichtet werden, in denen unterschiedliche Waldbehandlungskonzepte und Nutzungsintensitäten untersucht werden. Das betrifft die verschiedenen Ökosystemfunktionen und -leistungen ebenso wie die gesellschaftliche Bewertung der Optionen. Die Standorte sollten die wichtigsten Naturräume und Waldtypen Deutschlands abdecken. Außerdem ist eine enge Anbindung an regionale Cluster (s. Kap. 3) anzustreben, denn das Geschehen in den Waldlaboren soll in zahlreichen wissenschaftlichen und untereinander gut vernetzten Projekten intensiv untersucht werden. Als zweite Komponente des Konzepts wird ein breit gefächertes **Praxisnetzwerk (Extensivansatz)** vorgeschlagen. In diesem Netzwerk sollen unterschiedliche Verfahren unter vielfältigsten Standortbedingungen in enger Partnerschaft mit Waldbesitzer*innen erprobt werden. Auch hier ist die Anbindung an die regionalen Cluster wichtig, da gerade diese aufgrund ihrer regionalen Verortung in besonderer Weise die Verbindung zur forstlichen Praxis sicherstellen. In diesem Netzwerk kann eine wesentlich größere Zahl von Flächen einbezogen werden, was die Aussagekraft der Befunde erhöht. Dabei sind hier naturgemäß die Möglichkeiten zur Analyse von Prozessen zur Herstellung von Kausalitäten deutlich geringer als in den Waldlaboren.

Das Feinkonzept für diese **Wald-Reallabore (Intensiv- und Extensivansatz)** soll von einer Arbeitsgruppe des neuen Zentrums erarbeitet werden, mit maßgeblicher Unterstützung durch die Serviceeinheit „Verbundversuche“. Bisherige regionale Versuche sollten integriert werden, soweit dies sinnvoll erscheint. Um die Experimente und Analysen durchführen zu können, wird eine Ausstattung mit mobilen Großgeräten wie etwa Hebebühnen für Kronenerfassungen oder Drohen mit unterschiedlicher Sensortechnik (Multi-, Hyperspektral, Lidar, Nahinfrarot) und terrestrischem Laser-Scanning benötigt. Es sollen hierbei jedoch nicht nur Daten zur waldbaulichen und waldökologischen Zustandsbeschreibung erfasst werden, sondern auch Merkmale der äußeren und inneren Holzeigenschaften (physikalische und chemische Kennwerte). Dadurch wird es möglich, in Langzeitanalysen die Einflüsse des Klimas und der Behandlungsmethoden nicht nur auf das Baumwachstum und die Ökosystemfunktionen, sondern auch auf die Holzmenge und die Holzqualität zu analysieren. Mit Hilfe sozio-ökonomischer Begleitforschung soll fortlaufend untersucht werden, wie die unterschiedlichen Waldbehandlungskonzepte (a) aus Sicht der forstlichen Betriebswirtschaft, (b) aus Sicht der Bevölkerung und (c) im Lichte der globalen marktwirtschaftlichen Wechselwirkungen zu bewerten sind.

Administrativ verankert sind die Wald-Reallabore in der **Serviceeinheit „Verbundversuche“**. Für diese ist mittel- und langfristig ein Personalbedarf von ca. 20 bis 30 Dauerstellen zu veranschlagen. Dieser setzt sich aus jeweils drei Personen pro Waldlabor (Koordination, Verbindungsperson zu den Forstbetrieben inklusive Unterstützung der Forschenden vor Ort, Aufbau und Wartung von Messgeräten, Mechatronik) sowie einigen Personen für die Betreuung des Praxisnetzwerks (Extensivansatz) zusammen. Das Personal soll durch eine zentrale Leitungsinstanz geführt werden, damit eine hinreichende Stringenz des Gesamtkonzepts gewährleistet ist. Es soll aber dezentral stationiert, also räumlich auf die regionalen Cluster verteilt werden, um eine enge Anbindung an die Akteure der regional zu betreuenden Standorten und Einrichtungen sicherzustellen. Für die Ausstattung der Wald-Reallabore können zum Teil die vorhandenen, durch Landesmittel finanzierten Infrastrukturen mitgenutzt werden. Für die überregional nutzbare Ausstattung ist ein zusätzliches Finanzbudget vorzusehen.

6.2 Digitale Räume, Syntheseplattformen

Gegenwärtig gibt es viele **Datenbestände aus terrestrischen Erhebungen**, die in vielen verschiedenen Formaten in zahlreichen Datenbanken von Behörden, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gespeichert sind. Viele dieser Daten sind ‚singulär‘ zugänglich, stehen jedoch in der Gesamtheit für kombinierte, zeitlich und räumlich erweiterte Auswertungen und Synthesearbeiten nicht zur Verfügung. Infolgedessen ist es derzeit zumeist nicht möglich, Datenbestände zu Wald und zu Holz überregional zusammenzuführen, obwohl dies zur Beantwortung wichtiger Fragen, die sich über Ländergrenzen hinausstellen, dringend erforderlich wäre. Gleiches gilt für sozioökonomische und ökologische Daten.

Durch die neuen technologischen Möglichkeiten im Bereich der **Fernerkundung (Satelliten, Drohnen)** ergeben sich große Potenziale zur fortlaufenden Erfassung von Waldstrukturen, Waldzustand und Walddynamik, zur Optimierung der Holzernteverfahren und der sich anschließenden Logistik bis hin zur Erkennung äußerlicher Holzeigenschaften (Baumart, Volumen, Stamm- und Astformen) einzelner Bäume. Solche Potenziale können jedoch von einzelnen Einrichtungen, wenn überhaupt, nur ansatzweise erschlossen werden. Daher ist zu empfehlen, zur Nutzbarmachung dieser neuen Datenquellen ebenfalls eine einrichtungsübergreifend abgestimmte Strategie zu erarbeiten und umzusetzen.

Auch im **Holzbereich** entstehen durch die Digitalisierung viele Möglichkeiten, eine breite Informationsbasis aufzubauen und für den gemeinsamen Erkenntnisfortschritt nutzbar zu machen. Das betrifft zum Beispiel die Erfassung der Holzrohstoffströme auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene, die differenzierte Erhebung der verbauten Rohstoffsortimente (insbesondere in langjährigen Bauanwendungen), die konsistente Abschätzung des Klimapotenzials der Holznutzung oder das Monitoring von Holzschäden und Schadorganismen. Die Erschließung geeigneter Datenquellen hierfür ist nicht nur eine technische oder organisatorische Herausforderung; es kommt auch darauf an, geeignete Anreizsysteme zu entwickeln, damit die Privatwirtschaft sich an der Datenerhebung und -lieferung beteiligt und im Gegenzug auch von diesem „gemeinsam Lernen“ profitieren kann.

Die Forschenden benötigen einen **unkomplizierten Zugang zu qualitätsgeprüften Datensätzen** mit leistungsfähigen operationellen Arbeitsabläufen. Die Bereitstellung solcher Zugänge, die Information über die Daten (Metadaten) und die Qualitätsprüfung der Daten sind Aufgaben, die einen erheblichen Aufwand verursachen und weder von der Wirtschaft noch von der Wissenschaft nebenbei miterledigt werden können. Beispielsweise besteht bei der Verfügbarmachung von Zeitreihendaten oft eine große Herausforderung darin, dass die Daten (z. B. durch veränderte Erhebungsmethoden) nur eingeschränkt vergleichbar sind. Hierauf muss in geeigneter Form hingewiesen werden. Außerdem müssen Werkzeuge oder persönliche Kontakte für eine bestmögliche Bewältigung solcher Herausforderungen vermittelt werden. Eine weitere Aufgabe des Zentrums ist auch die Klärung rechtlicher Fragen der Datennutzung. Gegebenenfalls sind Vereinbarungen für die Bereitstellung und gemeinsame Nutzung der Daten auszuarbeiten.

Die Entwicklung eines **gemeinsamen Auswerteraums** (einschl. der notwendigen Technologien) ist erforderlich, um die Forschenden beim Einsatz neuester Methoden zu unterstützen und für die schnelle Verbreitung methodischer Innovationen zu sorgen. Zentrale Elemente sind dabei Methoden- und Modell-Werkzeugboxen für die Datenassimilation aus vorhandenen und neuen Messnetzen sowie zur Klima-, Bodenwasser-, Waldstruktur- oder holzbezogenen Modellierung auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Ebenen. Dies beinhaltet die Nutzbarmachung moderner Methoden des Data-Science und der Künstlichen Intelligenz (KI), die für die Auswertung und Synthese allgemein verfügbar gemacht werden.

Sämtliche hier genannten Dateninfrastrukturen sind administrativ der **Serviceeinheit Daten & Modelle** zugeordnet, bei der mittel- und langfristig ein Personalbedarf von 30 Dauerstellen besteht. Neben ca. 5 Expert*innen für Systemadministration und High Performance Computing werden Gruppen à ca. 5-7 Personen zu folgenden spezifischen Aufgaben benötigt: (1) Datenmanagement nach den FAIR Prinzipien für die Erschließung vorhandener Datenquellen und für die Bereitstellung von Metadaten sowie von neu erhobenen

Daten, (2) Datenkuration für die inhaltliche Prüfung und Annotierung forstlicher Daten sowie die bedarfsbezogene Ergänzung mit Kovariaten aus anderen Domänen (z. B. Klimadaten, Merkmalsdaten, sozioökonomische Daten), (3) Anwendung und Entwicklung von KI-Methoden für die Analyse und Assimilation von großen Datenmengen z. B. aus der Fernerkundung oder von terrestrischen Sensorsystemen, (4) Applikationsprogrammierung für die Neuentwicklung von Sensor-Systemen („Digitaler Wald“), (5) Aufbau einer Modellierungsplattform, die eine breite Palette von Modellen für verschiedene Szenarienwendungen und Prozessanalysen zur Verfügung stellt und Modellierungsvorhaben gezielt unterstützt. Diese Einheiten müssen nicht in einem physischen Zentrum verortet sein, sollten aber auch bei räumlicher Verteilung über eine dezidierte Governance gemeinsam geführt werden.

6.3 Capacity Building im Transformationsprozess

Die Rahmenbedingungen für den Wald- und Holzbereich verändern sich gegenwärtig sehr schnell. Hier wirken sich nicht nur die Folgen des Klimawandels aus, sondern auch die veränderten gesellschaftlichen Anforderungen (Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, biologische Vielfalt, Bioökonomie, Erholung, Wasser), die Globalisierung der Wirtschaft und die Digitalisierung. Durch die Etablierung eines nationalen Zentrums Wald- und Holzforschung soll die Wissenschaft in die Lage versetzt werden, auf die neuen Herausforderungen schnell und kraftvoll zu reagieren, damit sie neue Orientierungen liefern kann. Damit die neuen Erkenntnisse und Einschätzungen die gesellschaftlichen Transformationsprozesse bestmöglich unterstützen können, sollten sie möglichst schnell im Wald- und Holzsektor, aber auch in der interessierten Bevölkerung verbreitet werden.

Um diesen Wissenstransfer zu leisten und das lebenslange Lernen auf allen Ebenen zu unterstützen, müssen die Ergebnisse der Wissenschaft synthetisiert, interdisziplinär eingeordnet und so „übersetzt“ werden, dass sie für die verschiedenen Zielgruppen gut verwertbar sind. Daher ist es innerhalb des Sektors erforderlich, umfassende Schulungs-, Trainings-, Austausch- und Weiterbildungsaktivitäten anzubieten. Diese Schulungen durchzuführen, ist nicht Aufgabe des nationalen Zentrums, denn dafür sind andere Einrichtungen zuständig. Das Zentrum sollte jedoch im Sinne von „train the trainers“ auf einer übergeordneten Ebene ansetzen, indem es vor allem Ergebnisse von überregionaler Gültigkeit an seine Mitglieder weitergibt, die sie in regionale Weiter-, Schulungs- und Fortbildungen einfließen lassen können. Ebenso wäre eine zentrale Stelle von großer Bedeutung, die einerseits selbst Trainingskonzepte und -material erarbeitet und andererseits effizient kooperierende Netzwerke zwischen Schulungs- und Trainingseinrichtungen auf nationaler Ebene initiiert und entwickelt. Digitale Formate spielen dabei eine zentrale Rolle. Für eine effektive und effiziente Umsetzung sollten die vorhandenen Ressourcen gebündelt werden. Überregional relevante Inhalte können so auf bestmögliche Weise aufbereitet werden; anschließend können sie auf die regionalen Belange zugeschnitten oder mit lokalen Praxisbeispielen bereichert werden.

Eine wichtige Facette des Capacity Building ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Daher sollte unter dem Dach des nationalen Zentrums für Wald- und Holzforschung eine gemeinsame Graduiertenschule eingerichtet werden, die fachliche und überfachliche Angebote für die Qualifizierung von Nachwuchswissenschaftler*innen in den Forschungsprojekten schafft. Die Angebote können arbeitsteilig durch die Mitgliedseinrichtungen bereitgestellt werden, ergänzend können internationale Expert*innen angeworben werden. Im Zentrum sollten auch Strukturen geschaffen werden, die wissenschaftliche Karrieren planbarer und somit attraktiver machen, um die besten Köpfe für die Forschung gewinnen und halten zu können. Dazu gehört auch die Einrichtung von Nachwuchsgruppen mit 5-6-jähriger Laufzeit.

Die **Geschäftsstelle** benötigt für diese Aufgaben im Capacity Building sowie für die Organisation der verschiedenen Bereiche des Zentrums (einschließlich der internen und externen Kommunikation) 3 dauerhafte Personalstellen des höheren Dienstes. Außerdem ist ein zusätzliches jährliches Budget für die Vergabe von Aufträgen an Dritte erforderlich.

7 Ausblick

Anlass für das vorliegende Konzept sind die großen Umbrüche und Herausforderungen, vor denen der Wald- und Holzbereich derzeit steht. In der Arbeitsgruppe bestand sehr schnell Einigkeit darüber, dass es sich bei diesen Herausforderungen nicht um Merkmale einer vorübergehenden Krise handelt, die von selbst wieder verschwindet. Vielmehr stellen sich grundsätzliche Fragen zur künftigen Ausrichtung des Wald- und Holzbereichs im Kontext des Klimawandels und zunehmend divergierender gesellschaftlicher Anforderungen an Wälder. Bei der Suche nach Antworten ist die Wald- und Holzforschung mehr denn je gefordert.

Eine Stärkung dieses Forschungsbereichs in dem Sinne, dass die bestehenden Forschungsstrukturen mit zusätzlichen Finanzmitteln für befristete Forschungsprojekte gefördert werden, reicht nach Einschätzung der Arbeitsgruppe nicht aus. Im Gegenteil: Um die neuen Herausforderungen zu bewältigen und dabei die neuen Möglichkeiten (z. B. Digitalisierung) voll ausschöpfen zu können, sind neben fortgesetzter Projektförderung weitreichende strukturelle Anpassungen der Forschungslandschaft erforderlich.

Das vorliegende Konzept zeigt hierfür einen Weg auf, der schnell beschritten werden kann. Es soll schnellstmöglich Antworten auf die drängenden Fragen von Waldbesitzer*innen, Politik und Gesellschaft liefern, aber auch Infrastrukturen schaffen, die die Leistungsfähigkeit der deutschen Wald- und Holzforschung langfristig und nachhaltig verbessern wird. Das wird auch zu einer signifikanten Erhöhung der internationalen Sichtbarkeit führen.

Das Konzept wird dem föderalen Aufbau der deutschen Forschungslandschaft gerecht und wahrt die Eigenständigkeit der vorhandenen Einrichtungen auf Landes- und Bundesebene. Zugleich fordert es die Forschungseinrichtungen auf, sich in einen überregionalen Verbund einzubringen, welcher (a) vorhandene Stärken zusammenführt, (b) gemeinschaftliche strategische Planungen, Forschungsinitiativen und Auswertungen ermöglicht und (c) gemeinsam nutzbare Infrastrukturen entstehen lässt.

Es ist offenkundig, dass dieses Konzept nur funktionieren kann, wenn es vom Bund, von den Ländern und von den Forschungseinrichtungen unterstützt wird. Die Arbeitsgruppe hat bewusst darauf verzichtet, zu den noch offenen Fragen (beispielsweise zur Lastenverteilung, zur rechtsförmlichen Gestaltung des nationalen Zentrums oder zu Standorten des Service Centers) weitere Konkretisierungen vorzuschlagen, denn sie möchte der politischen Meinungsbildung hierüber nicht vorgreifen.

AG Wald- und Holzforschung – Abschlussbericht – Anhänge

Mitglieder der Arbeitsgruppe: Folkhard Isermeyer, Georg Teutsch, Christian Ammer, Jürgen Bausch, Thomas Böckmann, Andreas Bolte, Nina Farwig, Annette Hafner, Anke Höltermann, Bohumil Kasal, Hans Joachim Klemmt, Frank Ordon, Peter Pröbstle, Klaus Richter, Ulrich Schraml, Christian Wirth, Markus Wolperdinger

Bearbeiter*innen: Folkhard Isermeyer, Georg Teutsch, Andreas Bolte, Sonja Knapp, Julian Wendler, Bernd Degen, Birgit Kersten, Peter Elsasser, Hans-Walter Roering, Joachim Rock, Shah Rukh, Andreas Krause, Volker Haag, Martin Nopens, Göran Schmidt

Braunschweig und Leipzig, 28. Mai 2021



Inhalt

Anhang A: Ergebnisse der Befragung der in Deutschland tätigen Forschungseinrichtungen, Verbände und Projektträger der Wald- und Holzforschung	1
A1 Ziele und Inhalte der Befragung	1
A2 Ergebnisse der Befragung	2
A2.1 Ist-Zustand der Forschungskapazitäten	2
A2.2 Wissenslücken und Schwächen in der Wald- und Holzforschung	5
A2.2.1 Fachthemen	6
A2.2.2 Gesellschaftliche Themen	12
A2.2.3 Wissenschaftsstruktur	13
A2.3 Internationale Vorbilder und ihre Vorbildfunktion	14
A2.4 Nationale und internationale Vernetzung	16
Anhang B: Bibliometrische Analyse der aktuellen inhaltlichen Ausrichtung der (i) internationalen Forschung insgesamt und in Deutschland sowie (ii) der praxisorientierten Forschung in Deutschland zu Wald und Holz	19
B1 Internationale Forschung - Wald	19
B2 Internationale Forschung – Holz	24
B3 Deutschsprachige Fachliteratur mit Praxisbezug zu Wald und Holz	28
Anhang C: Bestehende und im Aufbau befindliche Infrastrukturen der deutschen Wald- und Holzforschung	31

Anhang A: Ergebnisse der Befragung der in Deutschland tätigen Forschungseinrichtungen, Verbände und Projektträger der Wald- und Holzforschung

A1 Ziele und Inhalte der Befragung

Die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und für Bildung und Forschung (BMBF) haben eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die Vorschläge zur Stärkung der deutschen Wald- und Holzforschung erarbeiten soll. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) ist ebenfalls beteiligt. Anlass für die Bildung der Arbeitsgruppe sind die großen neuen Herausforderungen, die insbesondere durch den Klimawandel entstehen. Die Arbeitsgruppe besteht aus 16 Expertinnen und Experten der Länder- und Bundesressortforschung sowie der universitären und außeruniversitären Forschung im Bereich Wald- und Holzwissenschaft.

In der Auftaktsitzung am 9. November 2020 hat die Arbeitsgruppe beschlossen, in einer Befragung (a) eine umfassende Bestandsaufnahme der Ist-Situation vorzunehmen und (b) allen einschlägig tätigen Forschungseinrichtungen und Verbänden die Möglichkeit zu geben, ihre Anregungen in die Arbeit der Arbeitsgruppe einzubringen.

Folgende sechs Fragen wurden am 17. November 2020 in einer ersten Erhebung an insgesamt 82 Forschungseinrichtungen und 62 Verbände (für Letztere ohne Frage 2 und 6) gerichtet und in einer Zweiterhebung (ohne Frage 1) am 7. Januar 2021 an weitere 40 Einrichtungen versandt (insgesamt 184 Adressaten):

1. Ist die beigefügte Liste der Forschungseinrichtungen aus Ihrer Sicht vollständig? Welche Einrichtungen sollten ergänzend in die Umfrage einbezogen werden?
2. Wie viele unbefristet Beschäftigte (höherer Dienst, in Vollzeitäquivalenten) sind in Ihrer Einrichtung in Forschung (incl. Monitoring und wissenschaftliche Beratung) und Lehre (a) im Bereich Wald und (b) im Bereich Holz tätig? (*nicht an Verbände gerichtet*)
3. Wo liegen (vor dem Hintergrund der künftigen Herausforderungen) aus Ihrer Sicht die gravierendsten Schwachstellen bzw. Wissenslücken in der Wald- und Holzforschung Deutschlands? Welche Lösungsvorschläge haben Sie?
4. Sehen Sie in einem anderen Land der Welt vorbildliche Entwicklungen in der Wald- und Holzforschung, an denen wir uns orientieren könnten? Worin besteht diese Vorbildfunktion?
5. Wie beurteilen Sie die nationale und internationale Vernetzung der Wald- und Holzforschung? Haben Sie Vorschläge zur Verbesserung der Zusammenarbeit?
6. Welche Drittmittelprojekte mit Bezug zu Wald und Holz (Mittelvolumen >100.000 €) haben Sie an Ihrer Einrichtung in den letzten fünf Jahren abgeschlossen/ durchgeführt? (*nicht an Verbände gerichtet*)

Bis zum 26.01.2021 sind 77 Antworten (42% Rücklauf) eingetroffen, davon 67 von Forschungseinrichtungen (55% Rücklauf) und 10 von Verbänden (16% Rücklauf). Angaben zu unbefristet Beschäftigten (Frage 2) kamen von 44 Einrichtungen (36%) und zu Drittmittelprojekten (Frage 5) von 54 Einrichtungen (44%).

A2 Ergebnisse der Befragung

Die Ergebnisse der Befragung finden sich in den vier folgenden Kapiteln. Zunächst werden die aktuellen **Forschungskapazitäten** (Dauerstellen-Kapazitäten, Drittmittelaufkommen, Fragen 2 und 6) dargestellt. Es schließt sich eine **Stärken-Schwächen-Analyse** der Wald- und Holzforschung in Deutschland an (Frage 3) und eine Analyse, welche Länder und Einrichtungen **Vorbildfunktion** für eine Stärkung der Forschung haben können und worin diese besteht (Frage 4). Eine Bewertung der nationalen und internationalen **Vernetzung** der Wald- und Holzforschung (Frage 5) schließt die Ergebnisdarstellung ab. Wichtige Schlussfolgerungen enthält das Fazit am Ende.

A2.1 Ist-Zustand der Forschungskapazitäten

Die aktuellen Forschungskapazitäten lassen sich einerseits anhand des unbefristeten **Dauerstellenpersonals** und andererseits durch das **Drittmittelaufkommen zu Wald- und Holzforschungsthemen** abbilden.

Tabelle A1: Personalkapazität: Wissenschaftler-Dauerstellen, Vollzeit-Äquivalente nach Typus der Einrichtung gegliedert (die drei höchsten Werte in **Fettdruck**)

Vollzeit-Äquivalente (auf 0,5 gerundet)	ANZAHL EINRICHTUNGEN	DAUERPERSONAL WALDFORSCHUNG	DAUERPERSONAL HOLZFORSCHUNG	DAUERPERSONAL GESAMT
Ressortforsch. Land	10	264,5	4,5	269,0
Universitäten	13	187,0	73,5	260,5
Hochschulen	12	62,0	75,5	137,5
Ressortforsch. Bund	4	65,0	13,0	78,0
Außeruniv. Forschung	11	32,5	54,5	87,0
Sonstige Forschung	6	10,5	12,0	22,5
Gesamt	49	621,5	233,0	854,5

Die Rückmeldungen und zusätzliche Schätzungen ergeben, dass rund **850 Vollzeitäquivalente an Dauerstellenausstattung** für die Wald – und Holzforschung zur Verfügung steht. Etwa **70% der Stellen** entfallen auf die **Waldforschung** und **30%** auf die **Holzforschung** (Tabelle A1). Starke Waldforschungskapazitäten besitzen die Ressortforschungseinrichtungen der Länder, Universitäten und mit etwas Abstand die Bundesressortforschung und die Hochschulen. In der Holzforschung sind die Universitäten sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen (besonders WKI-Fraunhofer, Braunschweig) sowie Hochschulen gut ausgestattet. Es folgen die Ressortforschung des Bundes

und sonstige Forschungseinrichtungen (z.B. MPA Eberswalde). Die Länder-Forschungsanstalten betreiben so gut wie keine Holzforschung.

Tabelle A2: Personalkapazität: Wissenschaftler-Dauerstellen, Vollzeit-Äquivalente nach regionalen Clustern gegliedert (die drei höchsten Werte in **Fettdruck**)

Regionales Cluster	Einrichtungen	DAUERPERSONAL WALDFORSCHUNG	DAUERPERSONAL HOLZFORSCHUNG	DAUERPERSONAL GESAMT
Göttingen	Uni Göttingen, HAWK, NW-FVA	124,5	12,0	136,5
München, Freising, Weihenstephan	TU/LMU München, LWF, HWST	104,0	14,0	118,0
Dresden, Tharandt, Graupa	TU Dresden, Sachsen-Forst Graupa	68,5	34,0	102,5
Freiburg	Uni Freiburg, FVA Freiburg	72,0	6,5	78,5
Eberswalde	HNE, LFE, Thünen EW, MPA	57,5	19,5	77,0
Braunschweig	TU BS, JKI, WKI Fraunhofer	3,0	53,0	56,0
Hamburg	Uni Hamburg, Thünen HH/GHD	32,0	16,0	48,0
Leipzig/Halle	Uni Halle-Wittenberg, UFZ, iDiv, DBFZ	25,5	4,5	30,0

Die Forschungskapazitäten sind regional unterschiedlich verteilt und konzentrieren sich vorwiegend in **acht regionalen Clustern**, die z.T. auch schon in Zentren und engen Kooperationen organisiert sind (Tabelle A2). Fast **80% der Waldforschungs-Dauerstellen** und **70% der Holzforschungs-Dauerstellen** sind durch die Cluster abgedeckt. Die personalstärksten drei Waldforschungscluster finden sich in Göttingen, München-Freising und Freiburg, in der Holzforschung in Braunschweig, Dresden-Tharandt-Graupa und Eberswalde. In der Zusammensetzung der regionalen Cluster spielen je nach Standort Universitäten (Uni Göttingen, Freiburg und Hamburg, TU München und Dresden), Hochschulen (HAWK, HWST, HNE), Landes- und Bundesressortforschung (NW-FVA, FVA Freiburg, LWF, LFE, Sachsen-Forst Graupa, Thünen-Institut) und einzelne sonstige Forschungseinrichtungen (WKI Braunschweig, UFZ Leipzig, MPA Eberswalde) eine Rolle.

Beim **Drittmittelaufkommen in der Wald- und Holzforschung** wurden zum einen die Projektträger im Geschäftsbereich des BMEL (FNR, BLE) und des BMBF (PT-DLR, PT-J, PT-VDI, BIBB) abgefragt. Hierbei wurden 1309 Projekte bzw. Teilprojekte mit einem **Gesamtvolumen von ca. 410 Mio. Euro** erfasst (Tabelle A3). Zum anderen wurden die Rückmeldungen von **54 Forschungsinstitutionen** mit insgesamt 929 Projekten und einem **Gesamtvolumen von etwa 280 Mio. Euro** ausgewertet (Tabelle A4). Allerdings wurden nur für 86% der Projekte auch Angaben zum Budget geliefert. Die Forschungseinrichtungen sollten dabei alle Drittmittelprojekte unabhängig von der fördernden Institution (Projektträger) melden. Hierbei sind dann neben Projekten mit Förderung durch verschiedene Bundesministerien (BMEL, BMBF, BMU, BMWI) auch Projekte der DFG, DBU, EU-Projekte und Projekte mit Finanzierung durch die Bundesländer und die Privatwirtschaft aufgelistet.

Die Auswertung beider Datenquellen lässt eine Einschätzung zu, wer die Drittmittelforschung zu den Bereichen Wald und Holz hauptsächlich finanziert (Tabellen A3, A4). Allerdings lassen die Beschränkung auf die Projektträger des BMBF und BMEL (BMEL und BMU beim Waldklimafonds) und fehlende Rückmeldungen eines Teils der Forschungseinrichtungen keinen vollständigen Überblick zu und machen auch keine aussagekräftige Gliederung der Auswertung getrennt nach Wald- und Holzforschung möglich.

Tabelle A3: Beiträge der Projektträger im Geschäftsbereich BMEL und BMBF zu Drittmittelprojekten (Zeitraum 2015 bis 2020)

Ministerium	Projektträger	Anzahl Projekte bzw. Teilprojekte	Fördersumme (Euro)	Relativer Anteil bezogen auf die Fördersumme
BMEL (BMU)*	FNR**	791 (260 WKF)	227.139.681	55,4% (20,6%)
BMEL	BLE	186 (138 WKF)	67.838.300	16,5% (13,0%)
BMBF	PT-DLR	111	44.289.101	10,8%
BMBF	PT-J	198	64.525.307	15,6%
BMBF	PF-VDI	10	5.073.946	1,2%
BMBF	BIBB	3	1.000.009	0,2%
Summe		1309	409.866.344	100%

*Der Waldklimafonds (WKF) wird gemeinsam von BMEL und BMU getragen.

**56 Projekte des Waldklimafonds (WKF) sind durch den Wechsel der Projektträgerschaft im Jahre 2019 sowohl bei der BLE als auch FNR gelistet. Diese Projekte wurden zur Vermeidung von Doubletten nur bei der FNR gezählt.

Tabelle A4: Beiträge verschiedener Geldgeber an den Drittmittelprojekten von 54 Forschungseinrichtungen (Zeitraum 2015 bis 2020)

Geldgeber (Projektträger)	Anzahl (Teil-)Projekte	Relativer Anteil Projektanzahl
BMEL (FNR*, BLE,), tlw. mit BMU	319	34,3%
DFG	123	13,2%
BMBF (PT-DLR, PT-J, PT-VDI)	92	9,9%
Länder	90	9,7%
EU	73	7,9%
BMWI	73	7,9%
BMU**	27	2,9%
Wirtschaft	20	2,2%
DBU	19	2,0%
Sonstige	93	10,0%
Summe	929	100,0%

*FNR-Projekt im Waldklimafonds werden von BMEL und BMU gemeinsam getragen.

**ohne BMU-Anteil im Waldklimafonds (WKF)

Die Drittmittelförderung der **Bundesministerien BMEL, BMBF, BMU und BMWI** spielt mit **55% Anteil** eine entscheidende Rolle für die Wald- und Holzforschung der 54 berücksichtigten Einrichtungen (Tabelle A4). Dabei ist die Förderung durch das BMEL (z.T. zusammen mit dem BMU beim Waldklimafonds, WKF, Tabelle A3) und des BMBF mit 44% Förderanteil (Tabelle A4) von hoher Bedeutung und bestätigt die direkte Einbindung der beiden Ministerien, deren Projektträger und des BMU in die Arbeitsgruppe Wald- und Holzforschung. Insbesondere für die Universitäten ist zudem die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) mit 13% Anteil eine wichtige Förderinstitution. EU-Projekte (8% Anteil) haben derzeit nur eine geringere Bedeutung. Die Finanzierung der Drittmittelforschung durch die Bundesländer, vorwiegend in der Waldforschung, ist mit knapp 10% Anteil auch insgesamt weniger bedeutsam. Allerdings kann diese Förderung einen wichtigen Beitrag der Waldforschung insbesondere in den Ressortforschungseinrichtungen der Länder beitragen. Wegen geringer Rückmeldungen hierzu ist aber keine gesicherte Aussage möglich. Ebenfalls weniger Anteil (2%) hat die Forschungsförderung, insbesondere der Holzforschung, durch die Privatwirtschaft.

Die überschlägige Zuordnung der Projektmeldungen zur Wald- oder Holzforschung mit dem Suchbegriffen zum Thema „Holz“ ergab bei rund 43% der Projekte einen Treffer. Dieselben Suchbegriffe lieferten bei den Meldungen der Forschungsinstitute in 17% eine Übereinstimmung. Dies bestätigt die Annahme, dass die **Förderung** in ähnlicher Aufteilung wie bei den Dauerstellen-Kapazitäten überschlägig zu **2/3 in die Waldforschung** und zu **1/3 in die Holzforschung** geht. Förderung erfolgt mit Schwerpunkten in der Waldforschung durch den Waldklimafonds (WKF), BMU, DBU und die Bundesländer, während die Holzforschung besonders von Forschungsförderung des BMWI und der Wirtschaft profitiert. BMEL (außerhalb WKF), BMBF, DFG und EU fördern in beiden Bereichen.

A2.2 Wissenslücken und Schwächen in der Wald- und Holzforschung

Eine systematische oder statistische Auswertung der Rückmeldungen zu Schwächen und Wissenslücken in der Wald- und Holzforschung (Frage 3) war nicht möglich, weil die Antworten in Länge, Struktur und Detailtiefe stark variierten. Die Auswertung folgte daher einem subjektiven Clustern der Beiträge und freihändigem Zusammenfassen. Eine Qualitätskontrolle erfolgte anhand getrennter Clusterbildung durch UFZ und Thünen; die hohe Übereinstimmung bei diesem Vorgehen unterstreicht die Eindeutigkeit der Rückmeldungen. Ziel der Auswertung war, häufig genannte Themen zu identifizieren und gemeinsame oder widersprüchliche Antworten zu verdichten. Diese Antworten spiegeln ebenfalls die subjektiven Sichtweisen der Befragten wider.

Die vorgelegte Zusammenfassung bietet einen Überblick von häufigen Themen, die den drei Überschriften **Fachliche Themen**, **Gesellschaftliche Themen** und **Wissenschaftsstruktur** zugeordnet werden können. Die Zahlen in den Fußnoten verweisen auf die Antworten, aus denen die Zusammenfassung erstellt wurde. Jede Zahl steht für die laufende Nr. einer Organisation in den zusammengefassten Antworten.

A2.2.1 Fachthemen

(1) Waldgesundheit und Waldschutz

Der Klimawandel ist aktuell in der Forstwirtschaft das beherrschende Thema. Es ist somit nicht überraschend, dass die Notwendigkeit einer Klimafolgenforschung angemahnt wird. Der Klimawandel führt für alle sichtbar zu großen Problemen bei der Waldgesundheit. Dies betrifft nicht nur die klimabedingten direkten abiotischen Schäden (Dürre, Waldbrand, Sturm), sondern auch die zumeist biotischen Sekundärschäden. Hier wird insbesondere Forschungsbedarf erkannt in der Interaktion zwischen Baum und Pathogen/Schädling, die sich durch die veränderten Klimabedingungen geändert hat und weiter ändert. In diesem Kontext sind auch Neobiota ein Thema. Hier entsteht Forschungsbedarf durch neu entstehende, bisher unbekannte Wirt-Pathogen-Beziehungen. Die Lösung wird (auch hier) in einer **Intensivierung der interdisziplinären Forschung** gesehen, die ökologische Fragen der **Wirt-Pathogen Beziehung (inkl. genetischer Fragen der Koevolution)** mit **biochemischen und physiologischen Fragen der Wirtsbäume sowie der Schädlinge bzw. Krankheitserreger** verknüpft. Dies wird als wesentliche Forschungsvoraussetzung für Waldanpassungsmaßnahmen gesehen. Dazu gehört auch ein verbessertes, langfristiges **Waldgesundheits- und Waldschutz-Monitoring**.

(2) Anpassung an den Klimawandel

Vor dem Hintergrund der globalen Klimaerwärmung wird von vielen Befragten ein breiter Forschungsbedarf zur Anpassung der Wälder identifiziert. Dieser reicht von der **Einzelbaumebene** (z.B. Vulnerabilität und Risiken gegenüber Trockenheit, Anpassungspotenziale heimischer und gebietsfremder Baumarten/Provenienzen/Genotypen) über die **Bestandesebene** (Erprobung unterschiedlicher klimaangepasster Managementsysteme und Baumarten-Mischungen) bis zur **Ökosystemebene** (Anpassungsprozesse in den Ökosystemen u.a. nach Extremereignissen, Reaktionen auf forstliche Eingriffe als Stressoren). Es wird ein **Ausbau der Langzeitmonitoringprogramme** (WZE, BZE, Level 2) und deren Erweiterung um **Reaktions-, Wildverbiss- und Biodiversitäts-Indikatoren** sowie die Bearbeitung **sozioökonomischer Fragen** vorgeschlagen. Ebenfalls sollen nahezu real-time fähige Monitoringsysteme auf der Basis von Satellitendaten aufgebaut werden. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf **Prävention, Erkennung, Überwachung und Bekämpfung von Waldbränden** gerichtet sowie auf deren Folgen (z.B. für Elementkreisläufe). Neben adaptationsorientierten Aspekten spielen bei den genannten Stichpunkten auch die Mitigationseffekte von Wäldern und Holzverwendung eine Rolle.

(3) Genetik und Züchtung

Die **Genetik** wird übergreifend als wichtige **moderne Methode zum Schutz und zur Stabilisierung der Wälder** vor allem im Kontext des Klimawandels bewertet. Derzeit ist unsicher, welche Bäume in Zukunft gepflanzt werden sollten, damit der Wald widerstandsfähiger gegenüber den sich ändernden Klima- und Witterungsbedingungen wird, wichtige Ökosysteme erhalten bleiben und die multifunktionale Nutzung der Wälder geplant und kontinuierlich gewährleistet werden kann. Im

Vordergrund stehen hierbei die **Züchtung und Identifizierung widerstandsfähiger bzw. trocken- und schädlingstoleranter sog. Zukunftsbäume**. Als Schlüsseltechnologien spielen vor allem die modernen Züchtungs- und Vermehrungsmethoden, die nicht-invasive Pflanzenphänotypisierung und die Identifikation anpassungsrelevanter Gene eine wichtige Rolle. Ziel sind „**genetische Inventuren**“ bei denen die Zusammensetzungen der Wälder in Bezug auf genetisch bedingte Anpassungsfähigkeit bewertet wird und daraus Empfehlungen für den Waldumbau abgeleitet werden.

(4) **Boden und Wasser**

Das Thema Boden und Wasser wurde mehrfach angesprochen. In Zeiten des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf den **Bodenwasserhaushalt und damit auch auf die Interaktion zwischen Boden und Baum** wird ein hoher Forschungsbedarf gesehen. So wird z.B. eine Bodenqualitätskartierung im Interesse einer nachhaltigeren Holzentnahme gefordert. Zudem werden im Bereich Boden und Wasser Defizite in der **interdisziplinären Forschung** ausgemacht, da hier Forschungen in den Bereichen **Baum-/Wurzelphysiologie, Bodenbiologie; Mykorrhizaforschung, Bodenchemie, Bodenhydrologie und Bodenökologie** verzahnt werden müssen. Hier sind auch wichtige Verbindungen zur hydrologischen Forschung zu beachten. In einem solchen interdisziplinären Ansatz wird auch eine Lösung dieses Forschungsdefizites gesehen. Zudem wird diese Forschung als eine erforderliche Grundlage für eine individuenbasierte Waldwachstumsforschung erachtet.

(5) **Biodiversität und Naturschutz**

Wissenslücken im Bereich der Grundlagenforschung werden v.a. in drei Bereichen erwähnt, z.B. in Bezug auf die Krautschicht und ihre Reaktionen auf Waldmanagement und Klimawandel, auf die Rolle der Pilze als Symbionten wie auch als Pathogene sowie übergreifend auf ein **umfassenderes Verständnis von Ökosystemprozessen, -interaktionen und -stabilität**. Für den Waldnaturschutz werden verbesserte Informationsgrundlagen durch entsprechendes Monitoring im Allgemeinen gefordert, sowie im Speziellen Untersuchungen zur **Wirkung von Waldmanagement und Holznutzung auf Biodiversität, Umwelt und Klima**. Darüber hinaus wird angemahnt, **Forschung in Naturwäldern/unbewirtschafteten Wäldern verstärkt als Referenz zum Wirtschaftswald** zu nutzen (z.B. zu Zuwachs, Biomasseallokation, Klimaregulierung, Wasserhaushalt) und die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf Wirtschaftswälder zu prüfen.

(6) Wald im Kontext anderer Landnutzungen

Einige Antworten regen eine Perspektiverweiterung durch **Überwindung sektor- bzw. landnutzungsspezifischer Begrenzungen** an, und zwar einerseits in Bezug auf die konkrete Bewirtschaftung, andererseits auf die jeweiligen Analyseansätze. Die Stichpunkte zu Ersterem sind **Urban Forestry / Bäume in der Stadt** sowie **Agroforestry**, d. h. die Untersuchung der Potentiale und Grenzen halboffener agro-forstlicher Nutzungssysteme. In Bezug auf Analyseansätze werden landnutzungsübergreifende Forschungsansätze angeregt, ökologisch (**Waldökosysteme in Interaktion mit anderen Ökosystemen**) wie auch wirtschaftlich (**Interaktion v.a. zwischen Wald- und Landwirtschaft auf Betriebs- und Landschaftsebene**), um die Wirkung der entsprechenden Interaktionen mit erfassen zu können. Ein wichtiger Aspekt ist dabei auch die Wechselwirkung von Wildtieren und (geänderter) Landnutzung, einerseits in der Gestaltung der Landschaft als Wild-Lebensraum, andererseits in der Schadwirkung von Wildtieren auf Wald- und Agrarnutzung. Lösungsansätze werden u.a. durch entsprechende Verbundforschung gesehen.

(7) Ökosystemleistungen

Aufgrund der traditionellen Ausrichtung der Forstwirtschaft auf die Holzproduktion bestehen aus Sicht der befragten Einrichtungen große **Wissensdefizite in Bezug auf die weiteren Ökosystemleistungen (ÖSL) der Wälder**. Dies betrifft generell die **Qualität, die Quantität und den (monetären) Wert** der bereitgestellten Leistungen, deren Wechselwirkungen, ihre **Veränderung durch den Klimawandel und ihre Beeinflussbarkeit durch unterschiedliche Waldbausysteme** (als konkrete Beispiele werden Kohlenstoffspeicherung im Boden, die Auswirkungen der Waldbewirtschaftungsarten auf den Wasserhaushalt, Tourismus und Gesundheitsauswirkungen von Wäldern genannt). Für eine verbesserte Informationsgrundlage wird die Entwicklung von inventurgeeigneten Indikatoren, die Durchführung entsprechender Inventuren sowie ein Monitoring im Zeitverlauf vorgeschlagen. Zudem seien Analysen der **Wald-Mensch-Beziehungen** in Bezug auf ÖSL erforderlich, die die Angebots- wie auch die Nachfrageperspektive umfassen und zu einer Balance zwischen Sicherung der ÖSL, Akzeptanz forstlicher Maßnahmen in der Bevölkerung und marktorientierter Waldnutzung beitragen. Weiterhin wird Forschungsbedarf zur **Akzeptanz ÖSL-orientierter Waldbewirtschaftung durch die Politik sowie durch Multiplikatoren** (Medien) angemahnt.

(8) Politikanalysen, forstliche Sozialwissenschaften

Als übergeordnete Themen werden **Entstehung, Umsetzung und Wirkungen der Waldpolitik** (bzw. alternativer Waldpolitiken) identifiziert, auch in Form länderübergreifender **Politikfolgenabschätzungen**; derartige Untersuchungen seien durch die generelle Minderausstattung der forstlichen Sozial- und Geisteswissenschaften vernachlässigt worden. Konkrete Beispiele sind Forschungen zum **Einfluss demographischer Veränderungen auf Waldnutzung, Waldnutzungsziele und Waldeigentum**, die **gesellschaftliche Akzeptanz veränderter Waldbilder und Leistungsdarangebote** unter dem Klimawandel, die Nachhaltigkeit von Produktion und Konsum (einschließlich der Ökobilanzierung von Wald- und Holzprodukten). Mit stärker ökonomischer Ausrichtung werden Wertschöpfungsanalysen, Monitoring zu Waldnutzung und Waldbesitz (z.B. in Form von Betriebsvergleichen)

sowie monetäre Umweltbewertungen als Teil umfassender gesamtgesellschaftlicher Bewertungen benannt. Beispiele aus dem Bereich Arbeitswissenschaften sind Gesundheitsschutz, Unfallforschung, psychologische Aspekte und Qualifizierung des Fachpersonals. Es wird angeregt, auch bei waldökologischen Forschungsprojekten Waldnutzungsaspekte grundsätzlich mit zu bedenken.

(9) Fernerkundung

Als eine Schwachstelle werden **unzureichende Informationsgrundlagen über Wälder und deren Zustand** benannt. Dadurch besteht Bedarf an möglichst **hoch aufgelösten, flächendeckenden und zeitlich hoch aufgelösten (Monate) Bestandesinformationen** durch Waldinventuren und Fernerkundung. Lösungsvorschläge umfassen methodische Untersuchungen zur verbesserten Nutzung des Potentials der Fernerkundung (z.B. zur Erkennung von Schadursachen in FE-Daten) sowie die **Kombination von terrestrischen und Satellitenerhebungen**, um punktuelle Inventuren effizient verdichten und interpolieren zu können und Punktdaten aus einzelnen Waldbeständen auf Modellbasis so hochskalieren zu können, dass sie auch belastbare Informationen auf Landschaftsebene liefern.

(10) Digitalisierung

Zur digitalen Infrastruktur wurden zahlreiche Hinweise abgegeben. Diese betreffen insbesondere die **Datenspeicherung und Datenzugänglichkeit**. Große Herausforderungen sind außerdem **industrielle Anforderungen** (Mechatronik im Holzingenieurwesen; Integration von Sensor- und Informationstechnologien; Industrie 4.0) sowie die Anforderungen an neue Daten in den Forstwissenschaften (Precision Forestry). Bisher werden Daten meist an verschiedenen Orten lokal gespeichert. Diese fragmentierte Datenhaltung in einzelnen Institutionen ohne die Abrufmöglichkeit für externe Einrichtungen wird als limitierender Faktor für die Methoden-, Themen- und regionenübergreifende Forschung genannt. In diesem Zusammenhang wurde die fehlende Digitalisierung bereits bestehender Daten aus der Vergangenheit sowie nicht vorhandene, systematische Qualitätsprüfungen der vorhandenen Datenbestände festgestellt.

Vorschläge zur Verbesserung sind hier unter anderem: die **Zugänglichkeit von Daten nach einer Embargozeit**, eine allgemeine und automatische **Datenspeicherung in einem Cloudsystem**; Nutzung innovativer Erfassungsmethoden; die digitale Dokumentation von Monitoringergebnissen und die **bessere Verfügbarkeit von Daten und Zusammenarbeit zwischen Behörden und Universitäten**. Mit der Förderung reiner Digitalisierungsprojekte von Alt-Daten (Speicherung in einem einheitlichen Datenzentrum) zur Schaffung von Grundlagen für zukünftige Forschungen könnte die Auswertung mittels computergestützter Verfahren wie **Modellierung, Big Data, Machine Learning** gelingen. Damit könnten auch zukünftige Szenarien analysiert und Handlungsoptionen bewertet werden. Nicht zuletzt auch aus Sicht der Öffentlichkeitsarbeit ist die **Informationsübertragung entlang der Wertschöpfungskette Holz bis zum Endkunden** eine wünschenswerte Maßnahme.

(11) Holzbau

Der Holzbau ist ein häufig genanntes Thema. Die Ziele im Holzbau werden in der Steigerung der Holzbauquote, Verbesserung der Nachverdichtung in Städten und der flächendeckenden Umsetzung sowie in der Reduzierung von Emissionen gesehen; aber auch das Fehlen von gemeinsamen Zielen wird angemerkt. Forschungslücken werden z.B. in der **Verbesserung der Recyclingfähigkeit und Kreislaufwirtschaft**, dem **Einsatz von Laubholz und von geringwertigem Holz**, der **Bauphysik im Klimawandel**, der Realisierung von besserem **Schall- und Brandschutz**, **Reduzierung der Baukosten** beschrieben. Als Hemmnisse sieht man das Konkurrenzdenken zwischen den Befürwortern unterschiedlicher Materialien, fehlende gesellschaftliche Akzeptanz und die Schwierigkeit, Ergebnisse aus anderen Ländern in Deutschland umzusetzen. Lösungsvorschläge finden sich als: mehr Standardisierung, Erstellung einer Muster-Holzbaurichtlinie, Aufheben von rechtlichen Beschränkungen, erhöhter Anteil mehrgeschossigen Holzbaus, Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Ökobilanzierung.

(12) Materialwissenschaft

Es besteht großer Forschungsbedarf im Bereich der **Produktentwicklung aus nachhaltigen Werkstoffen** sowie deren Rohstoffen. Untersuchungen an den Hauptkomponenten Cellulose, Hemicellulose und Lignin sind notwendig, um maßgeschneiderte Substitute für Kunststoffe, Klebstoffe oder verbesserte Erzeugnisse (Bauprodukte, Spanplatten, Verpackungen) etc. herzustellen. Des Weiteren sollten **innovative Nutzungsoptionen** erforscht werden. Eine große Herausforderung ist der **Wettbewerb zwischen stofflicher und energetischer Nutzung**. Hier kann die Materialwissenschaft eine Schnittstelle zum Forstsektor bilden, um die Frage „Wie kann das Holz aus dem Wald bestmöglich stofflich genutzt werden?“ adäquat zu beantworten. Insbesondere **intelligente Koppelungsoptionen** zwischen stofflicher Aufbereitung und energetischer Nutzung von Nebenprodukten und Reststoffen (auch aus der Biomassenutzung) sind zu untersuchen. Die sich verändernden Klimabedingungen setzen die Materialwissenschaft vor große Herausforderungen. So sind der **Umgang mit Schadholz und deren Nutzungspotentiale** bisher unzureichend erforscht. Unter anderem der Einsatz von Nadelholz mit niedriger Qualität ist eine Herausforderung. In diesem Zusammenhang wurde wiederholt die Frage nach einer effizienten und an die Anforderungen angepassten Rohstoffsartierung bzw. Kategorisierung (Pulp, Platte, Massivholz) genannt. Zusätzlich stehen noch nicht in ausreichendem Maße Verwendungsmöglichkeiten für Buchenholz zur Verfügung. Eine weitere Wissenslücke wird im **Holzschutz** beschrieben. Zu nennen sind Fragen nach der Umweltverträglichkeit sowie der Abgrenzung zwischen materialinternem und externem Holzschutz. Für eine Unterstützung der Kreislaufwirtschaft durch die Materialwissenschaften ist die Primärnutzung der Rohstoffe von großer Bedeutung, und diese hängt maßgeblich von der **Dauerhaftigkeit gegen biologische Angriffe** ab. Es besteht ein substanzieller Mangel beim Verständnis über den **Einfluss des Klimawandels auf die technologischen Holzeigenschaften**. Diese verändern sich beträchtlich durch klimatische Einflüsse und waldbauliche Wechselwirkungen. Die Nutzung von Holz als nachwachsende Ressource sowie die nachhaltige Transformation zur Bioökonomie benötigen gesi-

cherte Erkenntnisse, wie sich die Ressource qualitativ verändern wird. Hierfür sind Provenienz-Forschungen sowie Simulationsmodelle notwendig. Eine themenübergreifende Forschung aus den Bereichen Holzkunde und Waldbau/Waldwachstum wird empfohlen.

(13) Kreislaufwirtschaft und Recycling

Ähnlich wie bei der Nachhaltigkeitsbewertung hat der Forst- und Holzsektor das Potential eine Vorreiterrolle bei der Realisierung einer **bioökonomischen Kreislaufwirtschaft** einzunehmen. Die Charta Holz 2.0 hat dazu bereits Forschungs- und Entwicklungspfade aufgezeigt. Dennoch werden Verbesserungspotentiale bei der **Umsetzung von Kaskadennutzung** in der Holzbaupraxis, dem Endverbrauchermarkt von Holzprodukten und der Holzverarbeitenden Industrie wahrgenommen. Hier bestehen Defizite, die u.a. auf eine fehlende gemeinsame Zielformulierung zwischen den relevanten Akteuren zurückgeführt werden. Daneben werden mangelhafte Anwenderkenntnisse in den Endwarenbereichen (Bau, Möbel, Verpackung, Papier und innovative Produkte) und die hohe Komplexität der Datengrundlagen (Produktzusammensetzung, Lebenszyklusdynamik) als weitere Hemmnisse vermutet. Ein konkreter Lösungsvorschlag ist die Entwicklung eines eigenständigen Qualitätsmerkmals zur **Beurteilung der Langlebigkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit eines Holzproduktes**, welches so normativ geregelt würde. Darüber hinaus könnten dynamische Querschnittsanalysen der Kreislaufwirtschaft in Form von Zeitreihen realisiert werden. Insgesamt ließen sich einige Kontroversen, bspw. zu Substitutionseffekten der Holznutzung, auflösen, indem insbesondere integrative Forschungsansätze gefördert werden, welche Ökobilanz, Wald- und Klimamodellierung sinnvoll verknüpfen.

(14) Energie aus Biomasse

Für erneuerbare Energieträger wird eine mittelfristige **Rohstoffknappheit** erwartet. Insbesondere fehlen Konzepte zur industriellen **Nutzung von Verbrennungsnebenprodukten** aus der energetischen Biomassenutzung. Gemessen an der wirtschaftlichen Bedeutung wird der Energieholzthematik in der Ressortforschung Forst- und Holz insgesamt zu wenig Bedeutung beigemessen. Ressortübergreifende Begleitforschung großer Energieprojekte sollten unabhängig von sektoralen Grenzen realisiert werden.

A2.2.2 Gesellschaftliche Themen

(1) Information und Kommunikation

Der sich stark wandelnde, wechselseitige Wissenstransfer zwischen gesellschaftlicher Praxis, politischen Entscheidungsträgern und akademischer Forschung steht vor erheblichen Herausforderungen und erfordert eine sorgfältige Schnittstellenanalyse. Zwischen Praxis und Akademie behindern laut Einschätzung der befragten Einrichtungen z.B. die zunehmende sprachliche Divergenz dieser Akteure als auch die kleinteilige Forschungslandschaft einen effizienteren Austausch. Im Bereich der angewandten Forschung wird in geringerem Umfang im *peer-review* Verfahren veröffentlicht, und die ohnehin seltenen Kooperationsprojekte mit KMUs werden wenig sichtbar. Darüber hinaus erschwert die sektorale Organisation der Forschungslandschaft übergreifende Lösungsansätze was zu einer weiteren Verfestigung der Lagermentalität führt.

Für die **Schnittstellen von Forschung und Gesellschaft** wird angemahnt, **Wissenschaftskommunikation** zu Schlüsselthemen (z.B. Waldkalamitäten, Klimawandel, Bioökonomie) schon in **Forschung und Lehre** zu stärken. Dazu zählen auch eine **verbesserte öffentliche Zugänglichkeit von Forschungsdaten**, die Stärkung der Archive durch **systematische Digitalisierung** einerseits, aber auch praktische Instrumente wie **Demonstrationsprojekte** (z.B. Modellflächen) andererseits. Eine gemeinschaftlich geregelte Datenbereitstellung über ein gemeinsames Cloud-System würde Verfügbarkeit auf der nationalen Ebene verbessern. Ein solches Instrument kann von inhaltlichen Synopsen und einer systematischen Qualitätssicherung sinnvoll begleitet werden. Wissenschaftliche Synthesearbeiten würden die systematische Analyse von Forschungslücken sowie die Zusammenfassung fragmentierter Forschungsergebnisse erleichtern, benötigen dazu jedoch entsprechend explizite Förderformate.

(2) Kooperation, Vernetzung, Datenaustausch

Viele Themen der Wald- und Holzforschung sind inter- bzw. transdisziplinär. Dieses Thema wird deshalb sehr häufig als Schwachstelle einerseits aber auch als Lösungsmöglichkeit andererseits angesprochen. Meist gibt es die Forderung nach **mehr Interdisziplinarität und Kooperation** entlang verschiedener Fragestellungen. Die Forschungsfragen oder -ansätze sollen schon transdisziplinär entwickelt werden, z.B. an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis oder zwischen Wissenschafts und Politik. Häufig wird auf die verbesserungsfähige Zusammenarbeit regional und national verwiesen. Eine dauerhafte **Verzahnung zwischen verschiedenen Disziplinen und Einheiten** wird gewünscht. Integrative Studien sollen gefördert und Anschlussfähigkeit zur praktischen Umsetzung hergestellt werden. Beispiele sind: Forschung in Kooperation mit Praxis, Politik, Sektorakteuren und/oder Arbeitskräften, Ausbau von Netzwerken zwischen Forst und Holz aber auch mit der Energiewirtschaft, Einbindung anderer Disziplinen wie Biologie, Ökologie, Naturschutz, Geografie, Geologie, Sozialwissenschaften und Kommunikationswissenschaften, Vernetzung zu Forschungseinrichtungen außerhalb der klassischen Wald- und Holzforschung wie Helmholtz-, Leibniz- und Max-Planck-Institute. Der möglichst **ungehinderte Datenaustausch** zwischen den Einrichtungen ist dabei eine wichtige Grundbedingung. Im internationalen Vergleich zeigen sich verschiedene

Schwachstellen und Herausforderungen. Einige **Forschungsfelder brauchen internationale Konzepte und Vernetzung**, z.B. die Rolle der Forstpflanzenzüchtung im Klimawandel und in der Waldanpassung oder die Wechselwirkungen der internationalen Holzmärkte mit der nationalen Forstwirtschaft. Eine bessere **Unterstützung der Entwicklungs-/Schwellenländer** wird gefordert, wenn es um die Vermeidung von Waldflächenverlusten und Fragen des Rohstoffbedarfs bei Bevölkerungswachstum geht. Der deutschen Wald- und Holzforschung werden **Defizite** bei der **internationalen, vergleichenden Forschung**, der **internationalen Sichtbarkeit** durch exzellente Publikationen und dem **internationalen Austausch von Ergebnissen der angewandten Forschung** (häufig nur „graue Literatur“ in deutscher Sprache) bescheinigt.

A2.2.3 Wissenschaftsstruktur

(1) Kontinuität und Forschungsinfrastruktur

In zahlreichen Beiträgen wird eine **mangelnde Kontinuität der Forschung** und fehlende **mittel- bis langfristige Forschungsinfrastruktur** beklagt. Als Ursache hierfür werden verschiedene, häufig personelle Gründe aufgeführt. Ein hoher Anteil an Drittmittelforschung bewirke beispielsweise einen häufigen „**brain drain**“, also die Abwanderung von Wissenschaftlern, u. a. hochqualifizierter Arbeitskräfte in die Wirtschaft, Praxis oder ins Ausland. Dies führe zu einem hohen Anteil an **Mitarbeitern in Qualifizierungsphasen**, die wiederum **zeitintensive Betreuung** erforderten. Weiterhin führen mangelnde finanzielle Attraktivität und geringe Karriereperspektiven durch fehlende Entwicklungsmöglichkeiten zu steigenden Unsicherheiten. Die meisten projekt- und personenbezogenen Fördermöglichkeiten für Wissenschaftler*innen beziehen sich beispielsweise auf Promotionsstellen, weniger auf Postdoc-Positionen und sehr viel weniger auf erfahrenere Wissenschaftlerstellen ohne feste Anstellung. Dieses führt zu einem **Abfluss von Kompetenz aus der Forschungslandschaft** und somit häufig zu einer **Fragmentierung der Forschung**. Universitäten haben vergleichsweise nicht die Personalausstattung, um langfristige Versuchsflächen aufrecht zu erhalten. Als Lösung für die mangelnde Kontinuität werden die **Einrichtung und Koordination von Verbundversuchen** als **mittel- bis langfristige Forschungsinfrastruktur** mit **Finanzierungsoptionen für 10-12 Jahre** angeregt.

(2) Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

In vereinzelt Beiträgen wird zudem auf **Defizite und Verbesserung der Ausbildungssituation** hingewiesen. In vielen Disziplinen, die für die Bearbeitung wichtiger zukünftiger Forschungsfragen eine wichtige Rolle spielen, gibt es beispielsweise nur **wenig wissenschaftlichen Nachwuchs** (z. B. Pathologie, Waldschutz oder Forstgenetik). Das hat einerseits damit zu tun, dass es in einigen dieser Bereiche nur sehr wenige Professuren an den Universitäten gibt. Andererseits gibt es für den wissenschaftlichen Nachwuchs aufgrund der wenigen fachspezifischen Stellen in den meisten forstwissenschaftlichen Disziplinen nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, wissenschaftliche Karrieren zu entwickeln oder zu planen. Als Lösungsansatz wird hierzu die **Förderung von Nachwuchs-**

gruppen in Bereichen empfohlen, die für die Erforschung der Anpassung der Wälder an den Klimawandel von besonderer Bedeutung sind. Weiter könnten **zusätzliche Qualifizierungsstellen**, sog. „grüne Stellen“ für Mitarbeiter*innen seitens der Forstverwaltungen der Länder (bzw. deren Forschungseinrichtungen) geschaffen werden.

(3) **Forschungspolitik und -förderung**

Die Forschungspolitik in Verbindung mit der Forschungsförderung wird mehrfach als Schwachstelle benannt. Wesentliche Argumente sind **zu wenige längerfristige Studien, zu geringe dauerhafte Kapazitäten, seltene Infrastrukturförderung, Zersplitterung der Forschungslandschaft**. Die Zersplitterung wird durch meist kleine Einheiten an Universitäten (keine kritische Masse an Professuren), die unter Spardruck stehen begünstigt und durch Organisationsstruktur gefördert (Beispiel: MINT-Fächer und Geisteswissenschaften). Für die Wald- und Holzforschung wirkt sich insbesondere die aktuelle DFG-Systematik (Fachkollegien) ungünstig aus, da übergreifende, ganzheitliche Aktivitäten sich nicht in die Sparten einsortieren lassen. Des Weiteren fehlen **Förderanreize für kombinierte Grundlagen- und Anwendungsforschung** und **sektorübergreifende Forschung**, z.B. im Wald- und Agrarsektor. Konkrete Verbesserungsvorschläge sind die **Förderung von Netzwerkaktivitäten, organisierter Kooperation** (z.B. Zentren wie iDiv) und **partizipativen Ansätzen**. Die **Förderpolitik** sollte stärker **koordiniert werden mit strategischen Schwerpunkten bei Langfristaufgaben** wie z. B. Digitalisierung, Forschungsinfrastruktur, inter- und transdisziplinäre Integration und der Förderung von Wissenschaftskommunikation. Hinsichtlich EU-Projektantragsschemen wünschen sich einige der befragten Einrichtungen eine Entbürokratisierung bzw. Verringerung des aufzubringenden Aufwandes.

A2.3 Internationale Vorbilder und ihre Vorbildfunktion

Als Länder mit Vorbildfunktion wurden insgesamt 17 Staaten genannt. Gründe für die Vorbildfunktion bei den meistgenannten Staaten waren (1) eine besonders gute Organisation, Vernetzung und Sichtbarkeit von Forschung und langfristigem Monitoring (Schweiz) oder eine enge Verflechtung und guten Wissenstransfer zwischen Forschung, Praxis und Wirtschaft (skandinavische Länder, USA). Die drei am häufigsten Länder Schweiz, Schweden und USA werden aus folgenden Gründen als Vorbild für die Wald- und Holzforschung in Deutschland gesehen:



Schweiz

- Forschung exzellent und international sichtbar
- Trans- und interdisziplinäre Vernetzung von Forschung, Industrie, Verbänden, Ausbildungseinrichtungen und Politik
- Interdisziplinäres Forschungszentrum *SwissForestLab* (WSL, ETH)
- Gemeinsame Nutzung von Daten, Modellen und Infrastruktur
- Wald- und Biodiversitätsmonitoring; Dauerbeobachtungsflächen
- Klimawandelforschung: Schäden, Anpassung, Mitigation
- Holzbau: Innovationen zur Verwendung von Laubholz
- Attraktivität von Beschäftigung mit Blick auf Lohn und Ausstattung



Schweden

- Forschung exzellent und international sichtbar
- Priorisierung von Forschung zu Forst- und Holzwirtschaft
- Trans- und interdisziplinäre Vernetzung von Forschung und Politik
- Ausgewogenes Verhältnis von angewandter zur Grundlagenforschung
- Forschungs- und Experimentalstationen
- Forstliche Fernerkundung
- Förderung von Synthesevorhaben in der Forschung
- Hervorragende mykologische Forschung
- Nationale Holzbaustrategie zu Bauen mit Holz
- Bio-basierte Hightech-Produkte
- Einsatz vollmechanisierter Technik im Forst



USA

- Forschung exzellent und international sichtbar
- Zusammenarbeit zwischen Behörden und Universitäten
- US Forest Service
- Interdisziplinäres forstwiss. Forschungszentrum Oregon State University
- Ausgewogenes Verhältnis von angewandte zur Grundlagenforschung
- Langzeitmonitoring
- Klimawandelforschung: Schäden
- Sozialwissenschaften (z.B. Forschung zu Erholung, Umweltbildung, Waldwahrnehmung, Infrastrukturgestaltung)
- Forstliche Fernerkundung
- Daten und Forschungsergebnisse i.d.R. frei zugänglich und nutzbar
- Von der Industrie befürwortete Zusatzsteuer auf Holz zu 100% für F&E Wald/Holz (Oregon)

A2.4 Nationale und internationale Vernetzung

Die Vernetzung der Akteure und Einrichtungen in der Wald- und Holzforschung werden unterschiedlich beurteilt. Insgesamt überwiegen Antworten, die die Vernetzung als gut beurteilen, aber eine größere Minderheit konstatiert auch Defizite. Die Vernetzung wird auf nationaler gegenüber internationaler Ebene als besser angesehen.

Stärken und positive Beispiele werden u.a. in themenbezogenen Zusammenarbeiten der Versuchsanstalten (z.B. Waldwachstum, Waldschutz), Vernetzungsorganisationen wie dem European Forest Institute (EFI), den nationalen Bund-Länder-AGs zum Monitoring und breiten nationalen und internationalen Netzwerken wie dem Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), der IUFRO, dem ICP Forests, INTER und den DFG-Biodiversitätsexploratorien gesehen (Tabelle A5). Auch EU-Förderprogramme (COST, ERA-Net, H2020) werden positiv gesehen. Die Forest Technology Plattform liefert ein Positivbeispiel für die Vermittlung von Forschungsthemen (vorwiegend aus der Holzwirtschaft) in die Forschungsplanungen der EU-Ebene.

Tabelle A5: Stärken und Positivbeispiele der Vernetzung der deutschen Forst- und Holzforschung

Bereich	Stärken
EU-Normen	<ul style="list-style-type: none"> • Normung im Bereich Holz/ Holzbau
Fördermöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • EU: COST Aktionen, Horizon2020, ERANET-Programme • BMEL: "Förderung der bilateralen Forschungskooperation und des Wissensaustausches für internationale nachhaltige Waldbewirtschaftung"
Forschungsnetzwerke	<ul style="list-style-type: none"> • Disziplinär/ entlang thematischer Interessen • Zwischen Forst-Unis und weiteren Forst-Forschungseinrichtungen (DVFFA) • Biodiversitätsexploratorien (DFG) • International Network on Timber Engineering Research • Bedeutung internationaler Vernetzungsorganisationen (z.B. EFI) • Engagement von Verbänden, Bund-Länder AGs, IUFRO Plattformen (international)

Tabelle A5: Stärken und Positivbeispiele der Vernetzung der deutschen Forst- und Holzfor- schung (Fortsetzung)

Bereich	Stärken
Versuchsanstalten	<ul style="list-style-type: none"> • Im Bereich Waldschutz/Waldwachstum, insbesondere bei Projekten
Internationale Kooperation	<ul style="list-style-type: none"> • internationale Studiengänge mit Absolventennetzwerk • international ausgerichtete Institute wie EFI, IUFRO • bilaterale Vernetzung der DACH-Staaten • Europ. Zusammenarbeit Monitoring/ Zustandskontrolle Forst (UN-ECE ICP Forests) • Forschungsvorhaben und PhD-Summerschools in regionalen Netzwerken
Plattformen	<ul style="list-style-type: none"> • Forest Technology Plattform auf EU-Ebene (Fokus Holz, weniger Waldwissenschaft)

Schwächen in der Vernetzung werden besonders in einer wenig koordinierten Förderung der Wald- und Holzfor- schung, einer fragmentierten Forschungslandschaft, dem Fokus auf kurzfristiger Projektforschung und Restriktionen bei Daten- und Informationsbeschaffung gesehen (Tabelle A6). Als Lösungen werden u. a. eine nationale Forschungsstrategie, ein nationales (virtuelles) For- schungszentrum oder -cluster, eine langfristige Förderung von Forschungsinfrastruktur, freier Zu- gang zu Daten und Informationen sowie ein Förderfokus auf inter- und transdisziplinärer Forschung vorgeschlagen.

Tabelle A6: Wichtige Schwächen und ausgewählte Lösungsansätze für eine bessere Vernet- zung der deutschen Forst- und Holzfor- schung

Schwächen	Mögliche Lösungen
Wenig koordinierte For- schungsförderung	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsamer langfristiger Forschungsaktionsplan/ For- schungsstrategie auf Bundesebene mit leistungsfähigen Strukturen
Fragmentierte For- schungslandschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung eines nationalen, interdisziplinären und un- abhängigen (virtuellen) Forschungszentrums/ For- schungscluster mit enger Verzahnung von angewandter und Grundlagenforschung (vgl. INRAE, WSL-ETH, OSU Corvallis)

Tabelle A6: Wichtige Schwächen und ausgewählte Lösungsansätze für eine bessere Vernetzung der deutschen Forst- und Holzforschung (Fortsetzung)

Dominanz kurzfristiger Projektforschung	<ul style="list-style-type: none"> • Auf langfristige Zusammenarbeit ausgelegte Forschungsverbünde • Gemeinsames Netzwerk für Monitoring und experimentelle Waldforschung und langfristige Förderung
Mangel öffentlich zugängliche Daten und Information (Wissens-transfer)	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbar- und Nutzbarmachung von dezentralen Daten und Informationen in frei zugänglichen zentralen Plattformen (Open Access)
Disziplinäre und sektorale Forschung	<ul style="list-style-type: none"> • Transdisziplinäre, skalen-übergreifende Forschungsverbünde in repräsentativen Landschaften
Mangelnde Vernetzung, Integration, Inter-/Transdisziplinarität	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung der inter- und transdisziplinären Vernetzung (Vorbild Netzwerktreffen DUH), auch mit Politik, insbes. zur Lösung von Zukunftsfragen (Vorbild „Future Forest“ Projekt Schweden) • Bündelung nationaler Fördermaßnahmen und Kompetenzen mit Beteiligung von internationalen Partnern

Anhang B: Bibliometrische Analyse der aktuellen inhaltlichen Ausrichtung der (i) internationalen Forschung insgesamt und in Deutschland sowie (ii) der praxisorientierten Forschung in Deutschland zu Wald und Holz

Um ein Bild über die aktuelle inhaltliche Ausrichtung der (i) internationalen Forschung insgesamt und in Deutschland sowie (ii) den Themen der Praxis in Deutschland zu Wald und Holz zu gewinnen, wurde eine bibliometrische Auswertung der Fachliteratur im Hinblick auf besonders intensiv bearbeitete Forschungsthemen durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Folgenden für die internationale Forschung nach den Bereichen Wald und Holz getrennt sowie anschließend für die Themen der Praxis in Deutschland dargestellt. Berücksichtigt wurden in allen Fällen die vergangenen fünf Jahre (2016-2020).

B1 Internationale Forschung - Wald

Die Auswertung der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Wald“ fokussierte auf die Themen, die auf Basis der Expertenmeinung der AG Wald- und Holzforschung sowie der Befragung aller einschlägig tätigen Forschungseinrichtungen, Verbände und Projektträger als besonders relevant genannt wurden. Dabei wurde auf Studien aus den gemäßigten und subtropischen Klimazonen fokussiert, da hier die größte Relevanz für Deutschland gesehen wird. Die Eingrenzung der Fachliteratur erfolgte dementsprechend über eine Stichwortsuche in „Web of Science“ als dem gängigsten Portal für internationale, unabhängig begutachtete Fachliteratur. Die Stichwortsuche mit dem im Folgenden aufgelisteten Suchterm wurde in „Web of Science“ über Titel, Abstracts und Author-Keywords für den Zeitraum 2016-2020 durchgeführt.

(forest\$ OR woodland OR "wood land")

AND ("climate change" OR "global warming" OR "climate warming")

AND (management OR forestry OR conservation OR protection OR development OR "land use")

AND (biodiversity OR ecosystem OR genetic* OR breeding OR provenance OR sustainability OR resilience OR stability OR productivity OR adaption OR potential OR competition OR "extreme weather" OR heat* OR drought\$ OR "heavy rain\$" OR "extreme event\$" OR storm OR flood* OR participation OR "social sciences")*

NOT (tropic OR desert* OR boreal OR arctic* OR subarctic* OR aquatic OR marine OR benthic OR mangrove\$ OR "random forest" OR rainforest OR "rain-forest" OR Amazon* OR watershed\$ OR redd OR bangladesh* OR ethiopia\$ OR nepal* OR sweden OR swedish OR vietnam* OR brazil* OR canada OR canadian OR alaska\$ OR finland OR finnish OR india OR indian OR hawaii))*

Aus den Suchergebnissen wurde mit der Software vosviewer (<https://www.vosviewer.com/>) die Häufigkeit der Nennung inhaltlicher Begriffe berechnet (d.h., dass „inhaltsleere“ Begriffe wie z.B. „and“, „or“, „with“, etc. nicht berücksichtigt wurden). Die Begriffe wurden anschließend in der Software Excel zu thematischen Gruppen zusammengefasst und die Häufigkeit der Einzelbegriffe der thematischen Gruppen addiert. Dargestellt sind im Folgenden die zehn über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Häufigkeit (Abbildung B1), sowie die 20 über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den zugrundeliegenden Einzelbegriffen (Tabelle B1).

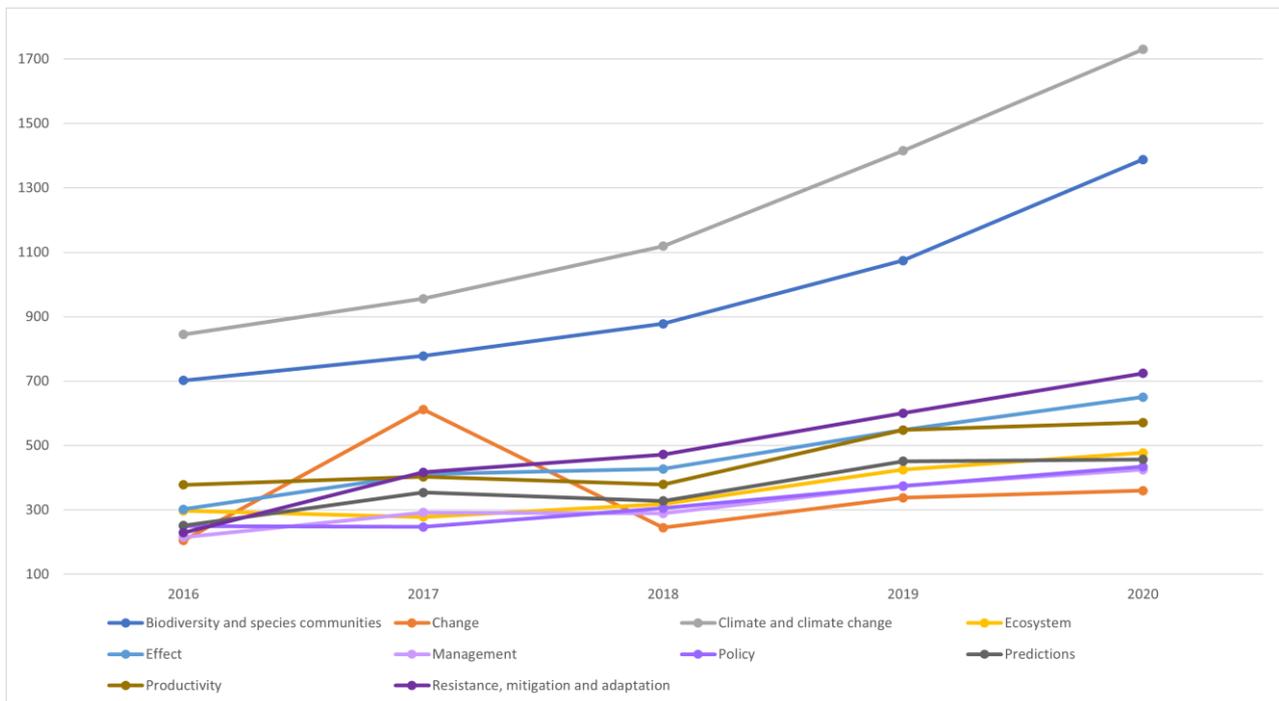


Abbildung B1: Die zehn im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Wald“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Nennung

Tabelle B1: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Wald“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den ihnen zugrundeliegenden Einzelbegriffen

Anzahl Nennungen	Gruppe	Zugrundeliegende Begriffe
6688	Climate and climate change	changing climate, climate, climate change, drought, dry, fire, heat, heating, precipitation, rainfall, storm, temperature, warmer, warming, wildfire, wind, windstrom, windthrow
5312	Biodiversity and species communities	abundance, adaptive trait, biodiversity, community, composition, distribution, diverse, diversification, diversity, functional diversity, functional trait, genetic, genom, genotype, morphological trait, plant trait, population, range, richness, species, trait
2869	Resistance, mitigation and adaptation	adapt, adapting, adaption, adaptive, adaptability, afforestation, conservation, mitigate, mitigating, mitigation, persistence, protected, protection, recovery, reforestation, regulate, regulation, resilience, resilient, resistance, restoration, sustainability, sustainable, tolerance
2474	Productivity	biomass, growth, performance, potential, production, productivity, suitable, suitability
2447	Effect	consequence, effect, impact
2071	Predictions	model, projection, scenario, simulation
2008	Ecosystem	ecosystem, environment, habitat
1791	Management	-
1768	Policy	agenda, concept, conceptual, decision, framework, planning, policy, program, strategy
1485	Change	-
1198	Negative effects	damage, deforestation, degradation, degraded, disturbance, mortality, stress, vulnerability
1160	Carbon	-
1135	Site	site, stand
1064	Specific species	beech/fagus, fir/abies, oak/quercus, pine/pinus, spruce/picea
856	Land use and land cover	land cover, land use, land use and land cover (lulc), land use change (luc), land use/land cover change (lucc, lulcc)
777	Soil	-
702	Sequestration	sequencing, sequestration, stock, storage, store
592	Water	-
557	Vegetation	-

Deutlich spiegelt die internationale Fachliteratur die Bedeutung des Klimawandels und des Biodiversitätsverlustes wider. Insbesondere ab dem Jahr 2018, korrespondierend mit der Dürreperiode in Mitteleuropa, gewinnen diese Themen an Relevanz. Der Anstieg zeigt den Bedarf an Forschung zu den genannten Themen. Andere Themen zeigen keinen so deutlichen Anstieg. Sie reflektieren die Breite der Waldforschung mit naturwissenschaftlichen, gesellschaftlichen und öko-

nomischen Aspekten. Unter ihnen zeigt die thematische Gruppe „Resistance, mitigation, adaptation“, die mit dem Thema Klimawandel verknüpft ist, den deutlichsten Anstieg.

Zudem wurden aus den Ergebnissen all die Publikationen selektiert, an denen deutsche Forschungseinrichtungen beteiligt sind. Dargestellt sind die zehn über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Häufigkeit (Abbildung B2), sowie die 20 über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den zugrundeliegenden Einzelbegriffen (Tabelle B2). Es zeigen sich dabei kaum Abweichungen im Vergleich zur gesamten internationalen Literatur.

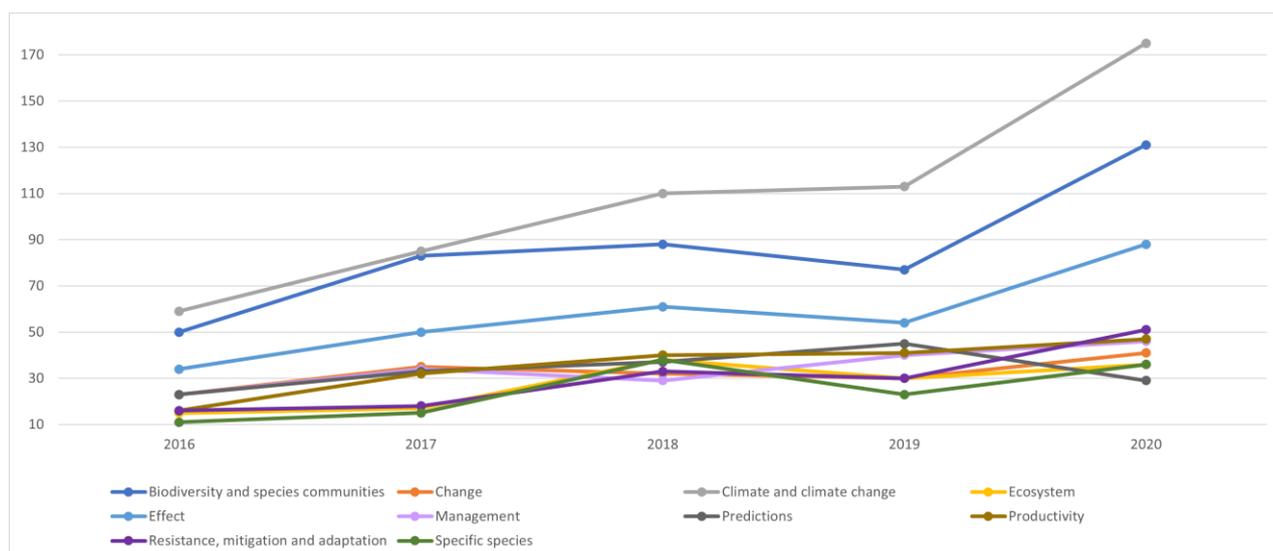


Abbildung B2: Die zehn im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen zum Themenkomplex „Wald“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Nennung

Tabelle B2: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen zum Themenkomplex „Wald“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit zugrundeliegenden Einzelbegriffen

Anzahl Nennungen	Gruppe	Zugrundeliegende Begriffe
740	Climate and climate change	climate, climate change, drought, fire, heat, heating, precipitation, storm, temperature, warmer, warming, wildfire, wind, windstrom, windthrow
657	Biodiversity and species communities	abundance, adaptive trait, biodiversity, community, composition, distribution, diverse, diversification, diversity, population, range, richness, species
328	Effect	consequence, effect, impact
309	Productivity	biomass, growth, performance, potential, production, productivity
292	Resistance, mitigation, adaptation	adapt, adapting, adaption, adaptive, adaptability, afforestation, conservation, mitigate, mitigating, mitigation, persistence, protected, protection, recovery, reforestation, regulate, regulation, resilience, resilient, resistance, restoration, sustainability, sustainable, tolerance
235	Management	-
223	Predictions	model, projection, scenario, simulation
211	Specific species	beech/fagus, fir/abies, oak/quercus, pine/pinus, spruce/picea
195	Ecosystem	ecosystem, environment, habitat
194	Change	-
171	Policy	concept, conceptual, decision, framework, planning, policy, strategy
159	Site	site, stand
142	Negative effects	damage, deforestation, degradation, degraded, disturbance, mortality, stress, vulnerability
123	Condition	-
107	Indication	driver, driving, index, indicator, predict, prediction, predictor
79	Response	-
78	Land use and land cover	land cover, land use
66	Carbon	
64	Scale	
63	Soil	

B2 Internationale Forschung – Holz

Die Auswertung der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Holz“ erfolgte entsprechend des Schemas zum Themenkomplex „Wald“. Verwendet wurde der folgende Suchterm:

((wood OR timber OR lumber)

AND (product OR bioeconomy)

NOT ("non-timber" OR "non-wood" OR straw OR rice OR corn OR wheat OR tropic OR fruit\$ OR hous* OR redd))*

Dargestellt sind im Folgenden die zehn über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Häufigkeit (Abbildung B3), sowie die 20 über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den zugrundeliegenden Einzelbegriffen (Tabelle B3).

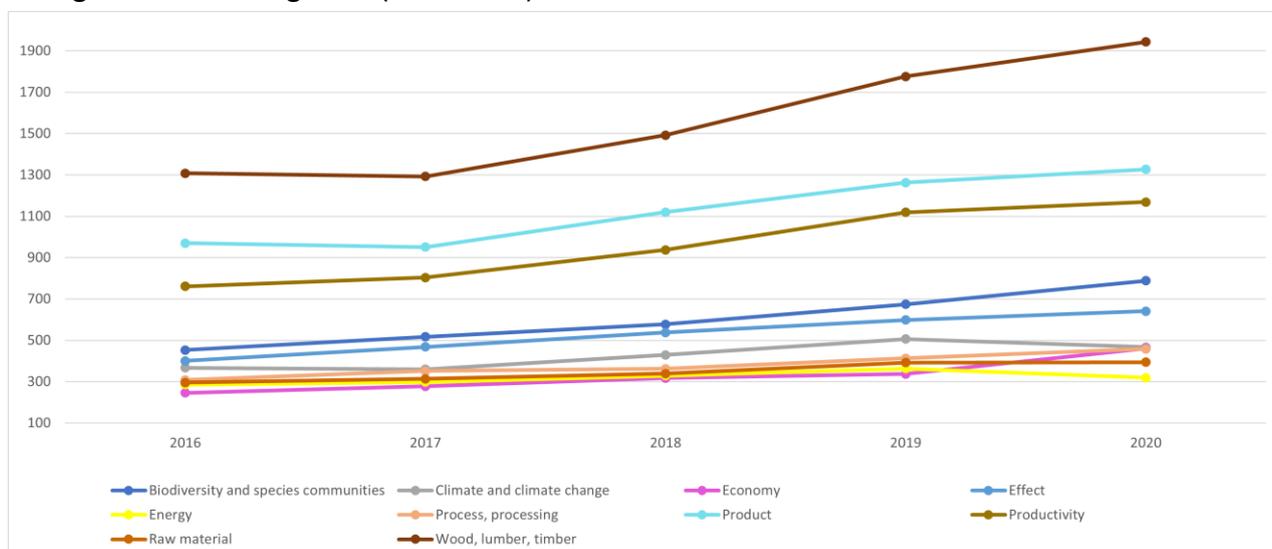


Abbildung B3: Die zehn im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Holz“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Nennung

Tabelle B3: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur zum Themenkomplex „Holz“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den ihnen zugrundeliegenden Einzelbegriffen

Anzahl Nennungen	Gruppe	Zugrundeliegende Begriffe
7829	Wood, lumber, timber	hardwood, lumber, timber, wood
5951	Product	furniture, product, products, wood product
5307	Productivity	biomass, growth, harvest, performance, potential, production, productivity, suitability, suitable
3242	Biodiversity and species communities	abundance, biodiversity, community, composition, distribution, diverse, diversification, diversity, genetic, genome, genotype, population, range, richness, species
2749	Effect	consequence, effect, impact
2330	Climate and climate change	climate, climate change, drought, dry, fire, heat, heating, precipitation, rainfall, temperature, wildfire, wind, windstorm, windthrow
2082	Process, processing	-
1989	Raw material	cellulose, fiber, lignin
1946	Economy	bioeconomy, commercial, cost, economic, economy, financial, market, price
1913	Energy	bioenergy, electrical, electricity, energy, fuel, power
1763	Prediction	model, projection, scenario, simulation
1625	Site	site, stand
1561	Resistance, mitigation and adaption	adapt, adaptability, adapting, adaption, adaptive, afforestation, conservation, mitigate, mitigating, mitigation, protected, protection, recovery, reforestation, regulate, regulation, resilience, resilient, resistance, restoration, sustainability, sustainable
1366	Policy	concept, conceptual, decision, framework, planning, policy, program, strategy
1284	Carbon	-
1227	Material	-
1188	Specific species	acacia, beech/fagus, fir/abies, oak/quercus, pine/pinus, spruce/picea
1127	Ecosystem	ecosystem, environment, habitat
1050	Paper	-
990	Condition	

Der Fokus der internationalen Holzforschung liegt stärker auf ökonomischen Themen, als in der Waldforschung. Nichtsdestotrotz finden sich die drängenden Themen des Klimawandels und des Biodiversitätsverlustes auch in der Holzforschung wieder, bspw. hinsichtlich der Relevanz nachwachsender Rohstoffe in der Minderung des Klimawandels.

Die internationale Holzforschung mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen zeigt ein deutlich heterogeneres Bild (Abbildung B4; Tabelle B4). Im Vergleich zur gesamten internationalen Holzforschung springt hier insbesondere das Interesse an einzelnen Baumarten ins Auge, das u.a. im steigenden Interesse an Laubholz als Baustoff begründet liegt.

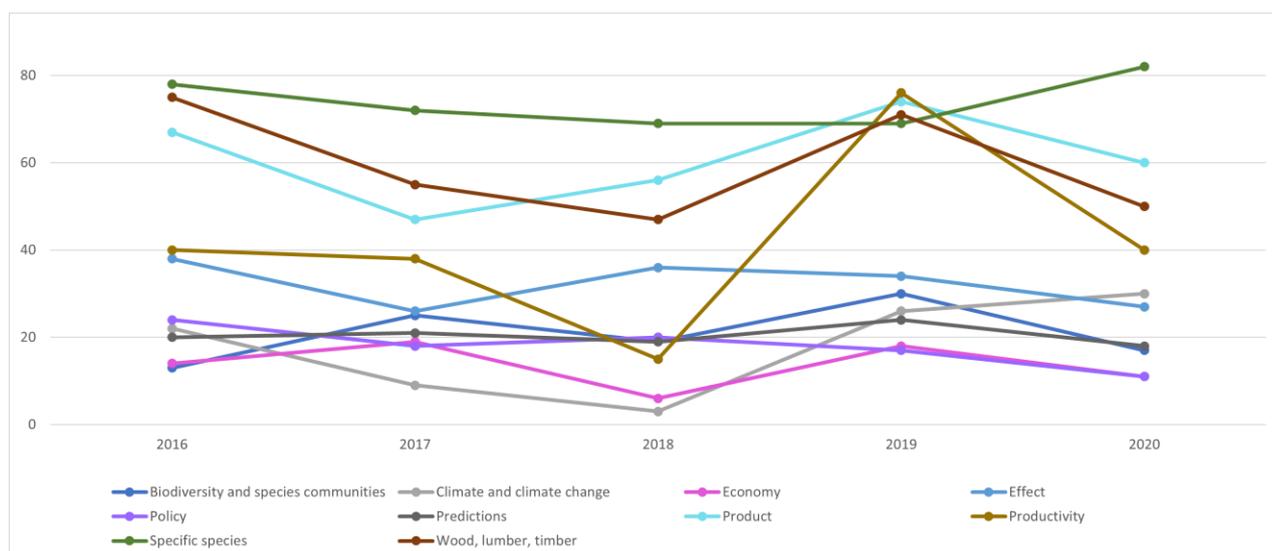


Abbildung B4: Die zehn im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen zum Themenkomplex „Holz“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Nennung

Tabelle B4: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der internationalen Fachliteratur mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen zum Themenkomplex „Holz“ am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den ihnen zugrundeliegenden Einzelbegriffen

Anzahl Nennungen	Gruppe	Zugrundeliegende Begriffe
417	Wood, lumber, timber	hardwood, lumber, timber, wood
335	Product	furniture, product, wood product
321	Productivity	biomass, growth, harvest, performance, potential, production, productivity, suitability, suitable
205	Biodiversity and species communities	abundance, biodiversity, community, composition, distribution, diverse, diversification, diversity, genome, genotype, population, range, species
176	Effect	consequence, effect, impact
152	Policy	concept, conceptual, decision, framework, policy, strategy
147	Climate and climate change	climate, climate change, fire, heat, heating, precipitation, temperature, wildfire
131	Predictions	model, projection, scenario, simulation
129	Specific species	beech/fagus, fir, oak, pine, spruce
127	Economy	bioeconomy, cost, economic, economy, market, price
111	Process, processing	
98	Site	site, stand
95	Resistance, mitigation and adaption	mitigate, mitigating, mitigation, protected, protection, recovery, regulate, regulation, resistance, sustainability, sustainable
88	Raw material	cellulose, fiber, lignin
79	Paper	
72	Energy	bioenergy, energy, fuel
71	Condition	
68	Carbon	
66	Assesment	
65	Resource	

B3 Deutschsprachige Fachliteratur mit Praxisbezug zu Wald und Holz

Für die Auswertung der Themen der Praxis zu Wald und Holz in Deutschland 2016-2020 wurden einschlägige Zeitschriften genutzt, die von Mitgliedern der AG Wald- und Holzforschung sowie von Akteure*innen der einschlägig tätigen Forschungseinrichtungen, Verbände und Projektträger als wichtige Publikationsorgane genannt worden waren. Voraussetzung war zudem die freie Zugänglichkeit der Publikationsorgane im Internet. Aus Wald-/ Forst-/ Holz-bezogenen Publikationsorganen wurden alle Texte extrahiert; aus nicht ausschließlich Wald-/ Forst-/ Holz-bezogenen Publikationsorganen wurden Wald-/ Forst-/ Holz-bezogene Texte extrahiert.

Aus den Suchergebnissen wurde mit vosviewer (<https://www.vosviewer.com/>) die Häufigkeit der Nennung inhaltlich relevanter Begriffe berechnet, in Excel zu thematischen Gruppen zusammengefasst und die Häufigkeit der Einzelbegriffe der thematischen Gruppen addiert – entsprechend der Auswertung der internationalen Fachliteratur. Abbildung B5 zeigt die zehn über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Häufigkeit; Tabelle B5 zeigt die 20 über den Zeitraum 2016-2020 am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit zugrundeliegenden Einzelbegriffen. Es wird deutlich, dass in der betrachteten Praxisliteratur die Beschäftigungsverhältnisse in der Forst- und Holzbranche sowie politische und rechtliche Fragen dominante Themen sind. Deutlich wird aber auch, dass Biodiversität und Artengemeinschaften, Waldbau, Klima und Klimawandel, Beeinträchtigungen, Schädlinge und Waldschäden, sowie Natur-, Arten- und Klimaschutz immer stärker in den Blickpunkt der Praxis rücken.

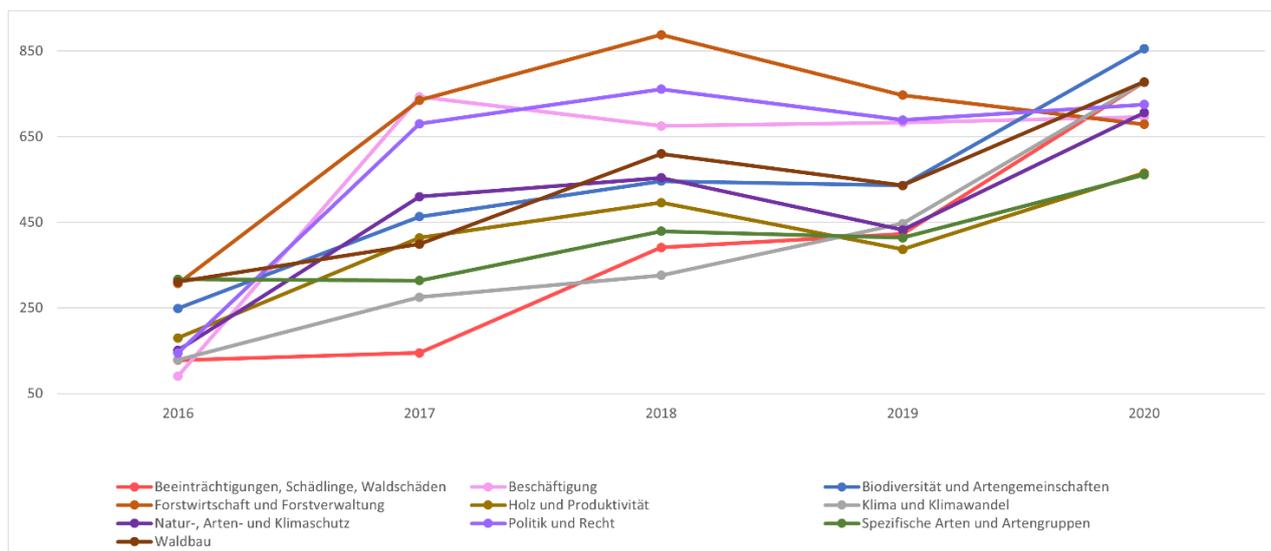


Abbildung B5: Die zehn im Zeitraum 2016-2020 in der deutschen Praxisliteratur zu Wald und Holz am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit dem zeitlichen Verlauf ihrer Nennung

Tabelle B5: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der deutschen Praxisliteratur zu Wald und Holz am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den ihnen zugrundeliegenden Einzelbegriffen

Anzahl Nennungen	Gruppe	Zugrundeliegende Begriffe
4098	Politik und Recht	Agenda, Anhörung, Behörde, Beteiligung, BGB, BGH, BNatSchG, Förderung, fördern, Fördermittel, gefördert, Forstamt/ -ämter, Gericht, Gesetz, Haushalt, Instrument, Kartell, Klage, Konzept, Konzeption, Ministerium, Partizipation, Pläne, Planung, Politik, politisch, Programm, Rahmenbedingung, Rechte, rechtlich, Regelung, Regierung, Rechtslage, Rechtsprechung, Strategie, Umweltpolitik, Urteil, Wahl(en)
3734	Forstwirtschaft und Forstverwaltung	Forst, Forstbereich, Forstbetrieb, Forstbetriebe, Forstbetriebe, Forstverwaltung, Forstwirtschaft, Management, Revier, Verwaltung
3588	Beschäftigung	Arbeitgeber, Arbeitnehmer, Arbeitsplatz/ -plätze, Ausbildung, Auszubildende, Beamte, Beruf, Beschäftigte, Betriebe, Einsparung, Einstellung, Förster, Forstkollegen, Forstleute, Forstmann, Forstpersonal, Fortbildung, Gewerkschaft, Mitarbeitende, Mitarbeiter, Personal, Schulung, Stellenabbau, Tarif, Verdienst, Vergütung, Vorstand, Waldarbeiter, Weiterbildung
3293	Waldbau	Anbau, Artenwahl, Bestand, Bestände, Bewirtschaftung, dicht, Dichte, Durchforstung, Einschlag, Ernte, Festmeter, Harvester, Herkunft, Herkünfte, Kurzumtrieb, Nachwuch, PEFC, Pflanzenzucht, Pflanzung, Pflege, Plantage, Saat, Umbau, Verjüngung, Vermehrung, Waldbau, waldbaulich, Waldbestände, Waldbestand, Waldumbau, Waldwirt, Waldwirtschaft, Zucht
3173	Natur-, Arten- und Klimaschutz	Artenschutz, Aufforstung, aufgeforstet, Erhalt, Erhaltung, Erneuerbar, FFH, geschützt, Klima schützen, Klimaanpassung, Klimafonds, Klimaschutz, Minderung, Nachhaltig, Nachhaltigkeit, nachhaltige, Nationalpark, Natura, Naturerbe, naturnahe, Naturnähe, Naturschutz, ökologisch, Regeneration, Renaturierung, Schutzgebiet, Schutzgüter, Schutzmaßnahmen, Schutzmittel, Schutzwald, Strategie zur Biologischen Vielfalt, Vermeidung, Vogelschutz, Waldschutz, Wiederaufforstung, Wiederherstellung, Wildnis
3059	Biodiversität und Artengemeinschaften	Art, Arten, Artenverteilung, Artenvielfalt, Artenzusammensetzung, Baumart, biodivers, Biodiversität, Biologische Vielfalt, Diversität, Fauna, Flora, Genetik, genetisch, genetische Vielfalt, Pilz, Population, Tier(e), Tierarten, Totholz, Vegetation, Verbreitung, Verteilung, Vielfalt, Zusammensetzung

Tabelle B5: Die 20 im Zeitraum 2016-2020 in der deutschen Praxisliteratur zu Wald und Holz am häufigsten genannten thematischen Gruppen mit den ihnen zugrundeliegenden Einzelbegriffen (Fortsetzung)

2719	Beeinträchtigungen, Schädlinge, Waldschäden	Beeinträchtigung, Befall, Belastung, Borkenkäfer, Buchdrucker, Eindämmung, Erosion, Fraß, Gefahr, Gefährdung, Hirsch, Insekten, Insektenbefall, Käfer, Kalamität, Krankheit, Kupferstecher, Schaden, Schadholz, Schadinsekt, Schadstoffe, Schäden, Schädigung, Schädlinge, Sterben, Absterben, Störung, Stress, Verbiss, Versauerung, Wild
2646	Spezifische Arten und Artengruppen	Ahorn, Birke, Buche, Castanea, Douglasie, Eiche, Eiche, Erle, Esche, Eberesche, Fagus, Fichte, Kastanie, Kiefer, Lärche, Laub, Laubbaum, Laubholz, Linde, Nadel, Nadelbäume, Nadelholz, Nadelbaum, Picea, Robinia, Robinie, Tanne, Ulme, Ulmus, Vogelbeere, Vogelkirsche
2612	Holz und Produktivität	Biomasse, Holz, Produktivität, Stamm, Umfang, wachsen, Wachstum, Waldentwicklung, Wuchs, Zuwachs
2325	Klima und Klimawandel	Anpassen, Anpassungsfähigkeit, Adaption, adaptiv, Brände, Brand, Dürre, Erwärmung, Extremereignisse, Feuer, Klima, Klimaänderung, Klimakrise, Klimaveränderung, Klimawandel, Niederschlag, Regen, Resilienz, Resistenz, Sturm, Temperatur, trocken, Trockenheit, Waldbrand, Wind, Witterung, Witterungsbedingungen, Witterungsextreme
2041	Besitzstrukturen	Bundesforst, Eigentümer, Eigentum, Körperschaftswald, Kommunalwald, Landeswald, privat, private Waldbesitzer, Privatwald, Staatswald, Stadtwald, Waldbesitz, Waldbesitzende, Waldbesitzer, Waldeigentümer
1531	Baum, Bäume	Baum, Bäume, Höhe, Krone, Rinde, Verlichtung, Wurzel
1036	Effekt	Auswirkung, Effekt, Folge(n), Konsequenz, Reaktion, Wirkung
943	Ökosystem	Biotop, Habitat, Lebensraum/ -räume, Ökosystem, Umwelt
771	Ökonomie	Bezahlung, Finanzen, Finanzierung, finanziell, Finanzmittel, Investition, Kosten, Märkte, Markt, Ökonomie, Preis, Verkauf, Vermarktung, Wirtschaftswald
589	Diskussion, diskutieren	
564	Forschung	Forschung, Wissenschaft
530	Schutz	
426	Maßnahme(n)	
355	Zukunft	

Anhang C: Bestehende und im Aufbau befindliche Infrastrukturen der deutschen Wald- und Holzforschung

Eine wichtige Basis einer vernetzten Infrastruktur liefern bereits **bestehende** Forschungsinfrastrukturen:

- **Nationale Großrauminventuren und nationales Monitoring.** Die Bundeswaldinventur, Bodenzustandserhebung im Wald und Waldzustandserhebung sind von besonderer Bedeutung für deutschlandweite und regionalisierte Aussagen zu großräumigen Waldverhältnissen, Waldaufbau, Zuwachs und Produktionsmöglichkeiten (BWI seit 1990), Boden- und Waldernährungszustand (BZE, seit 1987-92) sowie Baumvitalität und Waldschäden (WZE, seit 1984). Zusätzlich werden seit fast 30 Jahren Prozesse des Wasser-, Stoff- und Energiehaushalts auf 68 ausgewählten, repräsentativen Flächen des nationalen Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings (ForUm, Level II) beobachtet.
- **Regionale Flächennetze.** Die Versuchsflächen der Ressortforschungsanstalten der Länder (insgesamt mehrere tausend Flächen) legen den Fokus auf ertragskundliche und waldbauliche Versuchen mit Fragen zu Baumarten, Provenienzen, Standraum und Pflanzverband, Durchforschungsregime, Bodenbearbeitung, Düngung, Verjüngungsmethoden.
- **Exploratorien und Observatorien.** Die lokal bis überregional vernetzten Beobachtungs- und Versuchsflächen dienen einer z.T. hochspezialisierten Struktur- und Prozessforschung insbesondere zur biologischen Vielfalt (Biodiversitätsexploratorien, iDiv, MyDiv, BioTree, ArboFUN, FunDivEUROPE, EUFORGEN u.a.) und zu Kernprozessen des Energie-, Stoff- und Wasserhaushalts (z.B. TERENO, LTER-D) in Waldökosystemen.
- **Datenbanken, Dateninfrastrukturen.** Eine Vielzahl von objekt-, art- und funktionsbezogenen Daten aus einer großen Anzahl von Einzelerhebungen werden in nationalen bis internationalen Datenbanken zu Pflanzenmerkmalen und -verbreitung (TRY, IUCN, LEDA u.a.) und zur Vegetationszusammensetzung (sPlot, mPlot, u.a.) gehostet. Im Bereich der Holzforschung werden Ökobilanzdaten zu Bauprodukten, die in öffentlich geförderten Projekten erhoben wurden, in der Datenbank ökobaudat des BMI eingepflegt und sind öffentlich zugänglich. Für die Holzbauanwendung sind technische Kennwerte zu Holzbaukonstruktionen in der Datenbank dataholz.eu abgreifbar.

Aktuelle Initiativen zum **Aufbau neuer Forschungsinfrastrukturen** auf überregionaler Ebene zielen auf die Untersuchung der Waldbiodiversität, der zukünftigen Waldschäden und Baumarteneignung ab. Zusätzlich wird die Schaffung einer nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur angestrebt. Zu den Aktivitäten zählen:

- **Biodiversitätsmonitoring im Wald.** Neben einer erweiterten Nutzung und Auswertung der Daten aus den bestehenden Großinventurnetzen (BWI, BZE) werden ein zusätzliches Insektenmonitoring, baumgenetische sowie Bodenbiodiversitäts-Erhebungen auf nationaler Ebene vorbereitet.

- **Klimawandel.** Die Wirkung von Trockenheit auf Wälder wird zukünftig flächendeckend über Simulationen abgeschätzt. Über Satelliten-Fernerkundung sollen Schadflächen, Schadholzvolumen und wirtschaftlicher Schaden von Extremwetter-Ereignissen deutschlandweit abgeschätzt werden (z. B. Waldzustandsmonitor, UFZ).
- **Nationale Daten-Infrastruktur (NFDI).** In verschiedenen Sektoren und Forschungsbereichen sollen bestehende Dateninfrastrukturen vernetzt werden (z.B. NFDI4Bio, NFDI4Agri). Relevante Datenstrukturen entstehen auch im Rahmen von GeoBON (BioDivBank, SoilBON, EU-BON).
- **Holzmaterialkennwerte.** Kennwerte zu den physikalischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften von Holzarten sind bisher nicht qualitätsgeregelt und wissenschaftlich belastbar über Datenbanken dokumentiert.