



# BIODIVERSITÄT IM WALD – GEFAHREN DURCH KLIMAWANDEL UND LUFT- SCHADSTOFFE BEGEGNEN



Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2010 zum „Internationalen Jahr der Biodiversität“ erklärt. Es ruft weltweit zu entschlossenem Handeln zum Schutz der Biodiversität auf. Rheinland-Pfalz trägt als walddreichstes Bundesland mit einem der höchsten Laubwaldanteile aller Flächenländer in besonderem Maße Verantwortung für die Erhaltung und Förderung der Biologischen Vielfalt im Wald.

Erhebungen und Untersuchungen zur biologischen Vielfalt werden in Rheinland-Pfalz in unterschiedlichen Intensitäten von der intensiven Fallstudie bis hin zu landesweiten Übersichtserhebungen durchgeführt.

Die drei tragenden Säulen des waldbezogenen Konzepts zur Erhaltung und Entwicklung der Biodiversität bilden der naturnahe Waldbau, eine auf das Schutzziel ausgerichtete Bewirtschaftung von Schutzgebieten (Naturschutzgebiete, Natura 2000 Gebiete) und schließlich auch das Zulassen eigendynamischer Waldentwicklung wie etwa in Naturwaldreservaten oder Kernzonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald. Alle waldbezogenen Maßnahmen sind eingebunden in die Biodiversitätsstrategie des Landes.

In Folge des Klimawandels und durch den Eintrag von Luftschadstoffen unterliegen die Wälder in Rheinland-Pfalz großflächigen Umwelteinflüssen, die zu einer Nivellierung der standörtlichen und letztendlich der biologischen Vielfalt führen können. Um zu vermeiden, dass sich hieraus ein Verlust an Biodiversität ergibt, sind besondere Anstrengungen zum Waldumbau, zur Förderung der genetischen Diversität der Waldbäume und Sträucher sowie zum Schutz der Vielfalt in unseren Waldböden erforderlich, wie sie in Rheinland-Pfalz bereits eingeleitet worden sind.

Biodiversität umspannt als Begriff die Vielfalt aller Organisationseinheiten der belebten Natur, von der Vielfalt der genetischen Variationen einer Art über die Artenvielfalt bis hin zur Vielfalt der Lebensräume. Weltweit ist die Biodiversität zunehmend durch nicht nachhaltige, ausbeuterische Nutzung und Zerstörung bislang unberührter und natürlicher Lebensräume bedroht. Seit dem Erdgipfel in Rio de Janeiro im Jahr 1992, bei dem 190 Staaten die Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD) verabschiedeten, bilden die Bemühungen um eine Trendumkehr einen Schwerpunkt der internationalen Umweltpolitik.

Dem Wald kommt als einem der artenreichsten und naturnahen Lebensräume eine besondere Bedeutung beim Erhalt der Biodiversität zu. Natürliche und naturnahe Wälder sind weltweit durch eine nicht nachhaltige Waldnutzung, insbesondere aber durch Rodung und Umwandlung in andere Nutzungsformen bedroht. Etwa 13 Mio. Hektar Urwälder werden jährlich vernichtet. Nur ein Teil von ihnen wird in Plantagenwälder überführt, die den Verlust an Biodiversität nicht im Entferntesten kompensieren können. Der damit verbundene Artenverlust ist erschreckend: Täglich verschwinden heute 150 Arten unwiederbringlich. Mit den Arten verschwindet nicht nur ein Glied einer Lebensgemeinschaft, sondern auch die genetische Information geht unwiederbringlich verloren.

Zwar droht in Rheinland-Pfalz keine großflächige Waldvernichtung durch Rodung wie in vielen Regionen der Südhemisphäre, aber auch bei uns ist die Wald-Biodiversität gefährdet – insbesondere durch Klimawandel und Luftschadstoffeinträge.

**In der Zerfallsphase eines Buchenbestandes, wie hier im Naturwaldreservat Gottlob (Hunsrück), entstehen große Mengen an stehendem und liegendem Totholz. Es dient einer Fülle von Arten als Lebensraum**

Foto: P. Balcar

## Ökosystem Boden: Verborgene Biodiversität

Mehr als ein Viertel aller Arten lebt im Boden. Die meisten dieser Lebewesen sind Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Protozoen (Einzeller). Ein Teelöffel Boden kann tausende Arten, Millionen Individuen und hundert Meter Pilzgeflecht enthalten. Die Bodenorganismen sind verantwortlich für unverzichtbare Bodenfunktionen wie die Streuzersetzung, die Kohlenstoffspeicherung, die Bodenauflockerung und unterstützen die Filterfunktionen des Bodens für Schadstoffe. Nur die Vielfalt der Organismen gewährleistet diese für unsere Lebensgrundlagen überaus wichtigen Ökosystem-Dienstleistungen und stellt zudem ein ungeheures genetisches Potenzial dar.

Bereits in der Vergangenheit wurden wichtige Antibiotika wie Penicillin oder Streptomycin aus Bodenpilzen isoliert. Auch in Zukunft könnten Bodenlebewesen für die Entwicklung neuer Pharmazeutika von großer Bedeutung sein.

Aber nicht nur die Zerstörung des Bodens durch Überbauung oder Erosion, sondern auch die Veränderung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften insbesondere durch Luftschadstoffeinträge und Klimawandel können die Boden-Biodiversität erheblich beeinträchtigen. So hat die luftschadstoffbedingte Versauerung zu einem erheblichen Verlust der Lebensraumvielfalt in der Humusaufgabe und im oberen Mineralboden geführt. Ähnlich weitreichende Beeinträchtigungen der Lebensraumvielfalt sind zu erwarten, wenn unsere Böden im Zuge des Klimawandels zunehmend sommerlichen Austrocknungsphasen unterliegen sollten.

Ein Verlust an Biodiversität kann wiederum die Funktionsfähigkeit der Böden als Kohlenstoffspeicher beeinträchtigen, so dass ihre Potenziale zur Abschwächung des Klimawandels nicht zum Tragen kommen können.





**Viele Waldgebiete in Rheinland-Pfalz sind durch Laubmischwälder geprägt. Hier ein Blick vom Luitpoldturm auf die Hochlagen des Pfälzerwaldes**

Foto: F. Schmidt

**Die Struktur der oberen Bodenschicht ist ein guter Indikator für das Wohlergehen der Bodenlebewesen. Versauerung, Eutrophierung und Schwermetallanreicherung können die Lebensgemeinschaften im Boden schädigen.**

Foto: C.-D. Fath

Um dem drohenden Verlust an Biodiversität gezielt entgegenwirken zu können, müssen möglichst eingehende Informationen über die Lebensgemeinschaften, ihre Interaktionen und ihre Wirkungen auf die Ökosystemfunktionen vorliegen. Im Waldbereich werden in Rheinland-Pfalz entsprechende Aufnahmen und Untersuchungen zur biologischen Vielfalt und ihrer Wirkungen in den Waldökosystemen auf unterschiedlichen Ebenen von der intensiven Fallstudie bis hin zu landesweiten Strukturanalysen durchgeführt. Untersuchungen zur Wald-Biodiversität sind integraler Bestandteil der regelmäßigen Waldinventuren, der forstlichen Betriebsplanung, des Forstlichen Umweltmonitorings und stehen an zentraler Stelle in der Waldökosystem- und Naturwaldforschung.

## Biodiversität im Spiegel der Waldinventuren

Bei Bundes- und Landeswaldinventuren wird die Zusammensetzung und Struktur unseres Waldes erfasst. Dabei zeigt sich Erfreuliches: So verfügt Rheinland-Pfalz über einen sehr vielfältigen, durch Laubbäume und Mischbestände dominierten Waldbestand. Bei der Landeswaldinventur im Jahr 2002 wurden 47 Baumarten erfasst. Der Anteil der Laubbäume liegt mit 57 % weit über dem Bundeschnitt (38 %). Darüber hinaus verfügt Rheinland-Pfalz mit einem Eichenanteil von 18 % über die größte Eichenfläche in Deutschland. Gerade die Eiche ist für die Artenvielfalt von großer Bedeutung. So sind 289 monophage, also sich nur von dieser Pflanze ernährende, Insektenarten auf die Eiche angewiesen. Bei der Buche, unserer von Natur aus häufigsten Laubbaumart, ist der Anteil der Spezialisten mit „nur“ 96 monophagen Insektenarten deutlich geringer. Positive Auswirkungen auf die Vielfalt der Arten und Lebensräume sind auch von der weiteren Entwicklung in Richtung auf laubbaumreiche und gemischte Wälder zu erwarten. So zeigt die Waldinventur 2002 einen Anteil von 71 % Laubbäumen in der Waldverjüngung. Auch in den Daten der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtung) spiegelt sich der Strukturreichtum der rheinland-pfälzischen Wälder wider. So dominieren bereits aktuell laubbaumgeprägte Mischwälder und die Planungen sehen den weiteren Waldumbau in Richtung naturnaher, gemischter und laubbaumreicher Waldbestände vor. In der forstlichen Standortkartierung wird die Vielfalt unserer Böden und Standortbedingungen erfasst. Diese Daten sind eine unverzichtbare Grundlage für eine standortsspezifische Baumartenwahl und Bewirtschaftung und damit den Erhalt oder auch die Erhöhung der Waldtypenvielfalt.

## Biodiversität im Forstlichen Umweltmonitoring

Bei der seit 1984 jährlich durchgeführten **Waldzustandserhebung (WZE)** wird der Vitalitätszustand aller von der Stichprobe erfassten Baumarten aufgenommen. Bei der letzten Vollstichprobe im Jahr 2008 wurden an den 464 Rasterpunkten 37 verschiedene Baumarten erfasst.

Im Rahmen der bundesweiten **Bodenzustandserhebungen im Wald (BZE)** werden landesweit an 165 Stichprobenpunkten die Vielfalt der Waldböden und ihre Funktionsfähigkeit erhoben. Der ungeheure Artenreichtum, das nur bruchstückhafte Wissen zur Biologie und Lebensweise vieler Arten und deren Zusammenspiel im Boden lassen ein unmittelbares Monitoring der einzelnen Organismen nicht zu. Anstatt dessen werden die Lebensbedingungen, vor allem die ihnen drohenden Gefahren zum Beispiel durch Versauerung und Stickstoffeutrophierung erfasst. Hierzu wird eine Vielzahl chemischer und physikalischer Bodenkennwerte erhoben, aus denen menschenverursachte Belastungen der Bodenbiozöosen, etwa durch Säure- und Stickstoffeinträge, Schwermetalldeposition oder Bodenverdichtung abgeleitet, beobachtet und beurteilt werden können. Auch aus der Entwicklung der Humusform und der Humusmorphologie können Informationen über das Wohlergehen der Bodenorganismen und ihre Leistungen bei der Streuzersetzung abgeleitet werden.

Die zweite Bodenzustandserhebung im Jahr 2006 belegt, dass der bis in die 1980er Jahre hinein zu beobachtende Trend einer zunehmenden Verschlechterung der Lebensbedingungen von Bodenorganismen durch effektive Luftreinhaltung und gezielte Bodenschutzmaßnahmen gestoppt werden konnte. Ein Beleg für die Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen ist, dass die Humusform „Rohhumus“ in unseren Wäldern inzwischen kaum mehr vorkommt. Beim Rohhumus ist der Stoffkreislauf des Ökosystems erheblich gestört.

Ein Rohhumus bildet sich, wenn die Zersetzung der Baumstreu durch eine Beeinträchtigung der Bodenlebewesen erheblich gehemmt ist. Auch der Eintrag an Schwermetallen und ihre zunehmende Anreicherung in den Böden konnte verringert werden. Allerdings sind in vielen Waldböden noch „Altbelastungen“ vorhanden, die die Bodenlebewelt beeinträchtigen. Ein wichtiger Bestandteil der landesweiten BZE sind auch eingehende Aufnahmen der Bodenvegetation an allen Rasterpunkten. Sie belegen, wie groß die Artenvielfalt an Pflanzen und Moosen in

unserem Wald ist. Am artenreichsten Aufnahme-punkt wurden auf einem viertel Hektar 82 Arten gefunden. Die Aufnahmen zeigen aber auch, dass in vielen Ökosystemen noch Säurezeiger über das natürliche Maß hinaus dominieren. Dies weist auf die immer noch bestehende Nährstoffarmut und die über alle Standorte hinweg zu beobachtende Versauerung unserer Waldböden hin. An vielen Rasterpunkten sind zudem Eutrophierungszeiger zu finden. Dies ist als Hinweis zu werten, dass den Waldlebensgemeinschaften Gefahren durch überhöhte Stickstoffeinträge drohen.

**Bodenlebewesen zerkleinern und zersetzen die Nadel-/Blattstreu der Bäume und schließen die hierin vorkommenden Nährstoffe wieder auf. Bei der ungeheuren Vielfalt lassen sich die einzelnen beteiligten Arten kaum bestimmen, aber ihre Wirkung lässt sich wie hier mit Streu-„Minicontainern“ messen.**

Foto: T. Caspari



In den flächenmäßig bedeutsamen Waldökosystemtypen des Landes wurden **Intensivuntersuchungsflächen (Level II)** eingerichtet. An diesen erfolgt eine Dauerbeobachtung der Waldbäume, der Bodenvegetation und der verschiedenen Bodenkompartimente (Humusaufgabe, Mineralboden). Damit sind diese Level-II-Standorte gleichzeitig Bestandteil eines bundesweiten Netzes von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). An ausgewählten Flächen wurden auch eingehende Studien zur Bodenfauna, zur baumbesiedelnden Fauna und zur Streuzersetzung durch Bodenorganismen durchgeführt. Die auf kontinuierliche Langzeitbeobachtung ausgelegten Intensivuntersuchungen an diesen Flächen erlauben Einblicke in die komplexen Interaktionen der verschiedenen Waldökosystemkompartimente mit ihren jeweiligen Lebensgemeinschaften.

Von besonderem Interesse zur Beurteilung der Lebensbedingungen im Wald sind baumbewohnende **Flechten**. Da sie besonders empfindlich auf Veränderungen in den Umweltbedingungen reagieren und ihre ökologische Standortsamplitude recht gut untersucht ist, eignen sie sich in besonderem Maße zur Bioindikation. An den rheinland-pfälzischen Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen wird die Flechtenvegetation in enger Kooperation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft mit dem Pfalzmuseum für Naturkunde (Dr. Volker John) aufgenommen und bewertet. Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass viele Flechtenarten nur in den lichtdurchfluteten Baumkronen, nicht aber im schattigen Stammraum zu finden sind. Daher werden seit Ende der 90er Jahre die Aufnahmen an Bäumen durchgeführt, die im Zuge von regulären Durchforstungen der Dauerbeobachtungsflächen gefällt werden.

An den rheinland-pfälzischen Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen konnten insgesamt 64 Flechtenarten registriert werden. Mitte der 80er Jahre war die Flechtenflora insbesondere infolge des Ferntransports von Schwefeldioxid auch bis in die industriefernen Waldgebiete hinein verarmt. Häufig beschränkte sich die Besiedlung auf vergleichsweise gegenüber Säure und Luftschadstoffen tolerante Arten wie *Hypogymnia*

*physodes*. Auf Eutrophierung hinweisende Flechten fehlten in den 80er Jahren noch völlig. Inzwischen werden die Bäume wieder vermehrt auch durch empfindlichere Arten besiedelt. Zudem kann eine Ausbreitung stickstofftoleranter und wärmeliebender Arten wie beispielsweise *Flavoparmelia caperata* und *Candelariella reflexa* festgestellt werden. Erstmals wurden auch vereinzelte Lager von Eutrophierung anzeigenden Flechten beispielsweise *Amandinea punctata*, *Lecanora hagenii* und *Melanohalea exasperatula* in den Baumkronen beobachtet.

Die Flechtenuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings belegen die Bedeutung eines integrierten Monitoringsystems für die Überwachung der Wald-Biodiversität. So zeigen sie, dass Luftreinhaltemaßnahmen wirksam zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen im Wald beigetragen und hierdurch eine Wiederbesiedelung mit zuvor durch Luftverschmutzung zurückgedrängten Arten ermöglicht haben. Gleichzeitig weisen sie aber auf Grund ihrer differenzierten Beobachtungsansätze auch auf neue Veränderungen in den Umweltbedingungen der Wälder wie die Klimaerwärmung und die zunehmende Stickstoffsättigung hin.



## Luftschadstoffe: Die großen Gleichmacher

Auch in industriiefernen Waldgebieten haben sich die Standortbedingungen im Laufe der Zeit durch den Eintrag versauernder und eutrophierender Luftschadstoffe erheblich verändert. In der Mehrzahl unserer Waldstandorte mussten sich die Waldlebensgemeinschaften auf die Versauerung und Verarmung ihres Lebensraums an wichtigen Nährstoffen einstellen. Gleichzeitig stieg auf vielen versauerten Standorten die Stickstoffverfügbarkeit merklich an. „Sauer“ und gleichzeitig „stickstoffreich“ ist aber eine von Natur aus nicht vorkommende Kombination.

Auch der Eintrag von Schwermetallen wie Blei und Cadmium und der Streusalzeintrag entlang viel befahrener Straßen dürfte in besonders betroffenen Waldgebieten zu erheblichen Beeinträchtigungen vor allem der Bodenlebewelt geführt haben.

Da luftgetragene Schadstoffe durch den Ferntransport nahezu überall einwirken, wurden die Standortbedingungen großräumig in Richtung „versauert und nährstoffarm“ nivelliert. Dies gilt umso mehr für die in Rheinland-Pfalz von Natur aus überwiegend nährstoffarmen Böden, deren

Differenzierung hierdurch im Wesentlichen verlorengegangen ist. Vor allem in den Humusauflagen und in oberen Bodenschichten ging die natürliche Vielfalt der chemischen und physikalischen Verhältnisse weitgehend verloren. So wurden bei der ersten landesweiten Waldbodenzustandserhebung im Jahr 1989 70% der untersuchten Böden als „stark bis sehr stark versauert“ beurteilt. Nur etwa 8% der Böden wiesen keine oder nur geringe Versauerungsmerkmale auf. Dank durchgreifender Luftreinhaltung und ergänzender Bodenschutzmaßnahmen haben sich die Lebensbedingungen in unseren Wäldern vielfach deutlich verbessert. An nahezu allen Untersuchungspunkten haben sich der pH-Wert und besonders deutlich die Basensättigung im Oberboden erhöht. Aber immer noch drohen den Waldlebensgemeinschaften Gefahren durch Luftschadstoffe, insbesondere durch die noch erheblich die Verträglichkeitsschwellen überschreitenden Stickstoffeinträge.

Um einen weiteren Verlust an Biodiversität durch Stickstoff-Eutrophierung zu vermeiden, sind weitere Anstrengungen zur Verringerung der Stickstoffemission insbesondere aus Landwirtschaft und Straßenverkehr erforderlich.

**Flechten reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen der Umweltbedingungen und sind daher wertvolle Bioindikatoren. In unseren Wäldern werden zunehmend wärmeliebende Flechtenarten wie hier *Flavoparmelia caperata* angetroffen.**

Foto: V. John





## Biodiversität in der Naturwaldforschung

Seit rund 40 Jahren werden Naturwaldreservate als unbewirtschaftete Waldflächen eingerichtet und bezüglich Waldstrukturen, Böden und Artenzusammensetzung untersucht. Seit nunmehr rd. 20 Jahren werden sie außerdem im direkten Vergleich mit vergleichbaren bewirtschafteten Waldflächen untersucht, um die strukturellen Besonderheiten und Prozesse in Wäldern unter natürlicher Entwicklung bewirtschafteten Wäldern gegenüberstellen zu können.

Die Waldstrukturen als Schlüsselemente für natürliche wie vom Menschen gesteuerte Entwicklungen werden in den Naturwaldreservaten periodisch erfasst, also vor allem die Baumartenzusammensetzung, die räumliche Bestandesstruktur, die Verjüngung sowie Totholz mengen und -qualitäten und weitere Baummerkmale. Die Waldstrukturdaten sind zugleich die wesentlichen Lebensraumdaten für im Wald lebende Arten und Basis für Indikation bzw. für Erklärung

von Veränderungen – auch in der Biodiversität. Denn Artenvielfalt hängt eng mit Strukturvielfalt zusammen.

Ein bestimmender Faktor des Waldes ist die Baumart. In Mitteleuropa dominiert natürlicherweise die Buche. In den rheinland-pfälzischen Naturwaldreservaten gewinnt sie ohne die menschliche Steuerung zunehmend an Dominanz, wobei die Wälder zumeist dichter, dunkler, struktur- und artenärmer werden. Auch in naturnah bewirtschafteten Wäldern wurde sie zunehmend zur Gewinnerin. Da außerdem Baumarten wie Eiche oder Tanne vom Wild bevorzugt verbissen werden, kommt dies oft zusätzlich der Buchennaturverjüngung zugute.

Deutschland ist das natürliche Verbreitungsgebiet für ein Viertel der weltweiten Rotbuchenwälder und besitzt daher besondere Verantwortung für deren Erhalt und die Sicherung ihrer biologischen Vielfalt.

Seit einem Kahlfraß durch Schwammspinnerrauen Mitte der 1990er Jahre weisen zwei im Bienwald gelegene Naturwaldreservate (hier NWR Stuttpferch) sehr hohe Totholz mengen auf.

Spezialisten haben dort in den letzten Jahren über 1.400 Käferarten gefunden, davon 38% der in Deutschland vorkommenden Totholzkäferarten. Darunter sind auch Käferarten, die offenbar erst im Zuge des Klimawandels ihr Areal in unsere Region ausweiten.

Foto: P. Balcar



In den Naturwaldreservaten sind auch seltene Totholzkäferarten, wie hier der Veränderliche Edelscharrkäfer

*Gnorimus variabilis* anzutreffen.

Foto: F. Köhler

Die Buchenwälder sind heute auf ein Drittel ihrer ursprünglichen Fläche zurück gedrängt, die Buche ist dort nur noch zu 14 % beteiligt. Daher ist ihre „Renaissance“ durchaus positiv zu sehen.

In einer über Jahrtausende von Menschen gestalteten Landschaft haben wir es aber vorwiegend mit einer kulturhistorisch gewachsenen und somit überprägten natürlichen Biodiversität zu tun.

Gemessen an den absoluten Artenzahlen übersteigt sie meist die natürliche Diversität dadurch, dass die Nutzungen den Wald öffneten und auch für licht- und wärmebedürftige Arten günstige Lebensbedingungen schufen.

Licht bringt Leben in den Wald - diesen Grundsatz hat auch die Naturwaldforschung bestätigt. Lücken sind Schlüsselfaktoren für Verjüngung, Strukturen und Totholz. Die Strukturvielfalt eines Waldes wird wesentlich durch die Häufigkeit und Größe von natürlichen und anthropogenen Störungen wie Windwurf, Feuer und Insektenfraß bestimmt. Dadurch finden immer wieder Pionierbaumarten günstige Lebensbedingungen oder auch Blütenpflanzen, an die häufig auch ausgesprochene Waldbewohner wie Totholzkäfer in einem Lebensabschnitt angewiesen sind.

Das wesentliche strukturelle Unterscheidungsmerkmal von Natur- und Wirtschaftswald ist das Totholz, wie im Rahmen der Naturwaldforschung herausgearbeitet wurde. Es zählt zum wichtigsten Lebensraum und ist Voraussetzung für eine enorme Vielfalt an spezialisierten Arten, darunter 1.300 Totholzkäferarten, 1.500 Pilzarten, 30 Vogelarten, 16 Fledermausarten, 54 Wildbienenarten und auch Haselmaus, Wildkatze oder Baumarder.

„Alte“ Naturwaldreservate sind meist reich an Totholz. Schon auf kleiner Fläche beherbergen sie einen erheblichen Teil der in Deutschland vorkommenden Tierarten. Viele Naturwaldreservate erweisen sich deswegen als „hot spots“ für die Biodiversität und stellen wichtige Spendeflächen für umliegende Wälder dar. Die Naturwaldforschung dokumentiert ihre Weiterentwicklung zum „Urwald von morgen“ und belegt auch den Wandel der Ökosysteme durch Klimaänderungen.

## Biodiversität und Klimawandel

Das Klima ist ein entscheidender Faktor für das Gedeihen jeder Art. Während eine Reihe von Arten aus kühleren Verbreitungsgebieten bei der projizierten Temperaturzunahme eher leiden wird, könnten an warme Klimate angepasste Arten durchaus vom Klimawandel profitieren. Konkret vorhersagen lässt sich jedoch die Entwicklung der Areale der einzelnen Arten nicht, da die Arten in ihrer Lebensgemeinschaft und zu ihrer Umwelt in einem komplexen, meist nur wenig bekannten Beziehungsgeflecht leben.

Steter Wandel gehört zur Natur und so passen sich auch die Lebensgemeinschaften beständig an die sich verändernden Umweltbedingungen an. Das zeigen schon die „Wanderungsbewegungen“ der verschiedenen Baumarten nach der letzten Eiszeit. Allerdings verläuft diese Anpassung nur sehr langsam. Die Umweltbedingungen verändern sich einerseits durch variierende natürliche Einflüsse, aber seit mehr als Tausend Jahren greift auch der Mensch entscheidend in die Umwelt ein. Die aktuell berechneten Veränderungen der Klimabedingungen laufen in weitaus kürzeren Zeiträumen ab als die Erwärmung nach der letzten Eiszeit. Zudem wird die natürliche Anpassung durch die Zersplitterung und Isolierung der Waldareale durch landwirtschaftlich genutzte oder besiedelte Gebiete gebremst.

Bei der erwarteten Klimaveränderung könnte daher ein beträchtlicher Teil unserer Wälder instabil werden und die gesellschaftlichen Bedürfnisse wie die Bereitstellung des Ökorohstoffes Holz, aber auch die vielfältigen Schutz- und Erholungsfunktionen nicht mehr zuverlässig erfüllen. Um dies zu verhindern sind aktive Anpassungsmaßnahmen der Forstwirtschaft erforderlich (Adaption).

Unsere heimischen Baumarten verfügen über sehr unterschiedliche Anpassungen an die jeweils herrschenden Standortbedingungen. Diese Vielfalt bietet große Chancen. So können an künftige Klimabedingungen besser angepasste Baumarten gezielt gefördert und weniger angepasste langsam zurückgedrängt werden. Reinbestände werden aus Gründen der Risikostreuung zunehmend in Mischbestände umzubauen sein.

Es ist davon auszugehen, dass der Anteil der klimasensitiven Fichte deutlich sinkt, während der Anteil der klimaplastischen Buche weiter steigt. In Zukunft wohl häufiger auftretende Extremereignisse wie Sturm oder Hagelschauer werden in größerem Umfang Lücken und Freiflächen entstehen lassen. Hierdurch dürfte der Anteil von Pionierbaumarten wie Birke, Aspe und Eberesche steigen. Auch bislang seltene Baumarten wie Elsbeere und Speierling werden gezielt gefördert und damit an Bedeutung gewinnen. Insgesamt werden der Laubbaumanteil und der Anteil laubbaumgeprägter Mischwälder weiter ansteigen.

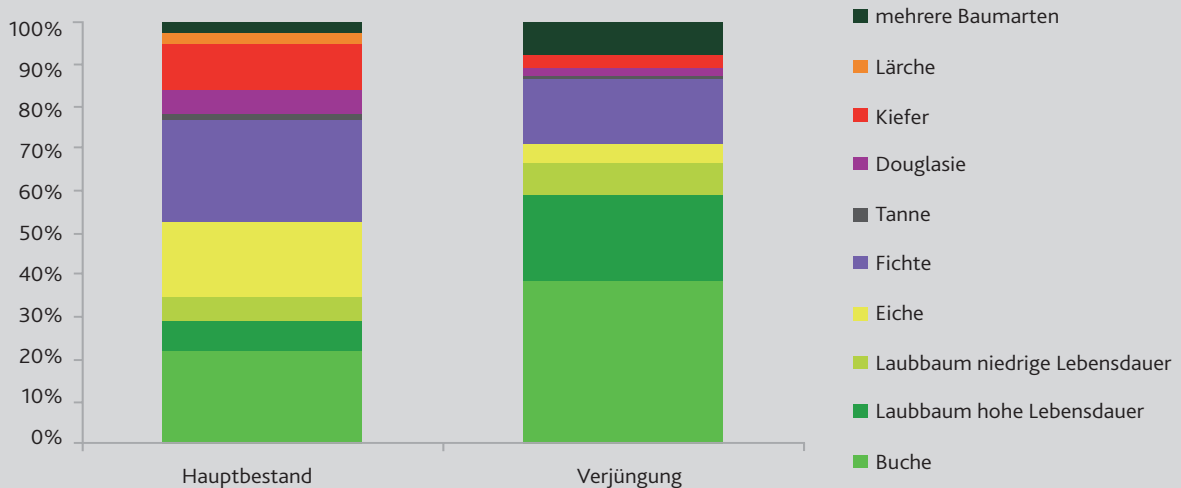
Da gegenüber dem Klimawandel sensitive Baumarten nicht völlig verschwinden werden, in der jeweiligen Region bislang nicht vertretene Arten aber hinzukommen können, dürfte sich die Vielfalt an Baumarten und Mischungstypen erhöhen. Vorausgesetzt, dass sich die Veränderungen unseres Klimas in Grenzen halten, bieten die anstehenden Anpassungen der Wälder an den Klimawandel die Chance, die Wald-Biodiversität nicht nur zu erhalten, sondern sogar zu erweitern.

**Im Naturwaldreservat Grünberg (Pfälzerwald) ist unter den Alt-Douglasien eine mischbaumartenreiche Naturverjüngung aufgewachsen.**

Foto: J. Hädeke

## Baumartenzusammensetzung des rheinland-pfälzischen Waldes:

Die Daten der Landeswaldinventur zeigen eine größere Artenvielfalt und vor allem einen höheren Anteil an Laubbäumen in der Verjüngung im Vergleich zum Hauptbestand. Mit Blick auf eine Risikostreueung im Klimawandel muss diese Vielfalt erhalten werden. Wegen der Konkurrenzkraft der Buche und des selektiven Wildeinflusses sind zur Erhaltung und Förderung seltener und lichtbedürftiger Baumarten aktive waldbauliche Maßnahmen notwendig.



## Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität im Wald

Die vielfältigen Maßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität im Wald sind eingebunden in die Biodiversitätsstrategie des Landes. Die Eckpfeiler des waldbezogenen Maßnahmenbündels sind ein naturnaher Waldbau im Wirtschaftswald einschließlich der Erhaltung und Pflege von Biotopen, die Waldentwicklung in Gebieten mit besonderen Schutzziele (Natura 2000 und andere) und die eigendynamische Entwicklung von Wäldern in Wildnisgebieten und Prozessschutzflächen. Hinzu kommen Maßnahmen zur Wiederherstellung der standörtlichen Vielfalt unserer Wälder und zur Erhaltung der genetischen Diversität der Baum- und Straucharten.



## Naturnaher Waldbau im Wirtschaftswald und Biotoppflege

Eine der wesentlichsten Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität im Wald ist die naturnahe Waldbewirtschaftung. Diese nutzt natürlich ablaufende Prozesse um stabile, ökologisch intakte Waldökosysteme aufzubauen. Die Ziele und Grundsätze des naturnahen Waldbaus sind für den Staatswald des Landes als gesetzliche Vorgabe verankert und werden auch von vielen privaten und kommunalen Waldbesitzenden auf freiwilliger Basis als Richtschnur ihres betrieblichen Handelns angewendet.

Zur Sicherung der biologischen Vielfalt werden insbesondere folgende Grundsätze umgesetzt: Verzicht auf Kahlschläge zur Aufrechterhaltung der Habitatkontinuität alter Waldstandorte, Vorrang der Naturverjüngung zum Erhalt hoher genetischer Variabilität, Integration von natürlichen Sukzessionsphasen und Erhaltung von Altbäumen und Totholz aus Biotop- und Artenschutzgründen.

Alte Wälder (Baumalter meist über 120 Jahre) bieten beste Voraussetzungen für eine hohe Biodiversität. Mit dem Alter und der Größe von Bäumen nimmt nämlich ihre Bedeutung als Habitatelement und für die Brut und Aufzucht von Vögeln und höhlenbewohnenden Tieren erheblich zu. In alten Wäldern steigt zudem der Totholzanteil. Totholz ist eine zentrale Requisite für die Lebensgemeinschaften der Zersetzerket-

ten; es beherbergt viele seltene und geschützte Arten.

In Rheinland-Pfalz sind etwas mehr als 13 % aller Wälder und knapp 19 % der Laubwälder älter als 120 Jahre, wobei die Baumart Buche mit 28 % Spitzenreiter ist. Um auch im Wirtschaftswald eine naturwaldähnliche Artenausstattung zu ermöglichen, werden im Rahmen eines Biotopbaumkonzepts in Wäldern der Reifephase Biotop-, Alt- und Totbäume, Biotopbaumgruppen und Waldrefugien ihrer weiteren Entwicklung überlassen. Ebenso erhalten werden Kleinstrukturen und Sonderstandorte wie Quellbereiche, Felsformationen, Windwurfteiler oder freigelegte Mineralbodenbereiche, denen als meist punktuellen Habitatelementen eine besondere Bedeutung zukommt. Einer besonderen Pflege unterliegen auch linienhafte Strukturen im Wald. Zu ihnen zählen vor allem Waldaußenränder, Innenrandbereiche einschließlich Schneisen und Wegen, Säume sowie in dieser Funktion auch alle Formen von Gewässer-Lebensraumtypen im Wald. Sie sind einerseits als Verbindungsachsen von Bedeutung, andererseits vereinen sie durch Lichteinfall und Randaspekte unterschiedliche sukzessionale Stadien auf engem Raum. Sie sind gleichzeitig wichtige Bruträume und Jagdhabitats.

**Der Schwarzstorch braucht – anders als sein bekannter Vetter der Weißstorch – hohe Bäume zur Anlage seines Horstes**

Foto: I. Lamour

**Gewässer im Wald leisten einen großen Beitrag zur Lebensraumvielfalt. Pflegemaßnahmen, wie hier die „Entfichtung“ eines Bachlaufs, helfen die natürliche Vielfalt zu erhalten oder wiederherzustellen**

Foto: B. Mahl

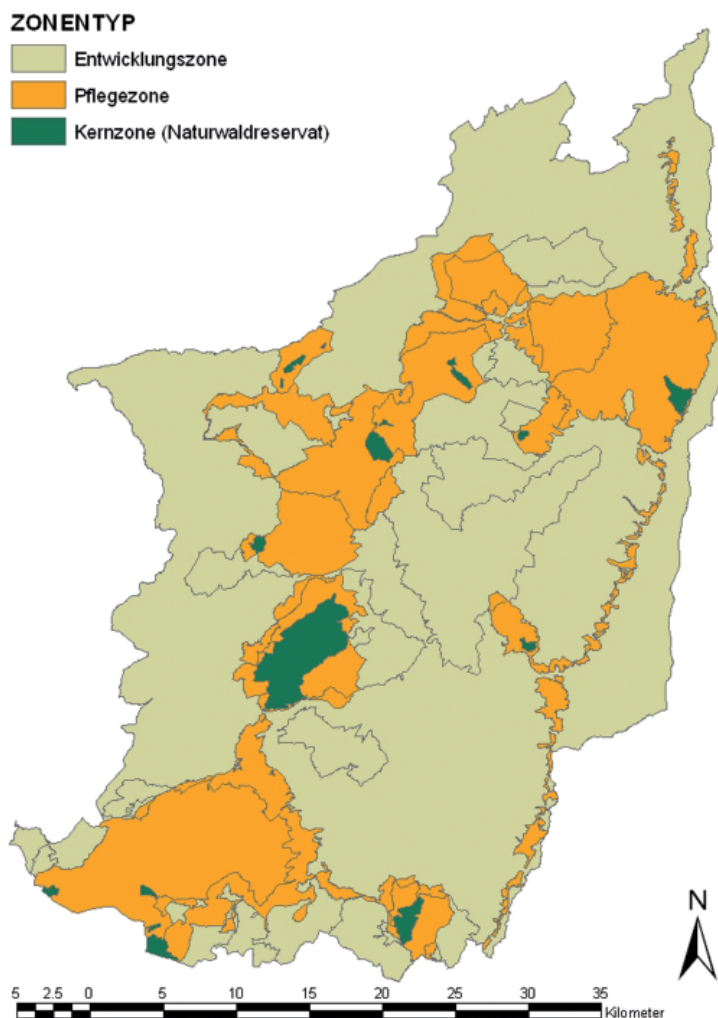


## Waldentwicklung in Schutzgebieten

Der Wald in Rheinland-Pfalz unterliegt in vielfältiger Form besonderen naturschutzfachlichen Anforderungen. Hierzu zählt insbesondere das Netz der europäischen Natura 2000-Gebiete, wozu etwa ein Drittel aller Wälder in Rheinland-Pfalz zählt. Darüber hinaus liegen Naturschutzgebiete mit über 23.000 ha, Naturparke mit 335.000 ha, Landschaftsschutzgebiete mit 313.000 ha und über 46.000 ha Pflegezonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald-Nordvogesen im Wald. Die Schutzziele dieser Flächen sind individuell differenziert, so dass sich hierauf ausgerichtete Ziele für die Waldbewirtschaftung ergeben.

Hierzu gehören in bemessenem Umfang auch Flächen, die einer eigendynamischen Entwicklung unterliegen, in denen also die Bewirtschaftung ruht. Der derzeitige Anteil unbewirtschafteter Waldflächen (Naturwaldreservate, Kernzonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald, Großnaturschutzgebiet Bienwald und andere Schutzgebiete) liegt bei knapp 4 % der Staatswaldfläche. Diese Flächen bilden ein eng geknüpftes Sicherheitsnetz für Biodiversität, für die Erhaltung von wildlebenden Vögeln, Tieren und Pflanzenarten sowie Lebensräumen von europäischer Bedeutung.

### Zonierung Biosphärenreservat Pfälzerwald



Quelle: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd (2005, verändert)

Große Teile des rheinland-pfälzischen Waldes unterliegen besonderen Schutzziele. So wurden die im Biosphärenreservat Pfälzerwald/Nordvogesen ausgewiesenen „Kernzonen“ aus der Bewirtschaftung herausgenommen, um eine Waldentwicklung ohne unmittelbare menschliche Einflussnahme zu ermöglichen.

Die Pflegezone dient demgegenüber der Erhaltung von Ökosystemen, die durch menschliche Nutzung entstanden sind. Hier sollen insbesondere die von den Baumarten Eiche und Kiefer geprägten Waldökosysteme durch eine spezielle, am Lichtbedarf der beiden Baumarten orientierte Waldbehandlung erhalten und gepflegt werden.



**Bodenschutzkalkung mittels Hubschrauber:**  
Die durch Luftschadstoffeinträge verursachte Bodenversauerung beeinträchtigt die Waldboden-Lebensgemeinschaften. Im Verbund mit Luftreinhaltung und waldbaulichen Maßnahmen trägt die Kalkung zur (Wieder-) Verbesserung der Lebensbedingungen der Bodenlebewesen und damit zur Sicherung der Artenvielfalt bei.

Foto: E. Eisenbarth

## Waldumbau und Bodenrestauration

Das Land Rheinland-Pfalz investiert seit vielen Jahren systematisch in den Umbau von Nadelbaumreinbeständen in laubbaumreiche Mischbestände. So wird durch die Einbringung von Buchenjungpflanzen in Fichtenaltbestände bereits heute in diesen Beständen ein Laubbaumanteil für die nächste Waldgeneration geschaffen. Dadurch entstehen Mischbestände, die nicht nur eine höhere Struktur- und Artenvielfalt sondern auch eine höhere Stabilität gegen Stürme, Witterungsextreme und Kalamitäten durch Insekten oder Pilze erwarten lassen. In den kommenden Jahrzehnten werden etwa 30.000 ha reine Fichtenwälder in Mischwälder umzubauen sein. Landesforsten wendet hierfür jährlich einen Betrag von rd. 2 Mio. € auf.

Auch die waldbauliche Einbindung von natürlich angesamten Pionierbaumarten wie der Birke, der Eberesche, der Kirsche und der Aspe sowie die Einbringung und Förderung von bisher seltenen Baumarten wie Elsbeere, Speierling, Wildapfel und Wildbirne erhöhen die Baumdiversität und damit auch die Vielfalt der Waldlebensgemeinschaften.

Durch die konsequente Umsetzung dieses ökologisch orientierten Waldbaukonzepts hat sich der Laubbaum- und Mischwaldanteil in unseren Wäldern bereits deutlich erhöht. Etwa 80 % unserer Wälder sind Mischwälder. 56 % der Wälder sind laubbaumdominiert und auf einem Drittel der Waldfläche hat sich bereits wieder Verjüngung – meist an Laubbäumen – unter dem Altbestand etabliert.

Zum Schutz der Waldböden vor fortschreitender Versauerung sind seit dem Jahr 1983 in Rheinland-Pfalz 647.000 Hektar zum Teil bereits in Wiederholung überwiegend mit Dolomit vom Hubschrauber aus gekalkt worden. Die Waldkalkungen sind eingebunden in ein umfassendes Bodenschutzkonzept. Dieses Konzept setzt vor allem auf eine Aktivierung der ökosystemaren Nährstoffkreisläufe insbesondere durch den Aufbau strukturreicher Mischbestände mit Baumarten mit leicht zersetzlicher Streu und die Förderung einer standortsangepassten Bodenvegetation.

Auf durch Luftschadstoffeinträge versauerten und nährstoffverarmten Standorten ist eine Kalkung zum Aufbau solcher Mischbestände unabdingbar. Langjährige Feldstudien in speziellen Kalkungsversuchen belegen eine lang anhaltende Pufferung der über die Luftschadstoffdeposition eingetragenen Säuren und eine erfolgreiche Reaktivierung der ökosystemaren Stoffkreisläufe. So konnten mit Hilfe engmaschiger Analysen signifikant positive Auswirkungen wie eine langsame aber nachhaltige Verbesserung der Magnesiumversorgung und der biologischen Aktivität, eine Stabilisierung des Mineralbodenhumus sowie eine Verbesserung der Lebensbedingungen für Wurzeln und Bodenlebewesen nachgewiesen werden.

Auch die Bodenschutzkalkung trägt somit zur Sicherung der Artenvielfalt und zur Stabilität der Waldökosysteme bei. Da die Kalkung mit Dolomit die bodenchemischen Verhältnisse nur sehr behutsam wieder verbessert, gehen keine Arten verloren. Stattdessen können sich viele Arten, die zuvor auf Refugien wie z.B. in Zersetzung befindliche Baumstümpfe verdrängt waren, wieder ausbreiten.

Diese Birnen wachsen nicht in einer Obstplantage sondern in einem Wildbirnen-Generhaltungssamengarten. Hier wird Saatgut mit höherer genetischer Vielfalt erzeugt als es bei dieser sehr seltenen Baumart in der freien Natur heute möglich ist

Foto: B. Haase



## Erhaltung und Förderung der genetischen Vielfalt

Für die Stabilität der Waldökosysteme und die Gewährleistung der Waldfunktionen auch bei einer Veränderung des Klimas oder anderer Standortbedingungen ist nicht nur die Baumartenvielfalt sondern auch die genetische Vielfalt innerhalb der einzelnen Arten von besonderer Bedeutung. Eine breite genetische Basis befähigt die Arten, sich an Veränderungen der Umweltbedingungen anpassen zu können.

Die einzelnen Baumarten unterscheiden sich beträchtlich in ihrer genetischen Diversität. Baumarten, die von Natur aus in sehr unterschiedlichen Klimaten vorkommen, wie Buche oder Douglasie sind genetisch sehr breit aufgestellt. Sie haben sich im Rahmen der Evolution, also durch eine fortwährende Weiterentwicklung, Selektion und Anpassung der genetischen Zusammensetzung der Population, auf die jeweils herrschenden Umweltbedingungen eingestellt.

So zeigen die verschiedenen europäischen Buchenherkünfte große Unterschiede in der Trockenstresstoleranz. Die genetische Differenzierung der Herkünfte dieser Baumarten wird bei der Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel künftig verstärkt zu nutzen sein.

Andere Baumarten, wie insbesondere die Wildobst- und einige Sorbusarten sind durch Jahrtausende lange menschliche Wirtschaft auf Restvorkommen zurückgedrängt worden. Sie sind häufig nur mehr als Einzelexemplare oder in kleinen Gruppen anzutreffen und haben nicht die

Möglichkeit, sich untereinander zu bestäuben. Daher können Inzuchtmerkmale wie schlechte Keimfähigkeit oder Wuchsdepressionen auftreten. Da diese Baumarten nicht nur wertvolles Holz liefern, sondern meist auch wärmetolerant sind, werden sie künftig eine größere Rolle im Waldbau spielen. Allerdings muss gewährleistet sein, dass das Saat- und Pflanzgut eine hohe genetische Diversität aufweist. Daher wurden in Rheinland-Pfalz Samengärten dieser Baumarten angelegt. In den Samengärten wird eine große Anzahl individueller Genotypen zu Fortpflanzungseinheiten zusammengeführt. Deren Nachkommenschaften sind mit höherer genetischer Vielfalt und dementsprechend besserer Anpassungsfähigkeit ausgestattet. Für 25 seltene Baumarten wurden Generhaltungs-Samengärten in Rheinland-Pfalz angelegt, darunter alle bei uns vorkommenden wärmeliebenden Baumarten wie Sommerlinde, Speierling, Elsbeere, Vogelkirsche, Wildapfel, Wildbirne, Spitzahorn und Robinie.



Rheinland-Pfalz verfügt vor allem entlang der Täler von Rhein, Mosel und anderen Flüssen über große ehemalige Niederwaldareale. Die dort wachsenden Bäume haben teilweise seit Jahrhunderten in warmen Weinbaulagen überdauert und tragen wahrscheinlich Erbinformationen in sich, die große Bedeutung für die Anpassung unserer Wälder im Klimawandel erlangen können. Erste genetische Untersuchungen hierzu fanden in einem Eichen-Niederwaldbestand im Forstamt Zell einen höheren Anteil von Genen der Dehydrin-Gruppe als in benachbarten Eichenwirtschaftswäldern auf besser wasserversorgten Standorten. Dehydrine bewirken, dass die Zellen bei Wassermangel nicht so schnell austrocknen. Um das genetische Potenzial der Niederwälder zu sichern, werden geeignete Eichenbestände als Saatguterntebestände von sogenannten „Trockeneichen“ zugelassen. Die aus dem Samen dieser Bäume erzeugten Pflanzen werden bei der Neubegründung von Eichenbeständen in Klumpen beigepflanzt, so dass sich diese später mit den „normalen Eichen“ aus dem Hochwald kreuzen können und die Nachfolgegeneration eine noch größere genetische Vielfalt und Anpassungsfähigkeit an die neuen Klimaverhältnisse hat.



---

Die Eichen in diesem ehemaligen Niederwald im Forstamt Zell sind an Trockenheit angepasst.  
Ihr genetisches Potenzial kann im Klimawandel von großer Bedeutung sein.

Foto: B. Haase



Wo geeignete Baumarten und auch für künftige Klimaverhältnisse geeignete Herkünfte vorkommen, ist die natürliche Verjüngung ein geeignetes Mittel, die genetische Vielfalt zu erhalten. Dabei werden möglichst lange Verjüngungszeiträume angestrebt, damit Bäume unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher sozialer Stellung zur Verjüngung beitragen können. Wo eine natürliche Verjüngung nicht möglich ist und die neue Waldgeneration über Saat oder Pflanzung entsteht, wird nicht nur auf für den Anbauort geeignete Herkünfte geachtet, sondern auch auf die genetische Diversität des Saat- oder Pflanzguts. So wird nach Möglichkeit Saatgut verwendet werden, das aus einer Vollmast gewonnen wurde, da hierbei nahezu alle Bäume des Bestandes fruktifizieren.

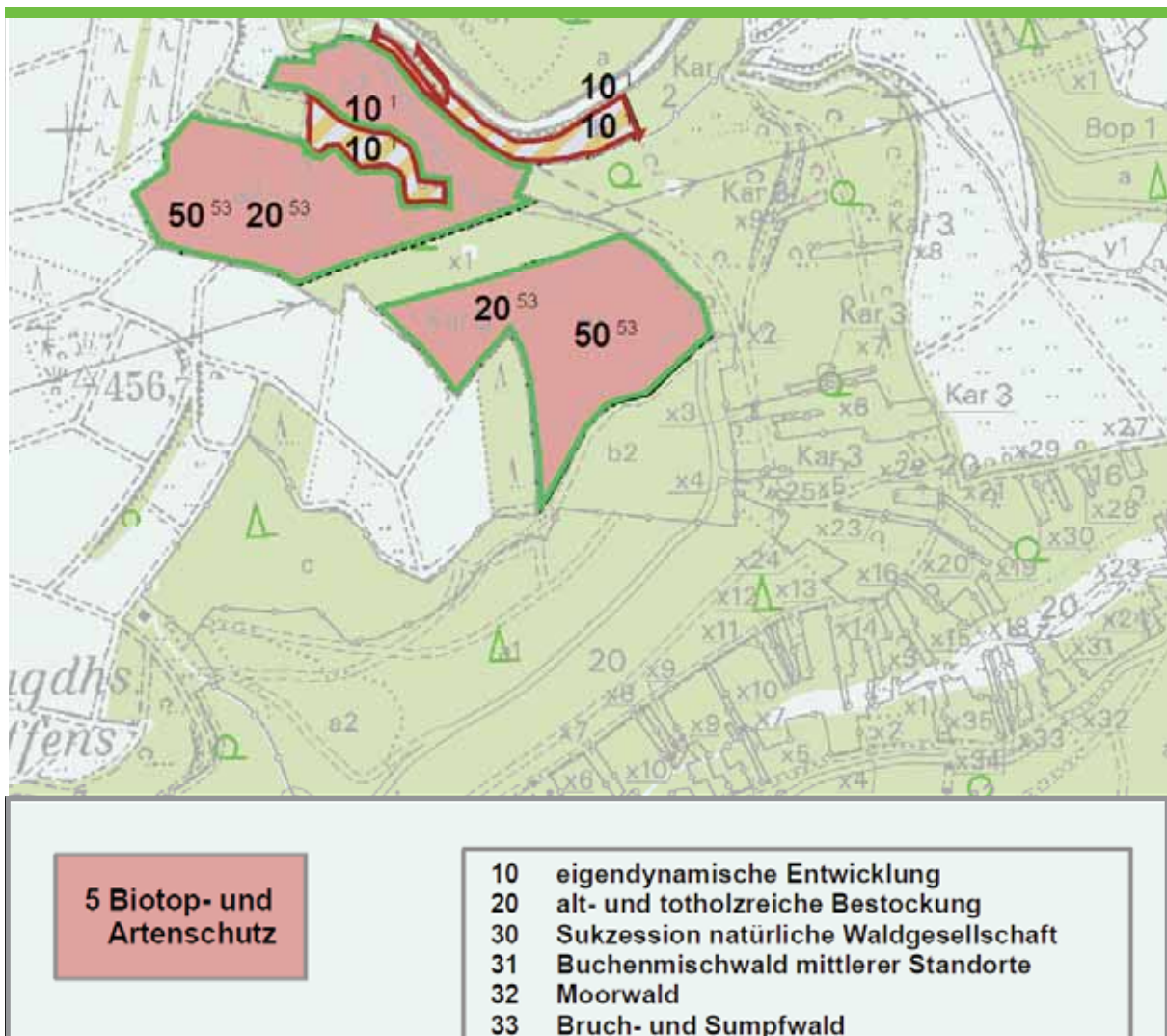
Eine Züchtung von besonders trockenheitsresistenten Bäumen kommt nicht in Betracht, da die Züchtung mit einer Einengung der genetischen Diversität verbunden wäre. Zudem wird die Fokussierung auf nur einen Standortfaktor (Wasserversorgung) den komplexen und sich im Laufe eines Baumlebens kaum vorhersehbar ändernden Umwelteinflüssen nicht gerecht.

## **Umweltvorsorgeplanung in der Forsteinrichtung**

Seit 2004 wird im Rahmen der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtung) neben der Nutzungsplanung grundsätzlich eine Umweltvorsorgeplanung durchgeführt. Da der Wald neben der Nutzfunktion zahlreichen Umweltwirkungen dient, wird auch die Sicherstellung und Verbesserung dieser Wirkungen im Rahmen der Planung analysiert und ggf. mit gesonderten Maßnahmen beplant. Solche Maßnahmen können dabei unterschiedlichen Gruppen von Waldwirkungen dienen, wie z. B. dem Arten- und Biotopschutz, aber auch dem Boden-, Klima, Wasser- oder Landschaftsschutz. Häufig dient eine Maßnahme zahlreichen Waldwirkungen gleichzeitig. Die Anreicherung mit standortgerechten Laubbäumen z.B. hat positive Auswirkungen auf den Arten- und Biotopschutz, aber auch den Wasser- sowie den Bodenschutz. Die Anlage eines strukturreichen Waldrandes verbindet Arten- und Biotopschutzziele mit denen der Landschaftsgestaltung und Erholung. Entsprechend der Naturschutzgesetzgebung sind negative Eingriffe in Natur und Landschaft auszugleichen oder es ist durch die Aufwertung an anderer Stelle Ersatz zu schaffen. Nachdem solche Ersatzmaßnahmen im Offenland immer schwerer zu finden sind, bietet die Umweltvorsorgeplanung für den Waldbesitzer die Möglichkeit, Wald außerhalb der Nutzfunktion in Wert zu setzen, indem potenzielle Ersatzmaßnahmen für eigene Eingriffe eingesetzt werden oder an Dritte vermarktet werden können. Ersatzmaßnahmen können auch im Vorgriff möglicher Eingriffe schon durchgeführt und in ein Ökokonto eingebucht werden.

Weitere Bedeutung erhält die Umweltvorsorgeplanung im Bereich des europäischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000. Einerseits lassen sich die gesetzlichen Erhaltungsziele für den Waldbesitzer mit Hilfe der Umweltvorsorgeplanung konkretisieren, andererseits auf Basis naturschutzfachlicher Ziele mögliche Verbesserungen aufzei-

gen. Grundlage der Umweltvorsorgeplanung in Vogelschutz- und FFH-Gebieten sind immer die Vorgaben der Naturschutzbehörden. Innerhalb eines Schutzgebietes lassen sich die Umweltvorsorgeplanungen verschiedener Waldbesitzer zu einem Gesamtkonzept zusammenfassen.



Umweltvorsorgeplanung für einen Gemeindewaldbetrieb.

Der Kartenauszug zeigt Areale mit besonderer Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz