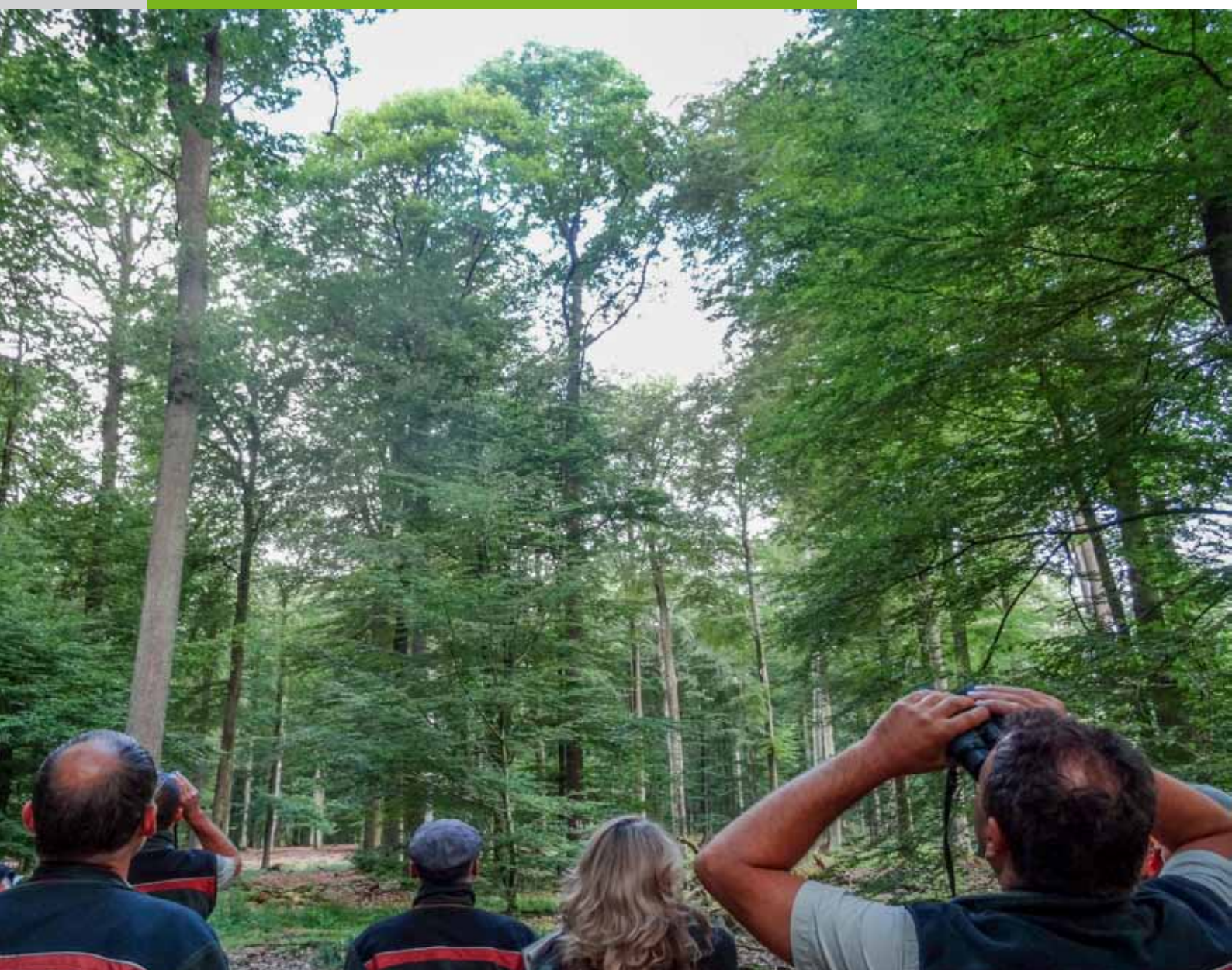




Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

WALDZUSTANDS- BERICHT 2016



Landesforsten
Rheinland-Pfalz

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz
Telefon: 06131 16-0, Fax: 06131 165926
www.mueef.rlp.de
www.wald-rlp.de

Mainz, November 2016

Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Hauptstraße 16
67705 Trippstadt
Telefon: 06306 911-0, Fax: 06306 911-200
zdf.fawf@wald-rlp.de
www.fawf.wald-rlp.de

nur als Download

<http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht.html>

Titelbild:

Teams bei der Schulung in Trippstadt
Foto: Th. Wehner

WALDZUSTANDS- BERICHT 2016

	Seite
Vorwort	4
Waldzustand 2016 im Überblick	6
Waldzustandserhebung (WZE)	10
Einflüsse auf den Waldzustand	30
■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	31
■ Witterungsverhältnisse	38
■ Blüte und Fruktifikation	41
■ Allgemeine Waldschutzsituation	47
Waldernährung in Rheinland-Pfalz	56
Stickstoff im Wald - unverzichtbarer Nährstoff und waldgefährdender Schadstoff	62
Eignung von Baumarten unter dem Einfluss des Klimawandels	72
Naturwaldreservate - Urwälder von morgen und Wissensquellen für Wirtschaftswälder	86
Rehwildbejagung im Fokus	92
Zertifizierung - ökologische, ökonomische und soziale Standards der Waldbewirtschaftung	98
Anhänge	
■ Entwicklung der Waldschäden	102
■ Probestaumkollektiv 2016	108
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	109

VORWORT



Der Wald hat in unserer Gesellschaft einen hohen Stellenwert. Er ist zugleich Rohstoffquelle, CO₂-Speicher, Lebensstätte vieler Tier- und Pflanzenarten und nicht zuletzt wichtiger Rückzugsort für uns alle. Damit der Wald auch weiterhin seine vielfältigen Aufgaben erfüllen kann, wird sein Gesundheitszustand Jahr für Jahr aufs Neue untersucht.

Dem Klimawandel kommt dabei eine steigende Bedeutung zu. Die „Fieberkurve“ der letzten Jahre zeigt: Einiges hat sich unverkennbar verbessert. Doch vieles bereitet uns weiterhin Sorgen:

Die Einträge an Schwefelverbindungen und Schwermetallen sind gegenüber den 1980iger Jahren, durch rechtliche Veränderungen, deutlich zurückgegangen. Große Probleme bestehen unverändert bei den Stickstoffeinträgen. Ein deutlicher Rückgang ist hier nicht zu beobachten. Teilweise kann der Stickstoff nicht mehr im Ökosystem gespeichert werden und wird als Nitrat mit dem Sickerwasser abgegeben. Das hat auch negative Folgen für die Qualität des Grund- und Quellwassers. Weitere Anstrengungen zur Reduktion der Stickstoffeinträge sind daher unbedingt erforderlich, im Bereich des Autoverkehrs, vor allem aber in der Landwirtschaft.

Wir alle haben die Starkregenereignisse im Früh-



jahr noch vor Augen. Die witterungsbedingten Belastungen nehmen seit Jahren zu. Der Schutz des Weltklimas muss besonders im Fokus unseres Handelns liegen. Daher hat sich die internationale Staatengemeinschaft in Paris auf rechtlich verbindliche Ziele zum Klimaschutz festgelegt. Der Wald steckt hier in einer komplexen Herausforderung: er ist Patient und Arzt zugleich. Noch immer sind 73 % aller Bäume geschädigt.

Die Auswirkungen von Wetterextremen sind, wenn auch lokal begrenzt, schon jetzt deutlich erkennbar. Hagelschäden und Trockenperioden seien als Beispiele genannt.

Gleichzeitig trägt Wald maßgeblich zur Minderung der CO₂- Freisetzung bei. Durch die Verwendung von Holz als Baustoff wird CO₂ langfristig in Holz gebunden (Holzproduktspeicher), in ihrer Herstellung energieintensive Baustoffe wie Stahl können eingespart werden (stoffliche Substitution). Am Ende des Zyklus wird das Holz nochmals energetisch verwendet (energetische Substitution). Auch der Wald selber erfüllt eine wichtige Senkenfunktion.

Die Therapie, um diesen komplexen Herausforderungen gerecht zu werden, stellt in Rheinland-Pfalz der als Leitbild im Landeswaldgesetz verankerte und weithin praktizierte naturnahe Waldbau dar. Durch die Nutzung natürlicher Automatismen kann unaufwändig flexibel auf klimatische Entwicklungen reagiert werden. Gleichzeitig wird Holz nachhaltig produziert und

als Baustoff bereitgestellt, die biologische Vielfalt kann geschützt und die Naturerholung ermöglicht werden.

Der Bericht widmet sich in diesem Jahr auch wieder einigen Schwerpunktthemen. So werden die Auswirkungen der Stickstoffeinträge näher beleuchtet, die Eignung von Baumarten im Klimawandel analysiert, Ergebnisse der Untersuchung von Naturwaldreservaten vorgestellt sowie Fragen der Rehwildbejagung und der Zertifizierung des Staatsforstbetriebs behandelt. So können wir eine Vorstellung entwickeln, wie die „Fieberkurve“ der Waldschadenserhebung zukünftig verlaufen könnte.

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Landesforsten Rheinland-Pfalz, insbesondere der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt, für die Aufnahme und Auswertung des Waldzustands sowie für die Erstellung des Berichts.

Ulrike Höfken
Ministerin für Umwelt, Energie, Ernährung,
und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz

WALDZUSTAND 2016



EIN ÜBERBLICK

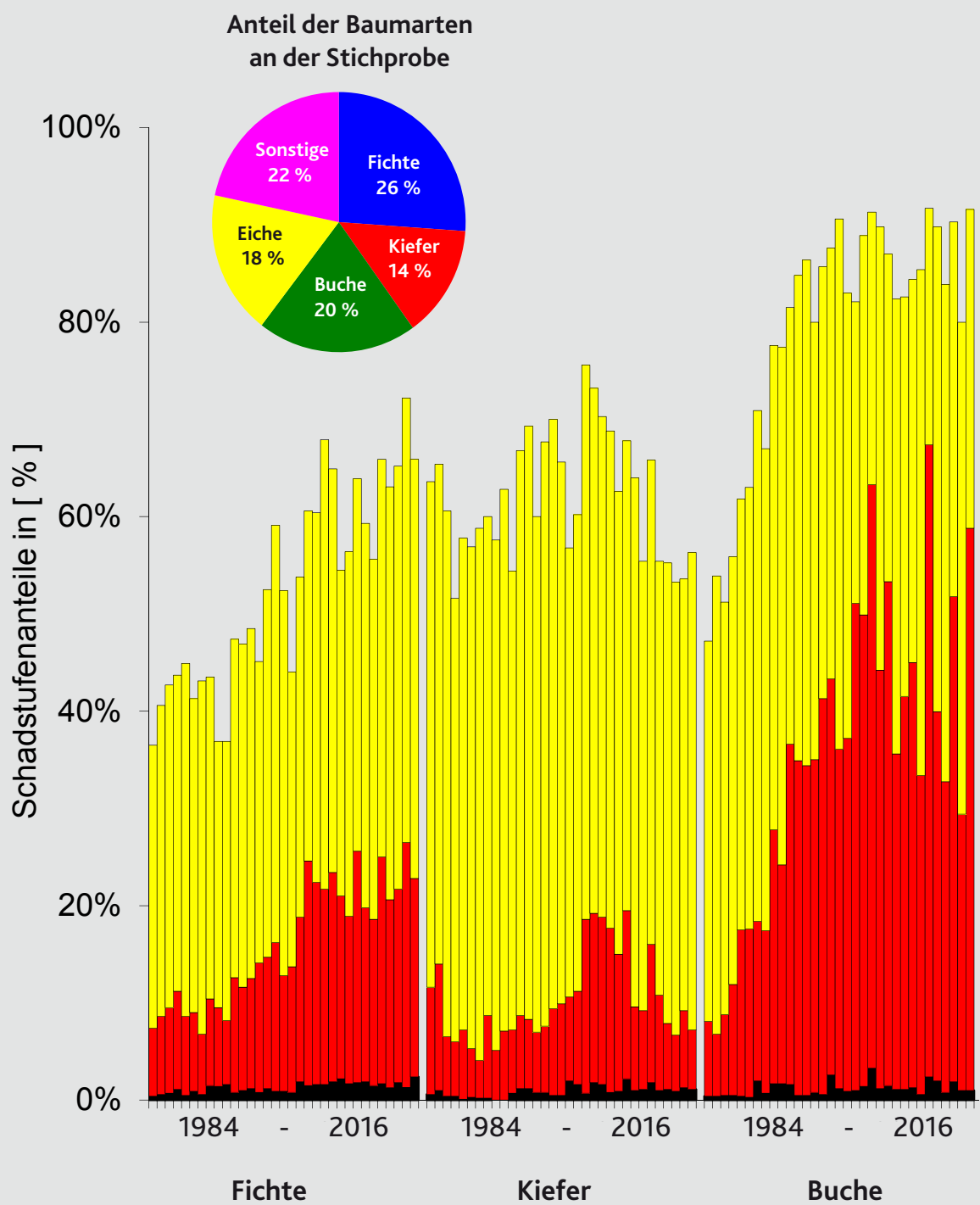
Im Jahr 2016 hat sich der Kronenzustand der Buche, ausgelöst durch sehr starke Fruchtbildung und teilweise verbunden mit Spätfrostschäden und Buchenspringrüssler-Befall, gravierend verschlechtert. Demgegenüber hat sich bei der Eiche der Kronenzustand wieder verbessern können. Bei Fichte und Kiefer sind, wie auch bei den meisten Nebenbaumarten, nur geringe Veränderungen zu beobachten. Nur stark fruktifizierende Hainbuche und Ahorn weisen, ähnlich wie die Buche, einen deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung auf. Über alle Baumarten hat sich der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden um 2 Prozentpunkte auf 27 % erhöht, der Anteil schwach geschädigter Bäume ist um 2 Prozentpunkte gesunken und der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadmerkmale blieb unverändert bei 27 %. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,4 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres.

Die Belastung der Wälder durch Luftschadstoffe ist nach wie vor bedeutsam. Zwar sind die Einträge an Schwefel und Schwermetallen deutlich zurückgegangen, doch die Säurebelastung übersteigt noch das Pufferpotenzial vieler Waldstandorte. Auch Ozon wirkt sich nach wie vor waldschädigend aus. Die Stickstoffeinträge übersteigen weiterhin die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Die langjährigen Messreihen der Waldökosystemforschung zeigen, dass Stickstoff in verschiedenen Formen und aus unterschiedlichen Quellen in den Wald eingetragen wird. Viele Ökosysteme befinden sich bereits im Zustand der Stickstoffsättigung. Stickstoff wird nicht mehr vollständig im Ökosystem gespeichert und z.B. für eine erhöhte Biomasseproduktion

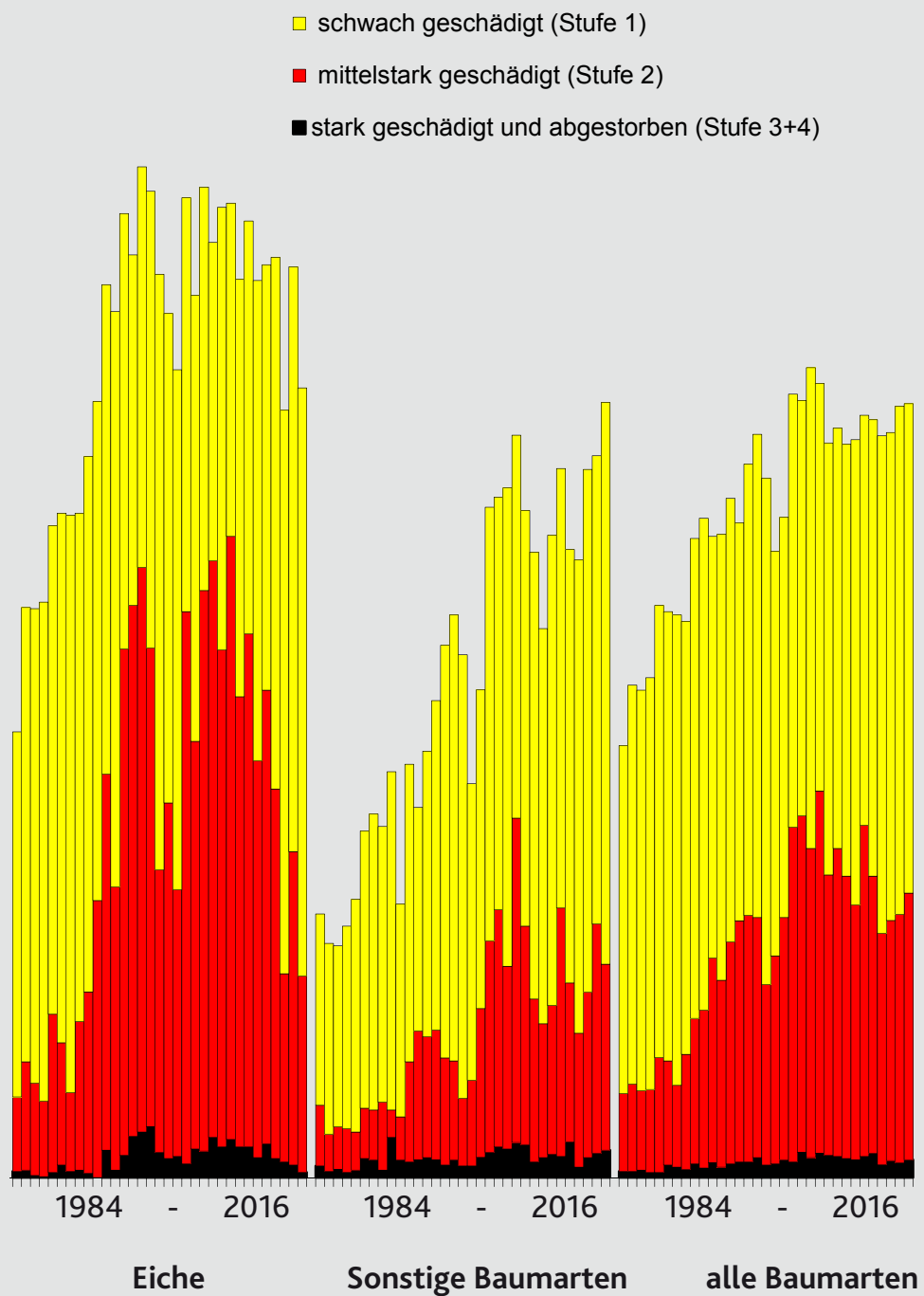
genutzt, sondern als Nitrat mit dem Sickerwasser abgegeben. Nitratauswaschung ist mit Bodenversauerung verbunden und gefährdet die Qualität des Quell- und Grundwassers. Durch die Eutrophierung verändert sich auch die Artenzusammensetzung oligotropher Lebensgemeinschaften. Ehrgeizige Emissionsminderungsziele zur Reduzierung der Ammoniak- und Stickoxidemissionen sind daher dringend erforderlich.

Auch der Klimawandel setzt dem Waldökosystem zu. Witterungsbedingte Belastungen haben in den letzten Jahren zugenommen. Seit 1997 waren alle Vegetationsperioden im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm. In 2016 entstanden lokal Schäden durch Spätfrost oder Gewitter mit Hagel und Sturm.

Um einen umfassenderen Überblick über die Entwicklung des rheinland-pfälzischen Waldes mit seinen vielfältigen Funktionen und Gefährdungen zu geben, wird im vorliegenden Waldzustandsbericht besonders auf die Ernährungssituation der Waldbäume und auf Stickstoff als Nähr- und Schadstoff eingegangen. Weitere Kapitel beleuchten vorhandene Risiken im Klimawandel und geben Hinweise zu klimaangepasster Baumentwahl (Vielfalt und Mischung) sowie der Notwendigkeit einer flächendeckenden Standortskartierung. Außerdem wird über Erkenntnisse und Entscheidungshilfen zur naturnahen Waldbewirtschaftung (Untersuchungen in Naturwaldreservaten), sowie über die Auswirkungen der Gesetzesänderung bei der Rehwildbejagung und den Stand der Zertifizierung informiert.



Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2016 in Rheinland-Pfalz



WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)



Die jährliche Waldzustandserhebung (WZE) stützt sich auf den Kronenzustand als Indikator für die Vitalität der Waldbäume. Veränderungen des Kronenzustands sind eine Reaktion auf Belastungen durch natürliche und durch menschenverursachte Stresseinflüsse. Die Gewichtung der einzelnen Einflüsse im Schadkomplex variiert zwischen den einzelnen Baumarten und von Jahr zu Jahr.

Im Jahr 2016 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten nur wenig verändert, jedoch mit deutlichen Veränderungen bei einzelnen Arten. Bei der Buche zeigt sich gegenüber dem Vorjahr ein neuerlicher Anstieg der Kronenverlichtung bei gleichzeitig starker Fruchtbildung. Auch Hainbuche und Ahorn fruktifizieren stark, verbunden mit einem Anstieg der Kronenverlichtung. Eiche und Lärche zeigen dagegen eine merkbliche Verbesserung im Kronenzustand. Bei den anderen Baumarten gibt es keine oder nur geringe Veränderungen zum Besseren oder Schlechteren.

Durchführung

Die Waldzustandserhebung (WZE) erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Dabei wird die Vollstichprobe im 4x4 km Raster in mehrjährigen Abständen aufgenommen. In den Zwischenjahren erfolgt die Erhebung auf einer Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Im Jahr 2016 wurde der Kronenzustand an den Punkten der Unterstichprobe erhoben. Die Unterstichprobe in Rheinland-Pfalz umfasst insgesamt 168 Aufnahmepunkte. Derzeit wächst an insgesamt 7 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand um Probestämme auszuwählen. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen, sobald der nachfolgende Jungwald etabliert ist. Damit wurden 2016 an 161 Aufnahmepunkten 3864 Stichprobenbäume begutachtet. Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 11. bis 30. Juli.

Die Unterstichprobe erlaubt statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadensentwicklung auf

Ausführliche Informationen zum Verfahren und insbesondere zur Definition der Schadstufen finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/methodik.html>

26 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die auf diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter <http://www.thuenen.de/de/wo/projekte/wald-monitoring/projekte-waldzustandserhebung/bundesweite-waldzustandserhebung/> und www.icp-forests.net

Landesebene für den Wald allgemein und für die häufigsten Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer. Für die weniger häufigen Baumarten Douglasie, Lärche, Hainbuche und Esche sind ebenfalls Aussagen möglich, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit.

Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr geringfügig verschlechtert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 2 Prozentpunkte höher als in 2015. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,4 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres, doch auch dieser geringfügige Anstieg ist statistisch signifikant.

Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert wie in den vorangegangenen Jahren erheblich. Besonders auffallend hat sich der Kro-

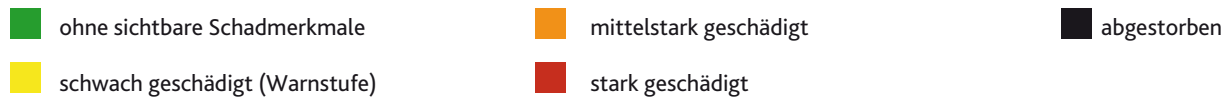
nenzustand bei Buche, Hainbuche und Ahorn verschlechtert. Diese Baumarten zeigen in 2016 sehr starken Fruchtbehang, durch welchen bei diesen Baumarten erfahrungsgemäß ein Anstieg der Kronenverlichtung ausgelöst wird. Auch bei Douglasie ist die Kronenverlichtung etwas höher als im Vorjahr. Besser im Kronenzustand präsentieren sich die Eiche, Lärche und in geringerem Ausmaß auch Fichte, Esche, Birke und Erle. Weitgehend unverändert ist der Kronenzustand bei Kiefer und Tanne.

Der Witterungsverlauf 2016 war bis zum Sommer im Schnitt zu warm und zu feucht, es fielen ausreichend bis reichlich Niederschläge. Jedoch waren erhebliche Gegensätze und Extreme festzustellen. So kam es zu häufigen Wechseln zwischen warmen und kühlen Perioden, Ende April traten Spätfröste auf, die lokal zu Schäden an den jungen Trieben führten. Die Wasserversorgung im Boden

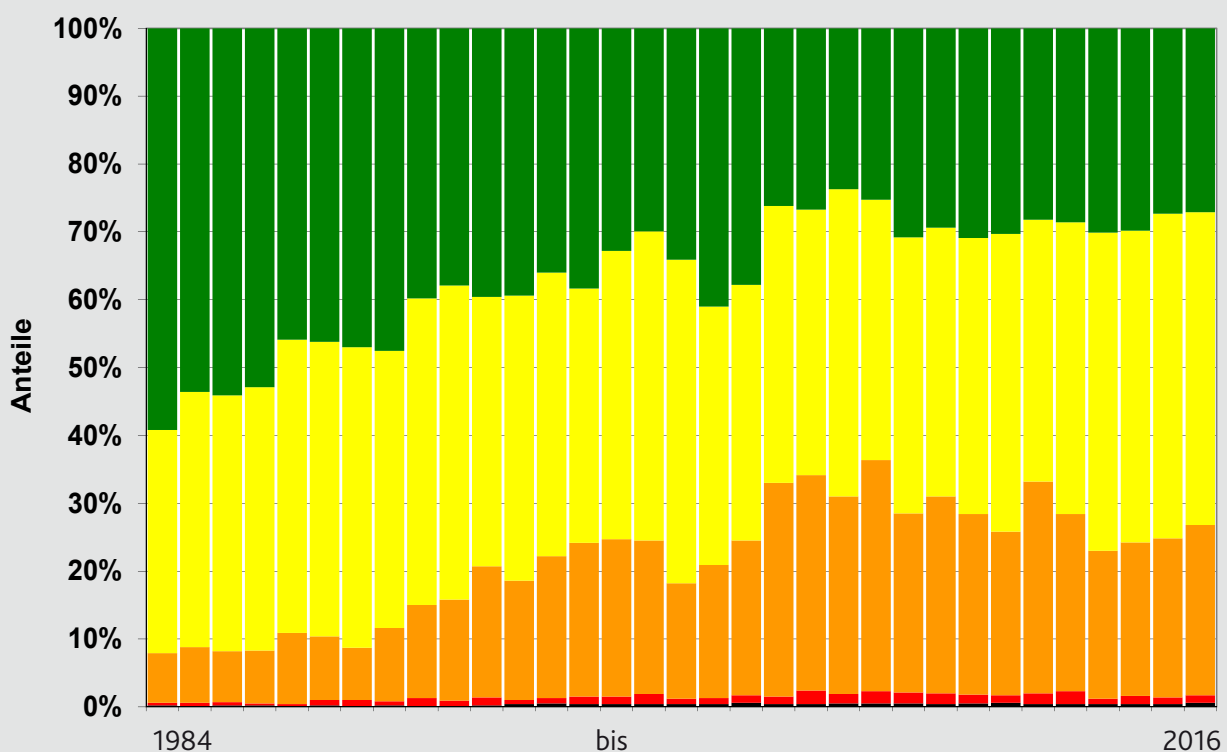
Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft zu finden:

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3014>

war durchweg gut und ermöglichte den Bäumen ein ungehindertes Frühjahrswachstum. Es traten regelmäßig Gewitter und Extremwetterlagen auf, die kleinräumig zu Schäden durch Sturm, Starkregen oder Hagel führten. Auch in einzelnen Waldbeständen um die Aufnahmepunkte der WZE waren abgerissene Blätter, Zweige oder gar Starkäste zu beobachten. Es waren aber nur einzelne Probestämme stärker betroffen, so dass sich diese Schäden nicht im Gesamtergebnis der WZE bemerkbar machen. Nach Abschluss der Erhebung ab August kam es zu einer ausgeprägten Tro-



Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



ckenperiode, in deren Folge auf Standorten mit schlechter Wasserversorgung die Bäume ab Ende August eine vorzeitige Herbstfärbung bis hin zur vollständigen Verbraunung der Blätter zeigten.

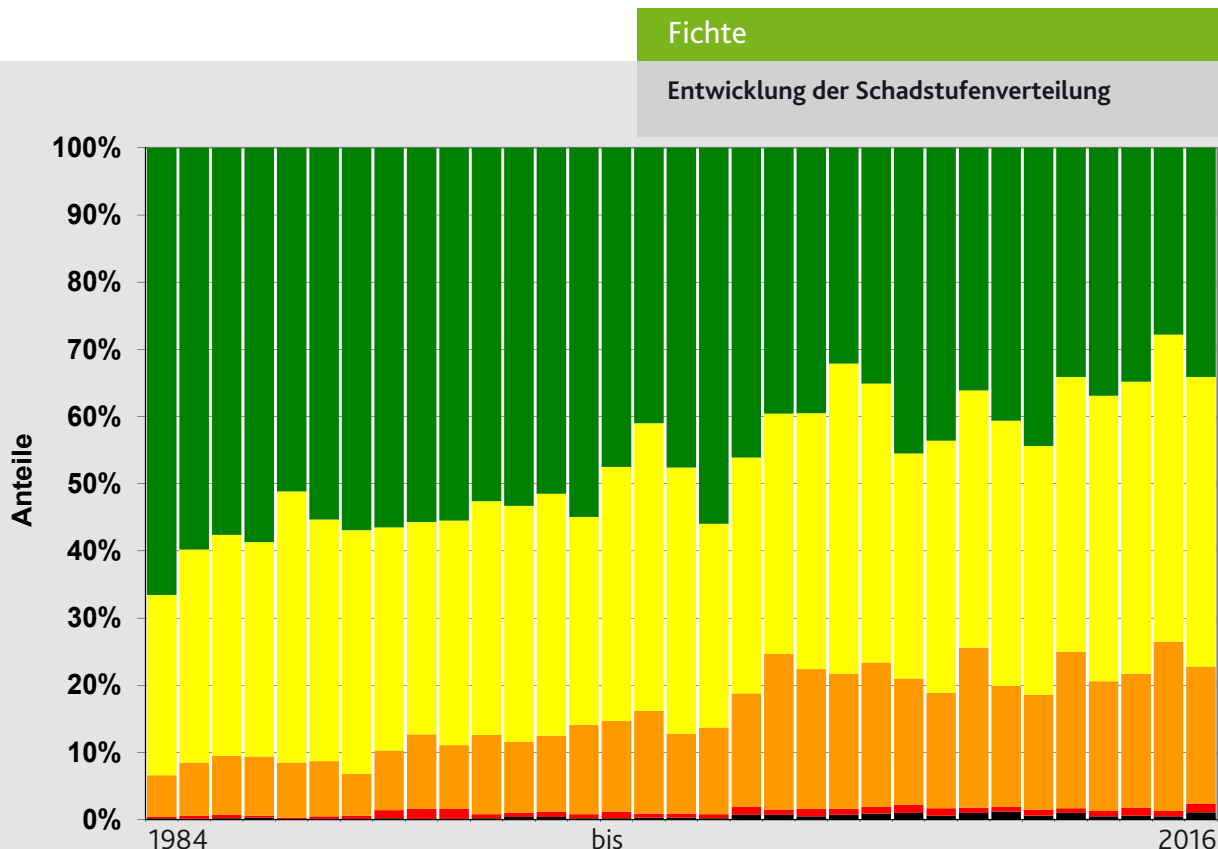
Insektenfraß war in vielen Laubbaumbeständen zu beobachten, aber etwas weniger häufig als im Vorjahr. Er blieb auch im Allgemeinen unter der kritischen Schwelle ab der ein Einfluss auf den Kronenzustand zu erwarten ist. Pilzbefall der Nadeln oder Blätter ist in 2016 weit verbreitet aufgetreten und an den Probestäumen der WZE beobachtet worden. Meist beschränkte sich der Befall jedoch auf die unteren Bereiche der Baumkronen, lag damit außerhalb des Boniturbereiches für die Kronenzustandsansprache und blieb so ohne Einfluss auf das Ergebniss der WZE. Douglassenschütte und Eschentriebsterben haben jedoch einen entscheidenden Einfluss auf den Kronenzustand dieser beiden Baumarten.

Vergilbungen an Nadel- oder Blattorganen sind im Berichtsjahr nur in geringem Umfang beobachtet worden. Da die Waldzustandserhebung

bereits Ende Juli abgeschlossen wurde, wurde die ab Anfang August beginnende vorzeitige Verfärbung der Blätter im obersten Bereich der Baumkronen nicht mehr erfasst.

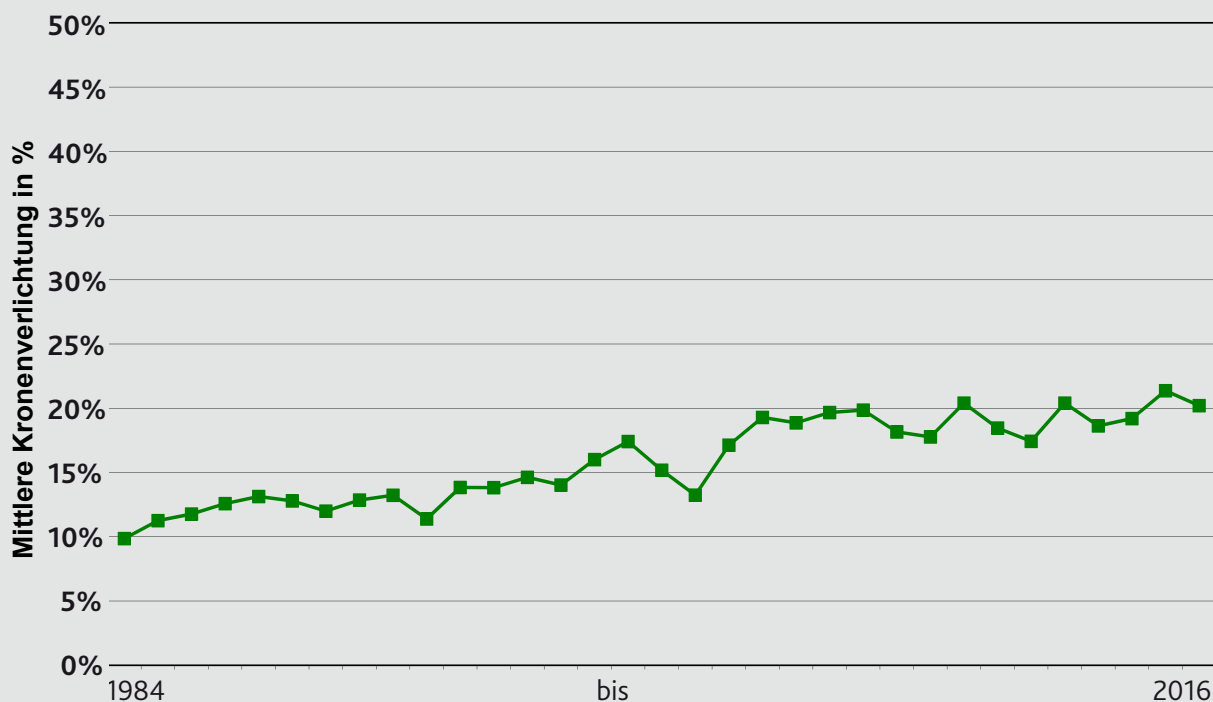
Fichte

Das Niveau der Kronenschäden ist bei Fichte etwas zurückgegangen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestäume liegt um knapp 4 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres, der Anteil der Probestäume ohne sichtbare Schadmerkmale um 6 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,2 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr. Diese Veränderung ist signifikant. Es darf davon ausgegangen werden, dass die Fichte von der guten Wasserversorgung des Frühjahres profitierte. Besonders die jüngeren, bis zu 60-jährigen Fichten haben ihren Kronenzustand verbessern können, wohingegen das Schadeniveau bei den älteren, über 60-jährigen Fichten unverändert ist.



Fichte

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



In 2016 war bei Fichten Fruchtbehang an knapp einem Drittel aller Probestämme zu beobachten. Für die Fichte zeigten die Beobachtungen an den Intensivuntersuchungsflächen und der Verlauf der Zeitreihe, dass stärkerer Fruchtbehang tendenziell zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führt. Dies war in 2016 jedoch nicht festzustellen.

Die Fichten leiden stärker als die meisten anderen Baumarten unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall, die zu einem ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume führen. Die Ausscheiderate der Fichte ist im Berichtsjahr mit 1,8 % der Baumzahl vergleichsweise niedrig. In der Zeitreihe liegt sie aber durchgehend über dem Durchschnitt der anderen Hauptbaumarten. In 2016 war von insgesamt 18 ausgeschiedenen Fichten-Probestämmen bei 8 Sturmwurf ursächlich. Borkenkäferbefall trat 2016 an einzelnen Probepunkten der WZE zwar in Erscheinung, die Bäume waren aber noch nicht entfernt worden.

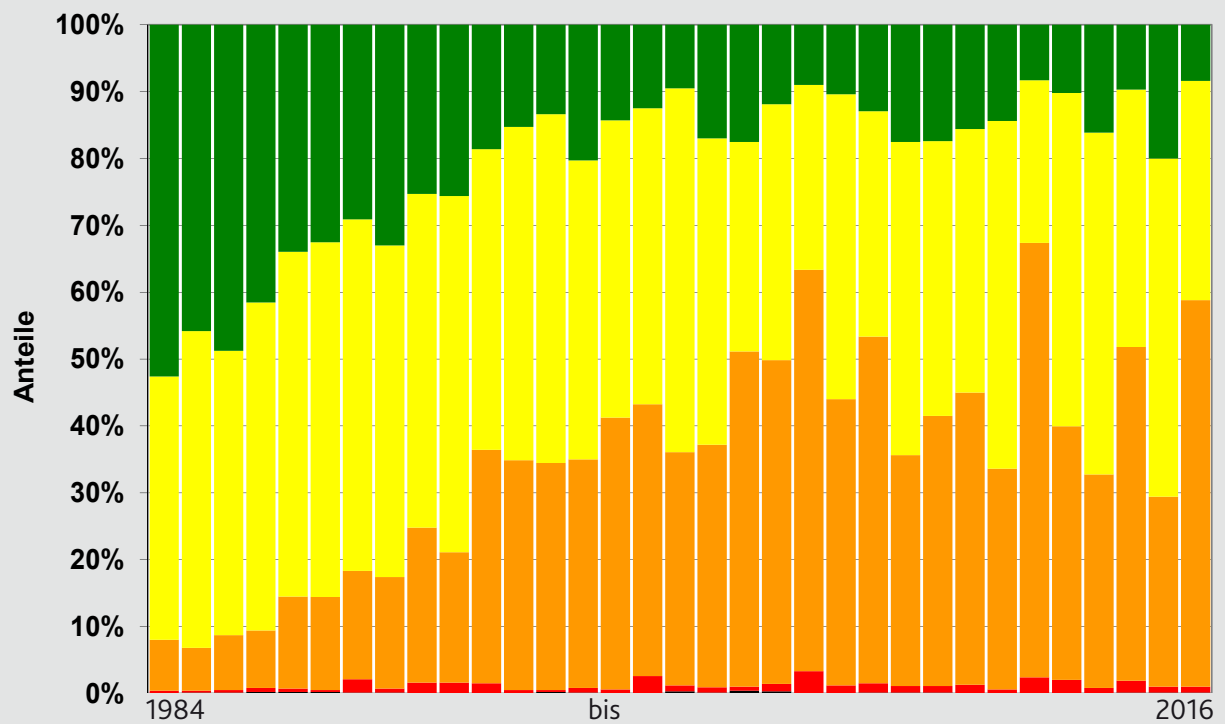
Nadelvergilbungen waren bis in die 80er Jahre besonders in den Höhenlagen der Mittelgebirge ein weitverbreitetes Phänomen bei Fichte. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Vergilbung jedoch stark zurückgegangen. In 2016 war an keiner Fichte nennenswerte Vergilbung zu sehen.

Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 29 Prozentpunkte angestiegen und der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 12 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 7,4 Prozentpunkte über dem Vorjahreswert; diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau der Buche liegt damit über dem Wert des Jahres 2014, bleibt aber noch unterhalb der Höchstwerte von 2004 und 2011.

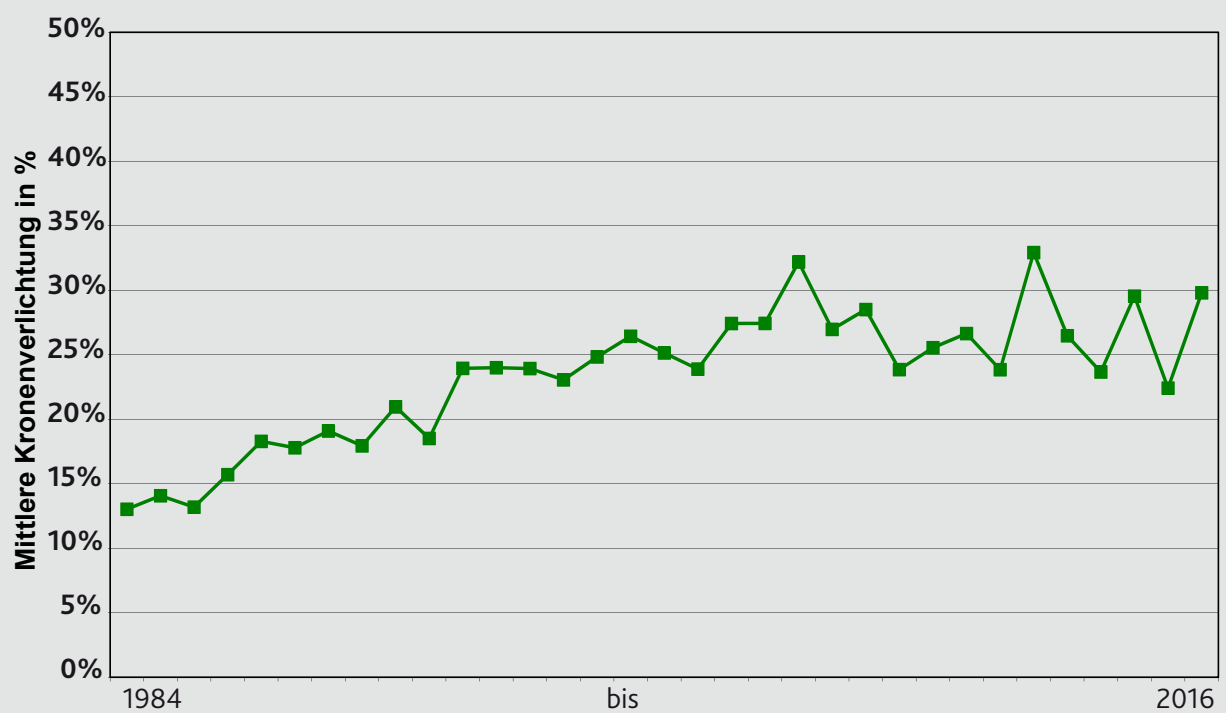
Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung

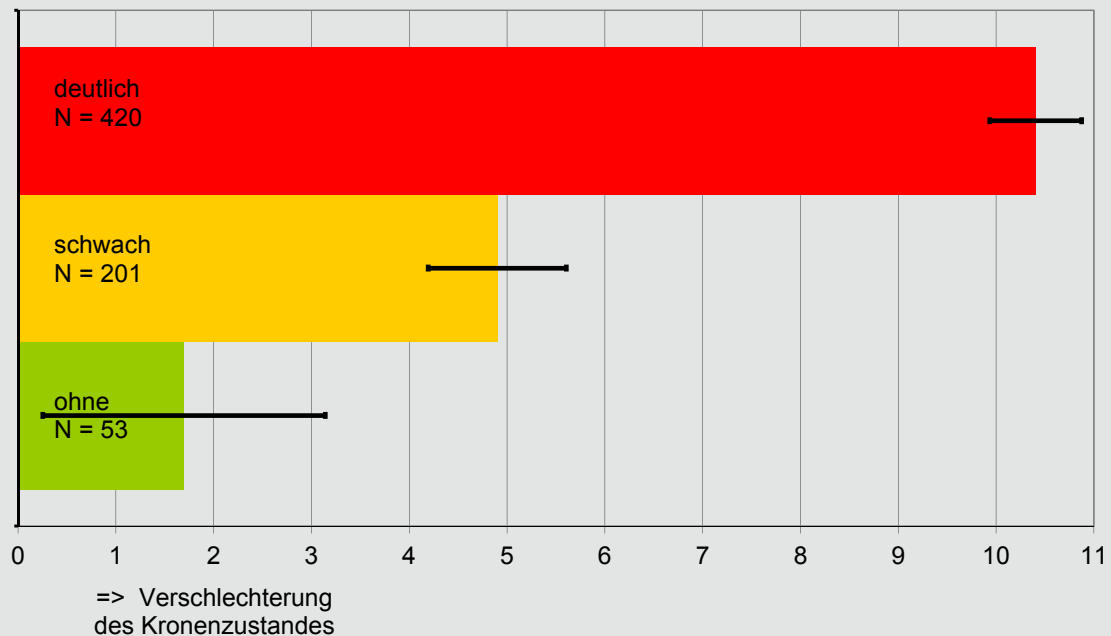


Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Veränderung der mittleren Kronenverlichtung der über 60-jährigen Buchen in Prozentpunkten von 2015 auf 2016 bei unterschiedlicher Intensität des Fruchtbehangs



Das Jahr 2016 brachte nach 2014, 2011 und 2009 zum vierten Mal im letzten Jahrzehnt einen starken Fruchtbehang bei Buche (siehe auch Kapitel „Blüte und Fruktifikation“). An fast allen älteren Probestäumen waren Bucheckern zu sehen. Bei den über 60-jährigen Buchen fruktifizierten 92 % der Probestäume. Verfahrensbedingt werden die Probestäume der WZE aus der oberen Bestandesschicht ausgewählt und da jüngere Buchen sehr häufig unter dem Schirm älterer Bäume wachsen, werden sie nicht erfasst. Damit besteht das Probestaumkollektiv überwiegend aus über 60-jährigen Buchen. Nur rund 13 % sind unter 60 Jahren und davon wiederum nur die Hälfte auch jünger als 40 Jahre. Und selbst bei den 41- bis 60-jährigen Buchen trat Fruchtbehang an 58 % der Probestäume auf. Für Buche ist in der Zeitreihe der WZE bereits mehrfach dokumentiert worden, dass durch stärkeren Fruchtbehang ein Anstieg des Schadniveaus ausgelöst wird. Auch in 2016 sind die fruchttragenden Buchen von dem Anstieg der Kronenverlichtung überproportional betroffen. Die wenigen Buchen ohne Eckernbehang zeigen zwar ebenfalls eine Verschlechterung ihrer Belaubung, aber nur tendenziell

und nicht signifikant. Wie schon in den Vorjahren muss die Buche im Folgejahr zeigen, wie sie in der Lage ist, diese natürliche Belastung wieder auszugleichen.

Schäden durch blattfressende Insekten, Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*), waren an rund 25 % der Probestäume aufgetreten und damit weniger häufig als im Vorjahr zu beobachten. Nur an wenigen Probestäumen war stärkerer Befall festzustellen. Grundsätzlich führt Insektenfraß zu einer höheren Kronenverlichtung, dieser Einfluss wurde allerdings durch den Einfluss des Fruchtbehanges überprägt.

Befall durch Blattpilze wie der Blattbräune (*Apionomonia errabunda*) wurde zwar gelegentlich beobachtet, jedoch nur im Bereich der Schattkrone. Damit blieb die Blattbräune ohne Einfluss auf den Kronenzustand.

Vergilbung war nicht in nennenswertem Umfang notiert worden. Die Außenarbeiten der Erhebung 2016 waren bereits abgeschlossen, als Anfang

August in der Oberkrone vieler Buchen eine beginnende Verfärbung sichtbar wurde. Im August kam es dann noch zu einer spätsommerlichen Trockenperiode, in deren Verlauf auf schlecht wasserversorgten Standorten die Buchenblätter vorzeitig verbräunten. Durch den starken Fruchtbehang wurde dieser Effekt noch verstärkt, sodass etliche Buchen wie verdorrt aussehen. Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die Zweige und Knospenanlagen intakt sind. Auch hier kann erst im folgenden Jahr beobachtet werden wie diese zusätzliche Belastung auf die Buchen nachwirkt.

Dürres Feinreisig und abgestorbene Äste im Lichtkronenbereich werden seit Beginn der Erhebung 1984 bei der Bewertung der Kronenverlichtung berücksichtigt und gehen anteilmäßig in die Beurteilung des Blattverlustes mit ein. Erst mit der Erweiterung der Waldzustandserhebung 2007 um leicht erkennbare Schadursachen, wird auch der Umfang abgestorbener Äste und des Feinreisigs in der Lichtkrone selbst gesondert bewertet und notiert. Der Anteil an Probestämmen an denen Dürreisig beobachtet wurde ist seitdem angestiegen. Bei der Buche bricht das feine dünne Reisig relativ schnell aus der Oberkrone heraus, ist damit nicht mehr sichtbar und geht dann auch nicht mehr in die Ansprache der Kronenverlichtung mit ein. Ein gleichbleibender Anteil an Dürreisig bedeutet damit, dass fortlaufend Zweige in dem Umfang absterben, wie sie herausbrechen. Es ist aber auch möglich, dass ein Baum, der aus der Unterkrone heraus regeneriert und eine Ersatzkrone gebildet hat, sich in seinem Kronenzustand besser darstellt nachdem die dünnen Äste aus der Oberkrone herausgebrochen und nicht mehr sichtbar sind, ohne dass sich in der lebenden Ersatzkrone selbst etwas verändert hat. Diese Phänomene wurden wiederholt an einzelnen, insbesondere älteren Buchen beobachtet.

Die Blätter der Buche sind gegenüber intensiver Sonneneinstrahlung und auch gegenüber Ozon empfindlich. Die stark dem Licht exponierten Blätter betreiben am intensivsten Photosynthese, altern aber auch schneller und verfärben eher als beschattete Blätter. Bei extremer Sonneneinstrahlung kann es sogar zu einer Art „Sonnenbrand“ auf

der unmittelbaren Blattoberfläche kommen. Über die Spaltöffnungen in das Blatt eindringendes Ozon führt ab einem gewissen Schwellenwert zunächst zu einem Rückgang der Photosynthese, dann zu Schäden im Blattgewebe. Äußerlich sichtbar sind nur eine Verfärbung der Blätter, ein Gelbstich oder bronzefarbene Flecken auf der besonnten Blattoberfläche. Diese Verfärbungen können aber nicht nur durch intensive Sonneneinstrahlung oder Ozon verursacht werden, sondern auch andere Ursachen haben. Für eine genaue Bestimmung der Schadursache sind aufwendige Laboranalysen erforderlich. Häufig tritt die Belastung durch hohe Strahlungsintensität in Kombination mit höheren Ozonwerten auf. Auch im Sommer 2016 wurden an sonnenexponierten Rändern von Waldwegen oder Lichtungen Verfärbungen an Buchenblättern beobachtet, die auf Stress durch intensive Sonneneinstrahlung oder Ozonbelastung hinweisen. In der Oberkrone der Probestämme der WZE sind diese Symptome aber selbst mit dem Fernglas nicht zu erkennen, nur eine von sattgrünen Blättern abweichende Blattfarbe ist sichtbar, eine Quantifizierung ist nicht möglich. So ist davon auszugehen, dass die Buchen zwar unter der Ozonbelastung leiden, aber es ist bisher nicht möglich abzuschätzen, wie stark die Bäume dadurch belastet sind.

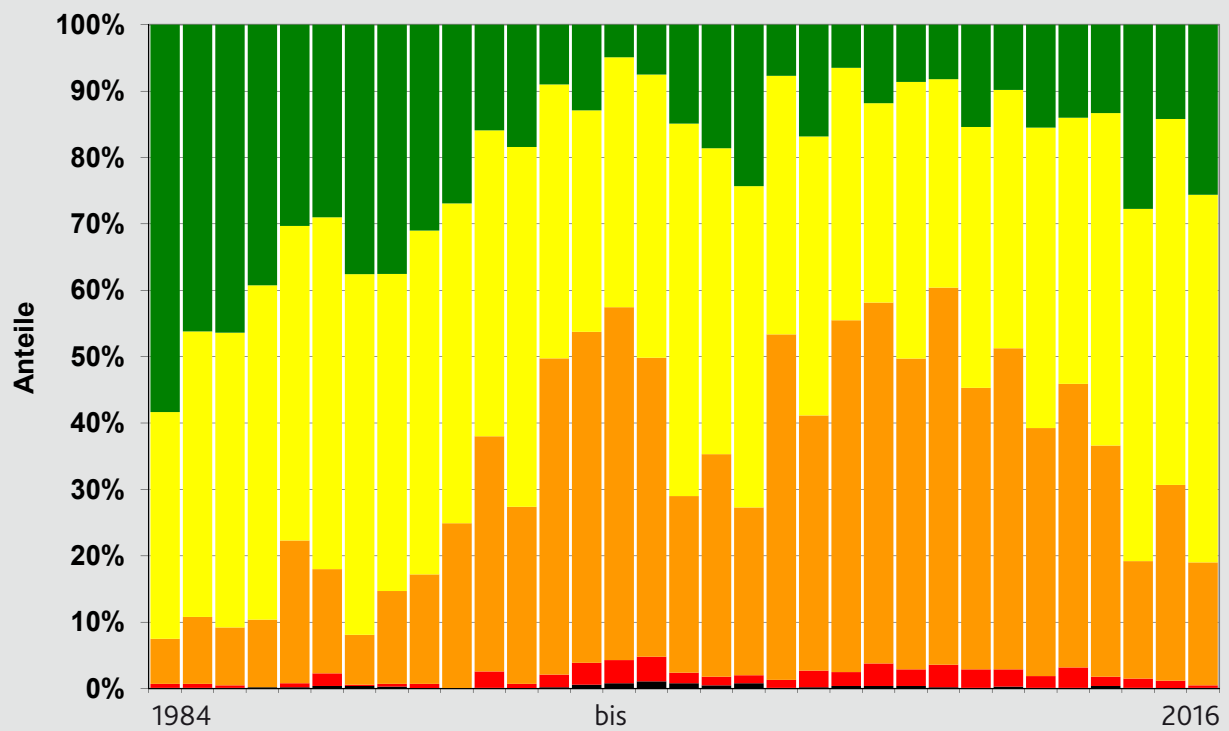
Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2016 verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 12 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen, der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 11 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 3,8 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr. Mit dieser Verbesserung ist der Schadanstieg des Vorjahres nahezu vollständig ausgeglichen worden. Die Eichen profitieren weiterhin von einer anhaltenden Periode ausbleibender stärkerer Schädigung durch blattfressende Insekten und für Eiche günstiger Witterungsbedingungen.

In 2016 wurde an 5,2 % der Probestämme Fruchtbehang beobachtet. Das Ausmaß ist bei der Eiche zum Zeitpunkt der WZE aber nur unzureichend

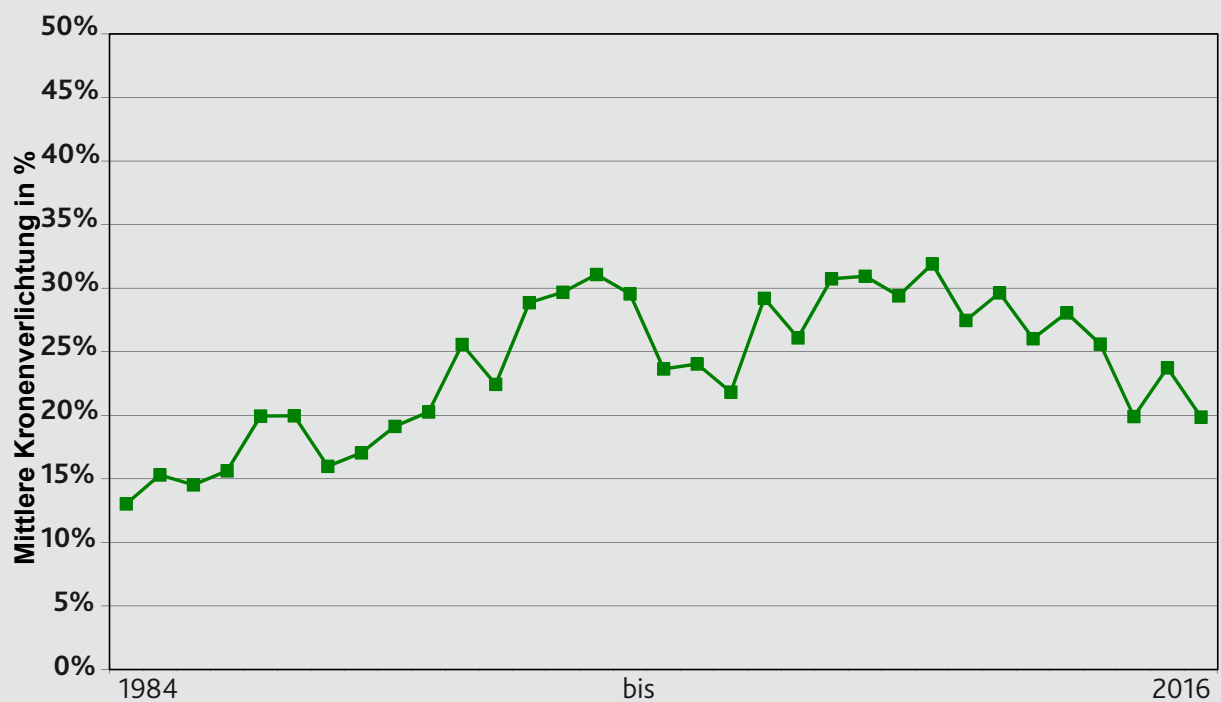
Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Eiche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



abschätzbar, sodass der Fruchtbehang meist unterschätzt wird und keine Aussage zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden kann.

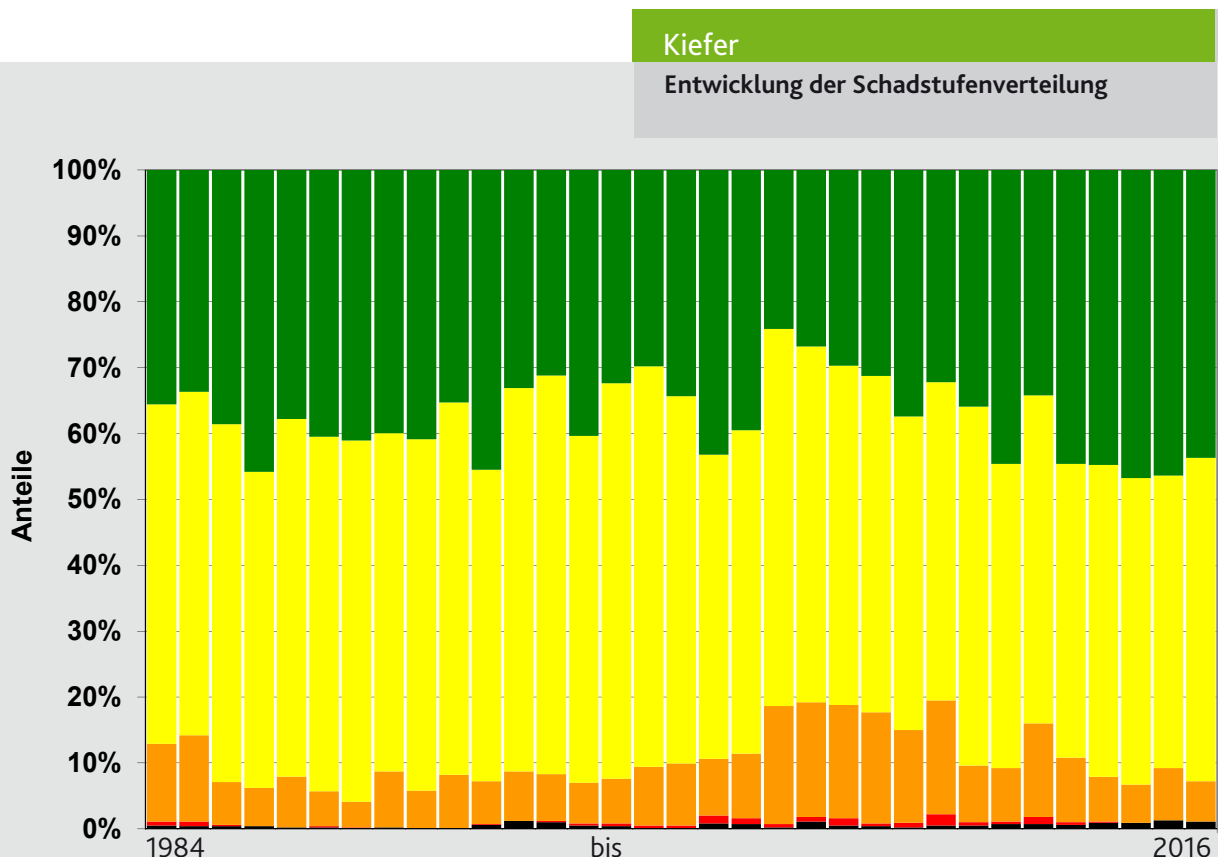
Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*), einen Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppten Blattpilz, befallen. In 2016 wurden an 26 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet. Damit ist der Anteil der von Fraßschäden betroffenen Eichen etwas geringer als im Vorjahr. Befall durch den Mehltaupilz ist in 2016 im gesamten Land sichtbar geworden, war aber nur an einzelnen Probestämmen (1,7 %) festzustellen. Insektenfraß hat sich als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei Eiche erwiesen. Das Ausmaß des Insektenfraßes am Einzelbaum ist jedoch überwiegend gering, nur an einigen wenigen Eichen (4,5 %) war ein stärkeres Ausmaß festzustellen. Die Verbesserung des Kronenzustandes ist bei den leicht von Fraßschä-

den betroffenen Eichen etwas weniger ausgeprägt und bei den stärker von Fraßschäden betroffenen zeigte sich keine Erholung.

An einigen Eichen werden immer wieder ins Gelbliche gehende Verfärbungen der Blätter oder hellgrüne bis gelbe Partien zwischen den Blattrippen beobachtet. Echte Blattvergilbung trat 2016 aber nur selten auf, an fünf Eichen wurden nennenswerte Vergilbungen notiert.

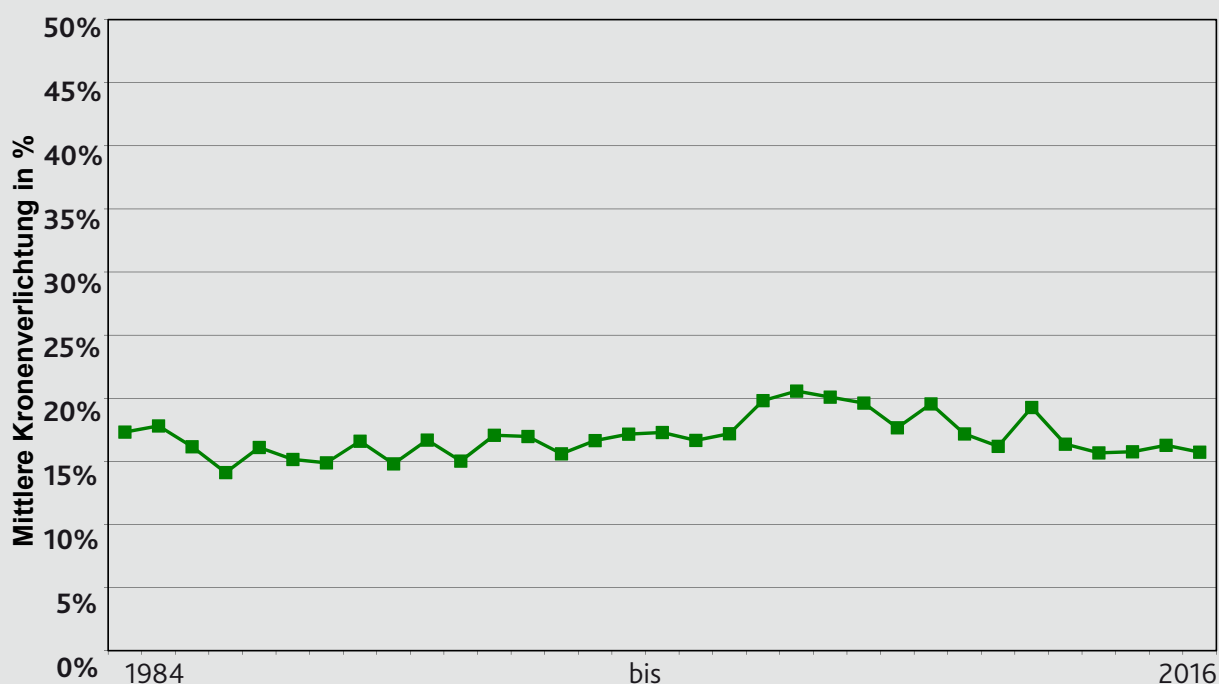
Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Zwar ging der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden um 2 Prozentpunkte und die mittlere Kronenverlichtung um 0,5 Prozentpunkte zurück, diese Veränderung ist aber nicht signifikant und liegt im Rahmen der Streuung der Zeitreihe der letzten 5 Jahre. Die Kiefer hat weiterhin ein vergleichsweise geringes Schadenniveau. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert sie vergleichsweise flexibel mit variie-



Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



render Benadelungsdichte. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadniveaus ohne gerichteten Trend.

Die Kiefern zeigen regelmäßigen und reichlichen Zapfenbehang, dieser hat jedoch keinen erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand.

Bei 12 % der Kiefern war Reifefraß durch Waldgärtner (*Tomicus piniperda* oder *T. minor*) zu beobachten. Durch den Reifefraß dieser auf Kiefern spezialisierten Borkenkäfer sterben einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen, die dann zu einem schlechteren Kronenzustand führen. An 16 % der Probestämme wurde Befall mit Mistel festgestellt. Besonders häufig ist Mistelbefall in der Rheinebene zu beobachten; hier sind über die Hälfte aller Kiefern betroffen. Starker Befall durch die Kiefernmistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belastung, da sie die Kiefernadeln verdrängt und auch in Trockenzeiten Wasser verdunstet und so den Trockenstress des Baumes verstärkt. Starker Mistelbefall äußert sich daher

in der Regel in einem schlechteren Kronenzustand und kann im Extremfall auch zum Absterben des Baumes führen. Im Berichtsjahr bleiben beide Schadorganismen jedoch ohne erkennbaren Einfluss auf das Schadniveau der Kiefer in Rheinland-Pfalz.

Vergilbung war in 2016 an keinem der Probestämme in einem nennenswerten Umfang notiert worden.

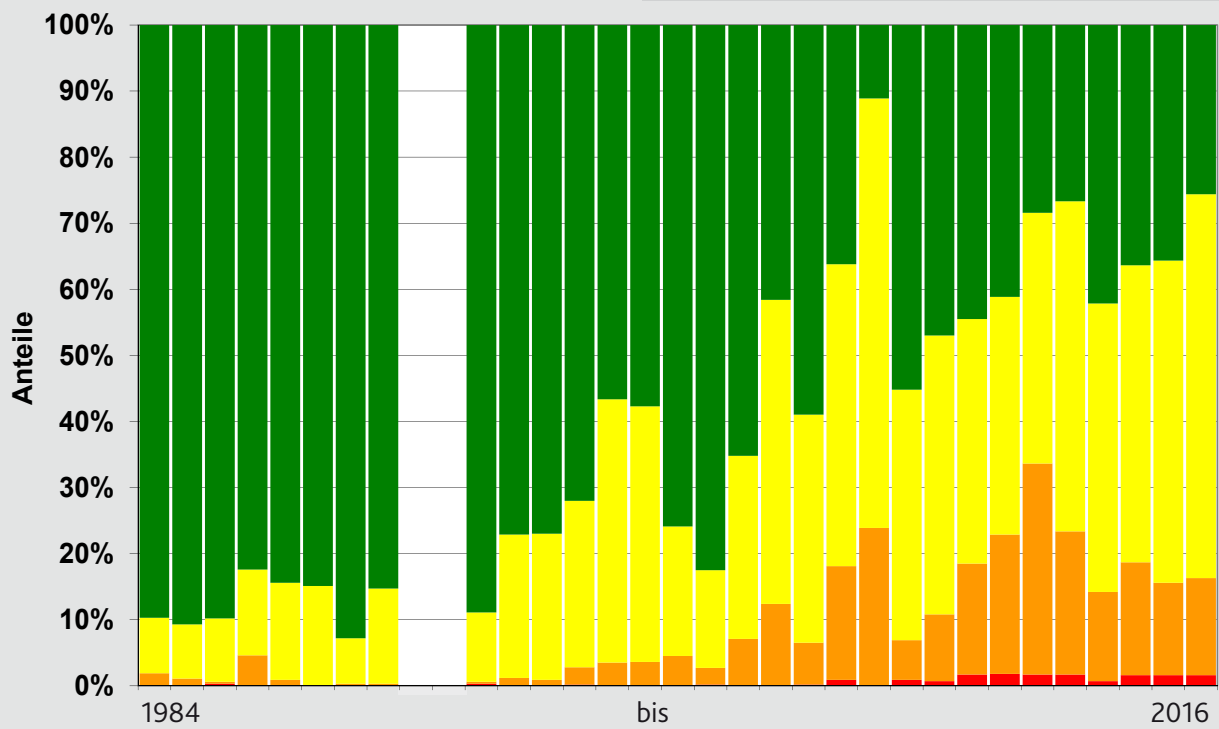
Douglasie

Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr leicht verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um knapp 1 Prozentpunkt höher, der Anteil ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 5 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,4 Prozentpunkte angestiegen, diese Veränderung ist signifikant.

In 2016 war bei Douglasien Zapfenbehang an über der Hälfte der Probestämme und damit häufiger als im Vorjahr zu beobachten. Problematisch

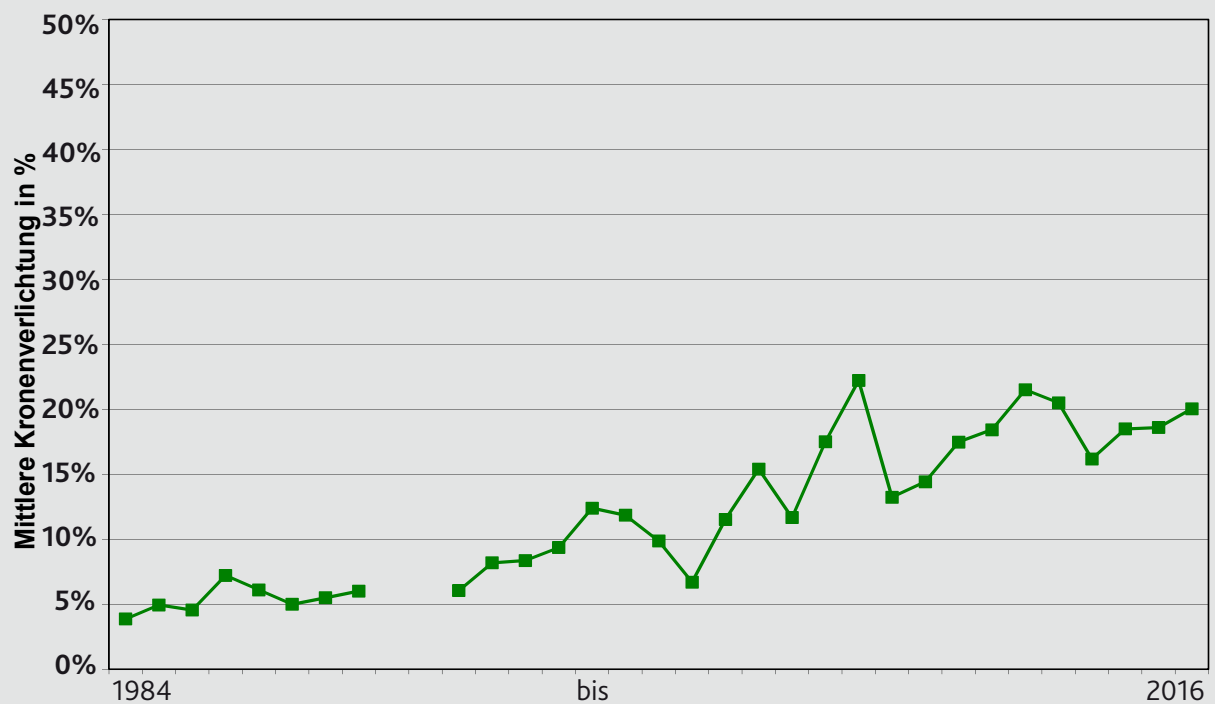
Douglasie

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Douglasie

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



für die Douglasie ist der im ganzen Land auftretende Befall durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*), die im Jahr 2013 noch an einem Zehntel der Probestämme festgestellt wurde. Der Befall führt in Kombination mit kalter Winterwitterung zu einer intensiven Nadelschütte. Im Berichtsjahr trat die Schütte weniger in Erscheinung und wurde an nur fünf Probestämmen notiert. Der Pilz ist jedoch nach wie vor in den Douglasienbeständen gegenwärtig und Schüttesymptome sind landesweit in verschiedenen Waldorten zu erkennen. Schäden durch Insektenbefall oder andere Schäden wurden an den Aufnahmepunkten der WZE nicht festgestellt. Bei den Douglasien brechen bei Sturmereignissen in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone

Eine ausführliche Darstellung der Auswertungen der Waldschäden differenziert nach Altersklassen für die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/hauptbaumarten.html>

aus. Die Baumkronen erhalten so ein typisch zerzaustes Aussehen.

Vergilbung ist bei Douglasie ohne Bedeutung, in 2016 wurden an keinem Probestamm Vergilbungen beobachtet.

Häufigste Nebenbaumarten

Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probestämmen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2-4	
Lärche	2016	147	10	50	40	21,9
Lärche	2015	146	10	48	42	27,6
Lärche	2013	355	34	52	14	18,0
Lärche	2004	357	20	49	31	24,3
Lärche	1994	357	50	35	15	15,8
Lärche	1984	349	75	21	4	7,7
Hainbuche	2016	105	11	56	33	25,9
Hainbuche	2015	107	35	55	10	17,0
Hainbuche	2013	328	37	54	9	16,9
Hainbuche	2004	291	13	31	56	30,4
Hainbuche	1994	241	37	49	14	17,8
Hainbuche	1984	224	63	29	8	11,9
Esche	2016	132	17	41	42	28,4
Esche	2015	132	7	43	50	32,0
Esche	2013	198	24	51	25	20,5
Esche	2004	152	26	54	20	21,1
Esche	1994	103	63	31	6	12,2
Esche	1984	96	92	7	1	4,6
Andere Laubbaum- arten	2016	288	34	56	10	16,7
	2015	286	47	38	15	16,4
	2013	947	48	40	12	15,2
	2004	786	39	38	23	19,9
	1994	619	60	27	13	13,5
	1984	498	76	17	7	9,1

Andere Baumarten

In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit dem Kollektiv der Unterstichprobe insgesamt 30 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probestämmen erfasst, sodass eine baumartenspezifische Aussage zum Kronenzustand möglich ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und die Veränderungen sind meist nicht signifikant. Auch die Unterschiede zwischen den Kollektiven der Unter- und Vollstichprobe sind von höherem Gewicht, im Vergleich werden daher die Veränderungen gleicher Stichprobenkollektive besonders betrachtet. Naturgemäß entwickeln sich die in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten in ihrem Kronenzustand unterschiedlich.

In 2016 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt weitgehend unverändert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 4, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale um 5 Prozentpunkte geringer als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung ist unverändert. Ein Anstieg des Schadniveaus ist vor allem bei Hainbuche und Ahorn zu beobachten. Ein geringeres Schadniveau als im Vorjahr zeigt sich bei Lärche, Esche, Birke und Erle.

Der Kronenzustand der Nebenbaumarten wird ebenfalls durch Fruchtbehang und durch biotische Schaderreger mit beeinflusst. 2016 war starker Fruchtbehang bei Hainbuche (90 % der Probestämme) und Ahorn (37 % der Probestämme) aufgetreten. Beide Baumarten neigen bei stärkerem Fruchtbehang dazu weniger Blattmasse auszubilden, wobei allerdings auch an den Früchten grüne Hochblätter ausgebildet werden, die zur Photosynthese beitragen. Viele Laubbaumarten leiden periodisch unter Schäden durch blattfressende Insekten. In 2016 waren Hainbuche (28 % der Probestämme), Ahorn (37 % der Probestämme) und auch Eberesche betroffen. Die Hainbuche wächst

oft in Mischung mit Buche oder Eiche und leidet unter denselben Fraßgesellschaften wie diese.

Das Eschentriebsterben ist in allen Landesteilen und allen Altersstufen gegenwärtig. Diese Pilzinfektion ist für das Schadniveau der Esche prägend. An rund 44 % aller Eschen (im Vorjahr 45 %) wurden Symptome des Eschentriebsterbens notiert. Die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter gehen in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Die Esche regeneriert dann soweit möglich über neu gebildete Triebe aus dem Kroneninneren heraus, während die in den Vorjahren abgestorbenen, trockenen Triebe herausbrechen. Werden dabei weniger junge Triebe neu infiziert als bereits trockene Triebe herausbrechen, so erscheint die Krone der Esche äußerlich weniger verlichtet als im Vorjahr und die Schädigung geht optisch zurück, ohne dass tatsächlich eine Entspannung im Schadgeschehen eingetreten ist.

Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probestämme

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der WZE angelegt und die Stichprobenbäume markiert sind, werden meist regulär forstlich bewirtschaftet. Maßgeblich sind dabei die Ziele und Wünsche der jeweiligen Waldbesitzenden. Einzelne Probestämme werden daher im Zuge von Durchforstungen gefällt. Zudem werden durch

Eine eingehende Beschreibung der Methodik finden Sie auf den Webseiten der FAWF <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/methoden.pdf>

Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenbefall betroffene Bäume entnommen. Probestämme scheiden aber auch, ohne dass sie gezielt entnommen wurden, nach Sturmwurf, einem Kronenbruch oder wenn sie von Nachbarbäumen überwachsen wurden, aus dem Stichprobenkollektiv aus. Ein Ersatz ausgeschiedener Probestämme ist notwendig, damit die Waldzustandserhebung den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

Im Jahr 2016 sind insgesamt 53 Probestämme ausgeschieden, die alle ersetzt werden konnten. Komplette Aufnahmepunkte sind nicht ausgeschieden und es wurden auch keine Aufnahmepunkte neu angelegt. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probestämmen sind noch 1498 im Kollektiv der Unterstichprobe erhalten. Das sind 38,8 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs der Unterstichprobe.

Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil (70 %) der ausgeschiedenen Probestämme wurde daher für die Holznutzung aufgearbeitet. Der andere Teil ist zwar noch am Aufnahmepunkt vorhanden, die Bäume können aber nicht mehr in ihrem Kronenzustand bewertet werden, da der Probestamm nicht mehr am Kronendach des Bestandes beteiligt ist. Stehende abgestorbene Probestämme verbleiben mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare Probestämme im Aufnahmekollektiv, bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probestammkollektiv entfernt. Insgesamt wurden 22 abgestorbene Probestämme im Kollektiv vermerkt, davon waren 11 bereits beim letzten Erhebungstermin 2015 tot. Im Jahr 2016 selbst waren 12 Probestämme (0,3 %), meist infolge Insektenbefalls frisch abgestorben, wovon einer jedoch direkt ersetzt wurde. Von den in 2015 bereits abgestorbenen Probestämmen wurden 5 ersetzt, da das Feinreisig heraus gebrochen war.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume von der ihrer Vorgänger zum letzten Bonitieringstermin über die gesamte Zeitreihe hinweg betrachtet nicht wesentlich unterscheidet. Auch ist der Einfluss des Ersatzes

Eine ausführliche Darstellung der Regionalisierung der Kronenverlichtung für den Wald insgesamt und die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/regionalisierung.html>

oder der Neuaufnahme von Probestämmen auf die Entwicklung der Schadstufenverteilung des gesamten Stichprobenkollektivs nur gering. Festzuhalten ist aber, dass stark geschädigte oder abgestorbene Bäume (Schadstufen 3 und 4) eher aus dem Stichprobenkollektiv ausscheiden. Die Ersatzbäume fallen nur selten in diese beiden Schadstufen.

Regionale Verteilung und Regionalisierung der Waldzustandsbefunde

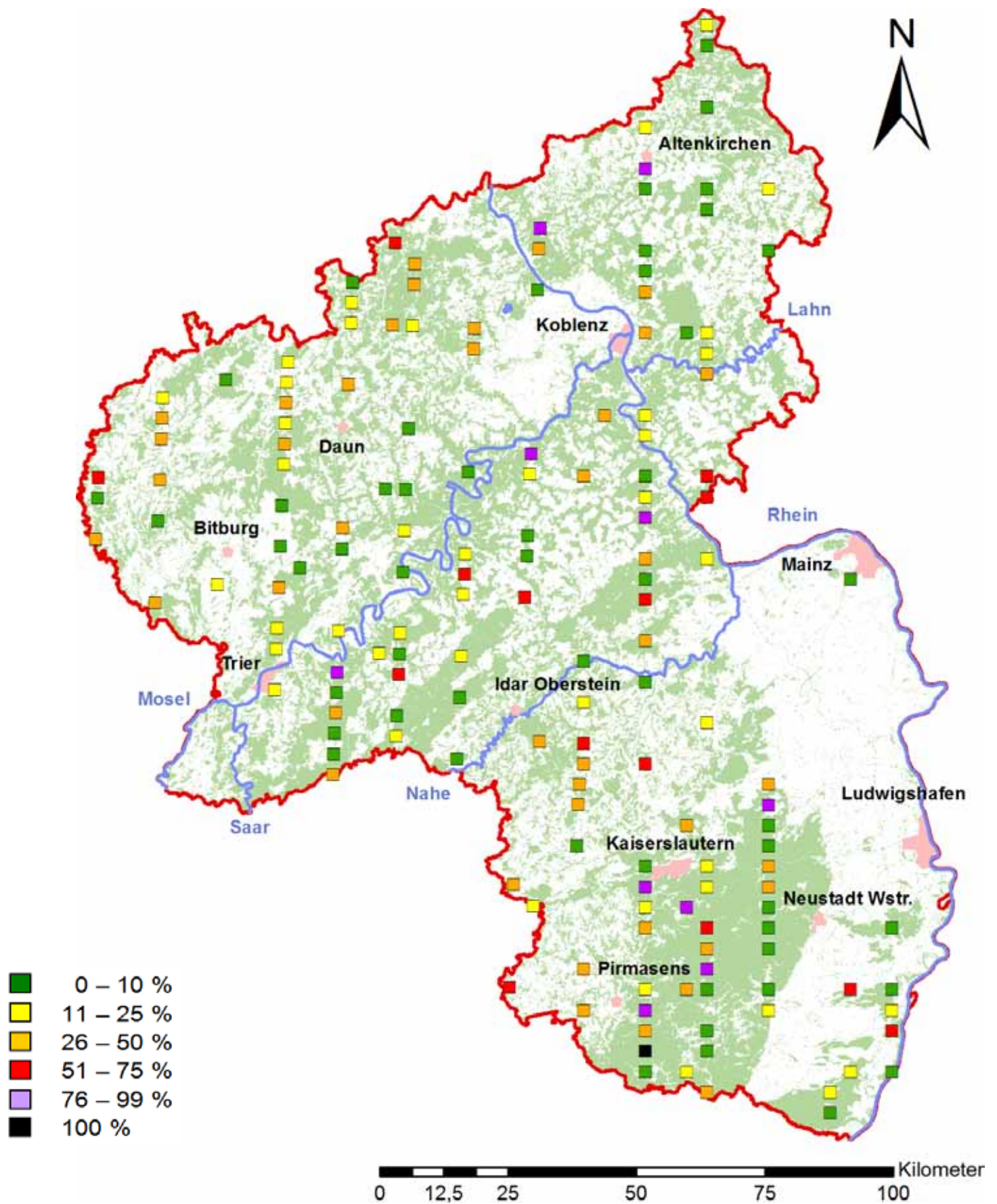
Der am einzelnen Aufnahmepunkt festgestellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur etwas über die Probestämme selbst und allenfalls über den in Artenzusammensetzung und Alter entsprechenden umgebenden Waldbestand aus. Das Schadniveau der einzelnen Aufnahmepunkte variiert erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige deutlich geschädigte Probestämme aufweisen, liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an denen über die Hälfte oder fast alle Probestämme deutlich geschädigt sind. Erst die Zusammenfassung einer gewissen Anzahl von Aufnahmepunkten erlaubt eine repräsentative Aussage für eine Region. Je höher dabei die Zahl der Stichprobenbäume ist, umso zuverlässiger ist die Aussage.

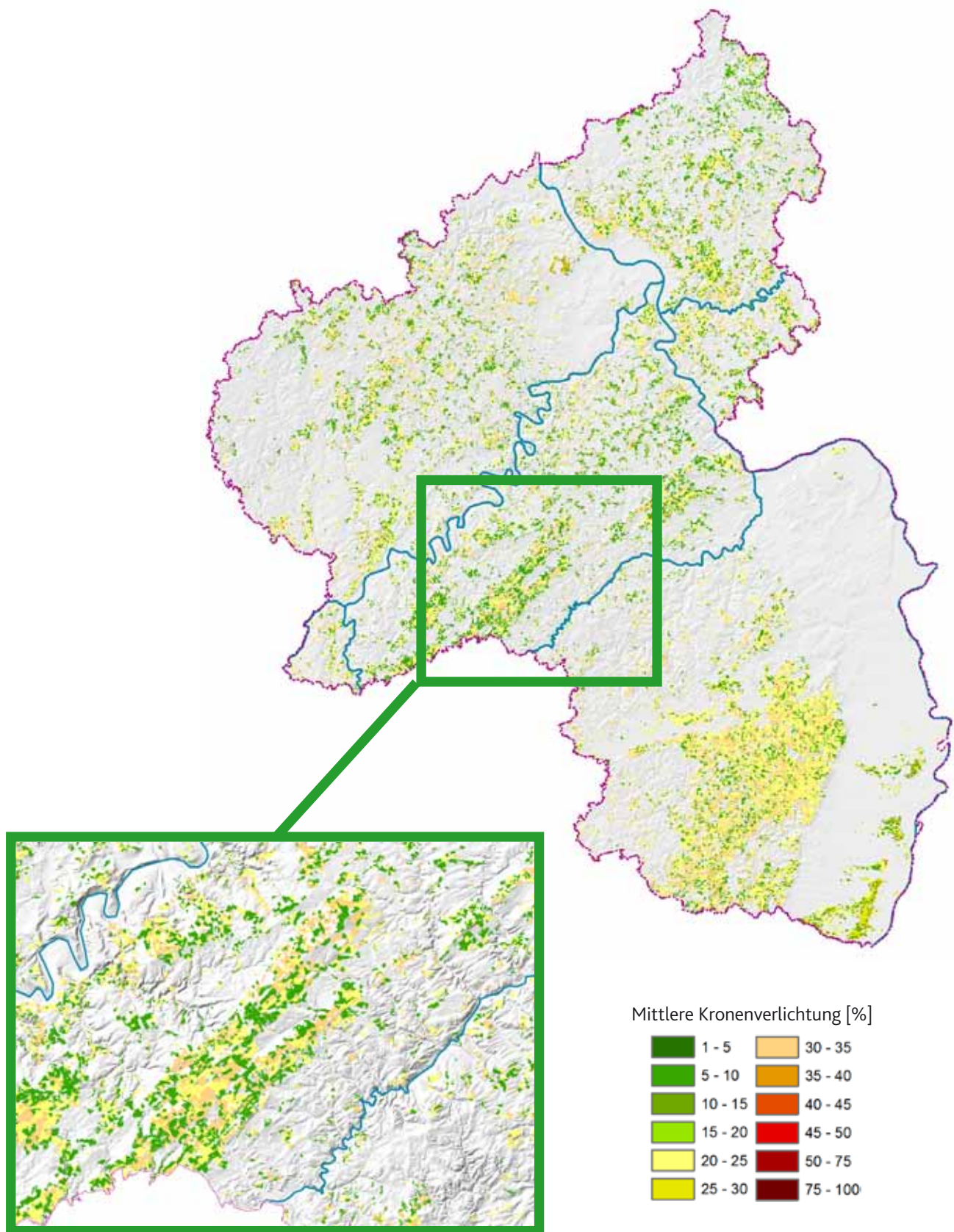
Punktförmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische

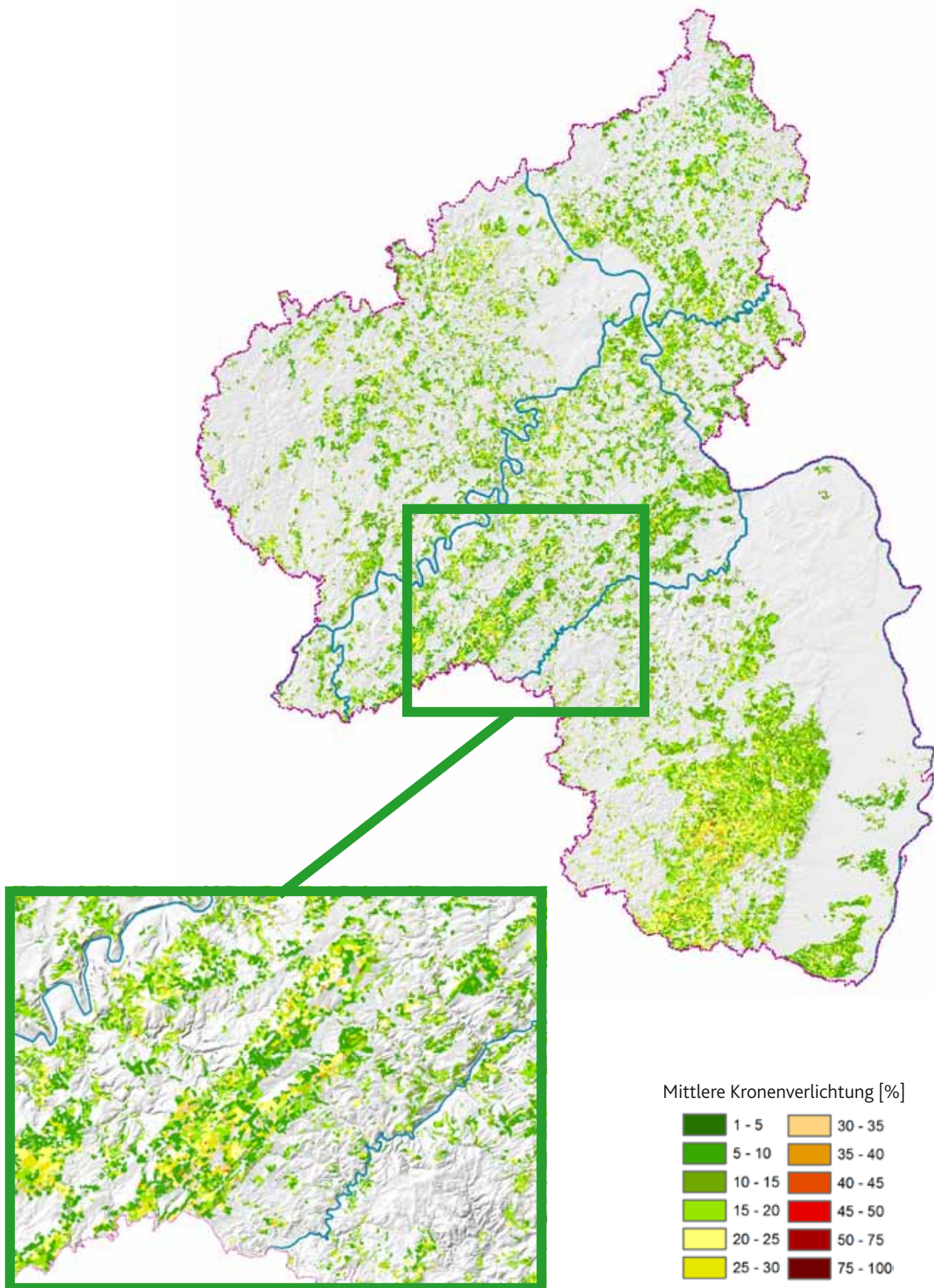
Interpolationsverfahren zu modellieren. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht. Als Haupteinflussfaktoren haben sich das Alter und die Baumart bestätigt, die aber nicht voll flächendeckend, sondern nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald (Wald im Besitz des Landes oder der Kommunen) vorliegen. Weitere flächig vorliegende Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima und Witterung tragen nur zu einem geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenverlichtung bei. Andere wichtige bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand, wie Fruchtbehang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr, liegen nicht als flächendeckende Information vor und können daher nicht einbezogen werden. Die Modellierung kann die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig erklären. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die Regionalisierung wird ab 2013 für die Hauptbaumarten Buche, Fichte, Eiche und Kiefer durchgeführt, die für die Darstellung des Gesamtwaldes nach der in der jeweiligen Rasterzelle dominierenden Baumart aggregiert werden. Dargestellt

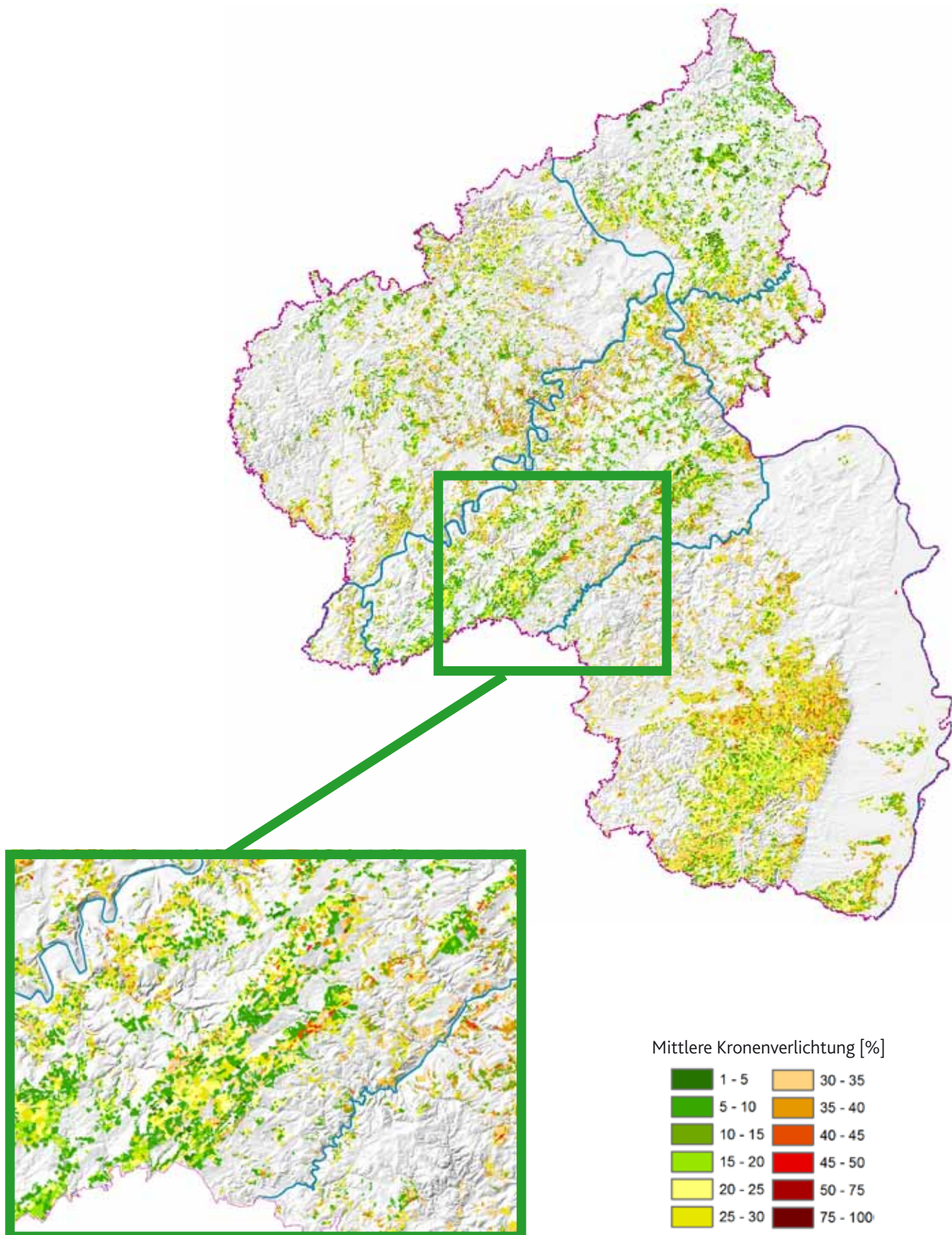
ist nur die Fläche des öffentlichen Waldes. Die Regionalisierung bietet damit eine Aussage zur regionalen Differenzierung des Waldzustandes in Rheinland-Pfalz auf Basis der mittleren Kronenverlichtung.

Im Folgenden ist die Regionalisierung der Kronenverlichtung der Buche für 2014, 2015 und 2016 gegenübergestellt. In 2014 war das Schadniveau der Buche in Verbindung mit starkem Fruchtbehang und Insektenfraß nicht ganz so hoch wie im Berichtsjahr. Die Spannweite der tatsächlich an den Aufnahmepunkten beobachteten Verlichtung ist aber 2014 nur geglättet wiedergegeben. Weitgehend ungeschädigte oder sehr stark verlichtete Buchenbestände werden durch die Regionalisierung nicht aufgezeigt. In 2015 wird die Verbesserung des Kronenzustandes der Buche insgesamt mit dem höheren Anteil an Grüntönen in der Karte sichtbar gemacht. In 2016 wird der neuerliche Anstieg der Kronenverlichtung durch höhere Anteile in den Orange- und Rottöne dargestellt, die Spannweite der Verlichtung ist ausgeprägter modelliert als 2014. Der Schadanstieg ist in den Regionen um Mosel und Rhein, dem Saar-Nahe-Berg- und Hügelland und dem Pfälzerwald besonders ausgeprägt. Im Detail ist ein Ausschnitt aus dem Bereich des westlichen Hunsrück (Schwarzwälder Hochwald und Idarwald) dargestellt.











EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



Der Zustand unseres Waldes wird von einer Vielzahl natürlicher und menschenverursachter Faktoren beeinflusst.

Die mehr als drei Jahrzehnte zurückreichenden Messreihen des Forstlichen Umweltmonitorings belegen die Erfolge der Luftreinhaltemaßnahmen, zeigen aber auch noch bestehende Defizite auf. Der Eintrag an Schwefel und Schwermetallen ist deutlich zurückgegangen. Die Stickstoffeinträge sind demgegenüber nur wenig reduziert und übersteigen die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Zudem liegt die Säurebelastung noch über dem Pufferpotenzial einiger Waldstandorte. Auch Ozon wirkt sich nach wie vor waldschädigend aus. Witterungsbedingte Belastungen haben in den Zeitreihen zugenommen. Seit 1997 waren alle Vegetationsperioden im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) zu warm. Die Niederschläge lagen demgegenüber in den letzten drei Jahren über dem langjährigen Mittel. Lokal entstanden Schäden durch Gewitter mit Hagel und Sturm.

Der Kronenzustand der Buche wurde durch eine sehr starke Fruktifikation und regional auch durch ein erneutes Massenaufreten des Buchenspringgrüsslers sowie Spätfrostschäden beeinflusst. Die Esche ist in nahezu allen Waldgebieten vom Eschentriebsterben betroffen.

Entwicklung der Luftschadstoffbelastung

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Ausgewertet werden zudem die Meldungen der Forstämter und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der natürlichen Stresseinflüsse sowie ihrer vielfältigen Wechselbeziehungen findet sich auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz <http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/forschungsschwerpunkte/forstliches-umweltmonitoring/konzept-des-forstlichen-umweltmonitorings.html>

Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Waldökosysteme erfolgen sowohl über den Luftpfad als auch über den Bodenpfad. Über den Luftpfad wirken vor allem gasförmige Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon unmittelbar auf die Vegetationsorgane der Bäume ein und verursachen physiologisch-biochemische Stressreaktionen. Luftverunreinigungen, die von Wolken- und Regentropfen aufgenommen oder von den Baumkronen ausgefiltert werden und dann mit den nachfolgenden Niederschlägen auf den Boden gelangen, beeinflussen die Waldökosysteme über den Bodenpfad. Sie verändern das chemische Bodenmilieu insbesondere über Versauerung und Eutrophierung und können vor allem über Veränderungen im Nährelementangebot und die Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen. In dem auf den Wald einwirkenden Stressorenkomplex stellen Luftschadstoffe so meist eine chronische Belastung dar, die langfristig destabilisierend wirkt. Die Waldökosysteme werden hierdurch anfällig gegenüber kurzfristig einwirkenden Stressfaktoren wie Witterungsextreme, Insektenfraß, Pilzbefall oder starke Fruchtbildung.

Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2014	Veränderungen in % 1990 - 2014
Schwefeldioxid (SO ₂)	7514	5312	388	- 93 %
Stickoxide (NO _x)	3334	2885	1223	- 58 %
Ammoniak (NH ₃)	835	793	740	- 7 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3389	1041	- 69 %

Quelle: Umweltbundesamt (Juni 2016): www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland;
für 1980: UNECE 2012: www.emep.int

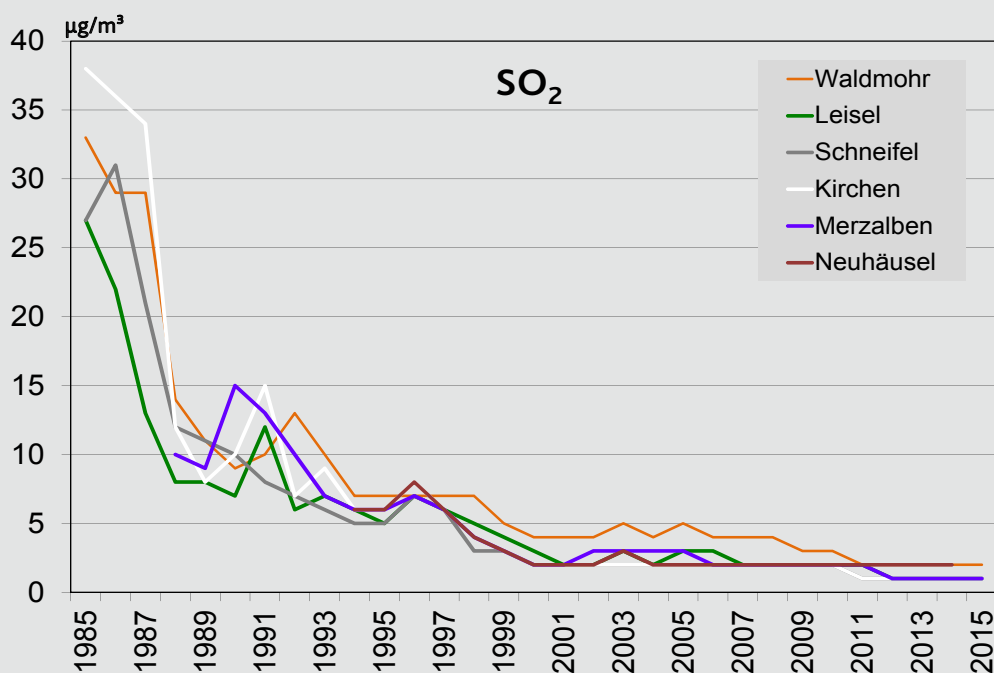
Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industrieheizungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Durch Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken, Altanlagenanierung und Einsatz schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe im Kraftfahrzeug- und Hausbrandbereich konnte die Schwefeldioxidemission in Deutschland überaus wirksam reduziert werden. Dies hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 µg/m³. Aktuell werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 bis 2 µg/m³ ermittelt. Selbst bei austauschenden Wetterlagen im

Winter steigen die SO₂-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m³ im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m³ im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

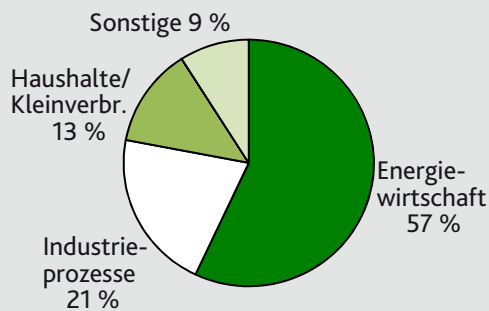
Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodendpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 1980er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 5 – 15 kg Schwefel auf den Waldboden. Allerdings tragen die in Zeiten hoher Schwefeleinträge in den Waldböden aufgespeicherten Sulfate immer noch zur Bodenversauerung bei (siehe Kap. „Säurebelastung“).

Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

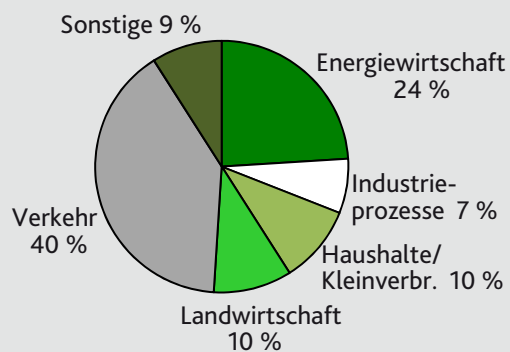


Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

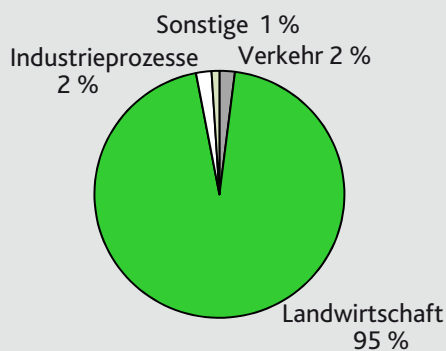
Schwefeldioxid (SO₂)



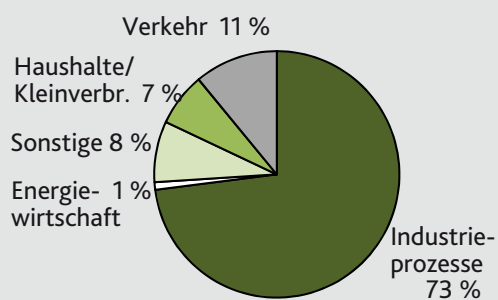
Stickstoffoxide (NO_x)



Ammoniak (NH₃)

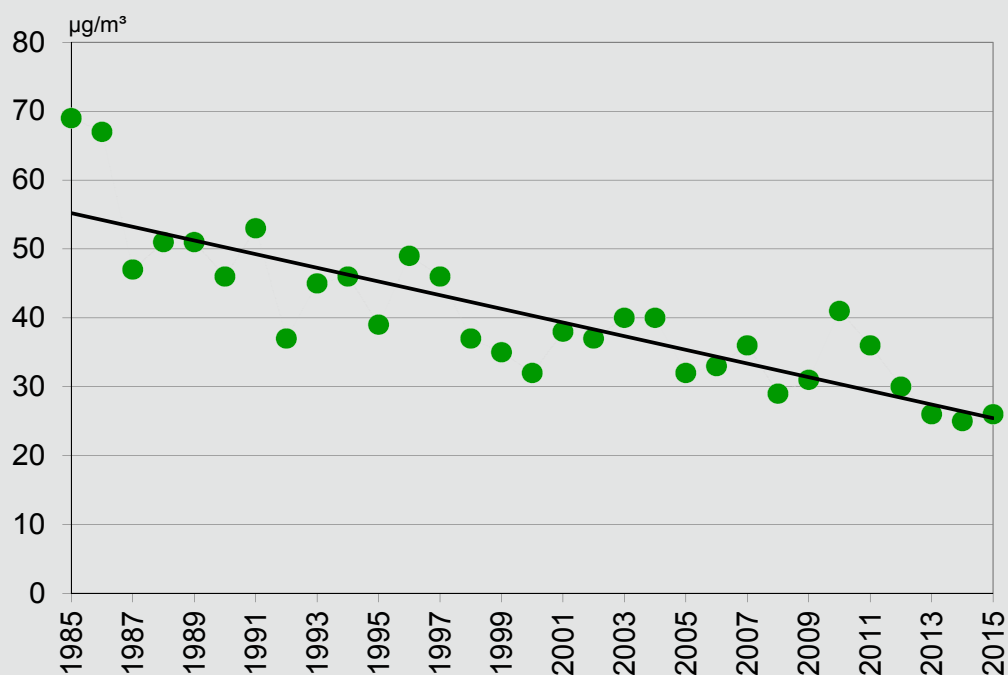


Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



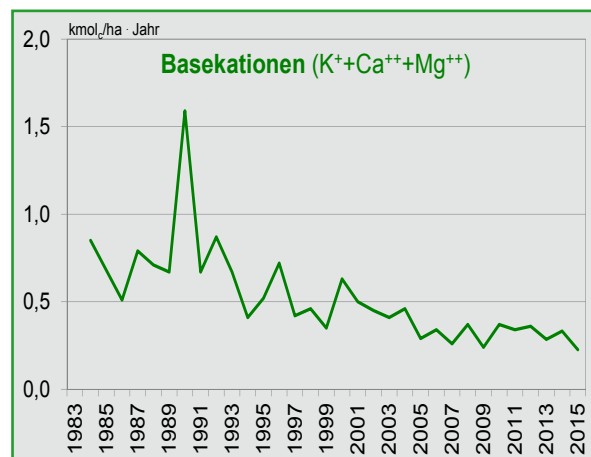
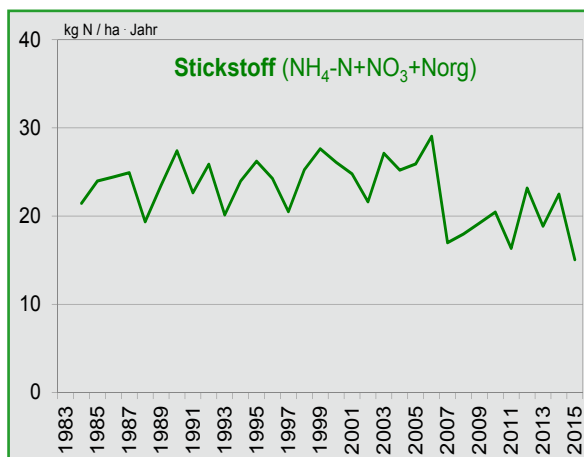
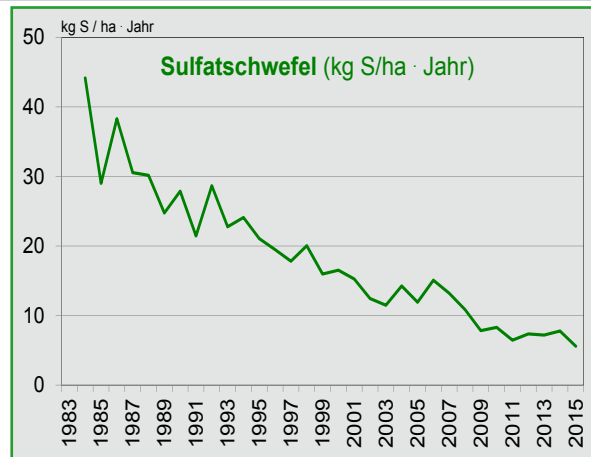
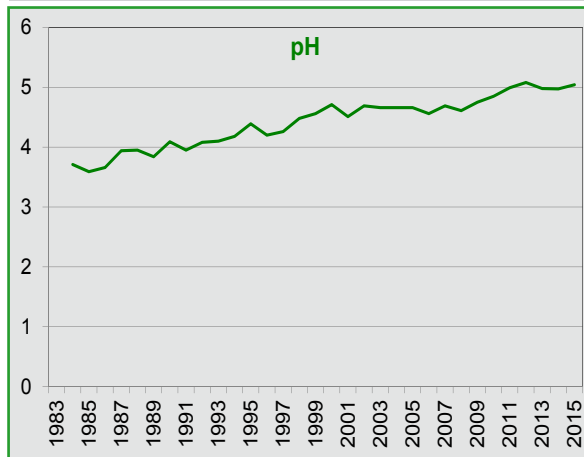
Quelle: Umweltbundesamt (2016)

Verlauf der NO₂-Spitzenkonzentration (98 %-Wert) an der ZIMEN-Waldstation Leisel



Langzeitmessreihe des pH-Wertes im Kronentraufwasser und der Einträge an Sulfatschwefel, Stickstoff (Summe Nitrat-N, Ammonium-N, organisch gebundener N) und Basekationen (Summe K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) in einem Fichtenökosystem im Forstamt Birkenfeld, Hunsrück.

Daten weiterer Messstationen des forstlichen Umweltmonitorings: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/webseite/fawfseiten/fawf/FUM/index.htm?umweltmonitoring/deposition.html>



Stickstoff

Stickstoff in oxidierter Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs, in reduzierter Form hingegen beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Proteinen oder ähnlichen biogenen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken. Reduzierter Stickstoff stammt überwiegend aus der Tierhaltung und in geringerem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasentstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Die Emission der Stickoxide (NO und NO₂ kalkuliert

als NO₂) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1980 um 62 % zurückgegangen.

Dementsprechend sind auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen in der bodennahen Luft, vor allem die NO₂-Spitzenwerte in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten merklich gesunken.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission demgegenüber nur geringfügig reduziert werden. Die in der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen (NEC-Richtlinie) festgelegte Ammoniak-Emissionshöchstmenge (550 kt je Jahr) wird sehr deutlich überschritten (siehe Kap. „Stickstoff im Wald“).

Auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) hat sich die bislang erreichte Emissionsminderung bei NO_x und NH_3 nur sehr verhalten ausgewirkt.

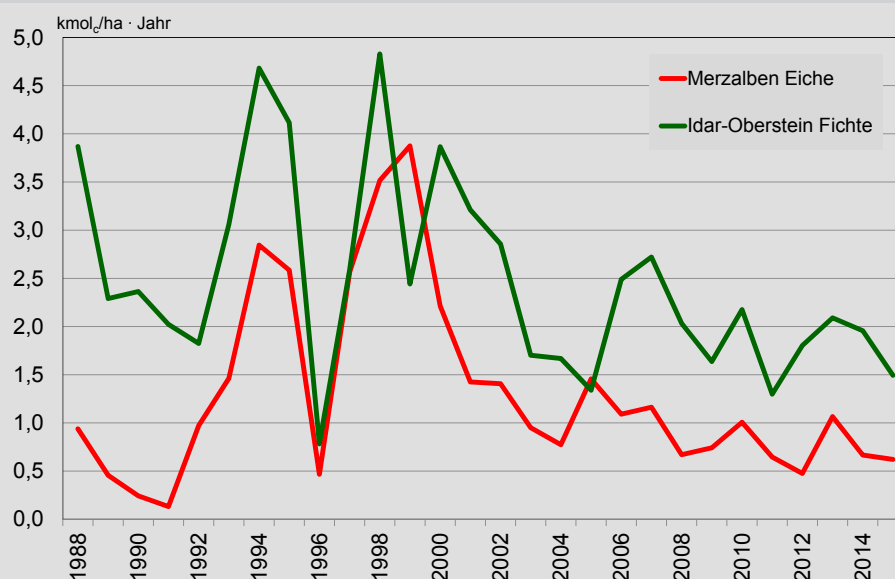
An der Mehrzahl der Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings im Wald ist kein signifikant abwärts gerichteter Trend der Stickstoffdeposition zu erkennen.

Säureeinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist knapp über 5, also etwa 1 pH-Einheit höher. Trotz des mit dem pH-Anstieg im Niederschlagswasser verbundenen

Rückgangs der H^+ -Einträge in den Waldboden, ist die Säurebelastung der Waldökosysteme nach wie vor vielfach zu hoch. Dies ist vor allem auf die hohen Eintragsraten des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums und „Altlasten“ in Form von im Boden gespeicherten Sulfaten zurückzuführen. Letztere stammen aus dem bis in die 1990er Jahre hinein hohen Eintrag an Schwefelverbindungen aus der Emission von Luftverunreinigungen. Auch der Basenentzug mit der Holzernte und die Auswaschung organischer Anionen tragen zur Bodenversauerung bei. Auf den in Rheinland-Pfalz häufig basenarmen Waldböden reichen die Basenfreisetzung aus der Mineralverwitterung und der Basekationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition meist nicht aus, diese Säurebelastungen zu puffern. Daher sind zum Schutz unserer Waldökosysteme vor fortschreitender Versauerung nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer erforderlich.

Entwicklung der Netto-Säurebelastung von Level II-Flächen des Forstlichen Umweltmonitorings. Bei dieser Kalkulation wird geprüft, ob die Mineralverwitterung und der Basekationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition auf den jeweiligen Standorten ausreichen, die in der Regel weitgehend anthropogen verursachte Säurebelastung aus der atmosphärischen Protonendeposition, den Schwefel- und Stickstoffbilanzen und aus dem Basenentzug mit der Holznutzung auszugleichen. Dies ist an diesen beiden Standorten lediglich 1991 in Merzalben der Fall.



Ozon

Ozon ist eine sehr reaktionsfreudige Form des Sauerstoffs mit drei O-Atomen. Das in der bodennahen Atmosphäre befindliche Ozon kann über die Spaltöffnungen ins Blattinnere von Pflanzen gelangen. Hohe Ozonbelastungen beeinträchtigen das Pflanzenwachstum und reduzieren die Kohlenstoffspeicherung. In der Stratosphäre befindliches Ozon schützt uns demgegenüber vor schädlicher ultravioletter Strahlung.

Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC), unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Die Ozonvorläufersubstanzen gelangen aus natürlichen und anthropogenen Quellen in die Atmosphäre. In Mitteleuropa entstammt das waldbelastende Ozon im Wesentlichen der photochemischen Ozonbildung aus anthropogenen Vorläufersubstanzen.

Entscheidend für die Ozonkonzentration ist nicht nur die Konzentration der Vorläufersubstanzen, sondern insbesondere auch der Witterungsverlauf. Hohe Ozonkonzentrationen sind daher vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen, Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe, ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch. Ozonmessungen erfolgen im Rahmen des rheinland-pfälzischen forstlichen Umweltmonitorings an 6 ZIMEN-Waldstationen sowie an zwei weiteren Standorten mit Passivsammlern.

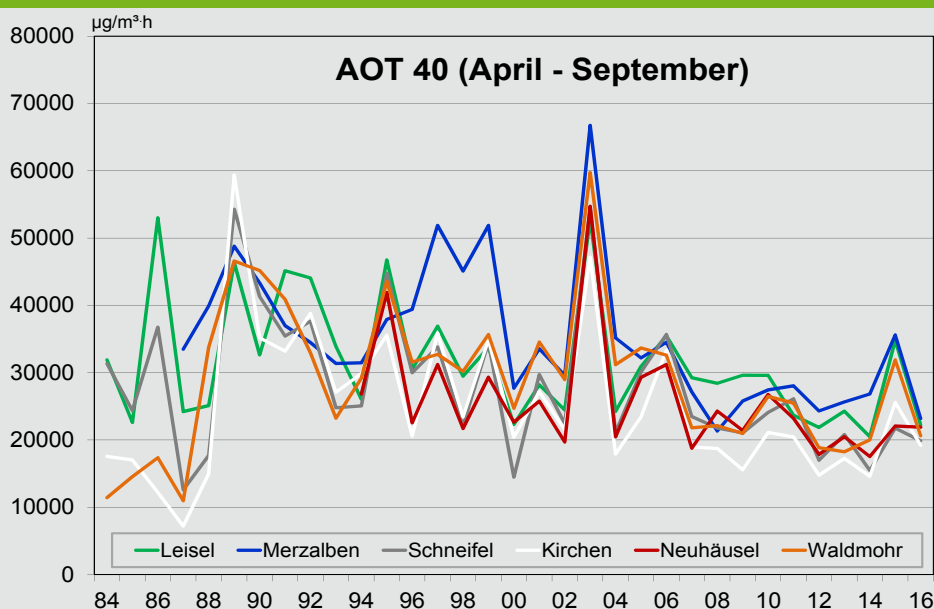
Eine detaillierte Darstellung der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder und eine Bewertung der Befunde finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017>

Tagesaktuelle Luftschadstoffdaten enthält die Internetpräsentation www.luft-rlp.de.

Die Befunde werden nach der MPOC (**M**aximum **P**ermissible **O**zone **C**oncentration)-Methode, dem AOT 40 (**A**ccumulated **O**zone exposure over a **T**hreshold of 40 parts per billion) und dem Ozonfluss basierten PODy (**P**hytotoxic **O**zone **D**ose) bewertet. Die Befunde zeigen, dass unsere Wälder trotz des Rückgangs bei den kurzfristigen Ozonspitzenwerten nach wie vor einer erheblichen Ozonbelastung ausgesetzt sind. An allen Standorten werden die Verträglichkeitsgrenzen deutlich überschritten. Dies belegt die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Emission der Ozonvorläufersubstanzen Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe. Eine eingehendere Darstellung der Ozonbelastung unserer Wälder mit Kalkulationen der für die Entstehung von Ozonschäden an Bäumen entscheidenden Ozonaufnahme über die Spaltöffnungen der Blätter oder Nadeln enthält der Beitrag „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“ im Waldzustandsbericht 2015 (<http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht.html>).

AOT 40-Werte - April bis September - an den ZIMEN-Waldstationen (Messhöhe 3 m)





Begutachtung von sichtbaren Ozonschäden
an einem Pappelklon

Foto: R. Rohe-Wachowski

Witterungsverhältnisse

Die Witterungsbedingungen wirken in vielfältiger Weise auf den Wald ein. Zum einen können unmittelbar Schäden an den Bäumen beispielsweise durch sommerliche Trockenheit, Früh- oder Spätfrost, Nassschneefälle, Stürme oder Hagelschauer entstehen. Zum anderen beeinflusst die Witterung die Ozonentstehung, den Bodenchemismus, die Bildung von Blütenknospen, die Fruktifikation und viele andere Abläufe in den Waldökosystemen. Großen Einfluss hat die Witterung auch auf Massenvermehrungen von Schadinsekten und Pilzkrankheiten. Daher ist der Witterungsverlauf häufig mitverantwortlich für die von Jahr zu Jahr auftretenden Veränderungen im Kronenzustand der Bäume.

Der Vitalitätszustand der Bäume wird nicht nur von der Witterung des aktuellen Jahres, sondern auch von den Witterungsverläufen der Vorjahre beeinflusst.

Seit 1997 waren die forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode 1971 bis 2000 ausnahmslos zu warm.

Die Vegetationszeit des Vorjahres (2015) war außergewöhnlich warm und trocken. Die zum Teil sehr ausgeprägte Frühjahrs- und Sommertrockenheit 2015 stellte eine erhebliche Belastung für die Waldbäume dar und führte an Trockenstandorten zu augenfälligen Trocknisschäden.

Der Winter 2015/16 war außerordentlich mild. Während winterliche Frostperioden nahezu ausblieben, führten Frühjahrsfröste mit Minimumtemperaturen von -1 bis -3°C im Zeitraum vom 23. bis 29.04.2016 in allen Landesteilen zu Frostschäden an frisch ausgetriebenen Laubbäumen. An einigen Messstationen wurde auch am 05. und vereinzelt auch am 15. Mai Luftfrost verzeichnet.

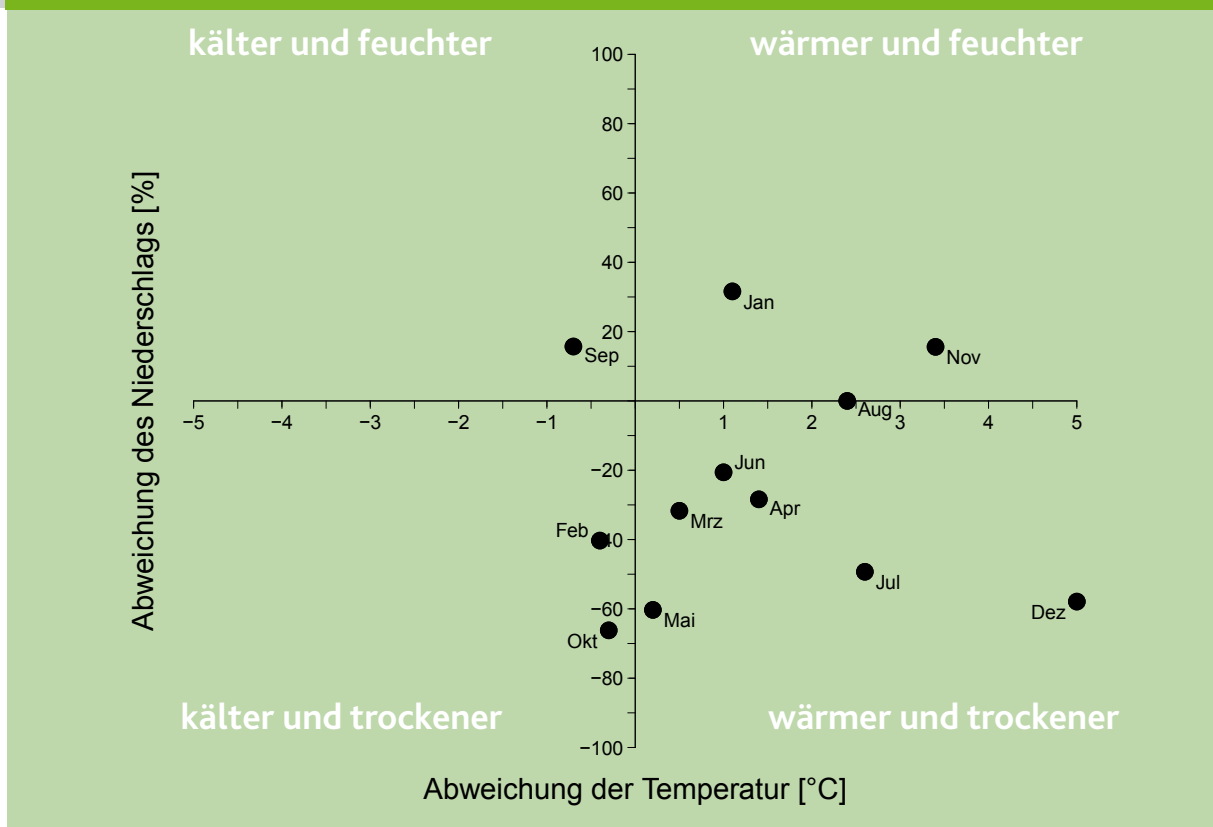
Die Daten der rheinland-pfälzischen Waldklimastationen und vieler weiterer Messstationen in Rheinland-Pfalz finden Sie im Landesportal www.wetter-rlp.de.

Neben aktuellen und vergangenen Messwerten können für alle Stationen auch Wettervorhersagen abgefragt werden.

Informationen zum gegenwärtigen Klima, dem detaillierten Witterungsverlauf seit 1951, zu Projektionen des möglichen, zukünftigen Klimas in Rheinland-Pfalz, den möglichen Folgen des Klimawandels und Hintergrundinformationen zu den Themen Klima, Klimawandel und Klimawandelfolgen sowie Forschungsprojekten finden Sie im Internet unter www.kwis-rlp.de

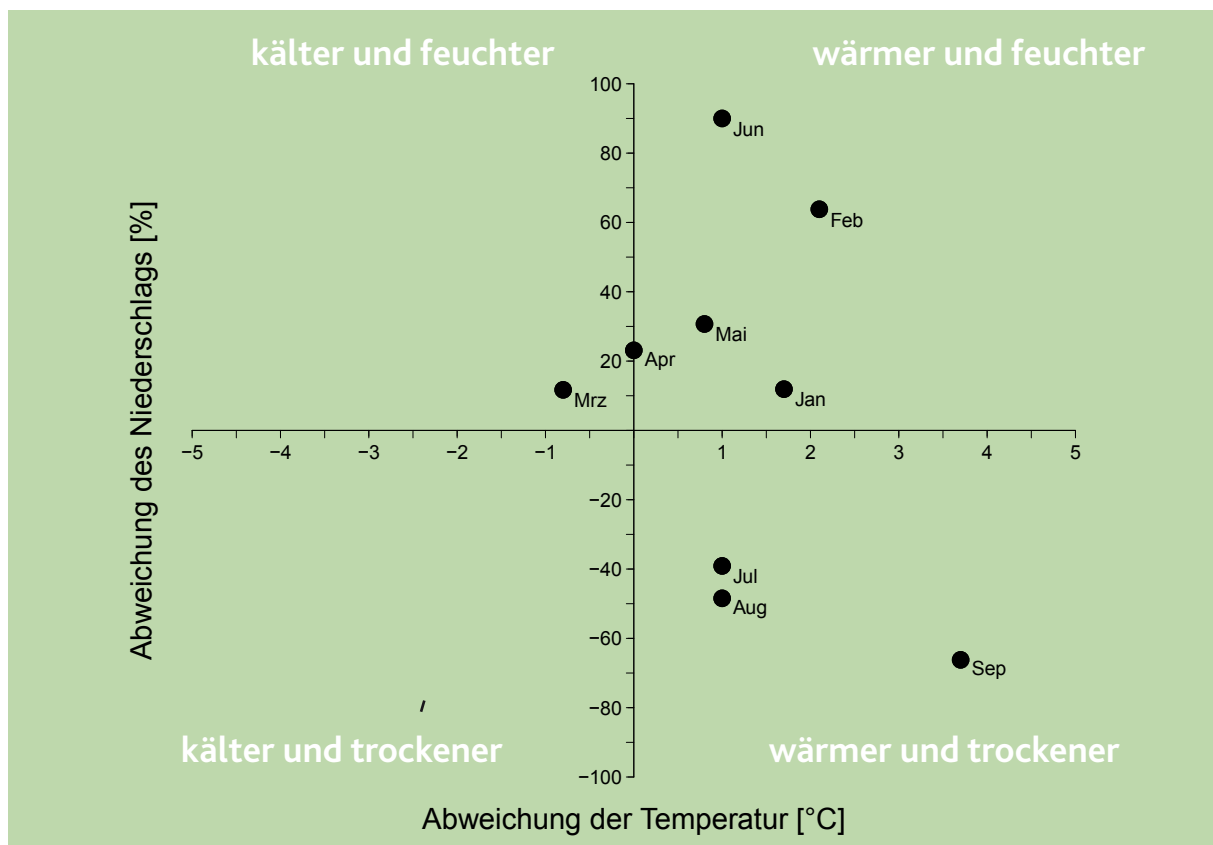
Mit Ausnahme von März und April waren alle Monate des bisherigen Jahres (bis einschließlich September) wärmer als die langjährigen Mittelwerte. Das Frühjahr 2016 war sehr niederschlagsreich. Die Ausprägung war örtlich allerdings sehr unterschiedlich, da die Niederschläge meist in Zusammenhang mit Gewittern erfolgten, die regional sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen brachten.

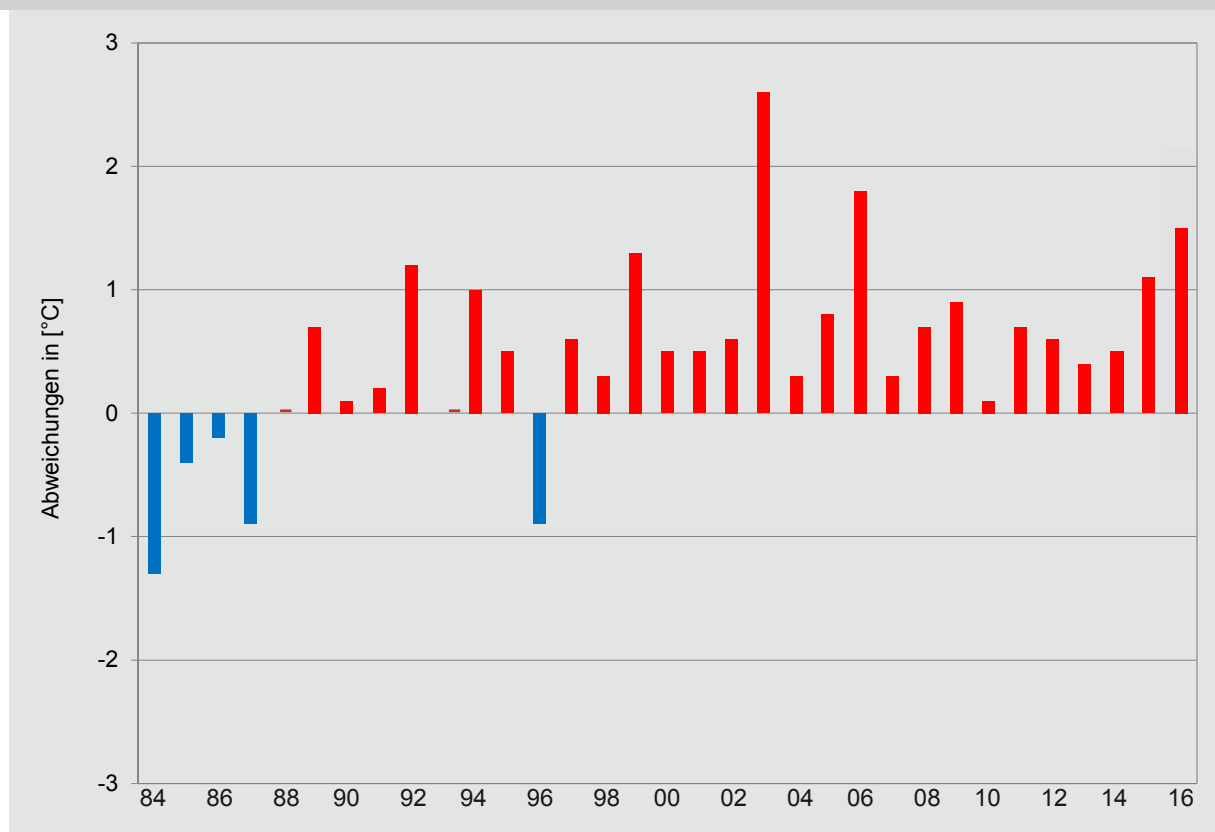
Vor allem im Juni traten Extremwetterlagen auf, die örtlich zu beträchtlichen Schäden durch Starkregen insbesondere an Waldwegen führten. Die zweite Hälfte der forstlichen Vegetationszeit 2016 war durch eine lange Trockenperiode geprägt. So fielen an der Waldklimastation Hochspeyer in den 8 Wochen vom 24. Juli bis 16. September insgesamt knapp 30 mm Niederschlag, wobei nahezu alle Niederschlagsereignisse jeweils nur wenige mm erbrachten und kaum die Baumwurzeln erreicht haben dürften.



Thermopluviogramme für die Jahre 2015 (oben) und 2016 (unten). Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagerechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz).

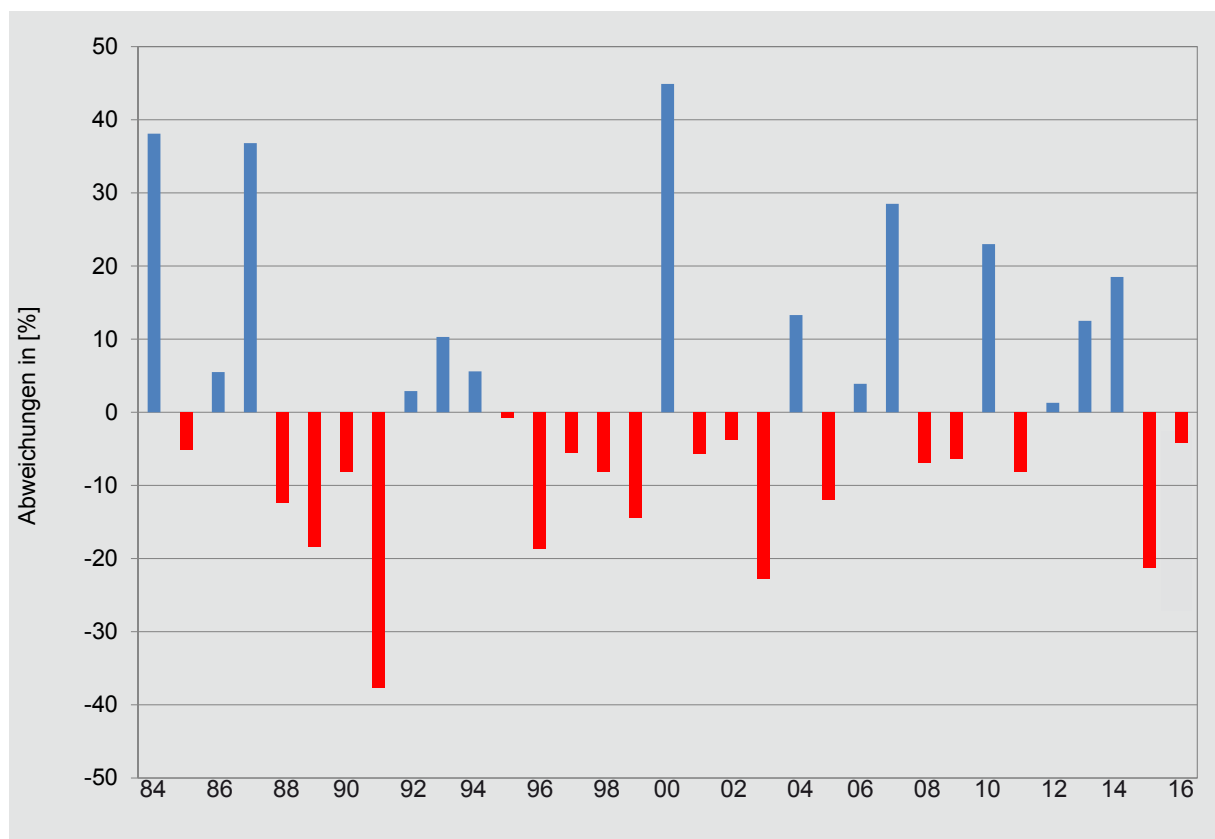
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)





Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2016 vom langjährigen Flächenmittel Rheinland-Pfalz 1971 bis 2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)



Blüte und Fruktifikation

Viele Baumarten zeigten 2016 eine überaus starke Blütenbildung und z.T. auch stärkere Fruktifikation. Die Auswirkungen von Blüte und Fruchtbildung auf den Kronenzustand sind von Baumart zu Baumart unterschiedlich. Generell beeinflusst die Bildung der männlichen und weiblichen Blüten das Erscheinungsbild der Baumkrone.

Bei der Kiefer werden männliche Blüten anstelle von Nadeln gebildet. Bei starker Blüte werden die Kiefernkrone hierdurch lichter. Allerdings konzentriert sich die männliche Blüte meist auf den unteren Teil der Krone, während bei der Bonitierung der Kronenverlichtung nur die Lichtkrone betrachtet wird. Daher ändert sich der bei der Waldzustandserhebung erfasste Kronenzustand der Kiefer in Blühjahren meist nur wenig.

Bei der Buche haben die Blüte und die Fruktifikation dagegen einen sehr großen Einfluss auf den Kronenzustand. Durch den hohen Bedarf an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen bei der Bildung der großen und früh reifenden Früchte werden Reservestoffe aufgebraucht. Als Folge hiervon gehen Blattgröße und Triebblängen bereits im Blühjahr zurück. Zum anderen hat die Blüte einen Einfluss auf die Verzweigungsstruktur, da Blütenknospen anstelle von Triebknospen gebildet werden. Als Konsequenz hieraus verschlechtert sich bei häufiger, starker Blüte die Kronenstruktur und die Kronenverlichtung nimmt zu.

Bei der Eiche hat die Fruktifikation trotz der zum Teil beträchtlichen Samenmengen im Samenjahr selbst meist keine so großen Auswirkungen auf den Kronenzustand wie bei der Buche. Die Samen entwickeln sich im Vergleich zur Buche deutlich später und wirken sich wohl deshalb meist weniger auf die Belaubung aus als bei der Buche. Allerdings sind wie bei der Buche deutliche Einflüsse auf die Verzweigungsstruktur - und somit den Kronenzustand der Folgejahre - nicht ausgeschlossen.

Als Voraussetzung für eine starke Blüte muss eine Reihe von Bedingungen großräumig zusammenreffen. Zum einen muss der Witterungsverlauf im Frühsommer des Vorjahres die Bildung von Blütenknospen anregen. Zum anderen muss eine

ausreichende Assimilatspeicherung in den Bäumen vorhanden sein. Insbesondere schwerfrüchtige Bäume wie z.B. Eiche und Buche verbrauchen bei starker Fruchtbildung sehr viel Energie und sind daher meist nicht in der Lage, jährlich zu fruktifizieren. Damit aus den Blüten auch Früchte werden, darf die Blüte weder verregnen noch erfrieren.

Ursachen und Zusammenhänge zwischen Fruktifikation und Kronenzustand bei Buche werden nachfolgend anhand von Daten der Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen des rheinland-pfälzischen forstlichen Umweltmonitorings erläutert.

Entwicklung der Kronenverlichtung auf Buchenbeobachtungsflächen

Auf den rheinland-pfälzischen Buchenbeobachtungsflächen lag die mittlere Kronenverlichtung zu Beginn der Untersuchungen Mitte der 1980er Jahre bei 10-15 %. In den 1990er Jahren stieg sie auf meist 20 bis 40 % an. Bei Flächen, die in den 1990er Jahren noch ein vergleichsweise geringes Verlichtungsniveau zeigten, ist die mittlere Kronenverlichtung in der Zeitreihe weiter angestiegen, bei den anderen Flächen verharrte die Verlichtung auf dem hohen Schädigungsniveau. Auffällig ist die bei allen Flächen hohe Variation von Jahr zu Jahr. In Jahren mit starker Fruktifikation wie 2002, 2004, 2006, 2009, 2011, 2014 und 2016 ist, meist gefolgt von leichten Erholungen in den jeweiligen Folgejahren, zu beobachten. Zur Erklärung des langjährigen Anstiegs der Kronenverlichtung der Buche insbesondere in den 1990er Jahren reicht die Fruktifikation aber nicht aus. So nahm die Kronenverlichtung in den 1990er Jahren auch in Perioden ohne nennenswerte Fruktifikation weiter zu.

Fruktifikation und Nährstoffhaushalt

Zur Ausbildung der Blüten und Früchte müssen die Bäume in erheblichem Umfang Assimilate und mineralische Nährstoffe bereitstellen. Dies belegen auch die Streufalluntersuchungen an den Dauerbeobachtungsflächen. In Jahren mit starker



Männliche und weibliche Blüten bei Buche

Foto: H.W. Schröck



Starker Fruchtbehang bei Buche

Foto: H.W. Schröck



Männliche Blüte bei Kiefer

Foto: H.W. Schröck



Blüte bei Fichte

Foto: H.W. Schröck



Blüte bei Hainbuche

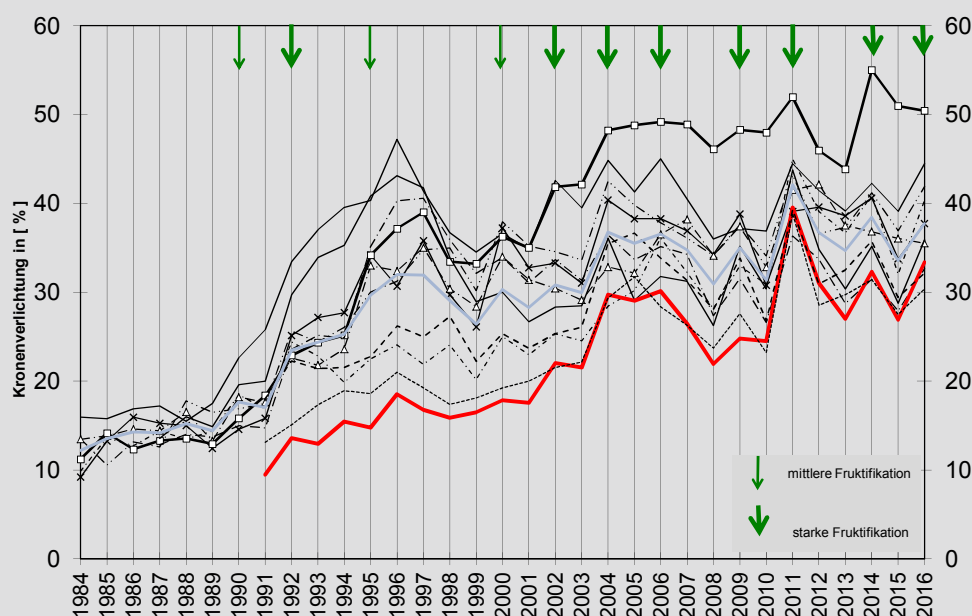
Foto: H.W. Schröck



Blüte bei Douglasie

Foto: H.W. Schröck

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung auf Buchendauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz. Rot hervorgehoben ist die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellte Beispielfläche im Forstamt Kirchheimbolanden.



Fruchtifikation steig die Streufallmenge auf das Doppelte an. In den Mastjahren werden mit den herabfallenden Früchten deutlich mehr Magnesium, Phosphor und Kalium vom Baum auf den Waldboden verlagert als mit den herabfallenden Blättern.

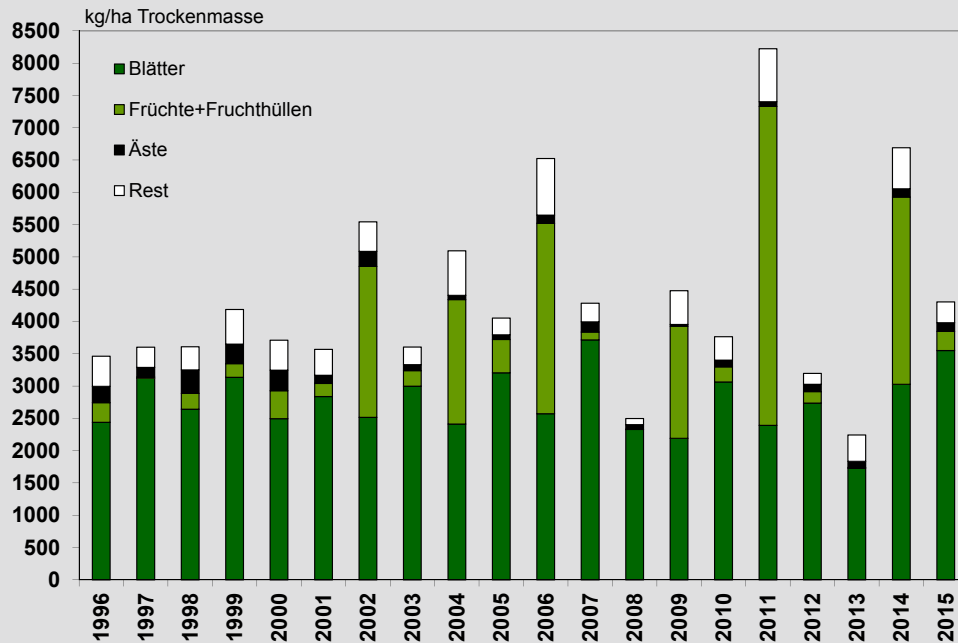
Die benötigten Assimilate und Nährstoffe mobilisiert der Baum vermutlich zu einem Teil aus angehäuften Reserven. Aus diesem Grunde kann die Buche, wie auch die Daten der Dauerbeobachtungsflächen zeigen, in der Regel nur alle zwei Jahre stark fruktifizieren, da in Fruktifikationsjahren die Reserven verbraucht werden und im Folgejahr für eine Ausbildung der Früchte nicht genügend Assimilate und Nährstoffe zur Verfügung stehen. Möglicherweise spielen hierbei auch Hemm- oder Botenstoffe eine Rolle: eine erneute Fruktifikation ist erst dann wieder möglich, wenn die Hemmstoffe abgebaut sind.

Darüber hinaus erfolgt in Fruktifikationsjahren meist eine Verlagerung im Stoffumsatz des Baumes. Dies geschieht durch eine Reduktion des Wachstums. Bei starker Fruktifikation der Buche ist daher meist das Dickenwachstum deutlich vermindert.

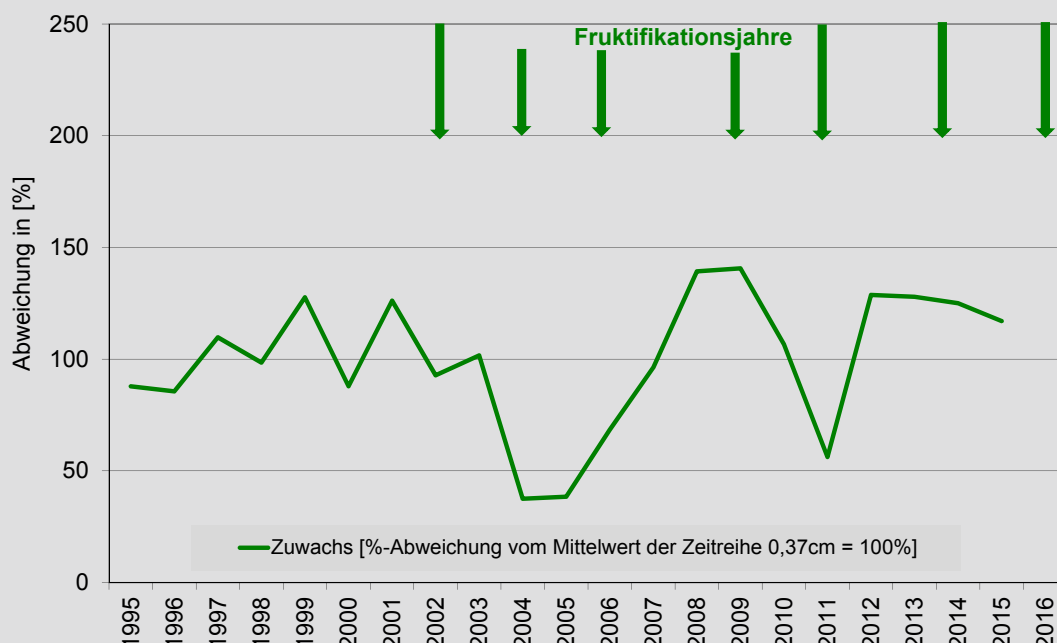
Der Kronenzustand und das Wachstum werden aber nicht nur von der Fruktifikation und den Nährstoffreserven, sondern vielen anderen Faktoren, wie beispielsweise Ozonbelastungen, Trockenstress oder Änderungen in der Konkurrenzsituation beeinflusst. Daher sind die Zusammenhänge nicht immer eindeutig. Ein schönes Beispiel sind die Jahre nach dem „Jahrhundertsommer“ 2003. Aufgrund der Sommertrockenheit 2003 in Kombination mit der starken Fruktifikation 2004 und der Frühsommertrockenheit und Fruktifikation 2006 hielt der Zuwachseinbruch mehrere Jahre an und war mit einer merklichen Zunahme in der Kronenverlichtung der Buchen verbunden. Offenbar benötigten die Buchen bei dieser Kombination von Stresseinflüssen erhebliche Zeit zur Regeneration.

Auch im Jahr 2016 traten in den Buchenbeständen mehrere Stresseinflüsse kombiniert auf: neben sehr starker Fruktifikation waren Befall durch Buchenspringgrüssler (*Rhynchaenus fagi*) und zum Teil auch Spätfrostschäden zu beobachten. Der Lochfraß der Käfer und der Minierfraß der Larven erfolgen bereits kurz nach dem Austrieb.

Jährliche Streufall-Biomasse verteilt auf Blattstreufall, Früchte und sonstiges Streufallmaterial auf der Buchendauerbeobachtungsfläche Kirchheimbolanden. In Jahren mit starker Fruktifikation wie 2002, 2004, 2006, 2009, 2011 und 2014 steigt die Streufallmenge beträchtlich an.



Verlauf des Durchmesserzuwachses in Brusthöhe (Mittelwert der Zeitreihe = 100%) auf der Buchendauerbeobachtungsfläche Kichheimbolanden. Auffällige Zwachseinbrüche wurden offenbar durch die Kombination der starken Fruktifikation 2004 nach der Sommertrockenheit 2003 und die Sommertrockenheit 2006 und die sehr starke Fruktifikation 2011 ausgelöst.





Blüte und Lochfraß durch Rüsselkäfer bei Buche

Fotos: H.W. Schröck

Daher dürfte die Assimilation stark betroffener Buchen über nahezu die gesamte Vegetationszeit erheblich eingeschränkt gewesen sein. Eine Kombination zwischen sehr starker Fruktifikation und starkem Springrüsslerbefall trat auch im Jahr 2014 auf. Im Folgejahr haben sich die Buchen wieder gut erholt. Eine erhöhte Mortalität war nicht zu verzeichnen. Es bleibt zu hoffen, dass die Buchen auch die diesjährige außergewöhnlich hohe Belastung verkraften. Positiv dürften sich dabei die hohen und gut verteilten Frühjahrsniederschläge im aktuellen Jahr auswirken. Von übermäßigem Fruchtbehang, Spätfrostschäden und Springrüsslerbefall stark betroffene Buchen zeigten zum Teil einen zusätzlichen Austrieb ab Mitte Juni, was im dreißigjährigen Beobachtungszeitraum in diesem Umfang noch nicht zu beobachten war. Anzunehmen ist, dass es sich hierbei um eine Reaktion der Buchen auf die durch Frostschäden, Fruchtbehang und Rüsslerfraß stark

Fruchtbehang und starker Spätfrostschaden bei Buche

Fotos: H.W. Schröck



reduzierte Blattmasse handelt, die durch die sehr gute Wasserversorgung in diesem Frühjahr und Frühsommer unterstützt wurde.

Fruktifikationshäufigkeit im langjährigen Vergleich

Einer Literaturrecherche zur Fruktifikation in Deutschland von 1839 bis 1987 durch PAAR et al. (2011) zufolge betrug der Abstand zwischen zwei Jahren mit starker Fruchtbildung in dem nahezu 150 Jahre umfassenden Betrachtungszeitraum im Mittel 4,7 Jahre. Demgegenüber liegen in den die letzten drei Jahrzehnte umfassenden Zeitreihen der rheinland-pfälzischen Buchenbeobachtungsflächen meist nur noch 2 bis drei Jahre zwischen den Fruchtjahren. Eine Ursache dürfte die häufigere Blühinduktion aufgrund der immer häufigeren Jahre mit warmer Frühsommerwitterung sein. Die Entscheidung, ob Blütenknospen oder Triebknospen gebildet werden, ist u.a. von den Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Knospenanlage, also den Frühsommermonaten des Vorjahres abhängig. Erfahrungsgemäß gehen Fruktifikationsjahren Jahre mit warm-trockener Vegetationszeit voran. Da diese Bedingungen in den letzten beiden Jahrzehnten sehr häufig erfüllt waren, ist die Häufung von Blühjahren nicht verwunderlich. Allerdings entsteht nicht aus jeder Blüte eine Mast. Voraussetzung für eine starke Fruktifikation ist eine ausreichende Ansammlung von Assimilaten. Hier kann, wie die Befunde des forstlichen Umweltmonitorings belegen, die aufgrund der hohen Ammonium- und Nitratdeposition zunehmende Stickstoffverfügbarkeit in unseren Waldökosystemen und auch die durch die Reduktion der Säureeinträge, unterstützt

Weitere Informationen zu den Einflussfaktoren auf die Kronenzustandsentwicklung finden Sie auf den Webseiten der FAWF
http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/webseite/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/einflussfaktoren_auf_die_kronenzustandsentwicklung.html



Neuaustrieb nach Spätfrostschaden

Fotos: H.W. Schröck

durch Waldkalkung und Waldumbau in Richtung gemischter Bestände wieder verbesserte Versorgung mit mineralischen Nährstoffen wie Magnesium und Calcium eine Rolle spielen.

Deutlich wird, dass Blüte und Fruktifikation von einer Reihe von natürlichen, aber auch vom Menschen veränderten Umweltfaktoren abhängen. Im Zuge des Klimawandels könnte sich die bereits in den letzten beiden Jahrzehnten festgestellte Häufung von Blühjahren weiter fortsetzen. Die Befunde der Waldzustandserhebungen und der Forschung an den Intensivuntersuchungsflächen des forstlichen Umweltmonitorings zeigen, dass Blüte und Fruktifikation zumindest bei der Buche einen erheblichen Einfluss auf die Kronenzustandsentwicklung und das Wachstum haben. Anzunehmen ist, dass das hohe Niveau der Kronenverlichtung bei der Buche auch mit der Häufung von Jahren mit starker Fruktifikation zusammenhängt. Trotz des teilweise sehr schlechten Kronenzustandes der Buche, blieb die Absterberate bislang gering. Dies dürfte im Wesentlichen darauf zurückzuführen sein, dass die Gegenspieler der Buche, wie der Kleine Buchenborkenkäfer (*Taphrorychus bicolor*) und der Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) bei weitem kein so großes Schadpotenzial entfalten, wie beispielsweise der Buchdrucker (*Ips typographus*) an Fichte oder der Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) an Eiche. Ob dies so bleibt oder sich im Klimawandel die Wirt-Parasit-Beziehungen zu Ungunsten der Buche verschieben, bleibt abzuwarten.

Allgemeine Waldschutzsituation

Biotische und abiotische Schadfaktoren können einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität unserer Wälder ausüben. Sie treten jährlich in verschiedenen Intensitäten auf. Zu den biotischen Schadfaktoren zählen vor allem Insekten und Pilze. Die bedeutsamsten abiotischen Schadfaktoren sind Sturm, Schnee- und Eisbruch, Dürre, Frost und Hagel.

Der Einfluss des Schalenwildes auf den Wald ist im Kapitel „Wildschäden im Wald“ im Waldzustandsbericht 2014 dargestellt.

Ende April 2016 traten Nachtfröste auf, die in vielen Waldbeständen Spätfrostschäden vornehmlich an Eichen, Buchen und anderen Laubbäumen verursacht haben.

Eine Reihe von Unwettern im Frühjahr und Sommer haben lokal Sturmwurf und Hagelschäden verursacht. Durch Starkregenereignisse sind zum Teil beträchtliche Schäden an den Waldwegen und den Wasserdurchlässen entstanden.



Ein Starkregen Anfang Juni hat diesen Waldweg im Stadtwald Ingelheim schwer beschädigt.

Fotos: R. Blum

Eingehendere Informationen zum Waldschutz in Rheinland-Pfalz und Handlungsempfehlungen bei Waldschutzproblemen enthalten die Webseiten von Landesforsten Rheinland-Pfalz
<http://www.wald-rlp.de/waldschutz.html>



Frostschaden an einer frisch ausgetriebenen Eiche

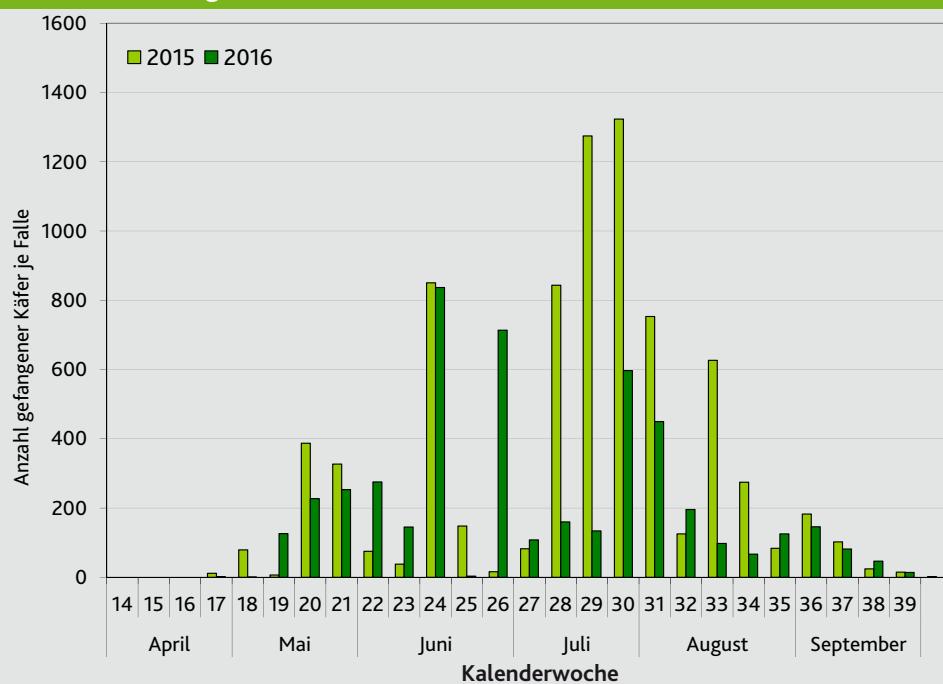
Fotos: H. W. Schröck

Das wechselhafte Wetter und die rasche Aufarbeitung und Abfuhr des Fichtenholzes hat die Borkenkäferschäden im Jahr 2016 in Grenzen gehalten. Die Käferholzmenge beläuft sich bis Ende September auf etwa 48.000 fm. Im Vorjahr betrug die gemeldete Käferholzmenge insgesamt 55.115 fm.

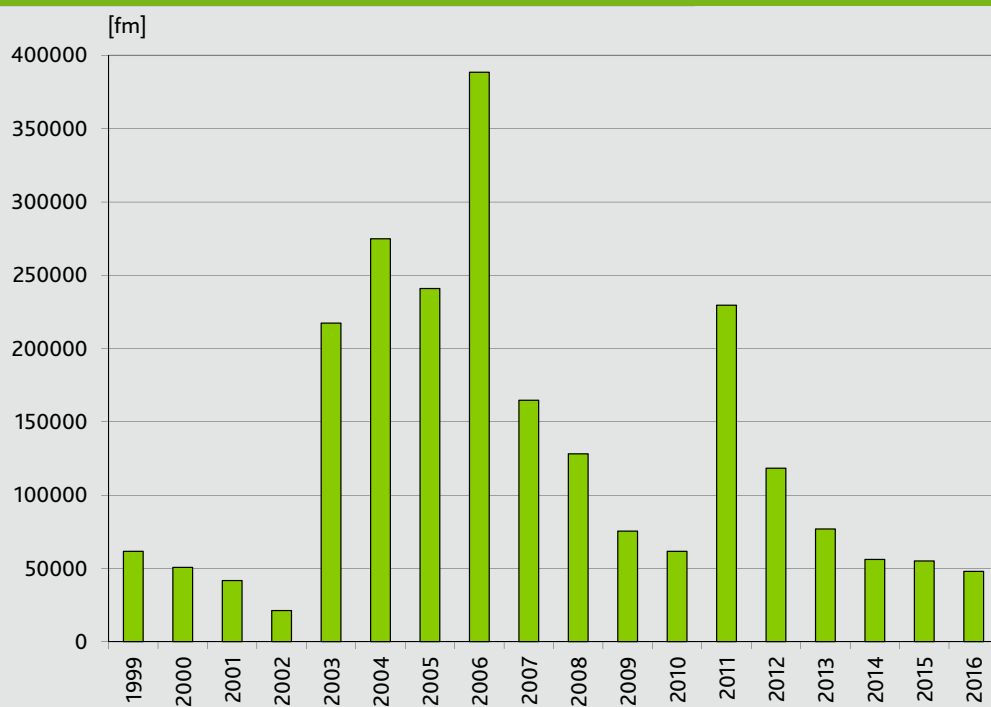
Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und im Hunsrücker Hochwald mit Pheromonfallen und Kontrollen des Brutfortschritts an mit Pheromondispensern beköderten Probestämmen überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen

Die Befunde des Borkenkäfermonitorings und daraus abgeleitete Empfehlungen für die forstliche Praxis finden Sie auf den Webseiten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
http://www.fva-bw.de/monitoring/ws/kaefer/kaefer.php?datei=fi_bk.inc.php&b=a&v=0&jahr=2016&land=rp

Buchdruckerentwicklung 2015 und 2016 im Pfälzerwald

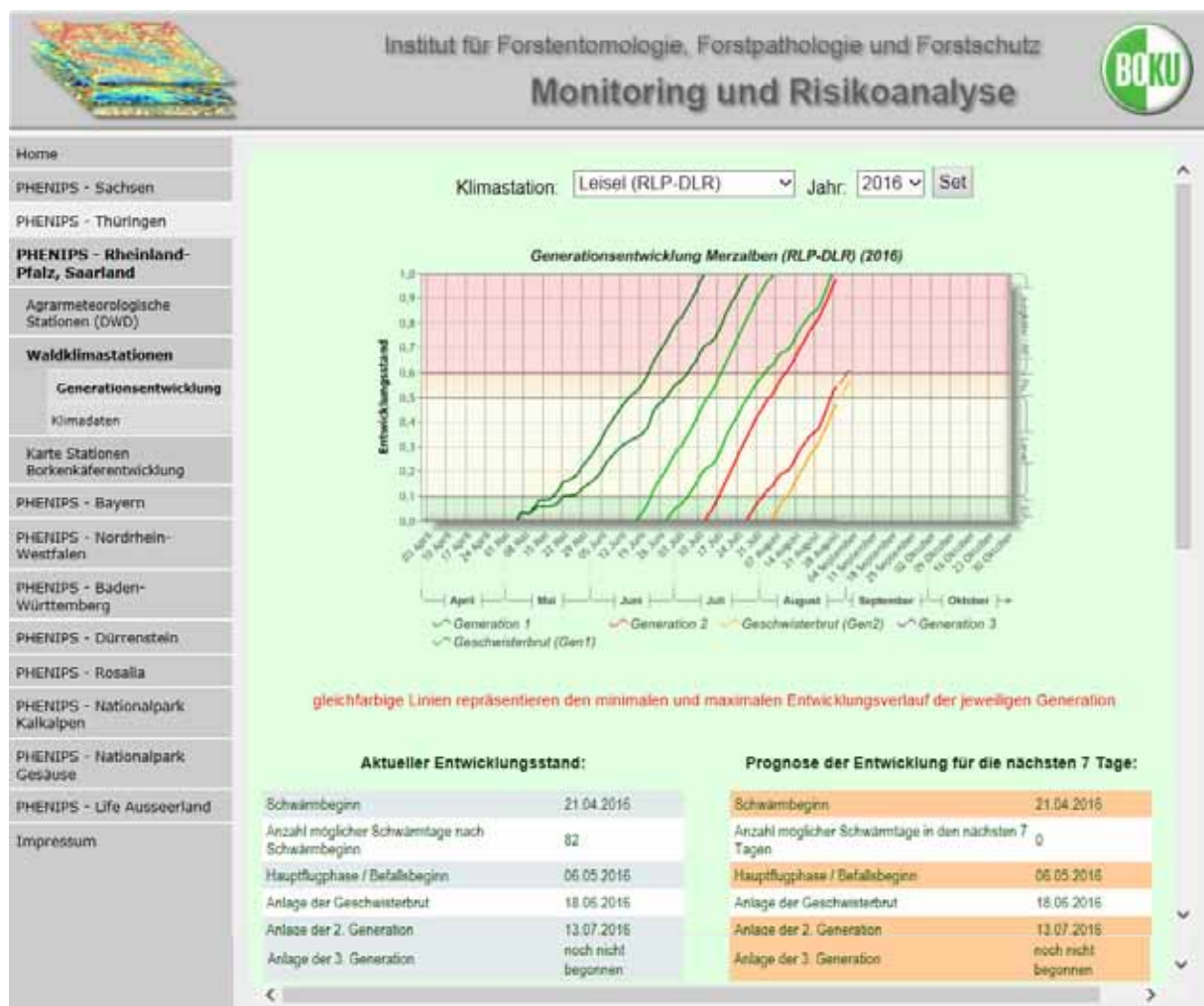


Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2016 bis einschließlich September)



zur effektiven Kontrolle der Waldbestände auf Stehendbefall abgeleitet. Der Schwärmflug der überwinterten Käfer verlief in diesem Jahr aufgrund der immer wieder durch kühle Perioden gekennzeichneten Frühjahrswitterung verhalten. Größere Mengen an Buchdruckern wurden in den Pheromonfallen erst Mitte Juni gefangen. In der sehr regenreichen und kühlen 24. Kalenderwoche kam die Flugaktivität der Käfer völlig zum Erliegen. Auch die nachfolgenden Generationen entwickelten sich zeitverzögert. Die auch im Sommer wechselhafte Witterung stärkte die Abwehrkraft der Fichten und verhinderte eine Massenvermehrung der Käfer.

Der aktuelle Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulation in verschiedenen Regionen kann auch auf Grundlage eines Computermodells (PHENIPS) der Universität für Bodenkultur Wien verfolgt werden. Damit werden tagesaktuell der Schwärmflug und das Brutgeschehen des Buchdruckers differenziert anhand von Daten von 40 Klimastationen in Rheinland-Pfalz unter Einbindung einer 7-Tagesprognose eingeschätzt:
<http://iff-risikanalyses.boku.ac.at/typo3/index.php?id=74>
 (in der Laufzeile Rheinland-Pfalz wählen)



Screenshot PHENIPS für die Waldklimastation Leisel; zum Zeitpunkt der Abfrage (21.04.2016) lief den Modellbefunden zufolge die Anlage der zweiten Buchdruckergeneration und aus der Wettervorhersage für diese Station wurden für die kommenden Tage keine Schwärmtage prognostiziert.



Befall von Douglasienadeln durch die Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*)

Quelle: Julius-Kühn-Institut

Wie in den Vorjahren war auch 2016 landesweit in vielen Douglasienbeständen ein erheblicher Befall mit der Rußigen Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) festzustellen. In Douglasienbeständen, die bereits mehrere aufeinanderfolgende Jahre stark durch den Pilz befallen sind, treten gravierende Kronenverlichtungen auf. In der Regel sterben die Bäume aber nicht ab. Vereinzelt war auch ein Befall der Douglasie mit der Rostigen Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) festzustellen. Die feuchte Frühjahrswitterung begünstigte das Auftreten weiterer

Nadelpilze. So traten in einigen jungen Douglasienbeständen Welkesymptome an den Frühjahrsaustrieben auf, die durch Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*), den Erreger des Sirococcus-Triebsterbens (*Sirococcus conigenus*) und *Sphaeropsis sapinea* verursacht worden sind. Eine ursprünglich in den USA und Kanada beheimatete Douglasien-Gallmückenart, *Contarinia pseudotsugae*, wurde 2015 in den Niederlanden und Belgien und im aktuellen Jahr auch in einer Reihe von Forstämtern in Rheinland-Pfalz bestätigt. Die Larven minieren in den Nadeln des

Symptome der Mangantoxizität bei Douglasie



Harzfluss

Foto: J. Block



Wuchsdeformation („Hexenbesen“)

Foto: J. Block



Ausbleichung des jüngsten Nadeljahrgangs Foto: R. Zoth

Eingehende Informationen zum Schadbild, den Ursachen und möglichen Gegenmaßnahmen enthält der Mitteilungsband 77/2016 der FAWF Rheinland-Pfalz.

jüngsten Nadeljahrgangs. Bei starkem Befall können die Nadeln des aktuellen Triebes zerstört werden; bislang ist der Befall aber offenbar noch gering. Da sich die Schäden durch die Gallmücke am jüngsten, die Schäden durch die Schütte aber an älteren Jahrgängen äußern, ist bei weiterer Ausbreitung und kombiniertem Befall die Entwicklung der Vitalität der Douglasien sorgfältig zu beobachten.

Auf einigen Standorten (Lösslehme, Ton- und Schlufflehme des Rotliegenden, eutrophe Tonschiefer) werden Douglasien zum Teil durch Mangantoxizität geschädigt. Das Schadausmaß ist allerdings geringer als in den 1980er und 1990er Jahren. Die betroffenen Bäume zeigen Ausbleichungen der jüngsten und Verbräunungen der älteren Nadeljahrgänge, Wuchsanomalien wie „Hexenbesen“, Kronenverlichtung und zum Teil starken Harzfluss am Stamm.

Bereits im vierten Jahr in Folge waren Buchenbestände von starkem Befall durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) betroffen. Durch



Schäden an Buchenblättern durch *Apiognomonina errabunda*
Foto: F. Engels

den Reifungsfraß der Käfer entstehen kleine Löcher in den Blättern. Die Larven minieren in den Blättern bis hin zu ausgedehntem Platzfraß. Bei starkem Befall werden die Baumkronen „braun“. In der Regel verkraften die Bäume den Fraß ohne längerfristige Schädigungen. Allerdings trat der Springrüsslerbefall in 2016 häufig in Kombination mit starker Fruktifikation auf. Zusammen mit zum Teil entstandenen Spätfrostschäden war die Buche im aktuellen Jahr somit sehr erheblichen Belastungen ausgesetzt. Auch die Buchenkomplexkrankheit tritt in den letzten Jahren wieder verstärkt auf.

Die feuchte Witterung im Frühjahr 2016 hat gute Infektionsbedingungen für einen erhöhten Pilz-



Weitere Informationen zum Buchenspringrüssler: http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014_04.pdf.

Befall durch Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) (Lochfraß durch adulte Käfer und Minierfraß durch Larven; Spätfrostschäden an Triebspitzen
Foto: H.W. Schröck

befall an Blättern geschaffen. An Buche traten Blattnekrosen durch Befall durch die Buchenblattbräune (*Apiognomonina errabunda*), bei Kirsche durch die Sprühfleckenkrankheit (*Blumeriella jaa-pii*) und bei Ahorn durch die Teerfleckenkrankheit (*Rhytisma acerinum*, *R. punctatum*) auf. Zum Teil führte der Blattpilzbefall zu Welkeerscheinungen und vorzeitigem Blattfall.

Fraßschäden durch die „Eichenfraßgesellschaft“ (Eichenwickler, Schwammspinner, verschiedene Frostspanner- und Eulenarten) hielten sich wie in den Vorjahren auch 2016 in Grenzen. Demzufolge gingen in den letzten Jahren auch die Schäden durch Prachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) zurück. Vielfach waren die Johannistriebe der Eichen von Eichenmehltau (*Erysiphe alphitoides*) befallen.



Befall der Johannistriebe durch Eichenmehltau (*Erysiphe alphitoides*)

Foto: H.W. Schröck

Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) tritt in Rheinland-Pfalz bislang nur in geringem Umfang waldschädigend in Erscheinung. Allerdings ist vor allem in den südlichen Landesteilen nach wie vor lokal von Gesundheitsgefahren durch diesen Schmetterling auszugehen.

Informationen zum Eichenprozessionsspinner:
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/lwf_merkblatt_15/index_DE
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/fva_eichenprozessionsspinner_aktuell/index_DE.



Durch Engerlingsfraß abgestorbene Buchenverjüngung

Foto: H. Delb

Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopoein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare reichern sich als Häutungsreste in den Raupennestern an und bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr.

In der Oberrheinebene sind auf trockenen Sandstandorten zahlreiche Waldbestände von einer ausgedehnten Gradation des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Im gesamten Verbreitungsgebiet des Waldmaikäfers in der

Waldmäkäfer beim Reifungsfraß an einer Eiche im Bellheimer Wald

Foto: J. Block



Oberrhinebene treten in Jungwüchsen zum Teil bestandesbedrohende Schäden durch Engerlingsfraß auf. Im südwestlich von Germersheim gelegenen Bellheimer Wald fand im Frühjahr 2016 auf etwa 1000 Hektar der Schwärmflug des sogenannten Nordstammes statt. Eine Bekämpfung wurde nicht durchgeführt.

Probegrabungen im Winter 2014/15 erbrachten eine mittlere Dichte von 6 und Maximalwerte von mehr als 50 Engerlingen im dritten Larvenstadium je Quadratmeter Waldboden. Demnach dürften im Mai etwa 30 bis 40 Millionen Käfer geschwärmt sein. Der Reifungsfraß der Käfer führt zu einer Entlaubung der Laubbäume, was aber durch den Wiederaustrieb wieder ausgeglichen wird. Bedrohlicher ist der Wurzelfraß der Engerlinge vornehmlich für junge Laubbäume. Aber auch ältere Laub- und Nadelbäume können durch den Wurzelfraß geschwächt und dann anfällig werden für einen Befall durch Folgeschädlinge, wie beispielsweise den Hallimasch. Zu befürchten ist, dass sich in den durch Engerlingsfraß verlichteten Waldbeständen Neophyten wie Japanisches Springkraut, Goldrute und Kermesbeere weiter ausbreiten und die heimische Vegetation verdrängen können.

In den Kiefernbeständen der Rheinebene und zum Teil auch im Pfälzerwald treten mit steigender Tendenz Schäden durch Misteln (*Viscum album*) auf. Gravierender Mistelbefall wurde von den Forstämtern auf einer Fläche von ca. 2.500 ha gemeldet. Der Mistelbefall führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu Minderzuwachs und zu einer erhöhten Absterberate. In der Rheinebene haben an Kiefer auch die Schäden durch Pracht-, Bock- und Borkenkäfer zugenommen.

Das Eschentriebsterben wurde im Jahr 2009 erstmals in Rheinland-Pfalz nachgewiesen. Inzwischen tritt die Erkrankung landesweit in fast allen Eschenbeständen auf. Der europaweite wissenschaftliche Austausch über die EU-Plattform FRAXBACK zeigt allgemein ein Fortschreiten des Eschentriebsterbens nahezu im gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Esche

(*Fraxinus excelsior*). Der Krankheitserreger, das Eschenstängelbecherchen, wurde kürzlich von *Hymenoscyphus pseudoalbidus* in *H. fraxineus* umbenannt. Dieser invasive Pilz wurde vermutlich mit dem weltweiten Warenverkehr aus Ostasien (Japan, nordöstliches China, fernöstliches Russland) eingeschleppt. Er lebt ursprünglich in den Blättern der Mandschurischen Esche, verursacht an dieser Baumart aber keine Schäden. In Europa sind Eschen auf Nass-Standorten und im Dichtstand besonders gefährdet. Waren ursprünglich vor allem Bäume aus dem Jungwuchs betroffen, treten inzwischen auch gravierende Schäden in Stangen-, Baum- und Althölzern auf. Mit Sporen aus Fruchtkörpern, die im Sommer auf mindestens einjährigen Eschenblattstielen in der Bodenschicht wachsen, infiziert der Pilz die Blätter in den Baumkronen und kann über diese in die Triebe einwachsen. Dies verursacht das typische Triebsterben, dass sich nach jährlich erneuten Infektionen in einem Zurücksterben der Krone äußert und zum Absterben des Baumes führen kann. Der Pilz kann die Eschen aber auch am Wurzelansatz besiedeln und Stammfußnekrosen verursachen. Andere holzerstörende Pilze, wie der Hallimasch (*Armillaria* spp.), können daraufhin den Stammfuß infizieren und schwerwiegende Stockfäulen verursachen. Dies führt zu einer erheblich erhöhten Wurf- und Bruchgefahr und damit Problemen der Verkehrs- und Arbeitssicherheit. Im aktuellen Jahr sind die sichtbaren Schäden etwas zurückgegangen, was mit den vergleichsweise schlechten In-

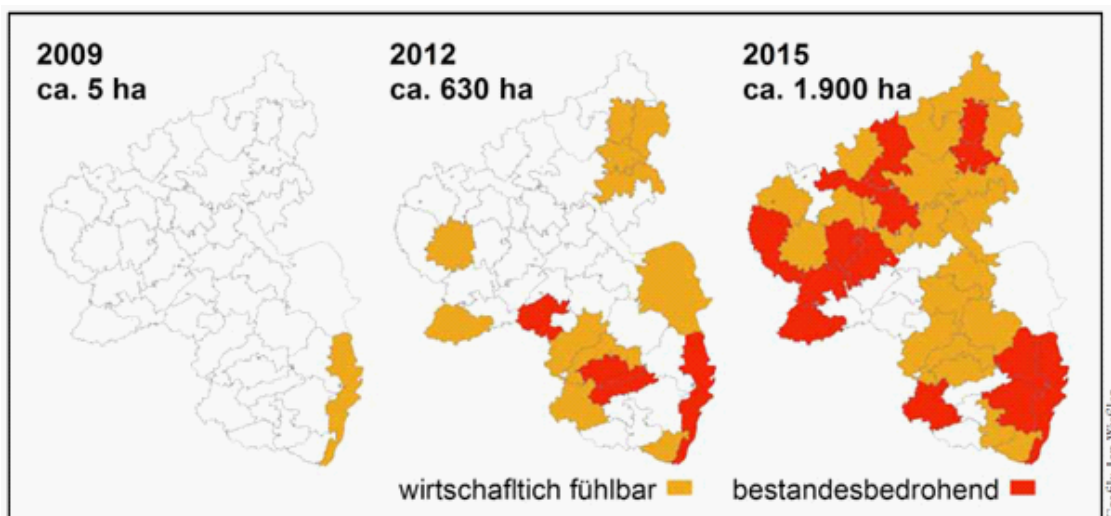
Aktuelle Informationen zum Eschentriebsterben:
http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010_03.pdf

<http://www.fva-bw.de/publikationen/index3.html>

http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012_03.pdf

http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014_01.pdf

http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2016_02.pdf



fektionsbedingungen durch die langandauernden Trockenperioden im letzten Jahr zusammenhängen dürfte und daher nur als Atempause zu werten ist.

Die Esche benötigt nährstoffreiche Böden für ein gutes Gedeihen. Da in unseren Wäldern bodensaure, nährstoffarme Verhältnisse vorherrschen, nimmt die Esche in Rheinland-Pfalz nur einen vergleichsweise geringen Flächenanteil von 1 % ein. Allerdings ist sie sehr klimatolerant und galt daher zumindest für hinreichend basenreiche Standorte als eine im Klimawandel zunehmend interessante, zukunftsfähige Baumart. Auch in den vom Eschentriebsterben stark betroffenen Beständen sind meist noch einige wenige, symptomfreie Eschen vorhanden, über deren Verjüngung sich möglicherweise eine weniger anfällige Eschengeneration entwickelt.

Der durch *Cryphonectria parasitica* verursachte Esskastanienrindenkrebs stellt eine gravierende Gefahr für die Esskastanienwälder dar. *C. parasitica* ist ein pilzlicher Krankheitserreger, der bereits 1938 nach Südeuropa eingeschleppt wurde. Seit 1992 tritt die Erkrankung auch in Rheinland-Pfalz auf. In der Pfälzer Haardt sind aktuell ca. 80 ha Esskastanienwälder betroffen. Eine sogenannte „Hypovirulenz“ hat sich dort bislang nicht natürlich eingestellt. Unter Hypovirulenz wird ein Befall des Schadpilzes durch spezifische Viren

verstanden, die die Aggressivität des Pilzes deutlich herabsetzen. Daher wurden mit dem Ziel, den Schaden durch den Rindenkrebs in der Haardt einzudämmen, mit dem Virus infizierte, kompatible Stämme des Pilzes aus der Ortenau, einem anderen Verbreitungsgebiet des Rindenkrebses, 2011 und 2012 an vom Rindenkrebs befallenen Bäumen versuchsweise ausgebracht. Die erfolgreiche Virusübertragung an lebenden Bäumen konnte durch Reisolierung bestätigt werden. Gegenwärtig wird untersucht, ob - als Voraussetzung für eine erfolgreiche Etablierung der Hypovirulenz im Bestand und eine insgesamt gesündere Bestandesentwicklung - eine natürliche Übertragung der Hypovirulenz auf erkrankte Nachbarbäume erfolgt ist.

Eine weitere erhebliche Gefahr für unsere Esskastanienwälder geht von der Japanischen Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) aus. Durch die Larven der Wespe werden Gallen induziert, womit eine erhebliche Vitalitätsschwächung, Zuwachsverluste und Einschränkungen in der Fruchtproduktion verbunden sind. Vor allem in Kombination mit Rindenkrebs können stark betroffene Bäume auch absterben. Dieses ursprünglich aus Südchina stammende Insekt wurde spätestens 2002 vermutlich mit befallenen Jungpflanzen nach Südeuropa verschleppt und breitet sich seither stetig aus. Seit 2015 ist ein

Befall mit *D. kuriphilus* in verschiedenen Waldstandorten auch in Rheinland-Pfalz (Forstämter Bad Dürkheim und Annweiler) bestätigt. Die weitere Ausbreitung dieser invasiven Gallwespenart wird nicht mehr aufzuhalten sein. Allerdings geht der Gallwespenbefall in den Esskastanienwäldern südlich der Alpen durch Parasitierung durch eine in Italien freigesetzte ebenfalls aus China stammende Schlupfwespe (*Torymus sinensis*) bereits wieder deutlich zurück. Denkbar ist, dass sich dieser Gegenspieler der Gallwespe auch in unsere Region hinein ausbreitet.

Durch ein deutschland- und europaweites Monitoring soll frühzeitig die Einschleppung von Quarantäneschadorganismen festgestellt werden. 2016 sind in Rheinland-Pfalz zu den bereits seit Jahren laufenden Untersuchungen zum Kiefernholznmato-den (*Bursaphelenchus xylophilus*) zwei weitere invasive Arten in das Nationale

Aktuelle Informationen zur Esskastanien-Gallwespe:

http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013_01.pdf

Monitoringprogramm aufgenommen worden. Es sind dies die Quarantäneschädlinge Asiatischer Laubholzbock (*Anoplophora glabripennis*) und das sogenannte Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*). Nach den Vorgaben des Julius-Kühn-Instituts in Braunschweig sind für jeden dieser neuen Organismen auf Landesebene Monitoringbestände auszuwählen und auf Befall zu untersuchen. Bisher sind keine der insgesamt drei Quarantäneorganismen in Rheinland-Pfalz nachgewiesen worden.

WALDERNÄHRUNG IN RHEINLAND-PFALZ



Seit den 1980er Jahren werden in Rheinland-Pfalz auf Dauerbeobachtungsflächen und bei landesweiten Übersichtserhebungen Nadel- und Blattproben gewonnen. Die durch chemische Analysen gewonnenen Element-Gehalte geben Hinweise auf den Ernährungszustand der beprobten Bestände. Aktuell stellen die hohen Stickstoffeinträge ein Problem dar, da diese zu einer unausgewogenen Ernährung führen können. Zudem zeigt sich eine Verschlechterung der Phosphor-Ernährung. Die Ernährung mit Calcium und Magnesium hingegen hat sich für viele Waldbestände in Rheinland-Pfalz verbessert.

Nach einem standardisierten Verfahren werden vom Hubschrauber aus oder mit Baumkletterern Äste aus der Baumkrone gewonnen und die Nadeln und Blätter auf deren Inhaltsstoffe analysiert. Die Analyseergebnisse sind im forstlichen Umweltmonitoring ein Indikator für den Ernährungszustand des jeweiligen Waldbestandes und standen von Beginn an auch bei der Ursachenforschung von Waldschäden im Fokus. Detaillierte Daten zur Waldernährung liegen seit den 1980er Jahren für mehr als 40 über Rheinland-Pfalz verteilte Dauerbeobachtungsflächen der Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer vor, in denen zum Teil jährlich Blatt- und Nadelproben gewonnen werden. Ebenfalls wichtige Informationen zur Waldernährung stammen aus Übersichtserhebungen, bei denen eine Beprobung auf einem landesweiten Raster stattfindet: 1983 Immissionsökologische Waldzustandserhebung (IWE, 112 Rasterpunkte, nur Fichte beprobt), 1988 Waldernährungserhebung I (149 Rasterpunkte, Fichte und Kiefer beprobt), 2006 Waldernährungserhebung II (165 Rasterpunkte, Buche, Eiche, Fichte und Kiefer beprobt).

Zunehmende Nährstoffungleichgewichte

Phosphor (P) gehört in den ökosystemaren Nährstoffkreisläufen rheinland-pfälzischer Wälder zu den kritischen Elementen, da viele Böden von Natur aus oder durch Waldverwüstung und Übernutzung in früheren Jahrhunderten geringe P-Vorräte aufweisen. Die P-Ernährung wird für die vier Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer zumeist als ungünstig eingestuft. Zudem zeigen die

P-Gehalte bei der Fichte eine signifikante Abnahme auf einem Teil der Dauerbeobachtungsflächen und im Vergleich der beiden landesweiten Übersichtserhebungen.

Alle Hauptbaumarten sind hingegen zum größten Teil ausreichend oder luxuriös mit **Stickstoff** (N) versorgt. N ist auf nahezu allen Standorten in ausreichender Menge vorhanden, was die hohen N-Einträge aus der Emission von Ammoniak aus der Landwirtschaft und von Stickoxiden aus dem Straßenverkehr in die Waldökosysteme widerspiegelt. Das Verhältnis von N zu P zeigt deutlich die Unausgewogenheit in der Ernährung. Viele der beprobten Bestände weisen ein zu weites N/P-Verhältnis auf, was durch N-Überschuss und P-Mangel verursacht wird.

Alle Baumarten weisen eine Zunahme der **Magnesium**-Gehalte in den Blättern und Nadeln auf. Dieser Anstieg ist zum Teil durch die in Rheinland-Pfalz großflächig durchgeführten Bodenschutzkalkungen mit magnesiumreichem Dolomitgesteinsmehl bedingt, wodurch im Zuge der Versauerung verloren gegangenes Magnesium (Mg) und Calcium (Ca) zurückgeführt wird. Aber auch nicht gekalkte Bestände zeigen eine Verbesserung der Mg-Ernährung. Mögliche Gründe für diese Verbesserung können geringere Mg-Verluste mit dem Sickerwasser aufgrund rückläufiger Säurebelastung durch Sulfatfrachten sein. Magnesium wird von Pflanzen zumeist als positiv geladenes Ion (sog. Kation) aus der Bodenlösung als Mg^{2+} aufgenommen. Durch die Abnahme der Säurebelastung

Bewertung des Ernährungszustandes

Die durch die chemischen Analysen erhaltenen Gehalte der Nährelemente in den Nadeln und Blättern werden üblicherweise anhand von Grenzwerten bewertet. In der Literatur sind für die Nährelemente jeweils Schwellen für eine mangelhafte, normale und luxuriöse Ernährung angegeben, die sich je nach Baumart unterscheiden. Gehalte im Bereich „normal“ sind unbedenklich und stehen für eine ausreichende bis optimale Versorgung der Pflanze mit diesem Nährstoff. Liegen die Gehalte darunter liefert dies Hinweise auf eine unzureichende Verfügbarkeit. Reduziertes Wachstum und Mangelsymptome wie Blatt- bzw. Nadelvergilbungen, Verfärbungen oder Wuchsanomalien sind die Folge. Gehalte über dem Normalbereich können sich je nach Nährstoff ebenfalls negativ auf die Vitalität auswirken. So reduziert eine hohe Verfügbarkeit von Stickstoff die Widerstandskraft gegenüber Fraßschädlingen und Pilzkrankungen. Ein Überangebot von Spurennährstoffen wie Mangan kann zu Störungen des Wachstums oder zu Schadsymptomen führen.

Da die Gehalte nicht nur von der Verfügbarkeit des Nährstoffs am Wuchsort, sondern beispielsweise auch durch Witterung, Fruktifikation, Nadel- bzw. Blattgewicht oder Baumalter bestimmt werden, ist eine Erweiterung der etablierten Verwendung von Grenzwerten sinnvoll. Dazu gehören Verhältnisse zwischen zwei oder mehreren Nährstoffen, was die Ausgewogenheit der Ernährung betrachtet und die durch den Einsatz von Grenzwerten erhaltenen Ergebnisse für die Interpretation gut ergänzt. Auch hier liegen für verschiedene Baumarten und Nährstoffkombinationen Werte aus der Literatur vor. Die Verlagerung von Nährstoffen aus alten Blättern und Nadeln vor deren Abwurf im Herbst kann ebenfalls ergänzende Informationen über die Ernährungssituation liefern. Dahinter steckt die Annahme, dass ein Nährstoff an einem Standort im Mangel stärker verlagert wird als an einem Standort mit ausreichender Verfügbarkeit. Elemente im Überschuss können sich sogar in alten Blättern anreichern, da diese von der Pflanze im übertragenen Sinne als Abfalleimer zur Entsorgung benutzt werden.

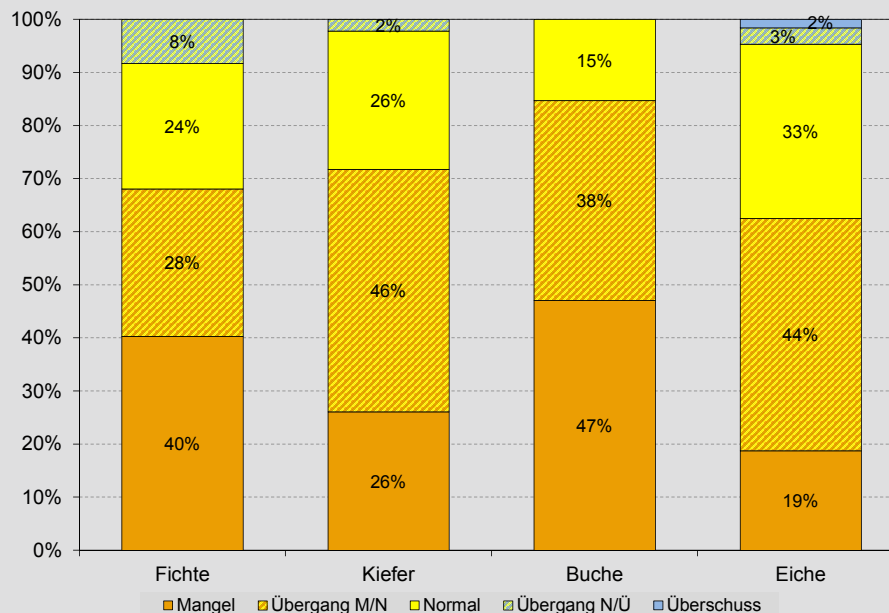
können die Konzentrationen anderer Kationen (wie Mangan oder Aluminium) im Sickerwasser zurückgehen, wodurch die Mg-Aufnahme durch die Wurzel weniger stark durch diese konkurrierenden Kationen behindert wird. Denkbar ist auch eine geringere Auswaschung von Mg aus den Blättern und Nadeln im Kronenraum aufgrund der gestiegenen pH-Werte im Niederschlag.

Die **Calcium**-Ernährung wird ebenfalls für einen Großteil der Bestände als „normal“ oder besser bewertet. Im Gegensatz zu Mg weisen jedoch hauptsächlich gekalkte Bestände eine deutliche Zunahme der Ca-Gehalte in Nadeln und Blättern auf.

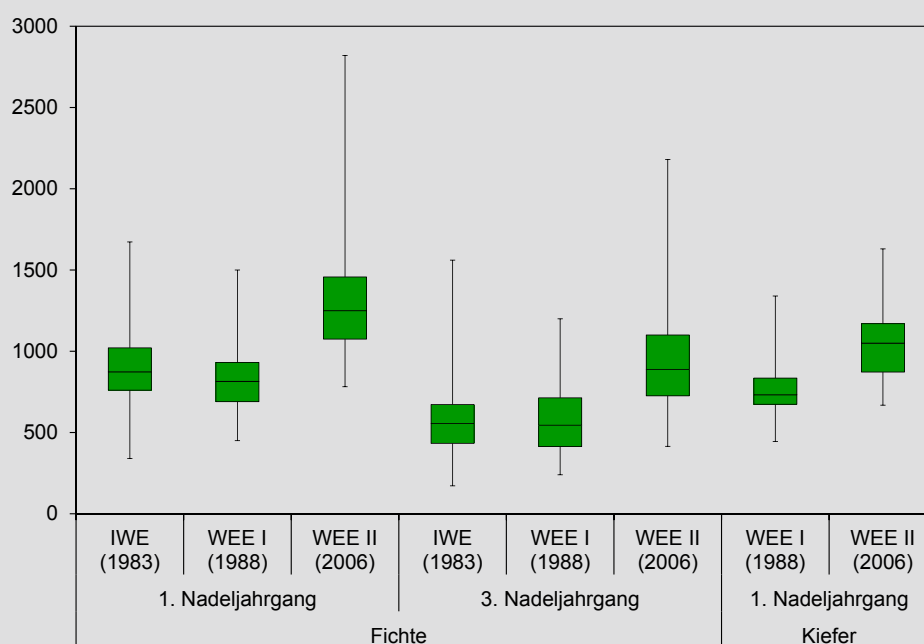
Die **Kalium**-(K)-Ernährung wird für den Großteil der Bestände in Rheinland-Pfalz als „normal“ oder

„im Überschuss“ bewertet. Allerdings zeigt die Fichte einen leichten Rückgang der Kaliumgehalte. Die Elementverhältnisse liefern Hinweise, dass dies mit der großflächigen Verbesserung der Magnesium- und Calcium-Ernährung zusammenhängt und nicht durch eine schlechtere K-Verfügbarkeit bedingt ist. Höhere Gehalte von anderen Kationen in den Nadeln und Blättern führen dazu, dass diese einen Teil der Aufgaben von K im Stoffwechsel der Pflanze übernehmen können (wie beispielsweise den Ladungsausgleich) und dadurch eine geringere Menge K^+ benötigt wird. K wird auch bei der Entgiftung von Schwefeldioxid benötigt, das über die Oberfläche der Blätter und Nadeln aufgenommen wird. Die Abnahme der Schwefeldioxidbelastung durch Luftreinhaltemaßnahmen kann deshalb auch einen Rückgang der K-Gehalte bewirken, da

Bewertung der Phosphor-Gehalte der 2006 bei der Waldernährungserhebung über ganz Rheinland-Pfalz beprobten Bestände. Der Großteil befindet sich im Übergang zum oder im Mangelbereich.



Entwicklung der Mg-Gehalte im ersten und dritten Nadeljahrgang bei der Fichte und im ersten Nadeljahrgang bei der Kiefer im Zeitraum der drei in Rheinland-Pfalz erfolgten landesweiten Übersichtserhebungen. Für beide Baumarten ist ein Anstieg zwischen 1988 und 2006 zu erkennen. 1983 wurden nur Fichtenbestände beprobt. Buche und Eiche wurden erst 2006 in die Beprobung mit aufgenommen, sodass noch keine landesweite Entwicklung abzuleiten ist.



dadurch weniger K^+ zur Entgiftung benötigt wird. Die Luftreinhaltemaßnahmen führen auch zu geringeren Schwefel-(S)-Gehalten in Blättern und Nadeln. Da aber auch heute noch die S-Deposition die S-Aufnahme der Bestände und die längerfristige S-Festlegung in der Biomasse deutlich überschreitet, ist großflächig von einer ausreichenden S-Verfügbarkeit auszugehen.

Die ernährungskundliche Bewertung von Spurenelementen ist unsicherer als die der Hauptnährstoffe, da sich die chemischen Analysen aufgrund der geringen Mengen schwieriger gestalten. Auch findet man in der Literatur weniger und teils stark voneinander abweichende Angaben, welche Gehalte als „ausreichend“ angesehen werden. Die Ergebnisse deuten auf eine ausreichende Versorgung der Kiefern-Bestände mit Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Zink (Zn) und Bor (B) hin. Für Fe, Mn und Zn gilt dies auch für Fichte, jedoch wird je nach Bewertungsgrundlage die B- und Cu-Versorgung teils als „mangelhaft“ eingestuft. Bei Buche und Eiche liegen die Cu-, Fe- und Zn-Gehalte der Blätter unterhalb des Normalbereichs. Die Mn-Ernährung liegt sowohl für Buche als auch für Eiche im Normal- oder Überschussbereich, sodass wie bei Kiefer und Fichte nicht von einem Mn-Mangel auszugehen ist. Vielmehr ist insbesondere auf devonischen Standorten mit einer Belastung der Bestände durch die im Zuge der Bodenversauerung freigesetzte, große Menge an mobilem Mn im Ökosystem zu rechnen. Die B-Ernährung wird für etwa ein Drittel der Buchen- und Eichenbestände als „mangelhaft“ bewertet. Ob die bei verschiedenen Spurennährstoffen zum Teil in den Mangelbereich fallenden Gehalte das Wachstum und die Vitalität der Bäume tatsächlich beeinträchtigen, bedarf allerdings noch weiterer Forschung.

Weitere Reduktion der Stickstoffeinträge erforderlich

Der hohe Eintrag von Stickstoff führt dazu, dass dieser früher begrenzende Nährstoff in vielen Waldökosystemen in großen Mengen vorhanden ist. Dadurch steigt der Bedarf an anderen Nährstoffen. Insbesondere der höhere Phosphor-Bedarf kann auf vielen Standorten nicht vollständig gedeckt werden. Das Wachstum der Waldbestände wird daher in vielen Fällen nicht mehr durch

Stickstoff, sondern zunehmend durch Phosphor begrenzt. Bei Calcium und Magnesium hingegen hat sich die Ernährungssituation seit Beginn der Untersuchungen in den 1980er Jahren verbessert. Auch wenn gegenwärtig kein großflächiger Mangel bei diesen beiden Elementen mehr auftritt, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass ein Großteil der Waldstandorte in Rheinland-Pfalz nur geringe Calcium- und Magnesium-Vorräte im Boden, eine häufig nur verschwindend geringe Nachlieferung aus der Mineralverwitterung und dementsprechend defizitäre Bilanzen dieser Nährstoffe aufweist. Viele dieser Standorte verarmen daher weiter an diesen wichtigen Nährstoffen. Treibende Kraft sind dabei die nicht nur düngend, sondern auch versauernd wirkenden Stickstoffeinträge. Weitere, die Stickstoffbelastung senkende Luftreinhaltemaßnahmen sind daher dringend erforderlich, um die Böden vor weiterer Versauerung und Nährstoffverarmung zu schützen, Nitratstickstoff-Belastungen des Grundwassers vorzubeugen und um Schäden am Bestand durch eine unausgewogene Ernährung zu verhindern. Zudem ist eine nährstoffnachhaltige Bewirtschaftung unserer Wälder zwingend geboten, indem die Nutzung von Holz und forstlicher Biomasse weiterhin dem Standortpotential entspricht. Darüber hinaus müssen Standorte mit hoher Säurebelastung, defizitären Ca- und Mg-Bilanzen und geringen Vorräten dieser Nährelemente vor weiterer Ca- und Mg-Verarmung geschützt werden. Deshalb wird dort, wo es nötig ist, weiterhin eine Bodenschutzkalkung vorgenommen.

Eingehende Informationen zur Waldernährung in Rheinland-Pfalz finden Sie im Mitteilungsband 76/16, der auf der Internetseite der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft heruntergeladen werden kann:

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601>

Hauptnährstoffe

Phosphor (P) wird für die Synthese von Phospholipiden und Nukleinsäuren sowie im Energiestoffwechsel benötigt und ist innerhalb der Pflanzen gut verlagerbar. Phosphor kommt im Boden in verschiedenen organischen und anorganischen Bindungen vor und wird von der Vegetation in Form von Phosphat aus der Bodenlösung aufgenommen. Die Pflanzenverfügbarkeit des vorhandenen Phosphors hängt von den vorhandenen Phosphor-Bindungsformen und dem pH-Wert ab, wodurch sie schwierig vorherzusagen ist.

Stickstoff (N) steht in der Biomasse mengenmäßig nach Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) an vierter Stelle und wird für den Aufbau von Proteinen, Nucleinsäuren, Chlorophyll und Phytohormonen benötigt. Durch diese zentrale Rolle in der Pflanzenernährung ist die N-Verfügbarkeit ein bestimmender Faktor für das Wachstum. Sie wird nicht nur von den N-Gehalten und -Vorräten im Boden, sondern auch durch den Umsatz der organischen Substanzen bestimmt. Ein Überangebot von N kann andererseits die Aufnahme anderer Nährelemente behindern und zu einem Nährstoffungleichgewicht führen. Zudem kann sich dadurch die Anfälligkeit gegenüber Schädlingen erhöhen und die Frostresistenz abnehmen.

Kalium (K) ist für den Wasserhaushalt der Pflanze von entscheidender Bedeutung, da über die K-Gehalte die Quellsregulation, der Turgor sowie die stomatäre Leitfähigkeit gesteuert werden. Des Weiteren wird K zum Ladungsausgleich, zur Stabilisierung des pH Wertes und zur Enzymaktivierung benötigt. K liegt in der Pflanze hauptsächlich als Ion K^+ vor, wodurch es höchst mobil ist und einer starken Auswaschung unterliegt. Eine K Mangelversorgung oder eine Ungleichgewicht zu anderen Nährstoffen kann die Anfälligkeit gegenüber Krankheitserregern erhöhen sowie die Frostresistenz herabsetzen.

Calcium (Ca) wirkt bei der Quellsregulation als Antagonist zu K. Des Weiteren wird Ca als Enzymaktivator, beim Aufbau und der Stabilisierung des Zellgerüsts und zur Signalübertragung benötigt. Die Mobilität von Ca innerhalb der Pflanze ist gering, was mit der Zeit zu einer starken Ca-Anreicherung, jedoch ohne das Auftreten von Toxizitätssymptomen, führen kann. Allerdings unterliegt es wie K auch einer Auswaschung aus den Nadeln und Blättern im Kronenraum.

Magnesium (Mg) hat als Zentralatom des Chlorophylls eine wichtige Funktion bei der Photosynthese. Zudem trägt es zum Ladungsausgleich bei, ist Enzymaktivator und Bestandteil von Enzymen. Verglichen mit Ca ist Mg innerhalb der Pflanze besser verlagerbar, weshalb Mg-Mangelsymptome auch zuerst an älteren Blättern und Nadeln auftreten, von denen aus Mg mobilisiert und in jüngere Blätter transportiert wird.

Schwefel (S) wird von Pflanzen beim Aufbau von Proteinen für die enthaltenen schwefelhaltigen Aminosäuren wie Cystein und Methionin benötigt. S wird in Form von Sulfat aus dem Boden oder gasförmig aus der Luft als SO_2 aufgenommen. Eine Speicherung von S ist als Sulfat oder durch den Einbau in Lipide mit schwefelhaltigen funktionellen Gruppen möglich.

STICKSTOFF IM WALD

- UNVERZICHTBARER NÄHRSTOFF UND
WALDGEFÄHRDENDER SCHADSTOFF



Stickstoffverbindungen aus Tierhaltung und Kfz-Verkehr sind die mit Abstand wichtigsten waldschädigenden Luftschadstoffe in unserer Region. Das ist das Fazit langjähriger intensiver Waldökosystemforschung in Rheinland-Pfalz und im Saarland. Doch gleichzeitig wachsen unsere Wälder meist gut. Wie passt das zusammen? Woher stammt der in den Wald eingetragene Stickstoff? Wirken die Luftreinhaltemaßnahmen bei den Stickstoffverbindungen und reichen die ergriffenen Maßnahmen aus? Welche weiteren Maßnahmen sind zum Schutz unserer Waldökosysteme erforderlich? Was kann der Waldbesitzende, was kann jeder Einzelne tun, um die Stickstoffbelastung unserer Wälder zu verringern? Das sind einige der Fragen, auf die nachfolgend eingegangen wird. Dargestellt werden dabei Befunde von drei Jahrzehnten Umweltbeobachtung und Waldökosystemforschung in beiden Ländern.

Unterschiedliche Stickstoffquellen

Stickstoff (N) wird in oxidiert Form, meist als Stickstoffmonoxid oder Stickstoffdioxid, bei Verbrennungsprozessen und in reduzierter Form als Ammoniak beim mikrobiellen Abbau organischer Substanz und bei der Zersetzung ammoniumhaltiger Düngemittel freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist mit einem Emissionsanteil von 40 % der Verkehr (insbesondere Fahrzeuge mit Dieselmotor), gefolgt von der Energiewirtschaft mit 24 %. Ammoniak stammt zu etwa 95 % aus der Landwirtschaft und hier vor allem aus der Tierhaltung. Aktuell werden nach Daten des Umweltbundesamtes für das Jahr 2014 in Deutschland etwa 1223 Kilotonnen (kt) Stickoxide (entspricht 372 kt N) und 740 kt Ammoniak (entspricht 609 kt N) je Jahr ausgestoßen. Die Emission der Stickoxide ist seit 1990 um etwa 58 % zurückgegangen. Hier zeigt sich vor allem die Wirksamkeit der Emissionsminderungstechniken wie des Katalysators beim Kfz und der Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken. Beim Ammoniak beträgt die Reduktion in diesem Zeitraum nur etwa 7 %. Auf Reinstickstoff (N) bezogen übersteigt der Stickstoffausstoß aus landwirtschaftlichen Quellen (ca. 600 kt N) den Stickstoffausstoß aus dem Straßenverkehr (ca. 160 kt N) um ein Mehrfaches. Die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft dominieren inzwischen auch die in Säure-Äquivalenten berechneten, summierten Emissionen der Säurebildner: Der Emissionsanteil der Landwirtschaft bei

den Säurebildnern stieg von 17 % im Jahre 1990 auf über 50 % im Jahr 2014 an.

Die als Gase in die Atmosphäre ausgestoßenen Stickstoffverbindungen werden mit Luftströmungen weit verfrachtet und gelangen so von den Tierhaltungsarealen und Verkehrsadern in unsere Waldgebiete. Wälder sind mit ihren großen, hoch in den Luftraum aufragenden und fein zerteilten Kronen effektive Filter für Luftverunreinigungen. Daher werden in den Wäldern große Mengen an Stickstoff aufgefangen und auf dem Boden abgelagert. Die jährliche Eintragsrate, die sogenannte atmosphärische Deposition, liegt in beiden Ländern meist zwischen 20 und 40 kg Stickstoff (N) je Hektar Waldfläche. Das ist ein Vielfaches des als „natürlich“, das heißt ohne die Einwirkung des Menschen, angenommenen Stickstoffeintrags von maximal 0,5 kg N je Jahr. Mit in einzelnen Jahren über 50 kg N je Hektar und Jahr besonders hohe Depositionsraten weisen die Flächen auf, die von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben sind, wie beispielsweise die Waldmessstation Ormesheim im Saarland.

Luftreinhaltemaßnahmen noch unzureichend

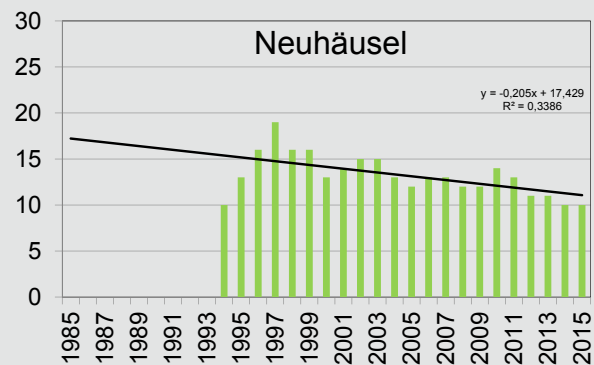
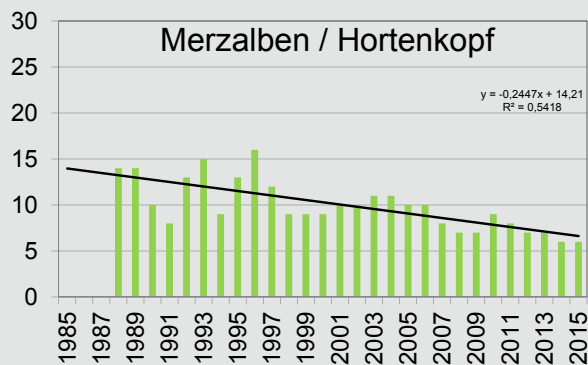
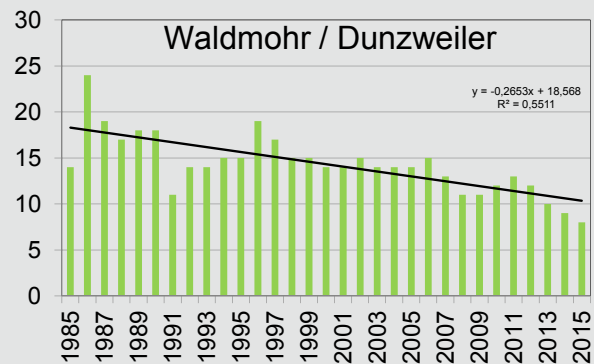
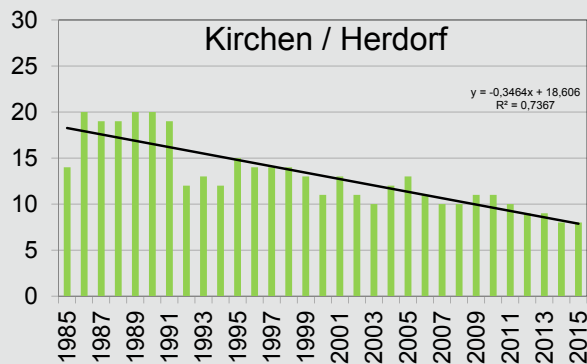
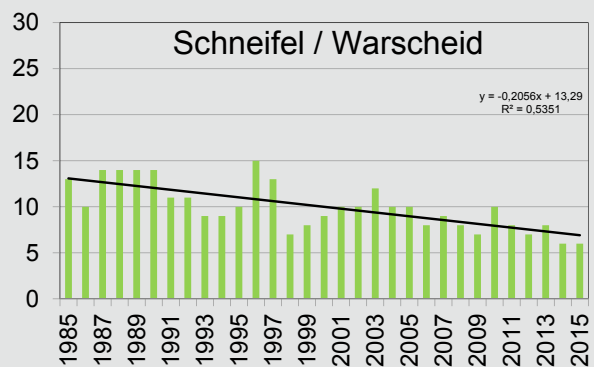
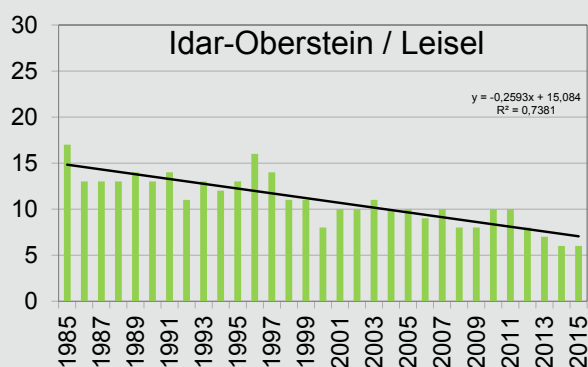
Die ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen zeigen bei den oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen unterschiedliche Wirkung: Bei den Stickstoffoxiden hat sich dank erfolg-

reicher Verringerung der Stickoxidemissionen im Industriebereich und beim Straßenverkehr zum Beispiel durch die Festlegung von Euro-Normen (1 bis 6 für PKW und I bis VI für LKW) die NO₂-Immission in den Waldgebieten verbessert. Sowohl die Zeitreihen der rheinland-pfälzischen ZIMEN-Waldstationen als auch der Passivsammler an der saarländischen Waldforschungsstation Fischbach zeigen für Stickstoffdioxid einen eindeutig abneh-

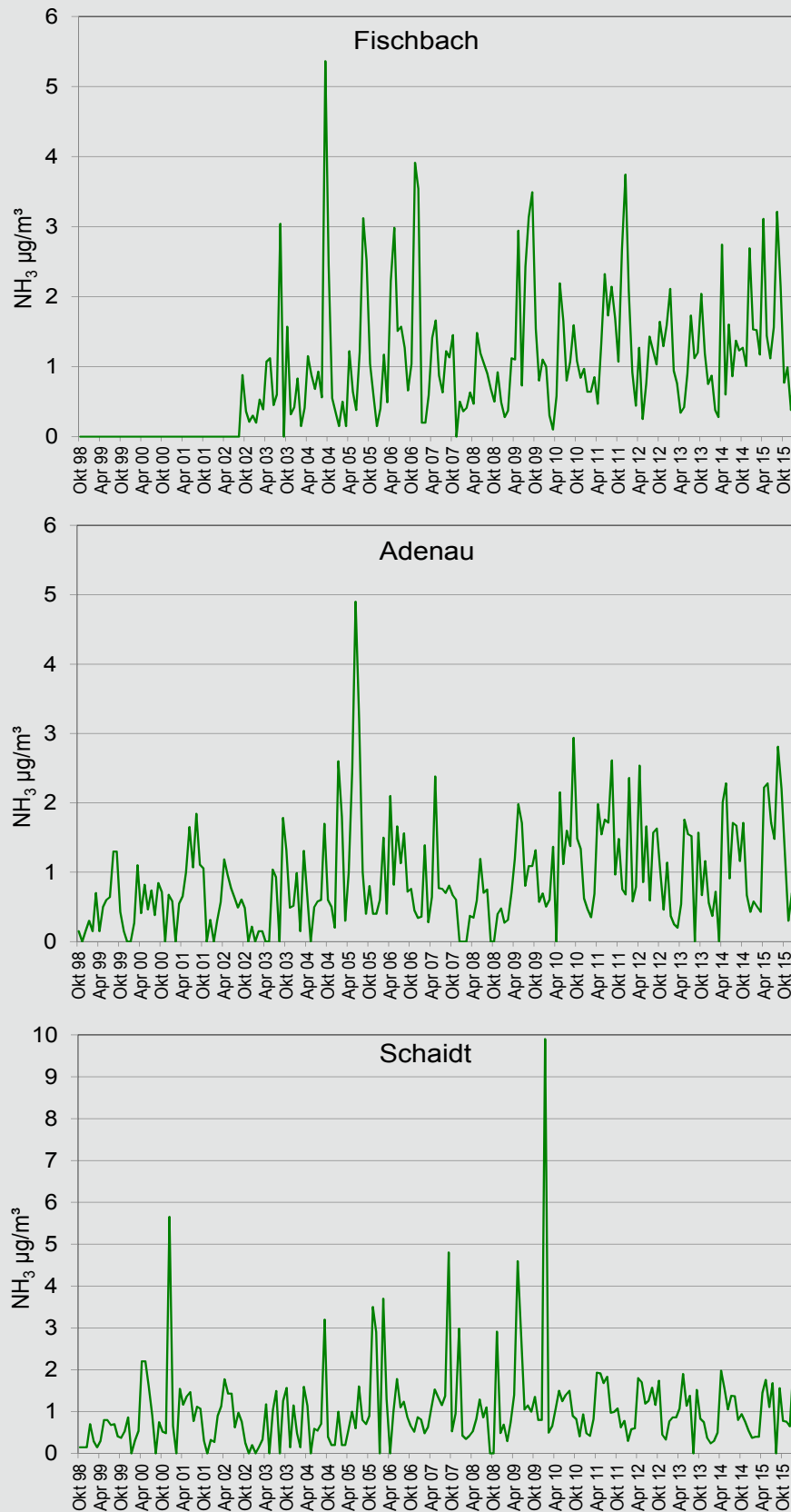
menden Trend. Bei den Ammoniakkonzentrationen in der Luft konnte demgegenüber bislang kein abnehmender Trend festgestellt werden.

Über die atmosphärische Deposition werden der oxidierte Stickstoff insbesondere in Form von Nitrat und der reduzierte Stickstoff in Form von Ammonium eingetragen. Hinzu kommt in geringerem Umfang organisch gebundener Stickstoff.

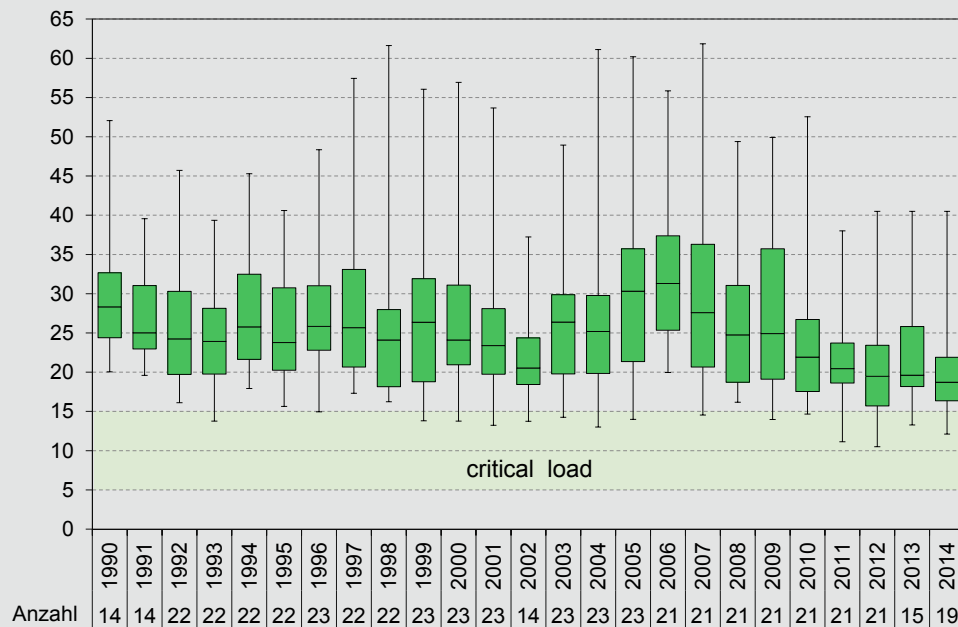
Entwicklung der Stickstoffdioxid-Immission (Jahresmittelwerte in µg/m³) an den rheinland-pfälzischen ZIMEN-Waldstationen (Jahresmittelwerte).



Verlauf der mit Passivsammlern ermittelten Ammoniak-Immission an der saarländischen Waldforschungsstation Fischbach und den rheinland-pfälzischen Level II Flächen Adenau und Schaidt.



Entwicklung der Stickstoffeinträge in den Wald. Dargestellt sind Boxplots der jährlichen Deposition an Gesamtstickstoff in kg/ha an saarländischen und rheinland-pfälzischen Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings.



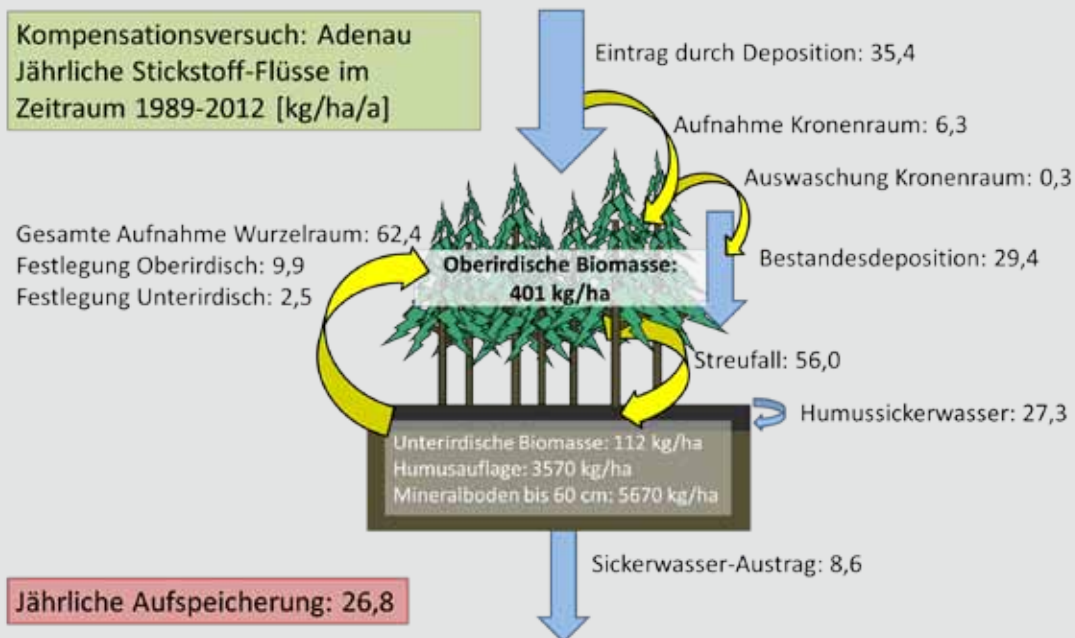
Die Summe dieser unterschiedlichen Stickstoffformen wird als Gesamtstickstoff bezeichnet. Die zum Teil drei Jahrzehnte zurückreichenden Zeitreihen des Forstlichen Umweltmonitorings beider Länder zeigen bislang leider keine eindeutige zeitliche Entwicklung der Eintragsraten an Gesamtstickstoff. Häufig zeigen sich beim Nitrat zwar leicht rückläufige Eintragsraten, beim Ammonium dagegen zum Teil sogar steigende Einträge. Beim Gesamtstickstoffeintrag zeigen 2 Untersuchungsflächen einen aufwärtsgerichteten, 8 Flächen einen abwärtsgerichteten und 14 Flächen keinen signifikanten zeitlichen Trend. An Waldmessflächen in Regionen, die durch intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt sind, nimmt Ammonium den weitaus größten und in der Zeitreihe auch ansteigenden Anteil am Stickstoffeintrag ein.

Die in den Waldgebieten beider Länder gemessenen Stickstoffeintragsraten übersteigen sehr deutlich die als ökosystemverträglich angesehenen Schwellenwerte (Critical Loads) von etwa 5 bis 15 in Ausnahmefällen bis 20 kg N je Hektar und Jahr. Die Emissionsminderung reicht beim Stickstoff anders als beim Schwefel also noch

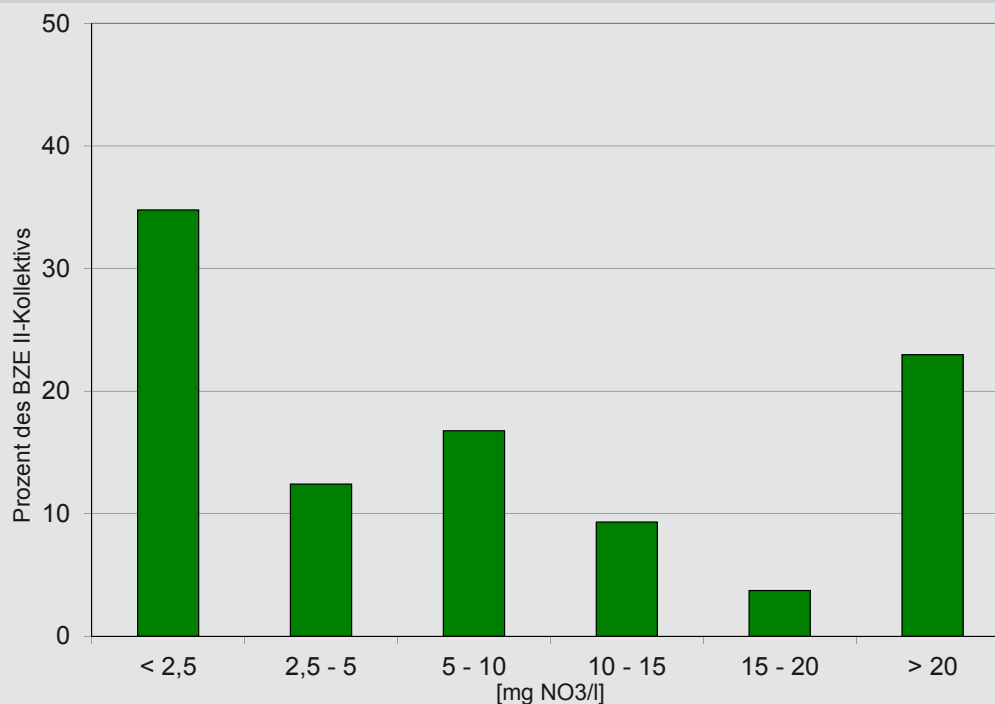
nicht aus, eine wirkliche Entlastung der Waldökosysteme zu bewirken.

Eingehende Bilanzierungen des Stickstoffhaushalts der Waldökosysteme über die Kalkulation der Stickstoffeinträge über die atmosphärische Deposition, der Stickstoffentnahme mit der Holznutzung und des Stickstoffaustrags mit dem Sickerwasserfluss an der Untergrenze des Wurzelraums zeigen meist deutliche Bilanzüberschüsse: Unsere Waldökosysteme reichern also Stickstoff an. Viele Ökosysteme befinden sich bereits im Zustand einer mehr oder minder ausgeprägten Stickstoffsättigung. Dies bedeutet, dass sie den Stickstoff nicht mehr vollständig im Ökosystem speichern und z.B. für eine erhöhte Biomasseproduktion nutzen können, sondern, dass sie Stickstoff in Form von Nitrat mit dem Sickerwasser abgeben. Diese Nitratauswaschung ist zum einen mit Bodenversauerung verbunden und zum anderen gefährdet das Nitrat im Bodensickerwasser die Qualität des Quell- und Grundwassers. Aktuelle Auswertungen zeigen an vielen Untersuchungsstellen erhöhte Nitratgehalte im Waldbodensickerwasser.

Langjährige Stickstoffbilanz eines Fichtenökosystems im Forstamt Adenau. Obgleich das Sickerwasser bereits erheblich mit Stickstoff befrachtet ist, zeigt die Ökosystembilanz einen Überschuss. Das System speichert demzufolge Stickstoff auf, was eine weiter zunehmende Eutrophierung und Destabilisierung des Ökosystems erwarten lässt.



Nitratgehalte im Unterboden der 161 Aufnahmepunkte der Waldbodenzustandserhebung in Rheinland-Pfalz. Gehalte unter 2,5 mg/l sind unbedenklich (keine Hinweise auf Stickstoffsättigung); Gehalte ab 5 mg/l können den ökosystemaren Bioelementhaushalt beeinträchtigen; Gehalte ab 10 mg/l werden als wasserwirtschaftlich relevant erachtet.



Waldschädigende Wirkungen des Stickstoffs

Die Überfrachtung der Waldökosysteme mit Stickstoff ist mit einer Fülle von schädlichen Wirkungen verbunden. Nachdem die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert wurden, nimmt Stickstoff inzwischen die „Spitzenposition“ bei den versauernd wirkenden Luftschadstoffen ein. Ein besonders hohes Versauerungspotential geht hier vom insbesondere aus der Landwirtschaft stammenden Ammonium aus. Nehmen die Bäume Ammonium statt Nitrat zur Versorgung mit Stickstoff auf, geben sie nämlich an die Wurzelumgebung versauernde Ionen ab, während die Aufnahme von Nitrat entsauernd wirkt.

Die Nitratauswaschung infolge der überhöhten Stickstoffeinträge führt zu einer „Mitauswaschung“ von wichtigen basischen Nährstoffen wie Calcium, Magnesium und Kalium und damit zu einer Verarmung der Böden an diesen Nährelementen.

Ein Überangebot an Stickstoff bewirkt bei gleichzeitigem Unterangebot an anderen Nährstoffen die Entstehung von Nährstoffungleichgewichten, die das Gedeihen der Pflanzen beeinträchtigen. Der überhöhte Stickstoffeintrag lässt eine Verschiebung der Flora in Richtung N-ausnutzenden Pflanzenarten erwarten, die sich als bessere Wettbewerber erweisen und die schlechtwüchsigen, an N-Mangel angepassten Pflanzenarten verdrängen. Diese Veränderung der Biozönose läuft zurzeit beobachtbar in oligotrophen Lebensgemeinschaften, wie Heiden, Birken-Eichenwäldern (*Betulo-Quercetum*) und Magerrasen ab. Im Extremfall breiten sich in stickstoffgesättigten Waldökosystemen selbst auf von Natur aus armen Standorten Brennesseln, Brombeeren, Fingerhut, Weidenröschen, Kleinblütiges Springkraut und andere Stickstoffzeiger aus. Hierdurch kann auch die natürliche Verjüngung der Waldbäume behindert werden. Zudem werden die Bäume bei Stickstoffüberschuss anfällig gegen Pilzerkrankungen, Frost und Trockenheit.

Wird der überhöhte Stickstoff-Eintrag nicht gebremst, werden Veränderungen der Biodiversität durch Eutrophierung, eine weitere Bodenversauerung und eine Verarmung der Waldökosysteme an essentiellen Nährstoffen nicht aufzuhalten sein.

Durch anthropogene Aktivitäten emittierte Stickstoffverbindungen schädigen nicht nur unsere Waldökosysteme sondern auch das Grundwasser und die Oberflächengewässer durch Eutrophierung, tragen zum Klimawandel bei und schaden auch der menschlichen Gesundheit. Ammoniak wandelt sich über verschiedene Reaktionen in Ammoniumsulfat und Nitrat um. Diese Stoffe wiederum tragen dazu bei, dass sich gesundheits-schädliche Feinstaubpartikel bilden können. Auch Stickstoffdioxid ist bereits in geringen Konzentrationen gesundheitsschädigend, wie Feinstaub insbesondere für die Atemwege, aber auch für das Herz-Kreislauf-System. Stickoxide sind zudem wesentliche Vorläufersubstanzen für das für die Waldbäume, aber auch für die menschliche Gesundheit schädliche Ozon. Stickstoffgesättigte Böden können zudem verstärkt Lachgas emittieren, ein Treibhausgas dessen Treibhauswirksamkeit fast dreihundertmal so groß ist wie die von Kohlendioxid.

Nährstofffunktion des Stickstoffs

Zu den Stickstoffeinträgen und deren Wirkungen in den Waldökosystemen gibt es eine Fülle von wissenschaftlichen Studien. Die Belastung unseres Waldes durch überhöhte Stickstoffeinträge ist also eindeutig belegt. Auf der anderen Seite sind das Wachstum und die Biomasseproduktion in unseren Wäldern in den letzten Jahrzehnten aber sogar angestiegen.

Hier kommt die Nährstoffseite des Stickstoffs ins Spiel. Stickstoff ist ein Hauptnährstoff, ohne den keine Pflanze gedeihen kann. In der Mehrzahl unserer Waldgebiete wurde den Waldböden in geschichtlicher Zeit bis ins 19. Jahrhundert hinein durch Waldweide, Streunutzung und Plaggenhiebe übermäßig Nährstoffe entzogen. Hierdurch entstand vielerorts Stickstoffmangel, der das Wachstum deutlich einschränkte. Bei dieser Ausgangssituation unterstützte der Eintrag von Stickstoffverbindungen aus der anthropogen bedingten Emission von Ammoniak und Stickoxiden die nach Beendigung der Übernutzung eingeleitete Erholung der Standortsproduktivität. Verbunden mit waldbaulichen Maßnahmen wie

einer pfleglichen, naturnahen Waldbewirtschaftung und der Kalkung versauerungsgefährdeter Standorte konnten die Wälder die verbesserte Stickstoffverfügbarkeit für mehr Wachstum und Biomasseproduktion nutzen. Hinzu kommen wachstumsfördernde (aber klimaschädigende!) Wirkungen steigender Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre.

Aber ein überhöhter Stickstoffeintrag ist, wie bereits ausgeführt, mit Versauerung und Verarmung an anderen Nährstoffen verbunden. Die durch Luftschadstoffeintrag bedingte Stickstoffanreicherung kann demnach für begrenzte Zeit durchaus ein beschleunigtes Wachstum bewirken. Erst wenn die verfügbaren Vorräte anderer Nährstoffe soweit herabgesetzt sind, dass diese sich im Mangelbereich befinden, sind auch Zuwachseinbußen zu erwarten.

Offenbar sind die Zeiten eines durch Stickstoffeintrag geförderten Baumwachstums bereits vor-

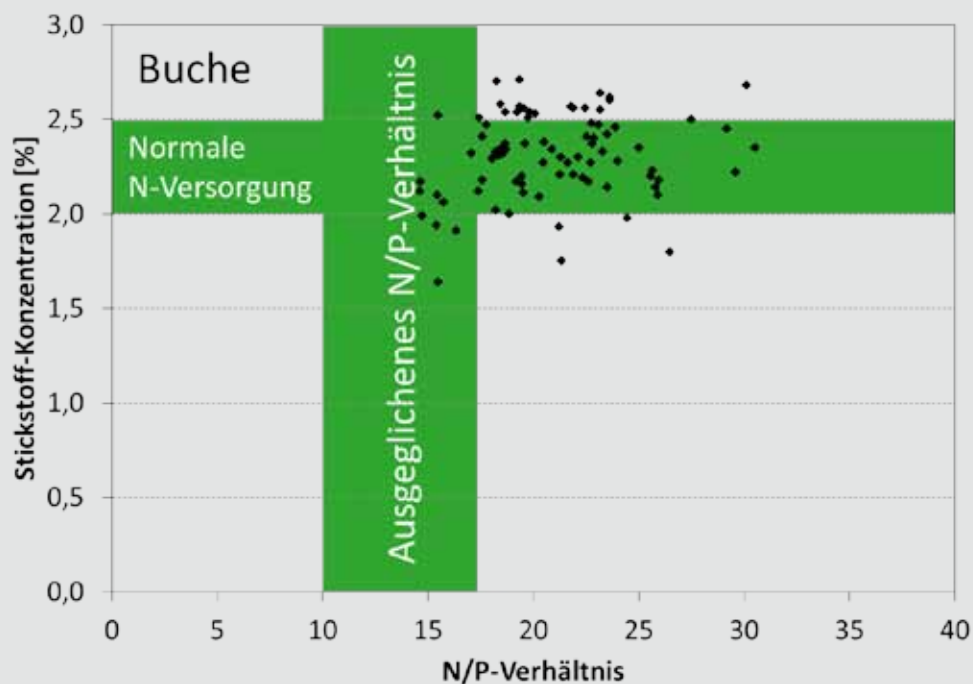
bei. Aktuelle Auswertungen zur Waldernährung anhand der Nährstoffgehalte in den Blättern bzw. Nadeln im Rahmen der landes- und bundesweiten Waldbodenzustandserhebung belegen, dass nicht mehr Stickstoff, sondern zunehmend Phosphor der das Wachstum begrenzende Nährstoff ist.

Welche Maßnahmen sind notwendig?

In erster Linie ist eine weitere Reduzierung der Ammoniak- und Stickoxidemissionen erforderlich. Hierzu müssen auf europäischer und nationaler Ebene ehrgeizige Emissionsminderungsziele angestrebt und umgesetzt werden.

Im Multikomponentenprotokoll der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (Economic Commission for Europe, UNECE), das die jährlichen Emissionen durch Einführung nationaler Höchstmengen begrenzt, hat sich Deutsch-

Stickstoffgehalte in Buchenblättern an den Beprobungspunkten der landesweiten Waldernährungserhebung in Rheinland-Pfalz, aufgetragen über dem N/P-Verhältnis. Der waagrechte grüne Balken umfasst die in der Literatur als „Normalbereich“ angegebenen Stickstoffgehalte, der senkrechte grüne Balken den Bereich eines ausgewogenen Stickstoff-Phosphorverhältnisses. Die Mehrzahl der Buchenbestände weist ein unausgewogenes N/P-Verhältnis auf, einige Bestände zeigen auch eine Stickstoff-Luxus-Ernährung.



land zu einer Reduktion der Stickstoffemission verpflichtet. Ab dem Jahr 2010 sollen 1.081 Tausend Tonnen (Tsd. t) Stickoxid (NO_x) und 550 Tsd. t Ammoniak (NH_3) nicht mehr überschritten werden. Darüber hinaus hat Deutschland im Zuge der Novellierung des Protokolls bis 2020 eine Reduktion der NO_x -Emissionen um 39 % und der NH_3 -Emissionen um 5 % gegenüber dem Wert von 2005 zugesagt. Auf EU-Ebene legt die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen (NEC-Richtlinie) fest, dass Deutschland für NO_x ab 2010 eine Emissionshöchstmenge von 1.051 Tsd. t und für NH_3 eine Emissionshöchstmenge von 550 Tsd. t einzuhalten hat. Auch nach Korrektur der Emissionsraten um die beim Abgleich mit den NEC-Vorgaben nicht zu berücksichtigenden Emissionen („Adjustments“) werden beim Ammoniak die vorgegebenen Höchstmengen um mehr als 120 Tausend Tonnen überschritten, während die Vorgaben für die Stickoxide seit 2012 eingehalten werden.

Aktuell werden die nationalen Emissionshöchstmengen der EU-NEC-Richtlinie neu verhandelt. Beim Ammoniak sind die Minderungsvorschläge (EU-Kommission: - 38 % ab 2030 gegenüber Basisjahr 2005; EU-Rat: -29 %) im Vergleich zu anderen Luftschadstoffen (NO_x : -64 %; SO_2 : -57 %/-58 %) nur moderat.

Bei den Stickoxiden ist der Verkehrsbereich trotz der bereits ergriffenen Emissionsminderungsmaßnahmen weiterhin mit Abstand der größte Verursacher. Zur weiteren Emissionsminderung sind hier nicht nur ambitionierte Abgasstandards (Euro 6/VI für Pkw/Lkw), sondern, wie die aktuelle Diskussion um die Diskrepanz zwischen Angaben und Realität bei Verbrauch und Schadstoffemissionen der Fahrzeuge zeigt, realistischere Typgenehmigungsverfahren und effektivere Kontrollen erforderlich. Weitere wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x -Emissionen sind eine Stärkung des Schienenverkehrs und des öffentlichen Nahverkehrs sowie eine verstärkte Einführung alternativer Antriebssysteme bei Kfz, wie des Elektro- oder Hybrid-Antriebs. Wir alle können zur Verringerung der Stickoxidemissionen beitragen, indem wir, je nach persönlicher Möglichkeit, weniger Auto fahren und verbrauchs- und emissionsarme Kfz beim Kauf bevorzugen.

Zur Verringerung der Ammoniakemission sind vor allem weitere Maßnahmen der Landwirtschaft erforderlich. Zwingend notwendig ist die konsequente Anwendung der guten fachlichen Praxis und insbesondere die strikte Einhaltung der Vorschriften zur Ausbringung und Lagerung von Wirtschaftsdüngemitteln. Besonders wichtig ist der Einsatz moderner Technik zur bodennahen, gleichmäßigen Verteilung und Dosierung von Gülle bei Grünlandflächen und die rasche Einarbeitung auf Ackerflächen. Eine umweltgerechte, die Ammoniakemission reduzierende Tierhaltung ist für den Landwirt mit zusätzlichen Aufwendungen verbunden. Wir Verbraucher sollten dies anerkennen und bereit sein, es an der Fleischtheke oder beim Kauf von Milchprodukten mit ein paar Euro mehr zu honorieren.

Der Rückblick auf die letzten Jahrzehnte zeigt, dass sich der Stickstoffausstoß offenbar nur langsam verringern lässt. Vor allem die auch für die fernere Zukunft nur moderaten Minderungsziele beim Ammoniak lassen erwarten, dass die Stickstoffeutrophierung des Waldes und die durch überhöhte Stickstoffdeposition bedingte Beeinträchtigung der Waldbodenfunktionen noch lange bedeutsam sein wird. Was kann in dieser Situation der einzelne Waldbesitzende tun? Vorweg sei noch einmal betont: die einzig langfristig wirksame Maßnahme zum Schutz der Waldökosysteme und des Grund- und Quellwassers vor Stickstoffeutrophierung und Versauerung ist eine Reduzierung der Stickstoffeinträge durch eine entsprechende Emissionsminderung. Mit waldbaulichen Maßnahmen lässt sich die Stickstoffsättigung letztlich nicht aufhalten. Allerdings kann über die Baumartenwahl und über die waldbauliche Behandlung die Fähigkeit der Waldökosysteme, Stickstoff aufzunehmen und im System zu halten beeinflusst werden. Hierdurch lassen sich negative Effekte hinauszögern und mildern. Hohe Nitratauswaschungen treten vor allem in Nadelholzreinbeständen und vor allem beim Anbau von Nadelbäumen im Reinbestand auf zuvor mit Laubbäumen bestockten Flächen auf. Laubwälder und Laub-Nadel-Mischwälder können mehr Stickstoff speichern als reine Nadelwälder. Zudem ist der Stickstoff in Laubwäldern meist im

stabileren Mineralbodenhumus, in Nadelwäldern dagegen im labileren Auflagehumus festgelegt. Waldökosysteme reagieren schon bei beginnender Stickstoffsättigung sehr empfindlich auf Störungen z.B. durch Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenkalamitäten und auch auf waldbauliche Maßnahmen wie Kahlllegung, starke Verjüngungshiebe oder Bodenbearbeitung. Bei derartigen Störungen kommen mehr Wärme und mehr Wasser auf den Boden, wodurch der Humusumsatz und damit die Stickstofffreisetzung verstärkt werden. Da gleichzeitig die Stickstoffaufnahme durch die Bäume ganz oder teilweise ausfällt, wird der freigesetzte Stickstoff in Form von Nitrat mit dem Sickerwasser ausgetragen. Dies stellt nicht nur ein Risiko für das Grund- und Quellwasser dar, sondern gefährdet auch den Nährstoffhaushalt des Waldökosystems und damit die Bodenfruchtbarkeit. Der beste Schutz hiergegen ist ein naturnaher, auf den Aufbau stabiler laubbaumreicher Mischwälder setzender Waldbau. Wichtig ist auch die Erhaltung und Förderung einer Kraut- und Strauchschicht oder eines Baumunterstandes, da diese Vegetation bei kurzzeitigen Störungen, z.B. bei der Nutzung von hiebsreifen Bäumen, den freiwerdenden Stickstoff aufnehmen und negative Wirkungen für das Ökosystem verhindern oder abmildern kann. In diesem Zusammenhang ist auch der Wildbestand von großer Bedeutung. Wo das Gedeihen der jun-



Passivsammlersystem zum Messen von Ammoniak- und Stickstoffdioxidkonzentrationen an der saarländischen Station Fischbach

Foto D. Hemmerling

gen Waldbäume und der Bodenvegetation durch übermäßige Reh- oder Rotwildbestände massiv beeinträchtigt ist, sind gerade im Zusammenspiel mit überhöhten Stickstoffeinträgen Störungen im Nährstoffhaushalt und eine Minderung der Bodenfruchtbarkeit vorprogrammiert.

Weitere Informationen zur Belastung der Waldökosysteme beider Länder durch Stickstoff enthalten

- der Waldbodenzustandsbericht für Rheinland-Pfalz
http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/downloads/Mitteilungen/Waldbodenzustandsbericht_1.pdf
- der Waldbodenzustandsbericht für Deutschland
<https://www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/waldmonitoring/bodenzustandserhebung/>
- Die Webseiten des Forstlichen Umweltmonitorings im Saarland:
<http://www.saarland.de/70484.htm>
- die Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-Pfalz (Forschungsschwerpunkte: „Luftschadstoffbelastung des Waldes“
<http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/forschungsschwerpunkte/luftschadstoffbelastung-des-waldes.html>
und „Forstliches Umweltmonitoring“
<http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/forschungsschwerpunkte/forstliches-umweltmonitoring/konzept-des-forstlichen-umweltmonitorings.html>

EIGNUNG VON BAUMARTEN UNTER DEM EINFLUSS DES KLIMAWANDELS



Die Wälder der Erde sollen nach den Beschlüssen der Weltklimakonferenz von Paris 2015 durch die Bindung von Kohlendioxid einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion des globalen Klimawandels leisten. Gleichzeitig sind Wälder als langlebige Ökosysteme selbst besonders vom Klimawandel betroffen. Neben der Klimaschutzfunktion können die vielfältigen gesellschaftlichen Ansprüche und erwarteten Leistungen nur dann nachhaltig erfüllt werden, wenn sich die Wälder an den Klimawandel anpassen können. Dazu müssen die Baumarten sowohl unter den heutigen als auch künftigen klimatischen Bedingungen geeignet sein. Doch welche Potenziale haben unsere Baumarten in Rheinland-Pfalz? Wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse geben Hinweise darauf und bilden eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für die waldbauliche Planung und Umsetzung.

Klimawandel - Herausforderung für die Forstwirtschaft

Die Anpassung der Wälder an den Klimawandel ist eine der wichtigsten Herausforderungen für die Forstwirtschaft in Rheinland-Pfalz in den nächsten Jahrzehnten. Infolge des Klimawandels können sich die Wachstumsbedingungen teilweise gravierend ändern. Waldbauliche Strategien zielen grundsätzlich darauf ab, die Resistenz und Resilienz der Wälder zu verbessern. Resistenz bedeutet dabei die Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, Resilienz beschreibt die Fähigkeiten und Kapazitäten, lebenswichtige Funktionen im Falle einer Störung aufrechtzuerhalten bzw. unmittelbar wiederherzustellen. Im Mittelpunkt der Anpassung an den Klimawandel steht die Frage der künftigen Baumarteneignung.

Das Waldklima in Rheinland-Pfalz ändert sich

Bevor wir uns näher mit der Baumarteneignung befassen, sollen die bis heute in Rheinland-Pfalz bereits wahrnehmbaren Klimaveränderungen und die infolge des globalen Klimawandels möglichen Veränderungen des Waldklimas bis Ende des 21. Jahrhunderts betrachtet werden. Die mittlere Jahrestemperatur hat in Rheinland-Pfalz seit 1881 um 1,5 °C auf heute ca. 9,7 °C zugenom-

men. Der Wert liegt damit über dem Anstieg für Deutschland und deutlich über dem globalen Temperaturanstieg. Von den letzten 26 Jahren waren in Rheinland-Pfalz 23 Jahre wärmer als das langjährige Mittel für den Zeitraum 1971 bis 2000. Die forstliche Vegetationszeit hat sich verlängert und beginnt je nach Region heute um bis zu 14 Tage früher, vergleichen wir die Gegenwart (1991-2014) mit der jüngeren Vergangenheit (1961-1990). Die Winter sind tendenziell milder und feuchter geworden, der Niederschlag in der Vegetationszeit von Mai bis September zeigt dagegen seit 1881 bis heute keinen klaren Trend.

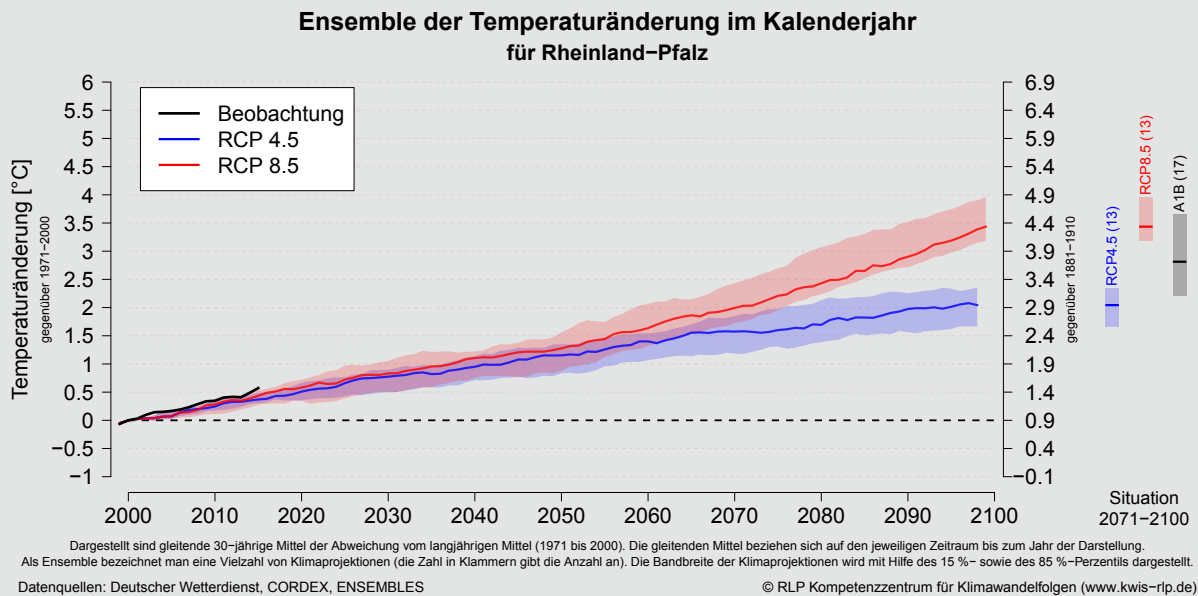
Für die Zukunft deuten die für Rheinland-Pfalz bis 2050 bzw. bis 2100 reichenden regionalen Klimaprojektionen darauf hin, dass sich in der forstlichen Vegetationszeit von Mai bis September zunehmend warm-trockene Bedingungen einstellen werden. Für die Jahresmitteltemperatur

¹ Das Emissionsszenario A1B beschreibt eine künftige Welt mit sehr raschem wirtschaftlichem Wachstum und mit einer bis Mitte des 21. Jahrhunderts zu- und danach abnehmenden Weltbevölkerung. Neue und effizientere Technologien werden zügig eingeführt. Das Szenario geht von einer ausgeglichenen Verteilung sämtlicher Energieträger aus.

Der Speierling ist an trocken-warme Standorte angepasst und dennoch relativ frosthart. Er könnte im Klimawandel an Bedeutung gewinnen. Das Foto zeigt die Besteigung eines Speierlings zur Pflöpfreisergewinnung. Mit den Abkömmlingen vieler ausgewählter Bäume werden Speierling-Samenplantagen eingerichtet, um genetisch diverses Saatgut dieser bislang noch seltenen Baumart bereitstellen zu können.

Foto P. Lemmen

Ensemble der Temperaturänderung im Kalenderjahr in Rheinland-Pfalz. Die durchschnittliche Jahrestemperatur kann bis 2100 um im Mittel 2,8 °C ansteigen. Die Bandbreite der unterschiedlichen Klimamodelle liegt unter Annahme des Emissionsszenarios A1B zwischen 2 und 4 °C.



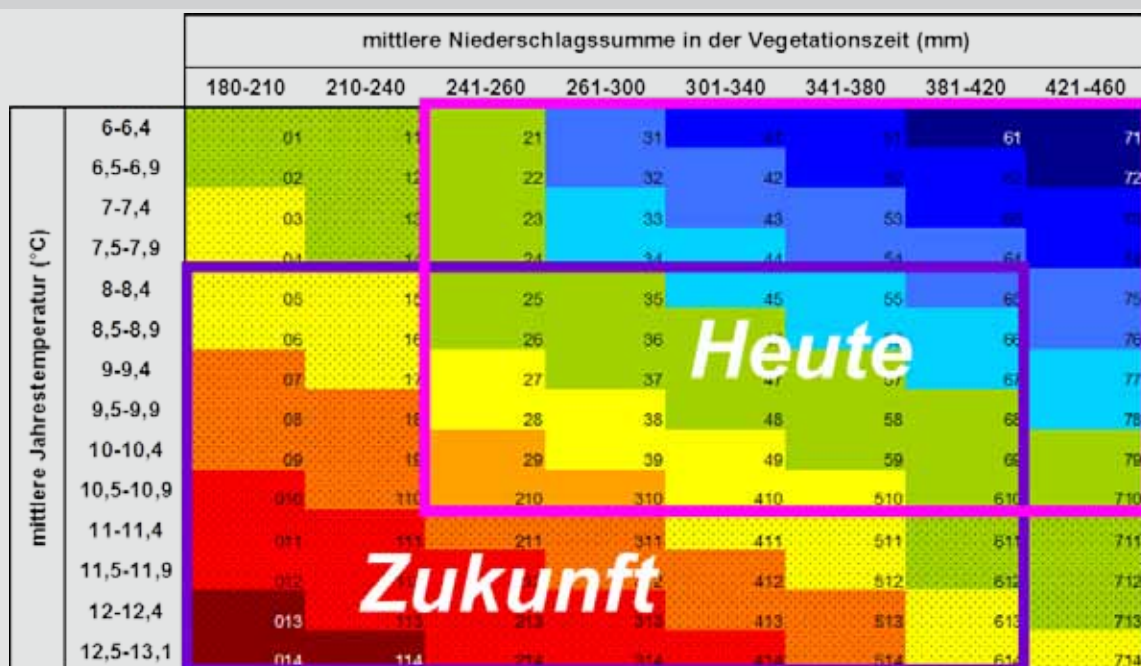
kann unter der Annahme des Emissionsszenarios A1B¹ ein Anstieg von im Mittel 2,8 °C gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000 angegeben werden, wobei die verschiedenen Klimamodelle eine Bandbreite von 2 bis 4 °C anzeigen. Beim Niederschlag ist der Richtungstrend für Rheinland-Pfalz weniger eindeutig. Die meisten der 17 Klimamodelle signalisieren abnehmende Niederschläge in der Vegetationszeit von bis zu 25 %, bei einer mittleren Abnahme von -10 %. Heute bereits warm-trockene Flusstäler und umgebende Landschaftsräume würden danach noch wärmer und trockener werden. In den betroffenen Regionen kann die Wasserversorgung der Waldbäume infolge von Trockenperioden zunehmend angespannt sein und im Extremfall zu Trockenstress führen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Verdunstung bei höheren Temperaturen zunimmt und die Niederschläge verstärkt als Starkregen auftreten können, so dass auch unter

diesem Aspekt insgesamt weniger Wasser für die Waldbäume verfügbar sein kann. Außerdem muss sich die Waldbewirtschaftung darauf einstellen, dass extreme Ereignisse wie Sturm, Hagel, Starkregen sowie Dürre- und Trockenperioden häufiger und intensiver werden. Auch die Klimavariabilität, sowohl innerhalb eines Jahres als auch von Jahr zu Jahr, wird sehr wahrscheinlich zunehmen.

Eignung der Hauptbaumarten

Die künftige Eignung der in Rheinland-Pfalz vorkommenden Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Douglasie wurde über den Einfluss des heutigen und des möglichen künftigen Waldklimas auf das Wachstum als Vitalitätsweiser abgebildet. Als Indikator für die Wasserversorgung und das Baumwachstum wurde der

Das Waldklima in Rheinland-Pfalz, gebildet aus Kombinationen der mittleren Jahrestemperatur und der mittleren Niederschläge in der Vegetationszeit, verändert sich bis Ende 2100 zunehmend in Richtung warm-trockener Bedingungen. Das zeigt die Verschiebung von heute dominierenden blau-grünen zu künftig vermehrt vorkommenden orange-roten Farbtönen. Bezogen auf den Niederschlag in der Vegetationszeit und die Jahresmitteltemperatur werden die Wälder in Rheinland-Pfalz künftig mit neuen, bisher unbekannten Klimabedingungen konfrontiert sein, während kühl-feuchte Kombinationen verschwinden werden.



Niederschlag in der forstlichen Vegetationszeit herangezogen, für die Wärmeversorgung wurde die Jahresmitteltemperatur verwendet. Bei der Eignungsbewertung wurde angenommen, dass eine Baumart innerhalb einer Waldklimaklasse um so besser geeignet ist, je größer ihr Flächenanteil und das Wachstumspotenzial im Vergleich zu den anderen vier Hauptbaumarten sind. Die von „nicht geeignet“ bis „sehr gut geeignet“ klassifizierten Wohlfühlbereiche wurden unter Einbindung von Experten auf die neuen, bisher nicht bekannten Waldklimaverhältnisse extrapoliert und anschließend auf die Waldfläche in Rheinland-Pfalz übertragen. Ein Beispiel soll dies veranschaulichen: Die heute auf der Waldfläche nicht vorkommende warm-trockene Klimakombination 12,5 bis 13,1 °C Jahresmitteltemperatur und 180 bis 210 mm Niederschlag in der Vegetationszeit kann bis zum Jahr 2100 in bestimmten geografischen Lagen erstmalig auftreten. Als

Folge würde sich das Wachstumspotenzial in diesen Lagen bei allen fünf Hauptbaumarten verschlechtern. In der Kartendarstellung würden sich einige gegenwärtig noch „bedingt geeignete“ (orange gefärbt) Räume nach „nicht geeignet“ (rot gefärbt) verschieben.

Von baumartenspezifischen Chancen in den höheren Mittelgebirgslagen abgesehen, ist bei allen fünf Hauptbaumarten eine regionalspezifische, aber durchgehend abnehmende Eignung auf der Waldfläche von Rheinland-Pfalz erkennbar. In den tiefer gelegenen Lagen und Flusstälern sowie im Oberrheingraben besteht das Risiko, dass alle fünf Hauptbaumarten künftig nur noch „bedingt“ bzw. sogar „nicht geeignet“ sein werden. Diese Einschätzung ist wesentlich auf dem Wachstumspotenzial der Baumarten und daraus resultierenden forstwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten

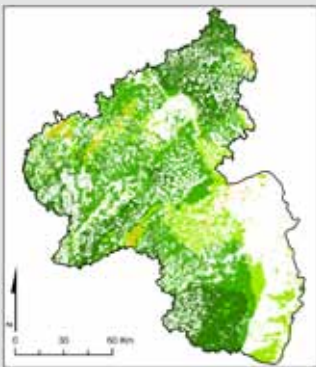
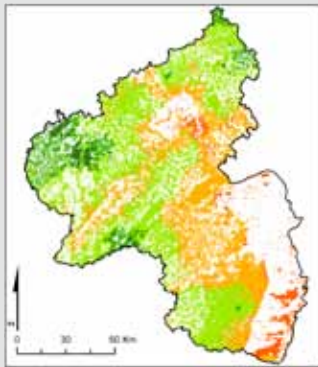
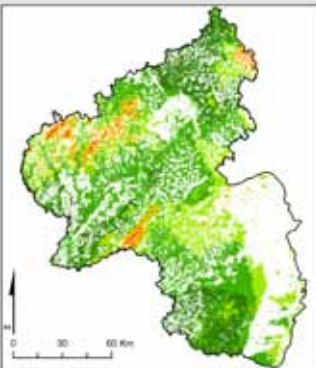
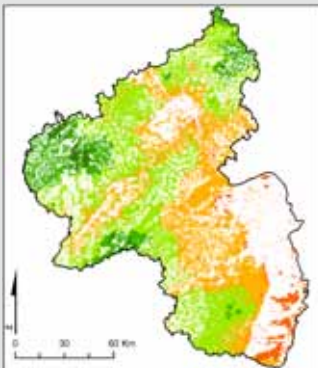
begründet. Dagegen ist nicht zu befürchten, dass die Arten in den Risikogebieten nicht mehr wachsen können bzw. nicht lebensfähig sind. Wald als Landnutzungsform ist daher auch in solchen extremen Lagen nicht in Frage gestellt.

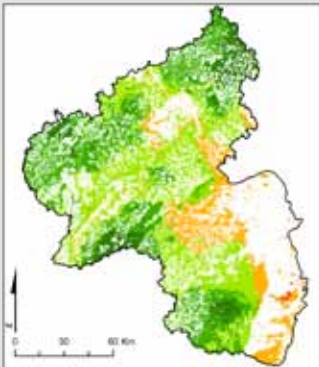
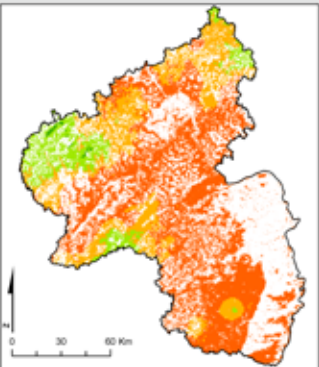
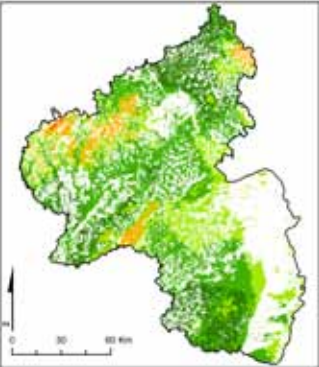
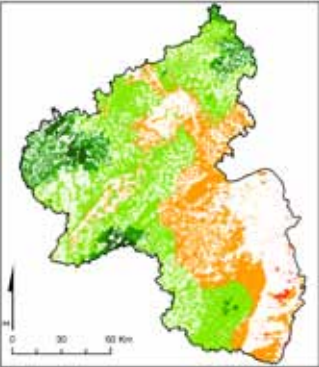
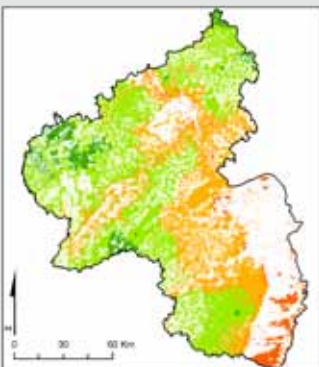
Zusammenfassend lassen sich für die einzelnen Baumarten einige wichtige Aussagen herausstellen.

Buche

Als wesentliche Baumart des naturnahen Waldbaus in Mitteleuropa befindet sich die Buche in Rheinland-Pfalz in ihrem ökologischen Optimum. Nach den Untersuchungen wird die Buche auch künftig auf einem Großteil der Waldfläche gute klimatische Bedingungen vorfinden. In den Höhenlagen können sich Vitalität und Wachstum der Baumart infolge von mehr Wärme bis zum Ende des Jahrhunderts sogar verbessern. Nur in den tiefer gelegenen Bereichen des Landes kann

Baumarteneignung für die fünf Hauptbaumarten in Rheinland-Pfalz. Kartenspalte links: Baumarteneignung in der Gegenwart für den Referenzzeitraum 1971-2000. Kartenspalte rechts: Baumarteneignung für die ferne Zukunft (2071-2100) unter Annahme des Emissionsszenarios A1B. Die Buche wird im Gegensatz zur Fichte auch künftig (bis 2100) auf der überwiegenden Waldfläche geeignete Bedingungen vorfinden. Ähnlich wie bei Eiche, Kiefer und Douglasie kann es in den tiefer gelegenen Regionen und Flusstälern aber zu Einschränkungen kommen. Bei der Fichte werden nur die höheren Mittelgebirgslagen von Eifel, Hunsrück und Westerwald bis Ende 2100 noch geeignet sein.

Hauptbaumart		Eignung 1971-2000	Eignung 2071-2100
Buche		 Eignungsschätzung für die Rotbuche für den Referenzzeitraum (1971-2000)	 Eignungsschätzung für die Rotbuche für die ferne Zukunft (2071-2100) nach A1B-trocken
		 Eignungsschätzung für die Traubeneiche für den Referenzzeitraum (1971-2000)	 Eignungsschätzung für die Traubeneiche für die ferne Zukunft (2071-2100) nach A1B-trocken

Hauptbaumart		Eignung 1971-2000	Eignung 2071-2100
Fichte		 Eignungsschätzung für die Gemeine Fichte für den Referenzzeitraum (1971-2000)	 Eignungsschätzung für die Gemeine Fichte für die ferne Zukunft (2071-2100) nach A1B-trocken
		 Eignungsschätzung für die Waldkiefer für den Referenzzeitraum (1971-2000)	 Eignungsschätzung für die Waldkiefer für die ferne Zukunft (2071-2100) nach A1B-trocken
Douglasie		 Eignungsschätzung für die Douglasie für den Referenzzeitraum (1971-2000)	 Eignungsschätzung für die Douglasie für die ferne Zukunft (2071-2100) nach A1B-trocken
		 Sehr gut geeignet  Gut geeignet  Geeignet	 Bedingt geeignet  Nicht geeignet

es zu Einschränkungen kommen. Ob die Buche in diesen Lagen künftig eine ökologische Schwelle erreicht und sich ihrer Warm-Trocken-Grenze nähert, hängt maßgeblich vom Wasserspeichervermögen der Böden ab. Allgemein dürfte es nur bei längeren und häufigen Trockenperioden zu Einbußen kommen. Dafür spricht, dass die Buche selbst in trocken-warmen Gebieten eine erstaunlich hohe Trockenstresstoleranz ohne erkennbare Vitalitätsminderung zeigt.

Eiche

Als Baumart der natürlichen Vegetation prägt die Traubeneiche in Rheinland-Pfalz große Landschaftsräume. Sie ist nach dem gegenwärtigen Wissensstand auch zukünftig eine geeignete Baumart. Ihr Potenzial ist großflächig vergleichbar mit jenem der Buche. In den tieferen Lagen kann die Traubeneiche dank ihrer relativen Trockenheitsresistenz und der für andere Baumarten ungünstiger werdenden Situation sogar an Bedeutung gewinnen. Ihre Trockenheitsresistenz bezieht sie aus ihrer Fähigkeit, Trockenstress physiologisch wirkungsvoll abzuwehren. Auch wenn bereits dies die Eichen in Rheinland-Pfalz ausreichend fit für die Zukunft macht, wurden darüber hinaus physiologisch speziell an trockene Verhältnisse angepasste „Trockeneichen“ nachgewiesen. Mehr noch als bei anderen Baumarten stellt sich bei der Eiche die Frage, wie sich Krankheiten und Schädlinge künftig entwickeln werden. So wurde in dem Projekt „Anpassungsvermögen und Wirt-Parasit-Beziehungen der Eiche im Klimawandel“ (APEK) gezeigt, dass sich beispielsweise Schwammspinnerlarven besonders gut auf sogenannten „Trockeneichen“ entwickeln. Dieser Effekt verstärkt sich noch bei höherer Kohlendioxidkonzentration, wie sie je nach Emissionsszenario in Zukunft auftreten kann. Das im Rahmen des Waldklimafonds vom Bund geförderte Projekt wird derzeit an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft durchgeführt.

Fichte

Die Fichte wird nicht nur in Rheinland-Pfalz die am stärksten vom Klimawandel betroffene Baumart sein. Die empfindlich auf Sommer-

trockenheit bzw. Dürre reagierende Baumart wird am Ende des Jahrhunderts nur noch in den Höhenlagen „klimagerechte“ Bedingungen mit ausreichenden Sommerniederschlägen und nicht zu hohen Temperaturen vorfinden. Bei der insgesamt negativen Perspektive sei aber betont, dass die identifizierten regionalen Risikoräume den Anbau und die Förderung der Fichte nicht gänzlich ausschließen müssen. Auf Standorten mit ausreichendem Wasserspeichervermögen und passendem Mikroklima kann die Fichte auch Trockenjahre ohne gravierende Schäden überstehen. Eine frühzeitige konsequente Durchforstung, wie sie für alle Nadelbaumarten zu empfehlen ist, fördert vitale und stabile Fichten auch außerhalb oder am Rande ihres Optimums. Eine nachträgliche Stabilisierung in höherem Alter lässt sich dagegen in der Regel nicht mehr erzielen.

Kiefer

Im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten ist die Kiefer mit am besten geeignet. Obwohl ihre Eignung in den tieferen Lagen im Laufe des Jahrhunderts abnehmen kann, werden sich die Rahmenbedingungen in den Höhenlagen mit hoher Wahrscheinlichkeit verbessern. Die Anpassungsfähigkeit der Kiefer, ihre Vitalität auch auf warm-trockenen Standorten und die relative Trockenheitsresistenz sind weitere Eigenschaften, die eine zunehmende Bedeutung der Baumart erwarten lassen. Offen muss bleiben, wie sich Krankheiten und Schädlinge entwickeln werden.

Douglasie

Die Douglasie schneidet, trotz ihrer allgemein abnehmenden Eignung, deutlich besser ab als die Fichte. Dank hoher Wassernutzungseffizienz, tiefer Durchwurzelung auf geeigneten Standorten und guter Anpassung bzw. Unempfindlichkeit einzelner Herkünfte gegenüber hohen Sommer-temperaturen und Trockenheit, bei bis heute geringem Krankheits- und Schadensrisiko, kann die Douglasie aus heutiger Sicht zu den klimastabilen Baumarten gerechnet werden. Unter den leistungsfähigen bzw. wirtschaftlich bedeutsamen Nadelbaumarten dürfte sie die größte Toleranz gegenüber Wärme und Trockenheit besitzen.

Bei der notwendigen Versorgung der Säge- und Holzwirtschaft auch mit Nadelholz kann die wirtschaftliche Bedeutung der Baumart im Zuge des Klimawandels sogar deutlich zunehmen, der Flächenanteil kann entsprechend anwachsen.

Eignungskarten sind regionale Risikoeinschätzungen

Die Eignungskarten liefern für die regionale Ebene neue Erkenntnisse zu möglichen Wirkungen des Klimawandels auf die Baumarteneignung. Auch die Anwendung anderer methodischer Ansätze und Eingangsparameter führte zu ähnlichen Ergebnissen, was die Belastbarkeit der Ergebnisse untermauert. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass bei den angewandten Methoden nicht alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt werden konnten. Die Folgen extremer Wetterereignisse sind in den Modellen ebenso wenig abgebildet wie die mögliche Entwicklung von Krankheiten und Schädlingen. Durch den Klimawandel beeinflusste Veränderungen in der Wechselwirkung von Waldbäumen, Krankheiten und Schädlingen sind gegenwärtig kaum abschätzbar. In der Konsequenz können sich die dargestellten Entwicklungspotenziale deutlich verschieben (s. Kapitel Krankheiten und Schädlinge).

Eignungskarten können daher für den einzelnen Waldort lediglich eine Orientierungshilfe bieten. Für weitergehende Aussagen müssen die lokalen kleinklimatischen Standortverhältnisse, das verfügbare Expertenwissen und die örtlichen Erfahrungen einbezogen werden. Eine unverzichtbare Planungs- und Entscheidungsgrundlage dafür sind möglichst fein aufgelöste, derzeit in Rheinland-Pfalz nicht flächendeckend verfügbare Standortinformationen. Diese müssen dynamisch an künftige Klimabedingungen angepasst werden können.

Die Weißtanne besitzt auf gut durchwurzelbaren Standorten dank ihrer Toleranz gegenüber Trockenheit und gegenüber Engpässen in der Wasserversorgung gute Zukunftspotenziale.

Foto: U. Matthes

Eignung von Nebenbaumarten

Unter den sich verändernden klimatischen Rahmenbedingungen wird für eine nachhaltige Waldentwicklung ein ausreichendes Spektrum von Baumarten mit möglichst hoher Anpassungsfähigkeit benötigt. Nachdem alle fünf Hauptbaumarten den Eignungskarten zufolge in den Flusstälern bzw. tiefer gelegenen Regionen von Rheinland-Pfalz künftig nur noch bedingt oder nicht geeignet sein können, lag die Frage nahe, inwieweit in Rheinland-Pfalz vorkommende „Nebenbaumarten“ sich gegenüber Klimaveränderungen tolerant zeigen bzw. anpassungsfähig sind. Wie der Name bereits andeutet, haben Nebenbaumarten einen geringen Flächenanteil und sind aktuell von eher untergeordneter wirtschaftlicher Bedeutung.

Auf der Grundlage einer umfassenden Literaturstudie wurden 9 Nebenbaumarten auf klimabedingte Risiken und Chancen geprüft. Neben den spezifischen Lebensraumansprüchen und der Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit, Stau-nässe, Frost, Sturm sowie gegenüber Krankheiten



Zukunftspotenziale von neun ausgewählten Nebenbaumarten; Prüfung über eine Literaturstudie anhand von unterschiedlich gewichteten klimawandel- und ökosystemrelevanten Kriterien.

Potenziale und Risiken im Klimawandel										
Baumart	Trockenheit	Staunässe	Frost	Sturm	Schädlinge	Wildverbiss	Genetische Diversität	Biodiversität	Arealentwicklung	Gesamtbewertung
	Anfälligkeit				Relevante Potenziale					
Elsbeere	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Esskastanie	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Europäische Lärche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Hainbuche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Robinie	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Roteiche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Schwarznuss	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Stieleiche	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Weißtanne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■

Potenzial/Resilienz

■

eingeschränktes Potenzial bzw. begrenztes Risiko

■

Risiko

■

keine Angabe

und Schädlingen wurden auch die genetische Diversität und Anpassungsfähigkeit, mögliche Effekte auf die Biodiversität sowie das natürliche Areal der Baumart bewertet. Das Gesamtfazit spiegelt die unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Faktoren wider. Mit der Gesamteinschätzung „Potenzial“ (siehe Abbildung „Zukunftspotenziale“) erzielten die an Wärme und Trockenheit gut angepassten Baumarten Elsbeere, Esskastanie und Hainbuche die beste Bewertung. Auch die Stieleiche und die Weißtanne fallen in diese Klasse, da beide Baumarten gegenüber Witterungsextremen wenig

anfällig sind und auch bei weiteren relevanten Eigenschaften wie Wirkungen auf die Biodiversität günstig abschnitten. Insbesondere der Weißtanne können auf gut durchwurzelbaren Standorten aufgrund ihrer Toleranz gegenüber Trockenheit und Engpässen in der Wasserversorgung Zukunftspotenziale attestiert werden. Ein eingeschränktes Potenzial wurde der Robinie, der Roteiche und der Schwarznuss zugewiesen, da bei diesen Arten bei relevanten Faktoren wie Trockenheit, genetische Vielfalt und Arealentwicklung je nach Baumart ein Risiko besteht. Insgesamt mit „Risiko“ bewertet wurde die Europäische Lärche. Die in höheren

Lagen der warm- bis kühlgemäßigten Klimazone natürlich vorkommende Baumart könnte in Rheinland-Pfalz mit steigenden Temperaturen zunehmend an ihre Warm-Trocken-Grenze gelangen. Natürlich ankommende Lärche kann jedoch auch weiterhin als Mischbaumart übernommen werden.

Eignung von Pionierbaumarten

Die Zukunftspotenziale speziell von in Rheinland-Pfalz bedeutsamen Pionierbaumarten wurden bereits im Rahmen des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz eingeschätzt. Dabei wurden ähnliche Kriterien wie bei der Bewertung der Nebenbaumarten zugrunde gelegt. Infolge des Klimawandels können extreme Wetterereignisse wie Sturm und Hagel zunehmen, wodurch in der Folge vermehrt Lücken und Kahlflächen im Waldgefüge entstehen können. Für die rasche Wiederbewaldung werden Baumarten benötigt, die an starke Störungen angepasst sind. Pionierbaumarten besitzen Eigenschaften, die auch im Klimawandel grundsätzlich günstig erscheinen. Sie fruktifizieren häufig, verbreiten ihre Samen effektiv, stellen geringe Standortansprüche und verfügen generell über ein hohes Anpassungsvermögen an unterschiedliche, variable Umweltverhältnisse.

In der Gesamtbewertung der insgesamt 14 geprüften Pionierbaumarten wurde den Arten Vogelbeere, Aspe, Sandbirke und Französischer Ahorn sowie der Pioniercharakter aufweisenden Schwarzkiefer eine künftig „zunehmende“ Bedeutung attestiert. Die Salweide und der Speierling erhielten die Potenzialstufe „tendenziell zunehmend“, da beide Arten bei einzelnen Faktoren nur eingeschränkt geeignet sind. Unter den Baumarten, die sich an künftige Klimabedingungen gut anpassen können, befindet sich auch die aufgrund ihres invasiven Verhaltens aus naturschutzfachlicher Sicht problematische Spätblühende Traubenkirsche.



Der bislang selten vorkommende Speierling erzielte aufgrund der Anpassung an trocken-warme Standorte und der relativen Frosthärte eine zukünftig „tendenziell zunehmende Eignung“. Einschränkungen gibt es bei der genetischen Anpassungsfähigkeit und der Ausbreitungsfähigkeit über Samen. Foto: U. Matthes

Neben- und Pionierbaumarten streuen das Risiko

Zur Förderung von angepassten Mischwäldern mit einer vielfältigen Baumartenzusammensetzung kann die verstärkte Beteiligung geeigneter Nebenbaumarten ein weiterer Baustein zur strategischen Risikostreuung sein. Auch wenn der fortschreitende Klimawandel mit neuen, heute nicht erkennbaren Risiken verbunden sein wird, weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die meisten der untersuchten Neben- bzw. Pionierbaumarten sowohl unter den heutigen als auch den möglichen künftigen Klimaverhältnissen Zukunftspotenziale besitzen. Kleinstandörtlich können sie dort das Risiko streuen und Alternativen bieten, wo die Hauptbaumarten künftig Einbußen haben

werden. Zudem sind viele Arten ökologisch günstig und auch wirtschaftlich vielversprechend. Insofern können sie künftig – unter Berücksichtigung der spezifischen Standortansprüche, der Wildverbissituation und der Kosten für die Einbringung – durchaus an Bedeutung und Flächenanteil gewinnen.

Krankheiten und Schädlinge

Das Waldschutzrisiko zu begrenzen, ist eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Eindämmung der Klimawandelfolgen. Neben abiotischen Ereignissen wie Sturm, Trockenheit und Starkregen werden vor allem biotische Einflussfaktoren wie Krankheiten und Schädlinge mit hoher Wahrscheinlichkeit künftig einen wesentlich stärkeren Einfluss auf die Walddynamik nehmen. Allein der auf der überwiegenden Waldfläche bei allen Hauptbaumarten temperatur- und niederschlagsbedingt erkennbare Eignungsverlust kann die Vulnerabilität gegenüber Krankheiten und Schadereignissen erhöhen. Zudem sind viele heimische Organismen bereits heute weiter verbreitet und haben ein höheres Schadpotenzial als in der Vergangenheit. Vor allem gilt es, die seit langem bekannten Borkenkäferarten sowie wärmeliebende und blattfressende Insekten verstärkt zu beobachten. Hohe Temperaturen und Wassermangel schwächen insbesondere die eine gute Wasserversorgung benötigende Fichte und prädisponieren sie für Borkenkäferbefall. Zudem fördern ansteigende Temperaturen das Vermehrungspotenzial der Käfer. Dabei ist aber oft entscheidend, dass die Aufarbeitung von bruttauglichem Holz etwa nach Windwurf und die rechtzeitige Entnahme befallener Bäume konsequent erfolgt. Darüber hinaus sind neue Schädlinge und Krankheiten wie z. B. der Esskastanienrindenkrebs auf dem Vormarsch. Weitere Schädlinge wie der Kiefernholznermatode könnten aus Südwesteuropa eingeschleppt werden und bei ansteigenden Temperaturen gewaltiges Schadpotenzial entfalten.

Als Beispiel für eine plötzlich und völlig unerwartet auftretende Krankheit sei das Eschentriebsterben angeführt, das durch einen aus Ostasien eingewanderten Schlauchpilz ausgelöst wird. Noch vor wenigen Jahren als zukunftsfähige und multifunktionale Mischbaumart empfohlen, kann heute aufgrund der weitverbreiteten Krankheitsdisposition allenfalls noch die einzelbaumweise Beimischung der Esche akzeptiert werden. Insofern müssen in Zeiten des Klimawandels die in der Fachliteratur dokumentierten und vielfach als feststehend angenommenen Risikoprofile der Baumarten stets neu überdacht und gegebenenfalls aktualisiert werden.

Brauchen wir in Rheinland-Pfalz neue Baumarten?

In einigen Bundesländern werden gegenwärtig neue fremdländische Baumarten auf ihre Eignung als zukunftsfähige Waldbäume getestet. Leitmotiv war die Annahme, dass der Klimawandel schneller ablaufen wird als evolutive Anpassungsprozesse folgen können. Daher könnten sowohl heimische als auch in unseren Wäldern eingebürgerte fremdländische Baumarten bei der Anpassung an den Klimawandel langfristig überfordert sein. In der Konsequenz würden Waldökosystemleistungen und vielfältige gesellschaftliche Ansprüche an den Wald nicht mehr ausreichend erfüllt. Ein vollständiger Überblick über die Aktivitäten in Deutschland ist hier nicht möglich. Exemplarisch sollen zwei größere Vorhaben herausgegriffen werden.

In Bayern werden in dem Projekt „**Versuchsanbauten mit wärme- und trockenheitstoleranten Baumarten vor dem Hintergrund des Klimawandels**“ (KLIP18) die fremdländischen Baumarten Orientbuche, Silberlinde, Hemlocktanne, Türkische Tanne, Rumelische Kiefer und Libanonzedern untersucht. Die Vorauswahl orientierte sich an forstwirtschaftlich interessanten Baumarten, die ihre Toleranz gegenüber Trockenheit bereits erfolgreich bewiesen haben und in Regionen beheimatet sind, deren Klima vergleichbar

mit dem für Bayern in der Zukunft projizierten Klima ist (sogenannte analoge Klimaregionen).

Im Rüsselsheimer Wald testet das Biodiversität und Klima Forschungszentrum (BIK-F) mit Partnern im Projekt „**Wald der Zukunft**“ die aus dem Mittelmeergebiet stammenden Arten Steineiche, Flaumeiche und Ungarische Eiche auf ihre Anbaueignung als zukünftige mitteleuropäische Waldbäume im Vergleich zu heimischen Eichenarten. Ergänzend dazu wird im „**South Hesse Oak Project (SHOP)**“ in einem Klimakammerversuch die physiologische Trocken- und Frosttoleranz der genannten südeuropäischen Arten und der heimischen Stieleiche bei unterschiedlicher Wasserversorgung untersucht.

Landesforsten Rheinland-Pfalz führt derzeit keine eigenen Versuche zu neuen Baumarten durch. In Kooperation mit anderen Ländern ist das Land aber an Herkunftsversuchen mit bewährten standortheimischen sowie eingebürgerten fremdländischen Baumarten beteiligt. Aus heutiger Sicht wird in Rheinland-Pfalz nicht der Bedarf gesehen, neue fremdländische Baumarten, wie Eichenarten aus dem mediterranen Raum, einzuführen. Vielmehr wird angenommen, dass das Spektrum der in Rheinland-Pfalz vorkommenden, sowohl standortheimischen als auch erfolgreich eingebürgerten fremdländischen, Baumarten ausreichende Optionen für die Anpassung an den Kli-

mawandel bietet. Diese Einschätzung impliziert, dass auf geeignete genetische Herkünfte gesetzt wird und das genetische und physiologische Anpassungsvermögen der vorkommenden Baumarten ausgenutzt wird. Unabhängig davon könnten neue Baumarten erst dann für einen forstlichen Anbau empfohlen werden, wenn sie sich in langjährigen Versuchsanbauten (mindestens über eine Produktionszeit) u. a. hinsichtlich Wachstum, Vitalität, Stabilität und Betriebsrisiko bewährt haben.

Anpassungsstrategie für den Wald in Rheinland-Pfalz

Der klimagerechte Waldbau der Zukunft steht vor großen Herausforderungen. Die Baumartenwahl ist eine Entscheidung, die weit in die Zukunft wirkt und auf der Grundlage des heute verfügbaren Wissens getroffen werden muss. Strategisch müssen zum einen die unterschiedlichen Entwicklungspotenziale und Resilienzeigenschaften der Baumarten in die waldbauliche Planung und Umsetzung integriert werden, zum anderen muss mit Risiken, Wissenslücken und damit verbundenen Unsicherheiten umgegangen werden. Das bedeutet auch, vorhandene Strategien und Baumartenempfehlungen fortlaufend zu überprüfen und anzupassen.

Für die Anpassung der Wälder in Rheinland-Pfalz an den Klimawandel können gegenwärtig allgemein folgende Strategien und Maßnahmen empfohlen werden:

- Risikostreuung durch eine Vielfalt an Baumarten sowie Verjüngungs- und Managementformen auch auf Landschaftsebene
- Waldumbau von anfälligen, instabilen Nadelbaumreinbeständen in stabile Laub-Nadel-Mischwälder
- Verjüngung von Baumarten, die sowohl gegenwärtig angepasst sind als auch zukünftig bei weiter fortschreitendem Klimawandel ausreichend anpassungsfähig sind
- Anreicherung und Ergänzung von Verjüngungen mit passenden wärmeliebenden Baumarten und trockenheitstoleranten Herkünften
- Berücksichtigung unterschiedlicher, bewährter Herkünfte der heimischen und eingebürgerten fremdländischen Baumarten
- Stabilisierung von Einzelbäumen durch frühzeitige Durchforstung

Aus heutiger Sicht bedarf es regionaler waldbaulicher Strategien, die das Risiko senken bzw. verteilen. Es werden Maßnahmen und Handlungsoptionen benötigt, die eine aktive Anpassung unterstützen und die Resilienz erhöhen. No-regret-Maßnahmen, d.h. Maßnahmen ohne Reue, erweisen sich dabei vielfach auch als geeignet für die Anpassung an den Klimawandel. So erhöht die seit vielen Jahren verfolgte naturnahe und multifunktionale Waldbewirtschaftung die Vielfalt an Arten, Lebensräumen und Strukturen, und kann daher maßgeblich zur Streuung des Risikos beitragen. Denn hohe Vielfalt bedeutet oft höhere Stabilität und fast immer höhere Elastizität.

Monitoring- und Forschungsbedarf

Bei der Anpassung der Wälder an den Klimawandel besteht nach wie vor ein hoher Informations- und Forschungsbedarf. Zunächst erscheint es sinnvoll, die bereits vorliegenden Klimaeignungskarten für die Hauptbaumarten daraufhin zu überprüfen, inwieweit sie auch bei Anwendung der aktuell verfügbaren neuen regionalen Klimaprojektionen (auf Basis des aktuellen 5. Sachstandsberichts des Weltklimarates IPCC) gültig sind. Dabei ist einzuschätzen, auf welchem Niveau sich die regionalen Risikoeinschätzungen in die Bandbreite der neuen Emissionsszenarien einordnen. Der Korridor an möglichen regionalen Klimaveränderungen wird hierbei durch ein Ensemble aus verschiedenen regionalen Klimamodellen und globalen Emissionsszenarien abgebildet.

Weitere Informationen:

[>>www.kwis-rlp.de>>](http://www.kwis-rlp.de)Handlungsfelder>>Wald und Forstwirtschaft>>Hauptbaumarten
<http://www.kwis-rlp.de/index.php?id=9675>

[>>www.kwis-rlp.de>>](http://www.kwis-rlp.de)Handlungsfelder>>Wald und Forstwirtschaft>>Nebenbaumarten
<http://www.kwis-rlp.de/index.php?id=10677>

Als weiterer wichtiger Forschungskomplex sind neben den genetischen und phänotypischen Anpassungspotenzialen der standortheimischen und eingebürgerten Baumarten das Konkurrenzverhalten und die Wachstumsreaktionen unter sich verändernden Standortverhältnissen und höheren atmosphärischen CO₂-Gehalten von Interesse. Eine unverzichtbare Grundlage dafür bildet ein flächendeckendes, dynamisches Standortinformationssystem.

Eine der wichtigsten Forschungs- und Monitoringfragen zielt schließlich auf die Wechselwirkung von Waldbäumen und Krankheiten bzw. Schadorganismen unter künftigen Klimabedingungen. Expertenwissen und gezielter Forschung im Bereich Waldschutz kommt deshalb eine hohe Priorität zu.



Deutliche vorzeitige Blattverfärbung (Herbstverfärbung) an Buchen aufgrund sehr trockener und warmer Witterung im August 2016. Bild in der Nähe von Idar-Oberstein

Foto: F. Schmidt

NATURWALDRESERVATE

URWÄLDER VON MORGEN UND WISSENS-
QUELLEN FÜR WIRTSCHAFTSWÄLDER



Wie entwickeln sich Waldökosysteme ohne forstliche Bewirtschaftung? Wie ändern sich die Waldstrukturen, wie die Biozönosen? Welche Tier- und Pflanzenarten kommen hinzu und welche verschwinden? Was können wir daraus für den naturnahen Waldbau und den Waldnaturschutz lernen?

Das sind einige der zentralen Fragen der Forschung in Naturwaldreservaten.

Naturwaldreservate sind aber nicht nur Forschungsareale, sondern häufig auch Kleinode im Waldnaturschutz und Refugien für seltene Arten.

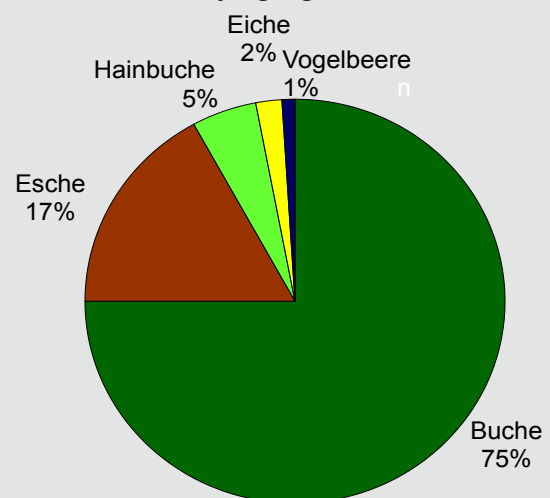
Aus der natürlichen Entwicklung für die naturnahе Waldbewirtschaftung lernen

Naturwaldreservate sind überzeugende Beispiele dafür, dass ehemals forstwirtschaftlich genutzte Wälder nach Einstellung der Holznutzung zur Ansammlung mächtiger alter Bäume werden, aber auch dafür, dass die natürlichen Steuerungskräfte schlagartig oder allmählich den Wald völlig neu strukturieren können.

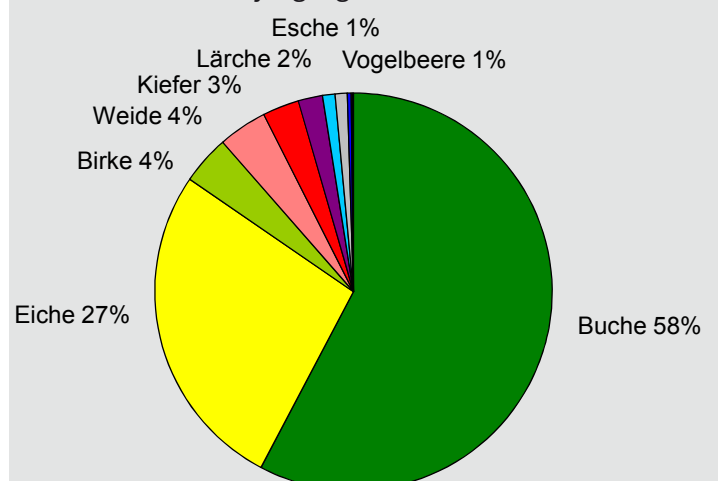
Naturwaldreservate sind daher in besonderem Maße geeignet, die natürlichen, also die nicht mehr vom Menschen gesteuerten, Entwicklungen der Waldlebensgemeinschaften zu erforschen, um Erkenntnisse und Entscheidungshilfen für naturnahе Waldbewirtschaftung abzuleiten. Denn dem Wort gemäß hat diese Bewirtschaftungsform „Naturnähe“ zum Leitbild und benötigt daher einen Vergleich, an dem sie festgemacht werden kann. Das gewährleistet das rheinland-pfälzische Konzept der Naturwaldforschung, indem Naturwaldreservate und bewirtschaftete Vergleichsflächen parallel nach denselben Methoden beobachtet werden. So erhalten wir Informationen zu den Verjüngungs- und Alterungsprozessen, zum Wachstum und Absterben von Bäumen oder zur Menge und zur Zersetzungsdauer von Totholz in einem sich natürlich entwickelnden im Vergleich zu einem bewirtschafteten Wald. Ebenso ergeben sich daraus Hinweise auf die jeweils herrschenden Umweltbedingungen bzw. auf ihre Veränderungen.

Während sich in buchengeprägten Wäldern v.a. die schattentolerante Buche zu hohen Anteilen wieder verjüngt (z.B. NWR Stelzenbach, obere Grafik), entstehen nach sogenannten Störungen wie Windwurf baumartenreiche Waldverjüngungen (z.B. NWR Rotenberghang, untere Grafik)

NWR Stelzenbach
Verjüngung 1997



NWR Rotenberghang Windwurf
Verjüngung 1997



Neben den verschiedenen Baumarten und ihren vielfältigen Formausprägungen beherbergen Wälder eine Vielzahl an Arten, die an den unterschiedlichen Baumstrukturen leben, meist zu Lebensgemeinschaften vernetzt, und voneinander abhängig sind. Daher gehören zu den Untersuchungen der Waldlebensgemeinschaften in den Naturwaldreservaten und den bewirtschafteten

Vergleichsflächen auch Arterfassungen vor allem solcher Gruppen, die für das Wirkungsgefüge Wald von besonderer Bedeutung sind wie Totholzkäfer, Vögel, Fledermäuse, Pilze, Moose und Flechten. Wir erhalten so eine Vorstellung darüber, wie hoch die Artenvielfalt in unseren Wäldern ist und wovon sie abhängt (siehe „Totholzkäfer“).

Totholzkäfer

Von den in Deutschland rund 6.500 lebenden Käferarten sind etwa 1.400 auf den Lebensraum Totholz angewiesen. Über 800 dieser Arten gelten als gefährdet und werden in der Roten Liste geführt. Wegen des Mangels an geeigneten Habitaten und aufgrund ihres hohen Spezialisierungsgrades gehören viele Totholzkäfer zu den seltensten Elementen unserer Fauna. Aufgrund ihrer Indikationseigenschaften für Totholzqualität, -quantität und -tradition wird diese Artengruppe in Naturwaldreservaten und ihren Vergleichsflächen untersucht.

In 18 Naturwaldreservaten und 7 Vergleichsflächen wurden Käfer erfasst mit Artenzahlen zwischen 316 und 1295 verschiedenen Arten. Die besonders hohe Zahl stammt von dem nur 27 ha großen NWR Stuttpferch im Bienwald, das damit 20 % der deutschlandweiten Käferarten und mit 506 sogar 36 % an Totholzkäferarten enthält.

Corymbia scutellata



Ampedus nigroflavus



Isorhipis melasoides



Melandrya caraboides

Fotos: F. Köhler

Lange Historie der Naturwaldreservate

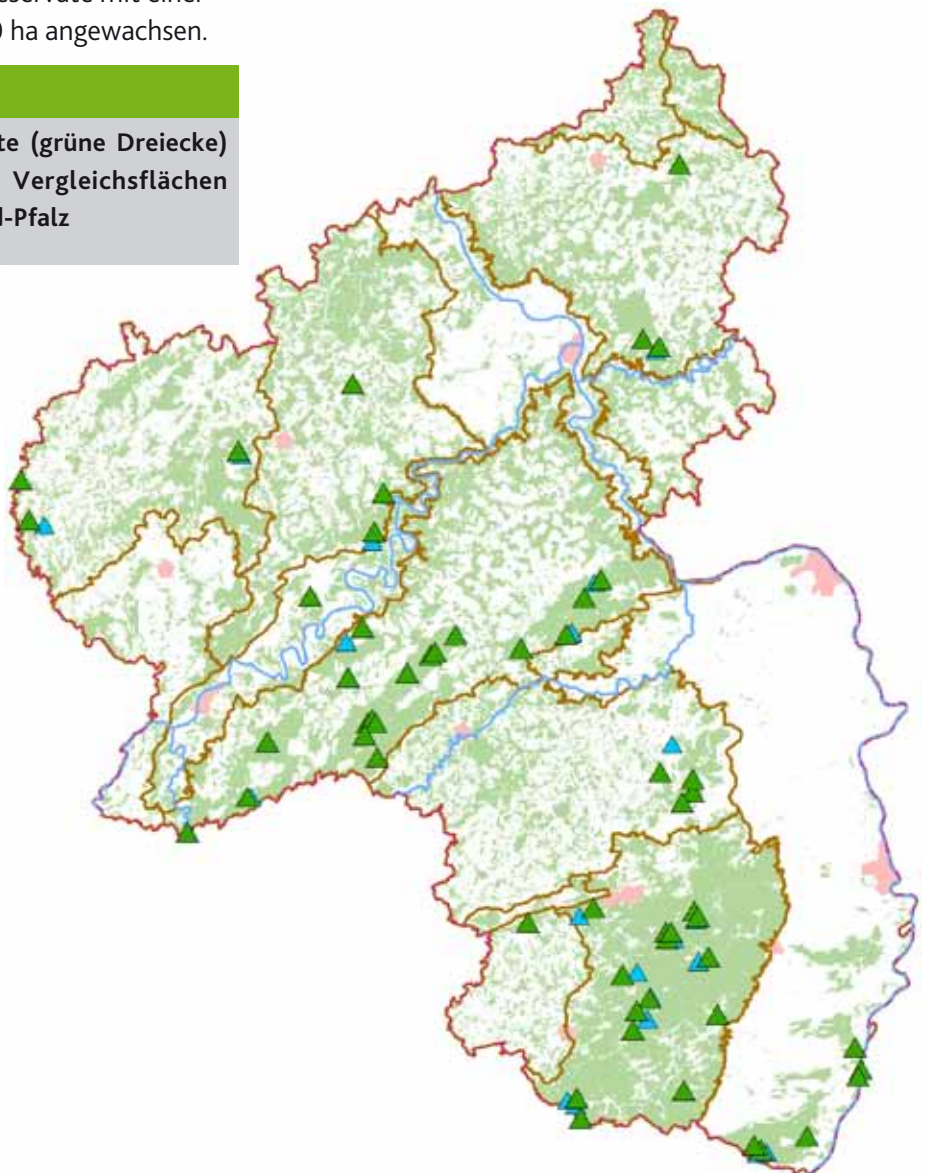
Vereinzelte Wälder in Mitteleuropa bereits im 19. Jahrhundert aus der Nutzung genommen. Erhaltung alter Bäume, besonderer Strukturen oder von Sonderstandorten waren meist die Beweggründe. In Rheinland-Pfalz blieben aus diesen Gründen schon seit 1936 „Fleischackerloch“, seit 1938 „Urwald von Taben“, seit 1950 „Palmbruch“ und seit 1958 „Mörderhäufel“ unbewirtschaftet. Offiziell wurden erstmals 1966 kleine Waldflächen als Naturwaldzellen ausgewiesen.

Die zunehmende Harmonisierung auf nationaler und internationaler Ebene hatte zur Konsequenz, dass in den 1990er Jahren der Bestand an rheinland-pfälzischen Naturwaldzellen überprüft, vergrößert und ergänzt wurde. Seitdem ist die Zahl auf insgesamt 54 Naturwaldreservate mit einer Gesamtfläche von rund 2.000 ha angewachsen.

Lage der Naturwaldreservate (grüne Dreiecke) und der bewirtschafteten Vergleichsflächen (blaue Dreiecke) in Rheinland-Pfalz

Eingehendere Informationen zum Netzwerk der rheinland-pfälzischen Naturwaldreservate, den methodischen Grundlagen der Forschung, die jeweiligen Rechtsverordnungen sowie Darstellungen der einzelnen Flächen enthalten die Webseiten der FAWF <http://www.fawf.wald-rlp.de/forschungsschwerpunkte/naturwaldreservate.html>

Die Auswahl geschah vor allem nach den Kriterien Repräsentativität von Standorten und Waldgesellschaften, Naturnähe bezüglich alter Waldstandorte, Vegetation und Waldstruktur sowie einer Mindestgröße von 20 bzw. 30 ha. 19 Naturwaldreservate haben bewirtschaftete Vergleichsflächen für Paralleluntersuchungen zugewiesen. Die Naturwaldreservate sind in Rheinland-Pfalz nach § 19 des Landeswaldgesetzes rechtsförmlich ausgewiesen.



Naturwaldreservate mit speziellen Fragestellungen

Ein Teil der Naturwaldreservate wie auch der Vergleichsflächen wurde begründet, um auf bestimmte Fragen Antworten zu finden.

Im Jahr 1991 wurden als Folge der Sturmwürfe von 1990 durch die Orkane „Vivien“ und „Wiebke“ zwei „Windwurfreservate“ („Himbeerberg“ im Forstamt Saarburg und „Rotenberghang“ im Forstamt Kaiserslautern) eingerichtet. Hier wird der Frage nachgegangen, wie sich Wälder als Folge solcher Naturereignisse erneuern und strukturieren und wie die Artengemeinschaft darauf reagiert.



Color-Infrarot-Luftbilder des Naturwaldreservats Himbeerberg im Jahr 1993 mit großen Kahlfächen (grüne Teilflächen) durch die Orkane Vivian und Wiebke (1990) und im Jahr 2012, komplett durch Naturansamung wiederbewaldet

1999 wurde ein deutsch-französisches Naturwaldreservat (Adelsberg-Lutzelhardt) zur Förderung und Harmonisierung europäischer Forschung ausgewiesen, um möglichst vergleichbare Ergebnisse auch auf europäischer Ebene zu erzielen (Weitere Informationen: <http://www.adelsberg-lutzelhardt.de/index.htm>).

Zur Einschätzung der ökologischen Integration der Douglasie in heimische Waldökosysteme und auch zur Frage ihrer möglichen Invasivität wurden 2001 zwei Douglasienreservate mit bewirtschafteten Vergleichsflächen in den Schwerpunktgebieten des Douglasienanbaus errichtet („Grünberg“ im Forstamt Johanniskreuz und „Eselskopf“ im Forstamt Neuerburg).

Naturwaldforschung – eigenständiger Forschungszweig

Seit ihrem Anfang hat sich die Naturwaldforschung von einer Idee zu einem eigenständigen Zweig der Waldökologie entwickelt. Ergebnisse aus Naturwaldreservaten finden in zunehmendem Maße Eingang in Konzepte der Forstwirtschaft und des Waldnaturschutzes. Die Herleitung oder die Weiterentwicklung von waldbaulichen Praktiken erfolgt aber nicht vorwiegend als direkte Umsetzung des Studiums von Reservaten bzw. als Imitation von natürlichen Prozessen. Aus der Erkenntnis, dass z.B. die Naturwalddynamik ohne große Störereignisse eher kleinflächig verläuft, beruht die Tendenz zu eher kleinflächigen bzw. nur punktuellen Eingriffen im Waldbau. Aus Beobachtungen in Naturwäldern wird in Wirtschaftswäldern daneben auch das „intelligente Nichtstun“ praktiziert, wo erkennbar wurde, welche Prozesse auch ohne menschliches Zutun erwünscht ablaufen.



Im Naturwaldreservat Grünberg wird deutlich, dass sich von Natur aus aus Douglasienreinbeständen buchenreiche Mischwälder entwickeln können.

Foto P. Balcar

Entscheidungshilfen für den Waldnaturschutz

Die Forschung an Naturwaldreservaten und den Vergleichsflächen liefert auch Entscheidungshilfen für den Waldnaturschutz. Hier sind die Reservate besonders wichtig, weil sie Rückschlüsse erlauben, welche Strukturmerkmale typisch für Naturwälder sind und welche Zusammenhänge zwischen Strukturmerkmalen und der Artenvielfalt in Wäldern bestehen.

Diese Kenntnisse sind eine wichtige Grundlage zum effektiven Schutz und zur Erhaltung der biologischen Vielfalt im Wald. Denn hier geht es auch um die Bedeutung der Naturwälder als Refugien für seltene und spezialisierte Arten, ob Rote Liste-Arten oder die so genannten Urwaldreliktarten. So ist bekannt, dass die europaweit seltensten Spechtarten, der Dreizehenspecht

und der Weißrückenspecht, praktisch nur noch in Naturwäldern mit hohen Totholzanteilen vorkommen. In Rheinland-Pfalz haben intensive Käferuntersuchungen gezeigt, dass Urwaldreliktarten in der Regel nur in den älteren, länger als 35 Jahre nutzungsfreien Naturwaldreservaten vorkommen. Beispiele dafür sind die bereits genannten Naturwaldreservate "Urwald von Taben", "Mörderhäufel" und „Stuttpferch". Diese Flächen galten zum Teil schon vor ihrer Ausweisung als "Schatzkästchen" z.B. wegen des hohen Alters der Bäume, wegen der urigen und bizarren Formen von Stämmen und Kronen oder wegen hoher Totholzmengen, weshalb sich hier eine hohe Zahl an sehr seltenen Arten erhalten konnte. Solche Flächen wirken nicht nur als Refugien für solche Arten, sondern auch als Spenderflächen in die Umgebung.

Naturwaldreservat „Urwald von Taben“

Ein besonderes Kleinod unter den Naturwaldreservaten ist das NWR "Urwald von Taben". Die forstliche Bewirtschaftung wurde hier bereits 1938 eingestellt. Hier stocken uralte Traubeneichen auf einem Blockschutt des Unterdevons. Es beherbergt 19 Urwaldreliktarten und alle landesweit bekannten Totholz-FFH-Käfer und ist damit einsamer Spitzenreiter aller Naturwaldreservate und auch international von Bedeutung.



Der Veilchenblaue Wurzelhalsschnellkäfer (*Limoniscus violaceus*) ist eine im „Urwald von Taben“ vorkommende Urwaldreliktart. Foto: N. Gouix



Alte Traubeneichen und eine offene Blockschuttthalde im NWR „Urwald von Taben“

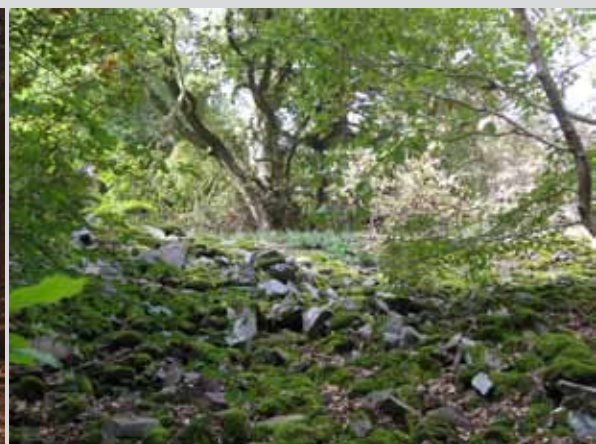


Foto: P. Balcar

REHWILDBEJAGUNG IM FOKUS



Einfluss der neuen Jagdzeitenregelung auf die Erlegungszahlen

Rehwild ist in Rheinland-Pfalz die am häufigsten vorkommende Schalenwildart. Es besiedelt landesweit sowohl die Wälder wie auch weite Bereiche des Offenlandes. Eine Bejagung ist erforderlich, um die vom Rehwild an den jungen Waldbäumen verursachten Schäden zu reduzieren. Sie erfolgt auf der Basis von revierweisen Abschussvereinbarungen, die unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer forstfachlichen Stellungnahme zum Einfluss des Schalenwildes auf das waldbauliche Betriebsziel festgelegt werden. Grundlage dieser forstfachlichen Stellungnahme ist eine turnusmäßig durchgeführte Erfassung der Verbissschäden an den forstwirtschaftlich relevanten Baumarten. Ausweislich dieser Verbissschadenserhebungen können in der Betrachtung auf Landesebene keine entscheidenden und anhaltenden Fortschritte bei der Minderung der Wald-Wildschäden konstatiert werden. Neue jagdrechtliche Regelungen in Rheinland-Pfalz verfolgen daher das Ziel, günstigere Rahmenbedingungen für eine effizientere und effektivere Jagd auf Rehwild zu schaffen, um bei vermindertem Schadensniveau, eine Verjüngung der örtlichen Hauptbaumarten ohne Schutzmaßnahmen zu gewährleisten. Die Entwicklung der Erlegungszahlen lässt erkennen, dass die veränderten Jagdzeiten für das Rehwild ein hilfreiches Instrument sein können.

Wie viele Rehe gibt es im Revier?

Die zahlenmäßige Entwicklung der Wildbestände – insbesondere des Rehwildes – unter mitteleuropäischen Bedingungen ist flächendeckend nicht exakt darzustellen. Von Wissenschaftlern in den vergangenen Jahren entwickelte Verfahren unter Einsatz von Wildkameras (Fotofallen), terrestrischen Infrarotaufnahmen oder auch Modellierungen auf Basis von Genotypisierung mit Hilfe von gesammeltem Frischkot sind aus Kostengründen in der Regel nur für spezifische Fragestellungen in lokalem Maßstab anwendbar. Ein einfacher Indikator auf regionaler oder gar Landesebene ist die Erfassung der jährlich erlegten Tiere in sogenannten Streckenstatistiken. Während die Abschusszahlen des Rehwildes in den letzten Jahrzehnten stetig gestiegen sind, hat die landesweite Verbisssbelastung, deren Erfassung im Zuge der sogenannten „Forstbehördlichen Stellungnahme“ gesetzlich geregelt ist, trotz der gestiegenen Abschusszahlen nicht entscheidend abgenommen.

Als mögliche Ursachen des Anstiegs der Rehwildbestände kommen u.a. das verbesserte Äsungsangebot infolge des Klimawandels (milde Winter), häufigere Buchenmastjahre, verstärktes Wachstum von Bodenpflanzen infolge der Nährstoff-

einträge aus der Luft und Folgen der naturnahen Waldwirtschaft (höheres Äsungsangebot bei gleichzeitig mehr Deckung) infrage. Die Novellierung des rheinland-pfälzischen Jagdgesetzes im Jahr 2010 hatte u.a. auch das Ziel, Beeinträchtigungen einer ordnungsgemäßen land- und forstwirtschaftlichen Nutzung durch das Wild zu vermeiden. Die Wildbestände sind daher an die Lebensraumkapazität anzupassen. Mit der Landesjagdverordnung vom 25. Juli 2013 wurden in der Folge u.a. auch die Jagdzeiten auf Rehwild im § 42 neu geregelt und damit liberalisiert. Die Verlängerung der Jagdzeit auf Rehböcke um dreieinhalb Monate bis zum 31. Januar ermöglicht eine höhere Flexibilität und Effizienz bei der Rehwildbejagung, vor allem im Zuge der herbst- und winterlichen Bewegungsjagden. Bis zur Neuregelung durften Rehböcke ab dem 16. Oktober nicht mehr bejagt werden, wohl aber weibliche Rehe und Kitze beiderlei Geschlechts.

Diese Schonzeit für Rehböcke im Zeitraum 16.10. bis 31.01. erschwerte vor allem bei den Bewegungsjagden, wegen der zwingend notwendigen Unterscheidung von Böcken und weiblichen Rehen, die Erlegung von Rehen, zumal Böcke im Herbst ihr Gehörn abwerfen, was die Geschlech-

Wildschäden im Wald

Wildschäden im Wald entstehen vor allem durch Verbiss junger Waldbäume durch Reh- und Rotwild (Dam- und Muffelwild) und das Abschälen der Rinde durch Rotwild zur Nahrungsaufnahme. Die nachhaltige Bewirtschaftung stabiler und multifunktionaler Wälder erfordert an die Lebensraumkapazitäten angepasste Wildbestände. Dazu müssen die Schalenwildbestände durch jagdliche Nutzung auf einen Umfang begrenzt werden, der eine natürliche Waldentwicklung ermöglicht. Zielindikator ist, dass die örtlich vorkommenden Hauptbaumarten im Wesentlichen ohne Schutzmaßnahmen, wie beispielsweise Zäune, verjüngt werden können. In vielen Wäldern ist auch der Verbiss an Sträuchern und Kräutern bedeutsam, da er zu einer erheblichen Veränderung in Dichte und Zusammensetzung der Waldvegetation und damit auch zu Beeinträchtigungen in der Biodiversität der Waldlebensgemeinschaften führen kann.

Zur Beurteilung des tragbaren Umfangs von Wildschäden im Wald fertigen die Forstämter als Untere Forstbehörden regelmäßig eine Stellungnahme zum Einfluss des wiederkäuenden Schalenwildes auf das waldbauliche Betriebsziel an. Das Ergebnis der Stellungnahmen fließt in die Festlegung der Abschusszahlen für die betroffenen Wildarten ein.

Befunde der Verbiss- und Schälschadenaufnahmen enthält der Waldzustandsbericht 2014 (Wildschäden im Wald). Weitere Informationen zur Jagd in Rheinland-Pfalz finden Sie auf den Webseiten von Landesforsten:

<http://www.wald-rlp.de/wild-jagd/jagd-in-rheinland-pfalz.html>

terunterscheidung schwieriger gestaltet. Die Neuregelung erleichtert daher die Rehwildbejagung im Herbst und Winter.

Wie viele Rehe werden erlegt?

Im abgeschlossenen Jagdjahr 2015/2016, das ist der Zeitraum vom 1. April 2015 bis zum 31. März 2016, wurde in Rheinland-Pfalz mit 85.054 Rehen die höchste jemals in Rheinland-Pfalz erzielte Rehwildstrecke erreicht. Zuvor waren nur zwei Mal, nämlich in den Jagdjahren 2001/2002 (80.920 Rehe) und 2014/2015 (80.908 Rehe), mehr als 80.000 Rehe in einem Jagdjahr erlegt worden.

Ein Blick zurück zeigt, dass die Rehwildstrecke in Rheinland-Pfalz in den zurückliegenden 5 Jahrzehnten mehr oder weniger sukzessive angestiegen ist, von durchschnittlich rund 55.000 Rehen pro Jahr in den 1960iger Jahren bis auf durchschnittlich rund 78.000 Rehe pro Jahr im Zeitraum seit 2011. Bei allen bestehenden Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren, ist ein Trend zu steigenden Rehwildabschüssen unverkennbar. Dass dennoch die Verbissschäden an der Waldverjüngung auf großer Fläche nicht entscheidend reduziert werden konnten, zeigt, dass

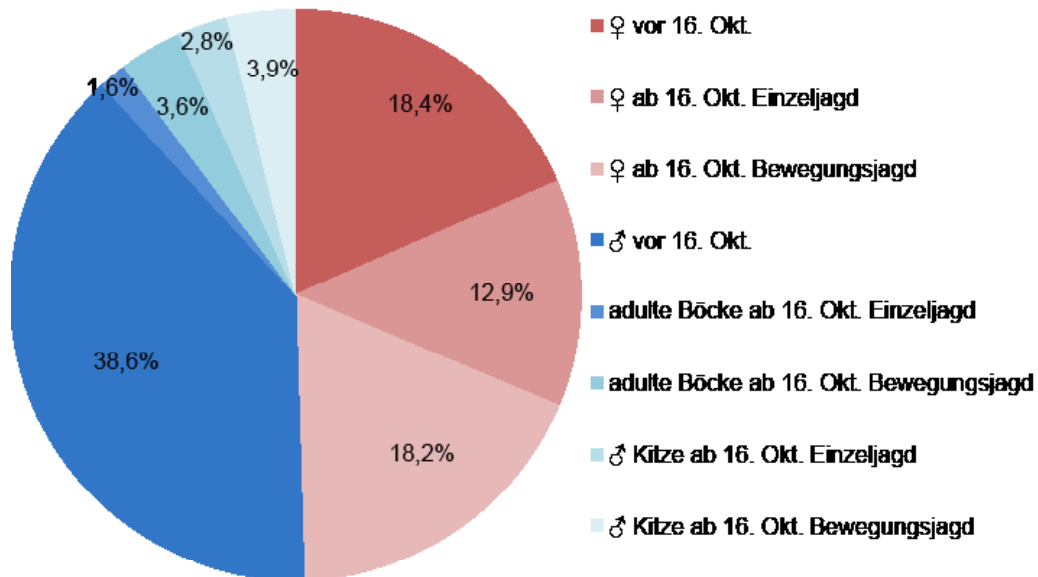
die Rehwildpopulationen mit diesen Abschüssen zumindest nicht überall an die waldbauliche Zielsetzung angepasst werden konnten.

In den vergangenen 10 Jahren hat die Gesamtrehwildstrecke seit dem Jagdjahr 2005/2006 von rund 75.000 auf rund 85.000 im Jagdjahr 2015/2016 zugenommen. Über den zehnjährigen Zeitraum bedeutet dies einen Anstieg von gut 13 %. Auch in den nicht verpachteten staatlichen Eigenjagdbezirken von Landesforsten, den sogenannten Regiejagdflächen, nahm die Rehwildstrecke von rund 7.500 erlegten Rehen im Jagdjahr 2005/2006 auf rd. 10.800 im Jagdjahr 2015/2016 zu.

Dieser Anstieg um rund 40 % fällt damit deutlich stärker aus, als auf der Gesamtjagdfläche im Land. Die Jagd auf den regieeigenen Flächen hat demnach überproportional zur steigenden Streckenentwicklung beigetragen. Nachfolgende Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf diese sogenannten Regiejagdflächen im nicht verpachteten Staatswald, da hierfür belastbare und hinreichend detaillierte Erlegungsdaten vorliegen.

Werden die aktuellen Rehwildabschüsse nach

Rehwildabschuss 2015/2016 in der Regiejagd nach Geschlecht und Jagdart; Gesamtabschuss: 10.284 Rehe; getrennte Darstellung der Erlegungszahlen vor und ab 16. Oktober, da mit der Landesjagdverordnung vom 25. Juli 2013 die Jagdzeit auf Rehböcke um den Zeitraum 16. Oktober bis 31.01. erweitert wurde; ♀ weiblich; ♂ männlich



Geschlechtern auf die einzelnen Jagdperioden aufgeteilt, fällt der nahezu hälftige Anteil weiblicher und männlicher Rehe auf jeweils knapp über 5.000 Stücke. Das Gros des männlichen Rehwildes (38,6 %) wird vor dem 16. Oktober „klassisch“ auf der sommerlichen Ansitzjagd vom Hochsitz aus erlegt. Darüber hinaus werden zusätzlich gut 5 % der Böcke nach dem 16. Oktober (dem Ende der Bejagungszeit vor der neuen Jagdzeitregelung) erlegt, davon der Großteil auf der Bewegungsjagd.

Beim weiblichen Rehwild fällt ein Großteil der Strecke auf Bewegungsjagden nach dem 16. Oktober an. Zusammen mit den ab diesem Zeitpunkt auf der Einzeljagd erlegten weiblichen Rehen macht der Anteil knapp ein Drittel des Gesamtrehwildabschlusses aus. Der Anteil der erlegten weiblichen Stücke, der aufgrund der erweiterten Freigabemöglichkeiten nach der Jagdzeitenänderung bei Bewegungsjagden zusätzlich erlegt wird, lässt sich leider nicht beziffern, da vor der Neuregelung keine entsprechend differenzierten Daten vorlagen. Die hohe Anzahl der in den letzten drei Jahren bei Bewegungsjagden erlegten Rehe und auch der Eindruck der Forst-

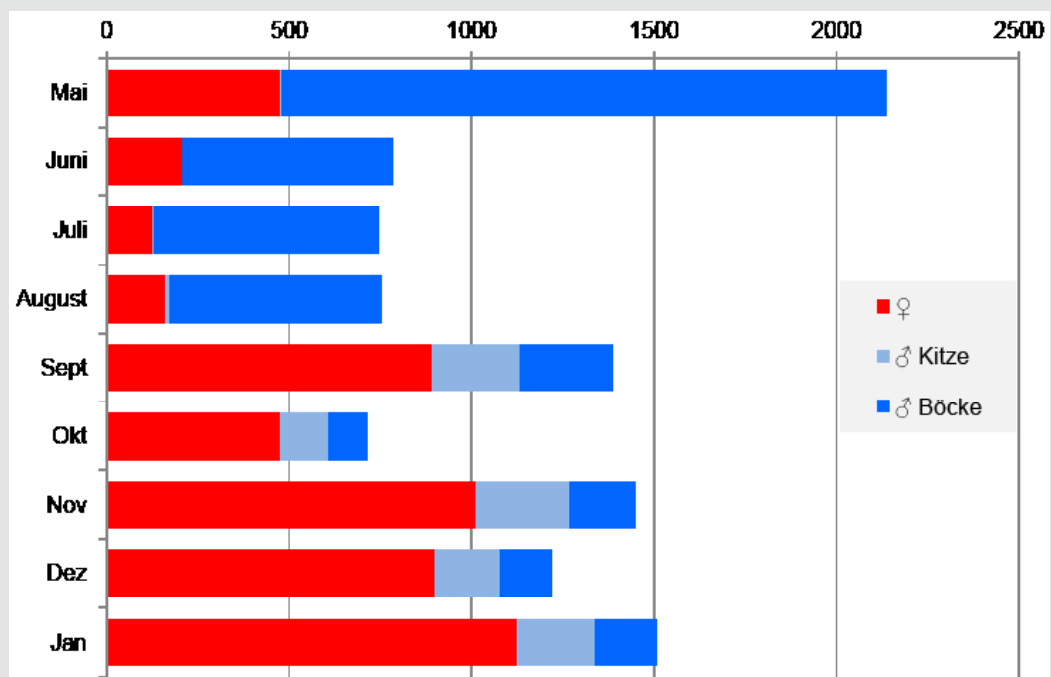
Bewegungsjagden werden mit mehreren Jägern in der Regel von Oktober bis Januar durchgeführt. Speziell ausgebildete Hunde und Treiber mobilisieren das Wild und ermöglichen den an gezielten Plätzen abgestellten Jägern das Wild zu sehen, anzusprechen und zu erlegen. „Ansprechen“ bedeutet in der Jägersprache das möglichst genaue Erkennen und Beurteilen des Wildes nach Geschlecht und Alter.

ämter, dass die Zahl der bei Bewegungsjagden zur Strecke gekommenen Rehe meist deutlich höher als vor der Jagdzeitenänderung ist, lassen aber den Schluss zu, dass die Rehwildjagd effizienter und effektiver geworden ist.

Noch deutlicher wird der Jagderfolg, wenn die monatsweise Streckenstatistik beim Rehwild getrennt nach Geschlechtern abgebildet wird. Hier spiegeln sich die geschlechtsspezifischen Aktivitätsphasen in Verbindung mit den Jagdzeiten des Rehwildes wider: bei Böcken Mai und die



Anzahl erlegter Rehe in der Regiejagd nach Erlegungsmonat und Geschlecht am Beispiel des Jagdjahres 2015/16



Brunftzeit Juli/August, beim weiblichen Rehwild der September.

Seit Einführung der neuen Jagdzeiten im Jagdjahr 2013/14 werden rd. 65 % des Rehwildes bei der Einzeljagd und rd. 25 % bei der Bewegungsjagd erlegt. Hinzu kommt ein Fallwildanteil von rd. 10 %. Als „Fallwild“ werden Wildtiere bezeichnet, die auf natürliche Weise (Krankheiten, Alterstod) oder aufgrund von Verletzungen z.B. durch Verkehrsunfall zu Tode gekommen sind. Ein Vergleich mit vorhergehenden Jahren ist mangels verfügbarer Daten leider nicht möglich.

Effektivere Rehwildjagd

In den nicht verpachteten staatlichen Eigenjagdbezirken entfallen im Jagdjahr 2015/16 etwa 89 % des Bockabschlusses auf die Ansitzjagd vor dem 16. Oktober, 8 % werden bei den Bewegungsjagden und 3 % bei der Ansitzjagd nach diesem Termin erlegt. In absoluten Zahlen sind das in der Summe 529 Rehe, die nach der bisherigen Jagdzeitenregelung nicht zur Strecke gekommen wären. Alleine der Anteil der Rehböcke – erlegt nach dem 16. Oktober – bedeutet einen Anstieg der Gesamtstrecke um rund 5 %. Seit Einführung der neuen Jagdzeiten durch die Landesjagdverordnung ist diese Zahl kontinuierlich gestiegen.

Hinzu kommt der leider nicht in Zahlen zu fassende Anteil der erlegten weiblichen Stücke, die bei den herbst- und winterlichen Bewegungsjagden aufgrund der geschlechtsunabhängigen Freigabe zusätzlich anfallen. Die zunehmende Rehwildstrecke seit dem Jagdjahr 2013/2014 lässt diese Vermutung begründet erscheinen. Ein Zeitraum von 3 Jahren ist jedoch noch zu kurz, um schon eine gesicherte Aussage treffen zu können.

Folgende **Jagdzeiten** gelten laut neuer Landesjagdverordnung für das Rehwild in Rheinland-Pfalz:

Kitze 01.09. - 31.01.

Schmalrehe 01.05. - 31.01.

Ricken 01.09. - 31.01.

Böcke 01.05. - 31.01.

(<http://www.wald-rlp.de/wild-jagd/jagdliche-regelungen.html>)



Fichtenverbiss

Foto: M. Jochum

ZERTIFIZIERUNG

- ÖKOLOGISCHE, ÖKONOMISCHE UND SOZIALE
STANDARDS DER WALDBEWIRTSCHAFTUNG



FSC-Vollversammlung am 29.07.2016 beschließt einen neuen deutschen
Waldstandard („FSC-Waldstandard 3.0“)

Foto: FSC Deutschland

Viele Produkte, die wir tagtäglich gebrauchen oder verbrauchen, sind mit einem Güte- oder Qualitätssiegel versehen. Diese dienen dazu, dem Verbraucher eine Orientierung über Herkunft, Produktionsverfahren und Handelswege der Produkte zu geben. Der Verbraucher will wissen, ob die Bretter im Baumarkt von Bäumen aus nachhaltiger Forstwirtschaft oder aus umweltschädlicher Übernutzung stammen. Die Standards der Zertifizierung ergänzen die ohnehin hohen Standards der Waldbewirtschaftung in Rheinland-Pfalz.

Die Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Staatswaldes nach Forest Stewardship Council® (FSC®)

Für die FSC-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Staatswaldes wurde eine FSC-Gruppe Landesforsten Rheinland-Pfalz, bestehend aus der Gruppenleitung sowie den zertifizierten Forstämtern als Gruppenmitglieder, gebildet. Zertifikatshalter mit der FSC-Lizenznummer FSC®-C111982 ist die bei der Landesbetriebsleitung angesiedelte Gruppenleitung. Der Staatswald der 44 rheinland-pfälzischen Forstämter wurde mit einer Fläche von 208.411 Hektar im Zeitraum von 2013 bis 2016 komplett zertifiziert. Systembedingt sind von der Zertifizierung Schutzflächen ausgenommen, auf denen die Biotopentwicklung gegenüber der forstwirtschaftlichen Nutzung im Vordergrund steht.

Verantwortlich für die Einhaltung der Standards bei allen Maßnahmen der Waldbewirtschaftung ist die jeweilige Forstamtsleitung. Zur Überprüfung der Einhaltung der FSC-Standards finden jährlich bei einer durch internationale FSC-Regularien festgelegten Stichprobe bei Gruppenmitgliedern aber auch bei der Gruppenleitung, externe Überwachungsaudits statt. Darüber hinaus sind bei einem Teil der Gruppenmitglieder zusätzlich interne Audits durchzuführen. Im Zeitraum von 2013 bis 2015 wurden insgesamt 4 interne Aufnahmeaudits, 3 interne Überwachungsaudits sowie 4 externe Überwachungsaudits durchgeführt. In einem Fall hat ein außerplanmäßiges Audit stattgefunden. Für den Herbst 2016 ist ein weiteres internes Überwachungsaudit vorgesehen. Die Ergebnisse der ex-

ternen Audits werden in einer gekürzten Form auf einer FSC-Datenbank veröffentlicht (<http://info.fsc.org/certificate.php>).

Eine Abweichung vom Standard liegt vor, wenn eine durchgeführte oder geplante Maßnahme nicht dem FSC-Standard bzw. den betrieblichen Anweisungen von Landesforsten entspricht und das Vorliegen oder die Anwendung einer Ausnahmeregelung nicht ausreichend begründet werden kann. Die festgestellten Abweichungen werden nach Umfang und Schwere in geringfügige (Nebenabweichung = Minor CAR; CAR: Abk. für engl. corrective action request) und erhebliche Abweichungen (Hauptabweichung = Major CAR) unterschieden. Nebenabweichungen müssen innerhalb einer Frist von 12 Monaten, Hauptabweichungen innerhalb von 3 Monaten beseitigt werden.

Der FSC Deutschland ist eine nationale Initiative, die als gemeinnütziger „Verein für verantwortungsvolle Waldwirtschaft e.V.“ organisiert ist. Er sieht seine Mission darin, weltweit eine verantwortungsvolle Waldbewirtschaftung zu fördern, die ökologisch angepasst, sozial förderlich und ökonomisch rentabel ist. Leitbild ist dabei die natürliche Waldgesellschaft. Das ist die Lebensgemeinschaft von Baumarten, Pflanzen, Tieren und Pilzen, die ohne menschlichen Einfluss im Wald vorkommen würde. Diese in Jahrtausenden entstandenen Lebensgemeinschaften werden als stabil gegen äußere Einflüsse wie Schnee, Sturm, Feuer oder Klimaveränderungen erachtet.

Eine größere Zahl von Nebenabweichungen im Rahmen des 2. Internen Aufnahmeaudits sowie des 2. Externen Überwachungsaudits bei der **Feinerschließung der Bestände** führte in der Summe zu einer Hauptabweichung (Major CAR) auf der Gruppenebene. Wesentliche Mängel dabei waren unsystematische Planung und Anlage der Feinerschließung sowie das Fahren mit Maschinen auch außerhalb der Befahrungslinien. Auf der Basis einer Ursachenanalyse wurden u.a. folgende Korrekturmaßnahmen ergriffen:

- Bereitstellung einer „Entscheidungshilfe zur Holzbereitstellung bei bodenbedingt eingeschränkter forsttechnischer Befahrbarkeit“
- Konkretisierung der Feinerschließungsrichtlinie als Sofortmaßnahme bis zur Neukonzeption eines Gesamterschließungskonzeptes
- Kartenmäßige Abgrenzung des befahrbaren Geländes von nichtbefahrbarem Gelände („Seilgelände“)
- Festlegung einer Zielhierarchie im befahrbaren Gelände
- Entwicklung einer Gesamtkonzeption Walder-schließung Landesforsten

Die erfolgreiche Umsetzung der ergriffenen Maßnahmen zur Erreichung der Standards zeigt sich daran, dass im Rahmen des externen Überwachungsaudits 2016 lediglich noch eine Nebenabweichung festgestellt wurde.

Die FSC-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Kommunalwaldes

Auch viele kommunale Forstbetriebe sind im Rahmen eines Gruppenzertifikats des Gemeinde- und Städtebunds Rheinland-Pfalz FSC-zertifiziert (FSC-Zertifikatsnummer GFA-FM/COC-002585). Das Gruppenzertifikat wurde im Herbst 2013 für weitere fünf Jahre bis Anfang 2019 erteilt. Aktuell (Stand 27.11.2015) umfasst diese Gruppenzertifizierung 168 kommunale Forstbetriebe mit 48.850 Hektar Holzbodenfläche (<http://www.gstb-rlp.de/gstbrp/Forsten%20und%20Jagd/FSC-Zertifizierung/Teilnehmerstand/>). Das nächste externe Audit findet im Herbst 2016 statt.

Neuer FSC-Waldstandard für Deutschland

Auf ihrer Vollversammlung am 29. Juni 2016 in Hamburg haben die Mitglieder von FSC Deutsch-

Feinerschließung

Die allseits bekannten „normalen“ Waldwege, die teilweise auch geschottert sind, dienen der allgemeinen Zugänglichkeit der Wälder für die dort arbeitenden Menschen, für Holzabfuhr, für Waldbesuchende wie auch für Rettungsfahrzeuge. Ergänzend dazu gibt es einfachste Wege und systematisch eingelegte Befahrungslinien in den Waldbeständen, die man als Feinerschließung bezeichnet. Diese „Einfachstwege“ sind nur durch forstliche Arbeitsmaschinen im Rahmen der Holznutzung, des Holzrückens und der Bestandespflege nutzbar; die Maschinen dürfen sich nur auf diesen Befahrungslinien bewegen, um auf der restlichen Waldfläche die beim Fahren entstehenden Schäden am Boden durch Verdrückung und Verdichtung zu vermeiden. Um diese „Einfachstwege“ dauerhaft nutzen zu können, muss bei ungünstigen Witterungsbedingungen gegebenenfalls auch die Arbeit unterbrochen werden, um ihre Befahrbarkeit durch die Arbeitsmaschinen zu erhalten, aber insbesondere um dauerhafte Bodenschädigungen zu vermeiden.



Gleisbildung nach Maschineneinsatz auf Befahrungslinie der Feinerschließung. Foto: F. Schmidt

land einen neuen deutschen Waldstandard („FSC-Waldstandard 3.0“) beschlossen. Er ist das Ergebnis eines zweijährigen Überarbeitungsprozesses durch die verschiedenen Gremien von FSC Deutschland, ergänzt durch 3 Phasen eines internetbasierten Beteiligungsverfahrens. Verbindlich wird der neue Standard nach seiner Akkreditierung durch FSC International; damit ist im Laufe des Jahres 2017 zu rechnen. Die noch nicht akkreditierte Version des neuen FSC-Waldstandards findet sich unter <http://www.fsc-deutschland.de/preview.fsc-waldstandard-3-0.a-992.pdf>.

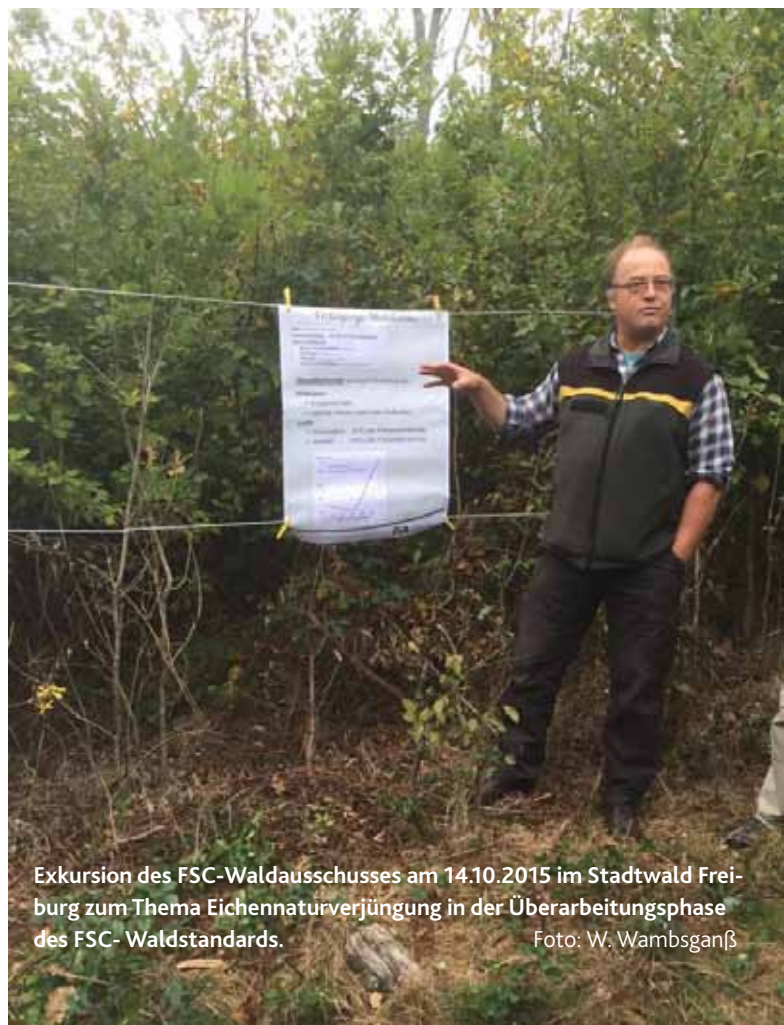
Zertifizierung rheinland-pfälzischer Wälder nach PEFC™

Die Abkürzung PEFC steht für „Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen“ (engl. Programme for the Endorsement of Forest Certification™). Bezugsebene für die Zertifizierung nach PEFC in Deutschland ist die Region, i.d.R. gleichzusetzen mit den Bundesländern. Die PEFC-zertifizierte Waldfläche in Rheinland-Pfalz beträgt zur Zeit 587.676 ha. Die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird auf regionaler Ebene dokumentiert und kontrolliert.

Mit dem Regionalen Waldbericht wird die regionale Waldbewirtschaftung und Waldentwicklung im Hinblick auf die Nachhaltigkeit anhand von Kriterien und Indikatoren objektiv und nachvollziehbar dokumentiert. Mit der positiven Begutachtung des Regionalen Waldberichts durch einen akkreditierten Auditor erhalten die Waldbesitzer in der Region die Möglichkeit, an der Zertifizierung nach PEFC teilzunehmen. Notwendig ist dazu die Unterzeichnung einer freiwilligen Selbstverpflichtungserklärung, mit der sich der Waldeigentümer zur Einhaltung der PEFC-Standards verpflichtet. Der Regionale Waldbericht wird von einer regionalen Arbeitsgruppe erstellt. Dazu werden alle relevanten Interessensgruppen eingeladen, sich an der Arbeit zu beteiligen. Im November 2015 wurde der aktuell gültige, 4. Regionale Waldbericht fertig gestellt. Die Beurteilung der nachhaltigen Forstwirtschaft erfolgt darin anhand von 31 Indikatoren, die wiederum auf den 6 Helsinki-Kriterien für nachhaltige

Forstwirtschaft basieren (https://pefc.de/media/filer_public/e1/1f/e11ffb78-d042-44d9-9969-33fd221fc6c2/4__regionaler_waldbericht.pdf). Überwachungsaudits in den Forstbetrieben finden regelmäßig und kontinuierlich statt. Die zu auditierenden Forstbetriebe werden jährlich über ein flächengewichtetes Losverfahren ausgewählt. Vor Ort wird durch einen akkreditierten Auditor überprüft, ob die forstliche Praxis die Standards nachhaltiger Waldbewirtschaftung erfüllt. Am Ende des Audits stehen ein mündlicher Bericht durch den Gutachter sowie ein schriftlicher Feststellungsbericht, der die Qualität der Bewirtschaftung und mögliche Abweichungen dokumentiert.

Zur Unterstützung der Regionalen Arbeitsgruppe bei der Erarbeitung von Zielen und Handlungsprogrammen zur Verbesserung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung in der Region, dem Informationsaustausch mit den Zertifizierungsteilnehmern oder der Kommunikation mit der Öffentlichkeit, wurde im August 2015 gemeinsam für die beiden Regionalen Arbeitsgruppen Rheinland-Pfalz und Saarland eine Regionalassistentin eingestellt.



Exkursion des FSC-Waldausschusses am 14.10.2015 im Stadtwald Freiburg zum Thema Eichennaturverjüngung in der Überarbeitungsphase des FSC- Waldstandards.
Foto: W. Wambsganz

Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im
Vergleich der Jahre 1984 bis 2016 über alle Alter

Alle Baumarten		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronen- verlichtung
Jahr	Anzahl Probe- bäume N	ohne Schad- merkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittel- stark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abge- storben 4	
2016	3864	27,1	46,1	26,8	25,1	1,1	0,6	21,6
2015	3864	27,4	48,0	24,8	23,4	1,0	0,4	21,2
2014	3912	29,8	45,9	24,2	22,6	1,2	0,4	20,8
2013	11328	30,1	46,9	23,0	21,8	0,8	0,4	20,2
2012	3936	28,6	43,0	28,4	26,1	1,9	0,4	22,0
2011	3864	28,2	38,6	33,2	31,2	1,6	0,4	22,9
2010	3888	30,3	43,9	25,8	24,1	1,1	0,6	21,1
2009	3912	30,9	40,7	28,4	26,6	1,3	0,5	21,7
2008	11136	29,4	39,6	31,0	29,0	1,6	0,4	22,2
2007	3912	30,8	40,7	28,5	26,4	1,6	0,5	21,5
2006	3936	25,3	38,4	36,4	34,1	1,8	0,5	23,9
2005	3960	23,7	45,3	31,0	29,1	1,4	0,5	23,0
2004	11160	26,7	39,1	34,1	31,7	2,0	0,4	23,4
2003	3960	26,2	40,8	33,0	31,5	1,1	0,4	22,6
2002	3912	37,8	37,7	24,5	22,8	1,1	0,6	19,5
2001	11136	41,0	38,1	20,9	19,6	0,9	0,4	17,6
2000	3888	34,1	47,7	18,2	17,0	0,8	0,4	18,6
1999	3888	29,9	45,5	24,5	22,6	1,5	0,4	20,6
1998	3888	32,8	42,5	24,7	23,2	1,1	0,4	20,1
1997	11016	38,4	37,5	24,2	22,7	1,1	0,4	19,0
1996	3528	36,0	41,8	22,2	20,9	0,8	0,5	19,2
1995	3456	39,4	42,0	18,6	17,6	0,6	0,4	17,7
1994	9912	39,6	39,7	20,7	19,3	1,2	0,2	18,0
1993	1440	37,9	46,3	15,8	14,9	0,8	0,1	16,3
1992	1440	39,8	45,2	15,0	13,7	1,3	0,0	16,9
1991	9192	47,5	40,8	11,6	10,8	0,6	0,2	14,9
1990	9192	47,0	44,3	8,7	7,7	0,9	0,1	14,5
1989	3408	46,2	43,4	10,4	9,4	0,8	0,2	15,1
1988	3432	45,9	43,2	10,9	10,5	0,3	0,1	15,1
1987	3432	52,9	38,8	8,3	7,8	0,3	0,2	12,6
1986	10080	54,1	37,7	8,2	7,5	0,5	0,2	12,9
1985	10128	53,6	37,6	8,8	8,2	0,5	0,1	13,1
1984	10248	59,2	32,9	7,9	7,3	0,4	0,2	11,9

Fichte		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2016	1009	34,1	43,1	22,8	20,4	1,3	1,1	20,2
2015	1013	27,3	45,7	27,0	25,7	0,8	0,5	21,4
2014	1039	34,8	43,5	21,7	19,9	1,2	0,6	19,2
2013	2865	36,9	42,5	20,6	19,3	0,8	0,5	18,6
2012	1071	34,1	40,9	25,0	23,3	0,7	1,0	20,4
2011	1061	44,4	37,0	18,6	17,1	0,9	0,6	17,4
2010	1086	40,6	39,5	19,9	18,0	0,7	1,2	18,5
2009	1129	36,1	38,3	25,6	23,8	0,8	1,0	20,4
2008	3011	43,6	37,5	18,9	17,2	1,1	0,6	17,8
2007	1136	45,5	33,5	21,0	18,8	1,2	1,0	18,2
2006	1170	35,1	41,5	23,4	21,5	1,0	0,9	19,9
2005	1197	32,1	46,2	21,7	20,1	0,9	0,7	19,7
2004	3133	39,5	38,1	22,4	20,8	1,1	0,5	18,9
2003	1229	39,5	35,7	24,6	23,1	0,8	0,7	19,3
2002	1220	46,1	35,1	18,8	16,9	1,2	0,7	17,1
2001	3168	55,9	30,3	13,7	12,9	0,6	0,2	13,2
2000	1222	47,6	39,6	12,8	11,9	0,6	0,3	15,2
1999	1226	41,0	42,8	16,2	15,3	0,6	0,3	17,4
1998	1221	47,5	37,8	14,7	13,5	1,0	0,2	16,0
1997	3142	54,9	30,9	14,1	13,3	0,6	0,2	14,0
1996	1089	51,5	36,0	12,5	11,3	0,8	0,4	14,6
1995	1076	53,3	35,1	11,6	10,6	0,6	0,4	13,8
1994	2838	52,6	34,8	12,6	11,8	0,6	0,2	13,8
1993	317	55,5	33,4	11,1	9,5	1,6	0,0	11,4
1992	316	55,7	31,6	12,7	11,1	1,6	0,0	13,2
1991	2722	56,5	33,2	10,3	8,9	1,2	0,2	12,9
1990	2731	56,9	36,3	6,8	6,2	0,6	0,0	12,0
1989	1190	55,4	36,0	8,7	8,2	0,5	0,0	12,8
1988	1188	51,2	40,4	8,5	8,2	0,3	0,0	13,1
1987	1190	58,7	31,9	9,4	8,8	0,3	0,3	12,6
1986	3316	57,6	32,9	9,5	8,8	0,5	0,2	11,8
1985	3320	59,8	31,7	8,5	7,9	0,5	0,1	11,3
1984	3371	66,5	26,8	6,6	6,2	0,2	0,2	9,9

Kiefer		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2016	540	43,7	49,1	7,2	6,1	0,0	1,1	15,7
2015	541	47,0	44,0	9,2	7,9	0,0	1,3	16,3
2014	539	46,8	46,6	6,7	5,8	0,0	0,9	15,8
2013	1567	44,8	47,4	7,9	6,8	0,2	0,9	15,7
2012	540	44,6	44,6	10,8	9,8	0,4	0,6	16,4
2011	550	34,2	49,8	16,0	14,2	1,1	0,7	19,3
2010	556	44,6	46,2	9,2	8,1	0,4	0,7	16,2
2009	555	35,9	54,4	9,6	8,6	0,5	0,5	17,2
2008	1620	32,2	48,3	19,5	17,3	1,7	0,5	19,6
2007	559	37,4	47,6	15,0	14,1	0,7	0,2	17,7
2006	562	31,3	51,1	17,7	16,9	0,4	0,4	19,6
2005	559	29,7	51,5	18,8	17,2	1,1	0,5	20,1
2004	1653	26,8	54,0	19,2	17,4	0,7	1,1	20,6
2003	552	24,1	57,2	18,6	17,9	0,5	0,2	19,8
2002	564	39,5	49,1	11,4	9,8	0,9	0,7	17,2
2001	1683	43,2	46,2	10,6	8,6	1,2	0,8	16,7
2000	562	34,3	55,7	9,9	9,4	0,5	0,0	17,3
1999	561	29,8	60,8	9,4	8,9	0,5	0,0	17,2
1998	562	32,4	60,1	7,6	6,8	0,4	0,4	16,7
1997	1685	40,4	52,7	7,0	6,2	0,3	0,5	15,6
1996	522	31,2	60,5	8,3	7,1	0,2	1,0	17,0
1995	519	33,1	58,2	8,7	7,5	0,0	1,2	17,1
1994	1627	45,5	47,3	7,2	6,5	0,1	0,6	15,0
1993	329	35,3	56,5	8,2	8,2	0,0	0,0	16,7
1992	328	40,9	53,4	5,8	5,8	0,0	0,0	14,8
1991	1545	39,9	51,3	8,7	8,5	0,0	0,2	16,6
1990	1545	41,1	54,9	4,1	3,9	0,1	0,1	14,9
1989	524	40,5	53,8	5,7	5,3	0,2	0,2	15,2
1988	547	37,8	54,3	7,9	7,7	0,0	0,2	16,1
1987	548	45,8	48,0	6,2	5,8	0,0	0,4	14,1
1986	1620	38,6	54,3	7,1	6,5	0,2	0,4	16,2
1985	1614	33,7	52,2	14,2	13,1	0,7	0,4	17,81
1984	1633	35,6	51,6	12,9	11,8	0,6	0,5	17,3

Buche		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2016	786	8,4	32,8	58,8	57,8	0,9	0,1	29,8
2015	785	20,0	50,6	29,4	28,4	0,9	0,1	22,4
2014	784	9,7	38,5	51,8	49,9	1,8	0,1	29,5
2013	2388	16,1	51,1	32,7	31,9	0,8	0,0	23,7
2012	783	10,2	49,8	39,9	37,9	2,0	0,0	26,5
2011	781	8,3	24,3	67,3	64,9	2,4	0,0	32,9
2010	783	14,4	52,0	33,6	33,0	0,6	0,0	23,8
2009	769	15,6	39,4	45,0	43,7	1,3	0,0	26,6
2008	2308	17,4	41,1	41,5	40,4	1,0	0,1	25,6
2007	770	17,5	46,8	35,6	34,5	1,0	0,1	23,9
2006	760	12,9	33,7	53,3	51,8	1,4	0,1	28,5
2005	761	10,4	45,6	44,0	42,8	1,2	0,0	27,0
2004	2244	9,0	27,6	63,3	60,0	3,3	0,0	32,2
2003	742	11,9	38,3	49,9	48,5	1,1	0,3	27,4
2002	718	17,5	31,3	51,1	50,1	0,6	0,4	27,4
2001	2187	17,0	45,8	37,2	36,3	0,8	0,1	23,9
2000	705	9,5	54,5	36,1	34,9	0,9	0,3	25,1
1999	705	12,5	44,3	43,3	40,7	2,6	0,0	26,4
1998	701	14,3	44,5	41,3	40,7	0,6	0,0	24,8
1997	2139	20,3	44,7	35,0	34,2	0,7	0,1	23,1
1996	659	13,4	52,2	34,5	34,0	0,3	0,2	23,9
1995	655	15,3	49,9	34,9	34,4	0,5	0,0	24,0
1994	1939	18,6	44,9	36,4	34,9	1,5	0,0	24,0
1993	375	25,6	53,3	21,1	19,5	1,6	0,0	18,5
1992	375	25,3	49,9	24,8	23,2	1,6	0,0	21,0
1991	1777	33,0	49,6	17,4	16,7	0,6	0,1	17,9
1990	1775	29,1	52,6	18,3	16,2	2,0	0,1	19,1
1989	624	32,5	53,0	14,4	13,9	0,3	0,2	17,8
1988	624	34,0	51,6	14,5	13,8	0,5	0,2	18,3
1987	626	41,5	49,0	9,4	8,6	0,6	0,2	15,7
1986	1880	48,8	42,6	8,7	8,2	0,4	0,1	13,2
1985	1902	45,8	47,4	6,8	6,4	0,3	0,1	14,1
1984	1918	52,6	39,4	8,0	7,6	0,4	0,0	13,0

Eiche		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2016	691	25,6	55,3	19,0	18,5	0,4	0,1	19,9
2015	688	15,3	54,2	30,6	29,4	1,2	0,0	23,6
2014	711	27,7	53,0	19,2	17,7	1,4	0,1	19,9
2013	2151	13,3	50,1	36,6	34,8	1,4	0,4	25,6
2012	708	14,0	40,1	45,9	42,7	3,1	0,1	28,1
2011	685	15,5	45,3	39,3	37,4	1,8	0,1	26,0
2010	683	9,8	38,9	51,2	48,3	2,6	0,3	29,6
2009	680	15,4	39,3	45,3	42,4	2,8	0,1	27,5
2008	2061	8,2	31,4	60,4	56,8	3,4	0,2	31,9
2007	678	8,6	41,7	49,7	46,8	2,5	0,4	29,4
2006	676	11,8	30,0	58,1	54,3	3,4	0,4	30,9
2005	676	6,5	38,0	55,5	53,0	2,1	0,4	30,7
2004	2038	16,8	42,0	41,1	38,4	2,5	0,2	26,1
2003	673	7,7	38,9	53,3	52,0	1,2	0,1	29,2
2002	653	24,3	48,4	27,3	25,3	1,2	0,8	21,8
2001	1991	18,6	46,1	35,3	33,5	1,3	0,5	24,0
2000	631	14,9	56,1	29,0	26,6	1,6	0,8	23,7
1999	630	7,5	42,7	49,9	45,1	3,7	1,1	29,6
1998	634	4,9	37,7	57,5	53,2	3,5	0,8	31,1
1997	1984	12,9	33,4	53,8	49,9	3,3	0,6	29,7
1996	581	9,0	41,3	49,8	47,7	1,9	0,2	28,9
1995	572	18,4	54,2	27,4	26,7	0,7	0,0	22,4
1994	1774	15,9	46,1	38,0	35,4	2,5	0,1	25,6
1993	309	26,9	48,2	24,9	24,9	0,0	0,0	20,3
1992	303	31,0	51,8	17,2	16,5	0,7	0,0	19,1
1991	1634	37,5	47,7	14,7	14,0	0,4	0,3	17,0
1990	1627	37,6	54,4	8,1	7,5	0,2	0,4	16,0
1989	517	29,0	53,0	18,0	15,7	1,9	0,4	20,0
1988	521	30,3	47,4	22,3	21,5	0,6	0,2	19,9
1987	522	39,3	50,4	10,4	10,2	0,0	0,2	15,6
1986	1710	46,4	44,4	9,2	8,7	0,4	0,1	14,5
1985	1718	46,2	43,0	10,8	10,1	0,6	0,1	15,3
1984	1718	58,4	34,2	7,5	6,8	0,6	0,1	13,0

sonstige Baumarten		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2016	838	27,0	52,9	20,2	17,5	2,3	0,4	20,9
2015	837	32,0	43,7	23,9	21,6	1,9	0,4	20,9
2014	839	33,3	49,2	17,5	15,6	1,4	0,5	18,8
2013	2357	41,8	44,6	13,6	12,6	0,7	0,3	16,5
2012	834	40,8	40,8	18,4	15,0	3,2	0,2	18,6
2011	787	33,2	41,4	25,5	23,4	1,7	0,4	20,3
2010	780	39,6	44,4	16,0	14,0	1,4	0,6	18,1
2009	779	48,3	37,2	14,5	12,6	1,4	0,5	16,7
2008	2136	41,0	42,3	16,8	15,3	1,2	0,3	17,4
2007	769	36,9	39,4	23,6	20,5	2,6	0,5	20,1
2006	768	29,8	36,5	33,8	30,5	3,0	0,3	22,6
2005	767	34,7	45,4	19,9	17,2	2,2	0,5	19,7
2004	2092	36,0	38,6	25,3	22,4	2,5	0,4	20,4
2003	763	36,4	41,2	22,4	20,0	2,1	0,3	19,3
2002	757	54,0	30,0	15,9	14,0	1,5	0,4	15,5
2001	2107	63,0	28,0	9,2	8,1	0,9	0,2	12,2
2000	768	51,0	42,0	7,5	6,4	0,7	0,4	14,7
1999	766	47,0	42,0	11,0	9,3	1,2	0,5	15,6
1998	770	50,0	39,0	11,3	10,1	0,4	0,8	15,5
1997	2066	55,0	31,0	13,9	12,2	1,0	0,7	14,9
1996	677	60,0	27,0	13,3	11,4	0,9	1,0	15,1
1995	634	65,0	21,0	13,8	12,1	1,1	0,6	13,9
1994	1734	61,0	28,0	10,9	9,4	1,2	0,3	13,2
1993	110	74,0	20,0	5,7	4,0	0,5	1,2	10,9
1992	118	62,0	32,0	6,4	2,6	3,8	0,0	13,6
1991	1514	67,0	26,0	7,1	6,4	0,4	0,3	11,0
1990	1515	66,0	28,0	6,4	4,7	1,7	0,0	11,5
1989	553	67,0	26,0	6,5	4,7	1,0	0,8	12,6
1988	552	74,0	22,0	4,3	3,6	0,4	0,3	10,4
1987	546	76,0	19,0	4,6	4,1	0,4	0,1	9,7
1986	1554	78,0	17,0	4,8	4,0	0,8	0,0	8,6
1985	1574	78,0	18,0	4,1	3,5	0,5	0,1	8,2
1984	1608	76,5	17,3	6,2	5,2	0,6	0,4	8,3

Entwicklung des Probestaumkollektives nach Baumarten

Im Jahr 1984 wurde das Stichprobenraster angelegt und die Ausgangslage zum Beginn der Zeitreihe dokumentiert. Alle folgenden Erhebungen erfolgten auf dem gleichen Grundraster. Damit sind Veränderungen im Vergleich zur Ausgangslage zu erkennen. Die Zusammensetzung des Probestaumkollektives hat sich im Laufe der Jahre verändert. Der Anteil an Fichte ist geringer geworden. Die Fichtenbestände waren durch die Sturmwürfe der vergangenen Jahre besonders betroffen; die Wiederaufforstungen erfolgten mit höheren Laubholzanteilen. Die Zahl der Probestaumpunkte ist größer geworden, bei der Überprüfung des Rasters sind etliche Stichprobenpunkte, die in Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erstaufforstungen nach 1984 und solchen Punkten, die bei der Anlage des Rasters 1984 übersehen wurden (z.B. in kartographisch nicht erfasstem Kleinprivatwald). Hierbei waren überproportional die sonst weniger häufigen Laubbaumarten vertreten. Im Vergleich zu anderen Inventuren zeigt sich, dass der Fichtenanteil noch geringer, der Buchenanteil jedoch höher ist; hier sind jedoch auch Baumartenanteile unter Schirm, die von der WZE verfahrensbedingt nicht erfasst werden von Bedeutung. In den Daten der Forsteinrichtung fehlt der Privatwald. Douglasie ist vom Raster der WZE mit einem zu geringen Anteil erfasst.

Art (Gattung)	2016 Anzahl	2016 Anteil (in %)	1984 Anteil (in %)	Anteil nach Forsteinrichtung 2006	Anteil nach Bundeswald- inventur 2012
Fichte	1009	26,1	32,9	21 %	24,2 %
Buche	786	20,3	18,7	29 %	21,8 %
Eiche	691	17,9	16,8	16 %	17,9 %
Kiefer	540	14,0	15,9	13 %	11,3 %
Lärche	147	3,8	3,4	3 %	1,7 %
Esche	132	3,4	0,9		0,8 %
Douglasie	129	3,3	3,5	6 %	6,0 %
Hainbuche	105	2,8	2,2		
Birke	54	1,4	1,2		1,8 %
Ahorn	49	1,3	0,6		
Erle	36	0,9	0,3		1,3 %
Edelkastanie	35	0,9	0,5		
Tanne	33	0,9	0,6	1 %	0,6 %
Kirsche	26	0,7	0,3		
Kulturpappel	25	0,6	0,5		
Eberesche	20	0,5			
Aspe	14	0,4	0,3		
Linde	12	0,3	0,4		
Roteiche	6	0,2	0,3		
Strobe	4	0,1	0,2		
Salweide	3	0,1			
Mehlbeere	3	0,1			
Elsbeere	3	0,1			
Robinie	1	0,0	0,1		
Ulme	1	0,0	0,1		
Insgesamt	3864	100,0	99,7*	89 %*	87,8 %*

*

* Den Fehlbetrag zu 100 % bilden die mit leerem Feld be-
lassenen Baumarten. Für diese Baumarten liegen die Daten
nicht weiter aufgegliedert vor.

Anhang 3

Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
Internationale Abkommen und Richtlinien		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:		
Helsinki-Protokoll	1985	1. und 2. Schwefel-Protokoll zur
Sofia-Protokoll	1988	Rückführung der Stickstoffoxidemissionen
Genfer-Protokoll	1991	Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen
Oslo-Protokoll	1994	Reduzierung der Schwefelemissionen
Aarhus-Protokoll	1998	Rückführung von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen
Göteborg-Protokoll	1999	Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
VOC-Richtlinie (VOC = Volatile Organic Compounds)	1999	Begrenzung von Emissionen flüchtiger, organischer Verbindungen
Abfallverbrennungsrichtlinie	2000	Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen
Großfeuerungsanlagen-Richtlinie	2001	Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft
Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings)	2002	Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO ₂ , NO _x , NH ₃ und VOC
Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM10, PM2.5) und Blei sowie Ozon in der Luft
Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)	2008	Genehmigungspflicht für bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten mit einem hohen Verschmutzungspotential
Richtlinie über Industrieemissionen (IED-Richtlinie)	2012	Neufassung der IVU-Richtlinie Verstärkte Berücksichtigung der „besten verfügbaren Technik“ (BVT)
Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air Policy Package mit dem Programm „Saubere Luft für Europa“)	2013	Kurz- und Langfristmaßnahmen im Bereich Anlagen, Verkehr, Hausbrand und Landwirtschaft zur weiteren Senkung der Emissionen und Immissionsbelastungen
Nationale Regelungen		
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	2005	Neufassung vom September 2002
1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	2010	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
10. BImSchV	2013	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen
17. BImSchV	2013	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
20. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
28. BImSchV	2013	Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
35. BImSchV	2007	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BImSchV	2012	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
39. BImSchV	2010	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen
TA Luft	2002	Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik
Änderungen der Kfz-Steuerregelung	2009	Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO ₂ -Emissionen
EURO 1 Norm für Pkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93
EURO I Norm für Lkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93
EURO II Norm für Lkw	1991	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96
EURO 2 Norm für Pkw	1994	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97
EURO 3 Norm für Pkw	1998	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001
EURO 4 Norm für Pkw	1998	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006
EURO 5 Norm für Pkw	2006	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010
EURO III Norm für Lkw	1999	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000
EURO IV Norm für Lkw	1999	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005
EURO V Norm für Lkw	1999	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO ₂) ab 2008
EURO 6 Norm für Pkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015
EURO VI Norm für Lkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2013/2014
Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring, ForUmV	2013	Datengrundlage für forst- und umweltpolitische Entscheidungen sowie Berichterstattung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einer politischen Gruppe verstanden werden könnte.

Das Waldmonitoring in Rheinland-Pfalz ist eingebunden in das deutsche und europäische Forstliche Umweltmonitoring.

Die Kronenzustandserhebungen auf dem 16x16 km-EU-Raster und die Intensivuntersuchungen auf den rheinland-pfälzischen Level-II-Flächen wurden bis 2006 im Rahmen des EU-Forest Focus-Programms und von 2009 bis Juni 2011 im Rahmen des LIFE+-FutMon-Projekts (www.futmon.org) von der Europäischen Union finanziell unterstützt.





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

www.mueef.rlp.de
www.wald-rlp.de