

Waldbauliche Anpassung an den Klimawandel

Stand 14.11.2017

Erstellt im Zuge des vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geförderten Projektes „Erfolgreiche Klimaanpassung im Kommunalwald“ (KLIMWALD), Arbeitsbereich I (Förderkennzeichen 03DAS036A)



Autoren:

Dr. Tina Schäfer, HessenForst Landesbetriebsleitung, Betriebsassistentin

Kai Hoffmann, Hessisches Forstamt Wolfhagen, Betriebsassistent

Uwe Zindel, Forstamt Wolfhagen, Leiter

Kontakt:

Landesbetrieb HessenForst

Forstamt Wolfhagen

Kurfürstenstr. 19

34466 Wolfhagen

Tina Schäfer, Tina.Schaefer@forst.hessen.de

Uwe Zindel, Uwe.Zindel@forst.hessen.de

Inhalt

1	Multifunktionale Forstwirtschaft	1
2	Klimawandelfolgen.....	3
2.1	Klimawandel in Hessen	3
2.2	Die Folgen des Klimawandels für unsere Wälder	5
2.2.1	Folgen kontinuierlicher Veränderungen	6
2.2.2	Folgen von extremen Ereignissen und zunehmender Klimavariabilität	8
3	Klimaanpassung im Wald	10
3.1	Stabilisierung der vorhandenen Waldbestände	12
3.2	Standortgemäße Baumartenwahl	13
3.3	Risikostreuung durch gemischte Wälder	20
3.4	Anpassungsvermögen bewahren	22
4	Schlüsselfaktor Wild	24
4.1	Verbiss und Schäle	24
4.2	Definition übermäßiger Wildschäden am Beispiel des Hessischen Staatswaldes ...	27
4.3	Bejagungsschwerpunkte	28
5	Literatur	29

Abbildungen

Abbildung 1: Unverzichtbar für unsere Gesellschaft: Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes	2
Abbildung 2: Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 und gleitendes 30jähriges Mittel in Hessen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr.....	4
Abbildung 3: Schäden durch Borkenkäfer an Fichte	7
Abbildung 4: Vorzeitige Blattfärbung der Buche im August 201	9
Abbildung 5: Vom Sturm geworfene und gebrochene Fichten	9
Abbildung 6: Das Verhältnis von Baumhöhe zu Baumdurchmesser und das Kronenprozent sind wichtig für „stabile Verhältnisse.....	12
Abbildung 7: Natürliche Verbreitungsgebiete von A: Gemeiner Fichte (<i>Picea abies</i>), B: Waldkiefer (<i>Pinus sylvestris</i>), C: Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>), D: Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>).....	13
Abbildung 8: Spätfrostschäden an Buche.....	15
Abbildung 9: Ziel der waldbaulichen Bemühungen sind vitale und strukturreiche Mischwälder	21
Abbildung 10: A: mehrfach verbissener Bergahorn, B: durch Verbiss nicht mehr zukunftsfähige Eschen-Naturverjüngung, C: Sommerschäle an Buche, D: Winterschäle an Esche	24
Abbildung 11: Idealverlauf Regeneration von Mischwäldern.....	25
Abbildung 12: Entmischung durch Verbiss und Schäle.....	26
Abbildung 13: Jagdliche Infrastruktur ist die Voraussetzung für den Erfolg der schwerpunktmäßigen Bejagung gefährdeter Flächen.....	28

1 Multifunktionale Forstwirtschaft

Der Wald hat eine ganz besondere Bedeutung für unsere Kulturlandschaft und damit für uns. Seine Funktionen zur Verbesserung der Luft- und Wasserqualität, zur Abflussregulation, aber auch als Erholungsraum sind unersetzlich zur Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse und werden planerisch gezielt dafür eingesetzt. Darüber hinaus ist der Wald Lebensraum für viele Arten und wichtige Erwerbsquelle für viele Waldbesitzer und Arbeitnehmer (Fiebinger et al. 2013).

Wälder erzeugen Holz - den seit jeher wichtigsten und vielfältigsten sich selbst erneuernden Rohstoff (Röhrig 2006). Auf dem nachwachsenden Rohstoff Holz baut ein großer Wirtschaftszweig auf. Zum sogenannten Cluster Forst- und Holzwirtschaft zählen neben der Forstwirtschaft die Holz be- und verarbeitenden Industriezweige (z.B. Sägewerke, Holzwerkstoffindustrie, Möbelindustrie), das Holzhandwerk, die Papierwirtschaft, das Verlage- und Druckereigewerbe, die energetische Holznutzung sowie der Holzhandel und die Zulieferer. Bundesweit sind 1,1 Mio. Personen im Cluster Forst und Holz beschäftigt (Becher 2015).

Die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit und Produktivität bewirtschafteter Wälder auch unter sich wandelnden Umweltbedingungen ist eine wesentliche Aufgabe zur Wahrung eigentümerspezifischer und gesellschaftlicher Interessen (Fiebinger et al. 2013).

Der Wald erfüllt eine Vielzahl von Funktionen. Wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) gilt es, ihn zu erhalten und nachhaltig zu bewirtschaften (Bundeswaldgesetz § 1)



Abbildung 1: Unverzichtbar für unsere Gesellschaft: Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes (Foto: Martin Mahrenholz)

2 Klimawandelfolgen

Klima beschreibt den mittleren Zustand der Atmosphäre über längere Zeiträume (z.B. 30-40 Jahre). Seit ca. 1950 wurden Veränderungen vieler extremer Wetter- und Klimaereignisse beobachtet. Einige dieser Veränderungen stehen mit menschlichen Einflüssen in Verbindung, darunter ein Rückgang kalter Temperaturextreme, ein Anstieg warmer Temperaturextreme, eine Zunahme extrem hoher Meeresspiegel und ein Anstieg der Anzahl von Starkniederschlagsereignissen in etlichen Regionen. Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen sind zurückgegangen und der Meeresspiegel ist angestiegen.

Emissionsszenarien projizieren den Anstieg der Temperatur an der Erdoberfläche im Verlauf des 21. Jahrhunderts. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Hitzewellen häufiger auftreten und länger andauern und dass extreme Niederschlagsereignisse in vielen Regionen an Intensität und Häufigkeit zunehmen werden. Die Risiken abrupter oder irreversibler Änderungen steigen in dem Maße, wie sich das Ausmaß der Erwärmung erhöht (IPCC 2014). Viele Aspekte des Klimawandels und damit verbundene Folgen werden für Jahrhunderte andauern, selbst wenn es gelingt, anthropogene Treibhausgasemissionen zu stoppen.

2.1 Klimawandel in Hessen

Die folgende Grafik (Abbildung 2) stammt aus dem Hessischen Waldzustandsbericht 2016 und zeigt auf Grundlage von Daten des Deutschen Wetterdienstes die Niederschlagssummen und die Mitteltemperaturen sowie die Abweichungen vom Mittel der Referenzperiode 1961-1990. Dazu beschreibt Sutmöller (2016) Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf für Hessen wie folgt:

„Die langjährigen Messdaten für den Zeitraum von 1961 bis 2016 zeigen seit 1988 eine gegenüber der Referenzperiode (1961-1990) erhöhte Temperatur. Im Vegetationsjahr 2016 (Oktober 2015 bis September 2016) hat sich die langjährige Mitteltemperatur von 8,3 °C (Mittelwert der Referenzperiode) auf aktuell 9,2 °C erhöht (Mittelwert 1987-2016). Um den gemessenen Temperaturanstieg zu verdeutlichen, wurde das gleitende 30jährige Mittel berechnet, das für jedes Jahr den Mittelwert aus den voraus gegangenen 30 Jahren bildet (gepunktete Linie in der Abbildung 1). Dabei war das Vegetationsjahr 2016 mit 10,1 °C nach den Jahren 2007 und 2014 das drittwärmste Jahr seit Messbeginn in Hessen.

Die Niederschlagshöhe schwankt im Zeitraum 1961 bis 2016 von Jahr zu Jahr mit Werten von weniger als 500 mm (1976) bis annähernd 1000 mm (1961) sehr stark (Abbildung 1). Perioden mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen wechseln mit trockenen Perioden

ab, so dass keine einheitliche Tendenz festgestellt werden kann. Es fällt jedoch auf, dass die letzten Jahre im Landesdurchschnitt eher zu trocken ausgefallen sind.

Ein Trend zu feuchteren Wintern und trockeneren Sommern, wie es die aktuellen Klimaszenarien projizieren, ist bisher nicht zu beobachten. Der erwartete Temperaturanstieg spiegelt sich in den Messreihen dagegen gut wieder (siehe 30jähriges Mittel in der Abbildung 1). Die beobachtete Erwärmung entspricht dabei eher dem ‚worst case‘-Szenario und würde einen Temperaturanstieg von rund 4 °C bis zum Jahr 2100 im Vergleich zur vorindustriellen Temperaturniveau (Mittelwert 1850-1900) zur Folge haben. Um die Erwärmung auf 1,5 °C bis 2,0 °C bis zum Jahr 2100 zu begrenzen, müssten die Treibhausgas-Emissionen kurzfristig und drastisch reduziert werden.“

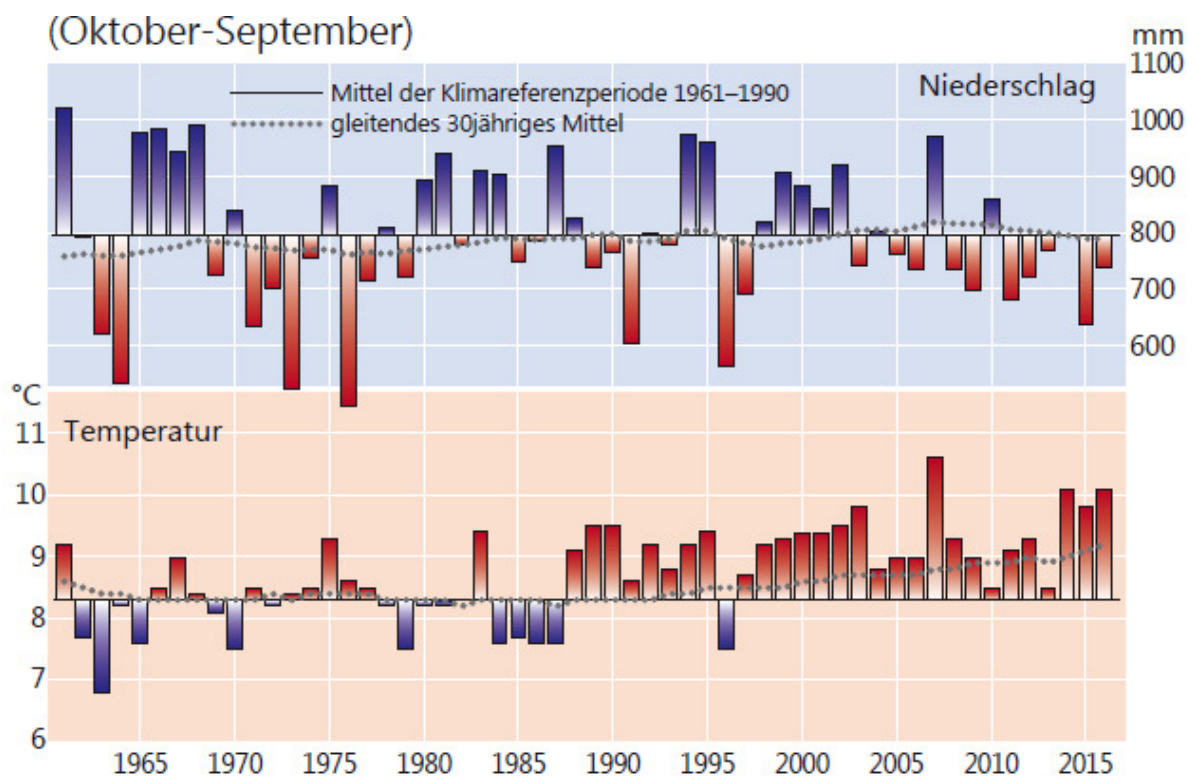


Abbildung 2: Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961-1990 und gleitendes 30jähriges Mittel in Hessen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr (Sutmöller 2016)

2.2 Die Folgen des Klimawandels für unsere Wälder

„Die sich anbahnenden Prozesse sind in erster Linie auf eine nennenswerte Erhöhung des CO₂ Gehaltes der Erdatmosphäre zurückzuführen. Waldrodungen in der Antike und im frühen Mittelalter, Waldvernichtungen in der Gegenwart und die Verbrennung fossiler Kohlenstoffträger sind die Ursache für diesen Kohlendioxidanstieg“ (Thomasius 1991).

Bäume nehmen CO₂ direkt aus der Atmosphäre auf und speichern den Kohlenstoff (C) in ihrer Biomasse. Wälder speichern große Kohlenstoffmengen in Böden und Biomasse und sind damit ein wichtiges Element im Kreislauf klimarelevanter Spurengase. Produktive Wälder sind Kohlenstoffsinken und somit ein bedeutender Faktor im Klimageschehen. Ohne die Speicherung von Kohlenstoff in pflanzlicher Biomasse und Böden sowie die Erzeugung von langlebigen Holzprodukten mit hohen Substitutionseffekten wären gegenwärtig die Treibhausgas-Emissionen in Deutschland um mehr als 14 % höher als aktuell kalkuliert. „Daher besteht eine wesentliche Herausforderung darin, angesichts der Risiken des Klimawandels nachhaltig eine hohe Produktivität und Nutzung der Wälder zu sichern“ (BMEL 2016).

Die Vitalität der Waldbäume wird maßgeblich beeinflusst durch die Höhe der Niederschläge, die Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf sowie die Temperaturdynamik (Sutmöller 2016). „Bäume sind mit ihren langen Lebenszyklen von Veränderungen der Umwelt potentiell besonders betroffen. Bestände, die heute begründet werden, müssen sowohl das heutige als auch das künftige Klima aushalten können, ansonsten drohen ökologisch und wirtschaftlich negative Folgen“ (Reif et al. 2009). Dementsprechend weit vorausschauend muss die Forstwirtschaft planen und zukünftige Veränderungen der Wuchsbedingungen berücksichtigen. Baumarten, die heute noch gut mit den Klimabedingungen an ihrem Standort zurechtkommen, können in den kommenden Jahrzehnten anfälliger für Schäden werden und Zuwachseinbußen erleiden. Schon heute sind Verschiebungen in der Artenzusammensetzung an der Wärme- und Trockenheitsgrenze der Baumartenverbreitung zu beobachten (Umweltbundesamt 2015).

„Die von zahlreichen Klimatologen vorausgesagte Temperaturerhöhung und die sich daraus ergebenden verschiedenartigen meteorologischen Effekte können für verschiedene Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften erhebliche Auswirkungen haben. Das gilt vor allem dort, wo sich diese Spezies bzw. Phytozönosen schon heute im ökologischen Grenzbereich befinden und durch die Klimaänderung ins ökologische Aus gedrängt werden“ (Thomasius 1991).

Je stärker der globale Klimawandel ausfällt, desto heftiger werden sich die Klimafolgen ausprägen. In der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Bundesregierung 2008) werden die Klimafolgen wie folgt unterteilt:

- Folgen, die durch kontinuierliche Veränderungen hervorgerufen werden (z. B. jahreszeitlich verlagerte Vegetationsperioden, Veränderungen der Grundwasserneubildung).
- Folgen, die durch verstärktes Auftreten von extremen Ereignissen bestimmt werden, wie Starkregen, Stürme, Hitze- oder lange Trockenperioden. Hierzu gehören die Wahrscheinlichkeiten von Waldbränden, Hoch- und Niedrigwasser und Hitzestress.
- Folgen zunehmender Klimavariabilität. Schwankungen des Klimas könnten auch bereits kurzfristig Bedeutung erlangen z. B. könnten Dürren in kurzer zeitlicher Folge auftreten und die Bewältigungskapazität der Land- und Forstwirtschaft überfordern.

2.2.1 Folgen kontinuierlicher Veränderungen

Dass es künftig zu einem weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperaturen kommen wird, gilt als sehr wahrscheinlich (IPCC 2014).

Höhere Temperaturen führen zu einer Erhöhung der Interzeptionsverluste an den Oberflächen der Kronen und Stämme. Dadurch verringert sich die Menge an Niederschlag, die den Boden erreicht und als weitere Folge auch das pflanzenverfügbare Bodenwasser. Gleichzeitig steigen mit zunehmender Temperatur der Wasserbedarf der Bäume und die Transpiration. Geht der Bodenwasservorrat zur Neige, sind Bäume unterschiedlich in der Lage, die Transpiration durch das Schließen der Spaltöffnungen zu regulieren. Dies hat Konsequenzen für das Baumwachstum und Rückwirkungen auf das Regionalklima (Fiebinger et al. 2013).

Verursacht durch die milderen Frühlingstemperaturen treiben Waldbäume mittlerweile einige Tage früher aus als noch vor wenigen Jahrzehnten. Allerdings hat sich der Zeitraum, in dem es zu nächtlichen Spätfrösten kommt, bisher kaum verändert. Daher ist auch künftig mit Spätfrostschäden zu rechnen. Spätfrost kann zu verschiedenen Schäden an Waldbäumen führen - am häufigsten erfrieren frische Triebe von Verjüngungspflanzen (LWF 2015). Gerade für die frostempfindlichen Laubbäume können späte Frostereignisse, die in Mitteleuropa bis etwa Mitte Mai auftreten können, fatal sein, denn im ungünstigsten Fall wird die gerade frisch gebildete Blattmasse vollständig zerstört und der Baum muss seine gespeicherten Reserven erneut zur Blattbildung nutzen (Schüler et al. 2012).

Die projizierten Klimaveränderungen, insbesondere die zunehmende Sommertrockenheit, wird die Vitalität vieler Baumarten beeinträchtigen. Dahingegen können wärmeliebende Insekten und Krankheitserreger von den Klimaveränderungen profitieren. Im Falle der Fichte ist von vermehrten Schäden durch rindenbrütende Borkenkäfer auszugehen. Beispielsweise wird für den Buchdrucker davon ausgegangen, dass mit höheren Temperaturen das Schwärmen der Käfer früher im Jahr erfolgt und so eine zusätzliche Käfergeneration ausgebildet werden kann. Neben den Borkenkäfern werden an den Nadelbäumen auch vermehrt Schäden durch die Tannentriebblaus und durch Pilze als Folge des Klimawandels diskutiert (Umweltbundesamt 2015). „Bei den Laubbäumen sind es unter anderem der Maikäfer, der Eichenprozessions- und Schwammspinner sowie der Eichenprachtkäfer, die Miniermotte an Rosskastanien und der Kleine Buchenborkenkäfer an der Buche, deren vermehrtes Auftreten mit der zunehmend warmen und sommertrockenen Witterung in Zusammenhang gebracht wird“ (Umweltbundesamt 2015).



Abbildung 3: Schäden durch Borkenkäfer an Fichte (Foto: schemmi/pixelio.de)

Ein Beispiel für einen Pilz, der zunächst endophytisch im Inneren eines Baumes leben kann ohne Krankheitssymptome zu verursachen aber bei Vitalitätsverlusten seines Wirtes als Wund- und Schwächeparasit auftritt, ist *Sphaeropsis sapinea*, der Erreger des Diplodia-Triebsterbens. Seit den 1980er- bis 1990er-Jahren treten vermehrt Schäden durch *S. sapinea* an der Waldkiefer auf. Neben der Kiefer sind in unseren Breiten aber auch zunehmend andere Nadelbäume wie Douglasien und Tannen betroffen. Zunächst stirbt der diesjährige Trieb ab, Rindenschäden und Wipfeldürre können folgen. Sehr starke Schädigung führt zum Absterben des Baumes (Langer et al. 2011). Infolge prädisponierender Faktoren, wie Niederschlagsdefizite, Hagelschlag mit Rindenverletzungen, Fraßschäden durch Kiefernbuschhornblattwespen, Mistelbefall und Wurzelfäulen ist das Diplodia-Triebsterben im Jahr 2016 in Hessen besonders im Ried und im Odenwald verstärkt aufgetreten (NWFVA 2016b). Im Frühjahr 2017 wurden in Hessen auffällige bis wirtschaftlich fühlbare Schäden infolge des Diplodia-Triebsterbens an der Kiefer beobachtet.

2.2.2 Folgen von extremen Ereignissen und zunehmender Klimavariabilität

In einer umfassenden Literaturrecherche haben Gömann et al. (2015) ca. 300 Veröffentlichungen zur Wirkung von Extremwetterlagen auf Wälder geprüft und in der Folge drei Extremwetter-Einflüsse mit zukünftig hoher (wirtschaftlicher) Bedeutung für unsere Wälder identifiziert:

- (1) Trockenheit, die sich zuwachsminierend auf ältere Hauptbestände auswirkt,
- (2) Dürre (letale Trockenheit), die primär Jungpflanzen und Waldverjüngungen betrifft und
- (3) Herbst- und Winter-Orkane, die ältere Waldbestände schädigen.



*Abbildung 4: Vorzeitige Blattfärbung der Buche im August 2016
(Foto: Jörg Weymar, Waldzustandsbericht Hessen 2016)*



Abbildung 5: Vom Sturm geworfene und gebrochene Fichten (Foto: Jörg Eising / pixelio.de)

3 Klimaanpassung im Wald

Durch die erwarteten Folgen des Klimawandels muss von Waldbesitzern und Forstleuten zunehmend eine weitere Facette künftiger Entwicklungen berücksichtigt werden. Dies ist eine durchaus komplexe Herausforderung - die Planungsunsicherheit nimmt zu. Die Forstwirtschaft ist durch ihre langen Produktionszeiträume geprägt: immer wieder müssen Entscheidungen getroffen werden, die über viele Jahrzehnte Festlegungen und damit eine lange Kapitalbindung bedeuten. Beispielsweise ist das angestrebte Erntealter im Hessischen Staatswald bei der Fichte 80-120 Jahre, bei Buche 120-180 Jahre, und bei Eiche 180-240 Jahre (HMUELV 2012). Die heute getroffenen waldbaulichen Entscheidungen werden ihre Spuren hinterlassen, den Wald der Zukunft prägen und seine Vitalität und Erträge beeinflussen.

Die Empfindlichkeit der Wälder ist von diversen Faktoren abhängig, die regional und sogar lokal unterschiedlich ausgeprägt sind. Dazu gehören die Standortsbedingungen (Wasser- und Nährstoffversorgung sowie die jeweiligen klimatischen Gegebenheiten) und die Eigenschaften der aktuellen Bestockung (u.a. Baumarten, Mischung, Bestandesalter, Struktur). Zukünftige Veränderungen der Wuchsbedingungen müssen berücksichtigt werden. Baumarten, die heute noch gut mit den Klimabedingungen an ihrem Standort zurechtkommen, können in den kommenden Jahrzehnten anfälliger für Schäden werden und Zuwachseinbußen erleiden.

Auslöser für Vitalitätsminderung und Folgeschäden kann sowohl ein einzelnes extremes Ereignis (z.B. extreme Trockenheit) als auch ein Zusammentreffen mehrerer schädlicher nicht extremer Ereignisse (z.B. Fichte: warmes Frühjahr, mehrere Borkenkäfergenerationen, Sommertrockenheit) sein (Eichhorn et al. 2016a).

Ziel der Klimaanpassungsmaßnahmen im Wald sind stabile, vitale, vielfältige und anpassungsfähige Waldbestände, in denen die verschiedenen Waldfunktionen auch unter veränderten Klimabedingungen wirtschaftlich und nachhaltig erbracht werden können.

Vulnerabilität bezeichnet nach IPCC (2014) das Ausmaß, wie stark ein System durch Veränderungen des Klimas beeinflusst wird und in welchem Maße dies bewältigt werden kann. Die mögliche oder erwartete Veränderung des Klimas und von Witterungsereignissen (Exposition) ist dabei ein wesentlicher Faktor. Gleichmaßen wichtig ist jedoch die Empfindlichkeit (Sensitivität) der Systeme, die von den Klimaänderungen betroffen sind. Konkret: Die Struktur und Beschaffenheit der heute bestehenden Wälder und die vorherrschenden Standortbedingungen. Zu berücksichtigen ist zudem die Anpassungskapazität des Systems. Da die Exposition nicht beeinflusst werden kann, ist die Anpassungskapazität die Stellgröße für die Verringerung der Sensitivität. Klimaanpassung im Wald kann durch verschiedene waldbauliche Massnahmen aktiv unterstützt werden. Diese zielen auf die Stabilisierung der vorhandenen Waldbestände und die Senkung und Verteilung von Risiken. Angestrebt werden stabile Bestände aus vitalen Bäumen verschiedener Arten und Altersklassen mit einem hohen Anpassungsvermögen an sich ändernde Umweltbedingungen.

3.1 Stabilisierung der vorhandenen Waldbestände

Die natürliche Entwicklung von Wäldern beruht auf Wandel und Dynamik - es herrscht ein fortwährender aber langsam verlaufender Wechsel der Waldbilder. Die Betrachtung der Waldgeschichte zeigt, dass das heutige Erscheinungsbild des Waldes – wie die früheren Stadien auch – nur ein Durchgangsstadium der Waldentwicklung hin zu einem vielleicht heute noch völlig unbekanntem Bild ist (Küster 2013). Wenn hier von „stabilen“ Beständen die Rede ist, sind damit Waldgefüge gemeint, die Beanspruchungen z.B. in Form von Stürmen oder Trockenphasen standhalten können. Es geht also um die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit – nicht um das langfristige Beharren auf dem aktuellen Zustand.

Die Stabilisierung vorhandener Waldbestände kann durch eine angepasste Bewirtschaftung unterstützt werden. Rechtzeitige und in der Intensität an Baumarten und Bestandesentwicklung angepasste Pflegemaßnahmen sorgen dafür, dass die einzelnen Bäume genug Raum zur Entwicklung vitaler Kronen und Wurzelwerke haben. In der Folge konkurrieren weniger verbleibende Bäume um Licht, Wasser und Nährstoffe. Auch die Förderung der Mischbaumarten erfolgt im Rahmen der Pflegemaßnahmen.

Da sie den Herbst- und Winterorkanen mehr Angriffsfläche bieten, weisen immergrüne Nadelbäume – und unter diesen ganz besonders die flachwurzelnde Fichte – gegenüber den laubabwerfenden Baumarten eine erhöhte Sturmschadenwahrscheinlichkeit auf. Neben der Baumart kommt der Baumhöhe als schadenbestimmender Variablen eine zentrale Bedeutung zu (Hanewinkel et al. 2015). Als vergleichsweise stabil gilt ein Verhältnis von Baumhöhe (m) zu Baumdurchmesser (m) von <80 und ein Kronenprozent von >40 (Kuratorium für Forstwirtschaft 2004).

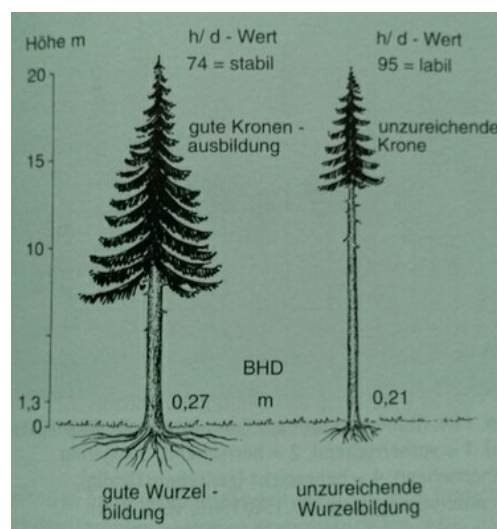


Abbildung 6: Das Verhältnis von Baumhöhe zu Baumdurchmesser und das Kronenprozent sind wichtig für „stabile Verhältnisse“ (aus: Kuratorium für Forstwirtschaft 2004).

Stabilität fängt mit der Wurzel an. Wo Naturverjüngung oder Saat keine Alternative zur Bestandesbegründung durch Pflanzung darstellt, muss darauf geachtet werden, dass die Stabilität nicht durch Wurzeldeformationen gefährdet wird. Daher müssen Pflanzgut und Pflanzverfahren sorgsam gewählt werden (LWF 2003).

3.2 Standortgemäße Baumartenwahl

Die Baumartenwahl ist eine langfristige Entscheidung und muss sich an den heutigen und zukünftigen Standort- und Klimaverhältnissen orientieren. Einschätzungen, welche Baumarten sich im Klimawandel bewähren werden, fußen oft auf der aktuellen Angepasstheit/Stresstoleranz (gegenwartsorientiert) als evolutives Ergebnis früherer und aktueller Umweltbedingungen (Kätzel 2009). So werden bspw. die aktuellen natürlichen Verbreitungsgebiete der Baumarten als Indikator für die Eignung unter Klimawandelbedingungen herangezogen. Das Risiko des Anbaus von Baumarten, deren Areal einen weiten Temperatur- und Niederschlagsbereich abdeckt und dabei in warme und trockene Klimate hineinragt, wird dabei als vergleichsweise gering eingeschätzt (Kölling und Zimmermann 2007), siehe Abb. 7.

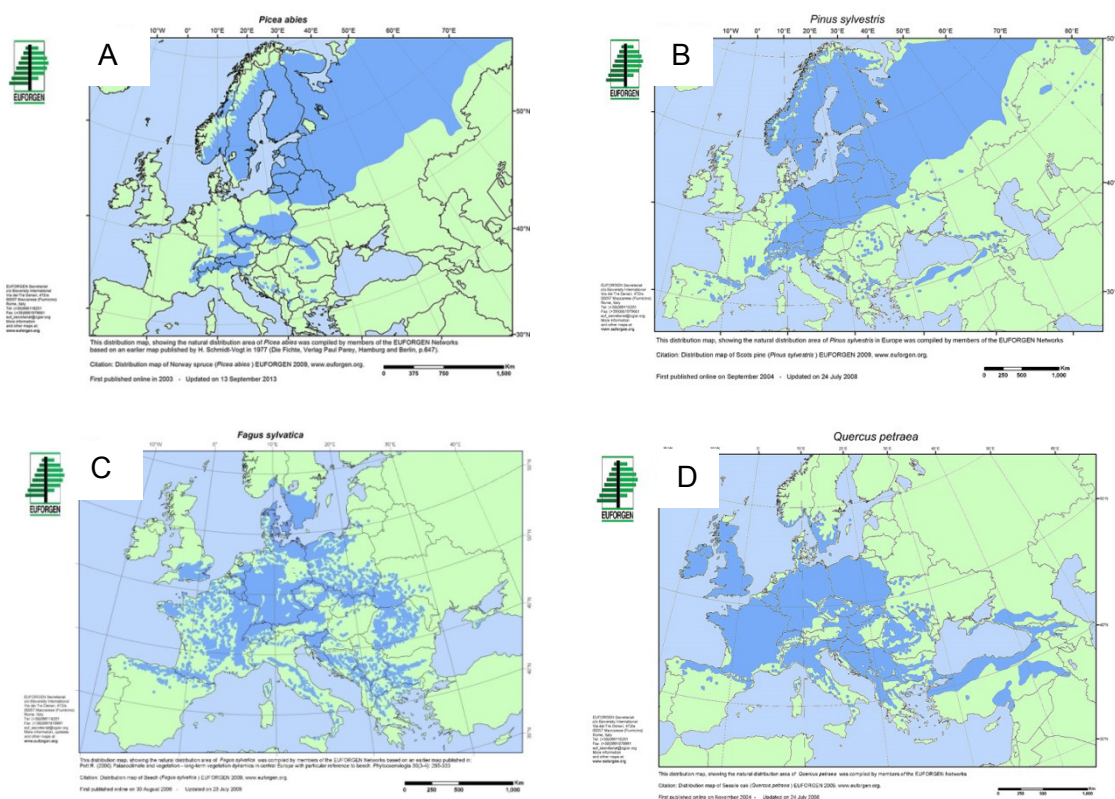


Abbildung 7: Natürliche Verbreitungsgebiete von A: Gemeiner Fichte (*Picea abies*), B: Waldkiefer (*Pinus sylvestris*), C: Rotbuche (*Fagus sylvatica*), D: Traubeneiche (*Quercus petraea*)

Allerdings ist dieser Ansatz mit verschiedenen Einschränkungen behaftet, denn „bei der natürlichen Verbreitung spielen neben der standörtlichen Eignung die Konkurrenzverhältnisse eine entscheidende Rolle. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die Kiefer, die sehr anpassungsfähig ist und praktisch alle waldfähigen Standorte besiedeln kann. Auch die praktischen Erfahrungen zeigen, dass die Kiefer (oftmals nach künstlicher Begründung) auf vielen trockenen und warmen Standorten vital ist. Aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft kommt sie jedoch in Mitteleuropa natürlicherweise nur auf Extremstandorten vor, die für die konkurrenzstärkeren Baumarten wie Buche nicht geeignet sind. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich mit der prognostizierten Klimaänderung auch die Konkurrenzsituation zwischen den Baumarten verschieben wird“ (Bolte et al. 2008). Das aktuelle „natürliche Verbreitungsgebiet“ hat zur Beurteilung der zukünftigen Anbaueignung deshalb insbesondere bei konkurrenzschwachen Baumarten wie der Kiefer nur eine eingeschränkte Aussagekraft.

Auch ignoriert die Annahme, dass die Toleranz von Waldbäumen gegenüber den künftig erwarteten Klimabedingungen auf Grund ihrer gegenwärtigen Verbreitung beurteilt werden könnte, die genetischen Unterschiede (also Genotypen bzw. Ökotypen) innerhalb ihrer Verbreitungsgebiete. Populationen bzw. geographische Herkünfte sind an das lokale Klima angepasst und unterscheiden sich zum Teil deutlich voneinander (Kreyling et al. 2011). Die physiologische Anpassungsfähigkeit von einzelnen Bäumen bzw. Baumpopulationen äußert sich im Reaktionsvermögen gegenüber sich verändernden Umweltbedingungen und ist genetisch verankert. Daher ist es wichtig, dass neben der Baumartenwahl auch die Wahl der Herkunft (Provenienz) beachtet wird (Guericke et al. 2016). So können die im Hinblick auf den Klimawandel besonders erwünschten Eigenschaften wie Trockenheitsresistenz und Spätfrostresistenz zwischen verschiedenen Herkünften einer Baumart stark variieren (Roloff und Grundmann 2008). Bei der Einbringung von Herkünften aus vergleichsweise wärmeren und trockeneren Regionen gilt es äußerst achtsam vorzugehen. „Trotz eines allgemeinen Erwärmungstrends wird es in unseren Breiten auch in Zukunft immer wieder zu Spätfrostereignissen kommen. Dies ist zu bedenken, wenn man Herkünfte aus Regionen einführt, in denen eine Anpassung an solche Ereignisse nicht gefordert ist“ (Kreyling et al. 2011). Nichtsdestotrotz ist das maßvolle Einbringen von Baumarten und Herkünften, die mit Hitze und Trockenperioden besser zurechtkommen dafür aber teilweise stärker spätfrostgefährdet sind, eine Option, um Waldbestände an die Klimaerwärmung anzupassen. Waldbauliche Maßnahmen zur Vermeidung von Spätfrostschäden (z.B. keine spätfrostempfindlichen Arten in typischen Frostlagen, Verjüngung unter Schirm) gewinnen daher künftig noch mehr an Bedeutung (LWF 2015).



Abbildung 8: Spätfrostschäden an Buche (Foto: Frank Hecker)

Auch aus der nacheiszeitlichen Waldentwicklung lassen sich Rückschlüsse ziehen zur potentiellen Eignung der Baumarten unter sich ändernden Klimabedingungen. Im Alttertiär war Mitteleuropa von tropischen Wäldern bedeckt, die Pole waren eisfrei. Dann trat eine starke Abkühlung des Klimas ein. Im Ausgang des Tertiär herrschte in Mitteleuropa ein Klima ähnlich dem heutigen, allerdings war die damalige Flora wesentlich vielfältiger als die heutige: Neben den Baumarten, die auch heute noch bei uns beheimatet sind, gab es andere, wie z.B. Douglasie, Weymouthskiefer, Sumpfyzypresse, Mammutbaum, Gingko und Platane (Hasel und Schwartz 2006).

„In der Folge einer weiteren, allmählichen aber starken Abkühlung des Klimas traten mehrere „Vereisungsschübe“ auf. Im Zeitraum von etwa 600.000 bis ungefähr 10.000 Jahre vor unserer Zeitrechnung sind vier Hauptvereisungen zu unterscheiden, die jeweils von wärmeren Phasen unterbrochen wurden, den sogenannten Zwischeneiszeiten. Die Zwischeneiszeiten müssen zum Teil wärmer gewesen sein als unser heutiges Klima. Nur so ist es zu erklären, dass die Moore in den Gebirgen Eichen und andere Laubbaumarten in einer Höhenlage nachweisen, in der sie heute nicht mehr vorkommen“ (Hasel und Schwartz 2006). Nach dem Ende der Eiszeiten kamen die überlebenden Baumarten unterschiedlich schnell zurück. Die zeitliche Aufeinanderfolge der zurückwandernden Baumarten wurde von verschiedenen Faktoren beeinflusst. So wurden kältefesteste Baumarten (z.B. Birke und Kiefer)

weniger weit vom vorrückenden Eis vertrieben als wärmebedürftige Arten und hatten nach dem Rückgang des Eises einen dementsprechend kürzeren Rückweg zu überwinden. Baumarten, die früh, oft und reichlich fruchten, wandern rascher als solche, die spät, wenig und selten fruchten. Baumarten, die leichte, windverbreitete Samen bilden, wandern schneller als solche, die schwerfrüchtige Samen bilden. So wandern etwa Aspe, Weide und Birke deutlich schneller als Eiche, Tanne und Buche. Bei der Besiedelung von waldfreien Standorten folgen bestimmte Pflanzengesellschaften aufeinander (Sukzession): Zuerst kommen die schnell wandernden, gegenüber Witterungsextremen unempfindlichen und in der Jugend rasch wachsenden, lichtbedürftigen Pionierbaumarten. Im Schutz des von ihnen geschaffenen Pionierwaldes etablieren sich schattentolerante, langlebige Baumarten wie Tanne, Buche und Fichte. Und natürlich spielte auch die Klimaentwicklung eine Rolle. In der mittleren Wärmezeit (5.500-2.500 v. Chr.), als das Klima warm und mäßig feucht war, herrschten in den Ebenen Mischwälder aus Eiche, Linde, Ulme und Esche vor. Die Buche konnte ihre Dominanz im mitteleuropäischen Raum erst ab ca. 2.500 v. Chr., als das Klima allmählich wieder feuchter und kühler wurde, entwickeln. Im westlichen Deutschland bildet die Buche das Schlussglied der nacheiszeitlichen Baumarteneinwanderung“ (Hasel und Schwartz 2006).

„Zu Beginn des Eiszeitalters trennte sich Nordamerika von Europa und Asien. Jetzt entwickelten sich die bis dahin einheitlichen Floren in verschiedener Weise. Die voreiszeitliche Pflanzenwelt Europas ist nach den in den Mooren gefundenen Zeugnissen mannigfaltiger gewesen als die heutige. Ihre relative Verarmung ist die Folge der Eiszeiten. Diese haben Pflanzen und Tiere nach dem wärmeren Süden abgedrängt. Anders als in Nordamerika, wo nach dem Ende der Vereisung die Baumarten ungehindert in die alte Heimat zurückwandern konnten, stand in Europa die mächtige Alpenkette der Rückwanderung im Weg, so dass alles, was nicht den weiten Weg im Westen oder Osten um die Alpen herum fand, vernichtet wurde. Der Umstand, dass die Alpen in Ost-West-Richtung und nicht wie die nordamerikanischen Gebirge nord-südlich streichen, hat die verhältnismäßige Eintönigkeit der mitteleuropäischen Wälder verursacht“ (Hasel und Schwartz 2006).

Die Frage, welche Baumarten auch unter veränderten Klimabedingungen für die Waldbewirtschaftung geeignet sind, wird zum Teil kontrovers diskutiert. Da ist zum einen die Unsicherheit darüber, was uns hinsichtlich des künftigen Klimas tatsächlich erwartet und in welcher Weise dies die Fähigkeit der heimischen Baumarten zu Wachstum und Verjüngung berührt. Da ist zum zweiten die Frage, welche Potentiale unsere Baumarten haben, sich an die Veränderung ihrer abiotischen und biotischen Umwelt anzupassen (Ammer 2009).

Weitgehender Konsens besteht hinsichtlich der Anfälligkeit der Fichte gegenüber Klimaveränderungen – diese Baumart wird als Verlierer des Klimawandels eingeschätzt, ihre Zukunft wird regional und auf einer Reihe von Standorten, auf denen sie derzeit zu finden ist, als problematisch eingestuft (Bolte et al. 2009). Aufgrund von intensiver Holznutzung, Waldweide und Streunutzung waren im 18. Jahrhundert die Wälder vielerorts in einem schlechten, stark aufgelichteten Zustand, die Waldböden verarmt. Damals begann die gezielte Ausweitung des Fichtenanbaus, denn die Fichte ist anspruchslos, robust und leicht vermehrbar. Sie wurde als ideale Baumart gesehen, um Flächen rasch aufzuforsten. Darüberhinaus galt das vielseitig verwendbare Fichtenholz als geeignet, um die befürchtete Holznot zu überwinden. In der Folge wurde die Fichte auch auf Standorten angebaut, die den Ansprüchen dieser Baumart an eher kühle und feuchte Klimabedingungen nicht gerecht werden und die den Klimawandelszenarien zufolge künftig noch wärmer und trockener werden. Auf solchen Standorten weist die Fichte – insbesondere im Reinbestand – ein hohes Anbaurisiko auf. Vor allem wenn sie im Reinbestand angebaut wird, ist sie anfällig für Schädlingsbefall oder Sturmereignisse (Umweltbundesamt 2015). In Mischung mit anderen Baumarten zeigt sich die Fichte deutlich widerstandsfähiger gegenüber ungünstigen Klimaverhältnissen als im Reinbestand (Neuner et al. 2014).

Einiges spricht dafür, dass die Buche in weiten Teilen ihres aktuellen Verbreitungsgebietes auch künftig eine wichtige Haupt- und Mischbaumart bleiben wird, falls die Klimaerwärmung und Trockenheitsverschärfung in einem begrenzten Rahmen bleibt. Allerdings wird über die Grenzen der Trockenheitstoleranz der Buche kontrovers diskutiert (Rennenberg et al. 2004, Ammer et al. 2005, Kölling et al. 2005, Manthey et al. 2007). Insbesondere auf flachgründigen oder sandigen Böden könnten sich die Wachstumsbedingungen für sie durch erhöhte Temperaturen und geringere Sommerniederschläge entscheidend verschlechtern (Hickler et al. 2012). Den zukünftig wahrscheinlich steigenden Risiken für Buchenwälder durch intensivere und häufigere Trockenphasen sollte Rechnung getragen werden u.a. durch eine gezielte Mischung von Buchen mit anderen Baumarten. Dies kann Risiken verteilen und für den Mischbestand insgesamt minimieren (Wagner 2004, Bolte 2016).

Zunehmende Sommertrockenheit wird die Wuchsbedingungen in heute noch absolut von der Buche dominierten Wäldern wahrscheinlich zugunsten verschiedener Mischbaumarten

verändern. Diese Veränderungen werden sich vorrangig in Konkurrenzverschiebungen und vermindertem Wachstum der Buche äußern, mit der vollständigen Ablösung von Buchenwaldökosystemen ist allerdings nach derzeitigem Wissensstand nicht zu rechnen. Bei den weiteren heimischen Baumarten werden vor allem die Eichenarten (insbesondere die Traubeneiche), Ahornarten (besonders Spitz- und Feldahorn), Hainbuche, Elsbeere, Vogelkirsche, Winterlinde und vielfach auch die Weißtanne positiv eingeschätzt (Ammer 2009, Bolte 2009, Jenssen 2009, Roloff und Grundmann 2008).

Neben der Erhöhung des Anteils standortgemäßer heimischer Baumarten wird auch die Einmischung von trockenheitstoleranten, fremdländischen Baumarten als wichtiger Beitrag zur Anpassung und Risikominderung bewertet (Spathelf et al. 2008). Eine relativ gute Perspektive wird für die nicht-heimischen Baumarten Douglasie, Küstentanne, Japanlärche und Roteiche ausgewiesen. Diese Baumarten bedeuten – gerade vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen – eine willkommene Bereicherung des hiesigen Baumartenspektrums (Vor et al. 2015).

Da es zurzeit kaum möglich ist, die Folgen des Klimawandels für einzelne Arten oder Wälder eindeutig vorauszusagen, wird Risikostreuung und -minderung als wichtiger Aspekt für Klimaanpassung gesehen (Hickler et al. 2012). Danach ist für die Walderhaltung ein Mischwald mit verschiedenen Altersklassen der beste Garant.

Die Eigenschaften der wichtigsten, aus Sicht der Forstwirtschaft in unseren Breiten anbauwürdigen Baumarten zeigt die folgende Tabelle.

3.3 Risikostreuung durch gemischte Wälder

„Die Waldökosysteme Mitteleuropas sind in der Vergangenheit bereits stark durch den Menschen beeinflusst worden. Wir arbeiten nicht mit Naturwäldern, sondern mit Wäldern, deren Struktur bereits ohne die nun erwarteten Umweltveränderungen von natürlichen Zuständen abweicht. In diesen Waldökosystemen haben dennoch über Jahrzehnte bis hin zu Jahrhunderten Anpassungsprozesse an die bisherigen – vergleichsweise konstanten – Umweltbedingungen stattgefunden. Nun werden Störungen in den Waldökosystemen erwartet, die auf die Abweichungen zwischen dem Zustand, an den die Ökosysteme angepasst waren und den sich neu einstellenden Bedingungen, zurückzuführen sind. In der Folge wird es zu erneuten Anpassungsprozessen der Ökosysteme kommen. Diese natürlichen Prozesse können mit Veränderungen der Arten-, Alters- und Raumstrukturen verbunden sein (Thomasius 1991). Die Waldökosysteme sind allerdings relativ träge, so dass beispielsweise zwar Arten schnell verschwinden können, neue Arten u. U. jedoch nicht gleich schnell an ihre Stelle treten“ (Wagner 2004).

Eine hohe Artendiversität bringt oft eine höhere Stabilität mit sich, fast immer aber eine höhere Elastizität zum Ausgleich von Störungen. Ein artenreicher, altersdurchmischter Wald kann flexibler auf Störungen reagieren als ein Wald, in dem wenige Arten und einheitliche Altersklassen vorkommen. Dementsprechend sind Mischbestände gegenüber biotischen und abiotischen Störungen weniger anfällig als Reinbestände (Fiebinger et al. 2013). Erhalt und Förderung von Mischanteilen sind daher herausragende Komponenten in den waldbaulichen Strategien zur Klimaanpassung: Angestrebt werden vitale Mischwälder mit Bäumen unterschiedlichen Alters. Bei der Entwicklung von Mischbeständen bestehen auf den meisten Standorten Alternativen in der Kombination standortgemäßer Baumarten. Da die Entwicklung von Mischbeständen langfristige Konzepte erfordert, ist es wichtig, vorausschauend zu planen und frühzeitig mit der Umsetzung zu beginnen.

„Generelle Empfehlung ist die Gestaltung eines nach Baumarten, Alters- und Raumstruktur mannigfaltigen und dadurch resilienten und stabilen Waldes“ (Thomasius 1991).



Abbildung 9: Ziel der waldbaulichen Bemühungen sind vitale und strukturreiche Mischwälder (Foto: Martin Mahrenholz)

Wie wichtig die Risikostreuung über die Beteiligung von Mischbaumarten ist, zeigt der Fall der heimischen Esche (*Fraxinus excelsior*). Im Jahr 2002 wurde an dieser Baumart erstmals in Deutschland eine neue Erkrankung beobachtet. Auslöser ist ein invasiver Schlauchpilz, *Hymenoscyphus fraxineus*, der Erreger des Eschentriebsterbens. Man geht davon aus, dass der Schaderreger ursprünglich in Japan, Korea und China beheimatet ist. In Ostasien ist der Pilz an dort heimischen Eschen nicht pathogen und verursacht nur geringe, begrenzte Schäden. Für die in unseren Breiten beheimatete Esche *Fraxinus excelsior* allerdings hat der Erreger fatale Folgen: Die Erkrankung hat sich innerhalb von 10 Jahren bundesweit ausgebreitet, seit 2009 steigt die Anzahl befallener Bestände dramatisch an und eine Verstärkung des Schadensfortschritts wurde festgestellt. Sowohl die schnelle Verbreitung als auch die Intensivierung des Krankheitsverlaufs sind bis heute nicht zum Stillstand gekommen. Betroffen sind vor allem Jungwüchse, Jungbestände und Stangenhölzer. Typische Symptome sind u. a.: Blattwelke, abgestorbene Triebe, Rindennekrosen. Vielfache Infektionen über mehrere Jahre hinweg führen zum Absterben ganzer Astpartien. Die Mortalitätsraten in den einzelnen Beständen steigen und werden besonders durch Folgeerscheinungen wie Stammfußnekrosen und den sekundären Befall mit bodenbürtigen Holzfäulepilzen (besonders Hallimasch) erhöht. Der Schadensfortschritt wird zusätzlich

durch andere nachfolgende Schaderreger verstärkt. Häufig werden betroffene Bäume von sekundären Eschenbastkäferarten befallen. Da das Eschentriebsterben inzwischen bundesweit verbreitet ist und örtlich große Verluste durch Absterbeerscheinungen und schlechte Stammformen entstehen, ist die forstliche Zukunft der Esche derzeit fraglich (NWFVA 2016a). Damit droht – nach der Ulme – eine weitere wichtige heimische Wirtschaftsbaumart auszufallen, die man im Hinblick auf den Klimawandel als wertvolle Mischbaumart einschätzte. Vor dem Hintergrund der geringen Baumartenvielfalt in Mitteleuropa ist dieser Verlust besonders schmerzlich.

3.4 Anpassungsvermögen bewahren

„Der Prozess der Anpassung führt zur Angepasstheit an die jeweils aktuellen Umweltbedingungen (gegenwartsorientiert!). Der Grad der Anpassung, der sich u. a. in der Vitalität von Bäumen widerspiegelt, lässt jedoch keine Prognose über eine längerfristige Anpassungsfähigkeit zu. Die Anpassungsfähigkeit, bzw. das Anpassungspotenzial von Baumpopulationen, beschreibt die Fähigkeit, auf der „Wirkungsseite“ in einer bestimmten Geschwindigkeit und Komplexität auf (unbekannte) Umweltbedingungen reagieren zu können (zukunftsorientiert!). Diese physiologische Leistung ist ein wesentliches, u. a. genetisch determiniertes Kriterium für die Elastizität bzw. ökologische Stabilität von Wäldern und damit für die Fähigkeit, auch unter dem Einfluss von Störfaktoren zu überleben. Neben der aktuellen Angepasstheit müssen aber auch die baumartenspezifischen Möglichkeiten und Strategien für die Anpassung an künftige Klimaänderungen Berücksichtigung finden. Denn Anpassung bedeutet Veränderung!“ (Kätzel 2009) Kriterien für die Anpassungsfähigkeit sind u.a. Ausgangsindividuenzahl, Fruktifikationsalter/-häufigkeit, Saatgutmenge/Baum und Mast, sekundäre Gefährdungsursachen und Wanderungsgeschwindigkeiten (Kätzel 2009).

„Da keine Baumart an alle Störungsarten und -intensitäten gleich gut angepasst ist, sondern jede Baumart nur an ein bestimmtes, mehr oder weniger enges Störungsregime, wird empfohlen, die Anpassungsfähigkeit der Wälder durch Mischungen von Baumarten zu steigern, die an unterschiedliche Störungen angepasst sind. Wenn in einem Bestand z. B. Pionierbaumarten, mittel- und spätsukzessionale Baumarten gemischt sind, wird nach einer Störung mindestens ein Teil der Arten in der Lage sein, die Störungsflächen rasch wieder zu verjüngen und damit die Resilienz zu steigern. Um diese Mischungen etablieren zu können, müssen die Verjüngungsformen schon heute ein intensiveres Störungsregime nachahmen. Nicht allein dunkle Wälder mit dichten Schirmschlägen oder einzelbaumweiser Zielstärkennutzung sind angemessen, sondern die Mischung mit lichtbedürftigen Arten erfordert zusätzlich auch hellere Verjüngungsformen wie größere Lücken, Säume oder

Kleinkahlschläge. Der angestrebten Vielfalt bei den Baumarten muss eine Vielfalt bei den Verjüngungsformen entsprechen“ (Von Lübke 2009).

Bäume weisen eine deutlich höhere individuelle genetische Vielfalt auf als kurzlebige, krautige Pflanzen. Damit Waldbaumpopulationen während ihrer langen Lebensspanne auf Klima- und Umweltveränderungen reagieren können, ist diese hohe genetische Vielfalt notwendig (Eichhorn et al. 2016 a). „Als eine nachhaltige Nutzung genetischer Ressourcen kann eine Bewirtschaftung angesehen werden, die das langfristige Anpassungsvermögen der Baumarten nicht vermindert (...) Dort, wo natürlich verjüngt werden kann und soll, sind nach Möglichkeit lange Verjüngungszeiten zu wählen. Möglichst viele Bäume sollten sich als Pollen- bzw. Samenpendler an der nächsten Generation beteiligen können“ (Geburek und Schüler 2012).

Biologische Aktivitäten in den Böden steuern viele Kernprozesse der Waldökosysteme. Im Wurzelraum spielt sich der Austausch zwischen Bäumen und Waldboden ab. Bäume sind an ihren Wurzeln mit Mykorrhizapilzen vergesellschaftet. In dieser Symbiose versorgt der Baum den Pilz mit Assimilaten, der Pilz verbessert im Gegenzug die Fähigkeit der Bäume zur Aufnahme von Wasser und Nährstoffen und kann den Baum bei der Pathogen-Abwehr unterstützen. Bodenschutz in Form von bodenschonender Holzernte und standörtlich differenzierter Bodenschutzkalkung trägt ebenfalls zur Erhalt der Anpassungsfähigkeit des Waldes bei (Eichhorn et al. 2016 a).

4 Schlüsselfaktor Wild

4.1 Verbiss und Schäle

Die waldbaulichen Bemühungen zur Klimaanpassung im Wald treffen vielerorts auf ein nicht zu unterschätzendes Hemmnis: Reh- und Rotwild halten sich, vor allem tagsüber und im Winterhalbjahr, vornehmlich im Wald auf. Hohe Wildbestände führen vielerorts zu einem über das tolerierbare Maß hinausgehenden Verbiss von Knospen (beide Wildarten, besondere Problematik durch Rehwild) und dem Schälen von Rinde (Rotwild).



Abbildung 10: A: mehrfach verbissener Bergahorn, B: durch Verbiss nicht mehr zukunftsfähige Eschen-Naturverjüngung, C: Sommerschäle an Buche, D: Winterschäle an Esche

Insbesondere der selektive Verbiss durch das Rehwild schädigt junge Bäume. Er beeinträchtigt die wirtschaftliche Qualität der Bäume und kann zum Absterben führen. Das ist kritisch für die Klimaanpassung, denn in der Entwicklung und Regeneration von artenreichem Mischwald ist die Verjüngungsphase das entscheidende Nadelöhr, um die Baumartenvielfalt zu erhalten. Hier entscheidet sich, ob die Überführung der Baumartenvielfalt des Altbestandes in die nächste Generation gelingt.

„In Beständen mit führender Buche sind es gerade die selteneren Baumarten, wie z.B. die Edellaubhölzer oder die Weißtanne, die diese Bestände ökonomisch aufwerten und im Hinblick auf die nach wie vor schwer einzuschätzende Fähigkeit der Buche, den Folgen des Klimawandels zu begegnen, als unverzichtbar erscheinen. Die Begründung und der Erhalt gemischter Wälder stellen im Wirtschaftswald wesentliche Ziele der forstlichen Planung dar. Entsprechend bedürfen alle Maßnahmen oder Faktoren, die dieses Ziel gefährden, einer kritischen Überprüfung. Einer dieser Faktoren sind überhöhte Schalenwildbestände, deren Bedeutung für den Verlust von Mischbaumarten häufig unterschätzt wird, da es sich hierbei

um einen über viele Jahre andauernden und schleichenden Prozess handelt“ (Ammer und Vor 2013).

Abbildung 11 verdeutlicht den idealen Verlauf der Regeneration von artenreichen Mischwäldern. In dem Beispiel wird die im Altbestand führende Baumart Buche (grün, kegelförmig) durch gezielte Hiebsführung zurückgenommen. Es kommt Licht auf den Boden, die Samen der – im Vergleich zur Buche meist lichtbedürftigeren – Mischbaumarten (z.B. Nadelbäume, Edellaubbäume, Eichen) können aufgehen und die nächste, artenvielfältige Waldgeneration begründen. Der auf einem niedrigen Niveau befindliche Einfluss von Wildtieren auf die Vegetationsentwicklung gehört zu den in natürlichen Waldökosystemen ablaufenden Prozessen und sollte in einem Wirtschaftswald das waldbauliche Handeln nicht erheblich beeinflussen.

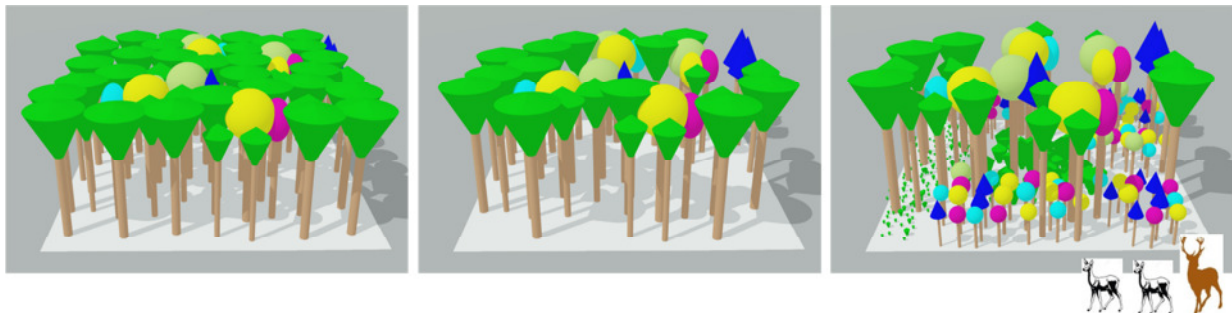


Abbildung 11: Idealverlauf Regeneration von Mischwäldern

Die Wirkung von hohen Wildbeständen ist in Abbildung 12 dargestellt. Die Ausgangssituation entspricht den ersten beiden Bildern von Abbildung 11. Allerdings verhindern Wildschäden die Entwicklung der vorhandenen – in der Regel selteneren – Mischbaumarten: Die Bevorzugung der Mischbaumarten bei (selektivem) Verbiss von Jungpflanzen (bis 1,3 m Höhe) und Schäle von jungen Bäume (i.d.R. ab Armdicke) zieht eine schleichende Reduzierung der Baumartenvielfalt nach sich. Die Konsequenz ist ein artenarmer Folgebestand der fast nur noch aus der dominanten Buche besteht - die Überführung des genetischen Potentials des Altbestandes in die nächste Generation ist dann nicht gelungen.

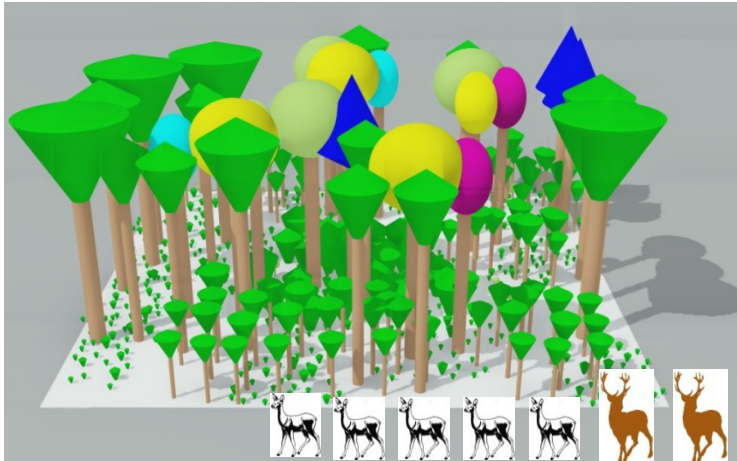


Abbildung 12: Entmischung durch Verbiss und Schäle

Der aufwändige und teure Schutz von Bäumen durch flächiges Einzäunen oder Ummantelung von Einzelbäumen kann nur punktuell zum Einsatz kommen, bspw. wenn außerordentlich verbißgefährdete Baumarten wie Weißtanne oder Eiche eingebracht werden sollen. Diese Form des Schutzes gegen Wildschäden ist keinesfalls eine Lösung auf großer Fläche. Erfolgreiche Klimaanpassung ist darauf angewiesen, dass die notwendigen dynamischen Prozesse nicht verhindert werden – sie kann nur gelingen, wenn sie durch jagdliche Maßnahmen und Mischwald-orientiertes Wildtiermanagement unterstützt wird. Dabei geht es maßgeblich um die Regulierung und Lenkung der Reh- und Rotwildbestände.

Gemäß § 3 Hessisches Waldgesetz sind die Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer verpflichtet, ihren Wald auch („zugleich“) zum Wohle der Allgemeinheit nach forstlichen und landespflegerischen Grundsätzen ordnungsgemäß, nachhaltig, planmäßig und fachkundig zu bewirtschaften und dadurch Nutz-, Schutz-, Klimaschutz- und Erholungswirkungen zu erhalten. Kennzeichen ordnungsgemäßer Forstwirtschaft ist nach § 4 (2) u.a. das Hinwirken auf Wilddichten, die den Waldbeständen und ihrer Verjüngung angepasst sind.

Gemäß § 1 Hessisches Jagdgesetz müssen die Wildbestände den Möglichkeiten und der Leistungsfähigkeit des Naturraums angepasst sein. Alle Regelungen sind so zu treffen, dass ein verträgliches Miteinander von Flur, Wald und Wild sowie ein entsprechend wirkender Interessenausgleich stattfinden. § 21 Hessisches Jagdgesetz verpflichtet die Jagdausübungsberechtigten, die Jagd so auszuüben, dass sich die im Wald vorkommenden wesentlichen Baumarten entsprechend den natürlichen Wuchs- und Mischungsverhältnissen des Standortes verjüngen können. Verbiss- und Schälsschäden sollen vermieden werden.

Obwohl die rechtlichen Vorgaben für die Jagdausübung den Rahmen definieren, um Klimaanpassungsmaßnahmen im Wald zu unterstützen, bleibt die Umsetzung häufig sehr deutlich hinter dem gesetzlichen Auftrag zurück.

4.2 Definition übermäßiger Wildschäden am Beispiel des Hessischen Staatswaldes

Für das Land Hessen als Waldeigentümer werden jährlich frische Schältschäden in Rotwildgebieten von < 0,5 % für Buche und < 1 % für Fichte als noch tragbar definiert. Diese Grenzwerte unterstellen, dass innerhalb des schälffähigen Alters, das bei der Buche zwischen 20 Jahren und 60 Jahren sowie bei der Fichte zwischen 15 Jahren und 40 Jahren liegt, maximal 20 % der herrschenden Bäume geschält sind (HMUELV 2008 und 2013)

Für das Land Hessen als Waldbesitzer ist ein Verbissprozent von bis zu 20 % tragbar (HMUELV 1988 und 2013). Im Erlass vom 2. Februar 1988 zur Richtlinie für die Hege und Bejagung des Rehwildes heisst es: „Über die Verbissbelastung der Waldbäume jedes einzelnen Jagdbezirks soll eine Wertung wie folgt abgegeben werden:

Verbiss ist gering	(0 bis 20%) – der Schalenwildbestand hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Waldbewirtschaftung
Verbiss ist mäßig	(über 20 bis 35%) – der Schalenwildabschuss ist zu erhöhen
Verbiss ist mittel	(über 36 bis 50%) – der Schalenwildabschuss muss erheblich erhöht werden
Verbiss ist stark	(über 50%) – der Schalenwildabschuss muss sehr stark erhöht werden.“

Im Erlass vom 2. Februar 1994 (ergänzend zur Richtlinie für die Hege und Bejagung des Rehwildes in Hessen, hier: Aufnahme der Verbissbelastung auf Traktflächen und Lebensraumgutachten Teil B - Forstliches Gutachten) heißt es: „Im Hinblick auf Mischbaumarten, die erfahrungsgemäß bevorzugt vom Rehwild verbissen werden, droht unter Umständen die sukzessive Entmischung des in Verjüngung stehenden Bestandes (...) In diesem Falle ist, auch bei sonst geringer Verbissbelastung, den Beteiligten (Jagdbehörde nebst Beratungsgremien, Hegegemeinschaft, Waldbesitzer, Jagdausübungsberechtigte) eine Güterabwägung mit allen Vor- und Nachteilen hinsichtlich Schutz gegen Wildschäden, schwerpunktmäßige Abschussverlagerung auf gefährdete Flächen und geringfügige Abschusserhöhung nahezu legen.“

4.3 Bejagungsschwerpunkte

Aus waldbaulicher Sicht bieten sich Bejagungsschwerpunkte auf folgenden durch Verbiss gefährdeten Flächen an:

1. Naturverjüngungsflächen bis zu einer Höhe von 1,30 m in älteren Beständen
(Suchräume: spätes Ausreifungsstadium, Reife- und Regenerationsstadium, Verjüngungsplanung laut Forsteinrichtung in den nächsten 10 Jahren vorgesehen)
2. Kulturen (ohne Schutz) bis zu einer Höhe von 1,30 m
3. Käferlöcher/Windwurfflächen die aufgrund zu kleiner Fläche nicht aufgeforstet wurden

Außerdem kommen Bejagungsschwerpunkte in durch Schälern gefährdeten Beständen in Frage:

1. Fichte 15-40 Jahre
2. Buche/Edellaubholz 20-60 Jahre



Abbildung 13: Jagdliche Infrastruktur ist die Voraussetzung für den Erfolg der schwerpunktmäßigen Bejagung gefährdeter Flächen (Foto: Martin Mahrenholz)

5 Literatur

Ammer C., Albrecht L., Borchert H., Brosinger F., Dittmar C., Elling W., Ewald J., Felbermeier B., von Gilsa H., Huss J., Kenk G., Kölling C., Kohnle U., Meyer P., Mosandl R., Mossmayer H.-U., Palmer S., Reif A., Rehfuess K.-E., Stimm B. (2005): Zur Zukunft der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Mitteleuropa. – Kritische Anmerkungen zu einem Beitrag von Rennenberg et al. (2004). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 176, S. 60–67.

Ammer C. (2009): Welche Baumarten trotzen dem Klimawandel? Der kritische Agrarbericht. S. 199-203.

Ammer C. und Vor T. (2013): Verlust von Mischbaumarten in Buchenwäldern. AFZ-Der Wald 1/2013. S. 9-11.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2003): Pflanzung – Ein Risiko für die Bestandesstabilität? Die Bedeutung wurzelschonender Pflanzung und ihre Umsetzung im Forstbetrieb. LWF Wissen 37.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2008): Douglasie – Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen 59.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2010): Beiträge zur Vogelkirsche. LWF Wissen 65.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2011) Wälder im Klimawandel - Weißtanne und Küstentanne. LWF Wissen 66.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2011): Beiträge zur Elsbeere. LWF Wissen 67.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2012): Beiträge zur Europäischen Lärche. LWF Wissen 69.

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2015): Merkblatt 31 - Spätfrostschäden erkennen und vermeiden

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2014): Beiträge zur Traubeneiche. LWF Wissen 75.

Becher G. (2015): Clusterstatistik Forst und Holz - Tabellen für das Bundesgebiet und die Länder 2000 bis 2013. Thünen Working Paper 48

Bolte A., Ibisch P., Menzel A., Rothe A. (2008): Was Klimahüllen uns verschweigen. AFZ-Der Wald (15). S. 800-803.

Bolte A., Eisenhauer D.-R., Ehrhart H.-P., Groß J., Hanewinkel M., Kölling C., Profft I., Rohde, M. Röhe P., Amereller K. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research 4 2009 (59) 269-278

Bolte A. (2016): Chancen und Risiken der Buche im Klimawandel. AFZ-Der Wald 12/2016, S. 17-19.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft – Wissenschaftlicher rat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Rat für Waldpolitik (2016): Gutachten - Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Eichhorn J., Höltken A., Klinck, C. (2016a): Zur Resilienz von Wäldern. In: J. Eichhorn, M. Guericke, D.-R. Eisenhauer (Hg.): Waldbauliche Klimaanpassung im Regionalen Fokus. Oekom München, S. 49-79.

Eichhorn, J.; Eisenhauer, D.-R.; Guericke, M., Klinck, C., Spellmann, H. (2016b): Zusammenfassung: Optionen für eine verbesserte Stabilität. In: J. Eichhorn, M. Guericke, D.-R. Eisenhauer (Hg.): Waldbauliche Klimaanpassung im Regionalen Fokus. Oekom München, S. 291-314.

Fiebiger C., Nagel R.-V., SuTmoller J., Meesenburg H., Evers J., Eichhorn J., Spellmann H. (2013): Klimawandel in Nordhessen - Analyse der Wirkungen und Ableitung von Anpassungsstrategien für die Forstwirtschaft am Beispiel der Wälder im Einzugsgebiet der Fulda. In: ROßNAGEL, A.: Regionale Klimaanpassung, Kassel Univ. Press, S. 203-238

Geburek T. und Schüler S. (2012): Nachhaltigkeit – ohne Gene geht es nicht. BFW-Praxisinformation 27. S. 14-16.

Gömann H., Bender A., Bolte A., Dirksmeyer w., Englert h., Feil j.-N., Frühauf c., Hauschild M., Kregel S., Lilienthal H., Löpmeier F., Müller J., Mußhoff O., Natkhin M., Offermann F.-J., Seidel P., Schmidt M., Seintsch B., Steidl J., Strohm K., Zimmer Y. (2015): Thünen Report 30: Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Guericke M., Schlutow A., Gemballa R., Eisenhauer D.-R., Klinck C., Eichhorn J. (2016): Vorkommen und Standortansprüche der Baumarten im Klimawandel. In: Eichhorn J., Guericke M., Eisenhauer D.-R. (Hrsg.): Waldbauliche Klimaanpassung im regionalen Fokus. Sind unsere Wälder fit für den Klimawandel? Oekom München.

Hanewinkel M., Albrecht A., Schmidt M. (2015): Können Windwurfschäden vermindert werden? Eine Analyse von Einflussgrößen. Schweiz Z Forstwes 166 (2015) 3: 118–128

Hasel K. und Schwartz E. (2006): Forstgeschichte. Ein Grundriß für Studium und Praxis. Verlag Dr. Kessel, Remagen. 394 S.

HMUELV (1988): Lebensraum- und Verbissaufnahme Rehwild (GE-Nr. 9/1988 vom 22.02.1988) neu in Kraft gesetzt mit Erlass vom 23.12.1997

HMUELV (2008): Aufnahme der Schältschadensbelastung im Staatswald und im betreuten Nichtstaatswald (Erlass vom 23.06.2008)

HMUELV (2012): Richtlinie für die Bewirtschaftung des Hessischen Staatswaldes

HMUELV (2013): Grundsätze für die Jagd im Hessischen Staatswald (GE-Nr. 4/2013 vom 12. Dezember 2013)

Hickler Th., Bolte A., Hartard B., Beierkuhnlein C., Blaschke M., Blick Th., Brüggemann W., Dorow W. H. O., Fritze M.-A., Gregor Th., Ibisch P., Kölling Ch., Kühn I., Musche M., Pompe S., Petercord R., Schweiger O., Seidling W., Trautmann S., Waldenspuhl Th., Walentowski H., Wellbrock N. (2012): Folgen des Klimawandels für die Biodiversität in Wald und Forst. In: V. Mosbrugger, G. Brasseur, M. Schaller, B. Stribrny (Hg.): Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland, S. 164-221

IPCC 2014: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2015

Jenssen M. (2009): Der klimaplastische Wald – ökologische Grundlagen einer forstlichen Anpassungsstrategie. Forst und Holz 64 (10). S. 14-21.

Kätzel R. (2009): Möglichkeiten und Grenzen der Anpassung an Klimaextreme – eine Betrachtung zu baumartenspezifischen Risiken aus Sicht der Ökophysiologie. In: Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE): Wald im Klimawandel - Risiken und Anpassungsstrategien. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe (Band 42): 22-34

Kölling, C., Walentowski, H., Borchert, H. (2005): Die Buche: Eine Waldbaumart mit grandioser Vergangenheit und sicherer Zukunft in Mitteleuropa. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 60, 696–701.

Kölling, C., Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67, S. 259–267.

Kreyling J., Huber G., Jentsch A., Konnert M., Nagy L., Thiel D., Wellstein C., Beierkuhnlein C. (2011): Innerartliche Plastizität und lokale Anpassungen von Waldbäumen. LWF aktuell 85. S. 12-14.

Kuratorium für Wald und Forstwirtschaft Hrsg. (2004): Der Forstwirt. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart 641 S.

Küster H. (2013): Geschichte des Waldes. Von der Urzeit bis zur Gegenwart. Verlag C. H. Beck oHG, München. 266 S.

Landesbetrieb HessenForst (2016): Hessische Waldbaufibel - Grundsätze und Leitlinien zur naturnahen Wirtschaftsweise im hessischen Staatswald. 100 S.

Langer, G., Bressen, U., Habermann, M. (2011): Diplodia-Triebsterben der Kiefer und endophytischer Nachweis des Erregers *Sphaeropsis sapinea*. AFZ-Der Wald 11/2011, S. 28-31.

Manthey M., Leuschner C., Härdtle E W. (2007): Buchenwälder und Klimawandel. Natur und Landschaft, Heft 9/10, S. 441-445

Muck P., Borchert H., Elling W., Hahn J., Immler T., Konnert M., Walentowski H., Walter A. (2008): Die Weisstanne – ein Baum mit Zukunft. LWF aktuell 67, S. 56-58.

Neuner S., Albrecht A., Cullmann D., Engels F., Griess V. C., Hahn, W. A. Hanewinkel, M., Härtl, F., Kölling, C., Staupendahl, K., Knoke, T. (2014): Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. Global Change Biology. (Wiley)

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt – Abteilung Waldschutz (2016): PRAXIS-INFORMATION Nr. 4 – August 2016 - Eschentriebsterben

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt – Abteilung Waldschutz (2016): Waldschutzinfo Nr. 5/2016

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt – Abteilung Waldschutz (2017): Waldschutzinfo Nr. 4/2017. Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Otto H. J., Schüler G. W., Wagner S. (2014): Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten. *aid*. 48 S.

Reif A., Brucker U., Kratzer R., Schmiedinger A., Bauhus J. (2009): Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes

Rennenberg H., Seiler W., Matyssek R., Gessler A., Kreuzwieser J. (2004): Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) – ein Waldbaum ohne Zukunft im südlichen Mitteleuropa? *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 175, 210–224.

Röhrig E., Bartsch N., von Lüpke B (2006): *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 479 S.

Roloff A. und Grundmann B. (2008): Bewertung von Waldbaumarten anhand der KlimaArtenMatrix. *AFZ – Der Wald* (20): S. 1086-1088

Rudow A. (2014): Zur Ökologie und Entwicklungsgeschichte der Buche (*Fagus sylvatica* L.). In *Zürcher Wald* (3), S. 4-8.

Spathelf P., Bilke G., Bolte A., Foos E., Höppner K., Ibisch P. L., Kätzel R., Luthardt M. E., Nusko N., Steinhardt U. (2008): Eberswalder Erklärung – Waldmanagement im Klimastress. *AFZ – Der Wald* (23) S. 1254-1255.

Schüler S., Liesebach M., v. Wühlisch G. (2012): Genetische Variation und Plastizität des Blattaustriebs von Herkünften der Rot-Buche. *Landbauforschung* 4 (62) S. 211-220.

Stinglwagner G. K. F., Haseder I. E., Erlbeck, R. (2005): *Das Kosmos Wald- und Forstlexikon Gebundene Ausgabe*. Kosmos Verlag. 1022 S.

Sutmöller J. (2016): Witterung und Klima. *Waldzustandsbericht 2016*, S. 13-16

Thomasius H. (1991): Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. *Forstw Cbl* 110

Umweltbundesamt (2015): *Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. Dessau-Roslau: Umweltbundesamt.

Von Lüpke B. (2009): Überlegungen zu Baumartenwahl und Verjüngungsverfahren bei fortschreitender Klimaänderung in Deutschland. *Forstarchiv* 80, S. 67–75.

Vor T., Spellmann H., Bolte A., Ammer C. (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Band 7 der Schriftenreihe „Göttinger Forstwissenschaften“

Wagner S. (2004): Klimawandel - einige Überlegungen zu waldbaulichen Strategien. Forst und Holz (8), S. 394-398