

Klimaanpassung im Wald – Ableitungen für das Projektgebiet

Stand 05.12.2017

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

Mitwirkende:

Dagmar Löffler, Forstamt Wolfhagen, Revierleiterin Calden

Peter Muster, Forstamt Wolfhagen, Revierleiter Naumburg

Peter Treude, Forstamt Wolfhagen, Revierleiter Zierenberg

Friedrich Vollbracht, Forstamt Wolfhagen, Revierleiter Wolfhagen

Hermann Dilling, HessenForst Landesbetriebsleitung, Forsteinrichtung

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	Klimaprojektionen für Nordhessen	1
2	Die Kommunalwälder im KLIMWALD-Projektgebiet	7
2.1	Standorte	7
2.2	Baumarten	8
2.3	Verjüngung.....	9
3	Wildschadenssituation	11
3.1	Verbiss	11
3.2	Schäle	14
4	Identifizierung und Visualisierung von potentiell risikobehafteten Waldbeständen	16
4.1	Physikalische Stabilität.....	18
4.2	Baumartenmischung in Hauptschicht und Verjüngungsschicht.....	20
5	Literatur	23

Abbildungen

Abbildung 1: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit dem Zeitraum 1981-2010: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode.....	2
Abbildung 2: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 50 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode.....	4
Abbildung 3: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 50 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode.....	5
Abbildung 4: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 95 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode.....	6
Abbildung 5: Baumartenverteilung (Betrachtung nach Baumartengruppen, nicht Bestandsgruppen) im Projektgebiet.....	8
Abbildung 6: Baumartenverteilung (%) in der Verjüngung im Projektgebiet	10
Abbildung 7: A – Vielerorts kaum zu finden: Unverbissener Bergahorn; B – eher Regel als Ausnahme: Terminaltriebverbiss beim Bergahorn; C – Allzu häufiger Anblick auf den eutrophen Standorten im Projektgebiet: Mehrjähriger Terminaltriebverbiss	12
Abbildung 8: Flächenscharfe Verortung von Schälenschäden	14
Abbildung 9: Bilder aus dem KLIMWALD-Projektgebiet: Sommerschäle an Buche, Winterschäle an Esche	15
Abbildung 10: Karte 'Physikalische Stabilität'	19
Abbildung 11: Karte 'Baumarten-Mischung in der Hauptschicht'	21
Abbildung 12: Karte 'Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht'	22

Tabellen

Tabelle 1: Ergebnisse der Vegetations-/Verbissaufnahmen in Weisergattern, auf Kontrollflächen und entlang Traktflächen im November 2014 sowie jeweils im März/April der folgenden drei Jahre	13
Tabelle 2: Bewertungsparameter 'Physikalische Stabilität'	18
Tabelle 3: Bewertungsparameter 'Baumarten-Mischung in der Hauptschicht'	20
Tabelle 4: 'Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht'	22

1 Klimaprojektionen für Nordhessen

Klima beschreibt den mittleren Zustand der Atmosphäre über längere Zeiträume (z. B. 30-40 Jahre). Veränderungen des Klimas können rückblickend beschrieben werden, zum Beispiel anhand von Veränderungen der Jahresdurchschnittstemperatur oder der Niederschlagsmengen gegenüber einer Referenzperiode. Auch Indikatoren wie früherer Blühbeginn oder die Ausbreitung wärmeliebender Pflanzen und Tiere geben Aufschluss über bereits heute beobachtbare Veränderungen des Klimas. Der Vergleich der Klimareferenzperiode 1961-1990 mit dem Zeitraum 1981-2010 zeigt, dass sich das Klima bereits erkennbar verändert: Die Jahresmitteltemperaturen sind um 0,7 °C gestiegen (siehe Abbildung 1). Höhere Temperaturen führen zu einer Erhöhung der Verdunstung von Niederschlag, der an den Oberflächen der Blätter, Nadeln, Kronen und Stämme haftet (Interzeption). Dadurch verringert sich die Menge an Regenwasser, das den Boden erreicht und damit das pflanzenverfügbare Bodenwasser. Mit zunehmender Temperatur steigt der Wasserbedarf der Bäume und die Transpiration aus deren Leitungsbahnen über die Spaltöffnungen der Blätter und Nadeln. Ein Indikator für das Auftreten von Trockenstress ist die potentielle flächenhafte Wasserverfügbarkeit, die über die Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag – Verdunstung) und den Bodenwasserspeicher berechnet werden kann. Die Modellierung für den Zeitraum 1981-1990 zeigt, dass die Wasserbilanz bereits leicht rückläufig ist (22 mm gegenüber 37 mm in der Referenzperiode 1961-1990) (Klinck et al. 2015).

1961-1990 Referenzperiode

MW Temperatur im Jahresverlauf: 7,9 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: 37 mm



1981-2010

MW Temperatur im Jahresverlauf: 8,6 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: 22 mm

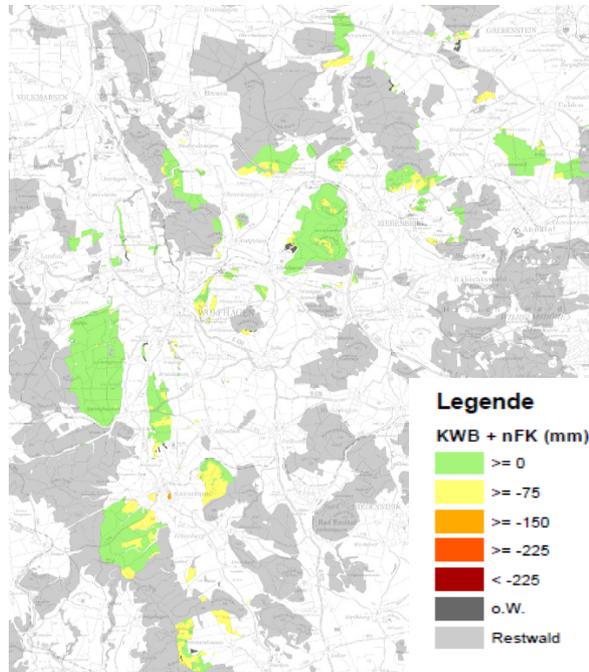


Abbildung 1: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit dem Zeitraum 1981-2010: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

Methodisch ist der Blick in die Zukunft eine Herausforderung. Zum einen, weil neben der Veränderung des Klimageschehens auch gesellschaftliche Veränderungen berücksichtigt werden müssen. Zum anderen müssen die großmaßstäblich vorliegenden Projektionen regionalisiert werden. Erst dann liegen Aussagen für die künftigen Veränderungen des Klimas so vor, dass sie Bezugspunkt gesellschaftlichen Handelns und Vorsorgens sein können.

Im Rahmen des KLIMWALD-Projektes wurden von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt für das Projektgebiet in Nordhessen die zu erwartenden Klimaveränderungen für den Zeitraum 2041-2070 projiziert. Dazu wurde das Szenario RCP8.5 verwendet. Dieses nimmt an, dass fossile Energie weiterhin ungebremst genutzt wird und keine wirksame Technologie der CO₂-Fixierung aus der Luft zum Einsatz kommt. Um die Breite möglicher Entwicklungen darzustellen, wurden drei Varianten des Szenarios RCP8.5 berechnet: STARS 05 (geht von 2°C Temperaturerhöhung aus), STARS 50 (2,9 °C Temperaturerhöhung) und STARS 95 (3,6 °C Temperaturerhöhung).

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Temperatur: Für die mittlere Zukunft ist eine deutliche Erwärmung zu erwarten. Im Referenzzeitraum 1961-1990 lag die mittlere Jahrestemperatur im Projektgebiet bei 7,9 °C. Für den Zeitraum 2041-2070 steigen diese Werte um 2 °C - 3,6 °C an auf 9,9 °C bzw. 11,5 °C im räumlichen Jahresmittel. Winter- und Sommerhalbjahre werden dabei gleichermaßen wärmer. Das führt zu deutlich längeren Vegetationsperioden durch einen früheren Beginn um etwa 15 Tage (Klinck et al. 2015).

Niederschlag: Die jährlichen Summen des Niederschlags ändern sich gegenüber der Referenzzeit wenig, allerdings steigt die Anzahl von Tagen ohne Niederschläge signifikant. Damit konzentrieren sich die Niederschläge auf eine geringe Anzahl von Tagen. Durch die der Gegenwart ähnlichen Winterniederschläge lassen sich die Bodenwasserspeicher der Standorte im Projektgebiet in der Vegetationsruhe wieder füllen (Klinck et al. 2015).

Je stärker der Klimawandel ausfällt, umso heftiger werden sich die Folgen ausprägen. Je wärmer es wird, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Bäume regelmäßig unter Trockenstress leiden werden. Für den Wald stellen dabei Trockenperioden in der Vegetationszeit das größte Risiko dar. Bereits ein Temperaturanstieg von „nur“ 2°C im Vergleich zur Referenzperiode 1960-1990 bedeutet, dass sich die Wasserbilanz (nutzbare Feldkapazität + Niederschlag – Verdunstung) in der Vegetationsperiode deutlich verändert und im Mittel der Jahre in den negativen Bereich (-57 mm) verschiebt. Dies bedeutet Zuwachsverluste und Vitalitätseinbußen für die Bäume. Ein Temperaturanstieg um 2,9 °C bedeutet in den vorliegenden Projektionen eine Wasserbilanz von -140 mm im Mittel der 30jährigen Betrachtungsperiode. Ein Temperaturanstieg um 3,6 °C führt zu einer Wasserbilanz von etwa -200 mm. Zum Vergleich: Die extremen Trockenjahre 1976 und 2003 dürften Wasserbilanzen im Bereich von -240 mm und -190 mm aufgewiesen haben (Klinck et al. 2015).

Wie stark die Klimaveränderungen in den nächsten Jahrzehnten ausfallen werden ist unsicher. Deutlich wird, dass auch moderate Erhöhungen der Jahresmitteltemperaturen zu spürbaren Veränderungen im Wasserhaushalt unserer Wälder führen. Die Kenntnisse über künftige Veränderungen des Klimas sind so robust, dass klar ist: Anpassung ist erforderlich. Vorsorgendes Handeln, also die vorausschauende Anpassung an künftige Klimaveränderungen ist eine Kernaufgabe der nachhaltigen Waldbewirtschaftung.

1961-1990 Referenzperiode

MW Temperatur im Jahresverlauf: 7,9 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: 37



2040-2070 Szenario RCP 8.5, STARS 05

MW Temperatur im Jahresverlauf: 9,9 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: -57 mm

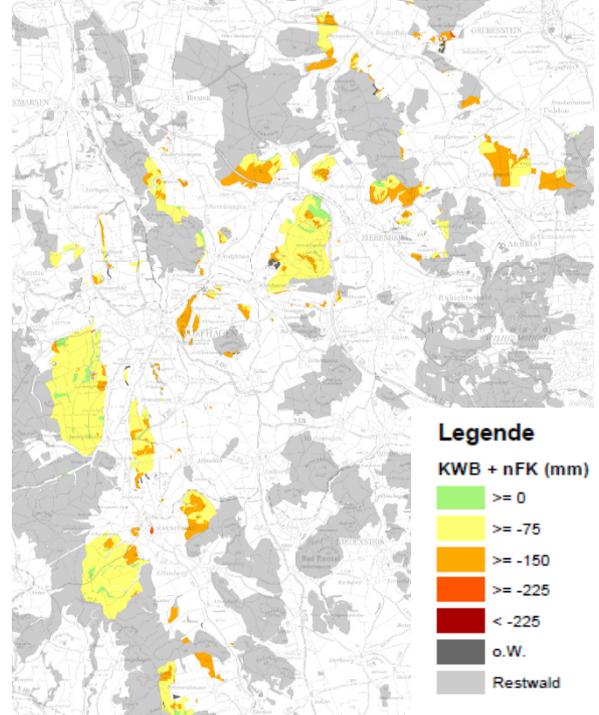
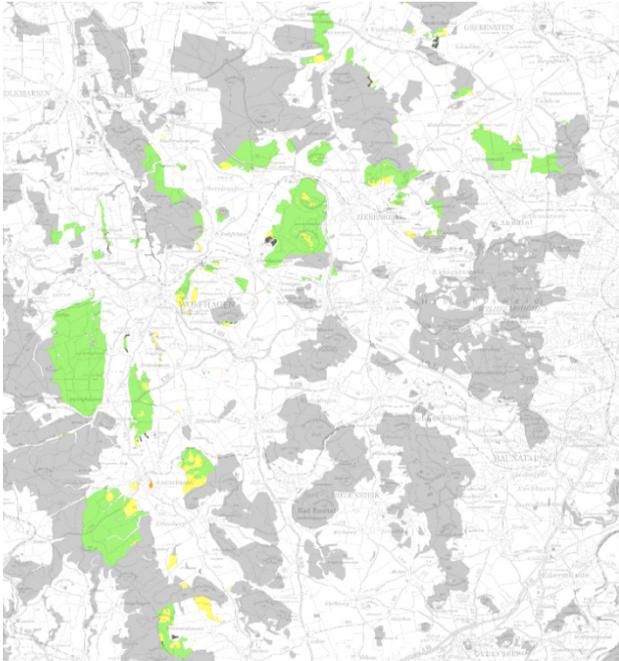


Abbildung 2: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 05 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

1961-1990 Referenzperiode

MW Temperatur im Jahresverlauf: 7,9 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: 37 mm



2040-2070 Szenario RCP 8.5, STARS 50

MW Temperatur im Jahresverlauf: 10,8 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: -140 mm

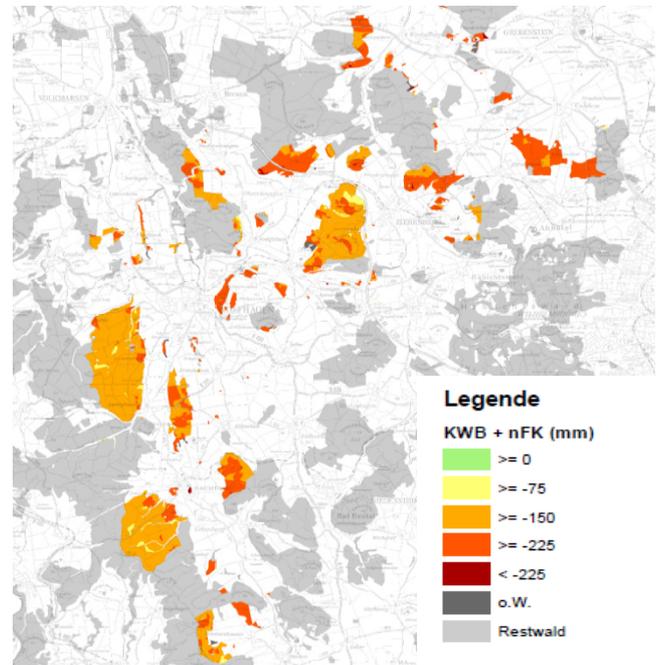
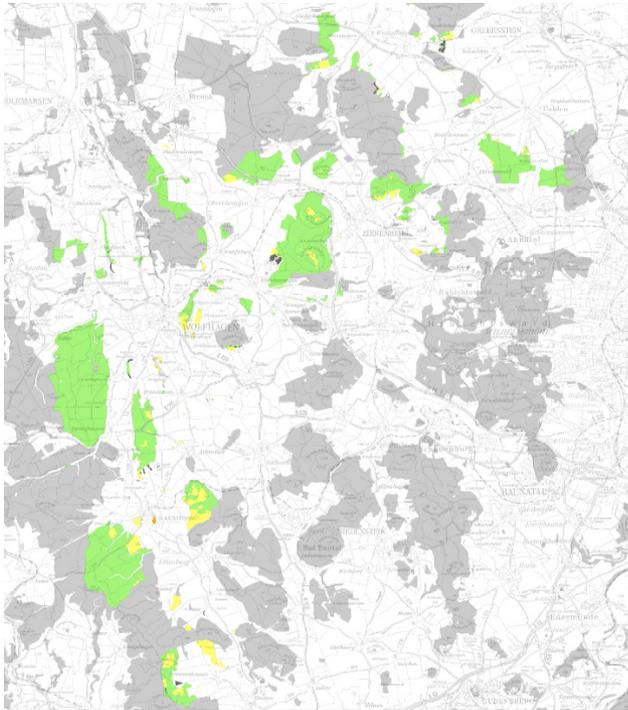


Abbildung 3: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 50 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

1961-1990 Referenzperiode

MW Temperatur im Jahresverlauf: 7,9 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: 37 mm



2040-2070 Szenario RCP 8.5, STARS 95

MW Temperatur im Jahresverlauf: 11,5 °C
MW Wasserbilanz Vegetationsperiode: -201 mm

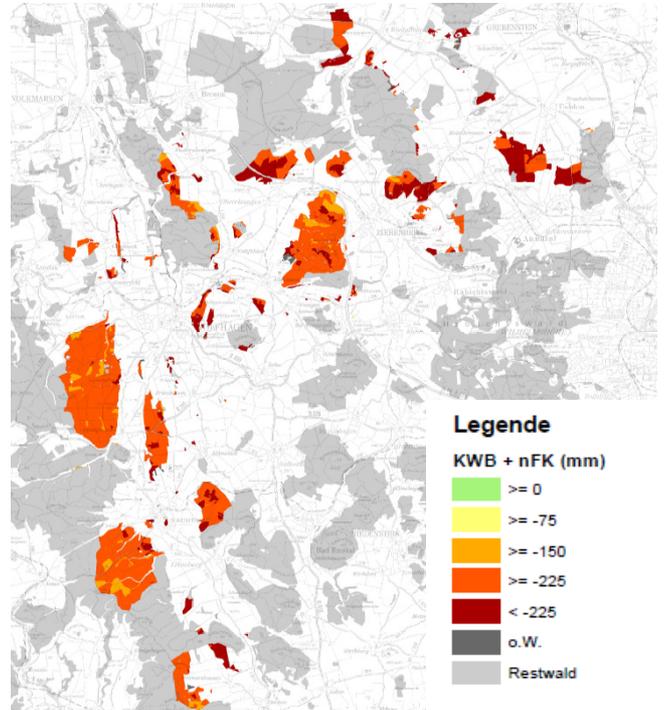


Abbildung 4: Vergleich der Referenzperiode 1961-1990 mit der Klimaprojektion mittels Szenario RCP8.5, Variante STARS 95 für den Zeitraum 2040-2070: Jahresmitteltemperatur und Wasserbilanz in der Vegetationsperiode

2 Die Kommunalwälder im KLIMWALD-Projektgebiet

Das KLIMWALD-Projektgebiet umfasst die Kommunalwälder Calden, Naumburg, Wolfhagen und Zierenberg. Sie liegen allesamt im Wuchsgebiet 'Nordwesthessisches Bergland'. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag im Projektgebiet beträgt rund 700 mm. Die geringsten Niederschläge fallen im Stadtwald Naumburg, die höchsten Niederschläge fallen am großen Bärenberg im Stadtwald Zierenberg.

2.1 Standorte

Die **Kommunalwälder Naumburg und Wolfhagen** im Süden/Westen des KLIMWALD-Projektgebietes liegen überwiegend im Wuchsbezirk 'Waldeck-Wolfhagener Berg- und Hügelland'. Das Ausgangssubstrat für die Bodenbildung ist hier zumeist Mittlerer Buntsandstein, vielerorts mit bedeutsamer Lösslehmkomponente. Die Nährstoffversorgung ist überwiegend mittel ('mesotroph'), der Geländewasserhaushalt ist überwiegend als 'frisch' beschrieben. Nahezu der gesamte 1247 ha große Stadtwald Naumburg liegt in den 'Buchenmischwaldzonen', die die unteren und mittleren Mittelgebirgslagen kennzeichnen. Nur gut 50 ha Fläche reichen in die 'Untere Buchenzone' hinein. Die Klimafeuchte wird für den gesamten Stadtwald Naumburg als 'subkontinental' charakterisiert, womit auf vergleichsweise eher warme und sommertrockene Verhältnisse hingewiesen wird.

Der 1733 ha umfassende Stadtwald Wolfhagen befindet sich nahezu ausnahmslos in der 'Oberen-Buchen-Mischwaldzone'. Diese beschreibt die submontanen Mittelgebirgslagen. Der Großteil des Stadtwaldes Wolfhagen ist durch ein 'schwach subkontinentales' Klima und damit eher warm-trockenere Verhältnisse geprägt. Als natürliche Waldgesellschaften sind in den Kommunalwälder Naumburg und Wolfhagen 'Hainsimsen-Buchenwälder (mit Traubeneiche)' kennzeichnend.

Die **Kommunalwälder Zierenberg und Calden** liegen im Norden/Osten des KLIMWALD-Projektgebiets. Der 683 ha große Gemeindewald Calden liegt zu ähnlichen Teilen im Wuchsbezirk 'Niederhessische Senke' sowie im Wuchsbezirk 'Diemelplatten'. Der Stadtwald Zierenberg (1136 ha) verteilt sich auf die Wuchsbezirke 'Habichtswald' und 'Diemelplatten'. In diesen beiden Kommunalwäldern herrschen überwiegend gut nährstoffversorgte Waldstandorte auf Muschelkalk ('karbonateutroph') und Basaltverwitterung ('eutroph') vor. Teilweise lassen sich Lösslehmkomponenten finden, die verbessernd vor allem auf den Wasserhaushalt wirken. Die Wasserhaltekapazität (Geländewasserhaushalt) der Böden in den Kommunalwäldern Calden und Zierenberg ist zu etwa gleichen Teilen als 'mäßig frisch' und 'frisch' beschrieben. Der Stadtwald Zierenberg liegt je etwa hälftig in der 'Oberen Buchenmischwaldzone' und der 'Unteren Buchenzone', also in mittleren Mittelgebirgslagen.

Die Klimafeuchte wird zu etwa 80 % für den Stadtwald als 'schwach subatlantisch' charakterisiert, also mittlere Temperatur-Niederschlags-Relationen. Dahingegen ist die Klimafeuchte im Gemeindewald Calden zum größten Teil 'schwach subkontinental', so herrschen vergleichsweise eher warme und sommertrockene Verhältnisse vor. Die natürliche Waldgesellschaft in den Kommunalwäldern Calden und Zierenberg ist überwiegend Waldgersten-Buchenwald, in Teilen Waldmeister-Buchenwald.

2.2 Baumarten

Die Wälder Nordhessens werden von der Buche beherrscht. Betrachtet man die vier Kommunalwälder im Projektgebiet gemeinsam, zeigt sich die untenstehende Baumartenverteilung (Abbildung 5). Im Vergleich zum gesamten hessischen Wald ist die Buche mit 49% im Projektraum überdurchschnittlich vertreten (Hessen: 31%), dementsprechend fallen die Anteile anderer Baumarten wie bspw. Fichte mit 16% (Hessen: 22%) und Eiche sind mit 8% (Hessen: 22%) und Eiche sind mit 8% (Hessen: 14%) vergleichsweise gering aus.

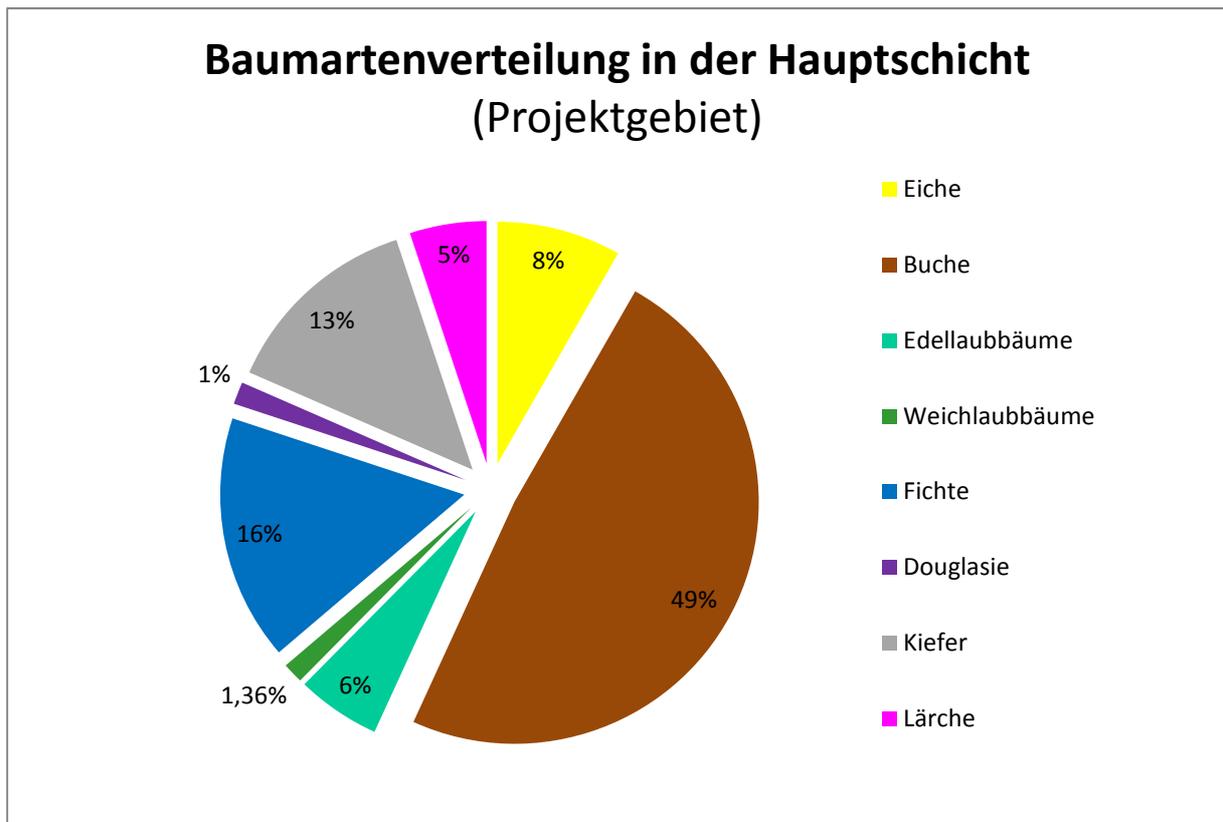


Abbildung 5: Baumartenverteilung (Betrachtung nach Baumartengruppen, nicht Bestandsgruppen) im Projektgebiet

Während auf den (kalk)eutrophen Standorten in Calden und Zierenberg die Buche (64% bzw. 67%) und das Edellaubholz (13% bzw. 14%) eine überragende Rolle spielen, stellt sich die Baumartenverteilung auf den mesotrophen Standorten in Naumburg und Wolfhagen deutlich anders dar: Hier spielen neben der Buche (45% bzw. 33%) die Baumarten Fichte (18 bzw. 24%), Kiefer (15% und 22%) sowie Eiche (11% bzw. 12%) eine maßgebliche Rolle.

2.3 Verjüngung

Die Inventur zur Forstbetriebsplanung (Forsteinrichtung) erfasst auch die Verjüngungssituation in den einzelnen Waldbeständen. Auf rund 840 ha der insgesamt 4790 ha (Gesamtfläche Kommunalwälder im Projektgebiet) wurden im Rahmen der Inventur eine Verjüngungsschicht beschrieben. Zusätzlich zu der mit Verjüngung bedeckten Fläche wurden auch die Baumarten, aus denen sich die Verjüngung zusammensetzt und ihre jeweiligen Anteile erfasst. Das Verjüngungsgeschehen im Projektgebiet wird maßgeblich von der Baumart Buche bestimmt. Betrachtet man die vier Kommunalwälder gemeinsam, beträgt der Anteil der Buche an der Verjüngungsfläche rund 69 %, sie ist damit im Vergleich zur Baumartenverteilung in der Hauptschicht überdurchschnittlich in der Verjüngung vertreten. Der Flächenanteil von rund 21 % Edellaubholz besteht zumeist aus Esche und Bergahorn und wächst nahezu ausschließlich auf den (kalk)eutrophen Standorten im Norden und Osten des Projektgebiets (Gemeindewald Calden und Stadtwald Zierenberg). Die Verjüngungsflächenanteile der Fichte und des weiteren Nadelholzes (Kiefer, Lärche, Douglasie) sind ganz überwiegend im Süden und Westen des Projektgebietes zu finden (Stadtwälder Naumburg und Wolfhagen). Die Anteile der lichtbedürftigen Baumarten Eiche, Lärche und Kiefer sind in allen Teilen des Projektgebietes im Vergleich zur Ausgangslage in den Hauptschichten vergleichsweise niedrig. Ihre Anteile gehen zugunsten der schattentoleranten Buche zurück.

Baumartenverteilung in der Verjüngung (Projektraum)

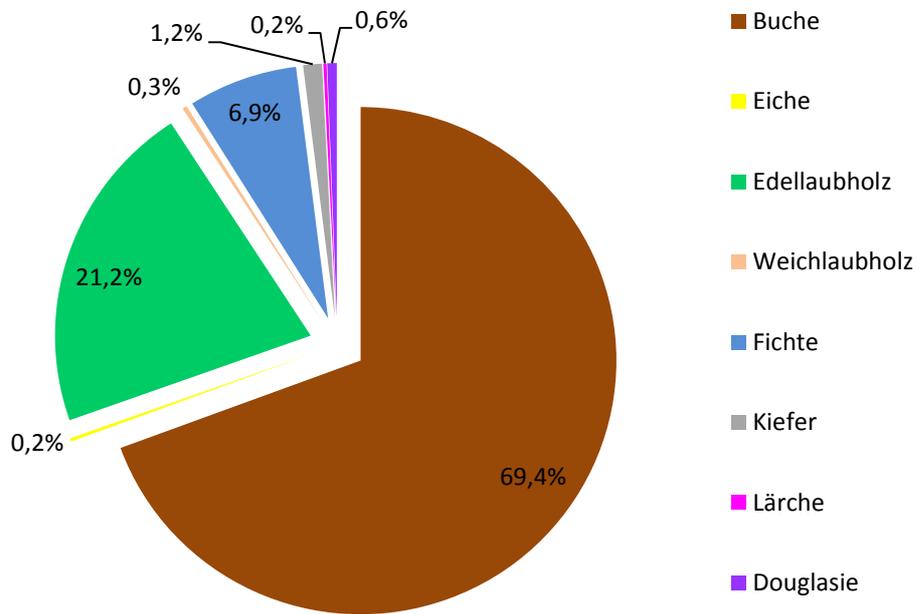


Abbildung 6: Baumartenverteilung (%) in der Verjüngung im Projektgebiet

3 Wildschadenssituation

3.1 Verbiss

Im Rahmen des KLIMWALD-Projekts wurden im November 2014 sowie jeweils im März/April der Jahre 2015, 2016, 2017 Vegetations- und Verbissaufnahmen durchgeführt (siehe Tabelle 1). Im Stadtwald Naumburg wurden Verbissaufnahmen entlang von Traktflächen in Verjüngungsbereichen durchgeführt. Erfasst wurden die Verbissprozente (Terminaltriebverbiss) der verschiedenen Baumarten. In den Kommunalwäldern Calden, Wolfhagen und Zierenberg fanden die Aufnahmen in Weisergattern sowie auf dauerhaft verpflockten Kontrollflächen statt.

Die Aufnahme von Vegetation und Verbiss in Weisergattern und dazugehörigen Kontrollflächen ermöglicht – im Gegensatz zu Traktaufnahmen – die Einschätzung nicht nur des frischen Verbisses (in %) sondern auch die (durch selektiven Verbiss der Mischbaumarten entstehende) Entmischung.

Dazu wurde das Verbissprozent aller jungen Baumpflanzen sowie das Verbissprozent der Mischbaumarten erhoben (i.d.R. Edellaubholz da aktuell die meisten Weisergatter auf den eutrophen Standorten zu finden sind).

Der Schwellenwert für tolerierbaren Terminaltriebverbiss liegt – in Anlehnung an die Vorgaben für die Bewirtschaftung des Hessischen Staatswaldes – bei 20 %. Wird dieser Schwellenwert überschritten, gilt das auf der jeweiligen Fläche angestrebte waldbauliche Ziel als deutlich gefährdet, da zu viele junge Bäume in ihrer Vitalität und Qualität geschädigt werden bzw. ganz ausfallen.

Die Ergebnisse der Verbissaufnahmen zeigen, dass die Schäden sehr heterogen verteilt sind. Von starken Verbisschäden bis hin zur erkennbaren Entmischung sind besonders die edellaubholzhaltigen Standorte betroffen.

Calden: Das durchschnittliche Verbissprozent liegt bei 12 %. Wo Edellaubholz vorkommt, wird dieses selektiv geäst, so dass das Verbissprozent dort im Schnitt auf 35 % ansteigt.

Zierenberg: Schon das auf alle in den Vegetationsaufnahmen vorkommenden Baumarten bezogene Verbissprozent liegt mit 35% deutlich über der Toleranzgrenze. Das des Edellaubholzes beträgt hier – gemittelt über Aufnahmepunkte und Jahre – sogar 44 %.

Naumburg und Wolfhagen: Die Durchschnittswerte liegen mit Verbissprozenten von jeweils 14 % im tolerierbaren Bereich. Allerdings zeigt sich hier deutlich, dass die Betrachtung des Verbisses nicht nur anhand von Durchschnittswerten erfolgen darf sondern auch eine

flächenscharfe Betrachtung erfolgen muss – nur so ist die Identifizierung von überdurchschnittlich von Verbiss betroffenen Verjüngungsflächen möglich.



Abbildung 7: A – Vielerorts kaum zu finden: Unverbissener Bergahorn; B – eher Regel als Ausnahme: Terminaltriebverbiss beim Bergahorn; C – Allzu häufiger Anblick auf den eutrophen Standorten im Projektgebiet: Mehrjähriger Terminaltriebverbiss

Tabelle 1: Ergebnisse der Vegetations-/Verbissaufnahmen in Weisergattern, auf Kontrollflächen und entlang Traktflächen im November 2014 sowie jeweils im März/April der folgenden drei Jahre

Gesamtüberblick der Verbissaufnahme im Winter '14 & Frühjahr '15 & Frühjahr '16 & Frühjahr '17													
WEISERGATTER													
Abt.	Aufge- stellt (Jahr)	Verbissprozent (Ø)				Verbissprozent (ELH)				Entmischung			
		Nov 14	Mrz/Apr 15	Apr 16	Mrz/Apr 17	Nov 14	Mrz/Apr 15	Apr 16	Mrz/Apr 17	Nov 14	Mrz/Apr 15	Apr 16	Mrz / Apr 17
Gemeindewald Calden													
2	2012	k.A.	11%	10%	k.A.	k.MBA	MBA n.i.WG	k.MBA	k.A.	k.A.	erkennbar**	nicht erkennbar*	k.A.
11	2012	16%	9%	8%		MBA n.i.WG	65%	52%		erkennbar	erkennbar	erkennbar	
31	2011	5%	9%	10%		17%	23%	19%		erkennbar	erkennbar	erkennbar	
54	2011	21%	19%	17%		k.MBA	MBA n.i.WG	MBA n.i.WG		nicht erkennbar	erkennbar	erkennbar	
Stadtwald Wolfhagen													
5	2013	6%	9%	3%	10%	k.MBA	k.MBA	k.MBA	k.MBA	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
20/26	2013	4%	0%	0%	0%	k.MBA	k.MBA	k.MBA	k.MBA	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
46	2014	0%	0%	0%	0%	k.MBA	k.MBA	k.MBA	k.MBA	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
50	2013	14%	3%	0%	5%	MBA n.i.WG	k.MBA	k.MBA	k.MBA	erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
94	2014	8%	9%	-	6%	9%	33%	k.MBA	k.MBA	nicht erkennbar	erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
111	2013	33%	17%	24%	55%	40%	MBA n.i.WG	k.MBA	63%	erkennbar	erkennbar	erkennbar	erkennbar
125	2013	18%	23%	41%	16%	MBA n.i.WG	MBA n.i.WG	MBA n.i.WG	MBA n.i.WG	erkennbar	erkennbar	erkennbar	erkennbar
144	2013	31%	23%	21%	74%	MBA n.i.WG	k.MBA	k.MBA	k.MBA	deutlich erkennbar***	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
Stadtwald Zierenberg													
2	2014	26%	37%	35%	k.A.	42%	46%	39%	k.A.	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
4	2014	24%	91%	88%	74%	25%	91%	88%	74%	erkennbar	erkennbar	erkennbar	erkennbar
7	2013	17%	7%	20%	33%	21%	10%	10%	67%	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
17	2013	31%	27%	33%	42%	31%	59%	28%	67%	nicht erkennbar	erkennbar	erkennbar	nicht erkennbar
33	2016	k.A.	k.A.	k.A.	37%	k.A.	k.A.	k.A.	37%	k.A.	k.A.	k.A.	nicht erkennbar
35	2014	18%	32%	29%	20%	100%	42%	35%	30%	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
44	2014	38%	51%	30%	31%	42%	55%	40%	45%	erkennbar	erkennbar	erkennbar	erkennbar
54	2013	31%	52%	33%	30%	34%	57%	50%	32%	deutlich erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
73	2014	k.A.	43%	k.A.	k.A.	k.A.	33%	k.A.	k.A.	k.A.	nicht erkennbar	k.A.	k.A.
117	2014	39%	31%	23%	24%	48%	30%	28%	24%	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
118	2014	17%	16%	38%	65%	k.MBA	k.MBA	k.MBA	k.MBA	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
119	2014	24%	24%	22%	k.A.	38%	38%	30%	k.A.	erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar	nicht erkennbar
Stadtwald Naumburg													
16C1	2016	Weisergatter wurden erst im Vorgriff auf die geplante Eichenverjüngung errichtet.											
16C1	2016												
17B1	2016												
22A1	2016												
TRAKTFLÄCHEN													
Stadtwald Naumburg													
5		14%	(Diagramm: Ein trichterförmiges Diagramm, das sich von links nach rechts öffnet, mit einem breiten Basis auf der linken Seite und einem schmalen Spitz auf der rechten Seite. Die vertikale Achse ist beschriftet mit den Werten 14%, 4%, 37%, 0%, 16%.)										
35		4%											
47		37%											
63		0%											
82		16%											
Erläuterungen													
		bei grün liegt der Verbissprozent im tolerierbaren Bereich (<10%)											
		bei gelb liegt der Verbiss im kritischen Bereich (10% < X < 20%)											
		bei rot liegt der Verbiss über dem Schwellenwert von 20%											
*		nicht erkennbar bedeutet, dass keine großen Unterschiede in der Baumartenzusammensetzung innerhalb und außerhalb des Gatters festzustellen sind.											
**		erkennbar bedeutet, dass innerhalb des Weisergatters ein bis zwei Baumarten mehr vorhanden sind, die Hauptbaumart (größter prozentualer Anteil) auf beiden Flächen aber identisch ist.											
***		deutlich erkennbar bedeutet, dass die Hauptbaumart im Gatter (bspw. Ei oder Bah) außerhalb nur sehr vereinzelt, teilweise gar nicht vorkommt.											
k.A.		keine Aufnahme											
k.MBA		keine Mischbaumarten vorhanden											
MBA n.i. WG		Mischbaumarten nur im Weisergatter vorhanden											

3.2 Schäle

Während die Kommunalwälder Naumburg und Wolfhagen vollständig und der Kommunalwald Zierenberg hälftig zum Rotwildgebiet gehören, befindet sich der Kommunalwald Calden aufgrund der Trennung durch die Autobahn A44 gänzlich außerhalb des Rotwildgebietes. Wildschäden in Form von durch Rotwild verursachter Schäle treten überwiegend in den Kommunalwäldern Naumburg und Zierenberg auf. Die von Schäle betroffenen Flächen wurden per GPS eingemessen und in Karten verortet. Abbildung 8 zeigt exemplarisch einen solchen Kartenausschnitt.



Abbildung 8: Flächenscharfe Verortung von Schälschäden



Abbildung 9: Bilder aus dem KLIMWALD-Projektgebiet: Somerschäle an Buche, Winterschäle an Esche

4 Identifizierung und Visualisierung von potentiell risikobehafteten Waldbeständen

In der Arbeitsgruppe des AB I wurde diskutiert, wie sich die allgemeinen Handlungsempfehlungen für Klimaanpassung im Wald auf die konkreten Bestände der Projektkommunen übertragen lassen. Grundsätzlich galt das Leitbild: Je vielfältiger die Mischung und die Altersstruktur, desto geringer ist das Risiko und desto höher ist die Resilienz. Drei Handlungsschwerpunkte wurden gesetzt:

1. Artenreichen Jungwuchs sicherstellen
 - > Vielfalt an standortgemäßen Baumarten, Risikostreuung als Vorsorge
2. Ungleichaltrige Mischwälder entwickeln
 - > Nebeneinander von Jungwuchs und alten Baumgruppen unterschiedlicher Arten, dynamisches und widerstandsfähiges System
3. Robustheit + Stabilität durch vitale Bäume
 - > Pflegeeingriffe entspannen die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe

Auf Grundlage des aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstandes zur Klimaanpassung im Wald wurden Möglichkeiten der Überführung komplexer Ausgangslagen in vereinfachte Risikogruppierungen intensiv diskutiert. Ausgehend von im Rahmen der Standorterkundung und Forsteinrichtung erhobenen Parametern zu Standort und Bestand wurde eine Matrix zur Einteilung von Beständen in Risikostraten entwickelt.

Dazu wurden vier Bewertungsparameter in jeweils 5 Klassen abgeleitet:

- 'Physikalische Stabilität' (PHYS) – 'sehr stabil' (1) bis 'sehr labil' (5)
- 'Strukturvielfalt' (STRUV) – 'sehr strukturreich' (1) bis 'sehr strukturarm' (5)
- 'Baumartenmischung' (BAM) – 'sehr gut gemischt' (1) bis 'sehr schlecht gemischt' (5)
- 'Trockenstressrisiko' (TSR) – 'sehr gut' (1) bis 'sehr schlecht wasserversorgt' (5)

Plausibilität und Passgenauigkeit der für die verschiedenen Bewertungsparameter gebildeten Kategorien wurde im Rahmen einer Exkursion des Forstamts Wolfhagen in verschiedenen Beständen vor Ort im erweiterten Kollegenkreis diskutiert und überprüft.

Schließlich wurden die Bewertungsparameter 'Physikalische Stabilität', 'Baumartenmischung' (Hauptschicht und Verjüngungsschicht) sowie 'Trockenstressrisiko' in Kartenwerke überführt, um die Verteilung der risikobehafteten Standorte/Bestände in der Fläche darstellen zu

können. Der Bewertungsparameter 'Strukturvielfalt' wurde aufgrund begrenzter Aussagefähigkeit zurückgestellt.

Die entwickelten Bewertungsparameter ergänzen die Informationen, die bereits als Planungs- und Entscheidungsgrundlage zur Verfügung stehen (Forstwirtschaftskarte, Standortstypenkarte, Fichtenrisikokarte) hinsichtlich spezifischer Standorts- bzw. Bestandseigenschaften, welche im Zusammenhang mit der Klimaanpassung besondere Bedeutung haben.

In Kombination mit der bewährten Forstwirtschaftskarte (Bestockung der Forstabteilungen nach führender Baumart und Altersstufe), der Standortstypenkarte (Geländewasserhaushalt und Trophie) und den Informationen zum projizierten Trockenstressrisiko (siehe Abbildungen 2-4), liefern die neu entwickelten Bewertungsparameter 'Physikalische Stabilität', 'Baumartenmischung in der Hauptschicht' und 'Baumartenmischung in der Verjüngungsschicht' wertvolle Hinweise zur Identifizierung jener Waldorte, auf die hinsichtlich der Klimaanpassung besonderes Augenmerk zu richten ist. Dies sind vor allem:

- labile Bestände
- Risikostandorte
- und (großflächige) Reinbestände

4.1 Physikalische Stabilität

Aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber Sturmereignissen nimmt die Baumart Fichte in der nachfolgenden Betrachtung eine Sonderstellung ein und wird getrennt von den anderen Baumarten betrachtet. Ziel der Einordnung der Bestände in die 5 Risikoklassen der 'Physikalische Stabilität' ist die Identifizierung von durch Sturmereignisse (Herbst-Winterorkane) potentiell besonders gefährdeten Waldbeständen und die Visualisierung und Verortung dieser Flächen in einem Kartenwerk.

Tabelle 2: Bewertungsparameter 'Physikalische Stabilität'

Physikalische Stabilität		
Klassengrenzen	Definition Fichtenbestände	Definition andere HBA
1. sehr stabil	sehr junge Fichtenbeständen (Waldentwicklungsstadium < 4)	alle Bestände mit Hauptbaumarten Ei, Dgl, Bu, Lä, Kie, sofern keine weiteren Beeinträchtigungen vorhanden sind
2. stabil	junge Fichtenbestände mit max. Vorräten bis 450 Vfm	alle älteren Bestände mit Hauptbaumarten Ei, Dgl, Bu, Lä, Kie auf betont frischen Standorten
3. zunehmend instabil	Fichtenbestände mit Vorrat bis max. 550 Vfm auf wechselfeuchten/ nassen Standorten, exponierten Lagen. Junge gedrängte oder angerissene Fichtenbestände.	Junge gedrängte Nadelholz-Bestände. Angerissene/durchbrochene Bestände. Wasserbeeinflusste Bestände mit Hauptbaumarten Bu, Dgl, Lä
4. labil	Fichtenbestände mit Vorrat bis max. 600 Vfm. Mit Vorräten über 350 Vfm bei gleichzeitiger Beeinträchtigung durch Geländewasserhaushalt, Gefährdung, Exposition	sehr hohe Vorräte in Verbindung mit wechselfeuchten und nassen Standorten bei Dgl und Gta
5. sehr labil	Fichtenbestände mit Vorrat über 600 Vfm. Mit Vorräten über 400 Vfm bei gleichzeitiger Beeinträchtigung durch Geländewasserhaushalt, Gefährdung, Exposition	

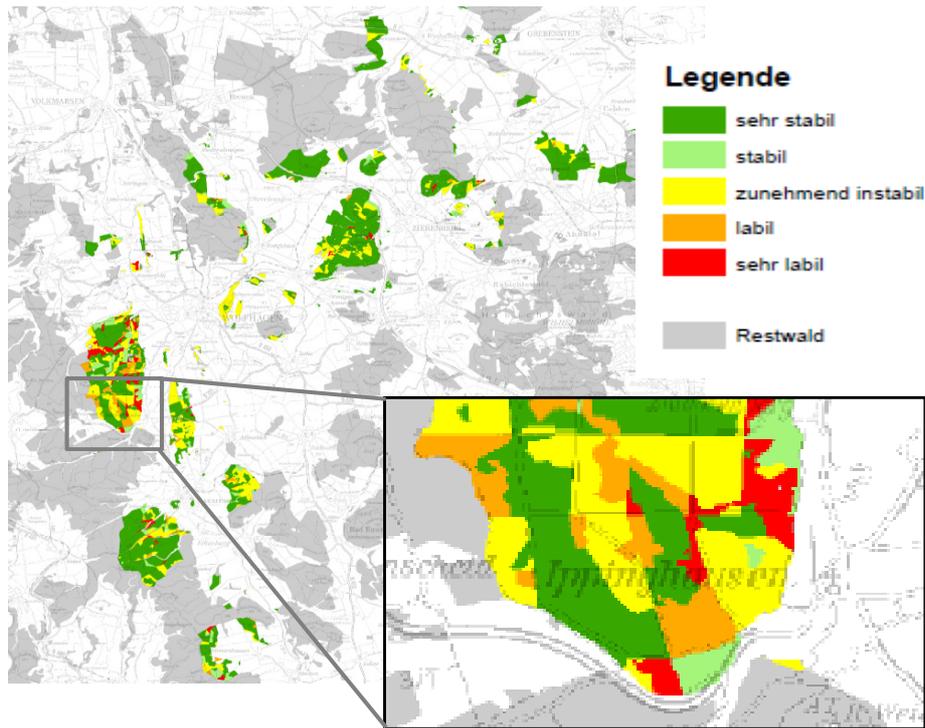


Abbildung 10: Karte 'Physikalische Stabilität'

4.2 Baumartenmischung in Hauptschicht und Verjüngungsschicht

Die Beteiligung einer Vielfalt von standortgemäßen Baumarten an den Waldbeständen der Zukunft ist ein Kernanliegen der waldbaulichen Strategien zur Klimaanpassung. Die Bewertungsparameter 'Baumarten-Mischung in der Hauptschicht' und 'Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht' sowie die dazugehörigen Karten wurden entwickelt, um die folgenden Ziele zu unterstützen:

1. Bei hohen Mischanteilen > Bewahrung / Überführung dieser in die nächste Generation
2. Bei geringen Mischanteilen > Prüfung der Möglichkeiten zur Diversifizierung
3. Visualisierung des Verlustes von Mischanteilen in der Folgegeneration (Wildeinfluss?)

Tabelle 3: Bewertungsparameter 'Baumarten-Mischung in der Hauptschicht'

Mischung in der Hauptschicht	
Klassengrenzen	Definition Baumartenmischung in der Hauptschicht (HS)
1. sehr stark gemischt	Mind. 4 Mischbaumarten (MBA) mit Fläche (d.h. $\geq 1\%$ Flächenanteil pro MBA) in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 30\%$ (Summe der Flächenanteile aller MBA)
2. stark gemischt	Mind. 3 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 30\%$
3. zunehmend gemischt	Mind. 3 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 15\%$ Mind. 2 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 30\%$
4. schwach gemischt	Mind. 2 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 15\%$ Mind. 1 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 30\%$
5. sehr schwach gemischt	Unterteilung in 5 Unterklassen
5.1	Mind. 2 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 5\%$
5.2	Mind. 1 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 15\%$
5.3	Mind. 1 MBA mit Fläche in HS bei einem Mischungsanteil $\geq 5\%$
5.4	Mind. 1 MBA mit Fläche in HS
5.5	keine MBA

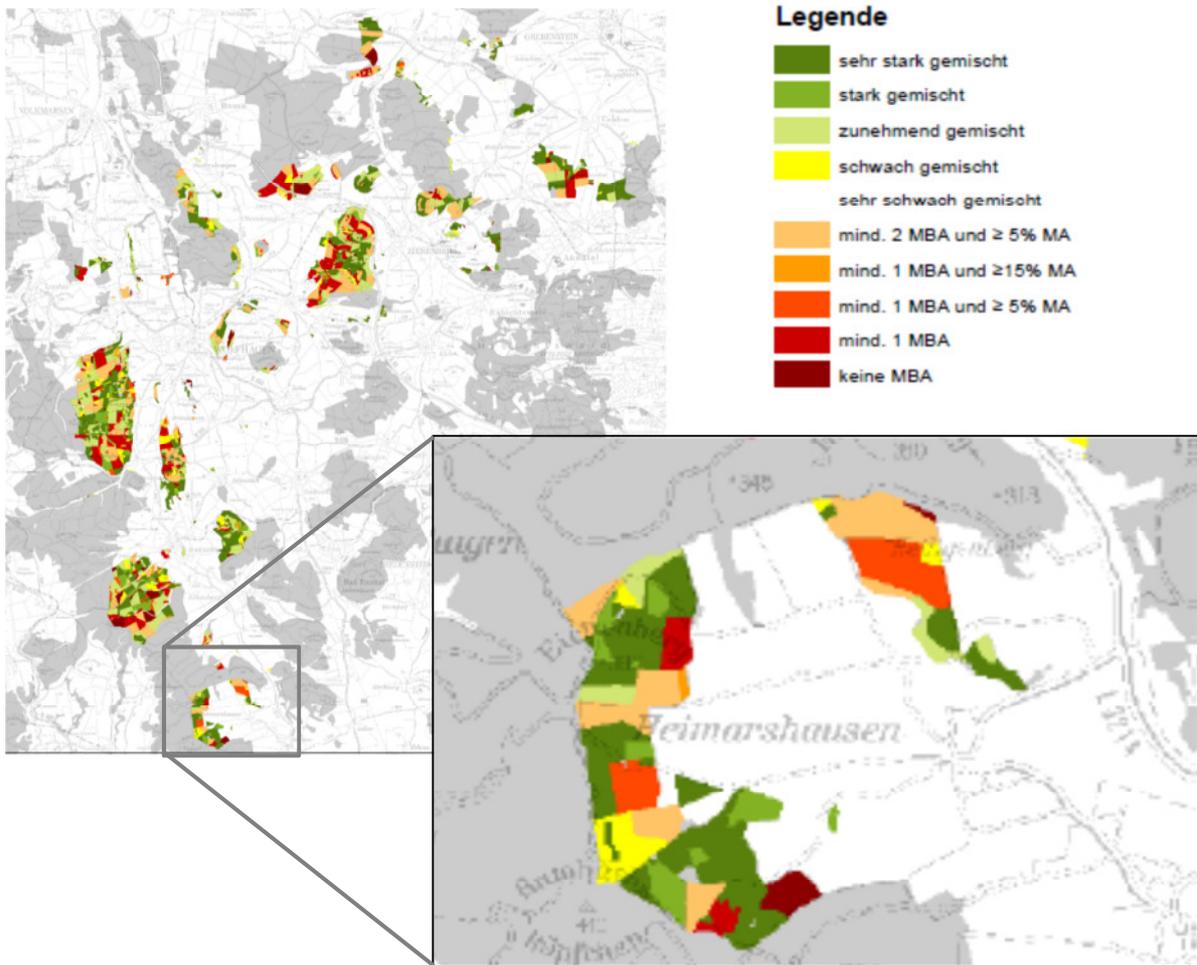


Abbildung 11: Karte 'Baumarten-Mischung in der Hauptschicht'

Tabelle 4: 'Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht'

Mischung in der Verjüngungsschicht	
Klassengrenzen	Definition Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht
1. sehr stark gemischt	≥ 4 Mischbaumarten (MBA) und Flächenanteil Verjüngung (VJ) ≥ 30%
2. stark gemischt	≥ 3 MBA und Flächenanteil der VJ ≥ 30%
3. zunehmend gemischt	≥ 2 MBA und Flächenanteil der VJ ≥ 30%
4. schwach gemischt	≥ 1 MBA und Flächenanteil der VJ ≥ 30%
5. nicht gemischt	keine MBA mit Fläche & Flächenanteil der VJ ≥ 30%

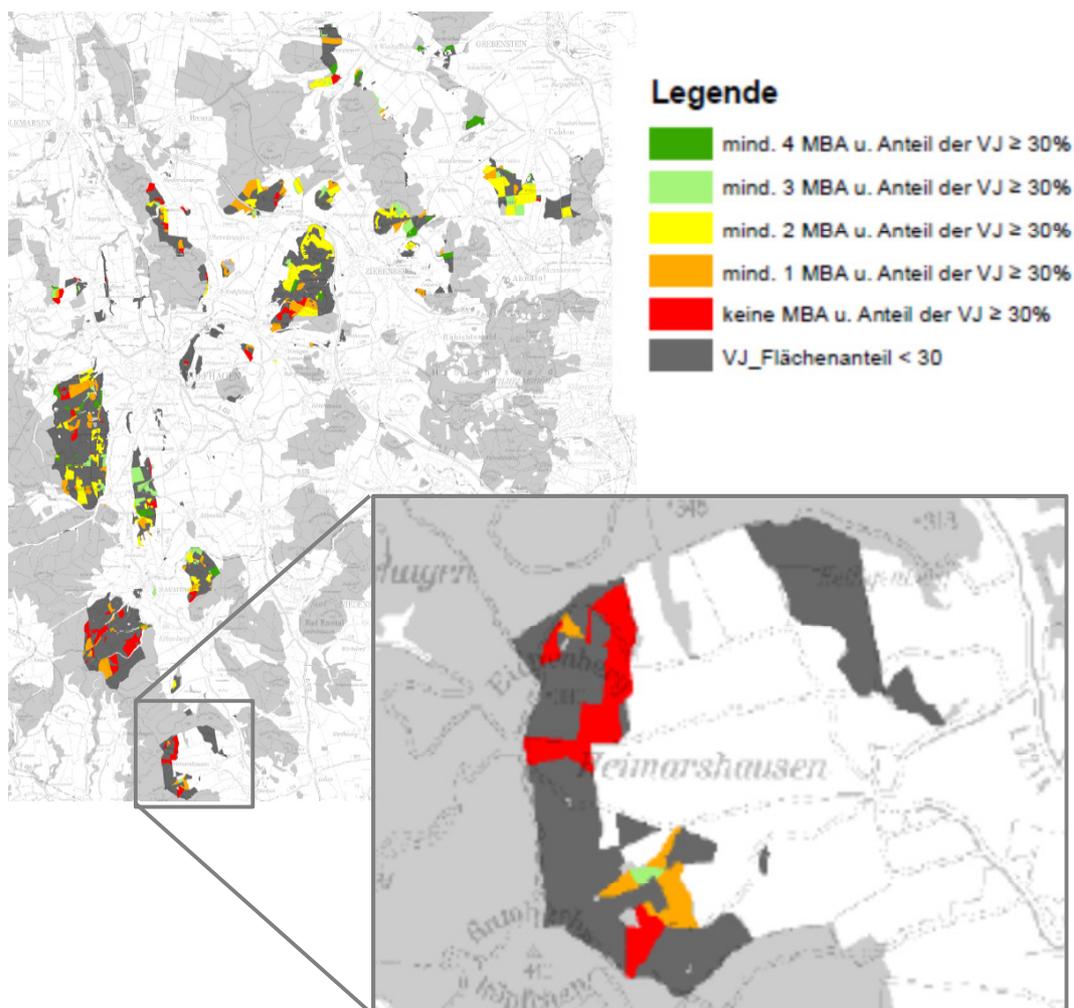


Abbildung 12: Karte 'Baumarten-Mischung in der Verjüngungsschicht'

5 Literatur

Klinck C., Eichhorn J., Meesenburg H. (2015): Erfolgreiche Klimaanpassung im Kommunalwald (KLIMWALD) - Herausarbeiten von Szenarien und Folgen einer nachhaltig extremen klimatischen Entwicklung. Abschlussbericht