

## Entwicklung einer standörtlich basierten Risikokartierung

### Produkt 3.3.2a

Version: 1.0  
Status: final  
Datum: 30.06.2011

#### TP 3.3.2 - Anpassungsstrategien für die regionale Forstwirtschaft

TP-Leiter: Dr. Dirk-Roger Eisenhauer  
Staatsbetrieb Sachsenforst

Bearbeiter: Assessor des Forstdienstes Sven Sonnemann  
Staatsbetrieb Sachsenforst

Kontakt: Assessor des Forstdienstes Sven Sonnemann  
Staatsbetrieb Sachsenforst  
rat Waldbau / Waldschutz  
Bonnewitzer Straße 34  
Pirna / OT Graupa  
Tel.: 03501/542-319  
Fax: 03501/542-101  
E-Mail: Sven.Sonnemann@smul.sachsen.de

Refe-  
01796

#### **REGKLAM**

#### **Entwicklung und Erprobung eines Integrierten Regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Modellregion Dresden**

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Förderkennzeichen: 01 LR 0802

Koordination: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)  
Weberplatz 1, 01217 Dresden  
Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Müller

**[www.regklam.de](http://www.regklam.de)**

## Inhaltsverzeichnis

1. Bewertung der Risikofaktoren .....	4
2. Risikobewertung und -kartierung.....	9
Literatur.....	21
Anhang .....	26

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prädisposition gegenüber Borkenkäferbefall auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortsverhältnisse in der REGKLAM-Region (nur Bestände mit Fichtenanteilen) .....	10
Abbildung 2: Prädisposition gegenüber Trockenstress auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortsverhältnisse in der REGKLAM-Region (nur Bestände mit Fichtenanteilen) .....	12
Abbildung 3: Prädisposition gegenüber Sturm bzw. Windwurf auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortsverhältnisse in der REGKLAM-Region.....	14
Abbildung 4: Prädisposition gegenüber Waldbrand auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortsverhältnisse in der REGKLAM-Region .....	17
Abbildung 5: Prädisposition gegenüber Waldbrand auf der Grundlage der zukünftigen Entwicklungsziele und Standortsverhältnisse in der REGKLAM-Region .....	18
Abbildung 6: Gliederung der REGKLAM-Region (Landeswald) nach Waldumbaudringlichkeiten auf der Grundlage der hinsichtlich der verschiedenen Risikofaktoren durchgeführten Prädispositionsabschätzung .....	20

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika und Entwicklungsprognose der berücksichtigten Risikofaktoren ..	4
Tabelle 2: Bewertungsansatz für die Gefährdung gegenüber dem Großen achtzähligen Fichtenborkenkäfer ( <i>Ips typographus</i> L.) nach SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009 (Bestandesdaten) .....	5
Tabelle 3: Bewertungsansatz für die Gefährdung gegenüber dem Großen achtzähligen Fichtenborkenkäfer ( <i>Ips typographus</i> L.) nach SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009 (Standortparameter) .....	6
Tabelle 4: Wichtung der Risikofaktoren im Rahmen der Ableitung der Gesamtprädisposition.....	8
Tabelle 5: Zuordnung der Umbaudringlichkeit zur Gesamtgefährdungsklasse .....	8
Tabelle 6: Flächenbilanzen der einzelnen Borkenkäfer-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände.....	10
Tabelle 7: Flächenbilanzen der einzelnen Trockenstress-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände.....	12

---

Tabelle 8: Flächenbilanzen der einzelnen Windwurf-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände.....	14
Tabelle 9: Flächenbilanzen der einzelnen Waldbrand-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände.....	16
Tabelle 10: Flächenbilanzen der einzelnen Waldbrand-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die angestrebten Zielzustände .....	18
Tabelle 11: Flächenbilanz der einzelnen prädispositionsbedingten Waldumbaudringlichkeiten (Landeswald) in der REGKLAM-Region.....	19

## 1. Bewertung der Risikofaktoren

Die Bewertung der verschiedenen Risikofaktoren ist eine wesentliche Voraussetzung zur Ableitung der flächeneckenden Prädispositionskartierung für die Modellregion Dresden. Dabei stehen die folgenden Aspekte im Vordergrund:

- die Einschätzung der Gefährdung der einzelnen Waldökosystemtypen gegenüber ausgewählten Risikofaktoren und
- die Priorisierung von waldbaulichen Maßnahmen im Sinne von Waldumbaudringlichkeiten.

Im Rahmen des Projektes wurden vier relevante Risikofaktoren betrachtet und so aufbereitet, dass sie in Form einer Prädispositionskartierung dargestellt werden können. Dazu zählen neben der Trockenstressgefährdung auch das Sturmwurfrisiko, die Waldbrandgefährdung und das Risiko eines Befalls durch rindenbrütende Borkenkäfer, hier speziell des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). In Tabelle 1 werden die einzelnen Risikofaktoren im Detail vorgestellt.

Tabelle 1: Charakteristika und Entwicklungsprognose der berücksichtigten Risikofaktoren

<b>Risikofaktor Trockenstress</b>	
betroffene Baumarten	grundsätzlich alle Baumarten, insbesondere jedoch flachwurzelnende Arten wie Fichte
Schwerpunkte aktuell	Tiefeland, Löß-Hügelland, tlw. exponierte untere Berglagen
Schwerpunkte Prognose	alle exponierten Standorte bis in die höheren Berglagen
Bewertungsansatz	nach SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009
<b>Risikofaktor Sturmgefährdung</b>	
betroffene Baumarten	Fichte, tlw. Kiefer, je nach Intensität des Ereignisses weitere Baumarten
Schwerpunkte aktuell	Hügelland und Mittelgebirge bis in die Kammlagen, flachgründige Standorte
Schwerpunkte Prognose	alle Standortsregionen
Bewertungsansatz	Übertagung und Anpassung des Ansatzes von SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009
<b>Risikofaktor Waldbrandgefährdung</b>	
betroffene Baumarten	Kiefer, (Douglasie), weitere Nadelbaumarten
Schwerpunkte aktuell	nördliche Tieflandsbereiche
Schwerpunkte Prognose	Ausweitung bis in die unteren Berglagen, insbesondere trockenheitsgefährdete Standorte
Bewertungsansatz	Erweiterung des Ansatzes von LEUTERER 2008, Bewertungsverfahren in Anlehnung an SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009

<b>Risikofaktor biotische Schadfaktoren (Buchdrucker)</b>	
betroffene Baumarten	Fichte
Schwerpunkte aktuell	alle fichtendominierten Waldökosystemtypen mit Schwerpunkten im Hügelland und den unteren Berglagen
Schwerpunkte Prognose	Zunahme des Befallsrisikos auf allen Standorten mit Fichtenbestockung
Bewertungsansatz	Abgrenzung der Modellregion aus den Ergebnissen von SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009 – in Anlehnung an das System zur örtlich und zeitlich differenzierten Abschätzung des Gefährdungspotenzials durch den Buchdrucker

Zur Realisierung des gewählten Ansatzes war es auch hier wichtig – ebenso wie bei der Bewertung der Vorrangfunktionen – flächig verfügbare Daten nutzen zu können. Die zugrundeliegenden Bewertungskriterien basieren deshalb auch in diesem Fall auf den Zustandsdaten der Forsteinrichtung. Da aber die Einschätzung des Gefährdungsgrades der einzelnen Waldökosystemtypen gegenüber dem jeweiligen Risikofaktor, unabhängig vom tatsächlichen waldbaulichen Steuerungspotenzial erfolgt, werden auch standörtliche Charakteristika stärker in die Bewertung einbezogen. Zwar geschieht dies je nach Risikofaktor in unterschiedlicher Intensität, die Gesamtgefährdung leitet sich jedoch immer aus der Kombination von Bestandes- und Standortsgefährdung ab. In den Tabelle 2 und Tabelle 3 sind exemplarisch für die Gefährdung gegenüber biotischen Schadfaktoren die einzelnen Bewertungskriterien dargestellt.

Tabelle 2: Bewertungsansatz für die Gefährdung gegenüber dem Großen achtzähligen Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) nach SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009 (Bestandesdaten)

Bewertungskrit. / Ausprägung	Bewertung		Gesamtwicht. (Relation)
	Punkte	Relation	
Fichtenanteil in %			<b>1,0</b>
> 70	12	1,0	1,0
51 – 70	10	0,83	0,83
26 – 50	6	0,5	0,5
11 – 25	2	0,17	0,17
1 – 10	1	0,08	0,08
keine Fichte	KO	KO	KO
Alter			<b>1,0</b>
< 60	2	0,2	0,2
60 – 79	6	0,6	0,6
80 – 100	9	0,9	0,9
> 100	10	1,0	1,0
Schlussgrad			<b>0,4</b>
gedrängt	4	0,4	0,16
geschlossen	1	0,1	0,04
locker	7	0,7	0,28
licht, räumdig	10	1,0	0,4

soziologische Stammklasse			<b>0,6</b>
überw. vorherrschend	10	1,0	0,6
überw. beherrscht	0	0,0	0,0
bestandesbed. Prädisposition gegenüber Sturm (im Detail siehe eigener Ansatz)			<b>0,8</b>
keine und sehr gering	0	0,0	0,0
gering	3	0,25	0,2
mittel	6	0,5	0,4
hoch	9	0,75	0,6
sehr hoch	12	1,0	0,8
bestandesbed. Prädisposition gegenüber Schnee (im Detail siehe eigener Ansatz)			<b>0,2</b>
keine und sehr gering	0	0,0	0,0
gering	3	0,25	0,05
mittel	6	0,5	0,1
hoch	9	0,75	0,15
sehr hoch	12	1,0	0,2

Bei der Bewertung der Standortparameter erfolgte zum Teil eine Transformation der ursprünglich verwendeten Kriterien auf den Klassifizierungsansatz der neuen Standortklasse. Generationenzahl, klimatische Wasserbilanz usw. wurden dabei den neuen Gliederungseinheiten zugeordnet, sodass eine eindeutige Charakterisierung der Standortklasse hinsichtlich des jeweiligen Kriteriums möglich ist. Hydromorphiegrad, Substratfeuchteklasse und Nährkraft sind hingegen neu bewertet worden. Die Geländemorphologie wird durch die Standortklasse nicht abgebildet und deshalb unverändert aus dem ursprünglichen Modell übernommen.

Tabelle 3: Bewertungsansatz für die Gefährdung gegenüber dem Großen achtzähligen Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) nach SCHOPF, BAIER, PENNERSDORFER 2009 (Standortparameter)

Bewertungskrit. / Ausprägung	Parameter d. Standortklasse	Bewertung		Gesamtwicht. (Relation)
		Punkte	Relation	
Generationsentwicklung (dynamische Klimastufe / Höhenstufe)				<b>1,0</b>
> 2 Generationen	II / M, III, IV, V, VI	10	1,0	1,0
2 Generationen	II / H	9	0,9	0,9
1 Gen. + Geschw.brut	I	7	0,7	0,7

Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr (dyn. Klimastufe/ Höhenstufe)				<b>0,6</b>
< -75 mm	VI	12	1,0	0,6
-75 bis -1 mm	V	9	0,58	0,45
0 bis 74 mm	III, IV	6	0,5	0,3
75 bis 149 mm	II / M	3	0,25	0,15
150 bis 224 mm	II / H	1	0,08	0,05
>= 225 mm	I	0	0,0	0,0
<b>Substrat / Wasserhaushalt</b>				<b>0,8</b>
substratfeucht (haftfrisch, haftfeucht)				0,0
substratfrisch (speicherfrisch, mäßig haftfrisch)				0,32
mäßig substrattrocken (mäßig speichertrocken, mäßig speicherfrisch)				0,64
stark substrattrocken (speichertrocken)				0,72
stark substrattrocken (sehr speichertrocken, speicherdürr)				0,80
Moore				0,48
Auen				0,0
Bachtälchen				0,0
hydromorph				0,48
semihydromorph				0,32
<b>Hydromorphie</b>				<b>0,2</b>
hydromorph				0,2
semihydromorph				0,2
terrestrisch feucht				0,02
terrestrisch				0,1
terrestrisch trocken				0,2
Bachtälchen				0,02
Auen				0,02
Moore				0,2
<b>Nährkraft</b>				<b>0,4</b>
arm				0,4
ziemlich arm				0,2
mittel				0,0
kräftiger				0,3
Bachtälchen				0,2
Auen				0,3
Moore				0,4
<b>Geländemorphologie</b>				<b>0,4</b>
Kuppe / Plateau / Hang	-	10	1,0	0,4
Ober- u. Mittelhang	-	7	0,7	0,28
Unterhang /Tal/ Mulde	-	1	0,1	0,04
<b>Exposition</b>				<b>0,2</b>
sonnseitig	NW, N, NO, O	1	1,0	0,2
schattseitig, eben	SO, S, SW, W	0	0,0	0,0

Zum Teil werden für die weiteren berücksichtigten Risikofaktoren die gleichen Bewertungskriterien herangezogen, wenn auch mit unterschiedlicher Wichtigung. Außerdem bilden einige Risikofaktoren die Bewertungsgrundlage für andere. Die Sturmgefährdung spielt bspw. bei der Beurteilung der Prädisposition gegenüber dem Buchdrucker eine wichtige Rolle. Die Einschätzung der Trockenstressgefährdung wiederum beruht zu wesentlichen Teilen auf Parametern die bereits bei der Einschätzung der biotischen Schadfaktoren zum Einsatz kamen.

Der Bewertungsschlüssel und die Klassenbildung sind dabei identisch mit dem der Vorrangfunktionen, sodass an dieser Stelle auf eine ausführliche Beschreibung verzichtet wird. Allein die Kombination von Bestandes- und Standortbewertung erfolgt zusätzlich.

### Gesamtprädisposition

Für die Beurteilung einer grundsätzlichen Prädisposition des Waldökosystemtyps ist die Kombination der einzelnen Risikofaktoren unerlässlich. Nur so kann eine realistische wissensbasierte Priorisierung von waldbaulichen Maßnahmen vorgenommen werden. Die vier bewerteten Risikofaktoren wurden deshalb mit unterschiedlicher Wichtigung in einer Gesamtgefährdung zusammengefasst (Tabelle 4). Gleichzeitig erfolgte die Formulierung von KO-Kriterien die bei bestimmten Risikofaktoren eine Bewertung der einzelnen Waldökosystemtypen mit 0 zur Folge haben und zwar auch wenn eine standörtliche Prädisposition durchaus vorhanden ist. Ein typisches Beispiel ist die Borkenkäfergefährdung, die an die Baumart Fichte gekoppelt ist und somit bei Beständen aus anderen Baumarten keine Rolle spielt.

Tabelle 4: Wichtigung der Risikofaktoren im Rahmen der Ableitung der Gesamtprädisposition

Risikofaktor	Wichtigkeit
Biotische Schadfaktoren	3/3
Trockenstress	2/3
Sturmgefährdung	3/3
Waldbrandgefährdung	1/3

Abhängig von der jeweiligen Gefährdungsklasse des einzelnen Risikofaktors wird auch hier eine Punktschätzung (0 = keine Prädisposition, 5 = sehr hohe Prädisposition) ermittelt, die dann über die entsprechende Wichtigung in die Gesamtbeurteilung eingeht. Die Differenz aus der maximal möglichen Punktzahl und der des einzelnen Waldökosystemtyps erlaubt die Einordnung in eine dreistufige Gesamtgefährdungsklasse, die wiederum die Grundlage für die Festlegung der Umbaudringlichkeit bildet (Tabelle 5). Die gegenseitige Beeinflussung der Risikofaktoren wird bei diesem Ansatz allerdings nur zum Teil berücksichtigt, indem bspw. eine erhöhte Sturmgefährdung auch eine höhere Prädisposition gegenüber dem Buchdrucker zur Folge hat. Direkte zeitliche oder räumliche Abhängigkeiten unter Einbeziehung von Nachbarschaftsbeziehungen wurden nicht implementiert.

Tabelle 5: Zuordnung der Umbaudringlichkeit zur Gesamtgefährdungsklasse

Gesamtgefährdungsklasse	Umbaudringlichkeit
1 = 0 – 33 %	gering
2 = 34 – 66 %	mittel
3 = 67 – 100%	hoch



## 2. Risikobewertung und -kartierung

Bei der Bewertung der einzelnen Risikofaktoren erfolgte sowohl die Betrachtung der aktuellen Bestockungssituation, als auch – zur Abbildung der prognostizierten Klimaveränderung – die Einbeziehung der formulierten Zielzustände. Der gewählte Ansatz ist dabei als statisch anzusehen und nimmt eine Prädispositionseinschätzung der einzelnen Risikofaktoren zu zwei konkreten Zeitpunkten vor. In die Bewertung des Ausgangszustandes eingeflossen sind Bestockungs- und Standortparameter in ihrer derzeit vorhandenen Ausprägung. Im Rahmen der Zielzustandsbeurteilung wurden vor allem hinsichtlich der angestrebten Bestockung entsprechende Annahmen bzgl. der vertikalen und horizontalen Bestandesstruktur zugrundegelegt. Eine Berücksichtigung der dynamischen und u. U. infolge des Klimawandels häufiger auftretenden – jedoch nur schwer zu quantifizierenden – auslösenden Schadereignisse (bspw. Dürreperioden) fand im Rahmen dieses Projektes allerdings nicht statt.

Das Ziel der gewählten Vorgehensweise war die möglichst flächenscharfe Abgrenzung unterschiedlicher Gefährdungspotenziale der einzelnen Bestockungs-Standorts-Kombinationen, um darauf aufbauend die Ausweisung von Waldumbauschwerpunkten qualifizieren sowie entsprechende Behandlungskonzepte für die Waldentwicklungstypen ableiten zu können.

Infolge der detaillierten und aktuellen Bestandesinformationen, die für die Bewertung der biotischen Schadfaktoren, der Windwurfgefährdung und des Trockenstresses benötigt werden, war es vorerst nicht möglich den Privatwald zu berücksichtigen. Eine Ausnahme bildet die Waldbrandgefährdung, da hier die vorhandenen Bestandesdaten ausreichten.

### Biotische Schadfaktoren

Stellvertretend für eine Vielzahl von biotischen Schadfaktoren wurde im Rahmen dieses Projektes der wohl bedeutendste Forstschädling an der Gemeinen Fichte, der große achtzählige Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) exemplarisch für eine Prädispositionsabschätzung herangezogen. Nicht zuletzt die Baumartenverteilung in der Modellregion gab den Ausschlag für die Bewertung dieser Borkenkäferart anstelle eines der bspw. ebenfalls möglichen Kieferngrößschädlinge. Die Auswirkungen des Klimawandels werden in Fichtenbeständen aller Voraussicht nach wesentlich umfassender sein als in Kiefernbeständen, sodass auch die Problematik der zunehmenden Gefährdung gegenüber einem Befall durch den Buchdrucker an Bedeutung gewinnt.

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, konnten bei der Prädispositionsabschätzung nur Landeswaldflächen berücksichtigt werden. Allerdings lassen sich die Ergebnisse bei genauer Kenntnis der tatsächlichen Bestockungsverhältnisse auf den Privat- und Körperschaftswald übertragen.

Auch wenn der Buchdrucker verschiedene Wirtsbaumarten befallen kann, so konzentrieren die sich die von ihm verursachten Schäden fast vollständig auf die weit über ihr natürliches Verbreitungsgebiet hinaus angebaute Fichte. Aus diesem Grund werden in der folgenden Prädispositionsbewertung nur Bestände berücksichtigt, die entweder die Fichte als Hauptbaumart tragen oder aber zumindest größere Fichtenanteile als Mischbaumartenkomponente beinhalten. Neben detaillierten Bestockungsparametern fließen auch Standortinformationen in die Bewertung der Prädisposition mit ein. Dies führt dazu, dass auch ein potenzielles standortsabhängiges Risiko für die gesamte Modellregion abgeleitet werden kann, mit dessen Hilfe Entscheidungen zur zukünftigen Baumartenwahl bzw. zur Formulierung geeigneter Entwicklungsziele maßgeblich beeinflusst werden können.

In Tabelle 6 ist die Aufteilung der mit Fichte bestockten Bestandesflächen auf die einzelnen Prädispositionsklassen dargestellt. Abbildung 1 zeigt zusätzlich die räumliche Verteilung der Borkenkäfergefährdung in der Modellregion. Knapp zwei Drittel der Waldfläche im Untersuchungsgebiet weisen dabei auf Grund ihres Bestockungszustandes eine Borkenkäfergefährdung auf. Mit Ausnahme der sehr hohen Prädisposition sind alle Klassen mit relativ gleichmäßigen Anteilen vertreten. Mittlere bis sehr hohe Gefährdungen überwiegen mit 55% gegenüber den sehr gering und gering gefährdeten Beständen mit 45%.

Tabelle 6: Flächenbilanzen der einzelnen Borkenkäfer-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände

Prädispositionsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
sehr gering	9.006,8	26,4
gering	6.421,0	18,8
mittel	11.220,8	32,9
hoch	7.079,9	20,8
sehr hoch	370,6	1,1
Bestände ohne Fichte	17.662,1	-

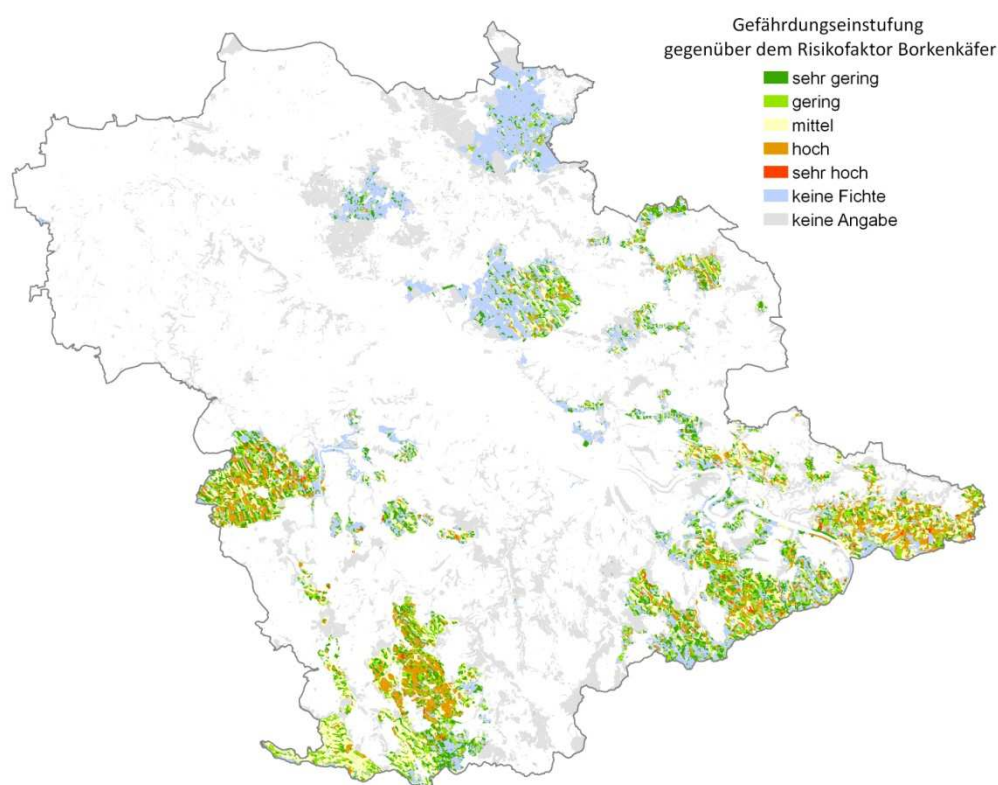


Abbildung 1: Prädisposition gegenüber Borkenkäferbefall auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortverhältnisse in der REGKLAM-Region (nur Bestände mit Fichtenanteilen)

Anhand der Karte wird deutlich, dass die Prädisposition der Bestände gegenüber einem Buchdruckerbefall regionale und lokale Schwerpunkte aufweist. Bedingt durch die vorhandenen Fichtenanteile konzentrieren sich die Gefährdungsschwerpunkte vor allem auf den Hügelland- und Mittelgebirgsbereich, wobei hier insbesondere der Tharandter Wald, das Elbsandsteingebiet sowie die unteren und mittleren Lagen des Osterzgebirges hervorzuheben

sind. Eine Ursache hierfür liegt in der standörtlichen Ausstattung begründet, die durch flachgründige, trockenheitsgefährdete Böden gekennzeichnet wird. Bei den beiden letztgenannten Regionen kommt noch die mangelnde Trophie hinzu, während im Tharandter Wald die Wechselfeuchte der Standorte prägend ist. Lokal grenzen sich des Weiteren ungünstige klimatische Bedingungen wie bspw. exponierte Sonnhänge ab.

Eine günstigere Ausgangssituation für die Fichte ist regional besonders in den höheren Berg- und in den Kammlagen zu verzeichnen, wenngleich hier das Sturmrisiko zunimmt und damit die Prädisposition beeinflusst. Lokal wiederum können geschützte, klimatisch begünstigte Täler und Unterhänge das Wachstum der Fichte begünstigen, was sich auch in einem geringeren Borkenkäferisiko widerspiegelt.

Alles in allem muss von einem erheblichen Gefährdungspotenzial in der Modellregion ausgegangen werden, woraus ein hoher Anteil dringlich umzubauender Bestände resultiert. Waldbauliche Investitionen und eine Forcierung des Baumartenwechsels sollten zukünftig vorrangig im Tharandter Wald und im Erzgebirgsvorland erfolgen, um die dort vorhandenen Fichtenbestockungen schnellstmöglich in stabilere Bestandeszustände mit geringerer Befallsgefährdung zu überführen.

Die Bewertung der Zielzustände gestaltet sich schwierig, da die Beschreibung der anzustrebenden Bestandesstrukturen gröber gefasst ist, als es eine entsprechende Prädispositionseinschätzung erfordert. Grundsätzlich kann zwar eine Einschätzung vorgenommen werden, allerdings sind die waldbaulichen Spielräume innerhalb des Zielzustandes so groß, dass die tatsächliche Aussagekraft gering ist. In erster Linie wurde deshalb das Maß der Gefährdung des aktuellen Ausgangszustandes herangezogen, um eine Ableitung der Umbaudringlichkeit und eine Festlegung der Intensität waldbaulicher Maßnahmen vorzunehmen.

### **Trockenstress**

Die Einschätzung der Prädisposition gegenüber Trockenstress wurde im Rahmen dieses Projektes ebenso wie die Borkenkäfergefährdung nur für die Fichte vorgenommen. Dies hat mehrere Gründe. Zum Einen ist die Fichte die flächenmäßig bedeutendste Baumart in der REGKLAM-Region, die zudem im Zuge des Klimawandels am stärksten von den zurückgehenden Sommerniederschlägen betroffen sein wird. Gleichzeitig ist sie auch die Baumart die häufig auf ungeeigneten Standorten außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut wurde. Zum Anderen greift der Bewertungsansatz zumindest teilweise auf die gleichen Parameter zurück wie bei der Einschätzung der Buchdruckerprädisposition, was einen eindeutigen Fokus auf die Baumart Fichte zur Folge hat.

Die verwendeten Parameter beschreiben überwiegend die standörtliche Situation unter dem aufstockenden Bestand sowie die umgebenden klimatischen Rahmenbedingungen. Neben der klimatischen Wasserbilanz werden die Geländemorphologie und -neigung, die Exposition, der Hydromorphiegrad und die Substratfeuchteklasse in die Bewertung einbezogen. Daraus resultiert eine Abstufung hinsichtlich der lokalen Niederschlagsverhältnisse und des potenziellen Wasserspeichervermögens des Bodens. Diese Kenngrößen wiederum wurden mit dem Wasserbedarf der Fichte abgeglichen und anschließend den jeweiligen Prädispositionsklassen zugeordnet.

Aus Tabelle 7 und Abbildung 2 wird sowohl die flächenmäßige als auch die räumliche Verteilung der trockenstressprädisponierten Fichtenbestände deutlich. Auf der Hälfte der berücksichtigten Flächen ist von einer mittleren Trockenstressgefährdung auszugehen. Mit 40% nehmen die hoch und sehr hoch prädisponierten Bestände nicht wesentlich weniger Fläche ein. Die Verteilung erfolgt dabei relativ gleichmäßig über die gesamte Modellregion, wenngleich der Tharandter Wald und das Elbsandsteingebiet besonders große Anteile hoch und

sehr hoch gefährdeter Bestände aufweisen. Die knapp 10% der Fläche mit geringer und sehr geringer Prädisposition beschränken sich auf höheren Lagen des Erzgebirges und den östlichsten Teil des Löbthügellandes innerhalb der REGKLAM-Region.

Tabelle 7: Flächenbilanzen der einzelnen Trockenstress-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände

Prädispositionsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
sehr gering	110,8	0,3
gering	3.523,6	9,5
mittel	18.553,5	50,2
hoch	12.662,0	34,3
sehr hoch	2.100,4	5,7
Bestände ohne Fichte	17.662,1	-

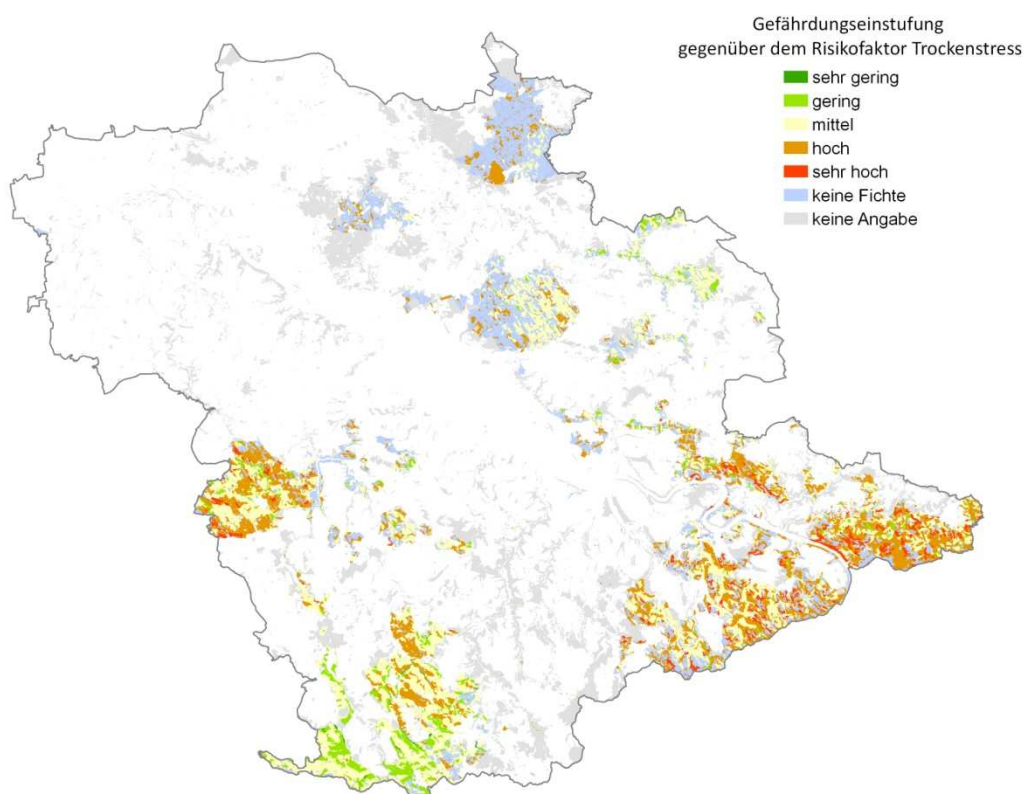


Abbildung 2: Prädisposition gegenüber Trockenstress auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortverhältnisse in der REGKLAM-Region (nur Bestände mit Fichtenanteilen)

Die Trockenstressbewertung beruht wie bereits erwähnt hauptsächlich auf der Charakterisierung des Standortes hinsichtlich des verfügbaren Bodenwasserspeichers und der zugehörigen vor Ort fallenden Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode. Insbesondere was Letztere betrifft weist die Modellregion einen erheblichen Gradienten auf, der sich auch in der Karte widerspiegelt. Die Niederschlagsverhältnisse im Mittelgebirge führen auch auf relativ flachgründigen Böden nur in ausgeprägten langanhaltenden Dürreperioden zu Stressreaktionen bei der Fichte. Eine Ausnahme bilden hier die Böden des Altenberger Porphyropodsols die auf Grund ihrer Eigenschaften eine erhöhte Trockenstressprädisposition aufweisen, welche auch durch die Niederschläge nicht kompensiert werden kann. Erkennbar sind

auch die günstigen Wasserspeichereigenschaften der lößbeeinflussten Böden im Hügelland, die das geringere Niederschlagsangebot durch eine überdurchschnittliche nutzbare Feldkapazität weitestgehend ausgleichen. Neigen diese Böden allerdings zu Wechselfeuchte, kehrt sich das Bild um, wie der Tharandter Wald eindrucksvoll beweist. Durch die hochanstehenden Stauhohizonte werden sowohl die Speicherkapazität als auch der durchwurzelbare Bodenraum stark eingeschränkt. Dies gilt jedoch nur für die Fichte, andere Baumarten wie Eiche oder Tanne vermögen es, den Stauhohizont zu durchbrechen und so den Bodenspeicher wesentlich besser auszunutzen. Ebenfalls schwierig gestaltet sich die Situation im Elbsandsteingebirge. Auch hier sind die Bedingungen für die Fichte als ungünstig zu bewerten, da die Sandsteinverwitterungsböden nur geringe Mengen an Niederschlagswasser speichern können und die Geländemorphologie in der Region längere Trockenphasen in der Vegetationsperiode begünstigt.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die Gefahr des Trockenstresses in der Vegetationszeit mit wenigen Ausnahmen fast flächendeckend im gesamten Untersuchungsgebiet vorhanden ist, und das unter den derzeitigen Klimabedingungen. Mit dem weiteren Rückgang der Sommerniederschläge und dem nur unzureichenden Auffüllen der Bodenspeicher im Winter wird sich diese Situation zusätzlich verschärfen. Neben den Fichten können dann auch weitere Baumarten eine erhöhte Prädisposition aufweisen, beispielhaft seien hier die Buche und weitere anspruchsvollere Laubbaumarten genannt, die gerade im Tiefland an ihre physiologischen Grenzen stoßen könnten. Bestände die im Rahmen dieser Einschätzung als hoch bzw. sehr hoch trockenstressprädisponiert eingestuft wurden, sollten deshalb auch eine hohe Waldumbaupriorität erhalten.

### **Sturmgefährdung**

Die Prädisposition gegenüber dem Risikofaktor Sturm ist ebenfalls in hohem Maße sowohl vom Bestockungszustand als auch von den standörtlichen Voraussetzungen abhängig. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst die aktuelle Anfälligkeit der Bestände. Beispielhaft zu nennen sind die Nadel- und Laubholzanteile in der Bestockung, die Bestandesoberhöhe, der Kronenschlussgrad aber auch vorhandene Vorschädigungen sowie der Zeitpunkt des letzten Eingriffs. Auf der standörtlichen Seite sind es vor allem die Geländemorphologie im Verhältnis zur Hauptwindrichtung und die Hangneigung, die auf die Prädisposition wirken. Hinzu kommt eine ggf. vorhandene Wechselfeuchte oder Hydromorphie der Standorte.

Auch bei der Bewertung der Windwurfgefährdung erfolgte auf Grund der bereits genannten Gründe vorerst nur eine Berücksichtigung der Landeswaldflächen.

Die Abbildung 3 gibt die aktuelle Prädispositionssituation in der Modellregion räumlich wieder, Tabelle 8 untersetzt diese Verteilung zusätzlich durch die entsprechenden Flächenbilanzen. Dabei wird deutlich, dass geringe und mittlere Prädispositionen überwiegen und ca. 67% der betrachteten Fläche einnehmen. Mit einem Fünftel der Waldfläche folgen die nur sehr gering gefährdeten Bestände. Hohe und sehr hohe Prädispositionen sind mit knapp 12% relativ schwach vertreten.

Anhand der Karte lassen sich Schwerpunkte mit hoher Prädisposition heraus herausarbeiten. Es ist erkennbar, dass insbesondere im Tharandter Wald aber auch in der Dresdner Heide sowie den sich östlich anschließenden Hügellandsbereichen überdurchschnittlich viele Bestände eine sehr hohe Gefährdung aufweisen. Ebenso können Konzentrationen mittlerer Prädisposition im Osterzgebirge und im Elbsandsteingebirge festgestellt werden. Das Tiefland hingegen ist überwiegend gering gefährdet.

Tabelle 8: Flächenbilanzen der einzelnen Windwurf-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände

Prädispositionsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
sehr gering	11.192,6	21,6
gering	18.894,9	36,5
mittel	15.596,1	30,1
hoch	4.414,4	8,5
sehr hoch	1.661,2	3,2

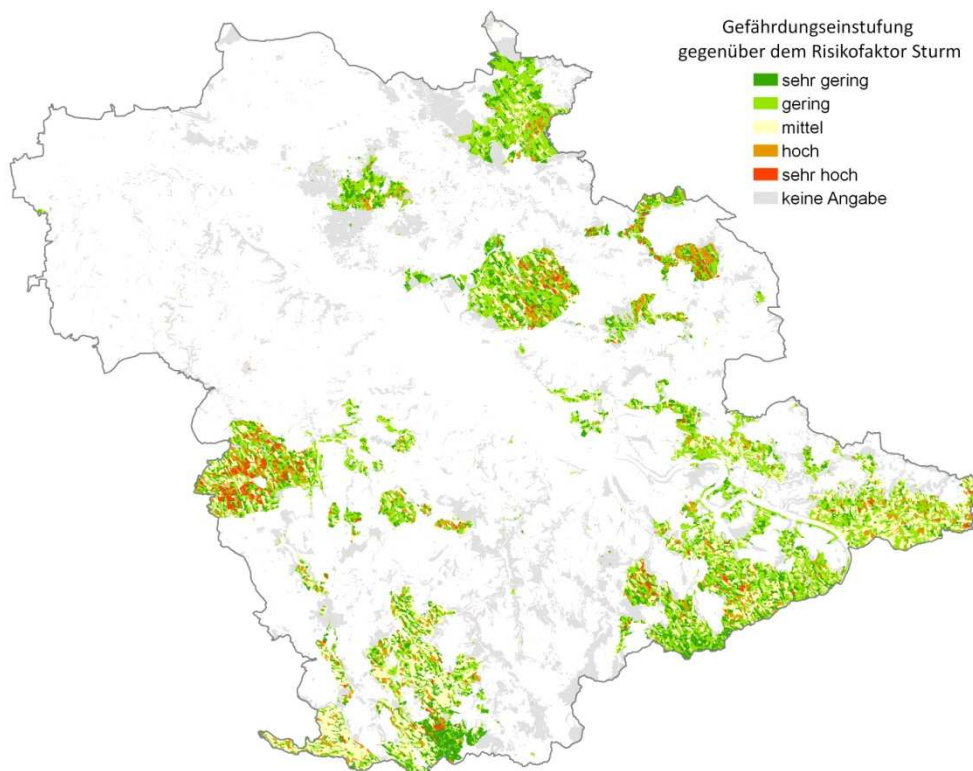


Abbildung 3: Prädisposition gegenüber Sturm bzw. Windwurf auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortverhältnisse in der REGKLAM-Region

Bei der Einschätzung der Windwurfgefährdung werden Parallelen zur Buchdruckerprädisposition deutlich. Auch hier ist die Fichte maßgeblich für die hohe Gefährdung in bestimmten Bereichen der Modellregion verantwortlich. Dabei können zwei wesentliche Aspekte identifiziert werden, die ursächlich für diese Situation sind. Zum Einen stockt die Fichte auf physiologisch flachgründigen Standorten, die in Verbindung mit dem von ihr ausgebildeten Wurzelsystem zu einer erhöhten Wurfgefährdung führen. Dies trifft vor allem für die bereits genannten Hügellandsbereiche zu, deren Flachgründigkeit überwiegend durch die vorherrschenden Pseudogleye begründbar ist und kommt außerdem auf den Sandsteinverwitterungsböden im Elbsandsteingebiet zum Tragen, die ebenfalls nur geringe durchwurzelbare Bodentiefen aufweisen. Zum Anderen konzentrieren sich die Fichtenvorkommen auch auf Bereiche, die besonders häufig von Sturmereignissen betroffen sind, bspw. die höheren Berg- und die Kammlagen des Erzgebirges. In Verbindung mit den entsprechend ungünstigen Bestandesstrukturen und Vorschädigungsgraden führt das zu den ausgewiesenen Gefährdungsklassen in diesen Regionen. Im Gegenzug lassen sich die Gebiete des Untersu-

chungsgebietes abgrenzen, die nur über geringe Fichtenanteile verfügen. Durch den starken Einfluss dieser Baumart auf die Prädisposition treten dort überwiegend geringe bis sehr geringe Gefährdungen auf. Der Standort wirkt als treibende Kraft hier jedoch stärker differenzierend. Die Kiefernbestände des Tieflandes können auf diese Weise ebenso identifiziert werden wie die Interimsbaumarten im Mittelgebirge, die auf Grund ihrer niedrigen Oberhöhen ebenfalls nur ein sehr geringes Windwurfisiko besitzen.

Da im Rahmen dieser Prädispositionseinschätzung nur die derzeitigen Ausgangszustände betrachtet wurden – die zweifelsohne für die Priorisierung der waldbaulichen Maßnahmen entscheidend sind – konnte allerdings die Dynamik der Ereignisse wie eine zunehmende Häufigkeit und Intensität im Zuge der Klimaveränderung vorerst nicht berücksichtigt werden.

Insgesamt unterstreichen die erzielten Ergebnisse die hohe Gefährdung der Fichtenbestände in den Waldökosystemen des Hügellandes und setzten hier die Schwerpunkte für den Waldumbau. Die besonders prädisponierten Bereiche weisen außerdem einen hohen Deckungsgrad mit der Borkenkäfergefährdung auf, sodass auch nach der Einschätzung der kombinierten Gesamtgefährdung von einer hohen Umbaudringlichkeit auszugehen ist.

### **Waldbrand**

Der Ansatz zur Beurteilung der Waldbrandgefährdung für die vorhandenen Ausgangszustände und vorgesehenen Entwicklungsziele in der REGKLAM-Region orientiert sich weitestgehend an dem von LEUTERER (2008) für das nordwestsächsische Tiefland entwickelten Bewertungsverfahren.

Die Einschätzung der Brandgefahr der Bestockung erfolgt dabei über die grundsätzliche Einstufung der Baumart nach Brennpunkt und Heizwert, um deren Zündbereitschaft abzubilden und nach deren Lichtanspruch, um darüber Rückschlüsse auf die Ausprägung der Bodenvegetation ziehen zu können. Desweiteren geht das Bestandesalter in die Bewertung ein, da mit dessen Hilfe auf das Vorhandensein möglicher Feuerbrücken geschlossen werden kann. Den ursprünglichen Ansatz erweiternd, wurden auch im Hinblick auf eine realistischere Beurteilung der Entwicklungsziele, zusätzlich die Unterstände in der Bewertung berücksichtigt, da diese i. d. R. eine brandmindernde Wirkung besitzen und im Zuge des Waldumbaus eine zunehmend größere Rolle in den Beständen spielen. Der ebenfalls die Brandgefahr reduzierenden Eigenschaft eingemischter Laubbaumarten in den überwiegend von Nadelbaumarten dominierten Beständen sowie dem Einfluss verschiedener Kronenschlussgrade auf das Brandverhalten wurde durch die Implementierung entsprechender Korrekturfaktoren Rechnung getragen.

Die von der jeweiligen Standortsausprägung ausgehende Waldbrandgefährdung wird durch den Hydromorphiegrad, als Äquivalent zu der von LEUTERER verwendeten Standortformengruppe und der Hangneigung als ein Maß für die potenzielle Ausbreitungsgeschwindigkeit des Feuers abgebildet. Insbesondere der Bewertungsschlüssel für Letztere musste jedoch erst an die Modellregion angepasst werden, da der ursprüngliche Ansatz nur im Tiefland Gültigkeit besitzt und nicht unmittelbar auf die Hügellands- und Mittelgebirgsregion übertragen werden konnte.

Um die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in der REGKLAM-Region und deren Auswirkungen auf die Waldbrandgefahr ebenfalls angemessen in der Bewertung berücksichtigen zu können, ist ein weiterer zusätzlicher Parameter ergänzt worden. Die bereits aus der Waldbrandüberwachung bekannte Waldbrandgefahrenklasse gliedert die Region in drei unterschiedlich stark gefährdete Bereiche und stellt sicher, dass bspw. ein Kiefernbestand im

Tiefland auf Grund der geringeren Niederschläge und höheren Temperaturen eine höhere Gefährdung aufweist als ein ähnlich strukturierter Kiefernbestand in einer Mittelgebirgslage.

Die grundsätzliche Waldbrandprädisposition wird ebenfalls in der fünfstufigen Skala von „sehr gering“ bis „sehr hoch“ in Form von festen Klassen angegeben. Für jede betrachtete Flächeneinheit ergibt sich aus der Kombination der einzelnen Bewertungsparameter eine Gesamtgefährdungszahl die zur maximal möglichen Punktzahl – der Summe der jeweils ungünstigsten Ausprägungen der einzelnen Parameter – ins Verhältnis gesetzt wird und so einer der fünf Klassen zugeordnet werden kann.

In Tabelle 9 und Abbildung 4 ist das Ergebnis dieser Bewertung für die aktuellen Ausgangszustände der Modellregion dargestellt. Mit 73% gehören fast Dreiviertel aller Waldflächen der Gefährdungsstufe „gering“ an. Mit ca. 18% bilden Bestände mit einer mittleren Prädisposition einen zweiten Schwerpunkt. Sehr hohe und hohe Gefährdungen sind auf knapp 8% der Fläche zu verzeichnen. Dabei wird eine starke regionale Differenzierung deutlich. Vor allem im Tiefland überwiegen mittlere, hohe und zum Teil sehr hohe Gefährdungswerte. Die Mittelgebirgsbereiche sowie das südliche Hügelland weisen bedingt durch das niedrige klimatische Gefährdungspotenzial hingegen fast vollständig eine nur geringe Prädisposition auf.

Tabelle 9: Flächenbilanzen der einzelnen Waldbrand-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die aktuellen Ausgangszustände

Prädispositionsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
sehr gering	1.177,2	1,4
gering	59.734,9	73,0
mittel	14.620,8	17,9
hoch	5.040,2	6,2
sehr hoch	1.262,1	1,5



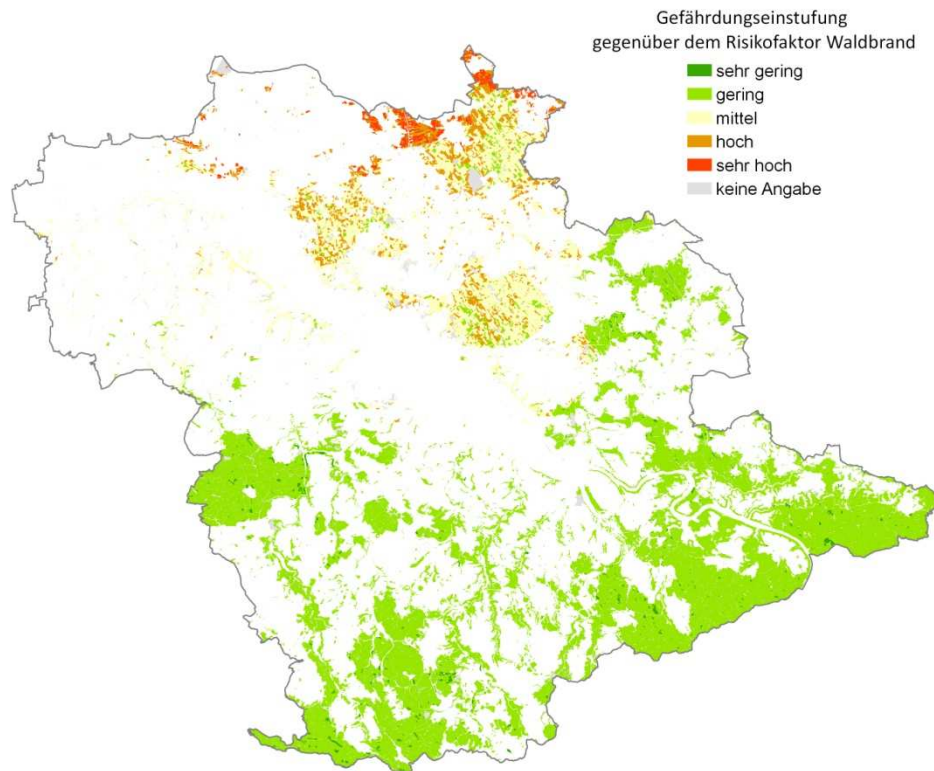


Abbildung 4: Prädisposition gegenüber Waldbrand auf der Grundlage der aktueller Bestockungs- und Standortverhältnisse in der REGKLAM-Region

Wie zu erwarten weisen die überwiegend einschichtigen Kiefernreinbestände im Tiefland, die häufig auch auf Böden mit ungünstigen Substrateigenschaften stocken das größte Brandrisiko auf. Dieses Bild wiederholt sich bedingt durch die dort zunehmenden Fichtenanteile in abgeschwächter Form in den nördlichen Hügellandsbereichen. Erkennbar wird auch der hohe Einfluss der Waldbrandgefahrenklasse in der Bewertung, die die bestockungsbedingten Unterschiede im Mittelgebirge weitestgehend nivelliert, was letztendlich aber auch den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Problematisch ist allerdings die Grundlage auf der die Waldbrandgefahrenklassen ausgewiesen wurden, da eine genaue Zuordnung klimatischer Rahmenwerte zu Abgrenzung der Klassen nicht möglich ist. Somit handelt es sich um einen statischen Ansatz der die Veränderungen infolge des Klimawandels nicht abbildet, in Ermangelung geeigneter Alternativen allerdings vorerst Verwendung gefunden hat.

Das Ergebnis der Bewertung der vorgesehenen Entwicklungsziele ist in Abbildung 5 sowie Tabelle 10 dargestellt. Im Vergleich zum Ausgangszustand sind mit 74% auch hier ebenfalls die größten Flächenanteile in der Prädispositionsklasse „gering“ anzutreffen. Mit über 14% bilden den zweiten Schwerpunkt allerdings Waldflächen mit sehr geringer Waldbrandgefährdung. Eine mittlere Prädisposition ist nur auf 10% der Flächen vorhanden. Hohe und sehr hohe Gefährdungen machen im Gegensatz zum Ausgangszustand nur noch 1,5% aus. Die räumliche Verteilung der einzelnen Prädispositionsklassen ist dabei mit dem Ausgangszustand vergleichbar, wenn auch eine stärkere Fokussierung auf die nördlichsten Bereiche der Region erfolgt und die Hügellandsanteile des Modellgebietes weitestgehend keine höhere Gefährdung mehr aufweisen.

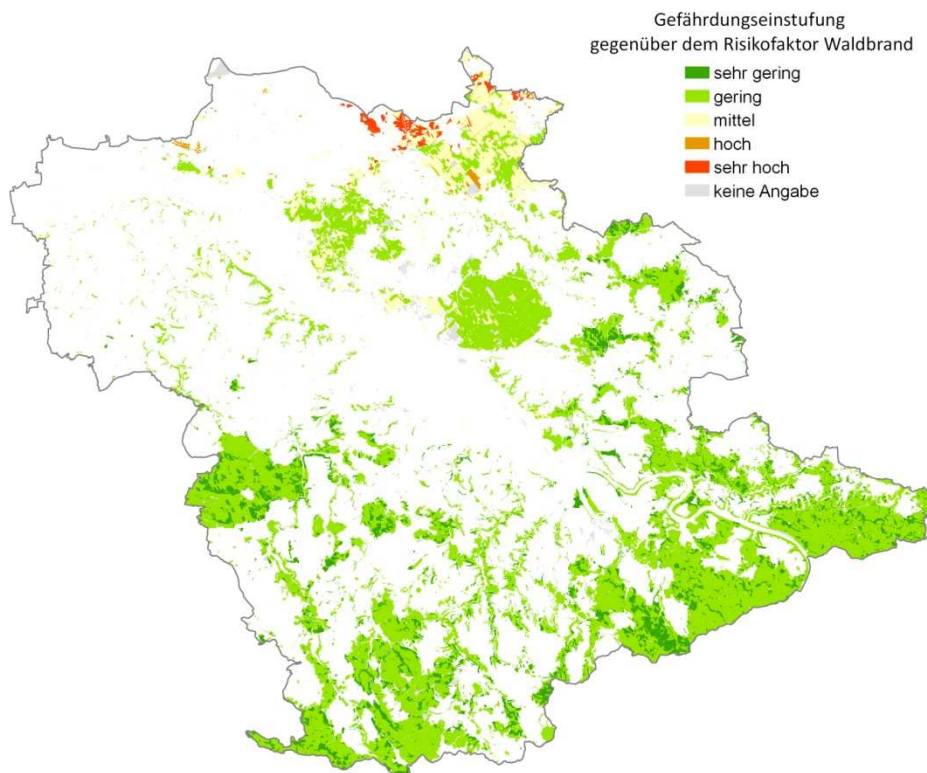


Abbildung 5: Prädisposition gegenüber Waldbrand auf der Grundlage der zukünftigen Entwicklungsziele und Standortverhältnisse in der REGKLAM-Region

Tabelle 10: Flächenbilanzen der einzelnen Waldbrand-Prädispositionsklassen in der REGKLAM-Region für die angestrebten Zielzustände

Prädispositionsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
sehr gering	11.751,4	14,2
gering	61.402,9	74,1
mittel	8.459,1	10,2
hoch	399,4	0,5
sehr hoch	804,3	1,0

Insbesondere die Zielzustände, die aufgrund der standörtlichen und klimatischen Rahmenbedingungen auch zukünftig hohe Kiefernanteile aufweisen und die sich vor allem am nördlichen Rand der Modellregion befinden, bleiben weiterhin brandgefährdet. Im überwiegenden Teil der REGKLAM-Region macht sich hingegen der Waldumbau mit einem Wechsel hin zu Laubbaumarten, höheren Mischungsanteilen und günstigeren Bestandesstrukturen bemerkbar. Durch die Ausweisung der langfristigen Entwicklungsziele auf der Grundlage der Klimaprojektionen bis in das Jahr 2100 (B1) kann davon ausgegangen werden, dass auch bei einem erwarteten Temperaturanstieg sowie dem damit zumindest im Hügelland und den unteren Berglagen verbundenen Niederschlagsrückgang keine Bestockungssituationen entstehen, die Ähnlichkeit mit den heute im Tiefland vorhandenen Zuständen aufweisen. Das bedeutet, dass auch im Zuge des Klimawandels nicht mit einem gravierenden Anstieg der Brandgefahr in diesen Regionen zu rechnen ist, sofern die Entwicklungsziele entsprechend realisiert werden. Einschränkend muss allerdings erwähnt werden, dass hierbei die Auswirkungen längerer und häufigerer Trockenperioden vorerst keine Berücksichtigung finden.

## Gesamtgefährdung

Die Einschätzung der Gesamtprädisposition resultiert aus der Kombination der einzelnen Risikofaktoren unter Berücksichtigung der entsprechenden Wichtungen und der anschließenden erneuten Zuordnung zu den jeweiligen Prädispositionsklassen. Im Rahmen der zu formulierenden angepassten Waldbaustrategie wird eine u. a. auf dieser Gesamtgefährdung basierende Maßnahmenpriorisierung vorgenommen deren Ergebnis eine Karte mit den entsprechenden Waldumbauringlichkeiten ist. Um jedoch losgelöst von den übrigen zu berücksichtigen Parametern eine Einschätzung allein auf der Grundlage der Risikofaktoren zu erhalten wird im Folgenden eine sich aus der Gesamtgefährdung ergebende Waldumbauringlichkeit vorgestellt. Die fünfstufige Prädispositionsklassifizierung wurde zu diesem Zweck bereits in die vorgesehene dreistufige Dringlichkeitsklassifizierung konvertiert.

Abbildung 6 zeigt die räumliche Verteilung der prädispositionsbedingten Waldumbauringlichkeiten in der Modellregion. Tabelle 11 enthält die zugehörigen Flächenbilanzen.

Tabelle 11: Flächenbilanz der einzelnen prädispositionsbedingten Waldumbauringlichkeiten (Landeswald) in der REGKLAM-Region

Umbauringlichkeit	Fläche (ha)	Anteil (%)
gering	20.455,1	39,6
mittel	24.925,1	48,3
hoch	6.257,1	12,1

Mit fast 50% nehmen Bestände mit einer mittleren Umbauringlichkeit den größten Flächenanteil ein. Ca. 40% fallen in die Klasse der geringen Umbauringlichkeit und stellen auf Grund ihres vernachlässigbaren Gefährdungsgrades einen wertvollen zeitlichen Puffer dar. Prioritär zu behandeln sind insgesamt 12% der betrachteten Waldflächen, da diese eine hohe Prädisposition aufweisen. Somit sind fast zwei Drittel des Untersuchungsgebietes mit Waldökosystemen bestockt, die kurz bis mittelfristig in stabilere Zustände überführt werden müssen

Betrachtet man die räumliche Verteilung so bestätigt sich das Bild, dass bereits bei der Bewertung der Einzelfaktoren deutlich wurde. Die kieferndominierten nördlichen Regionen des Modellgebietes befinden sich überwiegend in der Klasse der geringen Umbauringlichkeit. Nach Süden hin nimmt mit zunehmendem Fichtenanteil auch die Waldumbauringlichkeit zu, bis sie in den höheren Berglagen wieder leicht abnimmt. Der Tharandter Wald, das Elbsandsteingebiet und die unteren und mittleren Lagen des Osterzgebirges weisen auch hier, wie schon bei den Einzelfaktoren, die größten Anteile an Beständen mit hoher Umbauringlichkeit auf und bestätigen damit ihren Status als prioritäre Waldbauschwerpunkte.

Anzumerken ist allerdings, dass sich hierbei um eine Momentaufnahme handelt und sich mit einem wandelnden Bestockungszustand auch die Prädisposition verändert. Der Risikofaktor Borkenkäfer soll als Beispiel dienen, da die Gefährdung hier stark vom jeweiligen Bestandesalter abhängig ist. Bestände die in die III. Altersklasse einwachsen springen damit gleichzeitig auch in eine höhere Prädispositionsklasse. Insbesondere in den Schwerpunktbereichen ist deshalb mit einer weiteren Zunahme der umbauringlichen Flächen zu rechnen, bevor die eingeleiteten Anpassungsmaßnahmen zu einem allgemeinen Gefährdungsrückgang führen.

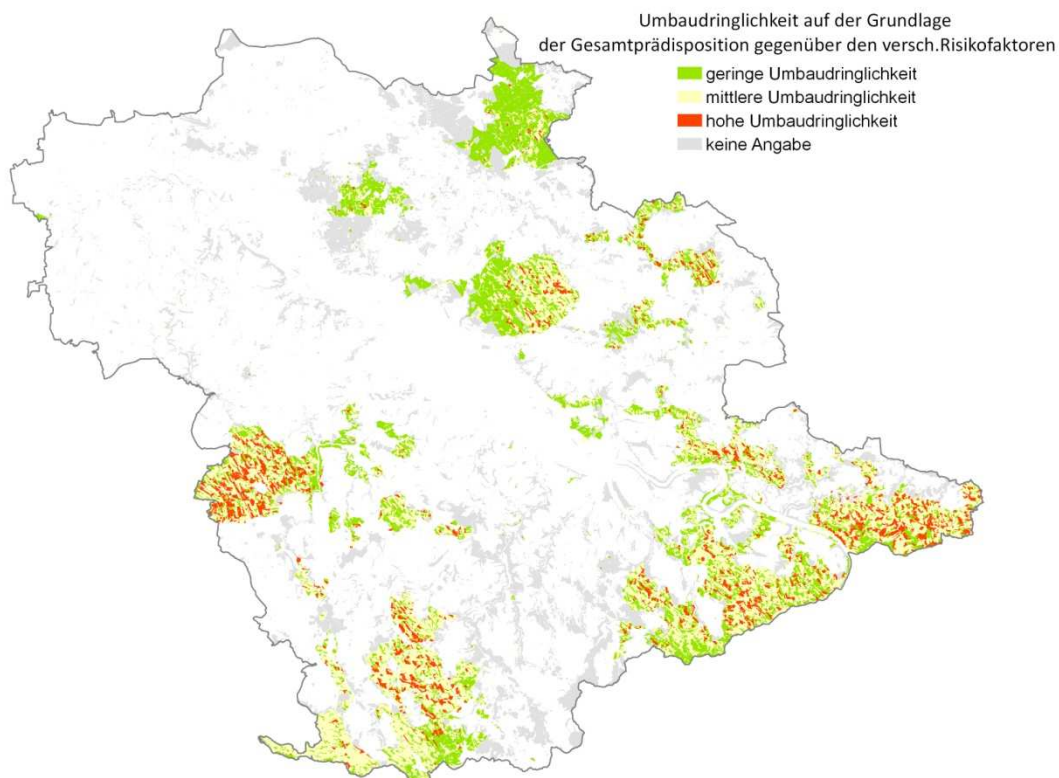


Abbildung 6: Gliederung der REGKLAM-Region (Landeswald) nach Waldumbaudringlichkeiten auf der Grundlage der hinsichtlich der verschiedenen Risikofaktoren durchgeführten Prädispositionsabschätzung

## Literatur

- ALBERT, M., SCHMIDT, M. (2008): Erste Ergebnisse zur Modellierung des Standort-Leistungs-Bezuges der Baumart Fichte unter Klimawandel. In: Tagungsband DVFFA - Sektion Ertragskunde 2008. S. 32-43.
- AMMER, C., PUETTMANN, K. (2009): Waldbau, quo vadis? – Waldbewirtschaftung zwischen Funktionsorientierung und Multifunktionalität. Forstarchiv. 3 (80): S. 90-96.
- ANDERS, S. ET AL (1995): Waldökosystemforschung Eberswalde - Struktur, Dynamik und Stabilität von Kiefern- und Buchenwaldökosystemen unter Normal- und multiplen Streßbedingungen unterschiedlicher Ausprägung im nordostdeutschen Tiefland. Schlussbericht, Eberswalde: 97 S.
- ANDERS, S. ET AL (1999): Waldökosystemforschung Eberswalde – Einfluss von Niederschlagsarmut und erhöhtem Stickstoffeintrag auf Kiefern-, Eichen- und Buchen-Wald- und Forstökosysteme des nordostdeutschen Tieflandes. Schlussbericht, Eberswalde: 247 S.
- ANDERS, S. ET AL (2004): Vom Kiefern-Reinbestand zum Kiefern-Buchen-Mischbestand – ökologische Veränderungen, waldwachstumskundliche und landschaftsökologische Folgen sowie waldbaulich-praktische Empfehlungen. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 38: S. 55-67.
- BACHMANN, P. (2005): Forstliche Planung – heute und morgen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 5 (156): S. 137-141.
- BERNHOFER, C., MATSCHULLAT, J., BOBETH, A. (2009): Das Klima in der REGKLAM-Modellregion Dresden. RHOMBOS-Verlag. Berlin: 117 S.
- BMF (2001): Naturnaher Waldbau – Die Waldentwicklungstypen der Bundesforstverwaltung. Bundesministerium für Finanzen. Bonn: 81 S.
- BUNDSCHUH, A., SCHRAMM, E. (2009): Soziale Funktionen und soziale Nutzung des Waldes. Knowledge Flow Paper Nr. 4. Biodiversität und Klima – Forschungszentrum. 15 S.
- BURSCHEL, P., HUSS, J. (1997): Grundriß des Waldbaus – Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. Auflage. Parey Buchverlag. Berlin: 487 S.
- CHMIELEWSKI, F.-M., MÜLLER, A., KÜCHLER, W. (2004): Mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Vegetationsentwicklung in Sachsen. FuE-Vorhaben des LfUG, Humboldt-Universität Berlin, Eigenverlag der HU Berlin: 105 S.
- DOHRENBUSCH, A. (1997): Die natürliche Verjüngung der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) im Nordwestdeutschen Pleistozän. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 123, Göttingen: 269 S.
- EISENHAUER, D.-R. (2000): Einfluss von Standort, Bodenvegetation und horizontaler Struktur des Oberbestandes auf die Initialphase der Kiefern-Naturverjüngung. Beiträge zur Forstwirtschaft und Landschaftsökologie. 4 (34): S.149-157.
- EISENHAUER, D.-R. (2002): Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik in Kiefernbaumhölzern in Abhängigkeit von Standort, Bestockungsstruktur und Verbissintensität. Forstarchiv (71): S.3-16.
- EISENHAUER, D.-R. ET AL (2004a): Integration der Kiefern - Naturverjüngung in einen ökologisch orientierten Waldbau - Geotope, Bodenvegetation, Bodenbearbeitung, Konkurrenz des Oberbestandes. Eberswalder Kolloquienreihe für die Praxis. Tagungsband, Eberswalde: S.20-30.
- EISENHAUER, D.-R. ET AL (2005): Bestandeszieltypen. Richtlinie für den Staatswald des Freistaates Sachsen. Landesforstpräsidium, Pirna: 56 S.

- EISENHAUER, D. - R. (2006): State enterprise "Sachsenforst" - silvicultural strategy under changing environmental conditions - current basic conditions. In: JURÁSEK, A., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M.: Stabilisation of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity. Opočno: S.89-103.
- EISENHAUER, D.-R. (2008): Staatsbetrieb Sachsenforst - Waldbaukonzept und Klimawandel. AFZ/Der Wald. 15 (63): S.814-817.
- EISENHAUER, D.-R., SONNEMANN, S. (2009): Waldbaustrategien unter sich ändernden Umweltbedingungen – Leitbilder, Zielsystem und Waldentwicklungstypen. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz. 8: S.71-88.
- ENKE, W. (2006): Digitale Datensätze von prognostizierten Klimaparametern bis 2100 an den Niederschlags- und Klimastationen in Sachsen für 2 Depositions- und 2 Klimaszenarien. DVD mit Stand vom 5.10.2006.
- ERTLE, C., KNOCH, D., LANDECK, I.(2004): Aufklärung und Quantifizierung von Zusammenhängen zwischen Standortseigenschaften auf der Basis von Substrateigenschaften und Lokalbodenformen, der Entwicklung von Bodenvegetationstypen und der Vitalitäts- und Wachstumsbedingungen von Baumarten. Forschungsbericht. Finsterwalde: 60 S.
- FISCHER, A. (1995): Forstliche Vegetationskunde. Pareys Studentexte 82. Berlin: 315 S.
- FRISCHBIER, N., PROFFT, I. (2008): Praxisorientierte Regionalisierung forstlich relevanter Klimawerte und -szenarien für Thüringen. Forst und Holz. 10 (63): S.24-29.
- FÜHRER, E., NOPP, U. (2001): Ursachen, Vorbeugung und Sanierung von Waldschäden. Facultas Vienna. S. 514.
- FVA (2008): Wald und Klima. FVA-Einblick, 2. Aufl.. Freiburg: 64 S.
- GADOW, K. v. (2003): Steuerung und Analyse der Waldentwicklung. Forstwissenschaftliches Centralblatt (122): S. 258-273.
- GREGER, O. (2006): Der natürliche Kiefernwald als Basis für eine rationelle Kiefernbewirtschaftung in Nordostdeutschland. Archiv f. Forstwesen und Landschaftsökologie. 2 (40): S.49-61.
- HÄNTSCHEL, J., FRANKE, J., GEMBALLA, R. BERNHOFER, C. (2006): Forstliche Klimagliederung Sachsens im Klimawandel. AFZ/ Der Wald. 15 (61): S.830-832.
- HARTEBRODT, CH., FILLBRANDT, TH. (2006): Wirtschaftliche Risiken der Baumartenverschiebung. Forstökonomische Fakten und ein Ausblick im Kontext der Bundeswaldinventur II. Holz-Zentralblatt 3: S.88-89.
- HOFMANN, G. (1997): Mitteleuropäische Wald- und Forstökosystemtypen in Wort und Bild. Der Wald, Berlin, Sonderheft: 91 S.
- HOFMANN, G., POMMER, U. (2005): Potentielle Natürliche Vegetation von Brandenburg und Berlin. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 24. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz. Potsdam: 315 S.
- IRRGANG, S. (2000): Kiefern-Waldumbauversuche der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) - Konzeption und bisherige Ergebnisse. Forst und Holz. (54): S.323-330.
- IRRGANG, S. (2002): Klimaänderung und Waldentwicklung in Sachsen - Auswirkungen auf die Forstwirtschaft. Forstarchiv 4 (73): S.137-148.
- KNAPP, E., DITTMAR, O. LEMBCKE, G. (1975): Kieferntragsstufen. Eberswalde.
- KNOCH, D., ERTLE, C., LANDECK, I. (2006): Untersuchung der Wechselwirkung von Standortseigenschaften und Waldentwicklung. Forschungsbericht. Finsterwalde: 84 S.
- KÖNIG, T. (2010): Substratfeuchte – wichtige Auswerteeinheit der Standortserkundung; dargestellt am Beispiel Sachsens. unveröffentlicht. Pirna: 10 S.
- KOPP, D., SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft – Grundzüge von Verfahren und Ergebnissen der forstlichen Standortser-

- kundung in den fünf ostdeutschen Bundesländern. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin: 248 S.
- KURTH, H. (1994): Forsteinrichtung. Berlin: 592 S.
- LAF (1999): Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Band 19. Graupa: 67 S.
- LAF (2002): Bestandespflege – Richtlinie zur Bestandespflege und Wertästung im Staatswald des Freistaates Sachsen. Landesanstalt für Forsten. Graupa: 40 S.
- LEUTERER, J. (2008): Untersuchung zur GIS-gestützten Analyse der Brandgefährdung von Waldgebiete. Diplomarbeit. Hochschule für Technik und Wirtschaft. Dresden: 86 S.
- LEXER, M. J., SEIDL, R. (2007): Der österreichische Wald im Klimawandel – Auswirkungen auf die Wald bewirtschaftung. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. S 1-14.
- LFP (2003): BMBF-Verbundprojekt „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“, Region „Erzgebirge und sächsisches Tiefland“ – Nachhaltigere Verfahren und ökologische Prozesse eines Umbaus von Fichten- und Kiefern-Reinbeständen zu naturnahen Mischwäldern. Schlussbericht. Graupa: 28 S.
- LFP (2004A): Waldfunktionenkartierung – Grundsätze und Verfahren zur Erfassung der besonderen Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes in Freistaat Sachsen. Graupa: 56 S.
- LFP (2004B): Douglasienanbau in Sachsen – Empfehlungen zur Waldbaulichen Behandlung. Landesforstpräsidium. Merkblatt. Graupa: 26 S.
- LFP (2005): Der Wald in Sachsen – Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur für den Freistaat Sachsen. Graupa: 106 S.
- LÜPKE V., B. (2009): Überlegungen zu Baumartenwahl und Verjüngungsverfahren bei fortschreitender Klimaänderung in Deutschland. Forstarchiv. 3 (80). S.67-75.
- LINDNER, M. (1998): Wirkung von Klimaveränderungen in mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern. Dissertation. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Potsdam.
- LWF (2008): Die Douglasie – Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Band 59. Weihenstephan: 100 S.
- MAYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Gustav Fischer Verlag. 4. Auflage. Stuttgart: 522 S.
- MICHIEL, H.-G. (1999): Naturnähe der Waldentwicklungstypen in Baden-Württemberg. AFZ/Der Wald. (54): S. 866-869.
- MIBBACH, K. (1982): Waldbrand – Verhütung und Bekämpfung. 3. Auflage. Berlin: 108 S.
- MLR (1999): Richtlinie landesweiter Waldentwicklungstypen. Ministerium Ländlicher Raum Baden Württemberg. Stuttgart: 54 S.
- MVFSUF (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke mit Karte 1:1000000. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung. Freiburg: 324 S.
- MÜLLER, J. ET AL (1998): Bodenvegetation und Wasserhaushalt von Kiefernforstökosystemen (*Pinus sylvestris* L.). Sonderdruck der Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 28: S.407-414.
- NEBE, W., ABIY, M., LEUBE, F. (2000): Standortkundliche Grundlagen zum Waldumbau im nordwestsächsischen Tiefland. Forst und Holz. 13 (55): S.409-414.
- NETHERER, S. (2003): Modelling of bark beetle development and of site- and stand-related predisposition to *Ips typographus* (L.). A contribution to risk assessment. Dissertation. Universität für Bodenkultur Wien. 98 S.
- NOPP, U., NETHERER, S., FÜHRER, E. (2000): Bestimmungsschlüssel für die Schadensprädisposition fichtenreicher Bestände gegenüber verschiedenen biotischen und abiotischen

- Schadfaktoren. In: Müller, F. (Hrsg.). Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien. 111: S.85-93.
- OTTO, H.-J. (1992): Rahmenbedingungen und Möglichkeiten zur Verwirklichung der ökologischen Waldentwicklung in den niedersächsischen Landesforsten. Forst und Holz. 4 (47): S.75-78.
- OTTO, H.-J. (1994): Waldökologie. Stuttgart: 390 S.
- PEFC (2005): PEFC-Standards für Deutschland. PEFC Deutschland e.V.:14 S.
- PERPEET, M. (2000): Zur Anwendung von Waldentwicklungstypen. Forstarchiv. (71): S. 151-159.
- PROFFT, I., ARENHÖFEL, W., SEILER, M. (2007): Wald und Holz – Potential für den Klimaschutz in Thüringen. In: Tagungsband "Klimaschutz und Klimawandel - Rolle der Forstwirtschaft" am 27. und 28.09.2007 in Gotha: S.42-65.  
[http://www.waldundklima.org/holz/holz\\_docs/textfassung\\_iprofft\\_tagg\\_070927.pdf](http://www.waldundklima.org/holz/holz_docs/textfassung_iprofft_tagg_070927.pdf)
- PROFFT, I., FRISCHBIER, N. (2008): Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Klimaszenarien in forstliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Forst und Holz. 9 (63): S.22-27.
- RIEK, W., STÄHR, F. (2004): Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Landes Brandenburg – Hinweise für die Waldbewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 19. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung. Potsdam: 180 S.
- RIO DE JANEIRO (1992): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung. Dokumente. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn. 199: 56 S.
- RIPKEN, H. (2004): Kritische Betrachtungen zur Multifunktionalität der Waldbewirtschaftung in Deutschland. Forst und Holz. 3 (59): S.99-104.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL) (2005): Klimawandel in Sachsen. Sachstand und Ausblick. Dresden: 111 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL) (2008): Waldgesetz für den Freistaat Sachsen (SächsWaldG) vom 10. April 1992, rechtsbereinigt mit Stand vom 1. August 2008.
- SCHLUTOW, A., KRAFT, P. (2006): Veränderungen der potentiell natürlichen Vegetation im Zuge des Klimawandels im Freistaat Sachsen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr.: 40200317, Strausberg: 73 S.
- SCHLUTOW, A., GEMBALLA, R. (2008): Sachsens Leitwaldgesellschaften - Anpassung in Bezug auf den prognostizierten Klimawandel. AFZ/Der Wald. 1 (63): S.28-31.
- SCHMIDT, A., WENDEL, D., HILPERT, S., WILHEM, E. (2008): Waldentwicklungstypen als bestandesbezogenes Handlungskonzept. In: Waldbehandlung, Waldmehrung und Auengestaltung – Unter Berücksichtigung von Hochwasservorsorge und Naturschutz im Osterzgebirge. Abschlussbericht zum DBU-Projekt. Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V. Dresden: S.44-54.
- SCHMIDT, A. ET AL (2002): Potentielle Natürliche Vegetation Sachsens mit Karte 1:200000. Materialien zu Naturschutz und Landespflege. Dresden: 230 S.
- SCHOPF, A., BAIER, P., PENNERSDORFER, J. (2009): Entwicklung eines Systems zur örtlich und zeitlich differenzierten Abschätzung des Gefährdungspotenzials durch den Buchdrucker (*Ips typographus* L.) in Sachsen auf der Basis des Modells PHENIPS. Projekt-Endbericht. Universität für Bodenkultur Wien: 104 S.
- SCHUBERT, R. (1991): Lehrbuch der Ökologie. 3.Auflage. Gustav Fischer. Jena: 657 S.



- SCHWANECKE, W., KOPP, D. (1996): Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Graupa. Heft 8: 191 S.
- SMUL (2008): Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Dresden: 211 S.
- SONNEMANN, S., EISENHAUER, D.-R. (2009): ENFORCHANGE – Ableitung von standorts- und bestandesstrukturdiffenzierten Waldentwicklungstypen für die Modellregionen Lausitz und Dübener Heide und Erarbeitung regionaler Waldbaustrategien als Basis betrieblicher Entscheidungen. Schlussbericht. Pirna: 39 S.
- SPELLMANN, H. (2003): Sicherung einer nachhaltigen Waldentwicklung auf überbetrieblichen Ebenen. Forstwissenschaftliches Centralblatt (122): S.250-257.
- SPELLMANN, H. (2005): Produziert der Waldbau am Markt vorbei? AFZ/Der Wald 9 (60): S.454-458.
- SPELLMANN, H., ALBERT, M., SCHMIDT, M., SUTMÖLLER, J., OVERBECK, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. AFZ/Der Wald 11 (66): S.19-23.
- STAATSBETRIEB SACHSENFORST (2006): Richtlinie über die Anwendung von Holzertetechnologien im Landeswald des Freistaates Sachsen. Pirna: 49 S.
- TEUFFEL, K. FRHR V. (1999): Waldentwicklungstypen in Baden Württemberg. AFZ/Der Wald. 13 (54): S.672-676.
- THOMASIUS, H. (1988): Sukzession, Produktivität und Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 28: S.3-21.
- THOMASIUS, H. (1992): Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. Forstwissenschaftliches Centralblatt (111): S.141-155.
- THOMASIUS, H. (1996A): Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes. Erweiterte Fassung eines Vortrages anlässlich der gemeinsamen Tagung 1996 des Landesforstvereins und der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft und der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Garitz b. Dessau: 64 S.
- THOMASIUS, H. (1996B): Beitrag zur Theorie des ökologischen Waldbaus. Vortrag zu einer wissenschaftlichen Tagung anlässlich des 70.Geburtstages von Herrn Prof. Dr. Stanislaw Szymansky. Siemianica: 12 S.
- THOMASIUS, H. (1998): Umweltveränderungen und waldbauliche Konsequenzen. Erweiterte Fassung eines im Rahmen des Waldbau-Seminar des Instituts für Waldbau an der Georg-August-Universität Göttingen gehaltenen Vortrages. Neuhof-Rommerz: 38 S.
- ULLRICH, T. (2009): Die Fichten-Risikokarte von Hessen-Forst. Forst und Holz. 9 (64): S.22-24.
- VOLZ, K.-R. (1997): Waldnutzungskonzepte und ihre forstpolitische Bewertung. Forstwissenschaftliches Centralblatt. 5 (116): S.291-300.
- VOLZ, K.-R. (2002): Forst- und Holzwirtschaft auf dem Weg zu größeren Einheiten. Bewertung und Konsequenzen aus der Sicht der Forstpolitik. Forst und Holz. 12 (57): S.386-391.
- WAGENKNECHT, E. (1991): Waldbau in Ostdeutschland 1945 bis 1990. Der Wald. 4 (41): S.121-122. 6: S.204-205. 10: S.358-360. 12: S.434-437.
- WAGENKNECHT, E. (1992): Waldbau in Ostdeutschland 1945 bis 1990. Der Wald. 2 (42): S.60-63.
- WAGNER, S. (2004): Klimawandel – einige Überlegungen zu waldbaulichen Strategien. Forst und Holz. 8 (59): S.394-398.
- WIEFLER, R. (1998): Erarbeitung eines Bewertungsschlüssels zur Einschätzung der Prädisposition von Standorten und Beständen gegenüber *Ips typographus* (L.). Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.

## Anhang