

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500307998/23

Prüfung der Zukunftsfähigkeit der
Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) aus
waldhygienischer Sicht

von Schäfer-Penzel, S.; Schumacher, J.

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

Mai 2015

KLIMOPASS

– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT KLIMOPASS	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, Kai.Hoepker@lubw.bwl.de
FINANZIERUNG	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLI- MOPASS)
BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT	Silvia Schäfer-Penzel, PD Dr. habil. Jörg Schumacher Forstliche Versuchs-und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/ is/91063/ ID Umweltbeobachtung U83-W03-N16
STAND	Mai 2015, Internetausgabe Mai 2015

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINLEITUNG	6
2 ANALYSE DER WELTWEIT VERFÜGBAREN LITERATURQUELLEN	8
2.1 Grundlagen zu ausgewählten Schadorganismen	8
2.2 Die Rußige Douglasienschütte (<i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> (Rhode) Petr.)	8
2.3 Die Douglasienwolllaus (<i>Gilletteella cooleyi</i> (Gill., 1907) bzw. <i>Gilletteella coweni</i> (GILL., 1907))	14
3 WALDSCHUTZMELDEWESEN BADEN-WÜRTTEMBERG UND RHEINLAND-PFALZ: ZAHLEN, DATEN, FAKTEN	20
3.1 Erläuterung der Datengrundlage	20
3.2 Auswertung der Schadensmeldungen	22
3.3 Analyse der Daten für angefallenes Holz aus zufälliger Nutzung in Verbindung mit den Daten des Waldschutzmeldewesens	28
4 AUSWERTUNG FRAGEBOGEN	34
4.1 Anlass und Ziel des Fragebogens	34
4.2 Material und Methoden	34
4.3 Zum Inhalt und Zweck des Fragebogens	36
4.4 Ergebnisse	37
5 ERGEBNISSE DER STICHPROBENSTUDIE	44
5.1 Anlass der Stichprobenstudie	44
5.2 Ziel der Untersuchung	44
5.3 Methodik	45
5.4 Standortsbeschreibung	46
5.5 Ergebnisse Fläche I	46
5.6 Ergebnisse Fläche II	52
6 DISKUSSION	57
6.1 Diskussion zur Douglasienschütte	57
6.2 Diskussion zur Douglasienwolllaus	59
6.3 Diskussion zu den Auswertungen des Waldschutzmeldewesens	60

6.4	Diskussion der Fragebogenauswertung	63
6.5	Diskussion der Ergebnisse aus der Stichprobenstudie	65
7	BEWERTUNG DER ZUKUNFTSFÄHIGKEIT DER DOUGLASIE IM KLIMAWANDEL	67
8	LITERATURVERZEICHNIS	70
9	ANHANG	73

Zusammenfassung

In einem ersten Schritt wurden zur Beurteilung der Zukunftsfähigkeit der Douglasie die archivierten Daten des Waldschutzmeldewesens analysiert. Hier konnte festgestellt werden, dass Vitalitätsverluste an Douglasien nicht nur derzeit auffällig sind, sondern bereits seit Beginn des vermehrten Douglasien-Anbaus in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts. Da die Möglichkeiten einer weiteren Analyse aufgrund der Erfassungsmethode bzw. Struktur des Waldschutzmeldewesens sehr begrenzt waren, wurde in einem weiteren Schritt ein zielorientierter Fragebogen an ausgewählte Forstbehörden verschickt. Anhand dieser Daten wurde die Annahme verstärkt, dass die auffälligen Nadelverluste an der Baumart nicht allein auf den Schütteerreger *Phaeocryptopus gaeumannii* zurückzuführen sind. Darüber hinaus wird auf den aktuell deutlich geschädigten Douglasien-Flächen von einer Störung des Wasserhaushaltes ausgegangen, der durch die standörtlichen Gegebenheiten und die Witterungsbedingungen der zurückliegenden Jahre begründet ist und im Zusammenwirken mit relevanten biotischen Faktoren den Schädigungsprozess der ansonsten trockenheitstoleranteren Douglasie potenziert.

Um erste Hinweise auf weitere, neben dem Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* vorkommende Schadorganismen zu bekommen, wurde eine Stichprobenstudie auf einer geschädigten Douglasien-Fläche im Landkreis Rastatt durchgeführt. Es konnte festgestellt werden, dass der Vitalitätsverlust oder sogar Ausfälle aufgrund eines Schadfaktorenkomplexes verursacht wurde (biotisch und abiotisch). Aufgrund des begrenzten Zeitrahmens konnte der jeweilige Beteiligungsgrad nicht abschließend beurteilt werden.

Das Hauptaugenmerk der Literaturstudien lag auf den beiden nach Deutschland eingeschleppten Schadorganismen Rußige Douglasienschütte und Douglasienwolllaus, da diese beiden seit Beginn des Waldschutzmeldewesens den Großteil der Schäden ausmachten. Es konnten, zumindest in Teilen, Unterschiede in der Biologie und im Schadverlauf zwischen Deutschland und der Heimat der Organismen Nordamerika festgestellt werden.

1 Einleitung

Um als zukunftsfähig zu gelten, muss eine Baumart aus waldhygienischer Sicht in erster Linie robust gegenüber Schadorganismen sein. In der gegenwärtigen Literatur wurde der Douglasie diese Robustheit für die Vergangenheit bestätigt. Daneben zählen zu den oft beschriebenen Eigenschaften der Douglasie eine breite ökoklimatische Amplitude sowie hohe Massen- und Wertleistung. Diese attraktiven Eigenschaften sind v. a. für den forstwirtschaftlichen Bereich erwünscht, weshalb die Baumart im Wirtschaftswald grundsätzlich als eine alternative Mischbaumart hinsichtlich eines sich ändernden Klimas gesehen wird. Zudem wirkt die Douglasie als Mischbaumart in Fichten-Tannen-Buchen-Beständen stabilisierend.

Verschiedene Autoren weisen in der aktuellen Literatur darauf hin, dass in den vergangenen Jahren jedoch auch Hinweise auf waldhygienische Risiken zunehmen.

Die Annahme, die Ursache für die erhöhte Schadanfälligkeit kann in der Genetik begründet sein, könnte sich bei entsprechenden Untersuchungen durchaus bestätigen. Häufig ist die Herkunft der stockenden Douglasien nicht bekannt bzw. nicht mehr nachvollziehbar. Eine damalige Verwendung von Vermehrungsgut unterschiedlicher, auch wenig geeigneter Provenienzen, für die doch häufig verschiedenen Standorte, ist nicht ausgeschlossen.

Die Douglasien-Bestände in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz weisen unterschiedliche standörtliche Gegebenheiten auf, verständlich vor dem Hintergrund, dass der Douglasie grundsätzlich eine breite ökologische Amplitude nachgesagt wird.

Da sich die Meldungen einzelner Landkreise zu bestimmten Schadereignissen stets wiederholen bzw. häufen und von anderen Landkreisen wiederum nur wenige oder gar keine Schadensmeldungen eingingen, trotz hoher Douglasien-Flächenanteilen, wurden zum einen die standörtlichen Gegebenheiten näher untersucht.

Zum anderen wurden die Zeitpunkte erhöhter Schadensmeldungen im Zusammenhang mit den Klimadaten betrachtet.

Diese Ergebnisse können hinsichtlich eines sich ändernden Klimas erste wichtige Hinweise geben. Bleiben jedoch weitere Aspekte, wie beispielsweise Geologie, Geographie, Waldbau, Provenienz aber auch die Datenqualität unberücksichtigt, kann es möglicherweise zu Interpretationsfehlern kommen.

Das derzeitige Schadausmaß der Douglasie, das bereits in den 1940er, 1980er und 1990er Jahren hohe Werte annahm, beschränkt sich nicht nur auf eine bestimmte Altersklasse, sondern betrifft in unterschiedlichem Ausmaß nahezu alle Altersklassen. Auch der Zeitpunkt der erhöhten Schadensmeldungen deckt sich in den beiden Bundesländern Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Daraus ergibt sich der Verdacht, dass die derzeitige Schadanfälligkeit nicht ausschließlich genetischer Ursache sein kann.

Aufgrund der zu bestimmten Zeitpunkten einerseits länderübergreifenden und sich dennoch auf bestimmte Gebiete beschränkenden erhöhten Schadensmeldungen erhärtet sich die Annahme, dass sich klimatische Faktoren, im Zusammenspiel mit weiteren Faktoren – biotisch oder abiotisch- vitalitäts-senkend auswirken und damit den Weg für schädigende Ausmaße der sonst schwach virulenten Schadorganismen bereiten.

Wie Schimitschek (1969) bereits schrieb, endet Waldschutz und Waldhygiene nicht bei der Symptombehandlung. Vielmehr ist die Erforschung der Ursachen für den aktuell zunehmenden Vitalitätsverlust und das vermehrte Auftreten von Schadorganismen von grundsätzlicher Bedeutung. In einer Stichprobenstudie wurden dazu erste Hinweise gesammelt.

2 Analyse der weltweit verfügbaren Literaturquellen

2.1 GRUNDLAGEN ZU AUSGEWÄHLTEN SCHADORGANISMEN

Das Spektrum der grundsätzlich an der Douglasie vorkommenden Schadorganismen ist groß. In einer eingehenden Recherche (Disch und Delb, 2011) wurden aus der Klasse der Insekten 388 Arten, davon 78 auch in Europa vorkommend, recherchiert. Diese können im Ausgang des Projektes um zwei weitere Arten ergänzt werden, die im Rahmen einer Freilandstudie an der Douglasie gefunden wurden. Aus der Klasse der Pilze waren es 45 Arten, davon sind 20 in Europa an der Douglasie nachgewiesen. Da im südwestdeutschen Raum sowohl in der Vergangenheit als auch in der Gegenwart einerseits die Rußige Douglasienschütte und andererseits die Douglasienwolllaus die auffälligsten Schadorganismen an Douglasien waren, wurde sich im Rahmen des Projektes auf diese beiden konzentriert.

2.2 DIE RUßIGE DOUGLASIENSCHÜTTE (*PHAEOCRYPTOPUS GAEUMANNII* (RHODE) PETR.)

Zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts traten nahezu gleichzeitig zwei Nadelkrankheiten auf, die Rußige und die Rostige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii* bzw. *Rhabdocline pseudotsugae*).

Der Verlauf von letzterer ist schwerwiegender. Von *Rh. pseudotsugae* sind hauptsächlich die Varietäten *glauca* und *caesia*, d.h. die Inlands- bzw. Zwischenformen der Douglasien, betroffen. Diese werden aufgrund der geringeren Wuchsleistungen im Vergleich mit der Küstendouglasie (*Pseudotsugae menziesii* var. *viridis*), v.a. aber wegen der hohen natürlichen Resistenz der Varietät *viridis* gegenüber der Rostigen Douglasienschütte, in Südwestdeutschland nicht mehr angebaut und sind lediglich als Überbleibsel vergangener Anbauten bzw. in Naturverjüngungen dieser anzutreffen. Die Rostige Douglasienschütte spielt daher in Südwestdeutschland nur noch eine untergeordnete Rolle. Aus diesem Grund wird auf diesen Schütteeerreger an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Vorkommen und Verbreitung der Rußigen Douglasienschütte

Die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) wurde erstmals 1925 in der Schweiz entdeckt und von Gäumann 1930 beschrieben (Strittmatter 1974; Winton et al. 2007). Daher ist sie

auch unter dem Namen „Schweizer Nadelschütte“ (engl. Swiss Needle Cast) bekannt. In älteren Veröffentlichungen wird der Pilz unter der Bezeichnung *Adelopus gaeumanni* (Rhode) beschrieben.

Der Schüttepilz ist in den USA endemisch, war zum Zeitpunkt der Entdeckung in Europa jedoch in Amerika noch unbekannt. In Nordamerika wurde er erst 1938 entdeckt (Michaels und Chastagner 1984). Boyce berichtete 1950 (mdl., zitiert nach Merkle 1950/51) von einer weiten Verbreitung des Pilzes in den Douglasien-Wäldern Nordamerikas, ohne dass der Erreger jedoch auffällig in Erscheinung getreten wäre.

Aus England und Irland wurden Funde im Jahr 1928 gemeldet (Łakomy und Iwańczuk 2010).

Im Norden Neuseelands trat die Rußige Douglasienschütte 1959 in Erscheinung und verbreitete sich dort innerhalb der folgenden 15 Jahre nahezu flächendeckend. Auf der Südinsel wurde der Pilz im Jahr 1969 entdeckt (Hood und van der Pas 1979). Angebaut wird die Douglasie in Neuseeland seit etwa 100 Jahren (James 1978).

Erstmals auffällig äußerte sich der Befall mit dem Schütteeerreger in den USA 1980 auf Jungwuchsfleichen in Washington State (Hansen et al. 2000). Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist der Pilz an der Pazifikküste in Nordamerika epidemisch weit verbreitet.

Für Deutschland werden zwei Ausbreitungswege für die Rußige Douglasienschütte angenommen. Einerseits von der Schweiz her nach Süddeutschland, andererseits von Norden. Darüber, ob es sich beim ersten Auftreten im Norden Deutschlands (1930 in Schleswig-Holstein) tatsächlich um *Ph. gaeumannii* handelte, herrscht Uneinigkeit, jedoch gilt der Fund im Jahr 1938 in Dänemark als gesichert (Göhre 1958).

In Baden-Württemberg wurde der Befall erstmals 1931 in Tettwang festgestellt. Nach einer raschen Ausbreitung wurde seitens der Württembergischen Forstdirektion mit Erlass vom 12.08.1940 der Douglasien-Anbau im Staatswald verboten, der mit Erlass vom 01.10.1947 wieder gelockert wurde und einen Anbau der Douglasie als Mischbaumart und als Ergänzung in Kulturen erlaubte (Merkle 1950/51).

Als Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schüttepilzes (durch Wind und möglicherweise auch Insekten) wurden etwa 300 bis 400 Kilometer innerhalb von 12 bis 15 Jahren vermerkt (Merkle 1950/51; Göhre 1958).

Schadsymptome, Krankheitsverlauf und Biologie des Pilzes

Erste Anzeichen eines Befalls durch den Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* zeigen sich frühestens im Sommer des auf die Infektion folgenden Jahres. Infolge von Zellzerstörungen durch den Pilz zeigt sich erst eine gelbfleckige Verfärbung der Nadeln, die sich in der folgenden Zeit je nach Krankheitsverlauf mehr oder weniger schnell braun verfärben. Zum Nadelverlust kommt es in der Regel erst nach zwei bis drei Jahren. Nur bei sehr starkem Befall und schwerem Verlauf kann es bereits im Folgejahr der Infektion zum Schütten der Vorjahresnadeln kommen. Tritt dieses Ereignis in mehreren

aufeinanderfolgenden Jahren ein, ist häufig nur noch ein Nadeljahrgang vorhanden (Göhre 1958). An gesunden Douglasien wurden in Deutschland 6 bis 8 nahezu vollständige Nadeljahrgänge gezählt.

Für die Klimaverhältnisse Baden-Württembergs ging Merkle (1950/51) bei einer gesunden Douglasie von mindestens drei Nadeljahrgängen in der Oberkrone aus und im mittleren und unteren Kronenbereich von mindestens fünf. Weiterhin beobachtete er, dass an Bestandsrändern sehr häufig die dem Bestand zugewandte Seite der Bäume hohe Nadelverluste aufwies und die noch vorhandenen Nadeln von Fruchtkörpern des Pilzes besetzt, die Traufseiten dagegen vollständig benadelt waren.

Eine Infektion wird im Bestand i.d.R. erst im fortgeschrittenen Krankheitsstadium entdeckt. Rein optisch äußert sich das in Form einer lichten („schütterten“) Krone.

Zum Zeitpunkt der Infektion sind an den Nadeln noch keine makroskopischen Anzeichen des Pilzes erkennbar, lediglich mikroskopisch lässt sich gegen Ende des Sommers ein interzellulär wachsendes Myzel nachweisen (Merkle 1950/51). Im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtungen in Deutschland stellte Capitano (1999) auch ein oberflächliches Myzel-Wachstum auf den Douglasien-Nadeln fest.

Einen ersten makroskopischen Hinweis gibt im Winter eine deutlich grüner erscheinende Nadelunterseite, da sich durch das Wachstum des Pilzmyzels die Wachspfropfen aus den Stomata lösen und abfallen. Eine gesunde Nadel erscheint dagegen auf der Unterseite durch die Wachsstreifen deutlich heller.

Bis zum Jahresende sind bei Neuinfektion mit Hilfe einer Lupe erste Anlagen des Pilzfruchtkörpers in Form von kleinen schwarzen Pünktchen zu sehen (Merkle 1950/51). An den zwei- und dreijährigen Nadeln sind sie meist auch mit bloßem Auge zu sehen. Diese Fruchtkörper (Pseudothecien) wachsen auf der Unterseite der Nadeln direkt aus den Spaltöffnungen (Stomata) beiderseits der Mittelrippe. Da sie direkt auf den Spaltöffnungen sitzen, bilden sie optisch schwarze Reihen. Die Nadeln sehen „rußig“ aus, daher stammt auch der Name „Rußige Douglasienschütte“.

Von Mai bis Anfang Juli reifen die Askosporen aus, werden aus den Pseudothecien entlassen und mit dem Wind verbreitet. Der Austrieb der jungen Douglasien-Nadeln fällt in der Regel mit der Sporentlassung zusammen.

Von Merkle (1950/51) wird angenommen, dass aufgrund fehlender Organe an den Sporen zum aktiven Verankern bzw. Festhalten Feuchtigkeit auf den Nadeln nötig ist, um daran haften zu bleiben, da die Sporen an trockenen Nadeln sonst abgleiten.

Nach dem Entlassen der Sporen verbleiben die Fruchtkörper auf den Nadeln. Normalerweise bilden sich im ersten Frühjahr nur wenige Anlagen zu vollentwickelten Fruchtkörpern aus. Nach einer ersten Fruchtkörperbildung lebt der Pilz in der Nadel weiter und bildet im Folgejahr in Abhängigkeit der Witterung sowie wirtsspezifischen Voraussetzungen weitere, meist sehr viele, Fruchtkörper. Die Nadelverfärbung intensiviert sich und je nach Schwere werden die Nadeln geschüttet oder verbleiben am Trieb. Bei Verbleib können im Folgejahr wiederum neue Fruchtkörper ausgebildet werden. In der Regel fallen infizierte Nadeln spätestens im dritten Jahr ab, da sich dann die meisten Fruchtkörperanlagen entwickeln (Merkle 1950/51). Michaels und Chastagner (1984) stellten bei Untersuchungen in

den USA fest, dass die Fruchtkörper an einjährigen Nadeln bis zu 10-mal mehr Sporen entlassen können als die Fruchtkörper an zweijährigen Nadeln. Von den geschütteten Nadeln geht keine Gefahr mehr aus, da die Sporen an ausgetrockneten Nadeln nicht mehr ausreifen.

Infiziert werden meist die jüngsten Nadeljahrgänge, aber auch an älteren Nadeln wurden Neuinfektionen beobachtet.

In Deutschland wird bei einem Befall durch den Schüttepilz eine zunehmende Entnadelung vom Inneren der Krone sowie von der Kronenbasis her beschrieben (Merkle 1950/51), die oberen Kronenzweige sind meist besser benadelt. In den Küstenregionen Nordwestamerikas ließ sich hingegen ein stärkerer Nadelverlust im oberen Kronenbereich beobachten.

Betroffene Altersklassen und Varietäten

Von einer Infektion mit dem Schütteerreger *Phaeocryptopus gaeumannii* können alle Varietäten betroffen sein.

Allem Anschein nach spielt auch die Altersstufe der Bäume eine maßgebliche Rolle.

Die Rußige Douglasienschütte wird sowohl in der älteren als auch in der aktuelleren Literatur an Douglasien aller Altersklassen beschrieben. Im Jungwuchsalter bis hin zum angehenden Baumholz (Altersklassen 1 und 2 mit Schwerpunkt bei den 20- bis 30-jährigen Douglasien) werden jedoch die stärksten Schädigungen registriert. Merkle (1950/51) fand heraus, dass ab etwa einem Alter von 35 Jahren und älter meist nur noch an den feineren Schattennadeln des unteren Kronenbereiches Fruchtkörper in geringer Anzahl ausgebildet werden, die jüngeren Douglasien hingegen auf dreijährigen und auch älteren Nadeln einen dichten Fruchtkörperbesatz aufweisen.

Allerdings zeigten Black et al. (2010). in Studien an der Pazifikküste, dass es auch bei älteren Douglasien (> 80 Jahre) infolge eines Befalls durch *Phaeocryptopus gaeumannii* zu Zuwachsverlusten kommen kann.

Begünstigende oder limitierende Faktoren

Klima und Witterung

Bereits 1934 stellte Rhode (nach Göhre 1958) in Keimversuchen mit Sporen von *Phaeocryptopus gaeumannii* auf verschiedenen Nährböden fest, dass der Pilz bei Vorhandensein von Eiweißstoffen am besten wächst und ein hoher Wassergehalt die Grundvoraussetzung für das Wachstum des Myzels ist.

Michaels und Chastagner (1984) fanden in Laborversuchen heraus, dass ebenso wie für die Keimung und das Pilzwachstum auch für die Freisetzung der Sporen die Nadeln entsprechend mit Feuchtigkeit benetzt sein müssen. In den Küstengebieten Nordamerikas ist diese Voraussetzung durch den Nebel meist gegeben. Die meisten Sporen werden zwischen 5 und 25 °C, mit einer Maximalzahl bei 20°C entlassen, einige noch bei 30°C. Unter 0°C und über 35°C fand keine Freisetzung statt (Angaben in

5°C-Schritten). Capitano (1999) präzisierte das Optimum der Sporenfreisetzung zwischen 19 und 22°C.

Hinsichtlich der Temperaturen und Niederschläge ist von Bedeutung, wie viel des Jahresniederschlags in der Vegetationsperiode fällt, bezüglich einer Pilzinfektion scheint v.a. die Niederschlagsmenge im Mai und Juni maßgeblich zu sein.

Baumalter und Nadelalter

Die besondere Anfälligkeit von jüngeren Douglasien wird vielfach beschrieben. Jedoch ist davon auszugehen, dass Bäume, welche die Jugendphase sehr vital durchlaufen und später keinen plötzlichen Vitalitätsverlust aufweisen, beispielsweise durch mechanische Verletzungen oder Wurzelfäulepilze, im Alter widerstandfähiger gegenüber Infektionen sind.

Hansen et al. (2000) stellte fest, dass bei Vorhandensein mehrerer Jahrgänge die ältesten davon am stärksten mit Fruchtkörpern besetzt sind. Je mehr Nadeljahrgänge vorhanden sind, desto geringer ist der Besatz des jüngsten Nadeljahrgangs mit Fruchtkörpern.

Standort und Waldbau

Das Vorkommen der Douglasie wird in der Literatur auf verschiedensten Substraten und Bodenarten beschrieben. Ideale Wachstumsbedingungen findet die Douglasie auf tiefgründigen Böden, die gut durchlüftet sind. Günstig ist ein pH-Bereich zwischen 5 und 6 (Aas 2008).

Ein dichtstehender Bestand, unabhängig ob Rein- oder Mischbestand, kann sich positiv auf die Sporenkeimung und das Pilzwachstum auswirken, da eine Luftzirkulation weitestgehend unterbunden und damit das Luftfeuchtigkeitsprozent im Bestandsinneren gesteigert wird.

Da die Infektionen durch den Schwächeparasiten in Deutschland i.d.R. im unteren Kronenbereich beginnen, kann sich auch eine Wertastung in einem frühen Befallsstadium günstig auswirken (Merkle 1950/51), da durch Entnahme der am stärksten betroffenen Zweige das Vermehrungspotenzial des Pilzes reduziert wird.

Anders scheint die Situation in Nordamerika und Neuseeland zu sein. Der durch den Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* verursachte Nadelverlust zeigt sich nicht wie in Deutschland von der unteren Krone her, sondern beginnt im oberen Kronenbereich. Hood und van der Pas (1979) stellten als Folge von Durchforstungen stark infizierter Bestände eine Begünstigung des Dickenwachses und der Kronenentwicklung (Verhältnis Kronenlänge zu Baumhöhe) fest, jedoch keinen signifikanten Einfluss auf den Nadelverlust und nur eine leichte Minimierung der Infektion durch den Schütteerreger (ermittelt anhand des Fruchtkörperbesatzes an 50 Nadeln pro Jahrgang).

Provenienz

Bereits seit Beginn des letzten Jahrhunderts wird die Eignung verschiedener Provenienzen auf verschiedenen Versuchsflächen in Deutschland geprüft. Untersuchungskriterien waren neben den Wuchs-

eigenschaften und Standraumversuchen auch die Prüfung auf Anfälligkeit verschiedener Schadorganismen.

Auch in den USA gibt es Hinweise darauf, dass v.a. in den derzeit stark geschädigten Douglasien-Plantagen der Küstengebiete Provenienzen aus dem Inland bzw. den höheren Lagen verwendet wurden, die offenbar deutlich anfälliger für den Schütteerreger sind (Capitano 1999).

In Anlehnung an Ergebnisse von Hood (1982) zeigten McDermott und Robinson (1989) anhand weiterer Studien, dass verschiedene Douglasien-Provenienzen auf einer Versuchsfläche unter schütteebegünstigenden Witterungsbedingungen in Abhängigkeit ihrer Herkunft und den dortigen Witterungsbedingungen eine unterschiedliche Schüttee-Resistenz aufweisen.

Schäden und Auswirkungen von *Phaeocryptopus gaeumannii*

Durch den Nadelverlust, den der Pilz verursacht, kommt es aufgrund der Dezimierung der Assimilationsfläche zu Zuwachsverlusten. Das betrifft v.a. Douglasien, die in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren schwer betroffen waren. Jüngere Douglasien scheinen von Zuwachsverlusten häufiger betroffen zu sein als ältere. Merkle (1950/51) weist aber auch darauf hin, dass Wuchsstockungen durchaus noch weitere Ursachen haben können (z.B. Lichtmangel, Dichtstand, Schädigungen durch die Douglasienwolllaus).

Wenn in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren der Schüttee Pilz aktiv war und letztendlich nur noch ein Nadeljahrgang vorhanden ist, sind die Douglasien stark geschwächt und sehr anfällig für Sekundärschäden. Nur in sehr wenigen Fällen führt ein alleiniger Befall durch den Schüttee Pilz zum Absterben der Douglasien (Merkle 1950/51). Dieses zeigen auch diverse Beratungsschreiben bzw. vor Ort Beratungen durch Mitarbeitende der FVA (Delb, 2008; Metzler, 2008, 2010, mdl.2014; Schumacher, 2013). An abgängigen Douglasien wurde als Ursache i.d.R. eine Kombination verschiedener biotischer oder abiotischer Faktoren, darunter auch der Schütteeerreger *Phaeocryptopus gaeumannii*, festgestellt, in keinem von der FVA bislang bekannten untersuchten Fall der Schüttee Pilz allein.

Chastagner et al. (1984) untersuchten den Einfluss eines Befalls durch *Phaeocryptopus gaeumannii* auf die Dauerhaftigkeit der Nadeln eingeschlagener Douglasien hinsichtlich ihrer Verwendung als Christbäume. Dabei stellten sie fest, dass bei Vorhandensein infizierter Nadeln die Rate der Dehydration steigt, das Holz trocknet schneller aus, es kommt zu einem vorzeitigen Nadelverlust und damit insgesamt zu einer Wertminderung der Bäume. Eine Behandlung mit Fungiziden spätestens im Jahr vor dem Einschlag zeigte eine vitalitätsfördernde Wirkung. Im Gegensatz zu den USA spielt die Douglasie in der Verwendung als Christbaum derzeit in Deutschland eine untergeordnete Rolle.

2.3 DIE DOUGLASIENWOLLLAUS (*GILLETTEELLA COOLEYI* (GILL., 1907) BZW. *GILLETTEELLA COWENI* (GILL., 1907))

Neben der Rußigen und der Rostigen Douglasienschütte zählte auch die Douglasienwolllaus zu einem der bedeutendsten Schadorganismen, die mit der Douglasie nach Europa eingeschleppt wurden.

Vorkommen

Die Douglasienwolllaus ist im Nordwesten Nordamerikas, in den Staaten British Columbia, Washington und Oregon ursprünglich beheimatet. Hier tritt sie hauptsächlich dort in Erscheinung, wo Sitka-Fichte und Douglasie ihr natürliches Verbreitungsgebiet haben, hauptsächlich in den küstennahen Beständen mit hoher Luftfeuchtigkeit (Stephan 1987).

In Europa wurde sie erstmals 1913 in England gesichtet, muss aber aufgrund ihrer Entwicklungszeit mindestens 1910/11 eingeschleppt worden sein (Wimmer 1935). Innerhalb des nächsten Jahrzehnts kam es zu einer stärkeren Verbreitung im Süden und Westen Englands, in Schottland wurde die Wolllaus zu diesem Zeitpunkt nur gelegentlich unter Aussparung der Westküste und des Nordens und in Irland hingegen noch gar nicht gefunden (Schweppenburg 1925; Wimmer 1935).

Anschließend folgten 1928 erste Meldungen aus Holland und 1933 aus Deutschland in Baden (Müller 1941; Teucher 1954). (Hierholzer und Lüdge 1950/51) schreiben, dass bereits 1948 ganz Württemberg-Hohenzollern zum Verbreitungsgebiet der Douglasienwolllaus gehört.

Neben dem flächendeckenden Vorkommen der Wolllaus in nahezu allen ostdeutschen Douglasien-Beständen erwähnte Krüel (1952) in seiner Publikation auch das Vorkommen von *Gilletteella cooleyi* auf Flächen in der Tschechoslowakei und Polen bis hinein in die Tatra. Aus Russland gab es bis 1950 keinerlei Meldungen.

Nachdem die Douglasienwolllaus in Dänemark, Schweden und anschließend in Norwegen auftrat, wurden Ende der 1960er Jahre Studien in Finnland durchgeführt, ob und in welchem Umfang sie dort zu finden ist (Löyttyniemi 1970). Da sie lediglich an drei Standorten der südlichen Küstenregion gelegentlich gefunden wurde, wurde vermutet, dass die klimatischen Bedingungen die Verbreitung in Finnland limitieren.

Anfang der 1960er Jahre wurde die Wolllaus in Italien auf vielen Flächen verschiedener Höhenstufen entlang der Apenninen gesichtet (Roversi und Binazzi 1996).

Aktuell erstreckt sich das Verbreitungsgebiet der Douglasienwolllaus in Europa von Skandinavien bis in die Ukraine im Osten, im Süden über Italien und im Westen bis nach Irland (faunaeur.org; faunaeur.org).

Verbreitungsmechanismus und Generationswechsel

Die Verbreitung der Douglasienwolllaus in Europa erfolgte einerseits passiv durch Import befallener Jungpflanzen (Wimmer 1935; Müller 1941). (Löyttyniemi (1970) geht zudem von Windverbreitung aus, da alle untersuchten Flächen aus Samen herangezogen wurden.

Andererseits breitete sich die Wolllaus aktiv durch Geflügelte im Zuge holozyklischer Generationsfolgen aus (Cameron 1936).

Der komplizierte Generations- und Wirtswechsel der Wolllaus wurde mehrfach beschrieben (Cameron 1936; Steffan 1970).

Von Bedeutung ist an dieser Stelle, dass die Wolllaus in Deutschland sich einerseits holozyklisch mit einem Wirtswechsel zwischen nordamerikanischen *Picea*-Arten als Hauptwirte und *Pseudotsugae* als Nebenwirt vermehren (*G. cooleyi*). Dieser holozyklische Generationswechsel läuft innerhalb von zwei Jahren ab. Bei einem Wirtswechsel erfolgt auf dem Hauptwirt (*Picea*) eine sexuelle Vermehrung, auf der Douglasie eine parthenogenetische. Andererseits vollziehen sie einen anholozyklischen Generationswechsel. Beim Anholozyklus vermehren sich die Wollläuse rein ungeschlechtlich (*G. cowenii*).

Trotz dieser Differenzierung wird häufig für die anholozyklische Art die Bezeichnung *Gilletteella cooleyi* verwendet.

Zu den betroffenen Hauptwirten gehören *Picea engelmannii*, *P. sitchensis* und *P. pungens* (Schwerdtfeger 1939; Müller 1941). Weidner (1949) fand zudem Gallen an *P. canadensis* und *P. abies* in der Nähe von Hamburg. Dieser Fund an *P. abies* wird jedoch lediglich von verschiedenen Autoren zitiert.

Befallsmerkmale und Schadsymptome

Deutlich sichtbar sind die Wolle ähnlichen Wachsabsonderungen der Winterläuse in der Regel ab Ende April bzw. im Mai i.d.R. an den Vorjahresnadeln der Douglasien, nachdem sie sich nach drei Häutungsstadien zu Eilegerinnen weiterentwickelt haben (*Progrediens*). Je nach Witterungsverhältnissen in den vorangegangenen Monaten kann die Wachswolle auch schon früher sichtbar sein (eigene Beobachtungen 2014 in KW 14) oder aber auch bereits an frühaustreibenden Mainadeln gefunden werden. Die überwinternden Larven (*Sistens*) bzw. die sich aus den Gelegen entwickelnden Sommerläuse sind dunkel, 0,4 Millimeter groß und nur bei genauerem Hinsehen erkennbar (Wimmer 1935; Müller 1941; Heitmüller 1954).

Als Folge des Saugens der Läuse werden die Nadeln gelbfleckig und sehen marmoriert aus, ebenso führt das Saugen zu Nadelverkrümmungen. Bei starkem Befall bekommen die Triebe ein struppiges Aussehen oder es kommt zu vorzeitigem Nadelverlust (Roversi und Binazzi 1996), wodurch die Kronen schütter erscheinen.

Zudem bieten die Ausscheidungen der Läuse („Honigttau“) einen geeigneten Nährboden für Rußtaupilze (Schweppenburg 1925).

Teucher (1954) stellte fest, dass die Maitriebe bei hoher Belagerungsdichte oft wenig oder gar nicht austreiben. Hohe Lauspopulationen an Douglasien können zu Zuwachsverlusten durch Verkürzung der Nadeln bzw. Triebe oder durch Nadelverlust führen (Heitmüller 1954; Göhre 1958).

Wenn auch alle Altersklassen gleichermaßen befallen werden können, sind die Auswirkungen an (Mitchell und Paul, 1974) Douglasien in der Jungwuchsphase doch am stärksten. Hier kann es bei sehr starkem Besatz zu Totalausfällen kommen (Teucher 1954).

Neben den Schäden an Douglasien kommt es auch zu Schäden an Picea-Arten.

Während des holozyklischen Generationswechsels legt die Fundatrix¹ ein großes Ei-Gelege auf der Knospe ab. Durch das Saugen der Larven (Gallicolae) bildet sich eine Galle, die das Triebwachstum verringert oder ganz unterbindet. Es kommt zu einer optischen Entwertung der Fichten (Schmuckbaumkulturen) durch Deformierungen, kann aber auch zum Absterben der Triebe und bei stärkerem Befall ebenfalls zu Zuwachsverlusten führen (Lyr 1958; Francke-Grosmann 1950). Kruehl (1952) zählte in Gelegen der Fundatrix an Stechfichte durchschnittlich 230 Eier, bei geflügelten Zuwanderern an Douglasie 87 Eier. Die Winterläuse legten durchschnittlich 44 Eier pro Gelege, die erste Sommergeneration 22 Eier und für die zweite Sommergeneration 19 Eier.

Auslöser von Massenvermehrungen bzw. begünstigende oder limitierende Faktoren

Douglasien-Art/Rasse bzw. Genetik

Ein Befall durch die Douglasienwolllaus wird von vielen Autoren (Hierholzer und Lüdge 1950/51; Lyr 1958) sowohl an den *viridis*-, als auch an den *caesia*- und *glauca*-Varietäten der Douglasie beschrieben, wenngleich die Befallsdisposition der *viridis*-Form deutlich höher zu sein scheint.

Auch Heitmüller (1954) stellte in einem Versuch fest, dass es „keine rassen- bzw. formenspezifische Resistenz gegen *Gilletteella cooleyi*“ zu geben scheint, lediglich eine Resistenz einzelner Individuen konnte festgestellt werden. Er fand heraus, dass die vegetativen Nachkommen einer offensichtlich gegenüber Wolllausbefall resistenten Douglasie auch unter veränderten Standorts- und Umweltbedingungen ihre Resistenz beibehielten.

Die Rasse kann nicht zweifelsfrei angegeben werden, es wurde aber anhand der Morphologie von der grauen Form (*caesia*) ausgegangen. Die gleiche Beobachtung machte Syrach-Larsen 1953 mit Klonen aus den USA (zitiert nach Heitmüller 1954).

In Forschungen zur Widerstandsfähigkeit von Douglasien gegen Wolllausbefall wurden 59 Provenienzen auf der internationalen Douglasien-Provenienzversuchsfläche der IUFRO miteinander verglichen (Mejnartowicz und Szmidt 1978). Hier wurde festgestellt, dass Provenienzen höher gelegener Standor-

¹ Stammutter einer Generationsfolge

te deutlich widerstandsfähiger sind, als solche aus Küstenregionen. Daraus wurde geschlossen, dass die Widerstandsfähigkeit auch genetisch begründet ist.

Altersstufen und soziale Stellung

Die Annahme, dass hauptsächlich junge Douglasien von der Wolllaus befallen werden, war und ist immer noch weit verbreitet.

Die Douglasienwolllaus kommt jedoch in allen Altersklassen vor (Schwerdtfeger 1939; Teucher 1954; Kruehl 1952; Göhre 1958). Kruehl (1952) schreibt, dass Douglasien in sämtlichen Altersklassen, unabhängig von der sozialen Stellung und Bonität, betroffen sind. Er weist weiter darauf hin, dass jüngere Bestände scheinbar bevorzugt werden, dass es zum damaligen Zeitpunkt aber nur wenige ältere Bestände gab und in den höheren Kronen ein Besatz durch die Wolllaus nur schwer erkennbar ist. Diese Beobachtungen machte auch (Lyr 1958), der an Ästen aus 20 – 25 Metern Höhe einen ebenso starken Wolllausbesatz feststellte, wie an Ästen jüngerer Douglasien in 2 – 3 Metern Höhe. Tendenziell wurde sogar stärkerer Befall an vorwüchsigen, vitalen Douglasien festgestellt als an kränkenden und schwachen Douglasien (Heitmüller 1954). Trotz des Vorkommens in allen Altersklassen ist anzunehmen, dass die jüngeren Douglasien stärker von einem starken Wolllausbefall betroffen sind als ältere, da sie vermutlich empfindlicher reagieren. Zudem sind ältere Douglasien, abgesehen von vorwüchsigen, auch seltener der Wärme und Sonne ausgesetzt als junge Bäume.

Standort

Die Douglasienwolllaus kommt in Deutschland in allen Höhenlagen vor. Gefunden wurde sie in Brandenburg auf Meereshöhe, im Thüringer Wald bis zu 700 m ü.NN bis in den Schwarzwald auf Provenienz-Flächen bis zu 1300 m ü.NN (Göhre 1958; Teucher 1954).

Auch in der Toskana fanden Roversi und Binazzi (1996) die Douglasienwolllaus zwischen 500 und 1200 Höhenmeter.

Klima

Je nach Höhenlage und Wärmeeinfluss beginnen in Deutschland die Winterläuse im März mit ihrer Entwicklung zu Eilegerinnen. Während dieser Zeit saugen sie vorwiegend an den Vorjahresnadeln und durchlaufen drei Häutungsstadien (Hierholzer und Lüdge 1950/51). In dieser Phase scheiden sie neben Honigtau auch Wachs aus und verankern sich damit relativ fest an den Nadeln.

Dadurch sind sie weniger anfällig bei starkem Wind oder Starkregen. Anders verhält es sich bei den frisch geschlüpften Larven der Sommergenerationen. Unter 15 °C werden die Bewegungen sehr träge, bei Temperaturen unter 10 °C sitzen sie unbeweglich auf den Nadeln und fallen bereits bei geringsten Erschütterungen von den Nadeln herab ((Hierholzer und Lüdge 1950/51; Göhre 1958). Wenig anfällig sind die unter der Wachswolle abgeschirmten Eier. Auch Temperaturen bis unter 0 °C können ihnen nichts anhaben.

Bei Temperaturen über 20 °C sind die Sommerläuse sehr aktiv (Hierholzer und Lüdge 1950/51).

Entscheidend für eine Massenvermehrung ist offensichtlich die Überlebensrate der 1. Generation von Sommerläusen. Untersuchungen zeigten, dass die Anzahl der Eier pro Gelege in jeder Folgegeneration abnimmt (Hierholzer und Lüdge 1950/51). Unterliegt die erste Generation einer hohen Mortalität, ist die Vermehrungspotenz deutlich reduziert und damit auch der zu erwartende Schaden an Douglasien.

Der Besatz der Nadeln wird stark von den Parametern Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung sowie dem physiologischen Zustand der Nadeln beeinflusst. Laut Teucher (1954) und Lyr (Göhre 1958) halten sich die Winterläuse vorwiegend auf den windabgewandten, regengeschützten Seiten auf, die Sommerläuse dagegen sind vorwiegend auf den sonnenexponierten Seiten zu finden. Hohe Luftfeuchtigkeit wirkt sich günstig aus, da sie die Saftfrische der Nadeln erhält.

Zudem wurde festgestellt, dass die Larven recht empfindlich auf eine Austrocknung der Nadeln reagieren, wie beispielsweise bei Trockenheit und folgender schlechter Wasserversorgung der Douglasien (Hierholzer und Lüdge 1950/51).

Warme Frühjahrstemperaturen können die Entwicklung der Winterläuse beschleunigen, niedrige Temperaturen im Frühsommer oder Frost dagegen führen zu Entwicklungsverzögerungen oder sogar Ausfällen (Kruel 1952).

Aber auch Frost, v.a. Spätfrost, kann an Sitka-Fichten durch Schädigung der Gallentriebe einen starken Einfluss nehmen.

Die Generation der Winterläuse hingegen ist relativ frostunempfindlich gegenüber normalen Wintertemperaturen. Länger währende feuchtkalte Bedingungen können aber auch hier zu Ausfällen führen.

(Parry 1978) stellte die Hypothese auf, dass die Reaktion überwinternder Läuse auf niedrige Temperaturen von der Physiologie des Wirtsbaumes abhängig ist.

Laut (Lyr 1958) wird zudem die Ausbildung von geflügelten Läusen durch Beschattung weitestgehend unterdrückt.

Zu den bedeutendsten nachgewiesenen Einflussfaktoren gehören offenbar die Klima- und Witterungsbedingungen während der einzelnen Entwicklungsstadien.

Dieses weisen u.a. die Untersuchungen von (Hierholzer und Lüdge 1950/51) in drei verschiedenen Beständen unterschiedlicher Höhenlage und damit auch abweichender Witterungsbedingungen nach. Es zeigte sich ein unterschiedlicher Entwicklungsbeginn bzw. Entwicklungsdauer, aber auch ein unterschiedliches Vermehrungspotential der einzelnen Generationen. Starker Wind und Regen, sowie Trockenstress der Douglasien führen zu einer Dezimierung der Populationen.

Milde Temperaturen bei gleichzeitig guter Wasserversorgung und damit „Saftfrische“ der Nadeln wirken sich dagegen gradationsbegünstigend aus.

Weitere Einflussfaktoren

Lyr (1958) beschreibt als beeinflussende Faktoren auf das Wolllausvorkommen an Douglasien auch die beiden Erreger von Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii* bzw. *Rhabdocline pseudotsugae*). Einerseits fehlt den von der Fichte anfliegenden Läusen durch nicht vorhandene, d.h. bereits geschüttete Nadeln oder sogar Nadeljahrgänge die Nahrungsgrundlage, v.a. wenn der Maitrieb noch nicht vorhanden ist, wobei die Mainadeln laut (Lyr 1958) von den Geflügelten nicht gern angenommen werden. Andererseits meiden Wollläuse bereits geschädigte Nadeln. Zudem vermuten (Hierholzer und Lüdge 1950/51), dass Winterläuse im Anholozyklus, die vorwiegend auf den Vorjahresnadeln überwintern, durch die Schütte, also den Nadelverlust, mit verloren gehen.

Mitchell und Paul (1974) stellen in Untersuchungen fest, dass Düngung mit Stickstoff sich wachstumsfördernd auf die Douglasien auswirkt und die Nadelfärbung nachweisbar verbessert. Dieses wiederum wirkt zwar reduzierend auf die Anzahl laubschädigender Insekten, Borkenkäfer und Rüsselkäfer. Andererseits hatte es im Versuch aber eine erhöhte Eiablage im ersten Jahr nach der Düngung und eine höhere Überlebensrate der Wollläuse im Vergleich mit ungedüngten Bäumen zur Folge.

Weiterhin können verschiedene Antagonisten, wie Marienkäfer (*Coccinellidae*), Schwebfliegen (*Syrphidae*) oder Florfliegen (*Chrysopidae*) limitierend wirken. Eine Massenvermehrung vermögen diese jedoch nicht einzudämmen, da hier die Koinzidenz von Wolllaus und Antagonisten entscheidend ist.

3 Waldschutzmeldewesen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz: Zahlen, Daten, Fakten

3.1 ERLÄUTERUNG DER DATENGRUNDLAGE

Um den Ursachen des in den letzten Jahren zunehmenden Vitalitätsverlustes der Douglasie im südwestdeutschen Raum auf die Spur zu kommen und eine zukunftsorientierte Bewertung, v.a. hinsichtlich des projizierten Klimawandels vornehmen zu können, wurden in einem ersten Schritt die an der Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) vorliegenden Daten des Waldschutzmeldewesens analysiert.

Aufgrund eines bestehenden Kooperationsvertrages mit der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) in Trippstadt standen zusätzlich zu den Daten aus Baden-Württemberg auch Daten aus Rheinland-Pfalz zur Verfügung.

Die Datengrundlage nachfolgender Auswertungen, Berechnungen und Handlungsentscheidungen bilden:

1. Die jährlichen Schädlingsmeldungen seit 1958 in Form einer Access-Datenbank
2. Daten aus der Forsteinrichtung und Standortskartierung zu den digital erfassten Beständen mit Anteilen an Douglasien-Bestockung
3. Die Baumarteneignungstabellen der ab 2009 als geschädigt gemeldeten Douglasien-Bestände der Landkreise Rastatt und Karlsruhe-Land

Seit 1969 gehen die Schadensmeldungen einmal jährlich zum 1. November bei der FVA ein (gesetzl. Grundlage PflSchG, aktuell vom 06.02.1012). In den Jahren davor wurde mehrmals pro Jahr gemeldet. Die von den Revierleitenden registrierten Schäden bzw. Schadorganismen werden an die jeweils zuständigen Unteren Forstbehörden (Baden-Württemberg) bzw. Forstämter (Rheinland-Pfalz) pro Baumart unter Angabe der Altersstufe, der Verteilung, des Schadgrades und der betroffenen Flächengröße gemeldet und dort aufsummiert. Von den Unteren Forstbehörden (46 in Baden-Württemberg) bzw. Forstämtern (45 in Rheinland-Pfalz) werden diese Angaben an die FVA weitergeleitet.

Für Baden-Württemberg liegen Meldungen zu Schadorganismen seit 1958 vor, für Rheinland-Pfalz seit 1959. Bis zum heutigen Zeitpunkt gab es in beiden Bundesländern mehrere Organisationsreformen, im Zuge derer sich die Gebietsgrenzen der Behörden verschoben haben. Um das Auftreten der verschiedenen Schadorganismen in den aktuellen Unteren Forstbehörden bzw. Forstämtern als Zeitreihen miteinander vergleichen zu können, wurden die Schadensmeldungen, die in Baden-

Württemberg vor 2005 und in Rheinland-Pfalz vor 2004 liegen, anteilig den gegenwärtigen Grenzverläufen der Territorialzuständigkeiten zugeordnet. Dabei wurden die Daten verschiedener vorliegender Datenbanken zusammengeführt und auf Plausibilität geprüft.

Die Änderungen betreffen aber nicht nur die Grenzverläufe der Territorialeinheiten, sondern auch die Formulare des Waldschutzmeldewesens.

Letztere wurden seit Beginn der Datenerhebungen mehrfach modifiziert und weiterentwickelt. Sofern diese Veränderungen Auswirkungen auf die Interpretation der nachfolgenden Darstellungen bzw. Ergebnisse haben können, wird nachfolgend darauf eingegangen und im Anschluss diskutiert. Bekannte, für dieses Projekt aber nicht relevante Änderungen, sind im Anhang zu finden (A1). Zum Verständnis werden die relevanten Änderungen kurz erläutert.

- a. Zu Beginn des Meldewesens (1958) gab es eine Unterteilung in vier Schadgrade mit nachfolgender Bedeutung:

Schadgrad 1 (SG1): „unbedeutender Befall“

Das Auftreten eines Schädlings ist sichtbar, aber aufgrund geringer Intensität forstwirtschaftlich irrelevant.

Schadgrad 2 (SG2): „wirtschaftlich fühlbare Schäden“

Der Waldbesitzer ist zum Abweichen vom geplanten Vorgehen gezwungen oder Maßnahmen wie das Auspflanzen von Bestandslücken oder vorzeitiger Einschlag nicht hiebsreifer Bäume werden nötig.

Schadgrad 3 (SG3): „bestandesbedrohende Schäden“

Hier kann das Betriebsziel der betroffenen Bestände nicht mehr erreicht werden, mit einer Auflösung der Bestände ist zu rechnen.

Schadgrad 4 (SG4): „alarmierender Neubefall“

Im Laufe des Jahres ist ein erheblicher Befall aufgetreten, der zuvor nicht beobachtet wurde.

(Definitionen nach Delb, Schlussbericht Modul Wald, 2013)

In Baden-Württemberg (BW) wurde ab dem Jahr 1973 - in Rheinland-Pfalz (RLP) ab dem Jahr 1980 - nur noch in Schadgrad 2 und 3 unterschieden (Datenbank der FVA, Abteilung Waldschutz, 2014).

Im Zuge einer weiteren Modifikation, für eine praxistaugliche Anpassung der Formulare, wurde auch die Douglasienwolllaus ab dem Jahre 1995 im Meldeformular nicht mehr aufgeführt. Es bestand jedoch jederzeit die Möglichkeit, nicht aufgeführte Schadorganismen selbstständig zu ergänzen. Auch die Altersstufe und die Verteilung der vorkommenden Schädlinge wurden grundsätzlich erst ab 1995 angegeben.

- b. In Rheinland-Pfalz wurden die Schädlingsmeldungen erst ab dem Jahr 1978 landesweit erfasst, zuvor meldeten nur einzelne Bezirke (Delb, 2013; Datenbank der FVA, Abteilung Waldschutz, 2014).

3.2 AUSWERTUNG DER SCHADENSMELDUNGEN

Um einen ersten Eindruck über das Ausmaß der Schädigung der an Douglasie auffällig gewordenen biotischen und abiotischen Schadfaktoren zu gewinnen, wurden die schadhaften Bestandes-Flächen in Form einer Zeitachse abgetragen (Abb. 3.2.1). Aus Gründen der Vergleichbarkeit und Übersichtlichkeit wurden die Schadgrade an dieser Stelle aufsummiert. Während bei der Douglasienwolllaus und der Douglasienschütte seit Beginn der Aufzeichnungen bis zum Jahr 1972 zwischen den Schadgraden 1 bis 3 unterschieden wurde, wurden alle weiteren Schadfaktoren nur in Schadgrad 2 oder 3 angegeben.

Da der Schadgrad 1 als sichtbarer, aber „unbedeutender Befall“ definiert wurde, wurden auf dieser Zeitachse von allen Schadfaktoren nur die Schadgrade 2 und 3 abgetragen (Schadgrad 4 wurde nur einmalig in Rheinland-Pfalz angegeben und wurde hier dazu addiert). Wäre der Schadgrad 1 in den Daten enthalten, wären die Angaben für die Wolllaus bis 1972 insgesamt dreieinhalbmal so hoch, für die Douglasienschütte dreimal so hoch.

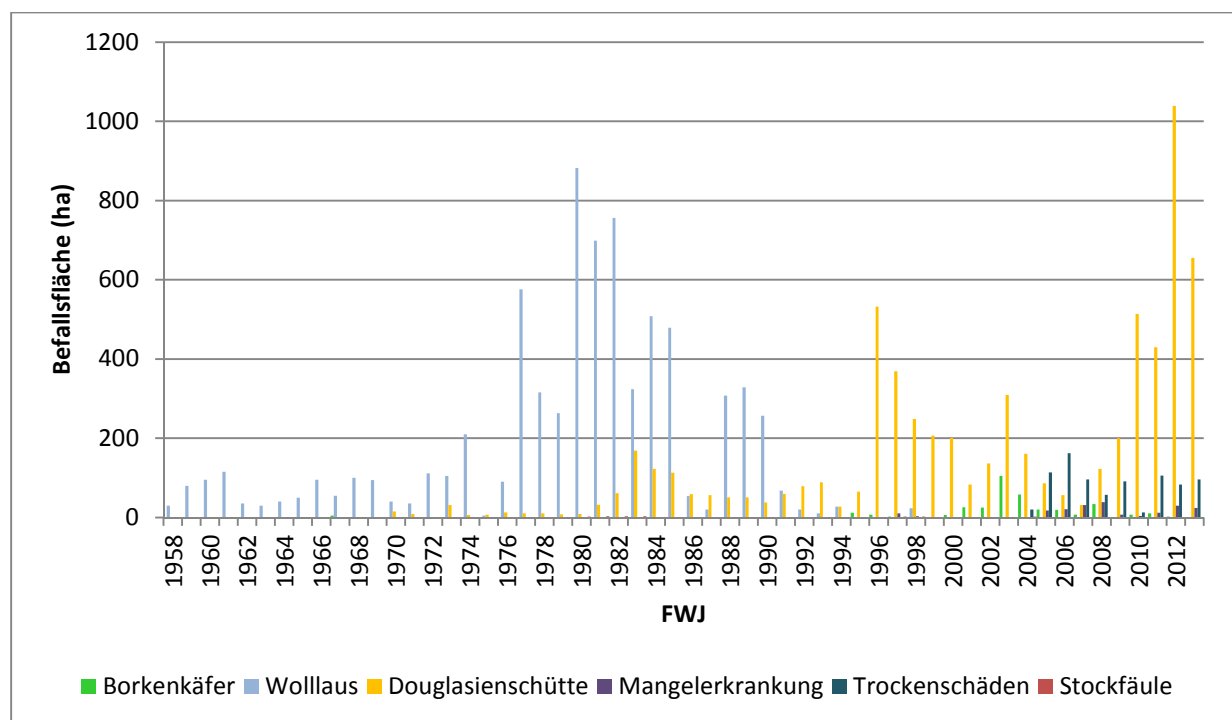


Abb. 3.2.1: Schadensmeldungen in Douglasien-Beständen für alle Schaderreger (Baden-Württemberg, 1958-2013)

Nachdem die Meldungen zur Douglasienwolllaus Höchstwerte in den 80er Jahren annahmen, wird die Wolllaus scheinbar von der Douglasienschütte abgelöst, die nach ersten höheren Werten im Jahr 1996 das bisher größte Schadausmaß 2012 erreicht. Der Verlauf der Schadensmeldungen in Rheinland-Pfalz ist ab 1978 (siehe Erläuterung oben) ähnlich dem von Baden-Württemberg, auch wenn die Größenordnung der Meldungen pro Jahr in Rheinland-Pfalz insgesamt geringer ist (Anhang 2).

Auffällig ist weiterhin ein erhöhter Befall der Douglasien durch Borkenkäfer im Jahr 2003 sowie vermehrte Trockenschäden ab dem Jahr 2005.

Innerhalb des letzten halben Jahrhunderts ist der Anteil an Douglasien in den Baden-Württembergischen Wäldern um mehr als das Dreifache gestiegen (Abb. 3.2.2 rechts). Um das tatsächliche Schadausmaß an Douglasien abschätzen zu können, wurden die maximalen Schadflächenangaben² pro Jahr (Abb. 3.2.1) - unabhängig vom Schaderreger - den Flächengrößen der Douglasien-Bestände gegenübergestellt (Abb. 3.2.2 links).

Da die Flächenanteile nur als 10-Jahresperioden vorliegen, wurde die Änderungsrate jeweils zweier aufeinanderfolgender Perioden durch 10 dividiert und diese Zahl jährlich in der Folgeperiode aufaddiert.

Für die erste Periode (1961-1970) wurde mangels fehlender Vorperiode für jedes Jahr der gleiche Wert angenommen.

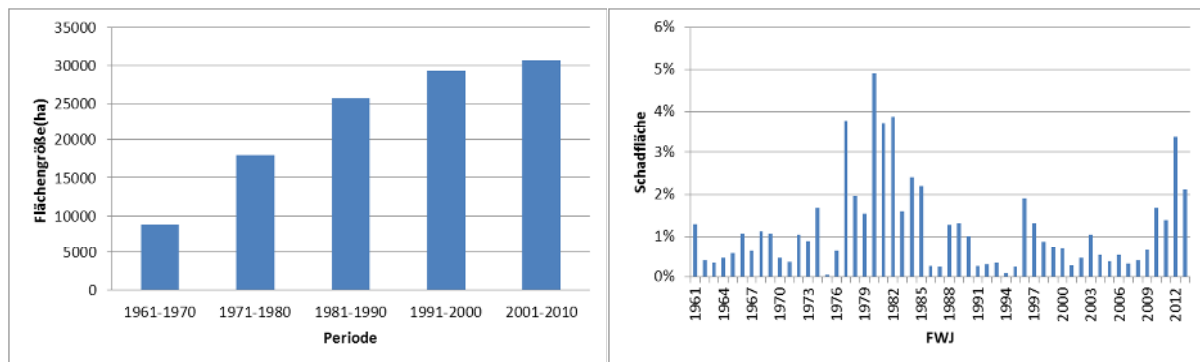


Abb. 3.2.2: Entwicklung der Douglasien-Anteile im öffentlichen Wald in Baden-Württemberg – 1961-2010 (links) und der Anteil der Anteil der geschädigten Douglasien-Flächen in BW – 1961-2012 (rechts)

Diese retrospektive Betrachtung (Abb. 3.2.1) zeigt zum einen, dass unter den biotischen Schadfaktoren nach wie vor den aus Nordamerika eingeschleppten Organismen im südwestdeutschen Raum die größte Bedeutung zukommt. Meldungen zu Borkenkäfern steigen im Trockenjahr 2003, Trockenschäden selbst werden erstmals im Jahr 2004 gemeldet. Da jedoch auch an anderen Baumarten Trockenschäden erstmalig 2003 gemeldet wurden, besteht die Möglichkeit, dass abiotische Faktoren erst später im Zuge einer Formwandel ergänzt wurden.

Zum anderen wird anhand des Diagramms (Abb. 3.2.2 rechts) deutlich, dass die Schadmeldungen in den 80er Jahren im Verhältnis zum Douglasien-Anteil in Baden-Württemberg bereits deutlich höher waren.

² Der Maximalwert wurde gewählt, da nicht bekannt ist, ob Meldungen zu verschiedenen Schadorganismen auch immer verschiedene Flächen betreffen

Eine mögliche Abhängigkeit des Auftretens der Schadorganismen von der Altersstruktur der Douglasien-Bestände in Baden-Württemberg seit 1961 wird nachfolgend überprüft. Dafür wurden die Schadmeldungen in einem 10-Jahres-Zeitraum aufsummiert (Abb. 3.2.3), um sie den vom RP Freiburg zur Verfügung gestellten Daten zur Altersklassenverteilung gegenüber stellen zu können (Abb. 3.2.4).

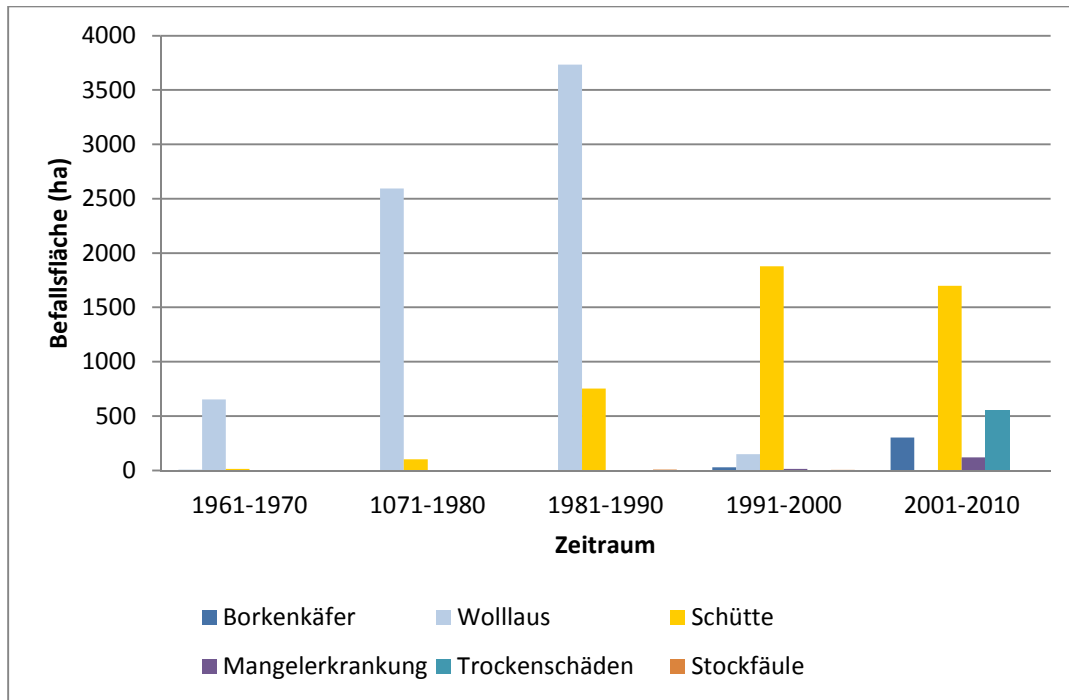


Abb. 3.2.3: Summe der Schadmeldungen in Douglasien-Beständen in BW (1961-2010) pro Schaderreger

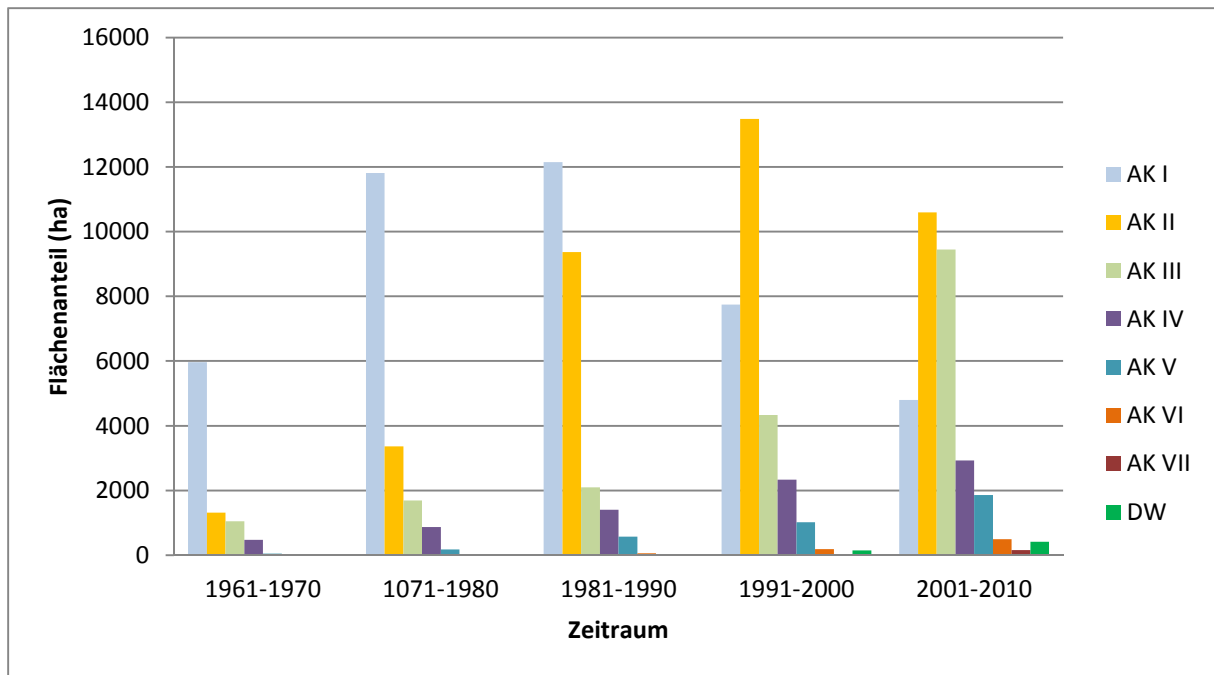


Abb. 3.2.4 Entwicklung der Altersklassenverteilung der Douglasie in Baden-Württemberg (1961 – 2010)

Mit dem vermehrten Anbau der Douglasie (AK1 = 1-20 Jahre)³ nehmen auch die Meldungen zur Douglasienwolllaus tendenziell zu. Mit zunehmendem Alter der Bestände (AK2 und AK3) nehmen die Meldungen zur Douglasienwolllaus dann stark ab und die Meldungen zur Douglasienschütte nehmen zu. Diese Betrachtung könnte den Schluss nach sich ziehen, dass die Douglasienwolllaus vorwiegend in Dickungen und Jungwuchs auftritt und Douglasien ab dem Stangenholzalter bzw. angehenden Douglasien-Baumholz vermehrt anfällig für *Phaeocryptopus gaeumanii* sind. Da die Douglasienwolllaus mehrfach an unterschiedlichen Altersklassen vom Dickungsalter bis zum Altholz (Kapitel 2.3) die Douglasienschütte dagegen vorwiegend an jungen Douglasien beschrieben wird (Kapitel 2.2), wurden die Ergebnisse nochmal geprüft, indem die gemeldeten Befallsflächen nach Altersstufen getrennt dargestellt wurden. Das Alter der Douglasien wird im Waldschutzmeldewesen nicht in konkreten Zahlen oder wie in der Bundeswaldinventur üblich in Altersklassen (je 20 Jahre) angegeben, sondern der jeweiligen Entwicklungsstufe (=Altersstufe, Anhang 3) zugeordnet, in der der Bestand sich befindet. Nachfolgend werden die seit 1995 vom Schütte-Pilz befallenen gemeldeten Flächen nach Entwicklungsstufen dargestellt. Vor dem Jahr 1995 wurden keine Angaben zu den Entwicklungsstufen gemacht (s.o.).

³ Eine Altersklasse (AK) umfasst 20 Jahre

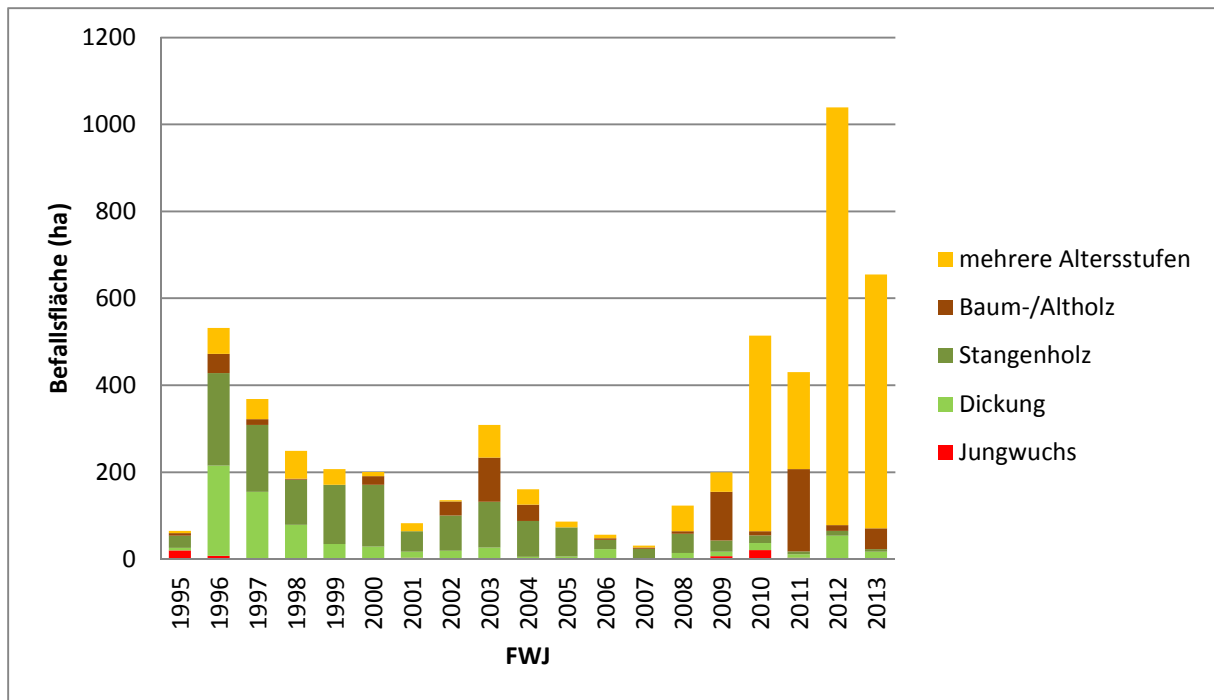


Abb. 3.2.5 Schadmeldungen zur Douglasienschütte in BW (1995-2013) nach Altersstufen

Laut Daten des Waldschutzmeldewesens tritt die Douglasienschütte in allen Altersstufen bzw. Entwicklungsstufen auf (Abb. 3.2.5).

Um zu prüfen, ob jüngere oder ältere Bestände stärker geschädigt werden, wurden die Daten aus Abb. 3.2.5 für den Zeitraum 1995 bis 2013 aufsummiert und nach Schadfläche pro Entwicklungsstufe, getrennt nach Schadgrad 2 und 3 abgebildet (Abb. 3.2.6).

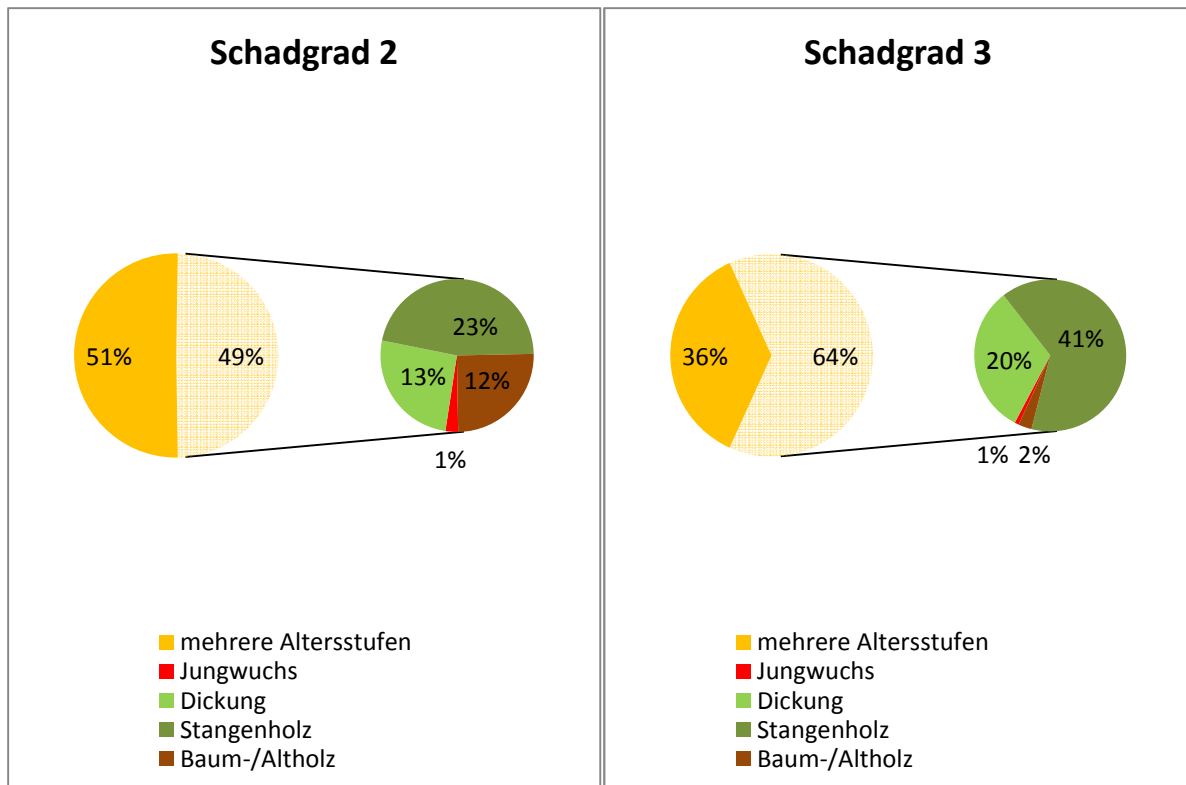


Abb. 3.2.6: Von Douglasienschütte betroffene Entwicklungsstufen: Schadgrad 2 (links) und Schadgrad 3 (rechts)

Die Angabe „mehrere Altersstufen“, tritt in den vergangenen Jahren im Waldschutzmeldewesen immer häufiger auf. Ursache dafür ist das Aufsummieren der Meldungen aus verschiedenen Revieren zu einem einzigen Wert je Untere Forstbehörde. Diese Angaben sind für eine Schadanalyse oder auch Prognosen zu pauschal und nicht verwertbar. Eine Abbildung der auswertbaren, detaillierten Angaben zeigt lediglich, dass alle Altersstufen befallen sind. Mehr als die Hälfte der gemeldeten Flächen im Schadgrad 3 betrifft junge Douglasien-Bestände im Dickungs- und Stangenholzalter (Abb. 3.2.6 rechts).

Neben der Douglasienschütte und der Wolllaus wurden weitere biotische und abiotische Schadfaktoren im Waldschutzmeldewesen registriert. Während die Douglasienschütte und Mangelkrankungen vorwiegend im Stangenholzalter auffällig waren, betreffen Stockfäule und Trockenschäden, sowie Befall durch Borkenkäfer hauptsächlich Douglasien im Baumholzalter (Abb. 3.2.7).

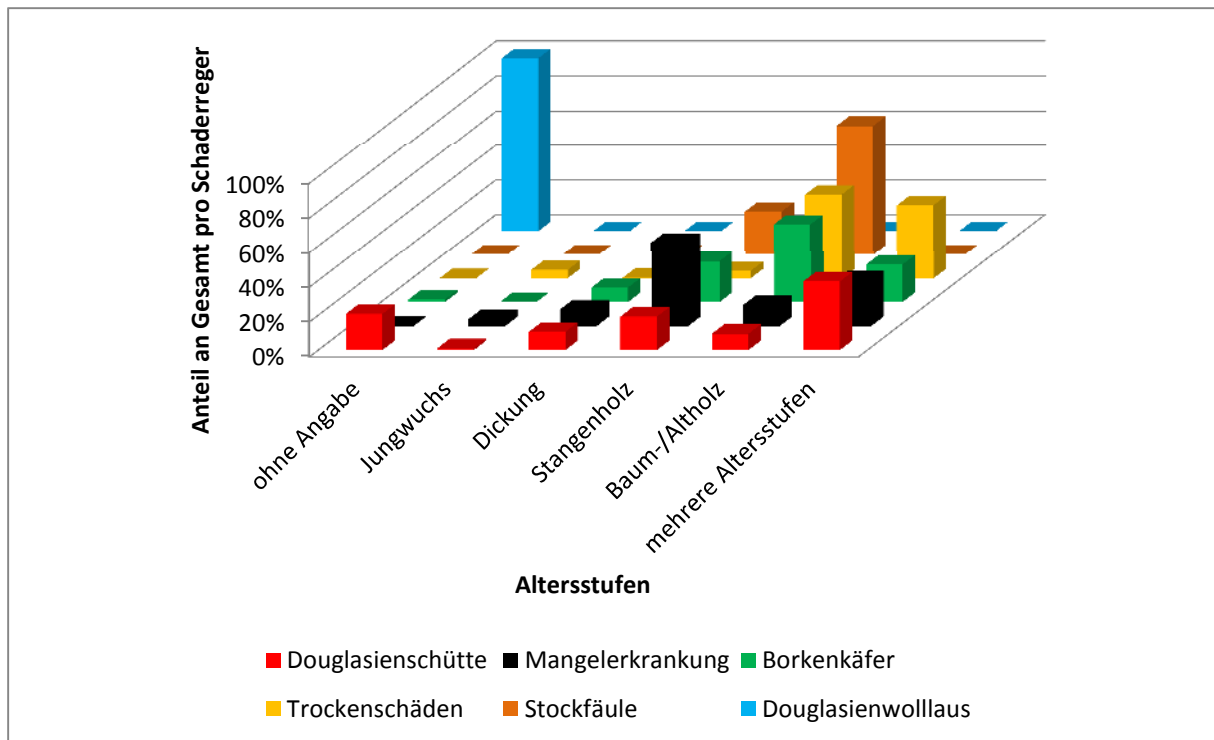


Abb. 3.2.7: Altersstufenverteilung in BW (1958-2013) -Anteil pro Schaderreger im Verhältnis zur jeweils verursachten Gesamt-Schadfläche

Da wie zuvor beschrieben, die Altersstufen in Baden-Württemberg erst ab 1995 registriert wurden, können die durch Wollläuse verursachten Schäden den Altersklassen nicht zugeordnet werden.

3.3 ANALYSE DER DATEN FÜR ANGEFALLENES HOLZ AUS ZUFÄLLIGER NUTZUNG IN VERBINDUNG MIT DEN DATEN DES WALDSCHUTZMELDEWESENS

Daten zum Holzeinschlag aufgrund abiotischer und biotischer Schäden liegen seit dem Jahr 1998 vor. In Tab. 3.3.1 wird dargestellt, wie hoch der durchschnittliche Anfall von Holz aus zufälliger Nutzung (ZN) ⁴ in Baden-Württemberg pro Hektar Douglasien-Fläche war (Daten aus ZN-Meldungen FVA, Flächenbezug s.o. Abb.3.2.2 links). Abgesehen von dem hohen Anteil Sturmholz in den Jahren 2000 und 2001, fällt durchschnittlich weniger als ein Erntefestmeter Douglasien-Holz pro Hektar Douglasien-Fläche an.

⁴ Holz aus zufälliger Nutzung ist Holz, das aufgrund außerplanmäßiger Ereignisse anfällt. Hierbei werden die Kategorien „Pilze“, „Insekten“, „Dürre“, „Sturm“, „Schneebruch/Eishang“ und „Immission“ unterschieden.

Tab. 3.3.1: Durchschnittlicher Anfall von Holz aus zufälliger Nutzung in BW (1998-2013)

Einschlagsjahr	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pilze	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insekten	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dürre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sturm	0,0	0,1	21,8	6,6	0,8	0,4	0,2	0,2	0,0	0,5	0,6	0,8	0,3	0,0	0,3	0,2

Auf die Landesfläche Baden-Württembergs bezogen, nahm der außerplanmäßige Einschlag (ZN) von Douglasien-Holz durch biotische und abiotische Faktoren, abgesehen von Sturmereignissen (Orkan Lothar 1999), durchschnittlich gesehen, kein besorgniserregendes Ausmaß an.

Durch Insekten und Dürre verursacht, kommt es in einzelnen Jahren dennoch zu leicht erhöhtem Anfall von ZN-Holz. In den nachfolgenden Abbildungen 3.3.1 bis 3.3.3 werden die Daten aus dem Waldschutzmeldewesen und der Statistik des ZN-Holzes gegenübergestellt. Es wurde überprüft, ob ein Anstieg der Schadensmeldungen der einzelnen gemeldeten Schadorganismen bzw. Schadfaktoren v.a. des Schadgrads 3 (bestandsbedrohend) zu einem erhöhten Anfall von ZN-Holz in den folgenden 1-2 Jahren führte.

Für Borkenkäfer boten sich im Trockenjahr 2003 äußerst günstige Entwicklungs- und Lebensbedingungen. In diesem Jahr kam es auch zu einem erhöhten Befall durch Borkenkäfer an Douglasien (laut Daten Waldschutzmeldewesen). Es folgt ein deutlicher Anstieg der außerplanmäßigen Nutzung in den Jahren 2004 bis 2007 (graue Fläche in Abb. 3.3.1).

Ebenso ist ein höherer Anfall von ZN-Holz durch in den Jahren 2001 und 2002 sichtbar. Möglicherweise ist die Ursache hier noch nicht aufgearbeitetes Sturmholz aus dem Jahr 1999 (Orkan Lothar) und einem Liegend-Befall durch Borkenkäfer, was eine Zuordnung in die falsche Kategorie des ZN-Holzes bedeuten würde (vgl. ³). Ein stärkerer Stehend-Befall von Douglasien durch Borkenkäfer im südwestdeutschen Raum ist bislang nicht bekannt.

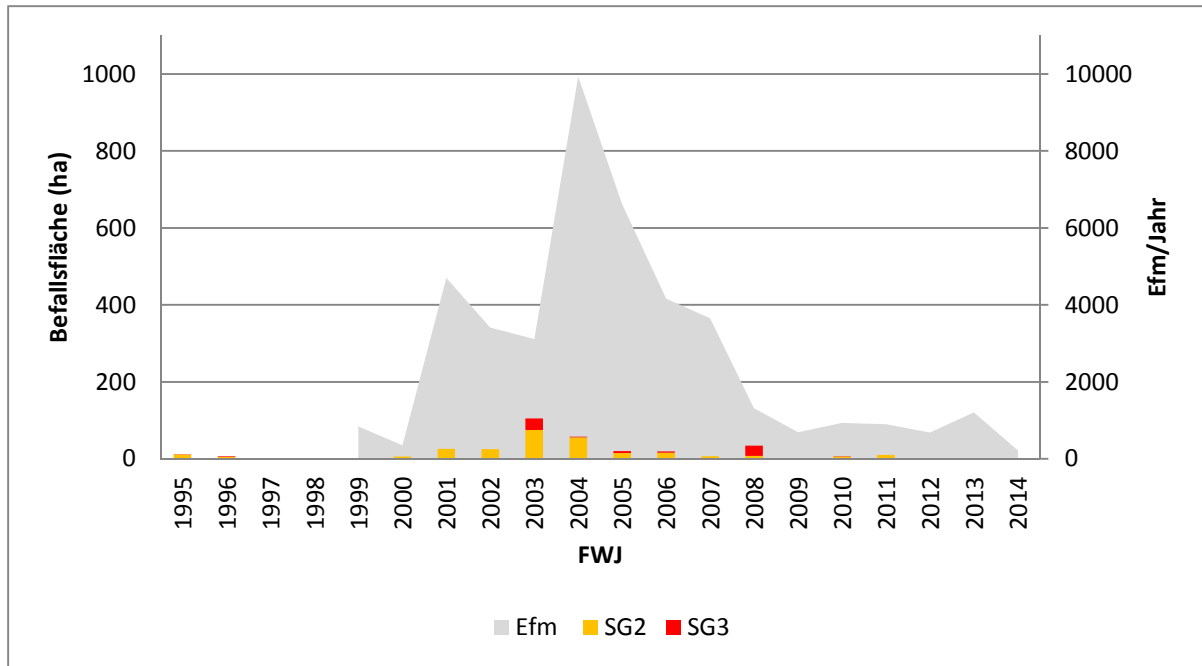


Abb. 3.3.1: Schadensmeldungen zu Borkenkäfer und Holz aus ZN durch Insektenbefall an Douglasie für BW (1995-2014)

Von einem unmittelbarem Zusammenhang zwischen den Schadensmeldungen zur „Douglasienschütte“ und dem angefallenen ZN-Holz der Kategorie „Pilze“ kann nicht ausgegangen werden (Abb. 3.3.2). Nach den erhöhten Meldezahlen zur Douglasienschütte im Jahr 2003 wird in den darauffolgenden Jahren durch Pilze verursacht mehr Douglasien-Holz eingeschlagen, während ab 2004 die Schadmeldungen wieder sinken. Schadmeldungen bilden das aktuelle Forstwirtschaftsjahr ab, während der Einschlag oft zeitverzögert nachwirkt. Ob aber tatsächlich Kausalität vorliegt, kann nicht sicher festgestellt werden, da die Kategorie „Pilze“ nicht weiter untergliedert wird (vgl. ³). Auch sonstiger Pilzbefall, wie z.B. durch Hallimasch oder Wurzelschwamm, wird dieser Kategorie zugeordnet. In den vergangenen Jahren wird häufiger Hallimasch an Douglasie beobachtet, auch wenn dieses im Waldschutzmeldewesen nicht gemeldet wurde.

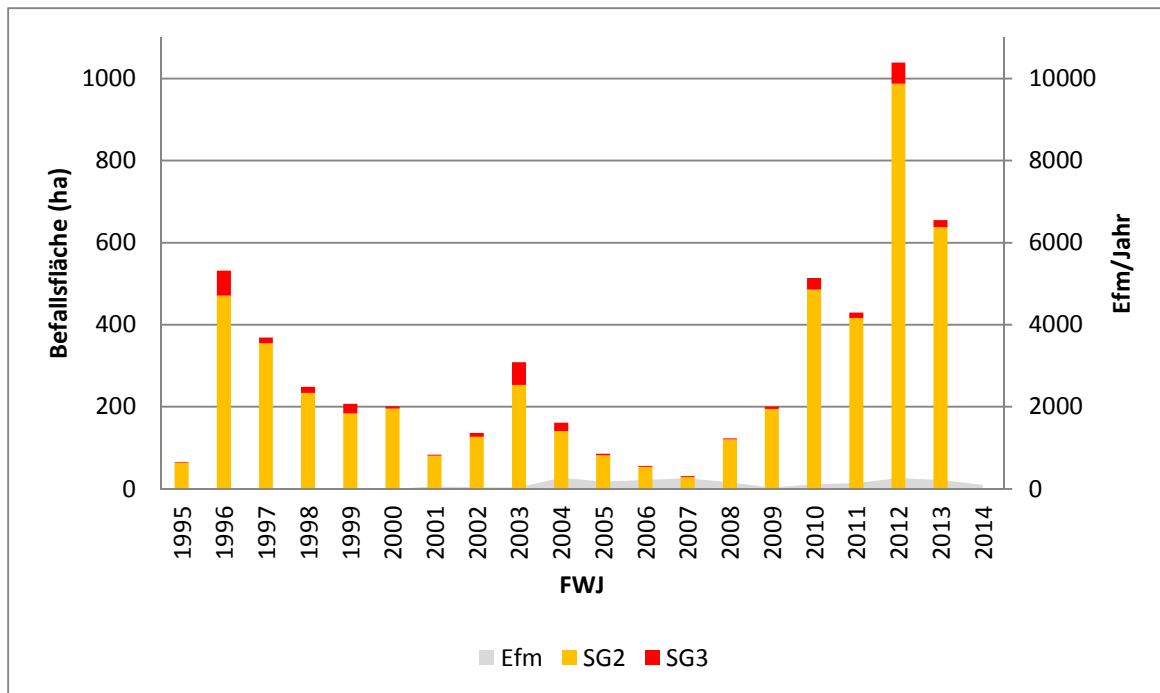


Abb. 3.3.2: Schadensmeldungen zu Douglasienschütte und Holz aus ZN durch Pilze an Douglasie in BW (1995-2014)

Die außerplanmäßige Nutzung von Douglasien-Holz, das durch Insektenbefall verursacht wurde, ist fast 40-mal höher als das durch Pilze verursachte ZN-Holz (vgl. Abb. 3.3.1 und Abb. 3.3.2).

Der heiße Sommer 2003 führte auch in Baden-Württemberg in einigen Landkreisen zu durch Trockenstress bedingten Ausfällen (Abb. 3.3.3). Laut der an der FVA eingegangenen Meldungen waren von den Douglasien-Beständen hauptsächlich die des Oberrheinischen Tieflandes betroffen. In den UFBn Breisgau-Hochschwarzwald, Emmendingen, Freiburg, Ortenaukreis und Rhein-Neckar-Kreis fiel im Jahr 2004 mengenmäßig das meiste ZN-Holz an.

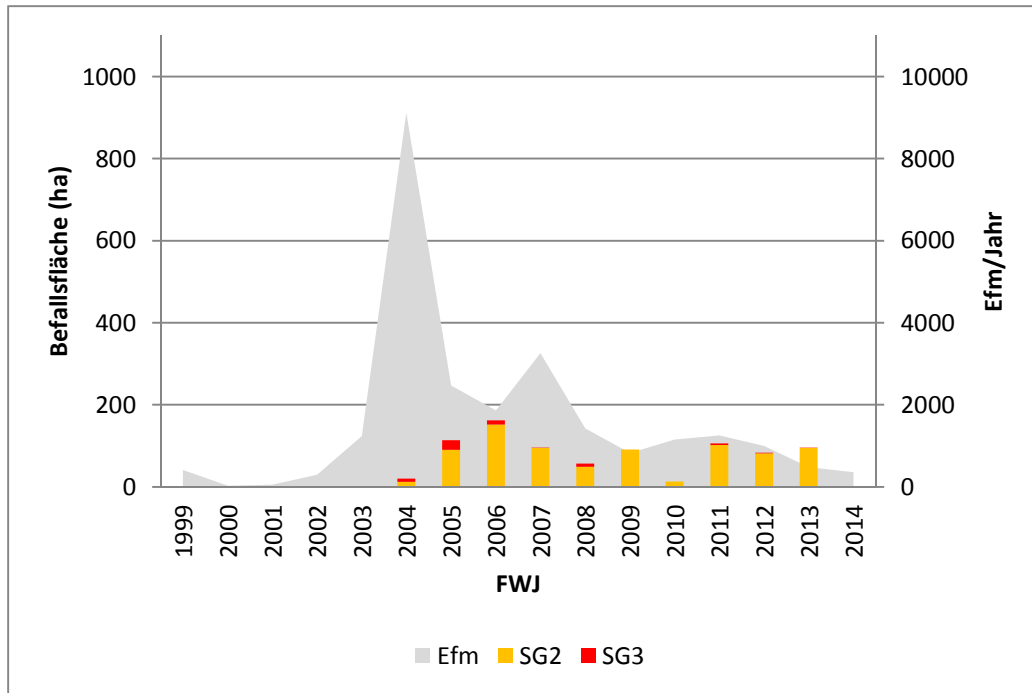


Abb. 3.3.3: Schadensmeldungen zu Trockenschäden und Holz aus ZN durch Dürre an Douglasie für BW (1999-2014)

Im Vergleich mit anderen Baumarten, wie beispielsweise Kiefer oder Buche, fällt der Anteil der gemeldeten Trockenschäden bei Douglasien in Baden-Württemberg insgesamt deutlich geringer aus (Abb. 3.3.4). Die Daten für die Gesamtfläche der einzelnen Baumarten wurden der Bundeswaldinventur 3 entnommen, die Daten zu den Trockenschäden aus dem Waldschutzmeldewesen.

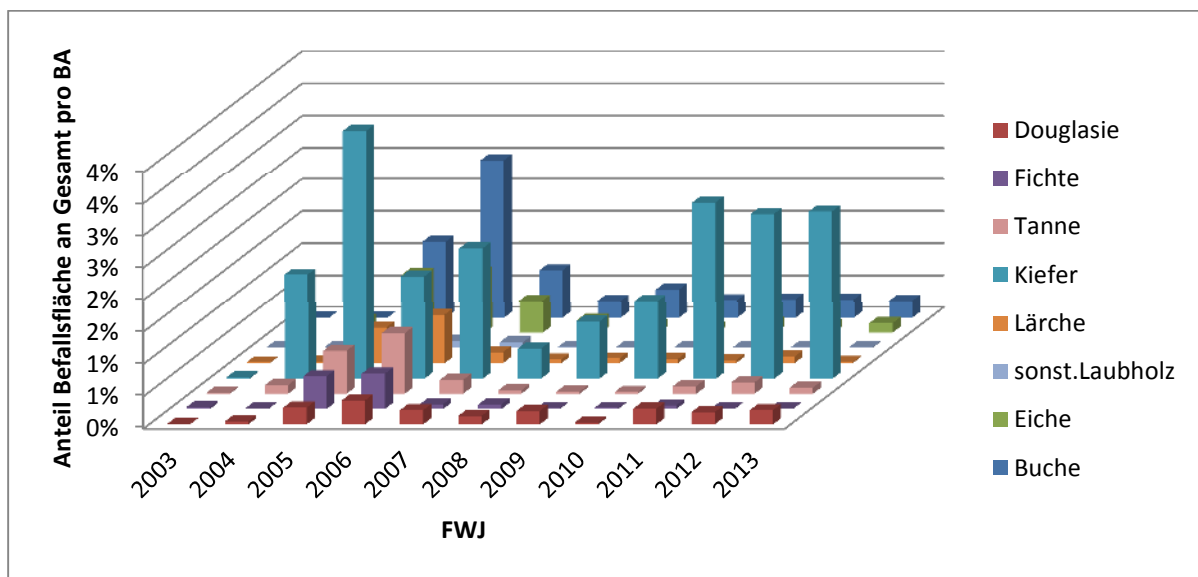


Abb. 3.3.4: gemeldete Schadfläche verursacht durch Trockenheit je Baumart pro Jahr im Verhältnis zur Gesamtfläche dieser Baumart

Hauptsächlich betroffen sind Douglasien-Bestände des Oberrheinischen Tieflandes in der planaren und kollinen und teilweise auch submontanen Stufe bei vorherrschendem atlantischem bis intermediärem Klima (Anhang 5). In Abbildung 3.3.5 wurden pro Schaderreger innerhalb der letzten 10 Jahre jeweils die fünf flächenanteilig am stärksten betroffenen Landkreise gekennzeichnet. Die Flächengröße bezieht sich jeweils auf den Maximalwert innerhalb dieses Zeitraumes.

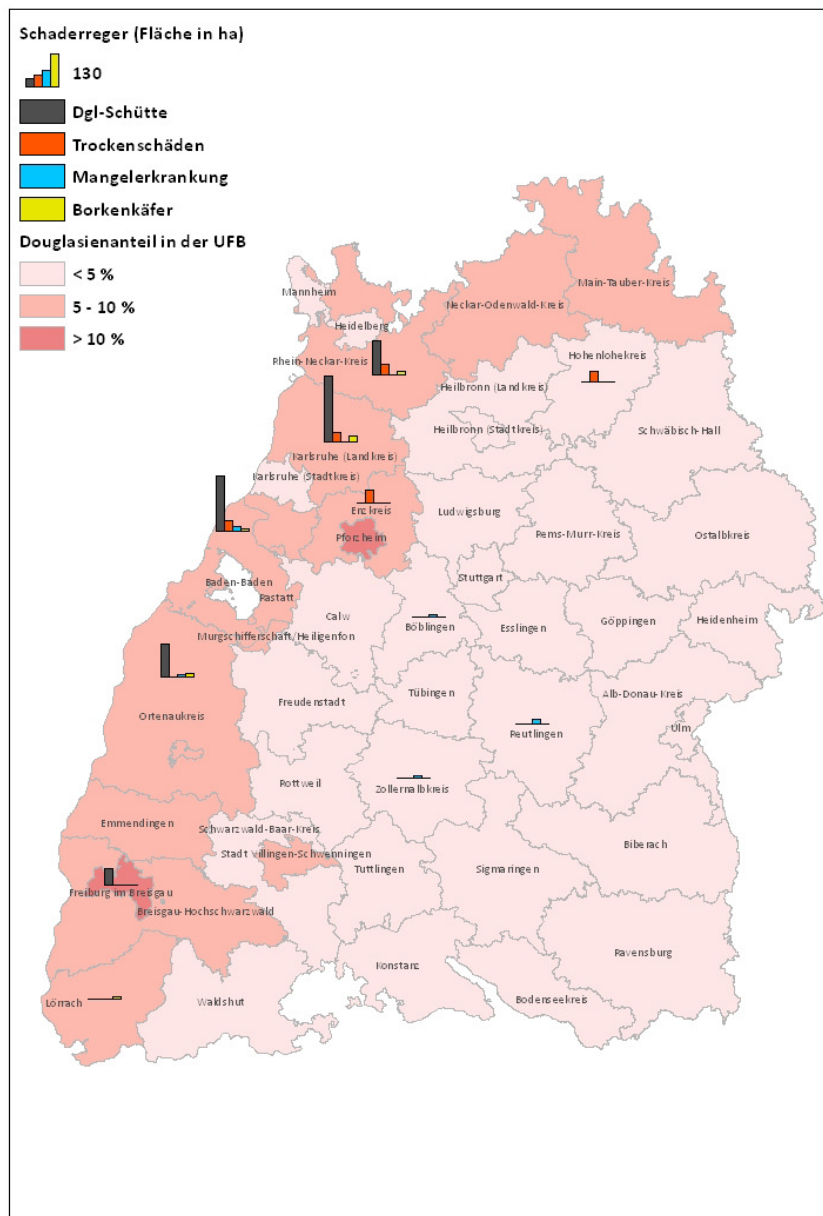


Abb. 3.3.5: Kennzeichnung der Landkreise, die innerhalb der letzten 10 Jahre die höchsten Schadmeldungen aufweisen (pro Schaderreger)

Da die letzten Meldungen zur Wolllaus mehr als 10 Jahre zurückliegen, wurden sie in obiger Abbildung nicht mit aufgeführt (Anhang 4).

4 Auswertung Fragebogen

4.1 ANLASS UND ZIEL DES FRAGEBOGENS

Wie im Kapitel 3.1 bereits beschrieben, gehen Schadmeldungen im Waldschutzmeldewesen auf Ebene der Unteren Forstbehörden (Baden-Württemberg) bzw. der Forstämter (Rheinland-Pfalz) ein. Für aussagekräftige Analysen ist es jedoch nötig, die genaue Lage der geschwächten Douglasien-Bestände zu kennen, um die dortigen standörtlichen Gegebenheiten einbeziehen zu können. Im Kontext mit den Standortparametern können dann die möglichen Ursachen für ein Vorkommen der gemeldeten Schaderreger beurteilt werden.

4.2 MATERIAL UND METHODEN

Im Fragebogen wurden Daten erhoben, die intervallskaliert sind. Grundsätzlich wäre die Anwendung einer induktiven Statistik möglich. Da sich im Zuge der Datenanalyse sowie mündlichen Nachfragen Unsicherheiten bezüglich des Zeitpunktes der Angaben ergeben haben, diese aber essentiell für eine Verschneidung mit Klimadaten sind, wurde hier lediglich eine deskriptive Statistik angewandt und die Daten unter Beachtung dieser Unsicherheiten interpretiert.

Vorgehen und Gründe für eine selektive Datenerhebung

Je nach Anzahl der betroffenen Teilflächen pro Revier nimmt das Ausfüllen der Fragebögen entsprechend Zeit in Anspruch und ist mit Kosten verbunden. Um die Erhebung rechtfertigen zu können, wurden auf Basis der an der FVA archivierten Schadmeldungen jeweils für Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz die zwei Unteren Forstbehörden (UFB) bzw. Forstämter (FA) gefiltert, deren Flächenanteil an geschädigten Douglasien im letzten Jahrzehnt sowohl absolut als auch anteilig (Schadflächenanteil an der gesamten Douglasien-Fläche) am höchsten war.

In Baden-Württemberg betraf das die Unteren Forstbehörden Rastatt und Karlsruhe Land und in Rheinland-Pfalz die Forstämter Wasgau und Bienwald.

An diese Behörden wurde ein speziell konzipierter Fragebogen (siehe Anhang 6) verschickt, mit der Bitte um Weiterleitung an die jeweiligen Revierleitenden, die im Zeitraum von 2009 bis 2013 Schäden an Douglasien-Beständen gemeldet hatten.

In Tab. 4.2.1 wurden die an die FVA Freiburg gemeldeten und archivierten Daten zu schadhaften Douglasien-Flächen (UFB bzw. FA) den revierbezogenen Rückmeldungen der Revierleitenden, die anhand des Fragebogens erhoben wurden, gegenübergestellt. Gelbe Markierungen geben an, dass

durch die Erhebung in der Summe mehr Schadflächen angegeben wurden als ursprünglich der Abteilung Waldschutz im entsprechenden Jahr gemeldet wurden. Orange unterlegte Zahlen geben die Flächengröße pro Jahr wieder, die zwar größtenteils den Revieren des Landkreises zugeordnet, deren genaue Lage im Revier selber aber nicht nachvollzogen werden konnte, was aber wiederum für die nachfolgende Auswertung der Daten grundlegend ist. Welche der angegebenen einzelnen Teilflächen an dem Zustandekommen der positiven Differenz, d.h. einer höheren Flächenangabe im Zuge der Erhebung mittels Fragebogen beteiligt waren, konnte nicht nachvollzogen werden. Dadurch konnte auch die Ursache für die höheren Werte nicht abschließend ermittelt werden.

Tab. 4.2.1: Gegenüberstellung der archivierten FVA-Daten und der Rückmeldungen des Fragebogens bezüglich geschädigter Douglasien-Flächen (hier nur Douglasienschütte)

	2009		2010		2011		2012		2013	
	SG2 (ha)	SG3 (ha)	SG2 (ha)	SG3 (ha)	SG2 (ha)	SG3 (ha)	SG2 (ha)	SG3 (ha)	SG2 (ha)	SG3 (ha)
Rastatt Meld FVA	110	5	115	20	189	12	201	11	211	10
Rückmeldung RL	144	5	155	10	203	10	222	10	233	11
Differenz_Meldungen	34	0	40	-10	14	-2	21	-1	22	1
Karlsruhe-Land Meld FVA	0	0	142	5	73	2	257	4	258	2
Rückmeldung RL	0	0	13	0	20	0	32	6	33	5
Differenz_Meldungen	0	0	-129	-5	-53	-2	-226	2	-226	3
Bienwald Meld FVA	1	0	13	0	3	0	155	0	35	0
Rückmeldung RL	1	0	1	0	1	0	16	3	14	
Differenz_Meldungen	0	0	-12	0	-2	0	-139	3	-21	0
Wasgau Meld FVA	3	20	85	0	68	0	117	31	63	0
Rückmeldung RL	27	0	27	0	27	0	38	13	41	
Differenz_Meldungen	24	-20	-58	0	-41	0	-79	-18	-22	0

Da die meisten Schadflächen im Landkreis Rastatt nachvollzogen werden konnten, lag der Fokus für standortsbezogene Auswertungen auch hier.

Für standortsunabhängige Auswertungen wurden die Angaben aller vier Forstbehörden einbezogen.

Auch wenn Unsicherheiten bezüglich der Zuordnung der Schäden zum entsprechenden Jahr bestehen, so kann doch mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die von den Revierleitenden angegebenen Flächen im Laufe der letzten 5 Jahre geschädigt waren. Deshalb wurde vorwiegend eine Auswertung der zeitunabhängigen Standortparameter vorgenommen.

Da der überwiegende Anteil der Angaben aus dem Landkreis Rastatt stammt, wurden die Klimadaten aus dem Revier Bietigheim herangezogen, da hier tagesgenaue Werte verfügbar waren. In Baden-Württemberg wurde die Douglasie zu fast 70 Prozent (Abb. 4.2.1 links) in submontanen und montanen Lagen angebaut. Mehr als drei Viertel der gemeldeten Schadflächen des Landkreises Rastatt befinden sich in der planaren und kollinen Höhenstufe (Abb. 4.2.1 rechts).

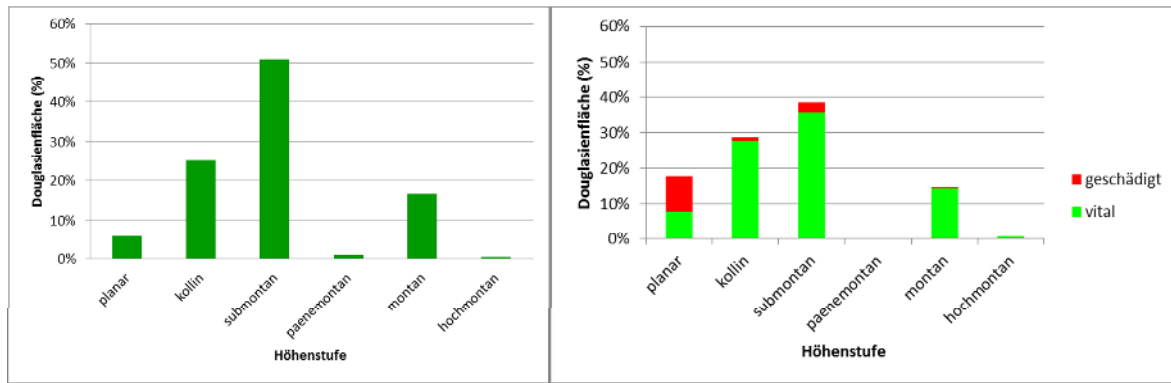


Abb. 4.2.1: Aktuelle Verteilung der Douglasien-Bestände in Baden-Württemberg (links) und im Landkreis Rastatt mit Darstellung der anteiligen Schad-Flächen (rechts)

4.3 ZUM INHALT UND ZWECK DES FRAGEBOGENS

Mit Hilfe des Fragebogens (Anhang 6) sollte einerseits die exakte Lage der Bestände in Südwestdeutschland, auf denen es in den letzten 5 Jahren zu stärkeren Vitalitätsverlusten kam, bestimmt werden, um sie mit den digitalen Daten der Standortkartierung (Datenbank der FVA, Abt. Waldschutz, 2014) abgleichen zu können. Aus diesem Grund wurden im Kopf des Fragebogens die präzisen Flächenkennzahlen abgefragt.

Andererseits diente er zur Identifizierung von möglichen biotischen und abiotischen Faktoren (abgesehen von den konkreten Standortparametern), die die Befallsbereitschaft der Douglasie durch Schadorganismen erhöhen bzw. den Vitalitätsverlust begünstigen (Teil I des Fragebogens).

Die einzelnen Fragen dienten folgendem Zweck:

- Die Gesamtgröße des Douglasien-Bestandes wurde abgefragt, um zu erfahren, ob jeweils der gesamte, zusammenhängende Douglasien-Bestand betroffen oder nur Teilflächen geschädigt sind.
- Der Vorbestand wird als möglicher Einflussfaktor für die Disposition der Douglasien für Schadorganismen (z.B. Hallimasch) erhoben, das Auftreten von Stammholzfäuleerregern nochmals in einer weiteren Frage.
- Da nordamerikanische Fichtenarten die Hauptwirte der Douglasienwolllaus (*Adelges cooleyi*) bei holozyklischer Generationsfolge sind, einerseits ein Wolllausvorkommen dadurch bestätigt werden kann, aber auch die Gefahr der Schädigung bzw. Entwertung angrenzender Fichtenbestände besteht, wurde ein Vorkommen dieser in der Nähe der Douglasien-Bestände ebenfalls erhoben.
- Bei stärkerem Befall durch die Douglasienwolllaus werden die Nadeln ebenfalls abgeworfen, allerdings ist die Wolllaus vom Boden aus in der Krone älterer Douglasien schwer zu identifizieren. Deshalb wurde erhoben, ob die Douglasienwolllaus den Revierleitenden grundsätzlich aufgefallen ist.

- Die Frage nach der Identifizierung der Rußigen Douglasenschütte im Baumholz zielt auf die beschriebene Verwechslungsmöglichkeit mit einem Befall durch die Douglasienwolllaus ab.
- Mangelnde oder verspätete waldbauliche Maßnahmen können mögliche begünstigende Faktoren der Rußigen Douglasenschütte sein.

Die Angaben aus Teil II dienen der Prüfung, ob die einzelnen Flächen einmalig oder mehrfach betroffen sind, wie stark der Bestand geschädigt ist und ob außer der Rußigen Douglasenschütte weitere Schadorganismen parallel aufgetreten sind. Weiterhin wird untersucht, ob das durch zufällige Nutzung angefallene Holz (siehe Kapitel 3.3) den im Bestand aufgetretenen Schadorganismen zuzuordnen ist (ggf. zeitverzögert).

In Teil III des Fragebogens werden standörtliche und waldbauliche Faktoren abgefragt, um bestehende Zusammenhänge mit einem Vitalitätsverlust der Douglasien zu identifizieren. In den digital vorliegenden Daten der Standortkartierung gibt es auch zu Teilflächen (kleinste Einheit in Revieren) häufig nochmals differenziertere Angaben. Wenn nicht die komplette Teilfläche mit Douglasien bestockt wurde, sondern nur teilweise, ist nicht bekannt, auf welcher dieser „Untereinheiten“ sich der Douglasien-Bestand befindet. Aus diesem Grund wurden die Standortparameter zusätzlich zu den Daten der Standortkartierung aus Sicht der Revierleitenden erhoben.

4.4 ERGEBNISSE

Phaeocryptopus gaeumannii und weitere Schaderreger

Auswertung der revierbezogenen Angaben

Im Waldschutzmeldewesen wurden von 2009 bis 2013 neben der Douglasenschütte auch Trockenschäden und Mangelkrankungen erfasst. Da von den Revierleitenden dazu lediglich 0,7 Hektar im Fragebogen angegeben wurden, wird im Folgenden nur die Douglasenschütte untersucht und ausgewertet.

Aufgrund von Douglasenschütte, aber auch bedingt durch Dürre fiel ab 2011 gelegentlich Holz aus zufälliger Nutzung an. Bezogen auf die gesamten, für die Unteren Forstbehörden Rastatt und Karlsruhe sowie das Forstamt Bienwald als schadhaft gemeldeten Douglasien-Flächen innerhalb der letzten fünf Jahre handelt es sich hierbei um weniger als 0,5 Erntefestmeter (Efm) pro Hektar. Für das Forstamt Wasgau wurde angegeben, dass Holz aus zufälliger Nutzung infolge der Douglasenschütte angefallen ist, jedoch ohne Größenangabe.

Der Anfall von ZN-Holz durch Dürre ist ein wichtiges Indiz, da auch Revierleitende im Fragebogen anmerkten, dass die Douglasien unter Trockenstress leiden und dass nicht sicher festgestellt werden konnte, ob einzelne Bäume aufgrund der Douglasenschütte oder durch Trockenstress absterben (UFB

Rastatt und Karlsruhe). Aufgrund der insgesamt geringen Menge an ZN-Holz in Zusammenhang mit der gemeldeten Douglasienschütte kann bislang nicht von einem Bestand bedrohenden Ausmaß ausgegangen werden, so dass mit einem Auflösen der Bestände zu rechnen wäre.

Rußige Douglasienschütte

Für die Rußige Douglasienschütte wurde zumeist ein flächiger Befall angegeben, ebenso wurde in der Mehrzahl der Fälle die gesamte Teilfläche der Bestandseinheit als schadhaft gemeldet, nicht nur partiell. Schäden traten auf den angegebenen Flächen häufig in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren auf (in etwa der Hälfte aller Fälle in allen 5 Jahren), oft in dergleichen Größenordnung. Seit 2009 ist insgesamt ein geringer Anstieg der Meldungen zu verzeichnen.

Die Beurteilung des Schaderregers wurde zu 94 Prozent auf Sicht vorgenommen, d.h. anhand einer sichtbar schütterten Krone. Lediglich auf sechs Prozent der Schadflächen wurden die Fruchtkörper definitiv gesichtet, dabei wurde bis auf einen Fall aber auch gleichzeitig die Douglasienwolllaus bemerkt. Die Bestände, in denen der Schüttepilz anhand von Fruchtkörpern identifiziert wurde, befanden sich im Dickungs- bzw. Stangenholzalter, aber nicht alle Bestände in diesem Alter wurden auf Fruchtkörper untersucht. Insgesamt befanden sich nur etwa ein Viertel der schadhaften Bestände im Dickungs- und Jungwuchsalter, so dass eine Sichtung der Nadeln im stehenden Bestand sich häufig als schwierig erweisen kann.

Wurzelfäulepilze

Plötzlicher Nadelverlust und äußerlich sichtbare Vitalitätseinbußen werden nicht nur allein durch Schüttepilze und Trockenstress verursacht. Auch Hallimasch und Wurzelschwamm sind typische Wurzelfäulepilze, die zu einem verringertem Höhenwachstum führen können. Nadelschütte kann ebenso durch einen stärkeren Befall von der Douglasienwolllaus verursacht werden.

Auf 20 Prozent der aktuell als geschädigt gemeldeten Douglasien-Flächen traten bereits Wurzelfäulepilze auf (Abb. 4.4.1). Meist wurde hier Hallimasch angegeben. In den Vorbeständen, in denen Wurzelpilze auftraten, wurde die Krause Glucke (*Sparassis crispa*) gefunden. Für einen Großteil der gemeldeten Douglasien-Flächen wurden Kiefern- bzw. Kiefer-Mischbestände als vorhergehende Bestockung angegeben.

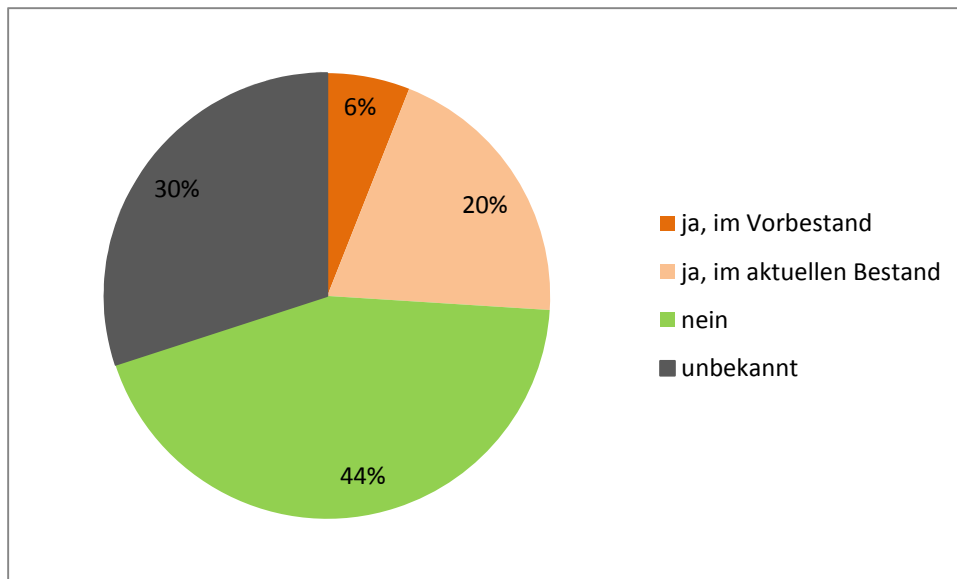


Abb. 4.4.1: Ergebnisse aus der Fragebogenerhebung zum Vorkommen von Wurzelfäulepilzen (n=50)

Douglasienwolllaus

Auf knapp einem Viertel der geschädigten Bestände wurde die Douglasienwolllaus gesichtet. In 19 Prozent der Fälle waren die Revierleitenden unsicher. Da jedoch auch von 2009 bis 2013 keine Schadmeldungen zur Wolllaus eingingen, wurde diese von den Revierleitenden vermutlich mit dem Nadelverlust in Zusammenhang gebracht.

Abgesehen von einer Meldung befinden sich keine nordamerikanischen Fichten-Arten in der Nähe der geschädigten Douglasien-Bestände. Grundsätzlich wäre bei einem Befall durch die Douglasienwolllaus von einem anholozyklischem Generationswechsel auszugehen, sofern diese nicht auf die Gemeine Fichte (*Picea abies*) ausweichen (siehe Kapitel 2.3)

Einfluss von Standortparametern und waldbaulichen Faktoren auf Schaderreger

Waldbau

Betroffen von der Douglasienschütte waren sowohl Bestände mit geringen Beimischungen von Douglasie (ab 15 Prozent) als auch Douglasien-Reinbestände. Weder die Mischungsform noch der prozentuale Anteil an Douglasien im Mischbestand scheint einen Einfluss auf den Vitalitätsverlust zu haben. ebenso verhält es sich beim Kronenschluss, der eine weite Spreitung aufweist. Eine abschließende Beurteilung des Einflusses muss aber unter Beachtung des jeweiligen Schaderregers erfolgen.

Nahezu alle geschädigten Douglasien-Bestände (über 95 Prozent) wurden künstlich eingebracht.

Von einer Begünstigung der Entwicklungsbedingungen des Schüttepilzes anhand von Durchforstungsrückständen ist nicht auszugehen, da fast alle Bestände innerhalb der letzten 5 bis 10 Jahre durchforstet wurden.

Die als schadhaft gemeldeten Bestände der Landkreise Rastatt und Karlsruhe sind zu 77 Prozent einschichtig, in Rheinland-Pfalz zu 100 Prozent.

Das Bestandsalter der Schadflächen aus der UFB Rastatt wurde in Form von Altersklassen abgebildet (Abb. 4.4.2). Diese Angaben decken sich mit den auswertbaren landesweiten Daten (Kapitel 3.2). Gut die Hälfte der Beobachtungen zur Douglasienschütte wurde in Beständen der Altersklasse 1 (1-20 Jahre) gemacht. Die übrige Hälfte bezieht sich auf die Altersklassen 2 und 3 (21-40 J. bzw. 41-60 J). In älteren Beständen (circa 40 Prozent der Douglasien in der UFB Rastatt) wurde die Douglasienschütte seit 2009 im Landkreis Rastatt nur selten beobachtet.

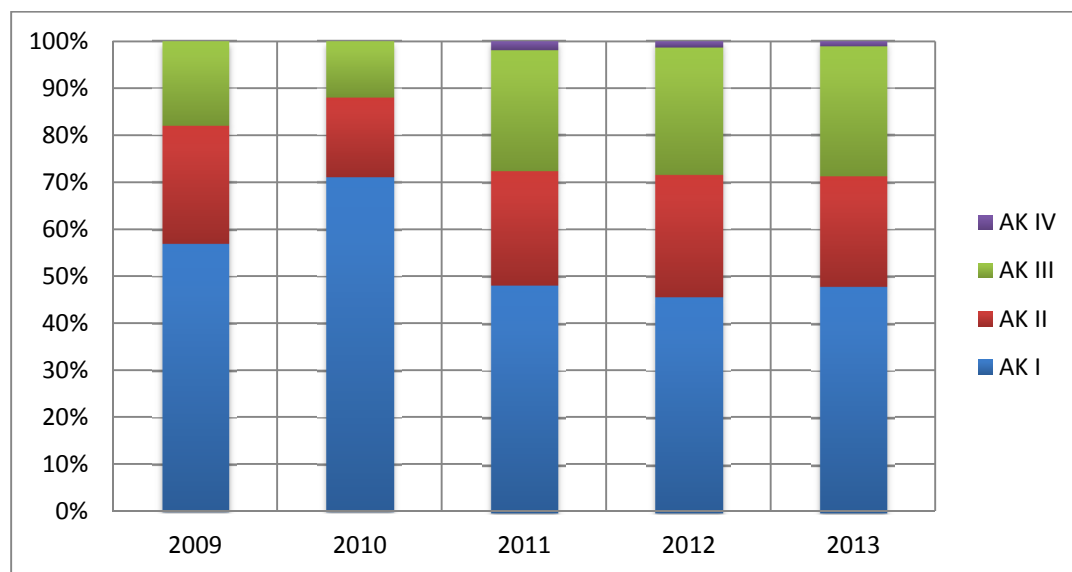


Abb. 4.4.2: von Douglasienschütte betroffene Altersklasse in der UFB Rastatt (2009-2013)

Prüfung der Baumarteneignung für gemeldete Standorte

Anhand der Angaben in den Daten der Standortkartierungen für Baden-Württemberg wurden die Standorte der gemeldeten schadhaften Douglasien-Flächen im Landkreis Rastatt auf Eignung für einen Douglasien-Anbau geprüft (Abb. 4.4.3).

Laut dieser Angaben wird die Konkurrenzkraft der Douglasien gegenüber anderen Baumarten auf den als schadhaft gemeldeten Beständen grundsätzlich als sehr hoch eingestuft, in einigen Fällen jedoch eher als durchschnittlich. Meist wird von einer durchschnittlichen Leistung ausgegangen, in einigen Fällen sogar von einer sehr hohen.

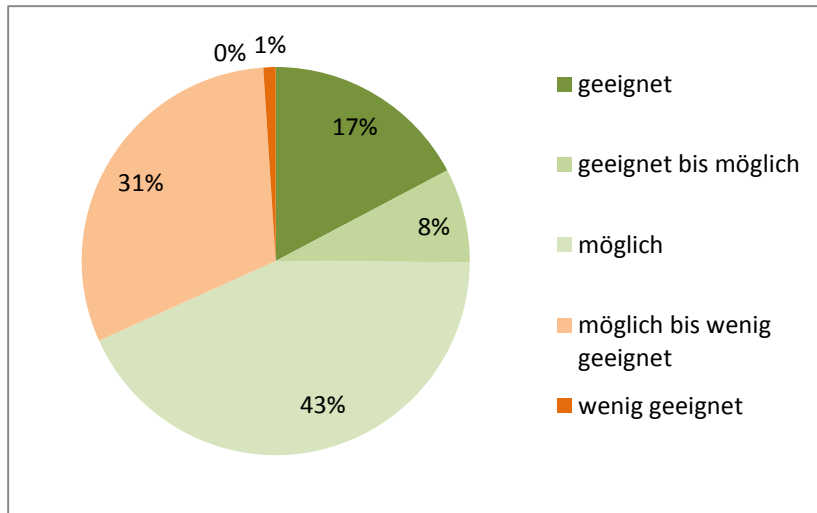


Abb. 4.4.3: Baumarteneignung der Douglasie auf den geschädigten Flächen (Eignung bezieht sich auf gesamte gemeldete Teilfläche ohne Bezug auf den Anteil der darauf stockenden Douglasie)

Boden und Wasserhaushalt

Die Standorte sind vorwiegend mäßig sauer.

Da die Wasserversorgung der Bäume einen hohen Stellenwert in Bezug auf die Vitalität einnimmt, wurden die Wasserhaushaltsstufen der von Douglasienschütte betroffenen Standorte der UFB Rastatt anhand der Forsteinrichtungsdaten herausgearbeitet. Nach Wasserhaushaltsstufen getrennt wurden die Anteile der geschädigten und vitalen Bestände miteinander verglichen (Anhang 7). Ein eindeutiger Zusammenhang war nicht erkennbar.

Die schadhafte Douglasien in Baden-Württemberg stocken meist auf sandigen Substraten. Eine gute Bodendurchlüftung, um den Ansprüchen der Douglasie gerecht zu werden, ist hier in der Regel gegeben, aber je nach Anteil der Feinmorphologie kann in Trockenperioden eine ausreichende Wasserversorgung bei geringem Wasserhaltevermögen unter Umständen nicht gewährleistet sein.

In Rheinland-Pfalz wurden als Bodentyp der geschädigten Bestände meist auch Sande angegeben bei mäßig frischer Wasserversorgung.

Einfluss von regionalem Klima, Klimatönung und Höhenstufe

In nachfolgenden Abbildungen wurden die Temperatur- und Niederschlagsdaten aus dem Revier Bietigheim ab 1990 abgebildet. Gelb markiert sind Witterungsbedingungen, die sich günstig auf eine Infektion durch den Schüttepilz (*Phaeocryptopus gaeumannii*) auswirken, die braun markierten begünstigen eine Entwicklung der Douglasienwolllaus (Abb. 4.4.5 und Abb. 4.4.4).

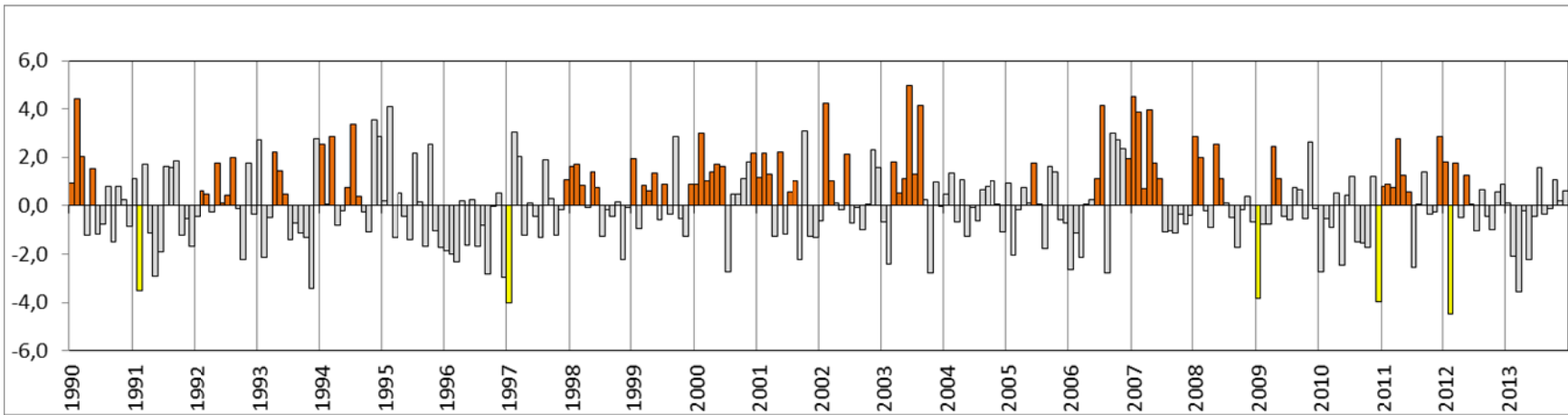


Abb. 4.4.5: Revier Bietigheim (1990-2013) - Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel

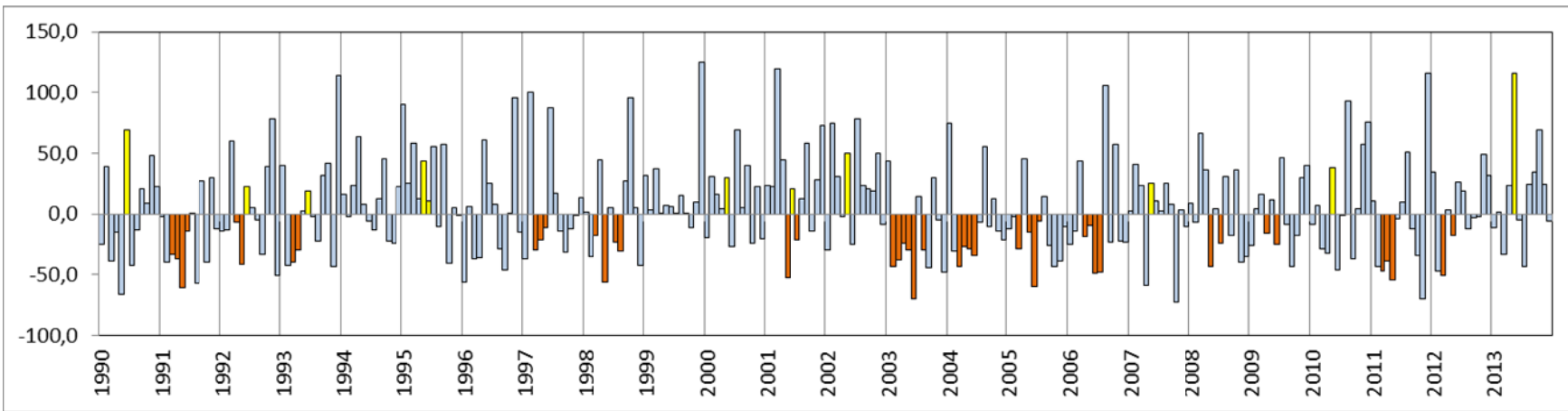


Abb. 4.4.4: Revier Bietigheim (1990-2013) - Niederschlagsabweichungen vom langjährigen Mittel

In den Jahren 2011 und 2012 war das Frühjahr überdurchschnittlich warm mit geringeren Niederschlägen. Nach dem Trockenjahr 2003 fielen in den folgenden drei Jahren ebenfalls deutlich weniger Niederschläge (Abb. 4.4.4) im Frühjahr und Sommer bei überdurchschnittlichen Temperaturen im Frühjahr (Abb. 4.4.5). Dennoch sind die Schäden in den vergangenen fünf Jahren landesweit um ein Vielfaches höher als nach dem Trockenjahr 2003. Diese Tatsache und auch jene, dass besser wasserversorgte Bestände ebenso betroffen sind, deuten darauf hin, dass nur ein mittelbarer Zusammenhang zwischen dem Vitalitätsverlust der Douglasien und den Witterungsbedingungen besteht. Vielmehr zeichnet sich ab, dass durch die Witterungskonstellationen der letzten Jahre verschiedenen Schadorganismen günstige Lebensbedingungen geboten wurden.

5 Ergebnisse der Stichprobenstudie

5.1 ANLASS DER STICHPROBENSTUDIE

Im Verlauf der Projektbearbeitung erhärteten sich die Hinweise auf weitere Schütte verursachende Organismen. Als begünstigend für die Entwicklung des Schüttepilzes *Phaeocryptopus gaeumannii* werden bestimmte Witterungskonstellationen beschrieben (Kap. 3.2). Eine retrospektive Betrachtung aller im Waldschutzmeldewesen erfassten Schadorganismen an der Douglasie sowie ein Abgleich von Meldungen zur Douglasienschütte aus der UFB Rastatt mit tagesgenauen Temperatur- und Niederschlagswerten ergab, dass für den Schüttepilz günstige Witterungskonstellationen nicht immer mit erhöhten Schadmeldungen zusammen trafen (Kap. 5.4). Die vorherrschenden Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt vermehrter Meldungen waren tendenziell sogar günstiger für andere Schadorganismen. Auch die Ergebnisse des Fragebogens sowie Daten aus Erhebungen der Bachelorarbeit von Keller (2014) sind Indizien dafür, dass neben dem Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* weitere Schadorganismen als ursächlich für eine Vitalitätsminderung zumindest in Betracht gezogen werden müssen. Beispielsweise im Oktober 2014 wurde bei einem Probebegang im Revier Iffezheim, UFB Rastatt, als wahrscheinliche Ursache für den Vitalitätsverlust an jungen Douglasien auf einer Teilfläche ein nicht korrekt ausgeführtes Pflanzverfahren sowie für einen Totalausfall einer im Vorjahr absolut vitalen Douglasie im Baumholzalter Hallimasch identifiziert (mdl. Metzler, Schäfer-Penzel (2014)). Da es in den vergangenen Jahren in der UFB Rastatt wiederholt zu Meldungen von durch Douglasienschütte betroffenen Beständen des Schadgrades 2 und 3 verschiedener Altersstufen kam, wurde in dem Revier Iffezheim eine Stichprobenuntersuchung durchgeführt.

5.2 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Durch den Abgleich von Zuwachsverlusten und örtlichen Klimadaten soll in einem ersten Schritt der Einfluss von Witterungsparametern geprüft werden.

Im Rahmen der Stichprobenuntersuchung sollen weitere biotische oder abiotische Einflussfaktoren identifiziert werden, so dass das Versuchsdesign möglicherweise erforderlicher Folgeuntersuchungen gezielt auf diese Faktoren ausgerichtet werden kann.

5.3 METHODIK

Aufgrund der begrenzten Projektzeit und um den Kostenaufwand zu minimieren, wurden hauptsächlich Douglasien der Altersklasse 1 (1 – 20 Jahre) in die Studie einbezogen. Der Vorteil lag darin, dass die Douglasien nicht gefällt bzw. nicht von Baumkletterern bestiegen werden mussten, sondern mit einer Astungssäge einzelne Triebe entnommen werden konnten.

In der Kalenderwoche 11(2015) wurden im Revier Iffezheim, UFB Rastatt, auf zwei Flächen, die bereits seit 2009 jährlich im Waldschutzmeldewesen unter der Rubrik „Douglasienschütte“ flächig mit Schadgrad 2 erfasst sind (Angaben Revierleiter laut Erhebung Fragebogen, Kap. 5.3), Untersuchungen durchgeführt.

Auf Fläche I (Revier-Kennziffer 1,3,d,1/0) wurden an sieben Douglasien (B1 bis B7) mit mittlerem bis starkem Vitalitätsverlust Zweigproben entnommen. Eine weitere abgängige Douglasie wurde ausgegraben. Trotz der theoretisch hohen Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten wird die Douglasie auf dieser Fläche zunehmend von den Mischbaumarten überwachsen.

Auf einer weiteren Bestandsfläche (Fläche II, Kennziffer 1,2,d,3) wurde eine Douglasie mit stärkerer Kronenverlichtung gefällt (D1), um die vollständige Krone zu untersuchen. In unmittelbarer Nähe fiel eine weitere Douglasie durch besonders unregelmäßigen Nadelverlust auf. Da die untere Krone mit der Astungssäge erreicht werden konnte, wurden auch von dieser Douglasie Proben entnommen (D2).

Pro Zweig wurden der Leittrieb (1.Ordnung) und wenn möglich zwei Triebe 2. Ordnung untersucht. Dabei wurde sich auf die letzten drei Nadeljahrgänge (2012 bis 2014) beschränkt. Es wurde jeweils die jährliche Triebblänge ermittelt. Zusätzlich wurden die vorhandenen Nadeln bzw. Nadeljahrgänge hinsichtlich biotischer Schäden beurteilt.

In Anlehnung an die Methodik der Waldschadenserhebung wurde der Nadelverlust pro Jahrgang sowie die Nadelverkrümmung und die Anzahl der durch Pilzfruchtkörper verschlossenen Stomata, bezogen auf die noch vorhandenen Nadeln (durchschnittlich pro Nadeljahrgang) in fünf Stufen erhoben (Tab. 5.3.1 a).

Zusätzlich wurden die Nadeln makroskopisch auf Pilzfruchtkörper untersucht. Hierbei wurden nur drei Stufen unterschieden (Tab. 5.3.1 b). Eine makroskopische Bewertung wurde zusätzlich vorgenommen, um die Größe der Pilzfruchtkörper und damit die Identifizierungsmöglichkeiten in der Praxis bewerten zu können.

Für die beprobten Bestände wurden zur Beurteilung die zur Verfügung stehenden standörtlichen Daten herangezogen.

Tab. 5.3.1: Abstufungen zur Beurteilung von Nadelverlust, Nadelverkrümmung und Fruchtkörperbesatz pro Jahrgang (a) und Abstufungen der makroskopischen Untersuchung der Nadeln (b)

a.)	
Stufe	Beschreibung
0	0-10 %
1	11-25 %
2	26-60 %
3	61-99 %
4	100%

b.)	
Stufe	Beschreibung
0	nicht sichtbar
1	schwach sichtbar
2	deutlich sichtbar

Weiterhin wurden die Nadeljahrgänge auf Spuren von Wollläusen und weiteren Schadorganismen bzw. deren Symptome untersucht. Hierbei wurde lediglich zwischen vorhanden (ja) und nicht vorhanden (nein) unterschieden, es sei denn, eines der Merkmale trat auffällig stark in Erscheinung.

Die erhobenen Daten wurden mit der Software SPSS, Excel und Access ausgewertet. Im Rahmen dieses Projektes konnten nur Verfahren der deskriptiven Statistik Anwendung finden.

5.4 STANDORTSBESCHREIBUNG

Auf der Fläche I handelt es sich um einen 12-jährigen Douglasien-Fichten-Kiefern-Buchen-Mischbestand, in den die Douglasie künstlich eingebracht wurde. Er stockt teils auf humosem, mäßig trockenem Sand bzw. Kiessand, teils auf tiefgründigem, mäßig frischem Sand. Lediglich auf einer kleinen Teilfläche ist freier Kalk im Boden zu finden. Der Schlussgrad des Bestandes variiert von licht bis gedrängt, die Mischungsart ist einschichtig und die Mischungsform trupp - bzw. reihenweise.

Laut Angaben der forstlichen Standortskartierung Baden-Württemberg zur Baumarteneignung ist auf etwa 90 Prozent dieser Teilfläche ein Douglasien-Anbau möglich. Auf der übrigen Fläche ist der Anbau zwar grundsätzlich möglich, die Douglasien sind hier aber weniger leistungsfähig.

Die Bodenverhältnisse und die Wasserversorgung der Untersuchungsfläche II entsprechen laut Daten der Standortskartierung denen der Fläche I. Es handelt sich um einen 34-jährigen Douglasien-Fichten-Buchen-Bestand. Die Douglasie wurde horstweise eingebracht. Der Bestand ist einschichtig, das Kronendach geschlossen. Auf dieser Teilfläche ist ein Douglasien-Anbau auf fast 70 Prozent der Fläche möglich, die übrige Fläche wird für den Anbau der Douglasie als „möglich bis weniger geeignet“ bewertet.

5.5 ERGEBNISSE FLÄCHE I

Um den Einfluss der Witterungsbedingungen von möglichen biotischen Schadfaktoren abzugrenzen, wurde das Zuwachsverhalten von Douglasie (Abb. 5.5.1) und Fichte (Abb. 5.5.2) miteinander verglichen.

Eine erste Beurteilung der Vitalität der Douglasien wurde rein optisch vorgenommen. Anhand dieser wurden die Douglasien in zwei Vitalitätsgruppen unterteilt. Einerseits in Douglasien mit mittlerem Vitalitätsverlust, dazu zählen die Bäume B1, B4 und B5 und andererseits in Douglasien mit starkem Vitalitätsverlust, hierzu gehören die Douglasien B2, B3, B6 und B7.

Die zum Vergleich vermessenen vier Fichten stocken ebenfalls auf der Fläche I. Sie waren vital und wiesen keinen Nadelverlust oder sonstige sichtbare Schäden biotischer oder abiotischer Art auf.

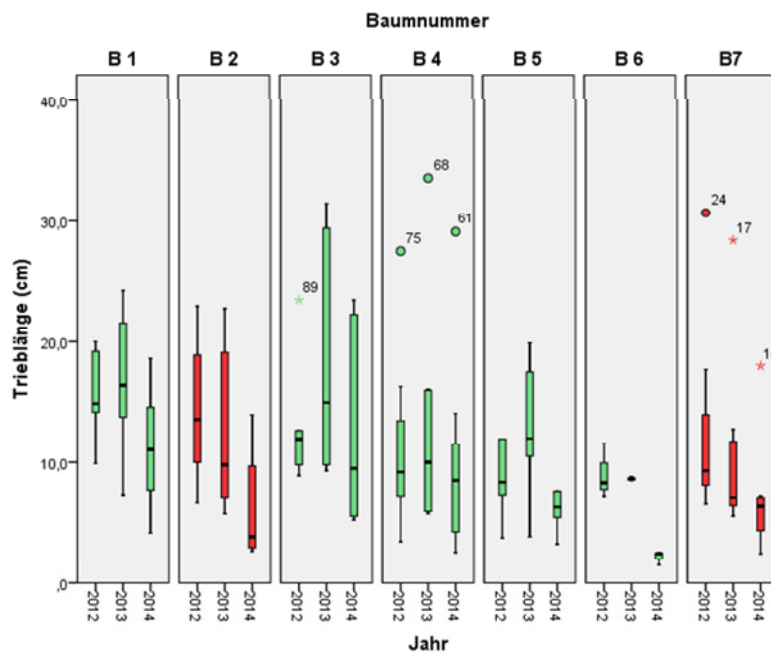


Abb. 5.5.1: Jährlicher Triebgrößenzuwachs an Douglasien, Revier Iffezheim, Fläche I (n=129)

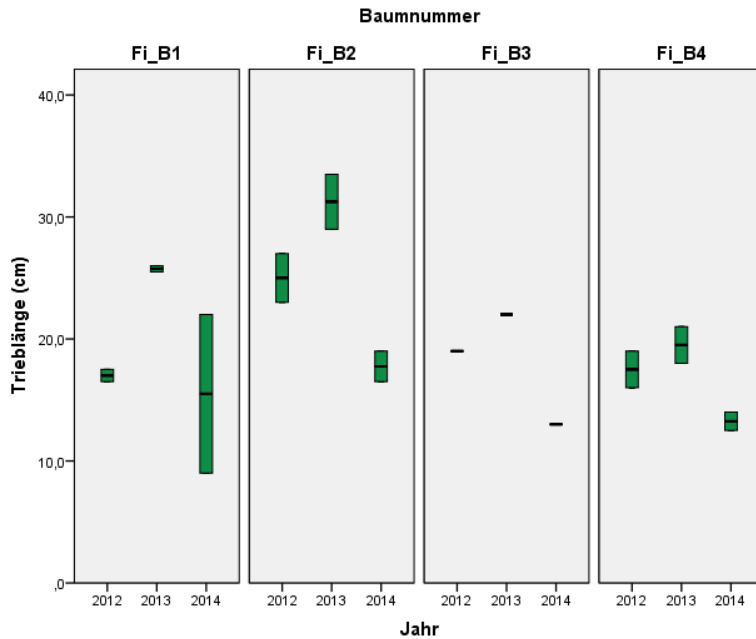


Abb. 5.5.2: Jährlicher Trieb­längen­zu­wachs an Fichten, Revier Iffezheim, Fläche I (n=21)

Beim Vergleich der Trieb­längen der Fichten (Abb. 5.5.2) der Jahre 2012 und 2013 ist im Jahr 2013 der höchste Zuwachs zu verzeichnen, wogegen im darauffolgenden Jahr 2014 der Trieb­längen­zu­wachs nur knapp die Hälfte des Vorjahres betrug. Die Klimadaten legen nahe, dass die Variation der Trieb­längen mit den vorherrschenden Witterungsbedingungen zusammenhängt. Während in allen drei Jahren im März die Niederschlagswerte unter dem langjährigen Mittel liegen, fällt 2012 und 2014 von April bis Juni deutlich weniger Niederschlag als im Jahr 2013. Ausgehend vom langjährigen Mittel fällt hier im Mai mehr als das Doppelte der Niederschlagsmenge (Abb. 5.5.3).

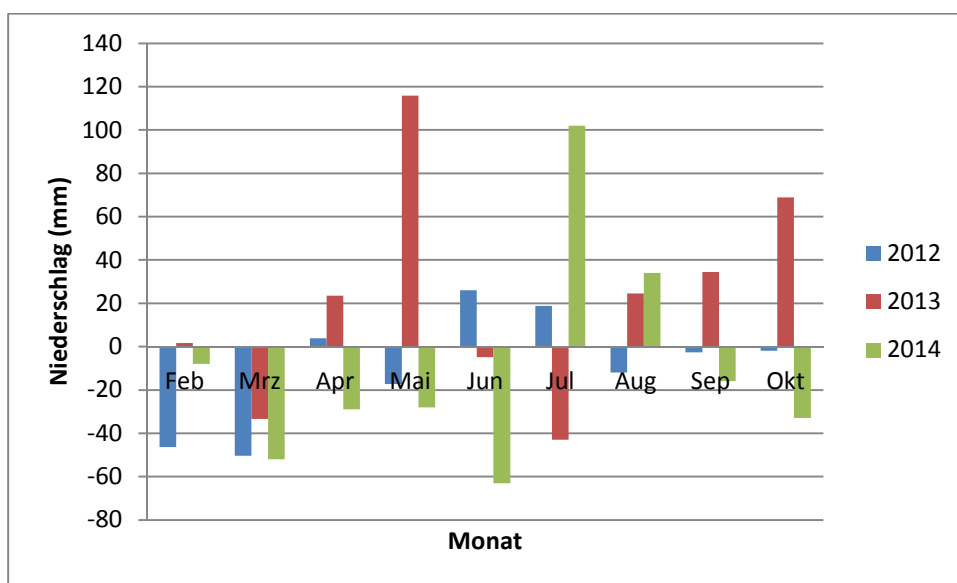


Abb. 5.5.3: Abweichung des Niederschlages vom langjährigen Mittel am Standort Iffezheim (2012-2014)

Gemessen an den langjährigen Mitteltemperaturen waren zudem in den Jahren 2012 und 2014 die Monate Februar bzw. März zu warm. Dagegen waren 2013 die Monate Februar, März und Mai überdurchschnittlich kalt (Abb. 5.5.4)

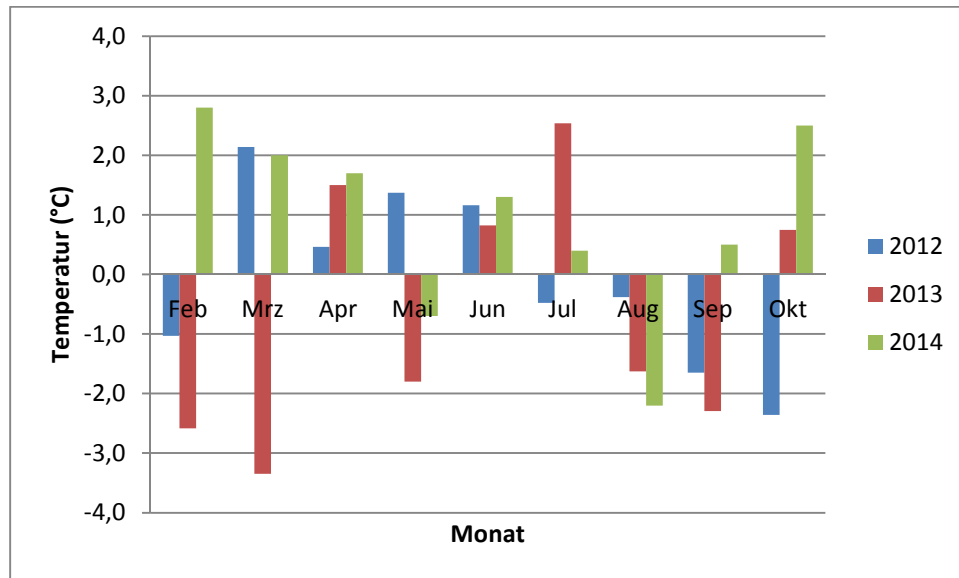


Abb. 5.5.4: Abweichung der Temperaturen vom langjährigen Mittel am Standort Iffezheim (2012-2014)

Alle untersuchten Douglasien der Fläche I weisen optisch einen Vitalitätsverlust auf. Bis auf zwei Ausnahmen (B2 und B7) aus der Gruppe der Douglasien mit starkem Vitalitätsverlust folgen alle anderen dem Zuwachsverlauf der vitalen Vergleichsfichten. Alle Douglasien haben maximal zwei vollständige Nadeljahrgänge pro Trieb. Lediglich die Douglasie B7 hat bis zu drei Nadeljahrgänge, obwohl sie zu den am stärksten geschwächten gehört.

An allen Douglasien konnte die Douglasien-Wolllaus in Form von Wachswolle, Exuvien und/oder Saugstellen nachgewiesen werden. Die Pilzfruchtkörper der „Rußige Douglasienschütte“ sind ebenfalls, sowohl mikroskopisch als auch makroskopisch, an allen untersuchten Bäumen zu finden.

Neben dem Schüttepilz und der Douglasienwolllaus wurden zwei weitere Pilze an den Zweigproben gefunden. Hierbei handelt es sich einerseits um *Sirococcus* (Abb. 5.5.5), der zu einem Absterben der Triebe führen kann bzw. hier in geringem Maße geführt hat.

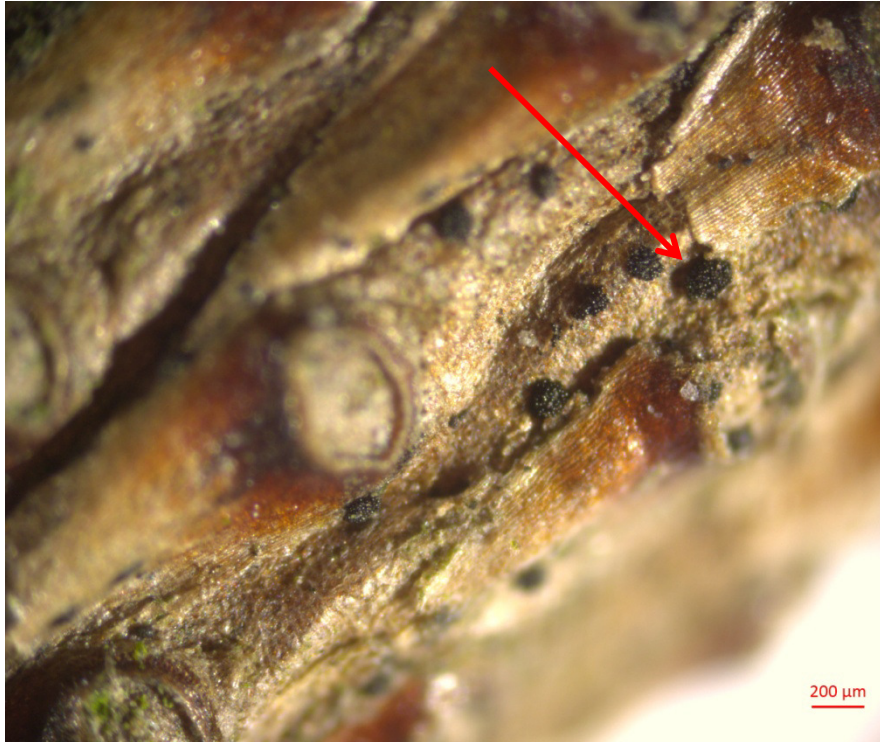


Abb. 5.5.5: Sirococcus an den Zweigproben (03/2015)

Andererseits wurde ein noch nicht abschließend bestimmter Vertreter der Klasse der *Coelomyceten* gefunden.

An der Douglasie B5 wurden Fraßspuren und Wundkallus-Bildungen festgestellt (Abb. 5.5.6). Der verursachende Schadorganismus konnte nicht abschließend bestimmt werden. Es wird jedoch von einem Vertreter der Rüsselkäfer (*Curculionidae*) ausgegangen.



Abb. 5.5.6: Fraßspuren (li und re) und Wundkallus-Bildungen (re) an Douglasie, Revier Iffezheim, Fläche I (03/2015)

Sehr häufig wurden Ei-Gelege gefunden, die Vertretern von Staubläusen (*Psocoptera*) zugeordnet werden konnten (Abb. 5.5.7).

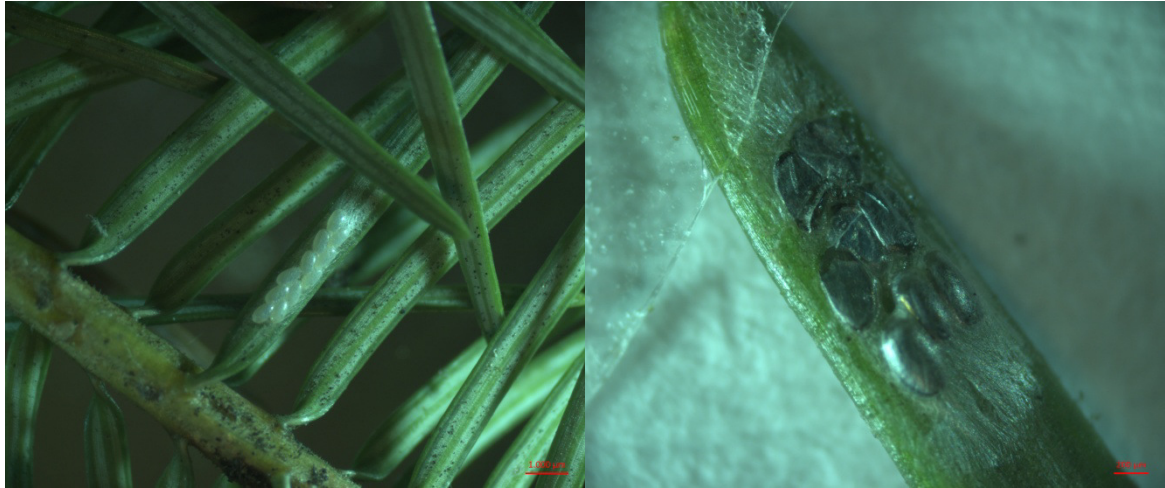


Abb. 5.5.7: Gelege von *Psocoptera*- ohne Parasitierung (links) und mit Parasitierung (rechts), Revier Iffezheim (03/2015)

Zum Teil wurden die Gelege von einer Zwergwespen-Art (*Mymaridae*) parasitiert (Abb. 5.5.7 rechts).



Abb. 5.5.8: Im Ei-Gelege von *Psocoptera* gefundene Zwergwespen-Art (Gelege-Fund 03/2015)

Ebenfalls auf der Fläche I wurde eine nahezu abgestorbene junge Douglasie ausgegraben, um sie näher zu untersuchen. Der Verlauf des jährlichen Trieblängenzuwachses entspricht dem der Douglasien B2 und B7. Am Stammfuß wurden Fruchtkörper des wurzelbürtigen Weißfäulepilzes *Heterobasidion annosum* s.l. festgestellt. Anhand der starken Deformierung der Wurzel - „Keulenartig“ mit L-förmig wachsender Hauptwurzel - wird von einer unsachgemäßen Pflanzung ausgegangen. Laut Angaben des Revierleiters wurden die Douglasien per Setzmaschine gepflanzt.



Abb. 5.5.9: Fruchtkörper des wurzelbürtigen Weißfäulepilzes *Heterobasidion annosum* s.l.(links) und Wurzeldeformierungen (rechts) an Douglasie im Revier Iffezheim, Fläche I (03/2015)

5.6 ERGEBNISSE FLÄCHE II

Die Beurteilung der Kronentransparenz der gefällten Douglasie (D1) zeigt einen stärkeren Nadelverlust im unteren Bereich der Krone, was für Schüttebefall symptomatisch ist (Abb. 5.6.1). Die stehend beprobte Nachbardouglasie (D2) weist deutlich mehr Nadeljahrgänge auf, wenngleich diese häufig sehr spärlich benadelt sind (Abb. 5.6.2).

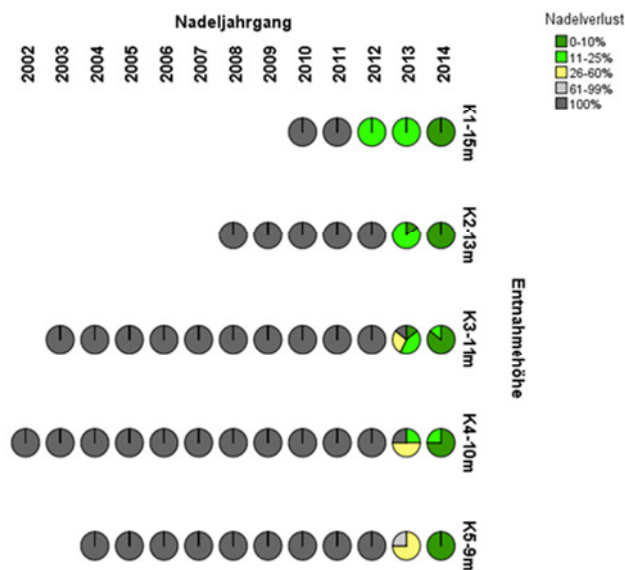


Abb. 5.6.1: Benadelungs-Prozent Douglasie 1 (Revier Iffezheim, Fläche II); n=208

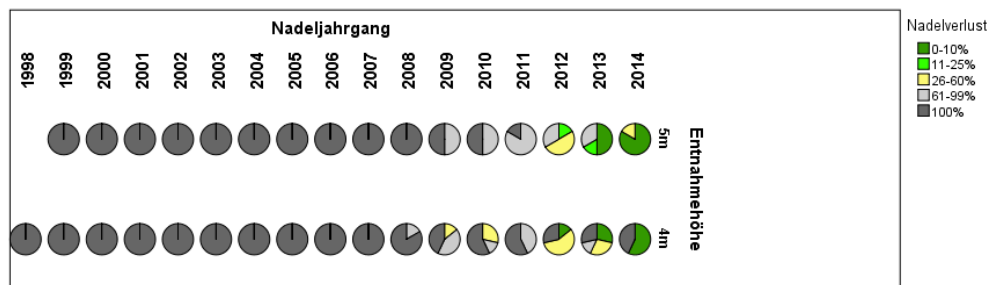


Abb. 5.6.2: Benadelungs-Prozent Douglasie 2 (Revier Iffezheim, Fläche II); n=152

Die Untersuchungen der Zweigproben für Baum D1 ergaben, dass nahezu alle Nadeln des Jahres 2014 in der Stufe 1 bis 2 mit Pilzfruchtkörpern der Rußigen Douglasienschütte besetzt waren, im Jahr 2013 in der Stufe 2 bis 3 (mikroskopische Erfassung, Tab. 5.3.1 a). Bei Douglasie D2 variierte der Besatz mit Fruchtkörpern stark von Jahr zu Jahr und auch unter den einzelnen Zweigproben. Im Wesentlichen waren die letzten drei Jahrgänge betroffen, die älteren, noch vorhandenen Nadeln waren fast alle frei von Fruchtkörpern.

Hinweise auf die Wolllaus fanden sich auf jeder Entnahmehöhe der gefälltten Douglasie, zahlreiche Läuse bzw. Exuvien fanden sich jedoch auf dem zweiten Baum (D2). Auffällig war zudem, dass die Nadeln 2011 und 2014 häufig deutlich kleiner waren.

Weiterhin wurden auf beiden Douglasien Gelege von Staubläusen gefunden. Auf der Douglasie D1 konnte *Sirroccus* auf den Trieben der Jahre 2009 bis 2012 nachgewiesen werden.

Während an Douglasie 1 die anhand der Triebblängenmessungen nachvollziehbaren Vitalitätseinbußen erst im Jahr 2005 stärker sichtbar werden, treten Vitalitätsverluste bei Douglasie 2 bereits im Jahr 1999 ein (Abb. 5.6.3 und Abb. 5.6.4).

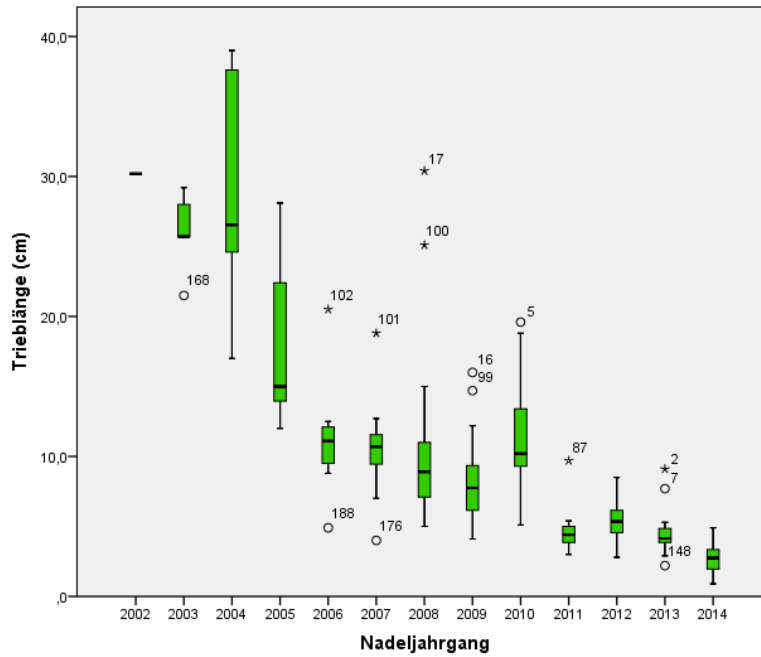


Abb. 5.6.3: Jährlicher Trieb­längen­zu­wachs Douglasie 1 (Revier Iffezheim, Fläche II); n=24 (208)

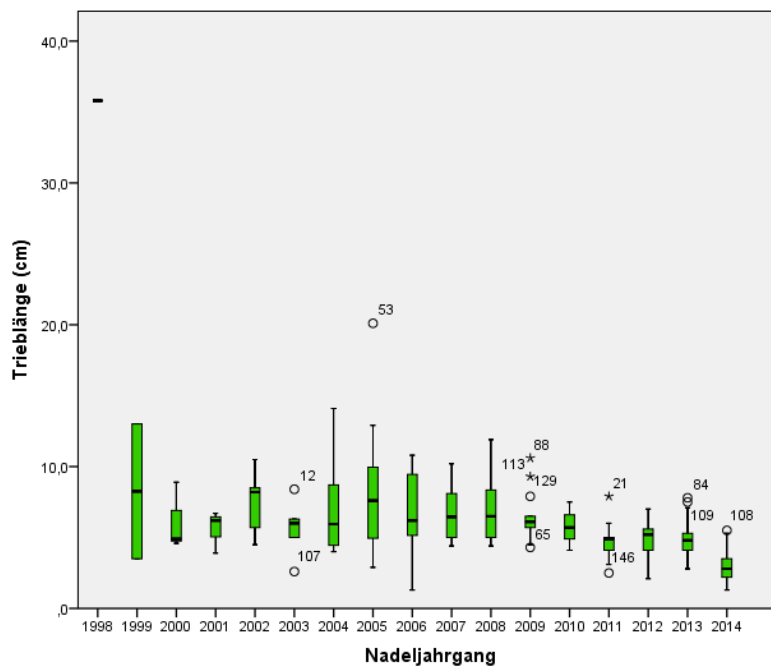


Abb. 5.6.4: Jährlicher Trieb­längen­zu­wachs Douglasie 2 (Revier Iffezheim, Fläche II); n=24 (152)

Beim Abgleich mit den Niederschlagsdaten zeigte sich, dass im Jahr 1999 die Wasserversorgung in der Vegetationsperiode, abgesehen vom April, tendenziell besser ist als 1998 (vgl. Abb. 5.6.5). Im Frühjahr war es in beiden Jahren deutlich wärmer, wohingegen die Sommer etwas kühler als im lang­jäh­ri­gen Mittel ausfielen.

Werden lediglich die klimatischen Bedingungen unter Ausschluss weiterer Störfaktoren betrachtet, müsste hier tendenziell eher von einem „Zuwachsgewinn“ als von einem „Zuwachsverlust“ ausgegangen werden.

Trotz des sogenannten Trockenjahres 2003, das durch deutlich geringere Niederschläge sowie überdurchschnittlich hohe Sommertemperaturen gekennzeichnet war, reagierten beide Bäume 2004 im Vergleich mit dem Vorjahr nicht mit Zuwachseinbußen (vgl. Abb. 5.6.5 und Abb. 5.6.6)

An Douglasie D1 tritt 2005 ein Schadereignis ein. Die Witterungskonstellation 2004/2005 ist ähnlich der oben beschriebenen aus den Jahren 1998/1999. Während Douglasie 2 im Jahr 2005 mit einem, wenn auch geringen Triebblängenzuwachs im Vergleich zu 2004 reagiert, ist an der Douglasie D1 ein deutlicher Zuwachsverlust erkennbar. Ob für die verkürzte Trieblänge das Trockenjahr 2003 ursächlich ist, kann nicht abschließend geklärt werden. Es ist auch nicht auszuschließen, dass die Nadeln, v.a. bei Besatz mit Fruchtkörpern des Schüttepilzes, durch die länger währende Frostperiode (bis zu $-14,3^{\circ}\text{C}$) geschädigt wurden.

Für die Douglasienwolllaus bot das Jahr 2004 günstige Entwicklungsbedingungen, für den Schüttepilz der Winter 2004/05 (Tab. 5.6.1).

Abschließend kann vermerkt werden, dass sich beide Douglasien ab dem eingetretenen Schadereignis (Baum 1 im Jahr 2005, Baum 2 im Jahr 1999) in den Folgejahren, abgesehen von kleinen Abweichungen, in einer Wachstumsdepression befinden. Eine deutliche Reaktion auf wachstumsfördernde Witterungsbedingungen ist bei den beiden untersuchten Douglasien nicht erkennbar.

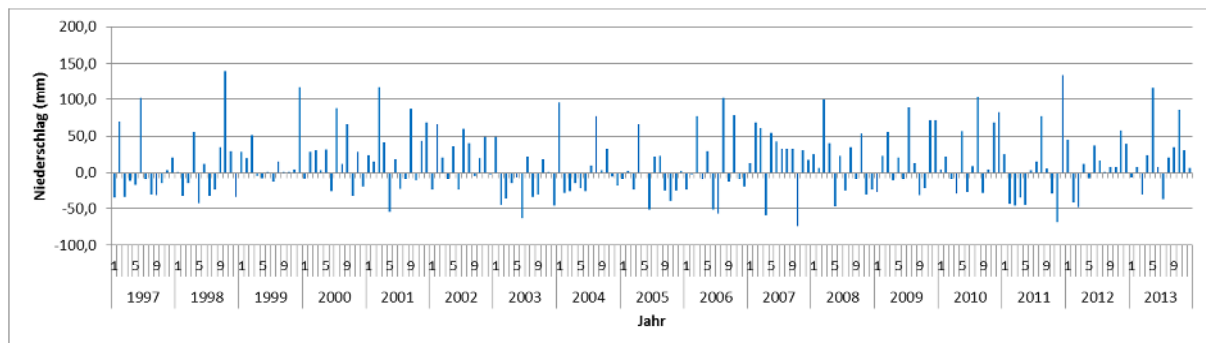


Abb. 5.6.5: Abweichung des Niederschlages vom langjährigen Mittel am Standort Iffezheim

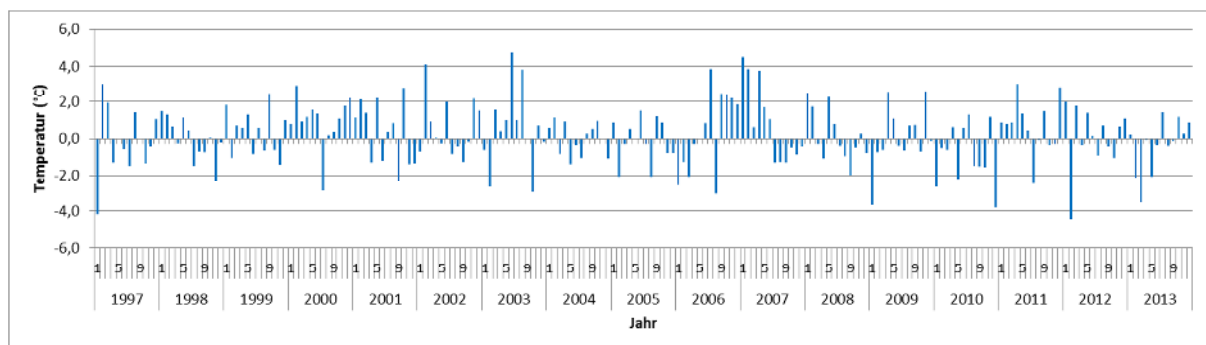


Abb. 5.6.6: Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel am Standort Iffezheim

Strenge Winter und ein kühles, feuchtes Frühjahr wirken begünstigend auf das Wachstum des Schüttepilzes *Phaeocryptopus gaeumannii* (Waldschutz-Info 2/2012). Milde Winter hingegen sowie niederschlagsarme, wärmere Frühjahrsmonate ohne Extremwetterereignisse wirken sich positiv auf die Entwicklung von Douglasienwollläusen aus.

In nachfolgender Tabelle (Tab. 5.6.1) wurde versucht, die Jahre, deren Witterungsbedingungen disponierend für den jeweiligen Schadorganismus wirken können, herauszuarbeiten. Die jeweils günstige Disposition für beide Schadorganismen wurde in der Tabelle mit einem „x“ gekennzeichnet. Es wurden einerseits die Monatsmittel bzw. die Abweichungen vom langjährigen Monatsmittel und andererseits die Tageswerte auf günstige Konstellationen für die Wolllaus bzw. den Schüttepilz gesichtet. Für die Wolllaus ergaben sich bei Betrachtung der Tageswerte anhand der verfügbaren Witterungsparameter (Niederschlagsmenge, Temperaturminimum, -maximum und mittlere Tagestemperatur) keine Abweichungen zu den Ergebnissen der Monatsmittel. Wichtig für eine tiefere Beurteilung zum Vermehrungspotential der Douglasienwolllaus wären zusätzlich zu oben genannten Daten die Angabe von Extremwetterereignisse wie beispielsweise Hagel, Sturm oder Platzregen (Kapitel 2.3). Allein anhand der Angaben zum Schüttepilz wird ersichtlich, wie wichtig die Tageswerte für Prognosen sind. Ausschlaggebend für die Ergänzung waren die tiefen Minustemperaturen in den jeweiligen Wintermonaten zwischen -14 °C und -17 °C. Bei Barfrösten von unter -10 °C in Verbindung mit einem Befall der Nadeln durch *Phaeocryptopus gaeumannii* kann es bereits zu einem Verlust der jüngsten Nadeljahrgänge kommen.

Tab. 5.6.1: Disponierende Witterungsbedingungen für die jeweiligen Schadorganismen

	Monatsmittel		Tageswerte
	Wolllaus	Schüttepilz	Schüttepilz
1998	x		
1999	x		
2000			
2001			
2002			x
2003	x		
2004	x		
2005			x
2006	(x)		
2007		x	x
2008			
2009	(x)		x
2010		(x)	x
2011	x!!		x
2012	x		x
2013		x	x
2014			

6 Diskussion

6.1 DISKUSSION ZUR DOUGLASIENSCHÜTTE

Die Douglasie zählt zu den trockenheitstoleranten Baumarten. Aus diesem Grund gilt sie vielerorts in Deutschland als mögliche Ersatzbaumart im Zuge des Klimawandels.

Die Trockenheitstoleranz begründet sich auf die Anpassung der Baumart an geringe Sommerniederschläge in ihrer nordamerikanischen Heimat. In den verschiedenen Vegetationszonen Nordwestamerikas wird sie häufig von anderen Baumarten (z.B. Hemlocktanne, Sitka-Fichte) auf die trockeneren Standorte verdrängt. Im natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie fallen im Winterhalbjahr die meisten Niederschläge. Nach Otto (1984) wird hier die physiologische Aktivität, bedingt durch die milden Winter in den Tieflagen der Westküstengebiete in Kombination mit den hohen Winterniederschlägen, nicht eingestellt. Helms (1964), zitiert nach Otto (1984), stellte fest, dass die Douglasien ganzjährig eine erhebliche Photosynthese-Aktivität aufweisen, auch im Herbst.

Die Douglasien in Nordamerika starten i.d.R. wassergesättigt in die Vegetationsperiode bzw. es steht ihnen aufgrund der wassergesättigten Böden zu Beginn der Vegetationszeit ausreichend Wasser zur Verfügung. Eine Frühjahrsdürre bleibt hier aus.

Während des Frühjahrs weichen v.a. innerhalb der letzten Jahre die Witterungsbedingungen im aktuellen Kern-Schadgebiet (UFB Rastatt) von den in der Heimat der Douglasie vorherrschenden Bedingungen deutlich ab. Aufgrund der Bodenphysik einiger Standorte sind die Voraussetzungen hier nicht in gleicher Weise gegeben wie in Nordamerika und deshalb auch nicht unmittelbar vergleichbar.

Obwohl sandige Substrate grundsätzlich für einen Douglasien-Anbau geeignet sind, häufen sich gerade in Beständen auf sandigen Böden die Schadensmeldungen. Dieses Phänomen kann verschiedene Ursachen haben. Zu den Hauptfaktoren zählt mit großer Wahrscheinlichkeit die Wasserversorgung auf diesen Standorten, v.a. in Trockenperioden.

Trotz der atlantischen Klimatönung im Oberrheinischen Tiefland kann nicht von einer ganzjährig hohen Luftfeuchtigkeit ausgegangen werden. Beispielsweise ergab eine Überprüfung der Wetterdaten für den Standort Iffezheim, dass die Luftfeuchte gerade in heißen, niederschlagsarmen Perioden deutlich geringere Werte aufweist. In der Annahme, dass die Nadeln der darauf stockenden, geschädigten Douglasien mit dem Schütteppilz *Phaeocryptopus gaeumannii* infiziert waren und sich bereits Fruchtkörper in den Stomata befanden, kann davon ausgegangen werden, dass die regulierende Funktion der Spaltöffnungen (Verdunstungsschutz) herabgesetzt oder gar ganz außer Kraft gesetzt wurde. Dieser Umstand in Kombination mit geringer Wasserverfügbarkeit kann selbst bei der trockenheitstoleranten Douglasie zu einer Störung des Wasserhaushaltes und anschließendem Nadelverlust führen.

Im Gegensatz dazu bleibt aufgrund der typischen, ganzjährig hohen Luftfeuchtigkeit im Küstengebiet Nordamerikas eine ausgeprägte Trockenzeit selbst in den niederschlagsarmen Sommermonaten in der Regel aus (Kölling 2008).

Die derzeit durch *Phaeocryptopus gaeumannii* am stärksten geschädigten Douglasien-Bestände an der Pazifikküste befinden sich zu einem großen Teil in der Sitka-Fichten-Zone. Diese Zone ist ein schmaler Streifen Küstenwald, der durch eine geringe Höhenlage (< 150 m ü.NN) und Meeresnähe gekennzeichnet ist. Die Temperaturen im Winter sind höher und im Sommer niedriger als in der anschließenden Hemlocktannen-Zone. Allerdings herrschen in der Sitka-Fichten-Zone feuchtere Verhältnisse, bedingt durch die hohe Anzahl an Nebeltagen im Jahr (240 Tage) sowie durch die tieferen Wolken in Meeresnähe und Buchten. Studien zeigten, dass der Vorbestand dieser aktuell so stark geschädigten großflächigen Douglasien-Bestände lediglich zu 20 Prozent aus Douglasien bestand (Hansen et al. 2000). Diese gegenwärtige Situation stellt demnach verbesserte Bedingungen für eine epidemische Ausbreitung der Rußigen Douglasienschütte dar. Es wurde festgestellt, dass für die Douglasien-Anbauten meist Sämlinge aus trockeneren und höheren Lagen verwendet wurden, die an ihrem natürlichen Standort deutlich weniger Schüttepilz-empfindlich reagieren. Hansen et al. (2000) vermuten, dass die Ursache der Anfälligkeit in den unteren Lagen genetisch bedingt ist.

Unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels und der sich damit ändernden regionalen Klimabedingungen verglich Kölling (2008) die gegenwärtigen und zukünftigen „Klimahüllen“⁵ Bayerns mit denen des nordamerikanischen Herkunftsareals der in Bayern verwendeten Küstendouglasien. Beim Vergleich der durchschnittlichen Jahrestemperaturen und Jahresniederschlagssummen von Bayern und den Herkunftsgebieten lagen sowohl die gegenwärtigen als auch zukünftigen Klimahüllen Bayerns teilweise außerhalb der verwendeten Provenienzen. Erst eine Anpassung des Modells durch die Verwendung der Niederschlagssummen während der Vegetationszeit (Mai bis September) zeigte Übereinstimmungen, aus denen Anbauempfehlungen abgeleitet werden können. Kölling (2008) stellte fest, dass sich bereits anhand dieser Darstellung zeigt, wie schwierig es ist, eine optimale Übereinstimmung der Standortverhältnisse von Anbau- und Herkunftsgebiet zu finden.

Bereits jetzt geht aus den Darstellungen hervor, dass gegenwärtige Grenzstandorte im Zuge des Klimawandels voraussichtlich für einen Douglasien-Anbau nicht mehr geeignet sein werden. In Douglasien-Beständen, die bereits gegenwärtig und zukünftig noch häufiger unter Trockenstress leiden, ist gleichsam auch eine Zunahme der durch sekundäre Schadorganismen verursachten Schäden zu erwarten. Neben dem Schüttepilz *P. gaeumannii* könnten zukünftig auch Borkenkäfer begünstigt werden.

Bei erneuten Provenienz-Prüfungen dürfte, neben der Temperatur und dem Niederschlag, unter dem Blickwinkel des Klimawandels und hinsichtlich der Begünstigung von Schaderregern, auch das Einbeziehen der Luftfeuchtigkeit eine maßgebliche Rolle spielen.

⁵ Kölling (2007): „Klimahüllen sind Darstellungen der zweidimensionalen Häufigkeitsverteilung von Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschlagssumme.“

6.2 DISKUSSION ZUR DOUGLASIENWOLLLAUS

Aufgrund der fehlenden nordamerikanischen *Picea*-Arten in der Nähe der gemeldeten Schadflächen scheint sich die Douglasienwolllaus in Baden-Württemberg, zumindest auf den im Fragebogen angegebenen Flächen, anholozyklisch zu vermehren. Eine Unterscheidung dieser beiden Zyklen der Douglasienwolllaus (holozyklisch – anholozyklisch) ist von Bedeutung, da Extremwetterereignisse, wie Starkregen oder Sturm, aber auch Temperaturen unter + 10 °C, im Frühsommer (Mai / Juni) einen stark dezimierenden Einfluss auf die Larven der Sommergenerationen haben können. Auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Larven in den Fichtengallen haben solche Witterungsbedingungen zu diesem Zeitpunkt einen eher geringeren Einfluss. Das Wissen um die Art des Generationswechsels ist von Bedeutung, wenn anhand von Modellen unter Einbeziehung der Witterungsbedingungen das Potenzial für eine Schädigung durch die Wolllaus abgeschätzt werden soll.

Während die an Douglasiennadeln überwinternde Wolllaus Temperaturen bis zu – 30°Celsius aushält, kommt es mit Beginn der Nahrungsaufnahme bereits bei Temperaturen unter -5°Celsius zu hohen Ausfällen (Parry 1980). Auch Spätfröste können daher die Wolllauspopulationen stark dezimieren.

Anhand der Ergebnisse aus verschiedenen Veröffentlichungen wird festgestellt, dass zu den bedeutendsten bislang nachgewiesenen Einflussfaktoren die Klima- und Witterungsbedingungen während der einzelnen Entwicklungsstadien gehören. Dieses zeigten u.a. die Untersuchungen von Hierholzer und Lüdge (1950/51) in drei verschiedenen Beständen unterschiedlicher Höhenlage und damit auch abweichender Witterungsbedingungen. Es zeigte sich ein unterschiedlicher Entwicklungsbeginn bzw. Entwicklungsdauer, aber auch ein unterschiedliches Vermehrungspotential der einzelnen Generationen. Starker Wind und Regen, sowie Trockenstress der Douglasien führen zu einer Dezimierung der Populationen. Milde Temperaturen bei gleichzeitig guter Wasserversorgung und damit „Saftfrische“ der Nadeln wirken sich dagegen gradationsbegünstigend aus.

Analog zu den *Adelgidae* an anderen Baumarten, beispielsweise der Tanne (John und Weggler 2014), ist bei den im Klimawandel prognostizierten mildereren Wintern in Kombination mit günstigen Witterungsbedingungen im anschließenden Frühjahr und Sommer, häufiger mit einem Anstieg der Douglasienwolllaus-Population zu rechnen. Ausschlaggebend dafür ist allerdings der Ausschluss von Extremwetterereignissen während der kritischen Entwicklungsstadien (Kapitel 2.3).

Da in den vergangenen Jahren lediglich den Schüttepilzen Beachtung geschenkt wurde, wurde das gemeinsame Auftreten von Schüttepilzen und Wolllaus bislang weniger untersucht. Es wurde von Hierholzer und Lüdge (1950/51) beschrieben, dass die Wolllaus Nadeln, die mäßig bis stark von Fruchtkörpern besetzt sind, meidet. Nach eigenen Beobachtungen wurde festgestellt, dass die Wolllaus auch Nadeln mit mäßigem Fruchtkörperbesatz zur Eiablage nutzt (Anhang 9). Auch (Hierholzer und Lüdge 1950/51) stellten fest, dass bei stark entnadelten oder auch absterbenden Douglasien neben der Wolllaus auch stets der Schüttepilz auftrat.

Ebenso wie beim Auftreten der Rußigen Schütte kommt es beim Befall durch die Douglasienwolllaus ab dem Jungwuchs-Alter hauptsächlich zur Schwächung des Baumes durch Nadelverlust. Bei stärkerem und

häufigem Befall kann es zu Zuwachsverlusten kommen. Roversi und Nocentini (1996) simulierten einen starken Befall durch die Wolllaus und untersuchten den Einfluss auf die Primärproduktion.

Hauptsächlich betroffen waren das absolute Trockengewicht, sowie der Austrieb und das Wurzelwachstum. Ein geringerer Einfluss wurde am Zuwachs des Leittriebes festgestellt.

In der Regel ist bei einem Befall durch die Douglasienwolllaus ab dem Jungwuchsalter eher von Vitalitätseinbußen als von einem Absterben der Douglasien auszugehen. Eine Schwächung des Baumes infolge eines regelmäßigen Befalls könnte sich begünstigend auf Sekundärschädlinge auswirken, wie z.B. Borkenkäfern.

Wirtschaftlich gesehen ist auch hier, wie beim Auftreten der Rußigen Douglasienschütte, mit Zuwachseinbußen zu rechnen.

6.3 DISKUSSION ZU DEN AUSWERTUNGEN DES WALDSCHUTZMELDEWESEN

In den vergangenen Jahren nehmen Hinweise auf waldhygienische Risiken an Douglasien zu. Das drückt sich im Waldschutzmeldewesen in Form von deutlich ansteigenden Schadensmeldungen aus.

Eine retrospektive Betrachtung (Kapitel 3.2) dieser Meldungen zeigt zum einen, dass unter den biotischen Schadfaktoren nach wie vor den aus den USA eingeschleppten Organismen *Phaeocryptopus gaeumannii* und *Gilletteella cooleyii* im südwestdeutschen Raum die größte Bedeutung zukommt.

Meldungen zur Douglasienschütte wurden bislang stets mit den Schütteeerregern *Phaeocryptopus gaeumannii* und *Rhabdocline pseudotsugae* in Zusammenhang gebracht. Da letzterer inzwischen in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz eine untergeordnete Rolle spielt (Kapitel 2.2) ist mit der Bezeichnung „Douglasien-schütte“ in der Regel der Erreger der so genannten Rußigen Douglasienschütte, also der Pilz *Phaeocryptopus gaeumannii* gemeint. Bei ausschließlicher Betrachtung dieses Schaderregers auf einer Zeitachse ab 1958 (Beginn der Datenarchivierung) zeigt sich eine deutliche Zunahme der Schadmeldungen. Vor allem innerhalb der letzten 20 Jahre kommt es immer wieder zu einem deutlichen „Peak“, wobei im Jahr 2012 die gemeldeten Schadflächen vorerst ihren Höhepunkt erreichten.

Werden jedoch alle gemeldeten Schaderreger gemeinsam auf einer Zeitachse abgebildet, ergibt sich ein ganz anderes Bild. Bereits hier wird deutlich, dass auch schon Anfang der 1980er Jahre die geschädigten Douglasien-Bestände eine vergleichbare Größenordnung erreichten wie in den vergangenen fünf Jahren. In Baden-Württemberg ist die Douglasien-Fläche seit den 1960er Jahren bis heute um mehr als das Dreifache gestiegen. Eine Abbildung der jährlichen Schadmeldungen im Verhältnis zu der zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Douglasien-Fläche zeigt, dass die geschädigte Fläche in den 80er Jahren sogar deutlich höher war als heute. Der Befall durch die Rußige und auch Rostige Douglasienschütte in Württemberg nahm selbst Ende der 1930er Jahre bereits ein solches Ausmaß an, dass es sogar zu einem vorübergehenden Anbauverbot kam.

Entgegen der Annahme, dass der Vitalitätsverlust erst in den letzten Jahren zunimmt, treten v.a. biotische Schäden bereits seit Anfang des letzten Jahrhunderts immer wieder auf.

Meldungen zu Borkenkäfern stiegen in Baden-Württemberg erstmals im Trockenjahr 2003 und 2004.

Ein begünstigender Einfluss der überdurchschnittlich warmen und trockenen Periode (2003 bis 2006) ist naheliegend. Ebenso stieg der Anteil an Holz aus zufälliger Nutzung (Zuordnung Insekten). Im relativen Vergleich dazu war durch Borkenkäfer verursachtes ZN-Holz an Fichte zehnmal so hoch.

Schäden infolge von Trockenheit werden erstmals im Jahr 2004 gemeldet. Da jedoch auch für andere Baumarten Trockenschäden erstmalig 2003 gemeldet wurden, wurden offensichtlich abiotische Faktoren erst später im Zuge einer Formularänderung ergänzt.

Die Auswertung der Daten des Waldschutzmeldewesens diente einer ersten Einschätzung der Periodizität des Auftretens der gemeldeten Schaderreger bzw. abiotischer Einflussfaktoren. Ebenso sollte das Ausmaß der Beteiligung am Gesamt-Schadaufkommen beurteilt werden.

Infolge der begrenzten Auswertbarkeit der Daten des Waldschutzmeldewesens musste vom ursprünglichen Projektvorhaben abgewichen werden.

Die Verschiebung der Gebietsgrenzen von Behörden im Zuge von Organisationsreformen erfolgte nicht homogen innerhalb von Wuchsgebieten bzw. Wuchsbezirken. Die anteilige Zuordnung älterer Schadmeldungen zu den gegenwärtigen Grenzverläufen der Behörden erfolgte mathematisch zwar korrekt, aufgrund der geringen räumlichen Auflösung der Daten muss eine richtige Zuordnung der für dieses Projekt notwendigen Angaben v.a. zu regionalen Höhenstufen bzw. Klimatypen jedoch angezweifelt werden. Wie bereits Delb (2013) in seinen Ausführungen bezüglich einer retrospektiven Analyse der Daten des Waldschutzmeldewesens für Rheinland-Pfalz feststellte, besteht ebenso für Baden-Württemberg die Gefahr, dass eine Auswertung der Daten unterhalb der Landesebene mit größeren Fehlern behaftet ist.

Deshalb sind die behördenbezogenen Angaben, für Baden-Württemberg erst ab 2005 und für Rheinland-Pfalz ab 2004, direkt miteinander vergleichbar. Angaben, die vor dieser Zeit liegen, sind nur bedingt verwertbar und können lediglich einer groben Orientierung dienen.

Ein weiteres Problem ergab sich durch die Änderung der Meldeformulare.

Nützliche Ergänzungen wie Angaben zur Altersstufe und Verteilung der geschädigten Bestände sind durch die Zusammenfassung auf Behördenebene größtenteils wertlos, da die differenzierten bestandsbezogenen Angaben zu Alter und Verteilung in pauschalen Kategorien, die alle Angaben abdecken, zusammengefasst werden (z.B. in der Kategorie „mehrere Altersstufen“).

Zum anderen änderte sich im Laufe der Jahre das Spektrum der abgefragten Schadorganismen, teilweise wurden Schadorganismen zu Erregergruppen zusammengefasst oder aber auch ganz weggelassen. Ergänzungsmöglichkeiten wurden zwar bisweilen genutzt, jedoch besteht hier die Gefahr, dass nicht aufgeführte Schaderreger anderen im Formular aufgeführten Schaderregern zugeordnet werden.

Es hat den Anschein, dass dieser Umstand bei den Meldungen zur Douglasie eingetreten ist.

Nicht nachvollziehbar war, warum einer der beiden Haupt-Schaderreger an Douglasien im südwestdeutschen Raum ab Mitte der 1990er Jahre sowohl in Baden-Württemberg als auch in Rheinland-Pfalz gar nicht mehr gemeldet wurde. Im Jahr 1995 wurden die Meldeformulare erneut bearbeitet. Im Zuge dessen wurde die Douglasienwolllaus als Schadorganismus im Meldebogen nicht mehr aufgeführt und konnte nur noch von

den Revierleitenden selbstständig ergänzt werden. Ab diesem Zeitpunkt wurde (abgesehen von einer kleinen Fläche im Jahr 1998) jedoch auch von den Revierleitenden die Wolllaus an Douglasie nicht mehr gemeldet.

Da die recherchierten Witterungskonstellationen nicht immer einen Anstieg der Meldungen zur Douglasenschütte, mitunter aber einen Populationsanstieg der Douglasienwolllaus erklären würden, wird unter Beachtung der Formularänderung angenommen, dass in den Meldungen zur Douglasenschütte auch Schäden durch die Wolllaus enthalten sind.

Ein weiteres Indiz, welches diese Annahme verstärkt, ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Schadmeldungen und der Entwicklung der Altersklassen. Ausgehend von der Annahme, dass Meldungen zur Wolllaus mit dem vermehrten Anbau der Douglasie einhergehen (Befall im Dickungs- und Jungwuchsalter), wäre das absolute Verschwinden der Wolllaus ab den 1990er Jahren nicht erklärlich, da auch in den vergangenen Jahrzehnten Bestände mit Douglasien begründet wurden. Dagegen steht allerdings, dass Schütte befallene Bestände durch Mangel an attraktiven Nadeln, die Entwicklungsmöglichkeiten der Wolllaus einschränken können.

Bei weiterer Auswertung der Daten auf Landesebene zeigt sich beim Abgleich der Schadmeldungen mit dem Anfall von Holz aus zufälliger Nutzung häufig eine Inkonsistenz der Daten. Deutlich wird es am Beispiel der Trockenschäden. Eine zeitliche Verzögerung der Meldungen des Schadereignisses wird an dieser Stelle nicht als Ursache angenommen. Da Revierleitende angaben, dass sie nicht klar bestimmen können, ob der Nadelverlust an Douglasien durch den Schüttepilz oder Trockenstress verursacht wurde, besteht die Möglichkeit, dass andere Schadfaktoren ursächlich waren. Dennoch kann eine Störung des Wasserhaushaltes im Jahr 2003 vorgelegen haben, die in Kombination mit weiteren biotischen Schadfaktoren Jahre später zum endgültigen Absterben des Baumes geführt haben.

Hier könnte eine feinere räumliche Auflösung der Daten unter Hinzuziehen der Standortparameter Aufschluss über Zusammenhänge geben.

Grundsätzlich kann jedoch anhand der Daten festgestellt werden, dass nicht Pilze, sondern in erster Linie Stürme, gefolgt von Dürre, zu Ausfällen von Douglasien führen.

Im Vergleich mit anderen Baumarten steht die Douglasie hinsichtlich der Trockenschäden bislang am günstigsten da.

Von einem Befall durch die Douglasienwolllaus waren damals verschiedene Höhenstufen und Klimatönungen betroffen, wobei u.a. auch das Oberrheinische Tiefland betroffen war (Brennpunkte waren der Ortenaukreis und Breisgau-Hochschwarzwald).

6.4 DISKUSSION DER FRAGEBOGENAUSWERTUNG

Bei der Datenerhebung mittels Fragebogen konnten von den ursprünglich vier ausgewählten Forstbehörden letztendlich nur die aus der UFB Rastatt näher untersucht werden, da hier die Angaben mit den an der FVA archivierten Schadensmeldungen weitestgehend übereinstimmten. In den anderen Behörden konnten die Schäden häufig nur bis auf Revierebene und nicht zur benötigten Bestandesebene nachvollzogen werden.

Aufgrund von Douglasienschütte, aber auch bedingt durch Dürre fiel ab 2011 gelegentlich Holz in Form von zufälliger Nutzung an. Bezogen auf die gesamte, für die UFBn Rastatt und Karlsruhe sowie das Forstamt Bienwald als schadhaft gemeldeten Douglasien-Flächen innerhalb der letzten fünf Jahre handelt es sich hierbei um weniger als 0,5 Efm pro Hektar. Für das Forstamt Wasgau wurde angegeben, dass Holz aus zufälliger Nutzung infolge der Douglasienschütte angefallen ist, jedoch ohne Größenangabe. Der Anfall von ZN-Holz durch Dürre ist ein wichtiges Indiz, da auch Revierleitende im Fragebogen anmerkten, dass die Douglasien unter Trockenstress leiden und dass nicht sicher festgestellt werden konnte, ob einzelne Bäume aufgrund der Douglasienschütte oder durch Trockenstress absterben (UFB Rastatt und Karlsruhe). Aufgrund der insgesamt verhältnismäßig geringen Menge an ZN-Holz in Zusammenhang mit der gemeldeten Douglasienschütte kann bislang nicht von einem bestandesbedrohendem Ausmaß ausgegangen werden, so dass mit einem Auflösen der Bestände zu rechnen wäre.

Plötzlicher Nadelverlust und äußerlich sichtbare Vitalitätseinbußen werden nicht nur allein durch Schüttepilze und Trockenstress verursacht. Auch Hallimasch und Wurzelschwamm sind typische Wurzelfäulepilze, die zu einem verringerten Höhenwachstum und zum Absterben führen können. Ein Schütten der Nadeln kann ebenso durch einen stärkeren Befall von der Douglasienwolllaus verursacht werden. Hallimasch wurde auffällig oft in aktuell geschädigten Douglasien-Beständen gefunden und auch als ursächlich für den Ausfall von Douglasien diagnostiziert. Da die Douglasien-Bestände vorher meist mit Kiefern oder Fichten bestockt waren, liegt hier offenbar eine Disposition für diese beiden Wurzelfäulepilze vor.

Bereits Merkle (1951) stellte fest, dass ein Befall durch *Phaeocryptopus gaeumannii* allein selten zu letalem Ausgang führt. In der Regel geschieht dies nur durch Hinzutreten weiterer biotischer oder abiotischer Faktoren. Er wies darauf hin, dass für eine sichere Diagnostik eines Pilzbefalls nur das Vorhandensein von Pilzfruchtkörpern bzw. deren Anlagen herangezogen werden soll. Die Diagnose „Douglasienschütte“ wurde jedoch auf fast allen geschädigten Flächen „auf Sicht“ gestellt, d.h. ohne dass die Nadeln auf Fruchtkörper untersucht wurden. Dennoch wurde auf knapp einem Viertel der geschädigten Bestände die Douglasienwolllaus innerhalb der letzten fünf Jahre gesichtet. Das verstärkt die Annahme, dass in den Schadensmeldungen des Waldschutzmeldewesens zur Douglasienschütte auch Schäden durch die Wolllaus enthalten sein können.

Eine Prüfung der waldbaulichen Gegebenheiten der UFB Rastatt ergab, dass von einer Begünstigung der Entwicklungsbedingungen des Schüttepilzes anhand von Durchforstungsrückständen nicht auszugehen ist, da fast alle Bestände innerhalb der letzten 5 bis 10 Jahre durchforstet wurden. Dennoch weisen die geschädigten Bestände eine weite Spreitung des Kronenschlusses auf.

Ein dichter Kronenschluss kann sich günstig auf die Luftfeuchtigkeit im Bestandsinneren auswirken und damit die Entwicklung des Schüttepilzes begünstigen. Andererseits bevorzugt die Douglasienwolllaus im Frühjahr und Sommer besonnte Kronen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Fläche würden sich für beide Schadorganismen günstige oder ungünstige Bedingungen ergeben.

Die Schäden scheinen hauptsächlich jüngere Altersklassen zu betreffen. Ältere Douglasien haben sich offenbar etabliert und scheinen vital genug, um biotischen oder abiotischen Faktoren entgegenzutreten zu können.

Eine Prüfung der Schadflächen, ob diese für einen Douglasien-Anbau grundsätzlich geeignet sind, zeigte sich überwiegend positiv. Bodensubstrat und pH-Wert entsprechen den Ansprüchen der Douglasie. Aus diesem Grund scheidet der Standort als allein verantwortlicher Parameter für den Vitalitätsverlust der Douglasien aus, zumindest für die als „geeignet“ und „möglich“ deklarierten Flächen.

Die schadhafte Douglasien stocken meist auf sandigen Substraten. Eine gute Bodendurchlüftung, um den Ansprüchen der Douglasie diesbezüglich gerecht zu werden, ist hier in der Regel gegeben. Je nach Anteil der Feinmorphologie kann aber in Trockenperioden eine ausreichende Wasserversorgung bei geringem Wasserhaltevermögen unter Umständen nicht gewährleistet sein.

Grundsätzlich wird der Douglasie eine hohe Trockenheitstoleranz zugesprochen. Roloff und Grundmann (2008) halten nach umfangreichen Literaturlauswertungen und eigenen Untersuchungen den Anbau von Douglasien auf „mäßig frischen bis mäßig trockenen“ Böden im Vergleich mit 46 weiteren Baumarten für gut geeignet. „Trockene bis sehr trockene“ Standorte gelten nur noch als bedingt geeignet. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Angaben zu den Verhältnissen nur grundsätzlicher Natur sind. Eine Zunahme der wirklich trockenen Perioden, v.a. im Sommer könnte trotzdem sehr bedeutsam sein. Dafür spricht auch das Schadgebiet in den Landkreisen Rastatt und Karlsruhe Land. Die Douglasien in Rastatt werden hauptsächlich auf „mäßig frischen“ bis „mäßig trockenen“ Standorten angebaut. Eine Schädigung zeigt sich hauptsächlich auf den schlechter wasserversorgten Standorten. Trotz der Trockenheitstoleranz der Douglasie scheint die Wasserversorgung einen maßgeblichen Einfluss auf die Vitalität der Douglasien zu haben. Trockenperioden gehen meist mit höherer Verdunstung und Bodentrockenheit einher. Offenbar setzt solch eine Konstellation, gekoppelt mit auftretenden Schaderregern, den Douglasien sehr zu.

Dieses wird auch durch die Tatsache bestätigt, dass die Schäden in den vergangenen fünf Jahren landesweit deutlich höher waren als nach dem Trockenjahr 2003. Offenbar besteht hier nur ein mittelbarer Zusammenhang zwischen dem Vitalitätsverlust der Douglasien und den Witterungsbedingungen. Vielmehr zeichnet sich ab, dass durch die Witterungskonstellationen der letzten Jahre verschiedenen Schadorganismen günstige Lebensbedingungen geboten wurden.

Auch bei dieser Auswertung könnte der Informationsgewinn durch Angabe genauer bzw. vollständiger Daten und damit besserer Verschneidungsmöglichkeiten, deutlich höher sein. Hier wird deutlich, wie dringend nötig die Überarbeitung und Verbesserung des bisherigen Waldschutzmeldeverfahrens ist.

Ebenso sind Dauerbeobachtungsflächen für langfristige Versuchsreihen wünschenswert.

6.5 DISKUSSION DER ERGEBNISSE AUS DER STICHPROBENSTUDIE

Trotz optischer Vitalitätseinbußen in Form einer schütterten Krone reagierten fünf von sieben Douglasien ebenso wie die untersuchten vitalen Fichten sensitiv auf die vorherrschenden Witterungsbedingungen. Wärmere Temperaturen und geringere Niederschläge zu Beginn der Vegetationsperiode allein scheinen keine signifikanten Auswirkungen auf das Zuwachsverhalten zu haben. Es ist davon auszugehen, dass noch weitere Faktoren am Vitalitätsverlust beteiligt sein müssen.

Sowohl die Rußige Douglasienschütte (Pilzfruchtkörper) als auch die Douglasienwolllaus (Exuvien, Wachswollreste) konnte an allen untersuchten Douglasien festgestellt werden.

Hansen et al. (2000) stellten auf von der Rußigen Douglasienschütte befallenen Douglasien-Flächen an der Pazifikküste fest, dass die Dichte des Fruchtkörperbesatzes auf den ein- bis zweijährigen Nadeln und das Vorhandensein von Nadeljahrgängen miteinander korrelieren. Dennoch wird auf der Versuchsfläche in Iffezheim eine retrospektive Beurteilung der Schwere einer Infektion durch den Schütteeerreger anhand der Fruchtkörper auf den verbliebenen Nadeln als kritisch angesehen, da unbekannt ist, was der tatsächliche Grund für den Verlust der bereits abgefallenen Nadeln ist. Hansen et al. (2000) konnten in seinen Untersuchungen das Vorhandensein weiterer Schaderreger ausschließen.

Gleiches gilt für die Beurteilung des Beteiligungsgrades der Wolllaus am Schadausmaß. Exuvien und Wachswollreste können nur als Hinweis auf das Vorhandensein der Wolllaus dienen. Bei Saugschäden durch die Wolllaus ist davon auszugehen, dass bei sehr starkem Befall die Nadeln innerhalb einiger Wochen abfallen. Auf vorhandenen Nadeln können lediglich Saugschäden eines geringen Befalls oder ein aktueller Befall erhoben werden.

Auf der untersuchten Fläche konnten weiterhin die Schwächepilze *Sirococcus conigenus* und *Heterobasidion annosum* s.l an geschädigten Douglasien festgestellt werden. Letzterer konnte in Kombination mit starken Wurzeldeformationen als ursächlich für den letalen Ausgang einer Douglasie festgestellt werden. Eine Bestimmung zweier weiterer Pilze an Nadeln und Trieben steht noch aus. Da die beiden asynchron wachsenden Douglasien das gleiche Wuchsverhalten aufweisen wie die infolge Wurzeldeformationen und Wurzelschwammbefall absterbende Douglasie, ist davon auszugehen, dass ebenfalls ein Befall durch Wurzelfäulepilze vorliegt. Die Douglasien wurden laut Angaben des Revierleiters mittels Pflanzmaschinen gesetzt. Dieses Verfahren kann v.a. bei Bäumen mit Herz- und Pfahlwurzeln zu Abknickungen der Wurzeln und anschließender Deformierung führen (Wasern 2005). Auch auf Bodensubstrat, das grundsätzlich eine gute Bodendurchlüftung aufweist, wie z.B. Sande, kann es bei Einsatz einer Stockfräse zu derartigen Substrataggregationen im Boden kommen, dass eine gute Durchlüftung und Wasserleitfähigkeit nicht mehr gewährleistet ist. Eine weitere Folge wäre eine Beschränkung des Wurzelsystems auf die oberen Bodenschichten durch hohe Lagerungsdichten. Dieses wurde ebenfalls an der abgängigen Douglasie beobachtet. Ob auf dieser Fläche solche Maschinen eingesetzt wurden, ist nicht bekannt.

Die Untersuchung zweier weiterer älterer Douglasien auf einer anderen Fläche im Revier weist einen unterschiedlichen Zeitpunkt für den Eintritt von einem Schadereignis auf. In den Jahren 1998 und 1999 waren die Witterungsbedingungen für die Entwicklung der Wolllaus günstig,

im Jahr 2005 für eine Infektion mit dem Schüttepilz. Da sich letztere jedoch nicht schon im selben Jahr der Infektion auswirkt, müsste die Ursache weiter zurück liegen. Das Jahr 2002 war ebenfalls günstig für eine Pilzinfektion, die beiden darauffolgenden Jahre 2003 und 2004 für die Wolllaus. Die tatsächliche Ursache kann nicht abschließend geklärt werden. Es stellte sich aber heraus, dass sich beide Douglasien ab dem eingetretenen Schadereignis (1999 bzw. 2005) in den Folgejahren, abgesehen von kleinen Abweichungen, in einer Wachstumsdepression befinden. Eine signifikante Reaktion auf wachstumsfördernde Witterungsbedingungen ist bei den beiden untersuchten Douglasien derzeit nicht erkennbar.

Die Ergebnisse der Stichprobenstudie zeigen, wie komplex und verschiedenartig die Ursachen eines einzelnen visuell erfassbaren Schadsymptoms sein können – hier der Nadelverlust der Douglasie. Ebenso wird deutlich, dass der Nadelverlust möglicherweise nicht bzw. nicht nur der Rußigen Douglasienschütte zugeordnet werden und die eigentliche Ursache im Zusammenspiel verschiedener Parameter liegen kann.

Daher können die Beobachtungen lediglich als Voruntersuchung gewertet werden, deren Ergebnisse einen ersten Hinweis auf Schadorganismen geben, die zusätzlich zum Erreger der Rußigen Douglasienschütte oder aber auch allein ursächlich an dem Vitalitätsverlust der Douglasien beteiligt sind. Weiterhin konnten durch diese Erhebungen Informationen für ein praktikables Versuchsdesign gesammelt werden.

7 Bewertung der Zukunftsfähigkeit der Douglasie im Klimawandel

Im Rahmen des KLIMOPASS-Projektes konnte für Baden-Württemberg festgestellt werden, dass die zunehmenden Hinweise auf einen allgemeinen Vitalitätsverlust an Douglasien nicht ausschließlich aktueller Natur sind.

In mehr oder weniger großen Zeitabständen kam es immer wieder zu großflächigeren Schadereignissen bei der Douglasie durch biotische Faktoren – auch bundesweit. Die hauptsächlichen Schadverursacher waren auch in früheren Zeiten schon die Douglasienwolllaus sowie die Rußige und die Rostige Douglasienschütte.

Anhand der Auswertungen konnte gezeigt werden, dass das frühere Schadausmaß in der Relation sogar zum Teil höher war.

Der derzeit mehr oder weniger stark auftretende Nadelverlust der Douglasien wird in der Regel dem inzwischen landesweit stetig auftretenden Schüttepilz *Phaeocryptopus gaeumannii* zugeschrieben. Aufgrund verschiedener Indizien wird jedoch vermutet, dass zumindest ein Teil der eintretenden Nadelverluste auch der Douglasienwolllaus zuzurechnen sind, die im Zuge verschiedener Formularänderungen im Waldschutzmeldewesen nicht mehr erfasst wurde.

Trotz der derzeit gemeldeten, großen Schadfläche bei der Baumart Douglasie fällt bislang verhältnismäßig wenig Holz aus biotisch bedingter, zufälliger Nutzung an. Kommt es tatsächlich zu Ausfällen, können in der Regel mehrere Schadfaktoren identifiziert werden, die den letalen Ausgang bewirkten. Der größte Anteil von Holz aus zufälliger Nutzung wird derzeit durch Stürme verursacht.

Ein Temperaturanstieg im Zuge des Klimawandels hätte eine Verlängerung der Vegetationsperiode zur Folge. Dieses kann sich bei ausreichendem Niederschlag zwar günstig auf das Wuchsverhalten der Douglasien auswirken, hätte aber auch eine begünstigende Wirkung auf den Entwicklungserfolg von Borkenkäfern. Neben der Physiologie des Wirtes scheint auch die Länge der Vegetationsperiode einen Einfluss auf den Bruterfolg von Borkenkäfern zu haben (Laufhütte 1998).

Welche genauen Veränderungen durch den Klimawandel bei den einzelnen Schadorganismen eintreten, ist bisher unsicher. Sollten zukünftig die Winter milder und die Frühjahre wärmer und trockener werden, könnte dies z.B. die Douglasienwolllaus in ihren Entwicklungsmöglichkeiten begünstigen. Die ebenfalls im Zusammenhang mit der Klimaänderung vielfach diskutierte Zunahme von Extremwetterereignissen hätte hingegen einen eher negativen Einfluss auf die Populationsdynamik der Wolllaus.

Es hat den Anschein, dass die Haupteinflussfaktoren für ein Douglasienwolllaus Licht- und Witterungsbedingungen sind und die sonstigen Standortparameter (v.a. Boden und Wasserhaushalt) nur eine mittelbare Rolle durch ihre Wirkung auf die Physiologie des Wirtes spielen.

Etwas anders verhält es sich bei dem Erreger der Rußigen Douglasienschütte. Starke Störungen des Wasserhaushaltes durch längere Trockenperioden, wie sie v.a. auf Standorten mit einer geringen Wasserspeicherkapazität auftreten, machen den Wirt anfälliger für eine Infektion durch den Pilz. Hohe Luftfeuchtigkeit bzw. Niederschläge in den Monaten Mai und Juni hingegen sind nötig für eine vermehrte Sporenfreisetzung und die Infektion. Je nach Grad der Infektion wird zudem die Frosthärte der Nadeln herabgesetzt, so dass eintretende Barfröste eine potenzierende Wirkung für den Nadelverlust haben.

Das massive Auftreten des Schwächeparasiten disponierend die Bäume für weitere Sekundärfaktoren abiotischer und biotischer Natur. Da sich die Schäden innerhalb des letzten Jahrzehnts im Oberrheinischen Tief-

land, ganz besonders in deren nördlichen Teilen konzentrierten, wird die Ursache des auffälligen Vitalitätsverlusts bei den dortigen Standortbedingungen (sandige Böden in planarer Lage mit möglicherweise schlechter Wasserspeicherkapazität) in Kombination mit den Witterungsbedingungen der letzten Jahre vermutet (trocken und niederschlagsarm zu Beginn der Vegetationsperiode, z.T. starke Fröste im Winter). Dieser Aspekt sollte künftig näher untersucht werden, auch dahingehend, ob es sich bei den Douglasien-Flächen des Oberrheinischen Tieflandes bereits um Randzonen der von Kölling (2008) beschriebenen Klimahüllen handeln könnte.

Die Interpretationsschwierigkeiten, aber auch begrenzten Möglichkeiten, die sich aufgrund der Datenlage im Rahmen dieses Projektes ergeben haben, zeigen, wie wichtig eine baldige Überarbeitung und Umstellung des bisherigen Waldschutzmeldewesens ist. Um aus den Daten des Waldschutzmeldewesens zeitnah konkrete Schlüsse ziehen zu können und daraus praxisnahe Handlungsempfehlungen aus Sicht des Waldschutzes unter Berücksichtigung waldbaulicher und standörtlicher Aspekte ableiten zu können, ist eine unmittelbare und hochauflösende, GPS-gestützte Erfassung in einer zentralen Datenbank nötig. Ein modernes Meldewesen dieser Qualitätsanforderung für Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz wird durch die FVA angestrebt und ist in Vorbereitung.

Forschungsbedarf besteht hinsichtlich des Zusammenwirkens verschiedener Schadorganismen bzw. der disponierenden Wirkung einzelner Schaderreger.

Des Weiteren wäre wünschenswert, die Auswirkungen von Wasserhaushaltsstörungen infolge längerer Trockenperioden hinsichtlich der Präsenz und des Entwicklungspotenzials verschiedener Schaderreger zu untersuchen.

Die Auswirkungen der aktuell bedeutsamen Schaderreger an der Douglasie im Zuge des Klimawandels können derzeit noch nicht ausreichend abgeschätzt werden. Momentan scheinen diese aber noch deutlich geringer zu sein als im Vergleich mit anderen Baumarten (Anfall ZN-Holz).

Die Erkenntnisse, die bezüglich der Zuwachseinbußen infolge von Schüttebefall in Deutschland und Amerika gewonnen wurden, differieren deutlich je nach Dauer und Ausmaß eines Befalls.

Um waldbauliche Empfehlungen hinsichtlich einer Vitalitätssteigerung zu geben bzw. einem weiter zunehmenden Vitalitätsverlust gezielt gegensteuern zu können, ist die genaue Befundabsicherung (Erreger) entscheidend, da sich die Maßnahmen erheblich unterscheiden können. Diese können aber auch dann nicht pauschal auf den aktuell auftretenden Schaderreger ausgerichtet werden, sondern müssen im Zusammenhang mit den standörtlichen Gegebenheiten sowie den jeweiligen Waldfunktionen beurteilt werden.

Weiterhin besteht ein zunehmendes Risiko für neu auftretende, bisher gebietsfremde Organismen mit relevantem Schadpotenzial, sei es, dass diese aufgrund veränderter Umweltbedingungen (Klimawandel) in neue Lebensräume migrieren oder ihr Wirtsspektrum erweitern, z.B. Pinienprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*), oder aus der Heimat der Douglasie verschleppt werden, z.B. Douglas-fir Beetle (*Dendroctonus pseudotsugae*), Zwergmistel (*Arceuthobium douglasii*) oder Douglas-fir tussock moth (*Orgyia pseudotsugata*). Ob diese in Deutschland ein ähnliches Schadausmaß erreichen können wie in der nordamerikanischen Heimat, kann nur anhand kontrollierter Labor- oder Freilandversuche qualitativ hochwertiger Modelle abgeschätzt werden. Gleiches gilt für eine mögliche Adaption heimischer Schadorganismen an die neophytische Douglasie.

Grundsätzlich ist im Angesicht eines sich ändernden Klimas wichtig, den Fokus nicht erst auf eine Begrenzung bereits eingetretener Schäden zu richten, sondern der Douglasie v.a. in der Jugendphase, in der sie häufig auch als „Mimose“ unter den Baumarten bezeichnet wird, eine bestmögliche Unterstützung zur Vitalitätsstabilisierung angedeihen zu lassen.

Neben einem standortgerechten Anbau unter großzügiger Aussparung von „Klimahüllen-Randzonen“ und Extremstandorten, beginnt dieses bei der Anwendung eines sachgerechten Pflanzverfahrens. Bereits hier

kommt es oft zu schwerwiegenden Fehlern, die sich häufig erst viele Jahre oder gar Jahrzehnte verzögert äußern, so dass sie mit der eigentlichen Ursache des Vitalitätsverlustes häufig gar nicht mehr in Zusammenhang gebracht werden. Ebenso wird eine erneute Überprüfung der Provenienzen auf eine Eignung als nötig erachtet, v.a. nicht nur hinsichtlich waldwirtschaftlicher Aspekte, sondern auch aus Sicht der Waldhygiene.

8 Literaturverzeichnis

- Aas, Gregor (2008): Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Nordamerika. Verbreitung, Variabilität und Ökologie. In: *Schmidt, O. (verantw.). Die Douglasie-Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen 59*, S. 7–11.
- Black, Bryan A.; Shaw, David C.; Stone, Jeffrey K. (2010): Impacts of Swiss needle cast on overstory Douglas-fir forests of the western Oregon Coast Range. In: *Forest ecology and management 259* (8), S. 1673–1680.
- Cameron, A. E. (1936): *Adelges cooleyi* Gillette (Hemiptera, Adelgidae) of the Douglas fir in Britain: Completion of its life cycle. In: *Annals of Applied Biology 23* (3), S. 585–605.
- Capitano, Bryan R. (1999): The infection and colonization of Douglas-fir needles by the Swiss needle cast pathogen, *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rhode) Petrak. Masterarbeit. Oregon State University, Oregon.
- Chastagner, G. A.; Byther, R. S.; MacDonald, J. D.; Michaels, E. (1984): Impact of swiss needle cast on postharvest hydration and needle retention on douglas-fir christmas trees. In: *Plant disease 68* (3), S. 192–195.
- DELB, H. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald in Rheinland-Pfalz. Teilbericht Waldschutz und Klimawandel – Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (Hrsg.): Schlussberichte des Landesprojekts Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP), Teil 4, Modul Wald: 59 S.
- Disch, H.; Delb, H. (2011): Übersicht der an der Baumart Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) in Nordamerika, Neuseeland, Australien und Europa beschriebenen Insekten (unveröffentlicht). faunaeur.org. Online verfügbar unter http://www.faunaeur.org/distribution_table.php, zuletzt geprüft am 30.05.2015.
- Francke-Grosman, H. (1950): Über ein Massenvorkommen von Gilletteella-Gallen an Sitkafichten (*Picea sitchensis* Carr.). In: *Anzeiger für Schädlingskunde 23* (1), S. 3–6.
- Göhre, Kurt (Hg.) (1958): Die Douglasie und ihr Holz. Berlin: Akademie-Verlag.
- Hansen, E. M.; Stone, J. K.; Capitano, B. R.; Rosso, P.; Sutton, W.; Winton, L. et al. (2000): Incidence and impact of Swiss needle cast in forest plantations of Douglas-fir in coastal Oregon. In: *Plant disease 84* (7), S. 773–778.
- Heitmüller, H.-H. (1954): Beobachtungen über individuelle Resistenz *Gilletteella cooleyi* Gill. an Douglasie. In: *Zeitung für Forstgenetik und Pflanzenzüchtung* (3), S. 99–100.
- Helms, John A. (1964): Apparent photosynthesis of Douglas-fir in relation to silvicultural treatment. In: *Forest Science 10* (4), S. 432–442.
- Hierholzer, O.; Lüdge, W. (1950/51): Die Douglasienwollaus, *Gilletteella cooleyi* (Gill.) C.B. in Württemberg-Hohenzollern. In: *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung 122* (6/7), S. 192–201.
- Hood, Ian A. (1982): *Phaeocryptopus gaeumannii* on *Pseudotsuga menziesii* in southern British Columbia. In: *New Zealand Journal of Forestry Science 12* (3), S. 415–424.
- Hood, Ian A.; van der Pas, J. B. (1979): Fungicidal control of *Phaeocryptopus gaeumannii* infection in a 19-year-old Douglas fir stand. In: *New Zealand Journal of Forestry Science 9* (3), S. 272–283.

- James, R. N. (1978): A REVIEW OF DOUGLAS FIR IN NEW ZEALAND. In: *New Zealand Journal of Forestry Science*, S. 107–128.
- John, R.; Weggler, K. (2014): Die Komplexkrankheit der Weißtanne – viel einfacher, als gedacht! In: *FVA-einblick* 3, S. 3–7.
- Kölling, Christian (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. In: *AFZ-DerWald* 23, S. 1242–1245.
- Kölling, Christian (2008): Die Douglasie im Klimawandel: Gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. In: *Schmidt, O.(verantw.). Die Douglasie-Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen* 59, S. 12–21.
- Kruel, W. (1952): Neuere Untersuchungen aus dem Institut für Waldschutz zum Auftreten und zur Bekämpfung der Douglasienwollaus *Gilletteella cooleyi* (Gill.) C.B. (Adelgidae) im Gebiete der DDR. Verhandlungen auf der zwölften Mitgliederversammlung. In: *Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie*, S. 41–49.
- Łakomy, P.; Iwańczuk, M. (2010): *Phaeocryptopus gaeumannii* in douglas-fir stands in smolarz forest district. In: *Phytopathologia* 58, S. 43–52.
- Laufhütte, Jörn (1998): Borkenkäfer (Scolytidae) der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco): Literaturrecherche und Freilanduntersuchungen.
- Löyttyniemi, K. (1970): On the occurrence of *Gilletteella cooleyi* Gill. (Hom., Adelgidae) in Finland. In: *Annual Entomologica Fennica* 36 (3), S. 165–167.
- Lyr, Horst (1958): Die Krankheiten der Douglasie. In: Kurt Göhre (Hg.): *Die Douglasie und ihr Holz*. Berlin: Akademie-Verlag, S. 369–402.
- McDermott, J. M.; Robinson, R. A. (1989): Provenance variation for disease resistance in *Pseudotsuga menziesii* to the Swiss needle-cast pathogen, *Phaeocryptopus gaeumannii*. In: *Canadian Journal of Forest Research* 19 (2), S. 244–246.
- Mejnartowicz, L. E.; Szmids, A. (1978): Investigations into the resistance of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) populations to the Douglas fir woolly aphid (*Gilletteella cooleyi* Gill.). In: *Silvae Genetica*.
- Merkle, R. (1950/51): Über die Douglasien-Vorkommen und die Ausbreitung der Adelopus-Nadelschütte in Württemberg-Hohenzollern. In: *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung* 122 (6/7), S. 161–192.
- Michaels, E.; Chastagner, G. A. (1984): Seasonal availability of *Phaeocryptopus gaeumannii* ascospores and conditions that influence their release. In: *Plant disease* 68 (11), S. 942–944.
- Mitchell, R. G.; Paul, H. G. (1974): Field fertilization of Douglas-fir and its effect on *Adelges cooleyi* populations. In: *Environmental Entomology* 3 (3), S. 501–504.
- Müller, Heinrich (1941): Die Douglasienwollaus *Gilletteella cooleyi* Gill. und ihre Bekämpfung. In: *Anzeiger für Schädlingskunde* 17 (11), S. 121–125.
- Otto, Hans-Jürgen (1984): Standortkundliche Aufnahmen und Gliederungen in wichtigen Herkunftsgebieten der Douglasie des westlichen Washington und Oregon sowie in Südwest-Britisch-Kolumbien. Versuch eines Vergleichs mit den Anbaubedingungen in Nordwest Deutschland. In: *Aus dem Walde (Germany)*.
- Parry, W. H. (1978): Studies on the factors affecting the population levels of *Adelges cooleyi* (Gillette) on Douglas fir. Sistentens on mature needles. In: *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 85, S. 365–378.

- Parry, W. H. (1980): Studies on the factors affecting the population levels of *Adelges cooleyi* (Gillette) on Douglas fir. 3. Low temperature mortality. In: *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 90, S. 133–141.
- Roloff, A.; Grundmann, B. (2008): Klimawandel und Baumarten-Verwendung für Waldökosysteme. Forschungsstudie. Hg. v. Stiftung Wald in Not. Technische Universität Dresden, Institut für Forstbotanik und Forstzoologie. Online verfügbar unter <http://www.wald-in-not.de/download/KLAM.pdf>, zuletzt aktualisiert am 31.05.2015.
- Roversi, P. F.; Binazzi, A. (1996): Life cycle of the Douglas-fir woolly aphid *Gilletteella coweni* (Gillette) in central Italy (Homoptera: Adelgidae). In: *Redia* 79, S. 241–245.
- Roversi, P. F.; Nocentini, S. (1996): Impact of Douglas fir woolly aphid (*Gilletteella coweni* (Gillette)), Homoptera: Adelgidae, on host plant growth. In: *Ital. For. Mont* 51, S. 50–59.
- Schimitschek, Erwin (1969): Grundzüge der Waldhygiene: Wege zur ökologischen Regelung, ein Leitfadens-Parey.
- Schweppenburg, Geyr von (1925): Die Douglasienwollaus, eine drohende Gefahr. In: *Forstliche Wochenschrift Silva* 13 (11), S. 81–83.
- Schwerdtfeger, F. (1939): Ein neuer Feind der Douglasie. In: *Der deutsche Forstwirt* 49 (21), S. 593–595.
- Steffan, August Wilhelm (1970): Die eidonomischen und zytologischen Grundlagen bei der Entstehung anholozyklisch-parthenogenetischer Adelgidae-Species (Homoptera: Aphidina) 1. In: *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 65 (1-4), S. 444–452.
- Stephan, B. R. (1987): Differences in the resistance of Douglas-fir provenances to the woolly aphid *Gilletteella cooleyi*. In: *Silvae Genetica* 36 (2), S. 76–79.
- Strittmatter, Werner (1974): Ökologische und biologische Studien an der Baumart Douglasie im Zusammenhang mit dem Auftreten von *Phaeocryptopus gaeumanni* (Rohde) Petr. Stuttgart: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg.
- Syrach-Larsen, C. (1953): Studies of diseases in clones of forest trees. In: *Hereditas* 39 (1-2), S. 179–192.
- Teucher, G. (1954): Die Douglasienwollaus. Merkblatt. Eberswalde: Volksdruckerei (15), S. 1–8.
- Waldschutz-Info (2012): Rußige Douglasienschütte. *Phaeocryptopus gaeumanni* (T.Rhode) Petr., 02/2012.
- Wasern, Ulrich (2005): Wurzeldeformationen bei Topfpflanzen. WSL, Schweiz. Online verfügbar unter http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/zucht/wsl_wurzeldeformationen/index_DE, zuletzt aktualisiert am 22.02.2005, zuletzt geprüft am 31.05.2015.
- Weidner, H. (1949): Das Auftreten der Douglasienlaus (*Gilletteella cooleyi* Gill.) in Hamburg (Aphid. Chermesidae). In: *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 56, S. 291–292.
- Wimmer, E. (1935): Auftreten der Douglasienlaus im südwestdeutschen Walde. In: *Anzeiger für Schädlingskunde* 11 (6), S. 61–63.
- Winton, Loretta M.; Stone, Jeffrey K.; Hansen, Everett M.; Shoemaker, R. A. (2007): The systematic position of *Phaeocryptopus gaeumanni*. In: *Mycologia* 99 (2), S. 240–252.

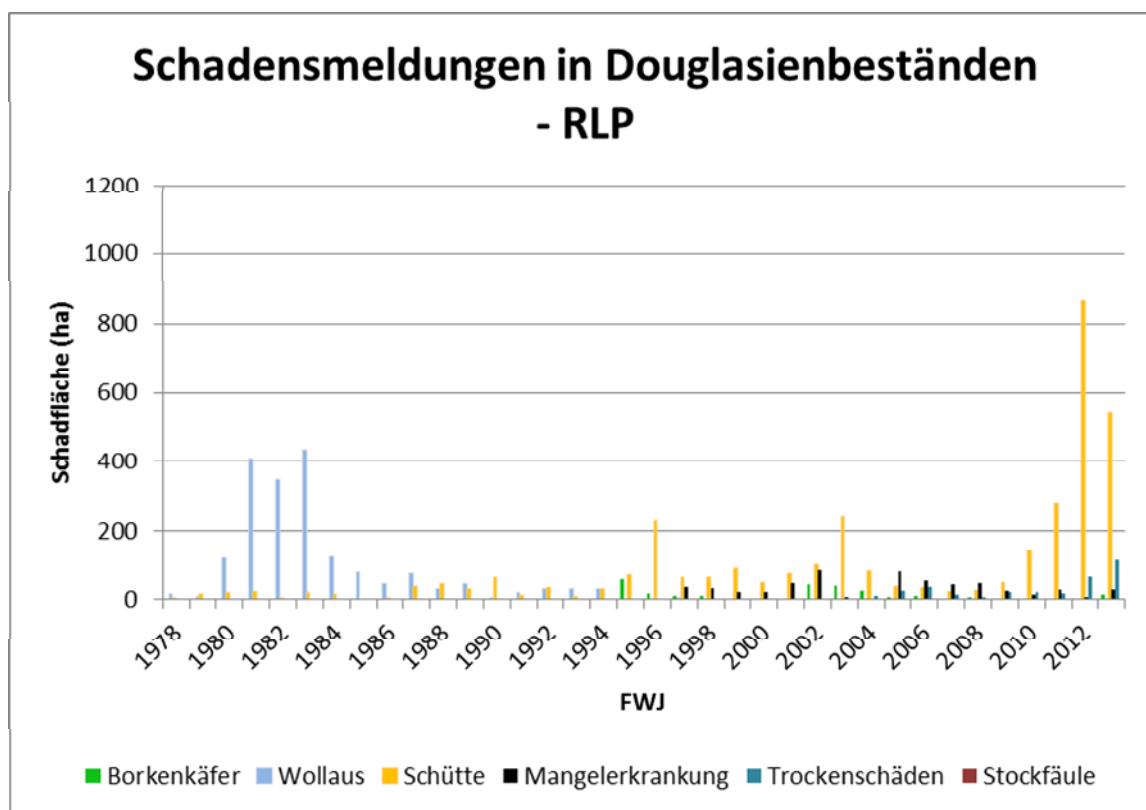
9 Anhang

Anhang 1: Methodische Grundlage für die Berechnung der Schadensmeldungen vor 1969 in BW und RLP

	1958 - 1968	Zurechnung heute
Klasse I	bis 5 ha	5 ha
Klasse II	5 - 25 ha	25 ha
Klasse III	über 25 ha	50 ha

Bis 1968 wurde die geschädigte Fläche nicht als tatsächliche Größe (ha) angegeben, sondern erfolgte in Form von Klassen. Um die Angaben der Periode ab 1969 berechnen zu können, wurden sie nach folgendem Schema umgerechnet.

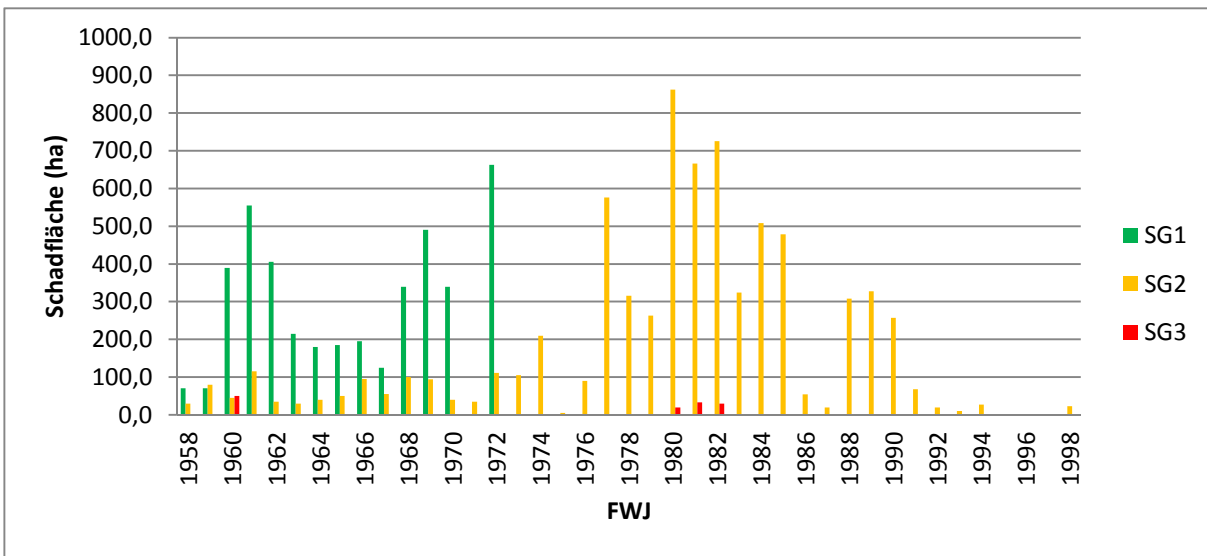
Anhang 2: Schadensmeldungen in Douglasien-Beständen für alle Schaderreger (Rheinland-Pfalz, 1978-2013)



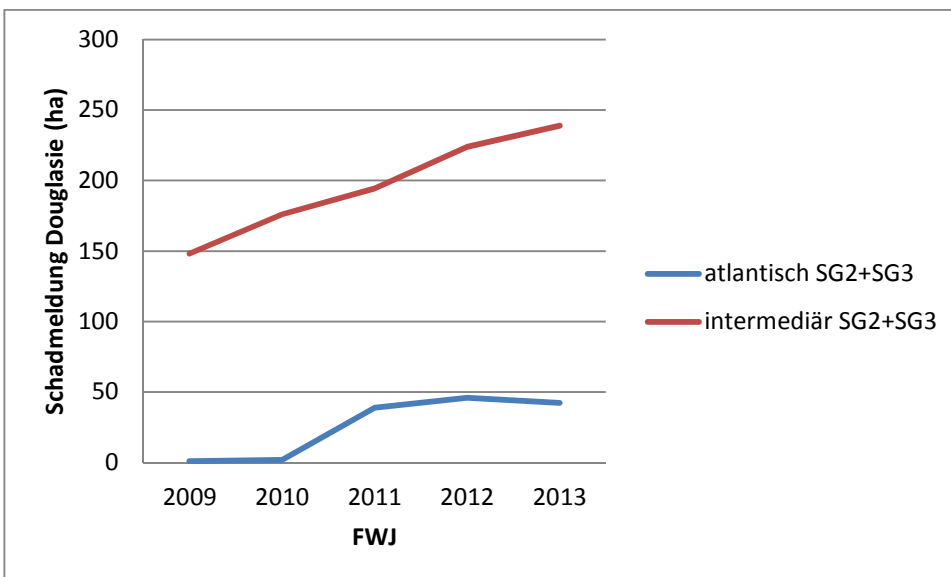
Anhang 3: Beschreibung der Altersstufenzuordnung

Altersstufe	Beschreibung
1	Jungwuchs
2	Dickung
3	Stangenholz
4	Baumholz / Altholz
5	mehrere Altersstufen

Anhang 4: Schadmeldungen für die Douglasienwolllaus in Baden-Württemberg (1958-1998)



Anhang 5: Schadfläche je Klimazone für die UFB Rastatt (2009-2013)



Anhang 6: Fragebogen zur Erhebung detaillierter Angaben bezüglich der gemeldeten Douglasien-Schadflächen

Bitte für **jede** Douglasien-Fläche, auf der es **seit 2009** zu Schadmeldungen v.a. durch den Schaderreger „Douglasienschütte“ kam, ein **eigenes Formular** ausfüllen!

UFB / FA:		Revier:	
Distrikt:	Abteilung:	Behandlungseinheit:	Teiffläche:

I.

Gesamtgröße des betroffenen Douglasienbestandes	Hektar:
Vorbestand (Baumarten vor Douglasienanbau/-beimschung)	
Befinden sich <i>Picea sitchensis</i> , <i>P. engmannii</i> , <i>P. pungens</i> oder weiter nordamerik. <i>Picea</i> -Arten in Nähe des Dgl.-Bestandes?	() ja; () nein falls ja, welche?:
Hauptbaumarten der angrenzenden Bestände	
Ist Ihnen neben der Douglasien-Schütte auch die Douglasien-Wollaus aufgefallen?	() ja; () nein; () unsicher
Wie wurde die "Rußige Douglasienschütte" im Baumholz bisher identifiziert?	() auf Sicht (schütterer Krone); () Fruchtkörper auf Nadeln (z.B. durch Entnahme von Zweigproben aus der Krone)
Traten auf dieser Fläche bereits Hallimasch/ sonstige Stammholzfäuleerreger auf?	() ja, im Vorbestand; () ja, im aktuellen Dgl.-Bestand; () nein; () nicht bekannt; falls ja, folgende:
Durchgeführte waldbauliche Maßnahmen im Dgl.-Bestand	() seit Begründung keine; () ja, wann und welche?
Besonderheiten am Standort / Bestandesgeschichte	

II.

Hinter den Flächenangaben in Klammern die Verteilung der geschädigten Douglasien wie folgt angeben: (1) Einzelbäume; (2) in Gruppen/Horste; (3) flächig; (4) uneinheitlich, z.B. 12(3)=12 ha, flächig (SG= Schadgrad, SG2: wirtschaftlich fühlbar; SG3: bestandesbedrohend)

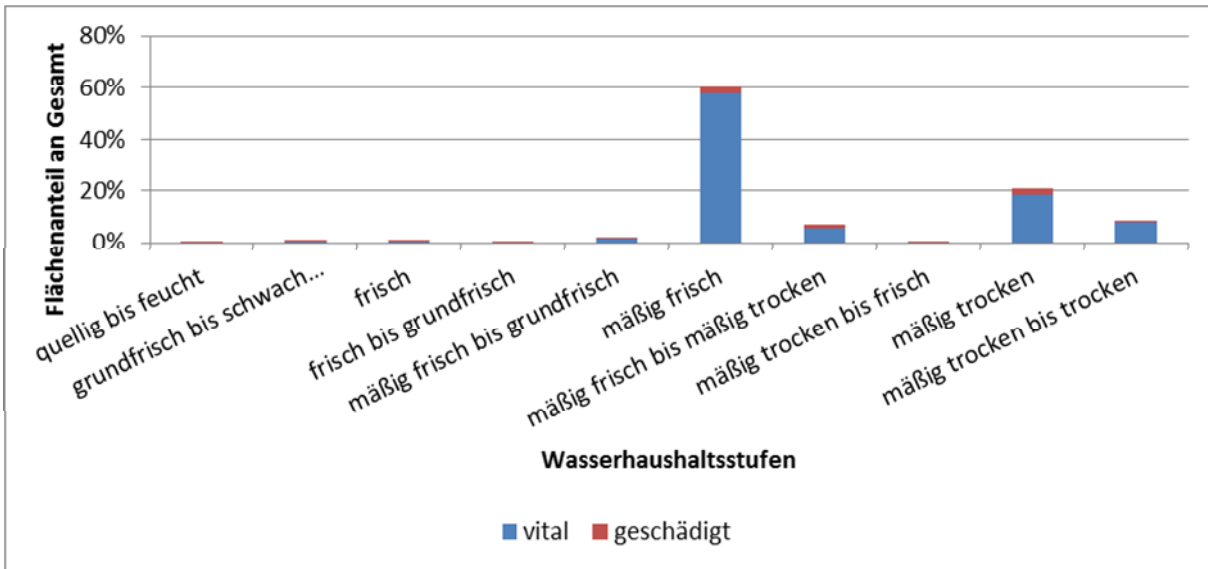
	Schaderreger	2009		2010		2011		2012		2013	
		SG2	SG3	SG2	SG3	SG2	SG3	SG2	SG3	SG2	SG3
Schadmeldungen (Fläche in ha)	Dgl.-Schütte										
	Dgl.-Wollaus										
	Dgl.-Borkenkäfer										
	Trockenschäden										
	Mangelerkrankung										
durch	Dgl.-Schütte										
Schadorganismen angefallene ZN (geschätzt an Dgl.(in Efm o.R.))	Sonstige Pilze										
	Insekten										
	Dürre										
	Sturm										

III.

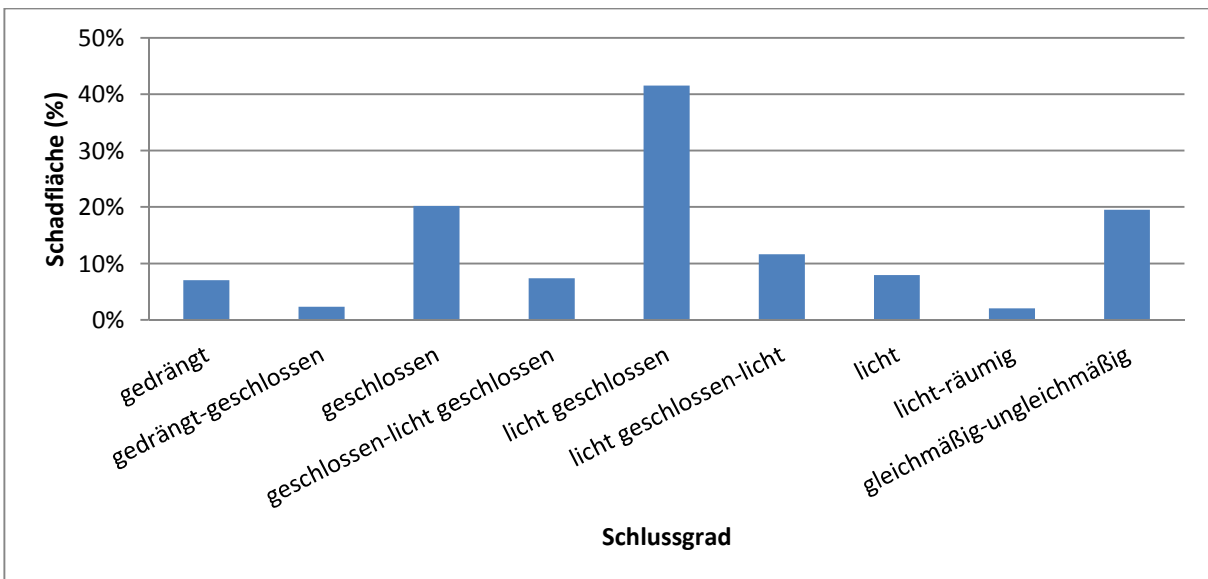
Lage	Wuchsgebiet:	Hangrichtung:
	Wuchsbezirk:	Hangneigung (in Grad):
	Höhe (m über NN):	Besonderheiten (z.B. Hangmulde):
Boden	Bodentyp	
	Humusform	
STO- Beurteilung	Wasserangebot	() sehr trocken; () trocken; () mäßig trocken; () mäßig frisch; () sehr frisch; () grundfrisch; () vorratsfrisch; () feucht; () nass; () vernässend; () wechselfeucht; () wechseltrocken
	Nährstoffangebot	() sehr stark sauer; () stark sauer; () mäßig sauer; () schwach sauer; () kalkreich/ betont basenreich
Vegetation	Baumartenanteile	
	Natürlicher Entwicklungsabschnitt (Mehrfachnennungen unter %-Angabe möglich)	() Jungwuchs; () Dickung; () Stangenholz; () Baumholz
	Bestandesalter	
	Bontät	
	Entstehung des Bestandes	() Natürl. Verjüng.; () Künstl. Verj.
	Mischungsform	() einzeln; () truppweise (1/2 Baumlänge); () gruppw. (BL); () horstw. (2BL); () kleinbestandsw. (60-100m); () bestandsw.; () reihenweise; () keine
	Mischungsart	() einschichtig; () zwischenschichtig; () mehrschichtig; () stufig
	Schlussgrad	() gedrängt (greifen ineinander über); () geschlossen (berühren sich mit Zweigspitzen); () nicht geschlossen (ØKrone findet keinen Platz); () nicht (ØKrone findet Platz); () räumig (mehrere ØKronen Platz); () gleichmäßig/ ungleichmäßig (auf Teilflächen licht-dünnig... durchbr.)
	Vitalität (Krone)	() vital; () leicht geschwächt; () stark geschädigt

Bitte benutzen Sie bei Bedarf / für Ergänzungen die Rückseite bzw. ein weiteres Blatt!

Anhang 7: Verteilung der vitalen und geschädigten Douglasien-Flächen nach Wasserhaushaltsstufen in der UFB Rastatt



Anhang 8: Schlussgrad der Douglasien-Schadflächen laut Fragebogenerhebung (Angaben aus BW und RLP), n=80



Anhang 9: Douglasienwolllaus auf Nadeln des Jahrgangs 2013 bei Fruchtkörperbesatz der Stufe 2 (Aufnahme 2014)



