

Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für Forsten

Heft 12/97

Möglichkeiten einer integrierten Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers

Abschlußbericht zum Forschungsprojekt



Inhalt

1	Einführung zur Aufgabenstellung	2
1.1	Projektbeschreibung	2
1.2	Projektziele	2
1.3	Methodik	3
2	Äußere Bedingungen	4
2.1	Klimatische Bedingungen	4
2.2	Untersuchungsgebiete und Gebiete mit einem hohen Befallsholzanzahl	7
3	Populationsentwicklung im Untersuchungszeitraum	8
3.1	Befallsholzanzahl (Gradationsverlauf)	8
3.2	Befallsentwicklung auf den Versuchsflächen	10
4	Natürliche Regelmechanismen der Populationsdynamik	14
4.1	Laborversuche zum Entwicklungserfolg einzelner Entwicklungsstadien des Blauen Kiefernprachtkäfers	14
4.2	Schlupf und Parasitierung des Blauen Kiefernprachtkäfers unter natürlichen Bedingungen	16
4.3	Artenspektrum und Bedeutung der Parasiten und Predatoren	18
4.4	Wechselwirkung zwischen der Entwicklung des Blauen Kiefernprachtkäfers und begleitend auftretender Stamminsekten	19
4.5	Abwehrvermögen der befallenen Kiefern (Besiedlung und Absterbeprozess)	21
5	Verhaltensmuster des Blauen Kiefernprachtkäfers bei der Wirtswahl	23
5.1	Einfluß baumeigener Lockstoffe (Laboruntersuchungen)	23
5.2	Einfluß des Vitalitäts- und Befallszustandes der Wirtsbäume	25
5.3	Einfluß der Bestandesstruktur	28
5.4	Einfluß mikroklimatischer Rahmenbedingungen	29
5.5	Bedeutung des Blauen Kiefernprachtkäfers bei der Folgebesiedlung von Flächen nach Fraß durch Kiefernspinner	32
6	Auswirkungen waldbaulicher Behandlungen auf das System Kiefer – Blauer Kiefernprachtkäfer	34
6.1	Allgemeine Wechselwirkungen	34
6.2	Baumphysiologische Parameter	36
6.2.1	Harzdruckmessungen	36
6.2.2	Elektrische Leitfähigkeit	38
6.2.3	Zuwachsverhalten	40
7	Untersuchungen zur Effektivität bekannter und neuer Verfahren der Populationsreduktion	43
7.1	Beräumung des Befallsholzes	43
7.2	Fangbaumvarianten	44
7.3	Attrappen-, Fallen- und Lockstoffversuche	49
7.4	Einsatz systemischer Insektizide	50
7.5	Mischbestand („ökologischer Unterbau“)	54
8	Abschließende Betrachtung und Ausblick	54
9	Literaturverzeichnis	56
9.1	Abkürzungen	56
9.2	Quellen	56
Anhang	Versuchsflächenverzeichnis	63
	Temperaturprogramme	64
	Lockstoffliste	64

1 Einführung zur Aufgabenstellung

1.1 Projektbeschreibung

In der Zeit von 1991 bis 1993 entwickelte sich in den Kiefernbeständen des ostdeutschen Tieflandes, eingeleitet durch Witterungsextreme, eine Massenvermehrung des Kiefernprachtkäfers. Diese führte im nordsächsischen Schadgebiet zu einer Befallsholzmenge von 45 300 m³.

Die Schadentwicklung macht deutlich, wie sich durch wechselseitig verstärkende Komponenten, wie Niederschlagsdefizit, anthropogene Umweltbelastungen (Grundwasserabsenkung durch Kies- und Braunkohlentagebau, Luftverunreinigungen), der Vitalitätszustand und daran gebunden das Abwehrvermögen der Kiefer drastisch verschlechterten. Diese Voraussetzungen ermöglichten es dem Kiefernprachtkäfer, unter Begleitung weiterer Arten, ganze Waldbestände vorzeitig zum Absterben zu bringen.

Die Folgen und der weitere Verlauf einer Gradation können nach heutigem Wissensstand nur durch eine rechtzeitige Abfuhr bzw. Entsorgung des befallenen Holzes und durch den gezielten Einsatz von Fangbäumen eingeschränkt werden. Diese Verfahren

greifen erst nach dem Auftreten des Kiefernprachtkäfers ein und wirken somit nur schadensbegrenzend.

Andere, prophylaktische Verfahren, wie sie bei Borkenkäfern z. B. in Form des Einsatzes von Fallen und Lockstoffen verwendet werden, sind beim Kiefernprachtkäfer nicht bekannt. Früher durchgeführte aviochemische Bekämpfungsverfahren während des Reifungsstadiums der Käfer (TEMPLIN und FLÖHR 1977/78) sind nach dem heutigen Kenntnisstand und aus waldökologischer Sicht nicht tragbar. Damalige Ergebnisse stellen die Wirksamkeit dieses Verfahrens außerdem in Frage.

Außer einer umfassenden, die Biologie des Prachtkäfers beschreibenden Arbeit von DR. K. H. APEL (1986) liegen keine weiteren aktuellen, umfangreichen Veröffentlichungen über den Kiefernprachtkäfer vor. Neuere Arbeiten aus Polen (JENZY und GUTOWSKI 1992) schwächen die epidemische Bedeutung des Kiefernprachtkäfers für polnische Kieferngebiete ab.

1.2 Projektziele

Die Ziele und der methodische Rahmen wurden nach einem Kolloquium in der Sächsischen Landesanstalt für Forsten (LAF) und der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e. V. wie folgt festgelegt:

- Untersuchungen zur Wirksamkeit bekannter Bekämpfungsverfahren des Blauen Kiefernprachtkäfers sowie zu Möglichkeiten einer Effektivitätssteigerung dieser Verfahren
- Untersuchungen zur Fern- und Nahorientierung des Blauen Kiefernprachtkäfers mit Hilfe von Lockstoff-, Fallen- und Attrappenversuchen
- Untersuchungen zur Auswirkung bestandesstabilisierender waldbaulicher Eingriffe auf die Befallsdisposition der Kiefern gegenüber dem Blauen Kiefernprachtkäfer und seinen Begleitarten
- Charakterisierung der Befallsdisposition einiger Kiefern durch die Messung ausgewählter physiologischer Parameter und deren befallsbiologischen Auswirkungen

1.3 Methodik

In vier Sächsischen Forstämtern (Doberschütz, Taura, Weißwasser und Weißig a. R.) und im Bundesforstamt (BFoA) Muskauer Heide wurden 46 Teilflächen als **Dauerbeobachtungsflächen** eingerichtet. Eine Liste der Teilflächen befindet sich im Anhang. Im folgenden Text werden die Nummern der betroffenen Teilflächen für die jeweilige Untersuchung angegeben. Bei der Auswahl der Versuchsflächen wurden verschiedene waldbauliche Behandlungsvarianten und Alt- und Jungbestände berücksichtigt. Die Versuchsflächen liegen in sehr stark durch Kiefernprachtkäfer geschädigten und gefährdeten Beständen. Neben standörtlicher und struktureller Disposition wurden auch durch Phyllophagenfraß betroffene Kiefernbestände ausgewählt.

Untersuchungsschwerpunkte auf den Dauerbeobachtungsflächen (Versuchsflächen) sind:

- Auswirkungen der waldbaulichen Behandlung auf die Populationsentwicklung des Kiefernprachtkäfers
- Effektivitätsuntersuchungen von bekannten Bekämpfungsverfahren
- Kontrolle der Larvenbesiedlung an lebenden Versuchsbäumen
- Ausstattung einer Intensivbeobachtungsfläche mit einer Klimastation (Messungen des Regional- und Mikroklimas)

Intensive **Einzelbaumbesichtungen** erfolgen an näher charakterisierten und unterschiedlich behandelten Kiefern in den Versuchsflächen.

Untersuchungsschwerpunkte an Einzelbäumen sind:

- Anflugverteilung und -intensität des Blauen Kiefernprachtkäfers an Versuchsbäumen in Abhängigkeit von Höhe, Lage im Bestand und Vorbefall
- Beurteilung des Vitalitätszustandes ausgewählter Versuchsbäume und Bestände durch baumphysiologische Messungen
- Jahrringmessungen
- Stichpunktartige Messungen des Bestandesklimas und des Blattflächenindex'
- Kontrolle der Befallsentwicklung
- Fallen- und Lockstoffversuche
- Beobachtung der Revitalisierung von Kiefern nach Phyllophagenfraß und deren Disposition für Stammschädlinge

In **Laborversuchen** werden das Verhalten und die Biologie des Kiefernprachtkäfers näher untersucht. Während der Projektlaufzeit befand sich die Population des Kiefernprachtkäfers auf den hier ausgewählten Versuchsflächen in der Retrogradation. Ergebnisse bezüglich der Parasitierung, Geschlechterverteilung und des Verhaltens der adulten Kiefernprachtkäfer weichen daher vermutlich von Ergebnissen anderer Gradationsphasen des Kiefernprachtkäfers ab.

Untersuchungsschwerpunkte in Laborversuchen sind:

- Untersuchungen zur Populationsentwicklung des Kiefernprachtkäfers (Diapausebrechung, Parasitierungs- und Schlupfraten der einzelnen Entwicklungsstadien)
- Fallen- und Lockstoffversuche
- Flugraum- und Olfaktometerversuche
- Prolin-, Chlorophyll- und Chlorophyllfioreszenzmessungen an Einzelbäumen

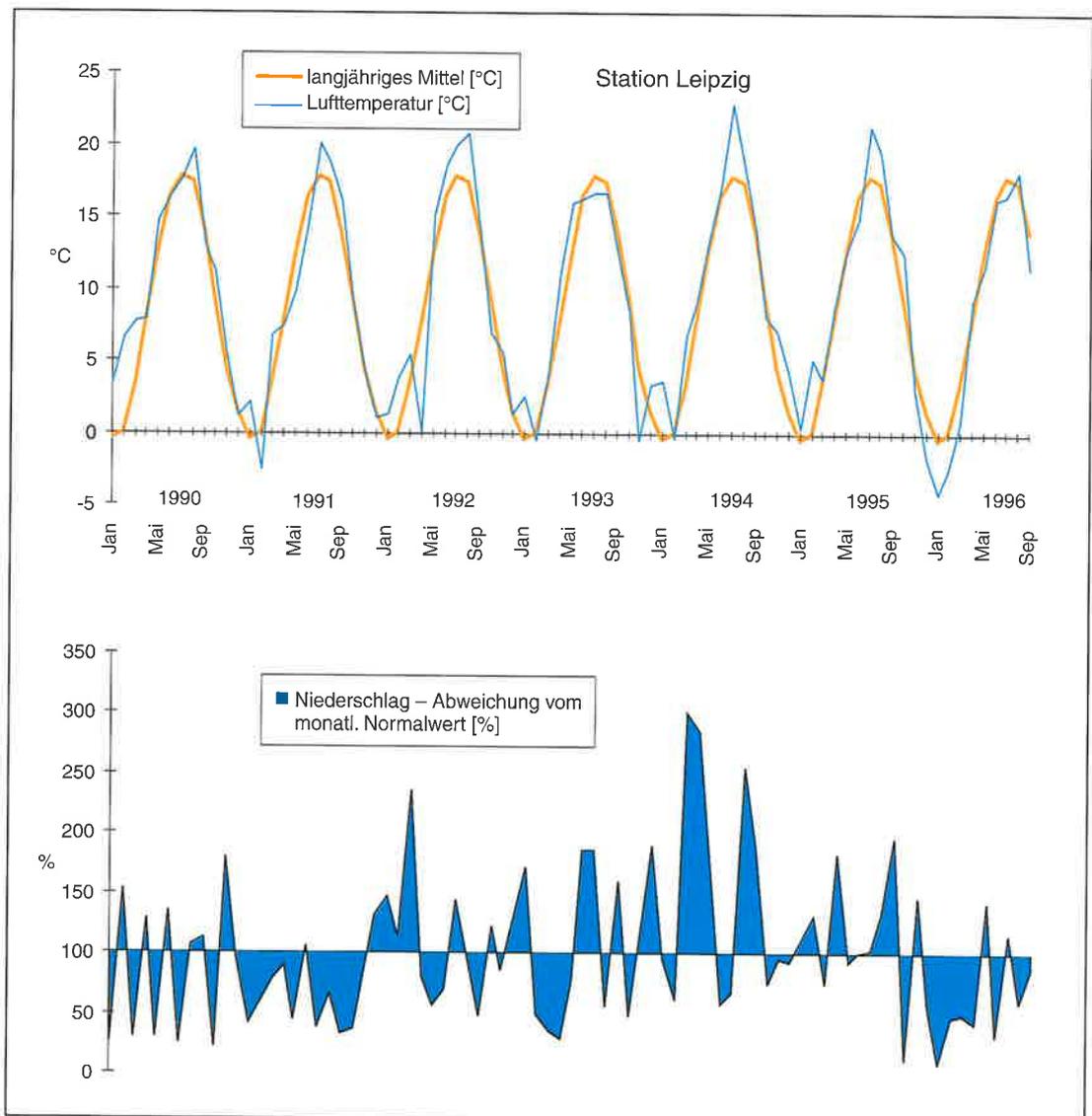
2 Äußere Bedingungen

2.1 Klimatische Bedingungen

Eine der entscheidenden Regel- und Steuergrößen bei der Entwicklung von Insektenpopulationen stellen die klimatischen Bedingungen und besonders die Abweichungen von den normalen langjährigen Mittelwerten dar (WILBERT 1962). Der direkte und indirekte Witterungseinfluß bedingt, neben anderen standörtlichen Faktoren, den Vitalitätszustand der

Die Stationen befinden sich in den Wuchsgebieten Leipziger Sandlöß-Ebene und Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland. Die langjährige Jahresmitteltemperatur für Leipzig beträgt 8,6 °C und für Oschatz 8,7 °C. Die langjährige Niederschlags-summe erreicht für Leipzig 529 mm und für Oschatz 575 mm. Im mittleren Temperaturverlauf

Abb. 1:
Temperaturverlauf
und %-Abweichungen
der monatlichen
Niederschlagsmenge
vom langjährigen
Mittelwert für die
Meßstation Leipzig
in den Jahren 1990
bis 1996



Waldbestände und des Einzelbaumes und damit deren Anfälligkeit gegenüber biotischen und anthropogenen Schadeinwirkungen. Die in Abb. 1 und 2 dargestellten Daten der Klimastationen Leipzig und Oschatz charakterisieren den Witterungsverlauf der Jahre 1990 bis 1996.

über die Jahre unterscheiden sich die Werte der beiden hier angeführten Klimastationen nur geringfügig. Bei den Niederschlagswerten bestehen einige geringe Differenzen.

Das von 1990 bis Mai 1993 überwiegende Niederschlagsdefizit in Verbindung mit überdurchschnittlichen Temperaturen zur Vegetationszeit führte zu einem permanenten Wasserstreß der Kiefernbe-

Meßergebnisse von zwei Waldklimastationen in den Untersuchungsgebieten Doberschütz und Weißwasser verdeutlichen die Situation für die hier angelegten Versuchsflächen in den Jahren 1994 bis

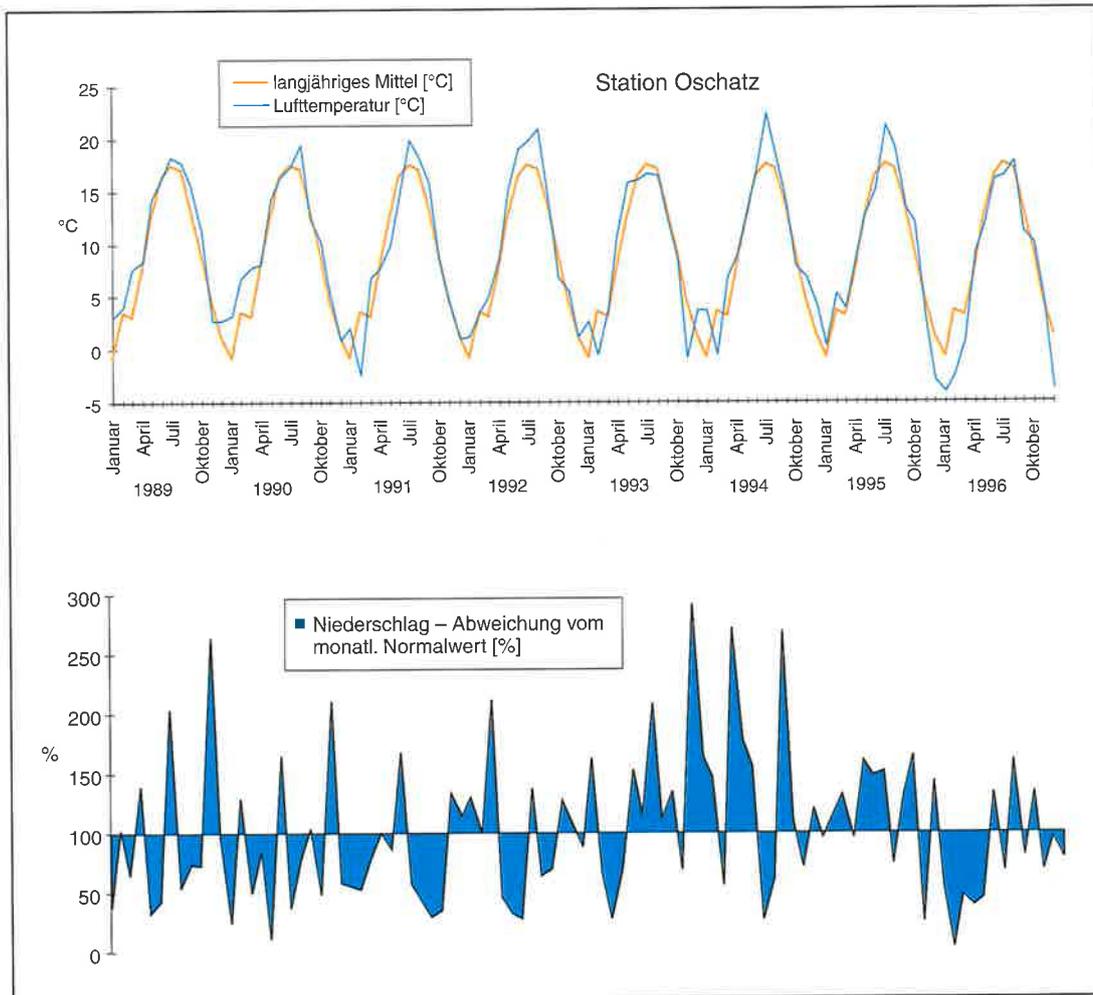


Abb. 2:
Temperaturverlauf
und %-Abweichungen
der monatlichen
Niederschlagsmenge
vom langjährigen
Mittelwert für die
Meßstation Oschatz in
den Jahren 1989 bis
1996

stände. Besonders auffällig sind hier die Bedingungen im Jahr 1991. Die Jahresniederschlagssumme für 1991 beträgt nur 69 % des langjährigen Mittels.

Entscheidender als der gesamte Jahresniederschlag für die Bestandesentwicklung sind die Verteilung und die Menge der Niederschläge in der Vegetationszeit.

Der pflanzenverfügbare Wasservorrat im Boden der hier betroffenen grundwasserfernen Sandstandorte ist meist ab Juli/August erschöpft (RAKEL, RENGER, WESSOLEK 1992; RIEK, WESSOLEK, LÜHRTE 1994; RIEK, RENGER 1994). In dieser Zeit sind die Waldbestände auf Niederschläge angewiesen, die über das Niveau der Interzeptionsverdunstung des Bestandes und seiner Bodenvegetation hinausgehen.

1996. Die Meßergebnisse der Bodensaugspannung im Hauptwurzelraum (30–60 cm) und der Tagesniederschlagssumme geben Aufschluß über die Wasserversorgung der Bestände.

Die Bodensaugspannung, gemessen in hPa, ist ein Maß für die Bindung des im Boden pflanzenverfügbaren Kapillarwassers. Ab einer Saugspannung von 500 hPa reicht das Aufnahmevermögen der Pflanzen (Transpirations- und osmotischer Sog) nicht mehr aus, um ausreichend Wasser aufzunehmen. In der Pflanze führt dies zu Wasserstreß und bei langem Andauern zu Trockenschäden. In den Monaten Juli und August der Jahre 1994 und 1995 steigt die Bodensaugspannung in den Kiefernbeständen beider Regionen deutlich über den Wert von 500 hPa (Sächsischer Waldschadens-

bericht 1994 und 1995). Einzelne Niederschläge von mehr als 5 mm bringen die Bodensaugspannung nur für kurze Zeit unter das kritische Niveau. In Abb. 3 wird anhand der gemessenen Bodensaugspannungen der akute Wasserstreß in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte August 1995 sichtbar. Ähnliche Bedingungen ergeben sich im Sächsischen Forstamt (SäFoA) Doberschütz (Sächsischer Waldschadensbericht 1995). Abb. 4 zeigt die Situation für 1996 auf der Versuchsfläche im SäFoA Weißwasser. Die Bodensaugspannung steigt von

Anfang Juni bis Ende Juni auf über 1000 hPa an. Ab Anfang Juli 1996 entspannt sich die Situation für den Rest der Vegetationszeit durch geringe Temperaturen und ergiebige und gut verteilte Niederschläge. Ähnliche Bedingungen ergeben sich auf der Versuchsfläche im SäFoA Doberschütz (Sächsischer Waldschadensbericht 1996). Die Witterungsbedingungen im Jahr 1996 boten optimale Bedingungen für eine weitere Vitalitätsverbesserung der Waldbestände in dieser Region.

Abb. 3:
Tagesniederschlag und Bodensaugspannung in einem Kiefernaltbestand im SäFoA Weißwasser während der Vegetationsperiode 1995

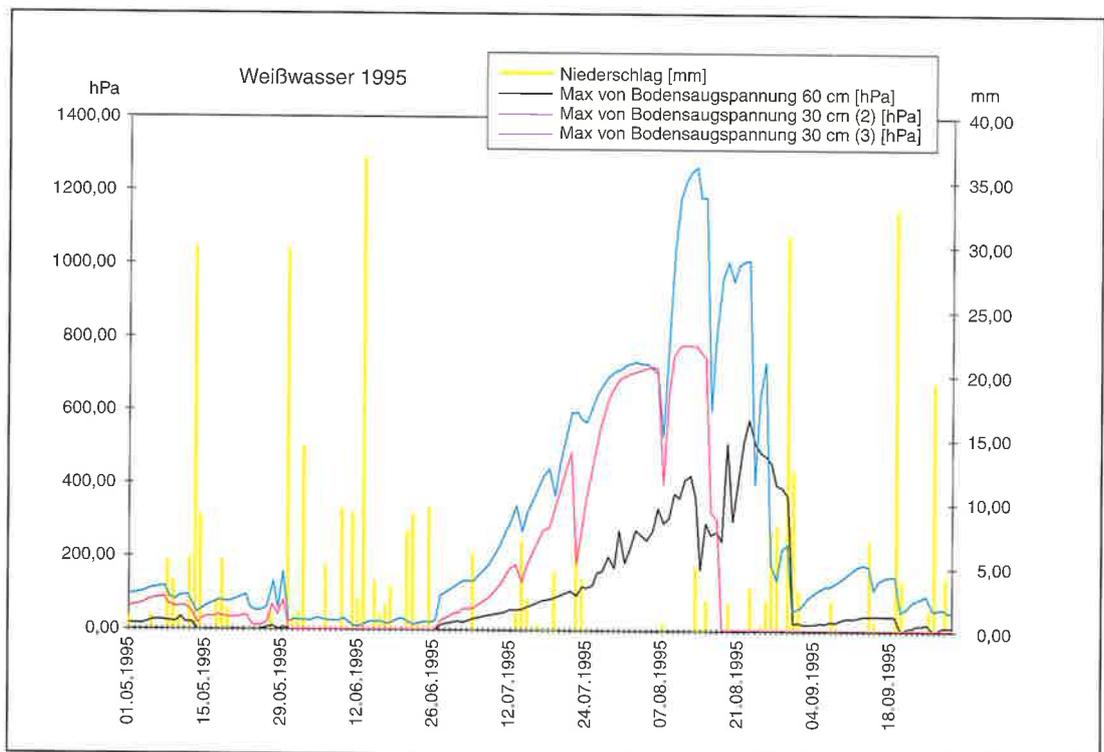
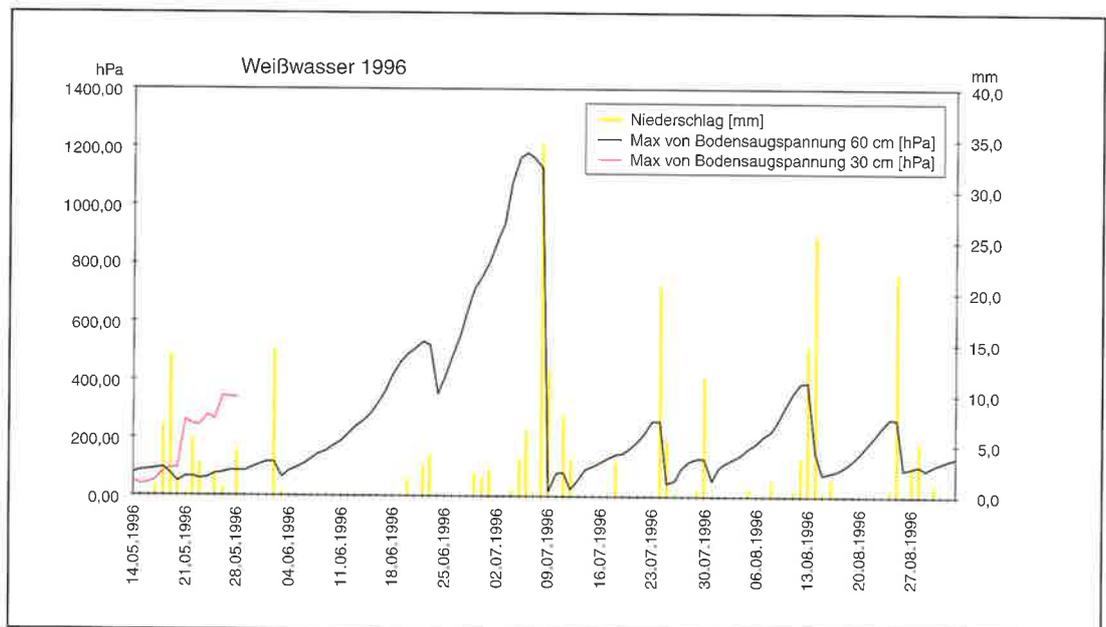


Abb. 4:
Tagesniederschlag und Bodensaugspannung in einem Kiefernaltbestand im SäFoA Weißwasser während der Vegetationsperiode 1996



2.2 Untersuchungsgebiete und Gebiete mit einem hohen Befallsholzanzahl

Die Auswahl der Versuchsflächen erfolgte in vier SäFoÄ mit einem hohen Befallsholzanzahl infolge der Besiedlung durch Kiefernprachtkäfer in den Jahren 1992/93 (s. Abb. 5).

In den SäFoÄ Doberschütz, Taura, Weißig a. R. und Weißwasser sowie dem BFoA Muskauer Heide wurden aus insgesamt 21 Abteilungen 46 Teilflächen mit zusammen 1 731 Versuchsbäumen ausgewählt und dauerhaft markiert (s. Anhang). Die Standortunterschiede sind nur gering. Vorwiegend handelt es sich um grundwasserferne Sandstandorte mittlerer Nährkraftstufe (M2m). Nur im SäFoA Taura wurden grundwasserbeeinflusste Standorte

(NM2) berücksichtigt, auf denen 1992/93 verstärkt Kiefernprachtkäferbefall aufgetreten ist.

Der Prachtkäferbefall konzentriert sich in den Gebieten mit einem hohen Kiefernanteil. Dazu gehören vor allem die Wuchsgebiete Düben-Niederlausitzer Altmoränenland, Lausitzer Löß-Hügelland, Sächsisch-Thüringisches Löß-Hügelland und Mittleres nordostdeutsches Altmoränenland.

Durch die Forstwirtschaft ist der Kiefernanteil in diesen Gebieten weit über das natürliche Maß erhöht worden. Als „Potentielle Natürliche Waldgesellschaft“ herrschen in dieser Region Eichen- und Buchenmischwälder vor. Nur auf extrem trockenen (- vernäßten) und armen Sandstandorten dominiert die Kiefer (ELLENBERG 1986).

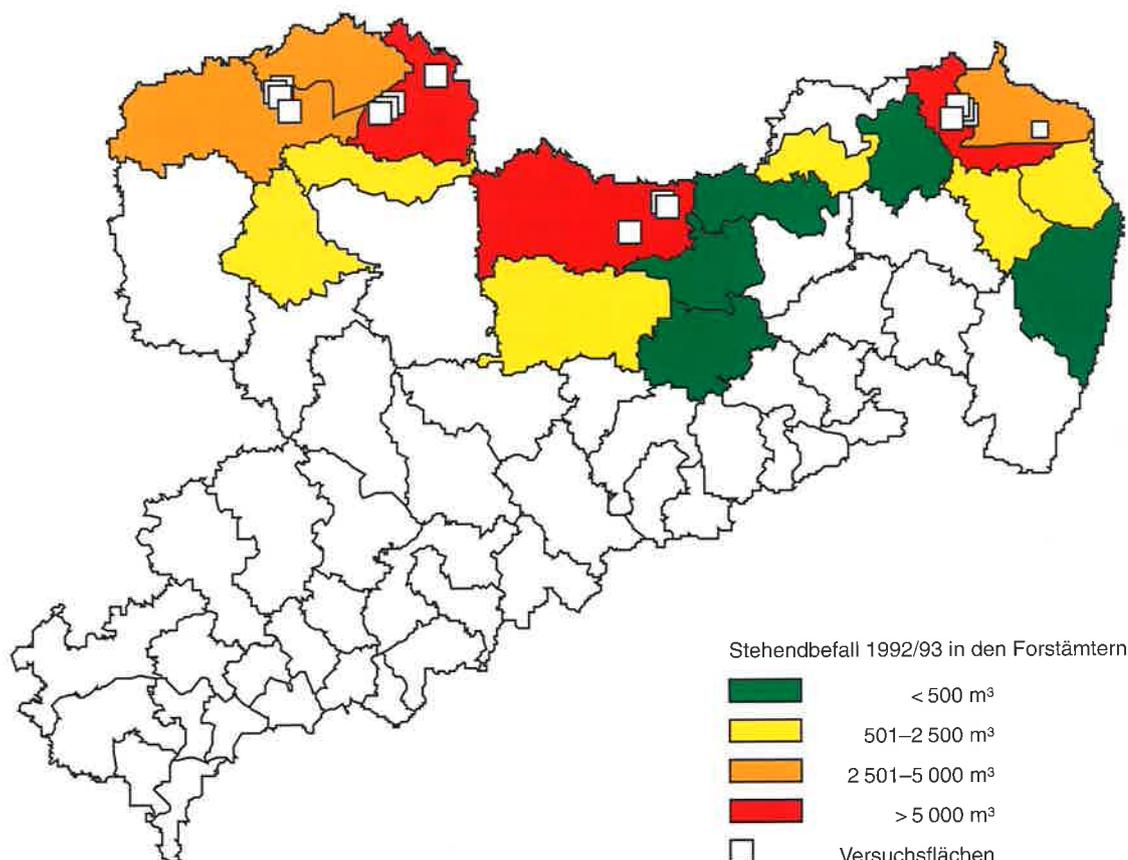


Abb. 5: Schwerpunkte des Stehendbefalls [m³] durch Kiefernprachtkäfer 1992/93 und Lage der Versuchsflächen in den SäFoÄ

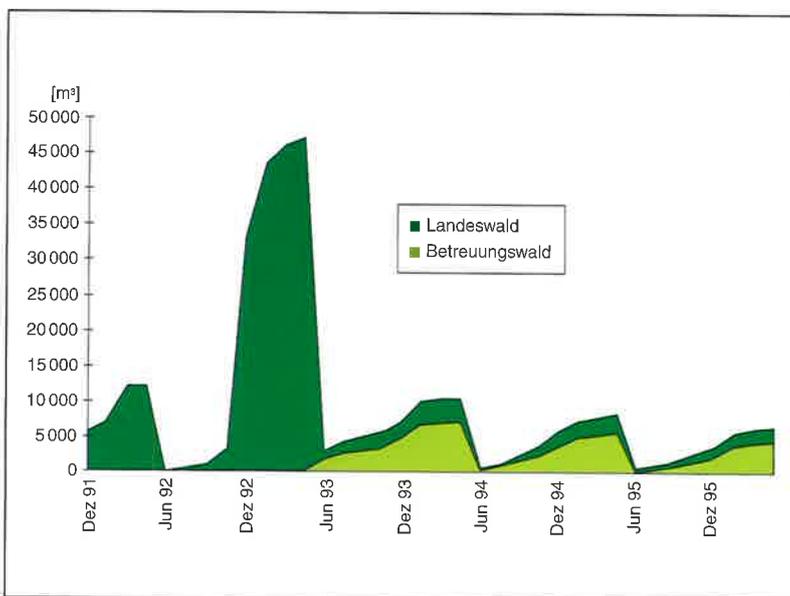
3 Populationsentwicklung im Untersuchungszeitraum

3.1 Befallsholzanfall (Gradationsverlauf)

Datengrundlage der folgenden Darstellungen ist ein Auszug aus den monatlichen Zusammenstellungen des Forstschutzmeldewesens.

In Abb. 6 wird der Gradationsverlauf des Kiefernprachtkäfers, gemessen am Befallsholzaufkommen, für den Landes- und Betreuungswald in Sachsen in der Zeit von Dezember 1991 bis Mai 1996 dargestellt. Unter Berücksichtigung der Biologie des Kiefernprachtkäfers und der Wirkung von Sanierungsmaßnahmen wird das Befallsholz des Kiefernprachtkäfers von Anfang Juni bis Ende Mai des darauffolgenden Jahres aufsummiert. Angaben hinsichtlich der Eigentumsart liegen seit 1993 vor. Von Dezember 1991 bis Juni 1993 sind nur Angaben für den Gesamtwald in Sachsen möglich.

Abb. 6:
Befallsholzanfall des
Kiefernprachtkäfers
in Sachsen seit 1991,
aufgegliedert nach
Landes- und
Betreuungswald



Eine Änderung der Populationsdichte des Kiefernprachtkäfers wird direkt aus der Änderung des Befallsholzanfalls abgeleitet. Diese Methode wird verwandt, da das Erfassen anderer Entwicklungsstadien (Eizahl, Puppen oder Imago), wie es normalerweise zur Beurteilung von Insektenpopulationen üblich ist, nicht oder nur schwer möglich ist. Mit diesem Hilfsmittel kann die Populationsentwicklung jedoch nur näherungsweise bestimmt werden.

Das Befallsholzaufkommen und demzufolge die Population des Kiefernprachtkäfers stieg von 1991/92 mit etwa 12 000 m³ bis 1992/93 auf etwa das Vierfache an (47 100 m³). 1993/94 fiel der Wert zurück auf 10 400 m³ und verringerte sich stetig bis 1995/96 auf 6 500 m³. Die Verteilung des Befallsholzaufkommens im Betreuungs- und Landeswald blieb in den letzten drei Jahren mit 68 % zu 32 % gleich.

Nach den optimalen Witterungsbedingungen für den Kiefernprachtkäfer in den Gradationsjahren 1991/92 folgte ein sehr feuchter und kühler Sommer 1993. Diese schlechten Bedingungen zur Hauptschwärmzeit des Kiefernprachtkäfers bremsen dessen weitere Entwicklung. Bei guter Wasserversorgung der Kiefern im Winter und Frühjahr 1994 (s. Abb. 1 und 2) verbesserte sich deren Vitalitätszustand weiter.

Die Jahre 1994 und 1995 boten dem Kiefernprachtkäfer zur Flugzeit optimale Entwicklungsbedingungen. Trotz einer günstigen Ausgangslage für die Waldbestände (gute Wasserversorgung im Frühjahr und Herbst 1994 und 1995) gerieten die Kiefern in dieser Region zur Schwärmzeit des Kiefernprachtkäfers in akuten Wasserstreß. Ein genereller Befallsholzanstieg blieb aber aus. Nur in extrem exponierten Beständen und durch Phyllophagenfraß vorgeschädigten Kiefernbeständen stieg 1995 die Befallsholzmenge (aus vorwiegend einjähriger Generation) an. Auf Landes- und Forstamtsebene hält die rückläufige Tendenz im Aufkommen von Befallsholz durch den Kiefernprachtkäfer weiter an und wird sich auch nach den sehr kühlen Witterungsbedingungen zur Schwärmzeit des Kiefernprachtkäfers im Jahr 1996 fortsetzen. Auf allen Versuchsflächen blieb ein Befallsholzanstieg aus.

Der hier dargestellte Gradationsverlauf des Kiefernprachtkäfers für den Zeitraum von 1991 bis 1996 ähnelt der Populationsentwicklung eines r-Strategen. Diese ist durch eine kurze aber intensive Pro- und Retrogradation und eine längere Latenzphase gekennzeichnet (WEBER 1974; REMMERT 1989;

BEGON, HAPER, TOWNSEND 1991). Frühere Gradationen des Kiefernprachtkäfers in den Jahren 1976 und 1983 verliefen in ähnlicher Art und Weise (TEMPLIN et al. 1978; APEL 1986). Auslösender Faktor für den rapiden Befallsholzanstieg 1992/93 waren die günstigen Witterungsbedingungen der Vorjahre 1991/92 (hohes Wasserdefizit verbunden mit hohen Temperaturen im Frühjahr und Sommer, s. 2.1) und das geringe Abwehrvermögen der Kiefern. Typisch für diesen Vermehrungstyp ist das schnelle Anwachsen der Populationsgröße bei gutem Nahrungsangebot (hier geschwächte Kiefernbestände) sowie die geringe Selbstregulation der Populationsdichte. In Abb.7 sind die Zusammenhänge zwischen den Witterungsbedingungen (Angaben der Station Oschatz) und dem Befallsholzanfall (Sachsen gesamt) erkennbar.

Der Kiefernprachtkäfer durchläuft in der Regel eine zweijährige Entwicklung. Verbessern sich die Rahmenbedingungen, kann die Entwicklungszeit auf ein Jahr verkürzt werden. Entscheidend hierfür sind die Entwicklungstemperatur und der physiologische Zustand des Wirtsbaumes (Bastschicht) (s. 4.1 und 4.2). Hierdurch kann der Kiefernprachtkäfer schnell auf eine Erhöhung des Nahrungsangebotes reagieren. Diese Situation ergab sich im Winter 1992/93. Hier konzentrierte sich der Befallsholzanfall durch das Zusammenreffen der ein- und zweijährigen Generation des Kiefernprachtkäfers.

Befallsholz des Kiefernprachtkäfers wird meist bei noch grüner Benadelung in der Zeit von September bis März durch Rindenabschläge des Spechtes sichtbar. Untersuchungen im Jahr 1994 und 1995 zeigten, daß der größte Teil des Befallsholzanfalls aus einjähriger Generation des Kiefernprachtkäfers im letzten Jahresquartal sichtbar wird.

Im Winter 1991/92 liegt der Anteil des vor Dezember gemeldeten Befallsholzes bei 47 % des Gesamtbefallsholzaufkommens. Für die Jahre 1992/93 bis 1994/95 erhöht sich dieser Anteil auf etwa 70 % und fällt 1995/96 wieder auf 57 %. Dies läßt die Vermutung zu, daß der Anteil der einjährigen Generation am Befallsholzaufkommen in der Zeit von 1992 bis 1994 deutlich über den Werten von 1991/92 und 1995/96 lag.

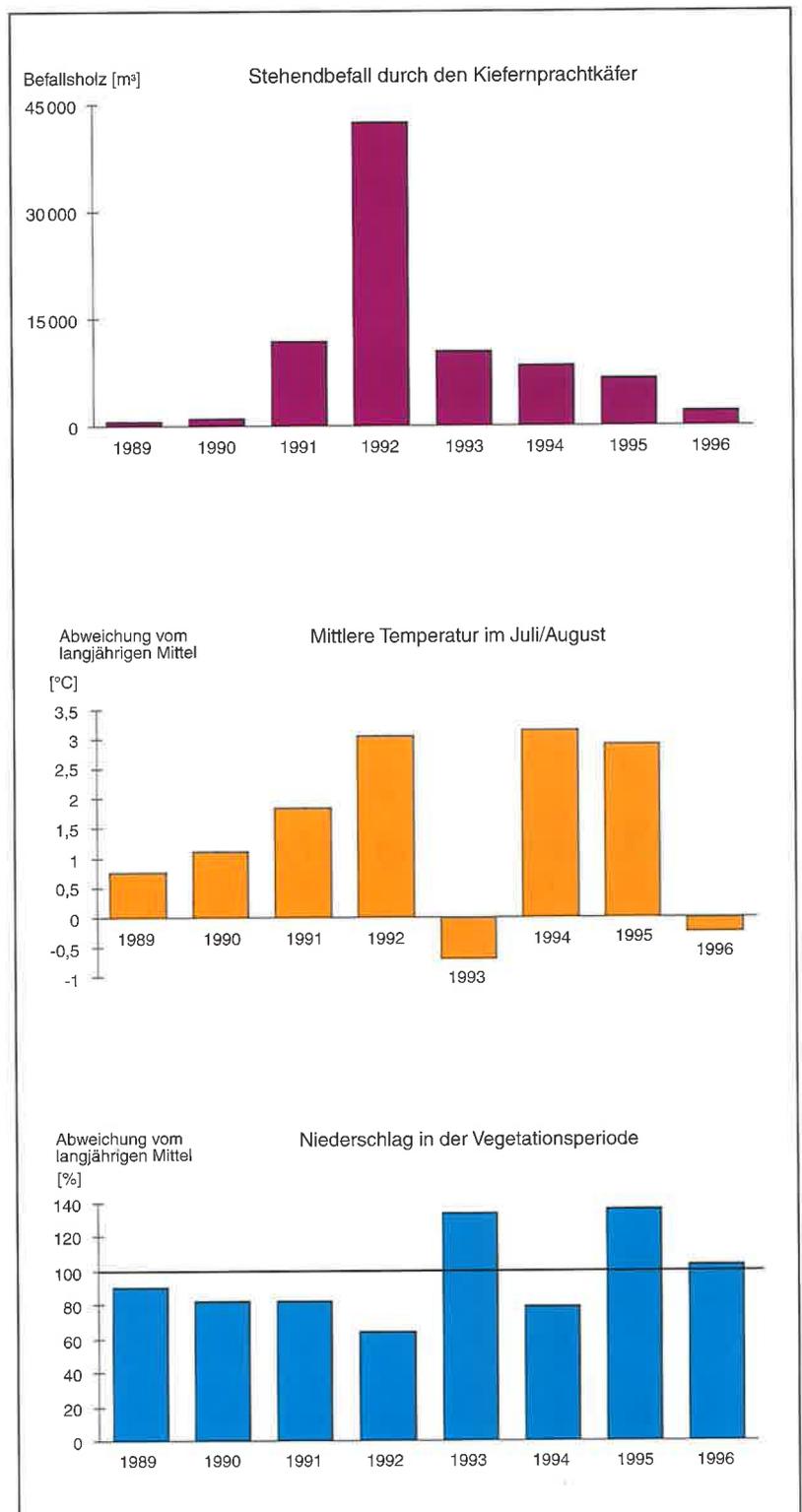


Abb. 7:
Befallsholzanfall durch
Kiefernprachtkäfer
(Sachsen gesamt)
und ausgewählte
Witterungsparameter
(Station Oschatz)
1989 bis 1996

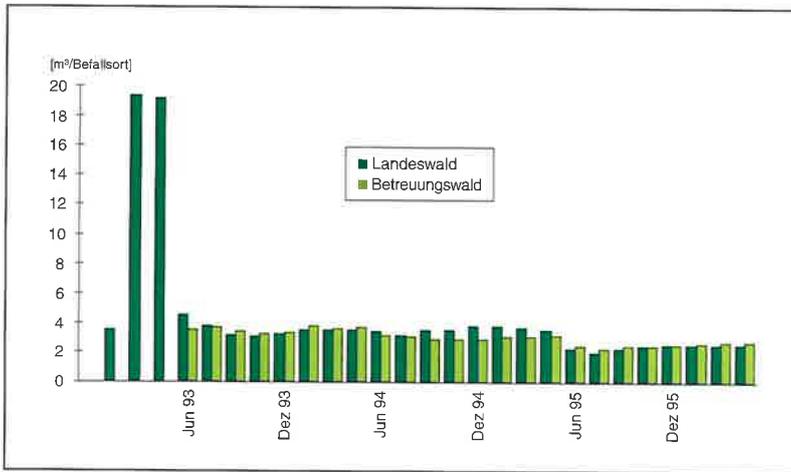


Abb. 8:
Befallsholzmenge
je Befallsort im
Betreuungs- und
Landeswald für
1993 bis 1996

Abb. 8 zeigt die Befallsholzmenge je Befallsort, differenziert in Landes- und Betreuungswald. Diese Angaben ermöglichen eine Beurteilung des Schadausmaßes für die betroffenen Bestände.

Der Gradationshöhepunkt 1992/93 zeichnet sich auch in Abb. 8 deutlich ab. An Stelle des einzelstammweisen, tritt hier ein flächiges, bestandesauflösendes Absterben der Kiefern. Ab 1993 fällt die Befallsholzmenge je Befallsort wieder auf das Ausgangsniveau von durchschnittlich 3,5 m³/Befallsort und sinkt bis 1995/96 auf 2,6 m³/n.

Zwischen Betreuungs- und Landeswald ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede. Die Anzahl jährlich absterbender Kiefern pro Teilfläche liegt noch über den Normalwerten. Sie sind aber in den vorwiegend betroffenen Kiefernreinbeständen zu tolerieren. Ausnahmen bilden hier Kiefernüberhälter oder Kiefernschirmbestände, bei denen ein weiteres Ausfallen von Altkiefern zu einem hohen finanziellen Schaden führt oder eine weitere Auflichtung die Voranbauten gefährdet (Spätfrost).

3.2 Befallsentwicklung auf den Versuchsflächen

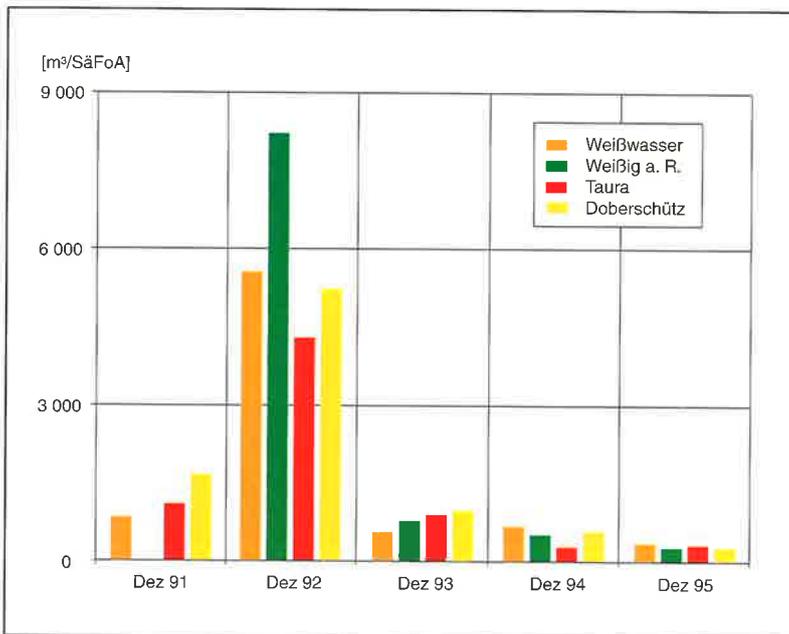


Abb. 9:
Befallsholzanzahl
von 1991 bis 1995
in den SäFoÄ mit
Versuchsflächen

In den SäFoÄ mit Versuchsflächen vollzog sich wie im Gesamtwald von Sachsen der rapide Befallsholzanstieg 1992/93. Ausgehend von den Befallsholzaufkommen des Jahres 1991, war dieser starke Anstieg 1992/93 nicht zu erwarten. Im Jahr 1993 fällt das Befallsholzvolumen wieder auf das Ausgangsniveau. Der bis 1996 rückläufige Trend ist in allen SäFoÄ gleich (s. Abb. 9).

Für eine genauere Einschätzung des Befallsgeschehens auf den Versuchsflächen wurde eine Larvenbesatzkontrolle am lebenden Baum durchgeführt. Hierzu wurden im März 1994 auf 26 Versuchsflächen 766 Bäume und im November 1994, Mai 1995 und Oktober 1995 weitere 964 Bäume auf insgesamt 47 Teilflächen auf Kiefernprachtkäferbefall untersucht. Die Befallsansprache am Baum erfolgte in Brusthöhe. Hierzu wurde auf der Nord- und Südseite der Versuchsbäume ein Bastspan (20 cm x 1 cm) mit einem Reißhaken entnommen und die Anzahl der Larvengänge ausgezählt. Zur besseren Einschätzung der Besiedlungsstruktur erfolgte im Mai und Oktober 1995 in Verbindung mit Anflugfallen (s. 5.2) zusätzlich an einem Teil der Versuchsbäume eine Befallsansprache in 5 m Höhe.

Mit diesem Verfahren (mündliche Mitteilung von DR. APEL, Eberswalde) ist es möglich, standardisiert, ohne eine gravierende Vitalitätsbeeinflussung der Kiefern, den Befallsgrad der Untersuchungsbäume einzuschätzen. Zur Beurteilung der Genauigkeit des Verfahrens wurden 20 Kiefern, nach der Larvenbesatzkontrolle mittels Bastspan, gefällt und der Larvenbesatz unter der gesamten Rinde überprüft. Bei 6 Kiefern (30 %) entsprach die Stehend-



Am Beispiel der drei SäFoÄ Doberschütz, Taura und Weißwasser sind die Ergebnisse in den Abb. 11, 12 und 13 zusammengefaßt. Hier werden die einzelnen Befallskategorien für die Untersuchungszeitpunkte gegenübergestellt.

Abb. 10:
Larvenbesatzkontrolle an den Versuchsbäumen (alte verheilte und neue Bastspanentnahme)

Im SäFoA Weißwasser verringerte sich im Beobachtungszeitraum der Anteil gering befallener Kiefern zugunsten nicht befallener Versuchsbäume. Der Anteil stark befallener Kiefern bleibt während des gesamten Untersuchungszeitraumes auf einem Niveau von etwa 15 %.

Auf den Versuchsflächen im SäFoA Taura verringert sich im Untersuchungsjahr 1994 der Anteil stark befallener Kiefern von 28 % auf 23 %. Er steigt aber 1995 mit 32 % wieder über das Ausgangsniveau. Der Anteil stark befallener Kiefern liegt fast doppelt so hoch wie im SäFoA Weißwasser.

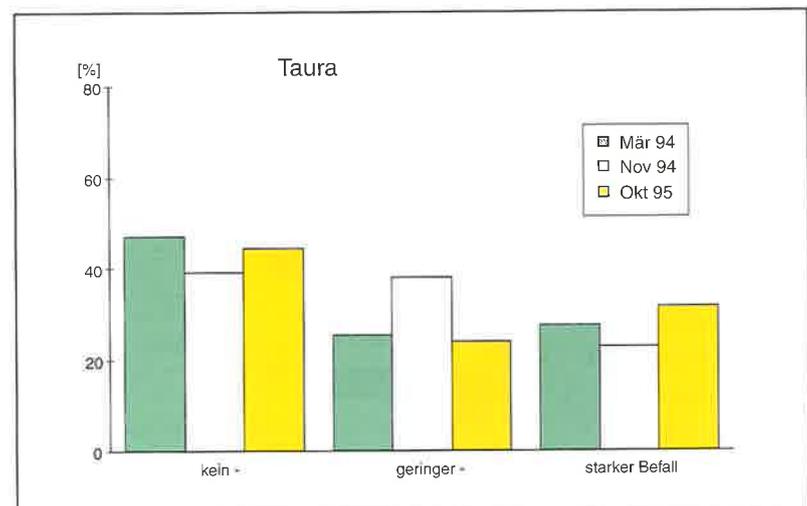
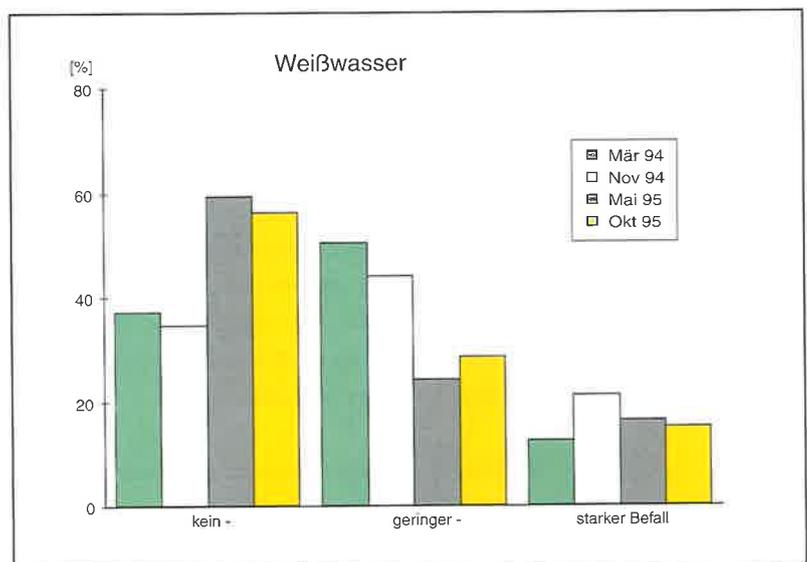
Abb. 11 und 12
Befallsstärke in den SäFoÄ Weißwasser und Taura in der Zeit von März 1994 bis Oktober 1995

befallsansprache nicht dem wirklichen Larvenbesatz. Um diese Fehlerquote zu verringern, müßten größere Bastbereiche der Kiefern auf Larvenbesatz untersucht werden, was zu einer nicht gewollten Vitalitätsbeeinträchtigung der Bäume führen würde.

Die Befallsstärke wurde durch die Anzahl der Larvengänge je Bastspan erfaßt und anschließend in folgende drei Befallskategorien eingeteilt:

1. kein Befall
2. geringer Befall (1–3 Larvengänge/Bastspan)
3. starker Befall (mehr als 3 Larvengänge/Bastspan)

Untersuchungen an abgestorbenen Kiefern zeigen, daß unter Extrembedingungen (Wasserstreß, Nadelverlust durch Phyllophagenfraß) ein Larvenbesatz von mehr als drei Prachtkäferlarven auf 20 cm Stammlänge (= Bastspan) ausreicht, um die Bastschicht der Kiefer nachhaltig zu zerstören. Versuchsbäume mit geringerem Larvenbesatz überlebten unter gleichen Bedingungen. Bei guter Wasserversorgung und guter Ausgangsvitalität überlebt die Kiefer weit höhere Belagsdichten. So wurden in den SäFoÄ Weißwasser und Doberschütz Belagsdichten von mehr als 20 Larvengängen (bezogen auf 20 cm Stammlänge) von den Versuchsbäumen ohne erkennbare Schäden überwallt.



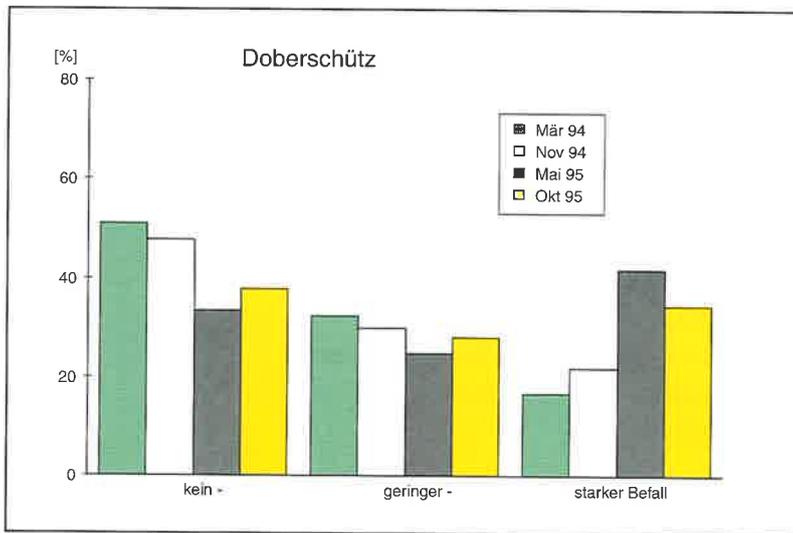


Abb. 13:
Befallsstärke im
SäFoA Doberschütz in
der Zeit von März 1994
bis Oktober 1995

Die guten Rahmenbedingungen zur Flugzeit des Kiefernprachtkäfers 1995 führten besonders deutlich im SäFoA Doberschütz zu einem Befallsanstieg. Der Anteil stark befallener Kiefern verdoppelt sich von 1994 bis 1995 von im Mittel 18 % auf 36 %. Dieser Anstieg resultiert aus einer Befallsverstärkung schon besiedelter Kiefern und durch Neubesiedlung bisher nicht befallener Bäume.

Um die Befallsentwicklung, bezogen auf den einzelnen Versuchsbaum, besser erfassen zu können, wurde unabhängig von den oben dargestellten Kategorien die Befallsveränderung von März 1994 bis Oktober 1995 für die Einzelbäume erfaßt und in den Abb. 14 und 15 zusammengestellt.

Die Rubrik „verringert“ umfaßt alle untersuchten Kiefern, bei denen sich der Befall, gemessen an der Anzahl der Larvengänge im Bast (s. o.), verringert.

Zur Rubrik „gleich“ zählen alle Versuchs bäume, bei denen der Larvenbesatz konstant geblieben ist. Zur Rubrik „erhöht“ zählen alle untersuchten Bäume, bei denen die Larvenzahl im Bast stieg. Die Rubrik „tot“ beinhaltet alle 1994 und 1995 in den Probekreisen abgestorbenen Kiefern.

Kiefern, bei denen die Anzahl der Larvengänge im Jahr 1994 und 1995 nicht stieg und keine Weiterentwicklung der Larven erkennbar war, wurden demnach 1993 bzw. 1994 nicht erfolgreich von Eilarven des Kiefernprachtkäfers besiedelt. Nach dem Einbohren in die Bast-schicht starben die Eilarven ab oder wurden durch das sekundäre Dickenwachstum des Baumes überwältigt.

Der Befallszustand der Versuchs bäume unterscheidet sich über den gesamten Beobachtungszeitraum von 1994 bis 1995 nur gering. Eine getrennte Betrachtung der Versuchsjahre zeigt aber für 1994 im SäFoA Doberschütz einen, im Vergleich zu den anderen hier aufgeführten Forstämtern (Abb. 14), deutlichen Befallsrückgang. Bei fast 50 % der Versuchs bäume bleibt der Befallsgrad konstant. Befallszu- und -abnahme halten sich mit etwa 21 % der Versuchs bäume die Waage. Im SäFoA Taura und besonders im SäFoA Weißwasser liegt 1994 die Befallszunahme deutlich über der Befallsabnahme.

Der prozentuale Anteil abgestorbener Kiefern läßt sich jedoch nicht aus der Befallsentwicklung der Versuchsflächen ableiten. So liegt z. B. im SäFoA Weißwasser mit einer hohen Befallszunahme (38 % der Versuchs bäume) für 1994 der Anteil abgestor-

Abb. 14: ■ □
Befallsentwicklung von
März bis Oktober 1994
auf den Versuchs-
flächen der SäFoA
Weißwasser, Taura
und Doberschütz

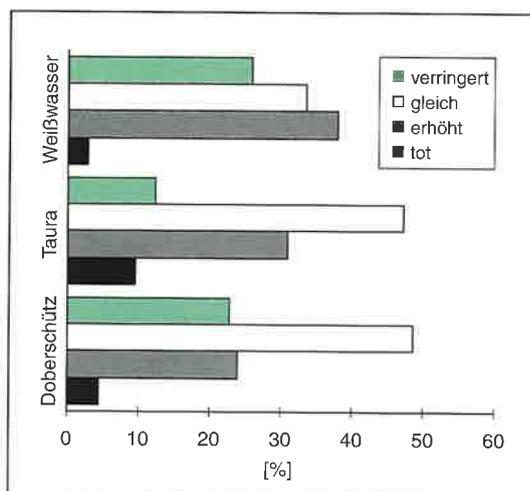
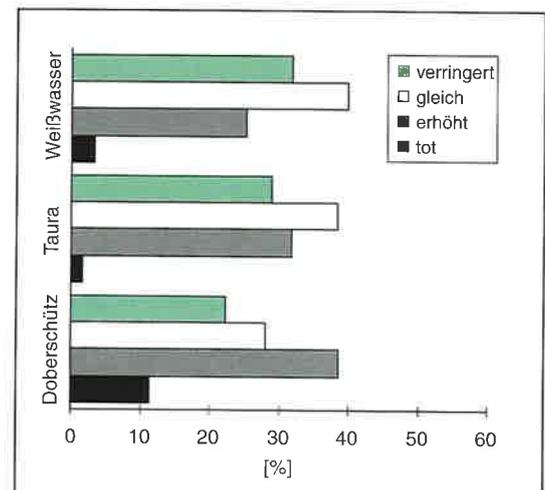


Abb. 15: □ ■
Befallsentwicklung von
März bis Oktober 1995
auf den Versuchs-
flächen der SäFoA
Weißwasser, Taura
und Doberschütz



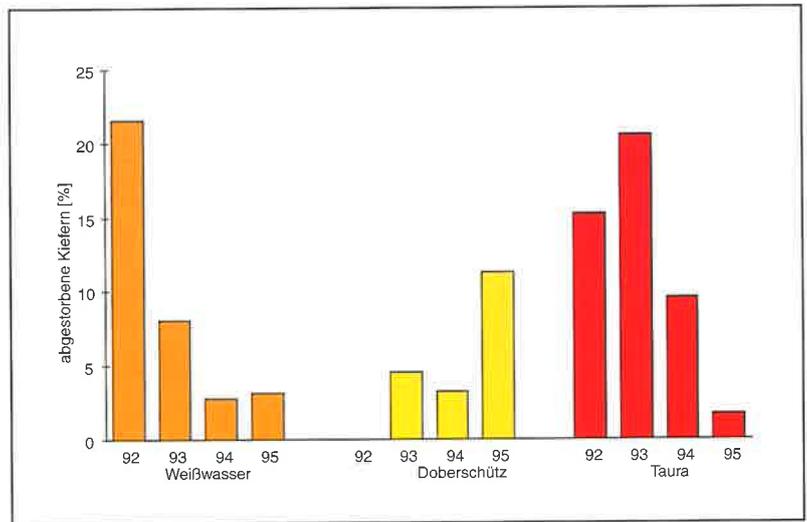
bener Kiefern bei 3 %. Im Gegensatz dazu beträgt der Anteil abgestorbener Kiefern im SäFoA Taura trotz geringerer Befallszunahme 9,5 %.

Für 1995 ist im SäFoA Doberschütz eine deutliche Befallserhöhung erkennbar (s. Abb. 15). In dem SäFoA Taura ist dieser Befallsanstieg nicht so deutlich ausgeprägt. Im SäFoA Weißwasser überwiegt der Befallsrückgang. Der Anteil abgestorbener Kiefern verringert sich im SäFoA Taura von 1994 zu 1995 von 9,5 % auf 2 % der Versuchsbäume. Im SäFoA Weißwasser bleibt der Anteil mit 3 % konstant. Der Anteil abgestorbener Versuchsbäume im SäFoA Doberschütz erhöht sich von 4,5 % im Vorjahr auf 11 %.

Obwohl im Frühjahr 1994 und 1995 ein sehr hoher Prozentsatz aller untersuchten Kiefern als befallen eingestuft wurde, starben bis Ende 1994 im Mittel nur 8,2 % und bis Ende 1995 im Mittel nur 5,4 % der untersuchten Kiefern durch Einwirkung von Insekten ab, 1993 waren es noch 11 % der gesamten untersuchten Kiefern (s. Abb. 16).

In den SäFoÄ Weißwasser und Taura ist der Trend stark rückläufig und deckt sich mit der Gesamtentwicklung der FoÄ (s. Abb. 9). Im Gegensatz zur Entwicklung des Befallsholzanzfalls erhöhte sich im SäFoA Doberschütz die Absterberate auf den Versuchsfeldern für diese Zeiträume (s. Abb. 9). Durch die gezielte Auswahl stark disponierter Kiefernbestände fällt hier die Befallsentwicklung deutlich schlechter aus, als auf der gesamten Forstamtsfläche.

Der hohe Anteil mit Larven besetzter Versuchsbäume (40 % bis 60 %) und die geringe Absterberate (5 % bis max. 12 %) unterstreicht den deutlichen Einfluß des Wirtsbaumes auf die weitere Larvenentwicklung. Andererseits wird deutlich, welcher starkem Besiedlungsdruck durch kambio- und xylophage Insekten die Kiefern in dieser Region ausgesetzt sind.



In Anlehnung an das Verfahren der Waldschadenserhebung (Terrestrische Waldschadenserhebung [WSE]; BMELF [Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten] 1993; Manual BFH [Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft] und VULHM [Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti] 1994) wurde der Vitalitätszustand (Kronenzustand) bei jedem Untersuchungstermin angesprochen. Die Einteilung erfolgte in vier Schadstufen:

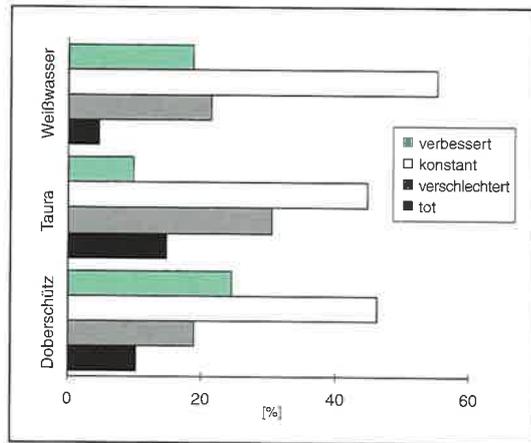
- (0 = ohne Schadmerkmal)
- 1 = schwach geschädigt
- 2 = mittelstark geschädigt
- 3 = stark geschädigt
- 4 = abgestorben

Als Kriterien für die Einteilung der Kiefern in diese vier Stufen gingen die Kronentransparenz, Verzweigungsstruktur (ROLOFF 1989), Benadelung (Nadeljahrgänge), Nadelvergilbung, Kronenform und Größe ein. Aufgrund der hohen Versuchsbaumzahl wurde, abweichend vom Verfahren der WSE, der Nadelverlust der Versuchsbäume nicht in 5%-Stufen erhoben und anschließend den Schadstufen zugeordnet, sondern direkt in die vier Schadstufen eingeteilt. Mit dieser groben Beurteilung des Kronen- und damit auch des Vitalitätszustandes sollte eine Verbindung zu anderen erhobenen Parametern hergestellt werden.

Die bundesweiten WSE Ergebnisse belegen für die Zeit von 1991 bis 1995 für die Kiefer in Ostdeutschland einen erheblichen Rückgang der deutlichen Schäden (Schadstufen 2 bis 4) von 39 % auf 13 % (WSE 1995, WSE 1996).

Abb. 16:
Prozentualer Anteil
abgestorbener Kiefern
in der Zeit von
1992 bis 1995

Abb. 17:
Veränderung der
Schadeinstufung
der Versuchsbäume
von März 1994 bis
Oktober 1995



Diese Vitalitätsverbesserung fällt auf den hier ausgewählten Versuchsf lächen etwas geringer aus. Abb. 17 zeigt die Vitalitätsentwicklung der Versuchsbäume anhand der Veränderung in der Schadeinstufung (Kronenzustand).

In der Zeit von 1994 bis 1995 ist im Durchschnitt aller Flächen keine eindeutige Vitalitätsverbesserung zu erkennen.

Bei 45 % bis 55 % der Versuchsbäume bleibt der Kronenzustand konstant.

Vitalitätsverschlechterung (20 % bis 30 %) und Verbesserung (10 % bis 25 %) halten sich in etwa die Waage. Dabei verschlechterte sich im SäFoA Taura der Kronenzustand auf den Versuchsf lächen etwas. Für die Versuchsbäume im SäFoA Doberschütz liegt eine Verbesserung vor, und im SäFoA Weißwasser bleibt der Vitalitätszustand der Kiefern auf den Versuchsf lächen in dieser Zeit konstant.

Auswirkungen der Befallsentwicklung (Larvenbesatz, s. Abb. 11 bis 13) haben keinen erkennbaren Einfluß auf den äußerlich eingeschätzten Vitalitätszustand der Kiefern. Die Masse der stark befallenen Kiefern (58 %) weist nur schwache bis mittelstarke Schäden in Benadelung und Krone auf. Ein Anstieg der Larvenbelagsdichte in der Kiefer führt nicht generell zu einer Verschlechterung des Kronenzustandes.

4 Natürliche Regelmechanismen der Populationsdynamik

4.1 Laborversuche zum Entwicklungserfolg einzelner Entwicklungsstadien des Blauen Kiefernprachtkäfers

Zur Durchführung von Laborversuchen (s. 5.1) ist eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Versuchstieren erforderlich. So wurden, der Arbeitskapazität entsprechend, Versuche zum Aufbau einer Dauerzucht des Kiefernprachtkäfers durchgeführt. Eine echte Laborzucht besteht bisher nicht und konnte auch im Rahmen dieses Projektes nicht aufgebaut werden. Die ermittelten Ergebnisse werden mit den Angaben aus umfangreich durchgeführten Untersuchungen von DR. APEL 1986 verglichen.

Beim Aufbau der Laborzucht treten zwei Schwierigkeiten auf:

1. Der Kiefernprachtkäfer durchläuft in der Regel eine zweijährige Entwicklung mit einer echten Diapause (WEBER 1974). Durch Verbesserung der Rahmenbedingungen (höhere Entwicklungstempera-

turen und fehlender Widerstand des Wirtsbaumes) kann diese auf ein Jahr verkürzt werden (GABRYEL 1967; TEMPLIN 1962; TEMPLIN 1974). Aber auch in der einjährigen Generation durchläuft der Kiefernprachtkäfer als holometaboles Insekt im Puppenstadium eine echte Diapause. Hauptauslöser hierfür ist die Temperatur, aber auch andere Umweltreize sind entscheidend (MANSINGH 1971; WEBER 1974; SCHWERDTFEGGER 1981).

2. Die Entwicklung vom Ei bis zum vierten Larvenstadium des Kiefernprachtkäfers verläuft im Bast des Wirtsbaumes. Der Entwicklungserfolg ist sehr stark vom physiologischen Zustand des Wirtsbaumes abhängig (z. B. Bastfeuchte). Beobachtungen zum Entwicklungserfolg der Larven bedingen immer eine Zerstörung des Nährsubstrats und führen zur Unterbrechung der weiteren Entwicklung.

Unter Laborbedingungen ist die nahezu natürliche Larvenentwicklung nur in Kiefernstammstücken zu bewerkstelligen. Aber aufgrund der hohen Entwicklungstemperatur (> 15°C) trocknen diese nach kurzer Zeit aus. Nachträgliches Befeuchten führte bei eigenen Versuchen zur Verpilzung der Bast- und Rindenschicht. Sehr arbeitsaufwendige Verfahren mit abgelöstem Bast- und Rindenstück vom Holz der Wirtsbäume, wie sie z. B. bei der Laborzucht von *Nemosoma elongatum* L. (WIGGER 1995) angewendet wurden, waren zeitlich nicht durchführbar.

Eine Alternative hierzu bietet der Einsatz von semisynthetischem Nährmedium (Diät), um den Entwicklungserfolg besser quantitativ und qualitativ beobachten und beurteilen zu können. Versuche hierzu wurden mit einer abgewandelten Grundrezeptur von CARLE 1969 zur Zucht von *Pissodes notatus* F. durchgeführt. Aber auch hier besteht durch den hohen Feuchtegehalt des Nährmediums und die hohe Entwicklungstemperatur die Gefahr der Verpilzung. Auf einer sterilisierten Diät angeetzte Larven des Kiefernprachtkäfers mußten daher bis zum Erreichen des vierten Larvenstadiums mehrfach auf neu zubereitetes Nährmedium umgebettet werden.

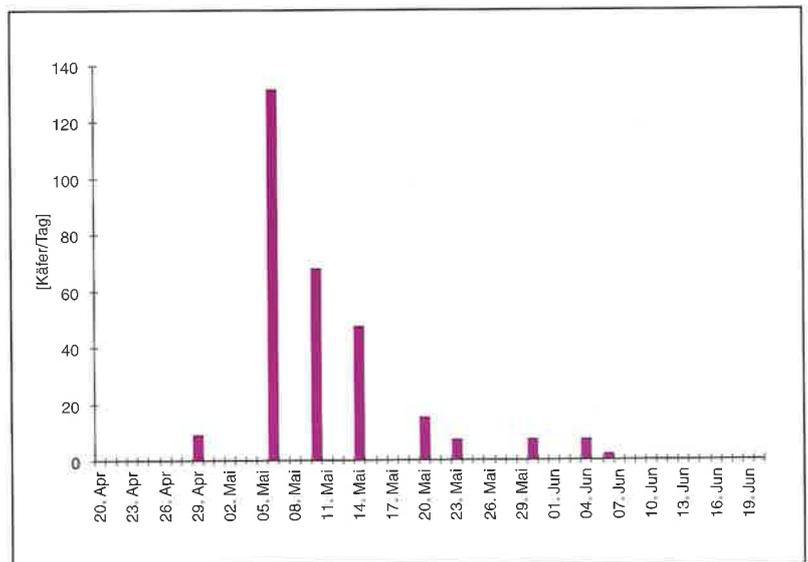
Für die Larvenzucht und Diapausebrechung standen drei Klimaschränke (WB Binder, Weiß-ZPR 2000) sowie ein klimatisierter Raum (HEMPEL und RÜLCKER 1995) zur Verfügung. Durch die Programmierung eines Wechseltemperaturprogrammes mit Tag- und Nachtrhythmus in Kombination mit entsprechender Luftfeuchte ergab sich die Möglichkeit, die Entwicklungsbedingungen naturnah anzupassen. Für die einzelnen Entwicklungsphasen und zur Diapausebrechung wurden drei Programme, Winter, Frühjahr (bzw. Herbst) und Frühsommer, eingerichtet (s. Anhang). Die Frostbehandlung (Winterprogramm) dauerte je nach Versuchsansatz zwischen ein und vier Wochen.

Nach einer mindestens dreiwöchigen Frostbehandlung (Winterprogramm) konnte, bei anschließender Temperaturerhöhung (Frühsommerprogramm), die Entwicklungszeit des Kiefernprachtkäfers im Vergleich zum Freiland um drei bis vier Monate verkürzt werden. Der Entwicklungserfolg (Schlupfrate, Temperatursumme) zwischen den

Behandlungsvarianten wurde verglichen. Eine Frostbehandlung von weniger als drei Wochen führte trotz anschließender Temperaturerhöhung beim Vergleich der Entwicklungstemperatursummen zu einer Entwicklungsverzögerung. Die Entwicklungstemperatursumme bis zum Schlupf der Käfer betrug bei den hier durchgeführten Versuchen 561,1 °C in 60 Tagen (Tag * Temperatur in °C > 14 °C). Diese Ergebnisse entsprechen in etwa den von APEL 1986 angegebenen Daten. Kiefernprachtkäferlarven in Rindenproben, die keiner Frostbehandlung unterzogen wurden, benötigten etwa die vierfache Entwicklungstemperatursumme bis zum Schlupf der Käfer.

Die Schlupfzeit des Kiefernprachtkäfers erstreckt sich unter Laborbedingungen über einen Zeitraum von 45 Tagen. In Abb. 18 ist der Schlupf von Kiefernprachtkäfern aus Rindenstücken der SäFoÄ Weißwasser, Doberschütz und Weißig a. R. dargestellt.

Abb. 18:
Schlupfverlauf des Kiefernprachtkäfers 1995 unter Laborbedingungen (Rindenproben aus den SäFoÄ Doberschütz, Weißwasser und Weißig a. R.)



Die Hauptschlupfphase setzt etwa eine Woche nach dem Schlupf der ersten Käfer ein. Die durchschnittliche Lebensdauer der Käfer unter Laborbedingungen lag bei 26 Tagen. In dieser Zeitspanne wurden von einzeln in Zuchtgläsern gehaltenen Paaren zwischen 60 und 100 Eiern abgelegt. Als Nahrung wurden den Käfern in dreitägigem Abstand frische Kiefernadeln in die Zuchtgläser gelegt. Die alten Nadeln wurden entfernt.

Unter Freilandbedingungen wird für den Kiefernprachtkäfer eine Lebenserwartung von etwa zwei

Monaten unterstellt (TEMPLIN 1962; APEL 1986). Nach mehrmaligem Reifungsfraß ergibt sich daraus eine Eiablagekapazität von bis zu 200 Eiern, was DR. APEL 1986 bei Ovarienuntersuchungen bestätigt.

Für Schlupfversuche wurde ein Teil der abgelegten Eier (412 Stück) auf befeuchtetes Filterpapier umgebettet und in Petrischalen im Klimaschrank (Frühsommerprogramm) gelagert. Ein anderer Teil (230 Stück) wurde einer 30tägigen Kältebehandlung (10 °C) unterzogen. Der Larvenschlupf aus den Eiern erfolgt unter Frühsommerbedingungen nach vier bis sechs Tagen. Aus den abgelegten Eiern, die keiner Kältebehandlung unterzogen wurden, schlüpften 59,5 % der Eilarven. Die eingeschobene Kältebehandlung, bei anschließender Lagerung unter Frühsommerbedingungen, führte zu einer beträchtlichen Schlupfdeuzierung. Hier schlüpften nur noch 17,6 % der Eilarven. Kontrolluntersuchungen konnten aufgrund fehlender Arbeitskapazität nicht durchgeführt werden. Es deutet sich aber an, daß der weitere Entwicklungserfolg des Kiefernprachtkäfers in dieser Entwicklungsphase sehr sensibel auf Kälteeinbrüche reagiert. Untersuchungen von APEL 1986 und HEERING 1956 belegen, daß die Aktivität von Kiefernprachtkäferlarven im ersten und zweiten Larvenstadium im Vergleich zu älteren Larvenstadien erst bei höheren Temperaturen (17–18 °C) einsetzt.

Zur Bestimmung der Larvenbelagsdichte in der Rinde abgestorbener Kiefern wurde diese in kleine

Stücke (ca. 1 cm²) gebrochen. Nicht verletzte oder parasitierte Larven wurden gewogen und zur weiteren Entwicklung auf eine Diät angesetzt (s. o.). Das durchschnittliche Larvengewicht des vierten Larvenstadiums (0,0522 g) verringerte sich auf den Versuchsflächen von 1994/95 zu 1995/96 um 15 %. Dieser Gewichtsunterschied könnte durch den Reifungsfraß der geschlüpften Käfer wieder ausgeglichen werden. Im Entwicklungserfolg ergaben sich zwischen den Larven von 1995 und 1996 keine Unterschiede.

Die Anzahl geschlüpfter Kiefernprachtkäfer streut sehr stark. Die in Tab. 1 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die unter 4.2 beschriebenen 50 Rindenproben. Für die Untersuchungszeit lag die durchschnittliche Schlupfrate je m² Kiefernrinde bei 65,4 Käfern. Für einen Kiefernstamm mit einem Mittendurchmesser von 20 cm und einer Länge von 12 m mit einem grobborkigen Anschnitt von etwa 6 m ergibt sich eine Rindenoberfläche von etwa 4,5 m² und somit ein mittleres Schlupfpotential von etwa 290 Kiefernprachtkäfern pro Stamm. Da nicht alle Bereiche der grobborkigen Rinde gleich stark mit Larven besetzt sind, ist dies sicher nur eine Richtzahl.

An einem repräsentativen Teil der geschlüpften Kiefernprachtkäfer (300 St.) wurde eine Geschlechtsbestimmung (Genitalien und Bezeichnung der Hinterschienen) durchgeführt. Für 1994 und 1995 ergab sich eine Weibchen/Männchen-Relation von 2,0 bzw. 1,9. 1996 reduzierte sich der Wert auf 0,9. Eine Verschiebung der Geschlechterverteilung zugunsten der Weibchen kann durch verbesserte Rahmenbedingungen während der Larvalentwicklung ausgelöst werden. Der hohe Weibchenanteil signalisiert für die Jahre 1995 und 1996 einen möglichen Populationsanstieg, der aber, gemessen an Befallsholzaufkommen und Flugaktivität der geschlüpften Käfer, nicht eintrat.

Tab. 1:
Durchschnittlicher
Imagoschlupf je m²
befallener
Kiefernrinde unter
Laborbedingungen

	Kiefernprachtkäfer [St./m ²]	Parasiten [St./m ²]
Mittelwert	65,4	3,6
Minimum	0	0
Maximum	313	26,7

4.2 Schlupf und Parasitierung des Blauen Kiefernprachtkäfers unter natürlichen Bedingungen

Da eine kontinuierliche Beobachtung der Entwicklung des Kiefernprachtkäfers aufgrund der Lebensweise nicht möglich ist, sind die genaueren Wechselbeziehungen zwischen Käfer und beeinflussen-

den Pathogenen sowie dem Wirtsbaum weitgehend unbekannt. Erst nach genauer Beurteilung dieser Wechselwirkungen ist ein Eingreifen ökologisch sinnvoll und betriebswirtschaftlich tragbar. Auf-

grund dieser Schwierigkeiten sind bis jetzt nur wenige Untersuchungen zu diesem Thema durchgeführt worden (DENGLER 1975; TEMPLIN 1978; APEL 1986; RUHE 1994).

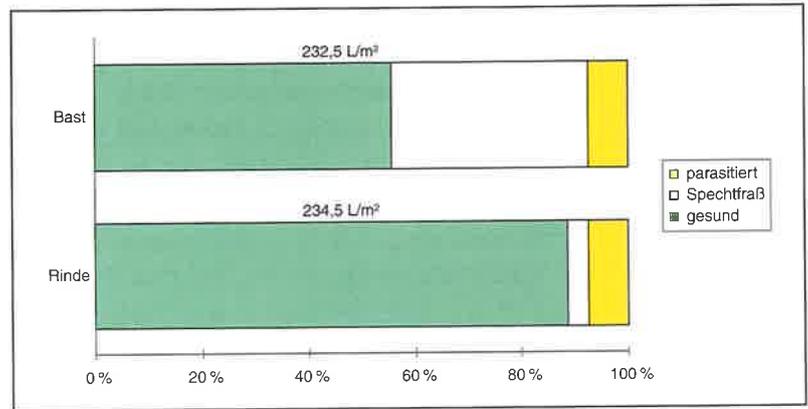
Je nach Witterungsverlauf wird der erste Kiefernprachtkäferbefall an Hand von Spechtabschlägen bereits Anfang September sichtbar. Im September 1994 wurde an fünf befallenen Kiefern im SäFoA Weißig a. R. (Versuchsflächen Nr. 30 und 31) die Larvendichte in Bast und Rinde quantifiziert.

Zu diesem Zeitpunkt befanden sich 51 % der Larven in der Rinde. Die restlichen 49 % lebten noch in der Bastschicht zwischen Rinde und Xylem. Durch Spechtfraß wurden im Durchschnitt 40 % der Grobborke von den befallenen Stämmen abgeschlagen. Deren Larvenbelagsdichte lag um 10 % unter der Dichte für die am Stamm verbliebene Rinde (s. Abb. 19).

Spätere Kontrolluntersuchungen zeigten, daß sich der bis zu diesem Zeitpunkt im Bast verbliebene Larvenanteil nicht in die Rinde einfressen konnte und nicht zur Verpuppung gelangte, sondern vorher durch Prädatoren und Parasiten abgetötet wurde (s. 4.3).

Für eine genauere Beurteilung des Entwicklungserfolges wurde von den Befallsjahren 1993/94, 1994/95 und 1995/96 Rinde bei unterschiedlicher Lagerung (Verbleib am Stamm, Boden und Einlagerung im Klimaschrank) auf Kiefernprachtkäfer- und Parasitenschlupf kontrolliert. Hierzu wurden repräsentative Rindenstücke ausgewählt, an denen anhand von Ausbohrlöchern die Schlupfrate des Kiefernprachtkäfers, Begleitarten und Parasiten ausgezählt wurden. Zur Beurteilung des Larvenbesatzes und der -mortalität wurden aus 50 Rindenproben mit einer Gesamtfläche von 7 m² die Larven ausgebrochen.

In der Regel verläuft die Entwicklung des Kiefernprachtkäfers bis zum vierten Larvenstadium im Bast. Untersuchungen an der Rinde zeigten aber, daß sich auch jüngere Larvenstadien zur weiteren Entwicklung in die Rinde einfressen. Hierbei verlängert sich deren Larvenentwicklung um ein Jahr, was Untersuchungen im Jahr 1996 an Rindenproben vom Winter 1993/94 bestätigen.



Festgestellt wurde ein sehr geringer Entwicklungserfolg (0 % bis 5 %) von Kiefernprachtkäferlarven, die im Spiegelrindenbereich lebten. Ursache dafür sind in erster Linie die geringe Mächtigkeit der Rindenschicht und der leichtere Zugang an die Larven durch Parasiten und andere Pathogene. So ergaben Untersuchungen auf den Versuchsflächen in den SäFoÄ Doberschütz und Weißwasser im Spiegelrindenbereich eine sehr hohe Parasitierung durch Schlupfwespen. Entscheidend für die weitere Einschätzung der Notwendigkeit und Effektivität von Sanitärmaßnahmen ist daher nur der Entwicklungserfolg des Kiefernprachtkäfers in der grobbockigen Rinde. In der nachfolgenden Tab. 2 sind die Ergebnisse der Rindenuntersuchung zusammengestellt.

Abb. 19: Verteilung der Larven des Kiefernprachtkäfers in Rinde und Bast im September 1994 (SäFoA Weißig a. R.)

Lagerungsart	Absterberate Bast	Absterberate Rinde	Absterberate gesamt
am Boden	43 % – 69 %	12 % – 30 %	50 % – 75 %
am Stamm	38 % – 57 %	8 % – 26 %	52 % – 60 %
Mittel	51,8 %	19 %	59 %

Die Belagsdichte (Anzahl Larvengänge) der untersuchten Rinde lag mit durchschnittlich 257 Larven je m² Rinde sehr hoch und erreichte damit stellenweise die Kapazitätsgrenze. Durchschnittlich wurden 31 lebende und 29 abgestorbene Larven je m² Rinde gefunden. Aus den Larven, die ihre Entwicklung bis in die Rinde fortsetzten, schlüpften 81 % der Käfer. Eine Lagerung am Boden (Spechtabschläge) verringert diesen Anteil nur gering (79 %). Die an diesem Beispiel ermittelte Gesamtmortalität (bezogen auf die Larvenstadien L1 bis L4) von im Mittel 59 % (s. Tab. 2) liegt weit über der vermuteten Mortalitätsrate von 5–10 % anderer Autoren (APEL 1986; DENGLER 1975). Angaben hierzu

Tab. 2: Larvenmortalität in Bast und Rinde in der Zeit von 1993/94 bis 1995/96

beziehen sich meist nur auf die Mortalität der in der Rinde gefundenen Larven und berücksichtigen nicht den im Bast abgestorbenen Anteil der Larven. Die Gesamtmortalität für die Entwicklung von der L1-Larve bis zum adulten Käfer stieg von 55 % 1993/94 auf 66,1 % 1995/96 leicht an. Zur Populationsregulation reicht diese Mortalitätsrate aber bei weitem nicht aus (BEGON, HARPER, TOWNSEND 1991; REMMERT 1989; VARLEY et al. 1980). So wird vermutet, daß wie bei anderen Insektenpopulationen die Ei- und Eilarvenmortalität den entscheiden-

den Einfluß auf die Populationsentwicklung ausübt. Ansatzweise durchgeführte Laborversuche (s. 4.1) lassen abschließend aber noch keine Bewertung zu. Freilanduntersuchungen waren hierzu nicht möglich, da die abgelegten Eier selbst bei Kenntnis des Ablageortes nur schwer zu finden sind und bei einer Kontrolle des Entwicklungszustandes bzw. -erfolges der Larven, diese und der Bast als Nährmedium zerstört werden. In dieser Entwicklungsphase des Kiefernprachtkäfers greift der Wirtsbaum (Bastzustand) als populationsregulierendes Glied ein.

4.3 Artenspektrum und Bedeutung der Parasiten und Predatoren

Auffälligster Vertreter der räuberischen Gegenspieler des Kiefernprachtkäfers und anderer xylo- und kambiophager Insekten ist die Familie der Spechte. Wichtigste Art ist dabei der Buntspecht. Seine Einflußnahme auf die Populationsdynamik des Kiefernprachtkäfers ist von vielen Faktoren abhängig und meist zufällig. So ist die Larvenreduktion, bezogen auf die Rindenoberfläche, abhängig von der Bindung der Rinde am Stamm. Bei festsitzen der Rinde können, nach eigenen Untersuchungen, Reduktionen von bis zu 80 % der ursprünglichen Larvenzahl erreicht werden. Dies bestätigen auch Ergebnisse anderer Autoren (RUHE 1994; APEL 1986). Bei nur noch lose am Stamm sitzender Rinde fallen bei der Larvensuche des Spechtes große Rindenstücke zu Boden, deren Belagsdichte, nach Untersuchungen im SäFoA Weißig a. R., dann nur um 10 % unter der ursprünglichen liegen (s. 4.2). Larven, die sich bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht in die Rinde einfressen konnten, sterben ab und erhöhen damit die Gesamtmortalität. Dieser Anteil kann bei zeitiger Larvensuche des Spechtes recht groß sein (s. 4.2). Einen merklichen Einfluß auf die Populationsentwicklung des Kiefernprachtkäfers kann die Familie der Spechte aus Kapazitätsgründen aber nicht ausüben.

Bessere Voraussetzungen zur Beeinflussung der Populationsentwicklung von Forstinsekten haben Pathogene und parasitär lebende Insektenfamilien. Ihre Vorteile liegen in der meist kürzeren Generationsfolge, ständigen Präsenz und hohen Individuenzahl.

In der Literatur werden folgende, für den Kiefernprachtkäfer relevante Familien bzw. Arten angeführt:

- Mordfliege (*Laphria spec.*),
- Grabwespe (*Cereris bupresticida Perris*) und
- verschiedene Schlupfwespen (*Ichneumonidae*) (ESCHRICH 1923).

Der Einfluß von Pathogenen auf die Populationsentwicklung des Kiefernprachtkäfers wird in der Literatur immer als gering eingestuft. Direkte Untersuchungen zu dieser Thematik sind bis jetzt aber nur ansatzweise durchgeführt worden.

Die in den Laborversuchen geschlüpften Parasiten wurden zur weiteren Bestimmung an die Forstliche Versuchsanstalt Eberswalde e. V. gesandt. Aus der eingelagerten Rinde schlüpfen Imagines folgender Familien bzw. Ordnungen:

Braconidae

Braconinae

Meleoninae

Ichneumonidae

Cynipidae

Tenthredinidae

Priphorcus spec.

Diptera.

Auffälligste Vertreter in Labor- und Freilanduntersuchungen waren die Larven und adulten Tiere der Kamelhalsfliege (*Raphidia spec.*) und der großen Raubfliege (*Laphria spec.*). Letztere wurde mehr

fach beim erfolgreichen Fang von adulten Kiefernprachtkäfern beobachtet. Diese angeführten Insektenfamilien wirken in der Regel je nach Bindung der Arten zum Wirt verzögernd dichteabhängig auf die Population des Wirtsinsektes ein. Sie können daher eine Massenvermehrung nicht verhindern, sorgen aber für einen schnelleren Zusammenbruch der hohen Populationsdichte des Wirtes.

Bei der Kontrolle der Belagsdichte des Kiefernprachtkäfers wurden neben den oben aufgeführten Parasiten auch Milben (*Pyemotes spec.*) gefunden. Welchen Einfluß Pilze, Bakterien und Viren auf den Entwicklungserfolg des Kiefernprachtkäfers ausüben, konnte im Rahmen dieses Projektes nicht geklärt werden.

Zusammenfassend erweist sich mit diesen Ergebnissen, daß ein nicht zu unterschätzendes Potential von Gegenspielern zur Populationsreduzierung des Kiefernprachtkäfers beiträgt. Dessen Erhalt und Förderung ist damit ein Beitrag für die natürliche Reduktion der Populationsdichte des Kiefernprachtkäfers. Laboruntersuchungen zeigten, daß der Schlupf der Parasiten etwa einen Monat vor dem Schlupf der ersten Kiefernprachtkäfer beginnt. Aus diesem Grund sollte die Rindenentsorgung im Winter nicht zu zeitig durchgeführt werden, so daß sich die relevanten Parasiten bis zur Imago entwickeln und schlüpfen können. Realisierbar wäre das, indem die befallenen Kiefernstämme rechtzeitig mit noch fest anhaftender Rinde an Sammelplätze gerückt werden und erst im Frühjahr (April/Mai) die Rindenentsorgung erfolgt. Da in der Regel auch eine Besiedlung durch holzerstörende Insekten stattgefunden hat, muß im Einzelfall bei absetzbaren Sortimenten ein Kompromiß bei der Festlegung des Sanierungszeitpunktes erfolgen.

4.4 Wechselwirkung zwischen der Entwicklung des Blauen Kiefernprachtkäfers und begleitend auftretender Stamminsekten

Witterungskonstellationen, wie sie 1991 und 1992 vorherrschten, bieten generell gute Voraussetzungen für den Populationsanstieg thermophiler Arten. Die Kombination von hohen Temperaturen und der Schwächung der Wirtsbäume durch Wassermangel bietet optimale Voraussetzungen für deren Entwicklungserfolg. So erhöhte sich in dieser Zeit nicht nur die Populationsdichte des Kiefernprachtkäfers, sondern auch noch vieler anderer xylo- und kambiophager Insekten. Welche der Arten als erste dominant in Erscheinung tritt, hängt von der Latenzdichte, Entwicklungszeit, Antagonistendichte und vom verfügbaren Wirtspotential ab. Um ein Bild von den auftretenden Arten und deren Besiedlungsstruktur an den befallenen Kiefern zu bekommen, wurden einzelne Befallsbäume (25 Stück im Altbestand und 15 im Stangenholz) im September 1994 und 1995 gefällt und deren Besiedlung kontrolliert (Teilflächen 4, 8, 11, 14, 19, 20, 35, 36). Eine Unterscheidung der beiden vertretenen

Kiefernprachtkäferarten *Phaenops cyanea* F. und *Phaenops formaneki* Jakobs. wurde nicht durchgeführt, da keine Differenzierung der Artverteilung in Abhängigkeit vom Bestandesalter erkennbar war. Auch in der Wirtswahl und Besiedlungsstruktur konnte auf den hier ausgewählten Versuchsflächen kein Unterschied festgestellt werden. In den folgenden Ausführungen werden beide Arten zusammengefaßt und mit *Phaenops spec.* bezeichnet.

Nach der Besiedlungsabfolge und dem äußeren Erscheinungsbild können die hier untersuchten Bäume in zwei Typen unterschieden werden:

1. Kiefern mit trockener, brauner Benadelung und fast trockenem Bastgewebe von der Stammbasis bis zur Krone.
2. Noch grüne, benadelte Kiefern, deren Bastschicht nur im unterem Stammdrittel abgestorben und trocken ist.

Die Entwicklungsstadien der gefundenen Stamm-
insekten geben Aufschluß über die Befallsabfolge
am Stamm. In der weiteren Aufzählung werden nur
die am häufigsten aufgetretenen Insektenarten
beschrieben.

Untersuchungen zur Besiedlungsabfolge im Jahr
1994 an abgestorbenen Kiefern des Typs 1 zeigen,
daß bei 50 % der untersuchten Bäume eine Erst-
besiedlung im oberen Drittel des Baumes durch *Ips*
acuminatus Gyll. und *Pissodes piniphilus* Hbst.,
begleitet von *Ips sexdentatus* Boern., erfolgte. Bei
2/3 der so befallenen Kiefern fand nachträglich im
unteren Stammdrittel eine Besiedlung durch *Pha-*
enops spec. und *Cerambycidae*-Arten statt. Die
anderen 50 % der untersuchten Altkiefern starben
von der Stammbasis aus ab. Hier erfolgte eine Erst-
besiedlung durch den Kiefernprachtkäfer, begleitet
von *Cerambycidae*-Arten, im unteren Stammdrittel.
Die meist noch lebende Kronen- und Spiegelrinde
wurde nachfolgend durch *Pissodes*-Arten (*Pissodes*
piniphilus Hbst.) und *Cerambycidae*-Arten (*Mono-*
chamus galloprovincialis Oliv.) besiedelt. Nur eine
untersuchte Altkiefer war ausschließlich mit Larven
des Kiefernprachtkäfers besetzt (s. Abb. 20).

Eine Wiederholung der Untersuchungen im Jahr
1995 ergab für Kiefern mit abgestorbener Krone
vergleichbare Ergebnisse. Der Absterbeprozess,
gemessen an der Bastbeschaffenheit und Holz-
feuchte, erfolgte bei 55,6 % der Bäume von der
Krone aus. Bei der Besiedlungskontrolle wurden

folgende Arten festgestellt: *Ips acuminatus* Gyll.,
Pissodes piniphilus Hbst., *Blastophagus minor* Htg.,
Pityogenes bidentatus und *Monochamus gallopro-*
vincialis Oliv. Bei allen Besiedlungskombinationen
trat der *Ips acuminatus* Gyll. dominant auf.
Der Rest der untersuchten Kiefern (44,4 %) starb
von der Stammbasis bzw. Stammmitte aus ab.
Besiedlungsschwerpunkte bildeten hier die Kombi-
nation von *Phaenops cyanea* F. und *Ips sexdentatus*
Boern. sowie *Ips sexdentatus* Boern. in Verbindung
mit *Ips acuminatus* Gyll. (Abb. 21).

Die Frage der Erstbesiedlung kann hier bei sich
überschneidenden Schwärmzeiten der Arten nicht
exakt bestimmt werden. Deutlich ist jedoch, daß
bei diesem Teil der abgestorbenen Kiefern der
Kiefernprachtkäfer nur eine geringe Bedeutung
hat.

Anders sieht die Situation bei abgestorbenen Kie-
fern mit noch grüner Krone (Typ 2) aus. Hier wur-
den ein Drittel der Stämme ausschließlich durch
den Kiefernprachtkäfer besiedelt. Bei den restli-
chen Kiefern erfolgte die Besiedlung durch *Ips*
sexdentatus Boern. in Verbindung mit *Phaenops*
cyanea F. Larvenstadien der beschriebenen Arten
wurden nur im unteren Stammdrittel (Grobborke)
gefunden.

Untersuchungen im Kiefernstangenholz an abge-
storbenen Kiefern zeigen eine stärkere Dominanz
des Kiefernprachtkäfers als Erstbesiedler.

Abb. 20: ■ □

Artenverteilung und
Besiedlungsabfolge an
abgestorbenen Kiefern
im September 1994

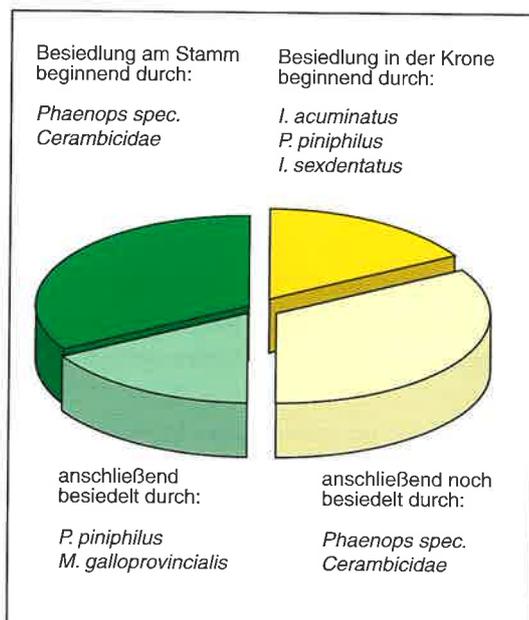
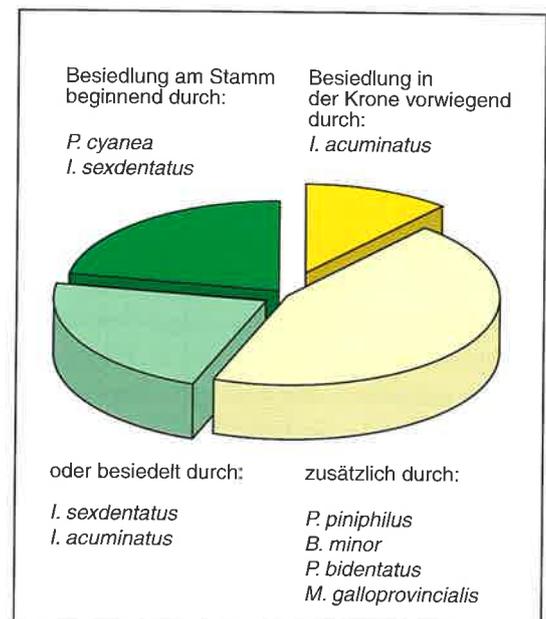


Abb. 21: □ ■

Artenverteilung und
Besiedlungsabfolge
an abgestorbenen
Kiefern mit brauner
Benadelung im
September 1995



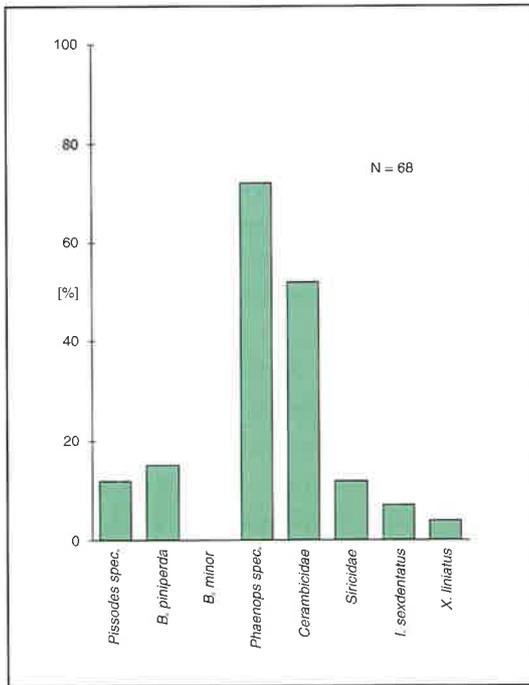


Abb. 22 stellt für 1993 die prozentuale Artenverteilung in einem Kiefernstangenholz im SäFoA Weißkollm dar (keine Eintragung in der Versuchsflächenliste, da nur eine einmalige Aufnahme durchgeführt wurde).

Bei der Besiedlung von jüngeren Kiefern (bis 60 Jahre) nimmt der Kiefernprachtkäfer den größten Teil ein. Bis auf vorwiegend sekundär auftretende Bockkäferarten liegen Dichte und Häufigkeit der anderen Insektenarten unter 20 %. Wiederholungsuntersuchungen in jüngeren Kiefernbeständen in den SäFoA Doberschütz und Taura bestätigen die Dominanz des Kiefernprachtkäfers für diese jünge-

ren Bestände. Im Untersuchungszeitraum von 1993 bis 1996 erhöhte sich aber auch hier die Beteiligung anderer Arten (*Pissodes piniphilus* Hbst., *Monochamus galloprovincialis* Oliv.).

Zusammenfassend kann für die Zeit von 1993 und 1996 gesagt werden, daß in den untersuchten Altbeständen nur etwa 50 % des entstandenen Befallsholzes durch die Erstbesiedlung des Kiefernprachtkäfers verursacht wurden. Im Kiefernstangenholz liegt der Anteil bei etwa 80 %. Das restliche Befallsholz entstand durch die Erstbesiedlung vieler begleitend auftretender Kiefernstammnsekten. Besonders in Erscheinung treten auf diesen Versuchsflächen *Ips acuminatus* Gyll., *Ips sexdentatus* Boern., *Pissodes piniphilus* Hbst., *Blastophagus minor* Htg. und *Monochamus galloprovincialis* Oliv. Diese Arten besiedeln geschwächte Kiefern vorwiegend vom oberen Drittel des Stammes und werden so bei der Befallsansprache am stehenden Stamm nicht repräsentativ erfaßt.

Auffallend ist das sich gegenseitig begünstigende Wechselspiel der beteiligten Arten bei der Besiedlung geschwächter Kiefern. So kann der Kiefernprachtkäfer nicht isoliert bei der Prognose zukünftiger Befallsentwicklungen betrachtet werden, sondern die anderen Arten müssen beim Absterbeprozess geschwächter Kiefern ebenfalls als Einflußfaktoren Berücksichtigung finden.

4.5 Abwehrvermögen der befallenen Kiefern (Besiedlung und Absterbeprozess)

Die Besiedlung durch Kiefernstammnsekten kann von der Kiefer durch Harzausfluß und sekundäres Dickenwachstum des Kambialmeristems aktiv abgewehrt werden. Die Intensität und Fähigkeit für diese Abwehrreaktionen werden durch die genetische Reaktionsbreite sowie durch die kleinstandörtlichen Bedingungen des Einzelbaumes bestimmt. Witterungsverhältnisse sowie anthropogene Einflüsse wirken weiterhin begrenzend auf das Abwehrvermögen (Zuwachverhalten) der Kiefern. Bei normaler Vitalität der Kiefern kann eine Belagsdichte von 20 Larvengängen je 20 cm



Abb. 23: Krone der gefällten Kiefer von der Versuchsfläche Nr. 20 im SäFoA Taura

Abb. 24:
 Stark mit Kiefernprachtkäferlarven besiedelter Kiefernstamm auf der Versuchsfläche Nr. 20 im SäFoA Taura (Prachtkäferschlupf 1994 und 1995 im abgestorbenen Bastbereich)



Abb. 25:
 Stark mit Kiefernprachtkäferlarven besiedelter Kiefernstamm auf der Versuchsfläche Nr. 4 im SäFoA Doberschütz (abgestorbener Bastbereich in 5 m Höhe; Nahaufnahme)



Abb. 26:
 Stark mit Kiefernprachtkäferlarven besiedelter Kiefernstamm auf der Versuchsfläche Nr. 4 im SäFoA Doberschütz (abgestorbener Bastbereich in 5 m Höhe)



Stammlänge abgewehrt werden (s. 3.2). Extreme Witterungsbedingungen (Trockenstreß, starke Sonneneinstrahlung) führen bei der Kiefer zu einer starken Reduzierung der Bast- und Splintfeuchte, besonders bei geharzten Kiefern (NAUMANN et al. 1995). Hierdurch kommt es stellenweise zum flächigen Absterben des Kambiums. Bei der Erfassung der Larvenbesatzdichte an den Versuchsbäumen wurde 1995 bei 89 Kiefern (10,6 %) dieses flächige Absterben der Bastschicht festgestellt. Von diesen Versuchsbäumen war bei 30 Kiefern der Bast bereits abgestorben. Die Erscheinung tritt bei allen Vitalitätsstufen (Kronenvitalität) der Kiefer auf. Bei befallenen Kiefern gelangt die Entwicklung der Kiefernprachtkäferlarven in diesem Rindenbereich bis zum Schlupf der Käfer.

Bei geringer Ausdehnung der abgestorbenen Kambialzonen und keiner weiteren Streßeinwirkung auf die Kiefer überwallt sie die abgestorbenen Kambialzonen sowie eine Folgebesiedlung des Kiefernprachtkäfers und anderer Kiefernstamm-insekten. Bei weiterer Streßsituation und erneutem erfolgreichem Befall stirbt die Kiefer im darauffolgendem Jahr ab. Untersuchungen in den SäFoA Doberschütz und Taura zeigen, daß sich die Folgebesiedlung auf die Übergangszonen zwischen abgestorbener und lebender Bastschicht konzentriert und in der weiteren Entwicklung stammungsgreifend die ganze Bastschicht erfaßt. Bei der Rindensorgung dieser Kiefern sind die schon vorjährig abgestorbenen Bastbereiche gut durch ihre Schwarzfärbung zu erkennen. Etwa die Hälfte der auf den Versuchsflächen abgestorbenen Kiefern zeigt die oben beschriebenen Merkmale.

Eine weitere Erscheinungsform ist die scheinbar ungehinderte Entwicklung des Kiefernprachtkäfers über alle Larvenstadien, die zum schnellen Absterben der Kiefern führt. Die Kronen dieser Kiefern sind häufig noch grün benadelt und unterscheiden sich nicht von unbefallenen Nachbarbäumen. Diese Befallsvariante tritt nur bei oder nach extremer Trockenheit auf. Hier gerät die Kiefer, je nach individuellen Voraussetzungen, in Trockenstreß, der das Harzungsvermögen und die Bastfeuchte verringert (SCHWENKE 1994; SCHWENKE 1996; VITE 1961). Dies führt zu einer stärkeren Erwärmung der Bast- und Rindenschicht. Eine Veränderung der Nahrungsqualität zugunsten der kambiophagen

Insekten ist, wie bei Kiefernadeln von gestreßten Kiefern und deren Phyllophagen, zu vermuten (OTTO 1969; LUNDERSTÄDT 1981; WEDDELING 1993; HABERMANN 1994). Die Verbesserung der Entwicklungsbedingungen (Temperaturerhöhung) bei gleichzeitiger Verringerung der Abwehrkraft des Baumes (geringerer Harzdruck und Dickenwachstum) führt zu einer schnellen Weiterentwick-

lung der Kiefernprachtkäferlarven über das zweite Larvenstadium hinaus, ab dem dann breitere Fraßgänge angelegt werden, die zu einer schnellen Zerstörung der Bast-schicht führen. Bei dieser Variante tritt besonders die einjährige Generation des Kiefernprachtkäfers in Erscheinung, was 1995 im SäFoA Taura durchgeführte Untersuchungen bestätigen (Teilflächen 22, 23, 24).

5 Verhaltensmuster des Blauen Kiefernprachtkäfers bei der Wirtswahl

5.1 Einfluß baumeigener Lockstoffe (Laboruntersuchungen)

Für den Kiefernprachtkäfer sind bis jetzt noch keine arteigenen Pheromone festgestellt worden. Ein vergleichbar komplexes Wirtsfindungs- und Aggregationsverhalten, wie es beispielsweise beim Buchdrucker (*Ips typographus* L.) und der Fichte als Wirtsbaum vorliegt, existiert nach heutigem Kenntnisstand beim Kiefernprachtkäfer nicht. Der Buchdrucker ist durch einen aktiven Massenbefall, gesteuert durch eine Kombination von Primärlöckstoffen und arteigenen Pheromonen, in der Lage, den Wirtsbaum zum Absterben zu bringen und so die Grundlage für eine ungehinderte Larvenentwicklung zu schaffen. Das Eierpotential eines Buchdruckerweibchens konzentriert sich so auf ein bis zwei Wirtsbäume (Geschwisterbruten). Bedingt durch die Lebensweise des Buchdruckers (Einbohren in die Bast-schicht), kann der Wirtsbaum direkt durch verstärktes Harzen auf den adulten Käfer einwirken.

Eine so enge Beziehung zwischen Kiefer und Kiefernprachtkäfer besteht nicht. Das Kiefernprachtkäferweibchen fliegt sehr viele verschiedene Bäume zur Eiablage an. Der Erfolg der Larvenentwicklung wird nicht durch die adulten Kiefernprachtkäfer (Massenbefall) beeinflusst. Er wird vorwiegend durch den Vitalitätszustand des Baumes und die Witterungsbedingungen beeinflusst. Da eine rein zufällige Wirtswahl, bei recht hohem Abwehrvermögen der Kiefern (s. 3.2), für das Überleben der Art sehr gefährlich ist, wird

ein gewisser Einfluß des Wirtsbaumes bei der Wirtsfindung vom Kiefernprachtkäfer vermutet (DENGLER 1975).

Je nach Vitalitätszustand der Kiefern ändert sich die Zusammensetzung der flüchtigen, durch den Baum freigesetzten Stoffe. Untersuchungen mit anderen Kieferninsekten zeigen, daß die Attraktivität des Wirtes auf dessen Schadinsekt durch die Erhöhung einzelner Komponenten des „Duftbuketts“ verändert werden kann (MÜLLER 1993; KOHNLE 1991). Zur Prüfung, inwieweit derartige „Duftstoffe“ die Wirtswahl des Kiefernprachtkäfers beeinflussen, wurden entsprechende Versuche durchgeführt. Als Testsubstanzen wurden in verschiedenen Versuchsreihen die Wirkung von Ethanol und Methanol sowie die Kombination von α - und β -Pinen, Limonen und Terpinolen auf das Anflugverhalten im Freiland und im Labor untersucht. Ein angebotener, bereits fertig formulierter „Lockstoff“ (NAUMANN 1994, mündlich) ging ebenfalls in die Untersuchung ein. Im Anhang befindet sich eine Auflistung der verwendeten Substanzen und Verbindungen.

Die Freilanduntersuchungen erfolgten an 4 Bestandesrändern in den SäFoÄ Döberschütz, Taura und Weißwasser in einem Abstand von 30 bis 50 m zwischen den Fallen. Zum Einsatz kamen je fünf schwarze Theyssohn-Borkenkäferfallen (Versuchsflächen Nr. 11, 12, 19, 20 und 40).

Abb. 27:
Kronenleimtafel im
SäFoA Doberschütz

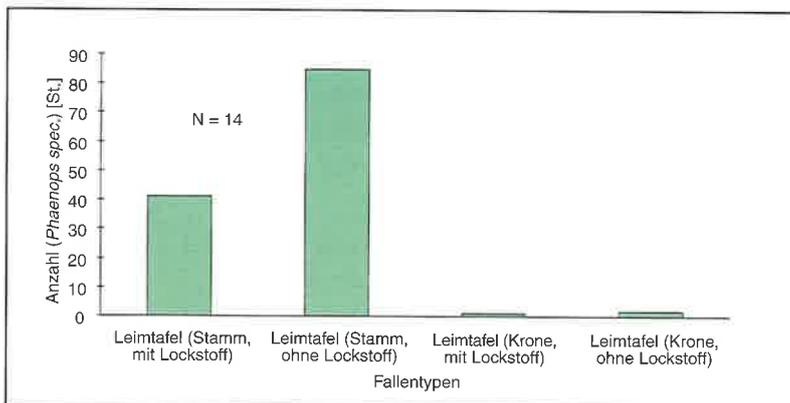
Die zu testenden Substanzen wurden in Eppendorf-Cups gefüllt und die Fallen damit beködert (KÖHNLE 1991). Für eine kontrollierte gleichmäßige Verdampfung waren die Eppendorf-Cups im Deckel durch vier Nadelstiche perforiert. Als Kontrolle dienten je zwei nicht beköderte Fallen.



Abb. 28:
Fangergebnisse eines
Lockstoffversuches
(Vergleich:
Baumleimtafeln und
Kronenleimtafeln
mit und ohne
Lockstoff)

Neben den Fallen wurden auch an Versuchsbäumen angebrachte Leimtafeln mit „Lockstoffen“ versehen. Zum Einsatz kamen diese an besonnten Bestandesrändern in den SäFoÄ Weißwasser, Taura und Doberschütz an Kiefern gleicher äußerlicher Vitalität (Teilfläche 2, 3, 11, 14, 19, 20, 35 und 36). Kronenleimtafeln wurden mit Hilfe eines Zugseils über einen Kronenast in die Kronen der Kiefern gezogen (15 bis 20 m Höhe).

Der verwendete „Lockstoff“ zeigte in der Variante am Stamm (1,3 m Höhe) eine deutliche repellente Wirkung auf die Kiefernprachtkäfer. Für die andere Variante im Kronenraum ist, bedingt durch die geringen Fangergebnisse, keine Aussage möglich (s. Abb. 28).



Bei allen weiter verwendeten flüchtigen Baum-inhaltsstoffen und deren Kombination ergaben sich keine auswertbaren Ergebnisse.

Die im Freiland verwendeten Köder wurden gleichzeitig im Labor mit Hilfe eines Y-Rohr-Olfaktometers getestet (MÜLLER 1993). Dieses Olfaktometer besteht aus einem Stamm-, einem Test- und einem Kontrollarm. Test- und Kontrollarm sind jeweils durch ein Kernstück mit Schlauchansatz verschlossen. Im Kernstück des Testarmes werden die zu testenden Stoffe eingebracht. Eine eingelegte Gaze verhindert den direkten Kontakt mit Versuchstieren. Das Stammrohr dient zum Ansetzen

der Versuchstiere. Durch ein Luftsaugrohr im Verschluss des Stammrohres konnte eine gerichtete Luftströmung erzeugt werden.

Je Versuchslauf wurden 5 bis 10 Kiefernprachtkäfer angesetzt. Mit 50 paarweise durchgeführten Versuchsläufen (Laufzeit: 50 Minuten) wurde der Einfluß der oben angeführten Testsubstanzen untersucht. Zum Verdampfen der Testsubstanzen wurden je 2 ml auf Filterpapier im Kernstück des Testarmes getropft. Nach Ergebnissen von Probe-läufen wurden die Kiefernprachtkäfer ohne Licht-einfluß bei 29 °C angesetzt. Als Laufhilfe wurde ein Y-förmiger, gummibeschichteter Draht in das Innere des Olfaktometers eingeschoben.



Abb 29:
Y-Olfaktometer
(MÜLLER 1993)

In dieser Versuchsreihe konnte bei keinem der verwendeten Stoffe und deren Kombination eine attraktive bzw. repellente Wirkung auf das Verhalten der Kiefernprachtkäfer festgestellt werden. Die Fangergebnisse der Fensterfallen im Freiland, ob beködert oder nicht, lagen so niedrig, daß eine Auswertung nicht möglich war.

Bei vier Flugraumversuchen im Freiland und Labor zur Wirtswahl und innerartlichen Kommunikation (Geschlechterfindung) zeigten die Männchen nach dem ersten Reifungsfraß an Kiefernadeln ein gezieltes Suchverhalten, um Geschlechtspartner zu finden und zu begatten. Dies steht im Widerspruch zu Feststellungen von DENGLER 1975, der eine

gezielte Suche nach den Geschlechtspartnern ausschließt. Bei diesem Versuchsansatz wurden gleichzeitig verschiedene Attrappen und Kiefernstammstücke (saftfrisch und trocken) zur Auswahl angeboten. Eine bevorzugte Auswahl seitens der Kiefernprachtkäfer konnte unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht festgestellt werden.

Diese Ergebnisse zeigen, daß auf dieser Strecke noch weiterer Forschungsbedarf besteht. Da es sich bei dem Kiefernprachtkäfer um ein ausgesprochenes Fluginsekt handelt und die Wirtswahl besonders durch Temperatur in Verbindung mit hoher Lichtintensität beeinflusst wird, sind vergleichbare Laboruntersuchungen schwer zu realisieren. Hier ist ein hoher methodischer und zeitlicher Aufwand erforderlich.

5.2 Einfluß des Vitalitäts- und Befallszustandes der Wirtsbäume

Bei den hier durchgeführten Versuchen zum Anflugverhalten wird eine nicht zufällige Wirtswahl des Kiefernprachtkäfers unterstellt. Ausgehend von anderen Untersuchungsergebnissen (HEERING 1956; DENGLER 1975) wird vermutet, daß die Wirtswahl durch wirtseigene Lockstoffe ausgelöst wird. Für die eigentliche Eiablage sind augenblickliche Lockwirkungen (hohe Oberflächentemperatur) und nicht die Bruttauglichkeit entscheidend.

Zur Registrierung des Insektenanfluges dienten beleimte Tafeln (grüne Netzmanschetten). Diese Leimtafeln wurden in Augenhöhe und 1995 in 5 m Höhe an der Südseite von Stämmen angebracht. In vierzehntägigem Abstand wurden die gefangenen Insekten nach Arten getrennt aufgenommen. *Phaenops cyanea* F. und *Phaenops formaneki* Jakobs. wurden, wie bereits unter 4.4 erwähnt, bei der Registrierung aufgrund der sehr ähnlichen Befallsbiologie nicht getrennt. Neben dem Blauen Kiefernprachtkäfer wurden noch andere Kiefernprachtkäferarten (*Anthaxia quadripunctata* L., *Buprestis octoguttata* L., *Chalcophora mariana* L.), Bockkäferarten (*Monochamus galloprovincialis* Oliv., *Monochamus sutor* F., *Crioccephalus rusticus* L., *Rhagium inquisitor* L., *Callidium violaceum* L.), Rüsselkäferarten (*Pissodes pini* L., *Pissodes*

piniphilus Hbst.) und einige Nutzinsekten (*Raphidia spec.*, *Laphria spec.* und andere *Dipteren*) erfaßt.

1994 wurden insgesamt 78 Leimtafeln auf 13 Versuchsflächen in den SäFoÄ Doberschütz, Taura, Weißwasser und Weißig a. R. verteilt. Im Vordergrund bei der Auswahl der Versuchsbäume stand deren Befallsgrad (Larvenanzahl je 20 cm Stammhöhe). Je zwei Kiefern eines Probekreises einer Befalls-kategorie (kein, geringer und starker Vorbefall s. u.) wurden mit einer Leimtafel ausgestattet. Für Folgeuntersuchungen wurde die Anzahl der mit Leimtafeln bestückten Bäume 1995 und 1996 auf 148 erhöht. Zusätzlich wurde 1995, zur Erfassung der Anflugverteilung am Stamm, an 22 Versuchsbäumen eine zweite Leimtafel in 5 m Höhe angebracht.

Geschlechtsbestimmungen an 1993 und 1994 gefangenen Kiefernprachtkäfern ergaben, abweichend von der normalen Geschlechtsverteilung von 1 : 1, ein Verhältnis von 2 : 1 zugunsten der Weibchen. Mit den 1995 in 5 m Höhe angebrachten Leimtafeln sollte kontrolliert werden, ob der 1994 ermittelte Weibchenanteil auf die gesamte Population übertragbar ist, oder ob er verhaltensbedingt auftrat. In Tab. 3 sind die ermittelten Geschlechterverhältnisse für 1993 bis 1996 aufgeführt.

Relation: Weibchen zu Männchen	1993	1994	1995	1995	1996
Weißwasser	2,85	1,97	1,92	1,88	*
Doberchütz	2,42	2,05	2,38	1,32	*
Taura	2,54	2,75	2,64		*
Weißig a. R.		1,55	1,73	2,00	*
Mittelwert	2,60	2,08	2,17	1,73	*
Schlupf aus Rindenproben	*	2,00	1,92	*	0,96
Anzahl untersuchter Käfer	423	1246	2471	294	420

* keine Untersuchungen durchgeführt

Tab. 3:
Weibchen-zu-Männchen-Relation gefangener und geschlüpfter Kiefernprachtkäfer von 1993 bis 1996

Der Weibchenanteil gefangener Kiefernprachtkäfer lag bei beiden Varianten (1,3 m und 5 m) deutlich über dem Anteil gefangener Männchen. Der etwas höhere Weibchenanteil in 1,3 m Höhe deutet auf eine leichte Bevorzugung der Weibchen des unteren Stammbereichs hin. Generell kann aber für die Zeit von 1993 bis 1995 von einem sehr hohen Weibchenanteil in der Population der Kiefernprachtkäfer ausgegangen werden. 1996 hat sich die Geschlechterverteilung offensichtlich wieder normalisiert, wie das Ergebnis für die Rindenproben zeigt.

Tab. 4:
Anflugverhalten des Blauen Kiefernprachtkäfers in Abhängigkeit vom Vorbefall der Wirtsbäume durch Kiefernprachtkäferlarven (L1–L2) 1994

Für die Prüfung, ob im Jahr 1994 der Vorbefall der Kiefern einen Einfluß auf das Anflugverhalten des Kiefernprachtkäfers ausübt, wurde der Anflug nach Intensität in vier Kategorien eingestuft. Diese Klasseneinteilung erschien aufgrund der 1994 ermittelten Anflugzahlen sinnvoll:

Angabe in % N = 78		zufälliger Anflug (0–3)	geringer Anflug (4–10)	starker Anflug (11–18)	sehr starker Anflug (>18)
		1	2	3	4
kein Vorbefall	1	15,3	15,3	0	2,6
geringer Vorbefall	2	20,5	2,6	5,1	5,1
starker Vorbefall	3	10,3	12,8	2,6	7,7
nicht gefährdete Kiefern		bedingt gefährdete Kiefern		stark gefährdete Kiefern	

- 1: zufälliger Anflug (0–3 Kiefernprachtkäfer)
- 2: geringer Anflug (4–10 Kiefernprachtkäfer)
- 3: starker Anflug (11–18 Kiefernprachtkäfer)
- 4: sehr starker Anflug (>18 Kiefernprachtkäfer)

Eine Beziehung zwischen Befallsgrad der Kiefern und Anflugverhalten des Kiefernprachtkäfers im Jahr 1994 ist anhand der Tab. 4 nicht eindeutig zu erkennen.

Aufgrund des Vorbefalls und der möglichen Neubesiedlung der Versuchsbäume nach starkem Anflug (Eiablage) lassen sich die Versuchsbäume in drei Gefährdungsklassen einteilen (s. Tab. 4):

- Zu den nicht gefährdeten Kiefern zählen 30,6 % der untersuchten Bäume. Diese Bäume können unter Normalbedingungen einen möglichen Neubefall abwehren.
- Bedingt gefährdet sind 30,8 % der untersuchten Kiefern. Hier können der geringe Vorbefall und der eventuelle Neubefall durch erhöhte Anflugintensität vom Baum unter normalen Witterungsbedingungen abgewehrt werden.
- Die restlichen 38,5 % der untersuchten Kiefern sind aufgrund ihres Vorbefalls und der Anflugintensität durch den Kiefernprachtkäfer stark gefährdet. Hier können bei einer Vitalitätsschwächung der Kiefern der Vorbefall und Neubefall durch den Kiefernprachtkäfer den Baum zum Absterben bringen.

Folgeuntersuchungen der Befallsentwicklung dieser Versuchsbäume ergaben bis 1995 für 38 % eine Befallserhöhung. Nur bei 9,4 % dieser Versuchsbäume wurde 1994 ein stärkerer Kiefernprachtkäferanflug (> 11 Käfer) festgestellt. Nur ein stark vorbefallener und stark angeflogener Versuchsbäum starb ab.

Dieses Ergebnis zeigt, daß der Larvenbesatz einer Kiefer nicht direkt mit der Anflugintensität des Kiefernprachtkäfers in Verbindung gebracht werden kann. Starker Anflug (Eiablage) des Kiefernprachtkäfers führt somit nicht zwingend zu einer Befallserhöhung. Dies ist einer der entscheidenden Unterschiede zur Epidemiologie der Borkenkäfer (z. B. *Ips typographus* L.), bei denen in der Regel ein erhöhter Anflug mit einem Befallsanstieg verbunden ist.

Für den gesamten Untersuchungszeitraum wurden die mittleren Anflugzahlen des Kiefernprachtkäfers je Variante über alle untersuchten SäFoÄ in Tab. 5 zusammengestellt. Die durchschnittliche Anzahl gefangener Kiefernprachtkäfer je Leimtafel betrug 1994: 9,2; 1995: 17,3 und 1996: 5,1 Käfer. Für die Gesamtauswertung wurde der Rahmen für den Vorbefall der Kiefern etwas weiter gefaßt als in Tab. 4.

Eine Beziehung zwischen Vorbefall und Anflug deutet sich bei dieser Zusammenstellung an. Die mittleren Anflugzahlen bei starkem Vorbefall (> 8 Larvengängen je 20 cm Stammlänge) liegen während des gesamten Untersuchungszeitraumes über dem der weniger besiedelten Kiefern. Bei der Beziehung zwischen Bastvitalität und Anflug bestehen ähnliche Tendenzen. 1995 wurden die Kiefern mit subvitaler Baststicht bevorzugt angefliegen. Der Anflug an Kiefern mit subvitalen und toten Baststreifen liegt während der gesamten Untersuchungszeit über den Anflugzahlen von Kiefern mit gesunder Baststicht. Eine Beziehung zwischen Kronenvitalität und Käferanflug ist bei dieser Darstellung nicht zu erkennen. Hier werden 1994 Kiefern der Vitalitätsklasse 2 bevorzugt angefliegen. 1995 sind es die Vitalitätsklassen 1 und 3 und 1996 zeigt die Vitalitätsklasse 3 eine gewisse Bevorzugung bei im Mittel sehr geringen Anflugzahlen.

Parameter	Intensitätsstufe	1994	1995	1996
Anzahl Larvengänge	0	5,4	12,7	3,3
	1-8	9,3	18,4	5,2
	> 8	12,7	19,2	9,4
Bastvitalität*	grün	7,6	12,4	4,7
	halb trocken		40,3	6,7
	trocken	22,1	28,8	6,1
Kronenzustand**	1	6,9	21,1	3,3
	2	10,3	11,9	5,3
	3	8	24,8	6,2
	Mittl. Anflugzahl	9,2	17,3	5,1

* Kriterien für die Bastvitalität waren die Bastfeuchte (saffrisch, feucht bis halbtrocken und trocken), Bastdicke und die Bildung von Harztaschen
 ** Die Einstufungen des Kronenzustandes sind im Abschnitt 3.2 beschrieben

Eine weitere Möglichkeit, die Anflugintensität mit dem Befallsgrad der Kiefern in Beziehung zu setzen, ist die Betrachtung der Relation der absoluten Anflugzahlen von vorbefallenen (stark vorbefallen) zu nicht vorbefallenen Kiefern. Besonders die Relationen des Anfluges der stark vorbefallenen zu den nicht vorbefallenen Kiefern deuten auf eine Bevorzugung vorbefallener Kiefern beim Anflug des Kiefernprachtkäfers hin (s. Tab. 6). Versuchsflächen mit insgesamt geringer Flugaktivität wurden aus dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Tab. 5: Durchschnittliche Anflugzahl des Kiefernprachtkäfers je Leimtafel und Variante (Summe über die gesamte Schwärmzeit)

Forstämter	Nr. Versuchsfläche	Anflug mit Vorbefall/ Anflug ohne Vorbefall	Anflug bei starkem Vorbefall/ Anflug ohne Vorbefall
Doberschütz; Voranbau 93	2	> 1	> 1
Doberschütz; Bestandesrand	8	0,79	0,5
Doberschütz; Voranbau 95	11	2,09	1,3
Taura; Voranbau 94	19	7,50	12,2
Taura; Bestandesrand	20	0,83	0,85(*1,4)
Weißig a. R.; Voranbau 95	30	7,75	14,5
Weißwasser; Bestandesrand	36	3,10	1,6
Weißwasser; im Bestand	39	0,28	0,11
Weißwasser; im Bestand	40	1,09	1,18

Tab. 6: Relation des Prachtkäferanfluges, bezogen auf den Vorbefall

vorbefallene Kiefern werden stärker angefliegen als nicht vorbefallene Kiefern
 nicht vorbefallene Kiefern werden stärker angefliegen als vorbefallene Kiefern

* Anflugrelation (absterbende Kiefern/nicht vorbefallene Kiefern)

Auch hier zeigt sich deutlich bevorzugter Anflug an stärker vorbefallenen und absterbenden Kiefern gegenüber nicht oder nur gering befallenen Kiefern. Um den Absterbeprozess der Kiefern unter Extrembelastungen zu simulieren, wurden fünf im Bestand stehende Altkiefern in den SäFoÄ Doberschütz, Taura und Weißwasser ausgewählt und am Stammfuß geringelt. Es sollte nachgewiesen werden, ob der Kiefernprachtkäfer auch im Bestandesgefüge (bei nicht optimaler Besonnung) kränkelnde Kiefern anfliegt. Zusätzlich wurden 1995 und 1996 13 kränkelnde Kiefern (Kienzopf; Primärbesiedlung im Kronenraum durch *Ips acuminatus* Gyll., *Blastophagus minor* Htg. und *Pissodes piniphilus* Hbst.) ausgewählt und mit Hilfe von Leimtafeln die Anflugintensität ermittelt.

Bis auf zwei dieser 18 Versuchsbäume zeigten alle ein Jahr bzw. in der Schwärmzeit vor dem Absterben der Bäume einen extrem hohen Anflug durch den Kiefernprachtkäfer (s. Tab. 7). Bei diesen Kiefern konnten im Vergleich zu benachbarten Versuchsbäumen fünf- bis zehnfach höhere Anflugzahlen ermittelt werden. Auch im Vergleich zum Vorjahr stiegen die Anflugzahlen deutlich. Nur bei

einer dieser absterbenden Kiefern erhöhte sich im Jahr 1994 und 1995 der Anflug im Vergleich zum Vorjahr nicht. Die hohen Maximalwerte bei den äußerlich gesunden Kiefern wurden an einer Waldbrandkante in SäFoA Weißwasser (Versuchsfläche Nr. 35) ermittelt. Diese Versuchsbäume hatten, bedingt durch den Brand, starke Bastschäden auf der Südseite.

Die 1996 bei schlechten Schwarmbedingungen konstant hohen Anflugzahlen an absterbenden Kiefern sprechen für eine gezielte Auswahl seitens des Kiefernprachtkäfers. Diese Ergebnisse und Beobachtungen im SäFoA Weißwasser, in dem 1995 gezielt Kiefern einer kleinen überschwemmten Teilfläche der Abt. 214 durch den Kiefernprachtkäfer besiedelt wurden, bestätigen die Vermutung, daß der Kiefernprachtkäfer vorwiegend geschwächte Kiefern befällt. Wie der Käfer diese Kiefern auch im dichten Bestandesgefüge findet, ist noch unklar. Plausibel wäre eine olfaktorische Ortung vom Käfer. Die gezielte Auswahl von kränkelnden Kiefern hält nur so lange an, wie sich deren Vitalitätszustand entscheidend von dem der anderen Bestandesmitglieder unterscheidet. Dies konnte 1995 auf Flächen des SäFoA Doberschütz beobachtet werden (Versuchsflächen Nr. 4, 8 und 9). Die Anflugspitze des Kiefernprachtkäfers an stark kränkelnden Kiefern lag in der Zeit vom 10. bis 17.07.95, also am Anfang der 7wöchigen Wärme- und Trockenperiode (06.07. bis 26.08.95). In der weiteren Schwärmzeit, bei steigendem Wasserstreß für die Kiefernbestände (Sächsischer Waldschadensbericht 1995), verringerte sich die Differenz gefangener Kiefernprachtkäfer von kränkelnden Kiefern zu benachbarten, äußerlich vitaleren aber zunehmend geschwächeren Versuchsbäumen.

Tab. 7:
Kiefernprachtkäferanflug (Gesamtsumme) bei absterbenden Kiefern (Angaben für die Jahre 1994 bis 1996)

Jahr	1994	1995	1996	1994	1995	1996
	gesund			absterbend		
Baumanzahl	65	114	116	4	12	2
Mittelwert	8,6	14,6	4,2	27	60,2	63
Max	51	90	45	43	139	101
Min	0	0	0	29(2)	21(4)	25

() Anflugergebnisse von absterbenden Kiefern, bei denen keine Anflugsteigerung auftrat

5.3 Einfluß der Bestandesstruktur

Als entscheidender Faktor für das Auftreten und die Flugaktivität des Kiefernprachtkäfers werden die Lichtverhältnisse im betroffenen Kiefernbestand angesehen (TEMPLIN 1978; APEL 1986). Diese werden besonders beeinflusst durch die Stammzahl, die vertikale Struktur und die Exposition des Bestandes. Zur Charakterisierung der Lichtverhältnisse in den Versuchsflächen wurden 1994 die LAI-Werte (Leaf Area Index: m² Blattfläche bezogen

auf m² Waldboden) gemessen. Die Gegenüberstellung dieser LAI-Werte mit den durchschnittlichen Anflugzahlen der Jahre 1994 und 1995 ergaben keine erkennbaren Zusammenhänge (s. Tab. 8). Ergebnisse von DR. APEL und eigene Beobachtungen deuten darauf hin, daß seitliche Sonneneinstrahlung für die Flugaktivität des Kiefernprachtkäfers entscheidender ist als der Lichteinfall aus dem Kronendach.

Forstämter	Nr. Versuchsflächen	Alter	Prachtkäferanflug je Leimtafel 1994	Prachtkäferanflug je Leimtafel 1995	N/ha	LAI-Werte
Doberschütz; Voranbau 93	2	67	2,4	7,7	720	1,13
Doberschütz; Bestandesrand	4	103	6,6	20,0	340	1,01
Doberschütz; Voranbau 95	11	106	8,0	9,5	173	0,61
Taura; Voranbau 94	19	97	13,2	5,5	200	0,45
Taura; Bestandesrand	20	60	20,8	4,0	700	0,59
Weißwasser; Bestandesrand	36	98	23,7	6,2	580	0,72
Weißwasser; im Bestand	39	98	6,0	4,3	480	1,20
Weißwasser; im Bestand	40	55	5,8	0	800	2,18

Gemessen an den durchschnittlichen Anflugzahlen je Leimtafel, veränderte sich das Auftreten des Kiefernprachtkäfers von 1994 zu 1995 sehr stark. In den hier ausgewählten Beständen des SäFoA Doberschütz stiegen die Anflugzahlen, und in den SäFoÄ Taura und Weißwasser verringerten sich die Anflugzahlen. 1994 bevorzugte der Kiefernprachtkäfer stammzahlarme Bestände mit geringem LAI-Wert. Für 1995 ist diese Tendenz nicht mehr zu erkennen. Hier müssen noch andere Faktoren eine Rolle spielen. Anfluguntersuchungen (s. 5.2) zeigen für 1994 und 1995, daß sich der Anflug des

Kiefernprachtkäfers bei extremer Trockenheit und Hitze auf stark besonnte, süd- bis südwest-exponierte Bestandesränder und Bestandeslücken konzentriert. Aber auch hier treten bei ähnlichen äußeren Bedingungen (z. B. SäFoA Doberschütz: Versuchsflächen Nr. 4 und 11) starke Unterschiede im Anflugverhalten des Kiefernprachtkäfers auf. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen, wie sie 1996 zur Flugzeit des Kiefernprachtkäfers vorherrschten, konnten im ganzen bei sehr niedriger Flugaktivität keine bevorzugten Schwarmplätze festgestellt werden.

*Tab. 8:
Vergleich der mittleren Anflugzahlen je Leimtafel mit 1994 gemessenen LAI-Werten (Angaben für die Jahre 1994 bis 1996)*

5.4 Einfluß mikroklimatischer Rahmenbedingungen

Die mikroklimatischen Rahmenbedingungen werden durch viele Faktoren beeinflusst und weichen vom Regional Klima und Wetter ab. Durch die jeweilige Struktur bildet sich für jeden Bestand ein etwas anderes Mikroklima aus. Da die Aktivität von Insekten als wechselwarme Tiere oft von Temperaturschwellenwerten abhängt und hier schon Temperaturunterschiede von 2 °C entscheidend sind, kann das Bestandesklima das Auftreten bzw. den Aktionsradius und die Dauer beeinflussen. Die Insekten sind wiederum in der Lage, den für ihre Lebensweise geeignetsten mikroklimatischen Lebensraum aufzusuchen. Für den adulten Kiefernprachtkäfer ist dabei die Luft- und Oberflächentemperatur der Rinde entscheidend. Ab einer mittleren Lufttemperatur von 20 °C beginnt der Kiefernprachtkäfer mit seinem Schwarmflug. Die adulten Käfer richten auf der Stammoberfläche ihren Kör-

per (Torax und Flügeldecken) zur Sonne aus, um schnell die benötigte Körpertemperatur zu erreichen. So ist es dem Käfer möglich, auch kurze Wärmeperioden am Tag auszunutzen. Neben den adulten Käfern beeinflusst die Temperatur auch die Larvenentwicklung des Kiefernprachtkäfers im Bast der Kiefern. So ergeben sich für jeden Baum je nach Besonnung, Feuchtegehalt und Dicke der Bast- und Rindenschicht unterschiedliche Entwicklungsbedingungen.

In SäFoA Weißwasser wurde im Revier Alteich auf der Versuchsfläche Nr. 39 mit Hilfe einer Waldklimameßstation die Oberflächentemperatur von zwei Kiefern in 1,3 und 4 m Höhe auf der Nord- und Südseite gemessen. Neben diesen Messungen wurden die Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe, die Nieder-

schlagmenge, PAR-Strahlung, Oberbodentemperatur und Bodensaugspannung in 30 cm und 60 cm Tiefe gemessen. Die geplanten Xylemflußmessungen mußten aus technischen Gründen ausfallen.

Abb. 30:
Waldklimameßstation
im SäFoA Weißwasser



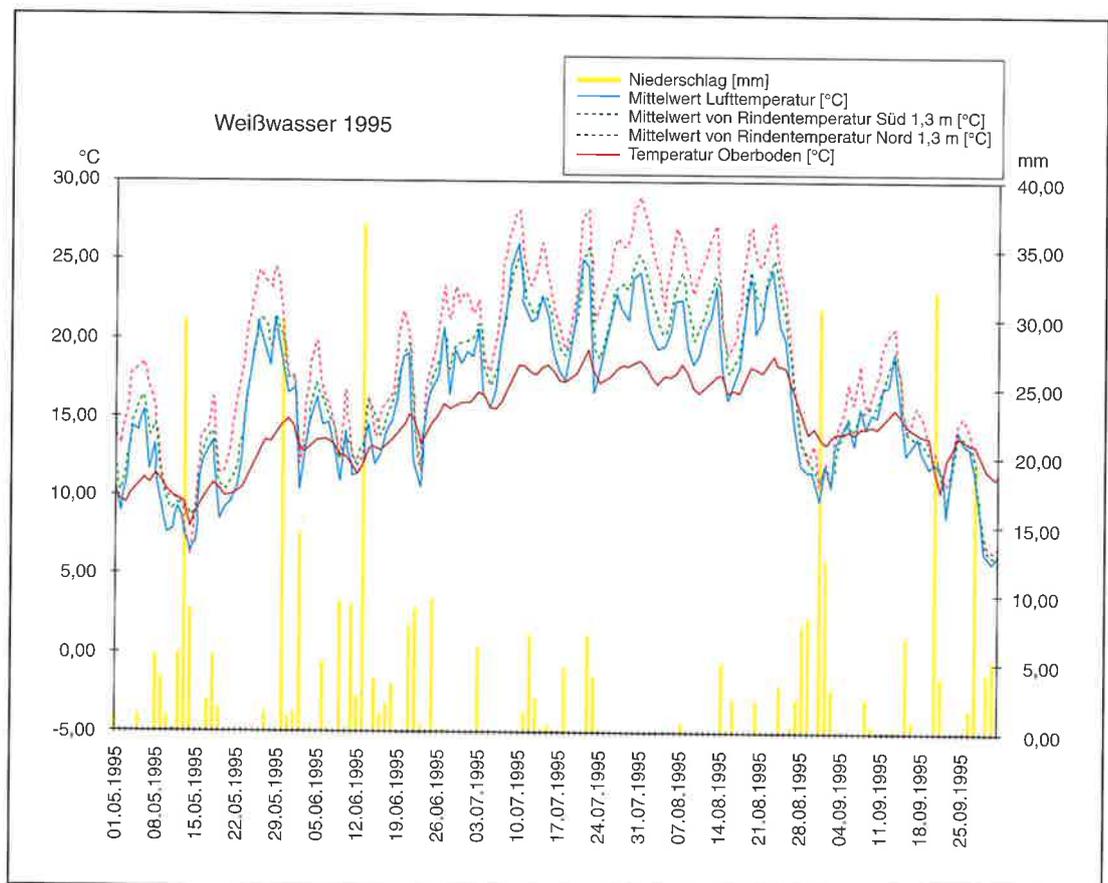
An den mit Temperatursensoren ausgestatteten Kiefern wurde parallel der Kiefernprachtkäferanflug erfaßt. Tab. 9 zeigt die Summe der gefangenen Kiefernprachtkäfer aller mit Leimtafeln ausgestatteter Versuchsbäume auf der Versuchsfläche Nr. 39.

Die höchsten täglichen Anflugzahlen wurden in der Zeit vom 12.07. bis zum 24.07.95 ermittelt. Bezo-

gen auf die mittlere Luft- und Rindentemperatur (s. Abb. 31), liegt dies direkt am Anfang der siebenwöchigen Hitze- und Trockenperiode von 1995. In diesen 12 Tagen fällt die mittlere Lufttemperatur am 17.07. unter 20 °C, steigt aber am 19.07. wieder auf 25 °C an.

Entscheidender als die mittlere Temperatur sind die am Tage ermittelten Maximalwerte (Aktivitätsschwellenwerte der Insekten). In Abb. 32 sind die Maximalwerte der Luft- und Rindentemperatur der Südseite in 1,3 m und 4 m Höhe dargestellt. Ein Vergleich mit der mittleren Lufttemperatur in Abb. 31 zeigt, daß an regenfreien Tagen mit einer mittleren Lufttemperatur von 15 °C die maximale Lufttemperatur weit über 20 °C und die Rindentemperatur Werte von über 30 °C erreicht. Die maximalen Rindentemperaturen in 1,3 m Höhe liegen, bedingt durch den Einfallswinkel der Sonneneinstrahlung, über denen in 4 m Höhe. Die mittlere Rindentemperatur in 4 m Höhe übersteigt geringfügig die mittlere Rindentemperatur in 1,3 m Höhe (s. Abb. 33). Diese Temperaturbedingungen blieben fast unverändert bis zum 24.08.95 bestehen.

Abb. 31:
Zusammenstellung
der mittleren Boden-,
Luft- und Rinden-
temperatur und
Niederschlagsmenge
pro Tag an der Wald-
klimastation für 1995



Datum	14.06. bis 28.06.	28.06. bis 12.07.	12.07. bis 24.07.	24.07. bis 24.08.	24.08. bis 12.09.
Summe	1	77	89	145	11
je Tag und Baum	0,1	5,5	7,4	4,7	0,6

Tab. 9:
Gesamtsumme der
1995 auf der
Versuchsfläche Nr. 39
gefangenen
Kiefernprachtkäfer

Der Anstieg der Anflugszahlen zu Beginn der Hitzeperiode ist vermutlich durch ein gehäuftes Schwärmen der im Juni unter schlechteren Witterungsbedingungen geschlüpften Kiefernprachtkäfer zu

erklären. 1995 beginnt der Schwärmflug nach dem Schlupf der adulten Kiefernprachtkäfer erst ab maximalen Lufttemperaturen von über 25 °C (s. Abb. 32).

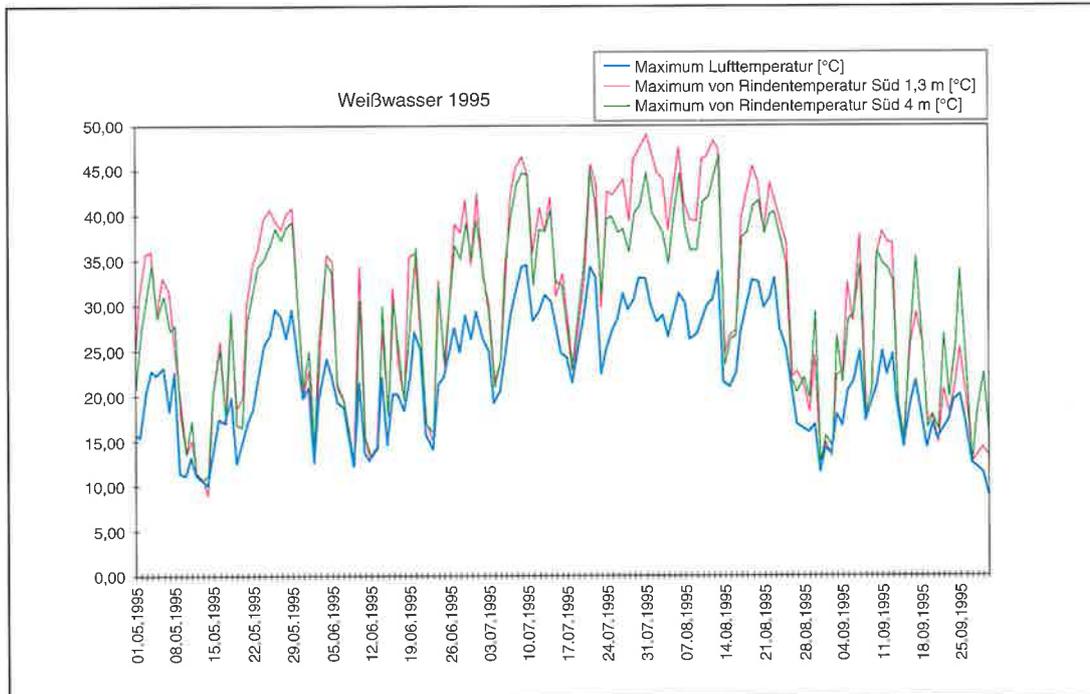


Abb. 32:
Zusammenstellung
der maximalen Luft-
und Rindentemperatur
(Süd 1,3 m und
Süd 4 m) an der
Waldklimastation
für 1995

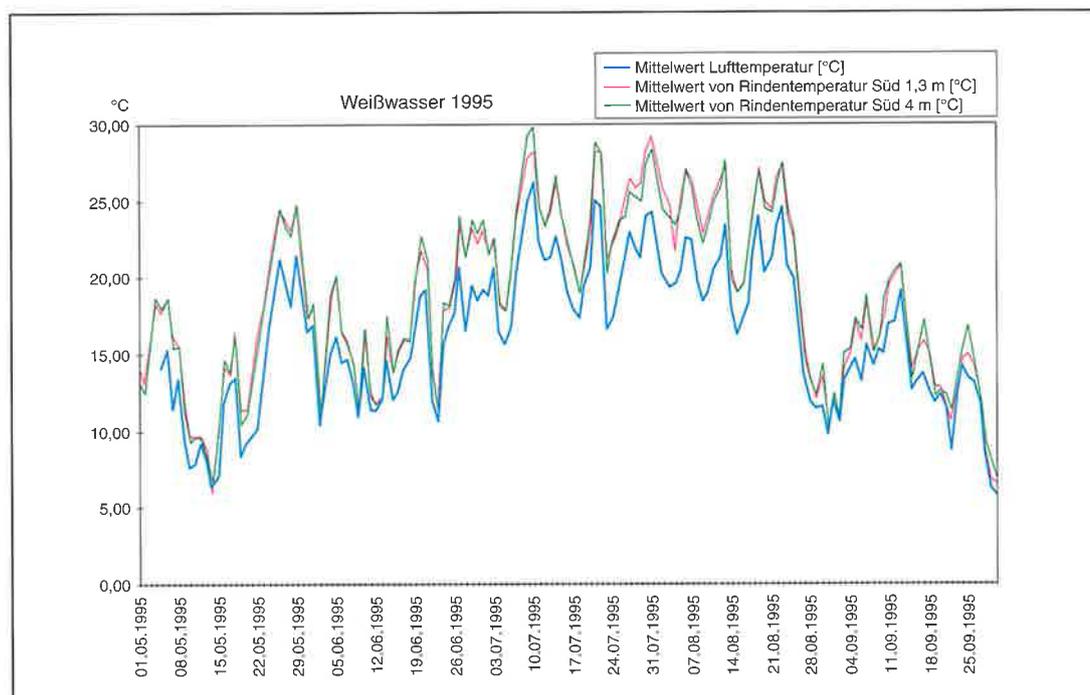


Abb. 33:
Zusammenstellung
der mittleren Luft- und
Rindentemperatur
(Süd 1,3 m und
Süd 4 m) für 1995

5.5 Bedeutung des Blauen Kiefernprachtkäfers bei der Folgebesiedlung von Flächen nach Fraß durch Kiefernspinner

In den Jahren 1993 und 1994 wurde in der Muskauer Heide ein 47jähriger Kiefernbestand (Versuchsflächen Nr. 44, 45, und 46) durch den kombinierten Fraß von *Lymantria monacha* L. und *Dendrolimus pini* L. stark geschädigt. Eine im Frühjahr 1994 bzw. 1995 durchgeführte Behandlung mit Dimilin sollte einen wiederholten Kahlfraß verhindern. Ein Jahr später trat eine Massenvermehrung von *Dendrolimus pini* L. in einem 70jährigen Kiefernreinbestand (Versuchsflächen Nr. 23, 24, 25 und 26) in dem SäFoA Taura auf. Auf diesen Flächen fand 1995 eine Behandlung mit Fastac Forst statt. Zur Erfassung des weiteren Fraßverlaufs, der Sekundärbesiedlung durch Stammschädlinge und der Wiederbenadelung der Kiefern wurden in beiden Fraßflächen flächenbezogene Probekreise eingerichtet.

Die Aufnahme zur Regeneration der Kiefern in Abhängigkeit vom Nadelverlust erfolgte auf der Fläche im BFoA Muskauer Heide im Juli und Oktober 1994. Die durchschnittliche Benadelung lag bei 19,7 %, nur 40 % der Kiefern mit einer Benadelung unter 20 % hatten einen Maitrieb geschoben. Zur Zeit der Aufnahme war ein starker Stehendbefall durch *Blastophagus piniperda* L. zu erkennen. Befall durch Kiefernprachtkäfer und Bockkäferarten deutete sich an.

Im Winter 1994/95 wurden befallene und schwach benadelte Kiefern entnommen und so die Stammzahl der herrschenden Kiefern auf die Hälfte reduziert. Im verbleibenden Bestand wurde 1995 eine Benadelungsbonitur durchgeführt (s. Abb. 34).

Durch den Austrieb in der Vegetationszeit 1995 verbesserte sich die durchschnittliche Benadelung des Bestandes von 25,7 % auf 45,4 %. Besonders stark verringerte sich der Anteil der schwachen Benadelungsstufen (0–10 % und 11–20 %) um mehr als 50 %. Vorwiegend handelte es sich dabei um Kiefern der 2. und 3. Baumklasse.

Abb. 35 verdeutlicht die Veränderungen hinsichtlich der Eingruppierung in die Benadelungsstufen während der Vegetationszeit von den Kiefern, bei denen kein Vorbefall durch Kiefernstammsektoren festgestellt wurde.

Bei der Besiedlungskontrolle im Oktober 1995 waren 11 % der Kiefern schwach mit Kiefernprachtkäferlarven befallen. Die Besiedlung verteilt sich über alle Benadelungsstufen, wobei vorwiegend schwach benadelte Kiefern befallen wurden (s. Abb. 36).

Die Bonitur der Benadelung im Kiefernspinnerfraßgebiet des SäFoA Taura erfolgte im April und Oktober 1995 in drei Probekreisen (je 0,05 ha). Der Kiefernbestand zeigte eine sehr gute Wiederbenadelung. Noch stärker als auf den geschädigten Flächen der Muskauer Heide verringerte sich der Anteil der schwach benadelten Kiefern während der Vegetationszeit von 68 % auf 28 % (s. Abb. 37).

Abb. 34:
Veränderung der Verteilung in Benadelungsstufen nach einer Bonitur im April und Oktober 1995 im BFoA Muskauer Heide

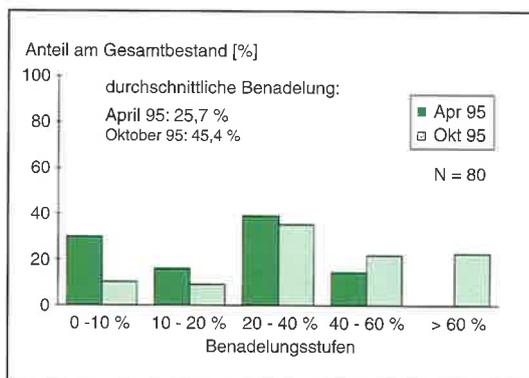


Abb. 35:
Veränderung der Benadelung innerhalb der Benadelungsstufen von nicht befallenen Kiefern für 1995 im BFoA Muskauer Heide

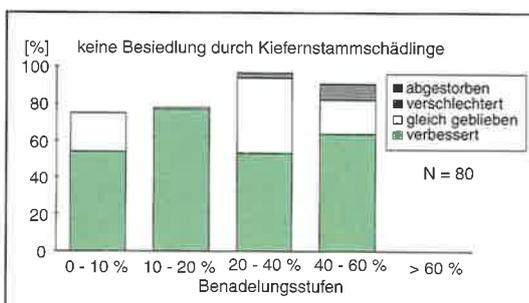
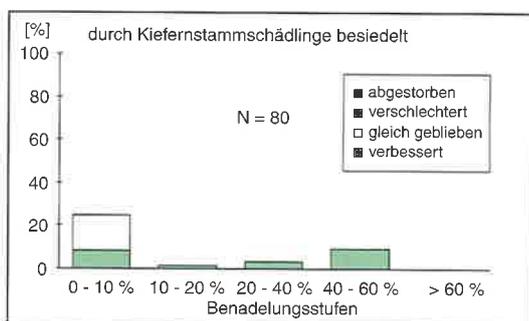


Abb. 36:
Durch Kiefernprachtkäfer besiedelte Kiefern, gegliedert nach den Benadelungsstufen und deren Veränderung innerhalb der Vegetationszeit 1995 im BFoA Muskauer Heide



Die durchschnittliche Benadelung erhöhte sich im Laufe der Vegetationszeit von 12,8 % auf 34,2 %. Im wesentlichen verbesserte sich die Benadelung in den Benadelungsstufen 11–20 % und 21–40 %. Abb. 38 veranschaulicht die Veränderung, bezogen auf die Benadelungsstufe, bei nicht vom Kiefernprachtkäfer besiedelten Kiefern. Von den sehr schwach benadelten Kiefern starben 3,8 % ohne Besiedlung von Kiefernstamm-insekten ab.

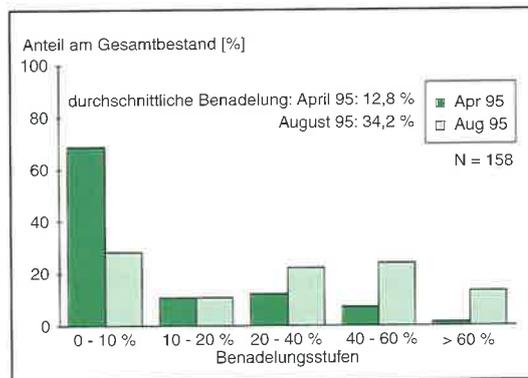


Abb. 37: Aufgliederung der Kiefern in Benadelungsstufen nach einer Bonitur im April und Oktober 1995 im SäFoA Taura

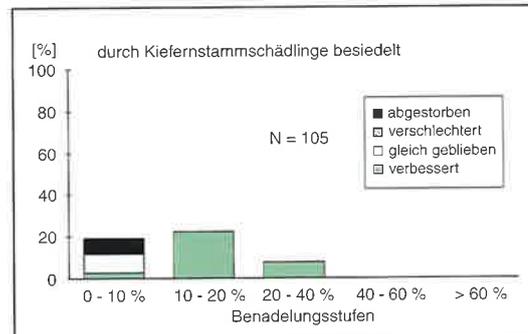
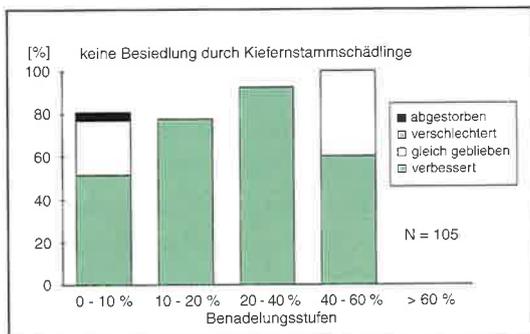


Abb. 38: Veränderung der Benadelung innerhalb der Benadelungsstufen für 1995 in SäFoA Taura bei nicht befallenen Kiefern

Eine starke Besiedlung durch *Blastophagus pini-perda* L., wie sie 1994 auf den untersuchten Flächen der Muskauer Heide vorlag, blieb aus. Nur einzelne Kiefern waren befallen. Bei einer Besiedlungskontrolle im Oktober 1995 wurde auf den Untersuchungsflächen im SäFoA Taura bei 13 % der Versuchsbäume Kiefernprachtkäferbefall festgestellt. Dabei handelte es sich vorwiegend um Kiefern mit geringer Benadelung (0–20 %) (s. Abb. 39) der 1. und 2. Baumklasse nach KRAFT. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß die Kiefern der 1. und 2. Baumklasse stärker als Kiefern geringerer soziologischer Stellung durch den Fraß in Verbindung mit Trockenheit in Streß geraten und sich so deren Abwehrvermögen gegen Kiefernstamm-insekten stark vermindert.

vitaler gewesen ist. Die Untersuchungen ergeben, daß die Kiefer in der Lage ist, große Nadelverluste (bis 90 %) nach einer abgeschlossenen Knospenbildung zu regenerieren (ALTENKIRCH et al. 1979; HABERMANN 1995).

Abb. 39: Durch Kiefernprachtkäfer besiedelte Kiefern, gegliedert nach den Benadelungsstufen und deren Veränderung innerhalb der Vegetationszeit 1995 im SäFoA Taura

Von den sehr schwach benadelten Kiefern starben 7,7 % ab. Untersuchungen zur Besiedlungsdichte zeigten einen starken Larvenbesatz (60–150 Larven/m² Rinde) des Kiefernprachtkäfers aus überwiegend einjähriger Generation. Alle untersuchten, abgestorbenen Kiefern konnten im Frühjahr 1995 noch die Besiedlung durch den Großen Waldgärtner abwehren (10–40 abgewehrte Larvengänge/m² Rinde). Dies und die gute Wiederbenadelung bestätigen die Annahme, daß der Kiefernbestand im Vergleich zu den betroffenen Beständen in der Muskauer Heide in der kritischen Frühjahrsphase

Eine Disposition der vorgeschädigten Kiefer für kambio- und xylophage Insekten ist nur zu befürchten, wenn weitere Stressoren, besonders Wassermangel, hinzukommen. Der extreme Wasserstreß im Juli und August 1995 führte jedoch nur bei 2 % der Gesamtbaumzahl zu einer erfolgreichen Besiedlung und Entwicklung des Kiefernprachtkäfers. Der Wassermangel verringerte das Abwehrvermögen der Kiefern stärker als deren Entnadelung. Dies erklärt, warum nicht nur schwach benadelte, sondern auch gut benadelte Kiefern erfolgreich besiedelt werden konnten. Die Trockenperiode im Juli und August 1995 führte offenbar bei den besser benadelten Kiefern (höhere Transpirationsfläche) zu einer stärkeren Streßsituation als bei schwächer benadelten Kiefern. Eine verstärkte Ausbreitung der Schäden durch Kiefernprachtkäfer und andere Kiefernstamm-insekten im Frühjahr und Sommer 1996 war nicht zu erwarten und blieb aus.

6 Auswirkungen waldbaulicher Behandlungen auf das System Kiefer – Blauer Kiefernprachtkäfer

6.1 Allgemeine Wechselwirkungen

Die forstliche Bewirtschaftung der Wälder greift in die normale Entwicklung des Bestandes ein. Gemessen an den Entwicklungsphasen, die ein Naturwald durchläuft (Verjüngungs-, Dickungs-, Alterungs- und Zerfallsphase), wird die Zerfallsphase durch vorzeitige Nutzung unterdrückt. Die Bedeutung der Insekten als Konsumenten und Destruenten im Wirtschafts- und Naturwald liegen in einer schnellen Rückführung der Nährelemente in den Stoffkreislauf des Waldökosystems. Sie „entgiften“ das System und wirken so einem Zusammenbruch wegen Überproduktion entgegen. Die Insekten leiten eine Sukzession ein, die kleinflächig zu einem Bestockungswechsel führt (Mosaik-Zyklus; REMMERT 1992). Die Insekten treten dabei in direkter Nutzungskonkurrenz zum Menschen auf und werden deshalb als „Schädlinge“ mit teilweise hohem Aufwand zurückgehalten. Doch nach SCHÖNHERR 1974 ist der Schädling nicht die Ursache einer Waldkrankheit, sondern das Symptom einer an sich kranken Waldlebensgemeinschaft.

In den Hauptschadensgebieten des Kiefernprachtkäfers hat sich in den letzten Jahrzehnten die Bestandesstruktur und Zusammensetzung stark von den natürlichen Vegetationsbedingungen entfernt. Es stocken gleichaltrige einschichtige Kiefernreinbestände anstelle von vielschichtigen Eichen-Kiefern-Mischbeständen. Durch starke anthropogene Belastungen (Immissionen) und Wasserabsenkungen infolge der Kies- und Braunkohlentagebaue werden diese Bestände zusätzlich labilisiert. So können Witterungsextreme die Widerstandskraft der Kiefern so stark senken, daß Massenvermehrungen von Insekten auftreten. Zur näheren Charakterisierung der Untersuchungsbestände wurden 1994 bei allen Versuchsflächen von einzelnen Kiefern nach BZE-Anweisung Nadelproben entnommen und der Elementgehalt der Kiefernadeln im Labor der Abteilung Bodenkunde der LAF analysiert. In Tab. 10 sind die Ergebnisse aufgelistet und werden mit Untersuchungen von v. D. BURG 1986 und HEINZE et al. 1989 verglichen.

Tab. 10:
Elementgehalte und Relationen von Kiefer aus den SäFoÄ Doberschütz, Taura, Weißwasser und Weißig a. R.

Untersuchungsgebiet	N %	Pf %	K %	Ca %	Mg %	Mn [ppm]	Fe [ppm]	N/P [%/-%]	N/K [%/-%]	N/Ca [%/-%]	N/Mg [%/-%]
SäFoA Taura	1,70	0,10	0,38	0,31	0,06	462,17	150,03	16,88	4,49	5,59	30,49
SäFoA Doberschütz	1,73	0,12	0,47	0,32	0,06	686,99	124,57	14,64	3,72	5,63	28,89
SäFoA Weißwasser	1,53	0,13	0,49	0,42	0,10	299,89	200,84	12,02	3,13	3,74	15,80
SäFoA Weißig a. R.	1,80	0,13	0,48	0,19	0,05	373,07	149,83	13,49	3,75	9,46	37,67
Mittelwert	1,66	0,12	0,47	0,34	0,07	482,38	158,85	13,87	3,61	5,28	25,06
Normalbereich (v. d. Burg 1986)	1,5–1,7	0,13–0,19	0,45–0,65	0,2–0,4	0,08–0,13	100–500	120–230	8–13	2,3–3,8	3,8–8,5	12–21
Mangelbereich (v. d. Burg 1986)	< 1,10	< 0,10	< 0,35	< 0,1	< 0,04	< 40	< 40	> 15	5,7–5,9	15–17	37–43
Normalbereich (Heinze et al. 1989)	1,35–1,8	0,10–0,30	0,35–0,50	0,15–0,50	0,05–0,15	100–1000	40–550	6–13,5	3,6–3,9	3,6–9	12–27

über Normalbereich

Mangelbereich

Auffällig ist die generell hohe und im SäFoA Doberschütz und Weißig a. R. übernormale Stickstoffversorgung. Die Magnesiumversorgung liegt für alle Flächen, außer denen im SäFoA Weißwasser, an der unteren Grenze. Bedingt durch die hohe Stickstoffversorgung, ergibt sich bei Relationen von Stickstoff zu den anderen Nährelementen im SäFoA Taura beim Phosphor und im SäFoA Weißig beim Magnesium eine Unterversorgung der Kiefer. Es besteht kein absoluter sondern ein relativer Mangel an: P; K; Mg (HARTMANN, THOMAS 1993).

Parallel zu den Nadeluntersuchungen wurden von den Versuchsflächen in den SäFoA Doberschütz, Taura und Weißwasser der pH-Wert in der Humusschicht und in den oberen Mineralbodenschichten bis zu einer Tiefe von 15 cm bestimmt. Die Messungen erfolgten als Doppelbestimmung in Wasser und bei Salzzugabe (KCL). Letztere gibt den pH-Wert des beprobten Bestandes unter extremer Belastung (Versauerungsschübe) an (ULRICH et al. 1984). Die Unterschiede zwischen den Beständen sind nur gering. In fast allen Flächen liegt im gesamten Oberboden der Aluminium-Pufferbereich (pH 4,2–3,8) vor, nur im SäFoA Weißwasser wird in einer Bodentiefe von 15 cm der Austauschpuffer (pH 5,0–4,2) erreicht (ULRICH 1981). Im Aluminium-Pufferbereich dominieren in der Bodenlösung pflanzentoxisches Aluminium und Eisen (MATZNER et al. 1984). Hierdurch werden die Feinwurzeln direkt geschädigt und die Ionenaufnahme der Pflanzen bei schlechter Basensättigung der Böden erschwert. Bei der recht hohen Säuretoleranz der Kiefer treten hier im Normalfall keine Schäden auf.

Depositionsuntersuchungen dieser Regionen belegen den hohen anthropogenen Einfluß an der Bodenversauerung (NIEHUS, BRÜGGEMANN 1995).

Ergebnisse der Nadeluntersuchungen und Veränderungen der Kiefernbestände wie Auflichtung, Vergrasung und Auftreten von Stickstoffzeigern deuten auf eine Stickstoffsättigung der Bestände hin (HOFMANN 1995). In den 70er Jahren durchgeführte flächige Stickstoffdüngungen der Kiefernbestände haben diesen Prozeß beschleunigt. In dieser Phase kann der sonst wachstumsfördernde Stickstoff zu einer Labilisierung der Kiefernwälder führen. Es treten eine Menge nachfolgend aufgeführter,

SäFoA	Bodentiefe [cm]	pH (H ₂ O)	pH (KCL)
Doberschütz	0	4,16	3,74
	5	4,20	3,60
	10–15	4,37	4,07
Taura	0	4,13	3,70
	5	4,26	3,64
	10–15	4,37	3,83
Weißwasser	0	4,44	4,02
	5	4,29	3,73
	10–15	4,68	4,34
Mittelwert	0	4,23	3,81
	4	4,24	3,65
	10–15	4,46	4,10

Tab. 11:
pH-Werte der
aufgeführten
Versuchsflächen

negativer Verschiebungen im System Baum-Standort-Pathogene auf:

- Die gute N-Versorgung der Kiefern fördert das Sproßwachstum stärker als das Wurzelwachstum (RITTER 1990).
- Die Mykorrhiza-Infektionsrate der Kiefernwurzeln nimmt ab (JANSEN 1987).
- Zusätzlich steigert die gute N-Versorgung die Photosyntheserate der Nadeln, was zu einer längeren Öffnungszeit der Stomatazellen und höheren Transpiration führt (V. D. ERDEN; PEREZ SOBA 1992).

In der Nähe von intensiven Massentierhaltungen der Landwirtschaft oder Düngefabriken, wie es auf Versuchsflächen in SäFoA Doberschütz und Weißig a. R. der Fall ist bzw. war, verschlechtern sich durch NH₃-Immissionen die Bedingungen für die Kiefer zusätzlich. Hier wird der Primärstoffwechsel der Bäume durch Entgiftungsmechanismen in Blatt und Wurzel stark beansprucht. Dies führt zu einer Verschiebung im Primär- und Mineralstoffhaushalt der Kiefer, wodurch die Frosthärte besonders bei zeitigen Frühfrösten abnimmt (DUECK et al. 1990/91).

Insgesamt betrachtet, führt die hohe N-Versorgung beim Überschreiten des Optimums in den Sommermonaten zu einem zusätzlichen Trockenstreß für die Kiefern (Kätzel 1995 a, 1995 b).

Untersuchungen des Sekundärstoffwechsels N-belasteter Kiefer zeigen in den Nadeln einen, im Verhältnis zu löslichen Kohlenhydraten und Aminosäuren verringerten Tanningehalt (TUONI et al. 1988; BRYANT et al. 1987; MOHR 1989). Diese Verringerung des unspezifischen Abwehrsystems der Kiefer kann zu einer stärkeren Disposition gegenüber Schadinsekten führen.

Diese Untersuchungsergebnisse zeigen, wie stark die anthropogenen Belastungen auch im Untersuchungsgebiet die Vitalität der Kiefernbestände beeinträchtigen und die Handlungsmöglichkeiten zur Stabilisierung der Bestände begrenzen.

Mit den folgenden Untersuchungen soll das Reaktionsvermögen der Kiefern bei unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungsvarianten untersucht werden. Es wurden nur einige, die Entwicklung des Kiefernprachtkäfers und anderer xylo- und kambio-phager Insekten beeinflussende Faktoren ausgewählt.

6.2 Baumphysiologische Parameter

6.2.1 Harzdruckmessungen

Der Harzdruck der Kiefern wird entscheidend durch die Wasserversorgung der Bäume beeinflusst, da das Auspressvermögen der Auskleidungszellen der Harzkanäle im Holz vom Wassergehalt des Splintholzes abhängig ist und dieser direkt von der Wasserversorgung bestimmt wird (STEPHAN 1969). Ähnlich wie bei der Fichte werden auch bei der Kiefer eindringende xylo- und kambio-phage Insekten durch ausströmendes Harz abgewehrt (z. B. Harztrichter bei *Blastophagus piniperda* L.). Außerdem leitet der Harzfluß bei Verwundungen des Baumes die Verkernung der freiliegenden

Holzschicht ein. Das Harzungsvermögen der Kiefer wird beeinflusst durch die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit. Höhere Temperaturen erhöhen die Viskosität des Harzes. Das größte Harzungsvermögen zeigt die Kiefer mit einsetzendem Saftstrom im Frühjahr bis zum Hochsommer (Juli/August). Methodisch wird der Harzdruck mit einem Druckmanometer gemessen, dessen Verbindungsstück (Stahlröhre) in ein 6 cm tiefes und 4 mm breites Bohrloch in das Splintholz des Baumes eingeschraubt wird (VITE, RUDINSKY 1961).

Harz der angeschnittenen Harzkanäle strömt in das Bohrloch und baut einen Druck auf, der dem in den Harzkanälen entspricht. Als Druckübertragungsmittel im Verbindungsstück hat sich in 1993 durchgeführten Vorversuchen Glycerin bewährt. Durch die einsetzende Kristallisation des Harzes sind die Messungen zeitlich begrenzt. Auf den Einzelbaum bezogen, wurde der höchste Harzdruck am Stammfuß bis zu einer Höhe von 50 cm gemessen.

Im SäFoA Weißig a. R. wurden im September 1994 nach ergiebigen Regenfällen auf der Versuchsfläche Nr. 30 (43jähriger Kiefernreinbestand) der gesamte Tagesgang des Harzdruckes ermittelt (s. Abb. 41). Hierzu wurden nach oben beschriebener Methode 15 Kiefern um 18:00 Uhr mit Harzdruckmanometern ausgestattet und stündlich bis zum nächsten Tag 17:00 Uhr der Harzdruck abgelesen.

Abb. 40:
Harzdruckmanometer
an einer Kiefer im
SäFoA Weißig a. R.



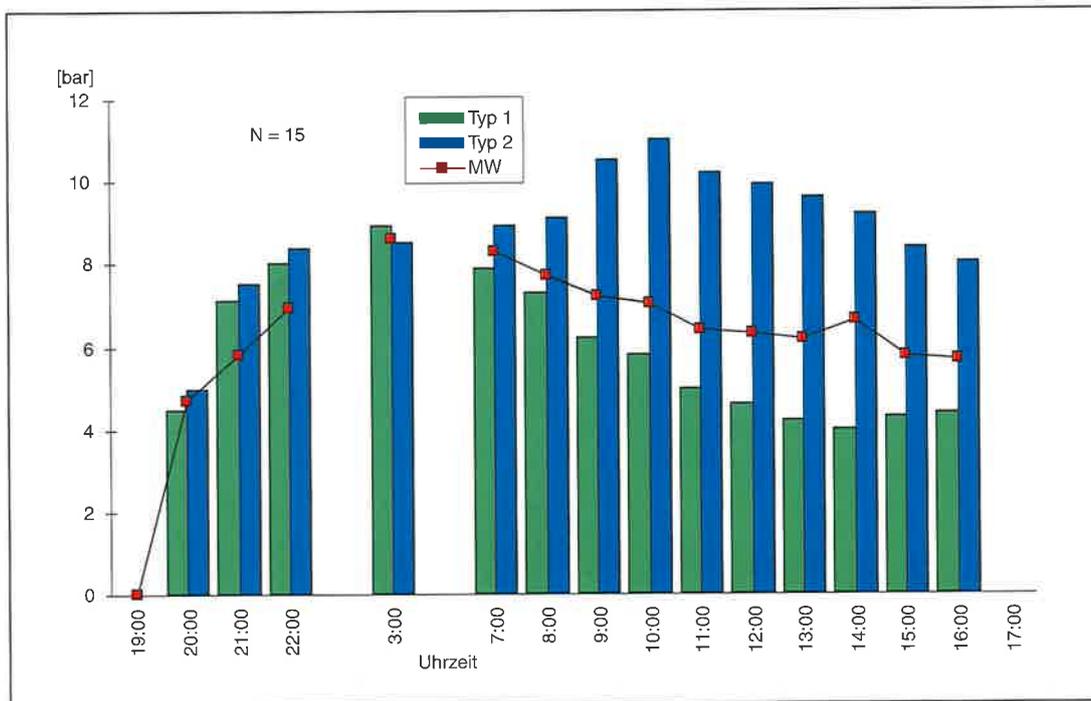


Abb. 41:
Harzdruckmessung
im SäFoA Weißig a. R.
1994

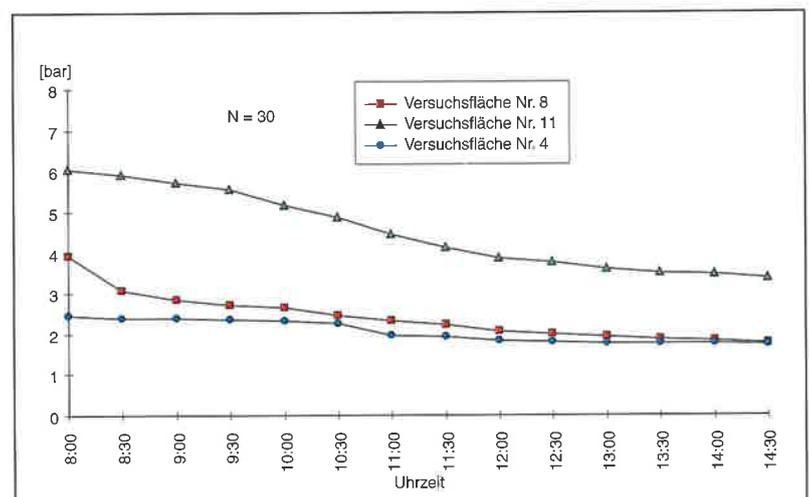
Der Tagesgang des Harzdruckes zeigt in diesem Bestand zwei unterschiedliche Typen. Beim ersten Typ liegt das Maximum etwa um 3:00 Uhr. Der Harzdruck fällt dann bis 14:00 Uhr und steigt anschließend wieder leicht an. Beim zweiten Typ steigt der Harzdruck bis 3:00 Uhr etwa in gleicher Art und Weise wie beim vorher beschriebenen und fällt dann aber nicht ab, sondern steigt weiter bis zu einem Maximum um 10:00 Uhr. Ab da fällt der Harzdruck auf das Ausgangsniveau zurück.

Um die Reaktion der Bäume, gemessen am Harzdruck, auf die vorher durchgeführten waldbaulichen Behandlungsvarianten zu überprüfen, wurden im SäFoA Doberschütz im August 1994 Harzdruckmessungen in drei vom Standort und Alter vergleichbaren Versuchspartellen durchgeführt (s. Anhang). Verglichen wurden:

- Kiefernaltbestand (Versuchsfläche Nr. 8), in dem 1993/94 nach Bodenbearbeitung (Pflugstreifen) ein Voranbau eingebracht wurde,
- ein Kiefernaltbestand (Versuchsfläche Nr. 11), der für einen Voranbau 1995 stark aufgelichtet wurde und
- ein durch Kiefernprachtkäferabgänge aufgelichtetes und vergrastes Kiefernalt Holz (Versuchsfläche Nr. 4).

Analog zu oben beschriebenem Versuch im SäFoA Weißig a. R. wurden je Bestand 10 Versuchsbäume ausgewählt und am Vorabend der Untersuchung um 19:00 Uhr mit Harzdruckmanometern ausgestattet. Die Messung erfolgte am darauffolgenden Tag. Ab 8:00 Uhr wurde der Harzdruck halbstündlich abgelesen. Die Meßergebnisse sind in Abb. 42 dargestellt. Der ermittelte Harzdruck in der Versuchsfläche Nr. 11 lag während der gesamten Untersuchungszeit um ein Drittel über dem der anderen Versuchsflächen. Zwischen den Versuchsflächen Nr. 8 und 4 zeigen sich nur während der ersten zwei Stunden deutliche Unterschiede. Hier lag der gemessene Harzdruck in der Fläche Nr. 8 um 60 % über dem der Fläche Nr. 4 (s. Abb. 42).

Abb. 42:
Harzdruckmessungen
im SäFoA Doberschütz
1994

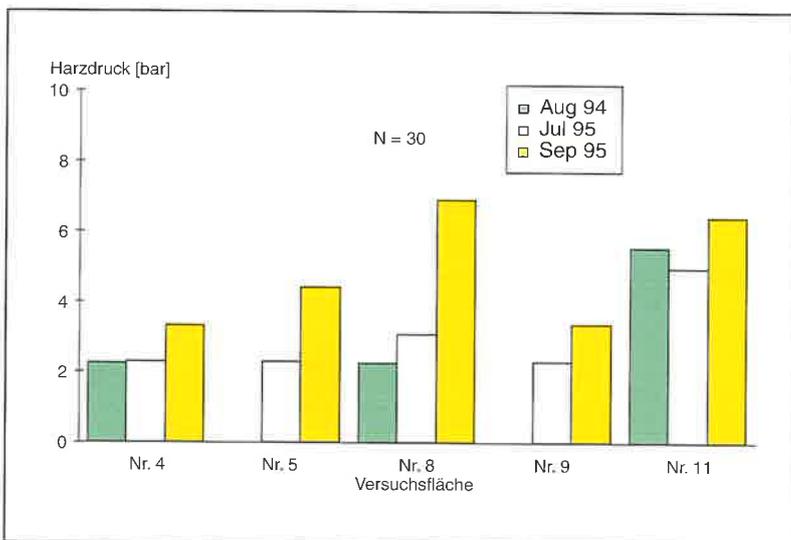


Da die Wasserversorgung der Bäume die Höhe des Harzdruckes entscheidend beeinflusst, wurden die höchsten Werte auf der Fläche Nr. 8 (Voranbau mit Bodenbearbeitung) und die geringsten Werte auf der Fläche Nr. 4 (vergraste Bestandesinnenkante) erwartet. Die höchsten Harzdrücke traten aber im stark aufgelichteten Kiefernaltholz (Versuchsfläche Nr. 11) auf. Diese Ergebnisse und Untersuchungen der Abteilung Waldbau der LAF Graupa (Jahresbericht 1994 der LAF Graupa) weisen darauf hin, daß die Wasserversorgung der Kiefern mehr durch den vorhandenen Oberbestand (Stammzahl) als durch die Bodenbearbeitung bzw. Vergrasung beeinflusst wird.

Als Kontrolle und Vergleich wurde im Sommer 1995 in denselben Beständen und an denselben Versuchsbäumen die Messung wiederholt. Zusätzlich wurden am Bestandesrand der Abt. 544 (Versuchsfläche Nr. 9) und Abt. 545 (Versuchsfläche Nr. 5) Messungen durchgeführt.

Die Harzdruckmessungen erfolgten im Juli bei akutem Wasserstreß der Kiefern und bei Wassersättigung Ende September. Die Untersuchungen im Juli 1995 waren hinsichtlich der Rahmenbedingungen mit denen im Vorjahr (Anfang August) vergleichbar.

Abb. 43:
Harzdruckmessungen
im SäFoA Doberschütz
1995



In Abb. 43 sind die Resultate der Harzdruckmessung von 1994 und 1995 gegenübergestellt. Die Ergebnisse von August 1994 und Juli 1995 stimmen bei allen Varianten in etwa überein. Die Staffelung der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Art

der waldbaulichen Behandlung ist geblieben. Auf den Versuchsflächen Nr. 5 und 8 treten deutliche Unterschiede zwischen den gemessenen Ergebnissen im Sommer und Herbst auf. Hier hatte die bessere Wasserversorgung den größten Einfluß auf den Harzdruck. Auf der Versuchsfläche Nr. 11 konnte die Sommertrockenheit den Harzdruck nur in geringem Maße verringern.

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß sich der Harzdruck der Kiefern während einer langanhaltenden Trockenphase deutlich verringert. Haupteinflussfaktoren sind Stammzahl und Struktur des Bestandes. Auch ein Einfluß waldbaulicher Behandlungsvarianten auf den gemessenen Harzdruck ist zu erkennen.

Beim Vergleich des Anfalls von Befallsholz 1995 in den oben untersuchten Beständen ergeben sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. So muß für eine genauere Beurteilung, ob das bessere Harzungsvermögen direkt für ein geringeres Befallsholzaufkommen verantwortlich ist, eine größere Anzahl von Beständen beprobt werden.

6.2.2 Elektrische Leitfähigkeit

Untersuchungen von APEL 1986 und eigene Laborversuche ergaben, daß die Bastfeuchte die Entwicklung der Kiefernprachtkäferlarven beeinflusst. So wurden mit Hilfe eines mobilen Holzfeuchtemeßgerätes (Typ: GGH91) mit Einstechsonde die Bastfeuchte der Versuchsbäume auf der Nord- und Südseite in 1 m Höhe am Stamm gemessen. Die Messungen der Leitfähigkeit geben den Wassergehalt des Bastes in Vol. % an. Im Mai, Juli und September 1995 erfolgten entsprechende Messungen.

Parallel zu den Messungen der Bastfeuchte wurde in den jeweiligen Versuchsflächen die volumetrische Bodenfeuchte des Oberbodens mit Hilfe einer TDR-Sonde (Time Domain Reflectometry-) gemessen (IMKO Trime System). Ein direkter Bezug zwischen dem prozentualen Wassergehalt des Bodens und der Saugspannung konnte im Rahmen dieses Projektes nicht hergestellt werden.

	Mai 1995		Juli 1995		September 1995	
Vfl. Nr. 4 (N = 38)	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord
Bastfeuchte	68,0	72,3	63,7	68,1	64,2	67,5
Gesamtmittel	70,2		65,9		65,9	
Bodenwasser- gehalt [%]	9,9		4,3		5,2	
Vfl. Nr. 11 (N = 28)	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord
Bastfeuchte	73,7	73,3	68,4	68,4	71,9	75,4
Gesamtmittel	73,5		68,4		73,7	
Bodenwasser- gehalt [%]	10,7		5,9		6,9	

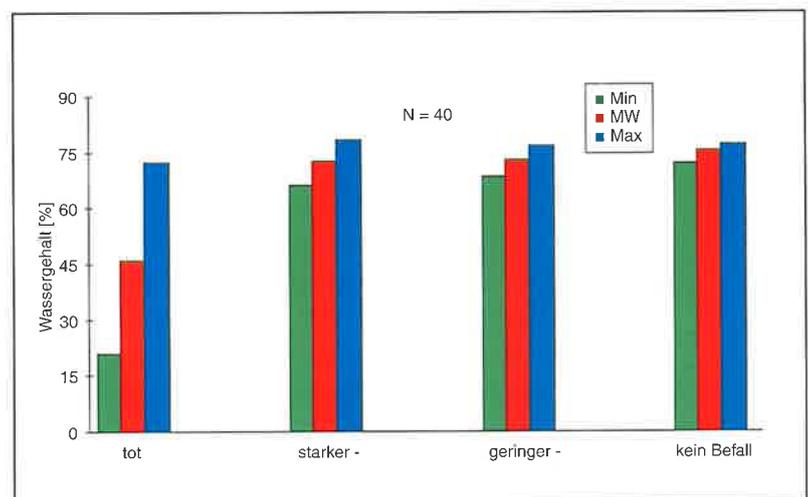
Tab. 12:
Bast- und
Bodenfeuchten,
gemessen in den
Versuchsflächen Nr. 4
und Nr. 11 im SäFoA
Doberschütz 1995

Am Beispiel von zwei beprobten Versuchsflächen im SäFoA Doberschütz sind die Ergebnisse für 1995 in Tab. 12 dargestellt. Bei einsetzender Trockenheit im Juli 1995 verringert sich die mittlere Bastfeuchte in beiden Beständen. Der ermittelte Bodenwassergehalt verringert sich auf der Versuchsfläche Nr. 4 stärker als auf der Versuchsfläche Nr. 11. Das Gesamtmittel der Bastfeuchte liegt in der Fläche Nr. 11 um 3,3 % über den Meßergebnissen der Fläche Nr. 4. Am Ende der Vegetationszeit im September 1995 erreicht die Bastfeuchte auf der Versuchsfläche Nr. 11 wieder das Niveau vom Mai. Auf der Versuchsfläche Nr. 4 verbleibt die Bastfeuchte auf dem Stand vom Juli. Im Vergleich zur Fläche Nr. 11 treten bei den Meßergebnissen der Fläche Nr. 4 deutlichere Unterschiede zwischen der Süd- und Nordseite der Versuchsbäume auf.

Die unterschiedlichen Meßergebnisse beider Bestände entstehen vermutlich durch unterschiedliche Wasserversorgung und Wasseraufnahmefähigkeit der Kiefern. Um hier genauere Aussagen treffen zu können, müßte vom gesamten Wurzelbereich der Wassergehalt bestimmt werden. Ob die geringen absoluten Unterschiede in der Bastfeuchte ausreichen, um die Entwicklung des Kiefernprachtkäfers entscheidend zu begünstigen, konnte nicht festgestellt werden.

Da, bezogen auf einen Versuchsbaum, die Bastfeuchte sehr stark schwanken kann, wurde am Beispiel einer Versuchsfläche im SäFoA Weißig a. R. die Bastfeuchte, gruppiert nach den Befallsstufen (s. 3.2), zusammengestellt (s. Abb. 44).

Abb. 44:
Bastfeuchte unter-
schiedlich stark befallener
Kiefern (SäFoA
Weißig a. R.)



Zwischen der Bastfeuchte und dem Befallszustand der Kiefern ergeben sich keine Zusammenhänge. Der Einfluß des lebenden Baumes auf die Bastfeuchte wird stark durch die aktuellen Witterungsbedingungen überlagert (Beispiel: tote Versuchsbäume). Daher ist die isolierte Betrachtung der Bastfeuchte kein geeignetes Maß zur Beurteilung der Belastbarkeit eines Baumes oder Bestandes.

6.2.3 Zuwachsverhalten

Auf den Versuchsflächen in allen SäFoÄ wurden an 172 Bäumen in 14 Abteilungen Zuwachsmessungen durchgeführt. Die Messungen erfolgten an Stammscheiben und Bohrspänen (Süd- und Westrichtung). Stammscheiben standen nur von Bäumen zur Verfügung, die im Zuge der Anlage von Fangbaumfeldern und die für weitere Besiedlungskontrollen gefällt wurden, sowie von abgestorbenen Kiefern. Um struktur- und konkurrenzbedingte Beeinflussungen des Jahrringverlaufes zu minimieren, sind vorwiegend nur Bäume der 1. und 2. Baumklasse nach KRAFT beprobt worden. Der Zuwachs der Versuchsbäume wurde getrennt nach Früh- und Spätholz aufgenommen. Von den Zuwachsmessungen (zwei bis vier) je Stammscheibe wurden, nach optischer Überprüfung der Synchronlage, Bestandesmittelkurven bzw. Variantenmittelkurven errechnet und optisch verglichen. Bei der Bohrspanmethode ist dieses Verfahren nicht bedenkenlos zu übernehmen, da auskeilende und ausfallende Jahrringe besonders bei niedrigem Zuwachsniveau nicht zu erkennen sind. Hier kann nur anhand von Weiserjahren eine Synchronisation stattfinden. Dieses Verfahren wurde bei der vorliegenden Untersuchung nicht verwendet.

Da bei dieser Untersuchung vorwiegend Kiefern mit einem Radius von mehr als 20 cm eingingen, wurde für die Darstellung der Radialzuwachs verwendet. Nach Untersuchungen von WORBES, RIEMER und BONN 1995 beträgt der Einfluß des wachsenden Stammradius' zur Grundflächenänderung ab einem Radius von 20 cm nur noch 2 %. Um die Ursachen für Zuwachsänderungen zu ermitteln, müssen die wichtigsten Einflußfaktoren des Jahrringverlaufes berücksichtigt werden. Hierzu gehören die soziale Stellung der untersuchten Bäume (Konkurrenz), Klimaschwankungen und Witterungsextreme (Trockenperioden, Spätfröste) (M. BONN, M. WORBES 1991; M. WORBES, T. RIEMER, S. BONN 1995; F. H. SCHWEINGRUBER et al. 1986; F. H. SCHWEINGRUBER 1990; G. HARTMANN, R. BLANK 1992), biologische (Insekten-/Pilzbefall) und anthropogene Einflüsse (Emissionen, Grundwasserabsenkungen) (S. KUNZE, H. J. FIEDLER, M. HEINZE 1995; G. HARTMANN, R. BLANK 1992). Der Jahrring bei Kiefer und Fichte besteht zu

70–90 % aus Frühholz (O. U. BRÄKER 1981). Der Spätholzanteil bei der Kiefer variiert stärker und ist von der Länge der Vegetationsperiode sowie der Julitemperatur abhängig (H. LYR, G. HOFFMANN 1992). Untersuchungen von Kiefernbeständen im nordostdeutschen Tiefland zeigen eine sehr enge Beziehung zwischen dem Wasserhaushalt und dem Dickenwachstum der Kiefern. So wirken sich die Witterungsverhältnisse von Juli und besonders August des Vorjahres und des aktuellen Jahres auf den Zuwachs, speziell auf die Spätholzbildung und Akkumulation von Reservestoffen aus (W. RIEK, G. WESSOLEK, A. v. LÜHRTE 1994).

Der Jahrringzuwachs des Baumes ist besonders gut geeignet, um die Wachstumsbedingungen rückwirkend zu betrachten und zu interpretieren. Er reagiert sensibler und kurzfristiger auf veränderte Wachstumsbedingungen als z. B. der Benadelungszustand. Bei dieser Untersuchung sollten bei nahezu gleichen standörtlichen und klimatischen Voraussetzungen der Einfluß von Kiefernprachtkäferbefall und visuell ermitteltem Vitalitätszustand auf das Dickenwachstum überprüft werden bzw. ob sich das Zuwachsverhalten von befallenen zu nicht befallenen Kiefern unterscheidet (Larvenbesatzkontrolle, s. 3.2). Hierzu wurde der Wachstumsverlauf (Mittelkurve) von Versuchsbäumen mit und ohne Vorbefall durch Kiefernprachtkäfer, abgestorbene und lebende sowie vitale Kiefern (nach Kronenansprache) mit Kiefern geringer Vitalität verglichen. Der Einfluß anderer wachstumsbedingender Faktoren wurde bei dieser Untersuchung nicht überprüft.

In Abb. 45 und 46 werden aus den SäFoÄ Dobereschütz und Weißwasser die Wachstumsverläufe von lebenden und 1994 abgestorbenen Altkiefern gegenübergestellt.

Der Wachstumsverlauf der 1994 noch lebenden Versuchsbäume zeigt ab 1955 deutlich geringere Zuwachsschwankungen als die 1994 abgestorbenen Versuchsbäume. Der Zuwachstrend der 1994 abgestorbenen liegt etwas über dem der noch lebenden Altkiefern. Ab 1987 trennen sich die Zuwachsentwicklungen der beiden Kollektive. Der Zuwachs der lebenden Versuchsbäume steigt ab 1985 stetig bis 1994 an. Bei den 1994 abgestorbenen Versuchsbäumen verringert sich der Zuwachs kontinuierlich.

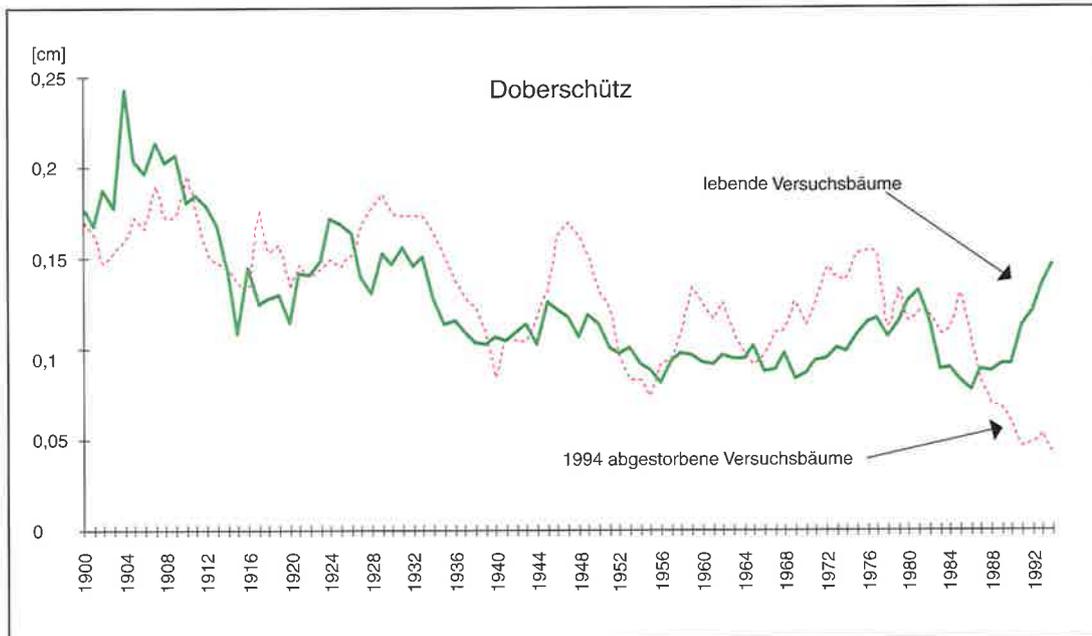


Abb. 45:
Radialzuwachs,
Vergleich von 1994
abgestorbenen und
lebenden Altkiefern im
SäFoA Doberschütz

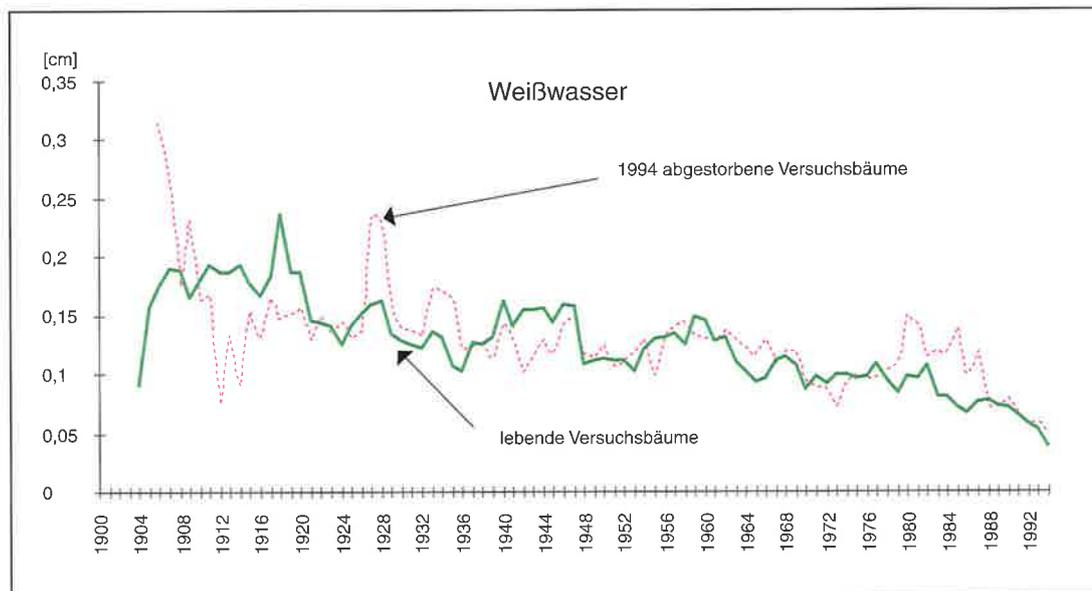


Abb. 46:
Radialzuwachs,
Vergleich von 1994
abgestorbenen und
lebenden Altkiefern im
SäFoA Weißwasser

Beim Zuwachs der Altkiefern im SäFoA Weißwasser treten über die gesamte Untersuchungszeit nur geringe Differenzen auf. Der Zuwachstrend beider Varianten ist im Vergleich zu den Versuchsbäumen im SäFoA Doberschütz bis 1994 gleich fallend (s. Abb. 46). Bei den in diesem Versuchsansatz zusammengestellten lebenden und 1994 abgestorbenen Versuchsbäumen kann keine einheitliche Entwicklung für die betreffenden Varianten abgeleitet werden.

Auch bei der Zusammenstellung der Zuwachskurven befallener und nicht befallener Versuchsbäume ergab sich kein erkennbares variantenbezogenes Zuwachsverhalten (s. Abb. 47).

Für den Vergleich des Zuwachsverhaltens bei Versuchsbäumen mit unterschiedlichem Vitalitätszustand wurden extrem gute (Vitalitätsstufe 1) und extrem schlechte (Vitalitätsstufe 3) Versuchsbäume gegenübergestellt. Beim Zuwachsniveau ergeben sich auch bei diesem Vergleich keine eindeutig erkennbaren Unterschiede (s. Abb. 48).

Ein niedrigerer jährlicher Zuwachs von Kiefern mit geringer Vitalität fast über die gesamte Untersuchungszeit, wie er in Abb. 48 dargestellt ist, tritt nicht bei allen untersuchten Beständen in gleicher Art und Weise auf. Auffällig bei den Versuchsbäumen mit geringer Vitalität ist jedoch die reduzierte Reaktionsbreite (Sensitivität) bezüglich sich verän-

dernder Wachstumsbedingungen (Witterungsextreme). Ein Vergleich von Altkiefern mit unterschiedlicher Vitalität im SäFoA Taura zeigt dies deutlich (s. Abb. 49). Kiefern mit besserer äußerlicher Vitalität können vermutlich günstigere Wachstumsbedingungen schneller in einen stärkeren Zuwachs und in Reservestoffanreicherung umsetzen. Dies bietet den Kiefern bessere Voraussetzungen, Kiefernstammnsekten abzuwehren und Streßsituationen zu überstehen.

Obwohl bei dieser Zusammenstellung kein Zusammenhang zwischen dem Larvenbesatz und dem Zuwachsverlauf der Kiefern festgestellt werden konnte, hat das Dickenwachstum einen entscheidenden Einfluß auf die Überlebensrate der in den Bast des Baumes eingedrungenen Kiefernprachtkäferlarven. Der Zeitpunkt und die Intensität des Dickenwachstums (Frühholz, Spätholz) entscheiden über die weitere Larvenentwicklung.

Abb. 47:
Radialzuwachs,
Vergleich von
Versuchsbäumen mit
und ohne Larvenbesatz
des Kiefernprachtkäfers im SäFoA
Doberschütz

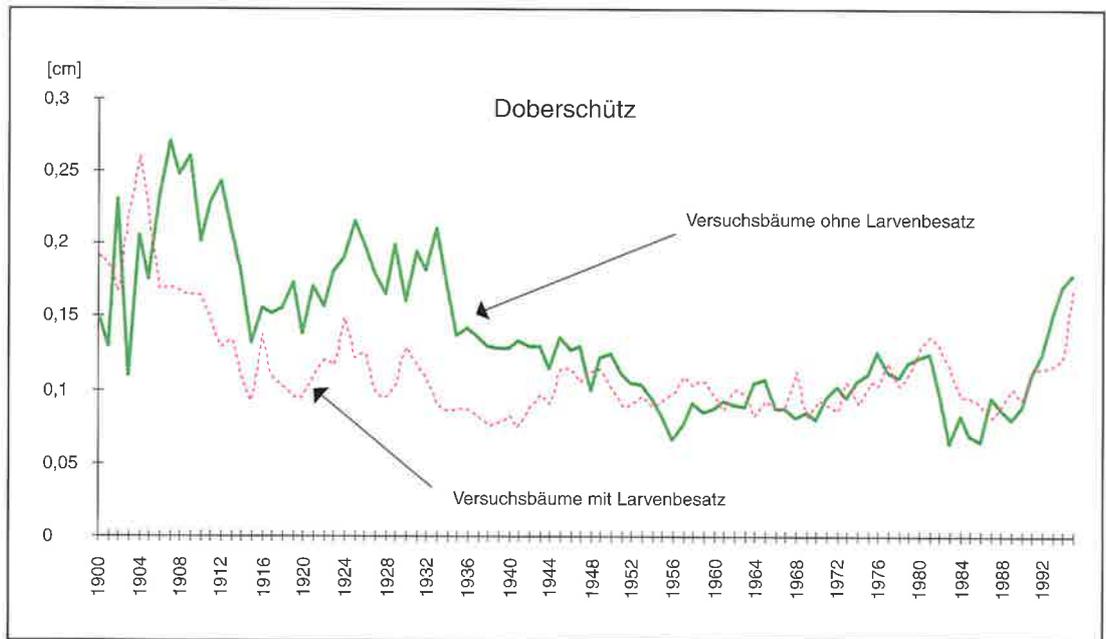
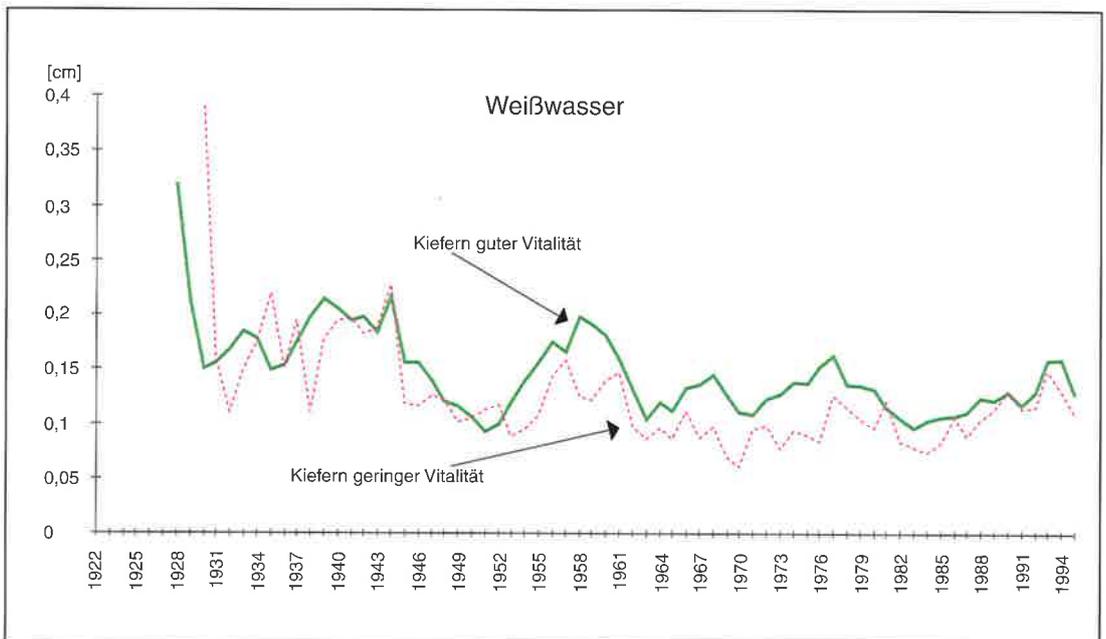


Abb. 48:
Radialzuwachs,
Vergleich von Ver-
suchsbäumen mit guter
und geringer Vitalität
im SäFoA Weißwasser



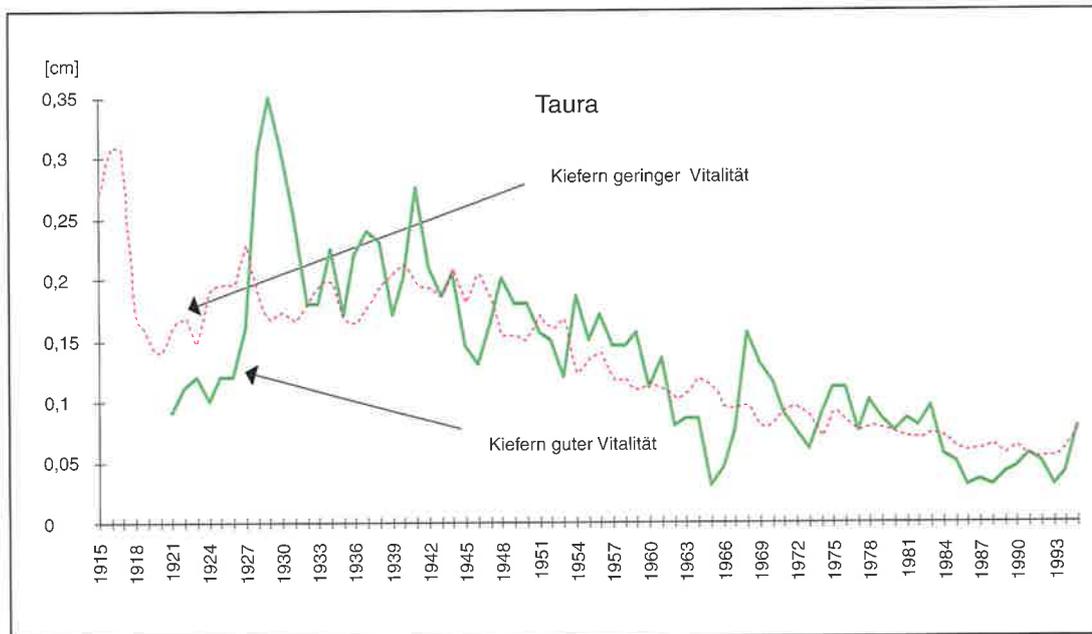


Abb. 49:
Radialzuwachs,
Vergleich von Ver-
suchsbäumen mit guter
und geringer Vitalität
im SäFoA Taura

7 Untersuchungen zur Effektivität bekannter und neuer Verfahren der Populationsreduktion

7.1 Beräumung des Befallsholzes

Ziel der Befallsholzberäumung ist es, die Populationsdichte des Kiefernprachtkäfers durch Reduktion bzw. Vernichtung des Larvenbesatzes zu verringern, um einen Neubefall zu minimieren. Hierbei werden die Kiefern geschält und die Rinde entsorgt (vergraben, gemulcht oder verbrannt). Sitzt die Rinde noch fest an den Befallsholzbäumen, können sie direkt gerückt und abgefahren werden bzw. die Rinde mit einem motormanuellen Schälgerät vom Stamm geraspelt werden. Wie beim Mulchen der Rinde bestehen hier für die Larven keine Möglichkeiten mehr für die weitere Entwicklung zum Käfer. Damit dieses Verfahren greift, müssen auch vom Specht abgeschlagene und beim Rücken der Stämme abgefallene Rindenpartien entsorgt werden (s. 4.2). Entscheidend für die weitere Entwicklung des Kiefernprachtkäfers ist der grobborkige Teil der Rinde, auf den bei der Entsorgung besonders geachtet werden muß.

Dieses Verfahren bindet in den betreffenden FoÄ einen großen Teil der Arbeitskapazität und Finanzmittel. Bei angespannter Holzmarktlage ist oft eine rechtzeitige Abfuhr des Befallsholzes nicht mög-

lich, so daß der erfolgreiche Schlupf vom Kiefernprachtkäfer und gegebenenfalls anderer, früher schwärmender Arten durch eine Vor-Ausflug-Spritzung verhindert werden muß. Hier sollten dem aktuellen Wissensstand entsprechende umwelt- und nützlichsschonende Varianten gewählt werden.

Bei der Anwendung von biologischen Verfahren zur Schädlingsbekämpfung werden Wirkungsgrade von über 70 % erwartet. Zur Effektivität der Befallsholzberäumung, gemessen an dem im Folgejahr auftretenden Befallsholz, konnten im Rahmen dieses Projektes keine Untersuchungen durchgeführt werden. Anstelle dessen wurde am Beispiel von 16 SäFoÄ aus dem Gefährdungsgebiet die Neubefallsrate in % in Bezug zum Befall 1993 dem Aufarbeitungsprozent von Mai bis Juni 1993 gegenübergestellt. Die Angaben dazu ermittelt das Forstschutzmeldewesen. Da der Kiefernprachtkäfer in ein- und zweijähriger Generation auftritt, wurde der Neubefall von 1994 (einjährig) und 1995 (zweijährig) getrennt aufgeführt. Abb. 50 zeigt die Bedingungen für den Landeswald in den ausgewählten SäFoÄ.

Trotz sehr hoher Aufarbeitungsprozente von im Mittel 81 % steigt bei zwei Forstämtern der Neubefall aus ein- und zweijähriger Generation deutlich über 100 %.

Im Betreuungswald reicht die Spanne der Aufarbeitung von 0 % bis 100 % (s. Abb. 51). Der Neubefall aus ein- und zweijähriger Generation steigt bei geringem sowie bei hohem Aufarbeitungsprozent auf Werte von über 100 %. Hier ergibt sich in dieser Zeitspanne kein Zusammenhang zwischen dem Aufarbeitungsprozent und dem Neubefall des Kiefernprachtkäfers.

Welche genaueren Umstände zu diesem Neubefall geführt haben (andere Schadereignisse), kann rückwirkend nicht geklärt werden. Zusammenstellungen für die Folgejahre sind, bedingt durch die Umstrukturierung der SäFoÄ Anfang 1996, nicht möglich. Um genauere Kenntnisse über die Effektivität dieses Verfahrens zu bekommen, müßten flächenbezogene Untersuchungen auf Forstamtsebene mit allen Behandlungsvarianten (Aufarbeitungsprozente von 0 % bis 100 %) durchgeführt werden. Dies ist besonders dringlich, da bei einer Reduktion der Arbeitskräfte und Finanzmittel dieses aufwendige und kostspielige Verfahren nicht mehr oder nur noch eingeschränkt durchführbar ist.

Abb. 50: ■ □

Neubefall aus 1- und 2jähriger Generation des Kiefernprachtkäfers im Landeswald (Bezugsjahr 1993)

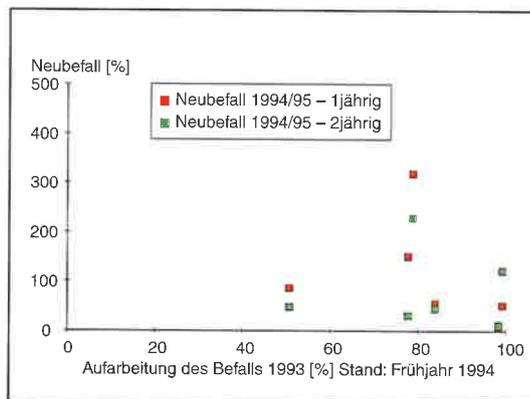
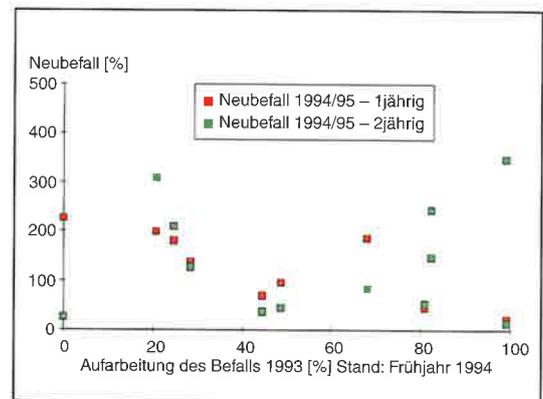


Abb. 51: □ ■

Neubefall aus 1- und 2jähriger Generation des Kiefernprachtkäfers im Betreuungswald (Bezugsjahr 1993)



7.2 Fangbaumvarianten

Im SäFoA Doberschütz (Versuchsflächen Nr. 11 und 14) und Weißwasser (Versuchsflächen Nr. 35 und 40) wurden in je zwei Altbeständen und zwei Jungbeständen Fangbaumfelder mit je fünf Fangbaumtrupps angelegt. Für diesen Versuchsansatz wurden je Fangbaumtrupp vier Kiefern gleicher äußerlicher Vitalität und ohne Larvenbesatz (s. 3.2) ausgewählt. Zwei der ausgewählten Kiefern blieben als Referenzbäume unbehandelt, eine Kiefer (liegender Fangbaum) wurde gefällt, entästet und gezopft. Die vierte Kiefer wurde als stehender Fangbaum am Stammfuß geringelt (entfernen der Bast- und äußeren Splintholzschicht stammungsgreifend auf 5 cm bis 10 cm Breite). Die Ausstattung der ausgewählten Kiefern aller Behandlungsvarianten mit Leimtafeln ermöglichte es, die variantenabhängige Anflugintensität des Kiefernprachtkäfers zu erfassen. Im Herbst 1994 erfolgte dann bei allen

ausgewählten Versuchsbäumen eine Besiedlungskontrolle. Wie schon die Vorversuche 1993 zeigten, lag die Besiedlung mit Kiefernprachtkäferlarven bei den liegenden und stehenden Fangbäumen (Fb.) nicht wesentlich über, im Einzelfall sogar unter dem der Referenzbäume (Refb.). Werden nur die befallenen Referenzbäume mit den liegenden Fangbäumen verglichen, liegt die Besiedlungsdichte dieser fast immer über der der Fangbäume (s. Tab. 13).

Auch die Besiedlung durch *Pissodes piniphilus* Hbst. war im befallenen Referenzbaum um ein Vielfaches höher als im liegenden und stehenden Fangbaum. Die *Cerambycidae*-Arten besiedelten hingegen die liegenden Fangbäume stärker als die stehenden und befallenen Referenzbäume, was die in der Regel sekundäre Bedeutung dieser Insekten bekräftigt (s. Tab. 13).

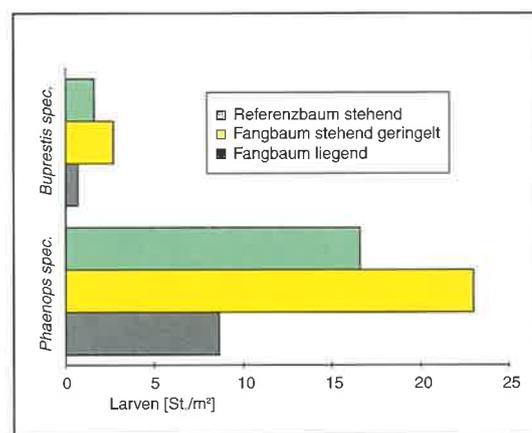
Fangbaumvarianten	<i>Phaenops spec.</i>			<i>Pissodes piniphilus</i>			<i>Cerambycidae</i>		
	Fb. liegend	Fb. stehend	befallener Refb.	Fb. liegend	Fb. stehend	befallener Refb.	Fb. liegend	Fb. stehend	befallener Refb.
Forstämter									
Doberschütz (Altbaum)	77,6	66,2	76,3	1,1	8,9	33,5	21,8	0	9,8
Doberschütz (Jungbaum)	50,7	65,5	44,8	11,2	30,8	20,6	13,6	0	4,6
Weißig (Jungbaum)	*	*	93,6	*	*	189,2	*	*	30
Weißwasser (Altbaum)	19,1	15,1	25,7	4,0	2,0	19,6	23,7	0	3,2
Weißwasser (Jungbaum)	79,0	14,2	98,3	6,0	1,3	116,6	28,2	0,9	23,3
Mittelwert	56,6	40,3	67,7	5,6	10,8	75,9	21,7	0,2	14,2

* keine Untersuchung durchgeführt

Als Maß für die Attraktivität der verschiedenen Fangbaumvarianten für den Kiefernprachtkäfer und andere rindenbrütende Insekten wurde die Anflugintensität angesehen. Im Vergleich zu den liegenden Fangbaumvarianten lag die Anflugintensität bei den stehenden Fangbäumen und Referenzbäumen wesentlich höher. Bei starkem bis sehr starkem Anflug an die stehenden Fangbäume lag dieser bis zu einem Viertel über dem Anflug der Referenzbäume (s. Abb. 52).

Beim Einsatz von Fangbäumen zur Populationsreduzierung des Kiefernprachtkäfers ist es im Gegensatz zu anderen bast- und rindenbrütenden Insekten nicht möglich, die Käfer und ihre abgelegten Eier, sondern nur einen Teil des vom Kiefernprachtkäferweibchen in mehreren Intervallen abgelegten Eierpotentials auf die Fangbäume zu konzentrieren. Als Maß für die möglicherweise abgelegten Eier wird der relative und absolute Anteil gefangener Weibchen verwendet. In Tab. 14 sind die Weibchen/Männchen-Verhältnisse für die einzelnen Fangbaumvarianten aufgelistet.

Bei den liegenden Fangbäumen liegt der relative Weibchenanteil bei 2,3 bis 3,7 und bei den stehenden Fang- und Referenzbäumen zwischen 2,0 und 2,5. Die absolute Anzahl gefangener Weibchen an den liegenden Fangbäumen macht aber nicht einmal ein Zehntel der gefangenen Weibchen der



Tab. 13:
Larvenzahl
rindenbrütender
Kieferninsekten/m²
Rindenoberfläche

Abb. 52:
Kiefernprachtkäferanflug an verschiedenen
Fangbaumvarianten im
Kiefernaltholz

Forstamt	Fb. stehend	Fb. liegend	Refb.	gesamt 1994	gesamt 1993
Weißwasser	1,25	2,25	1,99	1,88	2,85
Doberschütz	2,25	3,67	2,48	2,65	2,42
Taura	*	*	2,84	2,84	2,54
Weißig a. R	*	*	1,88	1,88	*

* keine Untersuchung durchgeführt

stehenden Fang- und Referenzbäume aus, was den höheren relativen Weibchenanteil an den liegenden Fangbäumen mehr als ausgleicht.

Um die Effektivität von begifteten liegenden Fangbäumen mit anderen bekannten Fangbaumvarianten vergleichen zu können, werden parallel zu den

Tab. 14:
Weibchen/Männchen-
Verteilung der
gefangenen
Kiefernprachtkäfer

Tab. 16:
Besiedlungsdichte in
Larven/m² Rinde
gegliedert nach
Larvenstadien

<i>Phaenops cyanea</i>	Larven- stadium	Jungbestand			Altbestand		
		Fb. liegend	Fb. liegend begiftet	Refb.	Fb. liegend	Fb. liegend begiftet	Refb.
Borke	L1 – L2	0	0	10,7	0	37,8	31,1
	L2 – L4	71,7	40	57,3	144	15,6	33,3
grobe Spiegelrinde	L2 – L2	0	0	30,7	0	0	11,1
	L2 – L4	71,7	5	21,3	88,9	22,2	22,2
Spiegelrinde	L1 – L2	8,7	0	1	0	0	0
	L2 – L4	0	0	0	0	0	0

Im untersuchten Kiefernaltholz hatten sich bis zum 29.09.94 in den liegenden, nicht begifteten Fangbäumen alle Larven bereits bis zum 2. Larvenstadium oder älteren Stadien entwickelt. Außerdem war in diesen Stämmen die maximale Besiedlungsdichte erreicht. Im Vergleich dazu waren in den begifteten Fangbäumen noch über 70 % der vorhandenen Kiefernprachtkäferlarven im L1- bis L2-Stadium. Daraus kann geschlußfolgert werden, daß aufgrund der nachlassenden Wirkung der einmaligen Behandlung mit 1%iger Fastac-Forst-Lösung offensichtlich eine spätere Besiedlung erfolgreich war. In den Referenzbäumen des Altbe-

standes hatten etwa die Hälfte der Larven das L2-Stadium überschritten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Larvalentwicklung im liegenden Fangbaum schneller erfolgt als im stehenden Baum. Im untersuchten Kiefernstangenholz wurden nur in den Referenzbäumen alle Larvenstadien des Kiefernprachtkäfers gefunden. Die liegenden Fangbäume (begiftet und nicht begiftet) wiesen nur Altlarven des Kiefernprachtkäfers auf.

In Tab. 17 sind für den Blauen Kiefernprachtkäfer die Mittelwerte mit entsprechenden Minimum- und Maximumwerten der gefundenen Larven/m² Rinde aufgeführt.

Tab. 17:
Streuung der
gefangenen Larven-
besiedlungszahlen
[Larven/m²] für den
Blauen Kiefernprachtkäfer im Alt- und
Jungbestand

	Jungbestand					Altbestand				
	Fb. liegend	Fb. geringelt stehend	Fb. liegend begiftet	Refb.	Refb. befallen	Fb. liegend	Fb. geringelt stehend	Fb. liegend begiftet	Refb.	Refb. befallen
Borke	71,7	120	40	68	64,4	144	117,7	53,3	64,4	116,8
Min	33,3	80	20	0	40	133,3	53,3	46,7	40	57,3
Max	100	160	60	126,7	100	166,7	166,7	66	100	181,3
grobe Spiegelrinde	71,7	76,6	15	52	64,4	88,9	77,7	22,2	33,3	97,3
Min	26,7	53,3	6,7	0	26,7	0	0	0	0	57,3
Max	133,3	100	26,7	93,3	100	166,7	166,7	60	66,7	126,7
Spiegelrinde	8,7	0	0	1	5,7	0	3,3	0	0	15,1
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	25	0	0	5	20	0	10	0	0	32,5
Summe ges.	152,1	196,6	55	121	134,5	232,9	198,7	75,5	97,7	229,2

Bei der Betrachtung des gesamten Kiefernprachtkäfer-Larvenbesatzes der Kiefern (Borke, grobe Spiegelrinde und Spiegelrinde) zeigen im Kiefernjungbestand die stehend geringelten Kiefern die höchste Besiedlung. Etwas niedriger liegt der Larvenbesatz in den liegenden Fangbäumen und befallenen Referenzbäumen. Im Kiefernaltbestand wurde der höchste Larvenbesatz bei den befallenen Referenzbäumen und liegenden Fangbäumen ermittelt. Einen etwas geringeren Larvenbesatz zeigten die stehend geringelten Fangbäume. Eine deutlich niedrigere Larvenbesiedlung konnte bei beiden Varianten nur in den begifteten liegenden Fangbäumen ermittelt werden (s. Tab. 17).

Auch die Ergebnisse der Besiedlungskontrolle deuten darauf hin, daß die Begiftung mit Fastac Forst keine erkennbare repellente Wirkung auf das Anflugverhalten der hier untersuchten Kiefernstamm-insekten ausübt. Wie aus Tab. 15 ersichtlich, kann trotz der angewandten Begiftung eine Entwicklung des Kiefernprachtkäfers stattfinden. Die etwas verzögerte Entwicklung der Kiefernprachtkäferlarven in den begifteten Fangbäumen (s. Tab. 16) kann aus der anfangs ausreichenden insektiziden Wirkung sowie aus einem individuell unterschiedlichen Austrocknungsvermögen der verwendeten Probestämme resultieren. Eine einmalige Behandlung mit einer 1%igen Fastac-Forst-Lösung ist als Voranflugbehandlung von Fangbäumen für die gesamte Flugzeit des Kiefernprachtkäfers nicht ausreichend.

Larven der *Cerambycidae*- und *Pissodes*-Arten wurden in beiden Kiefernbeständen in den begifteten Fangbäumen trotz Anflug nicht gefunden. Diese Arten legen genau wie der Kiefernprachtkäfer kontinuierlich Eier ab. Da aber keine Weiterentwicklung stattfand, ist bei diesen Arten von einer höheren Insektizidempfindlichkeit auszugehen.

7.3 Attrappen-, Fallen- und Lockstoffversuche

Für den Kiefernprachtkäfer liegt bis jetzt noch kein arteigener Lockstoff vor. Bei neueren Untersuchungen wurde kein intraspezifisches Pheromon gefunden. Wie schon unter 5.1 angeführt, wird die Wirtswahl des Kiefernprachtkäfers vermutlich vorwiegend durch den Wirtsbaum beeinflusst.

Da in beiden Varianten die Larvenbesatzdichten der liegenden Fangbäume auf gleichem Niveau wie die Belagsdichten der befallenen Referenzbäume liegen, ist davon auszugehen, daß der liegende Fangbaum im ganzen nicht attraktiver für die Eiablage des Kiefernprachtkäfers ist als es physiologisch geschwächte Referenzbäume sind (s. Tab. 17). Die hohen Anflugzahlen der stehenden geringelten Fangbäume und Referenzbäume deuten sogar eine Bevorzugung dieser Varianten gegenüber dem liegenden Fangbaum an. Weiter ist zu bedenken, daß die Anzahl der stehenden, physiologisch geschwächten Kiefern immer die Zahl der zur Verfügung gestellten liegenden Fangbäume um ein vielfaches übersteigt.

Die Ergebnisse aller in diesem Projekt 1993 und 1994 durchgeführten Fangbaumversuche deuten darauf hin, daß der liegende Fangbaum (begiftet oder nicht begiftet) nicht für eine populationsdynamisch wirksame Reduktion der Population des Kiefernprachtkäfers verwendet werden kann. Das Ziel, die Reduktion des Stehendbefalls, ist aufgrund dieser Versuchsergebnisse mit dieser Methode nicht zu realisieren. Selbst bei einer geringen Bevorzugung (s. Tab. 17, Altbestand) ist der Aufwand (Anzahl der Fangbäume) zu groß, um eine Stehendbefallreduzierung zu bewirken, da die Anzahl der physiologisch geschwächten Kiefern immer überwiegt. Bedingt durch die hohe Flugaktivität der adulten Kiefernprachtkäfer, ist eine Begrenzung des Kiefernprachtkäferanfluges auf ein bestimmtes Waldgebiet (mit Fangbaumfeldern) nur schwer möglich.

Hierdurch unterscheiden sich die Kiefernprachtkäfer von Borkenkäfern, bei denen eine Aggregation am Wirtsbaum durch eine Kombination flüchtiger wirtseigener Lockstoffe ausgelöst und mittels intraspezifischen Pheromonen verstärkt wird.

Um die Auswirkungen einzelner flüchtiger Baum-inhaltsstoffe auf das Anflugverhalten des Kiefernprachtkäfers zu überprüfen, wurden einige Fallentypen auf ihre Fangleistung überprüft. Der Kiefernprachtkäfer ist im Vergleich zu Borkenkäferarten in der Lage, nach ca. 10 cm freiem Fall weiterzufliegen („durchzustarten“), was den Käferfang erschwert.

Für den Fallenvergleich standen Prallfallen (Rohrtrichter- (schwarz), Kreuztrichter- (schwarz), Kreuztrichterfallen (klar) und Prallschlitzfallen (Fenster- und Rohrschlitzfalle) zur Verfügung, wie sie beim Borkenkäferfang eingesetzt werden.

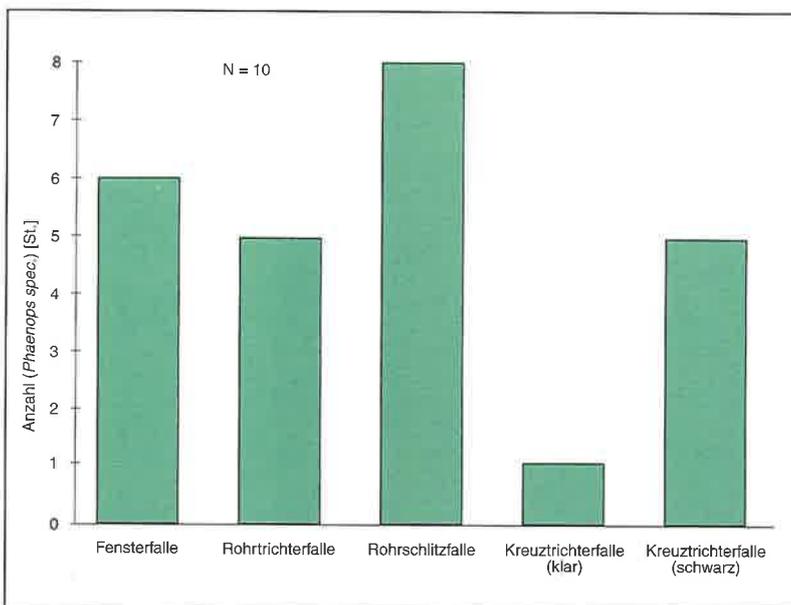
Insgesamt zehn Fallen wurden an stark besonnten und geschädigten Kiefern im Bestandesrand ver-

schiedener Kiefernaltbestände in 1,8 m Höhe angebracht. Mit allen Fallentypen wurden Prachtkäfer in geringer Anzahl gefangen. Das Fangergebnis mit der Kreuztrichterfalle mit klarem Plexiglaskreuz liegt deutlich unter dem der anderen Fallentypen (s. Abb. 55). Dieses Ergebnis unterstreicht, wie bereits andere zur Brutplatzwahl des Kiefernprachtkäfers erfolgte Untersuchungen, daß die Temperatur bzw. die Erwärmung des Eiablageplatzes eine entscheidende Rolle spielt.

Parallel zu den Fangbaumfeldern wurde der Anflug von Fangbaumattrappen (zehn schwarze PE-Rohre mit einem Durchmesser von 25 cm und einer Länge von 3 m) untersucht. Nur zwei der zehn Fangrohre wurden 1994 mit gleicher Intensität wie liegende Fangbäume (Kiefer) angefliegen. 1995 konnte bei allen Fangrohren kein Anflug festgestellt werden. Die Witterungsverhältnisse zur Flugzeit des Kiefernprachtkäfers 1995 führten auf der Oberfläche dieser Fangrohre zu Temperaturen von 80 °C. Diese Werte liegen auch für die thermophilen Kiefernprachtkäfer weit über dem Optimalbereich.

Ohne einen geeigneten, im Labor erprobten „Lockstoff“ sind weitere Versuche mit Fallen und Attrappen im Freiland nicht sinnvoll. Das Einwirken sehr vieler Störfaktoren und Wechselwirkungen bei Freilandversuchen beeinträchtigt die gezielte Suche nach flüchtigen Stoffen, die den Anflug des Kiefernprachtkäfers fördern. Eine weitere Möglichkeit wäre die genauere Untersuchung von Kiefern, die in der Schwärmzeit des Kiefernprachtkäfers überproportional angefliegen werden.

Abb. 55:
Fallenversuch zum Fang von Kiefernprachtkäfern (ohne Lockstoff)



7.4 Einsatz systemischer Insektizide

In diesem Versuchsansatz sollten zwei systemisch wirkende Insektizide (Confidor und Ipidex s. u.) an Kiefern in stark disponierten Beständen getestet werden. Untersucht wurde, ob die insektizide Wirkung der verwendeten Mittel ausreicht, um den vorjährigen Larvenbesatz des Kiefernprachtkäfers und begleitend auftretender Arten rechtzeitig abzutöten und einen Neubefall im darauf folgenden Sommer zu verhindern. Außerdem wurde der Frage nachgegangen, ob von den Insektiziden eine repelente Wirkung ausgeht, die das Anflugverhalten und damit verbunden eine mögliche Neubesiedlung

der Kiefern beeinflusst. Vorteile einer Behandlung mit systemischen Insektiziden sind die geringe direkte Kontaminierung der Umwelt und eine gezielte Bekämpfung der Schädlinge am Ort des Schadens. Nützlinge und indifferente Arten, die nicht direkt Pflanzenteile oder abgetötete Konsumenten vor der Abbauphase des entsprechenden Insektizides aufnehmen, werden nicht beeinträchtigt. Die Untersuchungen wurden in den SäFoÄ Doberschütz, Taura und Weißwasser durchgeführt. Ausgewählt wurden drei Kiefernaltbestände und zwei jüngere Kiefernbestände (s. Tab. 18).

Forstamt	Revier	Nr. Ver- suchsflächen	Baumart	Alter	Standort	Behandlung	Anzahl Probebäume
Doberschütz	Wartha	9	Ki	95	M2m	Ipidex	4
		10				Confidor	6
	Wartha	15	Ki	51	M2m	Ipidex	2
Taura	Pflückuff	19	Ki	97	NM2t	Confidor	2
		20				Confidor	2
Weißwasser	Altteich	39	Ki	98	M2	Confidor	4
		38					

Tab. 18:
Versuchsbestände

Bei dem Insektizid Confidor (Bayer) mit dem Wirkstoff Imidacloprid handelt es sich um ein Nitroguanidin. Dieser Wirkstoff zeichnet sich durch eine geringe Warmblüttoxizität, eine gute systemische Wirkung und eine lange Wirkungs-
dauer aus. Imidacloprid wirkt als Fraß- und Kontaktgift (nicht über die Gasphase) artun-
spezifisch und tötet alle stechenden, beißenden, saugenden und fressenden Insekten ab (Spinnentiere werden nicht betroffen). Der Wirkstoff greift bei der Reiz-
übertragung der Nerven am Synaptischen Spalt ein und blockiert dort durch geringere Abbaufähigkeit der Acetylcholinesterase den Acetylcholinrezeptor. Schon geringe Mengen führen zum Tod der behan-
delten Insekten (Bayer AG 1992). Vorversuche an Eiche, Kiefer, Fichte und Lärche 1994 (Frau SCHOLZ, BBA Braunschweig, Abt. Forstschutz und Bayer AG) zeigten, daß der Wirkstoff mit einer Transportgeschwindigkeit von 0,4 m pro Tag im Xylem in die Baumkrone transportiert wird und sich dort in den Interkostalfeldern der Blätter an-
reichert. Ein Abtransport über das Phloem in die Wurzel erfolgt nicht. Der Wirkstoff kann deshalb nur über Diffusion in das Phloem und die Borke gelangen (interzellulärer Transport, Markstrahlen). Die Wirkung soll über zwei Jahre andauern. Der Wirkstoff wird zur Zeit als Beizmittel (Warenzei-
chen Gaucho) und für Blatt- und Bodenbehandlungen (Warenzeichen Confidor) verwendet (Bayer AG 1992).

Der Wirkstoff des Insektizides Ipidex ist das Organo-
phosphat Methamidophos. Das systemische Insektizid hat gegenüber fressenden Insekten und

auch Warmblütern eine hohe Toxizität (T+). Diese nimmt bei Insekten und Warmblütern schnell (Halbwertszeit bei abgetöteten Borkenkäfern 2 h), bei Pflanzen langsamer (Halbwertszeit in lebender Fichte 40–45 d bei 15 °C) ab (W. DEDEK, J. PAPE 1990). Saugende Insekten wie Läuse werden nur bedingt getroffen. Rückstände von Methamidophos werden im Baum gebunden, sind aber nur teilweise biologisch verfügbar und nicht durch Verdampfen oder durch Wasser auswaschbar (S. BOMBOSCH, W. DEDEK und J. PAPE 1992). Der Transport des Mittels im Baum erfolgt analog zu dem des Wirkstoffes Imidacloprid. Nach der Behandlung von Fichten verteilte sich der Wirkstoff zu einem Drittel im äußeren Splint und zu zwei Dritteln im Phloem. Der abstoßende Geruch im Wirkstoff enthaltener Nebenprodukte wirkt schützend gegen pflanzen-
fressende Tiere (W. DEDEK, J. PAPE 1990). Die hier verwendete Ipidex-Paste hat für Deutschland keine Zulassung.

Die Behandlung der Probepflanzen erfolgte im April und Mai 1995 nach genauer Anleitung von Frau SCHOLZ (BBA Braunschweig) und unter Mithilfe von Herrn Dr. rer. nat. habil. DEDEK. Mit 70 zur Verfügung gestellten Behandlungszäpfchen des Insektizides Confidor wurden 14 Kiefern beimpft (je 20 cm Baumumfang ein Behandlungszäpfchen). Diese wurden am Stammfuß der Kiefern in vorgebohrte Löcher bis auf Höhe der Bast-
schicht eingeschoben. Für die Ipidexbehandlung mußte von den zu behandelnden Kiefern am Stammfuß die Borke (ca. 40–50 cm über dem Boden) stammungsgreifend auf einer Breite von 20–25 cm entfernt werden.

Dieser freigelegte Bast wurde mit einer 20%igen Ipidexpaste (2 mm dick) bestrichen. An zwei Kiefern erfolgte die Behandlung mit einer 30%igen Ipidexpaste. Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse wurde die Behandlungsstelle mit einem Plastikfolienband verschlossen (S. BOMBOSCH, W. DEDEK 1994).

Um Aussagen über die Wirkung der Insektizide zu bekommen, wurden besonders exponierte Kiefern mit einem starken Junglarvenbesatz ausgewählt. Im Paarvergleich mit unbehandelten Kiefern gleicher Befallsstärke sollten die Unterschiede im Anflugverhalten und der weiteren Larvenbesiedlung und Entwicklung untersucht werden. Die Anflugkontrolle erfolgte mit Leimtafeln (50 cm x 50 cm), die an den Versuchsbäumen in Augenhöhe angebracht wurden. Die angeflogenen Insekten wurden in 14tägigem Rhythmus abgesammelt (s. Abb. 56 und 57).

Mit oben beschriebenen Leimtafeln wurde der Anflug vom Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea* F.), anderen Prachtkäferarten (*Buprestis spec.*), Bockkäferarten (*Cerambycidae*) und Bestandes- und Stangenrüsslern (*Pissodes pini* L.; *Pissodes piniphilus* Hbst.) erfaßt. Für die weitere Auswertung wurden jeweils die Anflugzahlen der Prachtkäfer- und Rüsselkäferarten zusammengefaßt. Beim Vergleich des mittleren Käferanfluges aller Versuchs- und Referenzbäume wurde bei der Variante mit dem Insektizid Confidor nur etwa die Hälfte der Kiefernprachtkäfer (17,6 Stück) gegenüber der Variante mit dem Insektizid Ipidex (40,3 Stück)

gefangen. Der Anteil des Blauen Kiefernprachtkäfers lag bei der Variante mit dem Insektizid Confidor im Mittel bei 95 % und bei der Variante mit dem Insektizid Ipidex im Mittel bei 87 % aller gefangenen Kiefernprachtkäfer. Die sehr geringen Anflugzahlen der Bock- und Rüsselkäferarten unterschieden sich bei den beiden Varianten nicht. Im Mittel wurde im 14tägigen Kontrollzyklus weniger als ein Exemplar dieser Arten gefangen.

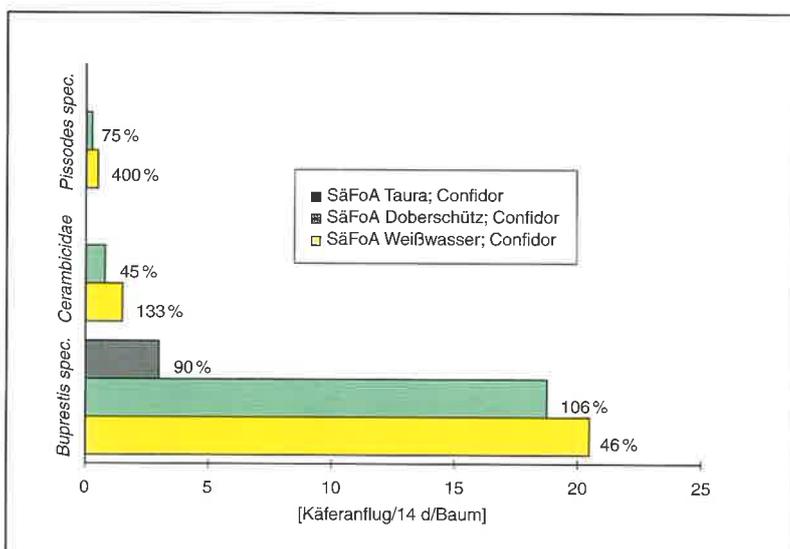
In den unten aufgeführten Abb. 56 und 57 wurde die ermittelte Anflugzahl der Referenzbäume gleich 100 % gesetzt.

In den SäFoÄ Doberschütz und Taura unterschieden sich die Anflugzahlen der Kiefernprachtkäfer von den behandelten Bäumen und Referenzbäumen nur gering, wobei im SäFoÄ Doberschütz ein vergleichsweise starker Anflug vorlag. Im SäFoÄ Weißwasser mit einem sehr hohen Prachtkäferanflug konnten abweichend hiervon, bei den begifteten Kiefern weniger als die Hälfte der Kiefernprachtkäfer im Vergleich zu den unbehandelten Referenzbäumen gefangen werden (s. Abb. 56). Die geringen Anflugzahlen der Bock- und Rüsselkäferarten lassen keine eindeutige Tendenz feststellen. Im ganzen kann davon ausgegangen werden, daß die Insektizidbehandlung für die beobachteten Arten keinen Einfluß auf deren Anflugverhalten ausübt.

Im SäFoÄ Doberschütz wurden je drei Kiefern im Kiefernaltholz und Kiefernstangenholz mit dem Insektizid Ipidex behandelt. Die Anflugzahlen der Referenzbäume wurden wie oben gleich 100 % gesetzt (s. Abb. 57).

Die behandelten Kiefern im Jungbestand wurden gleich häufig vom Kiefernprachtkäfer angeflogen wie unbehandelte Kiefern. Im Altbestand konnte im Vergleich zu den entsprechenden Referenzbäumen nur etwa ein Drittel der Käfer an den mit Ipidex begifteten Kiefern gefangen werden (s. Abb. 57). Gleiches gilt für die Bockkäferarten im behandelten Altbestand, wobei auch hier aufgrund der geringen Anflugzahlen keine weitere Interpretation möglich ist. Anflug durch Rüsselkäferarten konnte bei dieser Variante so gut wie nicht festgestellt werden. Unterschiede beim Anflugverhalten zwischen den beiden verwendeten Ipidexpäparaten (20 % und 30 %) traten nicht auf.

Abb. 56: Käferanflug begifteter Kiefern (Confidor) und prozentualer Anteil des Referenzbaumanfluges (Referenzbaumanflug = 100 %)



Im Herbst 1995 erfolgte wie im April 1995 bei allen behandelten und nicht behandelten Kiefern eine Besiedlungs- und Befallskontrolle. Alle Versuchsbäume wurden im Laufe der Vegetationsperiode durch den Kiefernprachtkäfer erfolgreich wiederbesiedelt. Vier der mit Confidor behandelten Kiefern und eine der mit Ipidex behandelten Kiefern, starben im Versuchszeitraum unter anderem durch die fortschreitende Larvenentwicklung des Kiefernprachtkäfers ab. Bei der Confidor-Variante erhöhte sich der Larvenbesatz bei 43 % der behandelten Bäume und 30 % der Referenzbäume. Bei der Ipidex-Variante waren es 33 % der behandelten und 50 % der Referenzbäume. Der Larvenbesatz verringerte sich bei ca. 30 % der Versuchs- und Referenzbäume der Confidor-Variante und bei ca. 50 % der Ipidex-Variante. Trotz einer Insektizidbehandlung wurde bei beiden Varianten eine erneute erfolgreiche Wiederbesiedlung festgestellt.

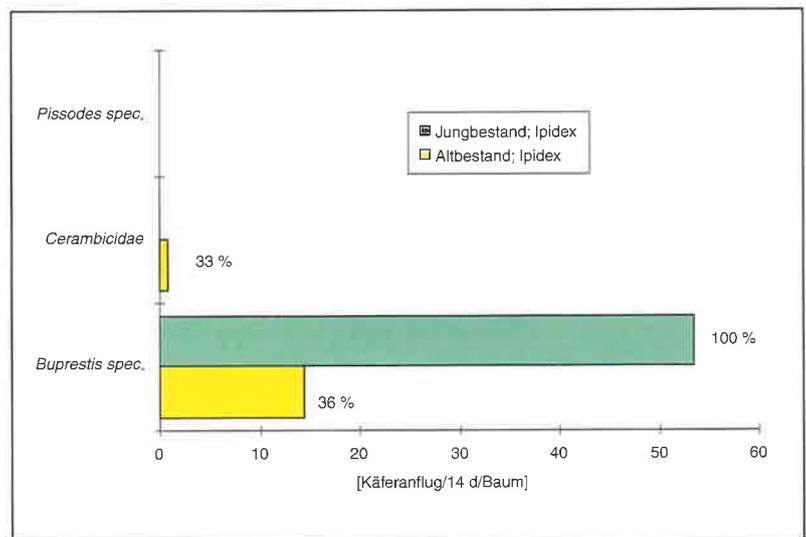
Zentrale Frage bei dem oben durchgeführten Verfahren ist es, ob in Anlehnung an das Verfahren von DEDEK und PAPE (1990) für den Buchdrucker und die Fichte der Anflug des Kiefernprachtkäfers und anderer Kiefernstammschädlinge auf gezielt begiftete Kiefern gelenkt werden kann, um den weiteren Stehndbefall im Bestand zu reduzieren. Für diese Arten sind noch keine käferspezifischen Lockstoffe verfügbar bzw. bekannt.

Wichtige Voraussetzungen hierfür sind:

1. eine ausreichend insektizide und nicht repellente Wirkung des verwendeten Mittels,
2. eine ausreichende Wirkungsdauer.

Weiter ist zu untersuchen, welche ökologischen Konsequenzen aus solch einem Verfahren entstehen (Blockieren von walddynamischen Prozessen, H. J. OTTO 1994, besonders unter der Berücksichtigung eines ökologischen Waldumbaus) und welche Umweltbelastungen (Abbauprodukte) und Gefährdungen von diesem Verfahren auf knospenfressende Vögel und Honigtaukonsumenten der am Baum lebenden Lachniden ausgehen. Die hier durchgeführte Untersuchung sollte Hinweise über die erste der hier gestellten Fragen geben.

Die ermittelten Anflugergebnisse der beiden Behandlungsvarianten deuten darauf hin, daß von den verwendeten Insektiziden keine repellente Wirkung ausgeht.



Die hiervon abweichenden Ergebnisse im SäFoA Weißwasser bei mit Confidor behandelten Altkiefern und im SäFoA Doberschütz bei mit Ipidex behandelten Kiefern im Jungbestand können durch andere anflugbestimmende, baumphysiologische Bedingungen erklärt werden. Bei diesen Varianten zeigte sich im Laufe der Vegetationsperiode, daß die ausgewählten Referenzbäume deutlich stärker geschwächt waren als die behandelten Versuchsbäume.

Larvenbesatzkontrollen zeigten, daß weder das Insektizid Ipidex noch Confidor die weitere Larvenentwicklung bzw. eine Wiederbesiedlung des Kiefernprachtkäfers verhindern konnten. Bei dem Insektizid Confidor reicht vermutlich der Transport vom Xylem ins Phloem nicht aus, um dort fressende Larven abzutöten. Die oben beschriebene Wirkungsdauer würde ausreichen, um den Höhepunkt einer Kiefernprachtkäfergradation zu überdauern.

Die insektizide Wirkung von Ipidex ist bei der Bekämpfung vom Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) in Verbindung mit Lockstoffen mehrfach untersucht und nachgewiesen worden (S. BOMBOSCH, W. DEDEK und J. PAPE 1992; W. DEDEK, J. PAPE 1990). Hierbei ist die zeitliche Differenz zwischen Behandlung, Anflug der Käfer und Besiedlung gering (2–3 Monate). Aufgrund des schnellen Abbaus vom Wirkstoff Methamidophos reicht die Wirkung nicht für die gesamte Flugzeit des Kiefernprachtkäfers aus, so daß spät abgelegte Eier sich im Bast behandelter Kiefern entwickeln können.

Abb. 57: Käferanflug begifteter Kiefern (Ipidex) und prozentualer Anteil des Referenzbaumanfluges (Referenzbaumanflug = 100 %)

Zusammenfassend konnte bei diesem Versuchsansatz beim Insektizid Confidor keine insektizide Wirkung auf Larven des Kiefernprachtkäfers festgestellt werden. Beim verwendeten Mittel Ipidex war die insektizide Wirkung zu Beginn der Untersuchungen vorhanden, reichte aber für die gesamte Flugzeit

des Kiefernprachtkäfers nicht aus. Diese Ergebnisse zeigen, daß die hier verwendeten Insektizide nicht für das Verfahren des „begifteten lebenden Fangbaumes“ zur Reduzierung des Stehendbefalls in durch Kiefernprachtkäfer stark vorgeschädigten Kiefernbeständen geeignet sind.

7.5 Mischbestand („ökologischer Unterbau“)

Die Umstrukturierung der Kiefernreinbestände in Mischwälder mit einem höheren Laubholzanteil wird sich positiv auf die Stabilität der betroffenen Bestände gegenüber Insektenkalamitäten auswirken (LÜDGE 1971). An erster Stelle steht hier die Vitalitätsverbesserung der Einzelbäume durch eine bessere Wasser- und Nährstoffversorgung, bedingt durch eine geringere Vergrasung und eine bessere Streuzersetzung und Humusform. Dies ist der entscheidende Einfluß, denn unter extremen Streßsituationen werden auch Kiefern im dichten Bestandesgefüge vom Kiefernprachtkäfer und anderen Kiefernstamminsekten besiedelt (s. 5.2). Ein Trauf aus Laubbäumen und der höhere Laubholzanteil im Bestand führen zu einem für den Kiefernprachtkäfer ungünstigeren Mikroklima. Der für den Kiefernprachtkäferflug entscheidende seitliche Lichteinfall wird so vermindert (s. 5.3). Bei jetzt

angelegten Laubholzvoranbauten unter Kiefer greift dies aber erst, wenn die Laubhölzer etwa 2/3 der Kiefernstammhöhe erreicht haben. Aber auch hier wird sich die Stammzahlreduzierung positiv auf den Vitalitätszustand und das Abwehrvermögen des verbleibenden Bestandes auswirken, was Untersuchungen zum Harzungsvermögen der Kiefern bestätigen (s. 6.2.1).

In vielen Kiefernbeständen ergibt sich auf natürliche Weise (Eichelhäfersaat) – ausgehend von Bestandesauflockerungen und Lücken – eine Baumartenmischung (SEIDLING und LÜHRTE 1996). Dieser (kostengünstige) Prozeß sollte durch eine angepaßte Stammzahlreduzierung gefördert werden. Untersuchungen, welcher der Faktoren im Kiefern-mischbestand die Disposition der Kiefer gegenüber Kiefernstamminsekten am meisten verringert, stehen noch aus.

8 Abschließende Betrachtung und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können, bedingt durch die teilweise extremen Witterungsbedingungen von 1993 bis 1996, nicht verallgemeinert werden. Gleiches gilt für die Untersuchungen zur Populationsentwicklung, da sich der Kiefernprachtkäfer in der Beobachtungszeit in der Retrogradation befand. Dabei herrschen, wie bei anderen Insektenpopulationen auch, hinsichtlich der Vermehrungsrate, des Geschlechterverhältnisses und der Parasitierung andere, nicht auf die Latenz- und Progradationsphase übertragbare Gesetzmäßigkeiten.

Der Blaue Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea* F. und *Phaenops formaneki* Jacobs.) ist der gefährlichste Stammschädling in den nordsächsischen Kieferngebieten. Insgesamt ist das massenhafte Auftreten von Kiefernstamminsekten ein Symptom destabilisierter Kiefernreinbestände. Neben räumlich differenziert auftretenden Streßfaktoren wie Stoffeinträge und Grundwasserabsenkungen führt Wassermangel aufgrund geringer Niederschläge zu einer derartigen Destabilisierung. Witterungsextreme senken nicht nur die Widerstandskraft der Einzelbäume und Bestände, sondern begünstigen

außerdem die Insektenvermehrung. Im Befallsgebiet ist offensichtlich durch ständige Präsenz kleiner aber günstiger Bruthabitate (Brandflächen, besonders disponierte Einzelbestände und -bäume, Wechselwirkung mit anderen Arten u. a.) eine für die Auslösung einer Massenvermehrung ausreichende Käferdichte vorhanden. Durch den Wechsel von zwei- zu einjähriger Generationsfolge kann dieser r-Strategie außerdem die günstigen Bedingungen maximal für seine Vermehrung nutzen. Verbessert sich die Situation für die Wirtsbäume (bessere Wasserversorgung), nimmt der Schaden (Stehendbefall) offensichtlich auch unter für den Käfer noch günstigen Bedingungen ab. Der Befall bleibt dann auf höherem Niveau (Besiedlung mit Larven), er kann jedoch durch die Bäume abgewehrt werden. Da der Kiefernprachtkäfer sehr wahrscheinlich nicht über ein dem Buchdrucker vergleichbares „chemisches Kommunikationssystem“ verfügt, kann er sich trotz hoher Individuendichte nicht selbst geeignete Bruträume schaffen.

Im Rahmen des Projektes durchgeführte Untersuchungen zur Wirtswahl und zum Abwehrvermögen der Kiefern zeigen, daß die Vitalität des Einzelbaumes den Gradationsverlauf und die Populationsdichte der Kiefernstammnsekten entscheidend beeinflusst. Besonders gefährdet sind deshalb stammzahlreiche Kiefernreinbestände in der Übergangsphase vom Stangen- zum Baumholz, da sich deren Widerstandskraft, bedingt durch eine sehr hohe intraspezifische Konkurrenz (Wasser- und Nährstoffmangel), sehr stark senkt.

Die vorliegenden Ergebnisse machen aber auch deutlich, daß der Kiefernprachtkäfer in den betroffenen Kieferngebieten nicht isoliert betrachtet werden darf, sondern als Teil eines komplexen Wechselspiels zwischen Kiefern als Wirtsbäumen und vielen sich gegenseitig beeinflussenden Kiefernstammnsekten zu sehen ist. Auf den Versuchsflächen traten bei Besiedlungskontrollen abgestorbener Kiefern folgende Arten dominant in Erscheinung:

Phaenops spec., *Ips sexdentatus* Boern., *Ips acuminatus* Gyll., *Pissodes piniphilus* Hbst., *Monochamus galloprovincialis* Oliv., *Blastophagus minor* Htg., *Pityogenes bidentatus* Hbst.

Bei Gegenmaßnahmen muß daher das ganze Artenspektrum betrachtet werden, bei dem je nach Witterungsverlauf und Populationsdichte der Arten immer eine andere dominant (als Erstbesiedler) in Erscheinung treten kann.

Langfristig bietet offensichtlich nur die Stabilisierung der Kiefernbestände und dabei vor allem Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserversorgung die Gewähr, daß Massenvermehrungen des Kiefernprachtkäfers nicht die Bewirtschaftung der Kiefernbestände und den Haushalt der Forstämter bestimmen. Diese Bestände sollten dem Standort entsprechend in Laubholzmischbestände überführt werden. Dies verbessert den Wasser- und Nährstoffhaushalt (MÜLLER und ANDERS 1995). Hierbei können natürlich anlaufende Prozesse (Eichelhäfersaaten) unterstützt oder die entsprechenden Baumarten mit Voranbauten künstlich in die Bestände eingebracht werden. In einer Übergangszeit können auch vorhandene Birken, Traubenkirschchen und andere Weichhölzer genutzt werden.

Unter diesem Gesichtspunkt muß auch die gegenwärtige Bekämpfungsstrategie mit dem Ziel einer Dichtereduktion durch Sanierung des Befallsholzes überdacht werden. Auch andere Gegenmaßnahmen wie z. B. der Fangbaumeinsatz sind kritisch zu werten bzw. unter Beachtung bestimmter Randbedingungen (Wirkdauer einer Insektizidbehandlung, Zeitpunkt der Befallssanierung zu Schutz und Förderung der Gegenspieler, Bedeutung anderer Stammschädlinge) durchzuführen. Die hohe Attraktivität von geringelten Bäumen, deren Ursache im Rahmen des Projektes nicht geklärt werden konnte, stellt einen Ansatzpunkt für eine nachhaltig wirkende Dichtereduktion in der Latenzphase dar.

Um die Gefährdungssituation der Kiefernbestände auf Forstamtsebene besser einschätzen zu können, wäre es sinnvoll, mit vorhandenen Lockstoffen und mit Leimtafeln die Populationsentwicklung des Kiefernprachtkäfers und relevanter Kiefernborckenkäfer in gefährdeten Beständen zu erfassen (Monitoring).

9 Literaturverzeichnis

9.1 Abkürzungen

AFZ	Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald (bis 1995: Allgemeine Forstzeitschrift)
AFJZ	Allgemeine Forst- und Jagdzeitung
FA	Forstarchiv
FC	Forstwissenschaftliches Zentralblatt
FoHo	Forst und Holz (bis 1987: Der Forst- und Holzwirt)

9.2 Quellen

Sind bei den Quellenangaben Jahrgang und Heftnummer angegeben, ist der Jahrgang fett gedruckt.

ALTENKIRCH, W.; HARTMANN, G.; KOLBE, H.; NIEMEYER, H.; STAHL, D.; THALENHORST, W. (1979): Aus dem Walde; Dokumentation der Sturmkatastrophe vom 13.11.72; Teil V; Mitt. a. d. Niedersä. Landesforstv.; 31; 48–92

APEL, K. H. (1986): Zur Biologie, Ökologie und zum Massenwechsel von *Phaenops cyanea* F., *Ph. formaneki* Jacobs. und *Melanophila acuminata* Deg. (Coleoptera, Buprestidae); Promotion Institut für Forstwissenschaften Eberswalde; 191

BAYER AG (1992): Imidacloprid; Informationen zum Wirkstoff; Bayer AG; Sektor Landwirtschaft, Geschäftsbereich Pflanzenschutz

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. (1991): Ökologie; Birkhäuser Verlag Basel Boston Berlin; 980

BOLTE, A.; ANDERS, S. (1995): Zur Rolle der Bodenvegetation bei der Destabilisierung stickstoffbelasteter Kiefernforstökosysteme; Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol.; 4, 29; 151–155

BOMBOSCH, S.; DEDEK, W.; PAPE, J. (1992): Zum Saftstromverfahren mit Ipidex; AFZ, 7, 360–362

BOMBOSCH, W.; DEDEK, W. (1994): Integrierter Pflanzenschutz gegen *Ips typographus* (L.) – Kombination von Pheromonen und dem systemischen Insektizid Methamidophos (Ipidex); Z. f. Pflanzenkr. und Pflanzensch., 5, 508–518

BONN, S.; WORBES, M. (1991): Klimaeinfluß und abrupte Zuwachsschwankungen von Fichten (*Picea abies* Karst.) und Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) verschiedener Höhenstufen Niedersachsens; Ber. d. Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben d. Univ. Göttingen, Reihe B, Bd. 30, 1–68

BRÄKER, O. U. (1981): Der Alterstrend bei Jahrringdichten und Jahrringbreiten von Nadelhölzern und sein Ausgleich; Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 142/1, 75–102

BRYANT, J. P.; CLAUSEN, T. P.; REICHARDT, P. B.; MCCARTHY, M. C.; WERNER, R. A. (1987): Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides* michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristo neura conflictana* Walter); Oecologia, 73, 513–517

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1993): Terrestrische Waldschadenserhebung; Bestell-Nr. B 243/93, 32

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1994): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE); 158

BURG, J. VAN DEN (1985): Foliar analysis for determination of tree nutrient status – a compilation of literature data; Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bosen Landschapsbouw „De Dorschkamp“, Wageningen, Rapport Nr. 414.

CARLE, O. (1969): Artificial diets for rearing *Pissodes notatus* larvae and other wood – boring insects of *Pinus maritima*; Ann sci. Forest., 26, 397–406

DEDEK, W.; PAPE, J. (1990): Umweltschonendes Abschöpfen von Borkenkäfern in der DDR; AFZ, 14–15, 357–359

DENGLER, K. (1975): Zur Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers *Phaenops cyanea* F.; Z. ang. Ent., 78, 5–9

DIETZE, G. (1985 a): Bindungsformen und Gleichgewichte von Aluminium im Sickerwasser saurer Böden.; Ber. d. Forschungszentr. Waldökosysteme/Waldsterben d. Univ. Göttingen, Reihe A, Bd. 16, 1–118

DIETZE, G.; ULRICH, B. (1985 b): Al-Bindungsformen und -Gleichgewichte im Sickerwasser saurer Böden in Gegenwart organischer Sickerwasserinhaltsstoffe.; Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 43/I, 347–352

DUECK, T. A.; EERDEN, L. J. M. VAN DER; BREEMSTERBOER, B.; ELDERSON, J. (1990): Effects of ammonia, ammonium sulphate and sulphur dioxide on the frost sensitivity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.); Water Air Soil Pollut., 54, 35–49

EERDEN, L. J. M. VAN DER; PEREZ-SOBA, M. (1992): Physiological responses of *Pinus sylvestris* to atmospheric ammonia; Trees, 6, 48–53

ESCHERICH, K. (1923): Forstinsekten Mitteleuropas; Bd. II, 128–153

EVERS, F. H. (1994): Magnesiummangel, eine verbreitete Erscheinung in Waldbeständen – Symptome und analytische Schwellenwerte; Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung, 37, 7–15

GABRYEL, B. (1967): Blauer Kiefernprachtkäfer und Wurzelschwamm; Las Polski, Warszawa, 41, 16–18

HABERMANN, M. (1995): Zur Kiefernmassenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in Kiefernbeständen des nordöstlichen Niedersachsens; FoHo, 50, 558–564

Habermann, M. (1993): Untersuchungen zur Nadelphysiologie von Lärchen (*Larix ssp.*) bei Befall durch die Lärchenminiermotte *Coleophora laricella* Hbn. (*Lipidoptera, Coleophoridae*); Dissertation Universität Göttingen, 191

HARTMANN, G.; BLANK, R. (1992): Winterfrost, Kahlfraß und Prachtkäferbefall als Faktoren im Ursachenkomplex des Eichensterbens in Norddeutschland; FoHo, 15, 47, 443–452

- HARTMANN, G.; THOMAS, F. M. (1993): Ernährungszustand von Kiefern mit Nadelvergilbungen im Nordwestdeutschen Flachland; FoHo, 23, 48, 667–671
- HEERING, H. (1956): Zur Biologie, Ökologie und zum Massenwechsel des Buchenprachtkäfers (*Agrilus viridis* L.); Z. angew. Ent., 38/39, 249–287/76–144
- HEINZE, M.; NGO, VIEN VAN (1989): Standort, Ernährung und Wachstum alter Schwarzkiefern im Naturschutzgebiet Reinstädter Berg, Bez. Gera (DDR); Arch. Naturschutz und Landschaftsforsch.
- HIPPEL, P.; BRANSE, CRISTEL (1992): Veränderungen der Nährelementkonzentrationen in den Nadeln Mittelalter Kiefernbestände auf Pleistozänen Sandstandorten Brandenburgs in den Jahren 1964 bis 1988; FC, 111, 44–60
- HOFMANN, G.; HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.-H. (1990): Wirkung atmosphärischer Stickstoffeinträge auf Produktivität und Stabilität von Kiefernforstökosystemen; Beitr. Forstwirtschaft, 2, 24, 59–73
- HOFMANN, G. (1995): Kiefernökosystem im Wandel; Vegetationswandel in nordostdeutschen Kiefernwaldungen durch atmosphärischen Eintrag von Stickstoffverbindungen; Der Wald, 8, 45, 262–267
- JANSEN, A. E. (1987): The influence of acid rain on mycorrhizal fungi and mycorrhizas of Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the Netherlands.; In: Air Pollution and ecosystems. Proc. Int. Symp. Grenoble, France, 18–22 May 1987. Ed P. Mathy. Dordrecht: Riedel. pp., 859–863
- JENSSEN, MARTIN (1996): Interzeptionsverdunstung und horizontale Niederschlagsverteilung in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflandes; Beitr. Forstwirtschaft, 2, 30, 63–69
- JENZY, M. GUTOWSKI, A. (1992): Studie über Biologie, Auftreten und wirtschaftliche Bedeutung der Kiefernprachtkäfer in Polen; Warszawa, 77
- KÄTZEL, R. (1994): Untersuchungen zur Vitalität von Kiefernbeständen in einem ehemaligen Stickstoffeintragsgebiet; Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde e. V. Abt. Landeskultur
- KÄTZEL, R.; EINERT, P.; PATZ, G.; STROHBACH, B. (1995/a): Untersuchungen von Kiefernbeständen im ehemaligen Stickstoffeintragsgebiet Lichtenfeld/Britz: 1. Teil: Luftqualität, Bodenzustand, Vegetation und Ernährungsstatus der Kiefernbestände; Beitr. Forstwirtschaft, 1, 29, 5–9
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S. (1995/b): Untersuchungen zur Erholung von Kiefernbeständen im ehemaligen Stickstoffeintragsgebiet Lichtenfelde/Britz: 2. Teil: Biochemische Nadelinhaltsstoffe und physiologische Parameter der Kiefern; Beitr. Forstwirtschaft, 2, 29, 89–93
- KOCH, W.; BAUER, M. (1989): Zum Wiederaustrieb von Kiefern nach Lepidopterenfraß; AFZ, 40/41, 1097–1098
- KOHNLE, U. (1991): Verhaltensmodifizierende Duftstoffe in der Aggregation von Borkenkäfern der Gattung Ips; Freiburger Waldschutzabteilung Band 9
- KROTT, M. (1994): Strategien für intelligenten Waldschutz; FA, 65, 19–23
- KUNZE, S.; FIEDLER, H. J.; HEINZE, M. (1995): Wachstumsschädigung der Kiefernbestände in der Dübener Heide durch Immissionen und Trockenstreß zwischen 1965 und 1988; Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch. ökol., 4, 29, 156–159

- LARCHER, W. (1995): *Physiological Plant Ecology*; Springer Verlag, 493
- LÜDGE, W. (1971): Der Einfluß von Laubholzunterbau auf die Schädlingsdichte in den Kiefernbeständen der Schwetzinger Hardt; *AFJZ*, 142, 173–178
- LUNDERSTÄDT, J. (1981): Ernährungsphysiologische Gesichtspunkte für die Systembindung von forstlich wichtigen Phytophagen; *Z. ang. Ent.*, 92, 510–520
- LYR, H.; HOFFMANN, G. (1992): 14. Wachstum und Umwelt; In: LYR, H.; FIEDLER, H. J.; TRANQUILLINI, W.: *Physiologie und Ökologie der Gehölze*; Gustav Fischer Verlag, 397–469
- MANSINGH, A. (1971): Dormanz; *Canad. Entom. Bd.* 103, 983–1009
- MATZNER, E.; ULRICH, B.; MURACH, D.; ROST-SIEBERT, K. (1985): Zur Beteiligung des Bodens am Waldsterben.; *FoHo*, 40, 11, 303–309
- MERBACH, W. (1995): *Mikroökologische Prozesse im System Pflanze – Boden*; B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart Leipzig
- MOHR, H. (1990): Der Stickstoff – ein kritisches Element der Biosphäre; *Sitzungsbericht der Heidelberger Akademie der Wissenschaften*; 5. Abhandlung; Springer Verlag
- MOHR, H.; SCHOPFER, P. (1995): *Plant Physiology*; Springer Verlag 4. Aufl.
- MÜLLER, J.; ANDERS, S. (1995): Einfluß unterschiedlich strukturierter Wald- und Forstökosysteme des nordostdeutschen Tieflands auf den Wasserhaushalt; *Forschungsreport (BML)*, 11, 3–7
- MÜLLER, M. (1993): Untersuchungen zur Attraktion und Repulsion des Großen braunen Rüsselkäfers (*Hylobius abietis* L.; *Coleoptera, Curculionidae*); *Diss. TU Dresden Tharandt*
- NAUMANN, A.; HABERMEHL, A.; RIDDER, H.-W.; KÄTZEL, R. (1995): Möglichkeiten der Wasserversorgung im Stamm geharzter Kiefern; *Beitr. Landwirtsch. u. Landschaft.ökol.*, 1, 29, 17–26
- NIEHUS, B.; BRÜGGEMANN, L. (1995): Untersuchungen zur Deposition luftgetragener Stoffe in der Dübener Heide; *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökolo.*, 4, 29, 160–163
- OTTO, D. (1969): Zur Bedeutung des Zuckergehaltes der Nahrung für Entwicklung nadelfressender Kieferninsekten; *Arch. Forstwes.*, 19, II, 135–150
- OTTO, H.-J. (1994): Ökologischer Waldbau – Walddynamische Prozesse bei der Fichte und Kiefer im Rahmen waldbaulicher Rationalisierungen (Teil 1); *Der Wald*, 11, 44, 364–367
- OTTO, H.-J. (1994): Ökologischer Waldbau – Walddynamische Prozesse bei der Fichte und Kiefer im Rahmen waldbaulicher Rationalisierung (Teil 2); *Der Wald*, 12, 44, 408–411
- OTTO, H.-J. (1993): Der dynamische Wald – Ökologische Grundlagen des naturnahen Waldbaues; *FoHo*, 12, 48, 331–335
- RAKEI, A. K.; RENGER, M.; WESSOLEK, G. (1992): Wasserhaushalt eines Alt- und Kiefernjungbestandes im Grunewald (Berlin); *AFJZ*, 9, 169–172

- REICHELT, L.; EINERT, P. (1995): Ergebnisse orientierender Immissionsmessungen in den Wäldern Brandenburgs, Mecklenburg-Vorpommerns und Sachsen-Anhalts; Beitr. Forstwirtschaft, 1, 29, 10–16
- REICHHOLF, J. (1975): Schädlingsbekämpfung zwischen Ökonomie und Ökologie; Z. angew. Ent., 75, 10–12
- REMMERT (1989): Ökologie; Springer Verlag, 373
- RIEK, W.; RENGER, M. (1994): Der Wasserhaushalt der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) als Funktion von Boden- und Klimaparametern in den Berliner Forsten; FA, 65, 167–171
- RIEK, W.; RENGER, M. (1992): Variabilität bodenökologischer Kennwerte von Kiefernforsten im Raum Berlin; AFJZ, 9, 173–176
- RIEK, W.; WESSOLEK, G.; LÜHRTE, A. v. (1994): Wasserhaushalt und Dickenwachstum von Kiefern (*Pinus sylvestris*) im Raum Berlin; AFJZ, 7, 138–144
- RIEK, W.; WESSOLEK, G.; LÜHRTE, A. v. (1995): Spektralanalytische Interpretation des langjährigen Wasserhaushalts und der Jahrringbreitenentwicklung von Kiefern; FA, 66, 199–205
- RITTER, G. (1990): Zur Wirkung von Stickstoffeinträgen auf Feinwurzelsystem und Mykorrhizabildung in Kiefernbeständen; Beitr. Forstwirtschaft, 3, 24, 100–104
- ROLOFF, A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten; Schr. R. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 93
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (1994): Waldschadensbericht 1994
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (1995): Waldschadensbericht 1995
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (1996): Waldschadensbericht 1996
- SCHWEINGRUBER, F. H.; ALBRECHT, H.; BECK, M.; HESSEL, J.; JOOS, K.; KELLER, D.; KONTIC, R.; LANGE, K.; NIEDERER, M.; NIPPEL, C.; SPANG, S.; SPINNER, B.; WINKLER-SEIFERT, A. (1986): Abrupte Zuwachsschwankungen in Jahrringabfolgen als ökologische Indikatoren; Dendrochronologia, 4, 125–183
- SCHWEINGRUBER, F.; ECKSTEIN, D.; SERRE-BACHET, F.; BRÄKER, U. O. (1990): Identification, Presentation and Interpretation of event years and pointer years in dendrocronology; Dendrochronologia, 8, 9–39
- SCHWENKE W. (1996): Grundzüge des Massenwechsels und der Bekämpfung des Großen Fichtenborkenkäfers, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolydea); Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 69, 11–15
- SCHWENKE, W. (1994): Über die Grundlagen der Entstehung und Begegnung von Insekten-Massenvermehrungen im Wald; Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz; 67, 120–124

- SCHWERTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten; Paul Parey Verlag 4. Auflage
- SEIDLING, W.; LÜHRTE, A. v. (1996): Spontane Gehölzentwicklung in wenig gepflegten Kiefernbeständen; FA, 67, 147–159
- STEPHAN, G. (1969): Die Gewinnung des Harzes der Kiefer; Staatl. Komitee f. Forstwirtschaft
- TEMPLIN, E. (1974): Integrierte Sanitärhiebe in Kiefernbeständen; Beitr. Forstwirtschaft, 2, 53–64
- TEMPLIN, E. (1962): Epidemische Erkrankungen der Kiefer *Pinus silvestris* L. in Deutschland („Kiefernsterben“) als Folge kettenartiger Komplexwirkungen abiotischer, antropologischer und biologischer Schadfaktoren; Habilitationsschrift TU Dresden
- Templin, E. (1959): Kontrolle und Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers (*Phaenops cyanea* F.) in erkrankten Kiefernbeständen; AFJZ, 9, 514–517
- TEMPLIN, E. et al. (1978): Entwicklung von Bekämpfungsverfahren gegen den Blauen Kiefernprachtkäfer und die Fichtenborkenkäfer, die der Sanitärsituation und den veränderten biologischen Verfahren der Schädlinge angepaßt sind. Forschungsbericht, IFE In: APEL, K. H. 1986
- TEMPLIN, E.; FLÖHR, W. (1979): Verfahren und Mittel gegen rindenbrütende Forstschadinsekten; Wirtschaftspatent Nr. 137526, DDR; Amt für Patentwesen, 55
- TEMPLIN, E. (1960): Tierische Schädlinge als Faktor des Kiefernsterbens; Verh. 11. Int. Kongr. Ent. Wien, 181–185
- TUOMI, J.; NIEMELÄ, P.; CHAPIN, F. C.; BRAYANT, J. P.; SIEREN, S. (1988): Defensive Responses of Trees in Relation to their Carbon/Nutrient Balance; In: Mattson, J. W.; Leveux, J.; Dagan, B. C.: Mechanisms of Woody Plant Defences against Insects. New York, 57–72
- ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand; Z. Pflanzenernährung Bodenkd., 144, 289–305
- ULRICH, B.; MEIWES, K. J.; KÖNIG, N.; KHANNA, P. K. (1984): Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden.; FoHo, 39, 11, 278–286
- VARLEY, G.; GRADWELL, G. R.; HASSEL, M. P. (1980): Populationsökologie der Insekten; Thieme Verlag Stuttgart, New York
- VITÉ, J. P. (1961): The influence of water supply on oleoresin exudation pressure and resistance to bark beetle attack in *pinus ponderosa* Boyse Thompson Institute for Plant research contributions; 21, 37–66
- WEBER, H. (1974): Grundriß der Insektenkunde; Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 640
- WEDDELING, B. (1993): Untersuchungen unter Laborbedingungen zur Nadelphysiologie von Kiefern (*Pinus sylvestris*) in ihrer Bedeutung für den Entwicklungserfolg des Kiefernschwärmers (*Hyloicus pinastri*) bei geringer und hoher Fraßdichte; Dipl. Arbeit Inst. f. Forstzoologie, 108
- WESSOLEK, G.; RIEK, W.; LÜHRTE, A. v.; FACKLAM, M. (1995): Wasserhaushalt und Dickenwachstum von Kiefern in Abhängigkeit des Grundwasserflurabstandes; Z. Pflanzenernähr. Bodenkd., 158, 15–22

WIGGER, H. (1995): Ethologische und ökologische Aspekte der Räuber-Beute-Beziehung zwischen dem Borkekäfer räuber *Nemosoma elongatum* L. (Coleoptera: Ostomidae) und dem Kupferstecher *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae); Diss. Universität Göttingen, 194

WILBERT, H. (1962): Über die Festlegung und Erhaltung der mittleren Dichte von Insektenpopulationen; Z. Morph. ökol. Tiere, 50, 576–615

WORBES, M.; BONN, S.; RIEMER, T. (1995): Methoden zur Erfassung von Zuwachsverlusten und mögliche Einflußfaktoren auf das Jahresringbild von Bäumen in geschädigten Waldbeständen. FC, 114, 313–325

Anhang

Versuchsflächenverzeichnis

Nr.	Forstamt	Revier	Abt.	B.Art	Alter	StO	Datum	Probekreis	Fläche	N
1	Doberschütz	Wartha	632 a1	Ki	67	M2m	4,94	1	0,05	40
2	Doberschütz	Wartha	632 a1	Ki	67	M2m	4,94	2	0,05	38
3	Doberschütz	Wartha	632 a1	Ki	67	M2m	4,95	2 a		12
4	Doberschütz	Wartha	545 a1	Ki	103	M2m	4,94	3	0,1	42
5	Doberschütz	Wartha	545 a1	Ki	103	M2m	4,95	3 a	0,05	21
6	Doberschütz	Wartha	545 a1	Ki	103	M2m	4,95	3 b	0,05	30
7	Doberschütz	Wartha	545 a1	Ki	103	M2m	4,94	4	0,1	41
8	Doberschütz	Wartha	544 a2	Ki	95	M2m	4,94	5	0,1	41
9	Doberschütz	Wartha	544 a2	Ki	95	M2m	4,95	5 a	0,1	24
10	Doberschütz	Wartha	544 a2	Ki	95	M2m	4,95	5 b	0,15	32
11	Doberschütz	Wartha	627 a8	Ki	106	M2m	4,94	6	0,15	26
12	Doberschütz	Wartha	627 a8	Ki	106	M2m	4,95	6 a	0,15	28
13	Doberschütz	Wartha	536 a1	Ki	60	M2m	4,94	7	0,05	34
14	Doberschütz	Wartha	532 a2	Ki	51	M2m	4,94	8	0,05	52
15	Doberschütz	Wartha	532 a2	Ki	51	M2m	4,95	8 a	0,02	28
16	Doberschütz	Wartha	532 a2	Ki	51	M2m	4,95	8 b		6
17	Doberschütz	Battaune	408 a3	Ki	46	M2m	4,94	9	0,05	70
18	Doberschütz	Battaune	408 a3	Ki	46	M2m	4,94	10	0,05	86
19	Taura	Pflückuff	104 a9	Ki	97	NM2t	4,94	20	0,1	21
20	Taura	Pflückuff	138 a1	Ki	60	NM2	4,94	21	0,05	36
21	Taura	Pflückuff	136 a1	Ki		M2m	4,94	22	0,05	31
22	Taura	Beilrode	1026 a	Ki	75	M2m	4,95	31	0,05	51
23	Taura	Beilrode	1026 a	Ki	75	M2m	4,95	32	0,05	53
24	Taura	Beilrode	1026 a	Ki	75	M2m	4,95	33	0,05	54
25	Taura	Beilrode	1026 a	Ki	75	M2m	4,95	34	0,05	54
26	Taura	Beilrode	1019 a4	Ki			4,96	119/1	0,025	51
27	Taura	Beilrode	1019 a4	Ki			4,96	119/2	0,025	57
28	Taura	Beilrode	1019 a4	Ki			4,96	119/3	0,025	51
29	Taura	Beilrode	1019 a4	Ki			4,96	119/4	0,025	79
30	Weißig a. R.	Linz	10 b2	Ki	43	M2m	4,94	24	0,05	47
31	Weißig a. R.	Linz	10 b2	Ki	43	M2m	4,94	26	0,1	68
32	Weißig a. R.	Linz	126 a	Ki	43	M2m	4,94	27	0,03	36
33	Weißig a. R.	Linz	126 a	Ki	43	M2m	4,94	28	0,05	57
34	Weißig a. R.	Schönfeld	47 a6	Ki	98	M2m		19		
35	Weißwasser	Altteich	147 a7	Ki	110	Z2m	4,95	11	0,05	32
36	Weißwasser	Altteich	165 a4	Ki	98	UfM2	4,94	14	0,05	29
37	Weißwasser	Altteich	165 a4	Ki	98	UfM2	4,95	14 a	0,05	31
38	Weißwasser	Altteich	165 a4	Ki	98	UfM2	4,95	14 b		12
39	Weißwasser	Altteich	165 a4	Ki	98	UfM2	4,94	15	0,05	24
40	Weißwasser	Altteich	200 a4	Ki	55	Z2m	4,94	16	0,05	40
41	Weißwasser	Altteich	183 a10	Ki	59	Z2m	4,94	17	0,05	28
42	Weißwasser	Altteich	214	Ki			4,96	18	3	
44	Muskauer Heide	Haide	324	Ki	46		4,95	324/3	0,05	35
45	Muskauer Heide	Haide	324	Ki	46		4,95	324/1	0,05	45
46	Muskauer Heide	Haide	324	Ki	46		4,95	324/4	0,05	73

Temperaturprogramme

Frühsommer
(Programm Nr. 01)

Funktion	Uhrzeit	Temperatur	Luftfeuchte	Beleuchtung
konstant	22:00 – 6:00	15 °C	80 %	aus
aufheizen	6:00 – 10:00	15 °C auf 16 °C	55 %	ein
konstant	10:00 – 16:00	26 °C	55 %	ein
abkühlen	16:00 – 22:00	26 °C auf 15 °C	55 %	ein

Herbst/Frühjahr
(Programm Nr. 02)

Funktion	Uhrzeit	Temperatur	Luftfeuchte	Beleuchtung
konstant	24:00 – 6:00	5 °C	100 %	aus
aufheizen	6:00 – 10:00	5 °C auf 17,5 °C	70 %	ein
konstant	10:00 – 16:00	17,5 °C	70 %	ein
abkühlen	16:00 – 24:00	17,5 °C auf 5 °C	70 %	aus

Winter
(Programm Nr. 03)

Funktion	Uhrzeit	Temperatur	Luftfeuchte	Beleuchtung
aufheizen	6:00 – 14:00	-7,5 °C auf +2,5 °C	100 %	ein
abkühlen	14:00 – 6:00	+2,5 °C auf -7,5 °C	100 %	aus

Lockstoffliste

Mischungsverhältnisse (Angaben in %):

Für die folgende Zusammenstellung werden die Auflistungsbezeichnungen a) bis h) verwendet.

Die verwendeten Stoffe:

- a) Terpinolen (Fluka)
- b) Ethanol (ZA)
- c) Methanol (ZA)
- d) (1S) - (-) - α Pinen (Merk)
- e) (1S) - (-) - β Pinen (Aldrich; 99 %)
- f) (1R) - (+) - α Pinen (Aldrich; GC 98 %)
- g) (R) - (+) - Limonene (Aldrich; 97%)
- h) (S) - (-) - Limonene (Aldrich; 96%)

Varianten Nr.	Testsubstanzen							
	a	b	c	d	e	f	g	h
1		50	50					
2	20	60			20			
3	10	60		30				
4	10			40	50			
5				50	50			
6					50	50		
7					25	25	25	25
8	40	40					10	10
9				69	1	28	1	1

Impressum

Herausgeber:

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)
Bonnewitzer Straße 34, 01827 Graupa
Tel. (0 35 01) 54 20, Fax (0 35 01) 54 22 13

Redaktion

Sächsische Landesanstalt für Forsten

Projektleitung

LUTZ-FLORIAN OTTO

Wissenschaftliche Bearbeitung und Bildredaktion

BERNHARD WEDDELING

Gesamtgestaltung und Produktion

TRICOM Dresden

Druckerei Thieme Meißen

Redaktionsschluß November 1997

Auflage 2000

Bezug

Sächsische Landesanstalt für Forsten

Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei (tcf) gebleichtem Zellstoff.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß diese als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

In der Schriftenreihe der LAF sind bisher die folgenden Titel erschienen:

Erstausgabe	Waldfunktionenkartierung
Heft 1/1994	Forstpflanzenzüchtung - Quo vadis?
Heft 2/1995	Wald und Klima
Heft 3/1995	Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen
Heft 4/1995	Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften
Heft 5/1995	Genetik und Waldbau der Weißtanne, Bd. I und II
Heft 6/1996	Waldbau – Beiträge zum Kolloquium
Heft 7/1996	Wald und Boden
Heft 8/1996	Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen
Heft 9/1996	Waldbiotopkartierung in Sachsen
Heft 10/1996	Empfehlungen geeigneter Herkünfte forstlichen Saat- und Pflanzgutes für den Anbau im Freistaat Sachsen (Herkunftsempfehlungen)
Heft 11/1997	Waldklimastationen
Heft 12/1997	Möglichkeiten einer integrierten Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers
in Vorbereitung (Erscheinen voraussichtlich Dezember 1997)	Forstpflanzenzüchtung in Immissionsschadgebieten