

Klimafolgenmonitoring

I-Fw-3 Borkenkäferbefall in Fichtenbeständen

Basisinformationen

Inhalt	Populationsentwicklung und Befallsgeschehen des Buchdruckers (<i>Ips typographus</i> L.) in fichtendominierten Wäldern Sachsens.
Klimawirkung	Das verstärkte Auftreten von Schadinsekten im Allgemeinen und den Holz- und Rindenbrütern im Speziellen ist eine in Folge von verbesserten Entwicklungsbedingungen (Wärmeangebot) und einer erhöhten Prädisposition der Wirtsbäume (u. a. Trockenstress, Windwurf, Schneebruch). Damit einher geht ein Anstieg der Populationsdichten und eine Zunahme der durch diese Arten verursachten Schäden. Durch das Ausbilden zusätzlicher Generationen und das damit verbundene exponentielle Wachstum, ist dieser Effekt gerade beim Buchdrucker besonders stark ausgeprägt. Aber auch andere Forstschadinsekten werden kurzfristig durch die Witterung und mittelfristig durch veränderte Bedingungen infolge des Klimawandels beeinflusst. Erst nach Überschreiten des für die jeweilige Art spezifischen Optimums kann es wieder zu einer gegenläufigen Entwicklung kommen.

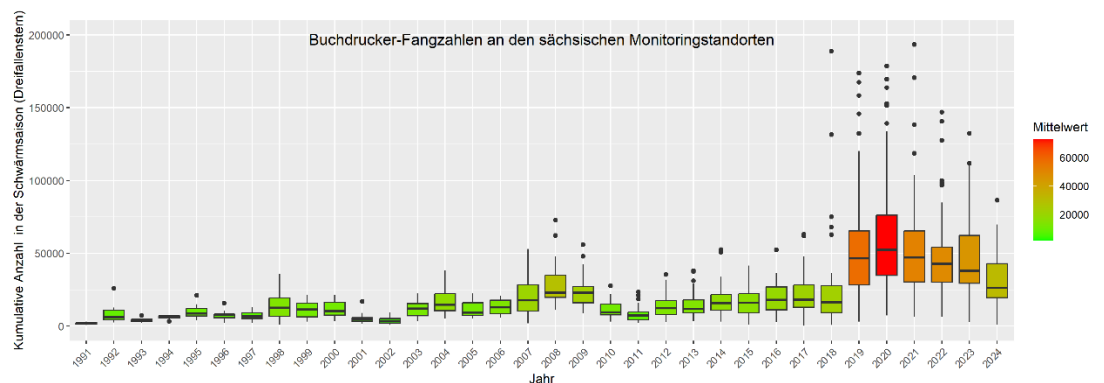
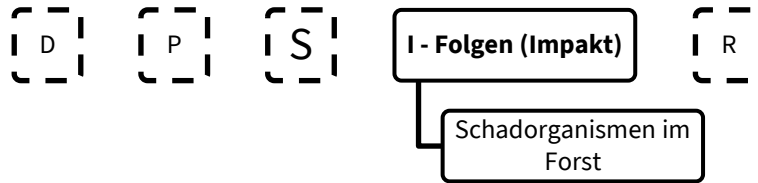


Abbildung 1: Langjährige Zeitreihe der Buchdruckerfangzahlentwicklung an den sächsischen Borkenkäfermonitoringstandorten

Inhaltsbeschreibung	Durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren, unter anderem der vorherrschenden Witterung, unterliegen die Populationen starken jährlichen Schwankungen. Insgesamt ist aber ein deutlich zunehmender Trend feststellbar. Ergebnisse des langjährigen Waldschutzmonitorings und der Schadmengenstatistiken unterstützen diese Aussage.
Befund	Registrierte Fangzahlen und erfasste Befallsholz mengen haben in den letzten Jahren, wenn auch regional unterschiedlich, massiv zugenommen. Stellenweise resultierte das in einem vollständigen Ausfall der Wirtsbaumart.
Inhaltlicher Rahmen	Sächsisches Klimafolgenmonitoring (Klimaentwicklung in Sachsen - Klima - sachsen.de)
Weitere Indikatoren im Handlungsfeld	I-Fw-1 Waldklima, I-Fw-2 Waldbrandrisiko

Einordnung und Systematik



DPSIR-Schema

Präambel	Es besteht die Möglichkeit von inhaltlichen und methodischen Abweichungen der Indikatoren im sächsischen Klimafolgenmonitoring von denen anderer Monitoringsysteme. Grund dafür sind unter anderem die Indikatorenherleitung und die verwendete Datengrundlage. Entsprechende Indikatoren sind dadurch nur bedingt mit denen anderer Monitoringsysteme vergleichbar.
Bund	<u>FW-I-6 und 7: Gefährdete Fichtenbestände und Schadholzaufkommen Buchdrucker Monitoring der deutschen Anpassungsstrategie (DAS Monitoring)</u> Länderinitiative Kernindikatoren → kein Indikator
Andere Bundesländer	<u>I-FW-5: Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer (Zweiter Monitoringbericht Thüringen LUBN)</u>
Sachsen	Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 Maßnahmeplan zur Umsetzung des EKP 2021, Nummer 9.03
Thematischer Bezug	<u>Waldzustandsbericht Sachsen</u> Käfermonitoring des Staatsbetrieb Sachsenforst (link) <u>PHENIPS Sachsen Kurzanleitung – IFFF-RiskAnalyses</u>

Materialien und Methoden

Indikator	Kumulative Fangzahlen Befallsholzmenge der Baumart Fichte Anlage der 1. Generation als Tag im Jahr (DOY) Anzahl Schwärmtage
Berechnungsvorschrift	Als Schwerpunkt der Auswertung werden Gebiete herangezogen die dem Buchdrucker ein geeignetes Habitat in Form von ausreichend verfügbarem Brutraum bieten. Dies beinhaltet vor allem Regionen mit einem wirtschaftlich relevanten Anteil der Baumart Fichte an der vorhandenen Baumartenzusammensetzung. <u>Befallsholzmenge</u> Die Daten zur Schad- und Befallsholzmenge beziehungsweise -fläche sind in der Regel Schätzangaben der jeweils für die Erfassung zuständigen Revierleiter des Staatsbetriebs Sachsenforst (SBS) und den Mitarbeitern der unteren Forstbehörden in ihrem Zuständigkeitsbereich (Abbildung 4). Eine Präzisierung der Mengen- respektive Flächenangaben findet teilweise in Verbindung mit der Aufarbeitung und dem Verkauf der befallenen Bäume und der Beräumung von Schadflächen statt. Angaben innerhalb eines definierten Zeitraumes werden anschließend aktualisiert. Bedingt durch die Lebensweise der Art und den typischen Schadverlauf nach einem Befall werden die Schäden zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Laufe des Jahres sichtbar. Der so genannte Stehendbefall von Fichten durch den Buchdrucker erfolgt in der Regel im Zeitraum April bis September. Je nach klimatischer Ausgangssituation kann sich dieser Zeitraum über mehrere Wochen erstrecken. Erfolgt der Befall kurz vor der Vegetationsruhe, wird er erst im anschließenden Winterhalbjahr bzw. im zeitigen Frühjahr des Folgejahres sichtbar. Aufgrund

dieser zeitlichen Entkoppelung von erfolgtem Befall und dessen Erkennung werden in Sachsen (auch in Thüringen und einigen anderen Bundesländern) die aufgetretenen und von den jeweils zuständigen Behörden registrierten Befallsholz-mengen im so genannten „Borkenkäferjahr“ zusammengefasst. Es umfasst vereinbarungsgemäß den Zeitraum Juni des Befallsjahres bis Mai des Folgejahres, mit einer terminlichen Zuordnung zum Befallsjahr.

Grundsätzlich existieren zwei parallele Systeme zur Erfassung des vom Buchdrucker verursachten Befallsgeschehens: 1) retrospektiv eine eigentumsübergreifende und zu vorgegebenen Meldezeitpunkten durchgeführte Dokumentation im Forstschutzkontrollbuch und 2) jeweils bei Erkennung des Befalls zur Unterstützung der betrieblichen Prozesse, die Dokumentation mit Hilfe der Borkenkäfer-App. [1] Letztere ist allerdings überwiegend auf den Landeswald beschränkt.

Fangzahlen des Monitoringsystems

Die jährlichen Befallsholzstatistiken werden untersetzt durch die Ergebnisse des langjährigen Borkenkäfer-Monitorings. Dabei handelt es sich um ein spezielles, hochgradig standardisiertes Verfahren auf der Basis pheromonbeköderter Fallen. Ein repräsentatives Netz aus Standorten stellt mit einem konkreten Ortsbezug zeitnahe Informationen zur aktuellen Aktivität und Dichte der vorhandenen Population bereit. Definierte Fangzahlschwellenwerte sind ein Hilfsmittel um die lokale Gefährdungssituation besser bewerten zu können.

Modellierung der Entwicklungsphänologie

Einen dritten Baustein der Einschätzung des Befallsrisikos, bilden Prognosen der phänologischen Entwicklung des Buchdruckers mit Hilfe einer Ableitung aus dem Phänologiemodell Phenips . [2, 3]

Für den Indikator wurde die Anlage der 1. Generation nach der Winterruhe zur Abschätzung des Befallsbeginns herangezogen und rückwirkend bis 1961 auf Basis eines lückenlosen stationsbasierten Referenzdatensatzes errechnet. Die Angabe erfolgt als DOY (Tag im Jahr) für 6 Stationen, die repräsentativ für die verschiedenen Höhenstufen des Waldschutzmonitorings ausgewählt wurden.

$$DOY_x \rightarrow \sum_{dd_{140}}^{DOY_{91}} T_{max}^{\circ C} - 8.3^{\circ C} \mid T_{max} = 16.5^{\circ C}$$

Für die Anlage der 1. Generation gelten folgende phänologischen Bedingungen:

- ab einer Tagesminimumtemperatur (Tmin) von 8.3 °C setzt die Entwicklung zum Käfer ein,
- ab einer Temperatursumme von 140 Temperatursummentagen (dd) gilt die Entwicklung der Überwinterungsgeneration als abgeschlossen; Startzeitpunkt der Berechnung ist der 1.4. eines Jahres (DOY 91), mit Blick auf die im Waldschutzmonitoring beobachteten Erstfänge Anfang April,
- ab einer Tagesmaximaltemperatur (Tmax) von 16.5°C nach Erreichen der dd=140 schwärmen die Käfer aus und legen eine neue Generation an und definieren den Befallsbeginn,
- Tmax wird entsprechend des Modells als Substitut der Rindentemperatur herangezogen,

Anzahl der Schwärmtage

Alle Tage zwischen dem 1.4 und 30.9 eines Jahres mit einer Maximaltemperatur

Klimafolgenmonitoring

größer gleich 16.5°C werden gezählt und für das Jahr beziehungsweise den Monat aufsummiert.

Einschränkungen in der Interpretierbarkeit

Obwohl die Populationsdynamik und damit mögliche Schäden der wechselwarmen Insekten im hohen Maße von Witterungsbedingungen, insbesondere der Temperatur abhängen, werden diese auch noch von anderen Faktoren bestimmt (Multimodalität). Der tatsächliche Witterungseinfluss unterliegt jährlichen Schwankungen und lässt sich meist weder eindeutig quantifizieren noch langfristig prognostizieren. Auch liegen nicht alle Daten für die relevanten Eigentumsarten in der gleichen räumlichen und zeitlichen Auflösung vor.

Die Ergebnisse aus der Modellierung des Befallsbeginns lassen sich nur bedingt auf das Geschehen in der Fläche ableiten, da weitere Faktoren wie verfügbarer Brutraum und tatsächliche Größe der Ausgangspopulation nicht einbezogen werden. Das Ergebnis ist der Versuch einer Annäherung für eine potentielle Risikoabschätzung mit Blick auf mögliche künftige Veränderungen im Zusammenhang mit dem menschengemachten Klimawandel.

Datengrundlage

webbasierten „Forstschutzkontrollbuch“ (FSKB, seit 1993) bzw. analogen Datenbeständen (seit etwa 1968 bis 1993) als Flächenintegral; Borkenkäfer-App (seit 2018, überwiegend Landeswald); Daten des Borkenkäfermonitorings (seit 1991); Phänologiemodell Phenips (stationsbezogen seit 2009, rasterbasiert seit 2023)

Zeitliche Auflösung

Befallsholz: jährlich seit 1968, seit 2018 teilweise täglich;
Pheromonfallen: wöchentlich seit 1991;
Entwicklungsphänologie: täglich, einschließlich 7-Tages-Prognose seit 2009

Datenverfügbarkeit

Befallsholz: eingeschränkt; auf Anfrage an SBS
Monitoringergebnisse und Phänologie im Internet frei verfügbar ([Aktuelle Borkenkäfer-Situation in Sachsen - Wald, Forstwirtschaft, Jagd - sachsen.de](#))
Stationsbasierter Klimareferenzdatensatz 3.0 ([Link zur Datenablage](#))

Ausblick

- Fachlich begründete Vorverlegung des Borkenkäferjahres auf Mai bis April des Folgejahres in Absprache mit den anderen Bundesländern, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten
- Räumliche Zuordnung der Ergebnisse nach Region oder Höhenstufe entsprechend des Waldschutzmonitorings
- Einbinden weiterer phänologischer Kennwerte wie Generationenzahl, Entwicklungsstand der letzten Generation vor der Winterruhe
- Verwendung des rasterbasierten Klimareferenzdatensatzes für eine Modellierung phänologischer Kenngrößen in der Fläche für Sachsen

Auswertung und Darstellung

Befund

Registrierte Fangzahlen und die erfassten Befallsholzmengen haben in den letzten Jahren, wenn auch regional unterschiedlich, massiv zugenommen. Stellenweise resultierte das im vollständigen Ausfall der Wirtsbaumart.

Ergebnisbeschreibung

Die räumliche Verteilung der durch den Buchdrucker verursachten Befallsholzmenge der Jahre seit 2018 ist in Abbildung 4 dargestellt. Die in diesen Zeitraum angefallenen, extrem hohen Schadholzmeldungen überprägen dabei alle vorherigen Ereignisse. Neben der Effektivität von stattfindenden Bekämpfungsmaßnahmen

men ist die Verfügbarkeit von Brutraum durch Sturmholz ein entscheidender Faktor für das Befallsgeschehen. Statistiken zeigen eine deutliche Überprägung gegenüber dem Standort als Einflussfaktor. Durch die Zunahme von Extremereignissen (S-2b Starkregen) im Zuge des Klimawandels ist potenziell mit einer höheren Verfügbarkeit von geeignetem Brutraum für entsprechende Schadorganismen zu rechnen. Insbesondere für die Baumart Fichte ungeeignete klimatische Bedingungen, welche durch die Entwicklungen der letzten Jahre (Abbildung 2) noch zusätzlich verstärkt wurden, führten zu einem Befallsgeschehen, welches besonders in Ostsachsen sowie den sächsischen Hügellandbereichen in einem großflächigen Ausfall der Fichte und damit dem zwangsläufigen Rückgang der Befallsmengen resultierte. Die großflächigen Fichtekomplexe in den westsächsischen Mittelgebirgslagen hingegen blieben auf Grund eines deutlich besseren Temperatur- und Niederschlagsregimes bisher von großflächigen Ausbrüchen verschont.

Mildere Temperaturen im Winter reduzieren die Mortalität der überwinterten Käfer beziehungsweise Larvenstadien und erlauben bis zu einem gewissen Grad eine schnellere Entwicklung im Sommer. Abbildung 2 zeigt die Abweichung von Temperatur und Niederschlag in den Monaten von April bis August vom langjährigen Mittel. Es ist zu erkennen, dass gerade die letzten Jahre fast immer zu warm und zu trocken waren und somit zusätzlich zu einer Erhöhung der Disposition der Wirtsbaumart Fichte beigetragen haben. Im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite nimmt die Anzahl der jährlichen Schwärmtage des Buchdruckers langsam aber stetig zu (Abbildung 5). Der Schwerpunkt der Zunahme an Schwärmtagen liegt im 30-jährige Mittel der Klimareferenzperiode 1991 – 2020 im Frühjahr zum Beginn der Schwärmsaison (Ergebnisse nicht gezeigt). Dagegen konnte an den untersuchten Stationen für den gleichen Auswertungszeitraum keine Zunahme der Schwärmtage im September und Oktober festgestellt werden.

Die genannten Faktoren führen zu häufiger eintretenden und gleichzeitig länger anhaltenden Befallseignissen, wobei eine Zunahme des Schadausmaßes wahrscheinlich ist. Abbildung 3 verdeutlicht diese Aussage durch seit 1946 dokumentierte Befallsholzmengen, welche ursächlich auf den Buchdrucker zurückzuführen sind. Erkennbar ist eine deutliche Zunahme von Häufigkeit und Intensität. Die seit 2018 anhaltende Massenvermehrung des Buchdruckers ist der Letzte und mit Abstand Größte in einer Reihe von wiederkehrenden Ausbrüchen. Einen ähnlichen Verlauf zeigt Abbildung 1 auf der Grundlage der seit 1991 an den sächsischen Monitoringstandorten erhobenen Fangzahlen. Günstige Entwicklungsbedingungen haben entsprechende Anstiege der Populationsdichte zur Folge, was sich wiederum in höheren registrierten Käferzahlen manifestiert. Betroffen von dieser Entwicklung sind in erster Linie die fichtendominierten Mittelgebirgslagen sowie die noch vorhandenen Fichtenrestbestockungen des sächsischen Hügellandes.

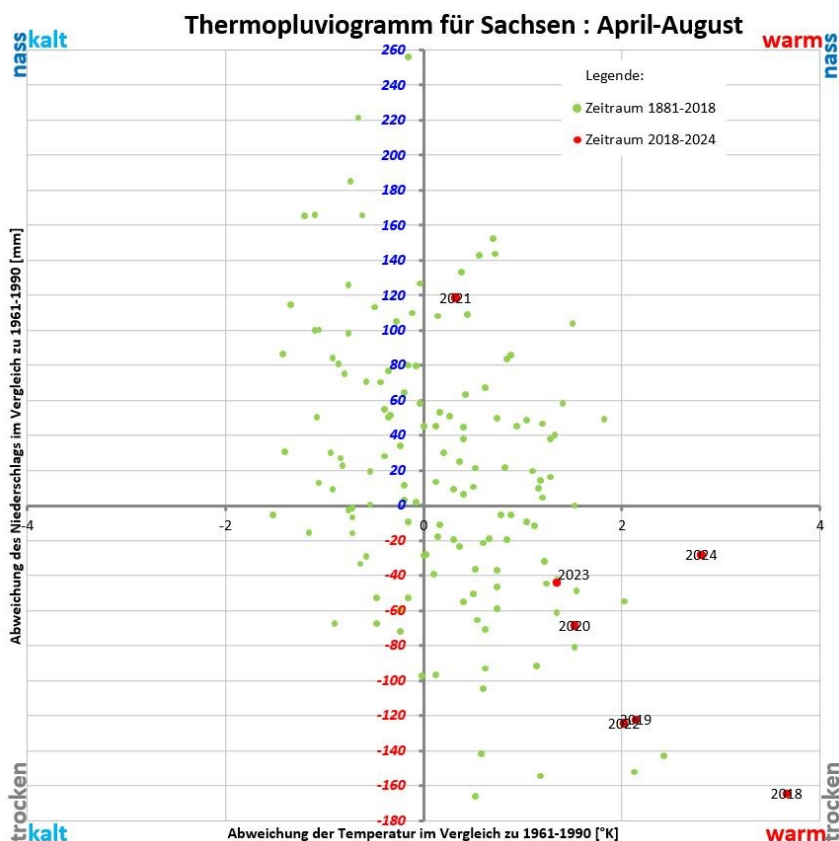


Abbildung 2 Thermopluviogramm mit den Abweichungen von Temperatur & Niederschlag (Datenbasis: Deutscher Wetterdienst) in den Monaten April - August der Jahre 1881 bis 2024

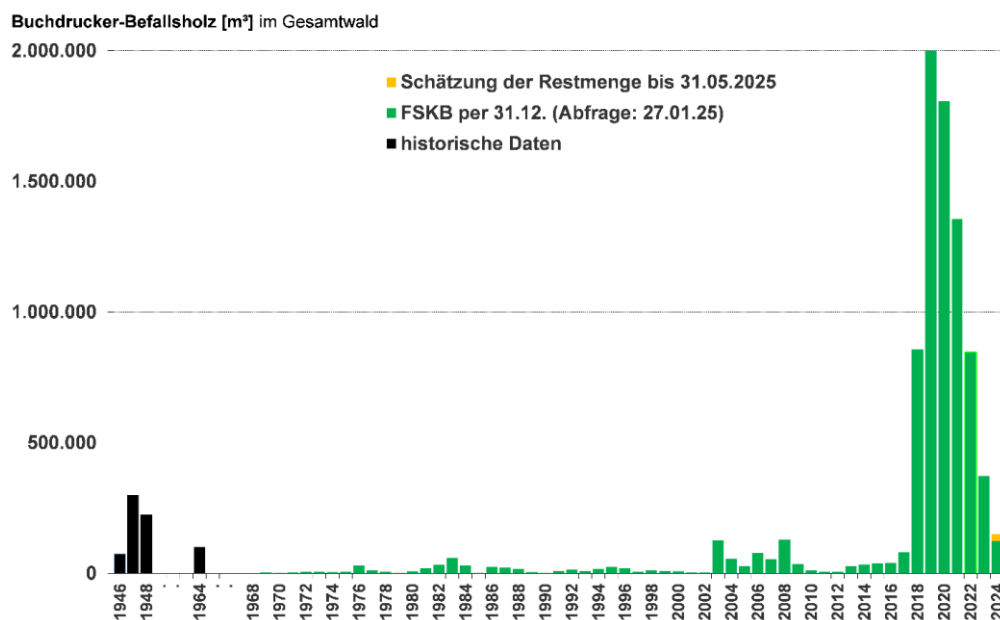


Abbildung 3 Langzeitstatistik zum Buchdruckerbefall auf dem Territorium des Freistaates Sachsen (Forstschutzkontrollbuch (FSKB) per 31.12.2024)

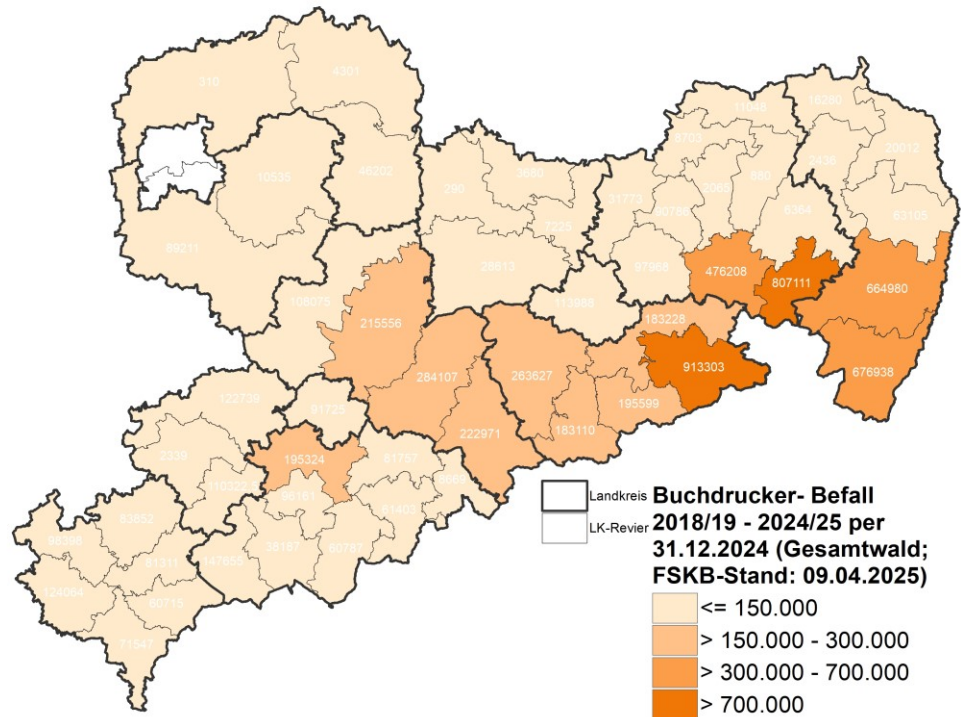


Abbildung 4: Räumliche Verteilung des durch den Buchdrucker verursachten Befallsholz mengen in Sachsen im Zeitraum von 2018 bis 2024

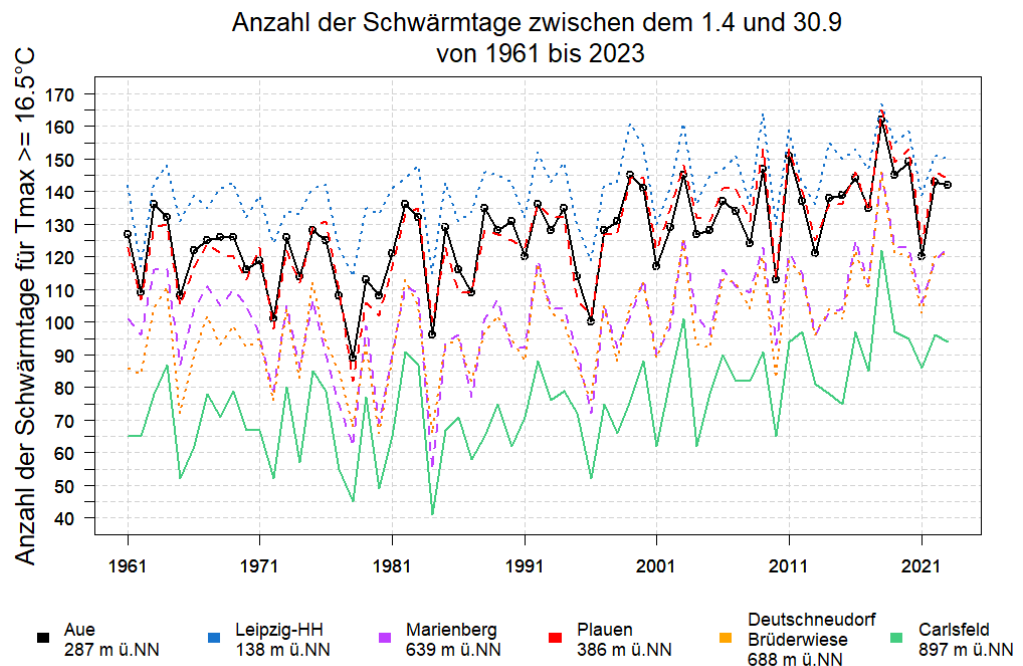


Abbildung 5: Schwärmtage von *Ips typographus* zwischen dem 1. April und dem 30. September seit 1961

Entwicklung

Die Populationsentwicklung des Buchdruckers ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Neben dem vorhandenen Brutraumangebot, auch infolge an Häufigkeit und Intensität zunehmender abiotischer Schadereignisse, sind es vor allem die klimatischen Bedingungen, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Intensität des Befallsgeschehens haben (Schwärmbeginn, Schwärmdauer, Generationenzahl). Unter Annahme der weiteren Fortsetzung des Trends einer zunehmenden Erwärmung und des gleichzeitigen Rückgangs der Niederschlagsmengen während des Frühjahrs in Sachsen (Fw-1 Waldklima, S-4 Potentielles Wasserdargebot) werden

sich zukünftig auch in mittleren und höheren Mittelgebirgslagen die Entwicklungsbedingungen für den Buchdrucker deutlich verbessern. Dies umfasst die geringere Mortalität der Bruten, den Zeitpunkt der 1. Brut (Abbildung 6), die Anzahl der erfolgreich angelegten Generationen mit dem damit verbundenen exponentiellen Wachstum der Population und die erhöhte Vulnerabilität der Fichten durch zunehmende Frühjahrstrockenheit.

Diese besorgniserregende Entwicklung trifft besonders im Erzgebirge auf weiterhin hohe Risikovorräte der Baumart Fichte, die sich im Zuge des Klimawandels dann nicht mehr innerhalb ihres standörtlichen Toleranzbereichs befinden und entsprechende anfälliger für einen Befall sein werden. Gleichzeitig erfordern Altersstruktur sowie der Flächenanteil der in Sachsen immer noch am häufigsten vorkommenden Baumart einen über mehrere Jahrzehnte andauernden Waldumbauprozess, um das Ziel eines standortgerechten, naturnäheren Waldes in diesen Regionen im Rahmen eines geregelten Vorgehens zu erreichen.

Insgesamt ist somit in den – im Vergleich zu den bisherigen Hauptschadgebieten – nur in relativ geringem Umfang betroffenen Regionen zukünftig von einer deutlichen Intensivierung des Befallsgeschehens auszugehen.

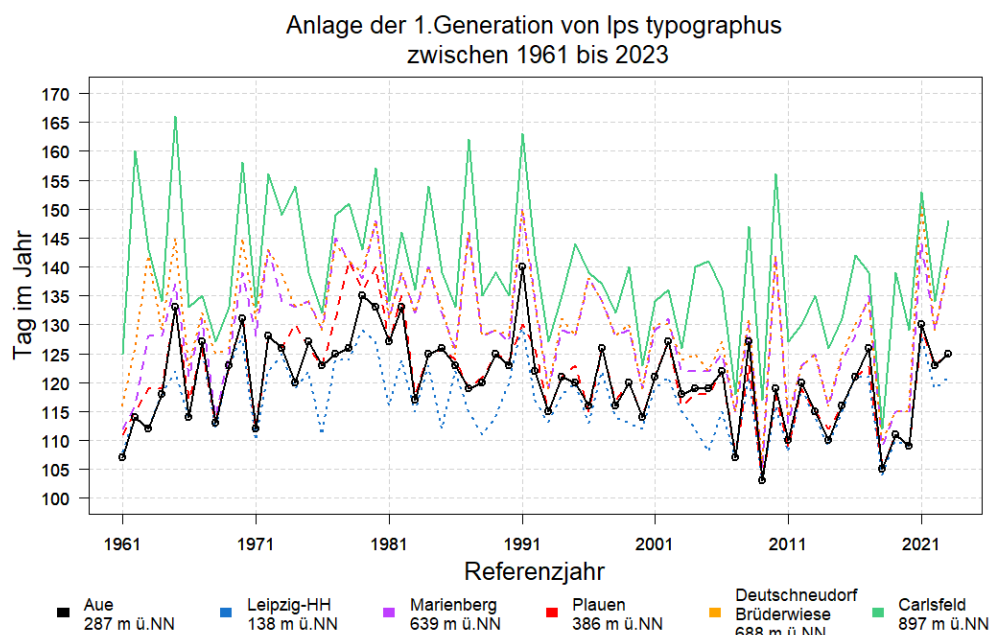


Abbildung 6: Zeitpunkt der Anlage der 1. Brut nach der Winterruhe seit 1961

Literaturverzeichnis

1. SONNEMANN S., BREITFELD M., MATSCHULLA F., OTTO L.-F. (2023): Möglichkeiten und Grenzen eines standardisierten Erfassungsinstrumentes für Borkenkäfer-Befall in Sachsen, Poster, Forstwissenschaftliche Tagung 2023, Dresden
2. BAIER, PETER; PENNERSTORFER, JOSEF; SCHOPF, AXEL (2007): PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. In: Forest Ecology and Management 249 (3), S. 171–186.
3. WEBB CR, MAX B, GILLIGAN CA, (2024), Phenology of the spruce bark beetle *Ips typographus* in the UK under past, current and future climate conditions, Plants People Planet 2025;7:284-300, DOI: 10.1002/ppp3.10583
4. MATSCHULLA F., SONNEMANN S., BANDAU F., OTTO L.-F. (2025): Waldschutzsituation 2024/25 in Sachsen, In: AFZ/Der Wald 9, S. 34-37.

Autor: Sven Sonnemann; Staatsbetrieb Sachsenforst

Abteilung 4 ; Referat 46 ; Telefon: 03501 542-164; E-Mail: sven.sonnemann@smekul.sachsen.de; Redaktionsschluss:

18.06.2025: Startseite - Staatsbetrieb Sachsenforst - sachsen.de

Autor: Katrin Hermasch; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie;

Abteilung 5; Referat 55; E-Mail: FachzentrumKlima@lfulg.sachsen.de; Redaktionsschluss: 30.06.2025: www.lfulg.sachsen.de