

**Das Prädispositionsabschätzsystem (PAS) für Sachsen –
Weiterentwicklung und Flexibilisierung im Zuge sich ändernder klimatischer und
organisatorischer Rahmenbedingungen und deren Einflusses auf die
Befallsprognose des großen achtzähligen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L.
(Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae)**

Sven Sonnemann¹, Michael Körner² & Lutz-Florian Otto¹

¹ Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft,
Referat Waldentwicklung/Waldschutz

² Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE),
Fachbereich Wald und Umwelt, Fachgebiet EDV und Mathematik

Abstract: The predisposition assessment system (PAS) has been in use in Saxony since 2009 to assess spruce stands with regard to their vulnerability to infestation by the European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.). Previously, the input data were based on specific reporting dates and terrestrial investigations. With increasing age of these data the actual situation in the forest is inadequately mapped. This applies in particular to the data describing the forest stand. For this reason, we transferred the predisposition assessment to a remote sensing and raster-based approach. To achieve this, we implemented the original model in the programming language R. This allows easier revaluations and shorter update intervals in the future. Another advantage of the new approach is the higher spatial resolution, which enables more detailed analysis even for smaller diagnostic units. The presented results refer to a model region of about 27,500 hectares.

Keywords: Prädisposition, Borkenkäfer, *Ips typographus*, Fichte, Waldschutz, PAS

Sven Sonnemann, Staatsbetrieb Sachsenforst, Bonnewitzer Straße 34, 01796 Pirna, Deutschland;
E-Mail: sven.sonnemann@smul.sachsen.de

Einleitung

Der Buchdrucker als einer der bedeutendsten biotischen Schadfaktoren in mitteleuropäischen Nadelwäldern profitiert als multivoltine Art in besonderem Maße von steigenden Temperaturen. Die zunehmende sommerliche Trockenheit erhöht gleichzeitig die Prädisposition seiner Wirtsbaumart, der Fichte (*Picea abies* (L.) H. KARST.). Sie ist mit einem Flächenanteil von mehr als 34 % die häufigste Baumart in sächsischen Wäldern. Somit sind wirksame Maßnahmen zur Verhinderung von Stehendbefall prioritär. Ein von NETHERER und NOPP-MAYR (2005) entwickelter Modellansatz zur Bewertung der Befallsprädisposition von Fichtenbeständen gegenüber dem Buchdrucker wurde als geeignetes Hilfsmittel bereits 2009 auf Sachsen übertragen, danach weiter verfeinert (BAIER & al. 2009, 2013) und nun erneut an die sich verändernden Rahmenbedingungen angepasst.

Die Weiterentwicklung des ursprünglichen Ansatzes verfolgt dabei mehrere Ziele. So ist es zunehmend von Bedeutung den statischen Bewertungsansatz durch die Möglichkeit einer Neuberechnung in kürzeren Intervallen stärker zu dynamisieren und somit die stattfindenden Veränderungen im Waldzustand angemessen berücksichtigen zu können. Zudem soll durch Nutzung von Fernerkundungsinformationen die weitestgehende Unabhängigkeit von stichtagsbezogenen terrestrischen Daten erreicht und eine eigentumsunabhängige Prädispositionsbewertung gewährleistet werden. Mit der Option einer einfachen Integration weiterer Bewertungskriterien bzw. der Neugewichtung bereits Vorhandener wird zudem die Möglichkeit angestrebt, schnell neue Erkenntnisse hinsichtlich der Prädiktoren der Befallsdynamik bzw. deren Einflusses auf die Prädisposition im Modell abbilden zu können. Ein weiterer Aspekt ist die stärkere Differenzierung der Gefährdungseinschätzung durch die Nutzung höher aufgelöster räumlicher Daten.

Material & Methoden

Die Neuberechnung der Prädisposition gegenüber Buchdrucker, Sturm und Schnee erfolgte auf der Grundlage eines sachsenweit in einer Auflösung von 10x10 m vorliegenden Rasterdatensatzes. Dieser beinhaltet Daten unterschiedlicher Herkunft. Zum einen handelt es sich um Waldzustandsinformationen aus dem sächsischen Gesamtwaldprojekt (HOFFMANN & al. 2017), die über 8-Bit-Orthobilddaten, 16-Bit-Luftbilddaten sowie flugzeuggetragene Laserscandaten und dem daraus abgeleiteten digitalen Höhenmodell generiert wurden, zum anderen um entsprechend gerasterte bestandesweise Forsteinrichtungsdaten mit unterschiedlichen Stichtagen. Auf Grund der Tatsache, dass für die in die Prädisposition einfließenden und auch über längere Zeiträume nur geringfügigen Veränderungen unterliegenden Standortparameter erst vor kurzem eine umfassende Neubewertung durch BAIER & al. (2013) stattfand, konzentrierten sich die Arbeiten vor allem auf die wesentlich dynamischeren Bestandeskriterien. Als erste Modellregion diente der Forstbezirk Bärenfels mit einer Waldfläche von ca. 27.500 ha.

Die praktische Umsetzung des Ansatzes in der freien Programmiersprache R basiert (R CORE TEAM 2018) auf einer implementierten Funktion, die das zu bewertende Raster und die Prädispositionskriterien als Übergabeparameter erhält. Die zu berücksichtigenden Kriterien aller Attribute werden hierzu in einer einzigen Textdatei (*.txt) vorgehalten und bei Bedarf ausgewählt. Bei der Berechnung iteriert die R-Funktion über alle Klassen des zu bewertenden Rasters und ersetzt die Pixelwerte durch die relative Bewertung. Auf diese Weise wird ein hohes Maß an Flexibilität gewährleistet, was z. B. eine feinere Unterteilung der Prädispositionsklassen ermöglicht. Für die Realisierung wurden u. a. Vergleichsoperatoren sowie die R-Funktionen raster() und stack() aus dem Paket „raster“ (HIJMANS 2018) verwendet.

Ergebnisse

Die Abbildung 1a zeigt das Ergebnis der mit R durchgeführten PAS-Neuberechnung für den Forstbezirk Bärenfels. Die Bewertung erfolgte hier vorerst auf der Grundlage von Waldzustandsdaten der Forsteinrichtung mit Stichtag 1.1.2013, da die Informationen des Gesamtwaldprojektes zu diesem Zeitpunkt für die Region noch nicht zur Verfügung standen. Anhand der Abbildung ist zu erkennen, dass sich die beiden höchsten Prädispositionsklassen (Standort hoch-sehr hoch/ Bestand gering-mittel und Standort hoch-sehr hoch/ Bestand hoch-sehr hoch) auf zwei Bereiche konzentrieren, den Tharandter Wald als Übergangsbereich zwischen sächsischem Hügelland und Osterzgebirge im Südwesten des Forstbezirkes, sowie die zwischen 550 und 750 m ü. NN gelegenen Waldgebiete in dessen Zentrum. Insgesamt vereinen diese beiden Klassen mit knapp 8.000 ha fast 29 % der betrachteten Waldfläche auf sich. Den Hauptanteil mit fast 14.800 ha (54 %) nehmen allerdings die mittleren Gefährdungsklassen (Standort sehr gering-mittel/ Bestand hoch-sehr hoch und Standort hoch-sehr hoch/ Bestand sehr gering) ein. Etwa 17 % entfallen auf die beiden Klassen mit der geringsten Prädisposition für einen Befall durch den Buchdrucker (Standort sehr gering-mittel/ Bestand sehr gering und Standort sehr gering-mittel/ Bestand gering-mittel).

Abbildung 1 zeigt außerdem einen Vergleich des herkömmlichen vektorbasierten Bewertungsansatzes (1b) nach BAIER & al. (2013) mit dem neuen rasterbasierten und in R umgesetzten Algorithmus (1c) am Beispiel eines Waldteils im Süden des Tharandter Waldes. Die Unterschiede in der Klassenausprägung lassen sich dabei vor allem auf die aktuelleren Waldzustandsdaten zurückführen, die in die Neuberechnung Eingang gefunden haben. Da allerdings gerasterte Forsteinrichtungsdaten als Basis dienten, bilden die aktuellen Bestandesgrenzen i. d. R. die höchste Auflösungsebene. Wenn, in Abhängigkeit von deren Verfügbarkeit, die vollständige Umstellung auf Fernerkundungsdaten vollzogen wird, stellt die Rasterzelle tatsächlich die kleinste Gliederungseinheit dar und ein wesentlich differenzierteres Bild ist zu erwarten.

Diskussion

Da die aktuellen Arbeiten im Rahmen des Verbundprojektes IpsPro (Verbesserte Abschätzung des Risikos für Buchdruckerbefall – Grundlagen für ein Prognosewerkzeug als Bestandteil des integrierten Waldschutzes) realisiert wurden, lag der bisherige Fokus klar auf den Modellregionen dieses Projektes. Perspektivisch ist allerdings geplant, die Modellierung aller Waldflächen des Freistaates Sachsen zeitnah umzusetzen. Zudem hat sich gezeigt, dass nicht alle der Bewertung zugrundeliegenden Prädispositionskriterien (BAIER & al. 2009) praktikabel mittels Fernerkundungsdaten abgebildet werden können. Es ist daher vorgesehen, den tatsächlichen Einfluss ausgewählter Parameter auf die abschließende Zuord-

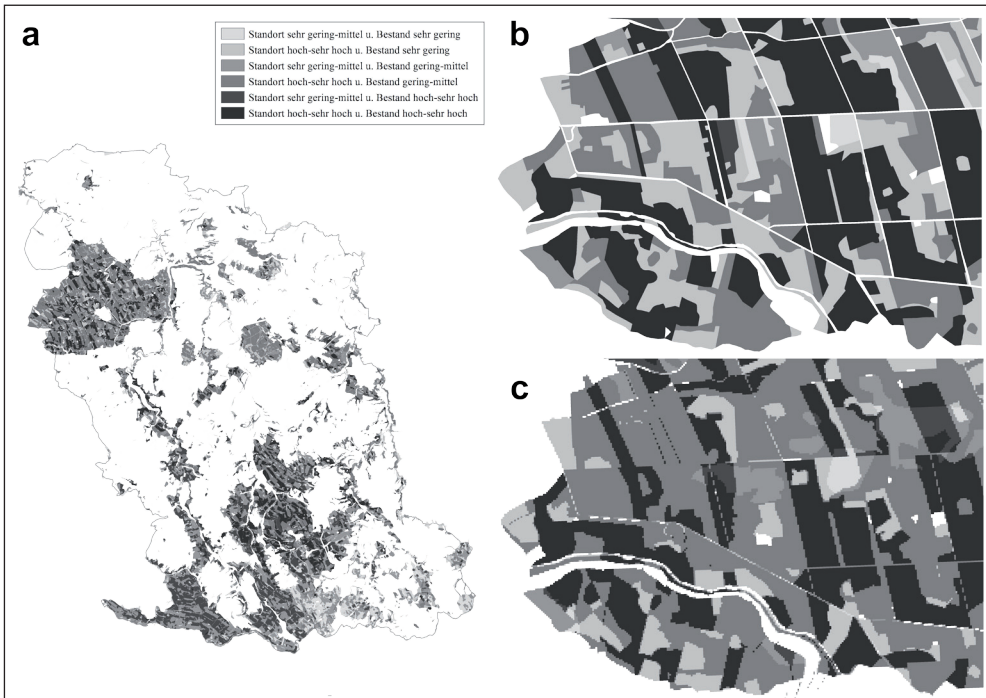


Abb. 1: Ergebnis der rasterbasierten Prädispositionsabschätzung für den Forstbezirk Bärenfels (a) sowie Vergleich von ursprünglichem vektorbasierten Ansatz (b) und neuem rasterbasierten Verfahren (c) am Beispiel eines vergrößerten Ausschnitts des südlichen Tharandter Waldes.

nung zu einer bestimmten Prädispositionsklasse zu untersuchen und so zumindest für die spezifischen sächsischen Verhältnisse eine Aussage zu treffen, inwieweit ggf. einzelne Parameter unberücksichtigt bleiben können ohne die Bewertungsqualität signifikant zu verschlechtern. Ebenfalls ist geplant, die nun bestehende Möglichkeit der Integration weiterer, nicht zuletzt aus den Ergebnissen des IpsPro-Projekts resultierender, Prädispositionskriterien zu nutzen, um die bisherigen Modellierungsergebnisse weiter zu qualifizieren. Mögliche Parameter wären bspw. aufgetretener Vorjahresbefall, die Stehendbefall-Sanierungsquote, aber auch die Menge an verfügbarem bruttauglichem Material infolge abiotischer Schadereignisse im unmittelbaren Umfeld. Auf Grund der zum Teil tiefgreifenden Anpassungen des ursprünglichen Modells von NETHERER & NOPP-MAYR (2005) wird außerdem eine erneute Validierung anhand eines im Vergleich zu BAIER & al. (2009) deutlich erweiterten Pools an räumlich verorteten Stehendbefallsdaten als sinnvoll erachtet.

Literaturverzeichnis

- BAIER, P., PENNERSTORFER, J. & SCHOPF, A. (2009): Entwicklung eines Systems zur örtlich und zeitlich differenzierten Abschätzung des Gefährdungspotenzials durch den Buchdrucker (*Ips typographus* L.) in Sachsen auf Basis des Modells PHENIPS. – Endbericht. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wald und Bodenwissenschaften, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz. Wien: 104 pp.
- BAIER, P., PENNERSTORFER, J. & SCHOPF, A. (2013): Modellbasierte Abschätzung der Prädisposition fichtenreicher Waldbestände gegen biotische Kalamitäten insbesondere durch rindenbrütende Borkenkäfer. – Endbericht. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wald und Bodenwissenschaften, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz. Wien: 109 pp.

- HIJMANS, R. J. (2018): raster: Geographic Data Analysis and Modeling. – R package version 2.8-4. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- HOFFMANN, K., COENRADIE, B., HAAG, L. & NITZSCHE, V. (2017): Sachsenforst setzt auf Fernerkundung. Sachsens forstliche Praxis nutzt mit großem Erfolg Daten aus der Fernerkundung. – In: LWF aktuell (4): 26-29.
- NETHERER, S. & NOPP-MAYR, U. (2005): Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification. – In: Forest Ecology and Management **207**(1-2): 99-107.
- R CORE TEAM (2018): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.