



Waldschutz-Info 02/2025

PHENIPS-Clim und IpsRisk: Neue Modelle zur Borkenkäfer-Risikoabschätzung

Modelle können das Borkenkäfer-Management wirkungsvoll unterstützen? – Ja, und zwar vor allem als Entscheidungshilfe für einen rechtzeitigen und effizienten Einsatz von Kontroll- und Sanitärmaßnahmen. Wie schnell entwickeln sich Buchdrucker? Wann beginnt der Frühjahrschwarm? Setzt sich der Befall im Herbst weiter fort? Und wo sind momentan die Hauptrisikoflächen für Käferbefall? Zwei kürzlich an der FVA entwickelte Modelle, das **Entwicklungsmodell PHENIPS-Clim** und das **Befallsrisikomodell IpsRisk**, stellen diese Informationen nun tagesaktuell und flächendeckend interessierten Waldbesitzenden in Südwestdeutschland zur Verfügung.

Modelle für Monitoring und Prognose

Das integrierte Borkenkäfer-Management umfasst die drei Säulen Vorbeugung (Befallsrisiko reduzieren), Monitoring (Situation überwachen) und reaktive Maßnahmen (Befall eindämmen) (FVA, 2024). Das Monitoring, z.B. von Schwärmaktivität, Käferentwicklung und Befallsrisiko, liefert dabei die notwendigen aktuellen Informationen für die oft zeitkritischen reaktiven Maßnahmen zur Sanierung wie Erkennung, Einschlag und Abfuhr von Befallsholz. Bisher gaben **Pheromonfallen und Brutbeobachtungsbäume** auf ausgewählten Monitoringflächen Anhaltspunkte für die aktuelle Gefahrenlage. Diese Daten haben jedoch gegenüber Modellen einige Nachteile, welche ihre Anwendung limitieren: (1) Sie sind lediglich punktuell vorhanden und lassen damit nur eingeschränkt Rückschlüsse für die gesamte Waldfläche zu. (2) Falldaten spiegeln zwar die Schwärmaktivität wider, nicht aber das tatsächliche Befallsrisiko. (3) Die wöchentlichen Beobachtungen liefern nur retrospektive Informationen – wertvolle Zeit geht verloren, Prognosen sind nicht möglich. (4) Die Daten sind nicht in ein digitales, flächendeckendes Informationssystem integriert, auf welches Waldbesitzende direkt zugreifen können. Aus diesen Gründen **werden Modelle zukünftig eine zunehmend wichtigere Rolle** für das Monitoring und die Prognose im Borkenkäfer-Management spielen.

Ziel ist es, der Forstpraxis mit PHENIPS-Clim und IpsRisk bessere Informationen bereitzustellen und damit den **Ressourceneinsatz für die Befallserkennung und –sanierung zu optimieren**. Ein effektives Management wiederum bedeutet kleinere Schadflächen und weniger Schadholz.

Die Erstellung solcher Modelle beruht zum einen auf genauen Kenntnissen zur Biologie des Buchdruckers sowie zu Faktoren, welche das Befallsrisiko beeinflussen. Diese Erkenntnisse wurden in den vergangenen Jahren im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte an der FVA gesammelt bzw. aus der Literatur zusammengetragen, und gehen in Form von **mathematischen Funktionen** in die Modelle ein (**Abb. 1**). Ein Beispiel hierfür ist die temperaturgesteuerte Entwicklung der Käfer (HOFMANN ET AL., 2024). Zum anderen werden flächendeckende **Eingangsdaten** benötigt, welche in hinreichend hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung das Modell antreiben, z.B. tagesaktuelle Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie Daten zu Standort, Bestand und Vorbefall. Auf Basis dieser Komponenten werden dann rasterbasiert **Modellausgaben** berechnet, welche in Form von **Karten oder standortsbezogenen Diagrammen tagesaktuell inklusive einer 7-Tage-Prognose** von der Forstpraxis abrufbar sind. Neben dieser kurzfristigen Entscheidungshilfe ermöglichen die Modelle auch die Berechnung von langfristigen Trends in Folge des zunehmenden Klimawandels, bspw. die Aktivitätsperiode und Generationenanzahl der Käfer betreffend, oder auch den befallsfördernden Trockenstress der Fichten. Diese Trends sind letztlich als Planungsinstrument für die Forstpraxis wichtig, um die mittel- bis langfristige Eignung und Vulnerabilität der Baumart Fichte abzuschätzen.

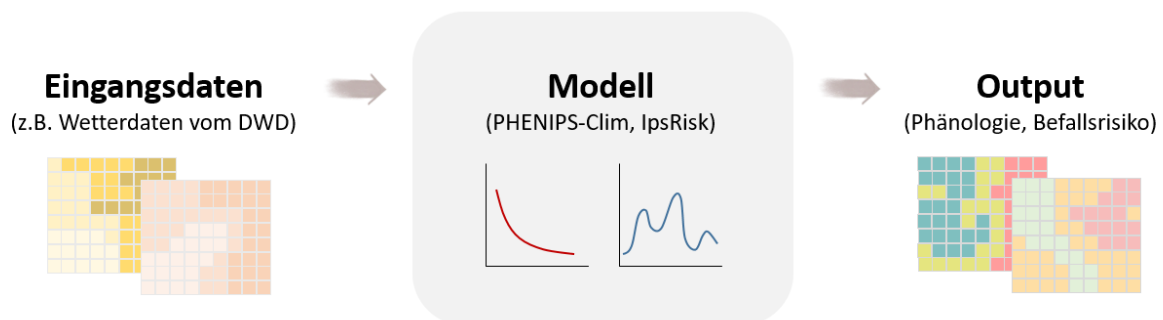


Abb. 1: Schema des täglichen Workflows für die einzelnen Rasterzellen

Das Entwicklungsmodell PHENIPS-Clim

Dieses Modell liefert rasterbasiert (1 km x 1 km) Aussagen zum aktuellen Entwicklungsstand der einzelnen Buchdruckergenerationen während der Käfersaison, sowie zur Anzahl der am Ende der Saison angelegten und überwinterrfähigen Generationen. Ein solches Entwicklungsmodell (oder auch Phänologiemodell) benötigt lediglich Eingangsdaten zu Witterung (Temperatur, Globalstrahlung) und Tageslänge für die Berechnung von **käferbezogenen Kenngrößen wie dem Schwärm- und Befallsstart im Frühjahr, der Entwicklung vom Ei, über Larven- und Puppenstadium hin zum ausflugsfertigen Jungkäfer, oder dem Ende der Brutanlagen im Spätsommer/Herbst**. Das Modell gibt also Auskunft über die Käferentwicklung innerhalb einer Buchdruckerpopulation an einem bestimmten Ort (**Abb. 2**), nicht jedoch –und das ist ein wichtiger Unterschied– über das dortige Befallsrisiko, welches auch von weiteren Faktoren abhängt.

PHENIPS-Clim wurde an der FVA auf der Basis eines bestehenden Modells (PHENIPS: BAIER ET AL., 2007) und neuen Forschungsergebnissen weiterentwickelt. Angepasste Parameter sorgen dabei für eine **verbesserte Modellgüte**, insbesondere unter den sich ändernden Klimabedingungen in Mitteleuropa. Das Modell setzt damit neue Maßstäbe für die Anwendung in Praxis und Wissenschaft. So können frühe Schwärmpereoden im Frühjahr (wie z.B. 2024 beobachtet) erstmals gut vorhergesagt werden; ebenso wie späte Brutanlagen durch warme Witterung im Herbst (wie z.B. 2018). Weiterhin berücksichtigt PHENIPS-Clim schwankende Tagestemperaturen für die Berechnung der Entwicklungsgeschwindigkeit, sowie die frostbedingte Sterblichkeit der weißen Entwicklungsstadien (Ei, Larve, Puppe).

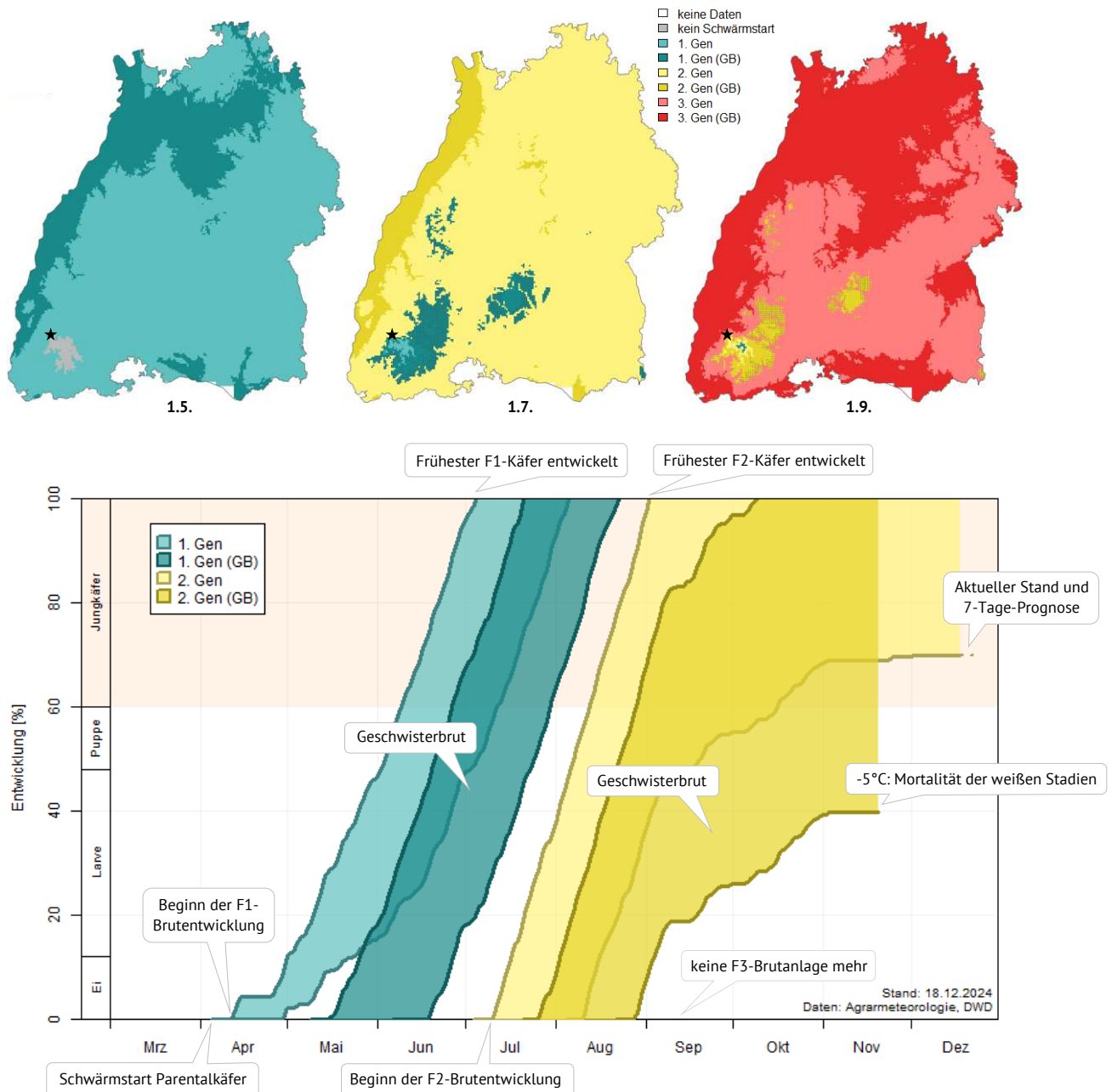


Abb. 2: PHENIPS-Clim-Grafiken beispielhaft für drei Zeitpunkte für Baden-Württemberg (Karten oben) sowie eine Rasterzelle (ca. 960 m ü.NN; in der Karte mit einem Sternchen markiert) im Zeitverlauf in 2024; punktierte Flächen in der Karte weisen auf die Anlage einer neuen Generation in den nächsten 7 Tagen hin; am Beispielstandort haben sich maximal zwei Generationen entwickelt; beschriftet sind die wichtigsten Informationen (F1 / F2 / F3 = 1. / 2. / 3. Generation)

Welche zeitkritischen Management-relevanten Informationen lassen sich für die Forstpraxis aus PHENIPS-Clim ableiten? **Das Modell hilft, ...**

- die Befallskontrollen im Frühjahr rechtzeitig zu beginnen, in dem es den Schwärm- und Befallsstart prognostiziert
- den Einsatz von Maßnahmen zur Sanierung und zum Unschädlichmachen des Befallsholzes während der Käfersaison zu koordinieren, in dem es den aktuell maximalen Entwicklungsstand aufzeigt (z.B. Entrindung vor Übergang in das Jungkäferstadium, Abfuhr vor Beginn des Ausfluges der nächsten Generation)
- die Befallskontrollen im Herbst zu lenken, in dem es die späten Brutanlagen vorhersagt (z.B. Suche nach Bohrmehl, Frequenz der Kontrollen)

Das dynamische Befallsrisikomodell IpsRisk

Modelle zur Abschätzung des Buchdrucker-Befallsrisikos gibt es bereits, nur eben fokussieren diese zumeist auf die Identifikation von Befallsfaktoren (z.B. OVERBECK & SCHMIDT, 2012) bzw. dienen der Abschätzung der grundsätzlichen (statischen) Befallsprädisposition (z.B. NETHERER & NOPP-MAYR, 2005). Neuere Entwicklungen hingegen, z.B. in Tschechien (PIRTSKHALAVA-KARPOVA ET AL., 2024) und Österreich (BOKU / BFW, 2024), zielen zunehmend auf eine Dynamisierung der Risikoabschätzung, um damit das Borkenkäfer-Management flexibel auch während der Saison steuern zu können. **Mit IpsRisk steht der Forstpraxis nun erstmals ein räumlich und zeitlich hochauflösendes, dynamisches Risikomodell zur Verfügung.** Es berücksichtigt sowohl Käfer- als auch Fichten-seitige Risikofaktoren von unterschiedlicher Dynamik (**Abb. 3**): So werden auf Basis von täglichen Wetterdaten (DWD) Käferphänologie (PHENIPS-Clim) und -schwärmverhalten sowie unter Hinzunahme von Standortdaten der Trockenstress der Fichte berechnet, während der Faktor Vorbefall auf jährlichen Befallsmeldungen basiert und die Fichten-Prädisposition aus Bestandesdaten abgeleitet wird.

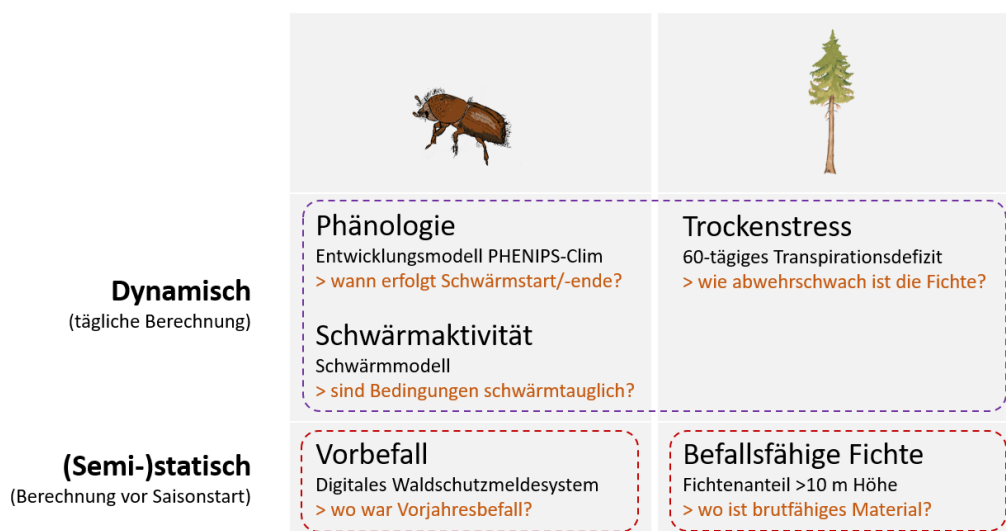


Abb. 3: Die Eingangsdaten von IpsRisk umfassen für jede 250 m-Rasterzelle relevante Käfer- und Fichten-seitige Faktoren in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung. Als Modelloutput werden die Grundrisiken 'Vorbefall' (Käfer) und 'Befallsfähige Fichten' (Bestand; rot umrandet) ausgegeben, sowie das dynamische Risiko bestehend aus den drei Komponenten Käfer- 'Phänologie', - 'Schwärmaktivität' und 'Trockenstress' der Fichten (violett umrandet).

IpsRisk wurde anhand von mehrjährigen Baden-Württemberg-weiten Datensätzen parametrisiert und mittels unabhängigen Befallsdaten validiert. Als Modelloutput werden den Anwendenden im Raster 250 m x 250 m drei Risiko-Komponenten angeboten: (1) **Käfer-seitiges Grundrisiko** (Vorbefall), (2) **Bestandes-seitiges Grundrisiko** (befallsfähige Fichten), und (3) ein **dynamisches Risiko**, bestehend aus Käferphänologie und –schwärmaktivität sowie dem Trockenstress der Fichten (**Abb. 3**). Die beiden Grundrisiken (= Prädisposition) werden einmal zu Saisonbeginn berechnet und bleiben während der Saison konstant. Sie werden als die generell wichtigsten befallsfördernden Faktoren in Form von gesonderten Kartenlayern ausgegeben (**Abb. 4**).

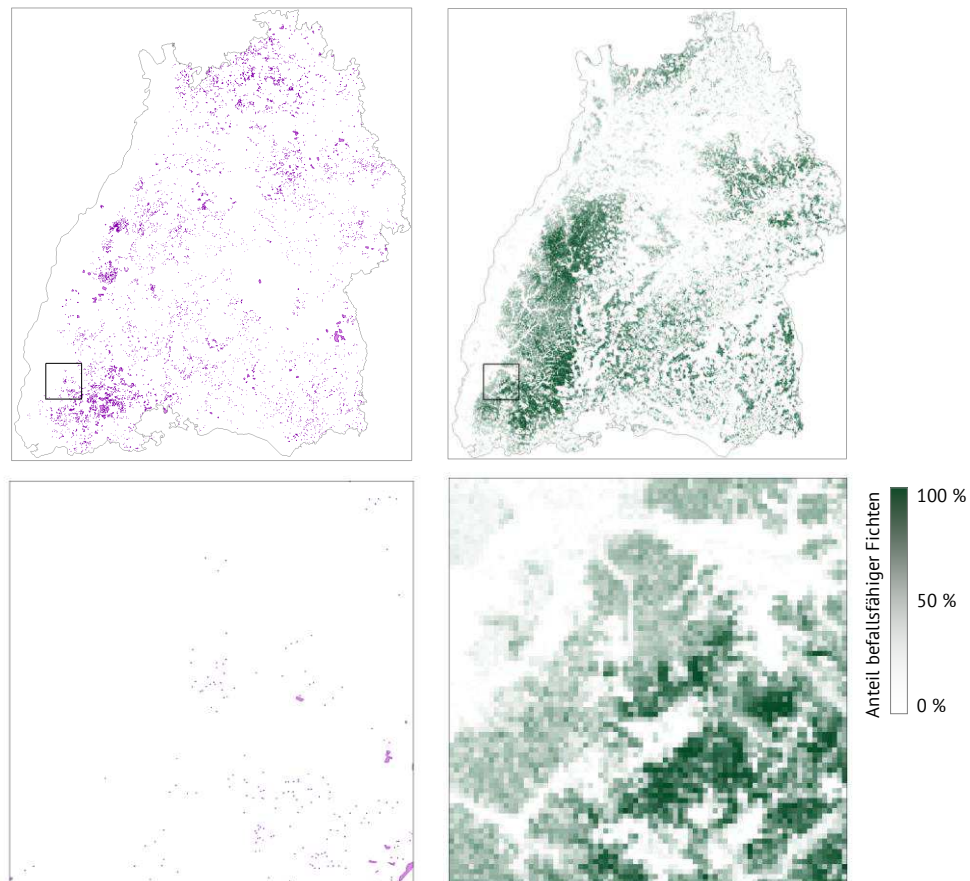


Abb. 4: Die von IpsRisk am Saisonbeginn ausgegebenen Grundrisiken 'Vorbefall' (links; Vorbefallsflächen in violett) und 'Befallsfähige Fichten' (rechts) beispielhaft für Baden-Württemberg (oben) und einen gezoomten Ausschnitt südlich von Freiburg (unten); erkennbar sind die jeweils räumlich gefährdeten Bestände

Die Darstellung des dynamischen Risikos wird in 4 abgestuften Risikoklassen farblich unterschieden: **kein – geringes – mittleres – hohes Risiko** (**Abb. 5**). Dieses Risiko wird täglich neu berechnet und ändert sich entsprechend während der Saison. Um eine sich womöglich täglich ändernde Risikoanzeige zu vermeiden, entspricht die Darstellung immer dem höchsten Risiko an diesem Ort während der letzten 7 Tage. Somit wird die Praktikabilität in der Anwendung gewährleistet. Das dynamische Risiko ist über zwei Layer verfügbar, welche sich sinnvoll in Kombination darstellen lassen: **das aktuelle Risiko** (4 Farbstufen) und **die 7-Tage Vorhersage** (punktiert, wenn eine Erhöhung prognostiziert ist). Es lässt sich zusätzlich zur Kartendarstellung auch ortsbezogen als Diagramm ausgeben, welches den zeitlichen Verlauf visualisiert (**Abb. 6**). Dies ist derzeit jedoch nur über das FVA-Borkenkäfer-Portal möglich (dort wöchentlich aktualisiert für repräsentative Monitoringstandorte).

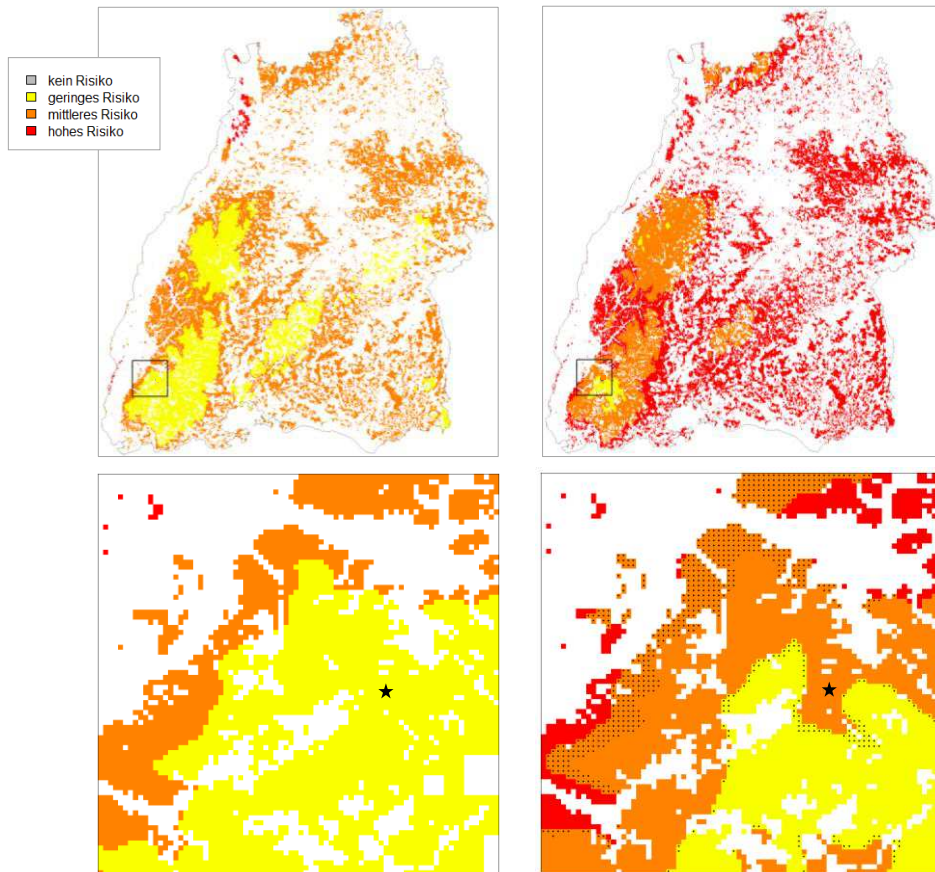


Abb. 5: Das von IpsRisk berechnete dynamische Befallsrisiko beispielhaft für Baden-Württemberg (oben) und einen gezoomten Ausschnitt südlich von Freiburg (unten) am 10.6.2024 (links) und 24.6.2024 (rechts). Man erkennt die an den Zeitpunkten zu priorisierenden Bestände und den Anstieg des Risikos innerhalb der 2 Wochen. Der punktierte Bereich im Bild rechts unten kündigt eine Erhöhung des Risikos innerhalb der nächsten 7 Tage an; hierzu wurden die Layer zum aktuellen und prognostizierten Risiko übereinandergelegt. Weiße Bereiche repräsentieren einen niedrigen Anteil (<10%) mit befallsfähiger Fichte. Das Sternchen in den Ausschnitt-Karten markiert die Rasterzelle (ca. 960 m ü.NN, vgl. Abb. 2), für welche in Abb. 6 beispielhaft das Diagramm dargestellt ist.

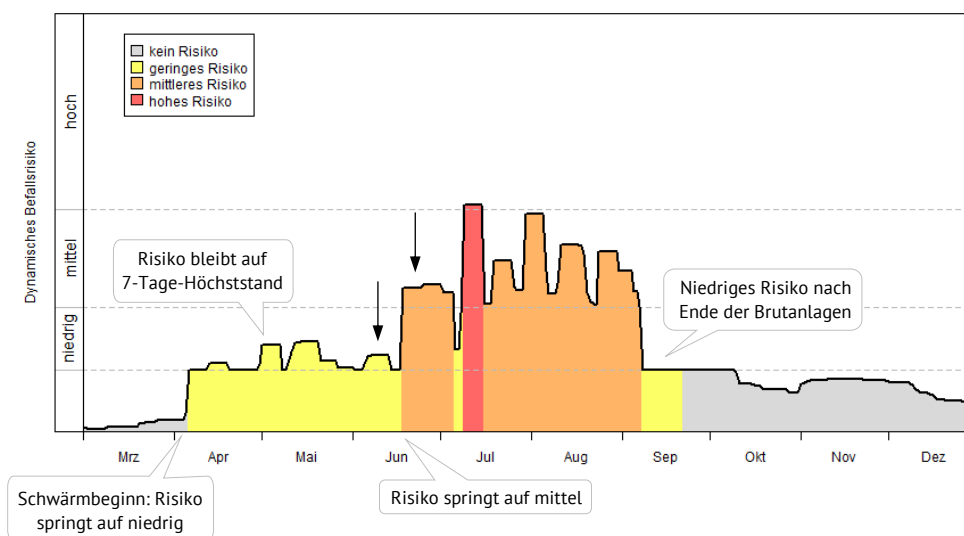


Abb. 6: Das von IpsRisk berechnete dynamische Befallsrisiko im zeitlichen Verlauf beispielhaft für eine Rasterzelle (vgl. Abb. 5) im Jahr 2024. Die in Abb. 5 gezeigten Zeitpunkte sind hier mit Pfeilen markiert. Grau unterlegt ist der Zeitraum vor dem Schwärmbeginn (hier Anfang April), sowie nach Ende der Brutanlagen (plus Verzögerung); die Farben der Risikoklassen entsprechen der Kartendarstellung in Abb. 5.

Zusätzlich zu den bisher einzeln erläuterten Risiko-Komponenten bietet IpsRisk auch die Möglichkeit, diese in Kombination anzuzeigen. So lässt sich bspw. das dynamische Risiko auch nur für jene Bereiche ausgeben, welche ein erhöhtes Grundrisiko aufweisen (**Abb. 7**).

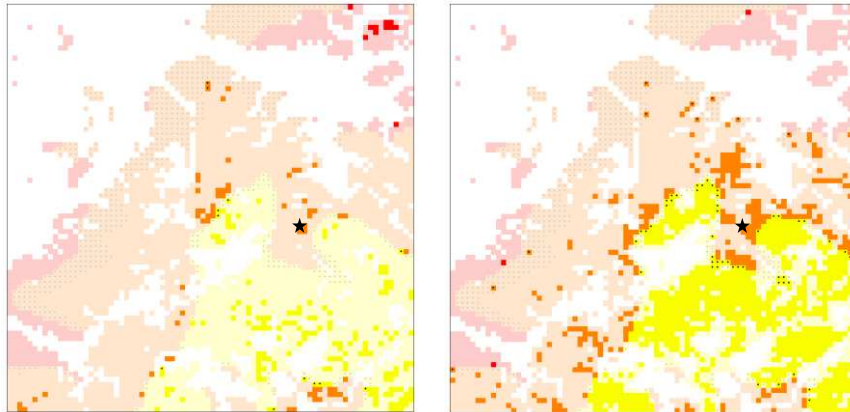


Abb. 7: Kombinierte Darstellung durch das Aktivieren mehrerer Layer: dynamisches Risiko am 24.6.2024 maskiert auf Bereiche mit erhöhtem Grundrisiko 'Vorbefall' (links) und 'Befallsfähige Fichten' (rechts). Ebenso ist die Kombination von dynamischem Risiko mit beiden Grundrisiken möglich – die größtmögliche Fokussierungsstufe. Die Farben der Risikoklassen entsprechen der Kartendarstellung in Abb. 5. Das Sternchen in den Ausschnitt-Karten markiert die Rasterzelle (ca. 960 m ü.NN), für welche in Abb. 6 beispielhaft das Diagramm dargestellt ist.

Welche zeitkritischen Management-relevanten Informationen lassen sich für die Forstpraxis aus IpsRisk ableiten? **Das Modell hilft, ...**

- Gebiete mit erhöhtem Grundrisiko zu identifizieren, auf die sich die Befallskontrollen bei limitierten Ressourcen fokussieren sollten
- Gebiete und Zeitperioden mit erhöhtem dynamischen Risiko zeitnah zu identifizieren, auf die sich die Befallskontrollen bei limitierten Ressourcen fokussieren sollten
- die vorhandenen Ressourcen insgesamt effizienter einzusetzen, Frischbefall frühzeitiger zu entdecken und damit letztlich die Schadflächen zu minimieren

IpsRisk zeigt keinen Befall an, sondern das Befallsrisiko. Deshalb kann Befall prinzipiell auch bei gering angezeigtem Risiko auftreten – es ist nur weniger wahrscheinlich. Aus diesem Grund wird empfohlen, auch Flächen mit geringem oder mittlerem Risiko nicht gänzlich unkontrolliert zu lassen. **Der Gesamtaufwand der Befallskontrollen wird mit der IpsRisk-Entscheidungshilfe nicht zwangsläufig reduziert, sondern in erster Linie besser gesteuert.** Während die Grundrisiken insbesondere zur räumlichen Priorisierung (oder auch zur Überwinterungsbaumsuche vor dem Schwärmbeginn) herangezogen werden können, hilft die dynamische Komponente zusätzlich bei der zeitlichen Priorisierung während der Saison z.B. innerhalb von Gebieten mit erhöhtem Grundrisiko. Das Modell kann durch die Hinzunahme von weiteren / genaueren Eingangsdaten in Zukunft kontinuierlich verbessert werden, z.B. durch hochaufgelöste Befallsdaten künftiger Jahre, oder auch durch bisher noch nicht verfügbare Daten wie Satelliten-detektiertes Sturmholz. Die Berücksichtigung von Praxis-Feedback bei möglichen Weiterentwicklungen ist ebenfalls vorgesehen.

Wo sind die Informationen verfügbar?

Forstliche Informationssysteme

In Baden-Württemberg sind beide Modelle, PHENIPS-Clim und IpsRisk, ab April 2025 als WMS (Web Map Service) in Form zusätzlicher Layer Bestandteil des öffentlichen Geoportals sowie der etablierten digitalen forstlichen Informationssysteme (**Abb. 8**). Die Integration der Modelle bietet der Forstpraxis damit den unmittelbaren Zugriff für rasche und zielgenaue Entscheidungen, d.h. direkt via Tablet vor Ort, täglich aktualisiert, zoom-fähig und ggfs. in Kombination mit weiteren Layern. Für Rheinland-Pfalz und das Saarland ist zukünftig Ähnliches denkbar.

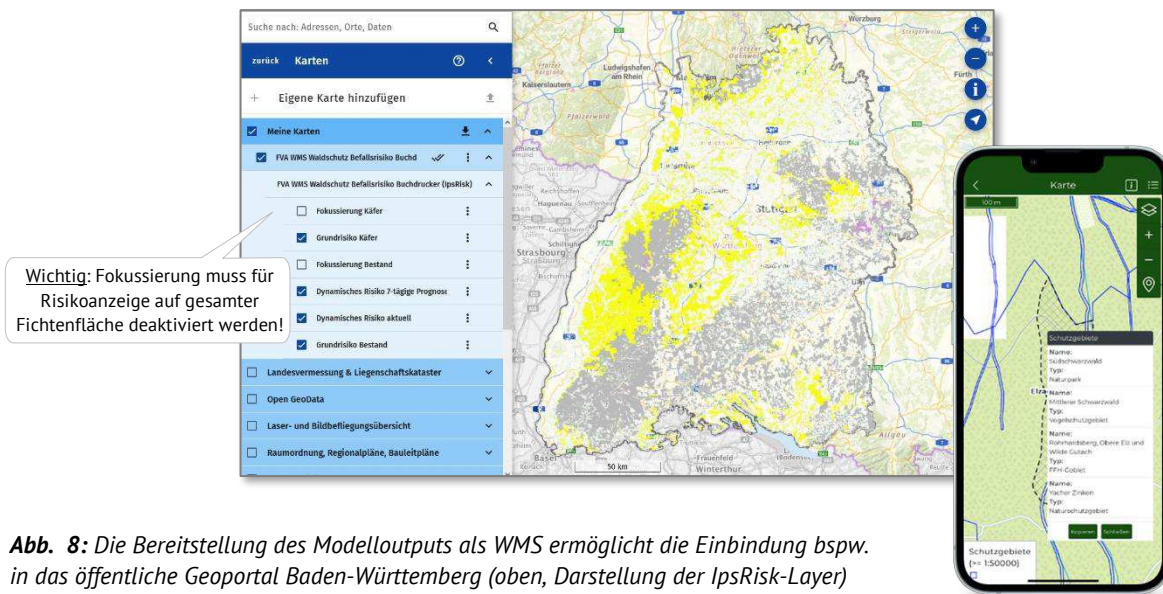


Abb. 8: Die Bereitstellung des Modelloutputs als WMS ermöglicht die Einbindung bspw. in das öffentliche Geoportal Baden-Württemberg (oben, Darstellung der IpsRisk-Layer) sowie verschiedene forstspezifische Anwendungen wie WaldExpert (rechts). (Bildquellen: www.geoportal-bw.de; <https://waldexpert.waldportal-bw.de/de>)

FVA-Borkenkäfer-Portal

PHENIPS-Clim ist für Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und das Saarland bereits seit 2024 über das FVA-Borkenkäfer-Portal ([Link](#)) wöchentlich aktualisiert in Form von landesweiten Überblickskarten und Diagrammen an repräsentativen Monitoringstandorten abrufbar. Mit dem Saisonstart 2025 ist für Baden-Württemberg nun auch IpsRisk in ähnlicher Form auf dem Portal verfügbar (Schaltfläche „Befallsrisiko“). Die Modellinformationen stehen damit in direkter Verbindung mit den ebenfalls wöchentlich erhobenen Daten des Fallen- und Brutbaummonitorings („Daten“), sowie einer textlichen Interpretation („Aktuelle Situation“) im Rahmen der FVA-Praxisberatung.

R-package 'barrks'

Für fortgeschrittene Anwendungen, z.B. eigenständige Simulationen, steht PHENIPS-Clim innerhalb des R-packages 'barrks' zur Verfügung (JENTSCHKE, 2025). Ebenfalls Bestandteil von 'barrks' sind alternative Entwicklungsmodelle für den Buchdrucker und Kupferstecher, inklusive einer Beschreibung der verschiedenen Modellfunktionalitäten und vergleichender Beispiel-simulationen. Die Veröffentlichung von IpsRisk als R-package ist ebenfalls geplant.

Literatur

BOKU / BFW (2024): Borkenkäfer Dashboard (Testversion). Universität für Bodenkultur Wien / Bundesforschungszentrum für Wald, Österreich. Link zum [Dashboard](#)

FVA (2024): Borkenkäfermanagement an Fichte. Faltblatt. Link zum [PDF](#)

HOFMANN S, SCHEBECK M, KAUTZ M (2024): Diurnal temperature fluctuations improve predictions of developmental rates in the spruce bark beetle *Ips typographus*. Journal of Pest Science 97, S. 1839-1852. Link zum [PDF](#)

JENTSCHKE J (2025): barrks: Calculate bark beetle phenology using different models. R-package version 1.1.0. Link zum [R-package](#)

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. Forest Ecology and Management 207, S. 99-107. Link zum [PDF](#)

OVERBECK M, SCHMIDT M (2012): Modelling infestation risk of Norway spruce by *Ips typographus* (L.) in the Lower Saxon Harz Mountains (Germany). Forest Ecology and Management 266, S. 115-125. Link zum [PDF](#)

PIRTSKHALAVA-KARPOVA N, KARPOV A, TRUBIN A, KOREŇ M, BLAŽENEC M, HOLUŠA J, JAKUŠ R (2024): Spruce bark beetle phenological modelling and drought risk within framework of TANABBO II model. Ecological Modelling 496, 110814. Link zum [PDF](#)

Kontakt

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Abteilung Waldschutz
Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg i. Br.
Tel.: (0761) 4018 – 0
E-Mail: Waldschutz.FVA@forst.bwl.de
www.fva-bw.de

Autoren: Dr. Markus Kautz, Jakob Jentschke, Dr. Sven Hofmann

Titelfoto: FVA BW/Wegscheider

ISSN 2364-1959 (print), ISSN 2464-1968 (Internet)

April 2025



Link zum PDF