

Modellanwendung und Literaturquellen

1. Grundsätzliches zur Modellierung und Modellanwendbarkeit

Basierend auf stündlichen Mittelwerten der Lufttemperatur wird die phänologische Entwicklung des Eichenprozessionsspinnners (EPS, *Thaumetopoea processionea*) an der Stieleiche (*Quercus robur*) tagesaktuell berechnet sowie 7 Tage im Voraus prognostiziert. Hierfür kommen folgende Modelle zum Einsatz:

Phänologisches Ereignis	Modell	Index	Literaturquelle
Knospenschwellen Stieleiche	Halbig et al., unveröffentlicht	4	
Blattentfaltung Stieleiche	Menzel 1997	6	
EPS L1 Schlupf	Custers 2003	1	
	Meurisse et al. 2012	7	
	Wagenhoff et al. 2014	9	
EPS von L1-Fraßbeginn bis Falterschlupf	Halbig et al., unveröffentlicht	4	

Bei Überschreitung des Temperaturschwellenwertes für die weitere Entwicklung des entsprechenden EPS- bzw. Eichenknospen-Stadiums wird die Lufttemperatur bis zum Erreichen der spezifischen effektiven Temperatursumme akkumuliert. Zur Prognose von Eichenaustrieb und L1-Schlupf wird zusätzlich die Anzahl von Kältetagen einbezogen, welche mit der effektiven Temperatursumme negativ korreliert. Die Temperaturdaten sowie deren **7-Tages-Vorhersage** werden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) bezogen. Abhängig von der Wettervorhersage kann das prognostizierte Datum variieren. Die Vorhersagen der Stieleichen-Blattentfaltung werden bei Verfügbarkeit mit Vor-Ort-Beobachtungen des DWD ergänzt.

Abgesehen von der Angabe der L1-Mortalität während der Hungerphase (siehe unten **3.**), ist das Frühwarnsystem PHENTHAUproc nicht zur EPS-Populationsdichteabschätzung konzipiert, sondern beschreibt und prognostiziert die Phänologie des EPS und seines Wirtsbaums *Q. robur*. Dies dient zur Abschätzung des **Gefährdungszeitraums** im Jahresverlauf sowie als **Entscheidungshilfe** zur Planung von Maßnahmen im Hinblick auf einen zeitgerechten und effektiven Schutz der Wirtsbäume sowie der Gesundheit von Menschen und Tieren.

Des Weiteren zeigt die Karte im flächenbezogenen Prototyp von PHENTHAUproc nicht das aktuelle tatsächliche Vorkommen bzw. die Verbreitung des EPS in Deutschland, sondern die EPS-Phänologie in seinem potenziellen Verbreitungsgebiet in Deutschland bis zu einer Höhe von 800 m ü. NN.

2. Eichenaustrieb und Behandlungszeitraum

Die EPS-Entwicklung an Traubeneiche (*Q. petraea*) oder anderen Eichenarten kann ggf. von der an der Stieleiche abweichen. Die Klassifikation des Eichenaustriebszustands beruht auf dem BBCH-Code (Meier 2018) und bezieht sich auf die Stadien BBCH 01 (Knospenschwellen, **Abb. 1**) bzw. BBCH 11 (Beginn der Blattentfaltung, Blätter größer „Mausohr-Stadium“, **Abb. 2**). Die Modellierung basiert auf Mittelwerten von Beobachtungsdaten, die über 10 aufeinanderfolgende Jahre an verschiedenen Stieleichen-Individuen erhoben wurden. Der Eichenaustrieb kann in der Natur einzelbaumspezifisch an einem Standort tatsächlich jedoch bis zu drei Wochen variieren.

Der Anwendungszeitraum von Pflanzenschutzmitteln bzw. Bioziden, die von den Raupen durch Blattfraß aufgenommen werden müssen, beginnt mit der Blattentfaltung der Eiche (BBCH 11). Für die Mitteleausbringung sollte die **Mindestblattgröße** etwa der Fläche einer **Zwei-Euro-Münze** entsprechen (ca. 2,5 cm im Durchmesser, **Abb. 2**). Zudem sollte der Austrieb am gesamten Baum nicht weiter als 60-70 % fortgeschritten sein (Delb et al. 2019).

Für eine **präventive Biozidanwendung** endet der Behandlungszeitraum bei Vollendung des EPS L3-Stadiums. Zum einen nimmt die Empfindlichkeit der Raupen gegenüber Mitteln wie *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*) mit zunehmendem Alter der Raupen ab (Delb et al. 2019). Zum anderen werden ab dem L3-Stadium die ersten Brennhaare gebildet, sodass eine präventive Biozidanwendung nicht mehr sinnvoll ist.

Modellanwendung und Literaturquellen



Abb. 1: EPS L1-Raupen an geschwollenen Knospen, BBCH 01 (Foto: Halbig)



Abb. 2: EPS L1-Raupen an sich entfaltenden Blättern, BBCH 11 (Foto: Halbig)

Der Behandlungszeitraum ist in der Grafik getrennt von der EPS-Entwicklung als grüner Balken dargestellt. Da sich die phänologischen Beobachtungen des DWD auf Einzelbäume beziehen, können Abweichungen zum modellierten Beginn der Eichenblattentfaltung auftreten. Sollte die DWD-Beobachtung zeitlich vor dem modellierten Beginn liegen, ist der entsprechende Teil des Balkens hellgrün gefärbt (**Abb. 3**).

Der tatsächliche Beginn von Behandlungsmaßnahmen setzt eine **situative Vor-Ort-Beurteilung** des Austriebszustands der zu behandelnden Bäume auf ausreichend Blattmasse anhand der o. g. Kriterien durch Fachleute unbedingt voraus.

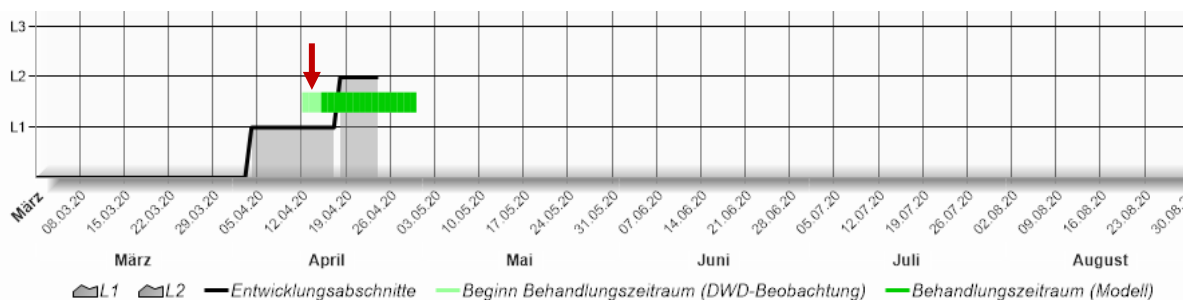


Abb. 3: Bildschirmfoto des Frühwarnsystems PHENTHAUproc für den Standort Freiburg im April 2020; roter Pfeil: DWD-Vor-Ort-Beobachtung der Blattentfaltung (BBCH 11) vor dem modellierten Beginn der Blattentfaltung

3. L1-Schlupf und Hungertoleranz

Zur Bestimmung des L1-Schlupfs finden drei verschiedene Modelle Anwendung (Custers 2003, Meurisse et al. 2012, Wagenhoff et al. 2014), wobei nur der früheste ermittelte Zeitpunkt angezeigt und nachfolgend für die Ermittlung des L1-Fraßbeginns herangezogen wird. In der Regel schlüpfen die L1-Raupen vor Beginn des Eichenknospenschwellens.

Die **Hungerphase** bis zum Fraßbeginn (**Abb. 4**) wirkt sich auf das Überleben der L1-Raupen (Wagenhoff et al. 2013) und somit auf die Populationsdichte und das Gefährdungspotenzial am Standort aus. Bei höheren Lufttemperaturen ist wegen des gesteigerten Energieverbrauchs der Raupen die Hungertoleranz geringer. Daher basieren die Mortalitätsschwellenwerte auf Temperatursummen (Wagenhoff et al. 2013, Halbig 2020 unveröffentlicht) anstelle von Zeitangaben. Aufgrund der einzelbaumweisen Variabilität sowohl des Eichenaustriebs als auch des L1-Schlupfs können das Überleben und die Weiterentwicklung einzelner EPS-Kolonien vor Ort trotz der Angabe von 100 % Mortalität und folglich eine Gesundheitsgefährdung nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Modellanwendung und Literaturquellen



Abb. 4: Auf den Austrieb wartende, hungrige EPS L1-Raupen an geschlossenen Knospen, BBCH 00 (Foto: Halbig)

4. EPS-Entwicklung von L1-Fraßbeginn bis Falterschlupf

Beginnend mit dem L1-Fraß bezieht sich die prognostizierte Entwicklung auf den Zeitpunkt, an dem 50 % der EPS-Individuen am jeweiligen Standort das entsprechende Stadium erreicht haben. Dies entspricht der **mittleren Entwicklungsgeschwindigkeit** des EPS (Halbig et al. unveröffentlicht). Durch die natürliche Variabilität können an einem Standort zwei aufeinanderfolgende EPS-Stadien zeitgleich präsent sein. Der grafisch dargestellte Schwankungsbereich (gestrichelte Linien) der Phänologiemodellierung basiert auf Standardfehler und 95 %-Konfidenzintervall.

Die gesamte Flugperiode der EPS-Falter erstreckt sich über ca. 2 Monate. Die Modellberechnung gibt an, wann mindestens 50 % der Falter (Männchen und Weibchen) geschlüpft sind. Mechanische Maßnahmen (Entfernung der EPS-Verpuppungsnetze) zur Reduktion der EPS-Populationsdichte sind ab diesem Zeitpunkt nicht mehr zielführend. Beginn und Ende des Falterflugzeitraums sind nicht dargestellt.

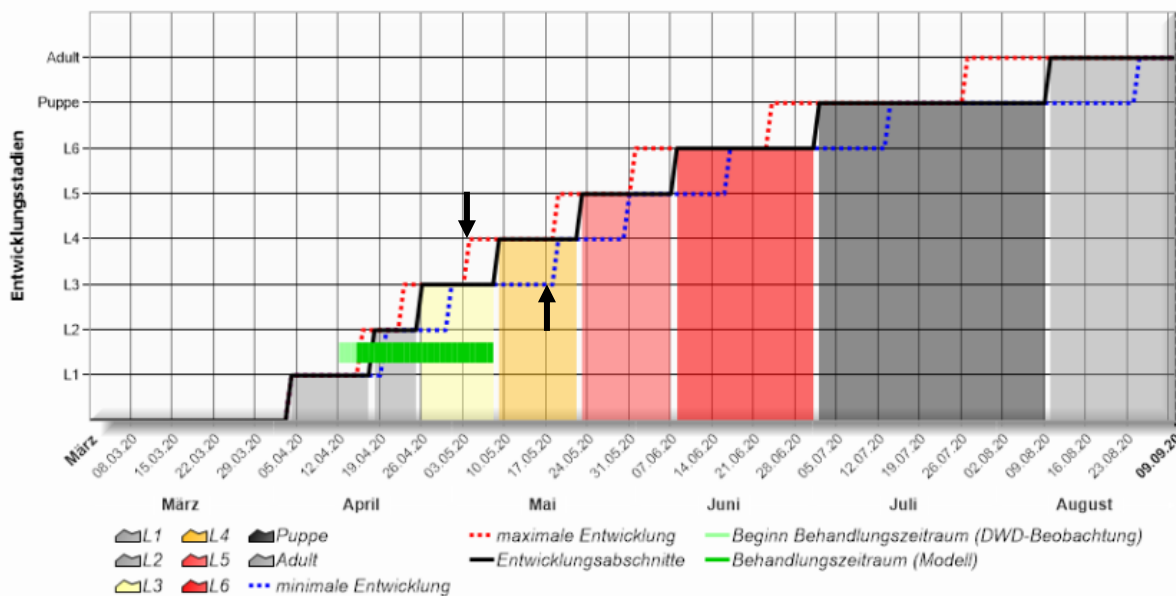


Abb. 5: Bildschirmfoto des Frühwarnsystems PHENTHAUproc für den Standort Freiburg für die gesamte Saison 2020; gestrichelte Linien (Pfeile) beschreiben die Variabilität der mittleren EPS-Entwicklungsgeschwindigkeit (Streuungsbereich Standardfehler, 95 %-Konfidenzintervall)

Modellanwendung und Literaturquellen

5. Weitere Informationen

- Aktuelle Hinweise zum EPS von der FVA sind abrufbar unter
 - <https://www.fva-bw.de/publikationen/schriftreihen>
 - <https://www.waldwissen.net>
- Anmeldung EPS-Newsletter der Abt. Waldschutz, FVA:
<https://www.fva-bw.de/top-meta-navigation/fachabteilungen/waldschutz/newsletter-bestellung>

Ansprechpersonen

Bei Fragen zum **EPS in südwestdeutschen Wäldern** und zur Anwendung des Frühwarnsystems **PHENTHAUproc** kann die FVA Auskunft geben:

- www.fva-bw.de
- Waldschutz.FVA-BW [at] forst.bwl.de
- +49 761 4018 0

Förderung

Waldklimafonds-Verbundprojekt

„ModEPSKlim – Modelgestützte Gefährdungsabschätzung des Eichenprozessionsspinners im Klimawandel“
[Förderkennzeichen 22WC409001]: <https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=22WC409001>

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UBA-Projekt (Förderung über das Umweltbundesamt)

„Klimawandel und neue gesundheitliche Risiken: Aufklärung des gesundheitlichen Gefährdungspotentials des Eichenprozessionsspinners: Expositions- und Wirkungsabschätzung“

[Förderkennzeichen 371262203]

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)

Modellanwendung und Literaturquellen

6. Literaturquellen

- 1) Custers, C. J. L. (2003). Climate change and trophic synchronisation. A case study of the oak processionary caterpillar. Masters's thesis. Studentsverlag Wageningen University.
- 2) Delb, H., Halbig, P., Seitz, G. & Wagenhoff, E. (2019). Der Eichenprozessionsspinner als Profiteur des Klimawandels: Müssen Baum und Mensch mit dieser Gefahr leben?. Jahrbuch der Baumpflege 2019, 23. Jg., 201–213, ISBN 978–3–87815–263–7.
- 3) DWD - Deutscher Wetterdienst (2023): Klimaüberwachung, Phänologie, Daten Deutschland DWD. https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/daten_deutschland/jahresmelder/fotogalerie/stiel_eiche_blattentfaltung.html?nn=586878
- 4) Halbig, P., Stelzer, A.-S., Baier, P., Pennerstorfer, J., Delb, H., & Schopf, A. (unpublished). PHENTHAUproc – An early warning and decision support system for hazard assessment and control of oak processionary moth (*Thaumetopoea processionea*).
- 5) Meier, U. (2018). Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen: BBCH Monografie. Open Agrar Repository. https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00042352
- 6) Menzel, A. (1997). Phänologie von Waldbäumen unter sich ändernden Klimabedingungen: Auswertung der Beobachtungen in den internationalen phänologischen Gärten und Möglichkeiten der Modellierung von Phänodaten. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 164, 179 S.
- 7) Meurisse, N., Hoch, G., Schopf, A., Battisti, A., & Grégoire, J. C. (2012). Low temperature tolerance and starvation ability of the oak processionary moth: implications in a context of increasing epidemics. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(3), 239-250. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1461-9563.2011.00562.x>
- 8) Wagenhoff, E., Blum, R., Engel, K., Veit, H., & Delb, H. (2013). Temporal synchrony of *Thaumetopoea processionea* egg hatch and *Quercus robur* budburst. *Journal of Pest Science*, 86(2), 193-202. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-012-0457-7>
- 9) Wagenhoff, E., Wagenhoff, A., Blum, R., Veit, H., Zapf, D., & Delb, H. (2014): Does the prediction of the time of egg hatch of *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Notodontidae) using a frost day/temperature sum model provide evidence of an increasing temporal mismatch between the time of egg hatch and that of budburst of *Quercus robur* due to recent global warming?. *European Journal of Entomology*, 111(2), 207-215. <https://www.eje.cz/pdfs/eje/2014/02/07.pdf>

Zitat: PHENTHAUproc Prototyp

Halbig, P., Stelzer, A.-S., Baier, P., Pennerstorfer J., Delb, H., & Schopf, A. (2023). Frühwarnsystem PHENTHAUproc – Phenology modelling of *Thaumetopoea processionea*. [Phänologie-Modellierung des Eichenprozessionspinners].

<https://iff-server.boku.ac.at/wordpress/index.php/language/de/phenthauproc-online-monitoring/generationsentwicklung/>