

PROJEKT ARTEMIS

Phyllophage Schmetterlinge in trockenheits-
gefährdeten Eichenwäldern: Monitoring und
Modellierung

Elisa Schneider

Abschlussveranstaltung 02.03.2023



Ziel des Teilprojekts

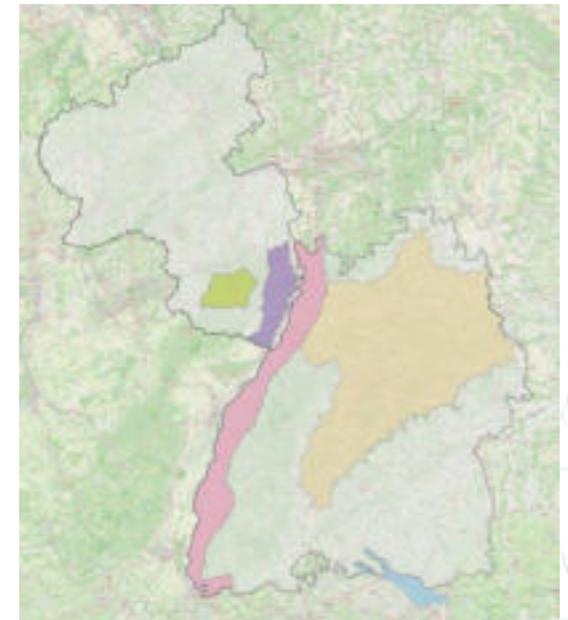
- **Recherche nach zeit- und raumbezogenen Daten:** Massenvermehrungen von phyllophagen Schadschmetterlingen in Eichenwäldern Südwestdeutschlands.
- **Aufbereitung historischer Daten:** Datenbank, Visualisierung.
- **Evaluierung des artenspezifischen Monitorings und kritischer Dichten.**
- **Retrospektive Analyse:** Untersuchung klimatischer Einflüsse auf Gradationsmuster mit Fokus auf empfindliche Entwicklungsstadien.
- **Ableitung prospektiver Szenarien unter Berücksichtigung von Klimaprognose.**



Teilprojekt in der FVA



- **Länder:** Baden-Württemberg
- **Datenpartner:** Rheinland-Pfalz, Thüringen
- **Baumart:** Eiche
- **Bestandesschädlinge:** Phyllophage Schadschmetterlinge in Eichen- und Eichenmischwäldern, v. a. Schwammspinner, Eichenfraßgesellschaft (Frostspanner, Eichenwickler)
- **Referenzgebiete:** Oberrheinisches Tiefland, Mittelrhein; Neckarland; Vorderpfälzische Rheinebene; Mittlerer Pfälzerwald;



- Vorderpfälzische Rheinebene
- Mittlerer Pfälzerwald
- Oberrheinisches Tiefland
- Neckarland



Frostspanner Evaluierung des artspezifischen Monitorings und kritischer Dichten

Frostspanner Evaluierung des artspezifischen Monitorings und kritischer Dichten



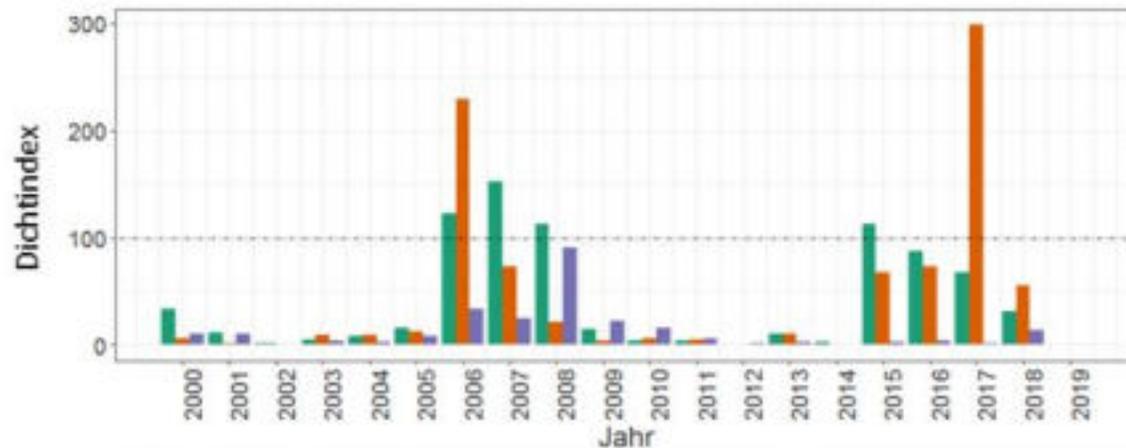
- Zur **Einschätzung des Raupenfraßes** im folgenden Frühjahr werden im Herbst und Winter von November bis Januar die den Stamm aufsteigenden, **flügellosen Weibchen** gezählt.

flügellosen Weibchen

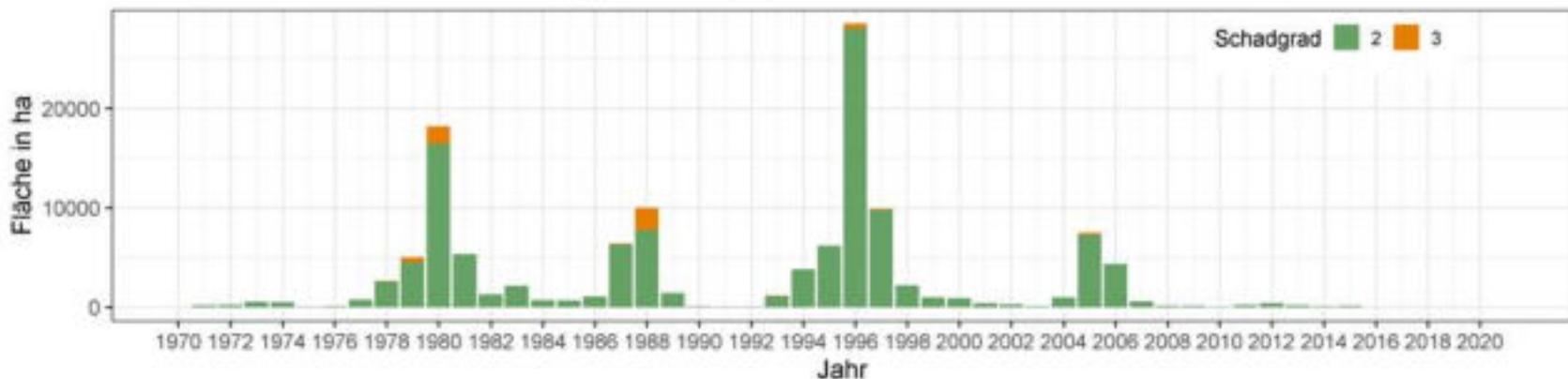
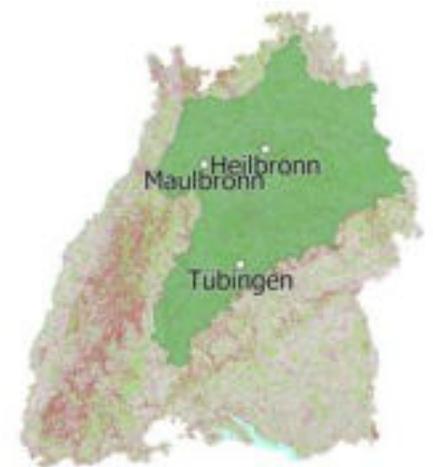


(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erannis_defoliaria_female.jpg), „Erannis defoliaria female“.

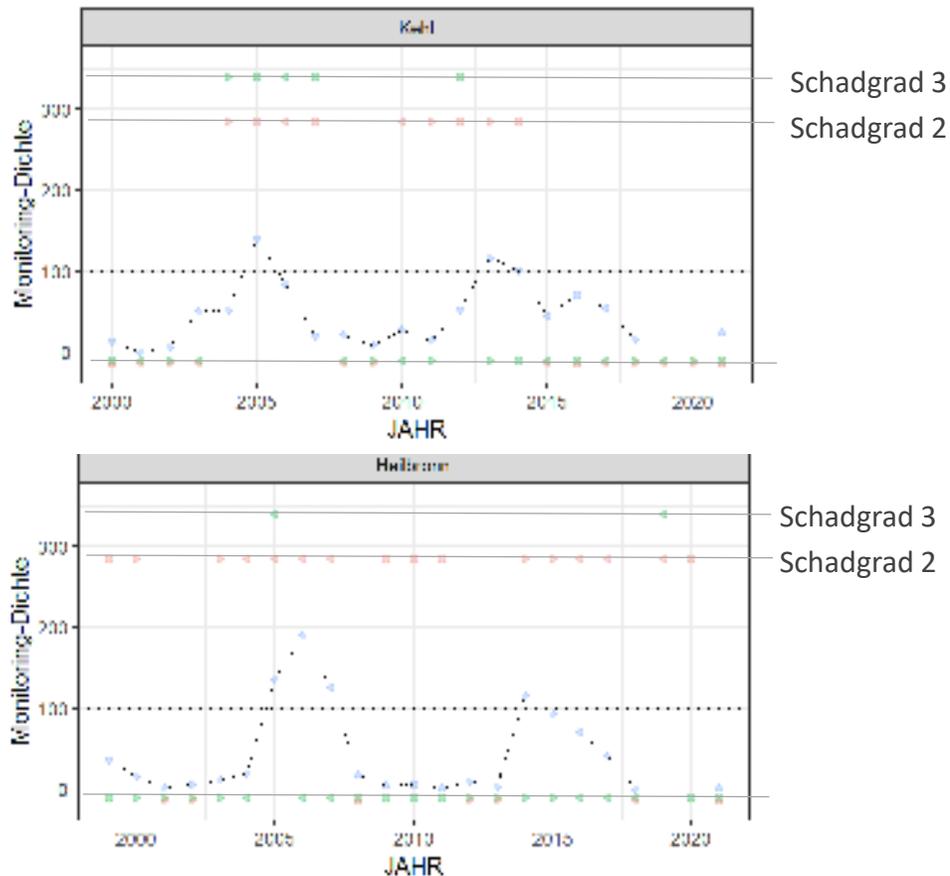
Leimring



Monitoring Punkt
 Heilbronn
 Maulbronn
 Tübingen



Bewertung der Vorhersagegenauigkeit des Monitorings: Vergleich des Monitorings mit der Jährliche Waldschutzmeldungen der Forstämter

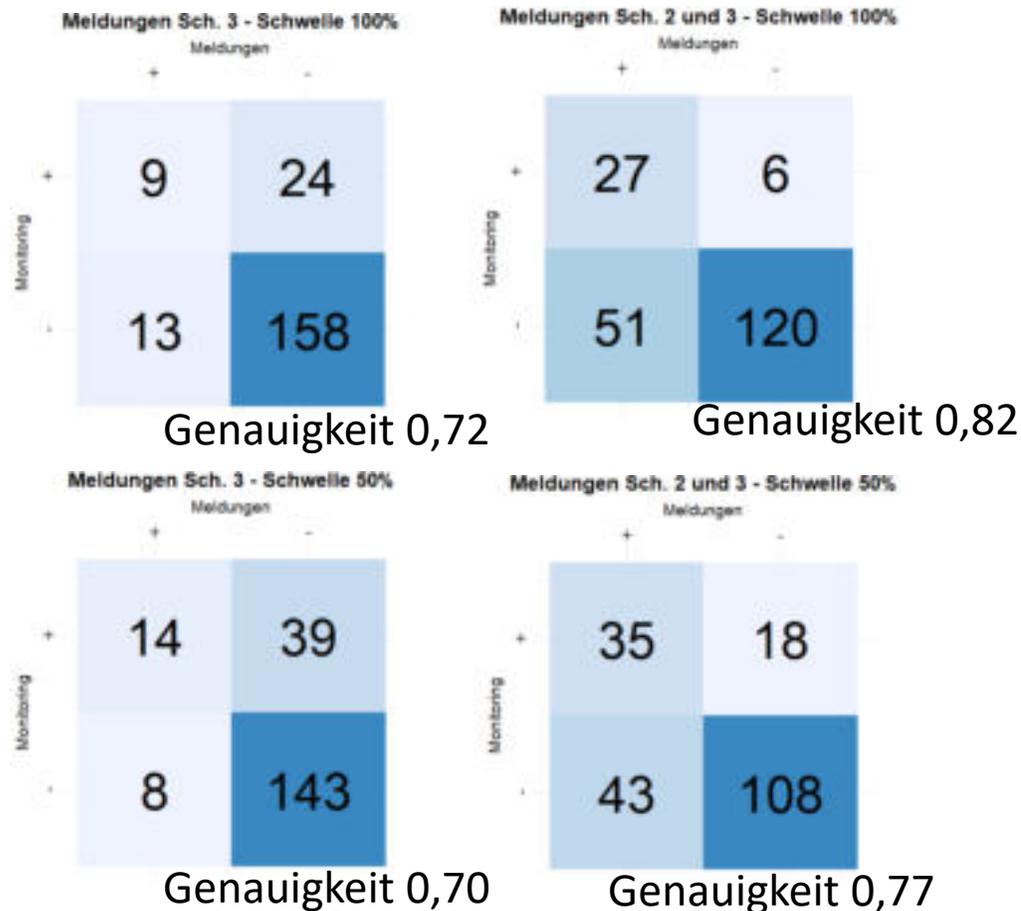


- Zwei Beispiele für den Vergleich zwischen Monitoring und Waldschutzmeldungen.
- Beispiel Kehl
 - Ein bis zwei Jahre vor Überschreiten des Schwellenwerts gehen Waldschutzmeldungen ein.
 - Die Monitoring zeigt, dass sich die Population in diesen Jahren in einer Progradationsphase befindet.
 - Der Dichteindex des Monitorings liegt bei etwa 50 % des Schwellenwerts.
- Beispiel Heilbronn
 - Waldschutzmeldungen gehen auch in Jahren ein, in denen der Dichteindex unter dem Schwellenwert liegt..
 - Diese Waldschutzmeldungen sind vom Schadensgrad 2, sie stellen keine Kahlfraßgefahr dar.

Bewertung aktueller Monitoring-Verfahren und Schadschwellen



Bewertung der Vorhersagegenauigkeit des Monitorings: Vergleich des Monitorings mit der jährlichen Waldschutzmeldungen der Forstämter

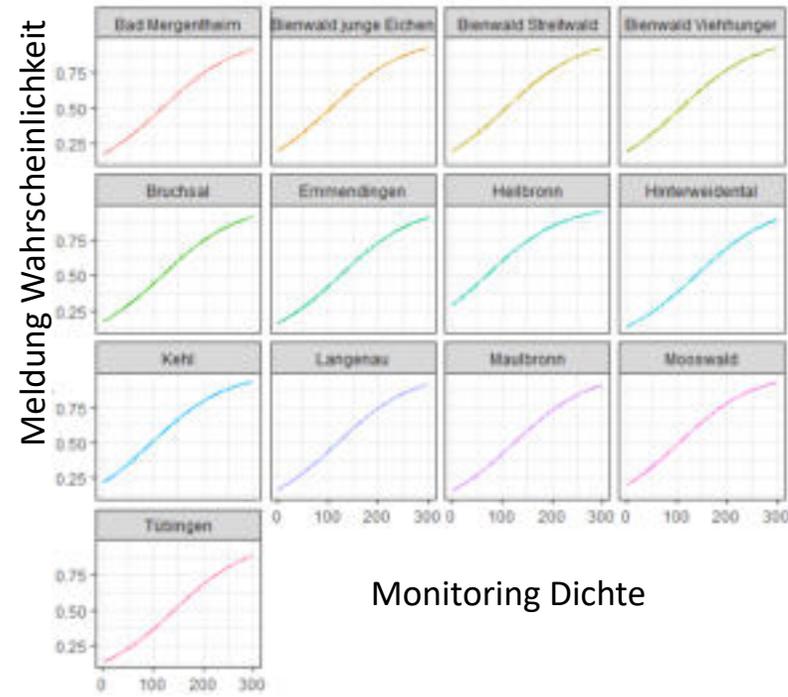
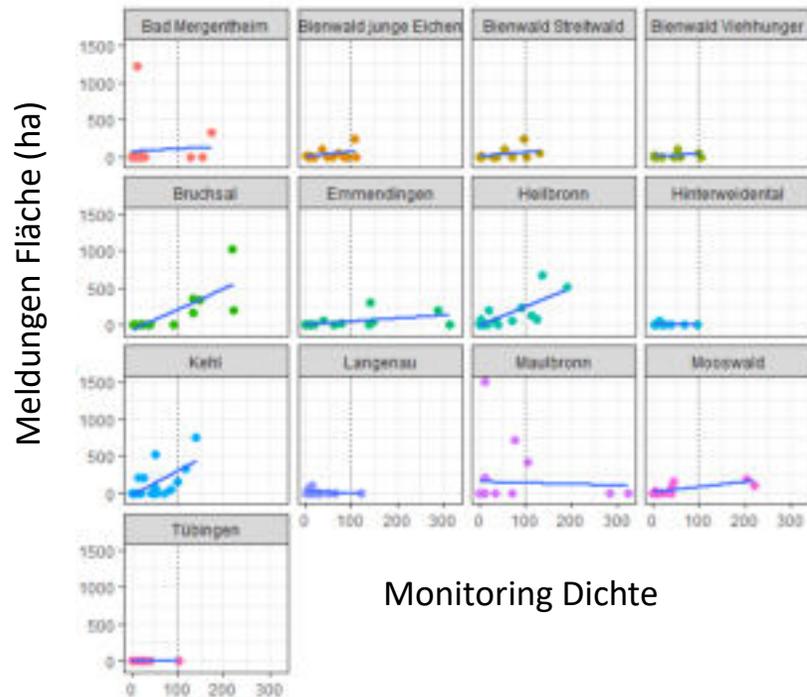


- Um alle Monitoring-Punkte zusammen zu bewerten, wurden Wahrheitsmatrizen erstellt.
 - Diese Matrizen zeigen die Fälle, in denen das Monitoring die Waldschutzmeldungen korrekt vorhersagt.
 - Sie zeigen auch die Fälle, in denen es falsch-positive und falsch-negative Meldungen gibt.
- Die Genauigkeit des Monitorings ist gut, insbesondere bei der Meldungen mit Schadgrad 3.
- Basierend auf den Beispielen wurde analysiert, was passieren würde, wenn der Schwellenwert auf 50 % gesenkt wird. Die Genauigkeit des Monitorings verbessert sich nicht, aber die falsch-negativen Ergebnisse nehmen ab.

Bewertung aktueller Monitoring-Verfahren und Schadschwellen



Vergleich des Monitorings mit der Jährliche Waldschutzmeldungen der Forstämter bis 2017

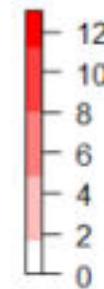
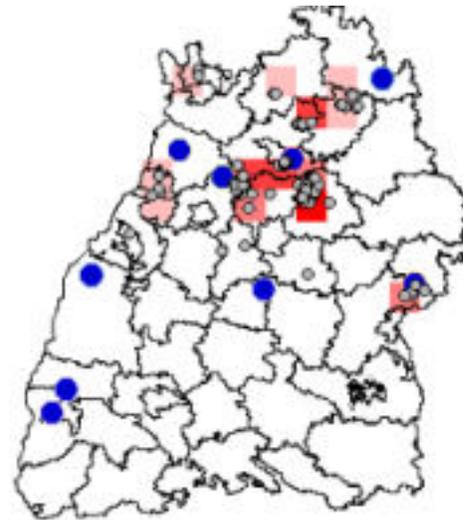
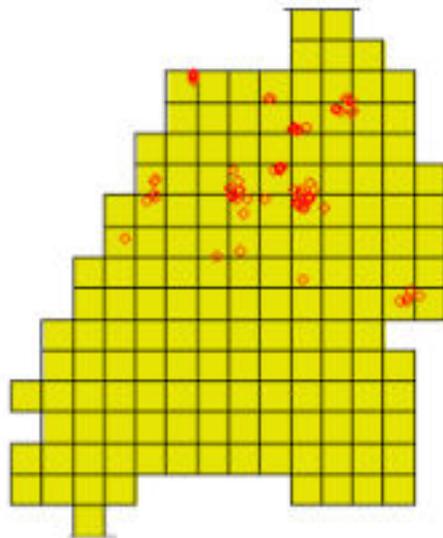


Monitoring Dichte = 0% → Es besteht eine 25 %ige Chance, eine Meldung zu bekommen.
 Monitoring Dichte = 100% → Es besteht eine 50 %ige Chance, eine Meldung zu bekommen.

Standortwahl der Monitoring-Punkte

Waldschutzmeldungen der Forstämter ab 2017 haben einen geografischen Bezug.

- Erstellung eines Rasters mit 15 km-Pixeln.
- Zählen der Anzahl der Waldschutzmeldungen pro Pixel.
- Gegenüberstellung mit den Monitoring-Punkten.



Waldschutzmeldungen
Anzahl



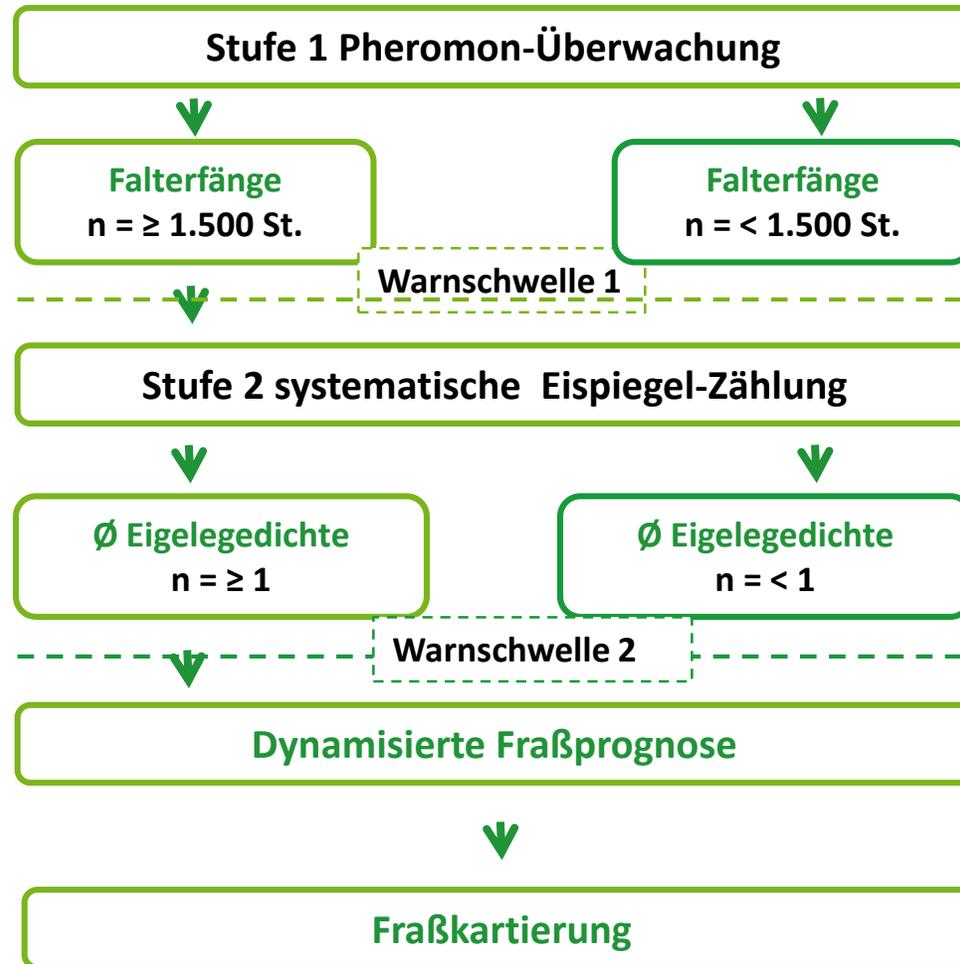
Waldschutzmeldungen außerhalb des Monitorings.
Analyse der Kosten/Vorteile von neuen Monitoring-Punkte.

- Die Überwachung liefert gute Informationen über das Auftreten von Frostspanner-Schäden.
- Das Monitoring hat eine hohe Anzahl von falsch-negativen Fällen: Fälle, in denen das Monitoring das Auftreten dieses Schädlings nicht erkennt.
- Die Verwendung eines Vorwarnschwellenwerts von 50 % des Schwellenwerts könnte helfen, diese Fälle zu erkennen, insbesondere in der Progradationsphase.
- Die Genauigkeit der verschiedenen Monitoring-Punkte ist unterschiedlich.
- Es gibt zwar Monitoring-Punkte, in denen seit 2017 kein Frostspanner gemeldet wurde, aber es gibt auch Überwachungspunkte, die eine gute Korrelation mit den Meldungen haben (z. B. Kehl, Bruchsal).



Schwammspinner Evaluierung des artspezifischen Monitorings und kritischer Dichten

Schwammspinner – Lebenszyklus und Akutelle Überwachung



→ Retro- und Prospektive Analyse

→ Evaluierung des Zusammenhangs zwischen dem Monitoring der Stufe 2 und Fraßkartierung

→ Evaluierung durch Fernerkundung

Retro- und Prospektive Analyse

Modellierung der Schwammspinner-Population

Input



Eigelegesuche 2018, 2019, 2020

Eigelege Index
(Eigelege/Umfang)

Klimadaten

- 1Km x 1Km
- Monatlich

Gelände Modell

- 25m x 25m

Forsteinrichtung

Modell

Berechnung der Prädiktoren.
Auswahl von Prädiktoren mit geringer Korrelation.
Species Distribution Model (GLMM)
Auswahl des Modells.



Output

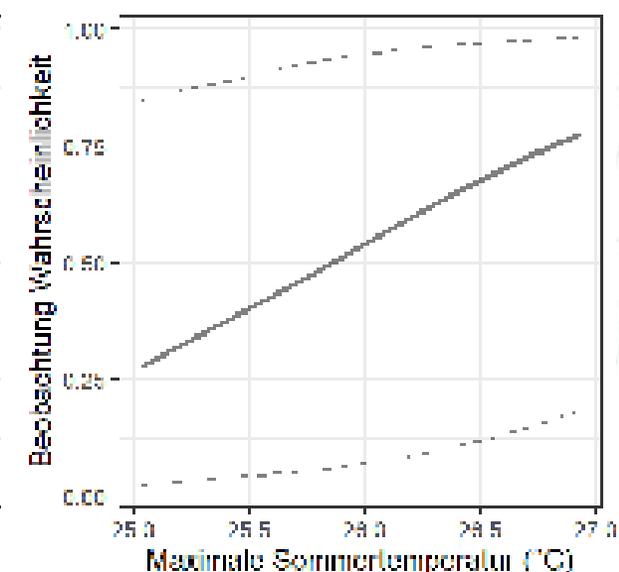
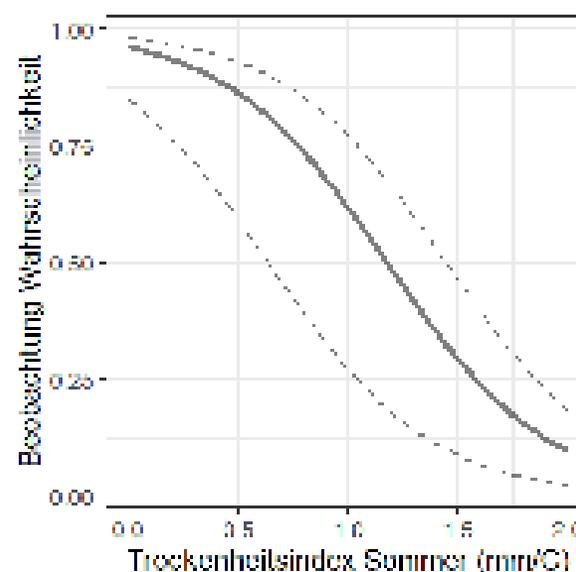
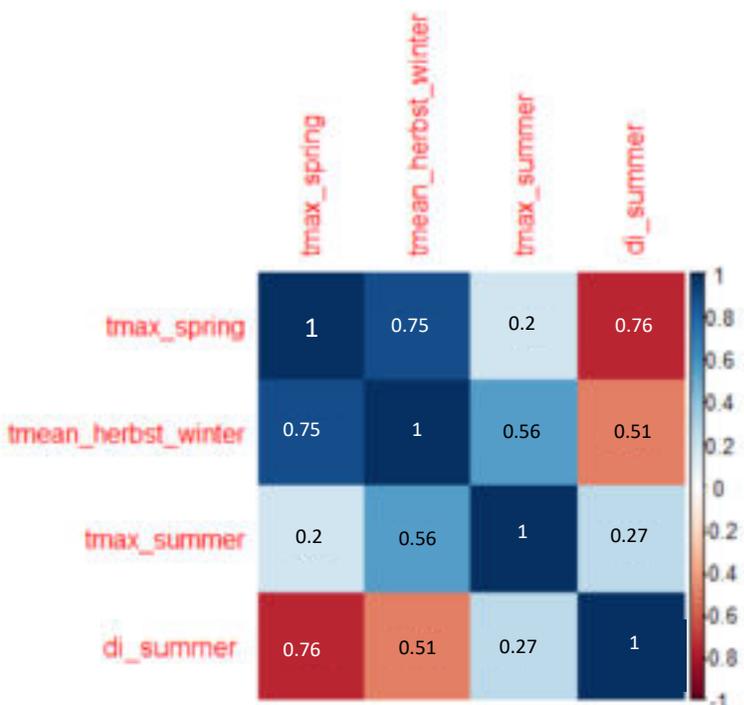
Auswirkung der Prädiktoren auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schwammspinnern

*Srivastava, V., Griess, V. C., & Keena, M. A. (2020). Assessing the potential Distribution of Asian Gypsy Moth in Canada: A comparison of two Methodological Approaches. *Scientific reports*, 10(1), 1-10.

Retro- und Prospektive Analyse: Ergebnisse

Auswahl der Prädiktoren

Effektplots der Prädiktoren



Prädiktoren im ausgewählten Modell.
Alle Prädiktoren sind statistisch signifikant.

Variation der Wahrscheinlichkeit der Beobachtung in Abhängigkeit von den verschiedenen Prädiktoren (Mittelwert und 90% Konfidenzintervall).

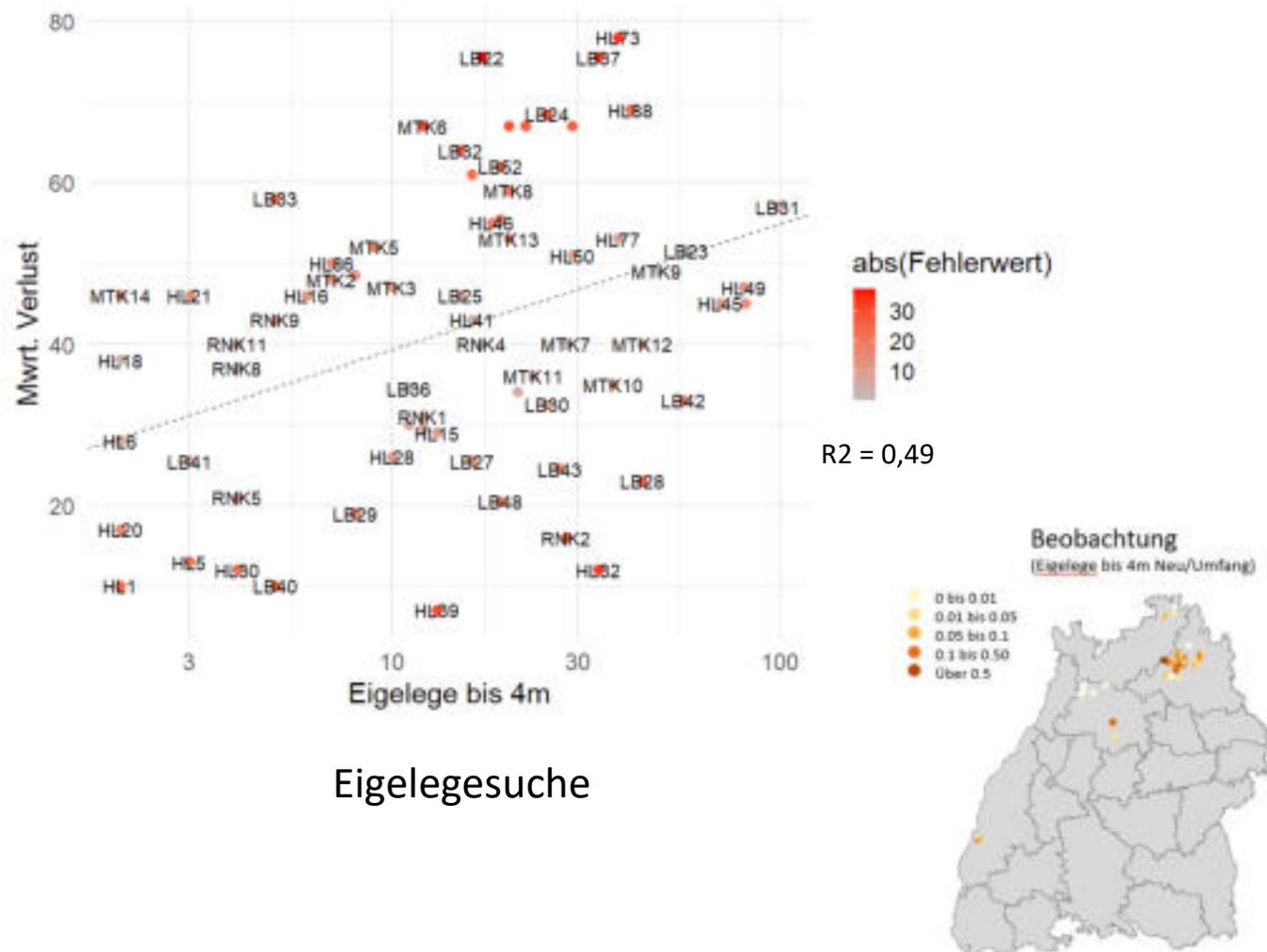
Schlussfolgerungen

- Laut dem Modell wirkt sich insbesondere der Trockenheitsindex auf die Wahrscheinlichkeit der Beobachtung von Schwammspinner-Gelegen aus.
- Wälder mit geringeren Niederschlägen und höheren Temperaturen sind anfälliger für das Auftreten von Eigelegen.
- Hohe Maximaltemperaturen im Sommer begünstigen das Vorkommen der Art.

Zusammenhang zwischen der Suche nach Eielege und der Fraßkartierung

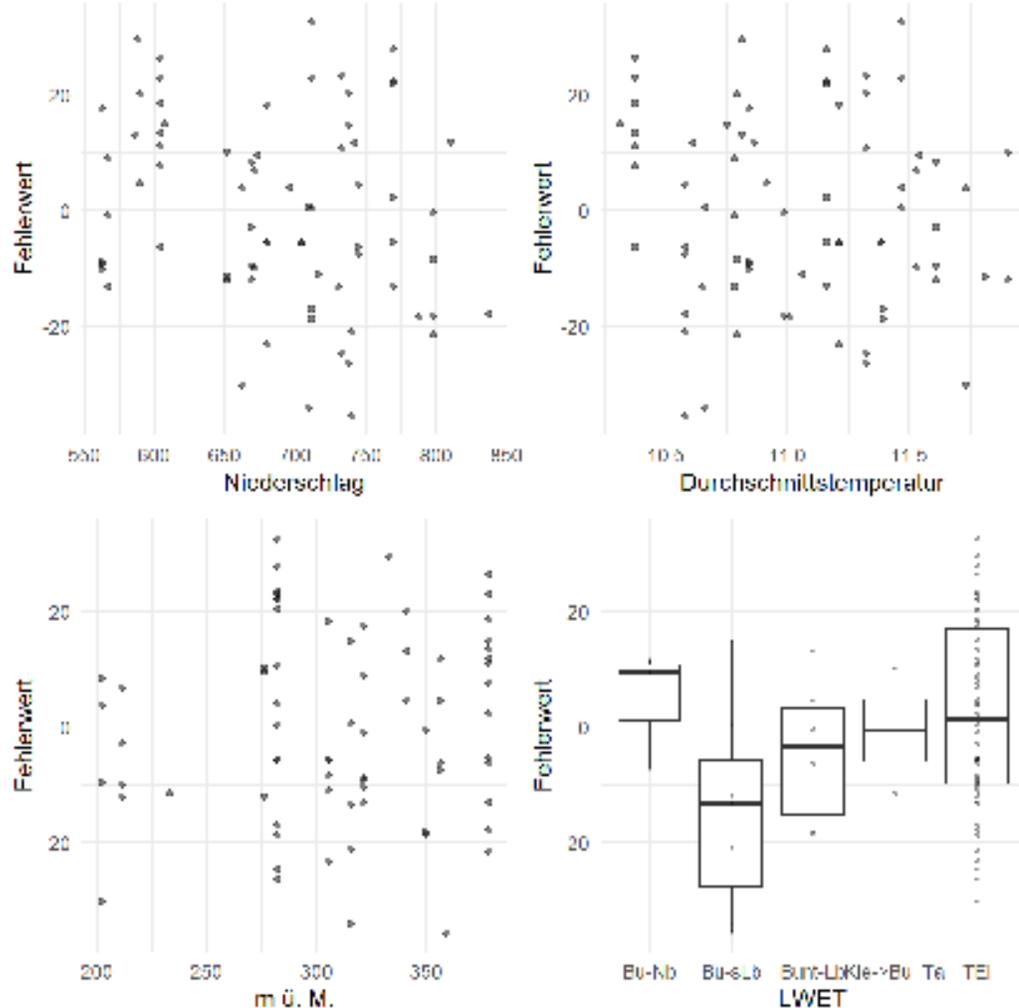


Fraßkartierung



- Die Suche nach Eielegen wird mit dem Ziel durchgeführt, von Fraß bedrohte Waldflächen zu erkennen.
- Um zu untersuchen, inwieweit die Eielegesuche eine Vorhersage ermöglicht, wurden die Ergebnisse der beiden Verfahren verglichen.
- Dieser Vergleich zeigt, dass die Ergebnisse der Eielegesuche fast 50% der Variabilität der Fraßkartierungsdaten erklären.

Zusammenhang zwischen der Suche nach Eigelegen und der Fraßkartierung



- Um zu analysieren, welche anderen Faktoren zur Variabilität der oben genannten Ergebnisse beitragen könnten, wurden die Eigenschaften der Waldflächen und ihre mögliche Relation zur Variabilität der Daten (Modellresiduen) untersucht.
- Es wurde kein eindeutiger Trend zwischen den untersuchten Charakteristika und den Modellresiduen festgestellt.
- Es ist zu beobachten, dass in den Waldflächen mit geringeren Niederschlägen der Blattverlust höher ist als den Ergebnissen der Eiablage zufolge erwartet.
- Dies deutet darauf hin, dass im Zusammenspiel mit weiteren Stressfaktoren wie Trockenheit, eine erhöhte Anfälligkeit für den Befall durch Schwammspinner entstehen kann.

Evaluierung der Fraßkartierung durch Fernerkundung Datensätze



Fraßkartierung

Baden-Württemberg

- Punkte, 50 m Buffer
- 0 – 100% Verlust



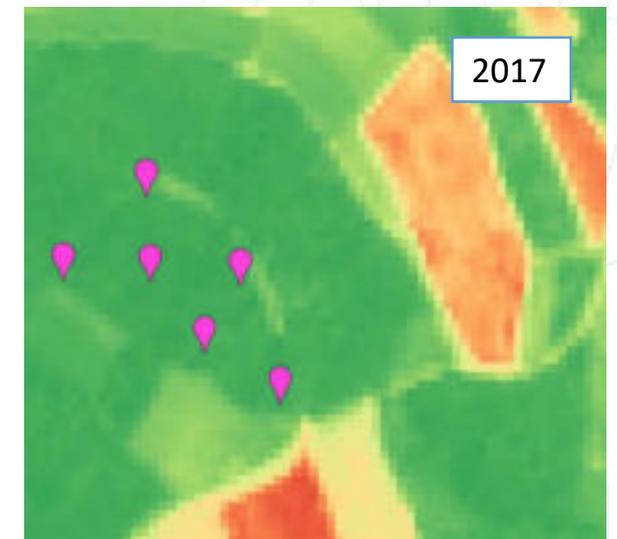
Thüringen

- Fläche → Zufallsverteilte Punkte → 50 m Buffer
- Merklicher Fraß (30 – 50% Blattverlust) sowie starker Fraß (> 50 % Blattverlust)



Fernerkundung

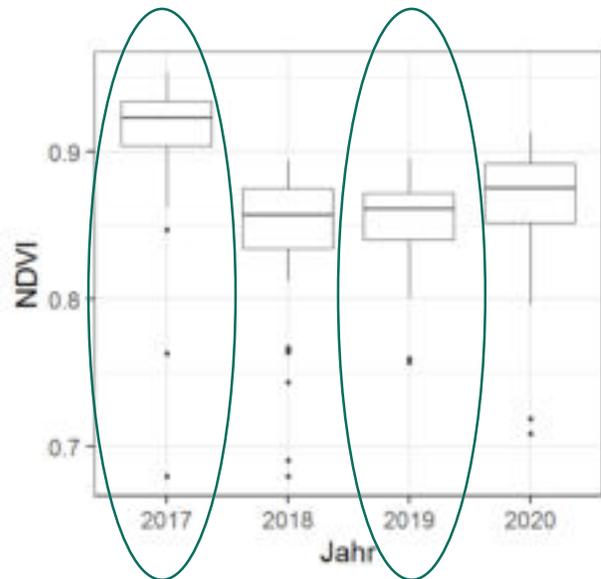
- Sentinel-2 Bilder
- Erstes Bild ohne Wolken zwischen Juni und Juli



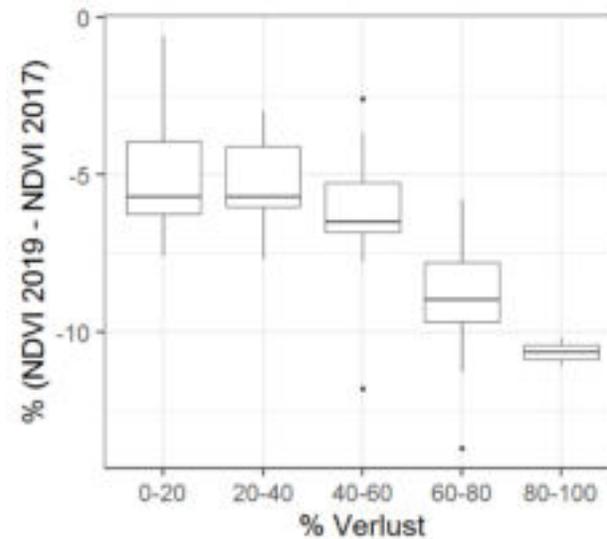
Evaluierung der Fraßkartierung durch Fernerkundung Ergebnisse



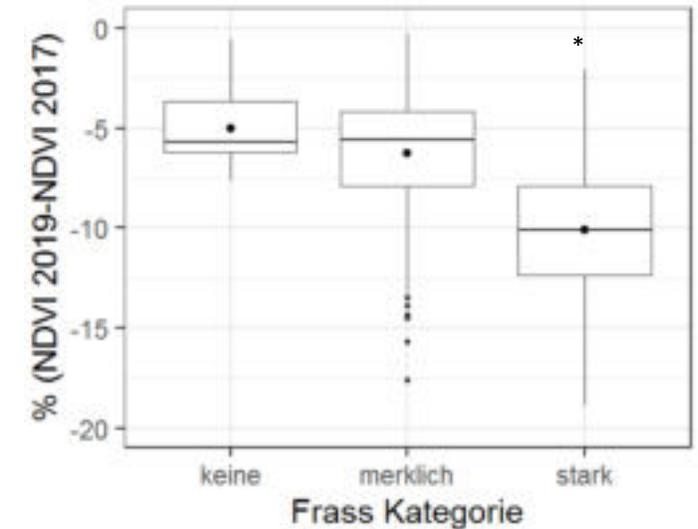
Referenzjahr Ausgewähltes Jahr



Um einen **Vergleich** der Werte zu ermöglichen, wird ein früheres **Referenzjahr** gewählt.



Es wird die Differenz zwischen dem Analysejahr und dem Referenzjahr berechnet.



Die Daten werden in **drei Kategorien** eingeteilt.

* Kruskal Wallis Test und Paarweise Wilcoxon Test

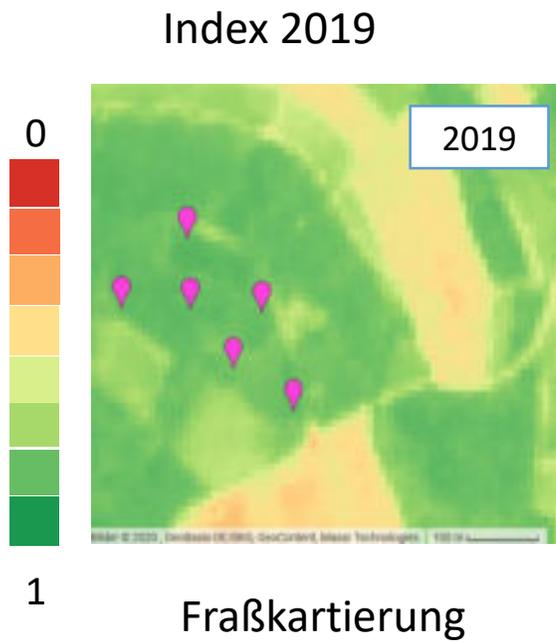
Schlussfolgerungen

- Die Ergebnisse der Satellitenaufnahmen bestätigen das Verfahren der Fraßkartierung.
- Insbesondere die Kategorie Starker Fraß, die einem Blattverlust von mehr als 60% entspricht, zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied zu den anderen beiden Kategorien.
- Diese Ergebnisse eröffnen die Möglichkeit, Satellitenbilder für die Erkennung von Blattverlusten in Waldflächen zu verwenden, ohne dass eine Anwesenheit vor Ort erforderlich ist.

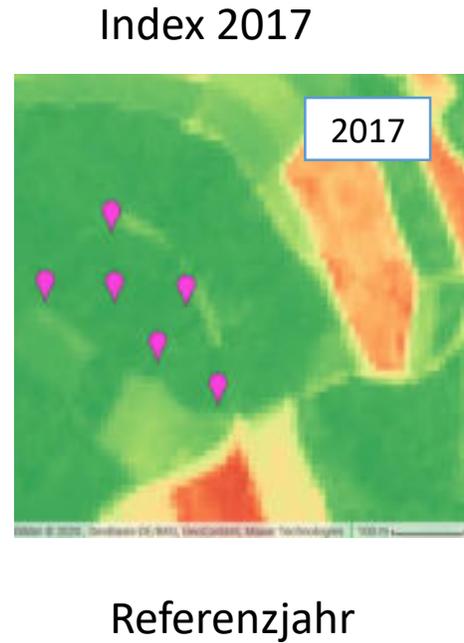


Fraßkartierung - Erkennung von Entlaubung durch Sentinel-2

Model - Automatisierung – Output

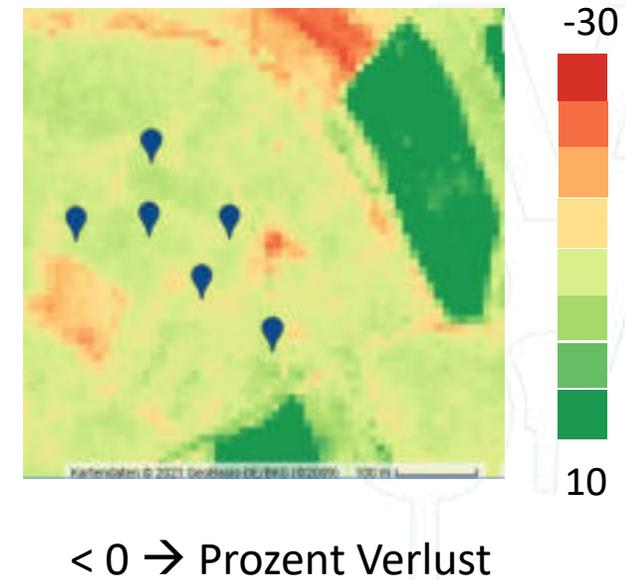


-

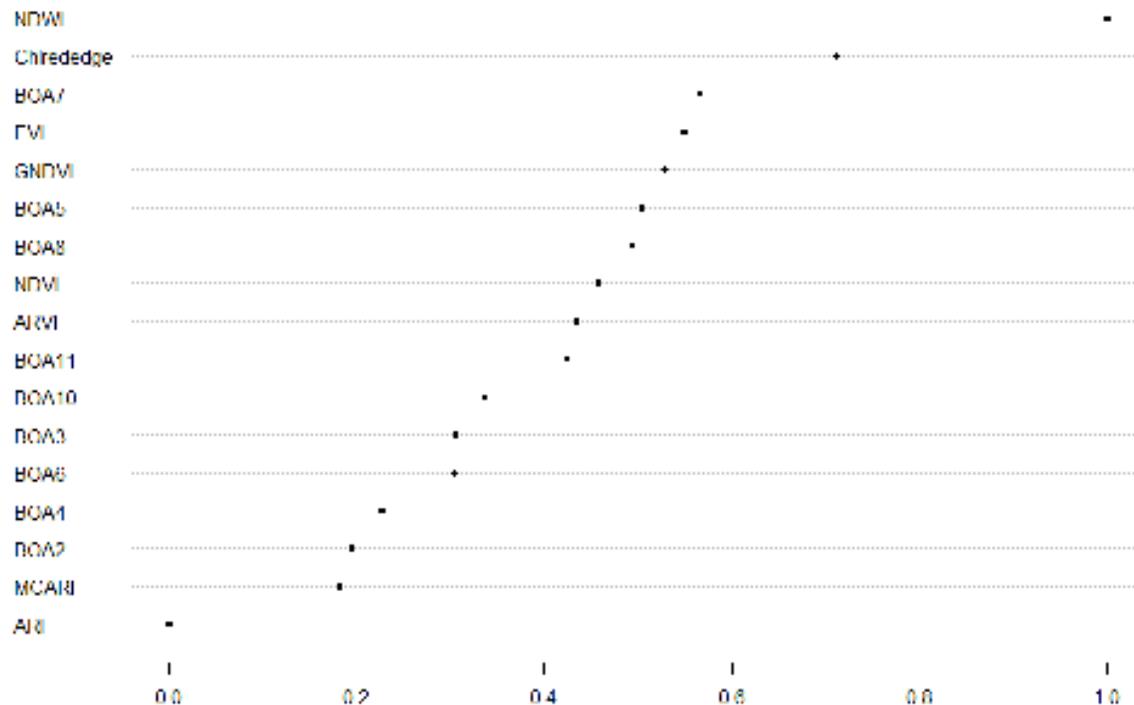


=

$(\text{Index 2019} - \text{Index 2017}) \times 100$



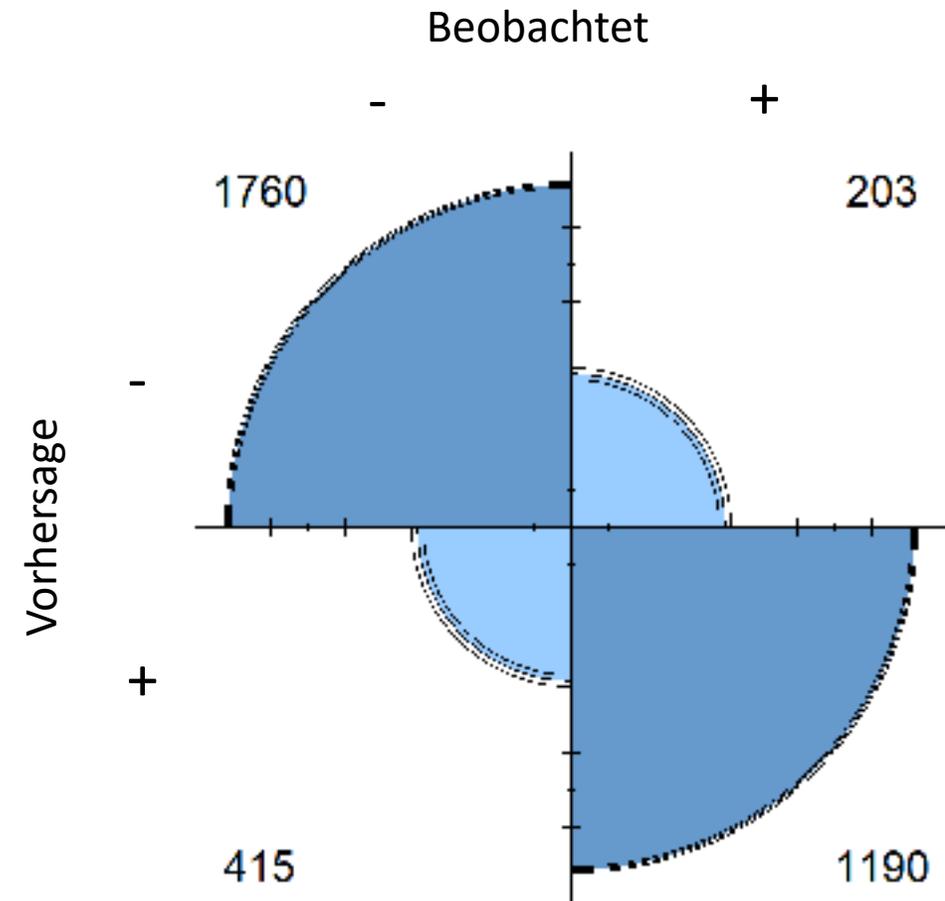
Row Standardization Variable Importance



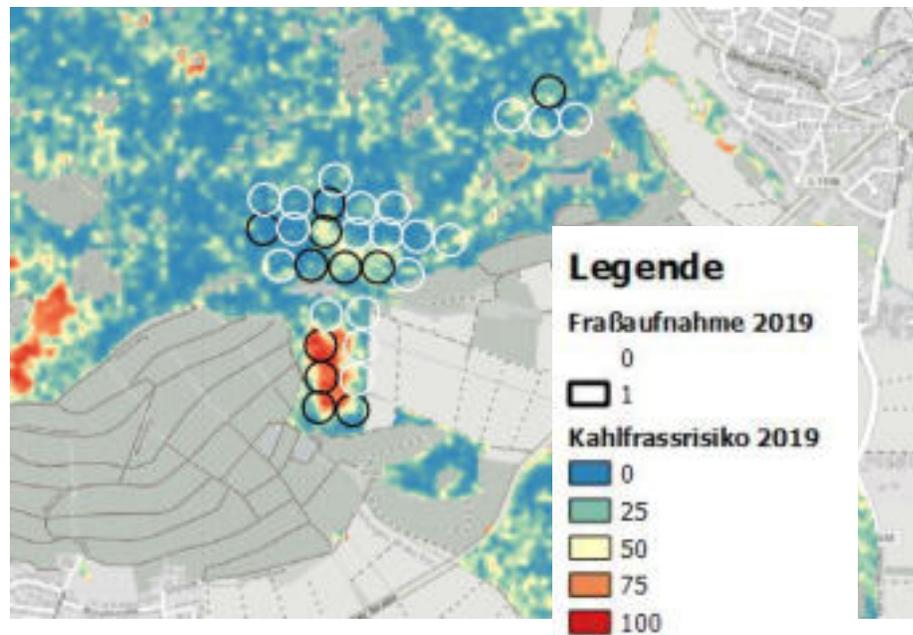
- Klassifikation durch randomForest
 - effizient für große Datenmengen
 - gut geeignet für viele Prädiktoren
 - Erkennung der wichtigsten Variablen
- Auswahl der wichtigsten Prädiktoren
 - R-Package: rfUtilities
 - rf.modelSel
- wichtigste Prädiktoren:
 - NDWI
 - Chlorophyll Red-edge
 - Band 7 – NIR (783 nm)
 - EVI

Modellbewertung

- Genauigkeit des Modells: 0,83
- viele „false positive“
-> Warnkarte überschätzt
Risiko

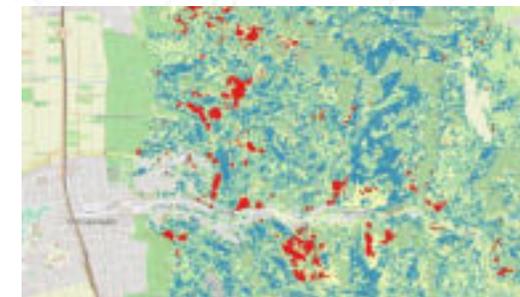
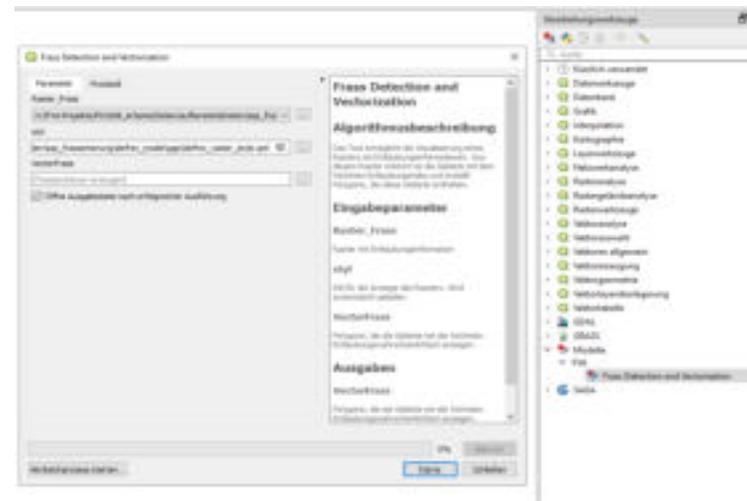


Beispiel Hohenhaslach



Automatisierung

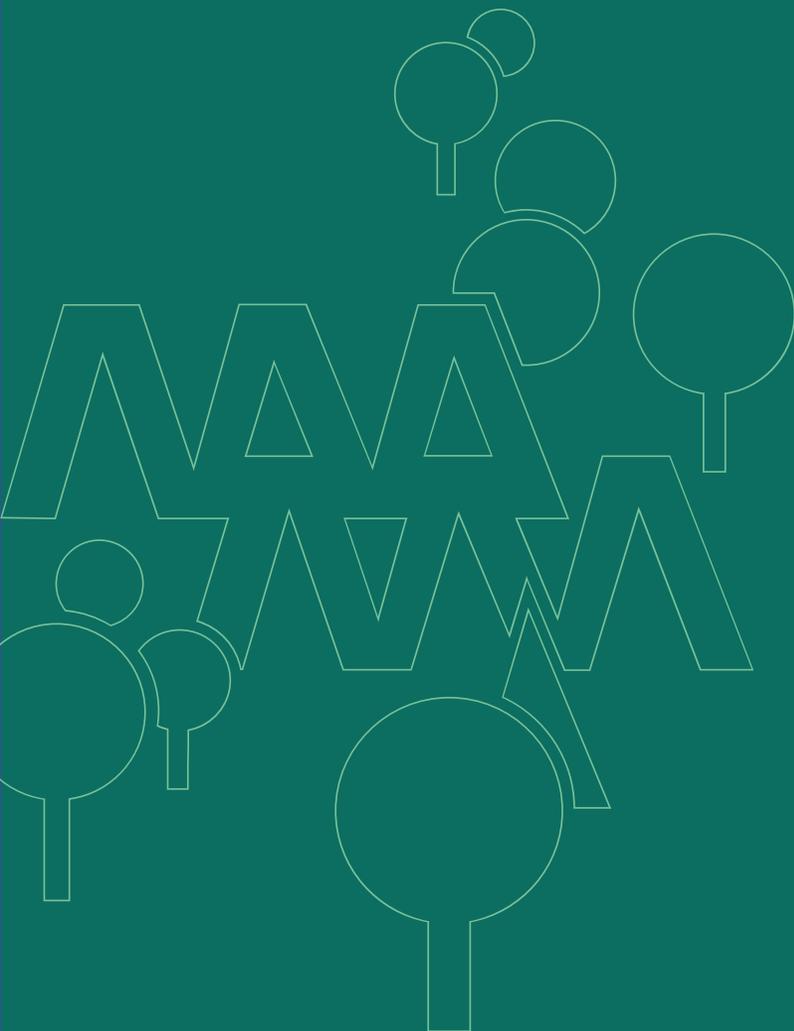
- Alle Schritte wurden in einer einzigen R-Funktion verpackt, in der nur das Jahr und die Region eingegeben werden müssen.
- In Qgis wurde ein Tool zur Visualisierung und schnellen Erkennung von Gebieten entwickelt, die am wahrscheinlichsten von Entlaubung betroffen sind.



Zusammenfassung

Es wurde eine Suche und Homogenisierung der Daten durchgeführt, um die Analyse und den Vergleich von Informationen zu ermöglichen, die mit unterschiedlichen Verfahren und von verschiedenen Projektpartnern erhoben wurden. Um die Nutzung von Daten über lange Zeiträume zu ermöglichen, wurden die Daten auf ihre Qualität geprüft und neu strukturiert. Dies ermöglichte die folgenden Analysen:

- Die Monitoringverfahren für zwei phyllophage Schmetterlingsarten, Schwammspinner und Frostspanner, wurden bewertet. Die Bewertungen zeigten die Stärken der Verfahren und zeigen mögliche Verbesserungen des Verfahrens.
- Es wurden Modellierungen durchgeführt, um die klimatischen und waldstrukturellen Faktoren zu verstehen, die für die Massenvermehrung dieser Arten wichtig sind (hier wurde das Modell für Schwammspinner vorgestellt).
- Es wurde ein Werkzeug entwickelt, das die Erkennung von Entlaubung in Laubwäldern anhand von Satellitenbildern ermöglicht.



FVA Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg


LFV Landes
Forst
Verwaltung
BW

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



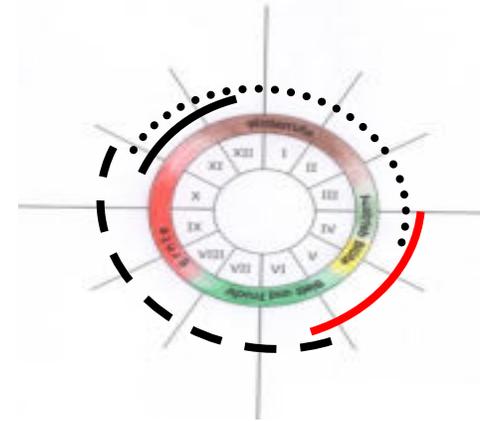
**Frostspanner
klimatische Einflüsse auf
Gradationsmuster mit dem Fokus
auf empfindliche
Entwicklungsstadien.**

Welche klimatischen Faktoren sind für die Massenvermehrung der Frostspanner wichtig?



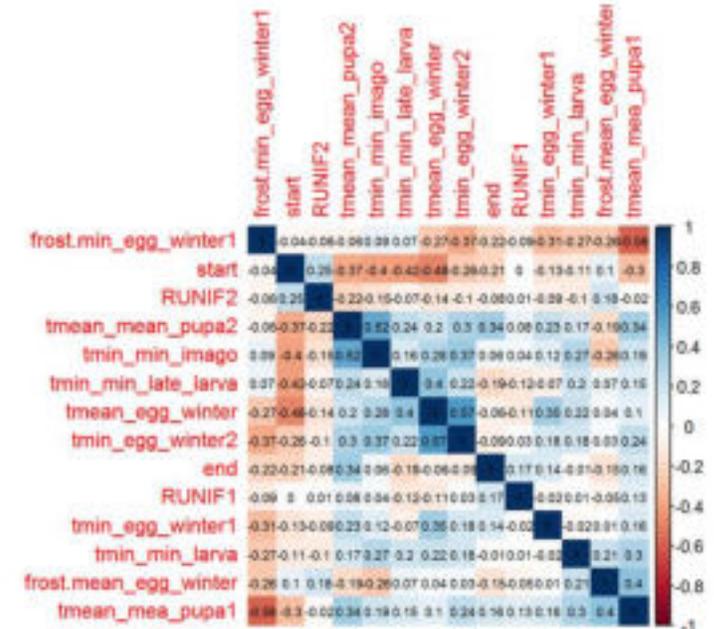
Modell und Variablen

- Minimum- und Durchschnittstemperatur, Niederschläge, Anzahl Frosttage (Minimumtemperatur < 0°) für verschiedene Stadien*
- Blattaustriebmodell**
- Insgesamt 33 Prädiktoren
- Random Forest



Entwicklungsstadium:

- Imago
- Eier
- **Raupe**, schädigendes Stadium
- - - Puppe



*Hittenbeck, A., Bialozyt, R. & Schmidt, M. (2019). Modelling the population fluctuation of winter moth and mottled umber moth in central and northern Germany. *For. Ecosyst.* **6**, 4

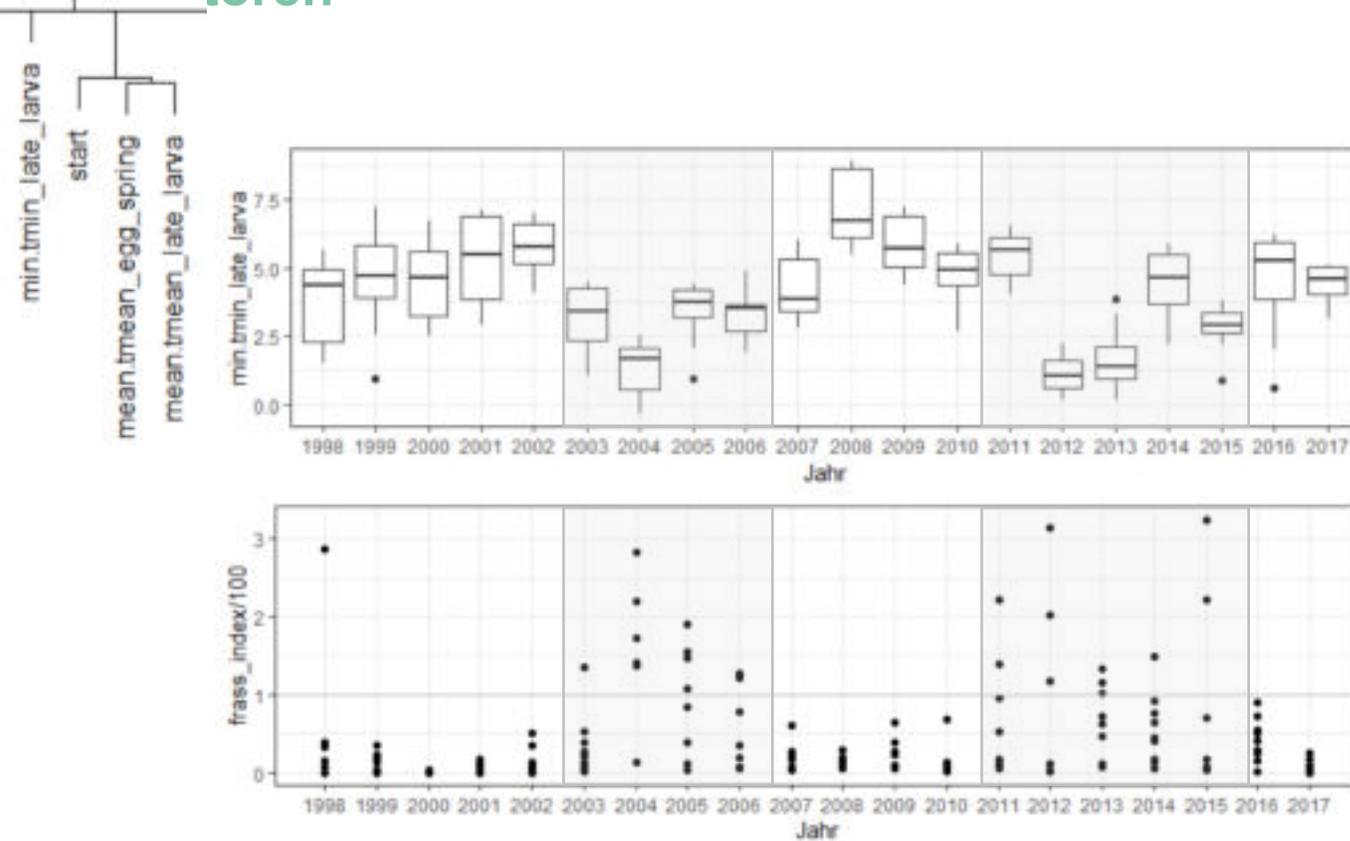
** Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., ... & Zust, A. N. A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global change biology*, *12*(10), 1969-1976.

Welche klimatischen Faktoren sind für die Massenvermehrung der Frostspanner wichtig?

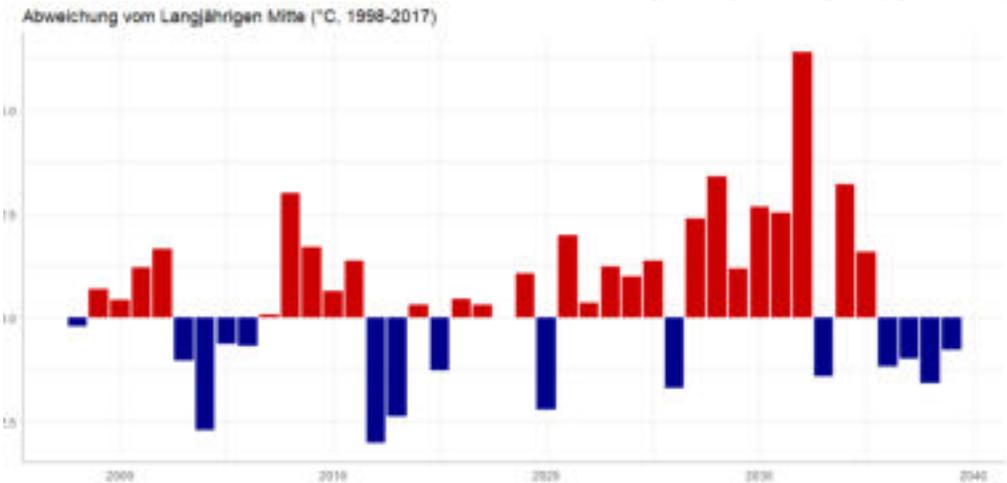


Lauf der wichtigen Faktoren

Minimum der Tagestemperatur - Späte Raupe (15.05. bis 14.06.)



IPCC RCP Szenario 8,5



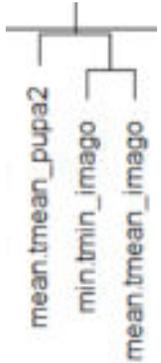
+ T --> - FS

Visser, M. E., & Holleman, L. J. (2001). Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1464), 289-294.

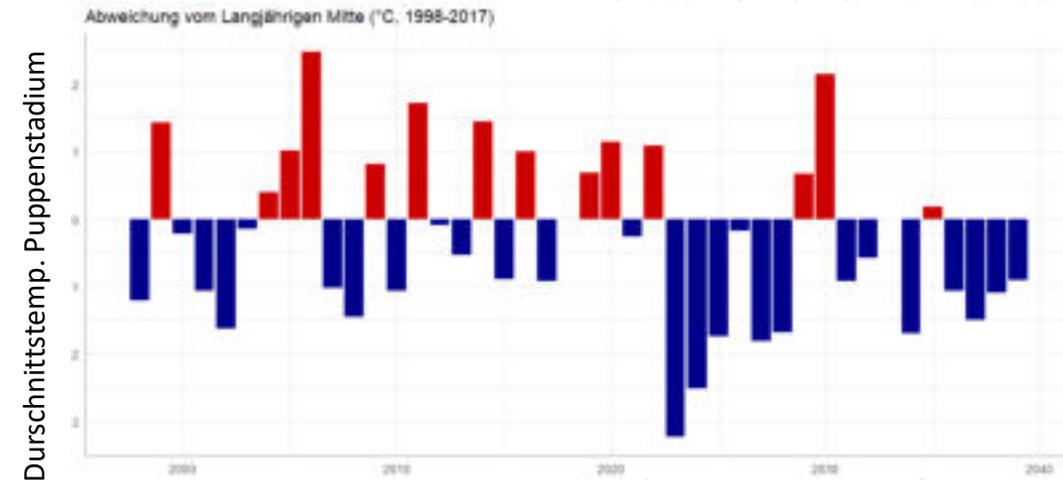
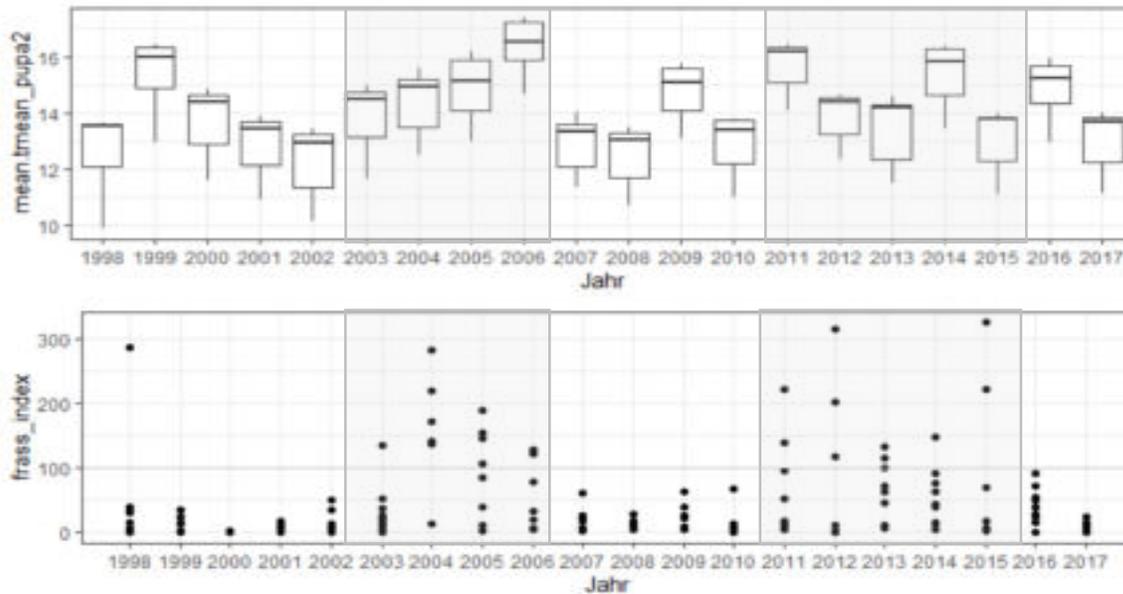
Welche klimatischen Faktoren sind für die Massenvermehrung der Frostspanner wichtig?



Lauf der wichtigen Prädiktoren



Mittelwert der Tagesmitteltemperatur – Puppe 2 (01.09. bis 14.10.)



- T --> - FS

Konklusionen

- Für den Beginn einer Vermehrung scheint es erforderlich zu sein, dass das Frühjahr nicht besonders warm ist → Veränderung der Synchronie zwischen dem Blattaustrieb der Eiche und dem Beginn des Puppenstadiums
- Warme Herbste hingegen begünstigen die Vermehrung.

