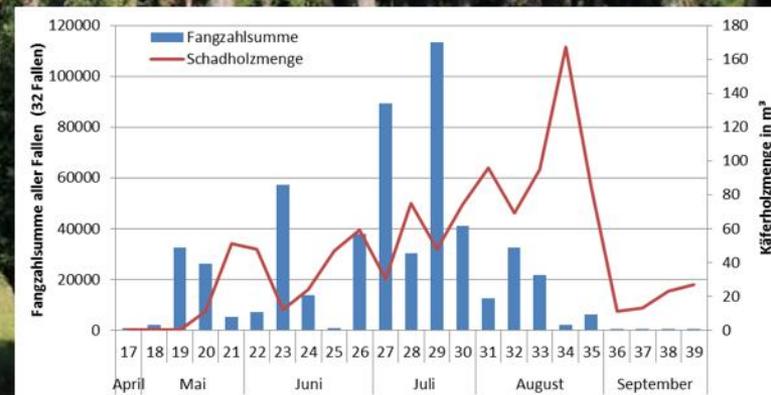


Waldgesundheit & Sachkunde Phytomedizin



Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher



Organisatorisches: Termine & Räume

- jeweils **Dienstag** (18.03.2025 - 01.07.2025)
- Zeit: **10:15 – 12:30** Uhr
- Raum: **11.105, 15.001** (ggf. online: <https://bbb.hnee.de/b/jsc-xf4-3zc>)

Ausnahmen:

- **13.05.25:** keine LV WGS (Tausch mit Prof. Cremer: „Holzverwendung & Logistik“)
- **20.05./10.06./17.06.25:** keine LV (Blockveranstaltungen)
- **24.06.25:** keine LV WGS (Tausch mit Prof. Cremer; Ersatz: 23.06.25, 12:30-14:00 Uhr)

Gliederung der Lehrveranstaltung

Termin		Thematik	Typ (LV)
01	18.03.25	Organisatorisches; Umfang & Rahmen; Inhalte & Schwerpunkte; Teil 1: Historie, Formen/Anwendungsbereiche	V
02	25.03.25	Fortsetzung Teil 1: Epochen, Arbeitsfelder/-stätten; Teil 2: waldökologische & phytomedizinische Grundlagen	V
03	01.04.25	Fortsetzung Teil 2; Teil 3: Epidemiologie & Populationsökologie	V
04	08.04.25	Teil 4: Datenerfassung & -auswertung; Teil 5: Monitoring Laubgehölze	V
05	15.04.25	Fortsetzung Teil 5: Monitoring Laub- & Nadelgehölze, Winterbodensuche	V
06	22.04.25	Teil 6: Abiotische Schäden im Wald	V
07	29.04.25	Teil 7a: Waldhygienisch relevante Schadfaktoren (Fichte, Kiefer)	V
08	06.05.25	Teil 7b: Waldhygienisch relevante Schadfaktoren (Kiefer, Buche)	V
09	27.05.25	Teil 7c: Waldhygienisch relevante Schadfaktoren (Eiche)	V
10	03.06.25	Teil 8: Waldbrand	V
11	23.06.25	Teil 9: Sachkunde Phytomedizin; Prophylaxe & Therapie	V
12	01.07.25	Prüfungsvorbereitung, Konsultation, Sachkunde-Vorführung	V/Ü

Repetition 01.04.2025: Populationsökologie...

- **Biochemischer Schutz/Sekundärmetaboliten**, Eigenschaften von Semiochemikalien & Schadorganismen (quantitativ, qualitativ); Koinzidenz (optisch, akustisch, biochemisch): zeitlich & räumlich (Beispiele)
- Peristatische **Disposition & Variabilität von Umweltfaktoren**; genetisch bedingte **Prädisposition**
- **Epidemiologie** (Epidemie, Endemie/Pandemie, Infektionskette); **Populationsökologie** (interne/externe Wirkungsfaktoren, Population)
- **Populationsdynamik, Oszillation/Fluktuation, Gradation** [kurzfristig/mehrjährig/langjährig, unregelmäßig/zyklisch]

Bionomie & Bionomieformeln

- **Bionomie (= Ökologie):**
Lehre von der Lebensweise bzw. dem gesetzmäßigen Lebenszyklus der Organismen sowie deren Beziehungen zur Umwelt
- **Bionomieformeln** (nach L. Rhumbler, 1918):
Formeln (\neq mathematische Formeln, z. B. „Binomische Formeln“) aus Zahlen und mathematischen Zeichen zur vereinfachten Darstellung der Lebenszyklen von Insekten; Popularität v. a. durch Rhumbler-Schüler F. Schwertfeger mit Lehrbuch „Die Waldkrankheiten“ (1942; 1982)

Bionomieformeln

- **Kriterien der Formelerstellung:**
 - Zahlen symbolisieren Monate, in denen das jeweilige Stadium präsent ist
 - Minuszeichen (-) symbolisiert Larvenstadium; Pluszeichen (+) symbolisiert Imago
 - Schrägstrich (/) bedeutet Beginn des Puppenstadiums
 - Überwinterung ist gekennzeichnet durch Komma (,); mehrjährige Entwicklungen durch „A“ (für *annus*)
 - Punkte (.) differenzieren einstellige von zweistelligen Monatszahlen

Bionomieformeln: Beispiele

1. Eistadium: 67 (= von Juni bis Juli)
2. Larvalstadium (Raupe): $- 7.11$ (= nach Schlupf von Juli bis November)
3. Puppenstadium: $/ 11,5$ (= nach Verpuppung von Nov. bis Folgejahr Mai)
4. Imago: $+ 57$ (= nach Schlupf von Mai bis Juli)

Bionomieformel Kiefernspanner: $67 - 7.11 / 11,5 + 57$

Beispiel für Kleinen Pappelbock (2-jährig): $56 - 6, A, 4 / 5 + 57$

Oszillationsgleichung

$$N_1 = N_0 \times i \times p \times \ddot{u}_1 \times \ddot{u}_2 \times \ddot{u}_3 \times \dots \times \ddot{u}_n$$

i = der Weibchenanteil (nicht –anzahl!) der Elternpopulation

p = die durchschnittliche Eiproduktion je Weibchen

\ddot{u}_n = die Überlebensrate im n-ten Entwicklungs- bzw. Zählabschnitt

Vermehrungskoeffizient: $[N_1 / N_0]$

Oszillationsgleichung: Anwendung (1 Falterpaar)

Stadium	Mögliche Todesursachen	Überlebende je Stadium	
		absolut	relativ
Falter		2 (1 x ♀, 1 x ♂)	
Eier		150	
	Nichtbefruchtung, Feinde	120	0,8
Raupen		120	
	Witterung, Nahrungsmangel, Feinde	24	0,2
Puppen		24	
	Witterung, Feinde	6	0,25
Falter		6	

Oszillationsgleichung: Anwendung (1 Falterpaar)

$$N_1 = 2 \times 0,5 \times 150 \times 0,8 \times 0,2 \times 0,25 = 6$$

$$\text{Vermehrungskoeffizient: } [N_1 / N_0] = 6 / 2 = 3$$

Vermehrungsrate

a) bei **kontinuierlichem Wachstum** der Population

$$rN = \frac{N - N_0}{t - t_0}$$

$$rN_0 = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

N: Individuenzahl bzw. Biomasse der Population

r: Wachstumsrate der Population

t: Zeitspanne

b) mit **Kapazitätsbegrenzung des Habitats** (log. VERHULST-PEARL-Gleichung)

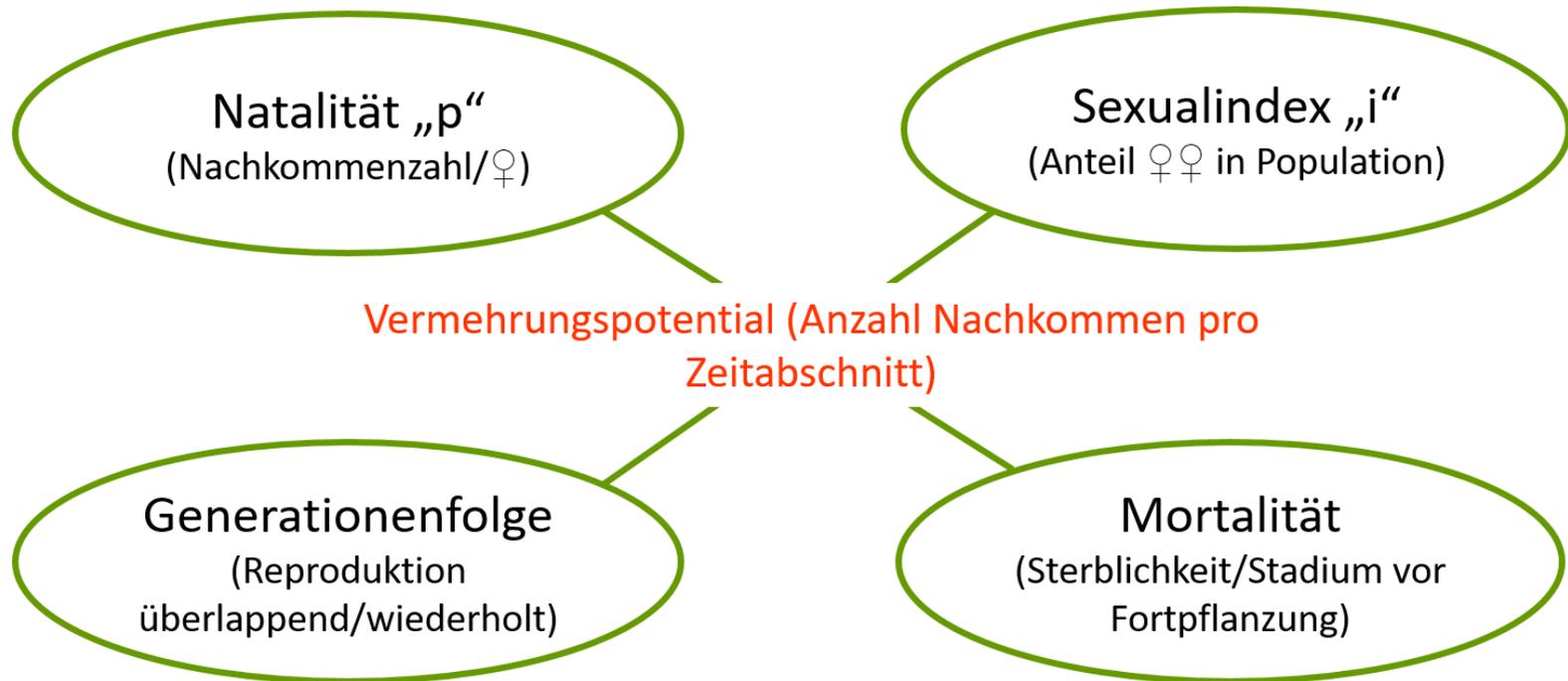
$$\Delta N (\Delta t) = r \times N \times \left(K - \frac{N}{K} \right)$$

K: Kapazität des Habitats

Vermehrungspotential (Fertilität)

- Fertilität einer Population (N_0) drückt sich als spezifische Vermehrungsrate (R_0) aus
- ergibt sich aus: **Fruchtbarkeit** der ♀♀ (**Natalität p**) und **Anteil** ♀♀ **in Elterngeneration** (**Sexualindex i**)
- überlappende oder wiederholte Generationen sind durch zusätzlichen Faktor (Generationenfolge) gekennzeichnet

Vermehrungspotential (Fertilität)



Fertilitätsfaktor Eianzahl

<u>Untersuchungsart</u>	<u>Eier/Weibchen</u>
Forleule (<i>Panolis flammea</i>)	90-200
Nonne (<i>Lymantria monacha</i>)	120-180
Kiefernspanner (<i>Bupalus piniaria</i>)	100-150
Grüner Eichenwickler (<i>Tortrix viridana</i>)	50
Kleine Fichtenblattwespe (<i>Pristiphora abietina</i>)	40-70

Fertilitätsfaktoren: Beispiel *Lymantria monacha*

	Untersuchungsjahr				
	2013	2014	2015	2016	2017
Abundanz (Falter/Stammgruppe)	21	110	643	362	0,2
Anteil/♀ (%)	56	51	46	26	20
Eianzahl/♀	218	176	149	127	133
Eimortalität (%)	-	0,5	1,2	2,2	11,2

Dichteregulation

- Populationsdichten der meisten Arten variieren innerhalb bestimmter Grenzen, die von regulierenden Umweltfaktoren bestimmt werden; hierzu zählen:
 - 1) **Dichteabhängige Faktoren:**
 - steigern Mortalität bzw. mindern Fertilität entsprechend der Abundanzentwicklung (Ausnahmen: z. B. Borkenkäfergradation ermöglicht Befall gesunder Bäume; resultierende Fertilitätserhöhung mindert Mortalität → invers dichteabhängig)
 - 2) **Dichteunabhängige Faktoren:**
 - Sterblichkeitszunahme bzw. Fertilitätsverlust ohne Abhängigkeit von den Regelgrößen des Vermehrungspotentials

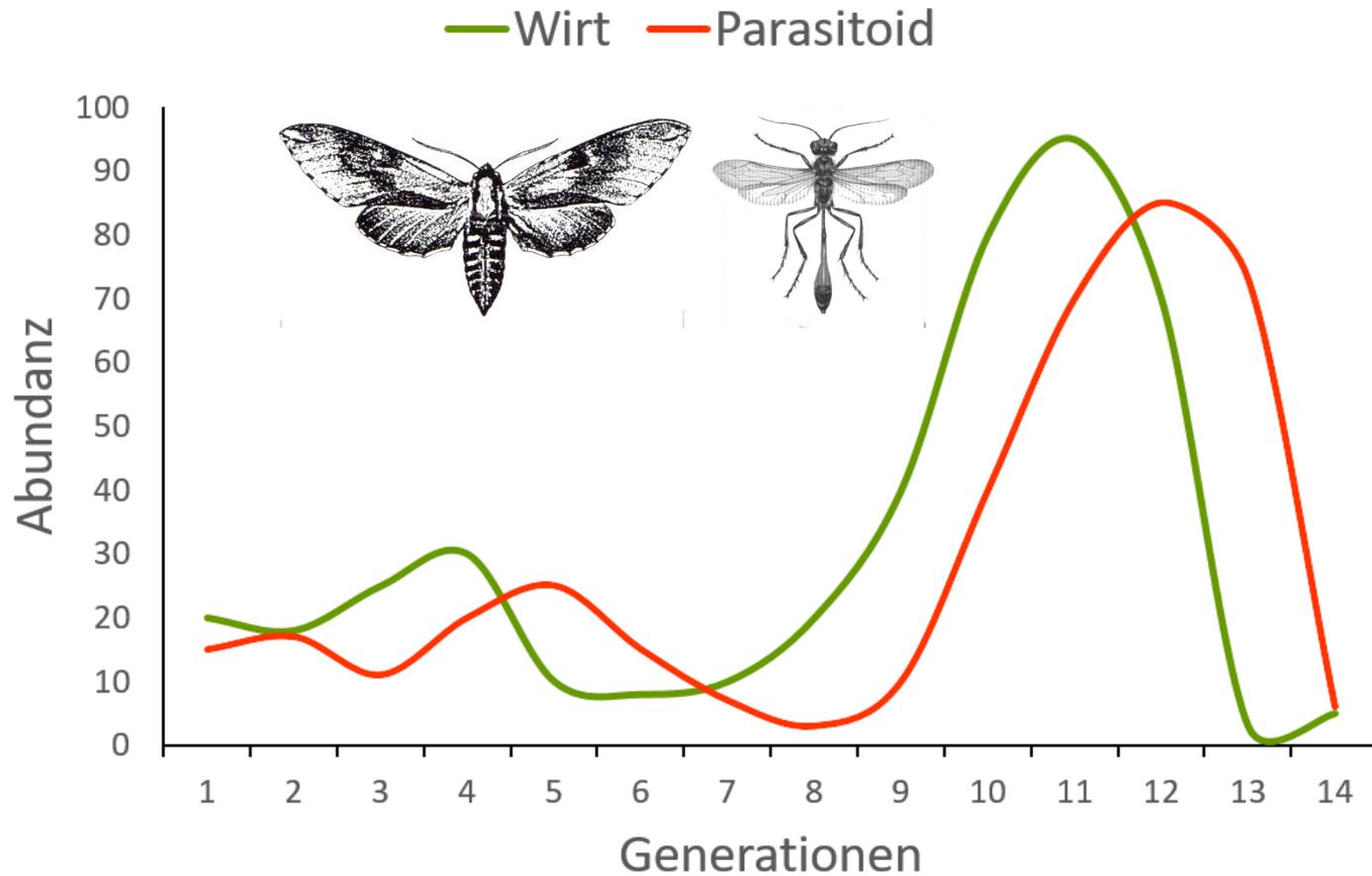
1) Regulatoren in **Abhängigkeit** von Abundanz

- **Intraspezifische Konkurrenz** (Nutzung derselben Ressourcen) oder **Interferenz** (Stresssyndrom, soziale Aggressionen)
- **Antagonisten** (Spezialisten & Generalisten): Parasiten/Parasitoiden; Räuber (Fallensteller, Jäger); Pathogene
- **Induzierte Resistenz** der pflanzlichen Wirte (aktive Abwehr)

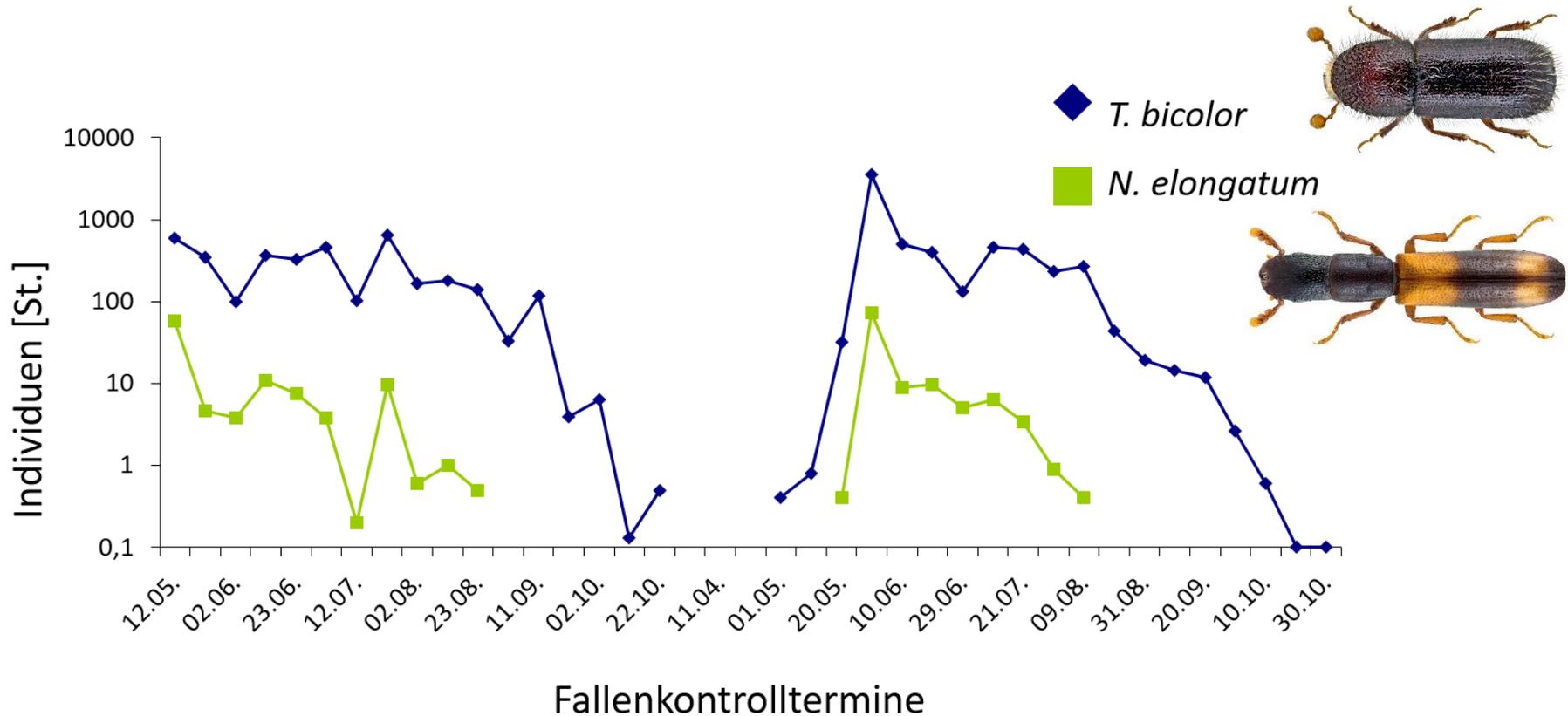
Reaktionen auf Abundanzanstieg (Wirt/Beute)

- 1) Populationsdichte des Antagonisten bleibt stabil; Erhöhung der Mortalität des Wirtes/der Beute ergibt sich aus verbesserter Ernährungssituation (→ funktionelle Reaktion)
- 2) Lokaler Dichteanstieg des Antagonisten durch Aggregationsverhalten (→ Aggregationsreaktion)
- 3) Dichteanstieg des Antagonisten aufgrund vergrößerten Vermehrungspotentials (→ numerische Reaktion)

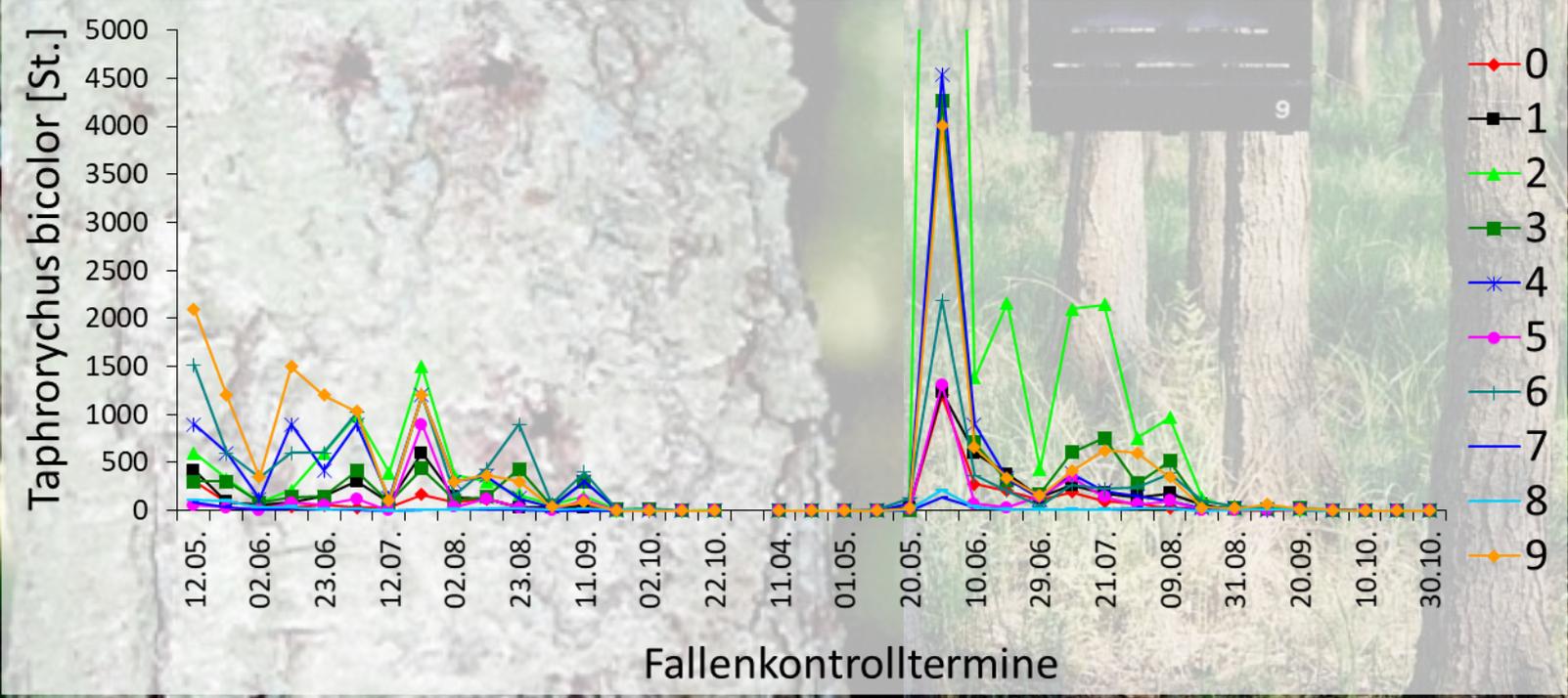
Wirt-Parasitoid-Anpassung (Schema)



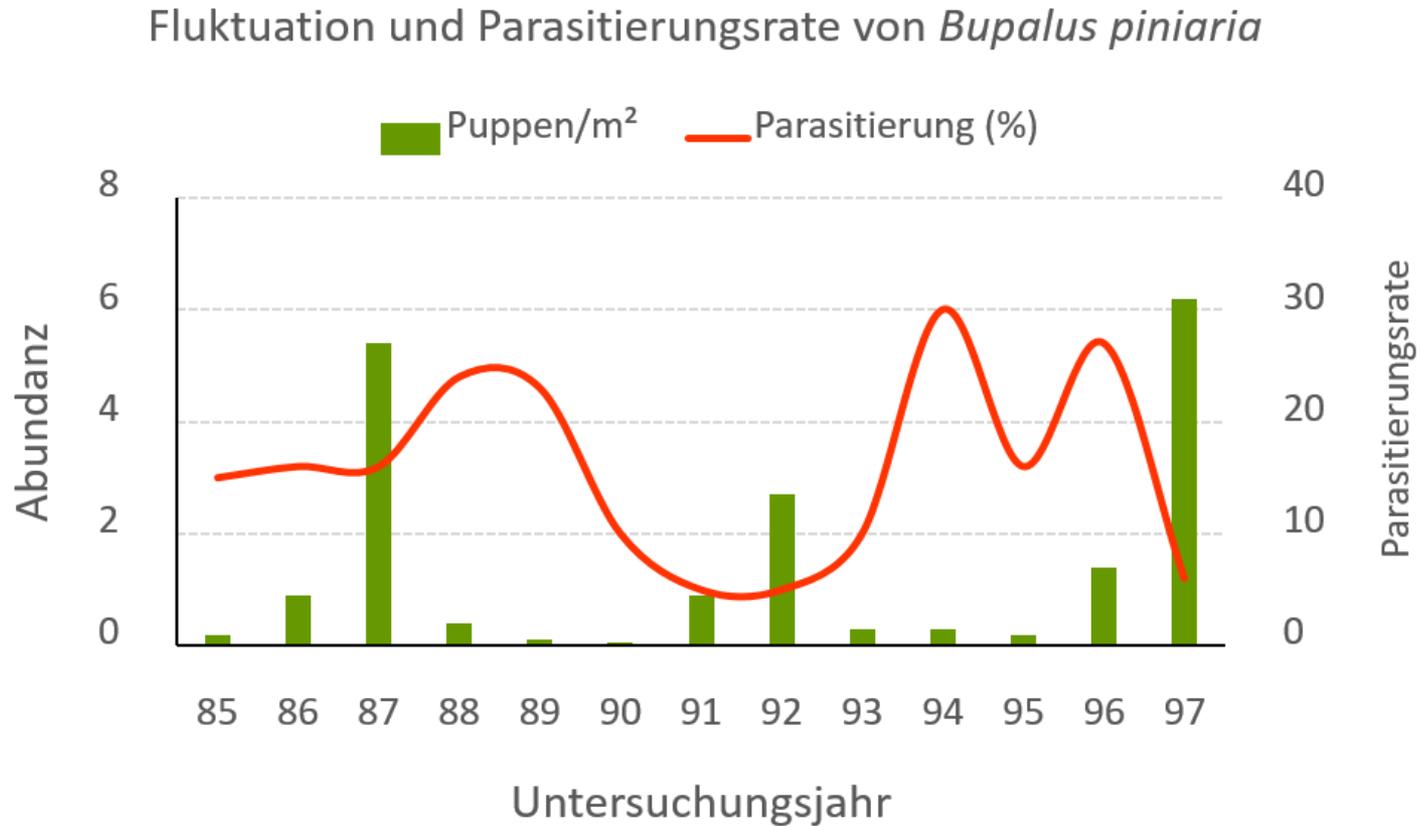
Wirt-Räuber-Anpassung: Beispiel Borkenkäfer



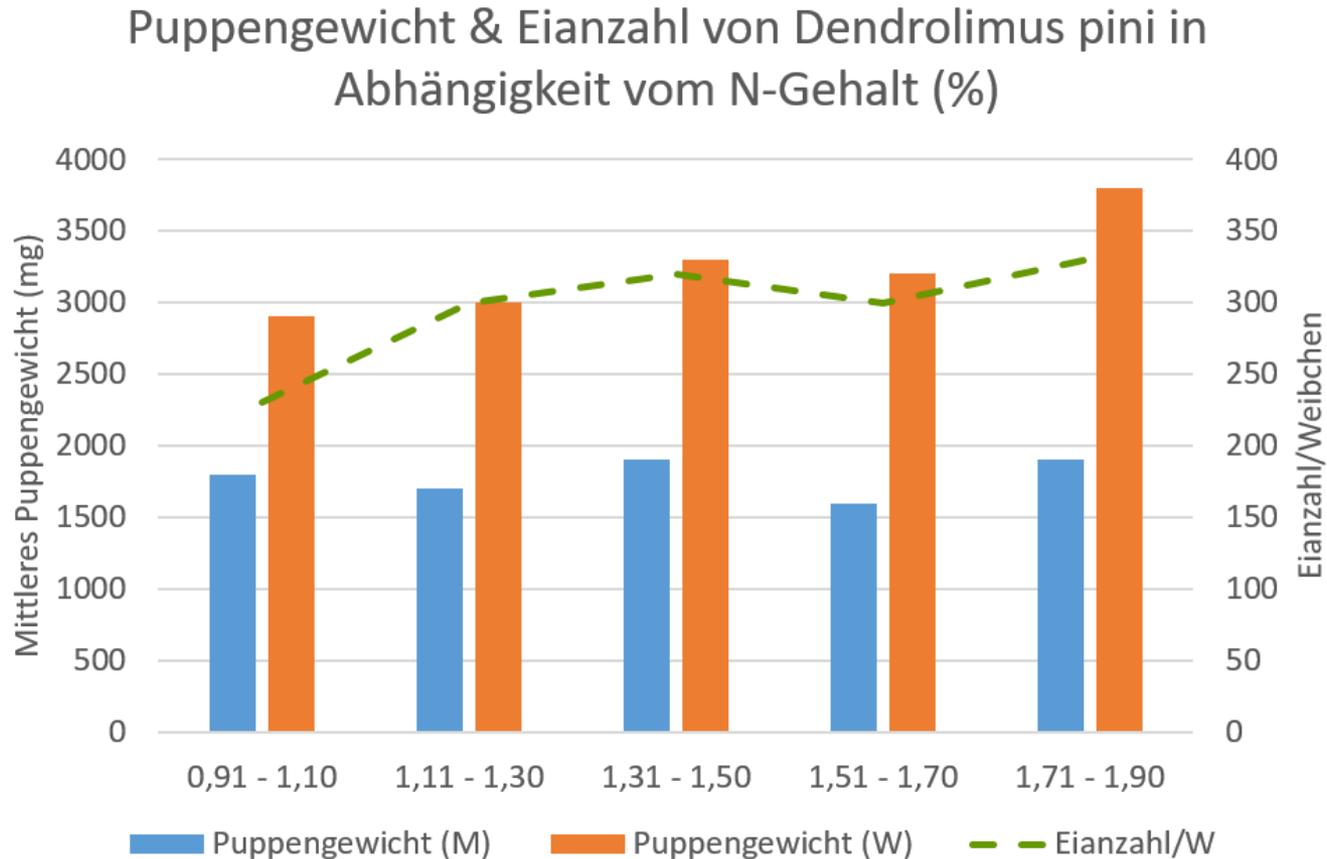
Oszillation (*T. bicolor* incl. Geschwisterbruten)



Parasitierungsrate: Beispiel *Bupalus piniaria*



Populationsdynamik: Nahrungsqualität



Mangel bzw. Ineffizienz der Gegenspieler

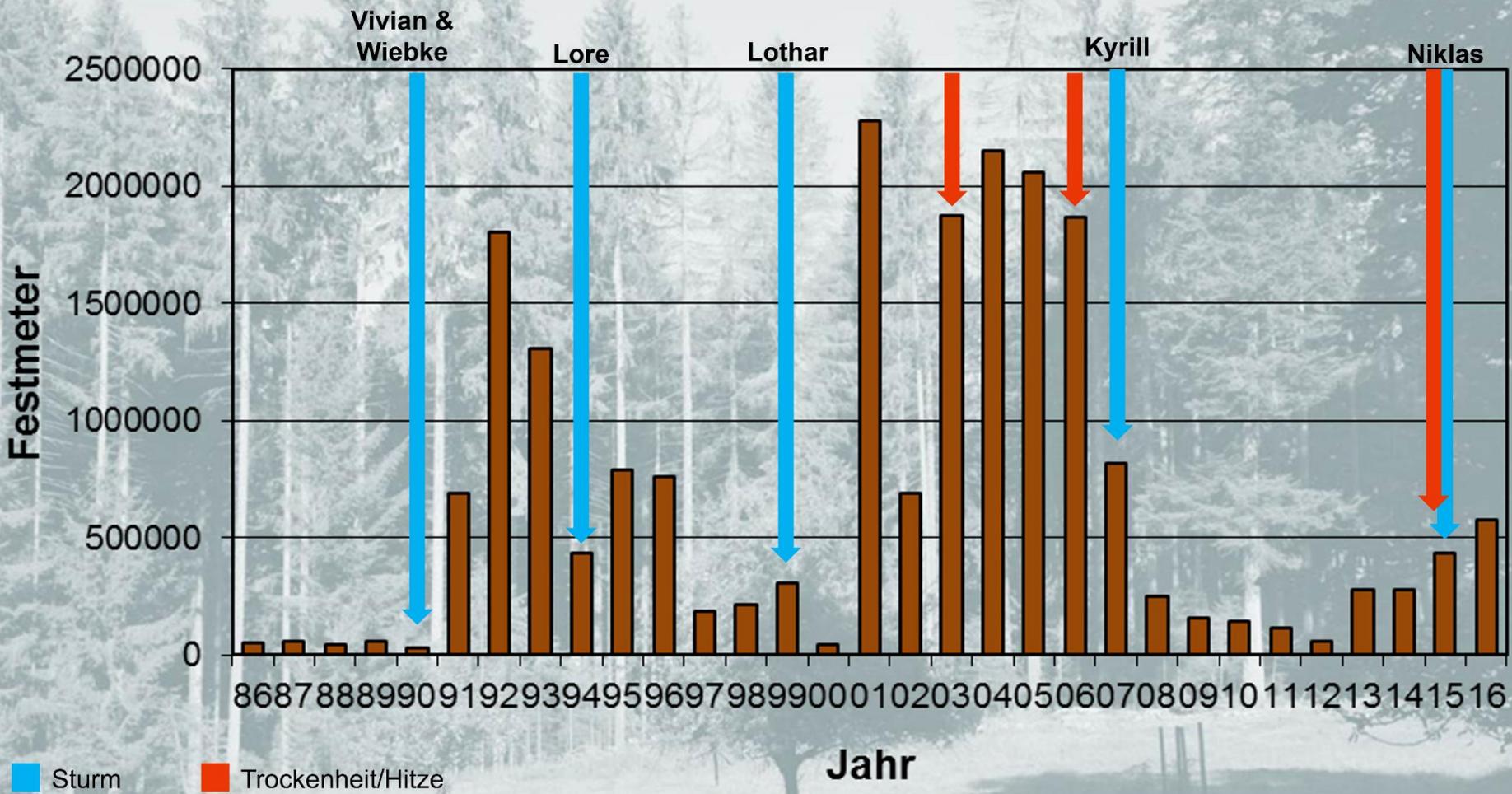
- Ungünstige **Habitatvoraussetzungen** verhindern artenreiches Antagonistenspektrum (z. B. Reinbestände, Einschichtigkeit)
- Mangel an **Brut-, Ruhe- und Versteckplätzen** für prädatorische Wirbeltiere (z. B. Singvögel, Spechte, Schwarzwild, Spitzmäuse etc.)
- Fehlen **pollen- und nektarspendender Blütenpflanzen** für Imagines der Gegenspielerarten (z. B. räuberische/parasitische Lepidoptera und Coleoptera, Schlupfwespen und Raupenfliegen)
- Mortalitätsanstieg der Regulatoren durch **inter- bzw. intraspezifische Konkurrenz** (z. B. Multi-, Super- oder Kleptoparasitismus); Hyperparasitismus (z. B. Milben) oder Krankheitserreger (z. B. Viren, Microsporidien, entomotrophe Pilze)

2) Regulatoren ohne Abundanzabhängigkeit

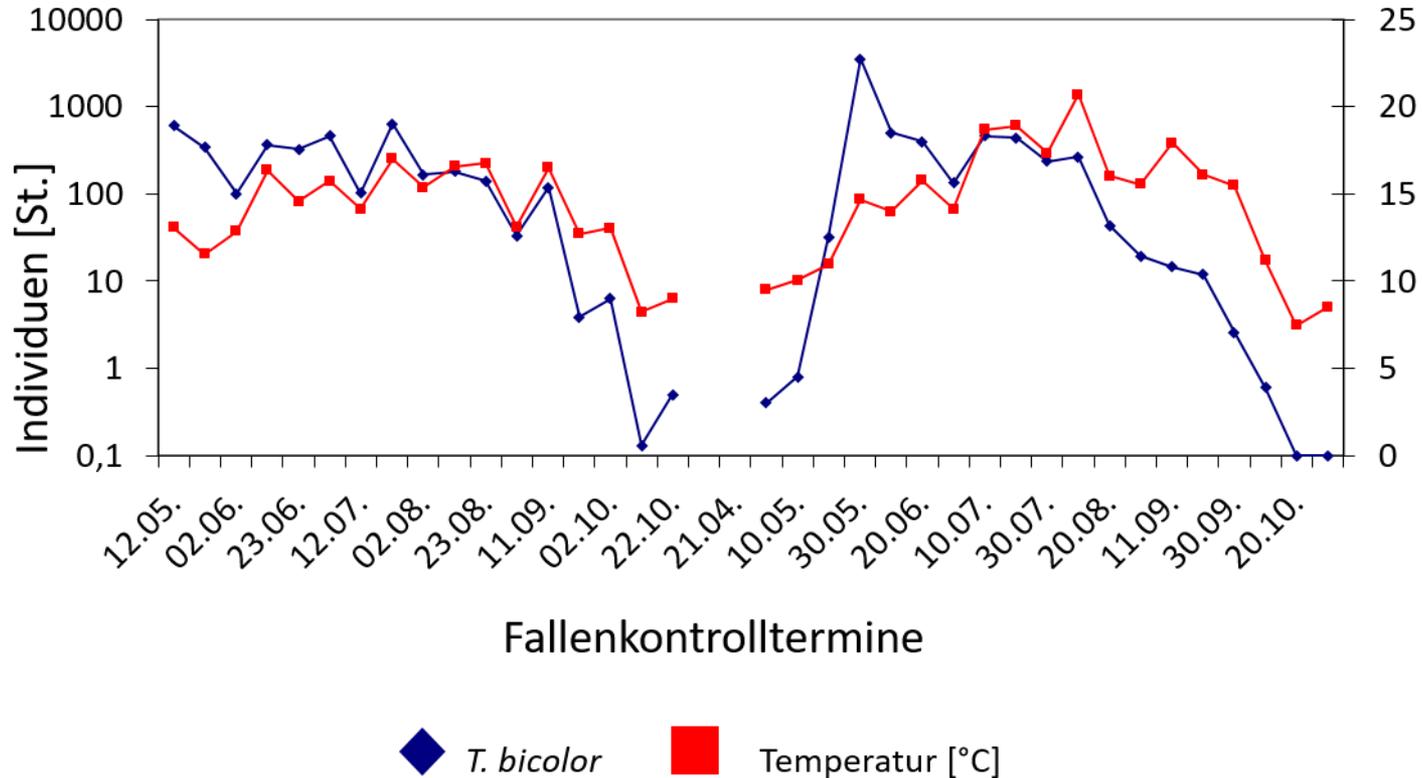
- **abiotische Faktoren**: Klima und Witterung (multifaktoriell: Temperatur, Luftfeuchte/Niederschlag, Sonnenstrahlung, Wind)
- weitere Standortfaktoren (Boden, Höhenstufe, Exposition)
- **biotische Faktoren**: Habitatsvielfalt & -struktur
- **anthropogene Faktoren**: Nutzungs- und Bewirtschaftungsform, Immission und Deposition; Melioration (Düngung, Be- & Entwässerung)

Populationsdynamik: Witterung

Zufällige Nutzung ("Insektenholz") in Fm, Gesamtwald Baden-Württemberg

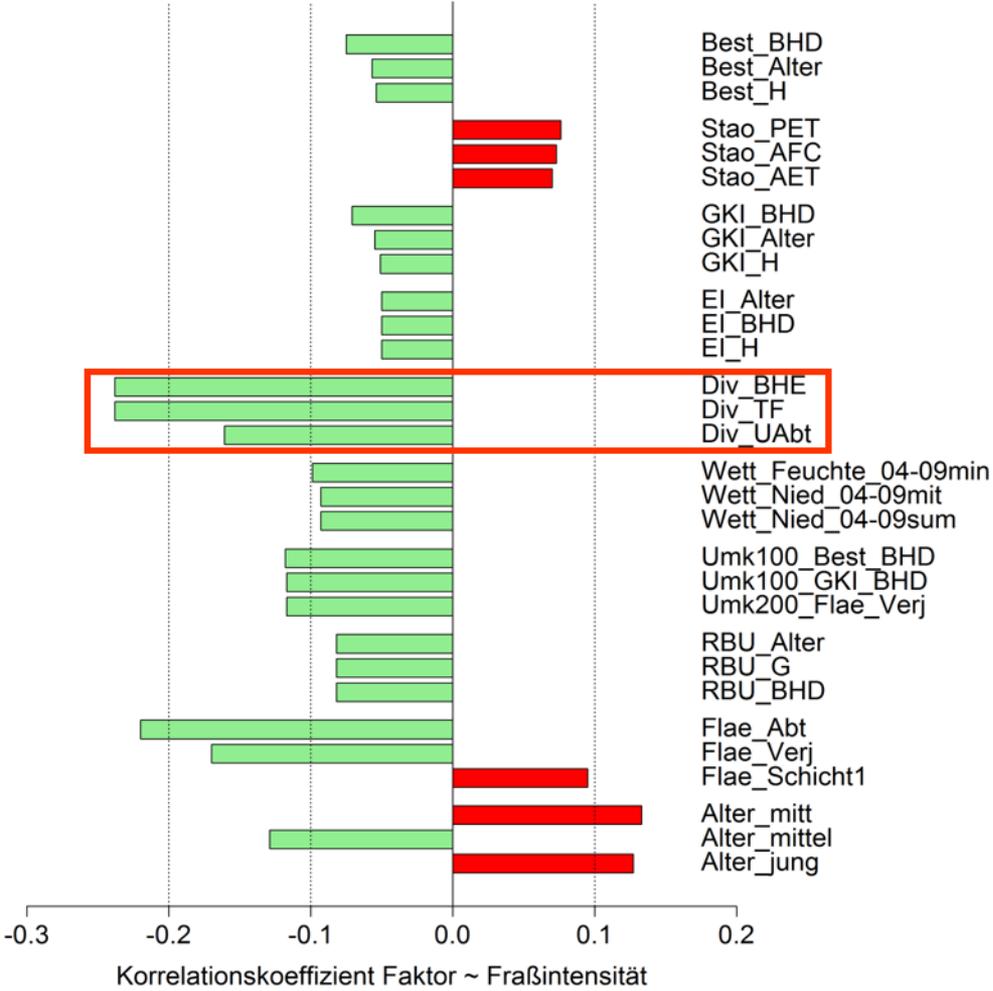


Populationsdynamik: Temperatureinfluss



Populationsdynamik: Bestandeseigenschaften

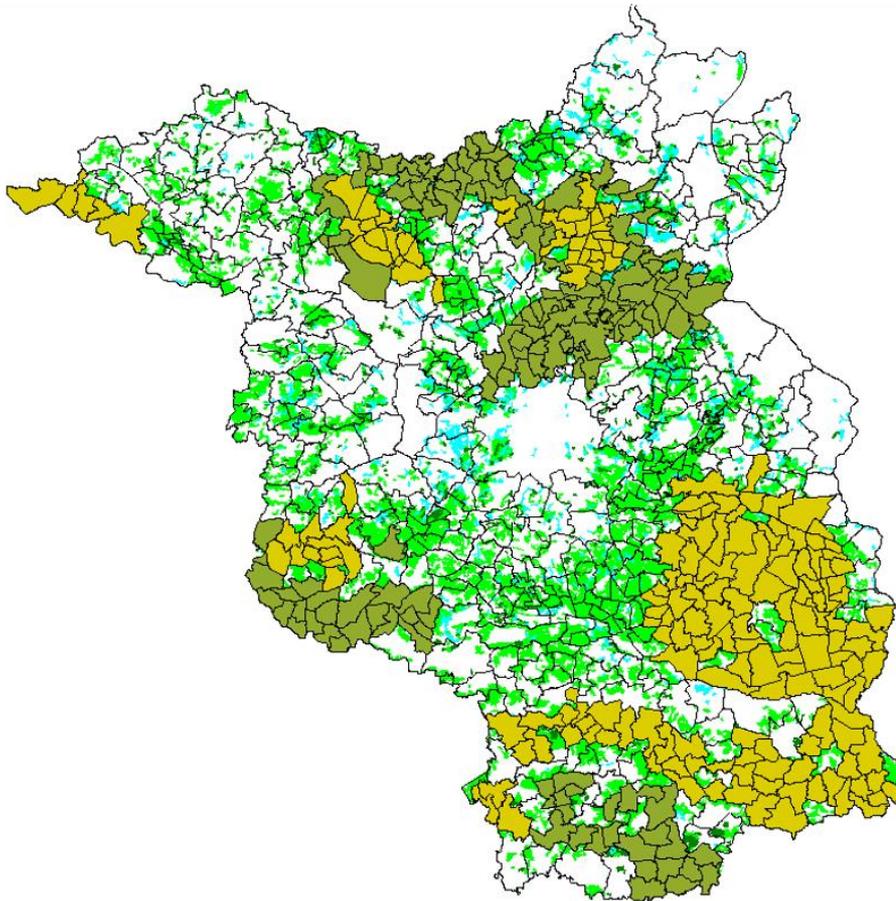
- hohe Diversität (Baumarten) auf Bestandesebene hemmt Populationsentwicklung
- SHANNON-Index für Diversität als Trennungsmaß geeignet (kombiniert Artenzahl und Befallsflächen)
- ökologischer Waldumbau führt zu messbaren Vorteilen für die Waldgesundheit



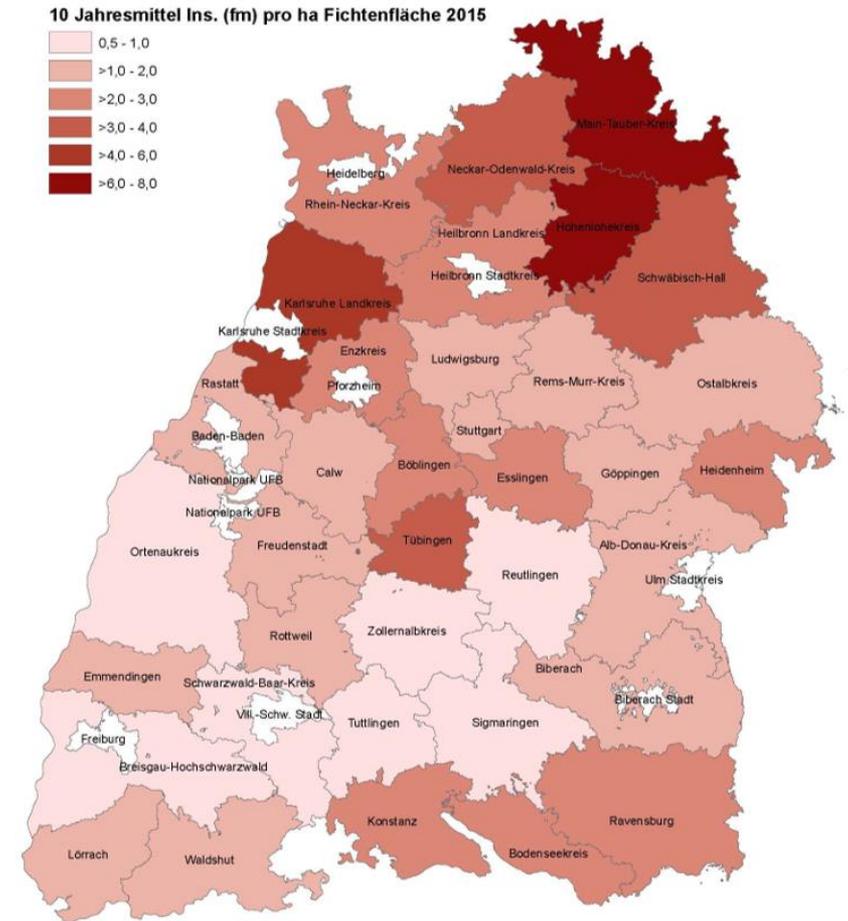
Latenz- & Schadgebiete: Definition

- Fähigkeit für ein hohes Vermehrungspotential ist an Standortbedingungen geknüpft, die enger gefasst sind als die allgemeinen Rahmenbedingungen für das Verbreitungsgebiet einer Art
- Areale, in denen die **Voraussetzungen für eine waldhygienisch relevante Abundanzentwicklung optimal** erfüllt und wiederkehrende Gradationen wahrscheinlich sind, werden als „Schadgebiete“ bezeichnet (Gegensatz: „Latenzgebiete“)
- „Dauerschadgebiete“ sind Schadgebiete mit (nahezu) **permanent hoher Abundanz** bzw. kurzzeitig aufeinanderfolgenden Gradationen

Latenz- & Schadgebiete: Beispiele



Linke Seite: Latenz- & Schadgebiete von *Panolis flammea* in Brandenburg

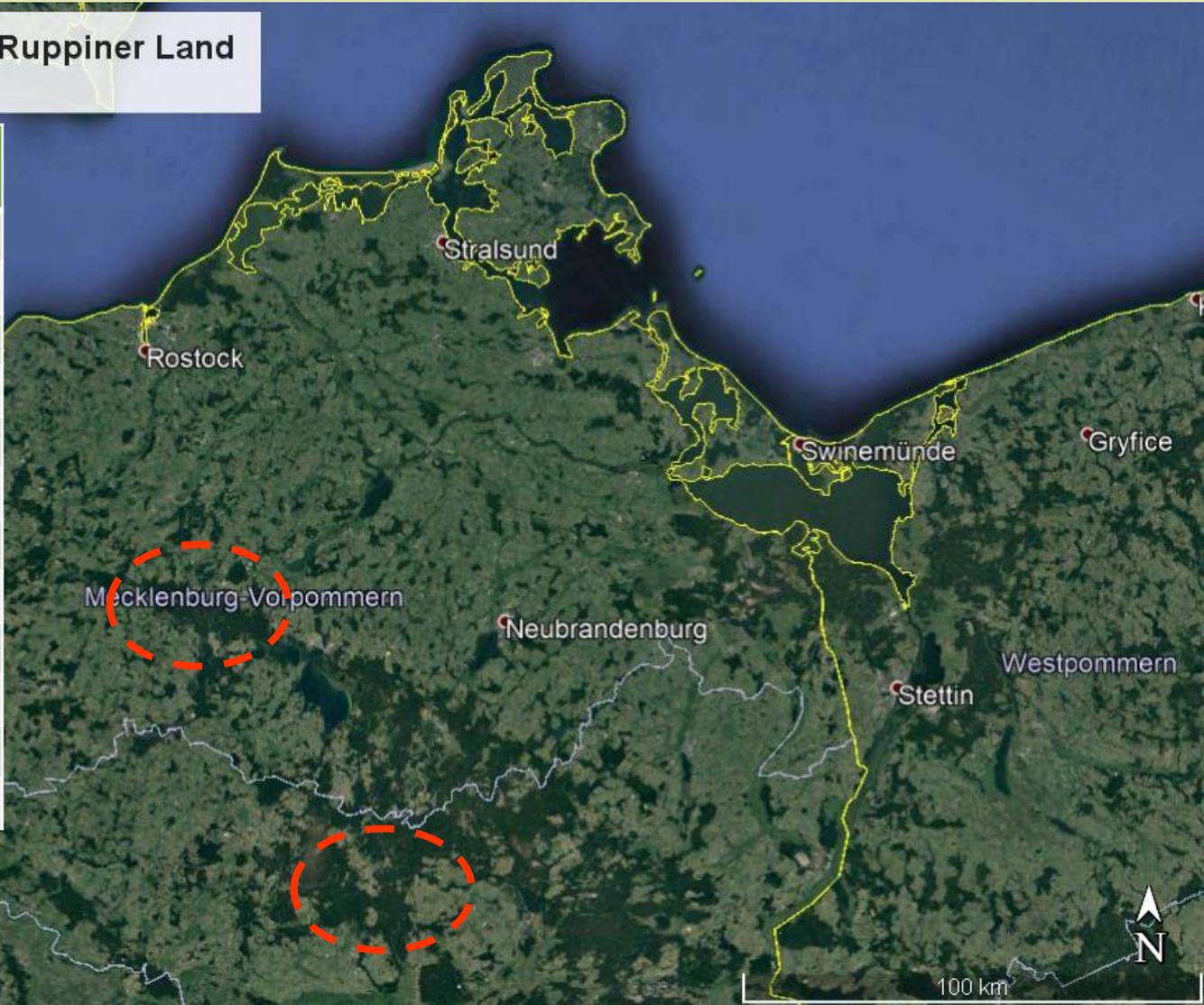


Rechte Seite: Schadgebiete von *Ips typographus* & *Pityogenes chalcographus* in Baden-Württemberg anhand außerplanmäßiger Nutzungen (Fichtenholz)

Dauerschadgebiete: Beispiel *Bupalus piniaria*

Dobbertiner/Nossentiner Heide; Ruppiner Land

Dobbertiner/ Nossentiner Heide	Ruppiner Land
1861 – 1865	1858 – 1869
1871 – 1873	1881 – 1884
1883 – 1885	1888 – 1889
1898 – 1900	1903 – 1906
1905 – 1906	1915 – 1918
1915 – 1918	1925 – 1930
1927 – 1930	...
1937 – 1941	
1946 – 1947	
1954 – 1957	
1963 – 1965	
1976 – 1977	



Google Earth

© 2009 GeoBasis-DE/BKG
 © 2018 Google
 Image Landsat / Copernicus
 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Befalls- & Infektionsherde; Kalamitäten

- Der **Abundanzanstieg** in einer Population erfolgt **vielfach zunächst lokal** und unbemerkt aus der Latenz (**initialer Befallsherd**); wird die progradative Phase in der Folge nicht maßgeblich gestört, kann sich ein Befallsherd (ggf. durch Konfluenz mit anderen Initialherden) zu einem **größeren Befallsgebiet** ausweiten
- die Bezeichnung „**Kalamität**“ findet Verwendung, sofern im Zuge einer Gradation sehr große Befallsgebiete mit **enormen ökologischen und ökonomischen Schäden** entstehen, die eine **reguläre Forstwirtschaft** mindestens temporär **verhindern**
- Ein ähnlicher Prozess wird im Fall einer **Infektionskrankheit** durchlaufen, welche sich nach dem Ausbruch (**Infektionsherd**) unter günstigen Rahmenbedingungen zu einer **Epidemie** entwickeln kann

Borkenkäferherde im Bannwald „Napf“

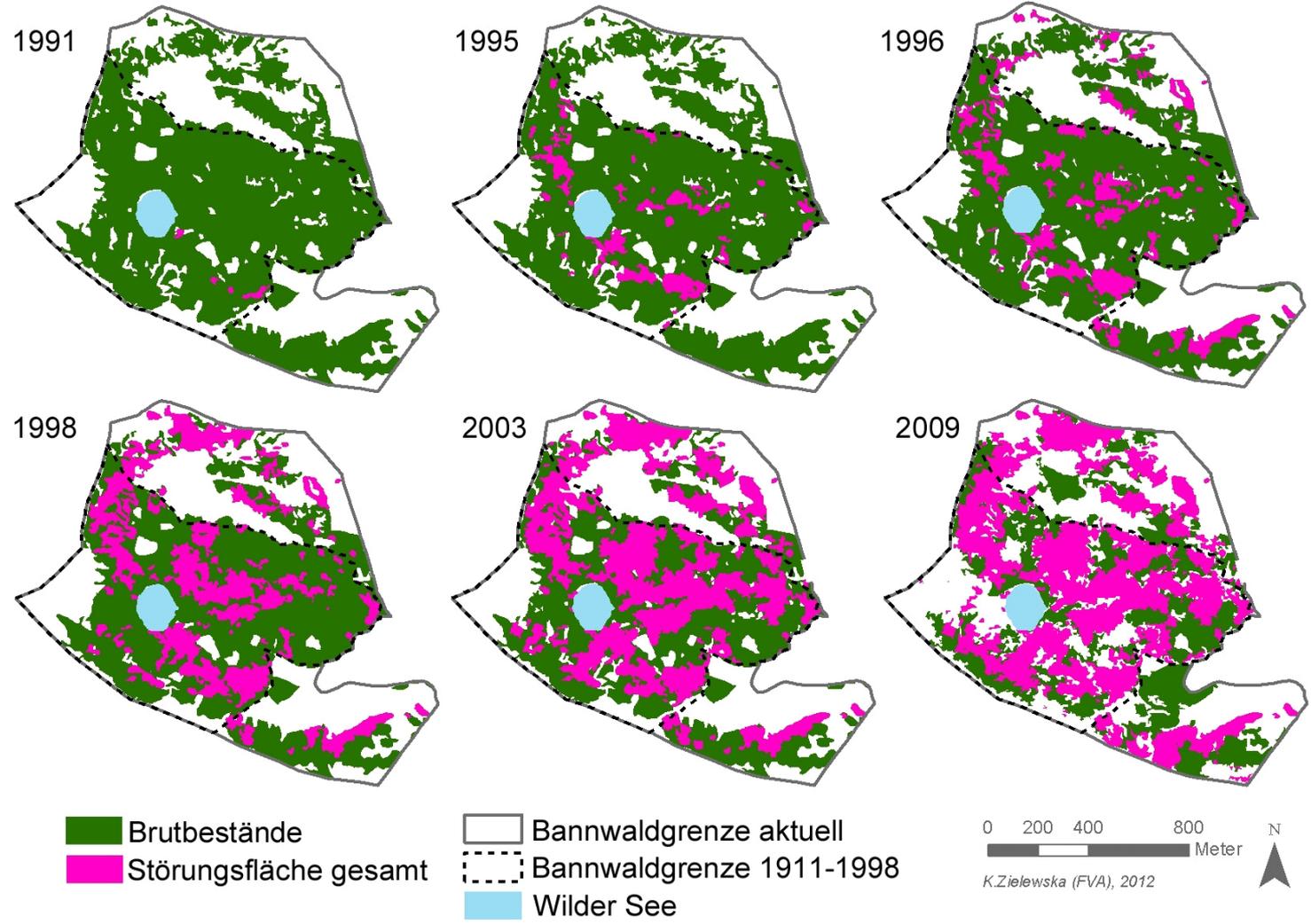


08.04.2025

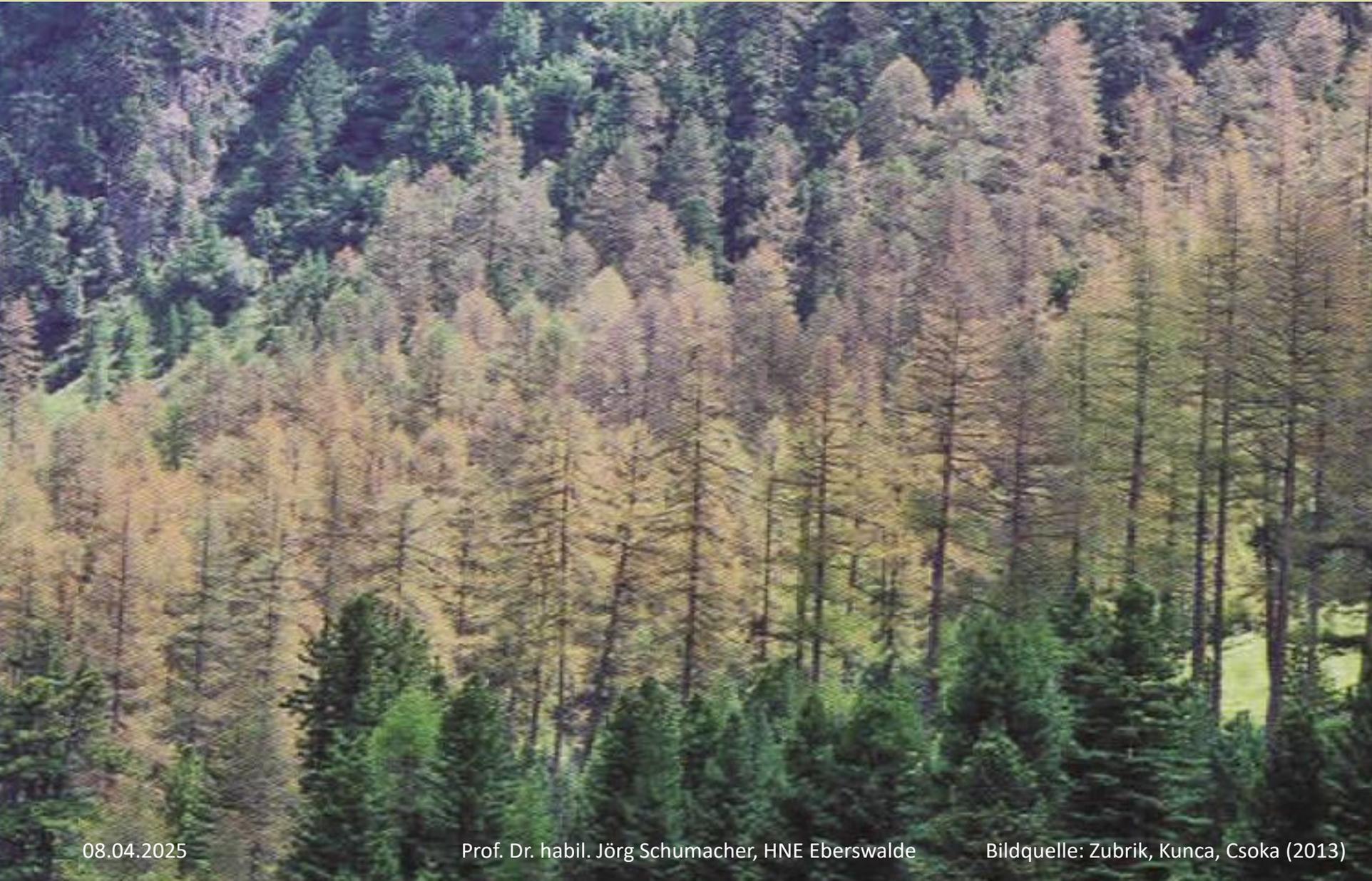
Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Bildquelle: Horst Delb (2017)

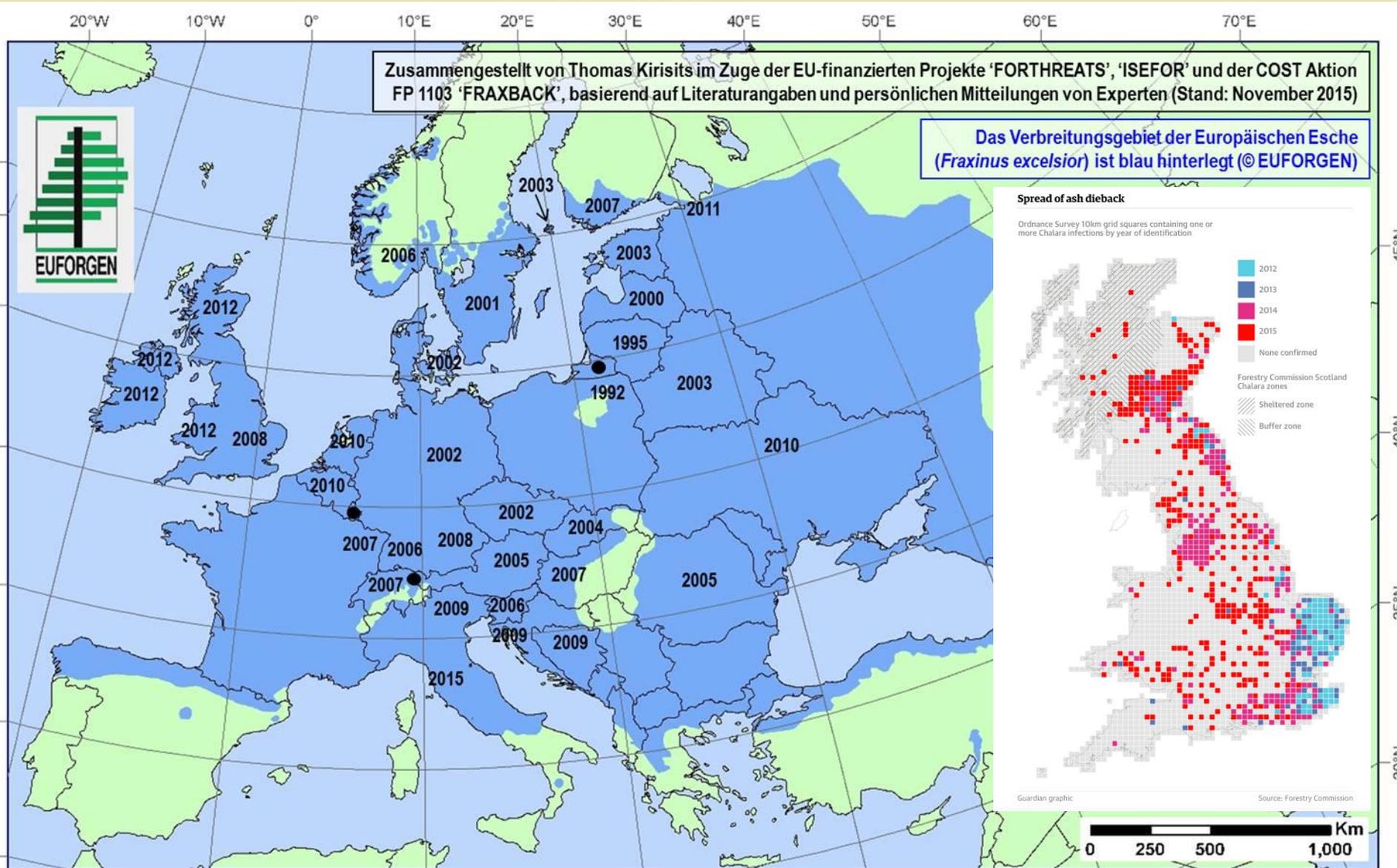
Befallsgebiet „Wilder See-Hornisgrinde“



Befallsgebiet des Grauen Lärchenwicklers



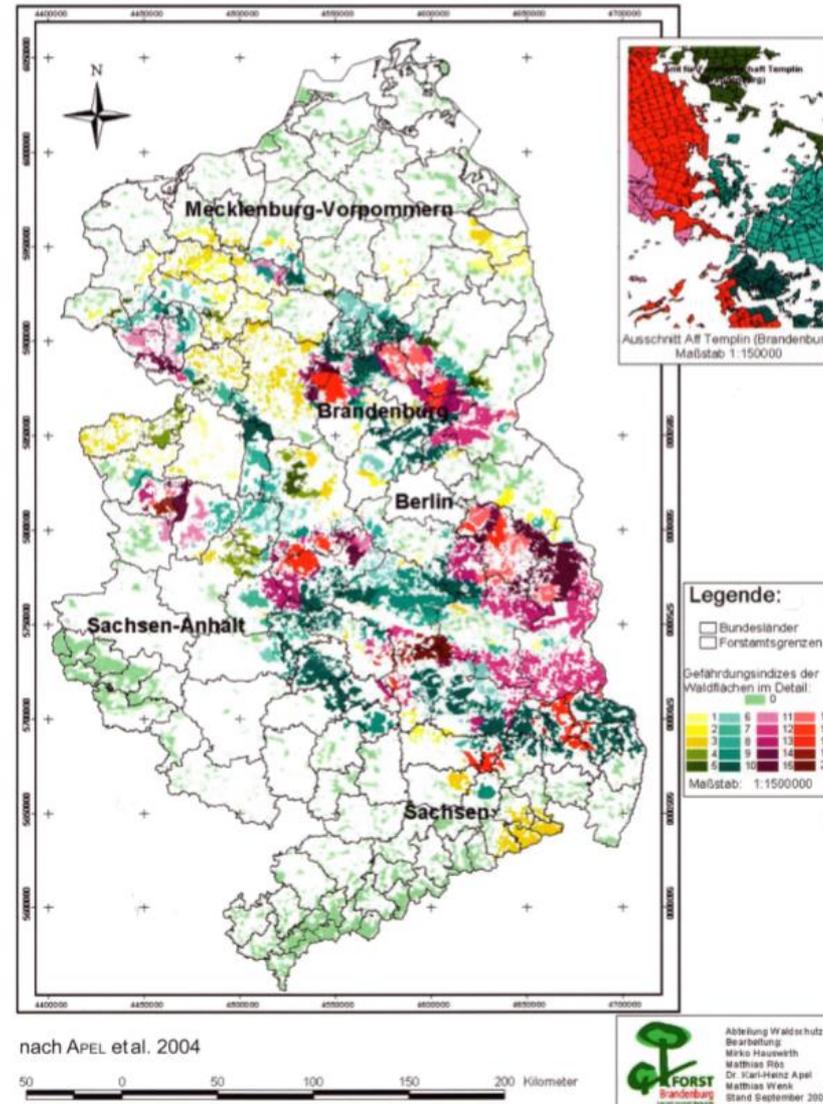
Ausbreitung des Eschentriebsterbens in Europa



Esskastanienrindenkrebs in der Haardt



Risikobewertung anhand Gefährdungsindizes



Teil 4:

Datenerfassung & -auswertung

Ziele der Datenerhebung

- Quantitative Datenerhebung verfolgt z. B. folgende Ziele:
 - **Nachweis invasiv-gebietsfremder** Schadorganismen zur Gefährdungsbeurteilung, Eradikation oder Eingrenzung
 - **Überwachung potentieller** Schadorganismen (einheimisch & gebietsfremd)
 - **Prognose** der **Populationsentwicklung** als Entscheidungsgrundlage für Maßnahmen der Regulation und Therapie
 - Erfassung der **Auswirkungen** von **präventiven** und **kurativen** Maßnahmen (Erfolgskontrolle; Begleit- & Nachwirkungen)

Charakteristik der Daten

- Merkmale der Daten können entsprechend der Spezifik (Schadorganismus, Wirt) sowie der unterschiedlichen Zielsetzungen sowohl **quantitativ** als auch **qualitativ** sein:
 - Vorkommensnachweis, Dichte, räumliche Verteilung
 - Ausbreitungsdistanz, Ausbreitungsgeschwindigkeit
 - Altersstruktur, Gesundheitszustand/Fitness, Fertilität
 - Anzahl befallener bzw. erkrankter Wirtsbäume

Dichtebestimmung

- Hilfsmittel der **Dichtebestimmung** von Populationen ist z. B. Rückfangtechnik:
 - **Lincoln-Index**:

$$p = \frac{m * n}{t}$$

p: Gesamtpopulation

m: Anzahl markierter, freigelassener Individuen

n: Gesamtrückfang

T: Rückfang markierter Individuen

Dichtebestimmung (Beispiel Borkenkäfer)



06/07/2016 15:22

Dichtebestimmung: relative Dichte

- Vielfach wird (Epidemiologie, Populationsökologie) Infektion bzw. Besiedlung (Befall) auf Objekte bezogen, die mit schädigendem Organismus (z. B. Insekt, Pathogen) in Beziehung stehen, z. B.:
 - Knospe, Blatt/Nadel
 - Trieb, Zweig, Ast
 - Wurzelfraktion
 - Bodenfläche, Rindenfläche
 - Wirtsbaumanzahl
 - Fallenanzahl, Umfang Leimbänder
- Individuen, Befallsstellen etc. pro Einheit = **relative Dichte**

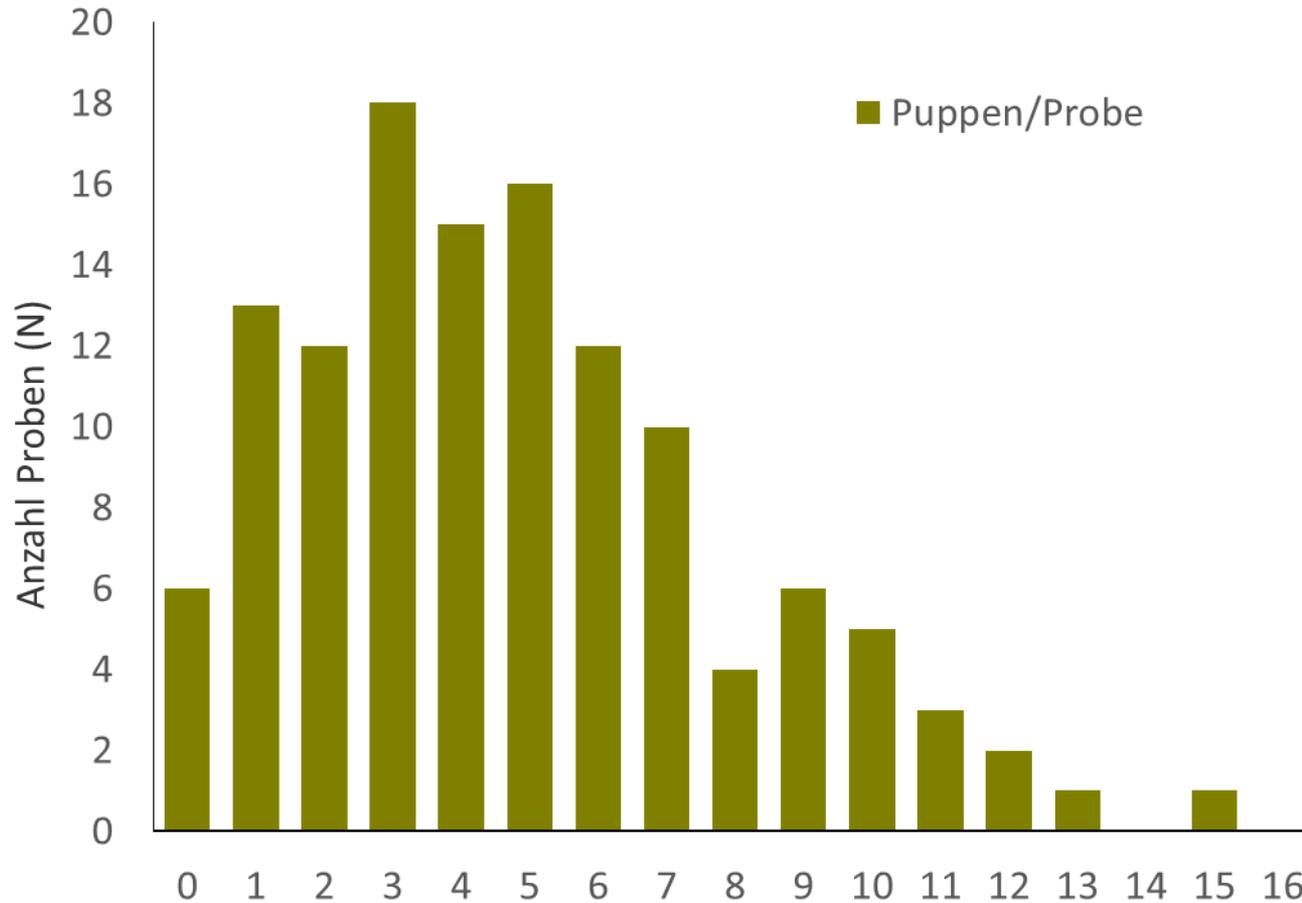
Dichtebestimmung: Stichproben

- Populationsgrößen und Infektionsgrad werden anhand von **Stichproben** geschätzt (Summe aller Einzelstichproben = Gesamtstichprobe); Anzahl und Größe der Einzelstichproben sind limitiert (Aufwand, Aussagekraft); elementare Anforderungen sind:
 - jede Stichprobe ist für das betrachtete Kollektiv **repräsentativ**
 - Stichprobenerhebung erfolgt **unabhängig** (jedes Glied ist mit derselben Wahrscheinlichkeit vertreten)
- in **inhomogener** Grundgesamtheit erfolgt **Stratifizierung** (z. B. Baumklassen) und anschließende **Gewichtung**:
 - **Stichprobenplan** (Charakter, Größe, Anzahl & Verteilung der Einzelproben) ist Bestandteil des Waldschutzmeldewesens

Dichtebestimmung: Stichproben

- **Verteilung von Populationen** unter realen Bedingungen (Gesamtheit einwirkender Umweltfaktoren) zumeist **extrem ungleichmäßig** (→ keine Normalverteilung, daher Anwendung standardisierter Schätzverfahren unmöglich)
- Möglichkeit der **logarithmischen Transformation** der Rohdaten bei häufiger negativer Binominalverteilung (Versuch der Datenangleichung an Normalverteilung, Varianzunabhängigkeit vom Mittelwert)

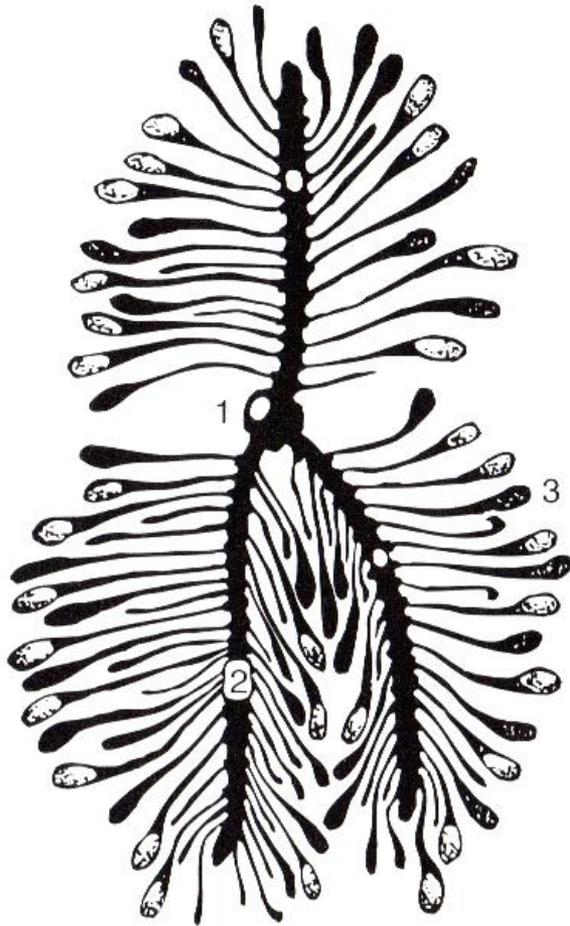
Empirische Verteilung: Beispiel *Panolis flammea*



Analyse dynamischer Entwicklungen

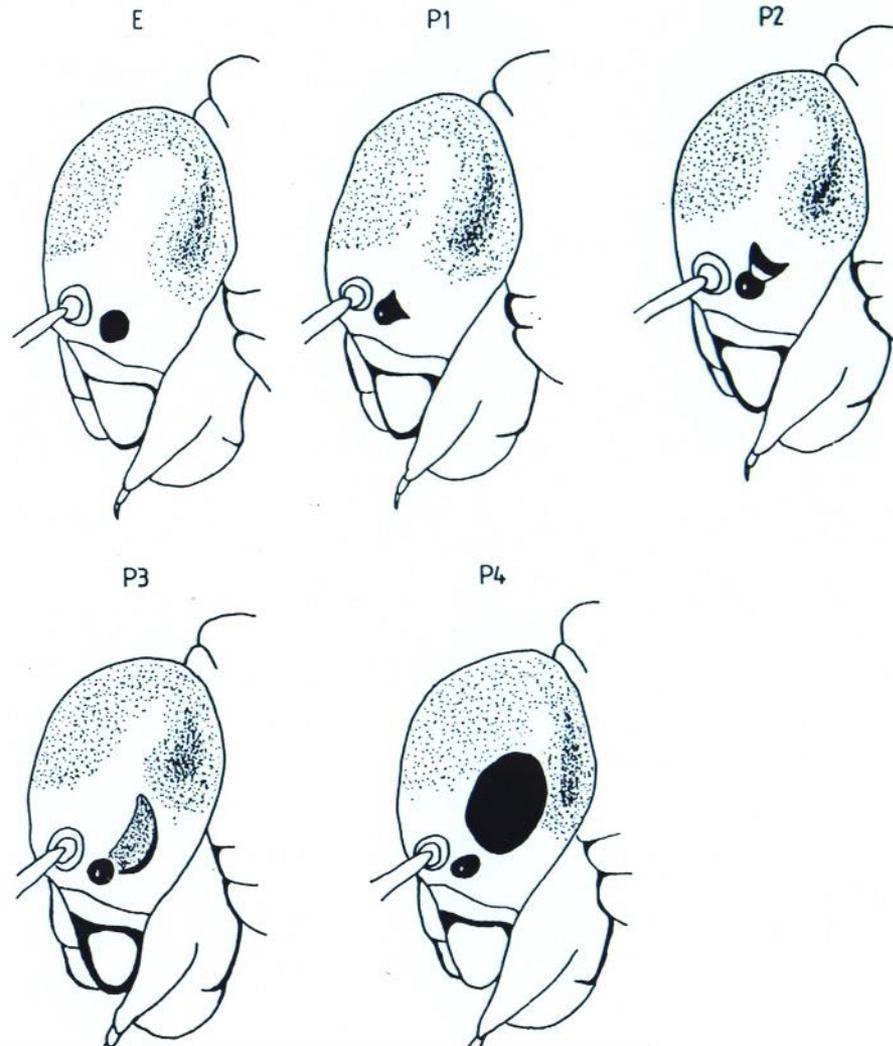
- Voraussetzungen für Abbildung der Populationsdynamik (Modellierung) sind:
 - diskrete Fortpflanzungsperioden
 - annähernd synchrone Entwicklung
 - Ortstreue
 - weitgehend konstante Einflussfaktoren (Zuwanderung, Mortalität)
- Ermittlung der Populationsdichte erfolgt **mehrfach im Verlauf einer Generation** (Oszillation) zu Zeitpunkten **solider Repräsentanz** jeweiliger Entwicklungsstadien
- Identifizierung des **Schlüsselfaktors** (wichtigster Einfluss) anhand mehrerer Populationsgleichungen (z. B. über Gradation)

Ermittlung der Populationsdynamik

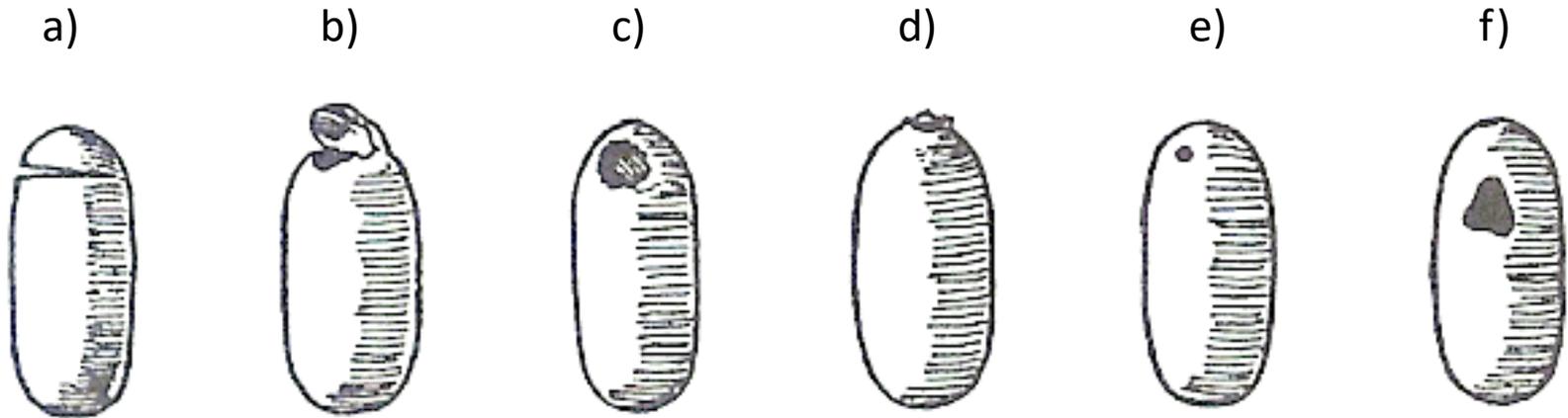


Ort	Stadium/Geschlecht	Anzahl	Bemerkung
1	Rammelkammer ♂♂	1	
2	Muttergänge ♀♀	3	♀/Gang: 1
	mit Einischen Eier	108	
3	Larvengänge Larven	103	Ausfall Raumkonkurrenz: 50 Ausfall sonstige Ursachen: 22
	mit Puppenwiegen Puppen/Jungkäfer	31	

Ermittlung der Populationsdynamik

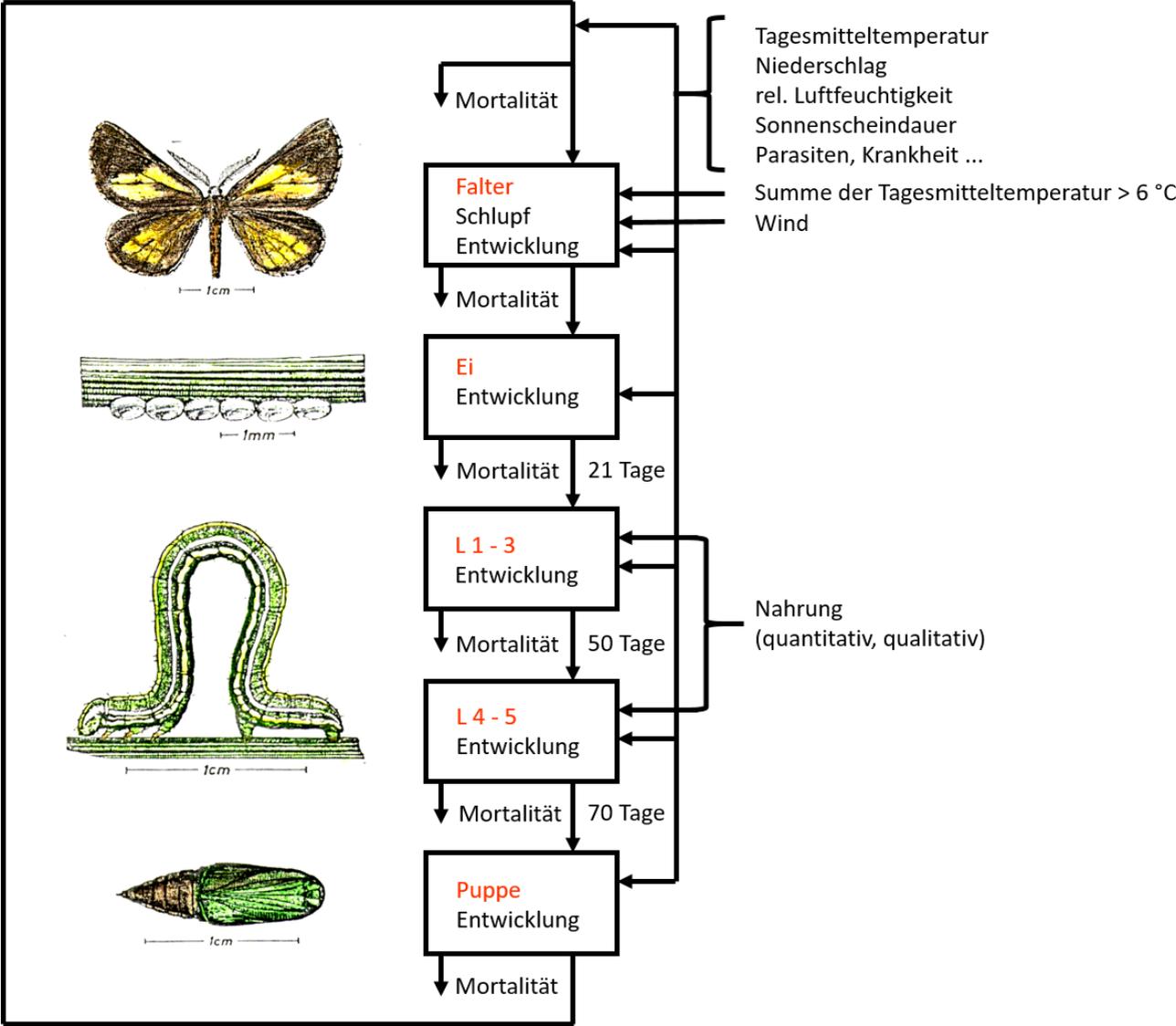


Ermittlung der Populationsdynamik



- a) Blattwespe **schneidet** Kokon **kreisförmig** auf (gesunde Entwicklung!)
- b) Mäuse **quetschen** Kokon und nagen ihn **schlitzförmig** auf
- c) Schlupfwespen (Parasitoiden) nagen **polseitig faseriges** Loch
- d) Raupenfliegen (Parasitoiden) verlassen Kokon **polseitig** durch **kreisrundes** Loch (i.d.R. als Larve)
- e) Erzwespen (Parasitoiden) hinterlassen (mehrere) **kleine** Ausbohrlöcher
- f) Drahtwürmer (Räuber) nagen **längliche** Einbohrlöcher mit **aufgebrochenem** Rand

Oszilationsdynamik (Beispiel *Bupalus piniaria*)





DANK