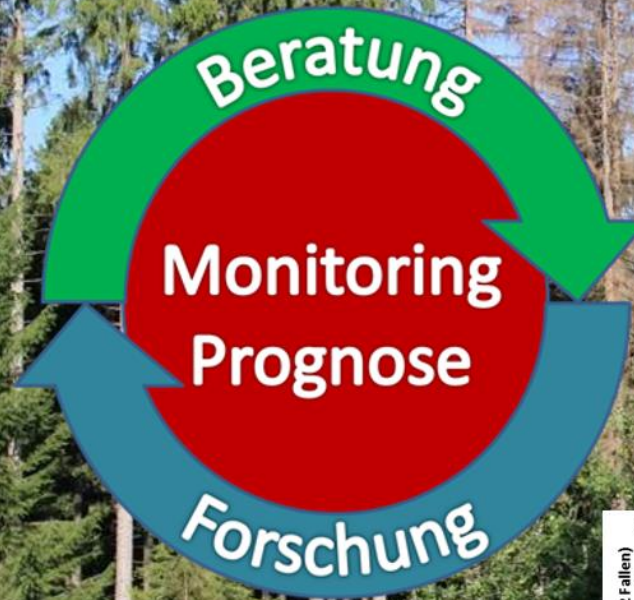
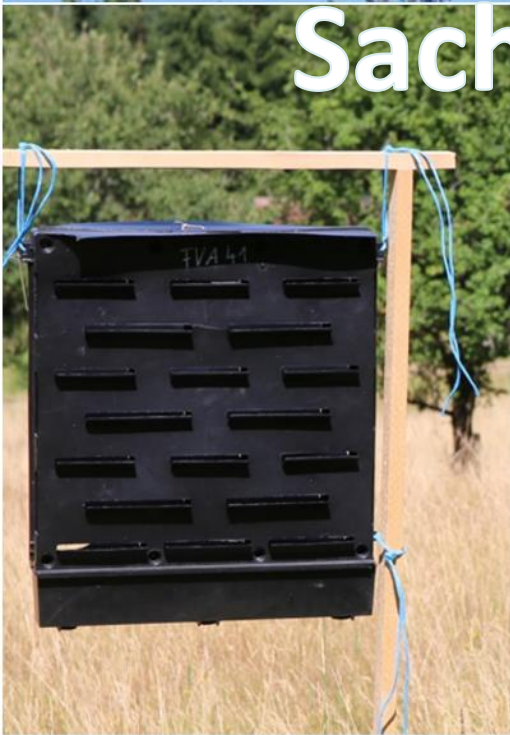
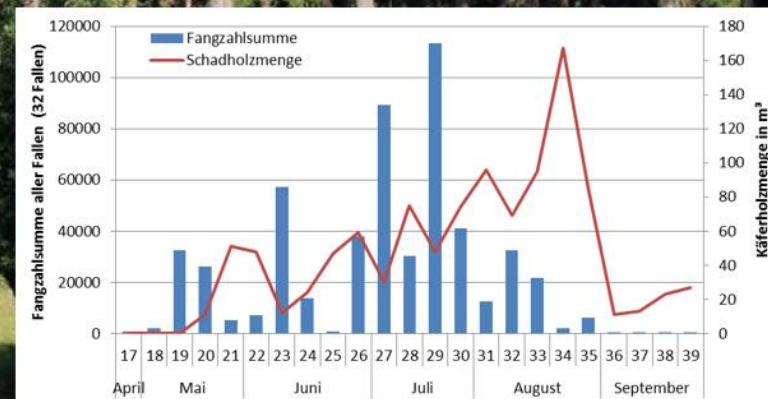


Waldgesundheit & Sachkunde Phytomedizin



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 25.03.2025: Waldökol. Grundlagen...

- Teildisziplinen, Kernkompetenzen, Aufgaben und Bedeutung des aktuellen Waldschutzes; bedeutende **Waldschutz-Epochen** (18./19. Jahrh.; 20. Jahrh.; Ende 20. Jahrh. bis Gegenwart)
- Gegenwärtige **Institutionen** des Waldschutzes (Univ./Hochschulen; Bundes-/Landeseinrichtungen); **Struktur** der **Aufgabenorganisation** im Waldschutz
- Teil 2: **Waldökologische & phytomedizinische Grundlagen**: Besonderheiten Ökosystem Wald; r- & K-Strategien; Begriffe „Stabilität/Elastizität“, „Labilität/Resilienz“ (Einfluss Diversität), „Schaden“
- Schadensvoraussetzungen, Schadensfolgen, Ursachen/Verursacher von Schäden, **abiotisch/biotische Schadfaktoren**, **Prä-/Disposition**, **Toleranz & Resistenz** (Beispiele); **Scheinresistenz**, **exogene & induzierte Resistenz** (Beispiele); Vergleich Resistenz (**aktiv, passiv**) ↔ Immunität

Biochemischer Schutz

- Wirkung der Inhaltsstoffe z. B.:
 - a) **verändernd** (verschlechternd) in Bezug auf die Nahrungsqualität
 - durch Verminderung/Modifikation der Nährstoffe
 - durch Erhöhung der Abwehrstoffanteile in pflanzlicher Nahrung
 - z. B. **lösliche Kohlenhydrate** (höhere Zuckergehalte wirken fraßstimulierend) oder **Stickstoff** (essentiell für Aufbau von Aminosäuren/Proteinen); Anteil an **Zellulose/Hemizellulosen** ist hingegen **negativ** mit Verwertbarkeit **korreliert**
 - b) **unmittelbar toxisch** (mitunter letal); vgl. kurzlebige Gräser/Kräuter vers. langlebige Gehölzpflanzen
 - c) **repellent** (vergrärend)

Sekundärmetaboliten

- z. B. Phytohormone, Coenzyme, Gerüstsubstanzen (Lignin), Farb- und Signalstoffe (semiochemische Informationsstoffe) → dienen nicht direkt dem Stoffaufbau bzw. Stoffkreislauf; Abwehrstoffsynthese wenig aufwendig, jedoch zumeist unspezifisch und daher quantitativ

- 1) **Tannine** (phenolische Verbindungen; Grundstruktur: Flavan)
 - a) **hydrolyisierbar** (Derivate der Gallussäure, Hexahydroxydiphensäure)
 - b) **kondensiert** (polymerisiert, z. B. Procyanidin)
 - häufig in irreversiblen Verbindungen mit Proteinen (→ Gerbstoffe) adstringierend
 - z. T. toxisch (schädigen Darmepithel, begünstigen Infektionen)
 - Tannin-Gehalt nimmt im Jahresverlauf und mit Blatt-/Nadelalter individuell z. T. deutlich zu (z. B. EI: von 0,5 auf 6 %)

Sekundärmetaboliten

- 2) **Terpene und Terpenoide** (Kohlenwasserstoff-Derivate des Isopren)
 - in ätherischen Ölen v. a. in Nadelgehölzen enthalten
 - Abwehrfunktionen, Wachstumsregulatoren, Lockstofffunktion (z. B. Pinen: Wirtsfindung bei Borkenkäfern nach Umwandlung)

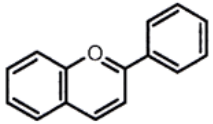
- 3) **Harze** (Gemische aus flüchtigen und nicht-flüchtigen Terpenoiden: Oleoresin)
 - Abwehr sowohl physikalisch („Ausharzen“) als auch biochemisch (repellent bis toxisch) gegen Phytophage und Pathogene
 - Primärharz in Harzzellen differiert von sekundärem Wundharz (Monoterpen-Zusammensetzung)
 - physiologisch geschwächte Wirte zeigen verminderte Abwehr

Ausharzen, traumatische Harzkanäle

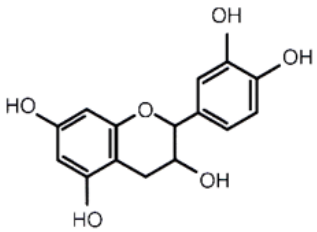


Sekundärmetaboliten

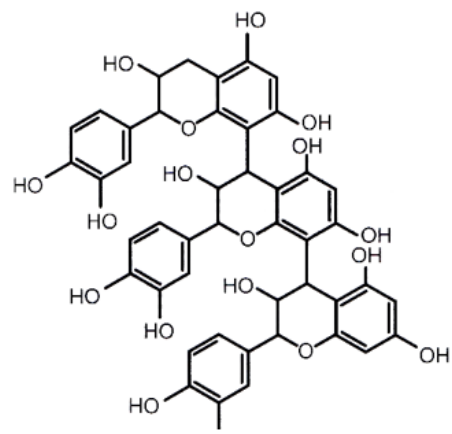
Tannine



Flavan

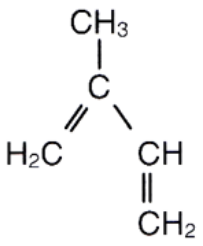


Cyanidin:
Anthocyanidin
(Blütenfarbstoff)

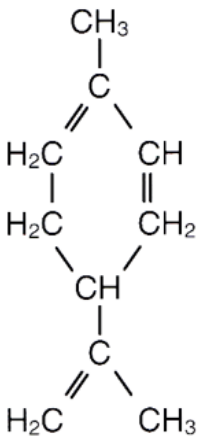


Procyanidin: kondensiertes Tannin

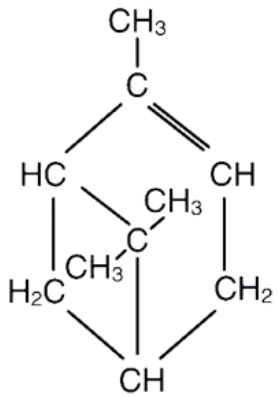
Terpene



Isopren



Limonen



α-Pinen

ätherische Öle

Eigenschaften von Schadorganismen

- Heimische Gehölze werden grundsätzlich (aber in unterschiedlicher Weise) von zahlreichen parasitischen (phytophagen oder phytopathogenen) Organismen genutzt; ein lediglich geringer Teil beeinträchtigt die Wirte wie folgt existentiell:
 1. **qualitativ**: spezifische Schädigung (i.d.R. Ernährungsweise) beeinträchtigt erheblich (ggf. letal) die Lebensfunktionen
 2. **quantitativ**: Schadorganismus tritt in großer Anzahl/Stärke auf

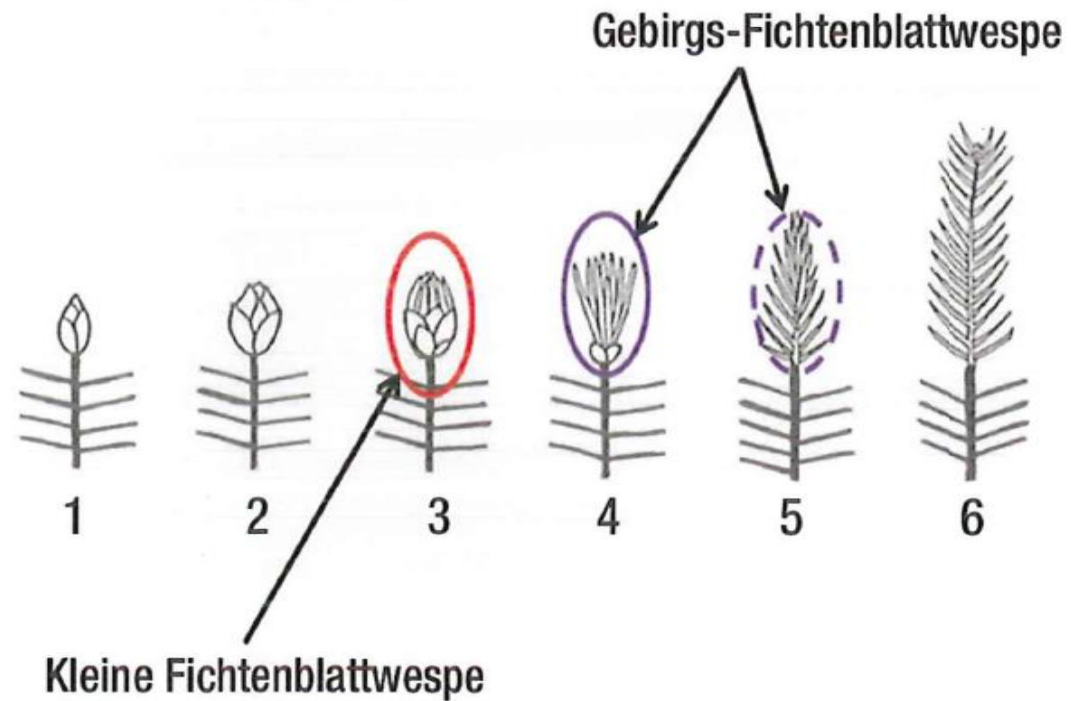
Umstände des Zusammentreffens

- **Koinzidenz**: zeitlich-räumliches Zusammenfinden der Wirtspflanzen (Gehölze) und Schadverursacher (→ Gegensatz: Inkoinzidenz); erfolgt gezielt durch:
 - **optische Reize** (z. B. Habitus, Oberflächenstruktur, Farbe des Wirtes)
 - **akustische Reize** (z. B. intraspezifisch zwischen Geschlechtspartnern)
 - **biochemische Reize** (Semiochemikalien: Signalstoffe, Botenstoffe)

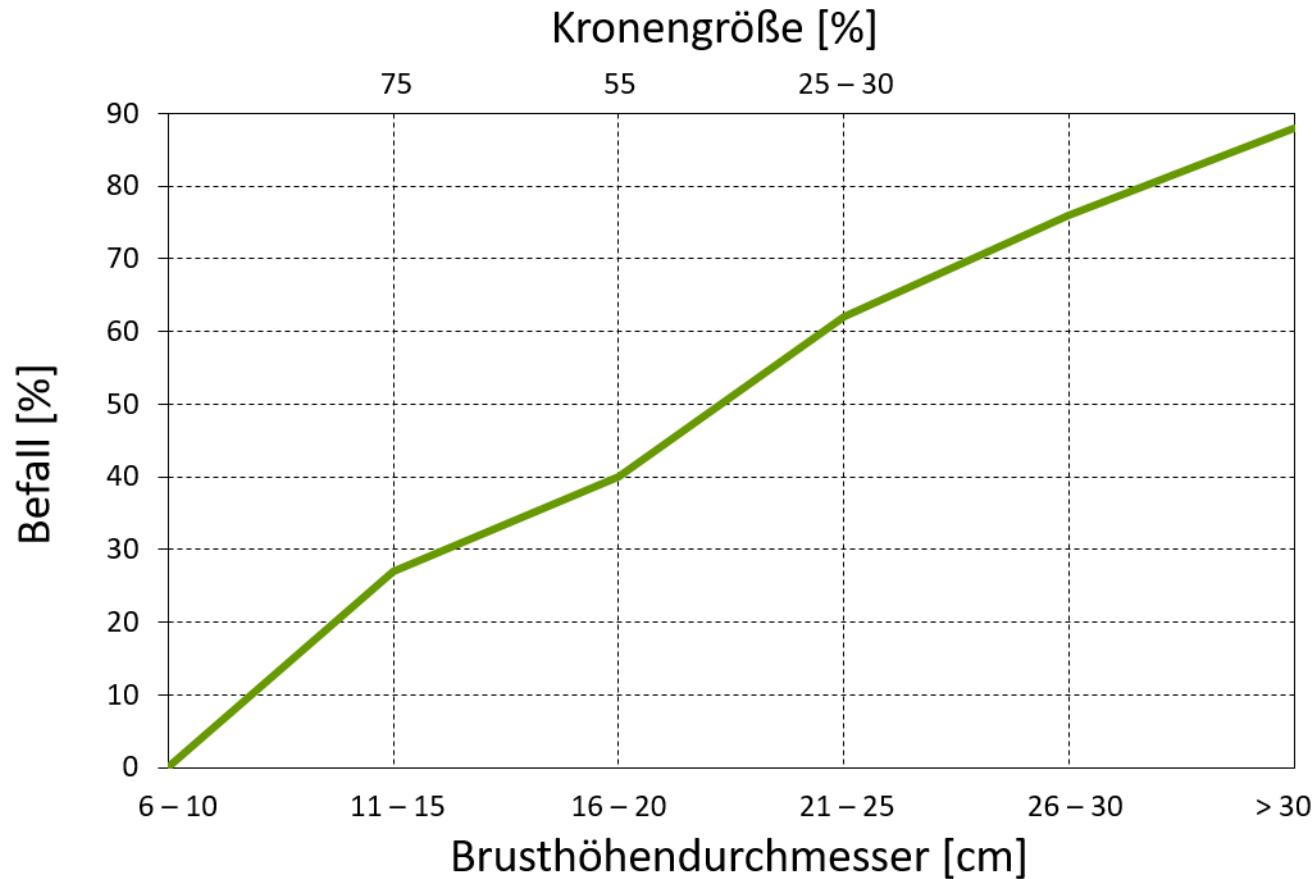
Koinzidenz: Beispiele

- **räumlich:**
 - Einführung der Weymouth-Kiefer (*Pinus strobus*) aus Nordamerika: exotischer Wirt trifft auf indigenen Pilz → neuartige Erkrankung: „Stroben-Rost“
 - Anbau der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) außerhalb der natürlichen Verbreitung im klimatischen Optimum der Nonne (*Lymantria monacha*)
- **zeitlich:**
 - Eichenwickler (*Tortrix viridana*) ist auf junges Eichenlaub angewiesen → später Austrieb oder verfrühter Raupenschlupf sowie zu weit entwickeltes Laub führen zum Hungertod der Eiraupen
 - Geeignetes Austriebstadium der Gemeinen Fichte für Kleine Fichtenblattwespe (*Pristiphora abietina*) ist zeitlich sehr begrenzt (→ Konsequenzen ähnlich *T. viridana* an Eiche)

Koinzidenz: Beispiele



Koinzidenz: Beispiel optische Reize



Befallsprozent von *Ips typographus* in Abhängigkeit vom Stammdurchmesser (Butovitsch, 1938)

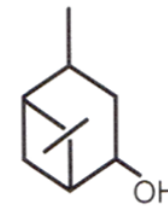
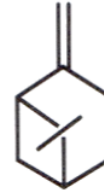
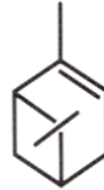
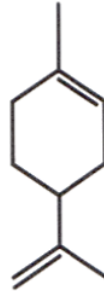
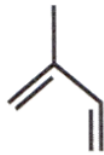
Koinzidenz: Semiochemikalien

Chemische Signal- & Wirkstoffe			
interspezifisch		intraspezifisch	
Allelochemikalien		Pheromone	
Vorteil beim Absender (Gehölz)	Vorteil beim Empfänger (Phytophage oder Räuber/ Parasitoiden)	physiologisch wirksam beim Empfänger	verhaltensändernd beim Empfänger
Allomone	Kairomone	Primer	Releaser
Abwehrstoffe von Bäumen mit toxischer oder repellenter Wirkung, z. B. Tannine	baumbürtige Lockstoffe für Phytophage; Käferpheromone, die Feinde anlocken, z. B. Terpene (Koniferen)	z. B. Synchronisation des Schlupfes; Steuerung der Jugendentwicklung	z. B. Sexualpheromone der Lepidoptera; Aggregationspheromone der Borkenkäfer; Alarmpheromone

Semiochemikalien

Terpene

ätherische Öle als pflanzeneigene Lockstoffe



Isopren

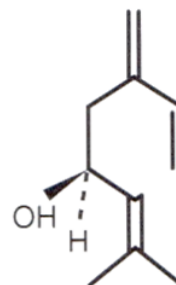
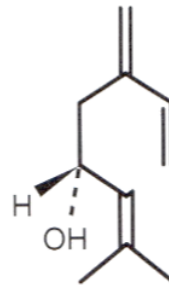
Limonen

α -Pinen

β -Pinen

cis-Verbenol

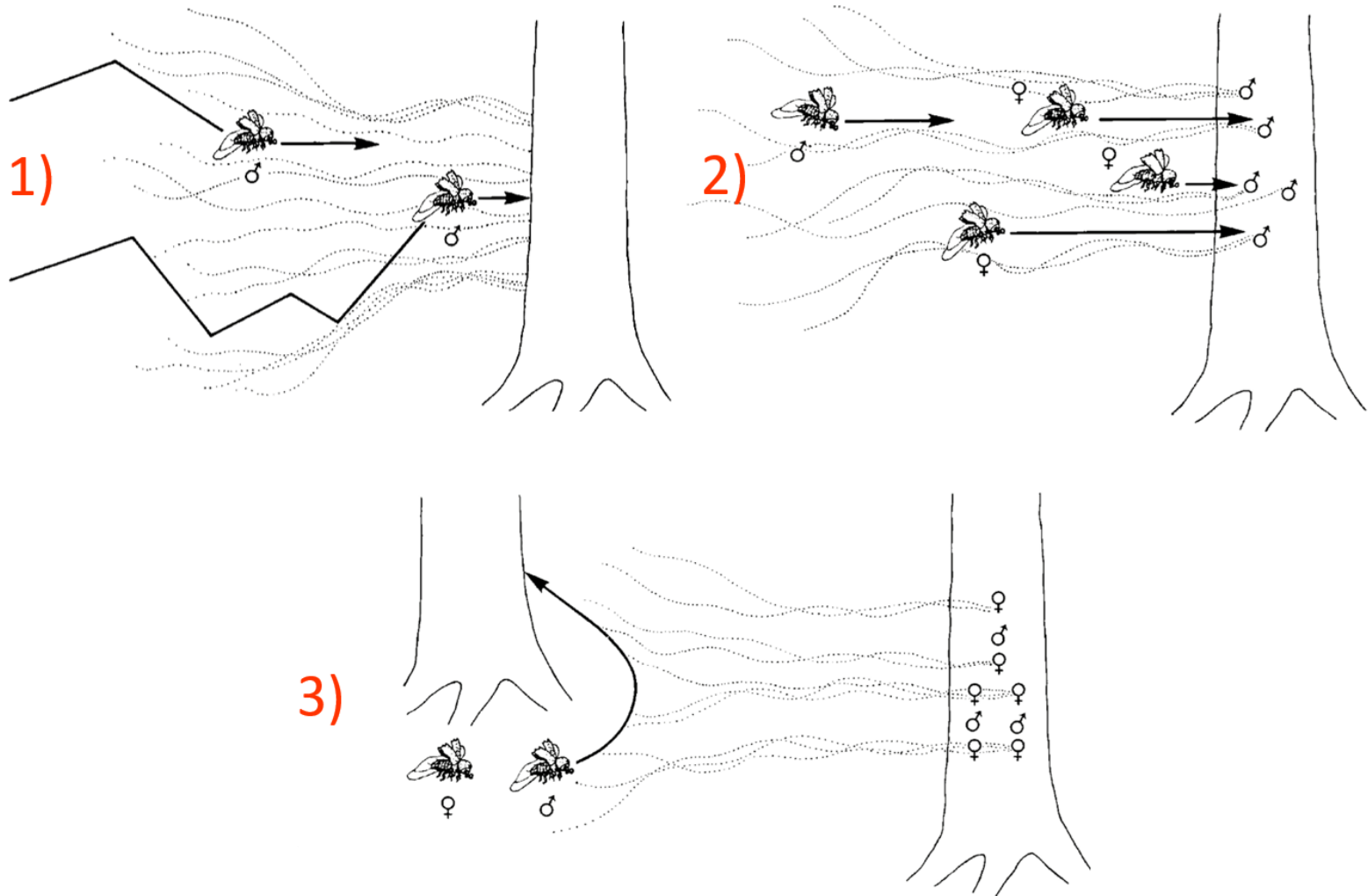
käfer eigene Lockstoffe



Ipsdienol

Ipsenol

Anlockung, Aggregation & Anti-Aggregation



Peristatische Disposition (Umweltfaktoren)

- die in unterschiedlicher **Qualität** und **Quantität** im Laufe der **Ontogenese** auf ein Individuum (i.e.S. Wirtspflanze; Parasit) Einfluss nehmenden **Umweltfaktoren** wirken sich in verschiedener Weise aus und sind v. a. beeinflusst durch:
 - Alter/Entwicklungsstatus (z. B. Jugendphase, Maturation etc.)
 - Ernährung/Fitness (Gesundheitszustand)
 - Jahreszeit
 - Standort (Boden, Klima, Lage)
 - Witterung
 - Prädisposition (genetisch bedingte Widerstandsfähigkeit)

Variabilität von Umweltfaktoren

1) Soziologische Stellung:

- Kiefernknospentriebwickler präferiert vor- bis mitherrschende Bestandesglieder (Kraft'sche Klassen 1, 2, 3)

2) Baumarten-/Strukturvielfalt, Mischungsverhältnisse, Flächengröße

- Mischbestände aus standortgerechten Nadel- und Laubgehölzen sind gegenüber vielen abiotischen und biotischen Faktoren stabiler und resilienter; die Auswirkungen von Schäden sind in struktur- und artenarmen Wäldern auf kleiner Fläche geringer

3) Schlussgrad:

- aufgelockerte Bestandesgefüge fördern z. B. Goldafter und Tannentrieblaus; geschlossene Bestände bieten für Nonne in der Progradation, für Kiefernspanner und Blattwespen an Kiefern generell optimale Voraussetzungen

Bestandesgefüge: Beispiel Tannentrieblaus



Variabilität der Folgen von Schadfaktoren

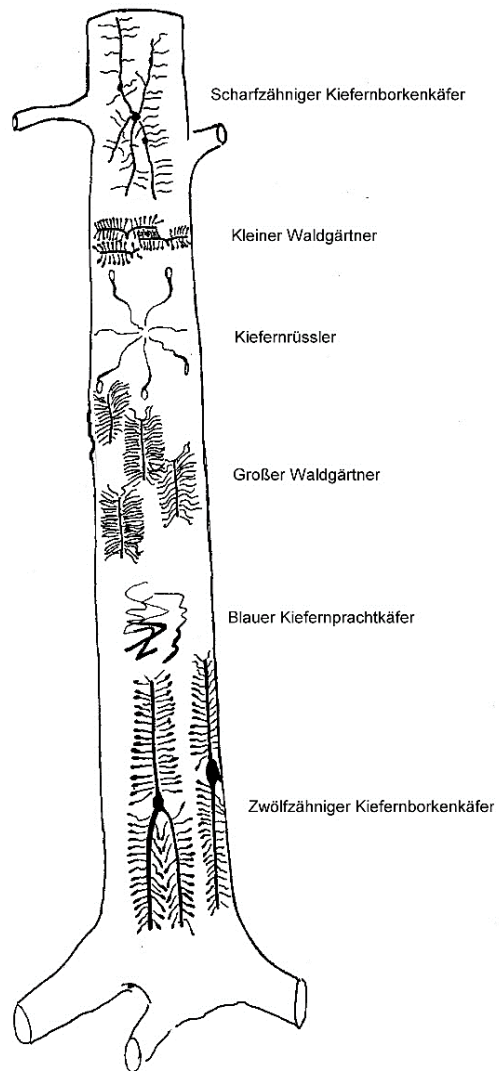
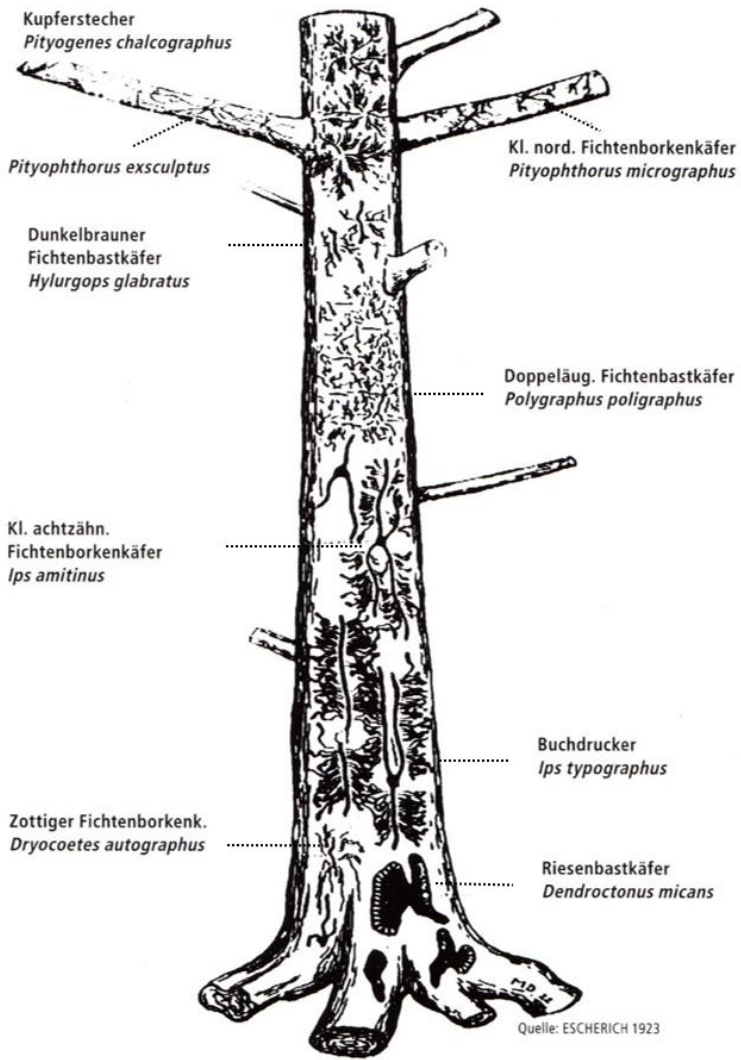
4) Entwicklungszustand/Alter:

- Kieferschütte tritt v. a. im Kultur- und Jungwuchsstadium bedrohlich auf
- Engerlingfraß durch Maikäfer kann Jungpflanzen bis zum Heister-Stadium existentiell gefährden
- junge Fichten sind v. a. gegenüber dem Kupferstecher, ältere Fichten hingegen v. a. gegenüber dem Buchdrucker gefährdet
- Dickungen werden häufig durch Schneedruck geschädigt, die Waldbrandgefahr ist in diesem Entwicklungsstadium ebenfalls am größten
- Dürre wirkt sich zuerst bzw. deutlicher in jungen Beständen aus
- Kiefernspanner, Kiefernspinner, Kiefernbuschhornblattwespe und Forleule („Kieferngrößschädlinge“) finden beste Bedingungen in Beständen > 40 Jahre

Kiefernshütte-Epidemie (Kiefernjungwuchs)



Brutraumpräferenz: Beispiel Borkenkäfer



Variabilität der Folgen von Schadfaktoren

5) Standort/Lage:

- Wurzelschwamm schädigt Nadelgehölze v. a. auf wechselfeuchten, kalkhaltigen Standorten
- Phytophthora-Infektionen finden fast ausschließlich in Böden guter Basen- und Wasserversorgung statt
- sonnenexponierte Lagen werden bevorzugt durch Prachtkäfer und verschiedene Borkenkäfer aufgesucht

Prädisposition (genetisch bedingt)

Einflussfaktor	Mögliche Auswirkung (Anfälligkeit)	
	gering	hoch
Eichenwickler	<i>Quercus petraea</i>	<i>Q. robur</i>
Kiefernknospentriebwickler	<i>Pinus nigra</i>	<i>P. resinosa</i> , (<i>P. sylvestris</i>)
Rostige Douglasienschütte	<i>Pseudotsuga mensiesii</i> var. <i>viridis</i>	<i>Pseudotsuga mensiesii</i> var. <i>glauca</i>
Lärchenkrebs	<i>Larix kaempferi</i>	<i>L. decidua</i>
Esskastanien-Rindenkrebs	<i>Quercus</i>	<i>C. sativa</i> , <i>C. dentata</i>
Kiefernschütte	<i>P. nigra</i>	<i>P. sylvestris</i>
Rosskastanienminiermotte	<i>Aesculus x carnea</i> 'Briotii'	<i>A. hippocastanum</i>
Feuerbrand	<i>Crataegus</i>	<i>Malus</i> , <i>Pyrus</i> , <i>Sorbus</i>
Maikäfer	<i>Prunus serotina</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Quercus</i> , <i>Fagus</i>
Pappelblattkäfer	<i>Populus alba</i>	<i>P. nigra</i> (einschl. Hybriden)

Teil 3:

Epidemiologie & Populationsökologie

Epidemiologie & Populationsökologie

- **Epidemiologie (in der Phytomedizin):**

Aufgabengebiet der Phytopathologie, welches die **Entwicklung von infektionsbedingten Krankheitsverläufen** (Virosen, Bakteriosen, Phytoplasmosen, Peronosporomykosen, Mykosen) erforscht

- **Populationsökologie** (vgl. Demökologie):

Aufgabengebiet der Ökologie bzw. Biologie, welches sich mit **Aufbau, Veränderung und Wechselwirkung der Population einer Art** und deren Umweltfaktoren beschäftigt

Erfasst werden v. a. Struktur und Dynamik, Zusammensetzung, Wachstum und Entwicklung; Konkurrenz- sowie Räuber-Beute-Beziehungen stehen im Zusammenhang mit Wechselwirkungen zu anderen biotischen und abiotischen Einflussgrößen

Unterteilt wird in **statistische Beschreibung** und **Populationsdynamik**

Epidemiologie: Begriffe

- **Epidemie:**

Infektionskrankheit (vgl. physiologische Erkrankungen), die in einem begrenzten Areal auftritt (z. B. regional); beinhaltet i.w.S. alle Prozesse, welche die Intensität einer Krankheit räumlich und zeitlich beeinflussen und die Pathogenese (Krankheitsentwicklung) bestimmen

- **Endemie & Pandemie:**

Infektionskrankheit, die standorttreu (lokal) bzw. regelmäßig mit geringer Intensität und Variabilität auftritt (Endemie) oder sich großflächig, über mehr als einen Kontinent hinaus, ggf. global ausbreitet (Pandemie)

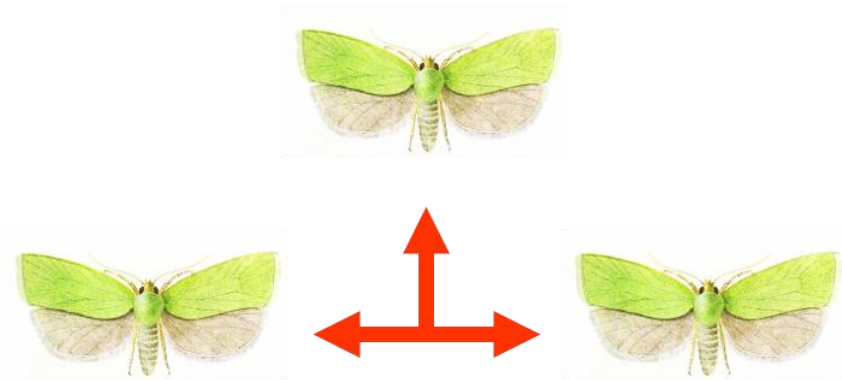
- **Infektionskette:**

Weg des Erregers einer Infektionskrankheit; bestehend aus Infektionsquelle (Inokulum), Übertragung (Infektionsvorgang), Inkubationszeit und Etablierung (Symptomausprägung)

Populationsökologie

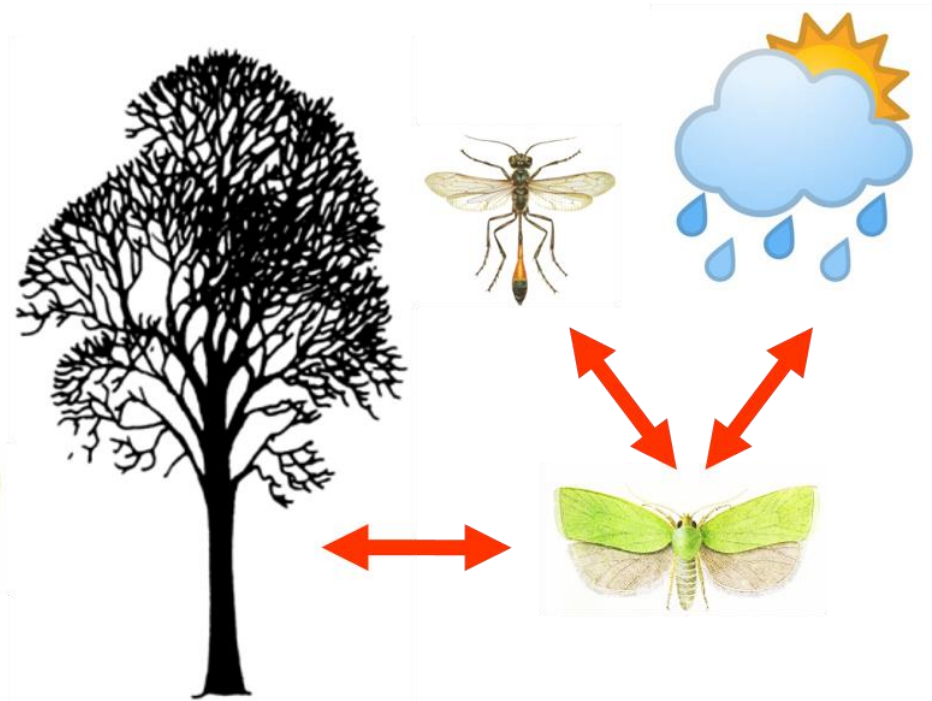
1) Interne Wirkungsfaktoren:

z. B. Zusammensetzung & Dynamik einer Population (Altersstruktur, genetische Aspekte)



2) Externe Wirkungsfaktoren:

z. B. Wachstum & Entwicklung in Wechselwirkung mit äußeren Umwelteinflüssen



Populationsökologie: Begriffe

- **Population:**

Gesamtheit der Individuen einer Art innerhalb eines begrenzt betrachteten Gebietes variabler Größe, die miteinander in ökologischer, genetischer, evolutionsbiologischer und sozialer Wechselbeziehung stehen



Populationsökologie: Begriffe

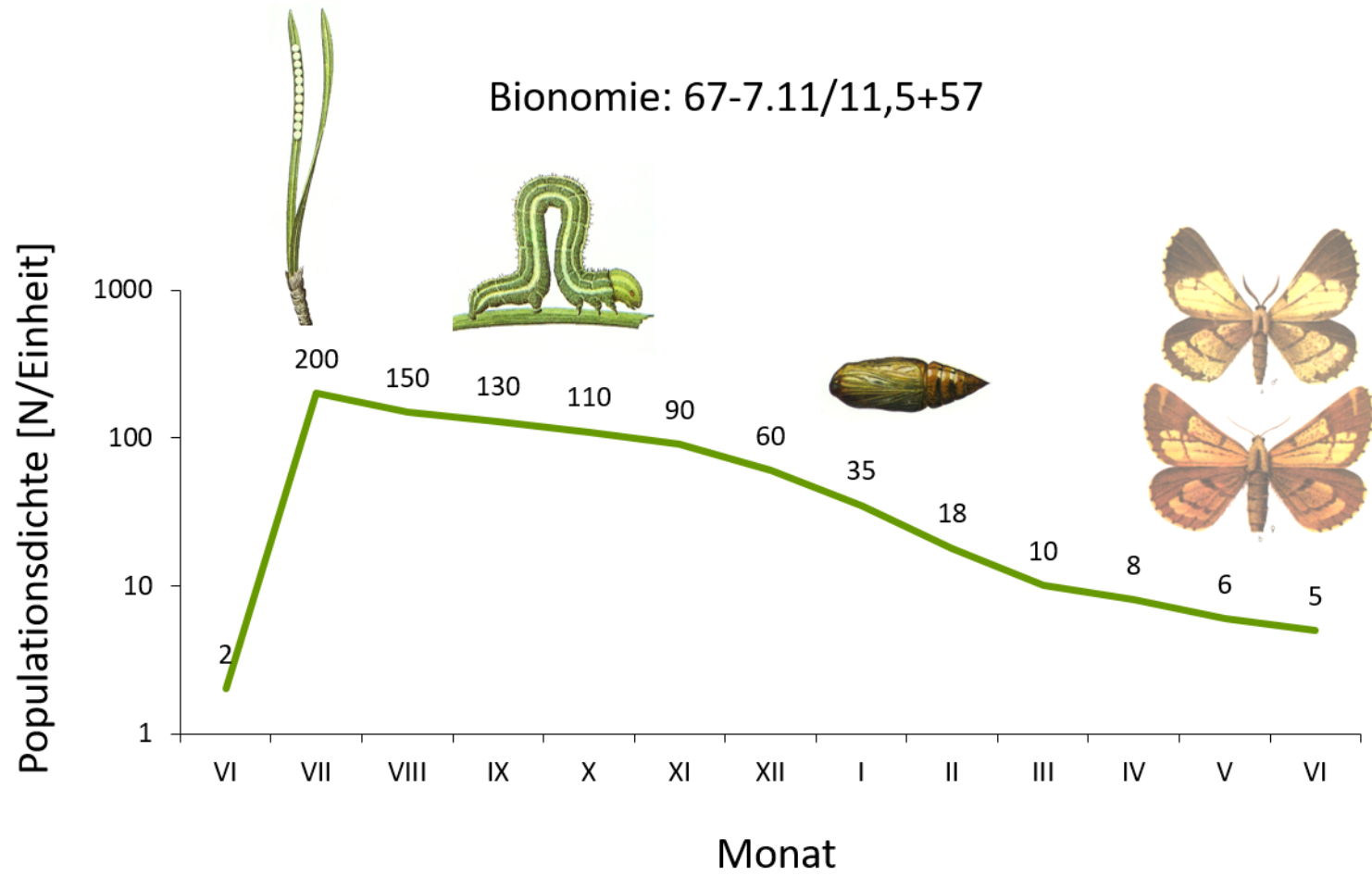
- **Populationsdynamik:**

Ablauf von **Veränderungen in Populationen** und deren Umwelt; die zunächst autökologischen Betrachtungen (Bionomie, Ökophysiologie, Biogeographie) betreffen v. a. Schwankungen der Dichte (**Abundanz**), d. h. Geburt und Abgang sowie Zu- und Abwanderung

- **Oszillation & Fluktuation/Massenwechsel:**

Dichteschwankungen einer Population innerhalb einer (Oszillation) bzw. über eine Anzahl von Generationen (Fluktuation)

Oszillation (Modell *Bupalus piniaria*)



Populationsökologie: Begriffe

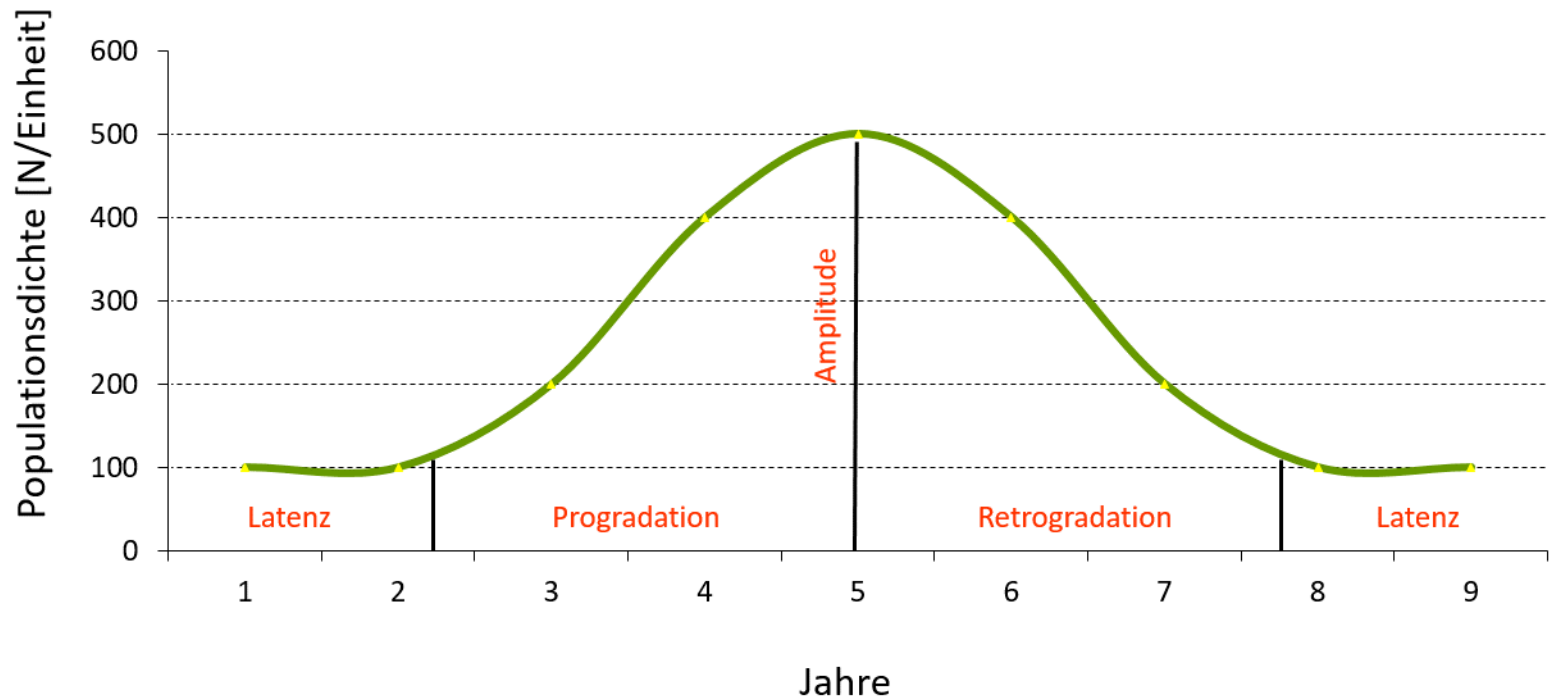
- **Gradation:**

deutlicher **Anstieg der Abundanz** über das Latenzniveau (Ende durch Rückkehr in die Latenz); Anstieg bis zur Kulmination wird als **Progardation**, Abfall jenseits des Kulminationspunktes als **Retrogradation** bezeichnet; **Latenz** charakterisiert die mehr oder weniger langen Phasen geringer Dichte zwischen den Gradationen („eiserner Bestand“)

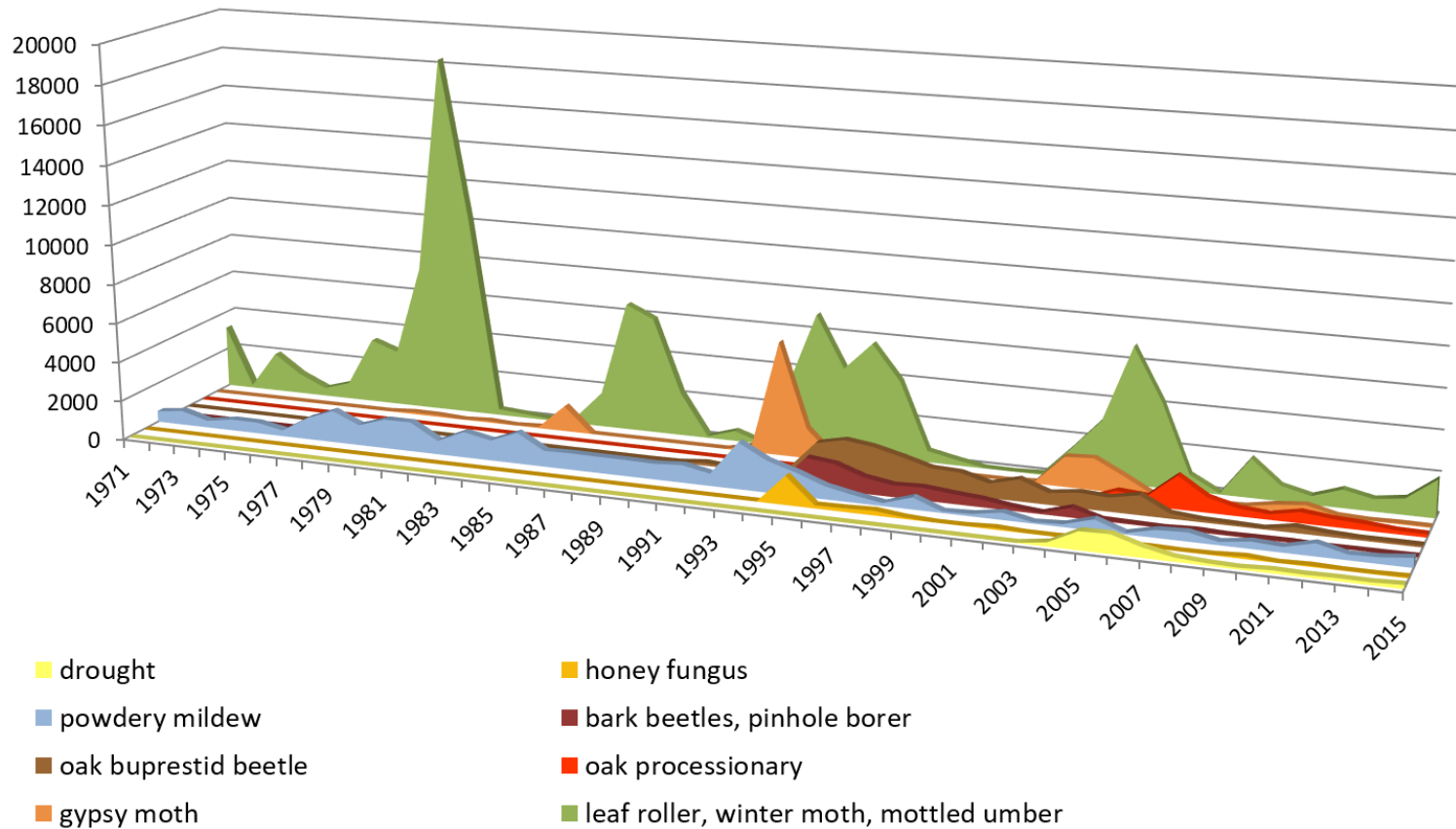
→ Gradationen können (häufig spezifisch):

- a) **kurzfristig** (z. B. Spinnmilben, Blattläuse); **mehrfährig** (z. B. Kleiner Frostspanner, Eichenprachtkäfer) oder **langjährig** (z. T. jahrzehntelang; z. B. Grüner Eichenwickler, Kleine Fichtenblattwespe) ablaufen
- b) **unregelmäßig** (z. B. Borkenkäfer) oder **zyklisch** (z. B. Schwammspinner, Grauer Lärchenwickler) charakterisiert sein

Fluktuationsmodell



Populationsdynamik: Statistik Baden-W.



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)

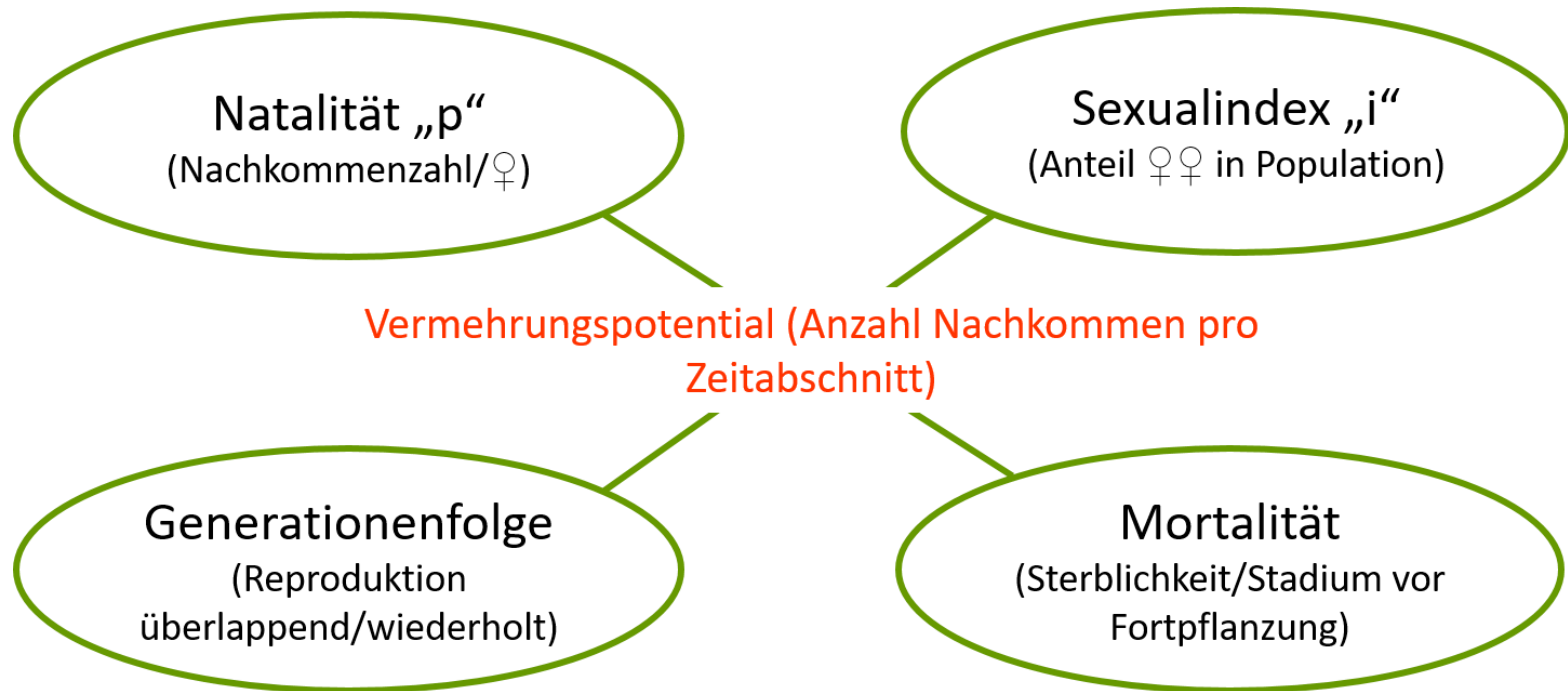
$$\Delta N (\Delta t) = r \times N \times \left(K - \frac{N}{K} \right)$$

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

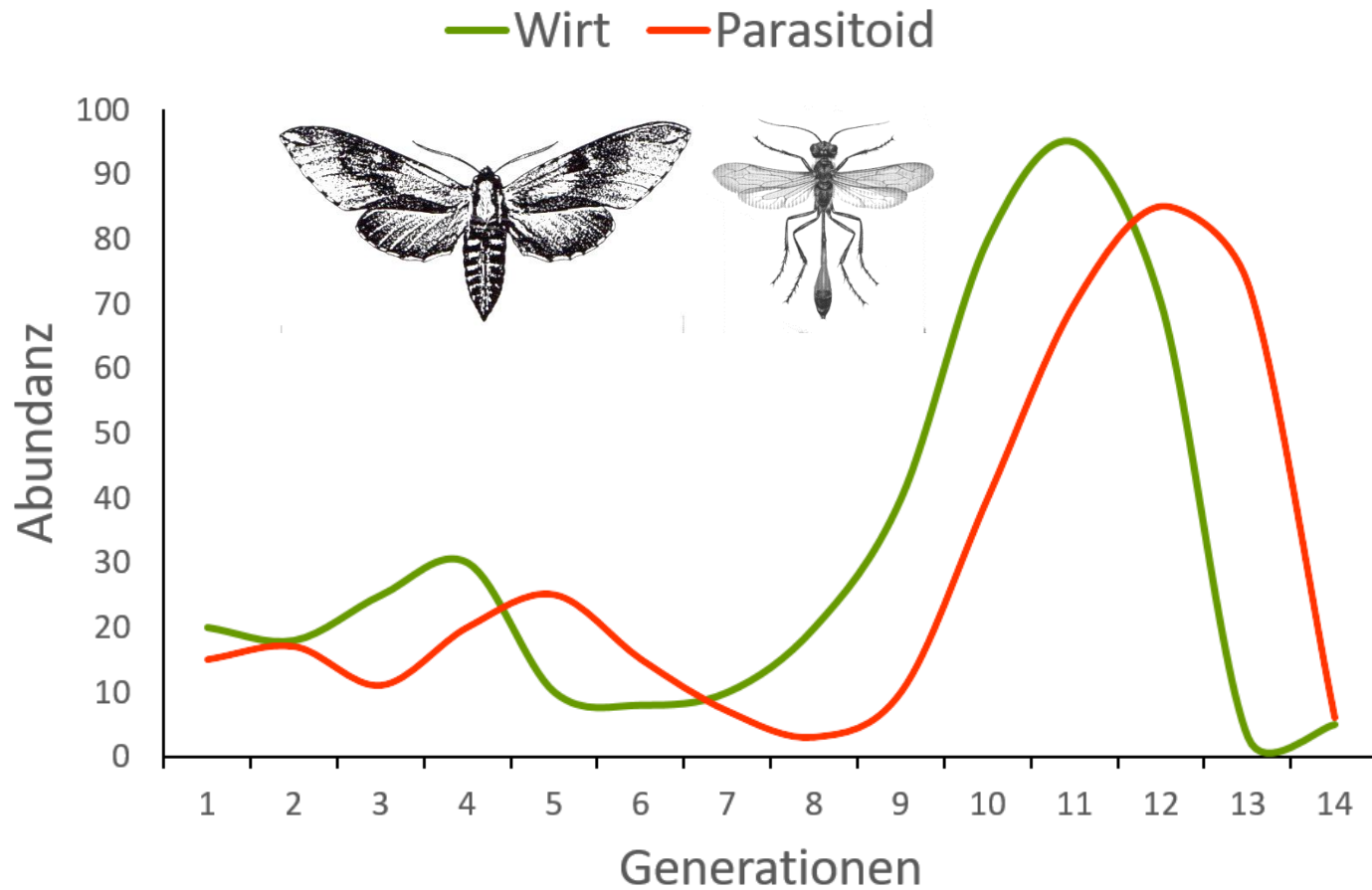
1) Regulatoren in **Abhängigkeit** von Abundanz

- **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)

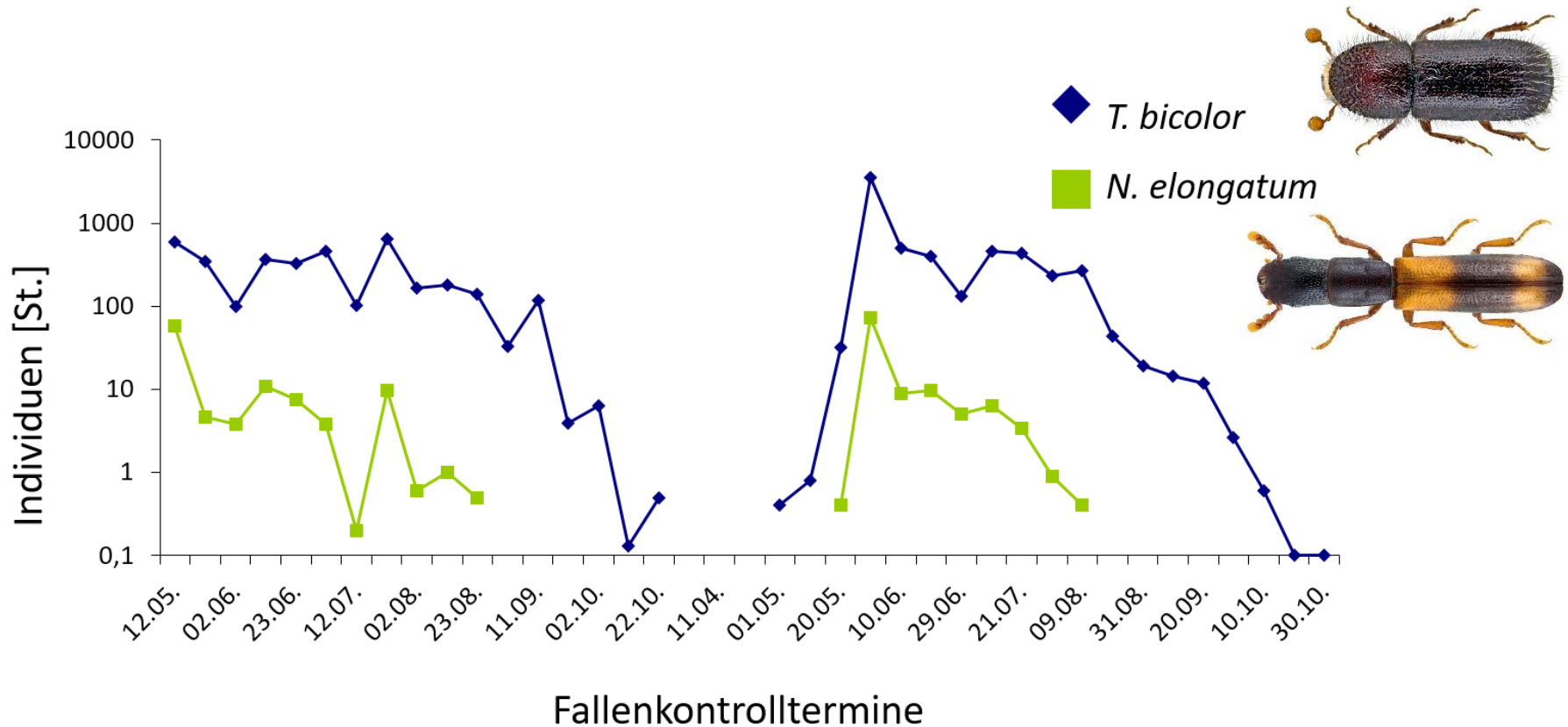
Reaktionen auf Abundanzanstieg (Wirt/Beute)

- 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)

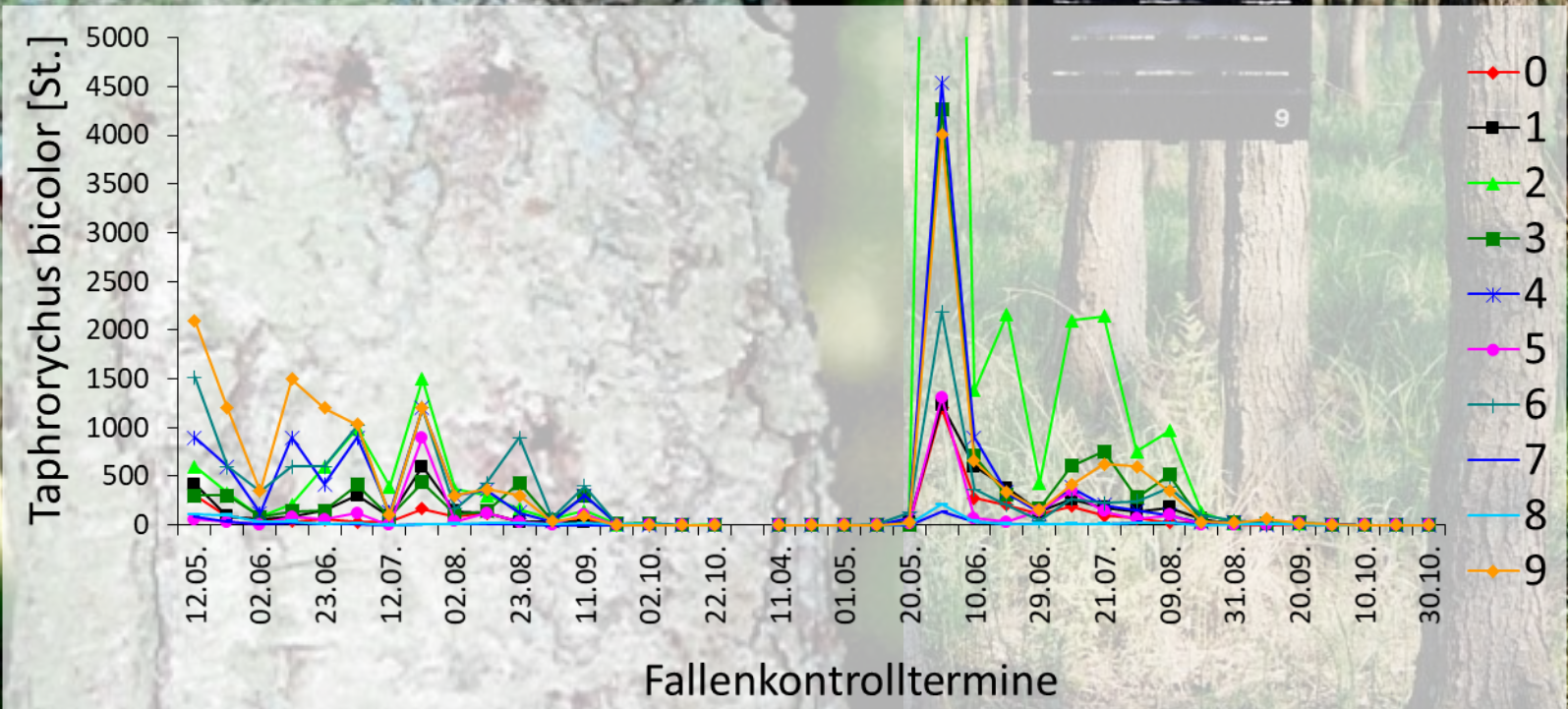
Wirt-Parasitoid-Anpassung (Schema)



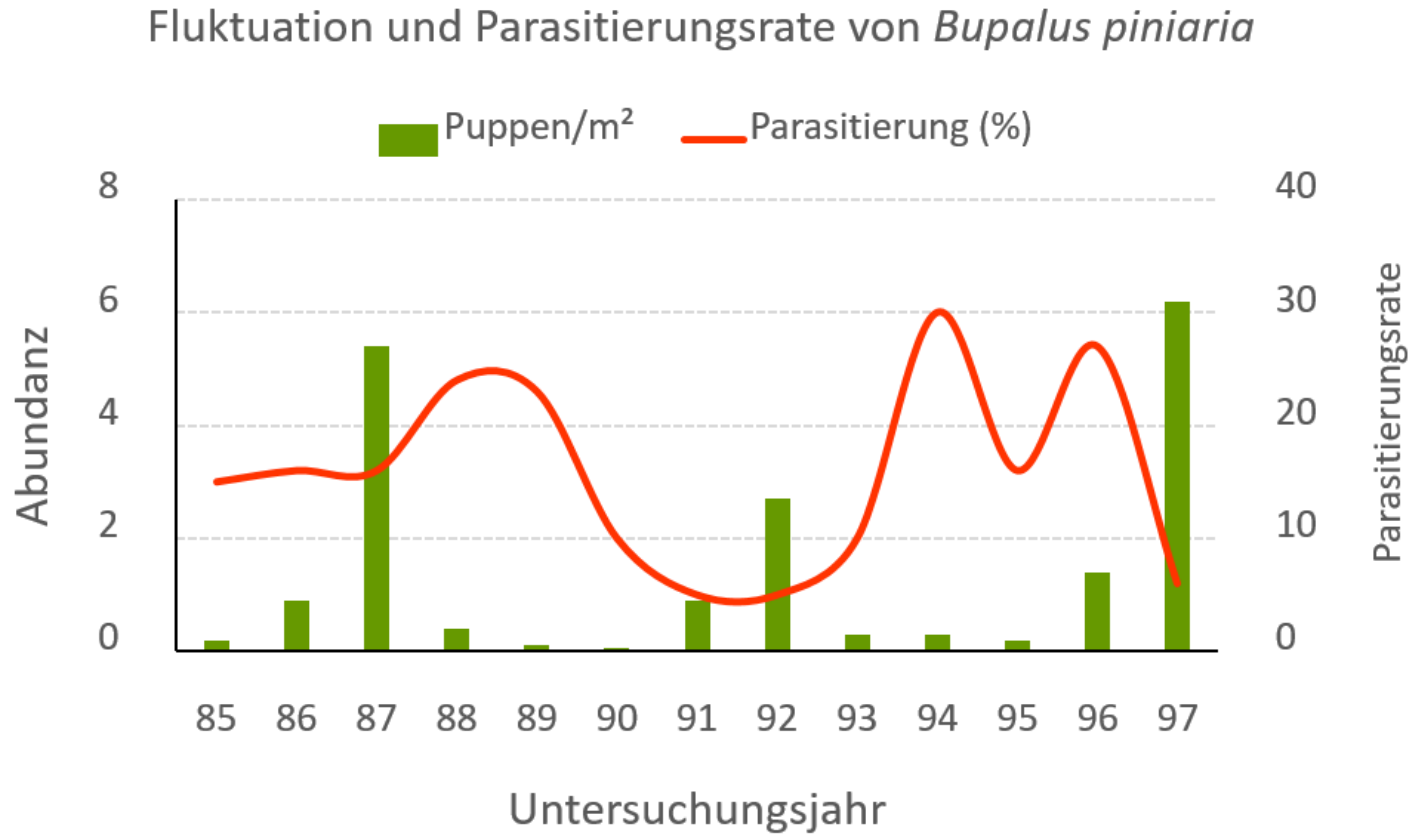
Wirt-Räuber-Anpassung: Beispiel Borkenkäfer



Oszillation (*T. bicolor* incl. Geschwisterbruten)



Parasitierungsrate: Beispiel *Bupalus piniaria*



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 Lepidopteren und Coleopteren, 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)



DANK