

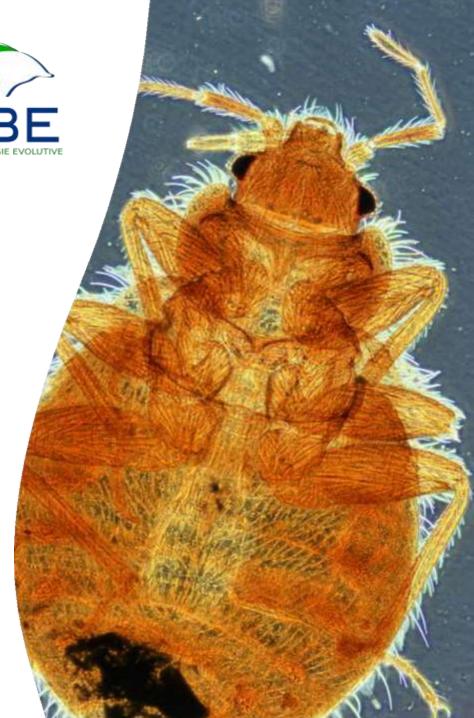




Nächtliche Plage: Die Rückkehr der Bettwanze, Cimex lectularius

Chloé Haberkorn von IZInovation

Generalversammlung des VSS 27. November 2020



Schreckliche Mitbewohner

180 000

befallene Räume behandelt im 2017

> 360 000 befallene Räume behandelt im 2019

> > Quelle: CS3D





30 % der gestochenen Personen: keine Reaktion

Was ist mit den restlichen 70 %?

Psychologische Störungen

(Stress, Nachtangst,

Schlaflosigkeit ...)

- Dermatologische Reaktionen
- Infektionsrisiko
- Allergische Reaktionen
 (Nesselsucht, sogar Angioödeme)
- Blutarmut (Paulke-Korinek et al., 2011)





IZInovation



Seit 2013



Lyon, Frankreich

Wissenschaftliche Expertise & und technische Versuche: die Industrie bei der Entwicklung von innovativen Lösungen unterstützen

Ausbildung von Profi-Anwendern und Qualitätsverantwortlichen

Chloé Haberkorn



Doktorandin an der Universität Lyon: «Genomik der Insektizid-Resistenz bei Bettwanzen»

Kobetreuung IZInovation & LBBE (CNRS-Labor)



Inhaltsangabe

1/ Geschichte des Befalls

- Herkunft
- Verbreitung
- Aktuelle Zunahme

2/ Biologie von C. lectularius

- Physiologie
- Lebenszyklus
- Lebensraum
- Genetik

3/ Bekämpfung

- Vorbeugung & mechanische Bekämpfung
- Chronologie der Insektizide
- Resistenz-Prinzipien
- Behandlung anpassen?

4/ Forschung & Innovation

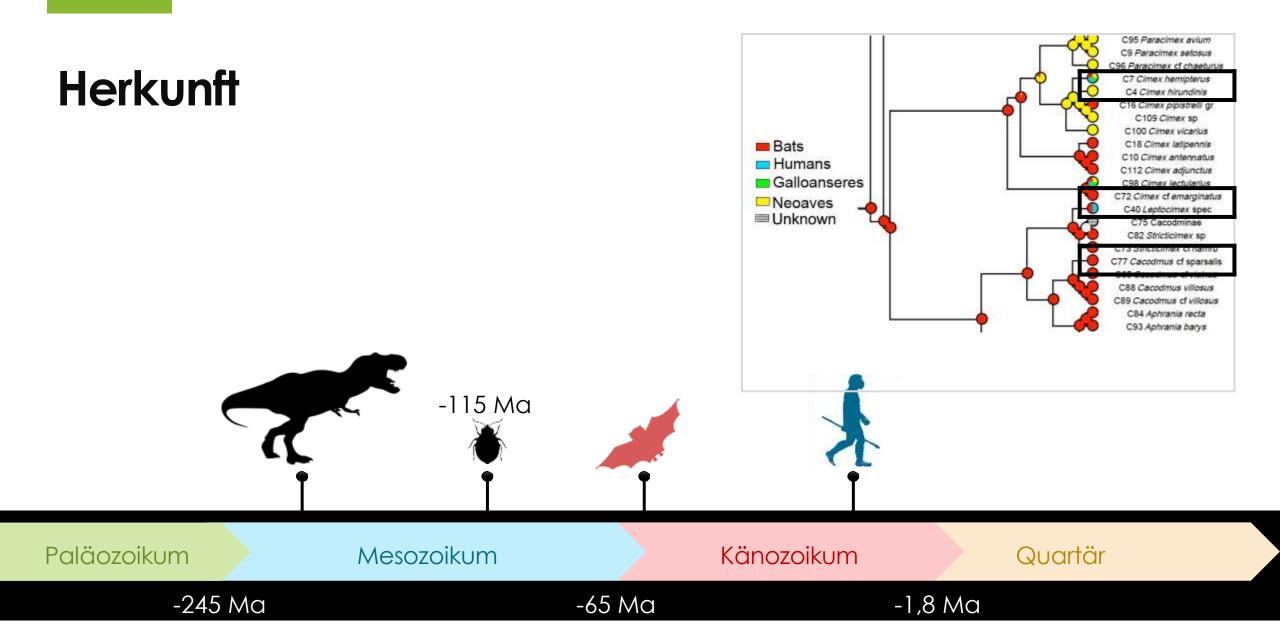
- Diagnosetools
- Grüne Chemie: Wundermittel?
- Biopestizide





1. Teil – Die Geschichte des Befalls







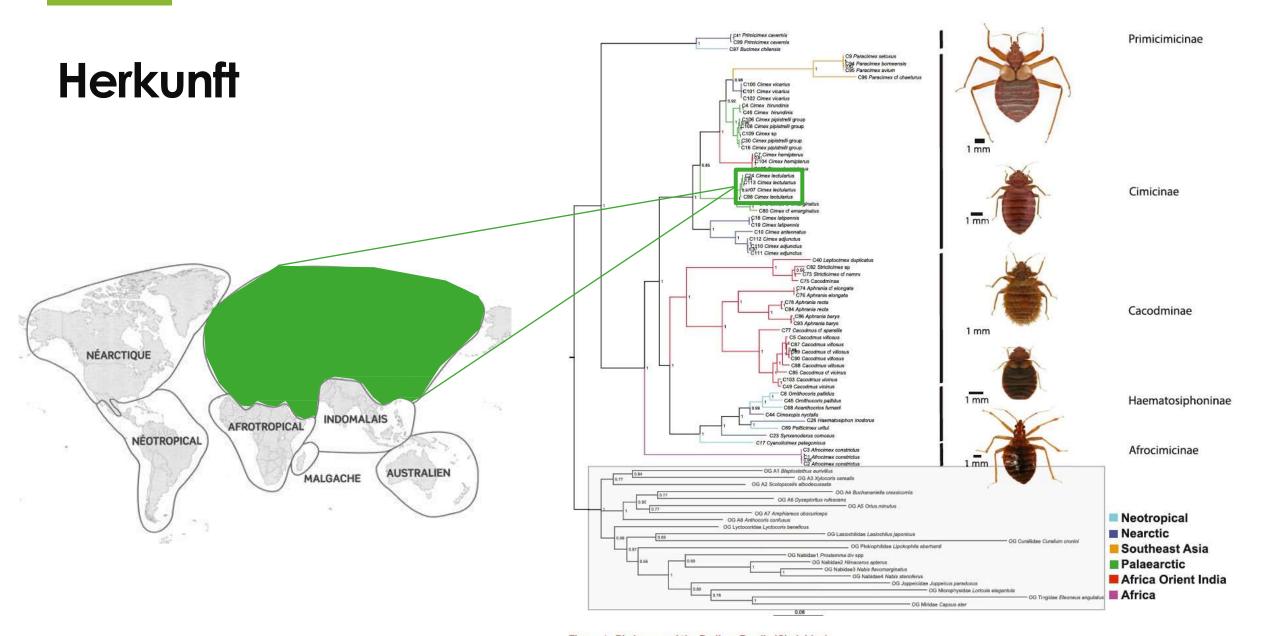


Figure 1. Phylogeny of the Bedbug Family (Cimicidae)

Roth et al., 2019



Verbreitung



Southall, 1730



Panagiotakopulu and Buckland , 1999





Aktuelle Zunahme



Le fléau des punaises de lit donne le cafard aux cités universitaires

En 2019, les professionnels de la désinfestation ont traité 360 000 sites en France, deux fois plus qu'en 2017. Ces insectes sont un fléau jusque dans les résidences d'étudiants, où les Crous prennent l'affaire au sérieux.

Par Eric Nunès: Publié le 21 octobre 2019 à 23h19 - Mis à jour le 23 octobre 2019 à 10h55

IN CAMPUS - VIE ETUDIANTE









Prolifération des punaises de lit en Ile-de-France: attention aux arnaques

En 2018, en Ile-de-France 100 000 sites ont été infestés par ces petites bêtes qui provoquent démangeaisons et angoisses chez leurs victimes, prêtes à tout pour s'en débarrasser... Une mine d'or pour les

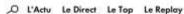












PUNAISE DE LIT : LE FLEAU QUI ENVAHIT PARIS

Par CNEWS - Mis à jour le 05/07/2019 à 11:29 Publié le 05/07/2019 à 11:29



Punaises de lit : stop à l'invasion !

Elles sont minuscules mais peuvent pourtant transformer vos nuits en cauchemar. Reconnaissables à leur forme ovale très plate et leur couleur brune, les punaises de lit sont un véritable problème de santé publique.

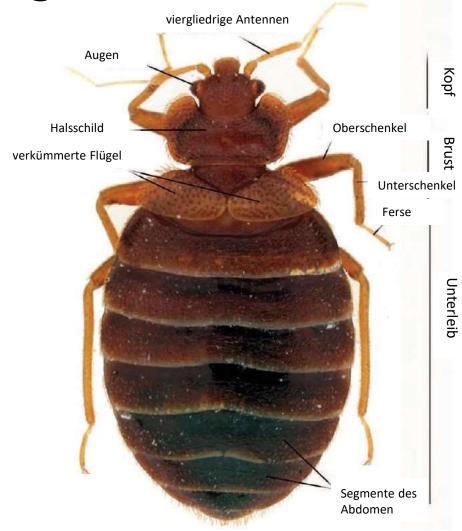




2. Teil – Biologie von C. lectularius



Physiologie

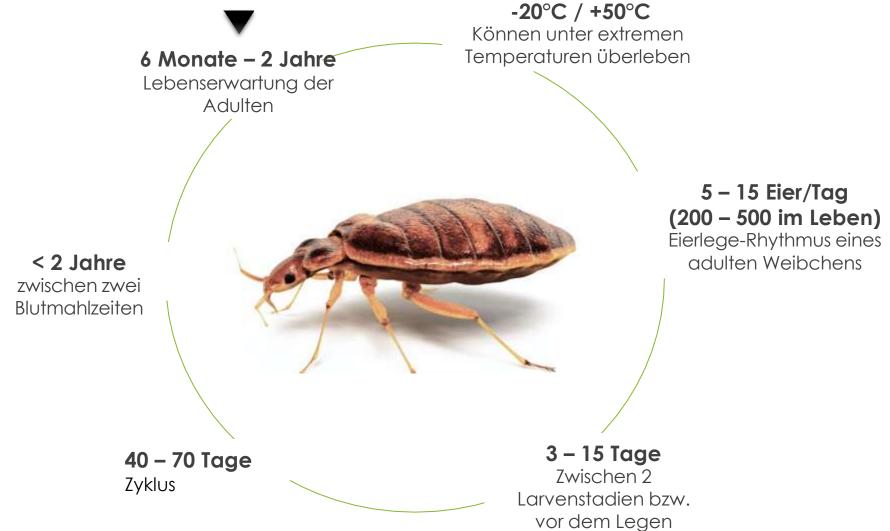




Bauchansicht

Delaunay et al., 2015

Physiologie





Physiologie Nährstoffe Gegenseitige Nahrungs-**Symbiose** Cimex lectularius Wolbachia Wirt Endosymbiotische Bakterie Vitamin B

> Notwendige Symbiose: Eliminierung von Wolbachia (Rifampicin) führt zu Wachstumsverzögerung & Sterilität des Wirts



Physiologie

{Bakteriome: Organe, in denen **endo**symbiotische Bakterien leben.}

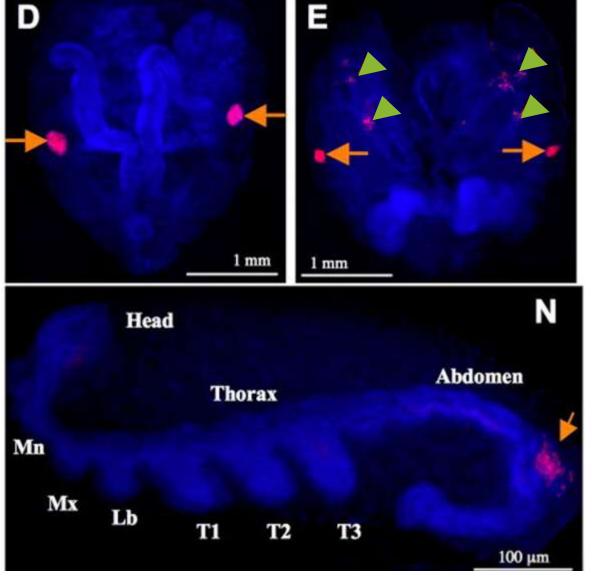
Nachweis von Wolbachia (FISH, Fluoreszenzin-situ-Hybridisierung):

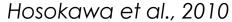
Infektion des Bakterioms Infektion der Eierstöcke

D.Bettwanze, adultes Männchen, nur Bakteriome

E. Bettwanze, adultes Weibchen, Bakteriome+ Eierstöcke mit vertikaler Übertragung

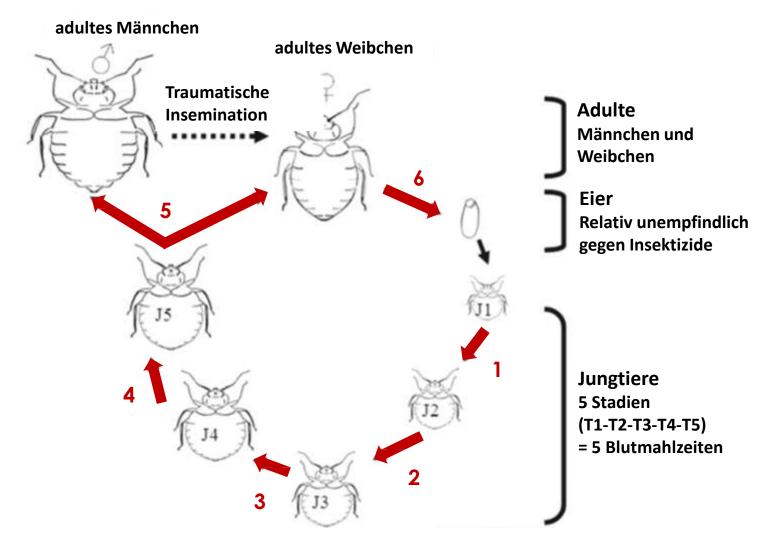
F. Embryo einer **Bettwanze** im Entwicklungsstadium





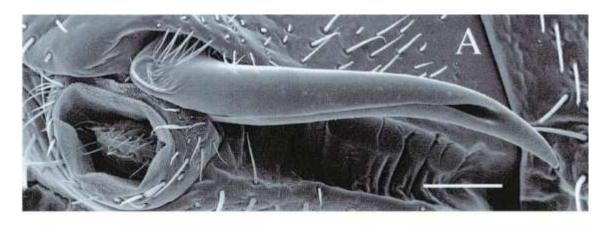


Lebenszyklus

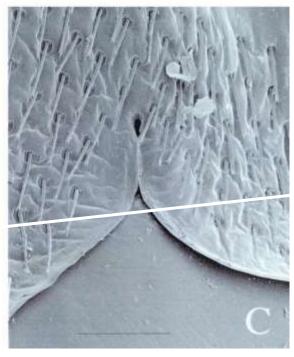




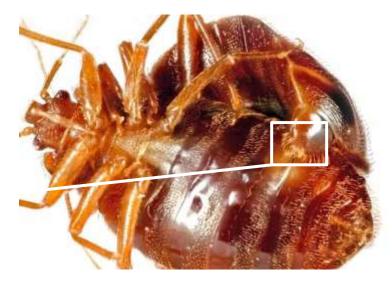
Lebenszyklus



B



- A. Männliches Geschlechtsorgan
- B. Kopulationszone am Abdomen des Weibchens
- C. Zoom auf den Ort der traumatischen Insemination

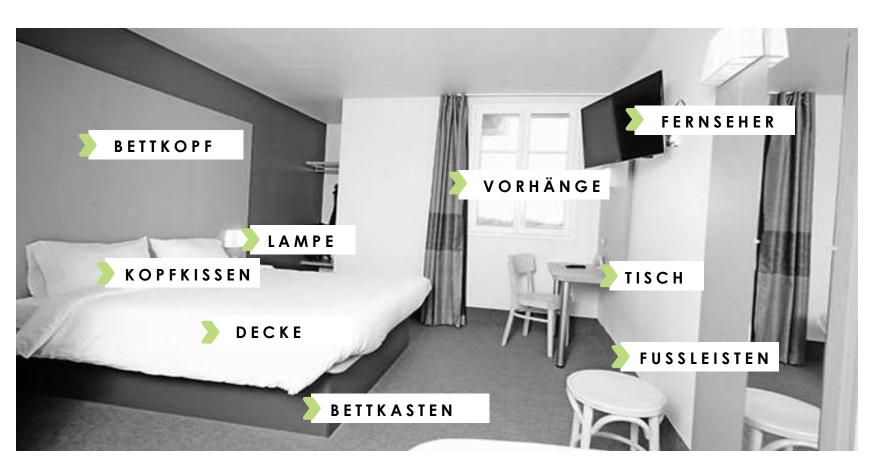


Stutt & Siva-Jothy, 2001



Lebensraum



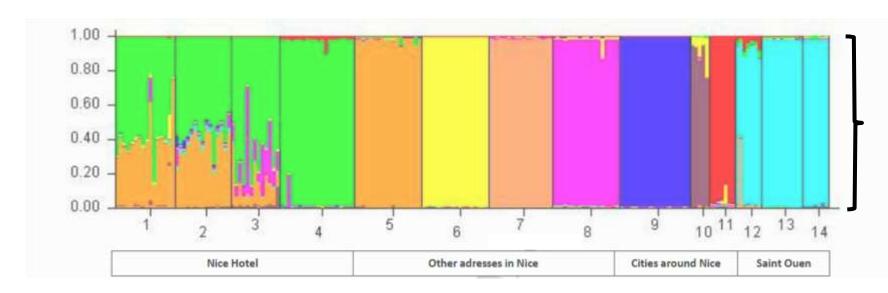


Hotels: Transit-Stationen



Die Struktur der Bettwanzen-Populationen verstehen

- Analyse der genetischen Gruppen (STRUKTUR)
- Eine Farbe = eine Population
- Ein Individuum = ein vertikaler Strich

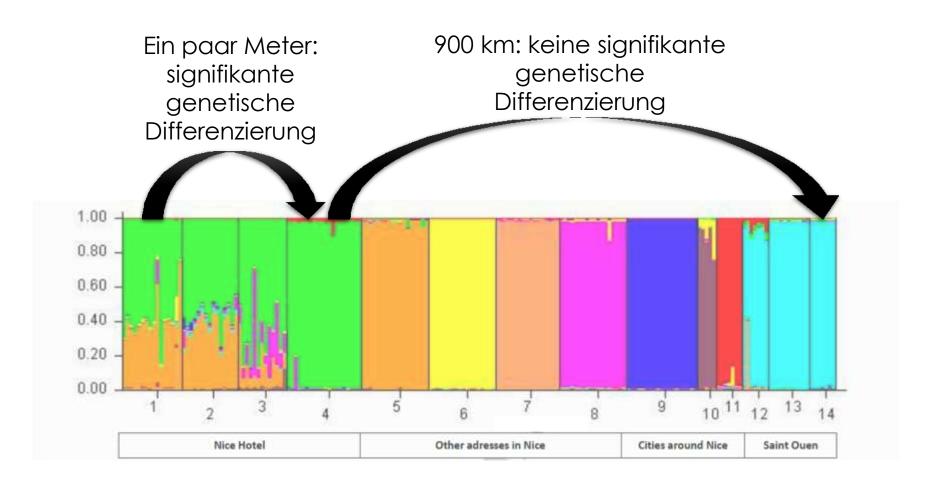


Geringe genetische Vielfalt

Ursprünglich 1 einziges Weibchen, dann exponentielles Wachstum durch die Reproduktion der Nachkommen

Akhoundi et al., 2015





Keine Korrelation zwischen der genetischen Differenzierung und der geographischen Entfernung

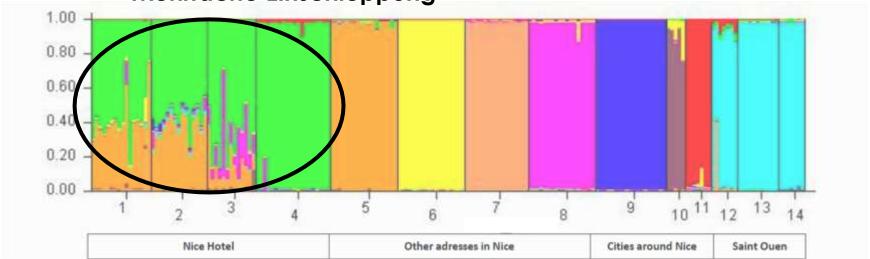




Innerhalb des Hotels: starke genetische Vielfalt

passive Verbreitung (Bettwäsche) oder **aktive** Verbreitung (Löcher in den Wänden)

Mehrfache Einschleppung



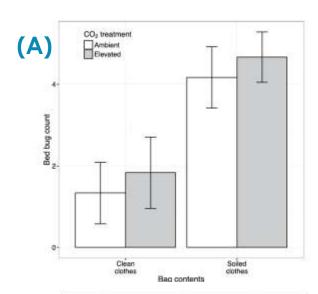


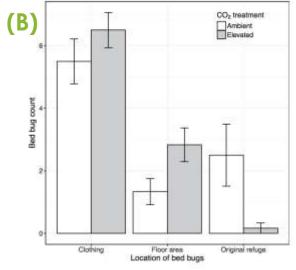


Olfaktives Verhalten: was zieht Bettwanzen an?

- Vom menschlichen Geruch angezogen
 - Schmutzige W\u00e4sche in einem Beutel erleichtert die passive Verbreitung (A)
 - o Bettwanzen können **104 verschiedenen volatile Substanzen** erkennen, die man im Geruchsprofil der menschlichen Haut findet. (Liu and Liu, 2015)
 - Bettwanzen können insbesondere volatile Bestandteile erkennen, die für den Menschen typisch sind: C7-C10 Aldehyde und Sulcatone (Kairomone
 - = Botenstoff zwischen Arten) (Harraca et al., 2012)
- Hoher CO₂-Gehalt oder Wärmeausstrahlung: löst Suche nach Menschen aus (B) CO₂-Falle zieht Bettwanzen nicht an, erhöht aber ihre Aktivität

Wenn man das Verhalten der Bettwanze versteht, kann man die Bekämpfung anpassen





Hentley et al., 2017



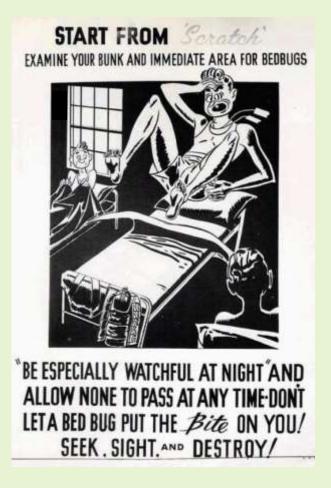


3. Teil – Bekämpfung



Vorbeugung & mechanische Bekämpfung

1. Informieren: Vorsicht



2. Aufspüren

- Visuelle Kontrolle
- Spürhunde einsetzen
- Fallen, die mit Wärme/CO₂/ Pheromonen arbeiten



3. Mechanische Bekämpfung

- Staubsauger, Bürste (zum Reinigen)
- Einfrieren bei -20°C über 72 Std.
- Erhitzen >60°C
 einige Minuten
 (Wärmekammer,
 Waschmaschine,
 Dampf)
- Diatomeenerde



Häufig reicht das nicht aus ...



Im 19. Jahrhundert

- Arsen, Nikotin
- Quecksilberchlorid: wurde mit einem Ei aufgeschlagen und mit einer Feder aufgetragen (Kinsley 1893)
- Pyrethrum-Pulver:



 «Geheime» Rezepte, die aus dem tropischen Quassiabaum (Bitterholz) gewonnen wurden, der insektizid wirkt



 Kochendes Wasser in Ecken, Spalten und Ritzen



Im 20. Jahrhundert

- Kerosin, Benzol, Sprit, Alkohol wirkt kurzfristig, hoch entzündlich
- Begasung:
 - Zyanwasserstoff (Blausäure, Zyklon B):
 Bewusstlosigkeit und Tod durch Einatmen



Schwefel: setzt beim Verbrennen
 Schwefeldioxid und –trioxid frei



Rotenon, Phenol, Kresole, Naphtalin ...

All diese Substanzen sind bei Einnahme oder Einatmung giftig bzw. tödlich!



Im 20. Jahrhundert – am Beispiel von DDT

1942: erste Verwendung als Insektizid gegen Bettwanzen

1948: Medizin-Nobelpreis für die Entdeckung der insektiziden Eigenschaften

1955-1969: WHO-Kampagne gegen Malaria

1947: erste Bettwanzen sind gegen DDT resistent (Pearl Harbor)

1962: Das Buch *Silent Spring* wirft dem DDT vor, ökotoxisch zu sein – seit den 70er Jahren bestätigt

2015: DDT wird als «wahrscheinlich krebserregend»

bei Menschen» eingestuft

(Internationale Agentur für Krebsforschung)





Und heute?

~1950

Organochlorpestizide DDT

Organophosphate Malathion

Carbamate Bendiocarb

Pyrethroide alpha-Cypermethrin, Deltamethrin, Tetramethrin ...

Benzoylharnstoffe Diflubenzuron

Neonikotinoide Imidacloprid

~1980

Europäische Verordnung über Biozidprodukte:

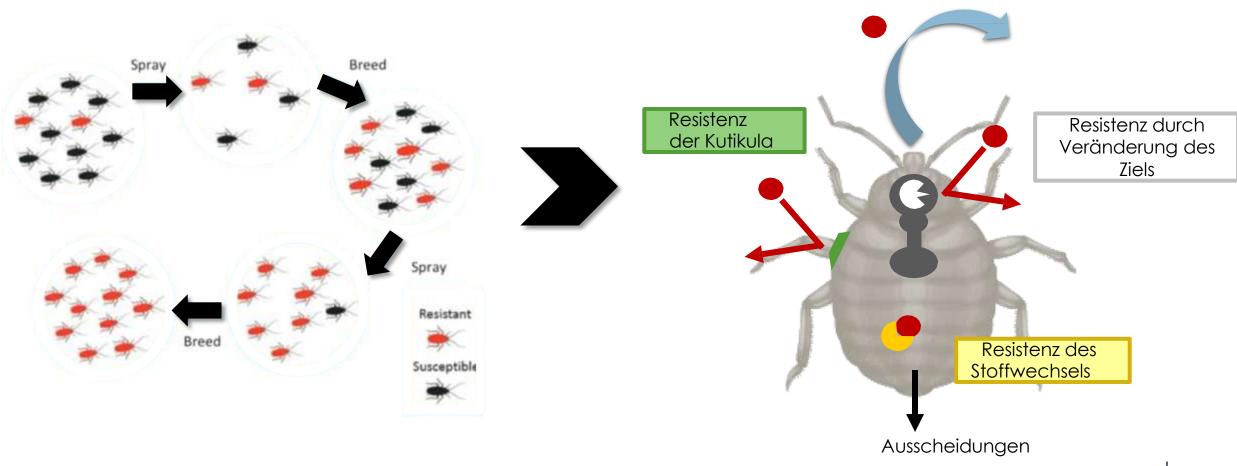
- Verboten vor 2000
- Grösstenteils nach 2010 verboten
- Erlaubt (schliesst eine Diskussion über die Toxizität nicht aus)

Verknappung der zugelassenen Insektizide: verringert die Möglichkeiten, zwischen den verschiedenen Insektiziden abzuwechseln
Begünstigt die Entwicklung spezifischer Resistenzen



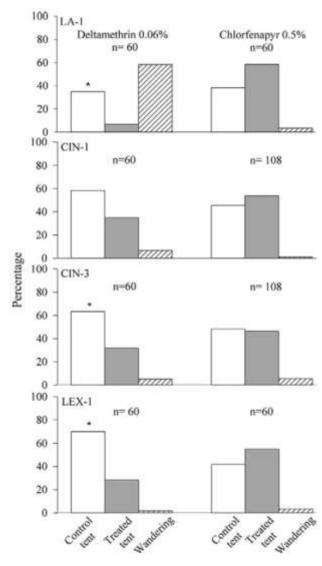
Frei übernommen von: Dang et al., 2017

Verhaltensbedingte Resistenz





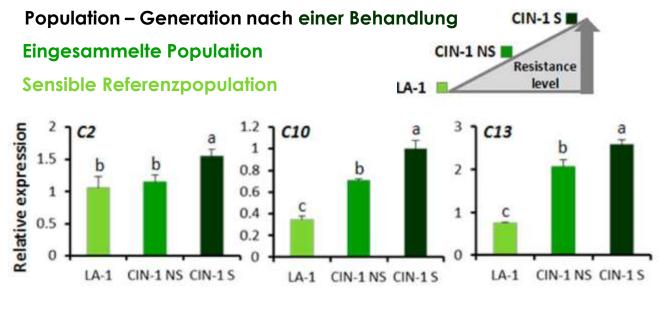
- Verhaltensbedingte Resistenz
 - o **Reizabhängiges** Verhalten
 - Sensorische Reize, um eine mit Toxinen behandelte Oberfläche zu erkennen
 - > Vermeidendes Verhalten
 - Reizunabhängiges Verhalten
 - Verhalten, das einen Kontakt zum Insektizid vermeidet Beispiel: Exophilie = draussen bleiben
 - Bei der Bettwanze: widersprüchliche Studien
 - Die Bettwanze versteckt sich an dunklen Orten oder in Rissen
 - > ein Verhaltensmuster, das allein verhindert, dass sie gefunden bzw. behandelt wird

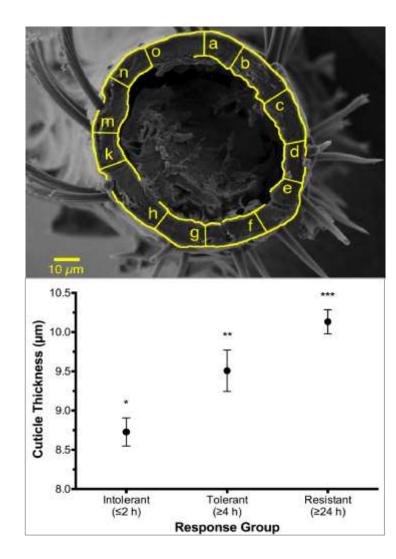


Romero et al., 2009



- Verhaltensbedingte Resistenz
- Resistenz der Kutikula
 - Die Kutikula wird dicker: Überexpression der codierenden Gene der Kutikula-Proteine (C2, C10, C13)





Lilly et al., 2016



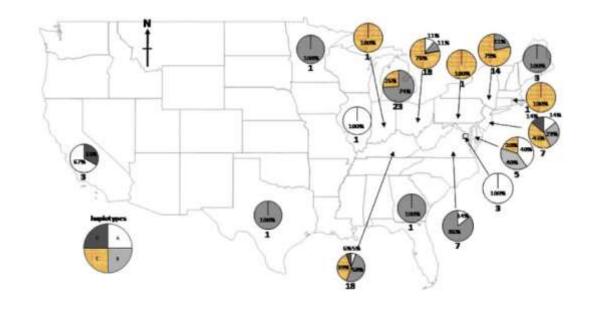
- Verhaltensbedingte Resistenz
- Resistenz der Kutikula
- Resistenz durch Veränderung des Ziels
 - Mutation kdr V419L und L925I= « knock-down resistance »

A = keine Mutation kdr

B = L925I

C = L9251 & V419L

D = V419L



Zhu et al., 2010



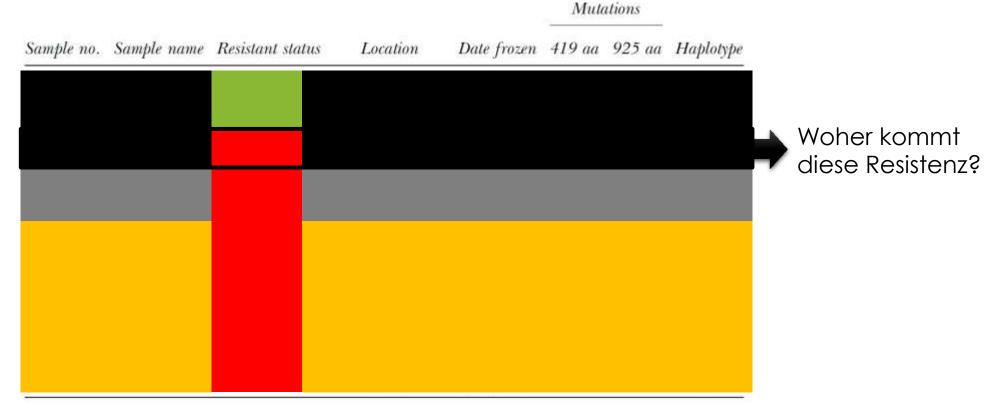
- Verhaltensbedingte Resistenz?
- Resistenz der Kutikula
- Resistenz durch Veränderung des Ziels

A = keine Mutation kdr

B = L925I

C = L9251 & V419L

D = V419L



- Verhaltensbedingte Resistenz?
- Resistenz der Kutikula
- Resistenz durch Veränderung des Ziels
- Resistenz des Stoffwechsels: Entgiftung, Bindung, Ausscheidung
 - Überexpression folgender Gene bei resistenten Stämmen:
 - Cytochrome P450
 - Esterasen
 - ABC-Transporter
 - ... ? (GST, UDPGT ...)



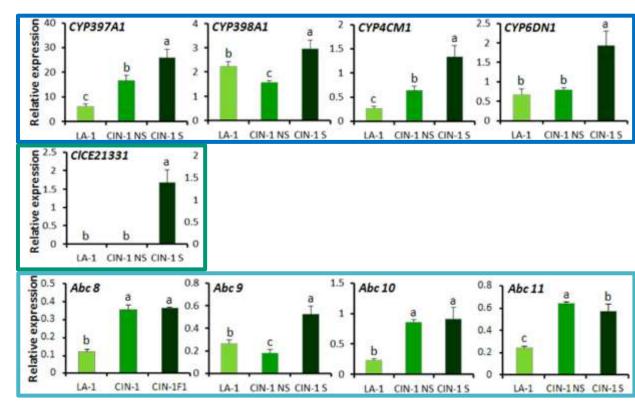
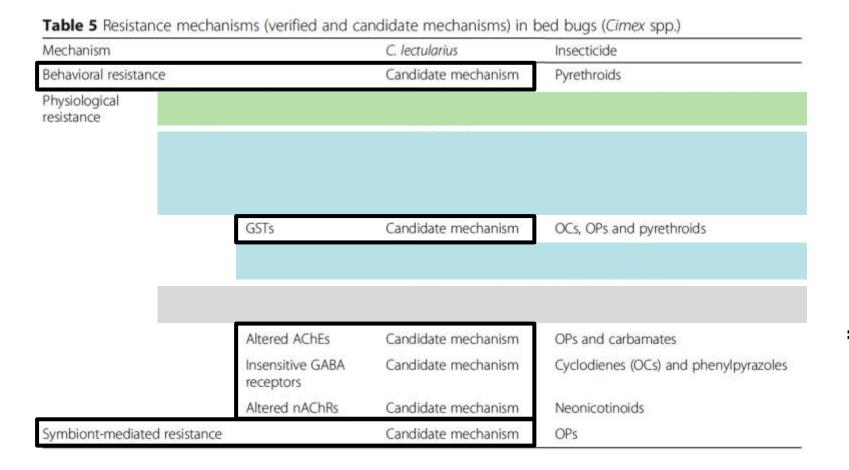






Table 5 Resistance mechanisms (verified and candidate mechanisms) in bed bugs (Cimex spp.)

Mechanism		C. lectularius	Insecticide
Behavioral resistance		Candidate mechanism	Pyrethroids
Physiological resistance			
	GSTs	Candidate mechanism	OCs, OPs and pyrethroids
	Altered AChEs	Candidate mechanism	OPs and carbamates
	Insensitive GABA receptors	Candidate mechanism	Cyclodienes (OCs) and phenylpyrazoles
	Altered nAChRs	Candidate mechanism	Neonicotinoids
Symbiont-mediated resistance		Candidate mechanism	OPs

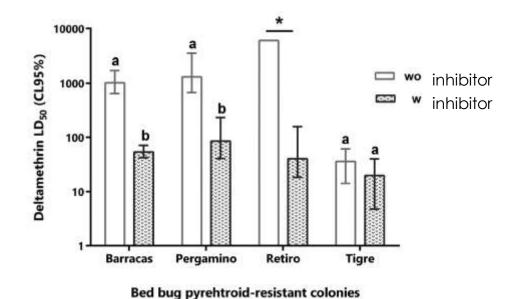


«Schwachstellen»,
die man ausnutzen
könnte
= Forschungsgebiet



Die Behandlung anpassen?

- Synergien zwischen Produkten
- Besondere Inhibitoren nutzen
 - o z.B. **PBO** (Piperonylbutoxid)



Resistenz: Insektizid **CYP450** (Enzym der Stoffwechsel-1. Abbau des resistenz) **Insektizids** durch das Enzym 2. Ausscheidung des Insektizids







4. Teil – Forschung & Innovation



Diagnosetools

Vom Befund eines Befalls...

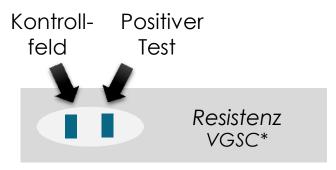


1. Bettwanzen vor Ort entnehmen

... zur Bekämpfung



3. Bericht



2. Auf Resistenz (en) testen

Synergie mit PBO ...

4. Ratschläge zur Optimierung der Bekämpfung <u>Ziel:</u>
Weniger
Insektizide
effizienter
einsetzen

Weniger
Belastung für
die Gesundheit
und die Umwelt



Grüne Chemie: das Wundermittel?



Amerikanische Umweltschutzbehörde

Grüne Chemie: die Verwendung und Herstellung von umweltschädlichen Substanzen reduzieren bzw. einstellen



USA



1991



12 Prinzipien, darunter:

- Umweltverschmutzung vermeiden
- weniger gefährliche chemische Synthesen
- Sichere Produkte entwerfen
- Benutzung von organischen Lösungsmitteln und Hilfsstoffen begrenzen
- **Derivate** begrenzen
- Substanzen konzipieren, die sich unter natürlichen Bedingungen rückstandslos abbauen

Produkte entwerfen, die **spezifisch** genug und **nicht toxisch** für andere Organismen sind, welche **biologisch abbaubar** sind, deren **Wirkung** aber **lang genug** anhält, so dass man die Anzahl Anwendungen gering halten kann ...

= Kompromiss



Grüne Chemie: das Wundermittel?



Dalmatinische Insektenblume (Tanacetum oder Chrysanthemum cinerariifolium)

- Pulver aus getrockneten Blüten
- Halbwertzeit im Boden (dh. notwendige Zeit, damit 50% des Produkts abgebaut werden): 12 Tage
 « biologisch abbaubar » & « natürlich »
- In der Bio-Landwirtschaft zugelassen



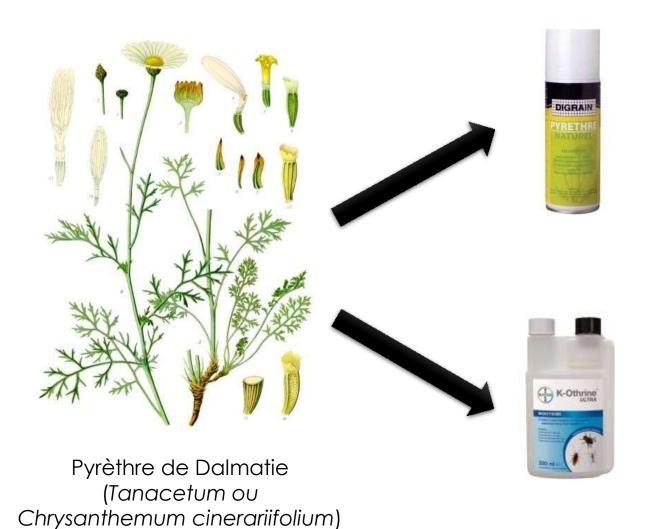
hochtoxisch für Wasserorganismen und Bienen LD₅₀ rat: 700 mg/kg

- Synthetische Verbindung
- Halbwertzeit im Boden: 48 Tage
 « hohe Persistenz » (abbaubar?)



hochtoxisch für Wasserorganismen und Bienen LD₅₀ rat: 87 mg/kg

Grüne Chemie: das Wundermittel?



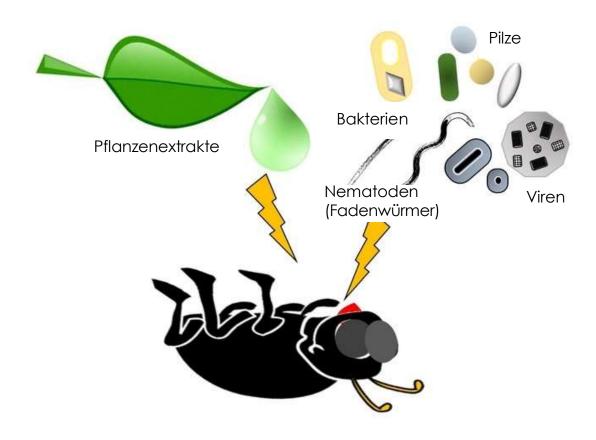
Was ist natürlich?

Was ist chemisch?

Ein Gegensatz?



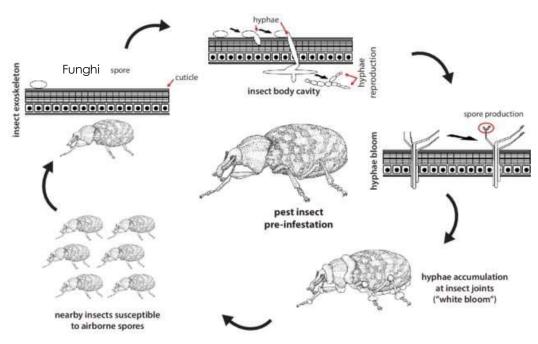
Biopestizide



Adapté de D. Surendra



Louis Tedders, Bugwood.org



Murray et al., 2013



Take-home message

Probleme des erneuten Befalls

- Handel, Reisen: die Globalisierung als Herausforderung
- Wachsam sein: Plan der frz. Regierung (Feb. 2020)
- Bekämpfung ist **teuer** > Betrügereien
 & Behandlung durch Privatpersonen
- Die öffentliche Meinung ist für umweltschonendere Produkte, die ebenso effizient und schnell wirken sollen: ein unmöglicher Kompromiss?



Take-home message



- Handel, Reisen: die Globalisierung als Herausforderung
- Wachsam sein: Plan der frz. Regierung (Feb. 2020)
- Bekämpfung ist **teuer** > Betrügereien
 & Behandlung durch Privatpersonen
- Die öffentliche Meinung ist für umweltschonendere Produkte, die ebenso effizient und schnell wirken sollen: ein unmöglicher Kompromiss?



- Resistenzprinzipien ermitteln, um spezifische Inhibitoren zu nutzen: Diagnosetools entwickeln
- Biopestizide entwickeln
- Ein Produkt **gegen die Symbiose** mit Wolbachia finden?

Den Druck lockern, der durch die geringe Anzahl derzeit verfügbarer Insektizide entsteht.

Was erwarten Sie von der Forschung?



Merci pour votre attention! Avez-vous des questions?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Haben Sie noch Fragen?

Thanks for your attention!
Do you have any questions?



