

Der weltweite Amphibienrückgang und die Rolle von Krankheiten



Dirk S. Schmeller



HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

Schleichenlurche oder Blindwühlen (*Gymnophiona*)
(mind. 200 Arten, Tropen und Subtropen)



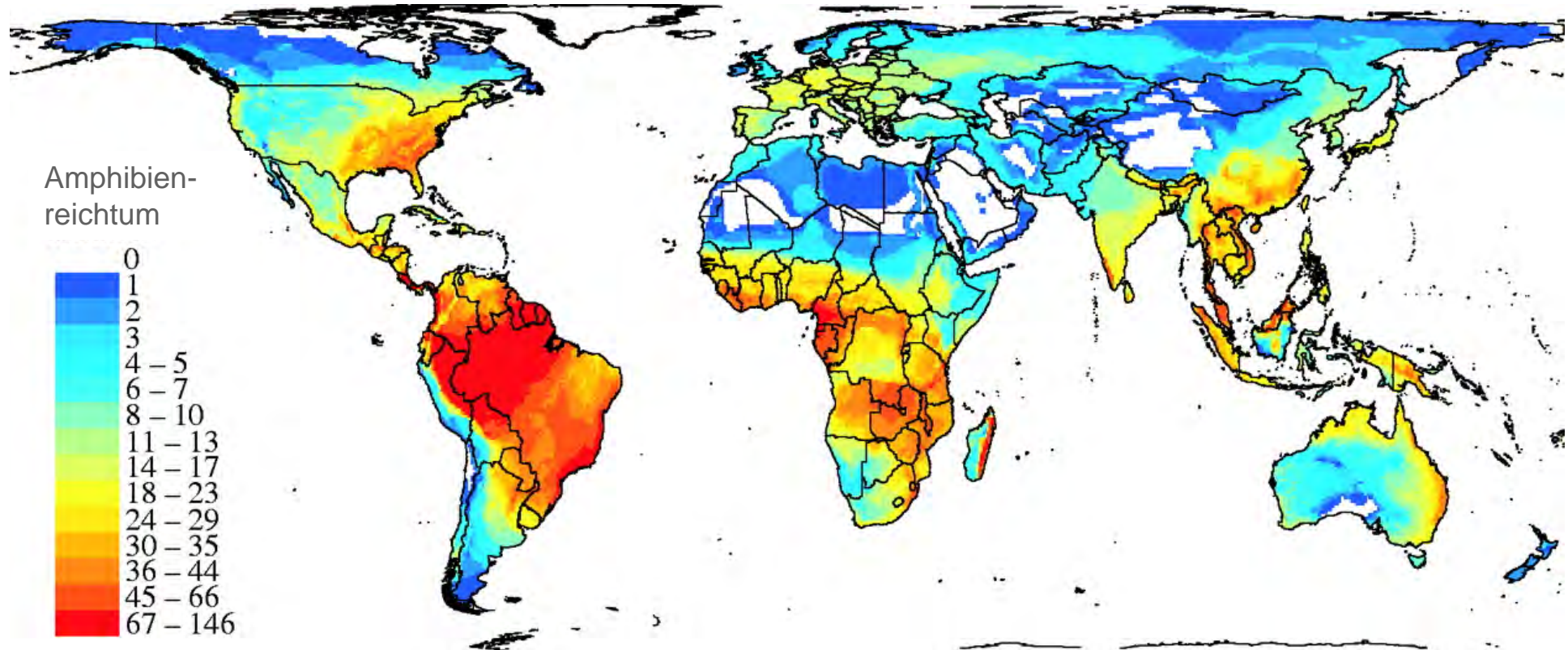
Froschlurche (*Anura*)
(mind. 5800 Arten in 47 Familien)



Schwanzlurche (*Caudata*)
(mind. 580 Arten)



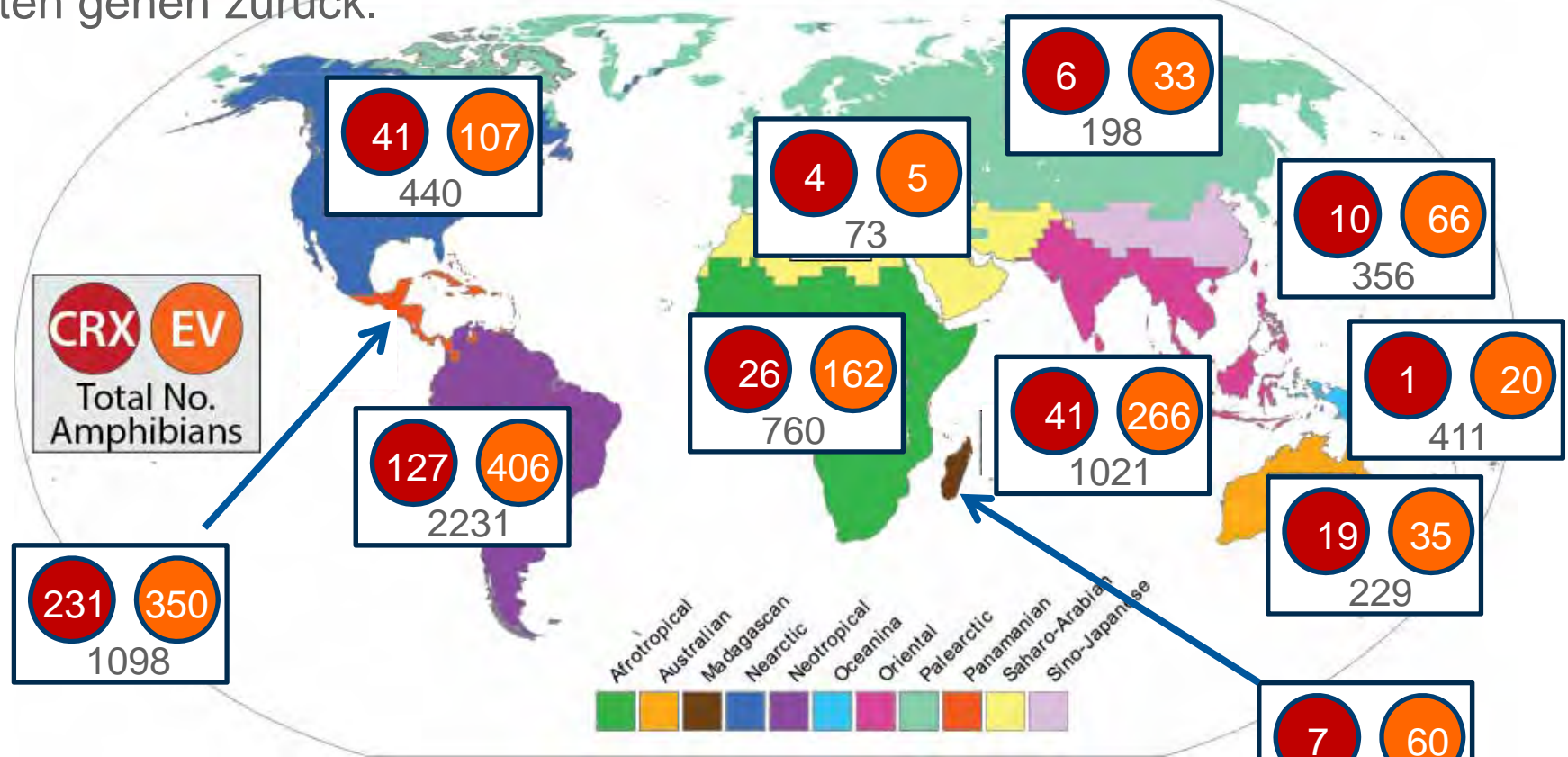
Globale Amphibienvielfalt



Bezugsgröße: Planquadrante von 3091 km²

Buckley & Jetz 2007. Proc. R. Soc. B 274:1167-1173

Amphibien verdeutlichen die globale Biodiversitätskrise: etwa 40% aller Arten gehen zurück.



Amphibienrückgang in den verschiedenen biogeographischen Biomen.

Rot: ausgestorben in freier Wildbahn oder kritisch bedroht. **Orange:** bedrohte oder gefährdete Art

<http://amphibiaweb.org/declines/declines.html>

Habitatzerstörung

- Entwaldung
- Drainage von Feuchtgebieten
- Straßen

Klimawandel

- Temperatur
- Feuchtigkeit
- UV-B

Übernutzung:

- Froschschenkel
- Medizin
- Haustier

Fremde Arten:

- Predatoren
- Konkurrenten
- Übertragung von Pathogenen



Krankheiten:

- Trematoden
- Iridoviren
- Chytrid-Pilze

Schadstoffe:

- Metalle
- Pestizide
- endokrine Disruptoren

Massensterben durch Infektionskrankheiten – verschiedene Muster:

1) Pilz-Infektionen: Großflächig, 50-100% Mortalität, Auftreten in größeren Höhen oder kühlen Regionen

2) Iridiovirus-Infektionen: Kleinräumig, oft in anthropogen gestörten Regionen, bei hohen Individuendichten

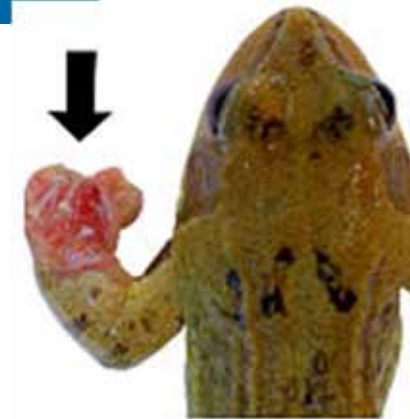
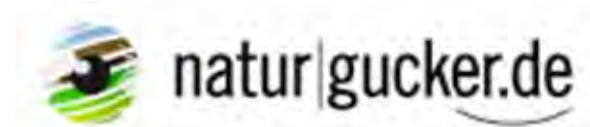
Carey et al. 1999. Develop. Compar. Immun. 23:459-472

Darüberhinaus:

Trematoden (Saugwürmer) Infektionen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gegenden

Pathogens

- Ranavirus
- *Batrachiochytrium dendrobatitis*
- *B. salamandrivorans*
- *Amphibiocystidium ranae*



- Fisher *et al.* have recently produced a review and meta-analysis of temporal trends in fungal emerging disease.
- Nascent fungal infections, such as *Bd* will cause increasing attrition of biodiversity unless steps are taken to tighten biosecurity worldwide.

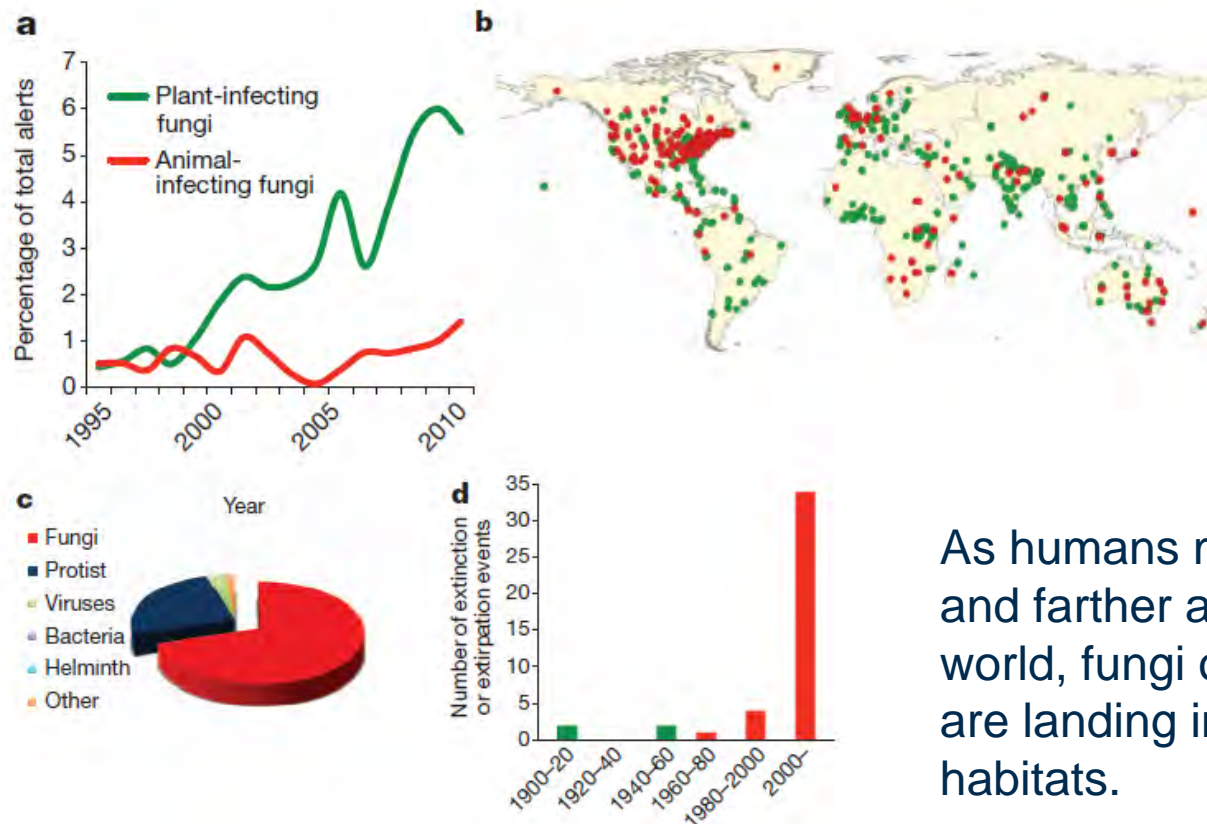


Figure 1 | Worldwide reporting trends in fungal EIDs. a, b, Disease alerts in the ProMED database for pathogenic fungi of animals and plants (a), and the spatial location of the associated reports (b). **c, d,** Relative proportions of species extinction and/or extirpation events for major classes of infectious disease agents (c) and their temporal trends for fungal pathogens (d). Primary data sources are given in the Supplementary Information.

As humans move faster and farther around the world, fungi of all kinds are landing in new habitats.



Fusarium solani & turtles



Aspergillus sydowii & coral



UFZ

Geomyces & bat WNS







Ursachen des Amphibienrückgangs:
Infektionen: Beispiel Chytridpilz

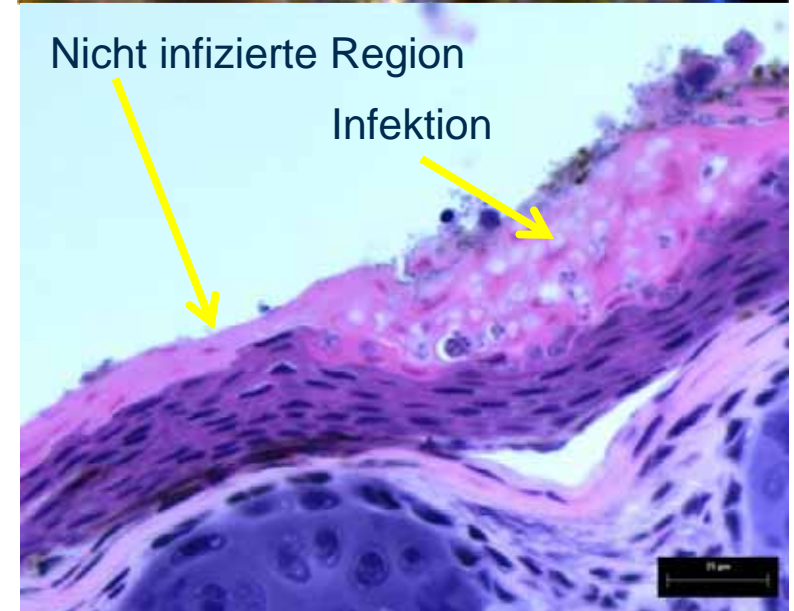
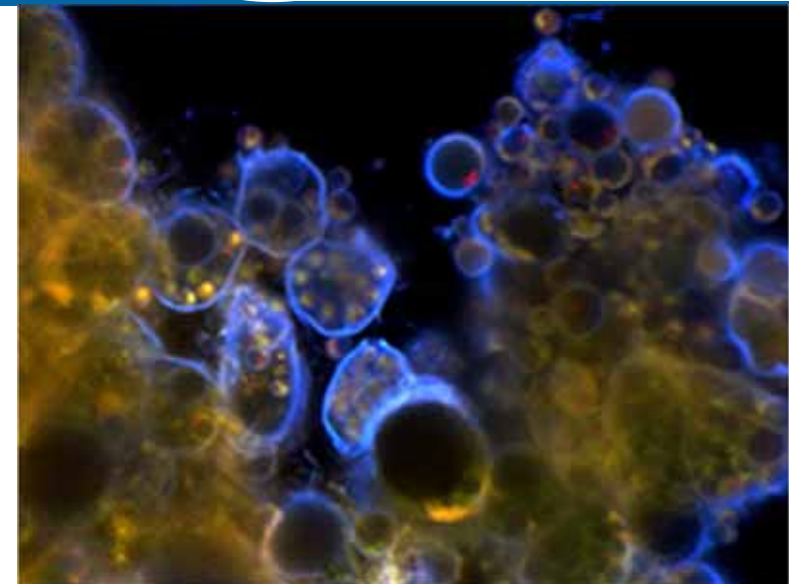
Batrachochytrium dendrobatidis (Bd)

Pilzerkrankung der Haut:

- Beeinträchtigung des Gas-, Flüssigkeits- und Mineralstoffwechsels
- Freisetzung von Hautsekreten
- Verhornung der Haut (Hyperkeratose)

Global verbreitetes Pathogen:

- Ursache für Rückgang und Aussterben von etwa 200 Arten
- Ungewöhnlich virulent: Wirte sterben aus bevor Reduktion der Populationsdichte die Ausbreitung verlangsamen kann



Ursachen des Amphibienrückgangs:
Infektionen: Beispiel Chytridpilz



Foto: Carlos R. Vasquez-Almazan

Bolitoglossa engelhardtii



Foto: Brian Gratwicke

Harlekinfrosch
(*Atelopus varius*)

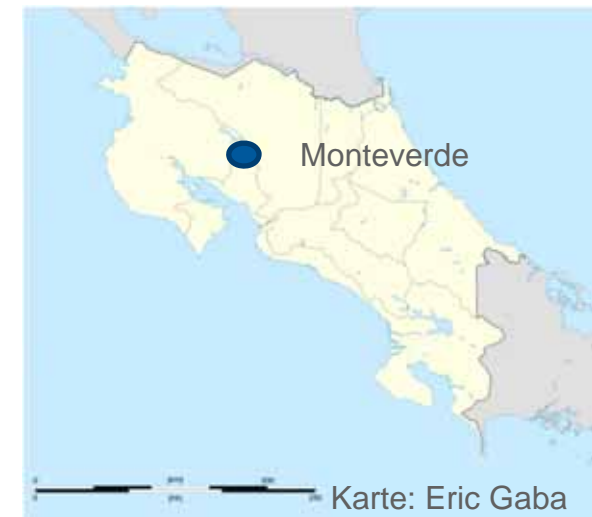


Foto: Charles H. Smith

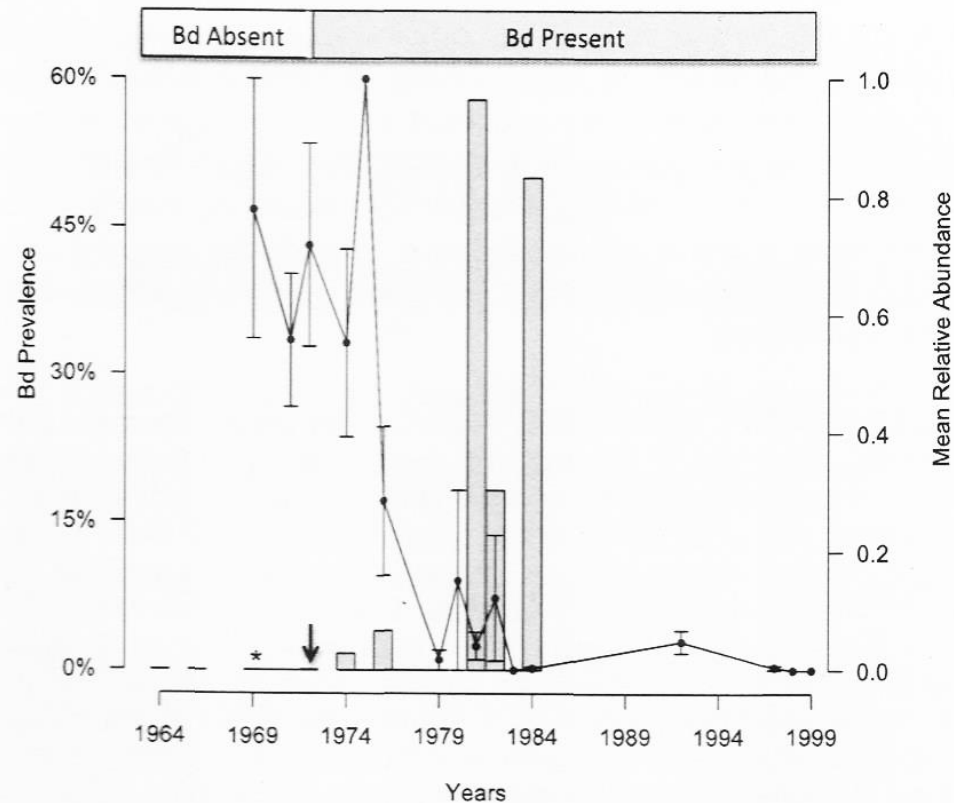
Goldkröte (*Bufo periglenes*)

In den späten 1980er Jahren:

Plötzliches Aussterben mehrerer
Amphibienarten im Monteverde
Schutzgebiet in Costa Rica, ohne
sichtbaren Grund.



Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen: Beispiel Chytridpilz



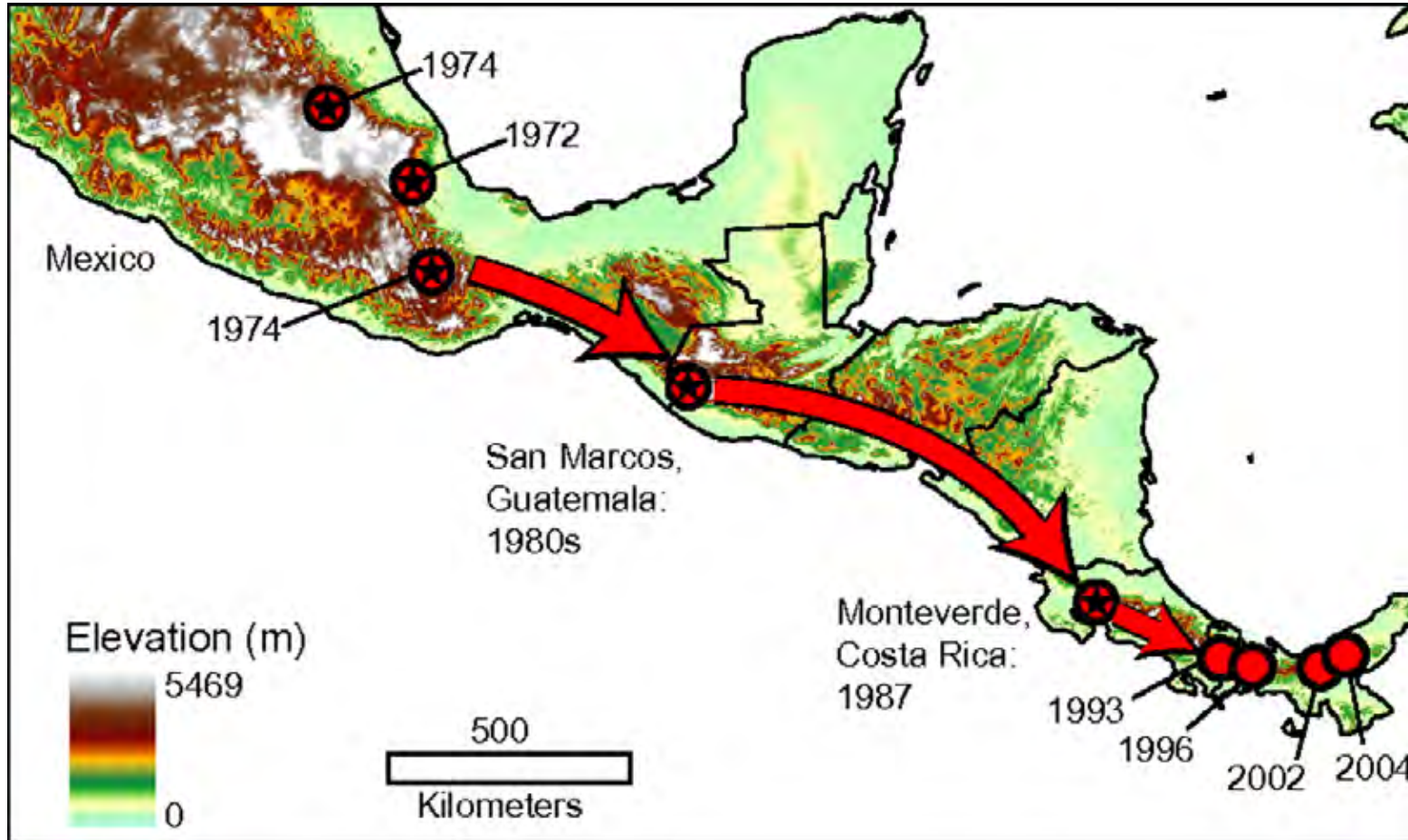
Nachweis des gleichzeitigen Auftretens von *Bd* in formalengelagerten Amphibien aus dem Museum mittels PCR

Abundanz von *Bolitoglossa* (Linie) und Auftreten von *Bd* (Säulen)

Cheng et al. (2011) PNAS 108:9502-9507

Ursachen des Amphibienrückgangs:
Infektionen: Beispiel Chytridpilz

Ausbreitung in Mittelamerika von 1987 bis 2008



Cheng et al. (2011) PNAS 108:9502-9507

Ursache für die plötzliche und massive Ausbreitung von Amphibienkrankheiten?

Neue Pathogene entwickelt aus nichtpathogenen Lebensformen oder verbreitet durch menschliche Aktivitäten wie globaler Handel und Fischbesatz

Veränderung von Umweltbedingungen (z.B. Klimaveränderungen) und Lebensgemeinschaften zugunsten der Pathogene

Umweltstress (Schadstoffe, UV, Stress durch Habitatveränderungen) reduzieren Immunkompetenz von Amphibien

Carey et al. 1999. Develop. Compar. Immun. 23:459-472

Ursachen des Amphibienrückgangs:
Infektionen und Verbreitung

Weltweite Verbreitung des Chytridpilzes über den afrikanischen Krallenfrosch (*Xenopus*, Apothekerfrosch)

Bis in die 1960er Jahre Verwendung für Schwangerschaftstest



<http://www.t35.physik.tu-muenchen.de/addons/Xenopus/Xenopus.html>

Globaler Amphibienhandel hat genetisch isolierte *Bd*-Stämme zusammengeführt und durch Genom-rekombination zu hypervirulenten Stämmen geführt.

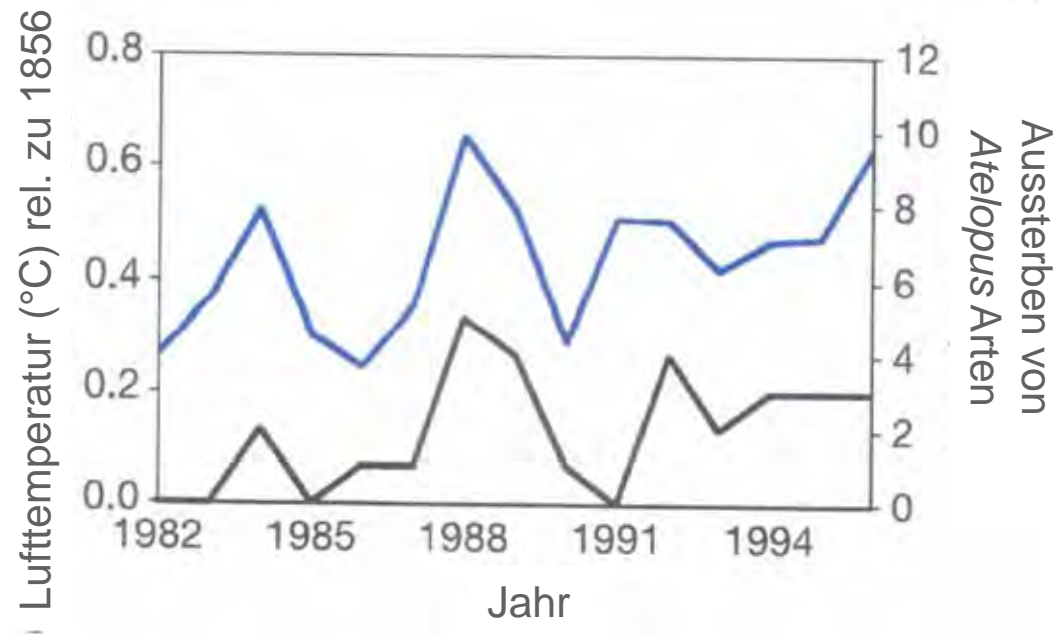
Farrer et al. 2011.PNAS108:18732-18736

Aussterben von *Atelopus* Arten im Monteverde-Schutzgebiet



Paradox:

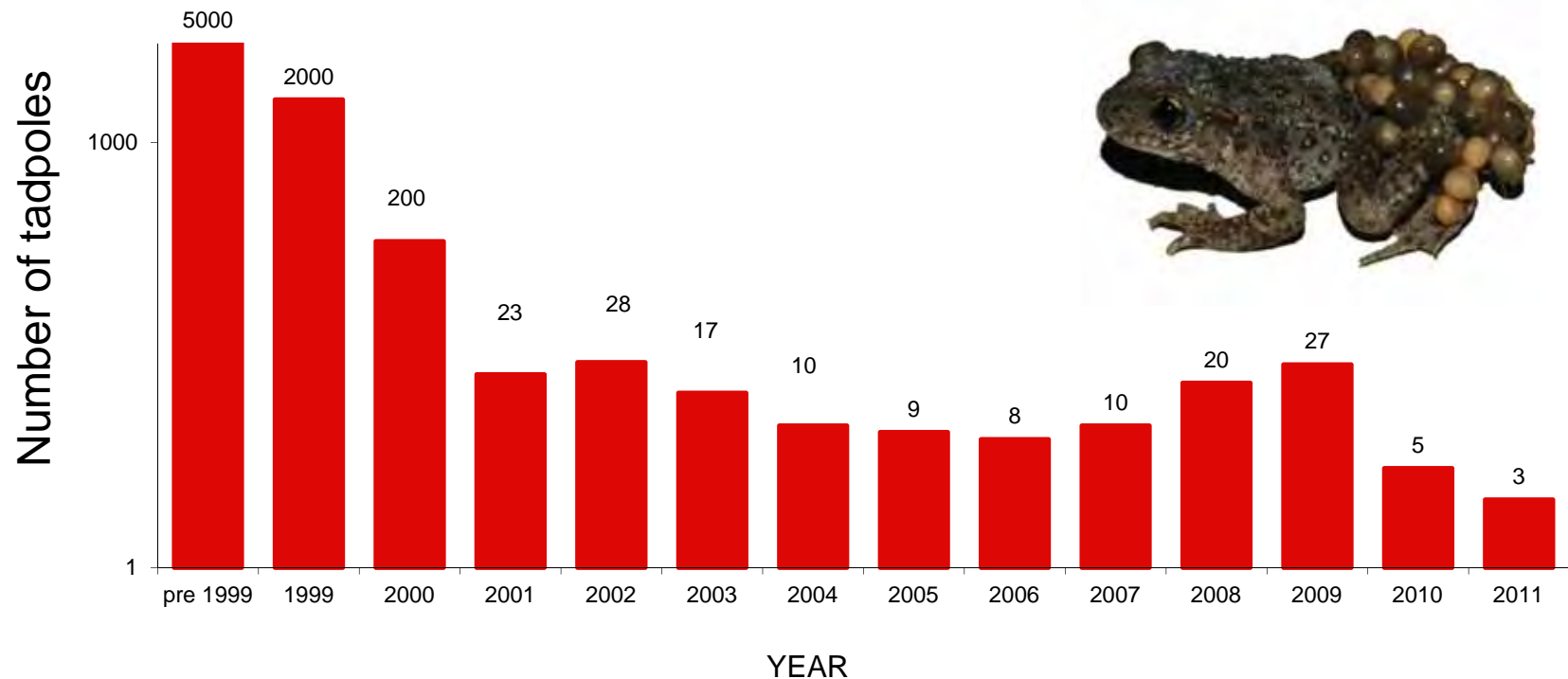
- Förderung des Chytridpilzes durch kühles Klima (17 – 25°C)
- Amphibiensterben in warmen Jahren



Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen und Lebensgemeinschaft

Ankunft von *Bd* in den Pyrenäen:
Beispiel Penalara Naturpark, Spanien

Folge: Massiver Einbruch der Geburtshelferkröte
Alytes obstetricans





Neueste Ergebnisse zeigen:

Infektion mit *Bd* ist standortspezifisch und abhängig von aquatischer Mikrofauna

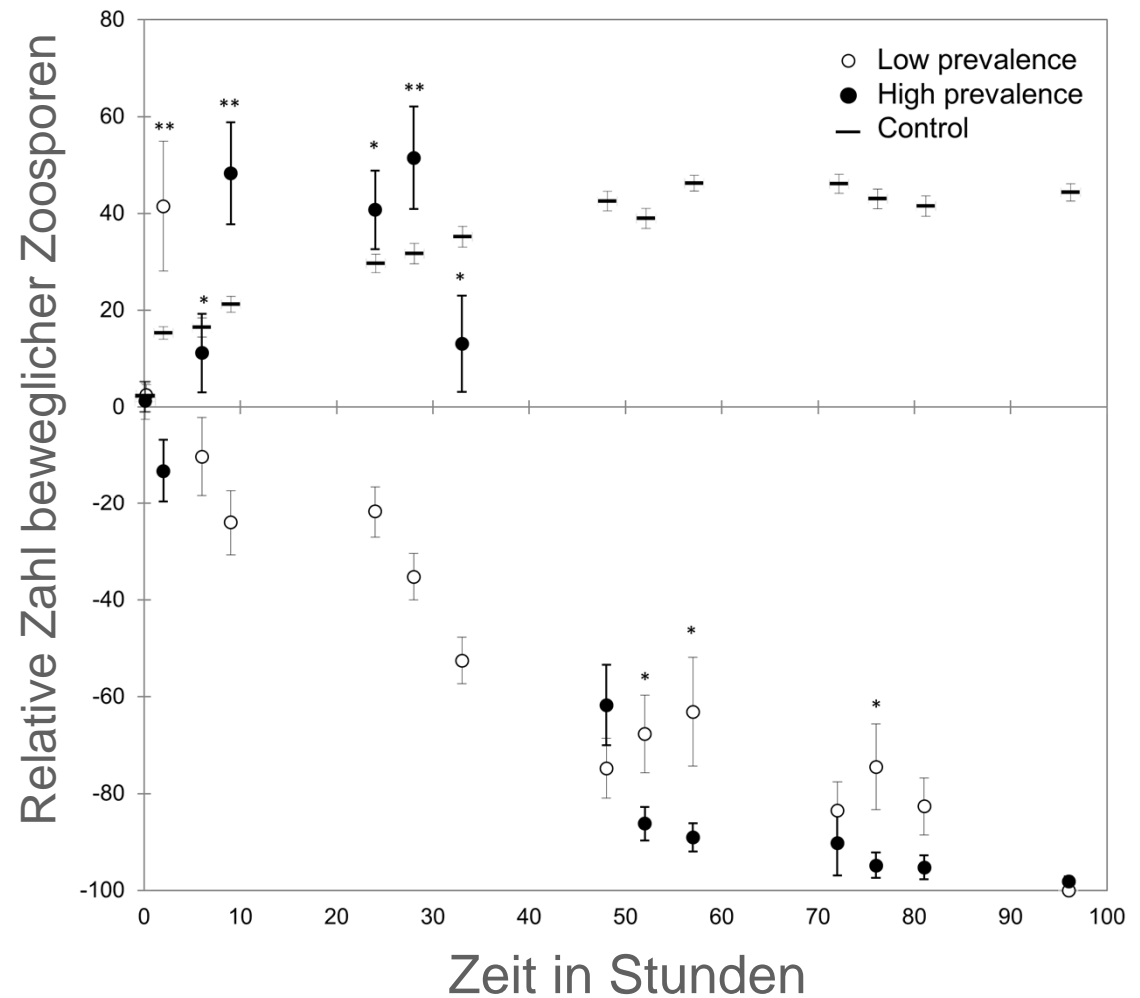
Experiment:

1) *Bd* Zoosporen + Wasser von Standorten mit geringer *Bd* Prävalenz

Rückgang der Zoosporen nach 2 Stunden

2) *Bd* Zoosporen + Wasser von Standorten mit hoher *Bd* Prävalenz

Rückgang der Zoosporen nach 33 Stunden

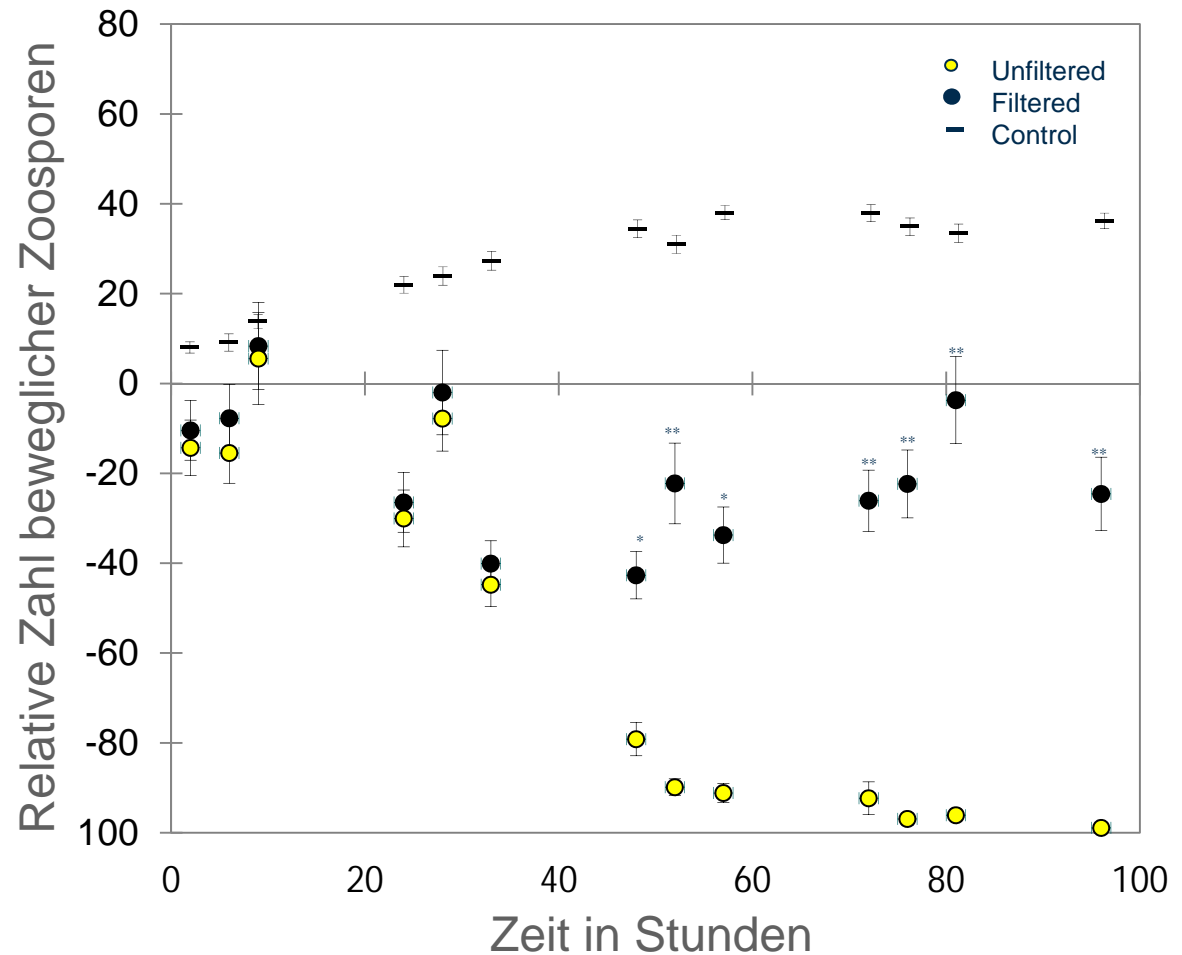


Wird Wasser filtriert:

kein Rückgang der *Bd*
Zoosporen

Grund:

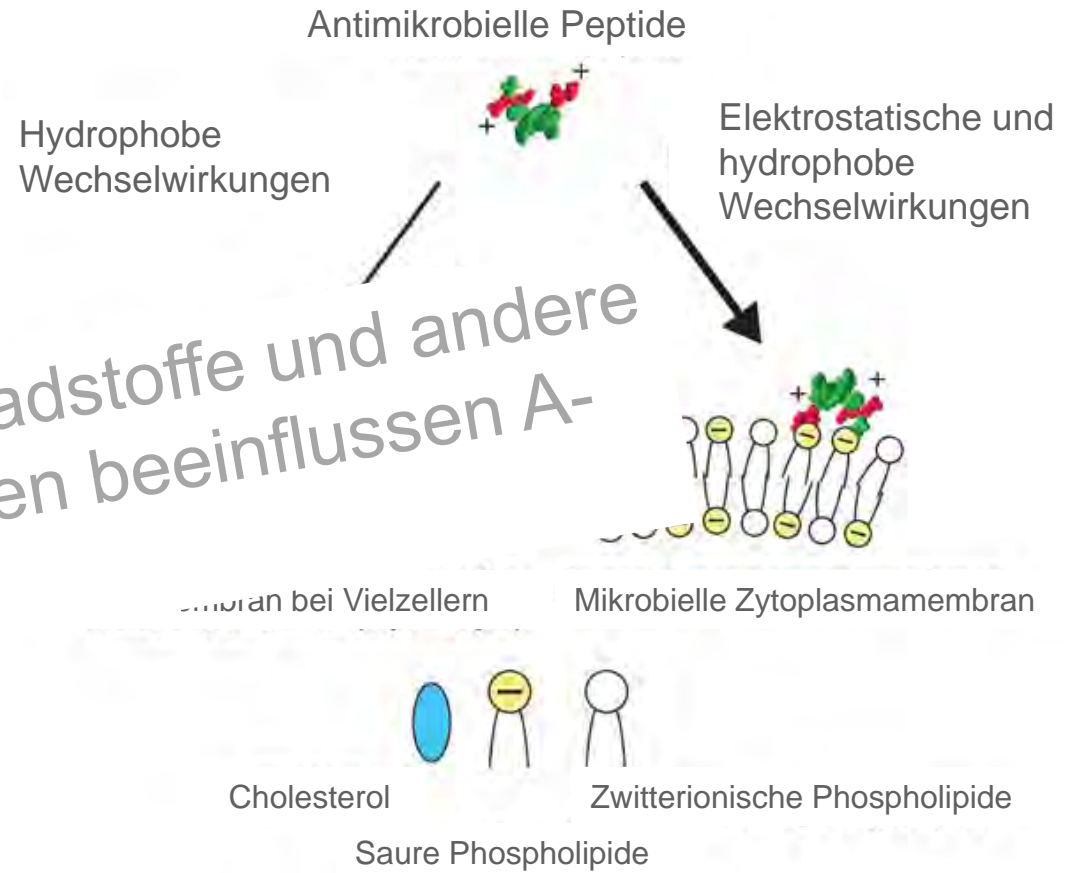
- Unterschiedliche Abundanz von räuberischem Zooplankton an verschiedenen Standorten
- Filtration entfernt Zooplankton



Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen und Immunsystem

- typischerweise kationische und hydrophobe Aminosäuren in α -Helix
- Bindung an negativ geladene Cytosolmembran
- Wirkung: AMP Abwehr

Hypothese: Schadstoffe und andere Umweltstressoren beeinflussen AMP Abwehr



Zaslouff 2002. *Nature* 415:389-395

Ursachen des Amphibienrückgangs:
Toxizität von Schadstoffen

Amphibienrückgang durch
Pestizideinsatz (Landwirtschaft)
u.a. Schadstoffe



- Dünne Amphibienhaut durchlässig für Pestizide
- Brut und Entwicklung der Kaulquappen in oft landwirtschaftlich beeinflussten Gewässern im Frühjahr (Hochzeit des Herbizideinsatzes)
- Reduktion der Nahrungsgrundlagen von Larven und Adulten durch Pestizide

- Subletale Effekte:
 - Wirkung auf Metamorphose durch Störung der Thyroidaktivität
 - Missbildungen durch Wechselwirkung mit Retenoid-Signalwegen
 - Effekte auf sexuelle Differenzierung durch östrogene und antiandrogene Effekte
 - Änderung des Fressverhaltens (reduziertes Wachstum, verspätete Metamorphose) durch Acetylcholinesterase-Inhibitoren
 - Schwächung des Immunsystems



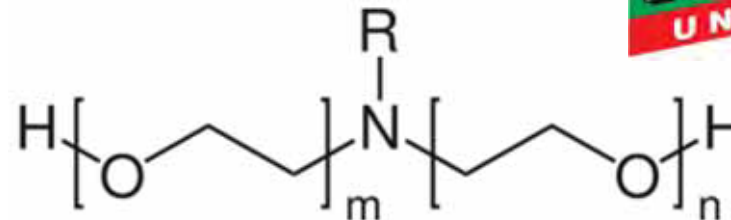
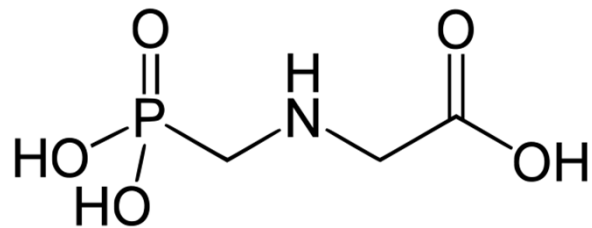
Zahlreiche Beispiele für Schadstoffeffekte in umweltrelevanten Konzentrationen

- Verschwinden von *Rana muscosa* in der Sierra Nevada (Kalifornien) durch Pestizidverdriftung aus Central Valley (intensive Landwirtschaft) (Davidson & Knapp 2007 *Ecol. Appl.* 17:587-597)
- Missbildung von *Bombina orientalis* durch behandeltes städtisches Abwasser in Südkorea (Park et al. 2014. *Environ. Toxicol. Chem.* 33:954-961)
- Effekte von Nanometallen auf Thyroidhormonhaushalt in Ochsenfrosch-Kaulquappen (*Rana catesbeiana*) in Konzentrationen unterhalb der U.S. Wasserqualitätskriterien (Ashley et al. 2010. *ES&T* 44: 8314-8321)



Ursachen des Amphibienrückgangs:
Toxizität von Schadstoffen

Beispiel: Glyphosatformulierungen



Glyphosat + Talgalkylaminoethoxylat (POEA) um Penetration in Pflanzenzellwand zu erhöhen

Hohe Toxizität von POEA und Glyphosat/POEA auf Amphibien:

Zerstörung der Kiemen, Verlust der osmotischen Stabilität, Entwicklungsstörungen, Missbildungen, oxidativer Stress, Intersex

Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen und Pestizide

Rückgang des Leopardfrosch (*Rana pipiens*) in Minnesota (USA) durch Befall mit Trematoden

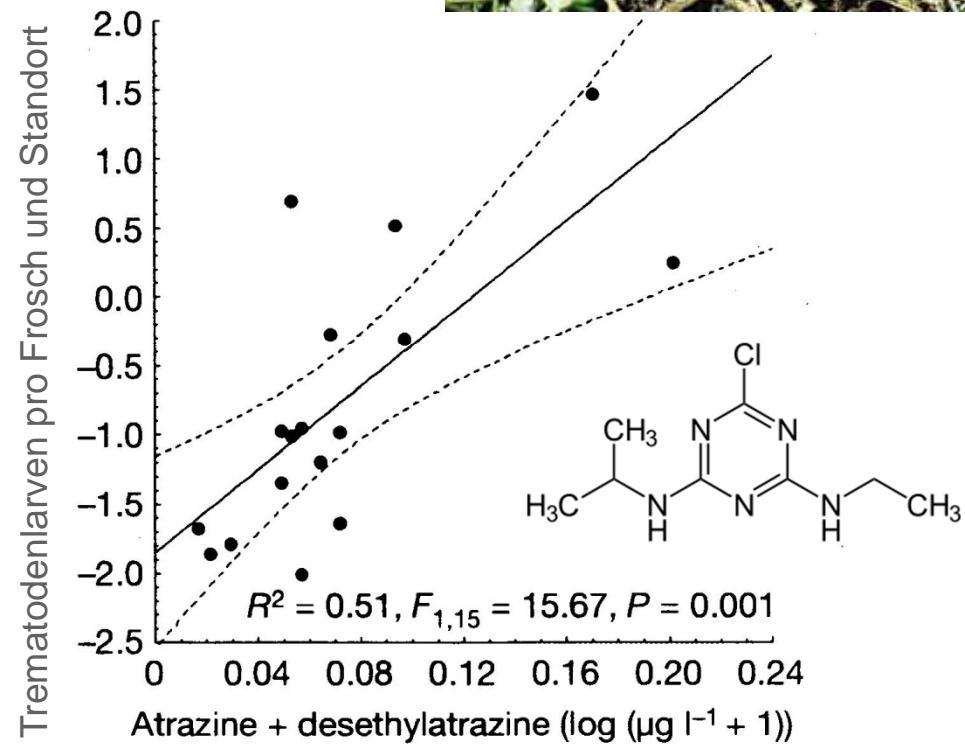
Rohr et al. 2008. Nature 455:1235-1239



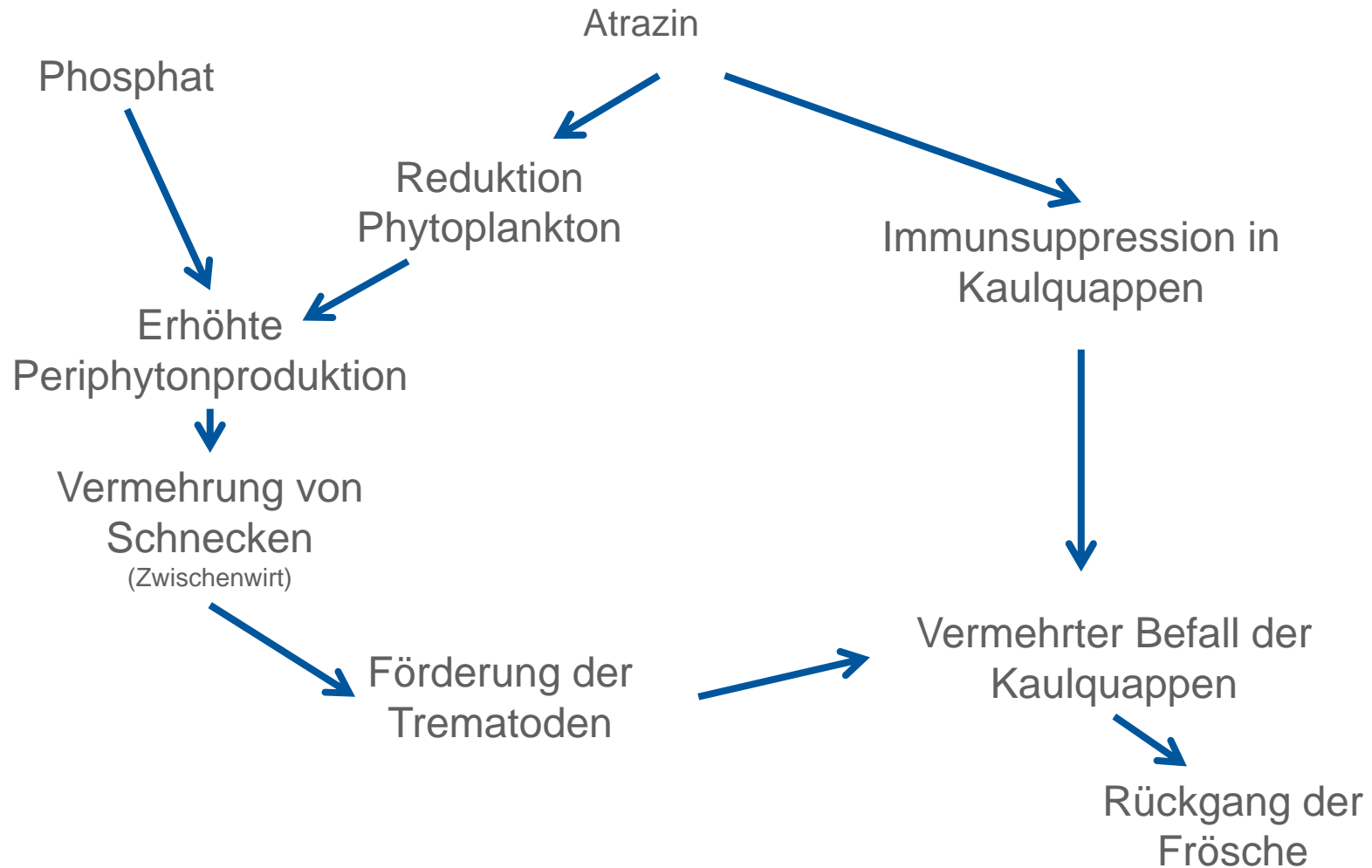
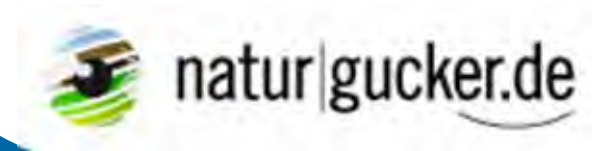
Stärkster Prediktor: Atrazin

erklärt 74% der Varianz im Befall mit Trematodenlarven

weiterer Faktor: Phosphat



Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen und Pestizide



Rohr et al. 2008. Nature 455:1235-1239

Massenhaftes Aussterben von Amphibien:

- Katastrophe für Biodiversität
 - Negative Auswirkungen auf
 - Ökosystemfunktionen
 - und menschliche Gesundheit
- zu erwarten



Folgen des Amphibienrückgangs

Ökosystemdienstleistungen durch Amphibien



Bereitstellung

(provisioning services)

- Nahrung
- Medizin

Regulation

(regulating services)

- Mosquitos/
Krankheiten



Kultur

(cultural services)

- Mythen
- Kinderbücher
- Spiele
- Zoos/Museen

Unterstützung

(supporting services)

- Aquatische und
terrestrische
Nahrungsnetze
- Nährstoffkreisläufe



Frühwarnsystem für
Verschlechterung von
Umweltbedingungen

Beispiele Medizin

Kambô-Froschimpfung der Katukina-Indianer im Amazonas-Gebiet

- Hautsekret des Kambôfrosches
- Stärkung des Immunsystems
- gegen Depressionen



<http://www.ayakambo.com/medizin/23-kambo-froschmedizin>

Antimikrobielle Peptide aus der Haut von Amphibien (A-AMPs)

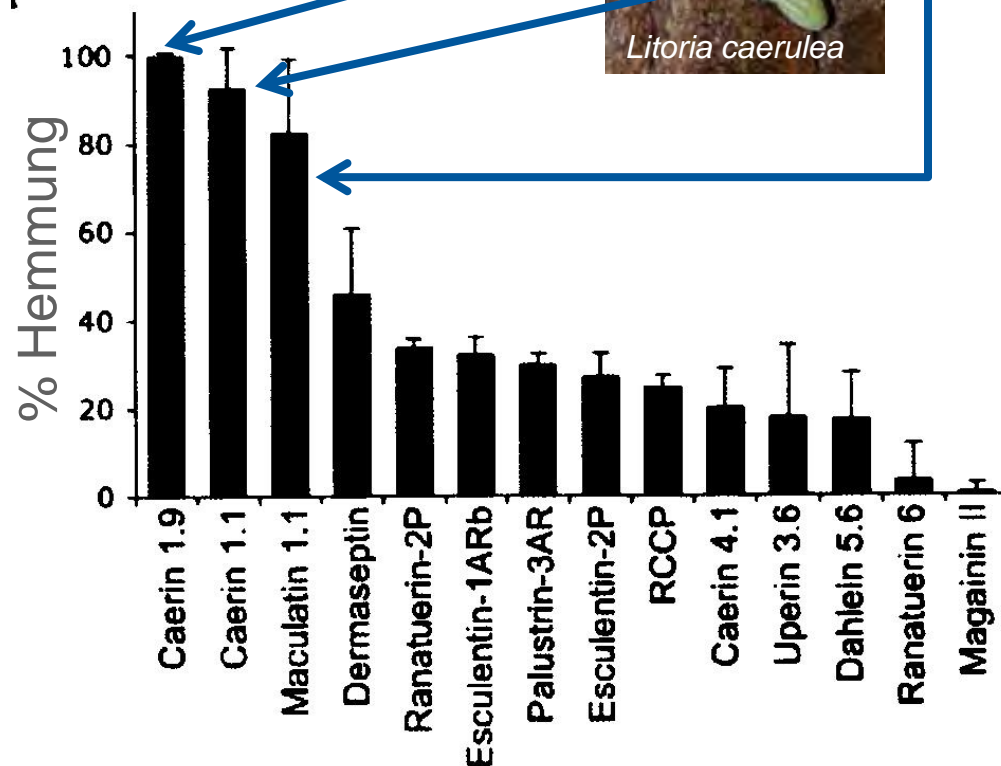
- > 20 % aller bekannten AMPs aus Amphibien
- aktiv gegen Bakterien, Viren, Pilze und Malariaparasiten

Zasloff 2002. *Nature* 415:389-395



Folgen des Amphibienrückgangs Ökosystemdienstleistungen - Bereitstellung

Hemmung der Infektion von T-Zellen mit HIV durch Amphibien-AMPs



Vollständige Hemmung der HIV-Übertragung auf menschliche T-Zellen durch A-AMPs

VanCompernelle et al. 2005 J. Virol. 79:11598-11606

Folgen des Amphibienrückgangs Ökosystemdienstleistungen - Regulation

Einfluss von Amphibien auf Mosquitos in Feuchtgebieten

Verminderte Eiablage von Mosquitos in Anwesenheit von LISY- und AMMA-Larven

Kein Überleben von Mosquitolarven in Teichen mit AMMA-Larven (Predatoren)

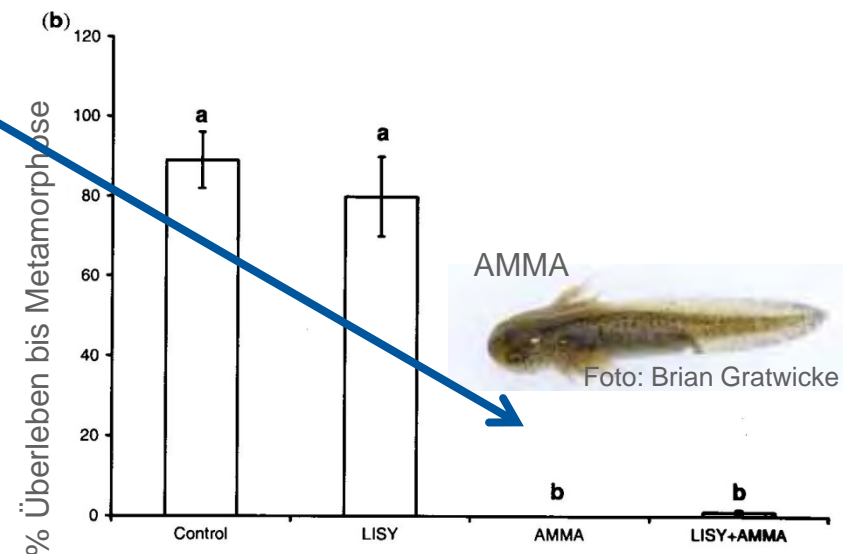
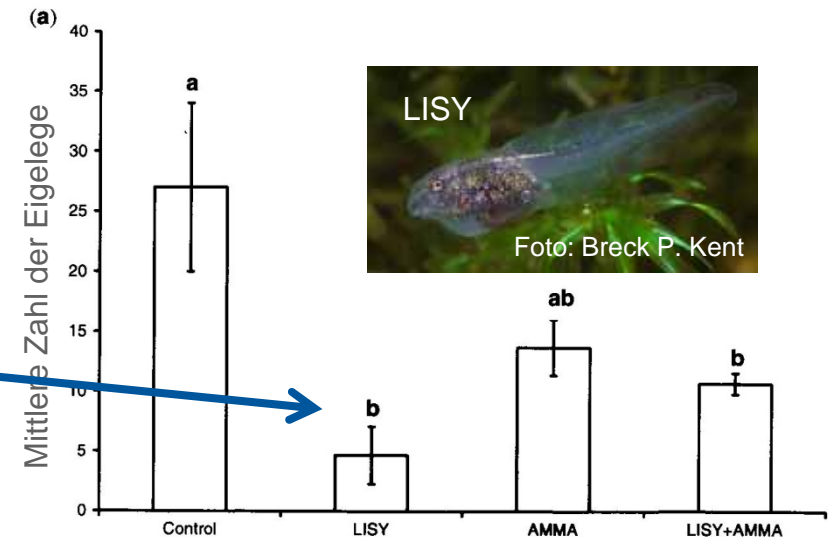


Foto: Camazine



LISY: *Lithobates sylvaticus*
(Waldfrosch)

AMMA: *Ambystoma maculatum*
(Gefleckter Salamander)



Rubbo et al. 2011. Wetlands 31:799-804

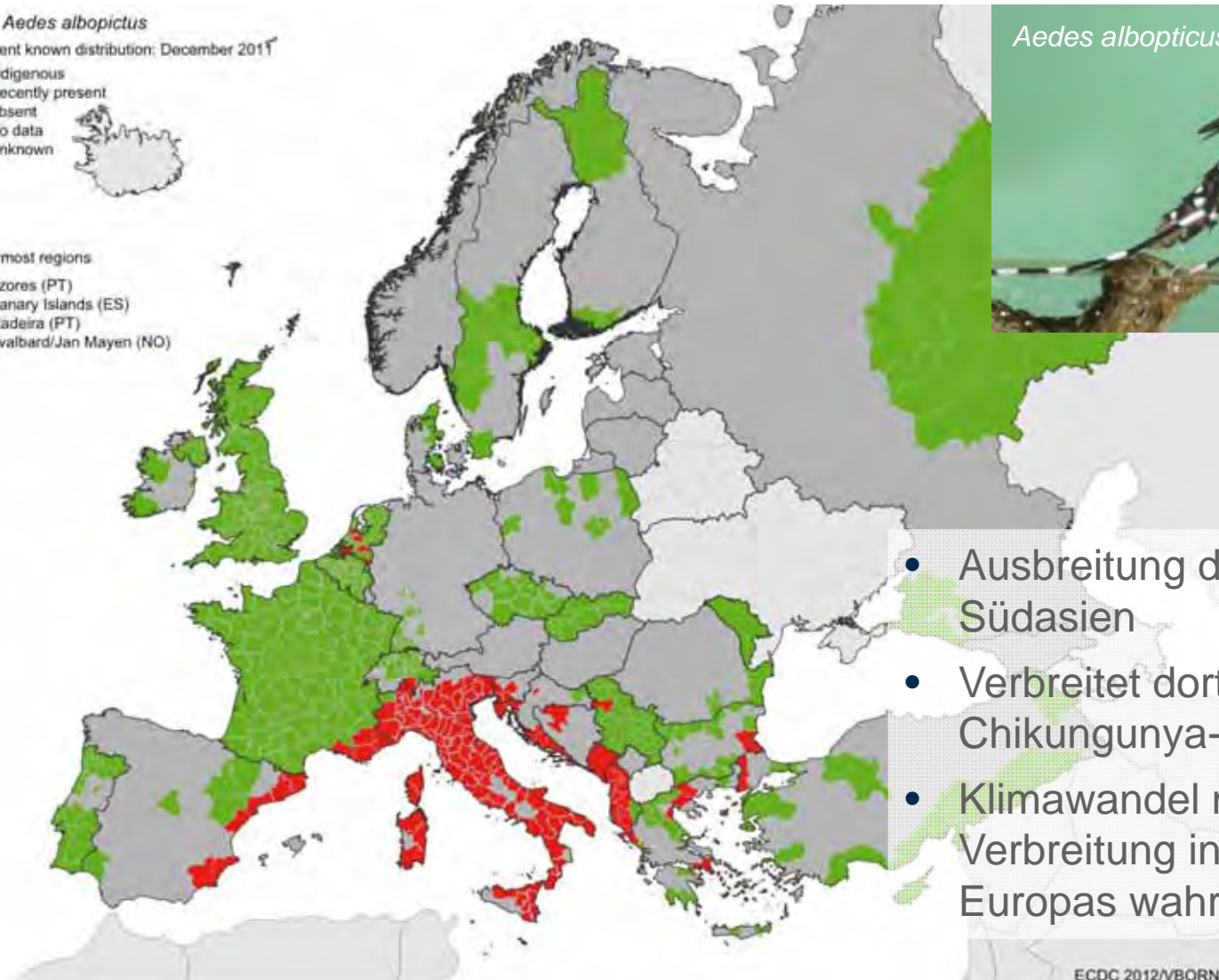
Folgen des Amphibienrückgangs Ökosystemdienstleistungen - Regulation

Aedes albopictus
Current known distribution: December 2011

- Indigenous
- Recently present
- Absent
- No data
- Unknown

Outermost regions

- Azores (PT)
- Canary Islands (ES)
- Madeira (PT)
- Svalbard/Jan Mayen (NO)

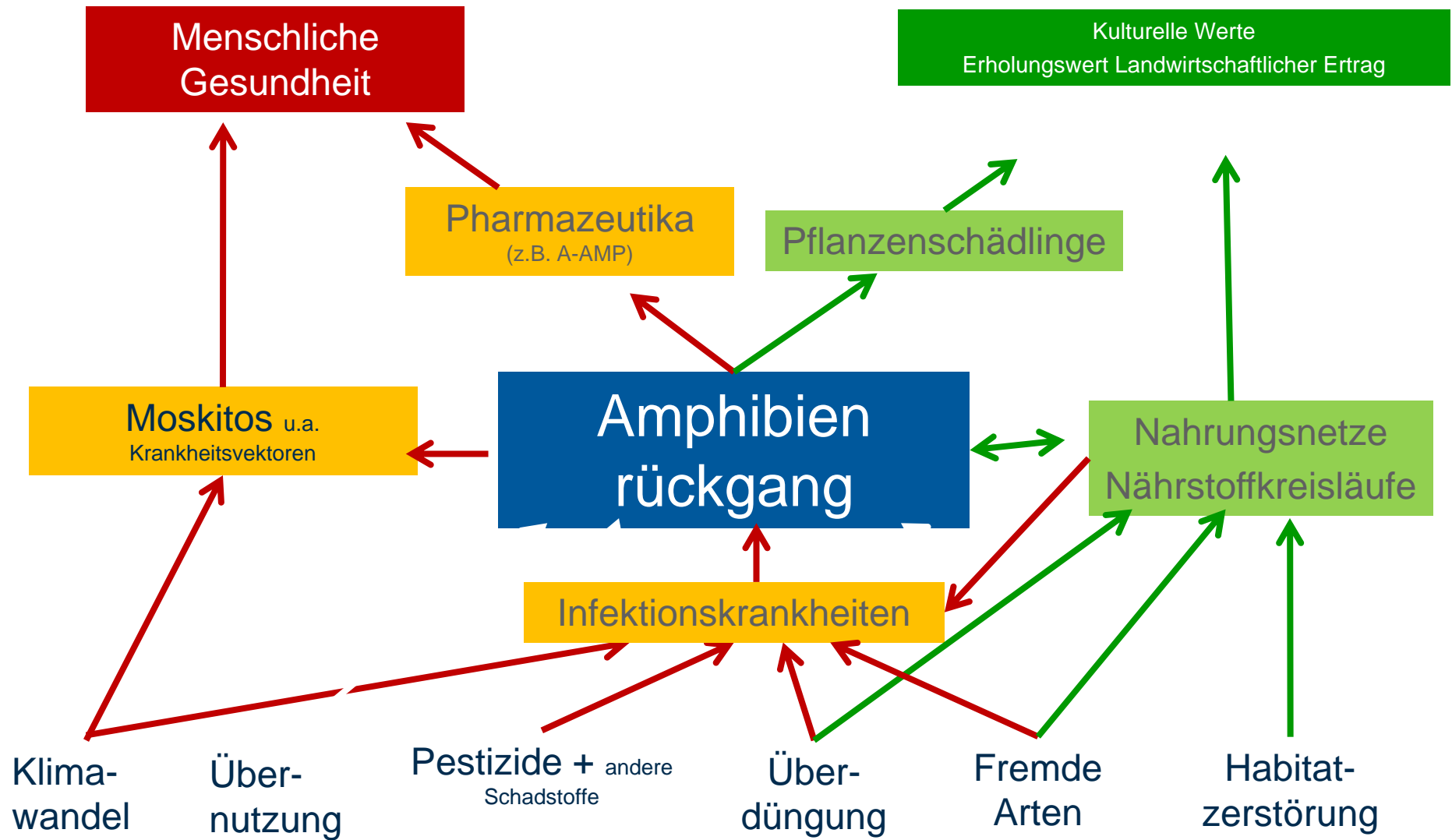


- Ausbreitung der Tigermücke aus Südasiens
- Verbreitet dort Dengue- und Chikungunya-Fieber
- Klimawandel macht zukünftige Verbreitung in weiten Teilen Europas wahrscheinlich

Zeit online 25. April 2012

ECDC 2012/VBORNET

Amphibienrückgang: Ursachen, Folgen, Management



- Amphibienrückgang ist ein globales Problem.
 - Viele Ursachen sind es auch (Klimawandel, Habitatveränderung, Pestizideinsatz, Überdüngung)
- ⇒ Ideal: Globales Abstellen der Ursachen

Leider nicht sehr realistisch



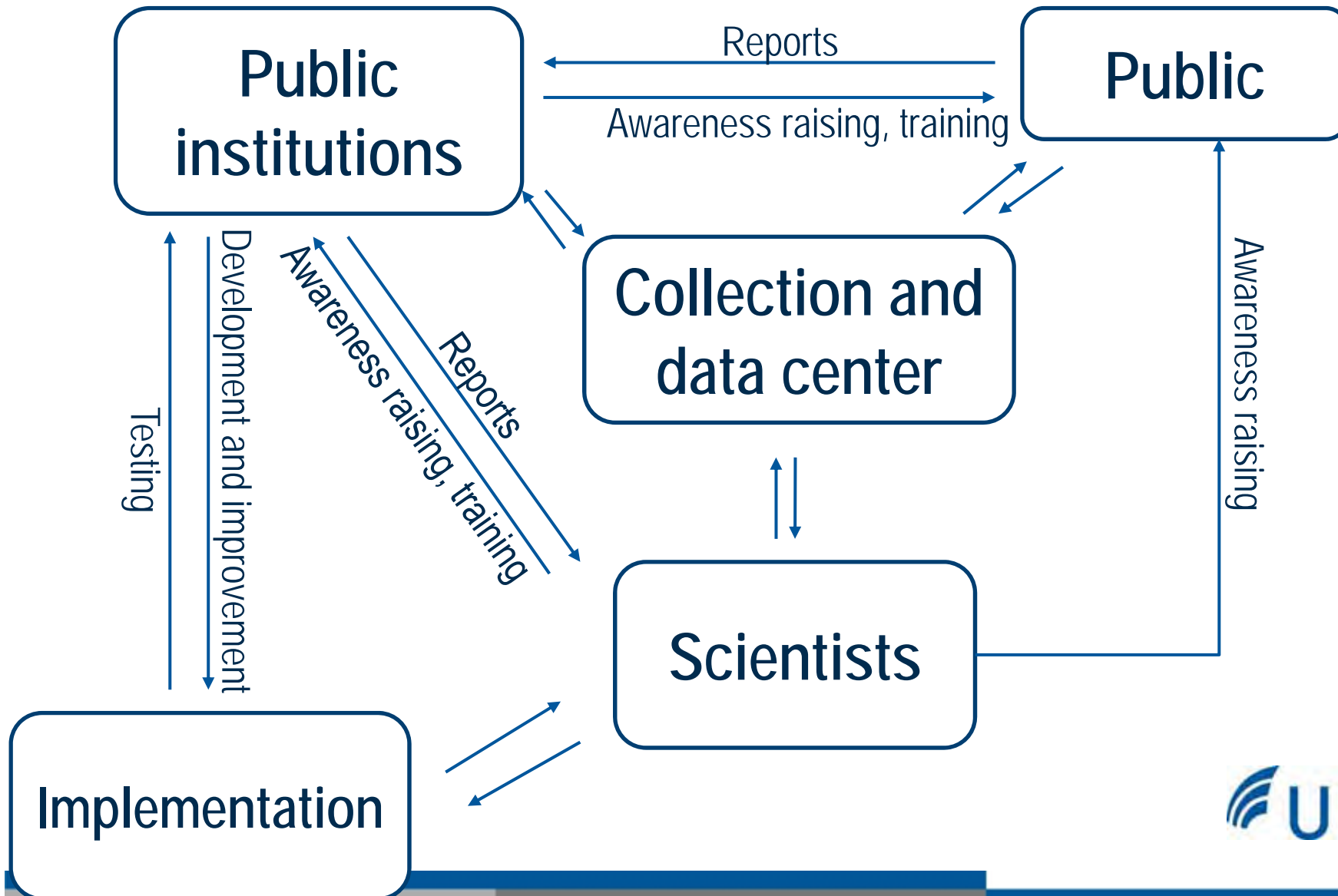
Lokales Management ist möglich!

- Identifizierung wichtiger (oft multipler) Stressoren
- Identifizierung und Überwachung gefährdeter Arten
- Maßgeschneiderte Schutzmaßnahmen

- z.B. Klimaveränderung:
 - wasserbauliche Verlängerung von Feuchtperioden
 - Translokation von Tieren in klimatisch geeignete Feuchtgebiete
 - Verbesserung der Brutplatzeigenschaften

- z.B. Infektion mit Chytridpilz
 - Maßnahmen zur Förderung des Zooplanktons in Brutgewässern

- z.B. Pestizideinsatz
 - pestizidfreie Pufferzonen um Amphibienlaichgewässer und Feuchtgebiete



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Foto: allmystery.de

Und helfen Sie mit – melden Sie Totfunde

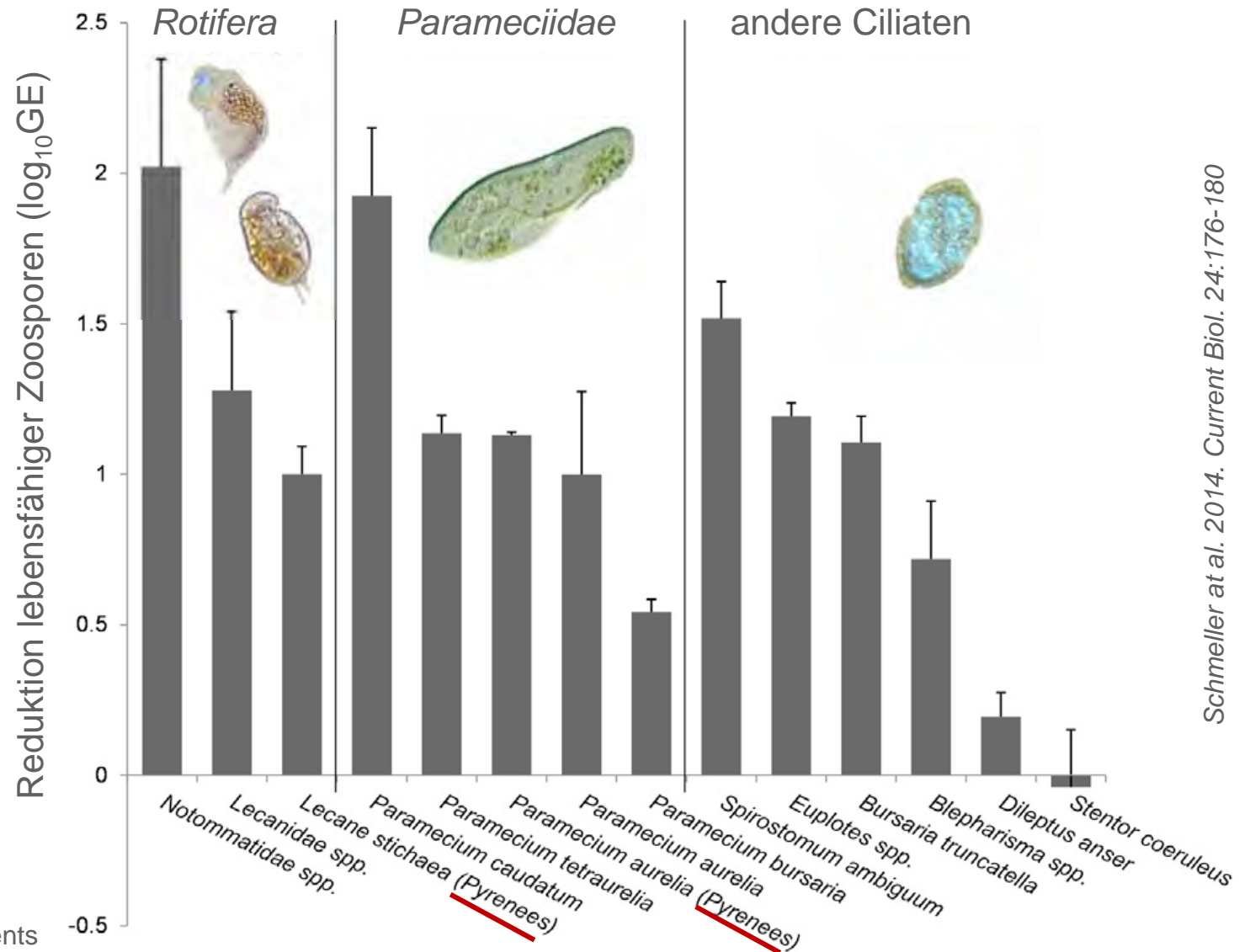


Trade and food production



Zooplankton frisst *Bd* Zoosporen

möglicher Schlüssel zu *Bd*-Problem: Zooplankton-Gemeinschaft

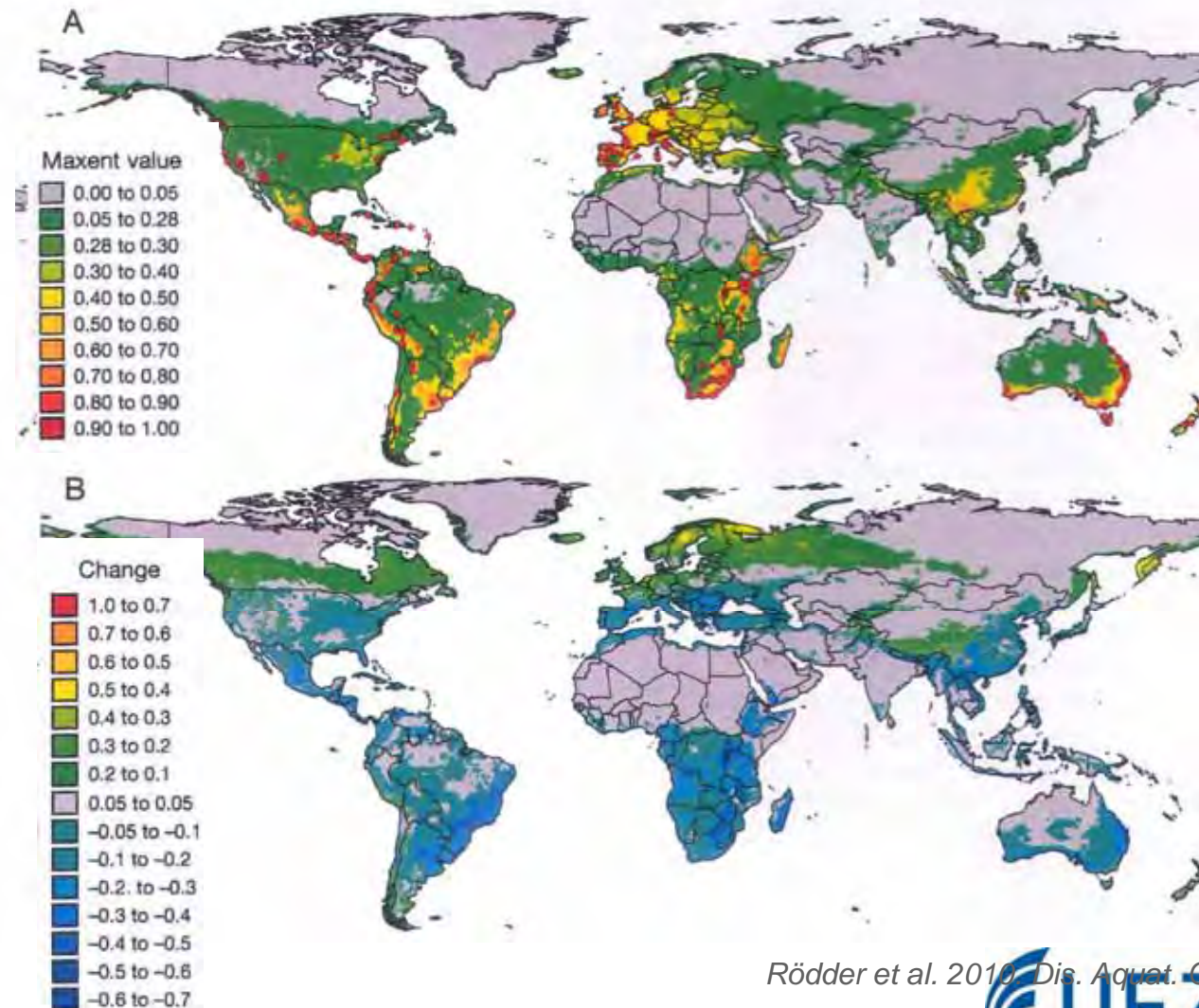


Ursachen des Amphibienrückgangs: Infektionen und Klima

Verbreitungsmodell *Bd*
heute (A) und
Veränderung bis 2080
(B) auf der Basis einer
Klimasimulation

$T > 28^{\circ}\text{C}$ hemmt
Reproduktion und
reduziert Zeit, in der
Zoosporen infizieren
können

⇒ mögliche Verbes-
serung in Tropen,
Verschlechterung in
gemäßigten Breiten



Rödler et al. 2010, *Dis. Aquat. Org.*

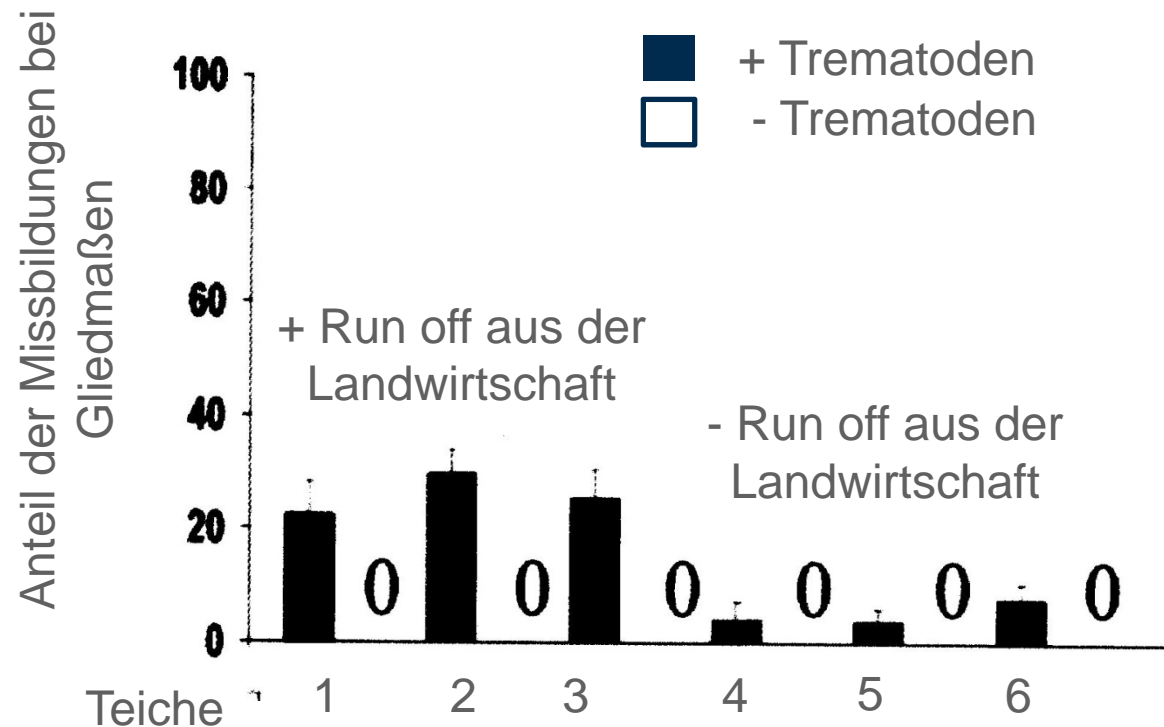
Kombination von Pestiziden und Trematoden auch als Ursache für vermehrte Missbildungen diskutiert:



Caging-Experiment in 6 Teichen

Variation

- der Trematoden durch Maschenweite der Netze und
- Run off mit Organochlor- und Organophosphor-Pestiziden



Messung des Einflusses einer Tierart oder -gruppe auf Dienstleistungen komplexer Ökosysteme oft schwierig

Beispiel: Untersuchung zum Einfluss von Rotrücken-Salamander auf Waldökosystem-Funktionen

(Hocking & Babitt. 2014. PLOS ONE 9:e86854)



- Top-Predator in Waldbodenökosystem
- Hohe Biomasse/m²
- Experiment: Drastische Reduktion der Salamanderdichte auf Versuchsflächen
 - ⇒ Hypothese: Signifikanter Einfluss auf Ökosystemdienstleistungen

Hypothesen zum Einfluss der Salamander (Auswahl):

- Reduktion des Streuabbaus durch Prädation von streuzerkleinernden Invertebraten
- Beschleunigter Abbau von Totholz durch Prädation von pilzfressenden Collembolen
- Verbesserte Keimung von Baumsamen durch Reduktion herbivorer Invertebraten
- Verringerung von Blattfraß an Baumkeimlingen
- Reduktion der Dichte anderer Prädatoren (Spinnen, Hundertfüßler, Laufkäfer) durch Konkurrenz

⇒ Keine signifikanten Effekte wurden beobachtet

⇒ Hohe Komplexität und Variabilität natürlicher Systeme erschweren Nachweis

Folgen des Amphibienrückgangs Ökosystemdienstleistungen - Regulation

© Le Monde diplomatique, 2007

