

# KELDAT-Ringvorlesung

2. Februar 2016

**Dr. Robert Fux**

Lehrstuhl für Virologie, Institut für Infektionsmedizin und Zoonosen,  
Veterinärwissenschaftliches Department, LMU München

## Die Honigbiene und der Tierarzt



# Die Honigbiene als Nutztier

## Volkswirtschaftliche Bedeutung

- **Honigproduktion in BRD:**
  - ca.15.000-25.000t pro Jahr
  - deckt nur 1/5 des deutschen Bedarfs
  - 500g Honig → 1,5kg Nektar → 40.000 Flüge → 120.000km Strecke

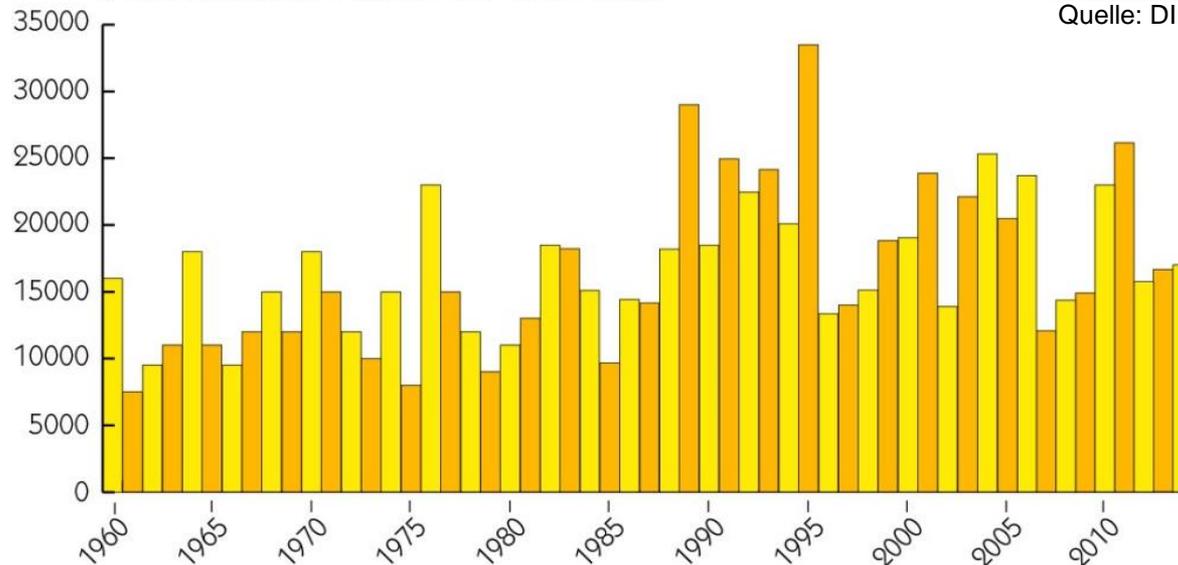


## Honigproduktion in Deutschland

(Angabe in Tonnen / Angaben sind Schätzzahlen)

Stand: 31.12.2014

Quelle: DIB



# Die Honigbiene als Nutztier

## Volkswirtschaftliche Bedeutung

- Honigproduktion in BRD
- **Bestäubung von Nutzpflanzen:**
  - 1793 Beschreibung der Bestäubung durch Christian Konrad Sprengel: *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*

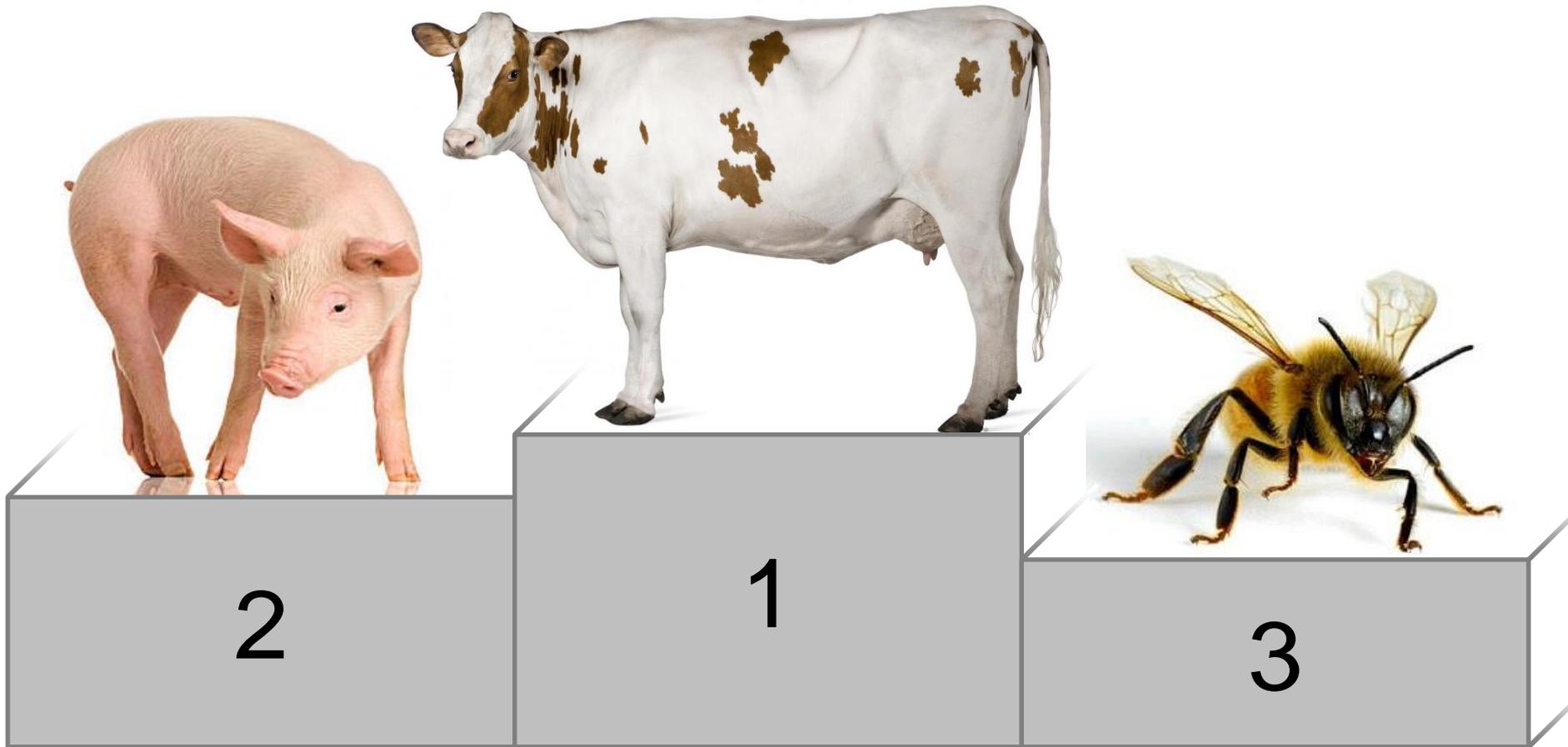


# Die Honigbiene als Nutztier

## Volkswirtschaftliche Bedeutung

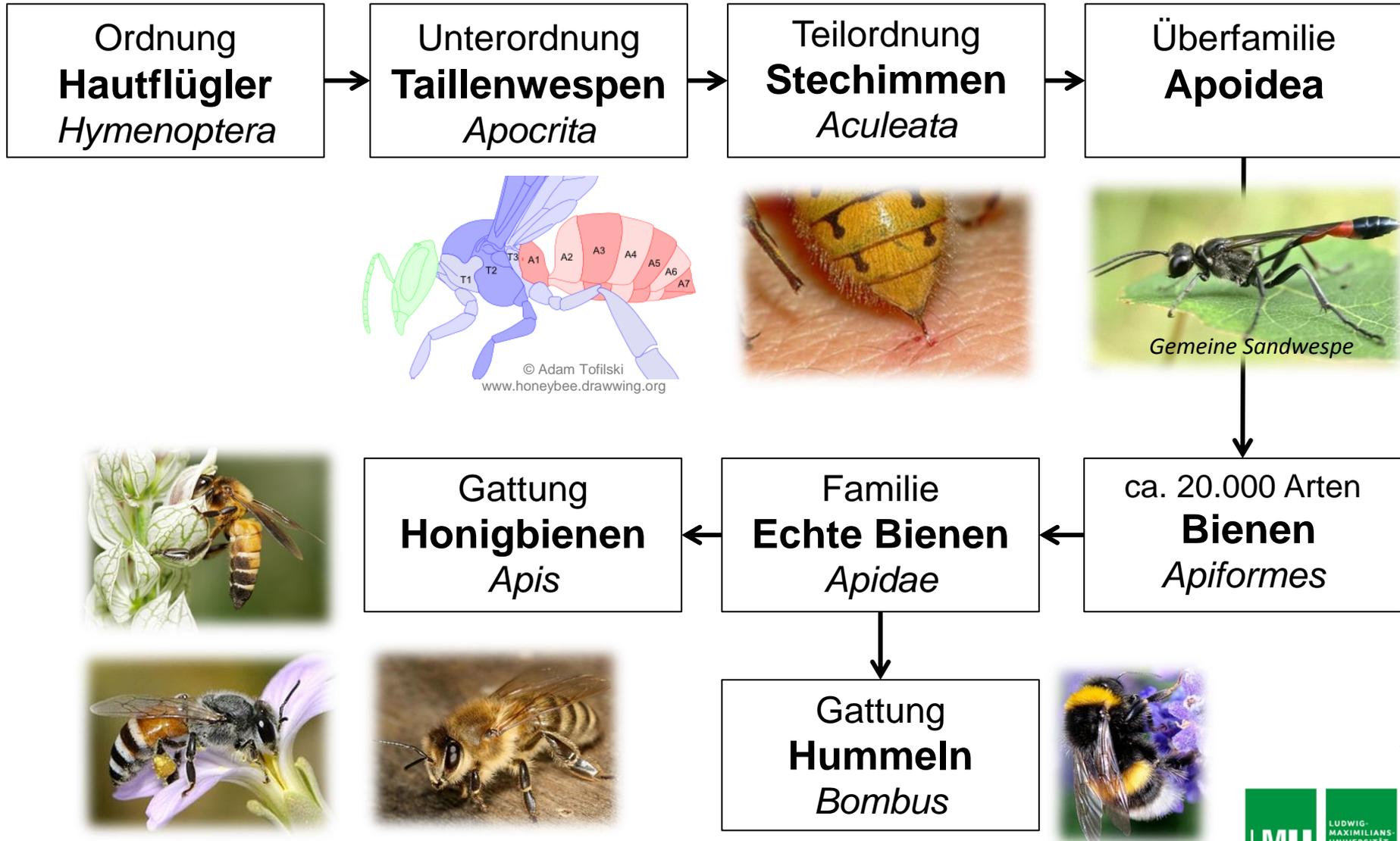
- Honigproduktion in BRD
- **Bestäubung von Nutzpflanzen:**
  - 1793 Beschreibung der Bestäubung durch Christian Konrad Sprengel: *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen*
  - 75% Honigbienen, 20% Hummeln, 5% Wildbienen
  - Wert der Bestäubungsleistung übersteigt den Wert der Honigproduktion um das 10- bis 15-fache

# Die Honigbiene als Nutztier



Aufgrund ihrer Bestäubungsleistung ist die Honigbiene ökonomisch betrachtet das drittwertvollste Nutztier!

# Die Honigbiene: zoologische Systematik



# Die Honigbienen der Welt

*Apis dorsata*,  
Riesenhonigbiene

*Apis laboriosa*,  
Riesenbergbiene



*Apis mellifera*,  
Westl. Honigbiene



*Apis cerana*,  
Östl. Honigbiene

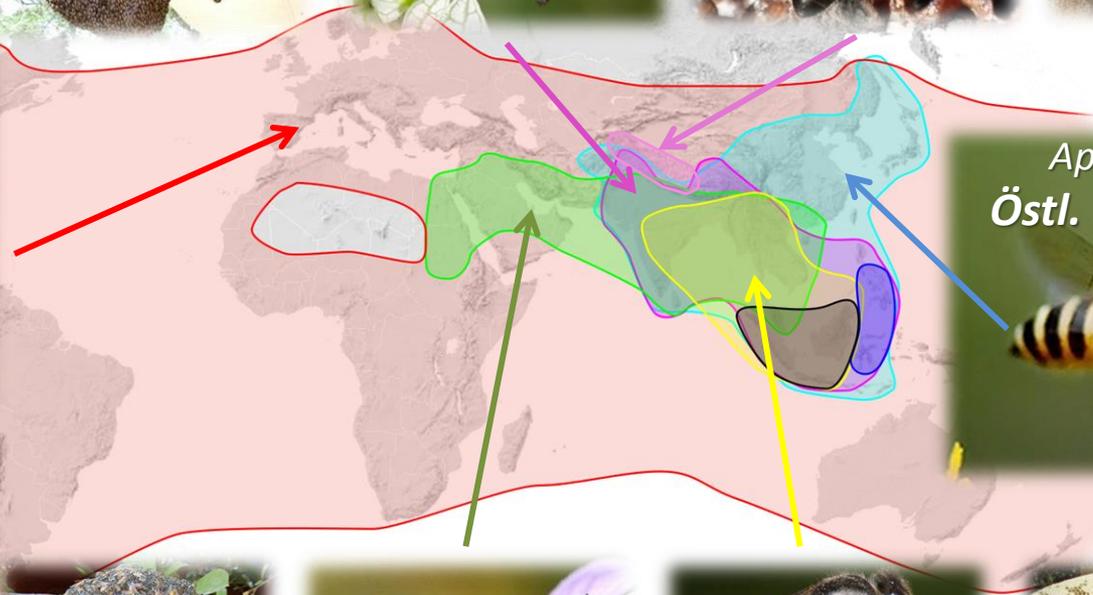


*Apis florea*,  
Zwerghonigbiene

*Apis andreniformis*,  
Zwergbuschbiene

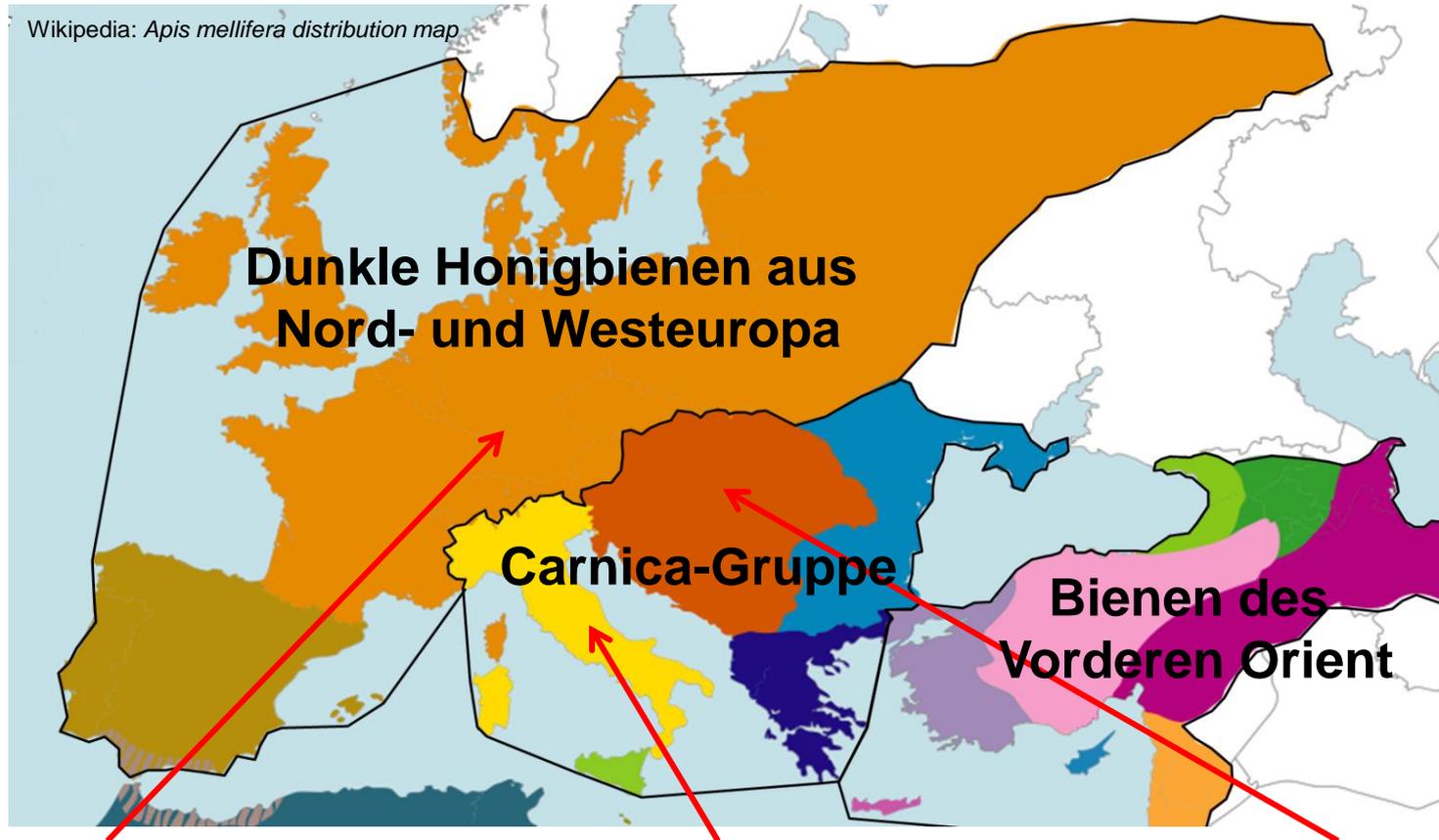


© Zachary Y. Huang



# A. mellifera - Rassen

Wikipedia: *Apis mellifera* distribution map



*A. m. mellifera*



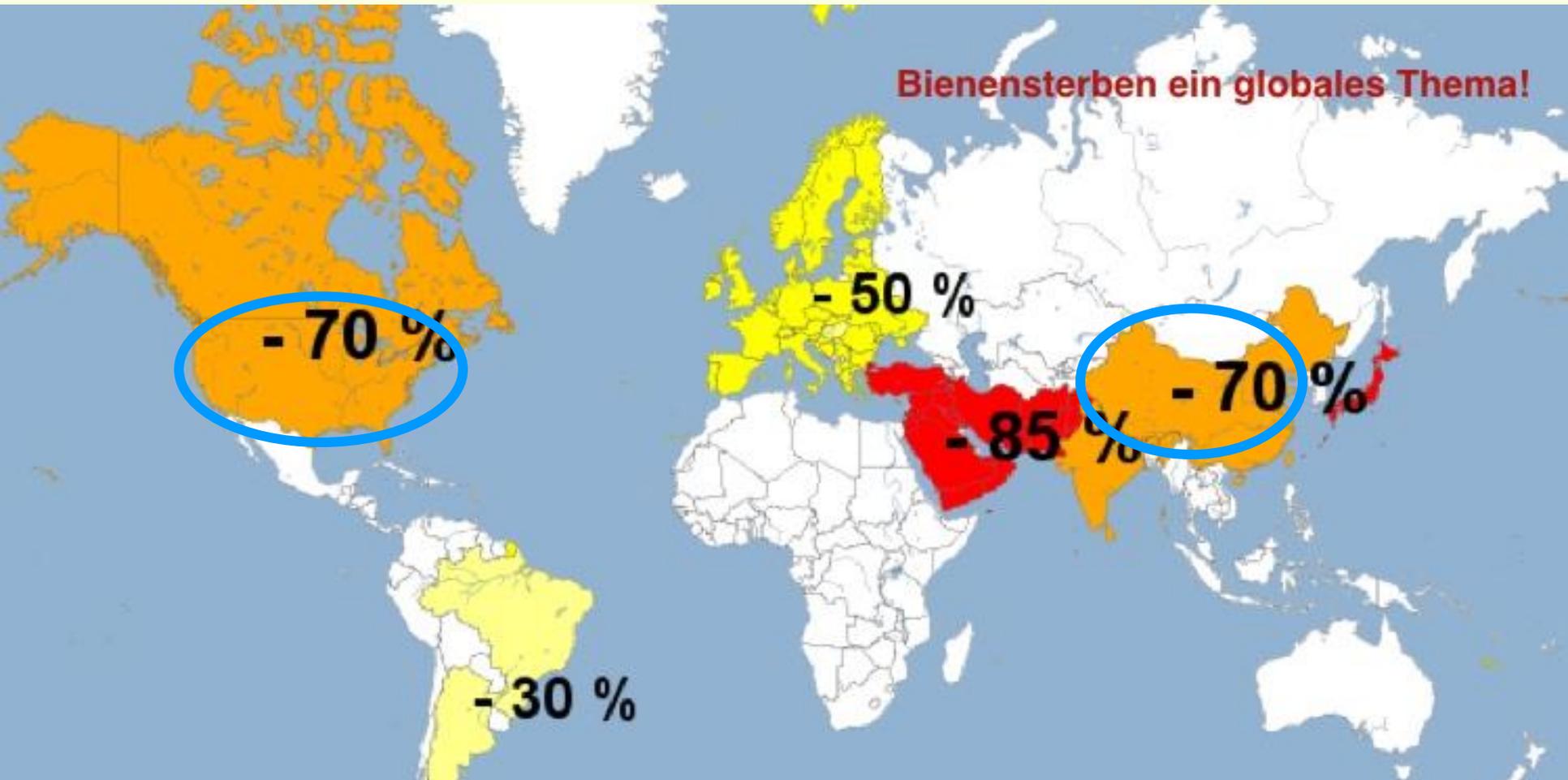
*A. m. ligustica*



*A. m. carnica*



# Das globale Bienensterben!

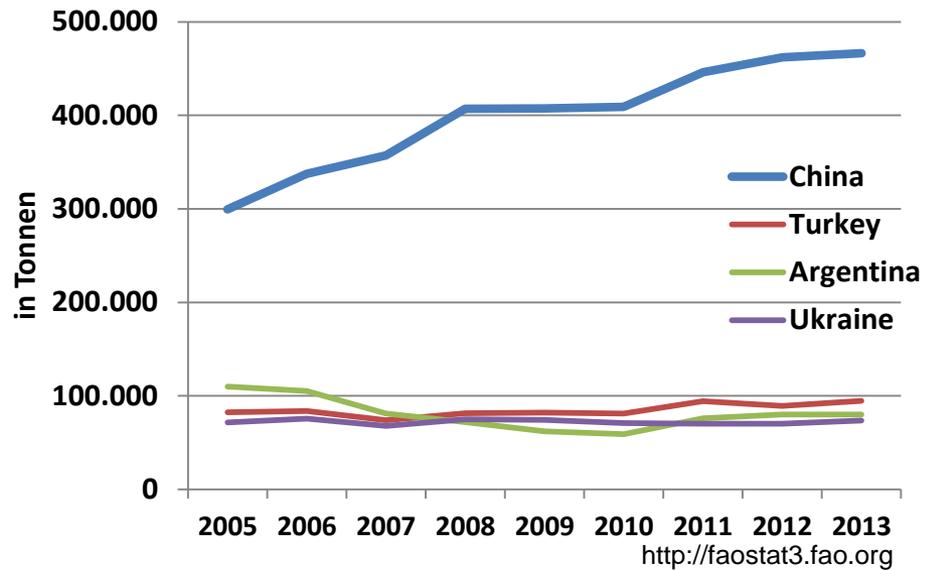


„Bienensterben in den USA hat dazu geführt, dass nahezu **sämtliche Bienenvölker von Florida bis Kalifornien weggestorben** sind. Tatsache ist, dass zur Zeit der Mandelblüte in Kalifornien Millionen Bienenvölker zur Bestäubung aus allen Teilen der USA mit LKW angekarrt werden müssen. Woher? Was, wenn auch diese Völker sterben?“

# Das globale Bienensterben? - China



Handbestäubung in Sichuan



**China ist mit weitem Abstand der größte Honigproduzent der Welt: ca. 1/3 der Weltproduktion!**

# Das globale Bienensterben? - USA



## Honeybee colony collapse disorder

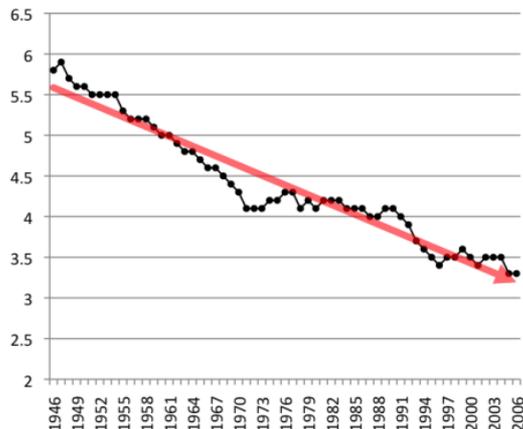
35 states have reported cases of bee colony collapse disorder. Beekeepers have reported an average bee population loss of 45 percent, with surviving colonies significantly weakened.

SOURCE: Bee Wirt Technology



**Bieneneinsatz in den Mandel-Plantagen Kaliforniens**

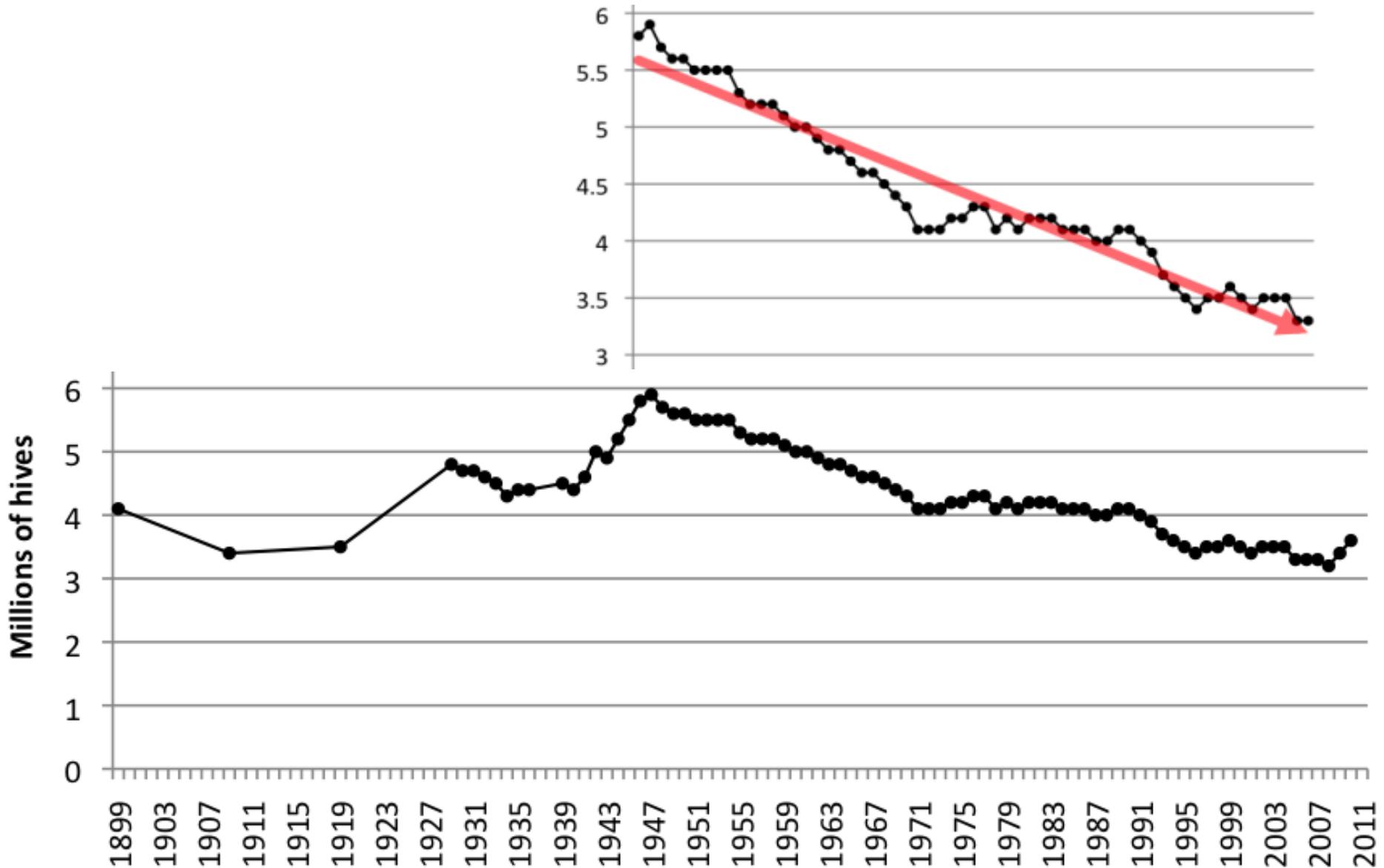
Millions of hives in the U.S.



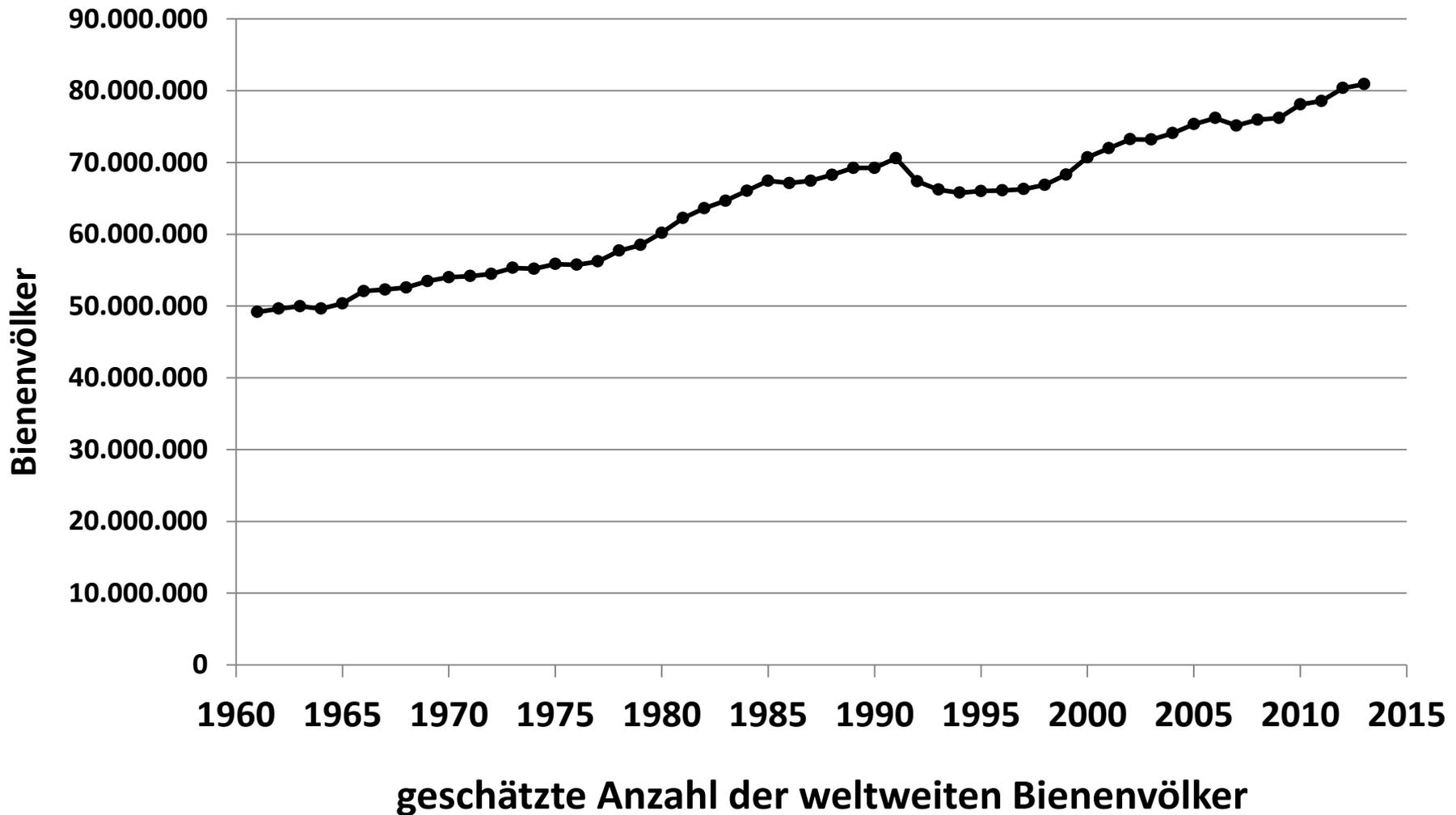
The number of managed honeybee colonies in the U.S. has declined from 5.9 million in 1947 to 2.4 million in 2005. The loss of those honeybees can be attributed to many factors, including bee pests, parasites, pathogens and disease.

SOURCE: USDA National Agriculture Statistics Service; Congressional Research Service

# Das globale Bienensterben? - USA



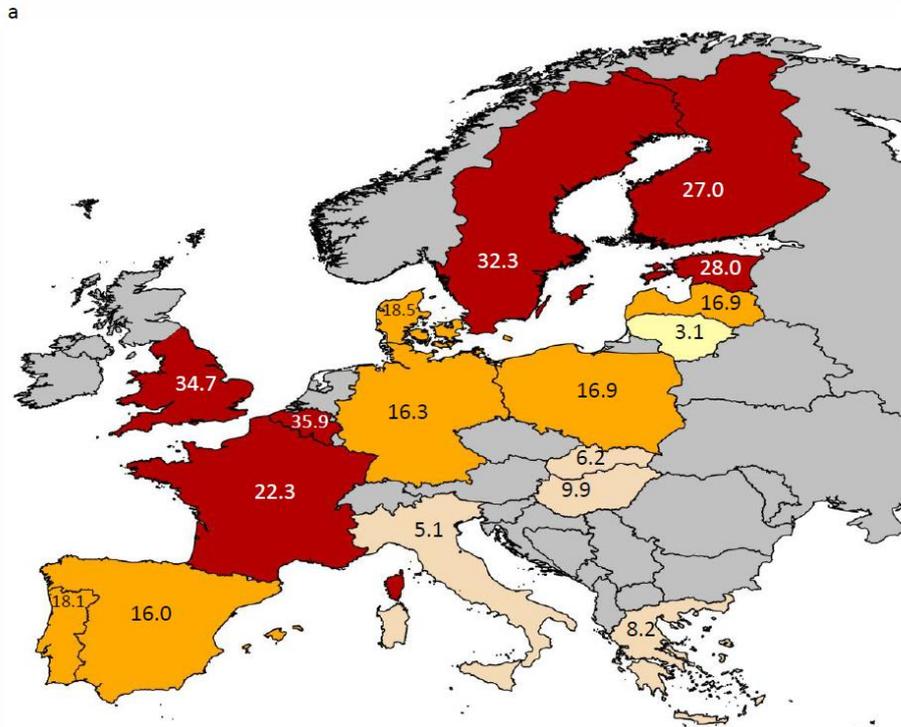
# Das globale Bienensterben???



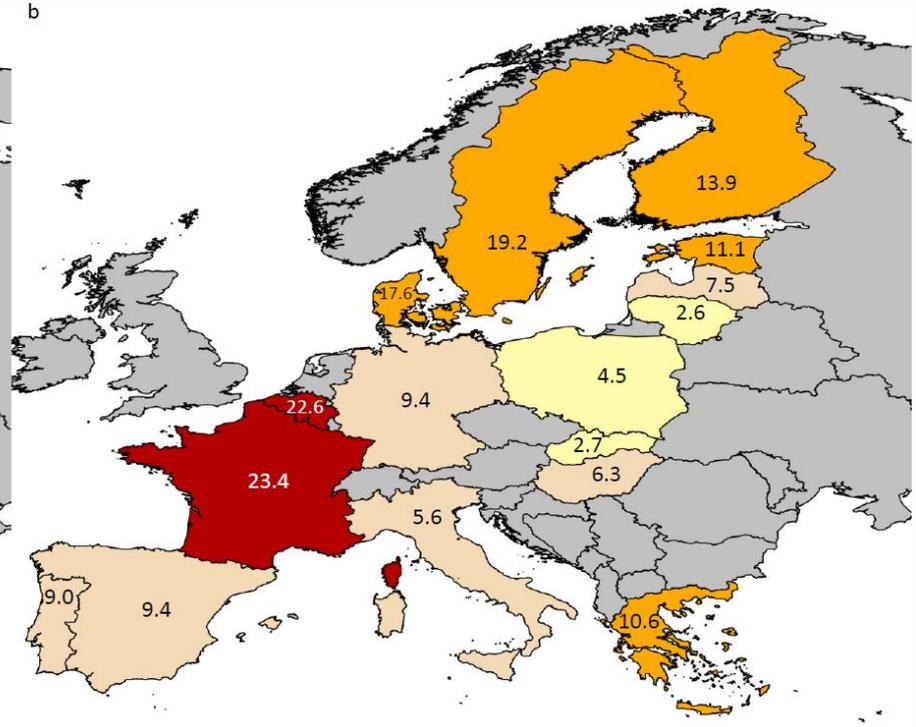
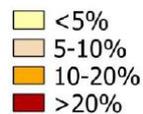
# Probleme mit der Bienengesundheit

## Yearly colony mortality (2012 – 2013 and 2013 – 2014)

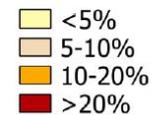
Figure 3: Yearly colony mortality rates in the Member States of the European Union recorded in EPILOBEE 2012 – 2013 (a) and EPILOBEE 2013 – 2014 (b)



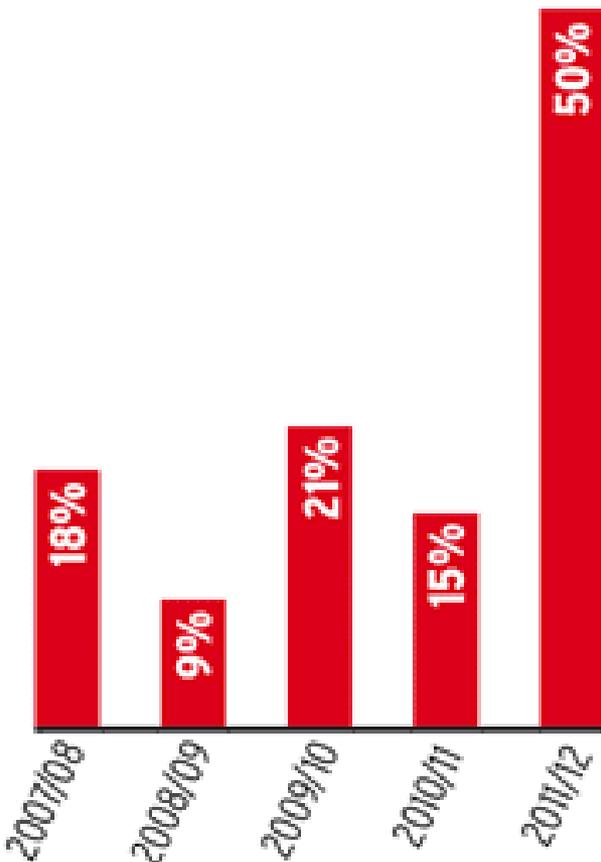
Annual Mortality 2012-2013



Annual Mortality 2013-2014

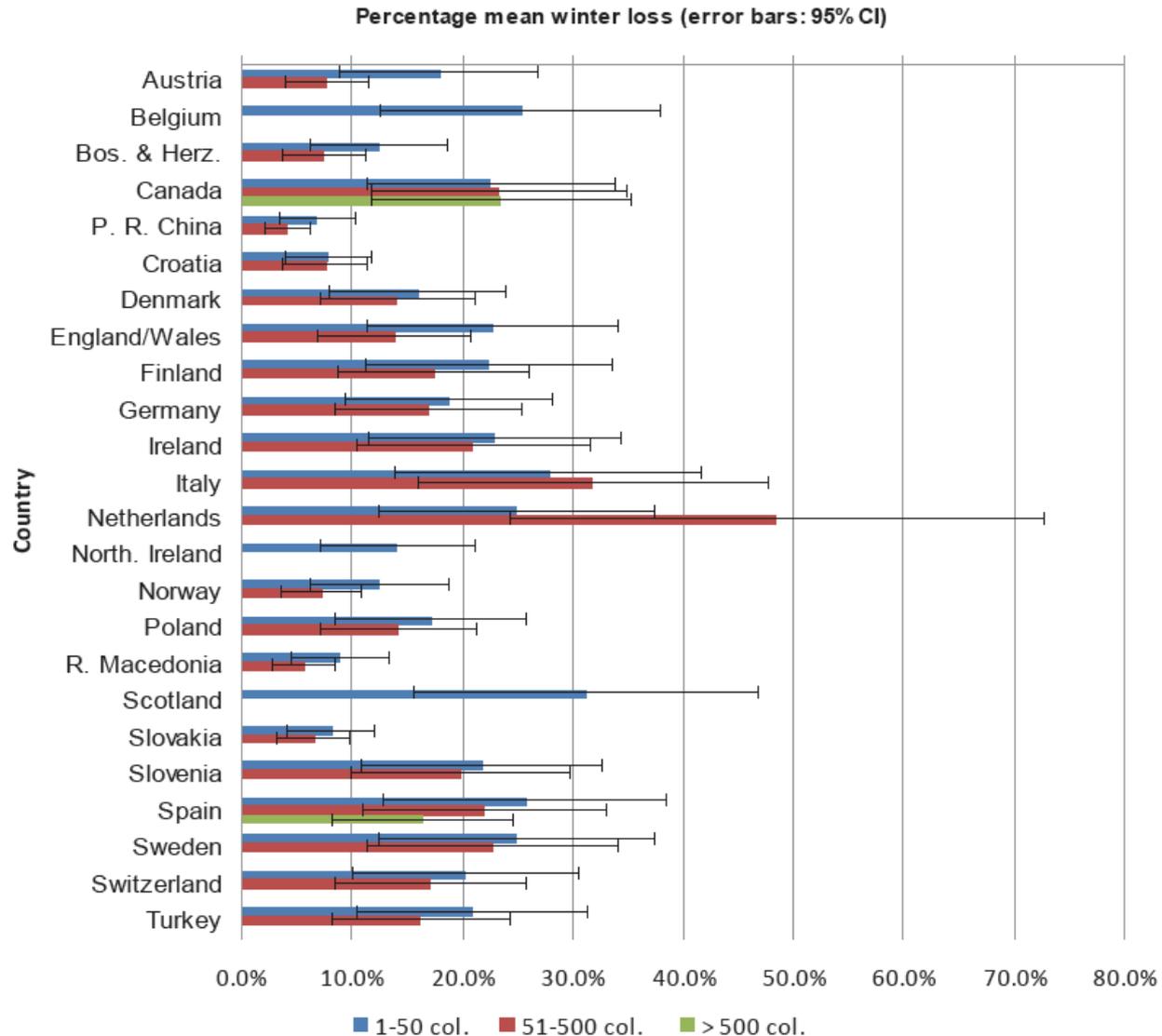


# Probleme mit der Bienengesundheit



## Winterverluste in der Schweiz

Quelle: AGROSCOPE

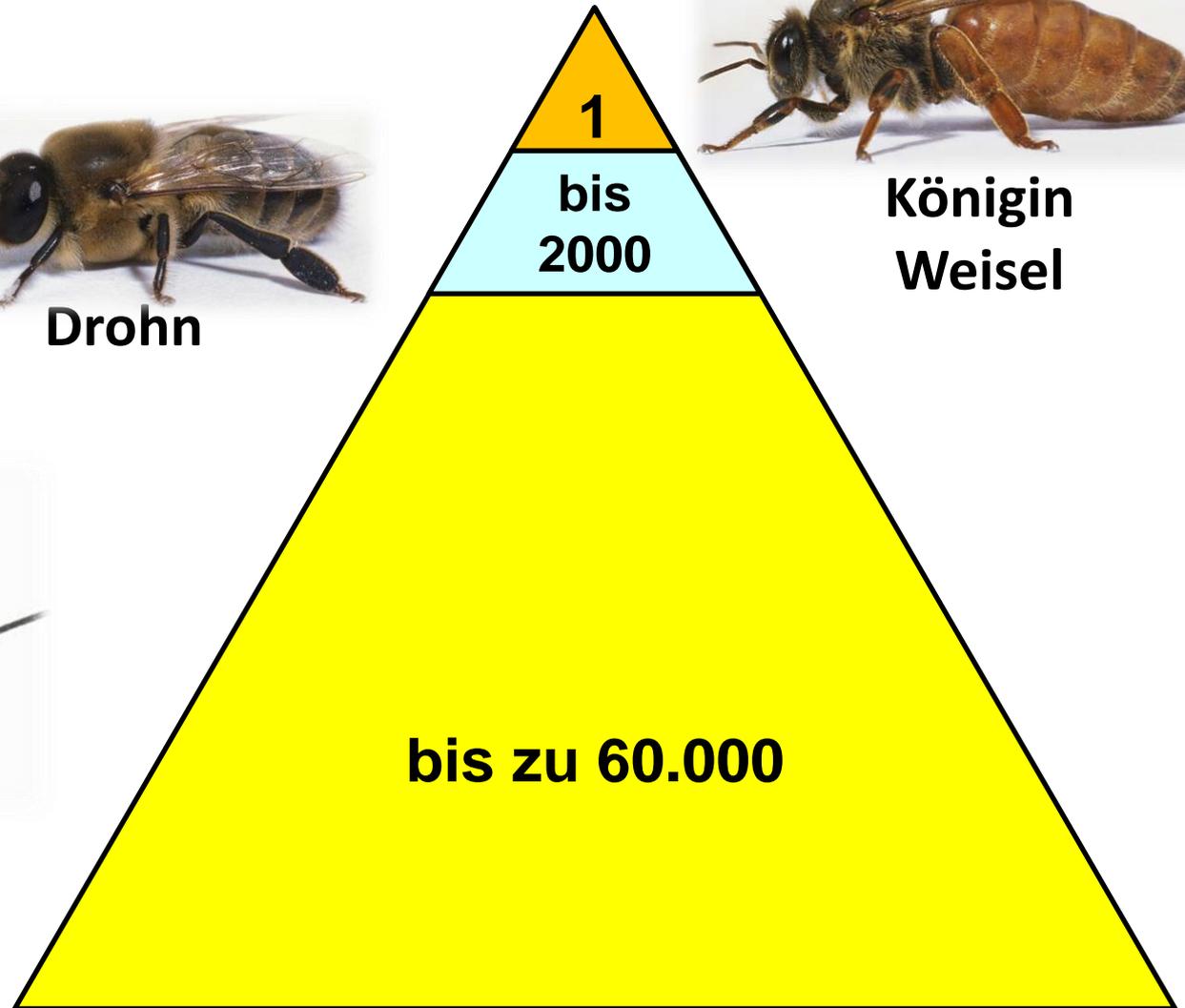


## Mean winter loss 2009-2010 per country per size class

Van der Zee et al., 2013, J. Apic. Res., 51, 100-114

# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“



# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“
  - ein, für Außen- und Innenreize offenes, sich selbst regulierendes Gleichgewichtssystem
  - jahreszeitlich große Unterschiede in der Volksstärke
  - hohes Regenerationsvermögen
  - breite genetische Basis (Paarung mit mehreren Drohnen)
  - Teilung des Superorganismus durch Schwarmbildung
- holometaboles Insekt
  - Ei – Larve – Puppe – Imago
  - stadienspezifische Erkrankungen



# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“
  - ein, für Außen- und Innenreize offenes, sich selbst regulierendes Gleichgewichtssystem
  - jahreszeitlich große Unterschiede in der Volksstärke
  - hohes Regenerationsvermögen
  - breite genetische Basis (Paarung mit mehreren Drohnen)
  - Teilung des Superorganismus durch Schwarmbildung
- holometaboles Insekt
  - Ei – Larve – Puppe – Imago
  - stadienspezifische Erkrankungen
- Bienen sind nicht domestiziert
  - Nahrungssuche in der freien Natur (Krankheitserreger, Pestizide...)

# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“
- holometaboles Insekt
- Bienen sind nicht domestiziert
- oftmals Faktorenkrankheiten
  - das bloße Vorhandensein eines Erregers bedeutet noch keine Krankheit!
  - unspezifische Symptomatik
- „übliche“ Diagnosemethoden und Vitalparameter bedeutungslos
- spezieller Untersuchungsgang (Standort, Flugloch, Beuten, Gemüll, Waben, Brut, Imago...) → Bienenpropädeutik

# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“
- holometaboles Insekt
- Bienen sind nicht domestiziert
- oftmals Faktorenkrankheiten
  - das bloße Vorhandensein eines Erregers bedeutet noch keine Krankheit!
  - unspezifische Symptomatik
- „übliche“ Diagnosemethoden und Vitalparameter bedeutungslos
- spezieller Untersuchungsgang
- viele beschriebene Symptome beziehen sich auf tote Bienen



Kalkbrut



Sackbrut



Bösartige Faulbrut

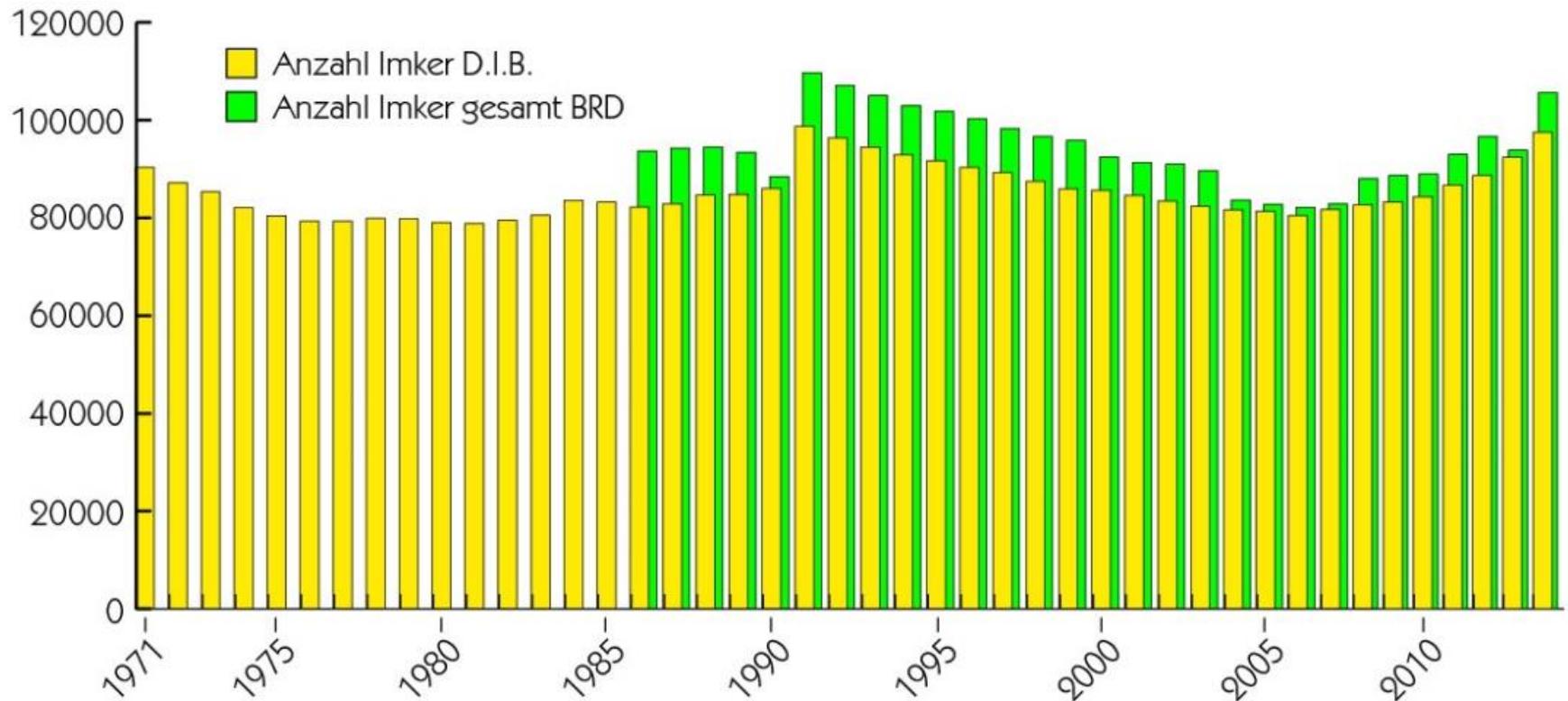
# Die Honigbiene: ein besonderer Patient

- Superorganismus „der Bien“
- holometaboles Insekt
- Bienen sind nicht domestiziert
- oftmals Faktorenkrankheiten
- „übliche“ Diagnosemethoden und Vitalparameter bedeutungslos
- spezieller Untersuchungsgang
- viele beschriebene Symptome beziehen sich auf tote Bienen
- kein adaptives Immunsystem → keine Impfung
- keine Anwendung von Antibiotika
- „Therapie“ meist durch „imkerliche“ Maßnahmen

# Der Imker: ein besonderer Patientebesitzer

## Deutscher Imkerbund

- über 103.000 Imker (31.12.15)



# Der Imker: ein besonderer Patientebesitzer

## Deutscher Imkerbund

- 42% der DIB-Imker ist über 60 Jahre
- Völkerzahl/Imker: 1-20 Völker: 80% der Imker  
21-50 Völker: 18% der Imker  
über 50 Völker: 2% der Imker

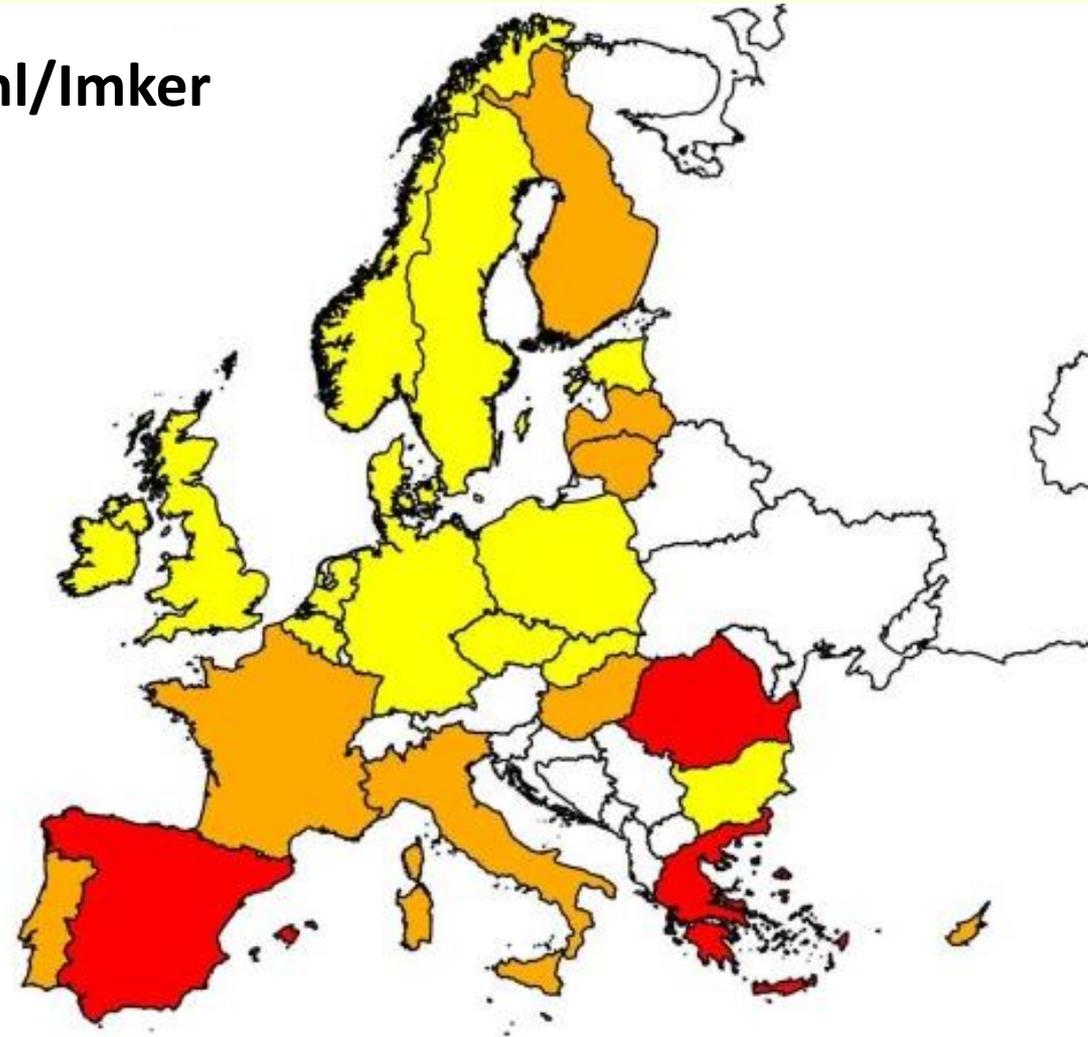


Bogatov Nicholas,  
Beekeeper

# Der Imker: ein besonderer Patientebesitzer

## Durchschnittliche Völkerzahl/Imker

- Deutschland: 7,6
- Spanien: 103
- Europa: 22,4



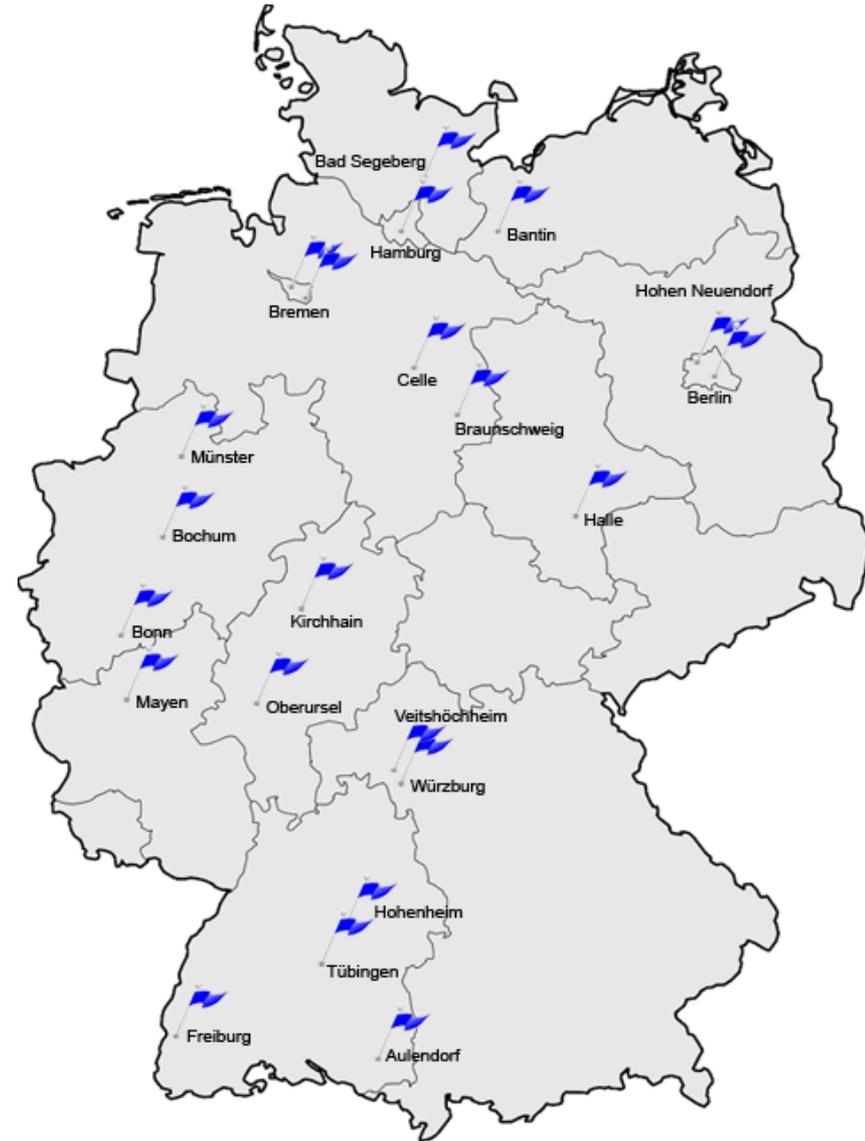
Percentage of professional\*  
beekeepers in Europe



\* landesabhängig sehr unterschiedliche Definition

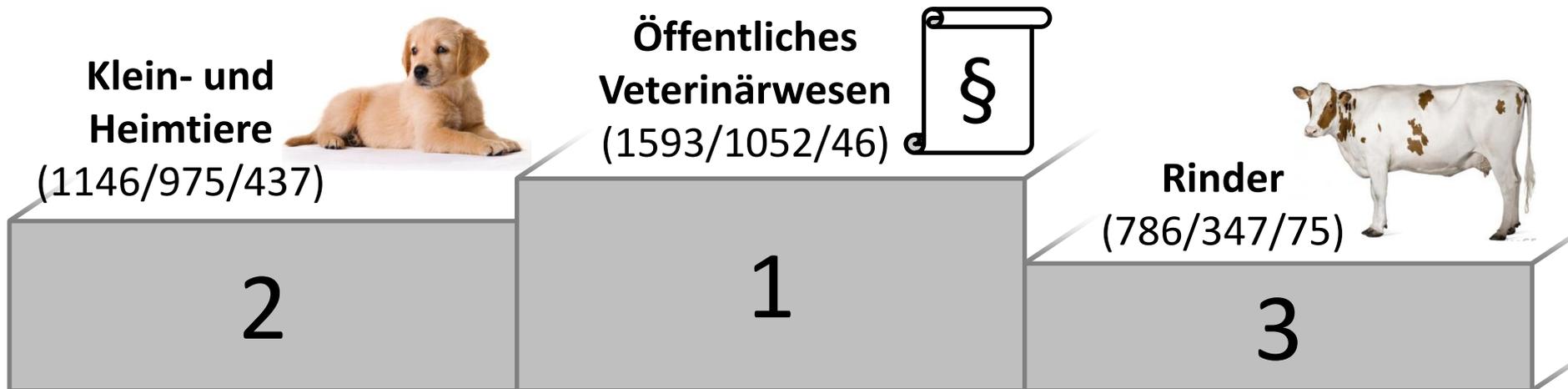
# Das Gesundheitssystem für die Honigbiene

- „Bieneninstitute“
- Bienengesundheitsdienste
- Bienengesundheitswarte /  
Bienensachverständige
- Veterinärämter
- Tierärzte???



# Tierärzte für die Honigbiene

## Fachtierärzte in der Bundesrepublik Deutschland Statistik 2014\*



4. **Schweine** (635/325/93)

5. **Pferde** (622/579/239)

...

41. **Molekulargenetik und Gentechnologie** (9/9/4)

42. **Bienen** (7/5/2) = **vorletzter Platz!!!**

43. **Biochemie** (4/3/1)

\*Deutsches Tierärzteblatt 6/15 (gesamt/aktiv/WBE)

# Tierärzte für die Honigbiene

## Ausbildung des tierärztlichen Nachwuchts

- TAppV, Anlage 1: Krankheiten der Reptilien, Amphibien, Fische sowie der Bienen: 28h
- eigene Hauptvorlesungen in 4 von 5 deutschen tierärztlichen Ausbildungsstätten (0,5-1 SWS)
- ggf. weitere Wahlpflichtfächer/Seminare
- nur an der Universität Bern (Vetsuisse) gibt es ein Institut für Bienengesundheit (Stiftung Vinetum)

## Weiterbildungsmöglichkeiten für Tierärzte

- Muster-WB der BTK für Zusatzbezeichnung Bienen
  - 2 Jahre Weiterbildungszeit
  - mind. 80h Fortbildungsveranstaltungen
- in allen (?) Bundesländern möglich
- Weiterbildungsstätten?

# Amerikanische Faulbrut

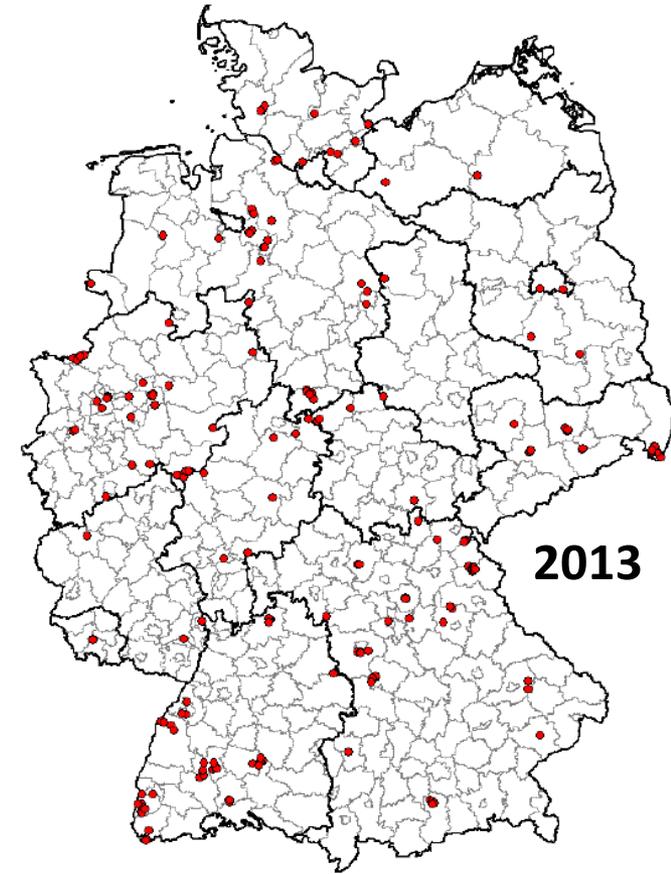
## = Bösartige Faulbrut

- *Paenibacillus larvae*
- Tiermedizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre  
Selbitz, Truyen, Valentin-Weigand; 9. Auflage, 2011:

*„P. larvae ist nicht für die Bienen pathogen, sondern nur für deren Maden. (...) Die Ansteckung der Maden erfolgt durch die Arbeitsbienen beim Füttern. Bienenmaden sind in den ersten Tagen nach dem Schlupf besonders anfällig, später sind steigende Infektionsdosen erforderlich. Krankhafte Veränderungen treten aber noch nicht bei den jungen Rundmaden auf, sondern erst nach der Verdeckelung der Brutzellen. Nach Auskeimen der Sporen vermehren sich die vegetativen Zellen massenhaft und töten die Streckmanden ab, die sich zu einer leimartigen, Faden ziehenden Masse von bräunlicher Farbe zersetzen. Die Madenreste trocknen in den Brutzellen zu einem sporenhaltigen, dunkelbraunen bis schwarzen Faulbrutschorf aus. (...)“*

# Amerikanische Faulbrut

- **Anzeigepflicht**
- nur die Sporen sind infektiös!
- Verflug, Räuberei, Waben, Futter...
- in ca. 2-10% der Völker sind Sporen ohne klinische AFB nachzuweisen
- nur Maden lassen sich infizieren
- Übertragung mit dem Futtersaft



Tiergesundheitsbericht 2013, FLI

Jahr	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bienenstände	264	290	483	480	419	445	287	399	268	260	309	174	257	150	165	178	206	266	230

# Amerikanische Faulbrut

- Keimen der Sporen im Mitteldarm, nach Vermehrungsphase durchdringen vegetative Formen das Darmepithel
  - Vermehrung im und Zersetzung des Gewebes
  - zähe, dunkle, fadenziehende Masse

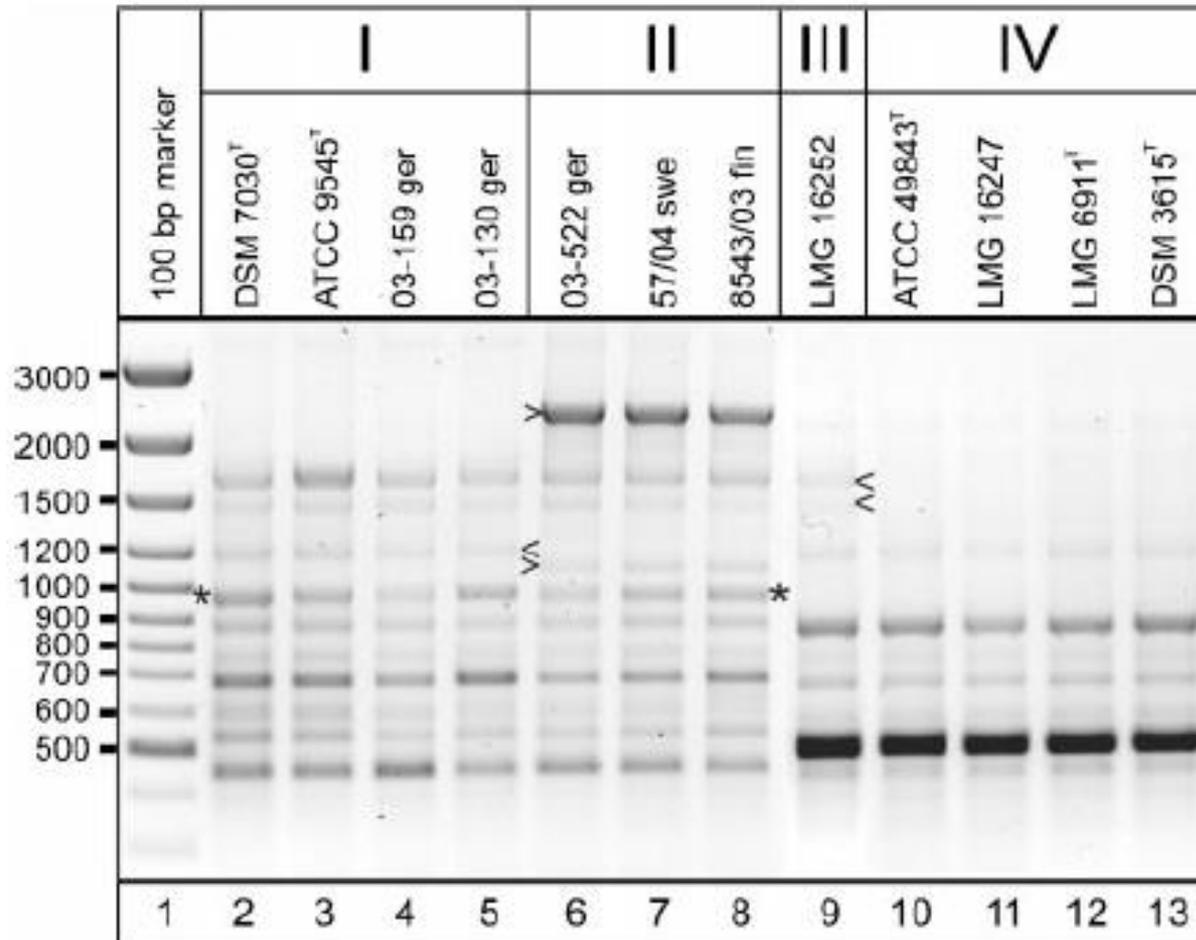


Foto: W. Ritter

- Nahrungsmangel der Bakterien → Sporenbildung
  - hochinfektiöser, fest sitzender Schorf mit massenhaft ( $2,5 \times 10^9$ ) Sporen am Boden der Zelle

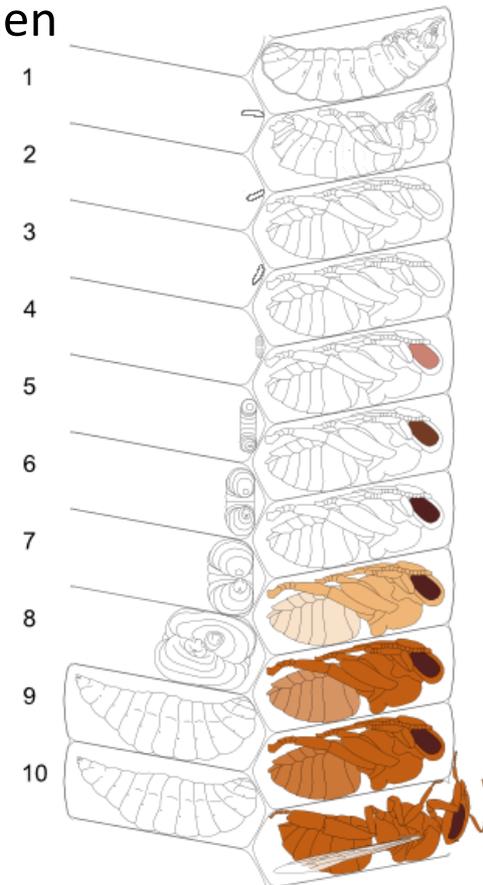
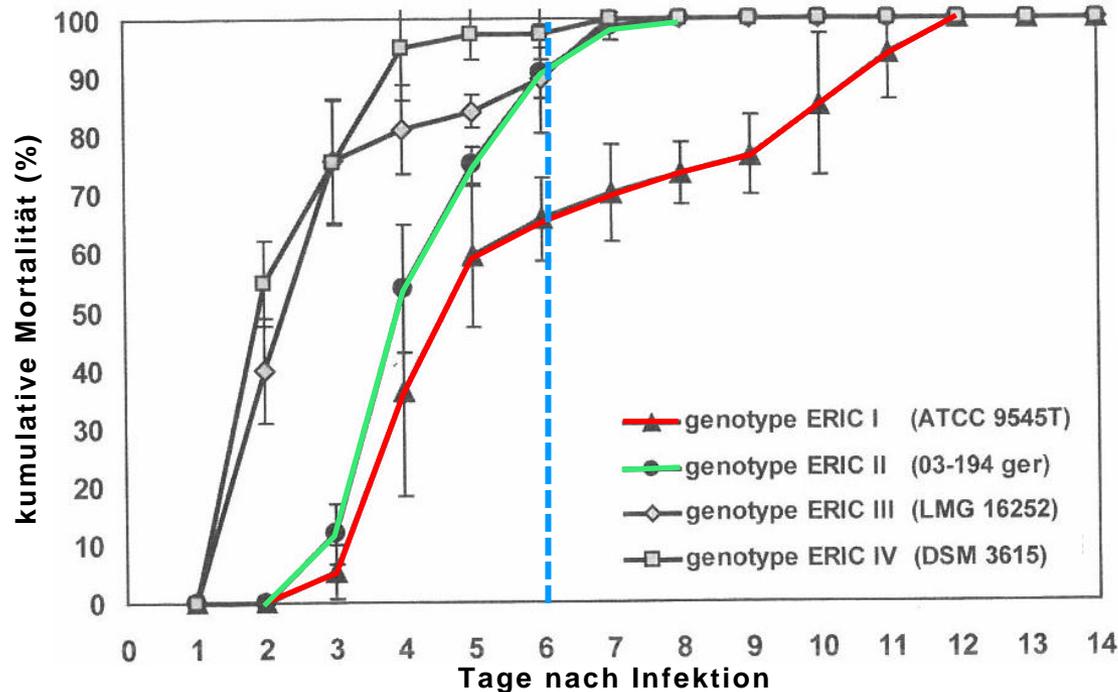
# Amerikanische Faulbrut

- 4 verschiedenen Genotypen (ERIC I-IV)



# Amerikanische Faulbrut

- 4 verschiedenen Genotypen (ERIC I-IV)
  - ERIC III und IV nur aus historischen Proben bekannt
  - **ERIC II** virulenter → schnelles Absterben der infizierten Larve  
→ Entfernung der toten Made, bevor Sporen entstehen
  - **ERIC I** tötet Made oft erst nach der Verdeckelung  
→ Sporenbildung → höhere Virulenz für das Volk

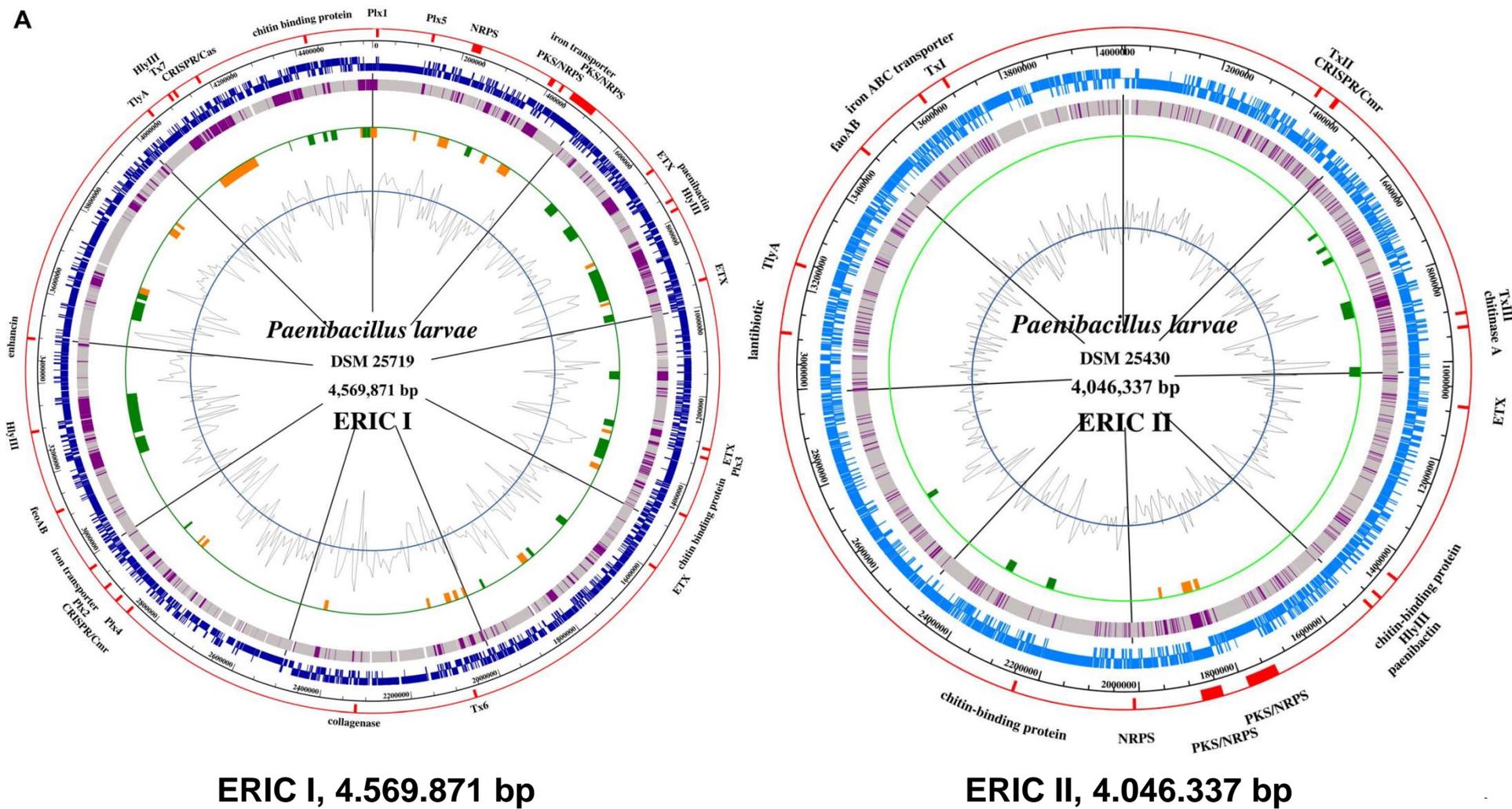


# Amerikanische Faulbrut

- 4 verschiedenen Genotypen (ERIC I-IV)
  - ERIC III und IV nur aus historischen Proben bekannt
  - **ERIC II** virulenter → schnelles Absterben der infizierten Larve
    - Entfernung der toten Made, bevor Sporen entstehen
  - **ERIC I** tötet Made oft erst nach der Verdeckelung
    - Sporenbildung → höhere Virulenz für das Volk
- solange befallene Brut von den Bienen früh genug erkannt und entsorgt wird, können Völker klinisch unauffällig mit dem Erreger auskommen
- gelingt dem Erreger die massenhafte Sporenbildung, kommt es zur schnellen Ausbreitung und zum Ausbruch klinischer Erscheinungen
- → **Umgekehrte Resistenz**

# Amerikanische Faulbrut

A



# Amerikanische Faulbrut

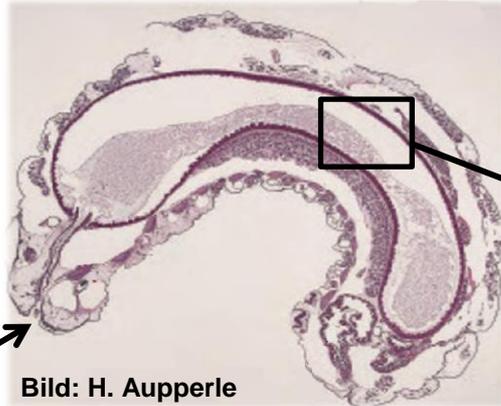
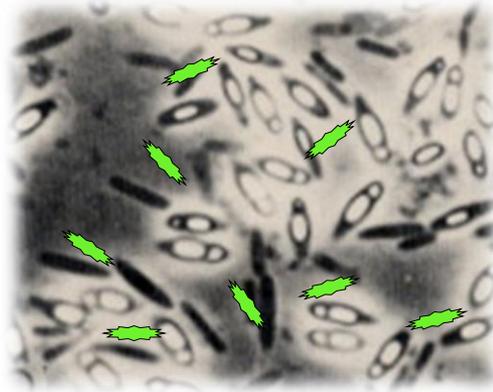


Bild: H. Aupperle

orale Aufnahme mit  
Larvenfutter

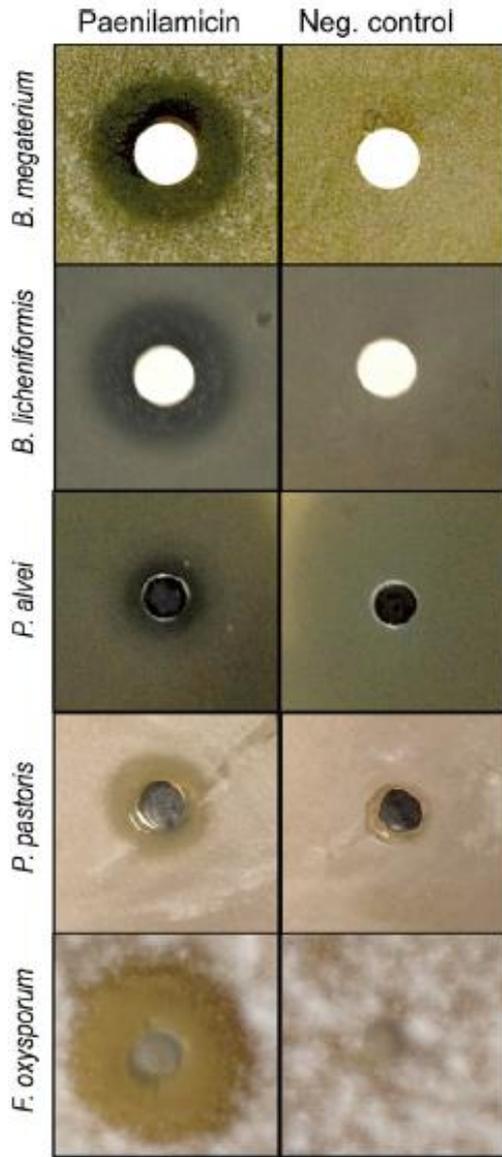
*P. larvae*  
Sporen



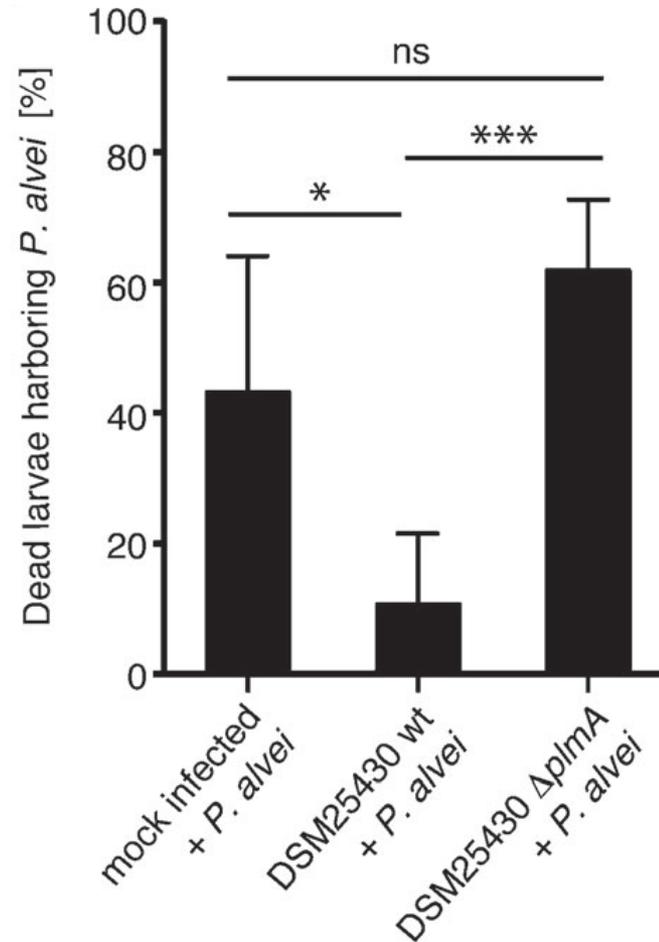
Auskeimen im  
Mitteldarm



# Amerikanische Faulbrut



## Synthese zweier antimikrobieller Wirkstoffe: Paenilamicin und Sevadicin



# Amerikanische Faulbrut

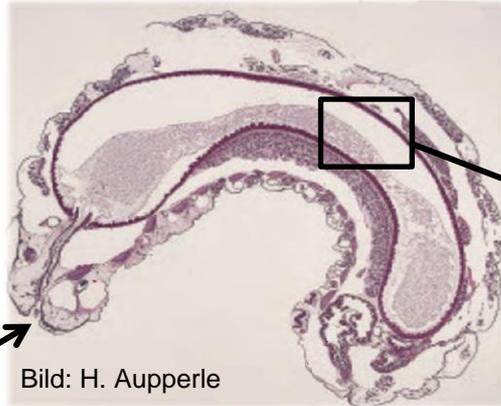
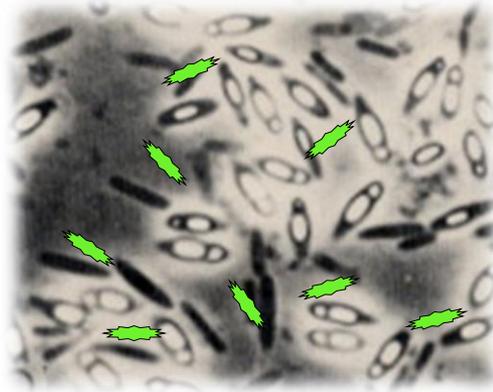


Bild: H. Aupperle

orale Aufnahme mit  
Larvenfutter

*P. larvae*  
Sporen

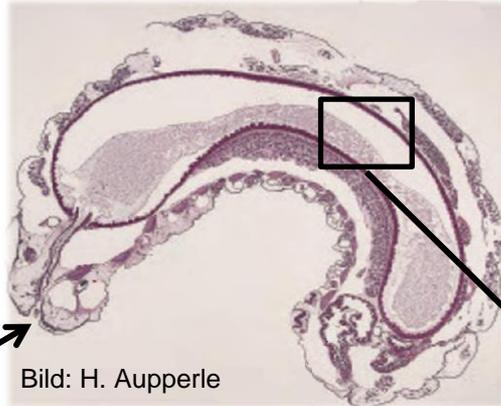


Auskeimen im  
Mitteldarm



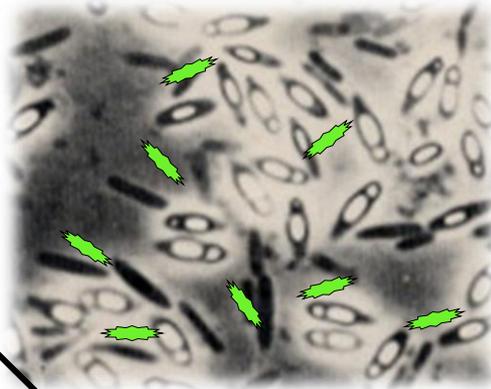
Konkurrenz durch  
Darmflora der Larve

# Amerikanische Faulbrut

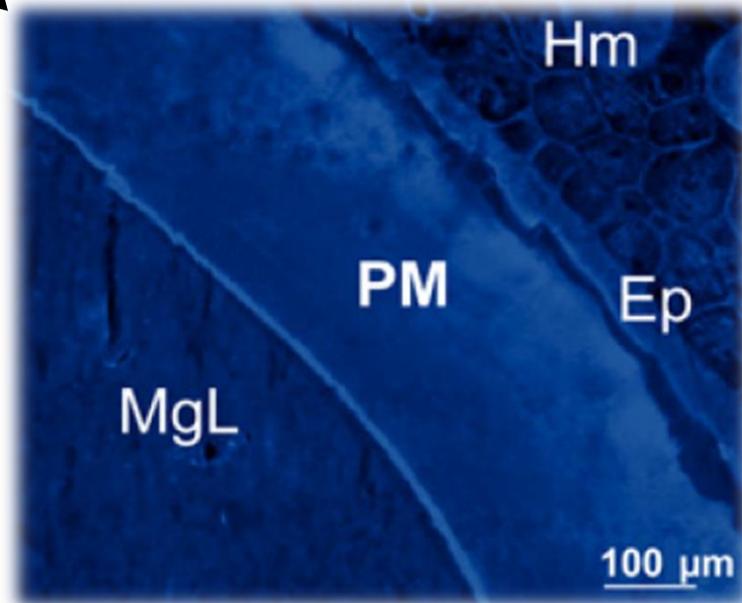


orale Aufnahme mit  
Larvenfutter

*P. larvae*  
Sporen

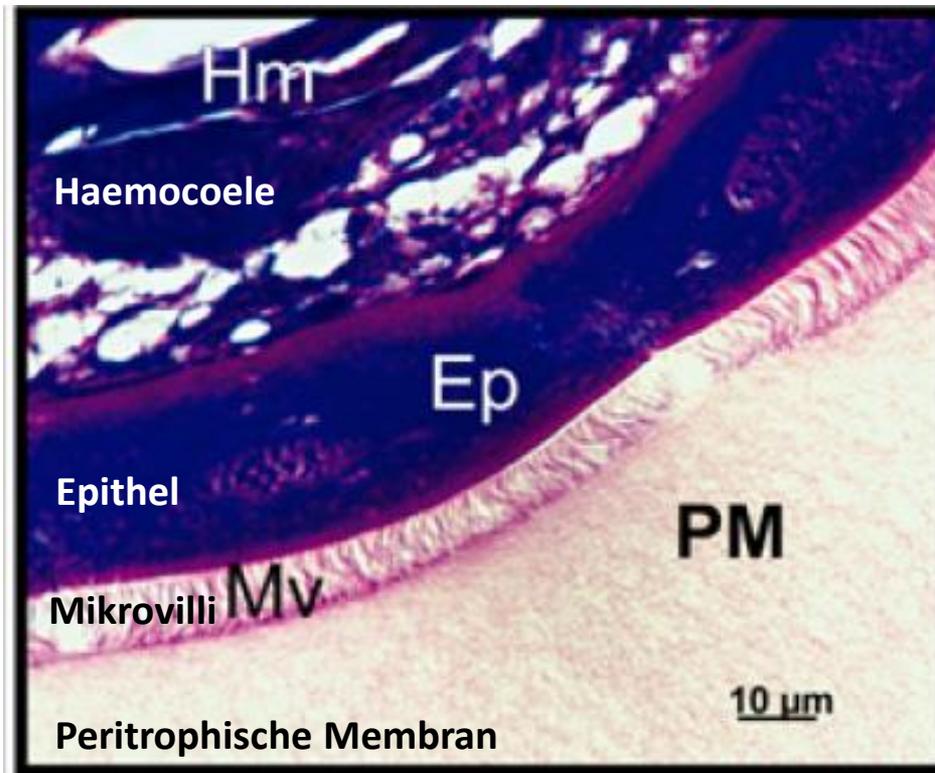


Auskeimen im  
Mitteldarm

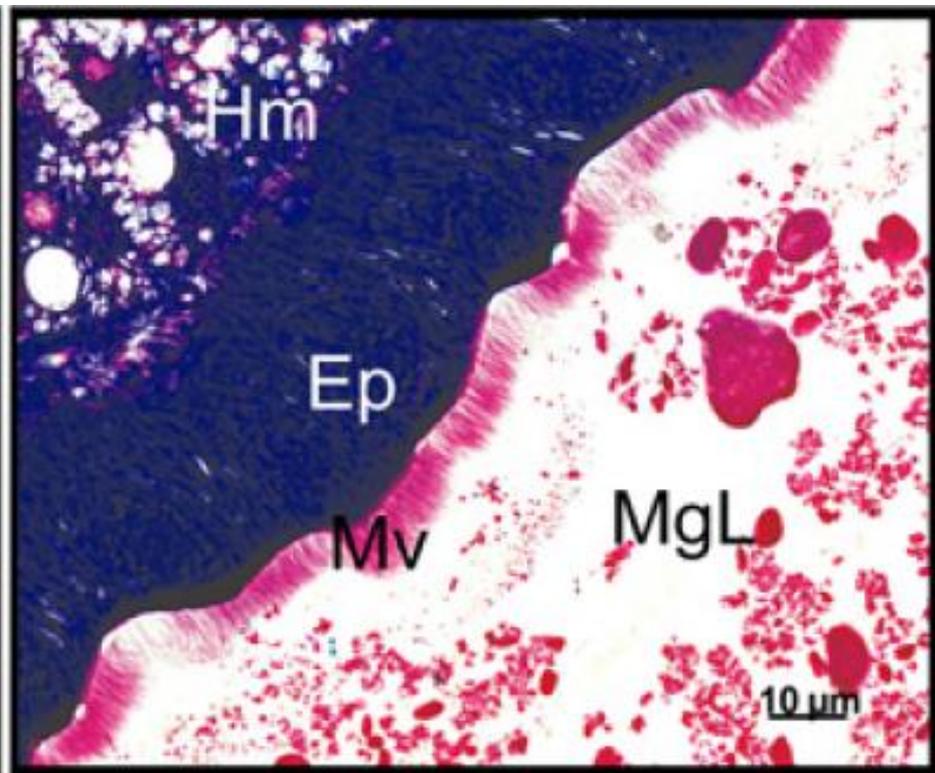


# Amerikanische Faulbrut

Larve (4d), Kontrolle



Larve (4d) infiziert mit *P. larvae*

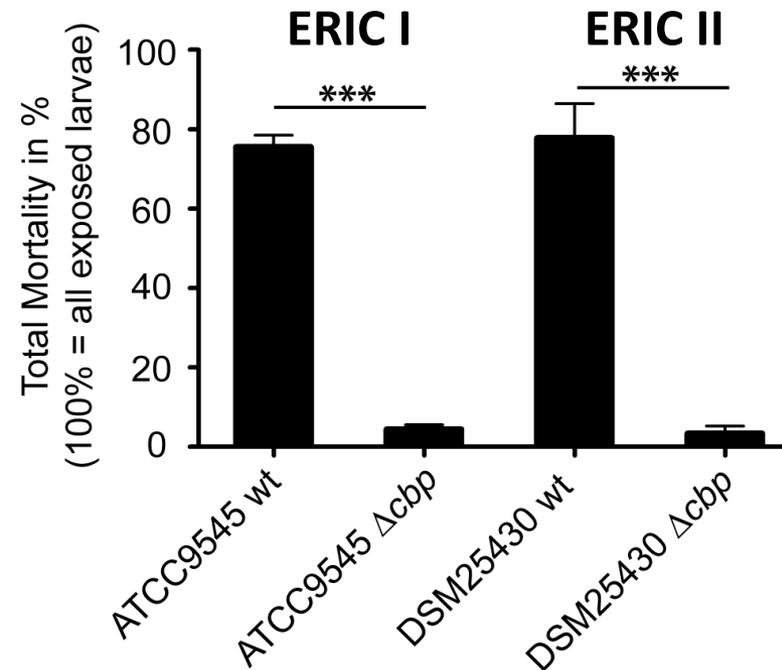
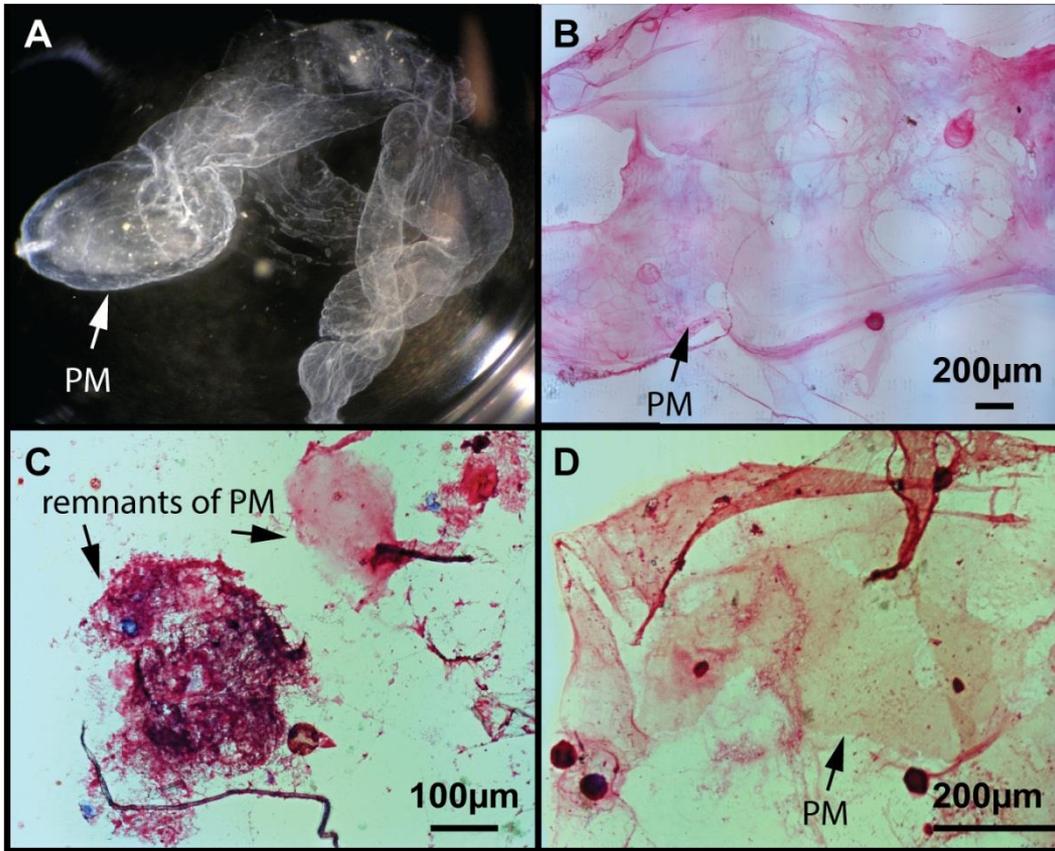


Zerstörung der Peritrophischen Membran durch  
*Paenibacillus larvae*

# Amerikanische Faulbrut

## Zerstörung der PM durch das Chitin-Degrading Protein CBP49

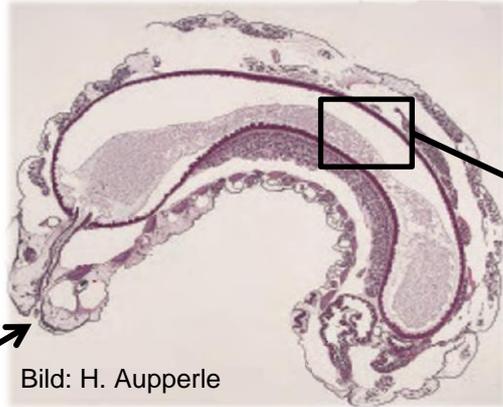
Larve (6d), Kontrolle



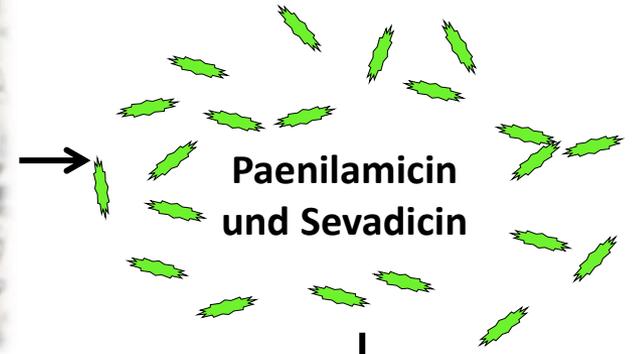
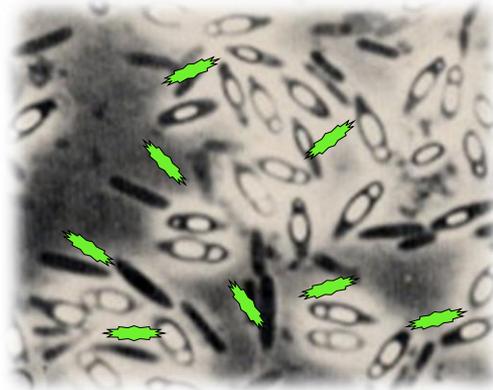
Larve (6d), infiziert  
*P. larvae* wt

Larve (6d), infiziert  
*P. larvae*  $\Delta cbp$

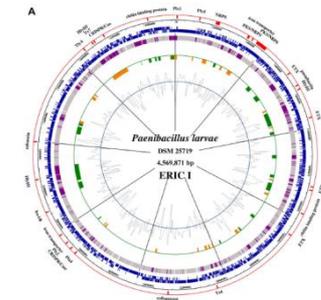
# Amerikanische Faulbrut



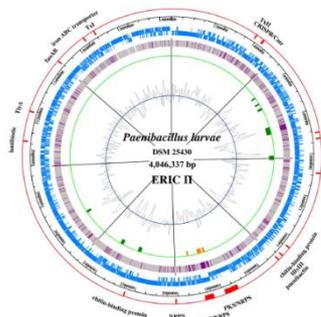
*P. larvae*  
Sporen



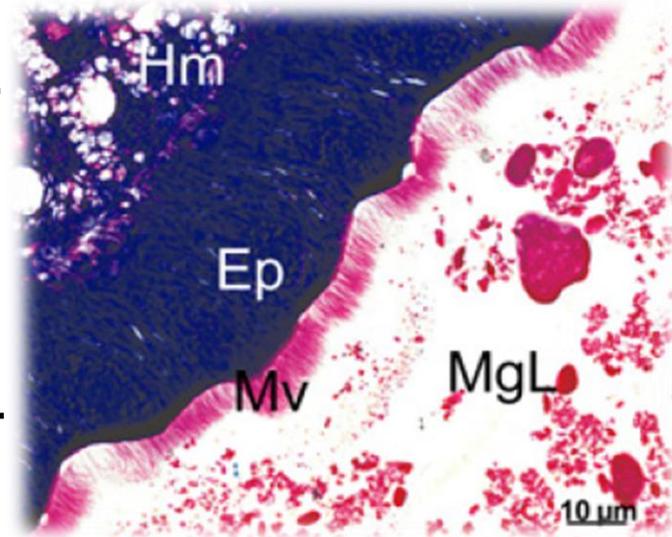
Zerstörung der PM durch CBP49



ERIC I ←



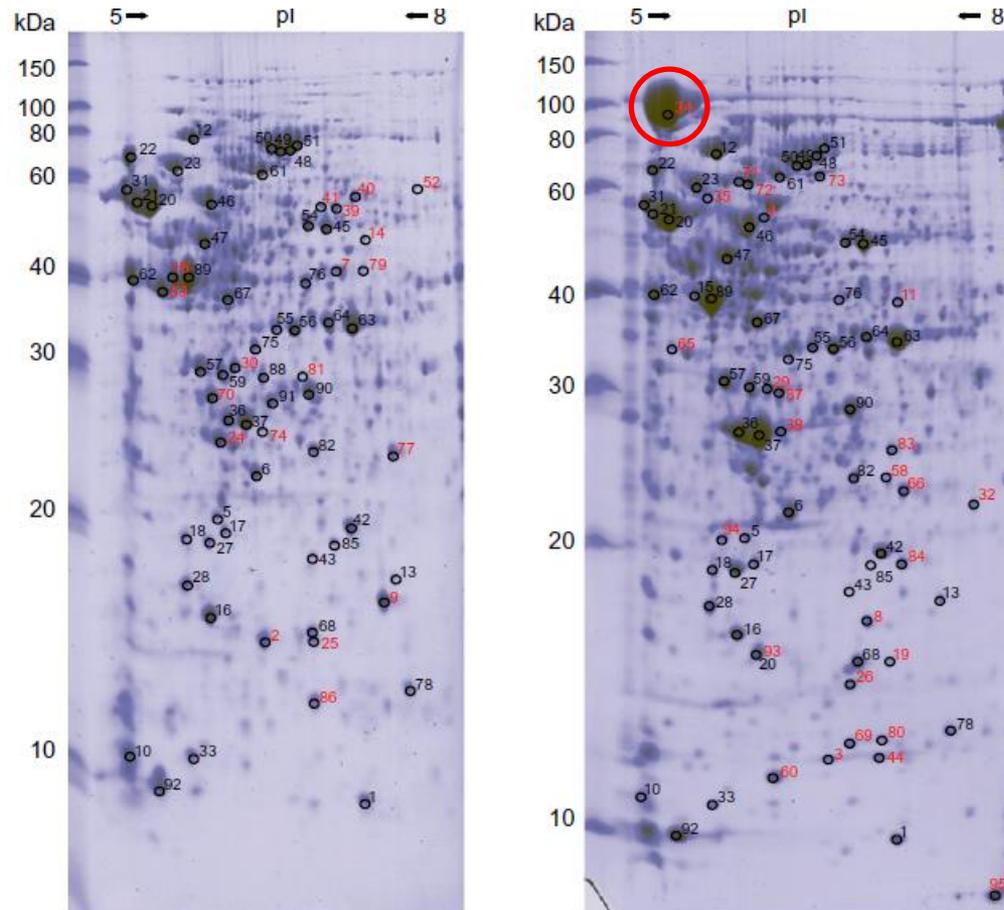
ERIC II ←



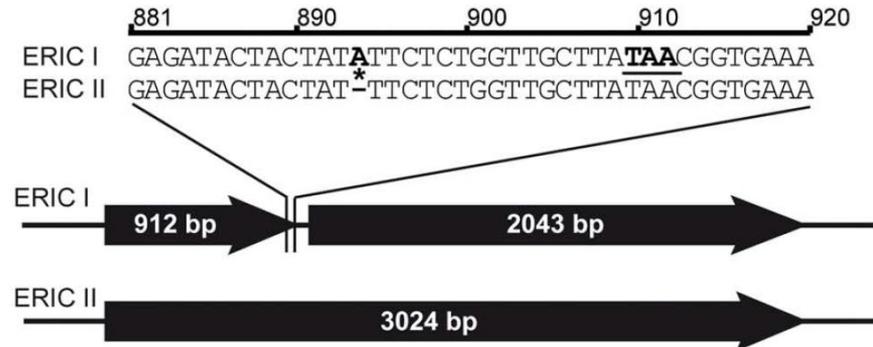
# Amerikanische Faulbrut

## ERIC I

## ERIC II

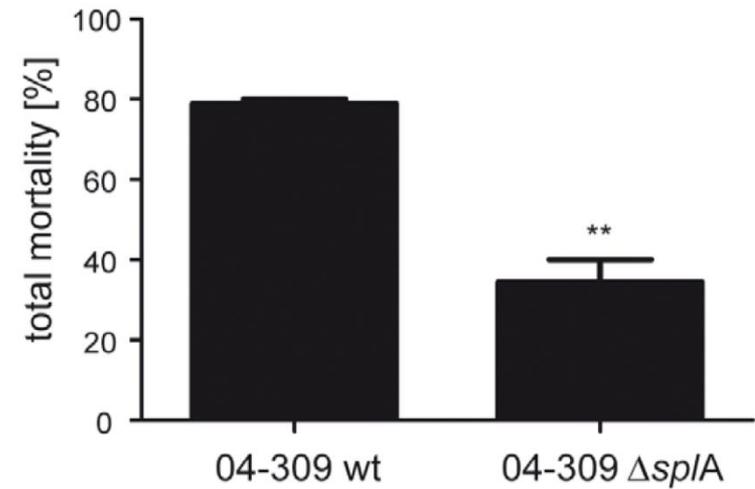
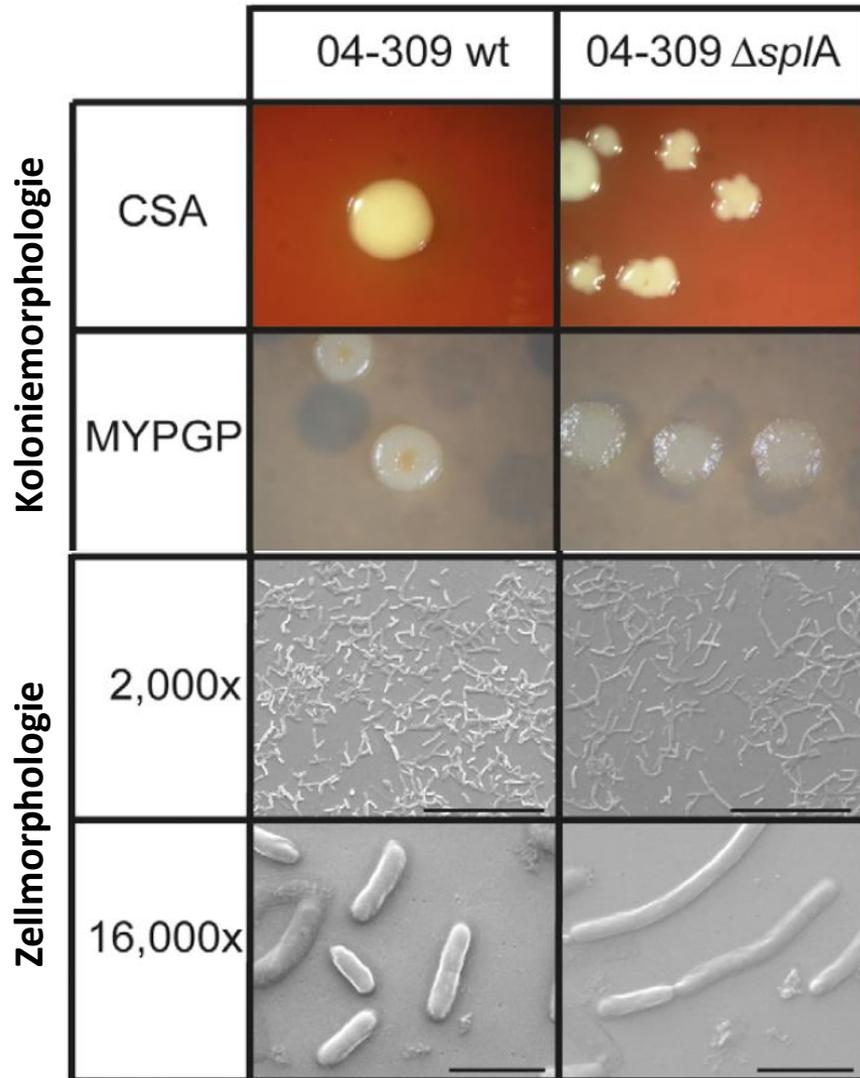


„Protein-Karte“ von *P. larvae*  
2D-SDS-PA-Gel



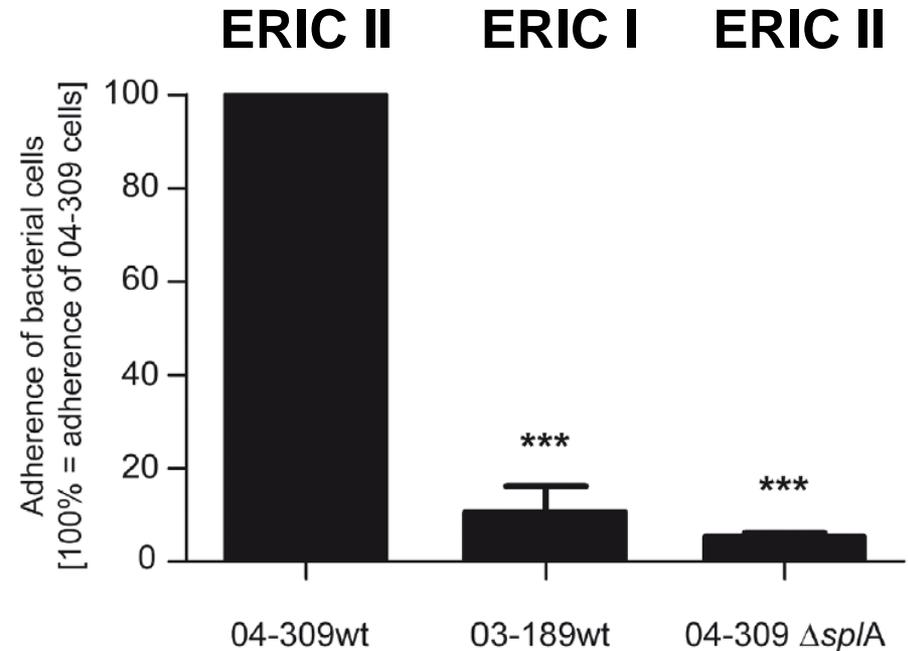
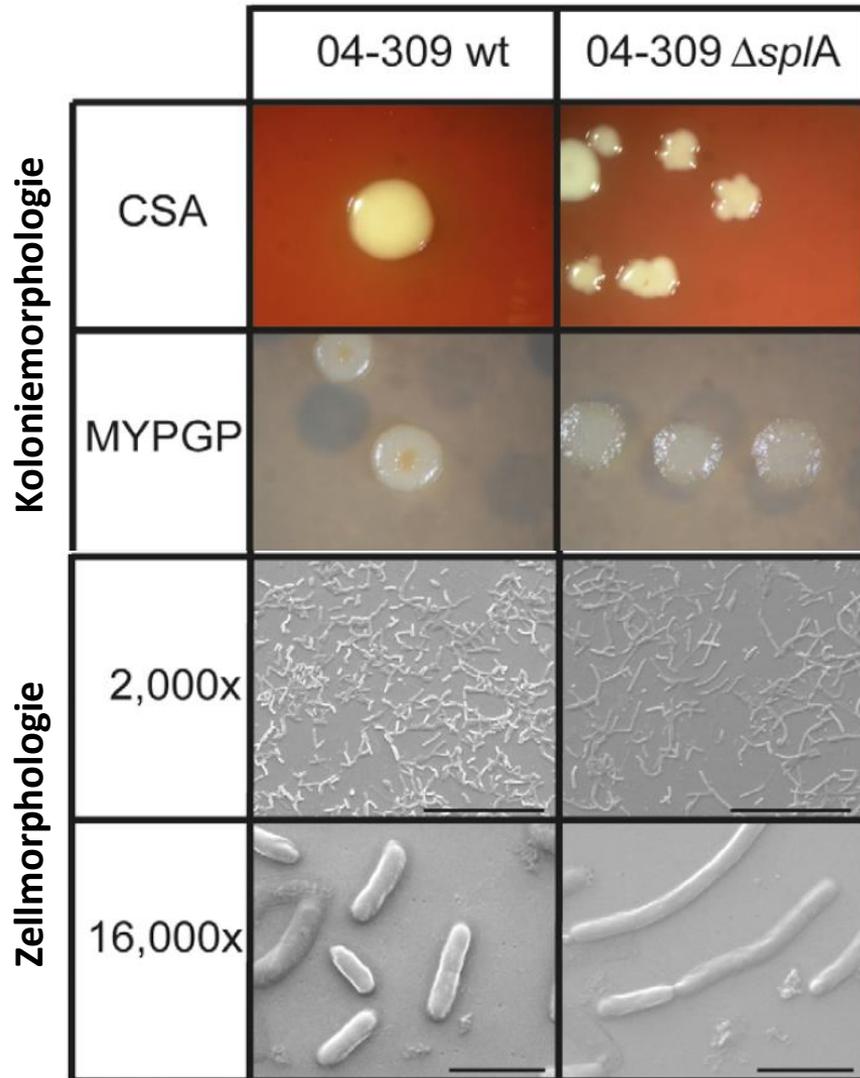
ERIC II besitzt ein S-layer Protein (SplA), das ERIC I fehlt

# Amerikanische Faulbrut



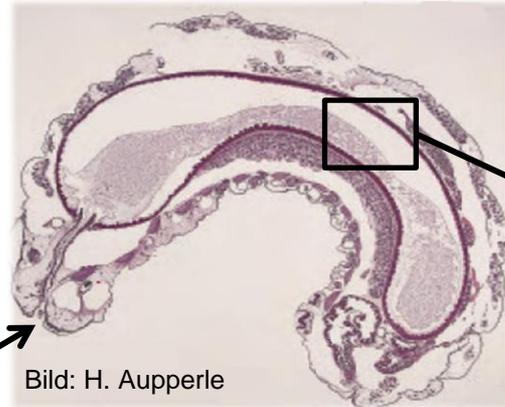
**veränderte Zell- und Kolonie-Morphologie  
sowie reduzierte Mortalität bei ERIC II-  
SplA-knockout Mutanten**

# Amerikanische Faulbrut

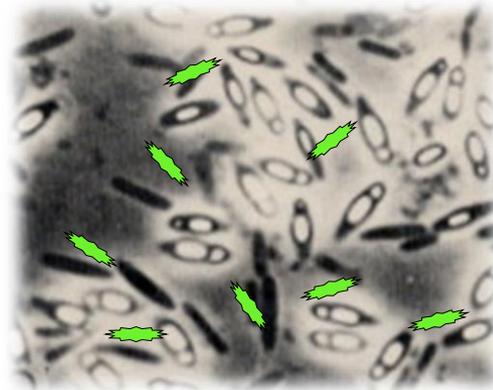


**S-layer Protein ist entscheidend für die Adhärenz von ERIC II an die Darmepithelzellen der Bienenlarve!**

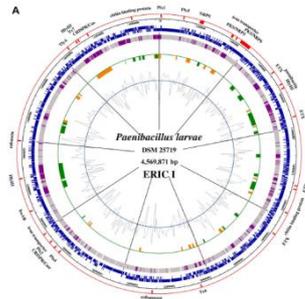
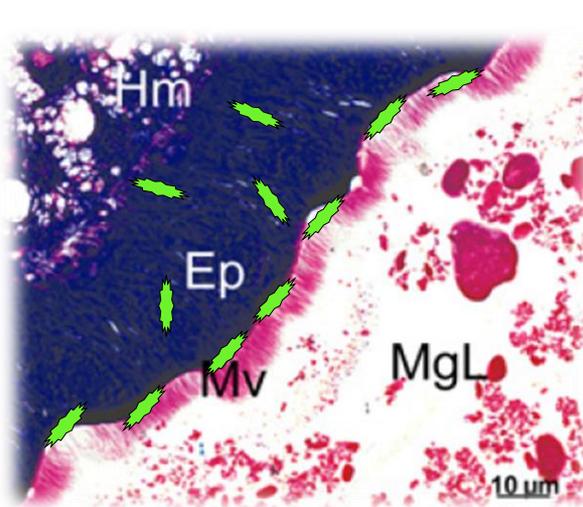
# Amerikanische Faulbrut



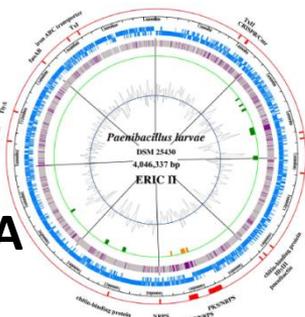
*P. larvae* Sporen



Zerstörung der PM durch CBP49

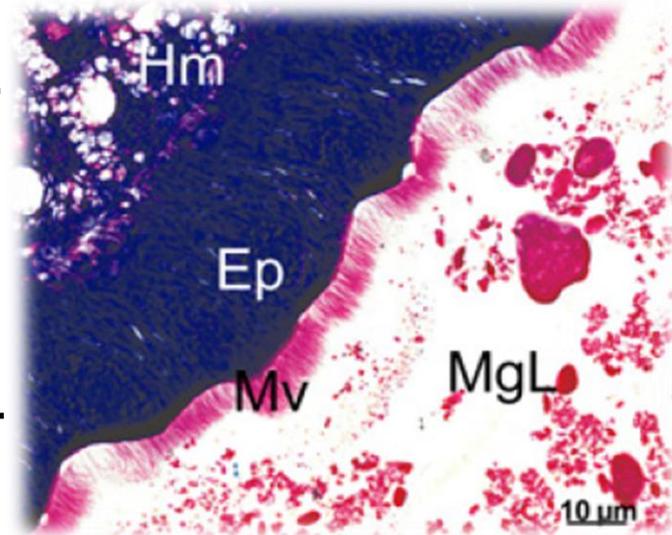


ERIC I ←



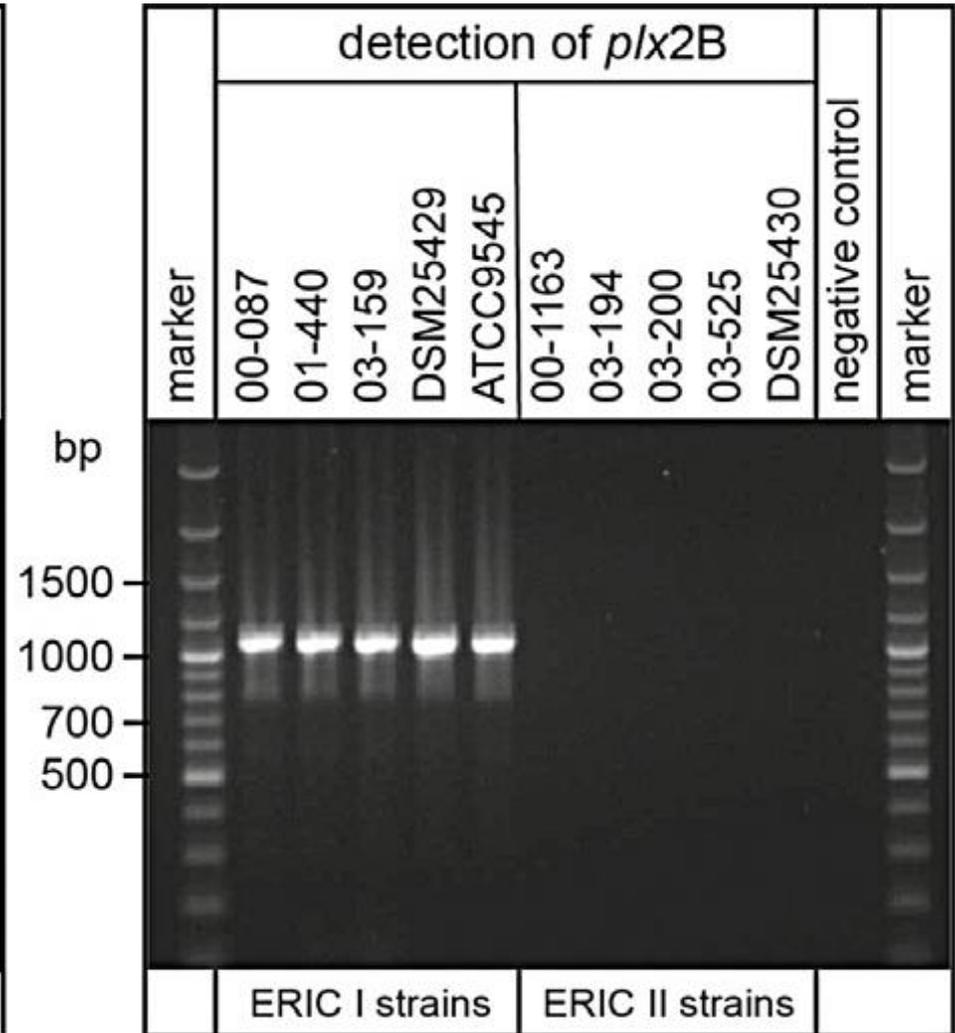
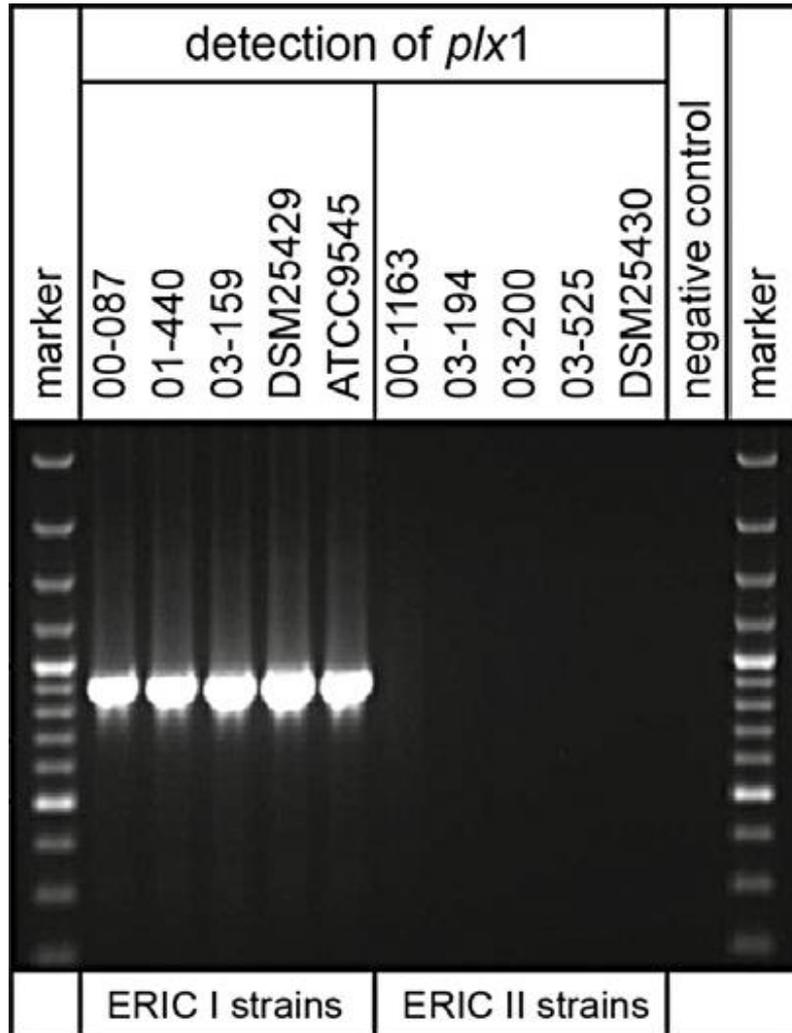
ERIC II ←

SplA



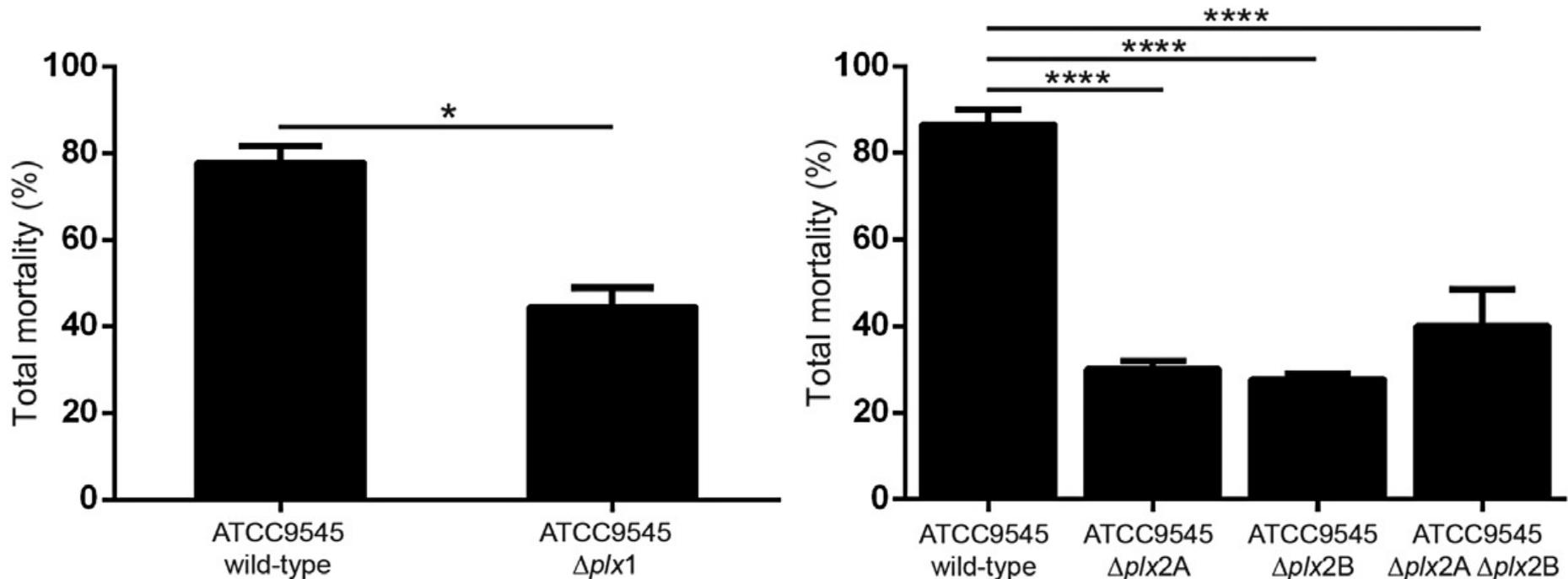
# Amerikanische Faulbrut

ERIC I besitzt zwei Toxine (Plx1 und Plx2), die ERIC II fehlen



# Amerikanische Faulbrut

ERIC I besitzt zwei Toxine (Plx1 und Plx2), die ERIC II fehlen



- reduzierte Mortalität bei ERIC I-Plx-knockout Mutanten
- Einfluss auf Zellmorphologie des Darmepithels (Abkuglung durch Veränderung des Zytoactinskeletts? Induktion Apoptose?)
- parazellulärer Passage des Epithels?

# Amerikanische Faulbrut

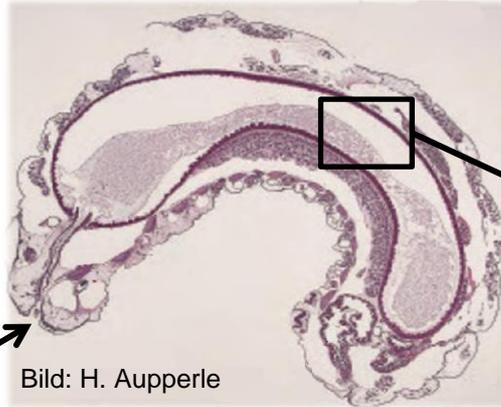
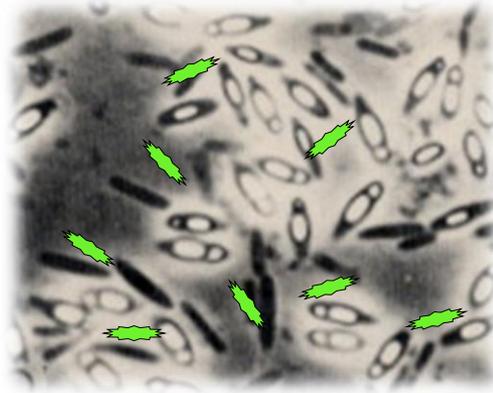


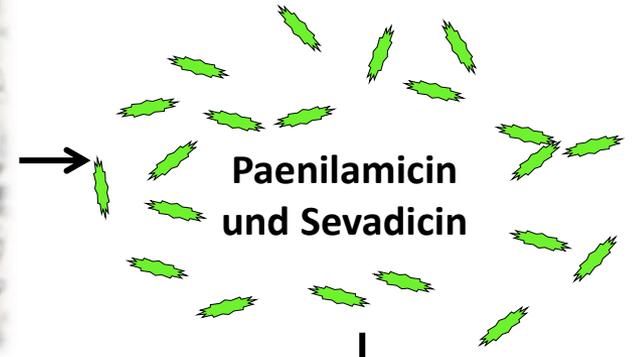
Bild: H. Aupperle

orale Aufnahme mit  
Larvenfutter

*P. larvae*  
Sporen

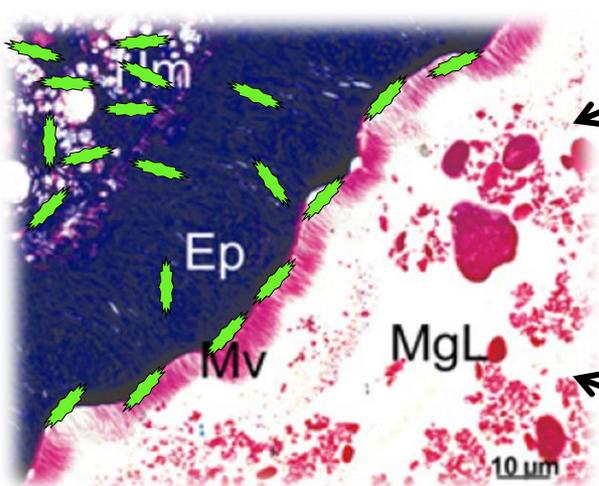


Auskeimen im  
Mitteldarm

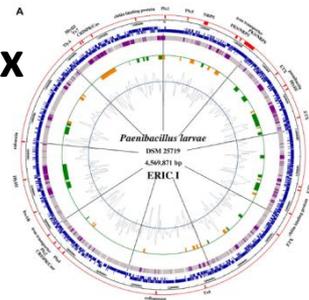


Paenilamicin  
und Sevadicin

Zerstörung der PM durch CBP49

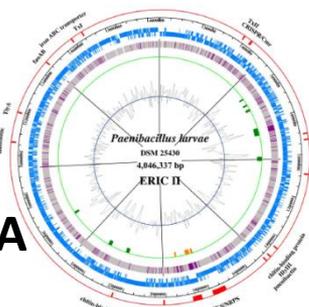


Plx

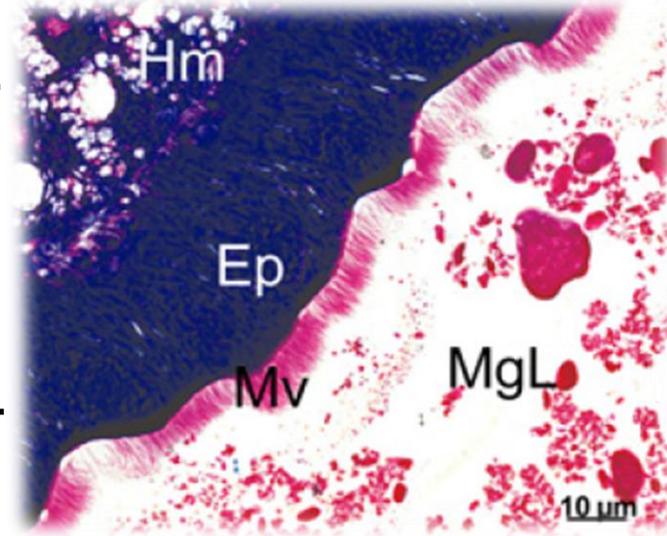


ERIC I ←

SplA

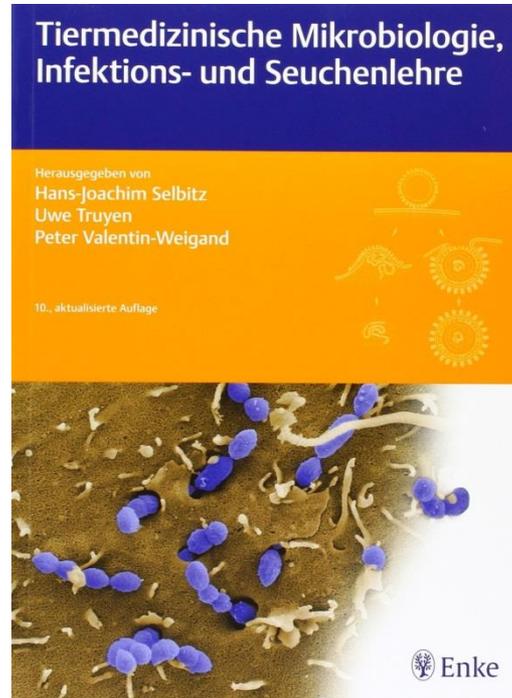


ERIC II ←



10 µm

# Amerikanische Faulbrut



# Ausblick

- tiermedizinische Bienen-Forschung
- gezielte Ausbildung des tierärztlichen Nachwuchses
- Praktikumsplätze für Studenten
- Weiter- und Fortbildungsmöglichkeiten
- praktisch tätige Bienentierärzte

# DVG-Fachgruppe „Bienen“

- am 6. November 2014 gegründet
- Vorsitzende PD Dr. Heike Aupperle
- Förderung
  - der Fort- und Weiterbildung im Fachgebiet Bienen
  - des wissenschaftlichen Arbeitens mit Bienen
  - des Gedankenaustausches bieneninteressierter Tierärzte



# DVG-Fachgruppe „Bienen“

- am 6. November 2014 gegründet
- Vorsitzende PD Dr. Heike Aupperle
- Förderung
  - der Fort- und Weiterbildung im Fachgebiet Bienen
  - des wissenschaftlichen Arbeitens mit Bienen
  - des Gedankenaustausches bieneninteressierter Tierärzte
- E-Mail-Verteiler „BienenVets“
- ATF: Modulreihe Bienen (40 ATF-Stunden)



# KELDAT-Ringvorlesung

Dr. Robert Fux

## Die Honigbiene und der Tierarzt

*Danke für  
Ihr Interesse!*

