

Evolutionäre Entwicklungen des Wirtes getrieben durch Parasiten

Jan Taubenheim

Medical Systems Biology

CAU Kiel/UKSH Kiel

j.taubenheim@iem.uni-kiel.de

<http://www.iem.uni-kiel.de/msb>

Vorlesungsreihe – Einführung in die Evolution

1. Mikroevolution 1 – Populationen, Genetische Variation, natürliche Selektion
2. Mikroevolution 2 – Genotyp, Phänotyp und Fitness, Neutrale Evolution
3. Populationsgenetik – Fortpflanzungsstrategien, Quantitative Genetik, Vererbarkeit und Populationsfitness
4. Evolutionäre Entwicklungsbiologie – Ontogenese und Evolution, Homologien, Phänotypische Plastizität, Life-History
5. Sexuelle Selektion – Anisogamy, Partnerwahl, Operational sex ratio
6. Makroevolution – Artbildung, Phylogenie und Vergleichende Systematik
7. Multilevel Selektion – Selektionseinheiten und Genomische Konflikte
8. Koevolution 1 – Ökologische Interaktionen, Koexistenz und Extinktion, Konkurrenz und Symbiose
9. Koevolution 2 – Parasitismus, Rote-Königin-Theorie, Kospeziation

Lernziele

- **Parasiten und ihre Bedeutung**
- **Abwehrstrategien des Wirtes**
- **Kosten und Selektion von Abwehrstrategien**
- Rote-Königin-Theorie
- Relatives evolutionäres Potenzial
- Kospeziation
- Transitionen in Ökologischen Interaktionen

Voraussetzung - Ökologische Interaktionen

Konkurrenz (-/-)



Ammensalismus (0/-)



Neutralismus (0/0)



Mutualismus (+/+)



Kommensalismus (0/+)

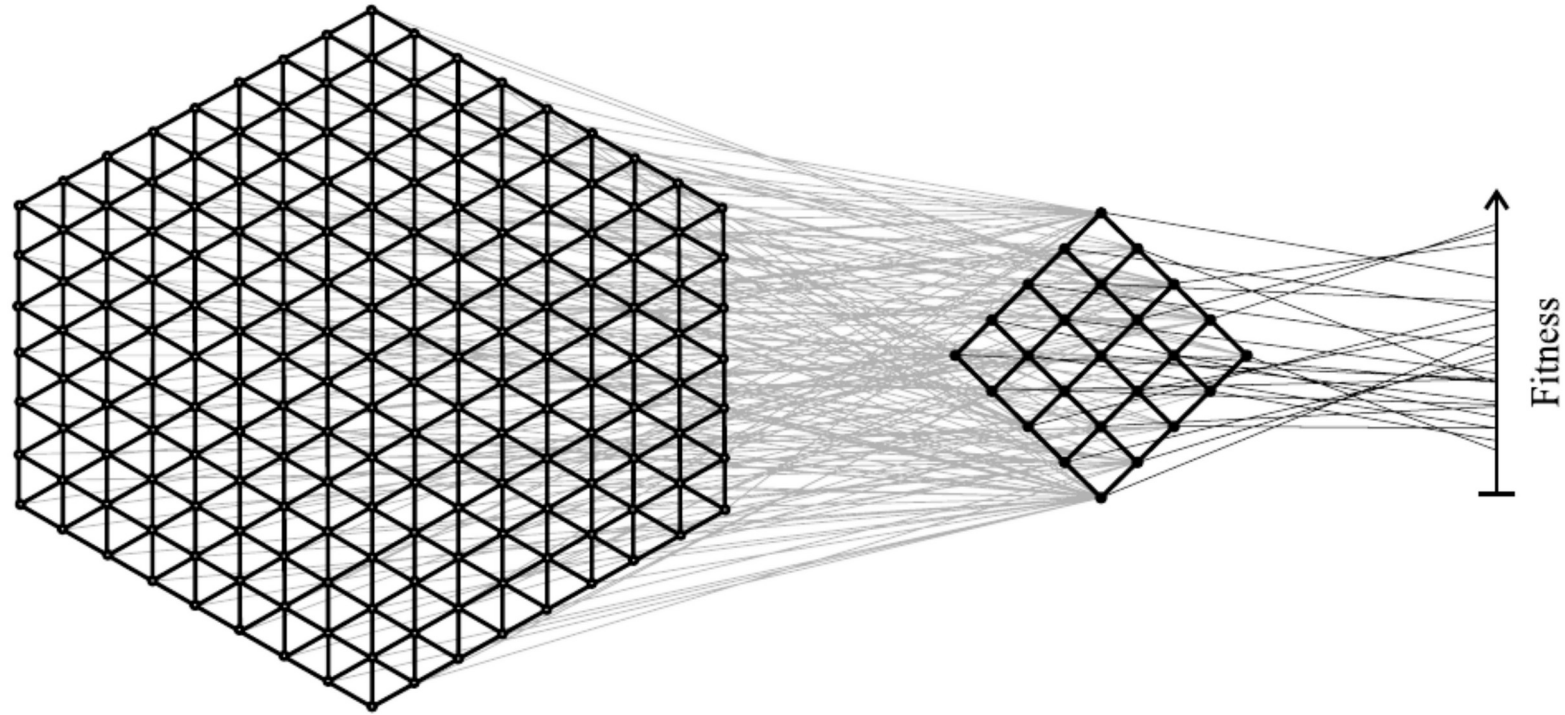


Antagonismus (+/-)



Von John Kees - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37781698>, By Richard Ling - Flickr, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1886821>, Von Michael Wurm - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69985231>, By Amin - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68363592>, Von Diego Delso, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=42523726>,

Voraussetzung – Genotype-Phänotyp- Fitness und Selektion



Genotype space

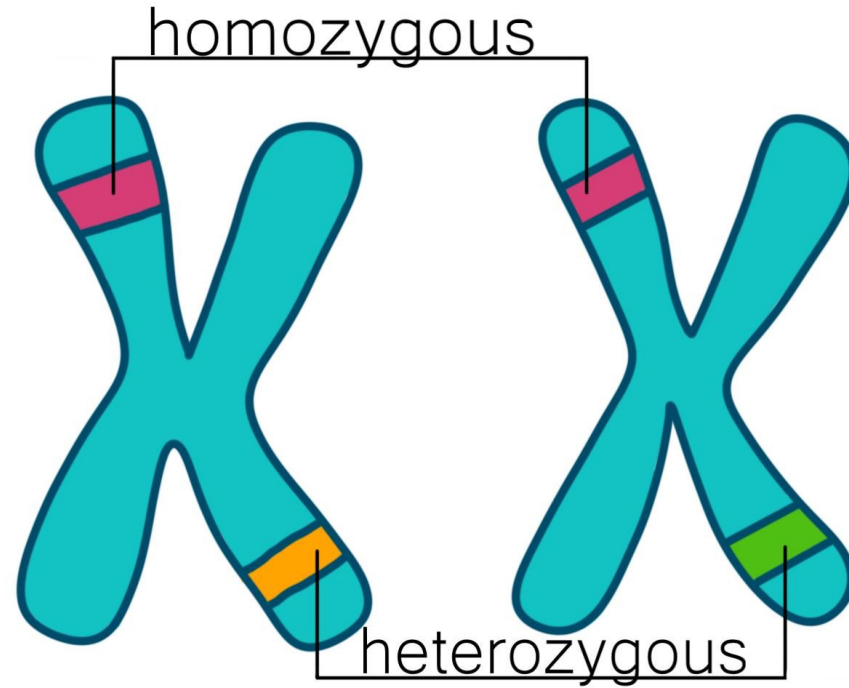
Phenotype Space

Schuster, 2002, Lecture Notes in Physics

Jan Taubenheim

20.02.25

Voraussetzung - Homo-/Heterozygotie



Parasiten - Definition

Ein Organismus der in oder auf einem Wirt lebt und von diesem Ressourcen bezieht und damit schädigt (Antagonismus)

Einteilung von Parasiten

Endoparasiten

Ectoparasiten

Parasitoide

Brutparasiten

Spulwurm



Blutegel



Buckelfliege



Kuckuck



Syphilis Erreger



Krätze



Krötengoldfliege

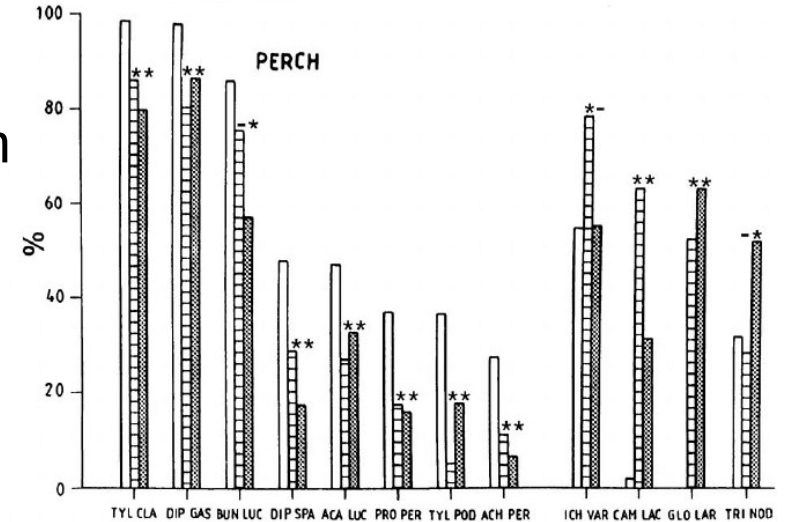
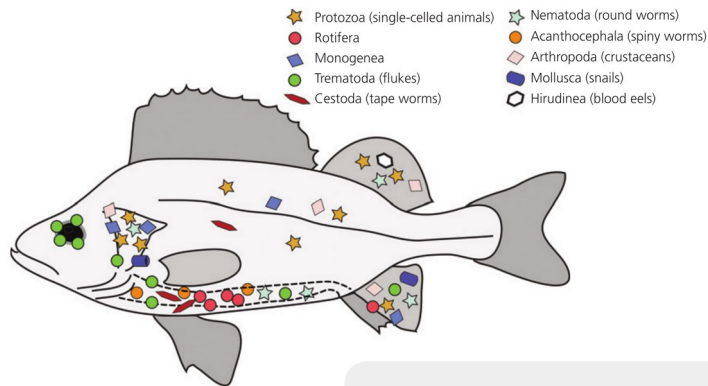


Makroparasiten

Mikroparasiten

Bedeutung von Parasiten

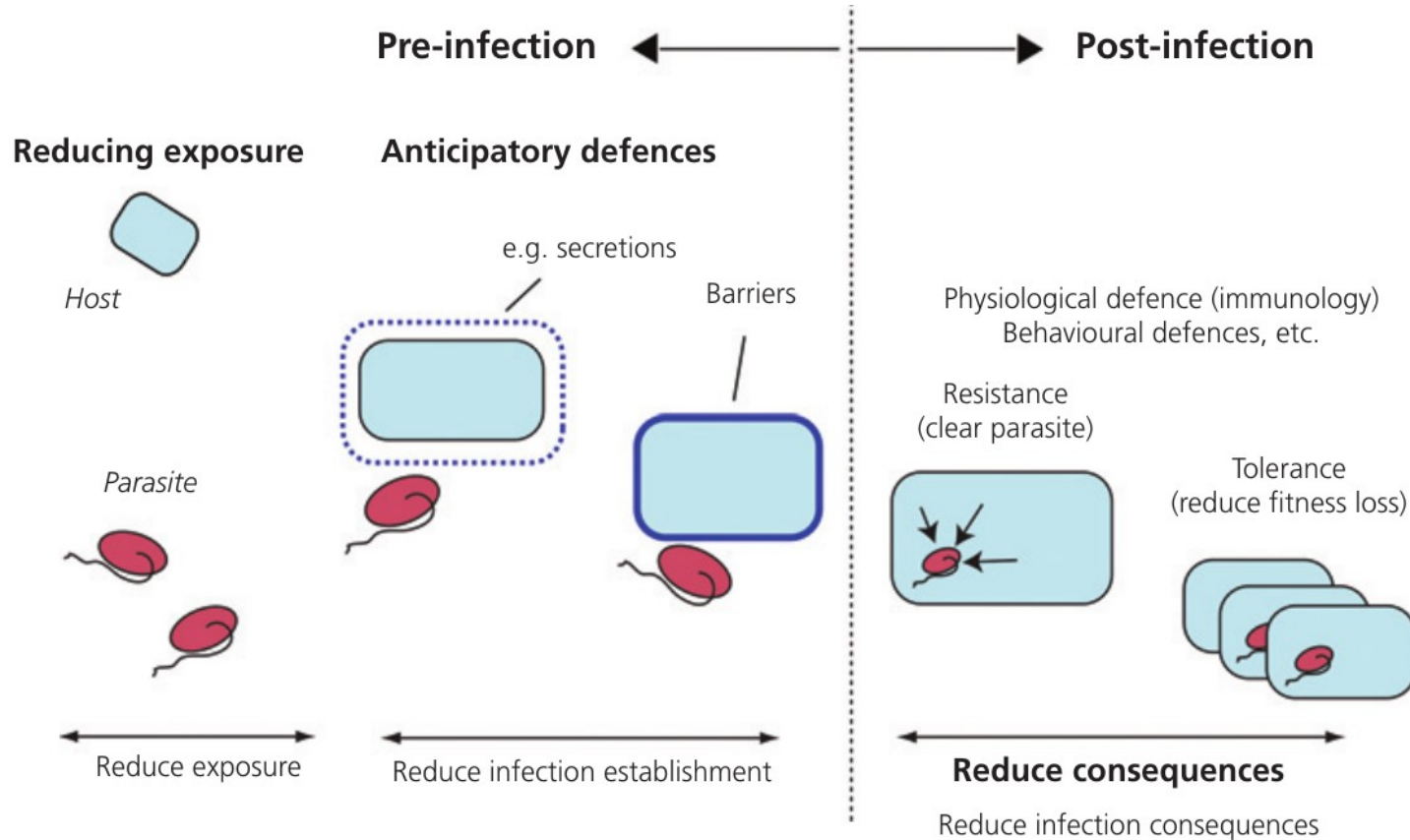
- Alle Makroorganismen haben Parasiten
- Alle Körperregionen können betroffen sein
- Es gibt mehr Parasiten als Wirte



Valtonen, Holmes, & Koskivaara, 1997, Can. J. Fish. Aquat. Sci.

Parasitenbefall ist der Normalfall

Anpassung des Wirtes

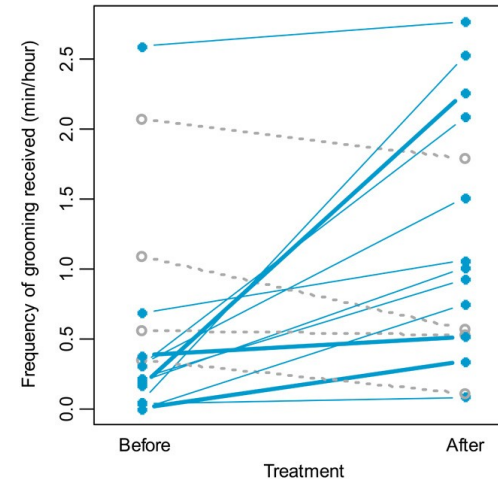


Schmid-Hempel, 2021, Evolutionary Parasitology, Sec. Edition, Oxford University Press

Reduktion von Exposition – Meidung infizierter Individuen

- Parasitierte Individuen werden gemieden
- Weniger Fellpflege von infizierten

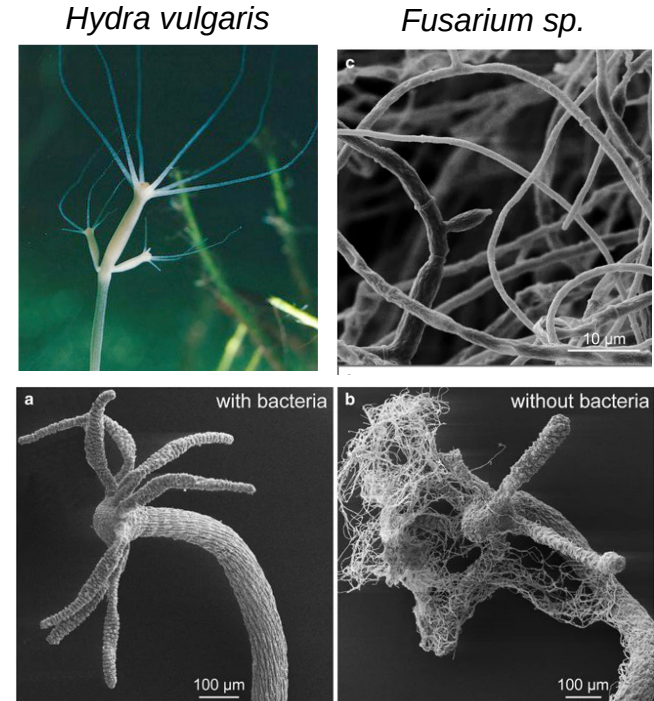
Mandrill (*Mandrillus sphinx*)



Poirotte et al., 2019, Proc. R. Soc. B

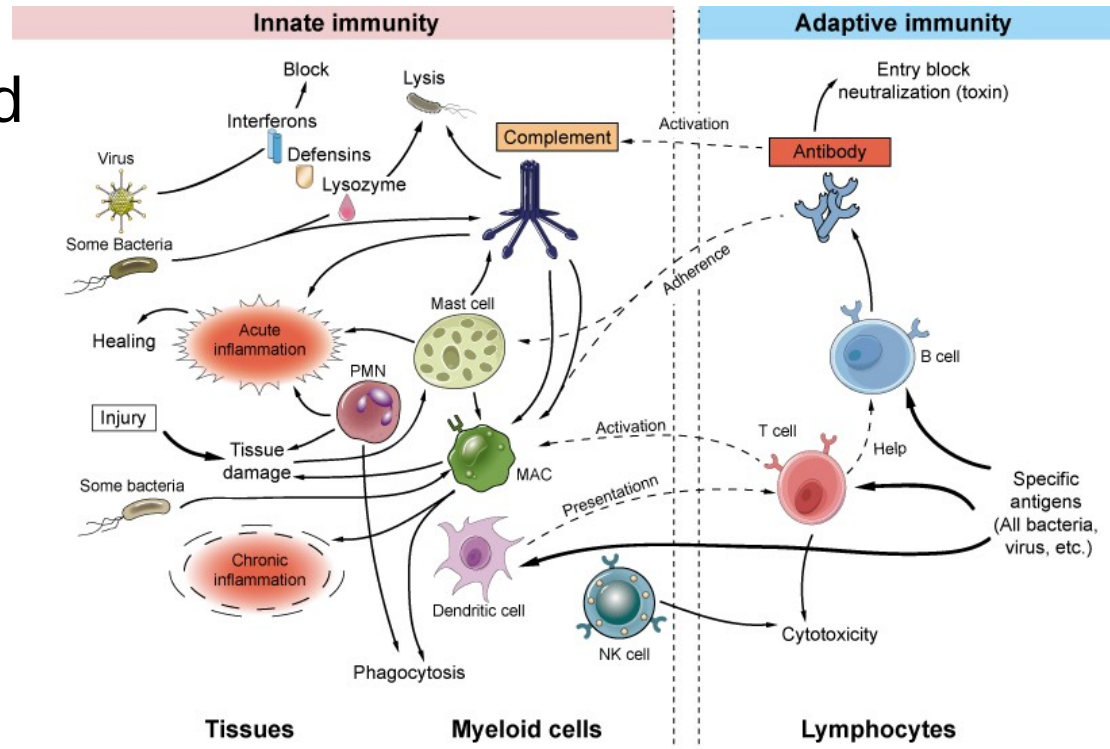
Antizipierte Abwehr - Mikrobiom

- Das Mikrobiom kann als Schutz vor Parasiten dienen
- *Hydra* nutzt sein Mikrobiom um sich vor Pilzinfektionen zu schützen



Postinfektiöse Abwehr – Immunsystem

- Das Immunsystem erkennt und entfernt Pathogene und Parasiten
- Besteht aus **unspezifischem angeborenes** und **spezifischen erworbene** Immunsystem
- Zelluläre Antworten und humorale Antworten

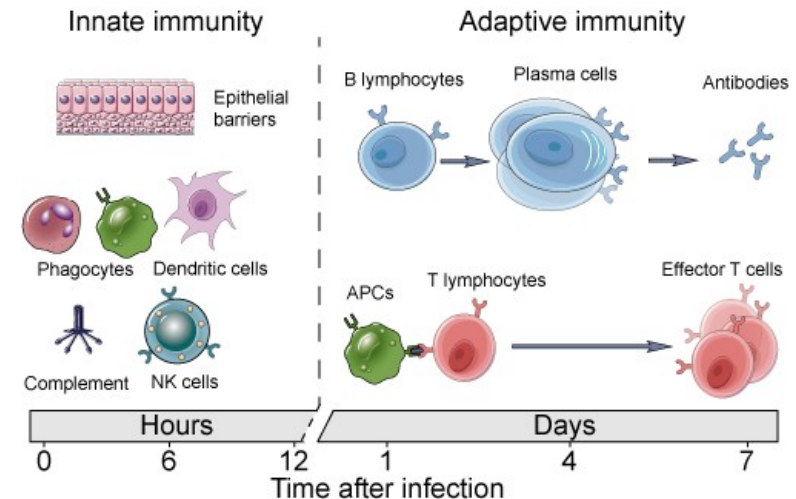


Kosten der Parasitenabwehr

- Energiekosten von Immunsystemen
- Kollateralschaden
- Spezifität
- Zeit bis zur Immunantwort

	Costs				Effectiveness	
	Developmental	Maintenance	Activation	Collateral damage	Novel/primary exposures	Secondary/future exposures
Innate immunity	low	medium	high	medium	good	good
Acquired immunity	very high	low	low	low	poor	excellent

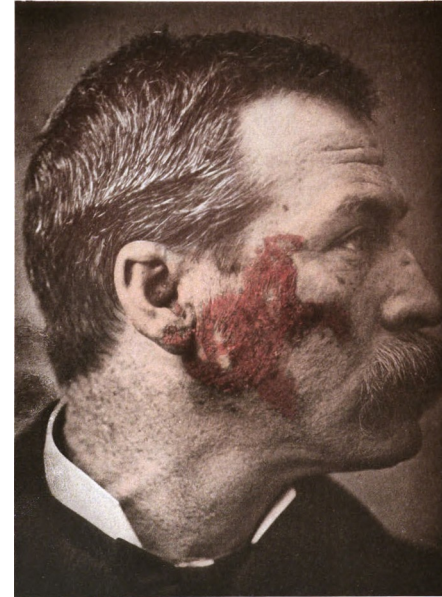
McDade, Georgiev & Kuzawa, 2016, Evolution, Medicine, and Public Health



Kosten der Parasitenabwehr

- Immunantwort braucht strikte Regulation
- Autoimmunität ist eine Folge einer unregulierten Immunreaktion

Lupus erythematoses

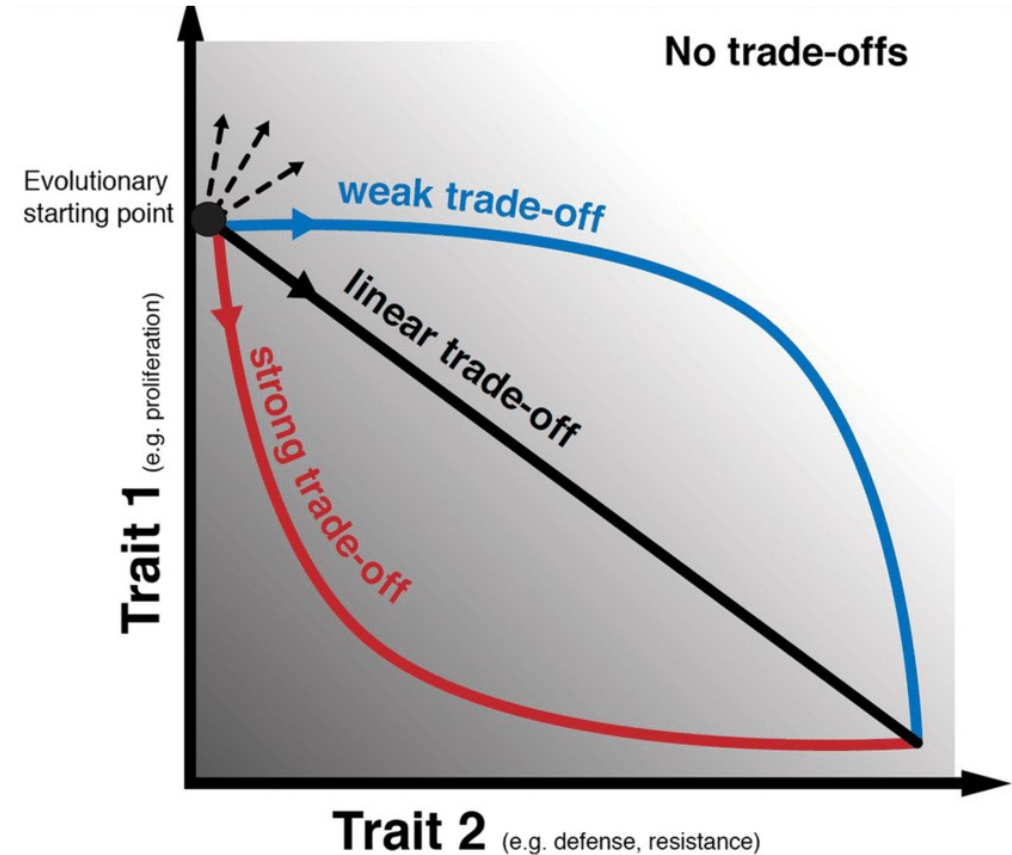


Rheumatische Arthritis



Evolution der Abwehrmechanismen

- Immun-Kosten erzeugen Trade-offs (Fitnessverlust durch Parasiten vs. Immunabwehr)
- Evolution selektiert ein Optimum



Boddy, Huang & Aktipis., 2018, Curr. Pathobiol. Rep.

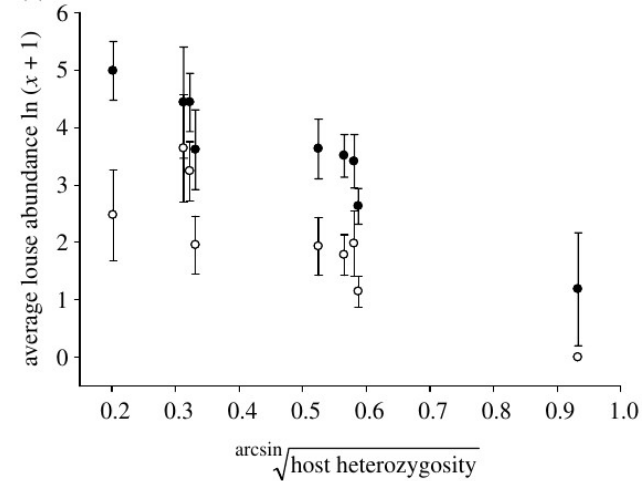
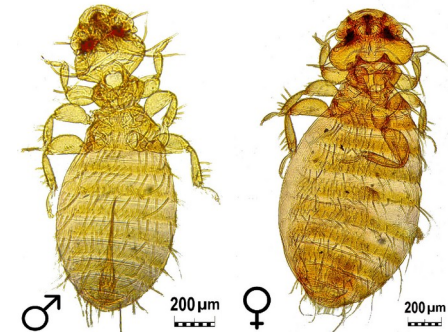
Evolution der Abwehrmechanismen

- Genetische Diversität erhöht damit Resistenz gegenüber Parasiten
- Genetische Diversität:
 - Genetische Diversität in der Population

Galápagosbussard
(*Buteo galapagoensis*)



Kieferlaus
(*Colpocephalum turbinatum*)

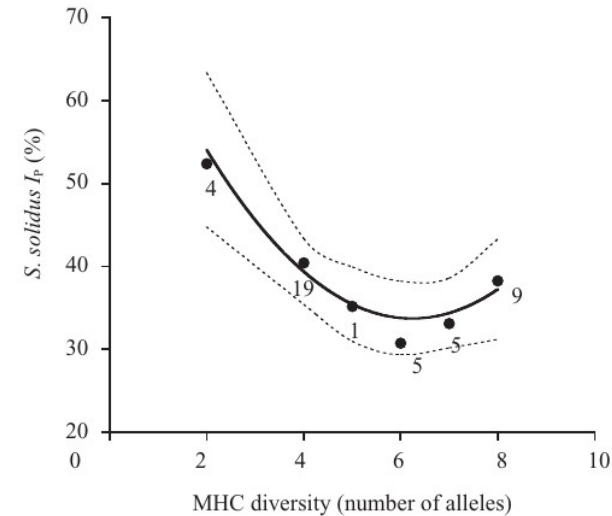
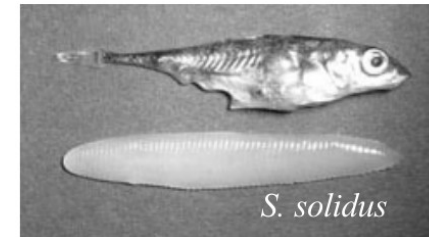


Whiteman et al., 2006, Proc. R. Soc. B

Evolution der Abwehrmechanismen

- Genetische Diversität erhöht damit Resistenz gegenüber Parasiten
- Genetische Diversität:
 - Genetische Diversität in der Population
 - Diversität der Allele des Individuums

Dreistachliger Stichling
(*Gasterosteus aculeatus*)

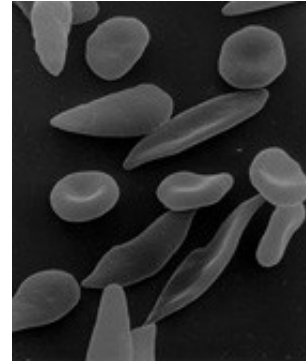


Kurtz et al., 2004, Proc. R. Soc. B

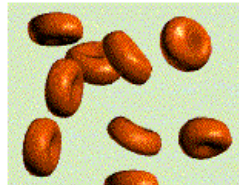
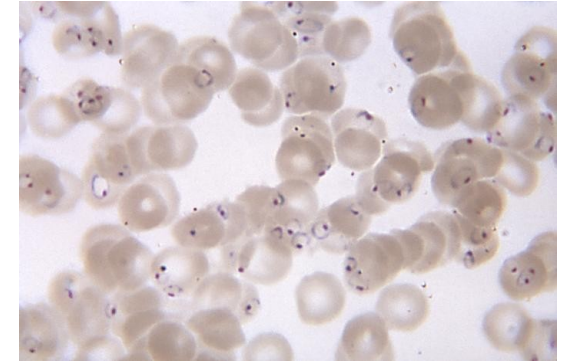
Evolution der Abwehrmechanismen

- Sichelzellenanämie schützt vor Malaria
- Homozygote Träger sterben im Kindesalter

Erythrozyten in Sichelform



Malaria Erreger
(*Plasmodium falciparum*)



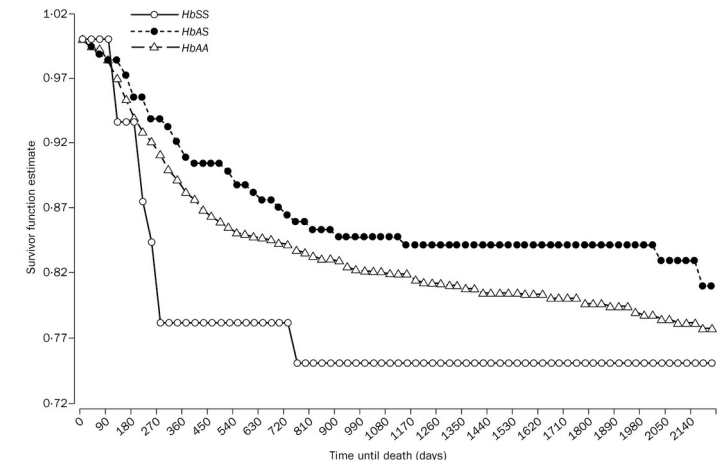
AA
Susceptible to Malaria



Aa
Resistant to Malaria
but may have sickle
cell disease
occasionally



aa
Resistant to Malaria
but has fatal sickle
cell disease



Zusammenfassung

- Parasitismus ist am häufigsten verbreitete Lebensweise
- Wirte haben sich mit verschiedenen Abwehrmechanismen angepasst
- Abwehrmechanismen sind teuer (reduzieren Fitness) und stehen im Zielkonflikt mit Fekundität und Energieeffizienz
- Genetische Diversität ist wichtig für die Resistenz von Wirten gegenüber Parasiten

Ausblick

Was die Rote Königin mit Evolution zu tun hat und warum Parasiten dafür sorgen, dass wir Sex haben.

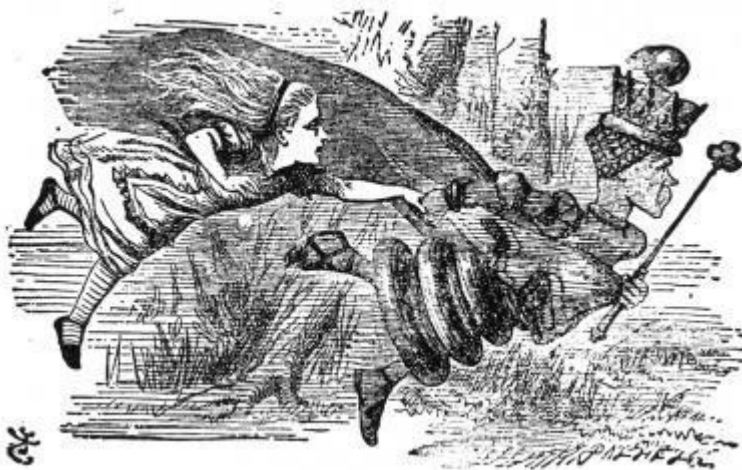
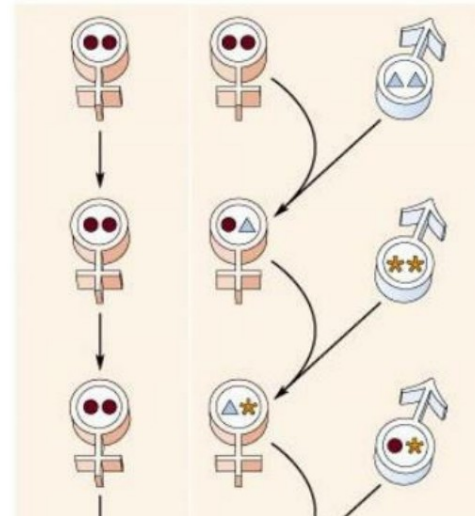


Illustration by Sir John Tenniel from Lewis Carroll's *Through the Looking-Glass*, 1871



Quiz – Wahr oder Falsch?

Fieber ist eine präinfektiöse Reaktion auf einen Parasitenbefall, weil der Fiebermechanismus bereits vor der Infektion evolviert sein muss.

Quiz – Wahr oder Falsch?

Das Mikrobiom fungiert u. a. als eine Schutzbarriere für den Wirt und ist damit ein prophylaktische Abwehrmechanismus gegen Parasiten.

Quiz – Wahr oder Falsch?

Trade-offs beschreiben zwei Eigenschaften zur Parasitenabwehr des Wirtes die unabhängig voneinander agieren.