

Diss. ETH No. 19291

HOST-PARASITE INTERACTIONS IN *DAPHNIA*—  
THE ROLE OF VARIABLE ENVIRONMENTS

A dissertation submitted to  
ETH ZÜRICH

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by  
CORINE NICOLE SCHOEBEL  
Dipl. Biologin, University of Erlangen-Nürnberg, Germany

Date of birth 06.12.1979  
citizen of Germany & Switzerland

accepted on the recommendation of

Dr. Piet Spaak, examiner  
Dr. Justyna Wolinska, co-examiner  
Prof. Jukka Jokela, co-examiner  
Prof. Ellen Decaestecker, co-examiner

2010

## SUMMARY

Host susceptibility to parasitism may be strongly influenced by the environment but, importantly, parasite growth is also context dependent. This basic tenet is why natural populations often show genetic variation in host resistance, forming the basis for evolutionary responses to selection induced by parasitism. Hence, biotic factors as well as abiotic environmental variation can affect the expression of traits in hosts and parasites, and thus ultimately alter the fitness of both. In this thesis, I focused on understanding how environmental variation can influence host-parasite coevolution. Different environmental factors can influence host-parasite coevolution; some being more important for host fitness while others constraining parasite fitness more severely. Further, most of these environmental factors are not independent or interact with one another. In this thesis, I intensively examined the influence and potential interactions of four different factors on host-parasite fitness.

I performed infection experiments to analyze the impact of temperature on host-parasite genetic specificity in *Daphnia* (waterflea). Infection outcome significantly differed between temperatures and host clones, but not between host taxa or parasite isolates. Additionally, I found previous parasite epidemics to select for higher resistance to novel parasite isolates, and *Daphnia* hosts under poor food conditions to contract infections more often than those under good food conditions. These findings are in accordance with results of earlier studies and evolutionary theory. Finally, I could link host fitness, but not direct parasite fitness, to host population density and food level. This contrasts with common opinion that increasing population density enhances the risk of infection through increased exposure or because host condition declines due to stress.

To conclude, I found evidence for the influence of the tested environmental factors (temperature, food level, host density and previous parasite epidemics) on host-parasite coevolution. Moreover, my data show that previously documented

patterns of hybrid vigour in this *Daphnia*-parasite system do not dominate host-parasite coevolution and that no rapid parasite adaptation occurred. Finally, this is one of the first empirical studies simultaneously testing for density dependence and resource availability linked to host cellular immunity as well as host and parasite fitness.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Anfälligkeit von Wirten für Parasiten kann stark von der Umwelt beeinflusst werden. Zudem hängt das Parasitenwachstum vom allgemeinen Zusammenhang ab. Die zentrale Frage ist daher, warum natürliche Wirtspopulationen häufig genetische Unterschiede in ihrer Resistenz gegenüber Parasiten zeigen. Diese genetischen Unterschiede stellen die Basis für die evolutionäre Entwicklung durch die von Parasiten hervorgerufene Selektion dar. Sowohl biotische als auch abiotische Umwelteinflüsse können die Expression bestimmter Eigenschaften von Wirten und Parasiten beeinflussen, und damit letztendlich auf die Fitness beider Gegenspieler einwirken. Einige Faktoren sind dabei wichtiger für die Fitness der Wirte, während wiederum andere die Fitness des Parasiten stärker einschränken. Zudem sind die meisten dieser Umweltfaktoren nicht voneinander unabhängig, sondern interagieren. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in der Untersuchung des Einflusses vierer Umweltfaktoren auf die Coevolution von Wirten und deren Parasiten, sowie ihre potentiellen Interaktionen.

Um den Einfluss von Temperatur auf die genetische Spezifität von Wirten und Parasiten zu untersuchen, habe ich im Labor Infektionsexperimente mit

*Daphnien* (Wasserflöhen) durchgeführt. Sowohl die Wassertemperatur als auch der jeweils verwendete Wirtsklon hatten einen signifikanten Einfluss auf den Infektionserfolg. Dagegen unterschieden sich weder die verwendeten Wirtsarten (Eltern- und Hybridart) noch die beiden Parasitenisolate. Des Weiteren konnte ich zeigen, dass Populationen mit Parasitenepidemien in vorherigen Jahren, im Vergleich zu naiven Populationen, eine höhere Resistenz gegenüber neuen Parasitenisolaten aufweisen. Auch die Futterbedingungen der Wirte waren ausschlaggebend für den Infektionserfolg der Parasiten. So konnten Wirte unter schlechten Futterbedingungen tendenziell häufiger infiziert werden als solche unter guten Futterbedingungen. Dies spricht dafür, dass der Aufbau einer Immunantwort extrem kostspielig ist. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit bisherigen Erkenntnissen und theoretischen Studien. Zudem konnte ich die Fitness der Wirte, nicht jedoch die der Parasiten mit der Populationsdichte der Wirtspopulation und dem Futterlevel in Bezug bringen. Dies steht im Gegensatz zur allgemeinen Ansicht, dass bei zunehmender Populationsdichte das Infektionsrisiko erhöht, und die Wirtsverfassung dabei durch Stress gemindert wird.

Zusammenfassend konnte ich belegen, dass die von mir untersuchten Umweltfaktoren (Temperatur, Nährstoffgehalt, Dichte der Wirtspopulation und vorangehende Parasitenepidemien) die wechselseitige Anpassung von Wirt und Parasit (Coevolution) beeinflussen. Ferner zeigen meine Daten, dass in diesem *Daphnien*-Parasiten-System die Coevolution zwischen Wirten und ihren Parasiten nicht durch eine besonders ausgeprägte Leistungsfähigkeit der Hybride ("hybrid vigor,") dominiert wird, wie es in anderen Studien der Fall war. Auch findet im hier verwendeten Modellsystem keine schnelle Adaption der Parasiten an ihre Wirte statt. Diese Arbeit ist eine der ersten empirischen Studien, die innerhalb eines Systems gleichzeitig die Dichte- und Futterabhängigkeit in Bezug auf Wirts- und Parasitenfitness, sowie auf die zelluläre Immunantwort des Wirtes untersucht hat.