

# Horizontaler Gentransfer und adaptive Radiation: mündliche Abiturprüfung

von Dr. Monika Pohlmann



© rusm/E+/Getty Images Plus

Abiturienten bereiten mit diesem Material den Vortrag in der mündlichen Abiturprüfung vor. Die Informationen zum Kaffeekirschenkäfer, einem parasitären Rüsselkäfer der Kaffeebäume, sind unter genetischen, ökologischen und evolutionsbiologischen Aspekten zu beschreiben und zu deuten. Weibliche Käfer und ihre Larven legen Gangsysteme in den Kaffeekirschen, den Kaffeebohnen, an. Die Käferlarven ernähren sich von Galactomannan, einem spezifischen, stärkeähnlichen Kohlenhydrat des Kaffeebaumes. Das abbauende Verdauungsenzym und damit das kodierende Gen sind bakteriellen Ursprungs. Es liegt ein horizontaler Gentransfer zwischen einem Prokaryoten und einem Tier vor. Die für Käfer einmalige genetische Ausstattung ermöglicht dem Nahrungsspezialisten seine erfolgreiche Wirt-Parasit-Beziehung, die hohe ökonomische Schäden zur Folge hat. Pflanzenfressende Käfer erobern mit ihrer unvergleichlichen Biodiversität seit dem Mesozoikum die Erde. Erst 2019 wurden auf der indonesischen Insel Sulawesi in kürzester Zeit 103 neue Rüsselkäferarten der flugunfähigen Gattung *Trigonopterus* beschrieben. Die Schülerinnen und Schüler deuten die jüngst dokumentierte Artenvielfalt als adaptive Radiation nach Inselkolonisierung durch eine Gründerpopulation.

## Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Biologie Sek. II

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Es ist gemäß § 60b UrhG hergestellt und ausschließlich zur Veranschaulichung des Unterrichts und der Lehre an Bildungseinrichtungen bestimmt. Die Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH erteilt Ihnen für das Werk das einfache, nicht übertragbare Recht zur Nutzung für den persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung. Unter Einhaltung der Nutzungsbedingungen sind Sie berechtigt, das Werk zum persönlichen Gebrauch gemäß vorgenannter Zweckbestimmung in Klassensatzstärke zu vervielfältigen. Jede darüber hinausgehende Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Hinweis zu §§ 60a, 60b UrhG. Das Werk oder Teile hiervon dürfen nicht ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Die Aufführung abgedruckter musikalischer Werke ist ggf. GEMA-meldepflichtig.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und ggf. angefragt.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH  
Ein Unternehmen der Klett Gruppe  
Rotebühlstraße 77  
70178 Stuttgart  
Telefon +49 711 62900-0  
Fax +49 711 62900-60  
meinRAABE@raabe.de  
www.raabe.de

Redaktion: Dr. Yvonne Heilemann, Lena Hörmann  
Satz: Röser MEDIA GmbH & Co. KG, Karlsruhe  
Bildnachweis Titel: © ruse+/Getty Images Plus  
Korrektorat: Kai Kreutzfeldt

# Horizontaler Gentransfer und adaptive Radiation: mündliche Abiturprüfung

Niveau: vertiefend

von Dr. Monika Pohlmann

Fachwissenschaftliche Hinweise	1
M 1: Wie der Kaffeebaum zu seinem Schädling kam	6
M 2: Asterix, Obelix und Idefix auf Sulawesi	8
Lösungen	10
Darstellungsleitung	17
Literatur	18

## Kompetenzprofil:

Kompetenz	Anforderungsbereiche	Basiskonzept	Material
Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz	I-II-III	Struktur und Funktion, individuelle und evolutive Entwicklung	M 1–M 2

## Überblick:

Legende der Abkürzungen:

LEK Lernerfolgskontrolle

Inhaltliche Stichpunkte	Material	Methode
Konkurrenz Mensch-Kaffeekirschenkäfer; Parasit des Kaffeebaumes; Parasit-Wirt-Beziehung, ökologische Nische, enzymatischer Abbau des Kohlenhydrats Galactomannan durch Mannanase, Mutation, positive natürliche Selektion, Anpasstheit, horizontaler Gentransfer: Transformation, Konjugation, Transduktion; horizontaler Gentransfer vom Prokaryont zum Eukaryont	M 1	LEK
Adaptive Radiation, Abwandlung eines Grundbauplans infolge von Artbildungen, trotz ökologischer und morphologischer Divergenz bleiben wesentliche Merkmale der Stammart erhalten, zufällige Kolonisierung durch Inselbesiedlung verdrifteter Käfer, geographische Separation, Gründerpopulation, Pionierart, Gendrift, Mutation, Selektion als Evolutionsfaktoren, phytophage Käfer derselben Gattung als diverse Nahrungsspezialisten, Erschließen neuer Nahrungsnischen, große Biodiversität im tropischen Regenwald möglich, Neuguinea ist Ursprungsregion, da dort höchste Artenvielfalt innerhalb des Archipels vorliegt.	M 2	LEK

# Horizontaler Gentransfer und adaptive Radiation: mündliche Abiturprüfung

## Fachwissenschaftliche Hinweise

### Monografie des Kaffeekirschenkäfers (*Hypothenemus hampei*)

Der Kaffeekirschenkäfer, zur Familie der **Rüsselkäfer** gehörend, ist ein **Schädling** unreifer Kaffeekirschen des **Kaffeebaums**. Er befällt beide kommerziell angebaute Kaffeearten Arabica-Kaffee und Robusta-Kaffee. Die Weibchen fressen sich in das Fruchtfleisch der Kaffeekirschen. An Kaffeebohnen mit geeignetem Reifegrad legt ein Weibchen zwischen 30 und 120 Eier ab, wobei jede Kirsche nur von einem Weibchen befallen wird. Nach vier Tagen schlüpfen die Käferlarven. Sie fressen sich zum Endosperm hindurch und legen Fraßgänge im Inneren des Samens an. Bei 27 °C dauern die Larvenstadien 15 Tage und das Puppenstadium 7 Tage. Der gesamte Lebenszyklus beträgt 28 bis 34 Tage. Durch die **schnelle Entwicklung** können zahlreiche Generationen im selben Jahr aufeinander folgen. Neben der direkten Schädigung und dem Ernteausfall kommt es durch die Verletzung der Früchte zu Infektionen und dem Befall durch **sekundäre Schädlinge**. Der Kaffeekirschenkäfer ist daher für die Kaffeebauern der gefürchtetste **Parasit** der Kaffeeplantagen.

### Horizontaler Gentransfer

Horizontaler Gentransfer ist eine **Übertragung** von **Genen** außerhalb der geschlechtlichen Fortpflanzung und **über Artgrenzen hinweg**. Er gibt innerhalb der synthetischen Evolutionstheorie eine Erklärung für Sprünge in der Entwicklung vor allem bei Mikroorganismen. Horizontaler Gentransfer wird in der Gentechnologie als eine wichtige Methode genutzt, um **transgene Lebewesen** zu erzeugen. Für **Prokaryoten** und **Eukaryoten** gibt es verschiedene Möglichkeiten einer Genübertragung. Für Prokaryoten sind dies die **Konjugation, Transduktion und Transformation**, für Eukaryoten die **Transfektion**. In der Forschung wird davon ausgegangen, dass unkontrollierter horizontaler Gentransfer von transgener DNA ausgeschlossen werden kann, weil sich diese wie die natürliche DNA außerhalb einer Zelle schnell zersetzt. Einzelne Wissenschaftler kamen jedoch zu den Ergebnissen, dass horizontaler Gentransfer zu Bakterien und auch zu Pflanzen und Tieren stattfindet. Sie sehen darin ein Risiko, da durch horizontalen Gentransfer **neuartige Krankheitserreger** und **Antibiotika-Resistenzen** entstehen könnten. Die Arbeitsgruppe um Ricardo Acuña fand 2012 Belege dafür, dass der bedeutende Kaf-

feeschädling *Hypothenemus hampei*, der Kaffeekirschenkäfer, das Gen *HhMAN1* für das Verdauungsenzym **Mannanase** durch horizontalen Gentransfer von einem Bakterium erworben hat. Das Gen im Genom des Rüsselkäfers ist eindeutig prokaryotischen Ursprungs. Mit Hilfe des Enzyms kann der Käfer Galactomannane, das wichtigste Speicherkohlenhydrat der Kaffeebohne, verdauen. Mannanasen sind sonst bei Insekten unbekannt. Auch die nah verwandte Art *Hypothenemus obscurus* besitzt das Enzym nicht. **Biogeografische Untersuchungen** belegen, dass sich der horizontale Transfer des kodierenden Gens *HhMAN1* in *H. hampei* bereits vor der Ausbreitung des Insektes von Westafrika nach Asien und Südamerika ereignet haben muss, wo es sich schließlich zum erfolgreichen Parasiten der Kaffeebaumplantagen etablierte. Es handelt sich um einen von nur wenigen bekannten Fällen, bei denen horizontaler Gentransfer von einem prokaryotischen Lebewesen auf eine Tierart gefunden wurde. Ein solcher Gentransfer ist möglicherweise weiterverbreitet als angenommen. Der Übertragungsmechanismus ist wissenschaftlich noch ungeklärt.

### Phytophagie: Ursache der Biodiversität seit dem Mesozoikum

Die Käfer sind entwicklungsgeschichtlich gesehen eine alte Ordnung. Die ältesten fossilen Funde stammen aus dem **Perm**, lange bevor Dinosaurier die Erde bevölkerten. Seither haben sich die Käfer zur **artenreichsten Gruppe** im Tierreich entwickelt. Weltweit sind etwa 400.000 Arten beschrieben. Das bedeutet, dass Käfer heute 40 % aller wissenschaftlich beschriebenen Insekten und 25 % aller bisher beschriebenen Tierarten ausmachen. Auch heute noch wird jährlich eine große Anzahl Arten neu entdeckt. Schätzungen gehen von 8 Mio. Käferarten weltweit aus. Im **Jura** des Erdmittelalters, des **Mesozoikums**, nahm die **Diversität** der frühen phytophagen Käferarten sprunghaft zu. Die meisten rezenten phytophagen Käferarten leben von den bedecktsamigen Blütenpflanzen, den **Angiospermen**. Die erdgeschichtlich älteren, nacktsamigen **Gymnospermen** wichen vom Mesozoikum an zunehmend den evolutiv erfolgreicher konkurrierenden Angiospermen. Es wird angenommen, dass die Explosion der Artenvielfalt der Blütenpflanzen auch die Biodiversität der phytophagen Käferarten beeinflusste, die sich während des Mitteljuras verdoppelte.

### Adaptive Radiation von Rüsselkäfern der Gattung *Trigonopterus*

Unter adaptiver Radiation (lat.: adaptare = anpassen) wird die **Auffächerung**, Radiation, einer **weniger spezialisierten Art** in mehrere, **stärker spezialisierte Arten** durch sich entwickelnde **Angepasstheiten** an neue Umweltbedingungen verstanden. Eine **geografische Separation** ist meist die Ursache für die Entwicklung einer **Gründerpopulation** in unterschiedliche Richtungen. Es kommt bei dem Teil der Gründer zu einer Verschie-