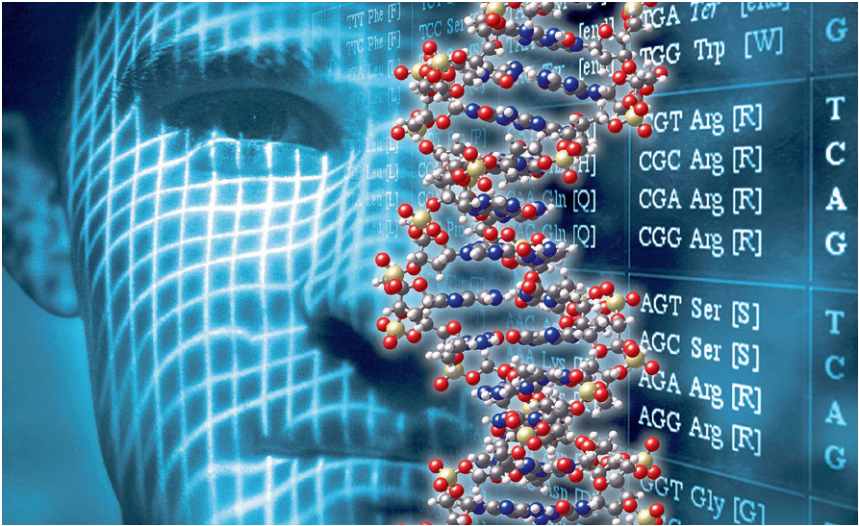


Gene und Umwelt: Teamplayer der Merkmalsausprägung

von Svenja Hölters und Dr. Monika Pohlmann



© William Whitehurst / The Image Bank / Getty Images Plus

Die Erforschung der Interaktion von Genom und Umwelt, die Epigenetik, ist heutzutage in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Die Basensequenz der DNA codiert die genetische Information, aber chemische Marker an der DNA können Teile des Genoms an- oder abschalten. Die Aktivität einzelner Gene wird damit an die Umwelt angepasst. Individuelle Genexpressionsmuster stellen das Epigenom dar. Beeinflussten die Evolutionstheorien Darwins und Lamarcks lange die Argumentationsrichtung, so vermitteln heute Erkenntnisse der Zwillingsforschung und der Epigenetik ein immer differenzierteres Bild. Der fruchtlose Grundsatzstreit zwischen Erbtheorie- und Milieuthetheoretikern ist aktuell einer vielschichtigen Betrachtungsweise gewichen. Über einen kurzen historischen Rückblick dringen Ihre Schülerinnen und Schüler einer auf Kooperation angelegten Unterrichtsarchitektur in die Thematik ein. Wissenschaftliches Denken und Arbeiten, Modellieren und Diagrammkompetenzen stehen methodisch im Vordergrund.

Gene und Umwelt: Teamplayer der Merkmalsausprägung

Niveau: weiterführend, vertiefend

von Svenja Hölters und Dr. Monika Pohlmann

Fachwissenschaftliche Aspekte	1
Methodisch-didaktische Hinweise	2
M 1: Lamarckismus versus Darwinismus	5
M 2: Fluktuationstest: Gene oder Umwelt?	7
M 3: Eineiige Zwillinge: Informationen natürlicher Klone	12
M 4: Epigenetik: Regulation der Genexpression	15
M 5: Gelée Royale: König oder Lakai?	20
M 6: Bestätigt die Epigenetik den Lamarckismus?	22
Lösungen	24
Literatur	42

Kompetenzprofil:

Kompetenz	Anforderungsbereiche	Basiskonzept	Material
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation	I–II	System, Entwicklung, Variabilität und Anpasstheit, Reproduktion, Geschichte und Verwandtschaft	M 1
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung	I–II–III	Struktur und Funktion, Reproduktion, Variabilität und Anpasstheit	M 2
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung	I–II–III	Variabilität und Anpasstheit, Geschichte und Verwandtschaft	M 3
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation	II–III	Struktur und Funktion, Steuerung und Regelung, Information und Kommunikation, Variabilität und Anpasstheit	M 4
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation	I–II	Struktur und Funktion, Steuerung und Regelung, Information und Kommunikation, Reproduktion	M 5
Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung	I–II–III	Struktur und Funktion, Steuerung und Regelung, Information und Kommunikation, Variabilität und Anpasstheit, Geschichte und Verwandtschaft	M 6

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

DG Diagramme

PA Partnerarbeit

PL Plenum

TX Textarbeit

Inhaltliche Stichpunkte	Material	Methode
Diskurs Darwinismus vs. Lamarckismus, Vererbung erworbener Eigenschaften, phänotypische und genetische Variabilität, natürliche Zuchtwahl, Evolution des Giraffenhalses, Einfluss von Genen und Umwelt auf die Merkmalsausprägung	M 1	PA, PL, TX
Fluktuationstest von Luria und Delbrück, spontane vs. induzierte Mutation, Darwinismus vs. Lamarckismus, Wirt-Parasit-Beziehung, Bakterium-Bakteriophage, Bakterienkolonie, Agarplatte, Replikationszyklus von Viren, naturwissenschaftlicher Erkenntnisweg, Reflexion der Prognose im hypothetisch-deduktiven Verfahren	M 2	PA, PL, TX
Zwillingsforschung, ein- und zweieiige Zwillinge, Konkordanz/Diskordanz ausgewählter Merkmalsausprägungen, Vergleich des Intelligenzquotienten	M 3	DG, PA, PL
Zelldifferenzierung, Chromatin, DNA-Verpackungsgrad, Nukleosom, Genregulation, Genexpressionsmuster, Epigenom, Steuerung der Genaktivität, DNA-Methylierung, DNA-Methyltransferase, Histonmodifikation, Acetylierung	M 4	PA, PL, TX
Experiment, Differenzierung weiblicher Bienenlarven als Königin oder Arbeiterin, DNA-Methyltransferase-Inhibitor, epigenetisch gesteuerte Genexpression, Gelée Royale, Umweltfaktor steuert Genaktivität und Merkmalsausprägung	M 5	PA, PL, TX
Phänotypische Plastizität, Erhöhung der phänotypischen Variabilität einer Population durch Umweltfaktoren, Erweiterung der Thesen Darwins durch eine lamarckistische Dimension, Reflexion der Gültigkeit von Theorien	M 6	PA, PL, TX

Gene und Umwelt: Teamplayer der Merkmalsausprägung

Fachwissenschaftliche Aspekte

Der Weg zur synthetischen Evolutionstheorie

Seit Ende der 1990er-Jahre wird weltweit ein komplexes Theoriensystem zur Erklärung der biologischen Evolution wissenschaftlich anerkannt. Als Erklärung des dokumentierten Artenwandels in allen Organismengruppen werden verschiedene Aspekte in Teiltheorien abgebildet. Es wird daher schon lange nicht mehr von der einen Evolutionstheorie gesprochen. Die aktuelle erweiterte synthetische Evolutionstheorie beinhaltet z. B. die Theorien der **Verwandtenselektion** und der **primären Endosymbiose** sowie das Konzept der Kontinentalverschiebung. Jede dieser Teiltheorien bezieht sich auf eine andere Systemebene der belebten Natur und ist für ein Gesamtverständnis der biologischen Evolution unerlässlich.

Darwin lieferte bereits 1872 die noch heute gültige Definition der biologischen Evolution. Danach beruht die Transformation einer Art auf der unterschiedlichen Überlebenswahrscheinlichkeit und dem unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg von Individuen einer Population aufgrund von Variationen in ihren Merkmalsausprägungen. Er sprach von der „Deszendenz mit Modifikation“ (Deszendenztheorie) und verstand darunter eine Abstammung mit Abänderungen im Verlaufe vieler Generationen.

Mit **Lamarckismus** wird die Theorie benannt, nach der Lebewesen Merkmalsausprägungen an ihre Nachkommen vererben können, die sie während ihres Lebens erworben haben. Urheber ist der französische Biologe Jean-Baptiste de Lamarck (1744–1829), der im 19. Jahrhundert damit eine der ersten Evolutionstheorien entwickelte. Anders als vielfach dargestellt, ist die Vererbung erworbener Eigenschaften nur ein Teilaspekt von Lamarcks ursprünglicher Theorie. Während das Konzept der Vererbung erworbener Eigenschaften sich 1859 auch in Darwins Evolutionstheorie wiederfand, entbrannte immer wieder ein Streit zwischen Neodarwinisten und Neolamarckisten.

Mit der Akzeptanz der **Synthetischen Evolutionstheorie**, in der das Prinzip der natürlichen Selektion mit den Erkenntnissen der Genetik in Einklang gebracht werden konnte, wurde der wissenschaftliche Disput Mitte des 20. Jahrhunderts vorübergehend zugunsten des Darwinismus entschieden. Die moderne **Epigenetik** lässt den alten Konflikt al-

lerdings aufs Neue aufflammen. Der Fachbegriff Epigenetik setzt sich aus Genetik und Epigenese, also der Entwicklung eines Lebewesens, zusammen. Als Bindeglied zwischen der Wirkung von Umwelteinflüssen und Genen bestimmen epigenetische Faktoren, wann ein Gen angeschaltet und wieder stumm geschaltet wird. Diese Art der genetischen Steuerung wird als Genregulation bezeichnet.

Anlage-Umwelt-Thematik

Der Anlage-Umwelt-Disput stellt die Frage, ob Verhalten, Fähigkeiten und anatomisch-physiologische Merkmalsausprägungen eines Lebewesens genetisch oder umweltbedingt sind. Die Theorien Darwins und Lamarcks haben die Diskurspositionen entscheidend geprägt. Insbesondere Erkenntnisse der Zwillingsforschung und der Epigenetik haben die Debatte neu angetrieben. Heute geht man davon aus, dass die Merkmalsausprägung sowohl von der Umwelt als auch von den Erbanlagen beeinflusst werden kann. Chemische Marker an der DNA können Teile des Genoms an- oder abschalten. Die Aktivität einzelner Gene wird damit an die Umwelt angepasst.

Methodisch-didaktische Hinweise

In dieser Einheit erhalten die Lernenden einen Einblick in den Anlage-Umwelt-Diskurs und gehen der Frage nach, wie Gene und Umweltfaktoren auf die Merkmalsausprägung Einfluss nehmen. Die Thematik wird dabei an drei zentralen Forschungsschwerpunkten zugänglich gemacht: dem **Fluktuationstest**, der **Zwillingsforschung** und der **Epigenetik**. Alle Arbeitsaufträge dieser Einheit sind im Sinne der Prinzipien des kooperativen Lernens gestaltet, indem sie in Partnerarbeit bearbeitet und im Plenum diskutiert werden. Methodisch werden insbesondere die Diagrammkompetenz und die Modellkompetenz gefördert. Als durchgängiges Prinzip fordern die Arbeitsaufträge die selbstständige Erschließung von Sachtexten und im Rahmen selbst gefertigter Versuchsprotokolle die naturwissenschaftliche Textproduktion.

Ablauf

Zu Beginn der Unterrichtseinheit wird das Vorwissen der Lernenden zu den Evolutionstheorien durch Bearbeitung von **M 1** aktiviert. Die Anlage-Umwelt-Thematik wird eingeführt, welche als roter Faden durch die Einheit führt und fachlich aus verschiedenen Perspektiven betrachtet wird. Die Lernenden stellen die Evolutionstheorien von Lamarck und Darwin am klassischen Beispiel des Giraffenhalses gegenüber und können so bereits erworbenes Fachwissen wiederholen. Die Evolutionstheorien von Lamarck und Darwin können anhand des Materials aber auch neu eingeführt werden. Es werden die Fachbegriffe Gen und Umwelt definiert und Hypothesen über den Einfluss von Genen und Umwelt auf die Merkmalsausprägung erstellt. Ein kooperativer Austausch bei der Bearbeitung der Arbeitsaufträge in Partnerarbeit ist erwünscht. Im Anschluss sollten die Tandems bereit sein, ihre Ergebnisse im Plenum vorzustellen, auch um ihre Fachsprache zu trainieren und sich dem Diskurs zu stellen. Material **M 2** fokussiert den naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung am Beispiel des Fluktuationstests von Luria und Delbrück. Die historische Bedeutung des Experiments liegt in der Bestätigung der Evolutionstheorie von Darwin. Die experimentellen Ergebnisse belegen, dass die Resistenz von Bakterien gegenüber Bakteriophagen auf spontane und nicht auf induzierte Mutationen zurückzuführen ist. Damit schien der Einfluss von Umweltfaktoren auf die Merkmalsausprägung ausgeschlossen worden zu sein. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren die Schritte der Erkenntnisgewinnung mit besonderem Schwerpunkt auf die Bedeutung einer wissenschaftlichen Prognose. Zum einen macht eine belegte Theorie eine fundierte Vorausschau möglich, zum anderen ist die konkrete Erwartung für den Ausgang eines Experiments wichtig, um die zugrunde gelegten Hypothesen verifizieren oder falsifizieren zu können. Jedwede wissenschaftliche Arbeit gründet auf Hypothesen prüfenden Verfahren und ihrer logischen Abfolge von Verfahrensschritten. Dies wird in diesem Materialteil am Exempel verdeutlicht. Der Fluktuationstest wird in einem selbstständig zu erstellenden Versuchsprotokoll reflektiert, und damit an der fachspezifischen Methode auch die Textproduktion eingeübt. In Material **M 3** beschäftigen sich die Lernenden mit den Methoden der klassischen Zwillingsforschung. Das Interpretieren von Diagrammen zur Konkordanz von Merkmalsausprägungen fördert die Diagrammkompetenz. An Material **M 4** wird die DNA-Methylierung und die Modifizierung von Histonen als Beispiele epigenetischer Regulation erarbeitet. Der Aufgabenteil nimmt detailliert auch die zugrunde liegenden enzymatisch katalysierten Reaktionen der Methylierung von Cytosin-Nukleotiden und der Acetylierung von Histonen in den Blick, um korrekte Schüler*innenvorstellungen zu unterstützen. Eine fachliche Wiederholung der Kondensation von Chromosomen sowie der Feinstrukturen der DNA-Verpackung durch Nukleo-

somen bietet sich an. Methodisch steht das Modellieren der epigenetischen Regulation im Mittelpunkt. Die Lernenden können in Tandemarbeit wahlweise ein Modell zur Methylierung der DNA oder der Acetylierung der Histonproteine anfertigen. Die kritische Auseinandersetzung und Reflexion der Modelle fördert die Modellkompetenz als auch die Vorstellung über submikroskopische, molekularbiologische Prozesse. Material **M 6** behandelt die phänotypischen Auswirkungen von DNA-Methylierungen am Beispiel der Honigbiene. Es ist für die Schülerinnen und Schüler eindrucksvoll zu erfahren, dass sich genetisch gleichermaßen weibliche Tiere, lediglich durch die Verschiedenheit der Nahrungsbestandteile, entweder zur Bienenkönigin oder zur Arbeitsbiene entwickeln. Auch in Material **M 6** steht das wissenschaftspropädeutische Arbeiten im Mittelpunkt, indem an einem Experiment mit Bienenlarven und einem Methyltransferase-Hemmer die Regulation der Genexpression aufgedeckt wird. Material **M 7** erweitert die Thematik durch Studien zur epigenetischen Genregulation bei Fruchtfliegen und potenziell beim Menschen. Die Schülerinnen und Schüler recherchieren im Sinne der Fragestellung selbstständig zur Untermauerung der These, dass epigenetisch fixierte Genexpressionsmuster erblich sein könnten. Abschließend werden die neuen Erkenntnisse zum Wechselspiel von Genen und Umwelt mit den klassischen Thesen von Lamarck und Darwin abgeglichen, diskutiert und auf aktuellem Stand der Forschung neu integriert.

Vorausgesetztes Fachwissen

Die Thematik der Einheit ist im Inhaltsfeld Genetik verortet. Es sind grundlegende molekulargenetische Kompetenzen zum Feinbau der DNA, zur DNA-Replikation, zu Mutationen und zur Proteinbiosynthese erforderlich. Ebenso wären Kompetenzen zum Replikationszyklus von Viren hilfreich. Im Kontext der Zwillingsforschung werden auch Kompetenzen zur Keimzellreifung praktisch benötigt, genauso wie Fachwissen zu den Evolutionstheorien von Lamarck und Darwin, die im Lichte neuer Erkenntnisse auf den Prüfstand gestellt werden. Metakognitives Wissen zu den Arbeitsweisen von Wissenschaftlern wird vorausgesetzt, aber durch diese Einheit in erster Linie reflexiv vertieft

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Gene und Umwelt: Teamplayer der Merkmalsausprägung

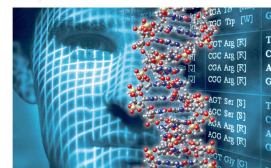
Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



Gene und Umwelt: Teamplayer der Merkmalsausprägung

von Senja Hötters und Dr. Monika Pohlmann



© Willem Mellema / The Image Bank / Getty Images Plus

Die Erforschung der Interaktion von Genen und Umwelt, die Epigenetik, ist heutzutage in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Die Basensequenz der DNA codiert die genetische Information, aber chemische Marker an der DNA können Teile des Genoms ein- oder ausschalten. Die Aktivität einzelner Gene wird damit an die Umwelt angepasst. Individuelle Genexpressionsmuster stellen das Epigenom dar. Beeinflusst die Evolutionstheorien Dawkins und Lamarck die Argumentationsrichtung, so verbindet heute Erkenntnisse der Züchtungsforschung und der Epigenetik ein immer differenzierteres Bild. Der fruchtlose Grundabzweig zwischen Erbintheorie und Milieutheorien ist aktuell einer reichhaltigen Befragungswelt gewichen. Über einen kurzen historischen Rückblick drängen Ihre Schülerinnen und Schüler einer auf Kooperation angelegten Unterrichtsstunde in die Thematik ein. Wissenschaftliches Denken und Arbeiten, Modellieren und Diagrammkompetenzen stehen methodisch im Vordergrund.

RAABE