**Katharina Ley,
Kathryn Stemshorn und
Daniel Dreesmann**

12.3 Unterrichtsmaterialien

Material 1: Wiederholung unterschiedlicher Artkonzepte

Aufgabe 1

a Sicher kennst du verschiedene Konzepte, wie Arten – vom Darmbakterium *Escherichia coli* bis hin zum Menschen *Homo sapiens* – definiert werden können. Fasse dein Wissen in der folgenden Tabelle zusammen. Berücksichtige dabei auch Arten, die wir nur noch als Fossilien kennen. Tipp: Wenn du dir unsicher bist, schaue in Büchern oder im Internet nach.

b Welches Fazit kannst du aus den unterschiedlichen Artkonzepten ziehen?

Tab. 12.2: Definitionen unterschiedlicher Artkonzepte

Artkonzept	kurze Definition	mögliche Probleme
biologisches Artkonzept „Biospezies“		
morphologisches Artkonzept „Morphospezies“		
ökologisches Artkonzept		
phylogenetisches Artkonzept		

An die Klasse: Die folgenden Arbeitsaufträge (Material 2–5) sollen in insgesamt fünf Phasen bearbeitet werden (Tab. 12.3). Zunächst werden vier Stammgruppen gebildet. Pro Stammgruppe gibt es vier unterschiedliche Experten, die sich ebenfalls zu Gruppen zusammenschließen. Jede Expertengruppe bereitet nun eine Teilaufgabe auf, die Experten kehren mit ihrem Spezialwissen in ihre Stammgruppe zurück und hier soll nun gemeinsam die Hauptfragestellung („Wie ist das Auftreten einer neuen Groppen-‚Art‘ zu erklären?“) beantwortet werden. Anschließend werden die Ergebnisse dokumentiert und im Plenum diskutiert.

Tab. 12.3: Bearbeitung der Arbeitsaufträge in verschiedenen Experten- und Stammgruppen

Phase	Aktion	Aufgaben
Phase 1	Bildung von Stammgruppen und Expertengruppen sowie Verteilung der Expertenthemen	Bildet vier Gruppentische, an denen die Expertenthemen bearbeitet werden können.
Phase 2	Arbeit in der zugeteilten Expertengruppe	Lest das entsprechende Arbeitsmaterial durch und werdet zum Experten für eure Fragestellungen.
Phase 3	Rückkehr in die Stammgruppe, Präsentation der einzelnen Teilaufgaben durch die Experten und ggf. Bearbeitung der Arbeitsaufträge	Nutzt euer unterschiedliches Expertenwissen, um in eurer Stammgruppe die Hauptfragestellung zu beantworten, wie das Auftreten einer neuen Groppen-„Art“ zu erklären ist.
Phase 4	Dokumentation der Ergebnisse (z. B. als Poster)	Stellt eure Thesen zur Hauptfragestellung bildlich dar und fasst eure Ergebnisse in Form einer Präsentation zusammen.
Phase 5	Plenum	Präsentiert und diskutiert eure Ergebnisse im Plenum.

Für die meisten von euch kann Abbildung 12.8 hilfreich sein.

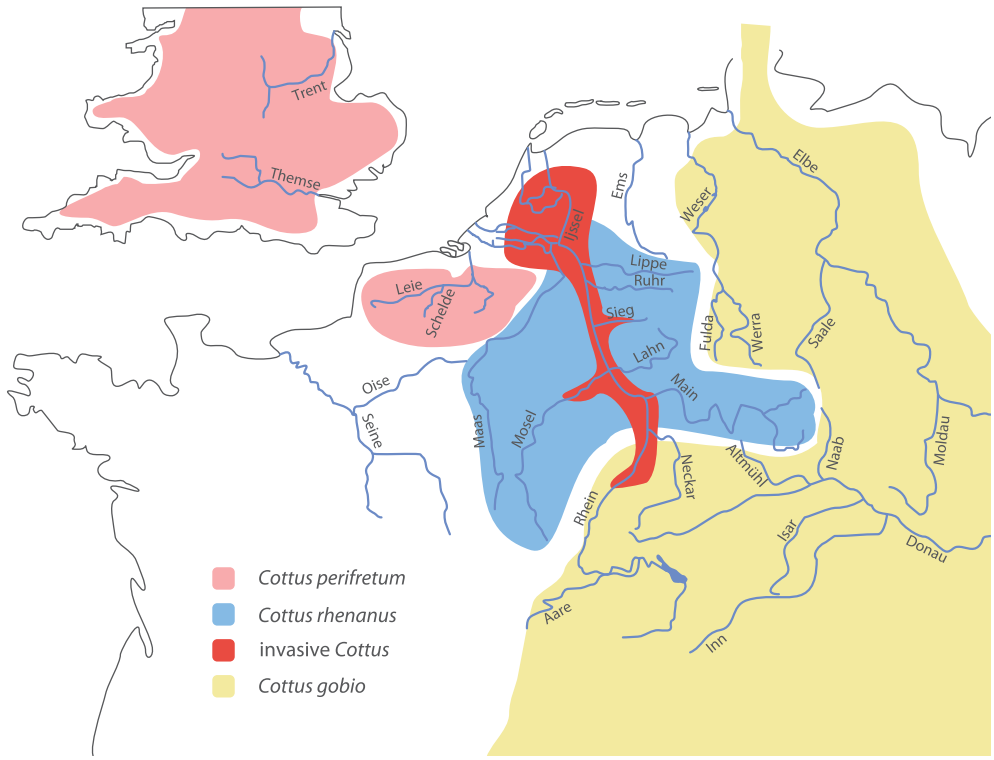


Abb. 12.8 Verbreitung der Groppenarten in Europa (nach Nolte et al. 2005)

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Material 2: Verbreitung und Morphologie der Groppe

Verbreitung …
In Europa haben sich verschiedene Arten der Groppe (*Cottus*), einem kleinen Süßwasserfisch, verbreitet. So ist zum Beispiel in Großbritannien und in den Niederlanden *Cottus perifretum*, in den östlichen und südlichen Gewässern von Deutschland *Cottus gobio* und im Nordwesten Deutschlands *Cottus rhenanus* zu finden. In unseren Bächen des Rheinsystems ist somit *Cottus rhenanus* beheimatet.

… und Morphologie
Die verschiedenen Linien sind sich im Allgemeinen ähnlich, gewisse Unterschiede lassen sich jedoch erkennen. Der am Boden lebende Fisch besitzt einen keulenförmigen Körper mit einem breiten, abgeflachten Kopf, an dem das breite Maul und vorgewölbte Augen an der Oberseite liegen. Typisch sind die beiden großen, abstehenden Brustflossen. Zudem hat die Groppe relativ kleine Bauchflossen und eine geteilte Rückenflosse. Sie kann eine Länge von maximal 15 cm erreichen. Ihre Körperfarbe geht von einem hellen bis zu einem dunklen Braun und Grau über, was eine Schutztarnung vor Fressfeinden darstellt.

Bei den Groppen lassen sich hinsichtlich einer speziellen seitlichen Stachelbeschuppung Unterschiede feststellen. Während *C. rhenanus* kaum oder gar keine Stachelschuppen hat, kann man diese bei *C. perifretum* erfühlen, wenn man über die Haut streicht (Abb. 12.9).

Die im Hauptstrom von Rhein und Sieg gefundenen invasiven Groppen unterscheiden sich im Grad der Stachelbeschuppung von denen, die in den umliegenden Bächen beheimatet sind (*C. rhenanus*). Seinem Aussehen nach ähnelt die invasive Groppe eher *C. perifretum*.

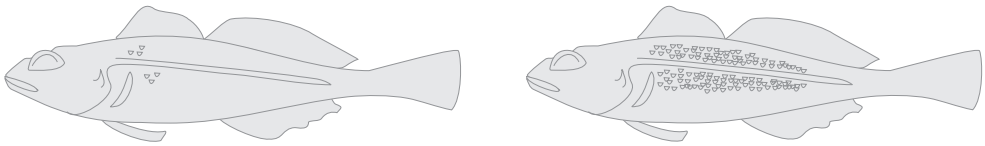


Abb. 12.9 Stachelbeschuppung bei den verschiedenen Groppenarten.
a) *Cottus rhenanus*. b) *Cottus perifretum und* invasive Groppen. (nach Nolte et al. 2005)

Aufgabe 2

a Lest den Text und fasst die wichtigsten Punkte zusammen.

b Die einzelnen Groppenpopulationen unterscheiden sich in einigen Merkmalen, wie Körperform und Grad der Stachelbeschuppung. Überlegt, wie es zu den unterschiedlichen Phänotypen kommen konnte.

Material 3: Habitate der Groppe

Die Groppe ist ein Süßwasserfisch, der in sauerstoffreichen Fließgewässern und sommerkalten Seen beheimatet ist. Am häufigsten findet man sie in den Oberläufen von Bächen, die durch kaltes, klares und sauerstoffreiches Wasser gekennzeichnet sind (Abb. 12.10). Selbst im Sommer steigt die Wassertemperatur nur selten über 10 °C an. Hier leben zudem Insektenlarven, Bachflohkrebse und weitere kleinere Bodentiere, die zum einen für eine hohe Wasserqualität stehen, zum anderen als Nahrung für die Groppe dienen.

Der Verlust der Schwimmblase ist eine Angepasstheit an ihre bodengebundene Lebensweise, hat aber auch zur Folge, dass die Groppe kein guter Schwimmer ist. Daher sucht sie ihre Beute meist in den Abend- und Nachtstunden und versteckt sich tagsüber zwischen den Steinen. Durch ihre hell-dunkle Braunfärbung bis braungraue Färbung weist sie ein Muster auf, das die Groppe auf dem Substrat tagsüber tarnt.

Die Laichzeit der Groppen zieht sich von Februar bis Juni. Die Männchen bauen ein Nest unter Steinen, an dessen Decke die Weibchen die Eier befestigen. Die Männchen beschützen und verteidigen das Nest, bis die Jungen geschlüpft sind. In dieser Zeit färben sich die Männchen dunkler und bekommen einen hellgelben Flossensaum, der den Groppeneiern ähnelt.



Abb. 12.10 Ein typisches Groppenhabitat – ein sauerstoffreiches und kaltes Fließgewässer (Henry Czauderna)

Aufgabe 3

a Lest den Text und fasst die wichtigsten Punkte zusammen.

b Überlegt, an welche neuen Bedingungen sich die invasive, im Fluss lebende Groppenlinie anpassen musste.

Material 4: Lebensraum Fluss

Die Struktur der Flüsse hat sich mit der Zeit durch menschliches Eingreifen verändert. Flüsse wurden begradigt und Kanäle gebaut, um die Schifffahrt auszuweiten. Viele Lebensräume sind dadurch zerstört worden und die Hochwassergefahr ist angestiegen. Auch am Rhein wurden solche Umbaumaßnahmen ausgeführt (Abb. 12.11). So wollte Napoleon schon 1808 den Nordkanal zwischen Maas, Schelde und Rhein bauen lassen. Dieses Projekt ist jedoch nie beendet worden.

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg



Abb. 12.11 Der Rhein: begradigt und schiffbar gemacht (Tom Bayer)

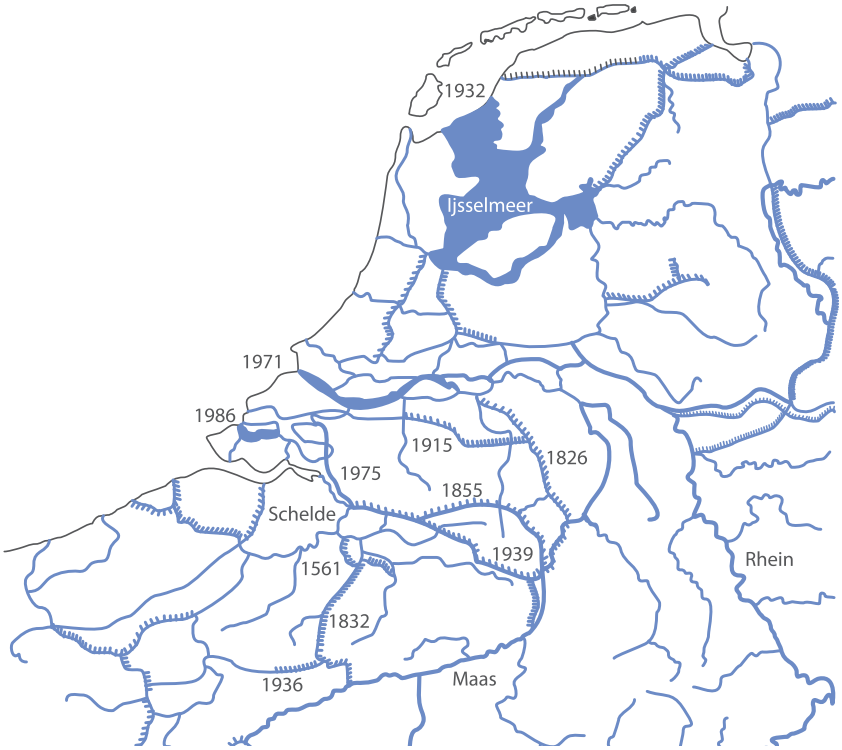


Abb. 12.12 Kanalbau zwischen Maas, Schelde und Rhein. Die gestrichelten Wasserwege sind Kanäle. (nach Volckaert et al. 2002)

Mitte des 19. Jahrhunderts wurden viele kleinere Kanäle bei Antwerpen gebaut und mit der Zeit entstand ein Netzwerk von Kanälen, die Maas, Schelde und Rhein schließlich doch noch miteinander verbanden (12.12). Diese Kanäle bestehen nicht nur aus künstlich angelegten Wasserwegen, sondern auch aus natürlichen Flussläufen, die in das Kanalsystem integriert wurden. Für den Brückenbau verwendete man hier Steine, auf die die Groppen eigentlich angewiesen sind. In den Mündungsbereichen von Rhein, Maas und Schelde wurden zudem Umbaumaßnahmen vorgenommen. Man zog weiterhin Abschlussdämme, die Flüsse und Meer ganz oder teilweise trennen sollten. Auch das Ijsselmeer wurde auf diese Weise 1932 vom Meer getrennt. Als Folge fand eine Aussüßung dieses Gewässers statt. Damit hat man ein neues Habitat für Süßwasserfische geschaffen.

Aufgabe 4

a Lest den Text und fasst die wichtigsten Punkte zusammen.

b Welche Auswirkungen haben die Vernetzung der Flusssysteme und der Bau von Abschlussdämmen für die Lebewesen, insbesondere für die Groppe?

Material 5: Genetische Analyse mithilfe von SNPs

SNPs (*single nucleotide polymorphisms*; deutsch Einzelnukleotid-Polymorphismen) sind zufällige, über das Genom verteilte Unterschiede **einzelner** Nukleotide (Variationen einzelner Basenpaare in einem DNA-Strang). Sie stellen sozusagen „erfolgreiche Punktmutationen" dar, die von Generation zu Generation, d. h. nach den Mendel'schen Regeln, weiter vererbt werden.

Zustandsformen der Gene, die innerhalb einer Population oder zwischen Populationen am gleichen Genort (Locus; Mehrzahl Loci) gefunden werden, bezeichnet man als **Allele**. Allele können aufgrund des doppelten Chromosomensatzes in zweifacher Ausführung homozygot oder heterozygot vorkommen. Wenn sich nun SNPs (Tab. 12.4: hier gibt es die SNPs „C" und „A") innerhalb von Genen/Allelen befinden oder in Regionen, die für die Kontrolle von Genen verantwortlich sind, können sie sich auf den Phänotyp auswirken und somit für äußerliche Unterschiede zwischen Arten verantwortlich sein.

Tab. 12.4: Beispiel für SNPs in verschiedenen Allelen diverser Populationen. Population C ist eine Hybride von Population A und B und weist an Position 6 beide Genvarianten „A" und „C" auf.

Population	Allel	Position													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
A	1	A	A	T	C	G	C	T	T	A	T	G	C	T	homozygot
	2	A	A	T	C	G	C	T	T	A	T	G	C	T	
B	1	A	A	T	C	G	A	T	T	A	T	G	C	T	homozygot
	2	A	A	T	C	G	A	T	T	A	T	G	C	T	
C	1	A	A	T	C	G	C	T	T	A	T	G	C	T	heterozygot an Position 6
	2	A	A	T	C	G	A	T	T	A	T	G	C	T	

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Aufgabe 5

a Lest den Text und fasst die wichtigsten Punkte zusammen.

b In den Tabellen 12.5–12.7 sind DNA-Sequenzen (inkl. SNPs) an drei verschiedenen Genorten (Loci) unterschiedlicher invasiver Populationen des „neuen" Flusstyps in den Flüssen Sieg, Ijssel und Mosel dargestellt. Als Locus, d. h. Ort im Genom, wird immer die Position innerhalb einer Nukleotidabfolge („Basensequenz") bezeichnet, an dem ein SNP vorliegt.
Vergleicht die DNA-Sequenzen (inkl. SNPs) von *C. perifretum* und *C.rhenanus* (siehe Tab. 12.8) mit denen dieser neuen Groppe. Von welcher Population könnte der invasive Flusstyp abstammen?

Tab. 12.5: Ausgewählte SNP-Loci unterschiedlicher Groppenpopulationen in der Sieg

Locus	557		626		643	
Probe	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2
Sieg 1	G	G	C	C	T	T
Sieg 2	G	T	T	T	T	T
Sieg 3	G	G	C	C	T	T
Sieg 4	G	G	C	T	C	T
Sieg 5	G	T	C	T	T	T
Sieg 6	G	G	C	C	T	T
Sieg 7	G	T	C	C	T	T
Sieg 8	T	T	C	C	T	T
Sieg 9	G	G	C	C	T	T
Sieg 10	G	G	C	C	T	T
Sieg 11	G	T	C	C	T	T
Sieg 12	G	T	C	C	C	T
Sieg 13	G	T	C	T	T	T
Sieg 14	G	T	C	T	T	T
Sieg 15	G	G	C	C	T	T
Sieg 16	G	G	C	C	T	T
Sieg 17	G	G	C	C	T	T
Sieg 18	G	G	C	T	C	T
Sieg 19	G	G	C	C	C	T
Sieg 20	G	T	C	T	T	T
Sieg 21	G	T	C	T	T	T
Sieg 22	G	T	C	T	T	T
Sieg 23	G	G	T	T	T	T
Sieg 24	G	T	C	C	T	T

Tab. 12.6: Ausgewählte SNP-Loci unterschiedlicher Groppenpopulationen in der Ijssel

Locus	557		626		643	
Probe	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2
Ijssel 1	G	G	C	C	T	T
Ijssel 2	G	G	C	C	T	T
Ijssel 3	G	G	C	C	T	T
Ijssel 4	G	T	C	T	T	T
Ijssel 5	G	T	C	C	C	T
Ijssel 6	G	G	C	C	C	T
Ijssel 8	G	G	C	C	T	T
Ijssel 9	G	T	C	C	T	T
Ijssel 10	G	G	C	T	T	T
Ijssel 11	G	T	C	T	C	T
Ijssel 12	G	G	C	T	T	T
Ijssel 13	G	G	C	C	T	T
Ijssel 14	G	G	C	C	T	T
Ijssel 15	G	T	T	T	T	T
Ijssel 16	G	T	C	C	T	T
Ijssel 17	G	T	C	T	T	T
Ijssel 18	G	T	C	C	T	T
Ijssel 19	G	T	C	C	C	T
Ijssel 20	G	G	C	C	T	T
Ijssel 21	G	G	T	T	C	C
Ijssel 22	G	G	C	C	T	T
Ijssel 23	G	T	C	C	T	T
Ijssel 24	G	T	C	T	T	T

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

Tab. 12.7: Ausgewählte SNP-Loci unterschiedlicher Groppenpopulationen in der Mosel

Locus	**557**		**626**		**643**	
Probe	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2	Allel 1	Allel 2
Mosel 1	G	T	C	C	T	T
Mosel 2	G	G	C	T	T	T
Mosel 3	G	T	C	C	C	T
Mosel 4	G	T	C	C	C	C
Mosel 5	G	G	C	C	C	T
Mosel 6	G	G	C	T	T	T
Mosel 7	G	G	C	C	T	T
Mosel 8	G	T	C	C	T	T
Mosel 9	G	T	C	C	T	T
Mosel 10	G	G	C	C	T	T
Mosel 11	T	T	C	C	C	T
Mosel 12	G	T	C	C	T	T
Mosel 13	G	T	C	C	C	T
Mosel 15	G	T	C	C	C	C
Mosel 16	T	T	C	C	C	T
Mosel 17	G	T	C	C	T	T
Mosel 18	G	T	C	C	C	T
Mosel 19	G	G	C	C	C	T
Mosel 20	T	T	C	C	C	T
Mosel 21	T	T	C	C	C	C
Mosel 22	G	T	C	C	C	T
Mosel 23	T	T	C	C	C	T
Mosel 24	G	G	T	C	C	C

Tab. 12.8: Ausgewählte SNP-Loci von *C. perifretum* und *C. rhenanus* (jeweils homozygot, daher nur Darstellung eines Allels)

Art	Locus 557	Locus 626	Locus 643
C. perifretum 1	G	T	T
C. perifretum 2	G	T	T
C. perifretum 3	G	T	T
C. perifretum 4	G	T	T
C. perifretum 5	G	T	T
C. perifretum 6	G	T	T
C. perifretum 7	G	T	T
C. perifretum 8	G	T	T
C. perifretum 9	G	T	T
C. perifretum 10	G	T	T
C. rhenanus 1	T	C	C
C. rhenanus 2	T	C	C
C. rhenanus 3	T	C	C
C. rhenanus 4	T	C	C
C. rhenanus 5	T	C	C
C. rhenanus 6	T	C	C
C. rhenanus 7	T	C	C
C. rhenanus 8	T	C	C
C. rhenanus 9	T	C	C
C. rhenanus 10	T	C	C

Dreesmann D, Graf D, Witte K (2011) Evolutionsbiologie – Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg