



**MEHR
ERFAHREN**

ABITUR

Gymnas

Biolog

NRW

Zellbiolo

Informa



ABITUR-TRAINING

Gymnasium · Gesamtschule

Biologie 2

NRW

Angewandte Genetik
Evolutionbiologie

STARK



**MEHR
ERFAHREN**

ABITUR-TRAINING

Gymnasium • Gesamtschule

Biologie 1

NRW

Zellbiologie • Genetik • Ökologie
Informationsverarbeitung

STARK

Inhalt

Vorwort

Zellbiologische Grundlagen	1
1 Prokaryotische und eukaryotische Zellen	2
1.1 Die prokaryotische Zelle	2
1.2 Die eukaryotische Zelle	3
2 Die Zelle als Grundeinheit des Lebens	8
2.1 Die Kennzeichen des Lebens	8
 2.2 Der Zellzyklus	9
 Zusammenfassung	10
 Aufgaben	11
Vom Gen zum Merkmal	13
1 Die Erbsubstanz und ihre Replikation	14
1.1 Die Bausteine der Nukleinsäuren	14
1.2 Die Struktur der Polynukleotide	14
1.3 Die Chromosomen	19
 Zusammenfassung	21
 Aufgaben	22
 2 Der genetische Code	26
 Zusammenfassung	30
 Aufgaben	31
3 Die Proteinbiosynthese	32
3.1 Die Transkription	34
 3.2 Die Translation	38
3.3 Die Proteinbiosynthese bei Prokaryoten	41
3.4 Vergleich der Proteinbiosynthese bei Pro- und Eukaryoten	42
 Zusammenfassung	43
 Aufgaben	43
Exkurs: Proteine – Moleküle des Lebens	47
 Zusammenfassung	52
 Aufgaben	52



Exkurs: Enzyme – Werkzeuge der Zelle	54
--	----



Zusammenfassung	58
-----------------------	----



Aufgaben	59
----------------	----

4 Mutationen 60

4.1 Mutagene und Mutationsrate	60
--------------------------------------	----

4.2 Formen und Folgen von Mutationen	62
--	----



Zusammenfassung	68
-----------------------	----



Aufgaben	69
----------------	----

5 Biologische Syntheseketten 70

5.1 Genwirkketten	70
-------------------------	----

5.2 Genwirkketten im Phenylalanin-Stoffwechsel des Menschen	71
---	----

5.3 Der Genbegriff im Wandel	73
------------------------------------	----



Zusammenfassung	75
-----------------------	----



Aufgaben	76
----------------	----

6 Regulation von Stoffwechselvorgängen – Genregulation bei Bakterien und Eukaryoten 78



6.1 Genregulation durch Substrat-Induktion	80
--	----

6.2 Genregulation durch Endprodukt-Repression	81
---	----

6.3 Genregulation durch RNA-Interferenz	82
---	----

6.4 Epigenetische Steuerungsmechanismen	84
---	----



Zusammenfassung	87
-----------------------	----



Aufgaben	88
----------------	----

7 Entstehung von Krebs durch Störung der Genregulation 89

7.1 Proto-Onkogene	90
--------------------------	----

7.2 Tumor-Suppressorgene	90
--------------------------------	----

7.3 Auswirkungen auf den Zellzyklus	91
---	----



Zusammenfassung	91
-----------------------	----



Aufgaben	91
----------------	----

Informationsverarbeitung im Nervensystem 93

1 Bau und Funktion der Nervenzelle 94

1.1 Bau der Nervenzelle	94
-------------------------------	----

1.2 Die Biomembran – Abgrenzung und Austausch	97
---	----

1.3 Entstehung des Ruhepotenzials	103
---	-----



1.4 Entstehung des Aktionspotenzials	109
--	-----

1.5 Weiterleitung von Aktionspotenzialen	114
--	-----



1.6 Erregungsleitung an der Synapse	118
---	-----






Zusammenfassung	124
-----------------------	-----



Aufgaben	125
----------------	-----

2	Codierung und Verarbeitung der Informationen an Nervenzellen	129
2.1	Codierung der Information an Axonen	129
2.2	Synaptische Verschaltung und Verrechnung	132
	Zusammenfassung	135
	Aufgaben	136
3	Das Nervensystem	139
3.1	Aufbau des Rückenmarks	140
3.2	Sympathikus-Parasympathikus-Antagonismus	143
3.3	Aufbau und Funktion des Großhirns	145
3.4	Abläufe im Gehirn und deren Erforschung	146
3.5	Plastizität des Gehirns – „Man lernt nie aus!“	152
	Zusammenfassung	157
	Aufgaben	158
4	Das Wirbeltierauge – ein Sinnesorgan	160
4.1	Aufbau des menschlichen Auges	160
4.2	Wahrnehmung, Verarbeitung und gebündelte Weiterleitung von Lichteindrücken	161
	Zusammenfassung	169
	Aufgaben	170

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung 171

1	Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt	172
1.1	Grundbegriffe in der Ökologie	172
1.2	Abiotische und biotische Faktoren und ihre Wirkung	173
1.3	Ökologische Nische und Habitat	181
1.4	Abundanz und Dispersion von Lebewesen im Ökosystem	183
	Zusammenfassung	186
	Aufgaben	187
2	Stoff- und Energiefluss im Ökosystem	189
2.1	Biomasse	189
 2.2	Die Fotosynthese der grünen Pflanzen – ein mehrstufiger Umwandlungs- und Syntheseprozess	189
2.3	Nahrungsbeziehungen in Ökosystemen	203
2.4	Stoff- und Energiefluss	206
2.5	Stoffkreisläufe	212
2.6	Aquatische Ökosysteme – stehende Gewässer/Fließgewässer	215
2.7	Terrestrische Ökosysteme – Wald/naturnaher Park	223

	Zusammenfassung	229
	Aufgaben	230
3	Populationen und deren Dynamik	234
3.1	Tiergeographische Regeln	234
3.2	Temperaturbeziehungen – gleich- und wechselwarme Lebewesen	236
 3.3	Verflechtungen in Lebensgemeinschaften – Beziehungen der Lebewesen zueinander	238
3.4	Veränderung von Ökosystemen durch invasive Arten	249
	Zusammenfassung	251
	Aufgaben	252
4	Menschliche Eingriffe in die Natur – Nachhaltige Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen	256
4.1	Nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung	256
4.2	Chemische Schädlingsbekämpfung und biologischer Pflanzenschutz	259
4.3	Lösungsstrategien im Konflikt zwischen Nutzungs- und Schutzansprüchen	261
	Zusammenfassung	262
	Aufgaben	262
Lösungen		265
Stichwortverzeichnis		317

Autoren: Rolf Brixius, Dr. Werner Bills

Hinweis:

Die entsprechend gekennzeichneten Kapitel enthalten ein **Lernvideo**. An den jeweiligen Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mit dem Smartphone oder Tablet scannen können.



Im Hinblick auf eine eventuelle Begrenzung des Datenvolumens wird empfohlen, dass Sie sich beim Ansehen der Videos im WLAN befinden. Haben Sie keine Möglichkeit, den QR-Code zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter:

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

das **Zentralabitur** und die **kompetenzorientierten Lehrpläne** in Nordrhein-Westfalen bringt es mit sich, dass Sie sich – auch im Unterrichtsfach Biologie – in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe einen **verbindlichen Kanon von Unterrichtsinhalten** aneignen müssen. Hierbei wird von Ihnen insgesamt viel **Eigenverantwortung** erwartet. Sie sind daher verstärkt angehalten, sich auf den Unterricht und die Abiturprüfungen selbstständig vorzubereiten. Die beiden Abitur-Trainingsbände **Biologie 1** und **Biologie 2** helfen Ihnen dabei.

Der vorliegende Band 1 sowie der Band 2 folgen vom Aufbau her den obligatorischen Inhalten der zentralen Themenbereiche der Abiturprüfung. Sie stellen das in der Abiturprüfung verlangte Grundwissen sowohl für den Grund- als auch für den Leistungskurs **vollständig, anschaulich und leicht verständlich** dar.

Exkurse helfen Ihnen dabei, grundlegende Themen der Biologie zu wiederholen. Die **über die Anforderungen des Grundkurses hinausgehenden Inhalte** sind in den erläuternden Textpassagen und den Übungsaufgaben am Seitenrand durch **farbige Balken** gekennzeichnet.



Prägnante Zusammenfassungen stellen die zentralen Punkte übersichtlich dar.



Die **Übungsaufgaben** decken alle Inhalte des erklärenden Teils ab. Mithilfe der Aufgaben können Sie nicht nur überprüfen, ob Sie in der Lage sind, die erforderlichen Kenntnisse darzustellen, sondern auch, ob Sie Ihr Wissen anwenden, also einen **Transfer** leisten können. Häufig werden Sie in den **Aufgaben** und den **ausführlichen Lösungen** daher auch eine andere Betrachtungsweise, andere Beispiele und andere Formulierungen finden als im erklärenden Text.

Zu ausgewählten Themenbereichen gibt es **Lernvideos**. An den entsprechenden Stellen im Buch befinden sich QR-Codes, die Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können.

Zur Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung oder auf Klausuren empfehlen wir Ihnen, mithilfe des erklärenden Textes Ihre Kenntnisse aufzufrischen und sie dann anhand der Aufgaben zu prüfen. Alternativ können Sie aber auch zunächst versuchen, die Aufgaben zu lösen, und dabei auftauchende Lücken gezielt durch Nachschlagen im erklärenden Text schließen.

Für Ihre Prüfungen wünschen wir Ihnen viel Erfolg. Mit den beiden Trainingsbänden für das Fach Biologie sind Sie hierfür gut gerüstet.

A handwritten signature in black ink, reading 'Rolf Brixius' in a cursive script.

Rolf Brixius

A handwritten signature in black ink, reading 'Dr. Werner Bils' in a cursive script.

Dr. Werner Bils

In den Zellen aller Organismen findet man zwei Arten von Nukleinsäuren: Die **Desoxyribonukleinsäure** (DNA), die die Erbinformation einer Zelle in Form von Genen trägt, und die **Ribonukleinsäure** (RNA), die in verschiedenen Formen an der Realisierung der genetischen Information in der Zelle – vor allem an der Proteinbiosynthese – beteiligt ist. Einige Viren, die sogenannten Retroviren, speichern ihre Erbinformation nicht in DNA-, sondern in RNA-Molekülen. Zu ihnen gehört auch das AIDS-Virus.

1 Die Erbsubstanz und ihre Replikation

1.1 Die Bausteine der Nukleinsäuren

Alle Nukleinsäuren bestehen aus langen Ketten einander ähnlicher Bausteine, den **Nukleotiden**. Man bezeichnet die Nukleinsäuren daher auch als **Polynukleotide**. Jedes Nukleotid enthält ...

- eine **Pentose** (Zuckermolekül mit 5 C-Atomen; Fünffachzucker). Bei DNA-Nukleotiden ist dies die **Desoxyribose**, bei RNA-Nukleotiden ist es die **Ribose**.
- einen **Phosphorsäurerest**, der an das fünfte C-Atom der Pentose gebunden ist.
- eine stickstoffhaltige **organische Base**, die jeweils am ersten C-Atom der Pentose gebunden ist. Insgesamt gibt es fünf verschiedene dieser Basen. Die Purine **Adenin** (A) und **Guanin** (G) sowie die Pyrimidine **Thymin** (T) und **Cytosin** (C). Anstelle des Thymin befindet sich in der RNA **Uracil** (U).

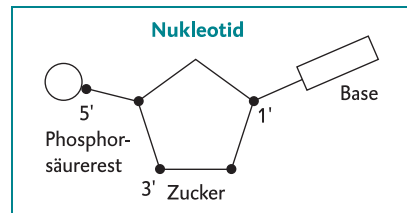


Abb. 4: Struktur eines DNA-Nukleotids

Ein **Nukleotid** besteht aus einem Phosphorsäurerest, einem Fünffachzucker und einer organischen Base.

1.2 Die Struktur der Polynukleotide

Ein **Polynukleotidstrang** bildet sich durch die kovalente Verknüpfung jeweils eines Nukleotids mit dem Phosphorsäurerest eines weiteren Nukleotids. So entsteht ein fadenförmiges Riesenmolekül aus einer sich wiederholenden Folge von Zuckern und Phosphorsäureresten, von dem die Basen seitlich „abstehen“.

Die beiden Enden eines Polynukleotidstrangs sind unterschiedlich. Daher besitzt jeder Polynukleotidstrang eine **Polarität**.

Ein **Polynukleotidstrang** besitzt am einen Ende einen Phosphorsäurerest, der am C₅-Atom des Zuckers gebunden ist. Dieses Ende wird daher als **5'-Ende** bezeichnet. Am anderen Ende des Strangs befindet sich ein Zuckermolekül, dessen C₃-Atom für die Bindung eines weiteren Nukleotids eingesetzt werden kann. Daher spricht man hier vom **3'-Ende**. Eine Verlängerung des Moleküls durch Anlagerung weiterer Nukleotide ist nur an seinem 3'-Ende möglich. Die Zucker- und Phosphorsäurereste sind über Elektronenpaarbindungen (Atombindungen) verknüpft. Die in den Polynukleotidmolekülen enthaltenen **genetischen Informationen** sind in der Abfolge (Sequenz) der vier verschiedenen Basen C, G, A, T (DNA) bzw. C, G, A, U (RNA) gespeichert. Nukleinsäuren mit verschiedenen genetischen Informationen unterscheiden sich daher nur in ihrer **Basensequenz**.

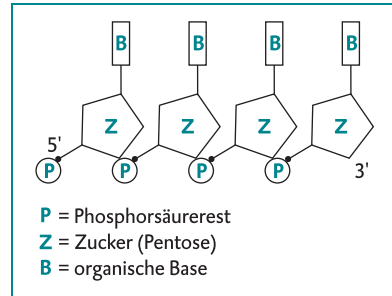


Abb. 5: Strukturausschnitt eines Polynukleotids

DNA- und RNA-Polynukleotide unterscheiden sich in zweifacher Weise: Die DNA enthält Desoxyribose und Thymin-Moleküle, die RNA Ribose und Uracil-Moleküle. Die genetische Information der Polynukleotide ist in der Abfolge ihrer jeweiligen Basen verschlüsselt.

Wie bei den Wörtern der Buchstabenschrift ist die **Leserichtung** der Basenfolge für den Inhalt von entscheidender Bedeutung. Eine Basenfolge, die vom 3'- zum 5'-Ende gelesen wird, ergibt eine andere Information als eine, die in 5' → 3'-Richtung gelesen wird.

Baumerkmale von DNA-Molekülen

Die DNA besteht aus **zwei** in gegenläufiger Richtung verlaufenden, spiralg umeinander gewundenen Polynukleotidsträngen, die die **DNA-Doppelhelix** bilden. Dem 3'-Ende des einen Strangs liegt das 5'-Ende des anderen gegenüber, man spricht von der **Antiparallelität** der Einzelstränge. Die Basen beider Stränge stehen sich genau gegenüber und sind über Wasserstoffbrücken miteinander verbunden. Wegen der unterschiedlichen Zahl möglicher Wasserstoffbrücken können sich dabei nur **Adenin mit Thymin** und **Guanin mit**

deren Anwesenheit in ihrem neuen Lebensraum sich auf die dort bereits existierenden Lebensgemeinschaften negativ auswirkt. Invasive Arten können die betroffenen **Ökosysteme nachhaltig verändern**.

Beispiel

Zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurden in Europa Larven der **Chinesischen Wollhandkrabbe** (*Eriocheir sinensis*) mit dem Ballastwasser von Schiffen eingeschleppt. Da die ökologischen Faktoren den Bedürfnissen der Neuankömmlinge hervorragend entsprachen, konnten die Krabben in deutschen Flüssen heimisch werden. 1912 erstmals in der Aller – einem Nebenfluss der Weser – nachgewiesen, findet man diese Neozoen inzwischen unter anderem auch in Rhein und Weser sowie ihren Nebenflüssen. Die Omnivoren stehen mit den einheimischen Flusskrebsarten in direkter interspezifischer Konkurrenz. Dabei erweist sich *Eriocheir sinensis* in der Regel als überlegen, was zur Verdrängung der heimischen Flusskrebsarten führt. Darüber hinaus stören die Tiere den Reusenfischfang (Zerstörung des Fanggeräts, Verstopfen der Reuseneingänge, Fressen der Fische) und das Angeln (Abfressen der Köder vom Haken, Zerschneiden der Angelschnüre).

Neben den vorliegenden biotischen und abiotischen Umweltfaktoren und der Toleranzbreite der Neuankömmlinge spielen bei der Besiedlung der neuen Lebensräume noch weitere Bedingungen eine Rolle: Werden beispielsweise die natürlichen Fressfeinde der Neobiota, ihre Parasiten oder mögliche artspezifische Krankheitserreger nicht mit „importiert“, erleichtert dies den Eindringlingen ihre Ausbreitung zusätzlich, da die anwesenden Fressfeinde, Parasiten und Krankheitserreger häufig nicht auf die Neuankömmlinge eingestellt sind. Sind die Neobiota darüber hinaus mit einer Fortpflanzungsstrategie ausgestattet, die ihnen eine hohe Reproduktionsrate ermöglicht, haben sie im Kampf um Lebensräume und Ressourcen oft einen entscheidenden Vorteil. Für eine Faunen- und Florenverfälschung durch invasive Arten gibt es auch zahlreiche historische Beispiele: Immer wenn der Mensch neue Lebensräume besiedelt, bringt er seine Nutzpflanzen, Haustiere und seine Kulturfolger mit sich.

Beispiele

- Durch die europäischen Siedler ausgesetzte Kaninchen haben bis heute einen zerstörerischen Einfluss auf die australische Pflanzenwelt.
- Ratten, auf pazifischen Inseln mit Erkundungs- und Siedlerschiffen angekommen, rotteten dort viele, vor allem bodenbrütende Vogelarten aus.
- In Nordamerika und Australien überwuchert das europäische Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) große Weidegebiete.

Manche Neobiota sind nicht nur für andere Pflanzen oder Tiere, sondern auch direkt für den Menschen gefährlich.

Beispiel

Der **Riesen-Bärenklau** (*Heracleum mantegazzianum*), ursprünglich beheimatet im Kaukasus, breitet sich die Pflanze in Europa immer weiter aus und ist dabei, heimische Pflanzen zu verdrängen. Sein hoher Wuchs und seine dichten Bestände „verändern in auffälliger Weise das Landschaftsbild“ (Bundesamt für Naturschutz). Hinzu kommt seine Toxizität: Der Riesen-Bärenklau enthält Stoffe, die schon bei einfachem Hautkontakt mit seinen Blättern und anschließendem Aufenthalt im Sonnenlicht zu Hautirritationen bis hin zur entzündlichen Blasenbildung und Kreislaufschocks führen können.

Auch exotische Haustiere, die ihren Besitzern im wörtlichen wie übertragenen Sinne (Pflegeaufwand, Futterkosten) über den Kopf wachsen, können zu einer Verfälschung unserer heimischen Ökosysteme beitragen.

Beispiel

So üben beispielsweise nordamerikanische **Schmuckschildkröten** in den Gewässern, in denen sie ausgesetzt werden, einen verheerenden Einfluss aus. Sie bedingen einen fortwährenden Rückgang der Zahl an Wasserinsekten und Amphibien (Fressen des Laichs).

Der weltweite Handel und der Ferntourismus verschärfen die Lage noch zusätzlich. In Gepäckstücken und in Frachtcontainern können Neobiota innerhalb kürzester Zeit von nahezu jedem Ort der Erde an jeden beliebigen anderen Ort gelangen. Die Veränderung von Ökosystemen durch invasive Arten ist damit auch ein Problem der **Globalisierung**.

Neobiota können als **invasive Arten** **einheimische Arten verdrängen** und bestehende **Ökosysteme** auf Dauer **verändern**.



Zusammenfassung

- Die Klimaregeln verdeutlichen die Anpassungen der Tiere an ihren Lebensraum. Die Körperproportion (verkleinerte Körperanhänge in kaltem Klima) und die Größe (massigere Tiere in kaltem Klima) der Lebewesen sind davon ebenso betroffen wie ihre physiologische Leistungsfähigkeit (größere Herzen mit besserer Pumpleistung in kalten Gebieten), ihre Behaarung (stärkere Behaarung in kälteren Regionen) und ihre Färbung (dunklere Färbung in kalten Regionen).
- Die meisten Tiere sind wechselwarm (poikilotherm), das heißt, ihre Körpertemperatur entspricht weitgehend der Umgebungstemperatur. Vögel und Säugetiere sind als gleichwarme (homoiotherme) Lebewesen in der Lage, auch bei schwankenden Umgebungstemperaturen eine artspezifische konstante Körpertemperatur aufrechtzuerhalten.

- Für Räuber-Beute-Beziehungen sagen die LOTKA-VOLTERRA-Regeln phasisch verschobene, um einen konstanten Mittelwert schwankende Häufigkeitskurven voraus. Bei einer gleich starken Dezimierung beider Populationen erholt sich die der Beute deutlich schneller.
- Arten mit gleichen ökologischen Ansprüchen können nicht in derselben ökologischen Nische überleben (Konkurrenzausschluss). Konkurrenzvermeidung kann eine Koexistenz möglich machen.
- Die Größe/Dichte einer Population hängt zum einen von dichteabhängigen Faktoren ab. Ihre Rückwirkungen und Beeinflussungen können durch Korrelationen grafisch dargestellt werden. Zum anderen haben auch dichteunabhängige Faktoren Einfluss auf die Populationsgröße.
- Symbiose und Parasitismus stellen Formen eines spezifischen Zusammenlebens dar. Im Fall der Symbiose führt die Beziehung zu gegenseitigem Nutzen. Beim Parasitismus schädigt der Parasit seinen Wirt, ohne ihn im Normalfall zu töten.
- Bei der K- und der r-Strategie handelt es sich um Fortpflanzungsstrategien, die entweder auf die optimale Betreuung weniger Nachkommen (K) oder auf möglichst viele Nachkommen (r) setzen.
- Als invasive Arten können Neophyten und Neozoen einheimische Pflanzen- und Tierarten verdrängen.

Aufgaben



- 178 Erläutern Sie, warum ein Galapagos-Pinguin am Südpol – im Gegensatz zum dort heimischen Kaiserpinguin – nicht dauerhaft überleben könnte.
- 179 Beschreiben Sie kurz, wie nach der BERGMANN'schen und der ALLEN'schen Regel sowie nach der RENSCH'en Haarregel bei einem Säuger in einem kalten Klimabereich allgemein die äußere Gestalt beeinflusst sein kann.
- 180 In einem Terrarium befinden sich eine hungrige Schlange und eine Maus. Die Maus läuft in diesem Behälter hin und her und bewegt sich auch über die Schlange hinweg, die ihrerseits teilnahmslos verharret. Stellen Sie eine Vermutung darüber auf, wo sich das Terrarium befinden könnte, und begründen Sie Ihre Antwort.
- 181 In einem Experiment werden Pantoffeltierchen und Hefezellen zusammen kultiviert. An jedem Versuchstag werden Proben entnommen und die Zahl der darin enthaltenen Individuen ermittelt.

Versuchstage	Pantoffeltierchen	Hefezellen
0	90	158
1	178	40
2	120	18
3	58	8
4	8	30
5	18	59
6	12	119
7	53	109

geren (kleineren) Oberfläche/Volumen-Verhältnis – nicht dauerhaft überleben.

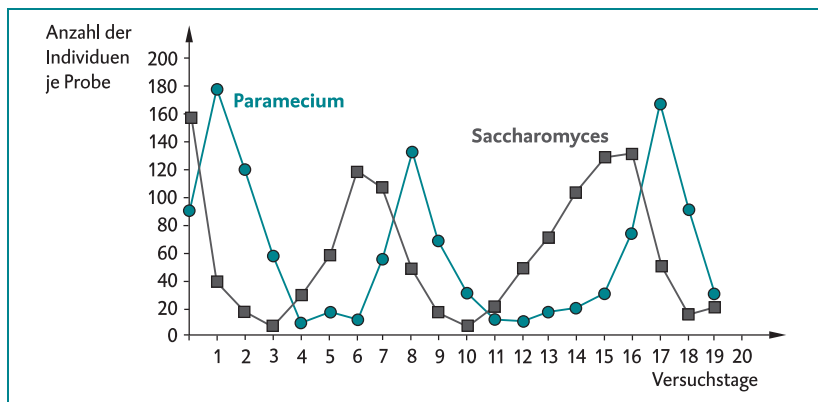
- 179** Von seinem Körperbau her sollte ein in einem kalten Klimabereich vorkommendes Säugetier eine gedrungene, kompakte Gestalt mit einem günstigen (kleinen) Oberfläche/Volumen-Verhältnis aufweisen (BERGMANN'sche Regel).

Alle Körperanhänge wie z. B. Ohrmuscheln, Nase und Schwanz sollten klein gehalten sein, damit über sie nicht zu viel Körperwärme abgestrahlt wird (ALLEN'sche Regel).

Zusätzlich sollte ein solches Tier ein dichtes Haarkleid mit langen Oberhaaren und vielen Wollhaaren besitzen (RENSCH'e Haarregel).

- 180** Das Terrarium steht wahrscheinlich in einem sehr kühlen Raum, da die Schlange als wechselwarmes Tier trotz ihres Hungers keine Regungen zeigt. Demgegenüber kann sich die Maus als gleichwarmes Lebewesen auch in dieser Umgebung aktiv verhalten.

- 181** Die Ergebnisse des Experiments deuten darauf hin, dass die 1. LOTKA-VOLTERRA-Regel gilt. Beide Lebewesen stehen in einer Räuber-Beute-Beziehung zueinander, wie die zu erkennenden phasisch verschobenen Häufigkeitskurven von Räuber (Pantoffeltierchen) und Beute (Hefezellen) zeigen. Sind nur wenige Fressfeinde vorhanden (4. und 11. Tag), steigt die Hefezellen-Population stark an. Auf ein Maximum der Hefezellen am 6. und 16. Tag folgt ein Maximum der Pantoffeltierchen am 8. und 17. Dabei ist eine hohe Zahl an Pantoffeltierchen stets mit einer deutlich geringeren Anzahl an Hefezellen korreliert und umgekehrt.



The background of the cover features a close-up of a blue microscope's objective lenses on the left and a glowing pink and blue DNA double helix on the right. A large red arrow points upwards from the bottom right towards the center. Several red diagonal bars are on the left side.

**MEHR
ERFAHREN**

ABITUR-TRAINING

Gymnasium • Gesamtschule

Biologie 2

NRW











Angewandte Genetik
Evolutionbiologie

STARK

Inhalt

Vorwort

Angewandte Genetik	1
1 Gentechnik – Organismen, Werkzeuge und Methoden	2
1.1 Werkzeuge und Methoden der Gentechnik	3
1.2 Gewinnung eines Gens und sein Transfer in Bakterienzellen	5
1.3 Suche nach spezifischen Bakterienzellen mittels Stempeltechnik	9
1.4 Kultivierung von Bakterienzellen mittels Verdünnungsreihen	11
 1.5 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)	12
1.6 Elektrophorese – ein Verfahren zur Molekültrennung	15
1.7 Sequenzierungsmethoden	16
1.8 DNA-Chips	20
1.9 Der genetische Fingerabdruck	21
 Zusammenfassung	24
 Aufgaben	24
2 Chancen und Risiken der Gentechnik und -diagnostik	30
2.1 Einsatz der Gentechnik bei Mikroorganismen und Viren	30
2.2 Transgene Pflanzen und Tiere	33
2.3 Gendiagnostik – Chancen und Risiken	36
2.4 Gentherapie beim Menschen	39
 Zusammenfassung	40
 Aufgaben	41
3 Biologisch-medizinische Reproduktionsverfahren	43
3.1 Verfahren	43
3.2 Ethische und juristische Fragen und Probleme	44
 Zusammenfassung	45
 Aufgaben	45
4 Aspekte der Zytogenetik in der Humanbiologie	46
4.1 Stammzellen	46
4.2 Meiose und Befruchtung	48
4.3 Rekombinationen	51
Exkurs: Methoden der klassischen Genetik	53

4.4	Stammbaumanalyse und Erbgänge in der humangenetischen Beratung	57
	Zusammenfassung	66
	Aufgaben	67
Evolution		69
1	Vielfalt und systematische Ordnung der Organismen	70
1.1	Die Art als Grundeinheit des natürlichen Systems	70
1.2	Hierarchische Gliederung der Organismen	71
1.3	Progressionsreihen	75
	Zusammenfassung	77
	Aufgaben	77
	2 Artentstehung nach den Theorien von LAMARCK und DARWIN – ein Vergleich	80
2.1	LAMARCKS Theorie der Evolution	80
2.2	DARWINS Theorie der Evolution	82
2.3	Vergleich der Evolutionstheorien von LAMARCK und DARWIN	84
	Zusammenfassung	85
	Aufgaben	85
3	Belege für die Evolution	89
3.1	Belege aus der Paläontologie	89
	3.2 Belege aus der vergleichenden Anatomie	94
3.3	Belege aus der vergleichenden Zytologie	101
3.4	Belege aus der vergleichenden Molekularbiologie	103
	Zusammenfassung	110
	Aufgaben	111
4	Synthetische Theorie der Evolution	120
4.1	Populationsgenetische Grundlagen	120
4.2	Mutation als Evolutionsfaktor	124
4.3	Rekombination als Evolutionsfaktor	125
4.4	Selektion als Evolutionsfaktor	126
4.5	Gendrift als Evolutionsfaktor	137
4.6	Isolation als Evolutionsfaktor	139

4.7	Die Gegenposition: nicht naturwissenschaftliche Positionen zur Entstehung von Artenvielfalt	139
-----	---	-----



Zusammenfassung	141
-----------------------	-----



Aufgaben	141
----------------	-----

5 Artentstehung durch Zusammenwirken von Evolutionsfaktoren 151



5.1	Allopatrie – Artentstehung durch geografische Isolation	153
-----	---	-----

5.2	Sympatrie – Artentstehung ohne geografische Trennung	157
-----	--	-----

5.3	Mechanismen der reproduktiven Isolation	158
-----	---	-----

5.4	Artumwandlung	159
-----	---------------------	-----

5.5	Einnischung	160
-----	-------------------	-----



5.6	Adaptive Radiation	160
-----	--------------------------	-----



Zusammenfassung	164
-----------------------	-----



Aufgaben	165
----------------	-----

6 Grippeviren und ihre evolutiven Veränderungsmöglichkeiten 169

6.1	Bau der Grippeviren und Abwehr durch das Immunsystem	169
-----	--	-----

6.2	Möglichkeiten evolutiver Veränderungen des Influenza-A-Virus	171
-----	--	-----



Zusammenfassung	172
-----------------------	-----

7 Verhalten, Fitness und Anpassung 173

7.1	Kosten-Nutzen-Prinzip bei Konkurrenz um Ressourcen	173
-----	--	-----

7.2	Fortpflanzungsstrategien	175
-----	--------------------------------	-----

7.3	Verhaltensbeobachtungen	180
-----	-------------------------------	-----



Zusammenfassung	182
-----------------------	-----



Aufgaben	182
----------------	-----

8 Stammesgeschichte des Menschen 184

8.1	Stellung des Menschen im natürlichen System	184
-----	---	-----

8.2	Vergleich der Anatomie des Menschen und der übrigen Menschenaffen	186
-----	---	-----

8.3	Zytologische und molekularbiologische Merkmale	192
-----	--	-----

8.4	Fossilgeschichte des Menschen	193
-----	-------------------------------------	-----

8.5	Kulturelle Evolution	204
-----	----------------------------	-----



Zusammenfassung	205
-----------------------	-----



Aufgaben	205
----------------	-----

Lösungen	213
Stichwortverzeichnis	267

Bildnachweis

Autoren: Rolf Brixius, Dr. Werner Bilz

Hinweise:

- Die entsprechend gekennzeichneten Kapitel enthalten ein **Lern-video**. An den jeweiligen Stellen im Buch befindet sich ein QR-Code, den Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können.



Im Hinblick auf eine eventuelle Begrenzung des Datenvolumens wird empfohlen, dass Sie sich beim Ansehen der Videos im WLAN befinden. Haben Sie keine Möglichkeit, den QR-Code zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter: <http://qrcode.stark-verlag.de/54708V>

- Die in diesem Buch angegebenen Verweise auf weitere relevante Textstellen beziehen sich gleichzeitig auf den Band „**Abitur-Training Biologie 1, NRW**“. Befinden sich die Fundstellen im anderen Band, werden sie durch die vor der Seitenzahl in Klammern aufgeführte Ziffer 1 (für Biologie 1) gekennzeichnet.

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

das **Zentralabitur** und die **kompetenzorientierten Lehrpläne** in Nordrhein-Westfalen bringen es mit sich, dass Sie sich – auch im Unterrichtsfach Biologie – in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe einen **verbindlichen Kanon von Unterrichtsinhalten** aneignen müssen. Hierbei wird von Ihnen insgesamt viel **Eigenverantwortung** erwartet. Sie sind daher verstärkt angehalten, sich auf den Unterricht und die Abiturprüfungen selbstständig vorzubereiten. Die beiden Abitur-Trainingsbände **Biologie 1** und **Biologie 2 für NRW** helfen Ihnen dabei.

Der vorliegende Band 2 sowie der Band 1 folgen vom Aufbau her den obligatorischen Inhalten der zentralen Themenbereiche der Abiturprüfung. Sie stellen das in der Abiturprüfung verlangte Grundwissen sowohl für den Grund- als auch für den Leistungskurs **vollständig, anschaulich und leicht verständlich** dar.

Exkurse helfen Ihnen dabei, grundlegende Themen der Biologie zu wiederholen. Die **über die Anforderungen des Grundkurses hinausgehenden Inhalte** sind in den erläuternden Textpassagen und den Übungsaufgaben am Seitenrand durch **farbige Balken** gekennzeichnet.



Prägnante Zusammenfassungen stellen die zentralen Punkte übersichtlich dar.



Die **Übungsaufgaben** decken alle Inhalte des erklärenden Teils ab. Mithilfe der Aufgaben können Sie nicht nur überprüfen, ob Sie in der Lage sind, die erforderlichen Kenntnisse darzustellen, sondern auch, ob Sie Ihr Wissen anwenden, also einen **Transfer** leisten können. Häufig werden Sie in den **Aufgaben** und den **ausführlichen Lösungen** daher auch eine andere Betrachtungsweise, andere Beispiele und andere Formulierungen finden als im erklärenden Text.



Zu ausgewählten Themenbereichen gibt es **Lernvideos**. An den entsprechenden Stellen im Buch befinden sich QR-Codes, die Sie mithilfe Ihres Smartphones oder Tablets scannen können.

Zur Vorbereitung auf die schriftliche Abiturprüfung oder auf Klausuren empfehlen wir Ihnen, mithilfe des erklärenden Textes und der Videos Ihre Kenntnisse aufzufrischen und sie dann anhand der Aufgaben zu prüfen. Alternativ können Sie aber auch zunächst versuchen, die Aufgaben zu lösen, und dabei auftauchende Lücken gezielt durch Nachschlagen im erklärenden Text schließen.

Für Ihre Prüfungen wünschen wir Ihnen viel Erfolg. Mit den beiden Trainingsbänden für das Fach Biologie sind Sie hierfür gut gerüstet.

A handwritten signature in black ink, reading 'Rolf Brixius' in a cursive script.

Rolf Brixius

A handwritten signature in black ink, reading 'Dr. Werner Bils' in a cursive script.

Dr. Werner Bils

Für die Microarray-Analyse werden sogenannte **DNA-Chips** genutzt. Ausgangspunkt für die Herstellung eines solchen Chips sind einzelsträngige Kopien der DNA der zu untersuchenden Gene. Diese **DNA-Sonden** werden wie Angeln an der Oberfläche des Chips, einem Glas- oder Plastikplättchen, chemisch fixiert (siehe Abb. 10).

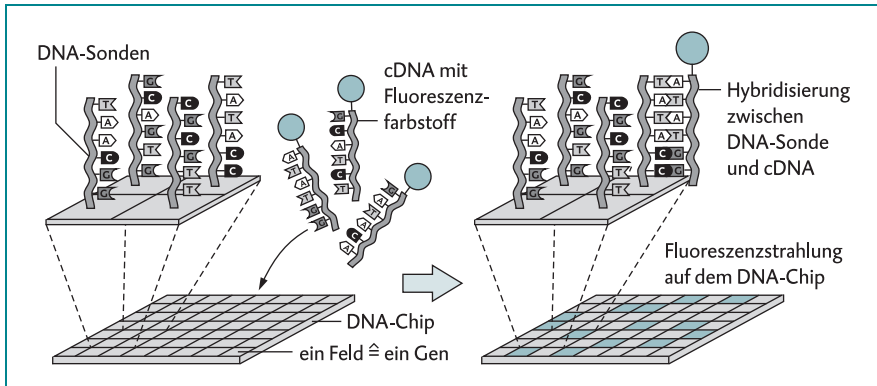


Abb. 10: Aufbau und Funktionsweise eines DNA-Chips

Um die Genexpression in einem bestimmten Gewebe zu untersuchen, wird in einem ersten Schritt die in einer Gewebeprobe enthaltene mRNA isoliert. Um die Hybridisierung mit den DNA-Sonden zu ermöglichen, muss die mRNA anschließend mithilfe des Enzyms **Reverse Transkriptase** in DNA umgewandelt werden. Diese **c(opy)DNA** wird dann noch mit Fluoreszenzfarbstoff markiert. Die fluoreszierende cDNA wird auf den DNA-Chip gegeben und **hybridisiert** dort mit den vorhandenen komplementären DNA-Sonden. Sobald die überschüssige cDNA vorsichtig abgespült worden ist, kann der DNA-Chip auf Fluoreszenzstrahlung untersucht werden. Leuchtende Felder auf dem Chip zeigen an, dass das entsprechende Gen im untersuchten Gewebe exprimiert worden ist.

Der Einsatz von **DNA-Chips** ermöglicht es, planmäßig zu identifizieren, welche Gene eines Organismus an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit aktiv sind.

1.9 Der genetische Fingerabdruck

Die DNA des Menschen ist bei allen Individuen ähnlich, aber mit Ausnahme von eineiigen Zwillingen nie vollständig identisch. Für das Verfahren des **ge-**

netischen Fingerabdrucks (*genetic fingerprinting*) benutzt man den Vergleich von besonders unterschiedlichen DNA-Bereichen, um einen Menschen zuverlässig zu identifizieren. Deutliche und für jeden Menschen typische Unterschiede weisen vor allem solche DNA-Abschnitte auf, die **keine genetische Information** enthalten. Mutationen in diesen Bereichen bleiben erhalten, da sie keine Merkmalsänderung zur Folge haben und daher nicht der Selektion unterliegen (siehe S. 82 ff. und S. 125 ff.). Diese DNA-Regionen sind von Mensch zu Mensch verschieden. Sie werden als **polymorphe Bereiche** bezeichnet. Eine Mutation kann dazu führen, dass in den betrachteten Abschnitten eine Schnittstelle, das heißt eine bestimmte kurze Basenfolge, für ein bestimmtes Restriktionsenzym entsteht oder wieder verschwindet. Daher ist damit zu rechnen, dass in den polymorphen Bereichen unterschiedlich viele Schnittstellen für ein bestimmtes Restriktionsenzym vorhanden sind. Wenn man die polymorphen DNA-Bereiche verschiedener Personen also mit dem gleichen Restriktionsenzym behandelt, entsteht folglich ein für jedes Individuum **typisches Gemisch aus DNA-Fragmenten** unterschiedlicher Länge. Wenn viele Schnittstellen für das Restriktionsenzym vorhanden sind, enthält das Gemisch eine größere Zahl und kürzere DNA-Stücke, als wenn es nur wenige Schnittstellen gibt.

Der Vorgang des genetischen Fingerabdrucks kann in fünf aufeinander aufbauende gentechnische Verfahrensschritte unterteilt werden:

- 1. DNA-Isolierung:** Aus Zellen, die beispielsweise in einer an einem Tatort gefundenen Spur (z. B. Blutfleck, Speichelrückstand, Spermarrest) enthalten sind, wird DNA extrahiert. Auch aus den Zellen der Mundschleimhaut einer zu testenden Person wird DNA gewonnen.
- 2. DNA-Vervielfältigung:** Spezifische polymorphe Bereiche der beiden gewonnenen Erbgutproben werden mithilfe der PCR (siehe S. 12 ff.) vervielfältigt.
- 3. Bildung von DNA-Restriktionsfragmenten:** Zu den beiden Ansätzen mit den vervielfältigten polymorphen Bereichen der DNA wird jeweils das gleiche Restriktionsenzym gegeben. Dadurch wird sowohl die DNA aus der Spur als auch die DNA aus den Mundschleimhautzellen der zu testenden Person in unterschiedlich lange Stücke, die Restriktionsfragmente, zerlegt.
- 4. Auftrennung der Restriktionsfragmente:** Die beiden Restriktionsfragment-Gemische werden mithilfe der Gelelektrophorese (siehe S. 15 f.) aufgetrennt.
- 5. Untersuchung des Elektrophorese-Bandenmusters:** Verfahren siehe S. 15 f.

Jeder Mensch hat eine für ihn charakteristische Zusammensetzung des Restriktionsfragment-Gemischs. In der Kriminalistik kann man daher durch den **Vergleich der Bandenmuster**, die die Elektrophorese liefert, exakt feststellen, ob z. B. ein Blutfleck oder Sperma rest von einem Verdächtigen stammt oder nicht. Zur Absicherung werden beim genetischen Fingerabdruck **mehrere verschiedene DNA-Bereiche** untersucht.

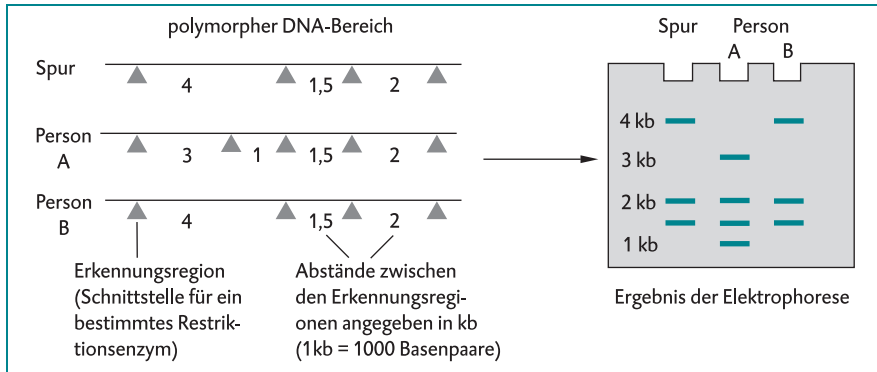


Abb. 11: Das Prinzip des genetischen Fingerabdrucks. Die Spur ist der Person B zuzuordnen.



Zusammenfassung

- Mithilfe der Gentechnik sind Manipulationen am Erbgut außerhalb und innerhalb der Zelle möglich.
- Modellorganismen wie das Bakterium *E. coli* tragen viel zur Entwicklung gentechnologischer Verfahren bei, die mit spezifischen molekulargenetischen Werkzeugen ausgeführt werden.
- Gene lassen sich durch Restriktionsenzyme aus der DNA eines Spenderorganismus herauschneiden.
- Plasmide können zur Übertragung eines Gens auf ein Bakterium dienen.
- Wenn gleichzeitig mit einem Fremdgen auch Gene übertragen werden, die die Resistenz gegen bestimmte Antibiotika zur Folge haben, lassen sich die Zellen identifizieren, bei denen der Gentransfer gelungen ist.
- Durch das Herstellen einer Verdünnungsreihe kann der Titer einer Bakterienkultur bestimmt werden.
- In der PCR laufen in kurzen Abständen nacheinander Replikationen ab, sodass aus einer geringen Menge an DNA eine sehr große Zahl identischer DNA-Moleküle entsteht.
- Ein Gemisch aus verschiedenen DNA-Stücken lässt sich mithilfe der Gelelektrophorese auftrennen.
- Sequenzierungsmethoden wie die Kettenabbruchsynthese boten in der Anfangszeit der Sequenzanalyse eine verlässliche Möglichkeit zur In-vitro-Analyse relativ kurzer Sequenzen des Erbguts.
- Mit verbesserten Sequenzierungsmethoden, wie der Hochdurchsatz-Sequenzierung, ist es möglich, eine große Anzahl von DNA-Teilstücken schnell und kostengünstig zu analysieren.
- DNA-Chips ermöglichen es, zu identifizieren, welche Gene eines Organismus aktiv sind.
- Durch das Verfahren des genetischen Fingerabdrucks lässt sich die DNA aus Zellen einer Probe eindeutig einer bestimmten Person zuordnen.

Aufgaben

- 1 Restriktionsenzyme sind wichtige Werkzeuge der Gentechnik.



- a Beschreiben Sie die Funktion der Restriktionsenzyme im Gentechniklabor.
- b Beschreiben Sie die Aufgaben der Restriktionsenzyme unter natürlichen Bedingungen.

Für Waldbewohner, z. B. Hyracotherium (Eohippus), vorteilhafte Merkmale	Für Steppenbewohner, z. B. Meryhippus, Pliohippus, Equus, günstige Merkmale
<ul style="list-style-type: none"> • geringe Körpergröße: erleichtert Fortbewegung im Unterholz • Auftreten auf mehr als einer Zehe: verhindert Einsinken im feuchten, nachgiebigen Waldboden • kleine Zähne ohne Schmelzleisten in der Kaufläche: sind für Laubfresser ausreichend (Bäume, Sträucher, Kräuter); größere und leistungsfähigere Zähne sind nicht erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> • größerer Körper mit längerem Hals und längeren Beinen: ermöglichen bessere Übersicht und schnellere Flucht im offenen Gelände • Auftreten mit nur einem Huf: führt auf harten Böden zu effektiverem Laufen • große Zähne mit breiten Kronen und vielen Schmelzfalten: sind zum Zermahlen harter Gräser erforderlich (Gras ist sehr viel härter als Laubblätter; Übergang vom Laub- zum Grasfressergebiss)

Tab. 2: Anpassungen der pferdeartigen Tiere an den Lebensraum Wald (links) und Grasland (rechts)

Fossile und lebende Brückenformen

Brückenformen lassen die Entstehung einer Verwandtschaftsgruppe aus einer anderen erkennen. Solche Organismen tragen sowohl Merkmale der älteren, ursprünglicheren Gruppe als auch der sich neu bildenden.

Beispiel

Das bekannteste Beispiel für ein fossiles Brückentier ist der *Archaeopteryx*. Die Fossilien dieses **Urvogels** stammen aus einer Schicht des oberen Jura der Fränkischen Alb. *Archaeopteryx* trägt noch **Merkmale der Reptilien**, die auch in Schichten unterhalb des oberen Jura nachzuweisen sind, z. B.:

- Kiefer mit Zähnen, kein Hornschnabel
- Finger und Mittelhandknochen frei, nicht verwachsen
- lange Schwanzwirbelsäule
- Beckenknochen nicht miteinander verwachsen

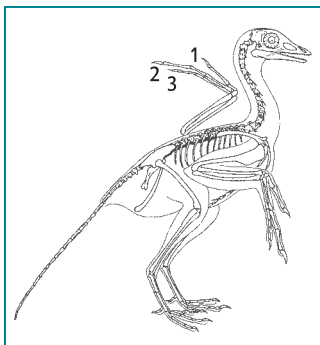


Abb. 31: *Archaeopteryx*: Rekonstruiertes Skelett mit Körpermitz und Fingerstrahlen (links) und versteinertes Skelett (rechts)

Folgende **Vogelmerkmale** sind bei ihm unter anderem schon zu finden:

- Vogelfedern
- erste Zehe nach hinten gerichtet, bildet mit den übrigen einen Greiffuß
- Schlüsselbeine der beiden Körperhälften zu einem Knochen verwachsen (Gabelbein = *Furcula*)

Fossilien echter Vögel findet man nur in Schichten oberhalb des oberen Jura.

Beispiele

Der **Quastenflosser (*Latimeria*)** als lebendes Brückentier:

- **Fischmerkmale:** Körper mit Schuppen bedeckt; Kiemenatmung
- Merkmale von **Amphibien:** Flossen mit ähnlichem Skelett wie in den Beinen von Amphibien („Gehflossen“); sackartige Ausstülpung in Darmnähe, die sich mit der Lunge der Landwirbeltiere homologisieren lässt.

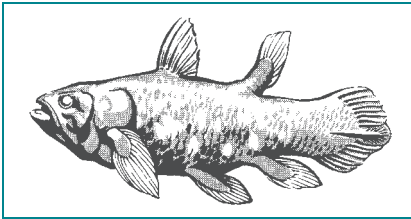


Abb. 32: Komoren-Quastenflosser
(*Latimeria chalumnae*)

Aufgrund der Tatsache, dass sich der Körperbau des Quastenflossers seit erdgeschichtlich langer Zeit kaum verändert hat, wird er auch als **lebendes Fossil** bezeichnet.

Das **Schnabeltier** als lebendes Brückentier:

- **Reptilienmerkmale:** legt große, dotterreiche Eier mit lederartiger Schale; hat nur eine Körperöffnung (Kloake) für Darmausgang, Ausgang der Harnwege und Ausführung der Geschlechtsorgane.
- **Säugetiermerkmale:** Haut mit Haaren bedeckt (Fell); Weibchen mit Milchdrüsen (Ernährung der Jungtiere).

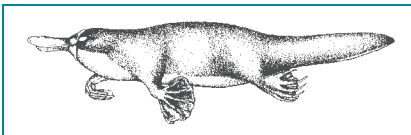


Abb. 33: Schnabeltier
(*Ornithorhynchus anatinus*)

- 1
 - a Restriktionsenzyme schneiden die DNA im Bereich jeweils spezifischer Basenfolgen. Durch die Wahl spezieller Restriktionsenzyme lässt sich somit festlegen, an welchen Stellen ein DNA-Molekül zerschnitten werden soll.
Die meisten in der Gentechnik verwendeten Restriktionsenzyme zerschneiden die Einzelstränge eines DNA-Moleküls versetzt, sodass an den Enden spezifische und in ihrer Basenfolge bekannte Stücke der Einzelstränge überstehen. An diesen „sticky ends“ lassen sich leicht fremde DNA-Stücke mit komplementärer Basenfolge anfügen. Auf diese Weise können z. B. Fremdgene in ein DNA-Molekül (z. B. in das Plasmid einer Bakterienzelle) eingefügt werden.
 - b Restriktionsenzyme kommen im Zytoplasma von Bakterien vor. Unter natürlichen Bedingungen zerstückeln sie eingeschleuste, fremde DNA und machen sie so unwirksam. Auf diese Weise können die Bakterien sich vor der Zerstörung, z. B. durch Bakteriophagen, schützen.
- 2 Wenn man das gleiche Restriktionsenzym für beide Vorgänge benutzt, weisen sowohl die Enden der fremden DNA-Stücke als auch die Enden der aufgetrennten Plasmidringe die gleichen *sticky ends* auf. So wird es möglich, dass sich ein fremdes DNA-Stück mit den Enden der Plasmid-DNA verbindet und sich der Ring danach wieder schließt.
- 3 Plasmide lassen sich als Vektoren nutzen. Mit ihrer Hilfe kann man Fremdgene nicht nur in Bakterien, sondern auch in Hefezellen einschleusen. Bei Bakterien handelt es sich um Prokaryoten. Sie sind daher als Empfänger von Eukaryoten-Genen, z. B. Genen des Menschen, weniger geeignet als Hefezellen, da sie das Fremdgen zwar aufnehmen, aber das entsprechende Genprodukt nicht ohne Weiteres bilden können. Ihr Transkriptions- und Translationsapparat arbeitet anders als der von Eukaryoten. Hefezellen haben dagegen die gleichen oder ähnliche Enzyme und Regulationsmechanismen wie alle anderen Eukaryoten. Wenn sie ein Eukaryoten-Gen aufgenommen haben, ist die Chance, dass das übertragene Gen auch abgelesen und realisiert werden kann, höher als in Bakterienzellen.
- 4
 - a Pflanzenzellen sind von einer Zellwand aus Cellulose umgeben, die das direkte Eindringen von DNA erschwert.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de
info@stark-verlag.de

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH
ist urheberrechtlich international geschützt.
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung
des Rechteinhabers in irgendeiner Form
verwertet werden.

STARK