

## G.3.82

### Genetik – Molekulargenetik

## Methoden der Evolutionsforschung – molekularebiologische Methoden der Altersbestimmung

Dr. Maike Schnucklake



Mit diesem Material erhalten Ihre Lernenden einen Einblick in die Welt der Evolutionsforschung, für die die hier behandelten molekularebiologischen Methoden essenziell sind. Zum einen wird hier auf die Altersbestimmung von Fossilien im Detail eingegangen und zum anderen werden die verschiedenen Analysemethoden von Proteinen und DNA thematisiert. Zur Bearbeitung der Aufgabenstellungen wird das Internet genutzt und dadurch die Medienkompetenz gesteigert. Außerdem wird die Fähigkeit der Kommunikation gefördert, indem die Lernenden ihr zuvor vorbereitetes Wissen in Form von Think-Pair-Share oder Gruppenarbeit weitergeben.

**Verwendete Quellen/Literatur**

- Ebel, M. Dr.; Erdmann, U.; Hansen T. PD Dr.; Harrar, A.; Holländer V. Dr.; Konopka, J.-P.; Müller, O. Dr.; Wolff, G. Dr.; Wolff, K. (2018) Grüne Reihe Evolution. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Gruppe. ISBN: 978-3-507-10186-9 S. 72–73; 100
- <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/c-14-methode/>
- <https://gi.de/informatiklexikon/datenbanken-in-der-bioinformatik>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/sequenz-alignment/61121>

[letzter Abruf jeweils: 23.07.2025]

## Die Polymerase-Kettenreaktion

### DNA-Analyse

Bei der Erforschung der Verwandtschaftsbeziehungen früherer Lebewesen spielt die Analyse der DNA von Fossilien eine wichtige Rolle. Die Untersuchung **fossiler DNA** ist jedoch nicht unproblematisch. So kann diese durch Bakterien, Pilze oder chemische Reaktionen abgebaut werden, sodass nur noch sehr geringe Mengen in den Fossilien zu finden sind. Auch kann es sein, dass nur noch **Bruchstücke** der Gesamt-DNA übrig sind. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, dass Proben durch **Fremd-DNA** lebender Organismen verunreinigt sein können. Mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion kann das in Fossilien gefundene genetische Material dennoch untersucht werden. Hierbei wird die zu analysierende DNA vervielfältigt.

### Polymerase-Kettenreaktion

Die Polymerase-Kettenreaktion findet automatisch in einem sogenannten **Thermocycler** statt. Hier laufen gleich mehrere Zyklen des Prozesses hintereinander ab. Der Prozess besteht aus drei Teilschritten, bei denen die Temperatur jeweils eine wichtige Rolle spielt.

1. **Denaturierung:** Der erste Schritt wird Denaturierung genannt. Die doppelsträngige DNA wird auf circa 94 °C erhitzt. Dabei werden die Wasserstoffbrückenbindungen im Molekül gebrochen. Die Basenpaare trennen sich und die DNA liegt in Form von Einzelsträngen vor.
2. **Hybridisierung:** Dann folgt der zweite Schritt, die Hybridisierung, bei der die Temperatur wieder auf etwa 60 °C abgekühlt wird.
3. **Polymerisation:** Im dritten Schritt wird die Temperatur für die Polymerisation auf 72 °C erhöht. Bei dieser Temperatur arbeitet das hitzebeständige Enzym namens **Taq-Polymerase**. Es synthetisiert, ausgehend von den Primern, die komplementären DNA-Stränge.

Nach jedem Zyklus wird die Menge an genetischen Materialien verdoppelt. Im Labor laufen 20 bis 30 Zyklen nacheinander ab, damit genug Probenmaterial für vorhanden ist.

### Vorteile der Polymerase-Kettenreaktion

Die Polymerase-Kettenreaktion eignet sich nicht nur zur **Vermehrung von DNA**. Mit ihrer Hilfe kann überprüft werden, ob die Fossilienfunde mit **Fremd-DNA** verunreinigt sind. Da die Primer nur an die komplementäre DNA-Sequenz binden, ist es möglich die DNA-Proben verschiedener Arten voneinander zu unterscheiden. Da auch die DNA in Fossilien im Laufe der Zeit vollständig abgebaut ist, gelingt auch bei dieser Methode Altersgrenzen, über die hinaus keine Analyse mehr möglich ist. Diese liegt bei etwa 100 000 Jahren.

### Aufgaben

1. Bestimmen Sie die Anzahl der Einzelstränge nach fünf Zyklen. Berechnen Sie die Anzahl der benötigten Zyklen, bei der die Anzahl der Einzelstränge die Zahl einer Million erstmals überschreitet. Zu Beginn haben Sie einen DNA-Doppelstrang.
2. Bei der Polymerase-Kettenreaktion wird die sogenannte **Taq-Polymerase** verwendet. Begründen Sie warum diese hitzebeständig sein muss.
3. Nennen Sie weitere Einsatzgebiete, in denen die Methode der Polymerase-Kettenreaktion Anwendung findet.



## Massenspektrometrie

Möchte man heutzutage die Aminosäuresequenz eines Proteins entschlüsseln, verwendet man daher die Massenspektrometrie. Für diese Methode wird nicht nur eine **geringe Proteinmenge** benötigt, sie liefert auch deutlich **schneller Ergebnisse**. Die Proteinfragmente werden abhängig von der Masse und ihrer Ladung im Massenspektrometer aufgetrennt. Man erhält einen sogenannten **Peptidfingerabdruck**, indem man die jeweiligen Fragmente erfasst und sie in einem Diagramm darstellt.

Enzym	Aminosäuren, nach denen das Enzym spaltet
Trypsin	Arginin, Lysin
Chymotrypsin	Phenylalanin, Isoleucin, Tryptophan

## Aufgaben

Informieren Sie sich über eines der oben genannten molekulargenetischen Verfahren. Tauschen Sie sich im Anschluss in Expertengruppen aus und lösen Sie die folgenden Aufgaben gemeinsam in Gruppenarbeit.

1. Bevor der Serum-Präzipitin-Test durchgeführt werden kann, muss zunächst ein vorbereitender Schritt durchgeführt werden. Erklären Sie, wie das benötigte Anti-Serum gewonnen wird.
2. Durch DNA-Hybridisierung wurde ermittelt, dass die beiden untersuchten Arten, die sich optisch stark ähneln, nicht einer Familie gehören. Welchen Rückschluss lässt dieses Ergebnis in Bezug auf die evolutive Entwicklung zu?
3. Entwickeln Sie ein Schema, das den Prozess der DNA-Sequenzierung nach Sanger darstellt.
4. Welche Vorteile bietet die Fluoreszenz-Sequenzierung gegenüber der ursprünglichen Kettenabbruchmethode?
5. Bei der Aminosäure-Sequenzierung wurden die beiden Proteasen Trypsin und Chymotrypsin verwendet. In ersten Reagenzglas wurden folgende Peptidfragmente von einander getrennt: Ala-Met und Met-Asp-Lys-Tyr. Das zweite Reagenzglas enthält die Peptidstücke Met-Asp-Lys und Tyr-Ala-Met. Ermitteln Sie die Aminosäuresequenz und begründen Sie Ihre Antwort.



# Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.

Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ☑ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ☑ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ☑ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ☑ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ☑ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



**Testen Sie RAAbits Online  
14 Tage lang kostenlos!**

[www.raabits.de](http://www.raabits.de)

