



Edelkrebsprojekt NRW

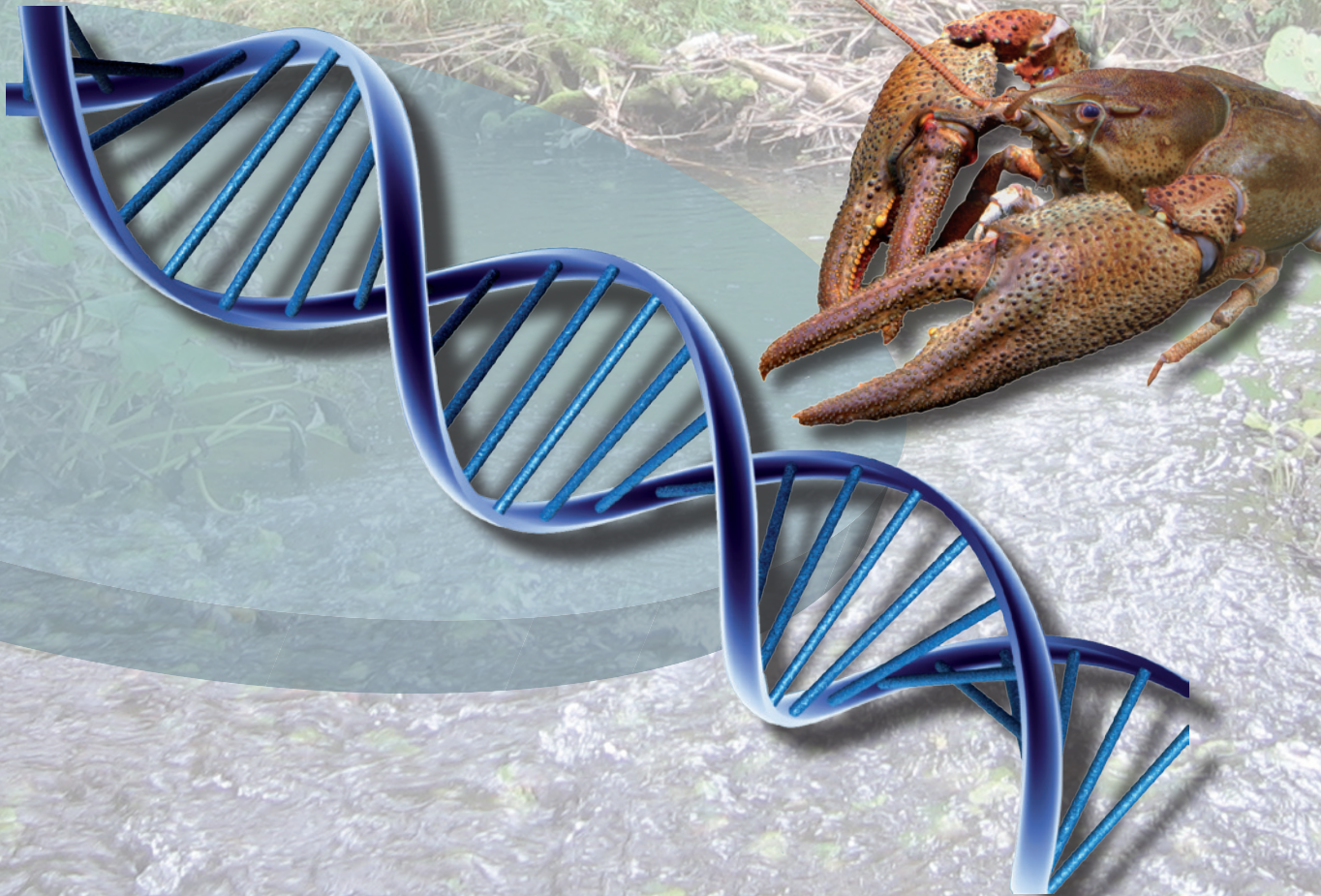


STIFTUNG UMWELT  
UND ENTWICKLUNG  
NORDRHEIN-WESTFALEN

# Der Edelkrebs

Molekularbiologie in der Ökologie -  
Die PCR als Methode zum Nachweis  
des Krebspesterregers *Aphanomyces astaci*  
bei Flusskrebsen

Ein Unterrichtsmodell für die Sekundarstufe II



Lehrerheft mit Kopiervorlagen  
(Downloadversion)

Interaktive Tafelbilder unter: [www.EdelkrebsprojektNRW.de](http://www.EdelkrebsprojektNRW.de)





**„Molekularbiologie in der Ökologie –  
Die PCR als Methode zum Nachweis des Krebspesterregers  
Aphanomyces astaci bei Flusskrebsen“**

**Ein Unterrichtsmodell für die Sekundarstufe II**

**Lehrerheft - Entwurfsfassung**

---

## **Inhaltsverzeichnis**

---

Vorüberlegungen zur Unterrichtsreihe .....	S. 1 - 2
Sequenzverlauf .....	S. 3
Phase 1 (Einstieg/Hinführung): Pilze .....	S. 4 - 5
Phase 2 (Ökologie): Flusskrebse und Krebspest .....	S. 6 - 7
Phase 3 (Genetik/Molekularbiologie): PCR und Nachweis der Krebspest .....	S. 8 - 9
Phase 4 (Ökologie): Gefährdung und Schutz heimischer Flusskrebsarten .....	S. 10
Anhang: Kopiervorlagen .....	S. 11 - 19
Lösung zu den Kopiervorlagen .....	S. 20
Anhang .....	S. 21 - 22
Literatur .....	S. 23
Impressum .....	S. 24

## Vorüberlegungen zur Unterrichtsreihe (Entwurfssfassung)

---

Im Rahmen der hier dargestellten Unterrichtsreihe wird die Bedrohung heimischer Flusskrebsarten durch den Pilz *Aphanomyces astaci* unter Berücksichtigung ökologischer, genetischer und molekularbiologischer Aspekte thematisiert.

Die Schülerinnen und Schüler sollen sich im Rahmen des Unterrichtsvorhabens mit einer molekularbiologischen Methode zum Nachweis der „Krebspest“ beschäftigen. Dabei sollen auch die ökologischen Folgen der Erkrankung thematisiert werden.

Die Schülerinnen und Schüler sollen sich im Rahmen der Unterrichtsvorhaben in der Jahrgangsstufe 12 insbesondere mit den molekularen Grundlagen der Genetik beschäftigen. Dabei soll vor allem deutlich werden, dass Zellen mittels eines genetisch determinierten Programms „ihre Funktion steuern, ihre Differenzierung organisieren und ihren Lebenszyklus ausprägen“. Ebenso steht die Vermittlung des Wissens um die Kontinuität der Lebewesen aufgrund von Speicherung und Weitergabe genetischer Information - und deren genetischer Grundlage - im Zentrum der Inhalte der Sekundarstufe II.

Der genetische Code, Replikation und Proteinbiosynthese stellen Grundlagen dar, welche vorab erarbeitet werden müssen. Der Schwerpunkt dieser Reihe liegt hier im – vertiefenden - Bereich der molekularbiologischen Methoden. Dabei sollen sich die SchülerInnen ein grundlegendes Wissen um die Polymerase-Kettenreaktion (*PCR*) erarbeiten und eine konkrete Anwendung kennenlernen.

Bei der Krebspest handelt es sich um eine anthropogen bedingte Störung heimischer Ökosysteme. Im Sinne einer Vernetzung der verschiedenen inhaltlichen Bereiche (*Ökologie-Genetik/Molekularbiologie*) werden die hier zu erkennenden Konsequenzen menschlichen Handelns im Rahmen einer in die Ökologie hineinreichenden Vertiefung thematisiert. So soll sichergestellt werden, dass das erworbene Wissen nicht isoliert betrachtet, sondern kumulativ und im besten Fall nachhaltig erworben wird.

Die Vermittlung der Inhalte wird im Wesentlichen durch interaktive Tafelbilder (*Flipcharts*) unterstützt.

Interaktive Whiteboards sind zwar an zahlreichen Schulen vorhanden, es mangelt allerdings oftmals an konkreten Unterrichtsbeispielen oder Flipcharts (*auch im WWW!*).

Die hier als Entwurfssfassung angebotene Unterrichtsreihe „Molekularbiologie in der Ökologie – Die PCR als Methode zum Nachweis des Krebspesterreger *Aphanomyces astaci* bei Flusskrebsen“ soll diesem Umstand Rechnung tragen und so im Fach Biologie eine nützliche Hilfestellung für die Lehrkräfte darstellen.

Da es sich bei der hier vorliegenden Fassung um einen Entwurf handelt, welcher zunächst von den an der Evaluation beteiligten LehrerInnen erprobt werden soll, wird bei der Darstellung der Sequenz auf konkrete Zeitangaben verzichtet. Im Zuge der Erprobung werden sich sicherlich noch viele Fragen und Antworten ergeben, so dass sich letztendlich erst nach erfolgter Evaluation und der sich daran anschließenden Überarbeitung der Reihe konkrete Zeitangaben ergeben.

Die in dieser Unterrichtsreihe dargestellten Themen müssen nicht zwangsläufig vollständig behandelt werden. Gerade in Zeiten von G8 wünscht man sich als Handelnder (*LehrerInnen wie SchülerInnen*) eher schlanke Unterrichtskonzepte, da für mehr die Zeit oft nicht – LEIDER - ausreicht.

Insbesondere die Aspekte Biologie der Flusskrebse/Arten könnten beispielsweise entfallen. Ich habe mich dennoch dazu entschieden, diese Aspekte aufzunehmen. Die Behandlung dieses Themas ist für die SchülerInnen sicherlich leicht zu bewältigen, handelt es sich doch bei der Anatomie und Morphologie des Flusskrebse um Themen der Mittelstufe.

Außerdem wird die Reihe so abwechslungsreicher, gerade im Hinblick auf die sich daran anschließende komplexe Betrachtung der Polymerase-Kettenreaktion.

Um den zeitlichen und organisatorischen Aufwand so gering wie möglich zu halten, habe ich mich dazu entschlossen, die Betrachtung der Artenvielfalt der Flusskrebse in Form eines Schülerreferats zu planen. Durch die Referate – eines wird ja bereits zu Beginn der Unterrichtsreihe präsentiert – wird der Sequenzverlauf auch methodisch aufgelockert.

**Anmerkung:**

Auf eine grundlegende Einführung in die Biologie der Edelkrebse (*Sachinformationen*) wird hier verzichtet. Diese sind ausführlich in einer vom Edelkrebsprojekt NRW herausgegebenen Lehrerhandreichung aus dem Jahre 2008 enthalten. Ein Auszug hieraus befindet sich im Anhang.

---

<sup>1</sup> Hill, A.; Groß, H; Burk, C.: Der Edelkrebs. Gefährdung der heimischen Fauna durch Neozoen am Beispiel des Edelkrebse.  
Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe I. Bad Münstereifel. Edelkrebsprojekt NRW 2008

## Sequenzverlauf

---

<b>Phase 1</b>	<p>Hinführung der Schülerinnen und Schüler an die Thematik.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>⇒ Referat „Pilze“ und Besprechung</li><li>⇒ „Killerpilze“ in der Literatur: Paul McEuens „Spiral“</li><li>⇒ Der Krebspesterreger <i>Aphanomyces astaci</i></li></ul>
<b>Phase 2</b>	<p>Schwerpunkt „Ökologie“</p> <ul style="list-style-type: none"><li>⇒ Biologie der Flusskrebse und Arten</li><li>⇒ Die Krebspest: Diskussion möglicher Diagnoseverfahren</li><li>⇒ Hinführung zur PCR</li></ul>
<b>Phase 3</b>	<p>Schwerpunkt „Genetik“</p> <ul style="list-style-type: none"><li>⇒ Grundlagen der PCR</li><li>⇒ Die PCR als diagnostische Methode zum Nachweis des Krebspesterreger</li></ul>
<b>Phase 4</b>	<p>Schwerpunkt „Ökologie“</p> <ul style="list-style-type: none"><li>⇒ Gefährdung und Maßnahmen zum Schutz heimischer Flusskrebsbestände“</li><li>⇒ Konzeption/Erstellung von „Aufklärungsplakaten“, Referaten oder Reportagen</li></ul>

## Phase 1: Hinführung der SchülerInnen an die Thematik

---

Der Einstieg erfolgt mittels eines Schülerreferats, welches einige Stunden vorab vereinbart werden sollte. Schwerpunktmäßig sollte hier der Aspekt „Pilze als Teil von Lebensgemeinschaften“ besprochen werden:

- ⇒ Destruenten
- ⇒ Symbiose: Mykorrhiza, Algen/Pilze (*Flechten*)
- ⇒ Pilze als Schädlinge bei Pflanzen
- ⇒ Pilze als Weggefährte des Menschen
  - Speisepilze
  - Drogen- und Heilpilze (*auch Penicillin*)
  - Pilze in der Lebensmittelherstellung

Bei der genauen Festlegung der Themen sollte dem Schüler/der Schülerin im Rahmen der oben genannten Themen möglichst viel Spielraum gelassen werden.

Einschränkung: Pilze als Schädlinge bei Tieren/Menschen sollen aus didaktischen Gründen ausgeklammert werden. Die Hinführung zu diesem Aspekt soll schließlich über den Roman „Spiral“ erfolgen!

Eine intensive Behandlung der Systematik der Pilze ist an dieser Stelle nicht sinnvoll, da es sich doch hier um ein sehr spezielles Thema handelt, welches die SchülerInnen demotivieren könnte, für das Verständnis der wesentlichen Lernziele dieser Unterrichtseinheit ist eine Kenntnis der Systematik ohnehin nicht erforderlich.

### „Killerpilze“ in der Literatur: Paul McEuens „Spiral“

Die Hinführung zum eigentlichen Thema – pathologische Pilze – erfolgt nach der Besprechung des Referats mittels eines fiktiven Killerpilzes.

Hierzu wird den SchülerInnen der Klappentext und ein kurzer Auszug des Romans „Spiral“ von Paul McEuen vorgelegt (*siehe Anhang und Flipchart*).

Bemerkung: Im Rahmen der Evaluation könnte auch erörtert werden, ob eine fächerverbindende Betrachtung des Themas möglich/sinnvoll ist. Denkbar wäre beispielsweise die Lektüre des Buches im Englischunterricht.

Nachdem die SchülerInnen die Textauszüge gelesen haben, sollen sie an der interaktiven Tafel (im Folgenden mit „iT“ bezeichnet) Fiktion und Realität gegenüberstellen.

Dabei wird erwartet, dass die Schüler hinsichtlich realer Bedrohungen Pilzerkrankungen des Magen-Darm-Traktes (z.B. *Candida albicans* > Abwehrschwäche), Haut und Schleimhautpilze, eventuell Pilze, die zu Lungenerkrankungen führen (*Aspergillose*) nennen werden.

### **Ein realer „Killerpilz“: Der Krebspesterreger *Aphanomyces astaci***

Mit der nächsten Flipchart leitet die Lehrkraft nun zum Unterrichtsgegenstand über.

Zunächst wird eine Darstellung aus dem Jahre 1504 gezeigt, welcher man entnehmen kann, dass Flusskrebse zu jener Zeit keine Seltenheit waren und zum alltäglichen Speiseplan der Menschen jener Zeit gehörten. Kontrastierend hierzu leitet die nächste Flipchart dann direkt die Aufmerksamkeit auf die Krebspest (Abbildung).

Nach kurzer Besprechung wird den Schülern nun ein Arbeitsblatt ausgeteilt, mit Hilfe dessen sich die SchülerInnen ein umfassendes Wissen zur Krebspestthematik erarbeiten sollen (s. Anhang).

Als Methode empfiehlt sich hier die 3-Schritt-Methode. Zunächst liest jeder Schüler den Text in Einzelarbeit (10 Minuten). Hier muss unbedingt darauf geachtet werden, dass in dieser ersten Phase kein Informationsaustausch zwischen den SchülerInnen erfolgt. Hiernach werden offene Fragen in Partnerarbeit geklärt. In der letzten Phase sollen jeweils vier SchülerInnen eine Gruppe bilden, wobei zunächst ein(e) von der Gruppe bestimmte/r Schüler/Schülerin den Aspekt „Lebenszyklus des Erregers“ erläutern soll, danach soll ein anderer Schüler/eine andere Schülerin den Krankheitsverlauf darstellen. Die jeweils zuhörenden SchülerInnen achten auf die Vollständigkeit der Darstellung (nur diese SchülerInnen dürfen das Arbeitsblatt einsehen!)

Die Sicherung erfolgt wiederum mit Hilfe einer Flipchart, die den Lebenszyklus des Krebspesterreger darstellt. Hier soll nun ein zufällig ausgewählter Schüler/eine Schülerin in dafür vorgesehene Kästen knapp die wesentlichen Stadien hinein notieren.

Die Kontrolle erfolgt per „click-and-point“. Beim Anklicken bestimmter Bereiche neben oder unterhalb der Kästen erscheint die korrekte Lösung.

Die Sicherung des Lerninhalts „Krankheitsverlauf“ wird mit Hilfe einer „durcheinander geratenen“ Flipchartgrafik realisiert. Hier muss ein Schüler/eine Schülerin die korrekte Zuordnung wiederherstellen.



## Phase 2: Biologie der Flusskrebse und Hinführung zur PCR

---

Wie bereits oben geschildert, soll die Betrachtung der Arten in Form eines Schülerreferats behandelt werden. Für die Recherche eignet sich – neben der Vielzahl der im Internet abrufbaren Informationen – folgende Literatur:

Blanke, Dietrich: Flusskrebse in Niedersachsen.

In: Landesamt für Ökologie (Hrsg.): Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 6/98.

Bezug: [www.nloe.de](http://www.nloe.de)

(Informationsschrift mit Artbeschreibungen, Verbreitungskarten für Niedersachsen, Lebensraum, Gefährdung, Schutzmaßnahmen)

Dahms H.-U., Schminke, G.: Flusskrebse für das Schulaquarium. UB 127, S. 42-43.

Velber. Friedrich Verlag 1987.

Groß, H.; Burk, C.; Hill, A.: Die Flusskrebbsfauna in NRW.- Natur in NRW, H. 4, 52 – 56.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW. Recklinghausen 2008

Hill, A.; Groß, H; Burk, C.: Der Edelkrebs. Gefährdung der heimischen Fauna durch Neozoen am Beispiel des Edelkrebses. Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe I. Bad Münstereifel. Edelkrebsprojekt NRW 2008

Bezug: [www.edelkrebsprojekt nrw.de](http://www.edelkrebsprojekt nrw.de) oder [www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de)

Hager, Johannes: Edelkrebse. Biologie - Zucht - Bewirtschaftung. Stuttgart. Stocker Verlag 2003.

Lukhaup, Chris/Pekny, Reinhard: Krebse im Aquarium. Haltung und Pflege im Süßwasser. 2. Auflage.

Ettlingen. Dähne Verlag 2008.

Martens, Andreas/Grabow, Karsten (Hrsg.): Unterricht Biologie 339.

Velber. Friedrich Verlag 2008.

Quante, Kai Alexander: Garnelen und Krebse im Aquarium.

Stuttgart. Ulmer 2008.

Die Betrachtung der Anatomie und Morphologie der Flusskrebse erfolgt mit Hilfe einer Flipchart und eines Arbeitsblatts, welches der vom Edelkrebsprojekt NRW herausgegebenen Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe I entnommen ist.

Nachdem die SchülerInnen den Text zum inneren und äußeren Aufbau gelesen haben, werden die Informationen für alle Schüler an der Flipchart gesichert und auf zuvor ausgeteilten Kopien (*Kopiervorlagen 4 und 5*) übertragen.

Nachdem die Biologie des Flusskrebses erarbeitet worden ist, sollen sich der Fokus nun wieder auf den Krebspesterreger richten.

Eine Überleitung ergibt sich aus der im Referat dargestellten Artenvielfalt. Um eine Infektion zu verhindern, kann es notwendig sein, eingebürgerte Flusskrebse im Hinblick auf deren „Carrier-Status“ hin zu untersuchen. Dies ist vor allem notwendig, weil die Carrier-Krebse keine Symptome zeigen. Also scheinbar gesund sind.

Den SchülerInnen wird eine Brain-Storm-Vorlage auf der Flipchart gezeigt, hier sollen sie nun ihre Vermutungen hinsichtlich der Fragestellung „Welche Möglichkeiten zur Identifizierung von *Aphanomyces astaci* sind denkbar?“

Erwartete SchülerInnenäußerungen:

- ⇒ Abstrich und Anzucht der Pilze im Brutschrank
- ⇒ Vermeintlich kranke Tiere mit gesunden in einem Becken halten
- ⇒ Mikroskopieren von Kutikulaproben
- ⇒ Suche nach Stoffwechselprodukten der Pilze

Den SchülerInnen kann nun gesagt werden, dass die gängige Praxis bis vor kurzem darin bestand, dass zunächst Sporen des Pilzes angezchtet werden mussten und dass daraufhin ein Infektionsversuch bei empfänglichen Arten durchgeführt wurde.

### **Lehrerfrage: Probleme?**

Hier könnten die SchülerInnen ethische Aspekte nennen, aber auch der Zeitfaktor ist hier nicht zu vernachlässigen, denn dieses Verfahren nimmt mindestens zwei Wochen in Anspruch.

Die Lehrkraft kann nun die Aufmerksamkeit auf die Genetik lenken. Der hier nun anstehende Wechsel – von der Ökologie hin zur Genetik - wird von den SchülerInnen wahrscheinlich ohne Schwierigkeiten aufgenommen werden. Schließlich wurde dieses Thema ohnehin vorher behandelt, notwendige Voraussetzung für das Verständnis des Folgenden ist das Wissen im Bereich Genetik bis zur Proteinbiosynthese!

Gewissermaßen handelt es sich beim Aspekt Ökologie um einen Einschub innerhalb des Reihenthemas „Molekulare Grundlagen der Vererbung und Entwicklungssteuerung“.

Die Lehrkraft bespricht nun im Rahmen eines fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs die Möglichkeit der Identifizierung mit Hilfe des Pilzerguts. Stellt dieses ja eine Art Fingerabdruck einer Art dar.

### **Lehrerfrage: Was ist hier zwingend notwendig?**

- ⇒ Eine typische/einzigartige Sequenz im Genom des Pilzes
- ⇒ geeignete „Werkzeuge“, um diese zu identifizieren und zu isolieren
- ⇒ geeignete „Werkzeuge“, um diese zu amplifizieren (vervielfältigen)

Mit diesen Fragen könnten die Schülerinnen dann beauftragt werden, sich für die nächste Stunde hinsichtlich eines geeigneten Verfahrens zu informieren.

---

<sup>2</sup> Culas, Annabelle: Entwicklung einer molekularbiologischen Methode zum Nachweis des Krebspesterregers [...]. S 6

## Phase 3: Die PCR zum Nachweis der Krebspest

---

### Grundlagen der PCR

Zunächst soll den SchülerInnen Gelegenheit gegeben werden, sich hinsichtlich ihrer Rechercheergebnisse zu äußern. Es kann davon ausgegangen werden, dass wenigstens einige SchülerInnen die PCR nennen werden.

Nun wird ein Text ausgeteilt, der die Methode der PCR ausführlich darstellt (s. *Anhang*).

Bei diesem Text handelt es sich um einen gekürzten und veränderten Artikel aus Wikipedia. Der sehr umfangreiche und inhaltlich vollkommen korrekte Originalartikel ist als „exzellenter Artikel“ gekennzeichnet. SchülerInnen nutzen zur Recherche immer häufiger – bisweilen leider ausschließlich – das Internet. Hauptanlaufstelle ist häufig Wikipedia.

Dies stellt meines Erachtens kein Problem dar, wenn verantwortungsvoll mit den hier gewonnenen Informationen umgegangen wird:

- ✓ Quelle, auch beim Internetzitat, immer nennen
  - ✓ Die Quelle hinsichtlich ihres Wahrheitsgehalts prüfen  
(auch andere Quellen nutzen, es gibt auch noch [Schul-]Bücher)
  - ✓ Quelleninterne Wertungssysteme nutzen  
hier: das Wertungssystem Wikipedias kennen und nutzen
- > <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Bewertungen>

Im Zuge der Erarbeitung wird bewusst auf die Quelle Wikipedia zurückgegriffen, da die oben genannten Aspekte so auch mit den SchülerInnen besprochen werden können.

Die Erarbeitung kann wiederum im bereits oben dargestellten 3-Schritt-Verfahren erfolgen. Eintragungen/Markierungen sollen auf dem Arbeitsblatt nur mit Bleistift vorgenommen werden

Dieser Text wird anschließend als Flipchart gezeigt. Hier soll nun ein Schüler/eine Schülerin mit Hilfe der Textmarker-Funktion Vorschläge hinsichtlich einer sinnvollen Markierung des Textes machen. Dessen/deren Markierungen sollen im Plenum diskutiert werden. Denkbar ist auch, dass sich hier mehrere SchülerInnen abwechseln.

Diese Vorgehensweise soll sicherstellen, dass eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt stattfindet. Je nach Belieben kann dies auch mit mehr oder weniger Beteiligung der Lehrkraft stattfinden. Unter Umständen können die Erarbeitung und Sicherung so insgesamt schnell auch eine Doppelstunde umfassen. Hier wird die Evaluation sicherlich zeigen was möglich und praktikabel ist.

Vertiefend soll die PCR anschließend auch grafisch dargestellt werden. Hier sollte neben den grundsätzlichen Details auch klar werden, dass die PCR aufgrund der Primer den gesuchten Abschnitt zu beiden Seiten hin begrenzt, was aber beim ersten Durchgang noch nicht der Fall ist. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die SchülerInnen die Bedeutung der Leserichtungen ( $5' > 3'$ ) korrekt wiedergeben, da es sich hier um häufig auftretende Fehlerquelle handelt.

Vertiefung: Die PCR als Nachweismethode

Die SchülerInnen erhalten zunächst ein Arbeitsblatt, welches eine definierte Sequenz aus dem Genom von *Aphanomyces astaci* beschreibt. Die SchülerInnen sollen hieraus die gesuchten Primer für eine PCR ableiten und die Hybridisierung der Primer an die Matrizen-DNA zeichnerisch darstellen. Außerdem werden allgemeine Fragen zur PCR gestellt (s. *Anhang*).

Auch hier erfolgt die sich daran anschließende Besprechung der Aufgabe mit Hilfe einer Flipchart.

---

<sup>3</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Polymerase-Kettenreaktion> (letzter Abruf: 26.06.2011)

## Phase 4: Gefährdung und Schutz der heimischen Flusskrebsarten

---

**Als letzte – fakultative – Phase erfolgt eine Rückkehr zum Aspekt Ökologie.**

Diese Phase sollte weitgehend eigenständig und von der Lehrkraft allenfalls unterstützend begleitet werden.

Unter Verwendung der oben genannten Quellen sollen die Schüler nun hinsichtlich der Gefährdung heimischer Arten recherchieren. Dabei werden sie – weit über den molekular-biologisch-genetischen Ansatz hinaus – auf viele weitere Aspekte stoßen.

- ⇒ Aufklärung von Wassersportlern und Anglern, um die Ausbreitung des Erregers zu vermindern.
- ⇒ Wasserbauliche Maßnahmen
- ⇒ Wiederansiedlung
- ⇒ Aufklärung der Bevölkerung hinsichtlich der Neozoenproblematik
- ⇒ ...

**Die Arbeitsergebnisse können auf mehreren Wegen festgehalten/präsentiert werden:**

- ⇒ Referate (*hiervon ist aber eher abzuraten, da ja schon zwei im Verlauf der Reihe präsentiert wurden*)
- ⇒ Anfertigung von Wandzeitungen mit Hinweisen zum Schutz heimischer Flusskrebse
- ⇒ Erstellung von Audio- oder Videoreportagen
- ⇒ ...

Hier bin ich doch sehr gespannt, was den an der Evaluation beteiligten SchülerInnen und Lehrkräften so alles einfällt!

Dieses offene Ende der Darstellung meiner Unterrichtskonzeption ist durchaus als programmatisch zu bezeichnen. Es handelt sich hier – wie bereits mehrfach betont - um eine Entwurfsfassung. Diese wird erst nach Anwendung und Evaluation durch alle Beteiligten zu einem echten Unterrichtskonzept.

**Beleben Sie also diesen Entwurf, sparen Sie nicht mit konstruktiver Kritik!**

**Kontakt:** Edelkrebsprojekt NRW  
Alois Hill (Schulprojekte/Koordination Sek. I/II)  
Graf-Franz-Georg Straße 12  
53945 Blankenheim

Festnetz/Fax: 02449 - 91 72 76  
mobil: 0175 - 71 23 692  
Mail: a.hill@edelkrebsprojekt nrw.de



### Kopiervorlage I – „Killerpilze“ in der Literatur



„Er ist kein Virus, er ist 1000 mal schlimmer ...

Er ist lebendig, er vermehrt sich, er wächst in dir:

Mikrobiologe Liam Connor versteckt in seinem Labor den Pilz, der jeden Menschen in eine tödliche Waffe verwandeln kann. Und dann plötzlich sein mysteriöser Tod: Grausam zugerichtet wird Connor aufgefunden. Vom Todespilz fehlt jede Spur. Mit allen Mitteln muss Liams Assistent Jake verhindern, dass sich die tödliche Infektion weltweit ausbreitet ...

Paul McEuen gewährt mit seinem atemberaubenden Thriller Einblicke in eine unsichtbare Welt, die für die Menschheit zur unermesslichen Bedrohung werden kann – wenn sie außer Kontrolle gerät.

Paul McEuen (Jahrgang 1963) ist einer der weltweit führenden Experten auf dem Gebiet der Nanotechnologieforschung und lehrt als Professor an der Cornell University im Staat New York. Er wurde mehrfach ausgezeichnet und publiziert regelmäßig in „Nature“ und „Science“.

Zu seinen Forschungsinteressen sagt er selbst:  
„Alles, solange es nur klein genug ist.“



#### Auszug aus dem Roman:

„So etwa zwölf Stunden lang ahnte keiner, was passiert war. [...] Allen ging es mehr oder weniger gut. Aber acht Stunden später entwickelt einer namens Smithson, der im Bett neben Maddox lag, ungewöhnliche Symptome. Seine Temperatur sinkt, und er verbreitet einen unangenehmen Geruch. Eine Stunde später fängt er an, sich wie wild zu kratzen, und muss körperlich fixiert werden. Er redet wirr. Zwanzig Stunden später geht es Maddox genau so schlecht. Er ist davon überzeugt, dass eisenhäutige Schlangen in seinem Bauch leben und seine Eingeweide fressen. Was mit den beiden anfing, breitete sich dann sehr schnell auf dem ganzen Schiff aus.“

„[...] die Wissenschaftler der Einheit 731 hatten eine gute Wahl getroffen. Fusarium spira war relativ harmlos, wenn er in den Eingeweiden lebte, und von bösartiger Gefährlichkeit, wenn er eine Maispflanze infizierte. Wenn man ein Monstrum aus ihm machen wollte, brauchte man nur die genetische Programmierung zu verändern. Hier ein paar Gene abschalten, dort ein paar einschalten, die Signale vertauschen und ihn veranlassen, seine Toxine abzusondern, wenn er im menschlichen Organismus lebte“. [...] „Die Mykotoxine griffen den Verstand an und führten zu manischem Verhalten und zu einem Tötungs- und Selbsttötungsdrang. Beim Befall der Organe kam es zu inneren Blutungen. Innerhalb eines Tages war der Infizierte wahnsinnig. Innerhalb einer Woche war er tot. Er lebte gerade lange genug, um seine Umgebung zu infizieren: eine wandelnde biologische Zeitbombe“

## Die Krebspest und ihr Erreger *Aphanomyces astaci*

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts trat erstmalig in Europa eine bis dahin unbekannte Krankheit auf, die sich unaufhaltsam unter den Flusskrebsbeständen ausbreitete. Noch vor Ende des Jahrhunderts waren die Edelkrebsbestände Mitteleuropas vielerorts erloschen. Diese drastischen Auswirkungen brachten der nur für Flusskrebse gefährlichen Pilzerkrankung den Namen „Krebspest“ ein. Nur wenige Vorkommen in meist isolierten Gewässern blieben verschont.

Träger des hochinfektiösen Erregers und damit indirekte Auslöser der Krebspest sind die amerikanischen Flusskrebsarten. Um die zurückgehenden Bestände der heimischen Flusskrebse auszugleichen, wurde vor über 100 Jahren damit begonnen, aus Amerika stammende Flusskrebse in Europa auszusetzen. Ein verheerender Fehler, da die amerikanischen Flusskrebse Träger des Krebspesterregers sind. Die meisten der amerikanischen Flusskrebsarten erkranken jedoch nicht an diesem Pilzbefall, da sie resistent oder teilresistent gegen diesen Parasiten sind. So werden sie lebenslange Ausscheider – sogenannte Carrier - des Erregers. Lediglich bei großem Stress bricht auch bei diesen Arten die Krankheit aus. Die heimischen Flusskrebsarten Edelkrebs (*Astacus astacus*) und Steinkrebs (*Austropotamobius torrentium*) besitzen keine Resistenz gegen diesen Erreger und sterben nach einer Infektion (100%ige Mortalität). Diese Pilzkrankheit (Krebspest) hat sich so verheerend auf die heimischen Flusskrebsbestände ausgewirkt, dass man in vielen Regionen Mitteleuropas von einem Totalausfall ganzer Populationen sprechen kann. Aufgrund der weiteren Ausbreitung der amerikanischen Flusskrebse steigt die Infektionsgefahr für die noch verbliebenen heimischen Vorkommen. Beide heimischen Flusskrebsarten gelten als vom Aussterben bedroht und stehen auf der Roten Liste der Weltnaturschutzunion (IUCN).

Beim Erreger der Krebspest handelt es sich um einen Algenpilz, welcher begeißelte Zoosporen ausbildet. Die Zoosporen werden vor allem freigesetzt, wenn die fadenförmigen Zellen des Pilzes (*Mycel*) aus der Kutikula des Krebspanzers eines infizierten Tieres herauswächst. Bei heimischen Arten geschieht dies in der Regel während der Erkrankung oder nach dem Tod des Tieres. Bei Carrier-Krebsen geschieht dies aber darüber hinaus noch nach jeder Häutung. Die Zoosporen können im Wasser bei 10 °C noch ca. 3 – 14 Tage überleben. Treffen die Zoosporen auf einen Organismus, welcher keinen Wirt darstellt (z.B. ein Fisch), bilden sich nicht-keimungsfähige Zysten. Aus diesen entwickeln sich wiederum Zoosporen. Sollte nach drei Umwandlungen noch immer kein geeigneter Wirt gefunden worden sein, stirbt der Pilz.

Wenn die Zoosporen aber auf die Kutikula eines Flusskrebse treffen, nisten sich diese im Krebspanzer ein und bilden innerhalb kürzester Zeit einen Keimschlauch aus, welcher sich im gesamten Krebspanzer ausbreitet. Im fortgeschrittenen Stadium dringt der Pilz dann in die Leibeshöhle ein. Er breitet sich dann unter anderem entlang des Strickleiternnervensystems aus.

Die symptomfreie Inkubationszeit beträgt nach einer Infektion 10 Tage. Danach kommt es zu dem nachfolgend geschilderten Krankheitsverlauf:

### **1. Phase:**

gesunde Tiere - Die Krebse sind nachtaktiv. Bei drohender Gefahr können sie sich durch einen Schlag mit ihrer kräftigen Abdominalmuskulatur blitzartig in einen schützenden Unterschlupf zurückziehen („Fluchtreflex“). Werden die Tiere auf den Rücken gelegt, so können sie sich innerhalb weniger Sekunden wieder aufrichten. Beim Handling drohen sie mit ihren Scheren. Die Antennen sind ständig in Bewegung.

### **2. Phase:**

lethargischer Krebs - Bei Gefahr suchen sie nur langsam Zuflucht. Ihre ganzen Bewegungen laufen verzögert ab. Das Umdrehen vom Rücken auf die Beine dauert länger als 5 Sekunden.

### **3. Phase:**

schwache Tiere - Die Krebse bewegen sich nur wenn sie angetippt werden und dann sind ihre Bewegungen auch nur sehr langsam. Der Schwanzreflex ist nur sehr schwach ausgeprägt. Die Antennen bewegen sich nur geringfügig. Die Tiere kommen bei Tageslicht aus ihren Verstecken.

### **4. Phase:**

torkelnde Tiere - Dieses Verhalten ist typisch für das Endstadium der Krebspest. Die Krebse fallen um und richten sich danach wieder auf. Sie haben Probleme bei der Koordination und der Balance. Die Gliedmaßen und Scheren kratzen sich gegenseitig und kneifen in Beine und Schwanzfächer.

### **5. Phase:**

erschöpfte Tiere - Die Krebse liegen auf dem Rücken oder auf der Seite und haben nicht die Kraft sich aufzurichten. Sie sind zu schwach um sich zu kratzen oder zu kneifen. Die sporadisch auftretenden Bewegungen gleichen „Winkbewegungen“. Es treten Lähmungen einzelner Gliedmaßen auf.

### **6. Phase:**

naher Tod - Die Tiere sind außerordentlich schwach. Beim Hochheben der Krebse hängen ihre Extremitäten schlaff herunter. Selbst wenn die Tiere angestupst werden zeigen sie keine Reaktion.

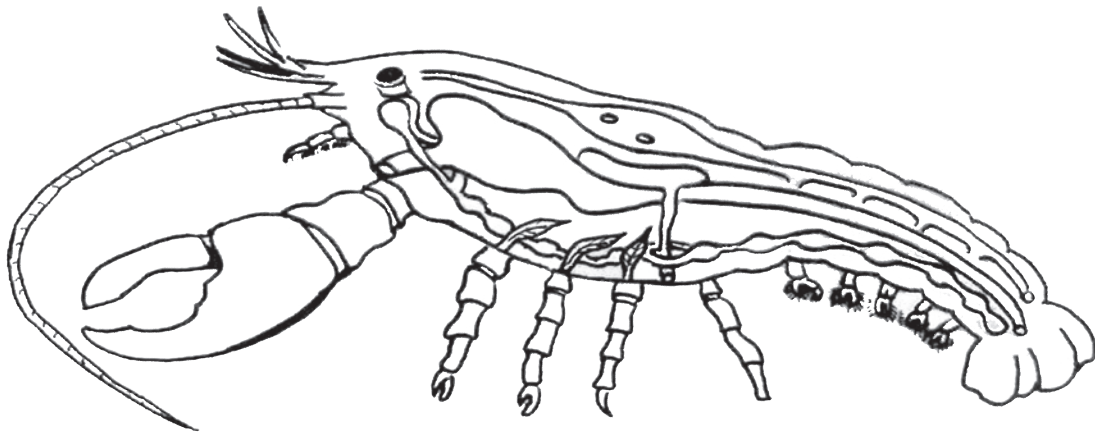
### **7. Phase:**

Tod - Verendete Krebse werden häufig in Rückenlage aufgefunden.

Aufgrund von Sekundärinfektionen, denen die stark geschwächten Tiere schutzlos ausgeliefert sind, kommt es zu starken Zuckungen und Krämpfen, einzelne Gliedmaßen können abfallen, da die Pilzhyphe auch die Gelenkhäute angreifen.

---

<sup>4</sup> entnommen aus: Culas, Annabelle: Entwicklung einer molekularbiologischen Methode zum Nachweis des Krebspesterreger *Aphanomyces astaci* SCHIKORA in nordamerikanischen Flusskrebse (Pacifastacus leniusculus; Orconectes limosus; Procambarus clarkii)



Zeichnung: Sandra Hill

## Äußerer und innerer Körperbau eines Flusskrebse

Neben den mächtigen Scheren fällt bei der Betrachtung eines Flusskrebse zunächst sein schützender Panzer auf. Dieser besteht aus Chitin und Kalk. Er schützt den Krebs vor Verletzungen, da er eine sehr große Festigkeit aufweist. Außerdem gibt er dem Krebs eine feste Form. Bei den Wirbeltieren wird dies durch das Skelett erreicht. Krebse haben aber weder eine Wirbelsäule noch ein Innenskelett. Beim Krebspanzer spricht man daher auch von einem Außenskelett. Der Krebskörper lässt sich in zwei Abschnitte unterteilen: Kopf-Brustteil und Hinterleib. Der Kopf-Brustteil wird von einem großen Panzelement (*Carapax*) abgedeckt. Am Kopf befinden sich zwei Fühlerpaare, mit denen der Krebs seine Umgebung ertasten und riechen kann. Sie dienen - wie die Augen - der Erfassung der Beute. Flusskrebse besitzen gestielte Facettenaugen, die bei Gefahr eingezogen werden können. Aufgrund der Beweglichkeit der Facettenaugen haben die Krebse ein Gesichtsfeld von nahezu 360°. Am Kopf-Brustteil befinden sich fünf Paar gegliederte Laufbeine. Das erste Laufbeinpaar dient jedoch nicht der Fortbewegung. Es ist stattdessen zu zwei mächtigen Scheren ausgebildet. Diese Scheren dienen vor allem der Verteidigung. Außerdem können große Beutestücke hiermit gepackt werden. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass auch die nächsten beiden Laufbeinpaare Scheren besitzen. Die Beinpaare zwei bis fünf dienen im Wesentlichen der Fortbewegung. Die Beinpaare zwei und drei dienen darüber hinaus der Nahrungsaufnahme. Mit den kleinen Scheren dieser beiden Beinpaare führt der Flusskrebs die Nahrung zum Mundbereich. Am Hinterleib befinden sich fünf Schwimmbeinpaare. Der Flusskrebs schwimmt hiermit allerdings nicht. Eine Schwimmbewegung kann der Krebs aber mit Hilfe seines Hinterleibs durchführen. Hierbei schlägt er seinen Schwanzfächer kräftig gegen seinen Bauch um schnell rückwärts zu schwimmen.

Der Krebs atmet mit Hilfe von Kiemen, welche an der Basis der Laufbeinpaare unter dem Kopf-Brustpanzer liegen. Der aufgenommene Sauerstoff gelangt dann in das offene Blutgefäßsystem. Das Herz der Krebse befindet sich in der Rückenregion des Körpers, das Strickleiternnervensystem liegt auf der Bauchseite. Unterhalb des Herzens befinden sich die inneren Teile der Geschlechtsorgane.

## Innerer Aufbau eines Flusskrebse

---

Ordne die untenstehenden Organe/Organsysteme der Zeichnung zu, indem du diese gemäß den Angaben farbig markierst!

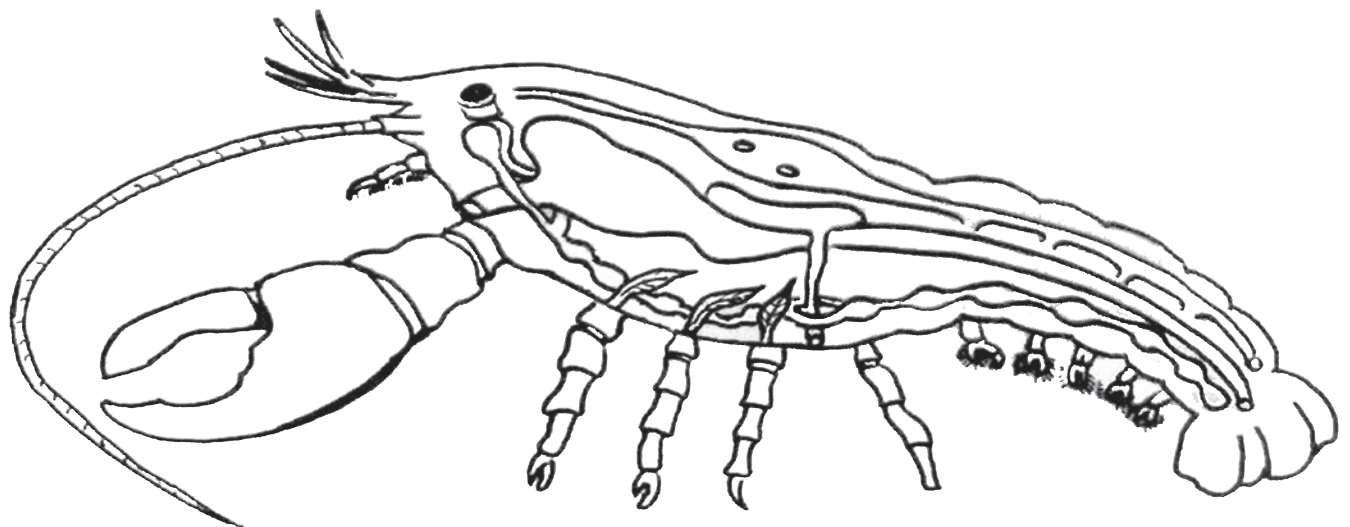
Herz: rot

Verdauungssystem: grün

Nervensystem: gelb

Geschlechtsorgan: braun

Kiemen: blau



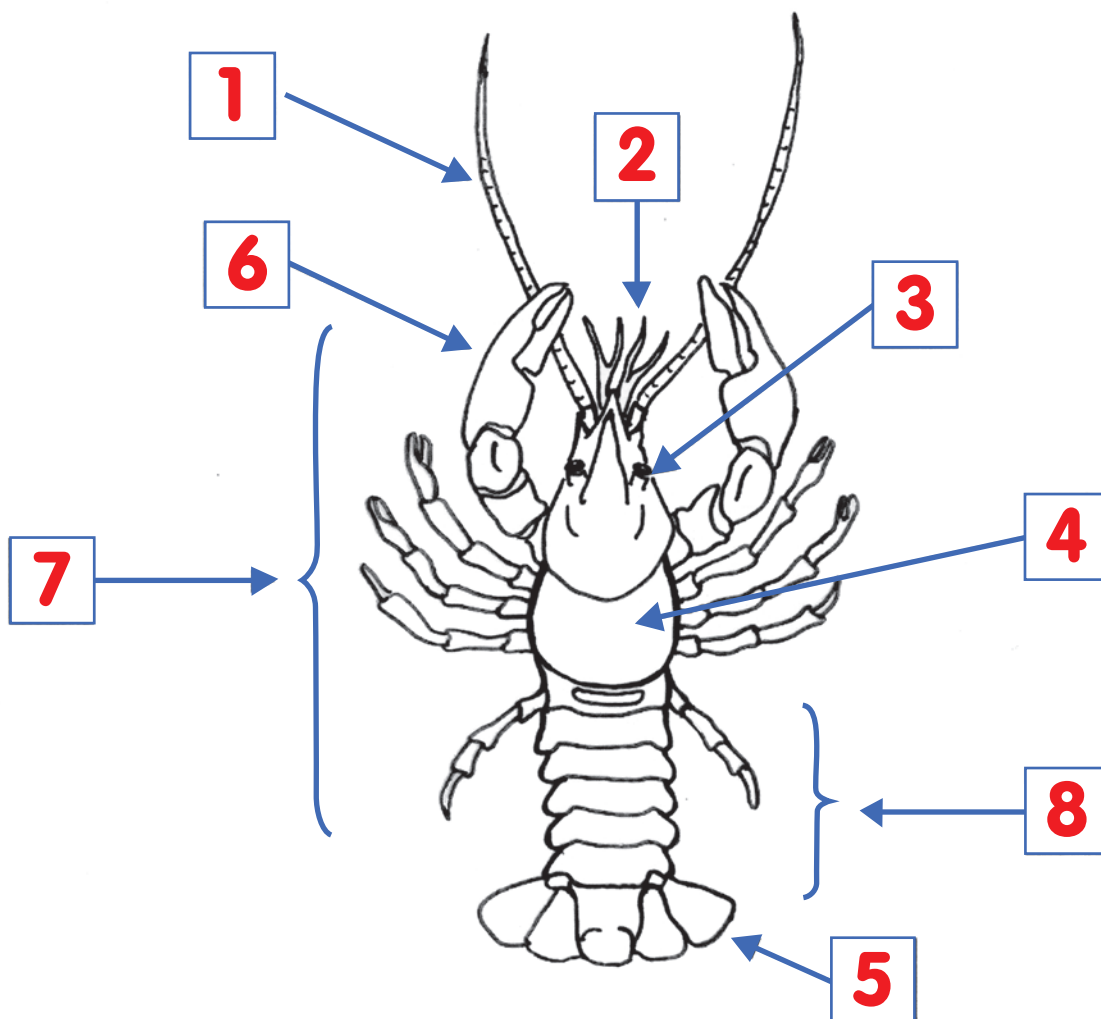
Zeichnung: Sandra Hill



## Äußerer Aufbau eines Flusskrebsses

Erläutere den äußeren Aufbau eines Flusskrebsses, indem du den Ziffern die entsprechenden Begriffe zuordnest!

<b>1</b>	erstes Fühlerpaar	<b>5</b>	Schwanzfächer
<b>2</b>	zweites Fühlerpaar	<b>6</b>	erstes Laufbeinbahnpaar ( <i>Scheren</i> )
<b>3</b>	Stielaugen	<b>7</b>	Laufbeinpaare 2-5
<b>4</b>	Kopfbrustteil	<b>8</b>	Hinterleib



## Die Polymerase-Kettenreaktion

Die Polymerase-Kettenreaktion (*englisch Polymerase Chain Reaction, PCR*) ist eine Methode, um die Erbsubstanz DNA *in vitro* zu vervielfältigen. Dazu wird ein Enzym verwendet, die DNA-Polymerase. Der Begriff „Kettenreaktion“ beschreibt in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die Produkte vorheriger Zyklen als Ausgangsstoffe für den nächsten Zyklus dienen und somit eine exponentielle Vervielfältigung ermöglichen.

Die PCR wird in biologischen und medizinischen Laboratorien für eine Vielzahl verschiedener Aufgaben verwendet, zum Beispiel für die Erkennung von Erbkrankheiten und Virusinfektionen, für das Erstellen und Überprüfen genetischer Fingerabdrücke, für das Klonieren von Genen und für Abstammungsgutachten. Die PCR zählt zu den wichtigsten Methoden der modernen Molekularbiologie und viele wissenschaftliche Fortschritte auf diesem Gebiet (z. B. *im Rahmen des Humangenomprojekts*) wären ohne diese Methode nicht denkbar gewesen.

PCR wird eingesetzt, um einen kurzen, genau definierten Teil eines DNA-Strangs zu vervielfältigen. Dabei kann es sich um ein Gen oder auch nur um einen Teil eines Gens handeln oder auch um nicht-kodierende DNA-Sequenzen.

In ihren momentanen Anwendungsgebieten benötigt PCR mehrere grundlegende Komponenten.

### Diese sind:

- Die Original-DNA, die den zu vervielfältigenden Abschnitt enthält (*Template*)
- Zwei Primer, um auf den beiden Einzelsträngen der DNA jeweils den Startpunkt der DNA-Synthese festzulegen, wodurch der zu vervielfältigende Bereich von beiden Seiten begrenzt wird.
- DNA-Polymerase, die bei hohen Temperaturen nicht zerstört wird, um den fest gelegten Abschnitt zu replizieren (*kopieren*) (z. B. *Taq-Polymerase, gewonnen aus hitzeresistenten Bakterien, welche in Geysiren leben*)
- Desoxyribonucleosidtriphosphate, die Bausteine für den von der DNA-Polymerase synthetisierten DNA-Strang
- $Mg^{2+}$ -Ionen, für die Funktion der Polymerase essentiell Pufferlösungen, die eine für die DNA-Polymerase geeignete chemische Umgebung sicherstellen.

## Ablauf einer PCR

---

Der PCR-Prozess besteht aus einer Anzahl von 12–50 Zyklen, die in einem Thermocycler durchgeführt werden. Die folgenden Angaben sind als Richtwerte gedacht. Meist muss eine PCR auf die spezifische Reaktion hin optimiert werden. Jeder Zyklus besteht aus drei Schritten (siehe Abbildung unterhalb):

- **Denaturierung (Melting, Schmelzen):** Zunächst wird die doppelsträngige DNA auf 94–96 °C erhitzt, um die Stränge zu trennen. Die Wasserstoffbrückenbindungen, die die beiden DNA-Stränge zusammenhalten, werden aufgebrochen. Im ersten Zyklus wird die DNA oft für längere Zeit erhitzt (*Initialisierung*), um sicherzustellen, dass sich sowohl die Ausgangs-DNA als auch die Primer vollständig voneinander getrennt haben und nur noch Einzelstränge vorliegen. Manche (so genannte *hot start*-) Polymerasen müssen durch eine noch längere anfängliche Erhitzungs-Phase (bis zu 15 Minuten) aktiviert werden. Danach wird schnell auf 65°C abgekühlt um die Rückbildung der Doppelhelix zu verhindern.
- **Primerhybridisierung (primer annealing):** Die Temperatur wird ca. 30 Sekunden lang auf einem Wert gehalten, der eine spezifische Anlagerung der Primer an die DNA erlaubt. Die genaue Temperatur wird hierbei durch die Länge und die Sequenz der Primer bestimmt (bzw. der passenden Nukleotide im Primer, wenn durch diese Mutationen eingeführt werden sollen = *site-directed mutagenesis*). Wird die Temperatur zu niedrig gewählt, können sich die Primer unter Umständen auch an nicht-100%-komplementären Sequenzen anlagern und so zu unspezifischen Produkten („Geisterbanden“) führen. Wird die Temperatur zu hoch gewählt, ist die thermische Bewegung der Primer u. U. so groß, dass sie sich nicht richtig anheften können, so dass es zu gar keiner oder nur ineffizienter Produktbildung kommt. Die Temperatur, welche die beiden oben genannten Effekte weitgehend ausschließt, liegt normalerweise 5-10 °C unter dem Schmelzpunkt der Primersequenzen; dies entspricht meist einer Temperatur von 55–65 °C.
- **Elongation (Extending, Polymerisation, Verlängerung, Amplifikation):** Schließlich füllt die DNA-Polymerase die fehlenden Stränge mit freien Nukleotiden auf. Sie beginnt am 3'-Ende des angelagerten Primers und folgt dann dem DNA-Strang. Der Primer wird nicht wieder abgelöst, er bildet den Anfang des neuen Einzelstrangs. Die Temperatur hängt vom Arbeitsoptimum der verwendeten DNA-Polymerase ab (68–72 °C). Dieser Schritt dauert etwa 30 Sekunden je 500 Basenpaare, variiert aber in Abhängigkeit von der verwendeten DNA-Polymerase. Übliche Thermocycler kühlen die Reaktionsansätze nach Vollendung aller Zyklen auf 4–8 °C, so dass eine PCR am Abend angesetzt werden kann und die Proben am Morgen darauf weiter verarbeitet werden können.

Im ersten Zyklus entstehen pro DNA-Ausgangsdoppelstrang 2 DNA-Stränge, welche im Bereich der Zielsequenz doppelsträngig sind. Nach dem Schmelzen am Anfang des zweiten Zyklus stehen dadurch die beiden ursprünglichen DNA-Einzelstränge und zwei am 3'-Ende überlange Einzelstränge zur Verfügung. Dies ist damit zu erklären, dass lediglich ein Startpunkt (*Primer*), nicht aber ein Endpunkt exakt festgelegt ist.

Der Abbruch der Strangsynthese erfolgt dabei spätestens durch die Strangtrennung im folgenden Denaturierungsschritt. Im zweiten Zyklus stehen die eingesetzte DNA sowie die gerade gebildeten

DNA-Stränge zur Verfügung. An Ersterer erfolgt derselbe Prozess wie im ersten Zyklus. An die neu gebildeten DNA-Einzelstränge, welche an 3' bereits dort enden wo sie sollen, lagern sich nun wieder Primer in der 3'-Region an. Die nun gebildeten Stränge haben auch keinen 3'-Überhang, da das Template am 5' Ende bereits richtig endet (*durch erste Syntheserunde und ersten Primer*). Am Ende des zweiten Zyklus stehen damit erstmals unmittelbar Produkte der gewünschten Länge zur Verfügung. In den folgenden Zyklen vermehren sich die gewünschten Produkte exponentiell (*da sie selbst als Matrize für weitere Strangsynthesen dienen*), während die ungewünschten langen Produkte (*siehe Produkte des ersten Zyklus*) nur linear ansteigen (*nur eingesetzte DNA dient als Matrize*). Dies ist der theoretische Idealfall, in der Praxis fallen zudem in geringem Maße auch kürzere Fragmente als die gewünschte Ziel-DNA an. Diese kurzen Fragmente häufen sich vor allem in den späten Zyklen an, wodurch meist nur etwa 30 Zyklen durchlaufen werden, um insgesamt vorwiegend DNA der gewünschten Länge und Sequenz zu erhalten.

(Text entnommen und verändert aus: <http://de.wikipedia.org/wiki/Polymerase-Kettenreaktion>)

---

Kopiervorlage 7: Vertiefungsaufgabe zur PCR mit konkretem Bezug zum Thema „*Aphanomyces astaci*“

Im Jahre 2003 veröffentlichte Annabelle Curas ihre Dissertation, im Rahmen derer sie eine Methode zum Nachweis des Krebspestereggers ***Aphanomyces astaci*** entwickelte. Ein wichtiger Teil des Nachweisverfahrens besteht darin, ***Aphanomyces astaci*** zu identifizieren, indem ein bestimmter Teil seiner DNA selektiert, isoliert und amplifiziert wird. Dies erfolgt mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion.

**Die Sequenz des gesuchten Abschnitts lautet:**

5' GCT TGT GCT GAG GAT GTT CT.....CA GAA TGC GGA GTC GGA TAG 3'

3' CGA ACA CGA CTC CTA CAA GA.....GT CTT ACG CCT CAG CCT ATC 5'

**Aufgaben:**

- 1) Bestimmen und benennen Sie die für die Durchführung einer PCR notwendigen Primer!
- 2) Stellen Sie zeichnerisch dar, wie die Hybridisierung der Primer an der DNA der Pilzes erfolgt! Achten Sie hier insbesondere auf die Leserichtung.
- 3) Beschreiben Sie den Vorgang der PCR unter Verwendung der wichtigen Termini!
- 4) Welche Bedeutung hat die Taq-Polymerase? Woher stammt diese?

**Viel Erfolg!**

## Lösung zur Kopiervorlage 7, Aufgabe 1:

---

Primer 1: CTA TCC GAC TCC GCA TTC TG

Primer 2: GCT TGT GCT GAG GAT GTT CT



## **Auszug aus dem Vorwort: Der Edelkrebs. Gefährdung der heimischen Fauna durch Neozoen am Beispiel des Edelkrebses. Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe I.**

Der in historischer Zeit in nahezu allen Gewässern Nordrhein-Westfalens zu findende Edelkrebs ist heute eine vom Aussterben bedrohte Tierart. Er ist damit eines der erschreckendsten Beispiele dafür, welche Gefahren für die heimische Natur mit dem Aussetzen nicht heimischer Tiere und Pflanzen verbunden sein können.

Das Edelkrebsprojekt NRW hat sich zum Ziel gemacht, eine möglichst breite Öffentlichkeit auf diese Problematik aufmerksam zu machen, wobei eine besondere Aufmerksamkeit Kindern und Jugendlichen gilt. [...]

Vorüberlegungen zur Thematik „Neozoen heimischer Ökosysteme“ und zum Unterrichtsgegenstand „Flusskrebse“

Die durch gebietsfremde Tier- und Pflanzenarten (*Neobiota*) verursachten Probleme rücken immer stärker in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Die Fachwissenschaft nennt diese neu eingewanderten Tierarten Neozoen, die neu eingewanderten Pflanzen Neophyten. Von großer Bedeutung für das Vordringen dieser Arten in ihre neuen Lebensräume sind die immer zahlreicher und schneller werdenden Transportwege, auf denen menschliche Verkehrsgüter transportiert werden. Die wissenschaftliche Definition der Neobiota umfasst daher alle Arten, die seit der Entdeckung Amerikas 1492 ihren neuen Lebensraum besiedelt haben.

Viele dieser Neobiota stellen kein Problem für die heimische Flora und Fauna dar. Problematisch wird es aber, wenn sich diese Arten stark vermehren und so heimische Lebensgemeinschaften schädigen oder bedrohen. Wenn dies geschieht, spricht man von einer Floren- oder Faunenverfälschung, die Spezies verhalten sich dann invasiv.

Die oftmals nahezu ungebremste Verbreitung der „Neubürger“ kann zu einer Verdrängung heimischer Arten, der Übertragung von Krankheiten auf heimische Arten, Schäden in Land- und Forstwirtschaft sowie Gesundheitsschäden beim Menschen führen. Eine besonders hohe Aufmerksamkeit der Medien erhielt in den letzten Jahren der Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*), welcher beim Menschen starke Verbrennungen verursachen kann.

### **Beispiele für Neobiota unserer Breiten sind: (s. Seite 22)**

---

<sup>5</sup> Neozoen. Newsletter der Universität Rostock, Nr. 1, 1997, S. 4.

<sup>6</sup> Purves, Sadava, Orians Heller: Biologie. Deutsche Übersetzung herausgegeben von Jürgen Markl. München: Spektrum Akademischer Verlag 2006.

<sup>7</sup> Thorsten Bisschopinck & Dr. Harald Groß: Neobiota. Über die Probleme mit eingeschleppten Pflanzen und Tieren. Edelkrebsprojekt NRW (Hrsg.). Bad Münstereifel 2004.

Neozoen	Neophyten
Amerikanischer Ochsenfrosch ( <i>Rana catesbeiana</i> )	Beifußblättrige Ambrosie ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> )
Biberratte/Nutria ( <i>Myocastor coypus</i> )	Japanischer Staudenknöterich ( <i>Fallopia japonica</i> )
Chinesische Wollhandkrabbe ( <i>Eriocheir sinensis</i> )	Kartoffel ( <i>Solanum tuberosum</i> )
Dreikantmuschel ( <i>Dreissena polymorpha</i> )	Kanadische Pappel, ( <i>Populus canadensis</i> )
Halsbandsittiche ( <i>Psittacula krameri</i> )	Riesen-Bärenklau ( <i>Heracleum mantegazzianum</i> )
Waschbär ( <i>Procyon lotor</i> )	Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )

Die oben dargestellte Auswahl zeigt, dass es sich bei Neobiota keineswegs immer um ökologisch problematische Arten handelt. Viele dieser Spezies gelten als ökologisch völlig unproblematisch und sind (*Kartoffel, Tomate, Körbchenmuschel*) Teil unserer Flora und Fauna (*und manchmal auch unseres Speiseplans*). Im Rahmen der Behandlung des Themas im Unterricht sollte denn auch darauf geachtet werden, dass die Problematik differenziert betrachtet wird. Die Schüler und Schülerinnen sollten erkennen, dass die Berichterstattung hinsichtlich dieses Themas oft sehr emotional und spektakulär gestaltet ist. Gute Beispiele hierfür nennt KOWARIK (2003). So wird oftmals äußerst emotional die Ausrottung neuer Spezies gefordert, die Ausbreitung einer neuen Art wird mit militärisch anmutenden Begrifflichkeiten geschmückt (*Vormarsch, Feldzug*).

Die Bewertung einer gebietsfremden Art ist vom Einzelfall abhängig. Fest steht jedoch, dass Neobiota oftmals große ökologische Probleme verursachen.

<sup>8</sup> Ingo Kowarik: Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Stuttgart: Ulmer 2003.

## Literatur:

---

McEuen, Paul: Spiral. S.Fischer Verlag. Frankfurt am Main. 2010.

Culas, Annabelle: Entwicklung einer molekularbiologischen Methode zum Nachweis des Krebspesterregers *Aphanomyces astaci* SCHIKORA in nordamerikanischen Flusskrebse (Pacifastacus leniusculus; Orconectes limosus; Procambarus clarkii)

Hill, A.; Groß, H; Burk, C.: Der Edelkrebs. Gefährdung der heimischen Fauna durch Neozoen am Beispiel des Edelkrebses. Bad Münstereifel. Edelkrebsprojekt NRW 2008

<http://de.wikipedia.org/wiki/Polymerase-Kettenreaktion> (letzter Abruf: 26.06.2011)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Exzellente\\_Artikel](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Exzellente_Artikel) (letzter Abruf: 26.06.2011)

<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/4589.htm> (letzter Abruf: 14.06.2011)

## Impressum

---

### Herausgeber:

Edelkrebsprojekt NRW  
Neustraße 7, 53902 Bad Münstereifel

**Autor:** Alois Hill

**Layout:** Grafikbüro Franke, Mechernich

**Bildnachweise:** Titelseite: Edelkrebs (Ch. Lukhaup)  
Rückseite: Signalkrebs mit Melaninverfärbungen (H. Groß)  
Flusskrebs mit verpilztem Auge (F. Kremer)  
Durch die Krebspest verendete Flusskrebse (F. Kremer)

**Zeichnungen:** Sandra Hill

**Kontakt:** [info@edelkrebsprojekt nrw.de](mailto:info@edelkrebsprojekt nrw.de)

**Stand:** Dezember 2012

Gefördert durch die Stiftung für Umwelt und Entwicklung Nordrhein-Westfalen.



*Die Software mit den interaktiven Tafelbildern ist im Downloadbereich verfügbar.*

---

Wichtiger Hinweis: Bei der hier vorliegenden Unterrichtskonzeption handelt es sich um eine Entwurfsfassung. Diese wird den an der Evaluation teilnehmenden LehrerInnen zwecks Anwendung und Evaluation zur Verfügung gestellt. Eine Weitergabe dieser Entwurfsfassung an Dritte ist vom Autor ausdrücklich nicht erwünscht.

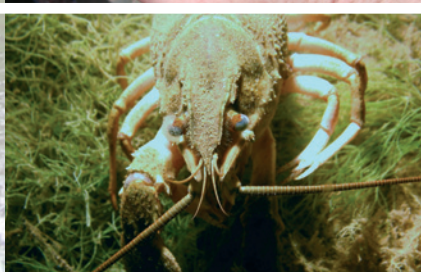
Das Werk und seine Teile sind gemäß § 2 UrhG urheberrechtlich geschützt. Die Kopiervorlagen dürfen für den eigenen Unterrichtsgebrauch in der jeweils benötigten Anzahl vervielfältigt werden. Jede Nutzung außerhalb des Unterrichts an Schulen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung der Autoren.





# Der Edelkrebs

**Molekularbiologie in der Ökologie -  
Die PCR als Methode zum Nachweis  
des Krebspesterregers *Aphanomyces astaci*  
bei Flusskrebsen**



Ein Unterrichtsmodell für die Sekundarstufe II