

## Kurs 3 – Molekulare Genetik

Man kann nicht alles durch die Gene erklären, denn es gibt z. B. kein Gen fürs Lachen. Gelacht haben wir im Genetik-Kurs fast immer. Das lag sowohl an allen Kursteilnehmern (inklusive Leiter) als auch an den sprachlichen Verwicklungen, die sich ergeben haben, wenn wir „engländischerisch“ gesprochen haben. Denn die Chemie untereinander hat bei uns von Anfang an gepasst, obwohl wir im Genetik-Kurs waren (und nicht in Chemie). Natürlich haben wir auch ab und zu gearbeitet und wenn Sie erfahren wollen, was Lichtschalter mit Genregulation, Kartoffelernten mit Bakterienkulturen und Süßigkeiten mit der DNA zu tun haben, dann sind Sie in unserer Dokumentation genau richtig.



Unser Kurs-Maskottchen, der T4-Phage

### Mord in Adelsheim

MICHAEL PASCHER, PAUL-PHILIPP  
WARTH, ANNA FABER

Während andere Kurse sich mit Sternbildern, Kaffee oder mit der Frage nach der Wirklichkeit beschäftigten, ereignete sich etwas Schreckliches auf unserem Campus. Eine Leiche wur-

den vor unserem Genetik-Raum aufgefunden. Für unseren Genetik-Kurs war es eine Selbstverständlichkeit, dem Mörder auf die Schliche kommen zu wollen. Um dieses Vorhaben zu verwirklichen, konnten wir auf das Biolab und das Wissen unserer Kursleiter zurückgreifen.



Der Tatort, an dem die Leiche gefunden wurde gibt viele Spuren preis

Zum Lösen dieses Falls mussten wir zunächst den Tatort gründlich untersuchen. Und tatsächlich, in der Nähe des Opfers konnten wir Zigarettenstummel, Hautreste unter den Fingernägeln des Opfers und Blutspuren sicherstellen. In den nächsten Tagen wurden Speichelproben von drei Verdächtigen genommen.

Nun hatten wir alle nötigen Materialien und konnten im Biolab beginnen, den Täter zu überführen. Hierzu mussten wir zunächst die in den Proben befindliche DNA isolieren.

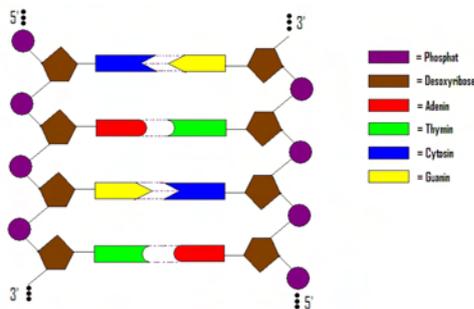
Doch was ist DNA überhaupt?

### Aufbau der DNA

Die DNA (Desoxyribonucleinsäure) befindet sich in unseren Zellen im Zellkern. Bei Lebewesen ohne Zellkern ist die DNA frei im Zellplasma vorhanden, zum Beispiel in Bakterien.

Die DNA besteht aus Nucleotiden. Nucleotide selbst sind aus einem Phosphat, einem Zucker-

molekül (Desoxyribose) und einer Base aufgebaut. Insgesamt weist die DNA vier unterschiedliche Basen auf. Man nennt sie Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin. Jeweils zwei Basen sind komplementär. Das heißt, dass diese sich zu einem Basenpaar ergänzen. So sind Adenin und Thymin komplementär und werden durch zwei Wasserstoffbrücken verbunden. Guanin und Cytosin bilden ebenfalls ein Basenpaar und bilden 3 stabilisierende Wasserstoffbrücken.



Die DNA ist aus Basen, Phosphat und Zuckermolekülen aufgebaut

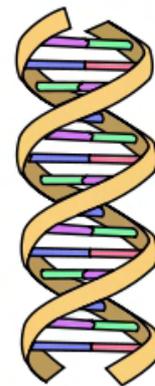
Doch um die komplizierte DNA-Struktur besser nachvollziehen zu können, stellten wir ein Modell der DNA her. Dieses bestand fast ausschließlich aus Süßigkeiten. Schokowaffeln und Orangentaler dienten uns als Zucker-Phosphat-Rückgrat. Unsere vier Basen bestanden aus Apfelfringen und Keksen. Als Wasserstoffbrücken mussten Kerzen erhalten.



DNA ist nicht nur spannend zu erforschen, sondern manchmal auch lecker

Der einzige Nachteil dieser zweidimensionalen Ausgabe der DNA war, dass man die dreidimensionale Doppelhelixstruktur nicht gut erkennen konnte. Diese Struktur schützt vor mechanischen und chemischen Einwirkungen.

Die Doppelhelix besteht aus zwei Strängen,



Die dreidimensionale Struktur der DNA ist eine Doppelhelix

die gegenläufig sind. Auf Grund der Komplementarität der Basen ist der 5'3'-Strang das Gegenstück zum 3'5'-Strang.

Diese Basenkomplementarität ist im Falle einer fehlenden oder zerstörten Base sehr günstig, da man sicher weiß, welche Base fehlt. Auch beim Vervielfältigen der DNA, der Replikation, hat diese Eigenschaft deutliche Vorteile, denn so können zu beiden Strängen die jeweiligen Gegenstücke ergänzt werden.

Unser Körper ist so komplex aufgebaut, dass es schon fast nicht mehr begreifbar ist, dass alle Informationen, die zum Aufbau eines Lebewesens nötig sind, auf der DNA liegen.

Noch erstaunter ist man, wenn man erfährt, dass nur 3% der DNA aus Exons bestehen, also Teile der DNA, deren Basensequenzen für Proteine kodieren. Der Rest, die sogenannten Introns, machen ganze 97% der DNA aus. Doch auch sie sind nicht als „Genmüll“ zu bezeichnen, denn sie könnten eine Rolle in der Genregulation spielen.

## PCR (Polymerase Chain Reaction)

Da nun der Aufbau der DNA geklärt wurde, können wir uns wieder unserem Mordfall widmen. Dabei müssen wir jedoch zuerst bestimmte Abschnitte auf der DNA finden, die bei jedem Menschen sehr unterschiedlich sind. Damit lassen sich Gene für Haar-, Augenfarbe und auch alle anderen Gene ausschließen. Exons sind also unbrauchbar, da sie bei scheinbar grö-

ßeren äußerlichen Unterschieden nahezu identisch sind. So kommen nur noch Abschnitte auf den Introns in Frage. Dort kommen die sogenannten Short tandem repeats (kurz: STR-Gene) vor. Das sind Abschnitte auf denen sich Basensequenzen von zwei oder drei verschiedenen Basen ständig wiederholen, zum Beispiel: ATCATCATC. Diese Basen werden bei jedem Menschen unterschiedlich oft wiederholt.

Die Frage ist nun allerdings: „Wie bekommen wir genau diese Abschnitte aus dem langen DNA-Strang heraus?“ Außerdem ist zu klären, wie man genau diese Abschnitte vervielfältigen kann.



Zuerst überlegten wir uns, wie man die natürliche Replikation imitieren kann. Um an die zu kopierende DNA zu gelangen, verwenden Zellen bestimmte Enzyme, die Helicasen. Diese öffnen das Zucker-Phosphat-Rückgrat der DNA und lösen die Wasserstoffbrücken zwischen den Basen. Dieses Prinzip konnte man jedoch nicht bei der künstlichen Replikation anwenden, da die Helicasen auch unkontrolliert schneiden. Also nutzten wir Hitze, um die sehr schwachen Wasserstoffbrücken zu lösen und die Basen zum Kopieren zugänglich zu machen.

Für das Kopieren selbst sind wiederum andere Enzyme, die DNA-Polymerasen, notwendig, doch auch hier gab es ein neues Problem. Wie viele andere Enzyme arbeitet die menschliche Polymerase nur bei bestimmten Temperaturen. Nach dem Erhitzen der DNA war das Arbeiten damit einfach nicht mehr möglich. Die Antwort auf dieses Problem fand Kary Mullis, als er entdeckte, dass auch Leben in Geysiren (50–100 °C Wassertemperatur) existiert. Er isolierte schließlich die Polymerase aus einem

Bakterium namens *Thermus-Aquaticus*, das in solchen Geysiren lebt, und gab ihr nach dem Ursprungsbakterium den Namen Taq-Polymerase. Um nur einen bestimmten Abschnitt auf dem gesamten DNA-Strang zu erhalten, benötigt man Startblöcke für die Polymerase, sogenannte Primer. Die Primer lagern sich vor den zu kopierenden Abschnitten an die Basen an und was zur Folge hat, dass die Polymerase mit ihrer Arbeit beginnen kann.

Nachdem die Taq-Polymerase dann einmal am Strang entlanggelaufen ist, erhält man zwei Doppelstränge, die jeweils einen normalen und einen verkürzten Strang enthalten. Nach dem ersten Zyklus folgt ein zweiter, bei dem nun aus den zwei Doppelsträngen 4 neue Doppelstränge hergestellt werden. Dabei lagern sich die Primer erneut an und es wird noch einmal synthetisiert. Anschließend hat man dann schon bei zwei Doppelsträngen jeweils einen Strang der rein aus dem zu kopierenden Abschnitt besteht. Diesen Zyklus wiederholt man nun circa 30-mal, bis man dann also  $2^{30}$  Stränge erhält. Darunter sind zum größten Teil die benötigten Short tandem repeats, aber auch noch die zwei Ursprungsstränge und ein paar verkürzte Stränge, die aufgrund ihrer geringen Menge zu vernachlässigen sind.

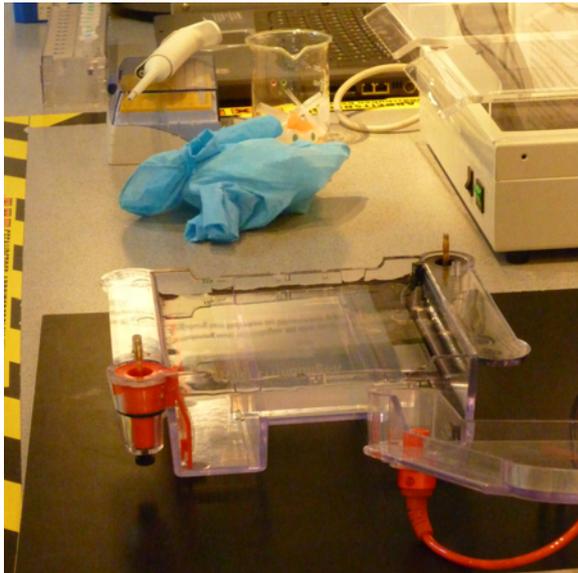
Zusammenfassend kann man den PCR-Zyklus in drei Phasen gliedern:

- „Denaturation“ bei 95 °C: Erhitzen der Stränge um Wasserstoffbrücken zu lösen
- „Annealing“ bei 55 °C: Anlagerung der Primer
- „Extension“ bei 74 °C: Verlängerung durch Taq-Polymerase

In 30 Minuten erreicht man dabei die gewünschten 30 Zyklen.

### Gelelektrophorese

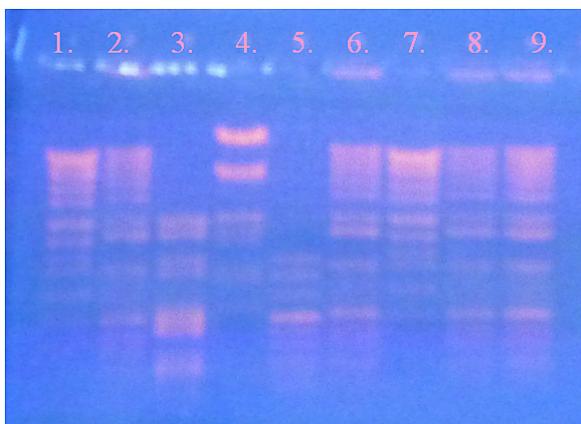
Nachdem wir die DNA in gewünschter Länge und Menge zur Verfügung hatten, konnte wir nun die Gel-Elektrophorese durchführen. Bei dieser werden zuerst die einzelnen Proben in bestimmte Taschen eines Gels eingefügt. An dieses Gel wird eine Spannung angelegt.



Unsere Agarose-Gelelektrophorese im BioLab

Dabei befindet sich der Minuspol bei den Taschen, der Pluspol auf der anderen Seite des Gels. Da die DNA negativ geladen ist, wandert sie in Richtung des Pluspols. Bei der Gelelektrophorese wandern die einzelnen DNA Stückchen unterschiedlich weit. Größere kommen wegen dem größeren Widerstand nicht so weit wie kleinere Stücke mit geringerem Widerstand.

Da die von uns vervielfältigten Stücke bei jedem Menschen eine unterschiedliche Länge haben, ergibt sich nun für jeden Menschen ein anderes Bandenmuster: Sein genetischer Fingerabdruck. Nun mussten wir nur noch die Bandenmuster der Spuren am Tatort mit den Proben der Verdächtigen auf Übereinstimmung vergleichen.



Wer ist wohl der Täter? – Der genetische Fingerabdruck kann Antwort geben.

Und tatsächlich, einer der Verdächtigen hatte dasselbe Bandenmuster wie drei der am Tatort gefundene Spuren, was bedeutet, dass diese von ihm stammen. So lag der Verdacht nahe, dass er der Mörder von Adelsheim war.

## Das BioLab – ein Genlabor auf Rädern

CLARA BULTMANN

Das „BioLab on Tour“ ist ein fahrbares Genlabor der Sicherheitsstufe S1 (niedrigste Sicherheitsstufe), das normalerweise Schulen in Baden-Württemberg besucht.



Hier durften wir an vier Vormittagen, betreut von zwei laborerfahrenen Biologen, Versuche selbst durchführen, und so die Theorie, die wir schon gelernt hatten, selbst anwenden und ausprobieren.

Die Arbeit begann mit einer Sicherheitsbelehrung. Darin enthalten war unter anderem die korrekte Sicherheitskleidung. Also zogen alle einen weißen Laborkittel und blaue oder grüne Handschuhe an (oder auch von jedem einen) und setzten eine Schutzbrille auf.

Derart geschützt begannen wir mit dem Genetischen Fingerabdruck:

Zuerst war es unsere Aufgabe, DNA aus unseren Mundschleimhautzellen zu isolieren. Die Mundschleimhautzellen schabte immer eine(r) pro Gruppe mit einem Wattestäbchen im Mund ab. Um daraus DNA zu gewinnen, mussten wir als Erstes durch Zentrifugieren mit einer Pufferlösung die Mundschleimhautzellen vom Wattestäbchen lösen. Anschließend lösten wir mit Hilfe einer Isopropanollösung die Zellmembran,

sowie die Membranen des Zellkerns und der anderen Zellorganellen auf. Dadurch erhielten wir ein Gemisch aus DNA und verschiedenen Proteinen.

Dieses Gemisch gaben wir auf einen Filter, der die DNA, aber auch einige der Proteine zurückhielt. Die Proteine lösten wir vom Filter, indem wir ihn mehrfach wuschen. Jetzt mussten wir nur noch die DNA vom Filter lösen. Dies erreichten wir durch Zentrifugieren mit einer Pufferlösung, die einen veränderten pH-Wert hatte. So hatte nach etwa 30 Minuten konzentrierter Arbeit jede Gruppe einen kleinen Tropfen durchsichtiger Flüssigkeit in einem Eppendorfgefäß (Eppi), die, wie man uns versicherte, die DNA des Mundschleimhautzellenspenders enthielt.



Da diese Flüssigkeit aber nur sehr wenig DNA enthielt, mussten wir diese nun vervielfältigen. Hierfür nutzten wir die PCR (engl.: Polymerase Chain Reaction = Polymerase-Kettenreaktion). Das ist ein Verfahren, bei dem die DNA durch DNA-Polymerase (ein Enzym) vervielfältigt. Diese Vervielfältigung läuft in drei Phasen ab: Zuerst wird der DNA-Doppelstrang in zwei Einzelstränge geteilt, dann lagern sich Startblöcke an, die die Polymerase benötigt, um mit dem Kopieren der Einzelstränge zu beginnen und zum Schluss die eigentliche Vervielfältigung der DNA, bei der die Polymerase die Einzelstränge komplementär ergänzt, sodass wieder Doppelstränge entstehen (siehe Abschnitt zur PCR).

Da diese drei Phasen jeweils ganz bestimmte Temperaturen benötigen, verwendeten wir einen LightCycler. Das ist ein Gerät, das dafür sorgt, dass die Proben zu jeder Phase der PCR die richtige Temperatur haben. Die Mengenzu-

nahme der DNA konnten wir am Monitor des LightCyclers beobachten.

Danach führten wir eine Agarose-Gelelektrophorese durch. Dies ist ein Verfahren, bei dem DNA-Stücke in einem elektrischen Feld wandern, und so nach ihrer Größe sortiert werden können. Die DNA-Stücke sind alle negativ geladen und wandern deshalb zum Pluspol des angelegten elektrischen Feldes. Die größeren Stücke haben allerdings einen höheren Widerstand im Gel und bewegen sich deshalb weniger schnell als die kleineren Stücke. Deshalb sind nach einer bestimmten Zeit die kleinen Stücke weiter gewandert als die großen, sodass ein Bandenmuster entsteht.

Dazu mussten wir die isolierte DNA in die Probenaschen (kleine Einschnitte) des Agarose-Gels pipettieren. Ruhige Hände waren bei dieser Aufgabe von großem Vorteil, denn die Taschen des Gels waren ganz schön klein und man musste sehr genau zielen, um die Proben wirklich in die dazugehörige Tasche zu pipettieren. Als die Proben alle an der richtigen Stelle waren, wurde die Gelelektrophorese gestartet.

Als diese fertig war, konnten wir unter UV-Licht die Bandenmuster der DNA-Proben anschauen.

Nach diesem arbeitsreichen ersten Vormittag im BioLab gingen wir direkt zum Mittagessen, denn wir hatten 20 Minuten überzogen und waren dementsprechend hungrig.

Am zweiten und dritten Vormittag beschäftigten wir uns damit, Bakterien genetisch so zu verändern, dass sie einen blauen Farbstoff produzierten. Dazu verwendeten wir Plasmide, das sind kleine DNA-Ringe, die in Bakterien vorkommen. Diese Plasmide schnitten wir mit Hilfe von Restriktionsenzymen auf. Anschließend gaben wir DNA-Moleküle, auf denen ein Gen für einen blauen Farbstoff lag, die in die aufgeschnittenen Plasmide eingefügt wurden. Dann ließen wir das Enzym Ligase die DNA-Stücke wieder zusammenkleben. Zum Schluss wurden die veränderten Plasmide in die Darmbakterien *E. coli* eingeschleust.

Die so veränderten Bakterien gaben wir auf einen Nährboden und ließen sie über Nacht in einem Brutkasten bei 37 °C wachsen.

Am nächsten Morgen konnten wir dann unsere mehr oder weniger blauen Bakterien (denn der Versuch hatte leider nur bei wenigen Gruppen funktioniert) bewundern.

Außerdem stand an diesem Tag noch das Isolieren eines grün fluoreszierenden Proteins (GFP) aus einem Gemisch verschiedener Proteine auf dem Programm. Dabei wurde durch verschiedene Pufferlösungen und Zentrifugieren das Proteingemisch mehr und mehr aufgereinigt, bis wir zum Schluss reines GFP hatten.

Das gereinigte GFP, sowie Proben aus den einzelnen Reinigungsstufen werteten wir anschließend mit Hilfe einer Gelelektrophorese aus. Mit jeder Reinigungsstufe konnte man weniger Banden erkennen, also waren immer weniger verschiedene Proteine in den Proben enthalten.

Wir hatten also vier erlebnisreiche Vormittage im BioLab und haben dort viele interessante Praktika durchgeführt. Doch nicht nur der Genetik-Kurs profitierte vom BioLab, denn das BioLab enthält außerdem Infotafeln zu verschiedenen Anwendungsbereichen und Forschungsmethoden der Gentechnologie und war deshalb an zwei Nachmittagen für alle Akademieteilnehmer geöffnet.

Während unserer Zeit im BioLab waren auch Zeitungsreporter da, allerdings gab hierbei wohl ein Missverständnis: In dem Bericht war nämlich die Rede von „DNA-Zellen“ obwohl alle Zellen DNA enthalten (gemeint waren vermutlich Bakterienzellen).

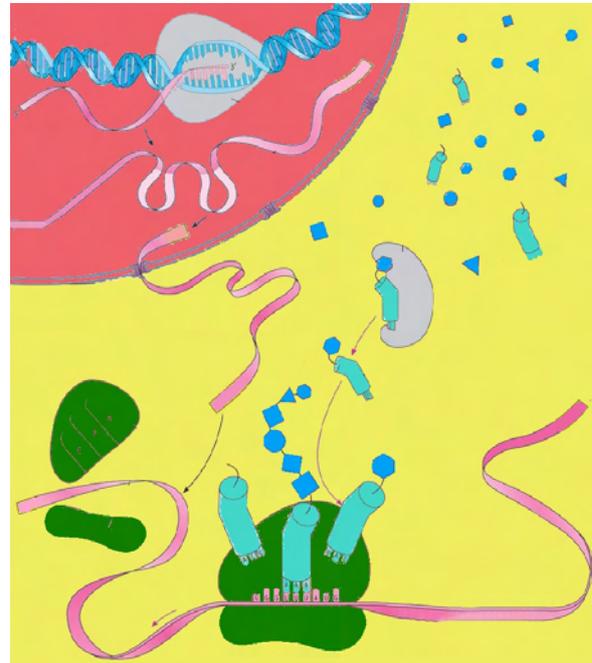
## Wie werden die auf der DNA gespeicherten Informationen umgesetzt?

JONATHAN WALTER, MARCEL HORNING

Für uns war es nicht nur wichtig, den Aufbau der DNA kennenzulernen, sondern wir wollten auch wissen, wie die Information von der DNA zur Blüte kommt, um dort die Farbe zu bestimmen.

Für die rote Färbung ist ein bestimmter Farbstoff verantwortlich. Die „Bauanleitung“ für diesen Farbstoff ist auf der DNA codiert (=gespeichert). Das Produkt ist ein Protein und besteht,

wie alle Proteine, aus Aminosäureketten. Es wird in der sogenannten Protein-Biosynthese hergestellt.



Schematische Darstellung der Proteinbiosynthese

Die eigentliche Protein-Biosynthese (Translation) läuft an den Ribosomen der Zelle ab, das sind kleine Zellorganellen. Die DNA kann den Zellkern jedoch nicht verlassen, um ins Zellplasma zu den Ribosomen zu gelangen. Daher muss im ersten Schritt, der sogenannten Transkription, eine m-RNA angefertigt werden. Die m-RNA dient als transportable Genkopie. Sie ist nur einsträngig, kürzer und damit auch mobiler als die DNA.

Beim Umschreiben der DNA auf die m-RNA durch die RNA-Polymerase (ein spezielles Enzym) werden zudem die Introns (für die Protein-Biosynthese unwichtige Abschnitte) ausgelassen, sodass die m-RNA nur noch codierende Gene, sogenannte Exons beinhaltet.

Die m-RNA verlässt also den Zellkern und gelangt ins Zellplasma zu den Ribosomen. Dort binden in der Translation die t-RNA-Moleküle an die m-RNA. Diese bestehen jeweils aus einem Anticodon (Sequenz von 3 Basen) und einer daran befestigten spezifischen Aminosäure.

Da die Anticodons komplementär zu den Basen-

tripletts der m-RNA sind, kann die Information eindeutig übertragen werden. An den Ribosomen werden die Aminosäuren der t-RNA zu einer langen Kette verbunden. Das heißt, die 21 unterschiedlichen Aminosäuren werden durch die t-RNA in einer bestimmten Reihenfolge angelagert. Die Abfolge der Aminosäuren ist entscheidend für die Funktion des späteren Proteins.

Der Farbstoff ist hiermit fertig.

Ein Protein besteht aus einer Aminosäurekette, die aus 100–30.000 einzelnen Aminosäuren aufgebaut ist. Solche Proteine können auch als Enzyme wirken, welche dann als Biokatalysatoren fungieren und an nahezu allen Prozessen in einem Organismus beteiligt sind, indem sie die Aktivierungsenergie chemischer Reaktionen heruntersetzen.

Doch Proteine sind nicht nur als Enzyme oder Farberzeuger wichtig. Sie sind auch sonst bedeutende Funktionsträger und Baustoffe wie Keratin für den Aufbau von Haut, Haaren, Nägeln, Trypsin und Pepsin zur Verdauung, Kinasen für die Übermittlung von Informationen, für den Sauerstofftransport im Blut Hämoglobin, Serinproteasen dienen der unspezifischen Immunabwehr des Menschen und Vieles mehr.

## Genregulation – oder wie man Gene an- und ausknipst!

JUDITH GERNERT

Während der Entwicklung eines Organismus differenzieren sich allmählich seine Zellen.

In unserem Körper muss Hämoglobin in roten Blutkörperchen dauerhaft in hoher Konzentration vorhanden sein, da es für den Sauerstofftransport im Blut zuständig und somit lebensnotwendig für den Menschen ist. Im Gegensatz dazu wird in Immunzellen kein Hämoglobin produziert. Demzufolge sind hier die Gene, die Hämoglobin codieren, „lahm gelegt“. Stattdessen können diese Immunzellen durch die Bildung von Antikörpern spontan auf Infektionen reagieren.

Anhand dieser Ausführungen wird deutlich, dass in einer Zelle eines Lebewesens nicht alle

Gene (ständig) abgelesen werden. Diese Spezialisierung kommt zustande, indem jeweils nur ein Teil der Gene aktiv ist.

Von dem Bakterium *E. coli* weiß man beispielsweise, dass von seinen 3000 Genen nur etwa 600 andauernd abgelesen werden. Aus diesem Grund muss jeder Organismus ein Regulationssystem besitzen, das das Ein- und Ausschalten von Genen ermöglicht.

### Wie werden Gene zu bestimmten Zeitpunkten in der Zelle aktiviert oder gehemmt?

Diese Frage wurde zuerst bei einem Bakterium untersucht. Bakterien zählen zu Prokaryonten, die im Gegensatz zu den Eukaryonten keinen Zellkern besitzen. Auf zahlreichen Versuchsergebnissen der beiden Franzosen F. Jacob und J. Monod, basiert das Operon-Modell, das die Genregulation bei Bakterien auf molekularer Ebene erklärt.

Das Darmbakterium *E. coli*, um eines von vielen zu nennen, wächst und vermehrt sich sehr gut in einem Nährmedium, das Glucose enthält. Es stellt alle für deren Verwertung notwendige Enzyme her.

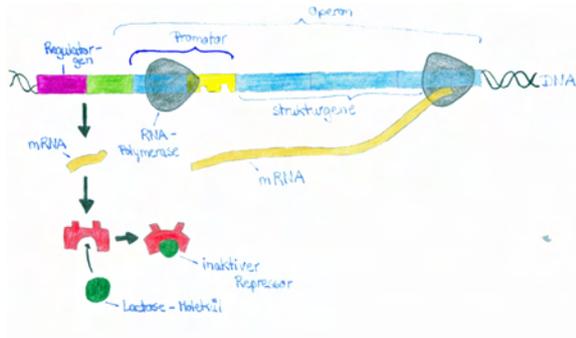
überführt man derartige Bakterien in ein Nährmedium mit Lactose, beginnen sie nach kurzer Verzögerung, diesen Zucker als Energiequelle zu nutzen. Zu der Verzögerung kommt es, da zunächst die Enzyme für den Lactoseabbau gebildet werden müssen; deren „Bauplan“ ist auf einem Gen gespeichert.

Die Kontrolle über diesen DNA-Abschnitt haben zwei vorgelagerte DNA-Regionen inne: der Operator und der Promotor (s. Abb. Operon). Im Überbegriff wird die Einheit von Promotor, Operator und dem darauf folgenden Gen auch als Operon bezeichnet.

Der Weg vom Gen zum fertigen Enzym wird, wie bereits erwähnt, als Proteinbiosynthese bezeichnet.

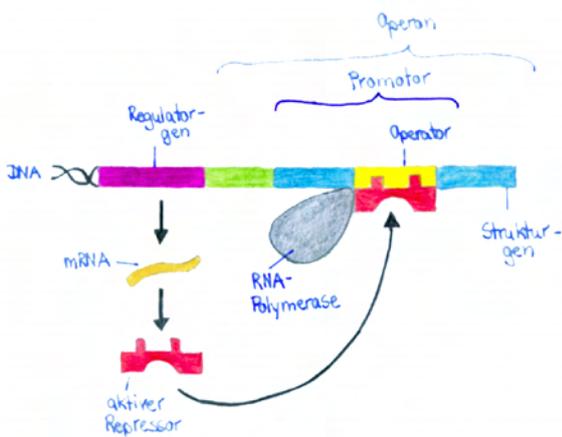
Zunächst muss im ersten Schritt der Proteinbiosynthese (siehe vorheriger Artikel) eine Abschrift der DNA gebildet werden: die m-RNA. Dies geschieht durch das Enzym RNA-Polymerase. Sie erkennt den Anfang des Gens anhand des Promotor und bindet daran.

Die RNA-Polymerase kann jedoch daran gehindert werden, die m-RNA zu bilden, indem sich ein spezielles Protein, der Repressor (rot), an den Operator (gelb) anlagert. Solange der Repressor an den Operator bindet, bleibt das Gen ausgeschaltet.



Operon: Genregulation durch einen Repressor.

Anhand dieser Grundlagen kann nun das Verhalten von *E. coli*, wie eingangs beschrieben, erklärt werden: Wenn keine Lactose im Nährmedium vorhanden ist, benötigt *E. coli* die Enzyme für den Lactoseabbau nicht. In diesem Fall bindet ein Repressor an den Operator und blockiert das entsprechende Gen. Sobald man aber Glucose durch Lactose ersetzt, lagern sich Lactose-Moleküle an den Repressor an. Auf diese Weise ändert er seine räumliche Struktur und passt nicht mehr auf den Operator (siehe Substratinduktion).

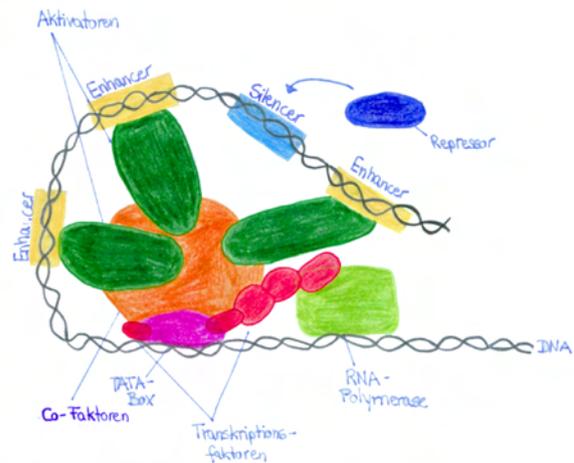


Genregulation durch Substratinduktion

Folglich wird die Blockade aufgehoben und die RNA-Polymerase kann mit der Bildung der m-RNA beginnen und somit die Bildung der

Enzyme für den Lactoseabbau einleiten.

Bei dieser Art der Regulation bewirkt also die Lactose (= das Substrat) das „Anschalten“ der Gene und man spricht von Substratinduktion. Die Genregulation bei Eukaryonten, zu denen u. a. alle Tiere, Pflanzen und auch der Mensch angehören, und im Vergleich zu Prokaryonten gestaltet sie sich jedoch komplizierter.



Schematische Darstellung der Genregulation bei Eukaryonten

Neben der RNA-Polymerase sind in diesem Fall noch andere steuernde Proteine notwendig, die an den Promotor binden. Sie werden Transkriptionsfaktoren genannt (siehe Genregulation bei Eukaryonten). Desweiteren sind so genannte Enhancer und Silencer an der Regulation beteiligt. Das sind DNA-Abschnitte, an die bestimmte Proteine, Aktivatoren oder Repressoren, binden: Repressoren setzen an den Enhancern an und drosseln die Häufigkeit der m-RNA-Bildung während Aktivatoren an die Silencer binden und die gegenteilige Wirkung haben, also unterstützend sind.

Silencer und Enhancer können weit entfernt von den Genen liegen, deren Regulation sie beeinflussen. Durch Aktivatoren und Repressoren nehmen sie Kontakt mit der Promotorregion auf. Hierzu legt sich die DNA in Schleifen.

## Gentechnologie

INES KLOHR, LEONIE LINK, REBECCA  
ULSHÖFER, ANNA KANDZIORA

Immer wieder wird über das Thema Gentechnik heftig diskutiert – jeder versucht mitzureden, doch die wenigsten wissen genau, was Gentechnik eigentlich ist.

Gentechnologie, oder kurz Gentechnik, umfasst alle Methoden, die mit Veränderung oder Manipulation von DNA zu tun haben. So wurde zum Beispiel der uns bekannte weiße Reis von den Biologen Ingo Potrykus und Peter Beyer so verändert, dass er mehr Vitamin A enthält. Doch nicht die damit einhergehende gelbe Färbung des Reises, der daher auch „Golden Rice“ genannt wird, war das Ziel der genetischen Veränderung.

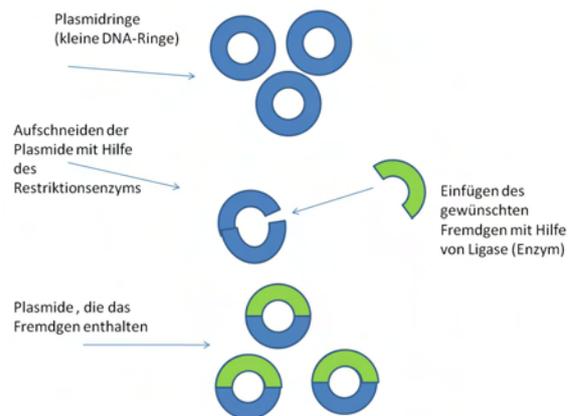


[www.golden.rice.org](http://www.golden.rice.org)

Die beiden wollten den Menschen, speziell den Kindern, in Entwicklungsländern oder anderen armen Regionen der Welt helfen. Denn dort nehmen die Menschen über ihre Nahrung, die hauptsächlich aus Reis besteht, zu wenig Vitamin A auf und haben deshalb oft schwere Mangelerscheinungen. Hierbei sieht man, dass Gentechnik, die in weiten Teilen Deutschlands und der EU streng verpönt ist, durchaus Chancen bietet. Es gibt aber auch reichlich sinnlose „Spielereien“, wie zum Beispiel die genetische Veränderung von Fischen, damit diese farbig leuchten.

Um den Prozess einer genetischen Veränderung zu erklären, wollen wir hier nun ein einfaches Modell vorstellen, das bei Bakterien angewandt wird.

Wenn man ein spezielles Gen in ein Bakterium einpflanzen möchte, isoliert man zuerst aus Bakterien Plasmide. Plasmide sind DNA-Ringe in Bakterien, auf denen Informationen gespeichert sind, die zwar nicht überlebenswichtig, aber durchaus nützlich für die Bakterien sein können. Solche Gene können beispielsweise für Resistenzen gegen Medikamente codieren. Isolierte Plasmide können verändert und anschließend von Bakterien wieder aufgenommen werden.



Genmanipulation bei Bakterien

Mit Restriktionsenzymen, die wie Scheren funktionieren, werden solche Plasmide aufgeschnitten. Das isolierte Gen wird mit derselben Schere zurechtgeschnitten. Dadurch erhält man zueinander passende Enden, die mithilfe der DNA-Ligase, einem „Kleber-Protein“, verbunden werden.

Theoretisch würden nun alle Plasmide das neue Gen enthalten und es würde in Bakterien in Proteine übersetzt werden, sollte man ihnen das Plasmid einsetzen. Allerdings nimmt nur etwa eines von 10.000 bis 100.000 Plasmiden das Gen auch wirklich auf. Hinzu kommt noch, dass selbst erfolgreich veränderte Plasmide nicht immer von Bakterien aufgenommen werden. Deshalb werden in der Industrie Selektionsverfahren durchgeführt, mit denen man überprüft, ob ein Bakterium nun ein gentechnisch verändertes Plasmid besitzt: Für die Selektion wird außer dem erwünschten Gen noch ein weiteres Gen in das Plasmid eingebaut. Dieses Gen ermöglicht eine eindeutige Differenzierung von Bakterien mit genetisch verändertem Plasmid und Bakterien ohne dieses Gen. Sehr beliebt

sind hierbei Gene für Farbstoffe, sodass die Bakterien, die transgen sind, also ein gentechnisch verändertes Plasmid besitzen, leuchten oder farbige Kolonien bilden.

Eine erfolgreich veränderte Bakterienkultur wird niemals ganz aufgebraucht, sondern kultiviert und immer wieder vermehrt und weiterverwendet. Dies ist mit einem Bauern vergleichbar, der nie seine gesamte Kartoffelernte verkauft, sondern immer einige Knollen zurückbehält, um sie im nächsten Frühjahr wieder auszupflanzen und so Geld zu sparen.

Soweit zur Theorie, nun zur Praxis.

### Anwendungsbereiche der Gentechnik

Nachdem uns nun klar war, wie man fremde Gene in ein Plasmid einschleust, hat uns natürlich auch interessiert WO man dieses Wissen anwenden kann und vor allem WIE!

Medizin, Industrie, Umweltschutz und Landwirtschaft – heute alles gängige Anwendungsbereiche der Gentechnik. Da in der Medizin Krankheiten aufgehalten und Leben gerettet werden können, ist dieses Gebiet eines der am meisten erforschten Gebiete. Auch beim Menschen ist es möglich, fehlende Gene in die DNA einzuschleusen, doch wie funktioniert das?

Dazu folgendes Beispiel:

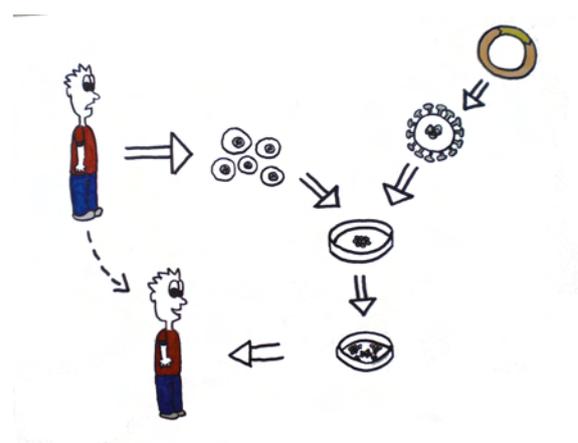
Einem Patienten, der unter einer Erbkrankheit leidet, fehlt ein Gen, um ein bestimmtes Protein herzustellen zu können. Dieses Protein ist aber notwendig, damit die Leber einwandfrei funktioniert. Wie kann man nun diesem Patienten helfen?

Um uns den Einstieg in dieses Thema zu erleichtern, erklärten uns nicht wie üblich unsere Kursleiter, sondern Anna K. und Rebecca die Funktionsweise von Viren, da sie ein Referat zu diesem Thema vorbereitet hatten (in der Zeit vom Eröffnungswochenende bis zur Sommerakademie haben wir alle jeweils zu zweit ein Referat zu einem bestimmten Thema der Genetik vorbereitet).

Viren sind Partikel, die zwar Erbgut (DNA/RNA) enthalten, zur Vermehrung aber auf sogenannte Wirtszellen (z. B.: Bakterienzellen oder Tierzellen) angewiesen sind. Sie injizieren ihr

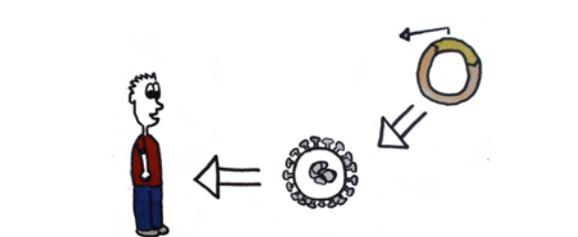
Erbgut in die Wirtszelle und lassen von ihr neue Viren „herstellen“. Die Fähigkeit der Viren, ihr Erbgut in Zellen einzuschleusen, nutzt man, um dem Patienten zu helfen. Sie dienen als Vektoren, die man auch als „Gentaxis“ beschreiben kann. Hierfür gibt es die zwei folgenden Methoden:

#### „Cell-based Delivery“ (Zellgebundene Übertragung)



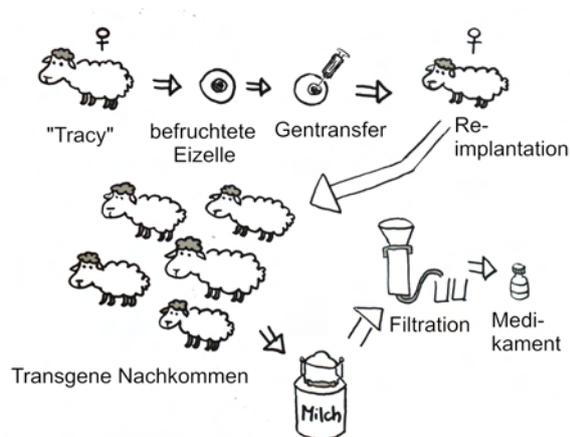
Hierbei wird das Gen, das dem Patient fehlt, in die DNA der Viren eingefügt. Damit sie das Gen weitergeben können, werden dem Patient Stammzellen entnommen, die mit den Viren infiziert werden. Hierbei injizieren die Viren ihre DNA mitsamt dem Gen, das dem Patient fehlt in die Stammzellen. Die Stammzellen werden nun kultiviert, bis sie in ausreichender Menge vorhanden sind und dem Patient reimplantiert werden können.

#### „Direct Delivery“ (Direkte Übertragung)



Auch dieses Verfahren basiert darauf, dass gentechnisch veränderte Plasmide in Viren eingeschleust werden. Der Unterschied zu dem ersten Verfahren besteht darin, dass nun die Viren direkt in den Körper eingeschleust werden, um dort ihre DNA in die Zellen zu injizieren und dem Patienten das fehlende Gen zu übertragen.

## Gewinnung von Medikamenten



Allerdings kann man die Gentechnik im Bereich der Medizin nicht nur verwenden, um Patienten ein fehlendes Gen zu übermitteln, sondern auch um Medikamente zu gewinnen. Dieses Verfahren testete man an dem Schaf „Tracy“.

Ziel war es ein Gen in die DNA des Schafes einzufügen, das das Schaf dazu anregen sollte, ein bestimmtes Protein (Antitrypsin) in der Milch zu produzieren. Hierfür wurde dem Schaf eine befruchtete Eizelle entnommen und in diese das betreffende Gen eingeschleust. Anschließend wurde die veränderte Eizelle wieder in das weibliche Schaf reimplantiert.

Alle transgenen Nachkommen, die Tracy nun hatte, produzierten das gewünschte Protein in der Milch. Mit diesen Tieren konnte auf konventionellen Weg eine Herde aufgebaut werden.

Das Protein gewann man durch Filtration aus der Milch.

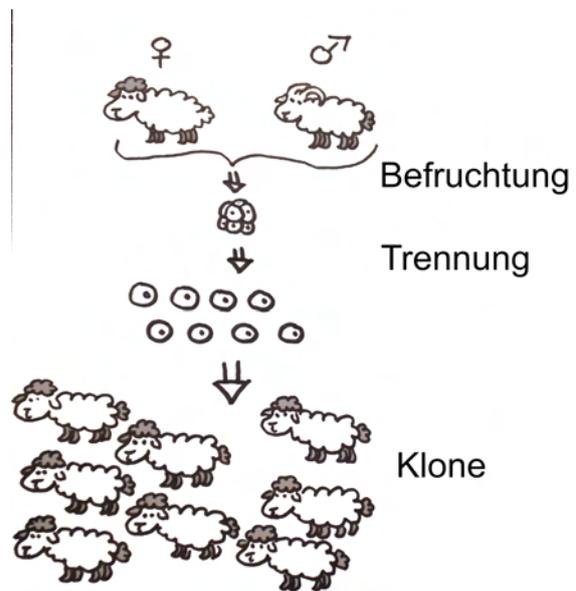
## Klonen

Die klassische Vorstellung von Klonen, die auch in Filmen und Büchern dargestellt wird, ist folgende: Ich steige in eine Maschine, es blitzt und funkt und heraus kommen viele „Ichs“, die alle genau gleich handeln und denken wie ich.

Doch ist das wirklich so möglich? Antwort: NEIN!

Klonen ist heute durchaus möglich, doch in ganz anderer Weise. Es gibt zwei Haupttypen des Klonens: das klassische Klonen und das sogenannte „Dolly-cloning“.

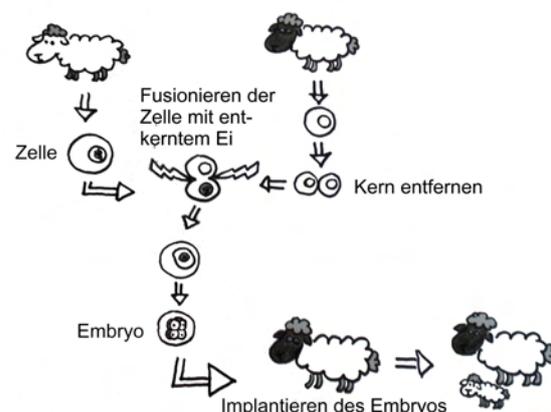
## „Klassisches Klonen“



Ziel hierbei ist es, bewusst genetisch identische Mehrlinge als Nachkommen zu erzeugen.

Nach der Befruchtung der Eizelle, teilt sich diese immer weiter. In den frühen Stadien dieses Teilens, sind noch alle Zellen dazu in der Lage ganze Lebewesen zu bilden. Dieser natürliche Prozess nutzt man beim klassischen Klonen: Man trennt die Zellen in diesem frühen Stadium, sodass man mehrere Zellen mit identischem Erbgut bekommt. Dieser Vorgang ereignet sich auch, wenn Zwillinge oder allgemein Mehrlinge auf natürliche Weise entstehen. Nur ist die Wahrscheinlichkeit dafür ziemlich gering. Deshalb wird der Vorgang künstlich erzeugt.

## „Dolly-cloning“



Diese Art des Klonens ist nach dem ersten Schafklon benannt, das mit diesem Verfahren „erschaffen“ wurde: Dolly.

Für diese Methode entnehmen wir einem Schaf, das als Leihmutter dient, eine Eizelle und entfernen deren Kern, das heißt auch die Erbinformation. Von einem anderen Schaf, der genetischen Mutter, entnimmt man eine normale Euterzelle, isoliert die Erbinformation und fusioniert diese mit der entkernten Eizelle. Dies geschieht durch das Einwirken von Elektrizität.

Diese Eizelle, aus der nun ein Embryo entstehen kann, wird nun der Leihmutter reimplantiert. So kann dieses schwarze „Leihmutter-Schaf“ ein weißes Lamm, das Klonlamm, austragen.

Doch die Gentechnik wird nicht nur im Bereich der Medizin angewandt! Wer hätte gedacht, dass es leuchtende Fische gibt? In grün, gelb, blau und rot?



Eine sinnlose Anwendung der Gentechnologie: Glofish<sup>6</sup>

Es gibt sie tatsächlich, dank der Gentechnik. Solchen Fischen wurde ein Gen eingefügt, das für die Herstellung eines Leuchtfarbstoffes verantwortlich ist. Dies kann für den Umweltschutz ziemlich nützlich sein. Denn man kann Fischen ein Gen einbauen, das dazu führt, dass sie anfangen zu leuchten, wenn sie giftige Chemikalien oder Metalle aus dem Wasser aufnehmen. So kann man herausfinden, ob das Wasser verschmutzt ist, oder nicht. Falls ihr also leuchtende Fische in einem Fluss oder See herumswimmen seht, geht dort lieber nicht baden!)

Nicht nur Fische, sondern auch Pflanzen können zum Umweltschutz beitragen. Pflanzen werden gentechnisch so verändert, dass sie dem Boden Schwermetalle entziehen. Dadurch wird

der Boden gereinigt und nach ein paar Jahren kann man den Boden wieder richtig nutzen.

Und was versteht man unter Impfbrot? Man stellt Bananen her, die im Fruchtfleisch Impfstoffe enthalten. Doch kann das eine klassische Impfung wirklich ersetzen? Die Antwort hierzu lautet leider NEIN, da man bis zum heutigen Zeitpunkt noch nicht die Konzentration des Impfstoffes in der Banane kontrollieren kann. Genau das versuchen Wissenschaftler gerade herauszufinden.

Auch in der Landwirtschaft ist Gentechnik ein großes Thema. Mit Hilfe der Gentechnik können Pflanzen so verändert werden, dass sie mehr Erträge bringen und ihre Qualität verbessert wird. Oder die Pflanzen werden pestizidresistent gemacht. Das hat den Vorteil, dass man Unkraut durch Spritzung vernichten kann, die Nutzpflanze das Spritzmittel jedoch überlebt. Diese Methode wendet man bei verschiedenen Pflanzenarten an, zum Beispiel bei Basta-Mais, Reis oder Baumwolle.

Insektenfreunde passt gut auf eure Insekten auf! Die Gentechnik ist im Anmarsch. Mit der Gentechnik sind nun auch schon Pflanzen entwickelt worden, die einen giftigen Stoff enthalten, der Larven der Schädlinge abtötet.

Schon einmal etwas von einer Anti-Matsch-Tomate gehört? Die Gentechnik bietet viele Möglichkeiten, zum Beispiel die DNA einer Tomate so zu verändern, dass sie selbst nach mehreren Tagen Lagerung nicht matschig wird. Doch diese „Verbesserung“ geht auf Kosten des Geschmackes.

Sehr nützlich jedoch ist der schon erwähnte „Golden Rice“. Er wird vor allem in asiatischen Ländern an Bauern verteilt. Viele Menschen leiden dort an einem Vitamin-A-Mangel. Um diesem Mangel entgegen zu wirken, hat man gentechnisch einen Reis hergestellt, der mehr  $\beta$ -Karotin enthält.

In der Industrie wird die Gentechnik zur Herstellung von Chemikalien oder Waschmitteln benutzt.

---

<sup>6</sup><http://www.glofish.com>

## Genet(h)ik – bei Risiken und Nebenwirkungen fragen sie ihren Futuristen

INES KLOHR, LEONIE LINK, REBECCA  
ULSHÖFER, ANNA KANDZIORA

Während in den USA gentechnisch veränderte Lebensmittel schon zum Alltag gehören, wehrt man sich in Europa noch hartnäckig dagegen.

Die meisten Menschen sehen nur die eine Seite der Medaille, doch wie alles hat auch die Gentechnik ihre Vor- und Nachteile. So jubelten viele über erste Erfolge der Forschung und den Fortschritt, den Gentechnik mit sich bringt. Doch die Begeisterung wurde gebremst, als mögliche Risiken erkannt wurden.

Viele fragen sich: Ist Gentechnik nicht ein unrechtmäßiger Eingriff in die Natur? Unsere Biosphäre ist ein einzigartiges System, das sich selbst steuert und auch reguliert. Auch der Mensch ist ein Teil davon. Doch was passiert, wenn wir in dieses empfindliche System eingreifen. Was verändern wir? Können wir die Konsequenzen wirklich einschätzen?

Im Grunde kann man nur Vermutungen anstellen.

Einmal angenommen, wir verändern eine Pflanze mit gentechnischen Mitteln so, dass sie gegen Parasiten resistent ist. Im ersten Augenblick scheint dieser Eingriff nur Erfolg zu bringen. Man ist den Parasiten los, die Bauern können mehr Gewinn erzielen.

Doch wir konsumieren schlussendlich genetisch veränderte Pflanzen. Mit unserem heutigen Wissensstand können wir noch nicht sagen, was das für Auswirkungen auf unseren Körper haben wird.

Was auf den ersten Blick außerdem kaum auffällt: Diese Pflanze kann sich gegen ihre „Konkurrenten“ viel besser durchsetzen. Sie verdrängt die anderen Pflanzen, Pflanzen, auf die andere Tiere angewiesen sind. Diese Tiere wiederum werden von anderen gefressen. So gerät die Nahrungskette ins Wanken. Auch der Mensch, der oft am Ende dieser Nahrungskette steht, ist betroffen.

Vor einigen Jahren veränderte man eine Grassorte so, dass sie besonders hitzeresistent war.

Man wollte auch in trockenen Regionen Golf spielen, also pflanzte man dort den neuen, gentechnisch Rasen. Jetzt, im Nachhinein, wird der Rasen zur Plage. Er setzt sich gegen die heimischen Gräser durch und verdrängt sie regelrecht. Dies wirkt sich auch auf die dort lebenden Tiere aus. Auch in diesem Fall gerät die Nahrungskette ins Schwanken.

Natürlich gibt es viele, die diesem „hätte, wäre, wenn“ keine Beachtung schenken wollen. Aber wie können wir reagieren, wenn es so weit kommt? Wer trägt dann die Verantwortung?!

In den Medien wird hauptsächlich über die negativen Aspekte diskutiert, wobei die Vorteile in den Hintergrund rücken.

Gerade in der Medizin brachte die Gentechnik viele Vorteile. So versucht man, mit den neu erworbenen Erkenntnissen einige Krebsarten zu bekämpfen oder Organe zu regenerieren. Insulin kann erst seit der Methodenfindung der Gentechnik bedarfsdeckend und kostengünstig hergestellt werden. Welcher Diabetiker möchte und kann hierauf heutzutage schon verzichten?

Auch der Umweltschutz profitiert erheblich von den Methoden der Gentechnik. Inzwischen können Fische als Indikator für vergiftetes Wasser verwendet werden, oder gentechnisch veränderte Pflanzen können Schwermetalle aus dem Boden ziehen.

So kann man die Gentechnik nicht vollends verurteilen. Es besteht jedoch die ernstzunehmende Befürchtung, dass der Mensch durch die Gentechnik die Natur irreversibel verändert. Sollte der Mensch nicht einfach die Natur Natur sein lassen? Schließlich ist er nur ein kleiner Teil der Biosphäre und sollte die Regeln der Natur achten: Leben und leben lassen.

Dieses Prinzip von „Leben und leben lassen“ müssen wir allerdings auch beachten, wenn wir uns mit der Frage auseinandersetzen, ob es ethisch vertretbar ist, dass wir Menschen verhungern lassen, obwohl wir ihnen mit Gentechnik helfen könnten.

## Ausflug des Biologiekurses zum Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) nach Heidelberg

MALTE EBNER

Mutationen der DNA sind oftmals Ursachen von Krebs. Somit ist Genetik eine wichtige Grundlage für die Krebsforschung. Darum machten wir auch einen Ausflug zum DKFZ nach Heidelberg.

Als Einführung hielt uns Herr Professor Pawlita aus der Abteilung „Angewandte Tumorstudiologie“ (ATV) einen Vortrag zum Thema Krebsentstehung und Krebsarten: Krebs ist ein bösartiger Tumor, also unkontrolliert wachsendes Gewebe. Durch Mutationen der DNA vermehren sich Krebszellen uneingeschränkt. Der Tumor verdrängt oder zerstört dabei gesundes Nachbargewebe. Krebszellen können außerdem über die Blutbahn im ganzen Körper verteilt werden und so Tochter Tumore, sogenannte Metastasen bilden. Durch Krebs kann ein Blutgefäß zusammen gedrückt werden, wodurch das umliegende Gewebe abstirbt.

Nach diesem interessanten Vortrag mussten wir Schutzanzüge überziehen, damit wir durch das Labor der Sicherheitsstufe 2 der ATV geführt werden durften (die Staffelung geht von Sicherheitsstufe 1 = geringe Gefährdung bis Sicherheitsstufe 4 = große Gefährdung).

Am DKFZ und anderen Instituten wird an der Behandlung von Krebs mit Viren, die Genfehler korrigieren könnten, geforscht. Ausserdem wird daran geforscht, inwiefern Viren die Ursache von Krebs sein können. Hierbei wurde zum Beispiel auch eine Impfung gegen zwei der 20 Arten von Gebärmutterhalskrebs entwickelt, welche von Papillomviren ausgelöst werden.

Während der Führung sahen wir einen Kühlraum in dem Bakterien und Viren eingefroren werden können, einen Brutraum mit einer Temperatur von 37 °C in dem Bakterien gut wachsen, und Räume mit Ultrazentrifugen und Pipettiermaschinen. In fast jedem Raum gab es Geräte, die den Bakterienkulturen in Reagenzgläsern auf einem „Schüttler“ mehr Sauerstoff zufügen. Jeder Raum hat aus Gründen

der Sicherheit zwei Ausgänge. Wir bekamen auch die „Schatzkammer“ der ATV gezeigt, ein großes Stickstofffass in dem Bakterienkulturen bei -78 °C tiefgefroren werden.



Das Stickstofffass für Bakterienkulturen

Von außen durften wir außerdem in die Schleuse des S3-Bereiches (Sicherheitsstufe 3) der ATV sehen, in dem zum Beispiel mit HIV-Viren gearbeitet wird.

In einem weiteren Vortrag lernten wir verschiedene Behandlungsmethoden von Krebs kennen: Die zurzeit am häufigsten angewandten Behandlungsmethoden sind die operative Entfernung des Tumors, Strahlentherapie, Chemotherapie und die Behandlung mit Medikamenten. Häufig werden diese Behandlungsmethoden auch kombiniert. Sie setzen jedoch mehr an den Symptomen als an den Ursachen von Krebs an.

Unser Ausflug zum DKFZ war sehr interessant und wir haben viel gelernt. An dieser Stelle möchten wir uns nochmals für den tollen Vortrag und die spannende Führung bedanken.

## Wer war alles dabei? – Der Genetikurs unter der Lupe . . .

ALLE KURSTEILNEHMER

**Clara** Die Flötistin ist stets freundlich und sagt trotz ihrer Intelligenz häufig, sie hätte „keine Ahnung“ Bei Vorträgen und wenn es mal Zeitdruck gab, behielt sie einen kühlen Kopf. Beim Hausmusik wurde ihre Solodarbietung mit großem Applaus belohnt.

**Malte** mied stets die Nähe jeglicher Kameras und ergriff bei deren Auftauchen schlagartig die Flucht. Wenn keine Fotoapparate in Sicht sind, ist er sehr wissbegierig, und lernt leicht. Er entwickelte während der Akademie eine Vorliebe für das Wort „Moves“.

**Anna F.** speaks English very well und begeisterte das Publikum am Abschlussabend in ihrer Rolle als Polizistin im Theaterstück. Wenn es mal nichts zu proben gab, stürzte sie sich beim Volleyball mit vollem Einsatz in den Sand. Übrigens: „dschelb“ ist eigentlich „yellow“ ... aber egal.

**Judith** ist wissbegierig und war häufig beim Bücherschleppen zu beobachten. Beim Abschlussabend überzeugte sie durch ihr Klavierspiel. Die Bakterienzüchtung, die sie zusammen mit Anna durchführte, wurde vor allem durch Leonies Engagement zu einem vollen Erfolg =)



**Marcel** ist der perfekte Manager, weil er immer hochmotiviert ist. Das stellte er zum Beispiel unter Beweis, indem er das Design für unsere Kurs-T-Shirts entwarf. Wenn er gerade nicht seinen Managertätigkeiten nachging, spielte er Klarinette oder betätigt sich sportlich beim Joggen. Das Bergfest bereicherte er durch eine Diabolo-Vorführung gemeinsam mit Anna und Becci.

**Anna K.** – auch bekannt als die Sozialbeauftragte unseres Kurses – führte am Bergfest zusammen mit Rebecca nicht nur durch das Programm, sondern stellte bei der Diabolo-Vorstellung ihr Können unter Beweis. Auffallend war auch ihre freundliche und aufgeschlossene Art.

**Ines** Charakteristisch für sie war ihre gute Aussprache des Englischen. Selbstbewusst, wie

sie ist, nahm sie im Kurs stets Stellung zu kritischen Themen („Das geht gar nicht!“). Beim Sportfest konnte sie dem Aroma des frisch gemähten Fußballrasens nicht nahe genug sein. Ihr Frohsinn und Enthusiasmus wird uns noch lange in Erinnerung bleiben.

**Leonie** Durch morgentlichen Frühsport bereitete sich Leonie stets seelisch und mental auf ihren „Arbeitstag“ vor. Sie wirkte dadurch cool und durch ihre Selbstkontrolle und Selbstüberwindung erwachsen. Ihre Abneigung zur Laptopverwendung brachte sie vor allem am Doku-Wochenende zum Ausdruck.

**Michael** Seine vielfältige Begabung zeigte Michael beim Hip-Hop und Ballett-Tanzen. Doch auch seine tägliche Jogging-Runde durfte nicht zu kurz kommen. Im Kurs wich unser Maskottchen, die Phage, nicht von seiner Seite. Außerdem brachte zu Gunsten des Kurses oft gewaltige Opfer und trug dadurch zu allgemeiner Erheiterung bei.

**Rebecca** bereicherte die Akademie nicht nur durch tolle Beiträge im Kurs, sondern auch durch ihr Organisations- und Schauspielertalent. Auch in den KüAs hinterließ sie ihre Spuren, sei als Diabolo-Könnerin oder Backexpertin. Ihr Lieblingswort „absorbieren“ setzte sie im Kurs durch „Absorption von Information“ um.

**Jonathan** Starphotograph Jonathan hielt für die gesamten Teilnehmer die schönsten Momente der Akademiezeit fest. Außerdem trug er durch seine Jonglage-Einlage am Abschlussabend dazu bei, diesen unvergesslich zu machen.

**Paul-Philipp** Unser bester Kurssportler zeichnete sich am Sportfest als Champion im Erdnussweitspucken aus. Um seine sportliche Leistungsfähigkeit aufrecht zu erhalten nahm er ohne Ausnahme das Joggingangebot täglich war. Des Weiteren wurde er von Malte zur ehrenamtlichen Wetterstation ernannt (Fit for Life).

... und die Leiter:

**Günther Ullrich** Der X-treme-traveller und Meisterphotograph Günther stellte uns eine Auswahl seiner Aufnahmen bei der mor-

gendlichen Traumreise vor. Durch seine sympathische Art wuchs er uns schon am Eröffnungswochenende ans Herz. Den Kurs machte er nicht zu einer trockenen Lerngemeinschaft, sondern, im Gegenteil, schaffte er es durch seinen Humor und anschaulichen Beispielen die Aufmerksamkeit aller zu erwecken.

**Celia Viermann** In unserem bilingualen Kurs meisterte sie ihre Aufgabe als wandelndes Lexikon hervorragend. Durch ihre vielen Erfahrungen und tollen Tipps stand sie uns immer mit Rat und Tat zur Seite. Ihre Vorliebe für Kaffee lebte sie auch in unserem Kurs aus und brachte ihre bis zum Rand gefüllte Kaffeetasse mit.

**Charlotte Mewes** setzte sich neben ihrer Aufgabe als Schülermentorin auch noch als Joggingdirektorin ein. Wenn Probleme auftraten übersetzte sie die hochwissenschaftliche Sprache ins „normale Deutsch“. Dem Betreten des Kurses konnte sie nicht widerstehen und diente als „rauchendes Mordopfer“.

### Die besten kursinternen Sprüche

- „Mein Enzym fliegt rum.“
- „Ich verletze mich jetzt!“
- „When you eat a Schnitzel ...“
- „Ich lasse mich klonen und passe zweimal ins T-shirt rein!“
- „Wischible“
- „Dreitens“
- „Beichspauheldrüse“
- „Du kannst doch nicht die Wand schlagen!“
- „Fertilized milk“ statt „Filtrated milk“
- „Du lachst mir auf den Kopf!“
- „Unser Phagen“

