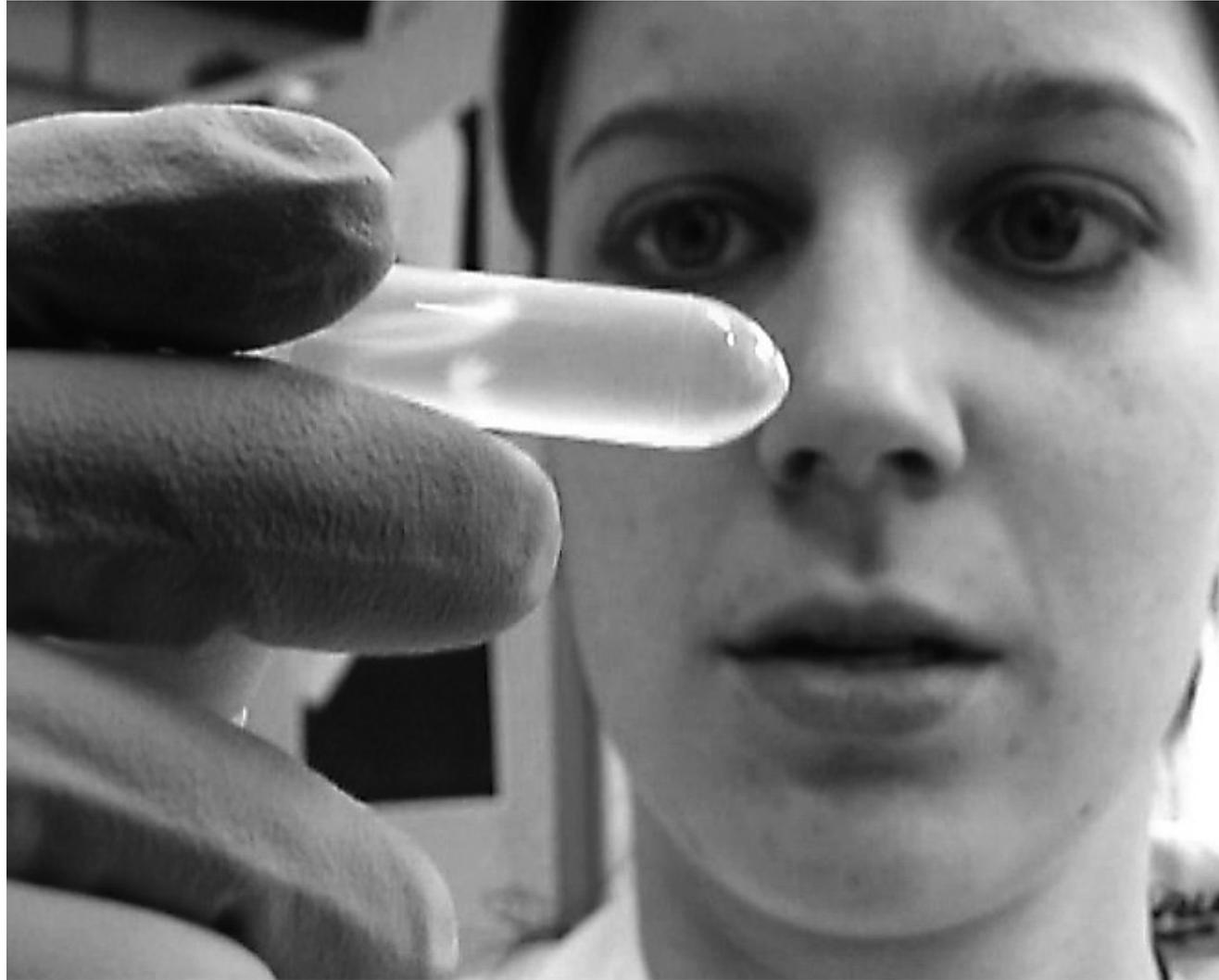


FWU – Schule und Unterricht

VHS 42 10515 / DVD 46 10515 19 min, Farbe



Der genetische Fingerabdruck

FWU –
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Die Schüler lernen die Organisation des Erbguts kennen (Gene, Exons, Introns, Short Tandem Repeats STRs); sie verstehen die Funktionsweise grundlegender Methoden der Molekularbiologie (PCR, Gelelektrophorese) und erkennen die Einsatzmöglichkeiten der Methode des „genetischen Fingerabdrucks“ bei Verwandtschaftstests und in der Verbrechensaufklärung.

Vorkenntnisse

Grundlegende Kenntnisse in der molekularen Genetik sind für das Verständnis des Films nötig.

Zum Inhalt

Fahrerflucht - nach dem Zusammenstoß eines Lieferwagens mit einem Motorradfahrer flieht der Fahrer des Lieferwagens, während der Motorradfahrer schwer verletzt im Straßengraben zurückbleibt. Bei der Tatortsicherung findet die Polizei Blutspuren des Täters, der sich an einer Scherbe des Motorradspiegels geschnitten hat. Diese Spur wird im Labor mit molekulargenetischen Methoden untersucht.

In diese Rahmenhandlung eingebettet, erfährt der Schüler, wie eine Straftat heute mit Methoden der Molekulargenetik aufgeklärt werden kann.

Zunächst wird der allgemeine Aufbau der DNA beschrieben, anschließend erfährt man, wie im Labor mithilfe der Polymerase-Kettenreaktion und der Gelelektrophorese ein genetischer Fingerabdruck erstellt wird. Der Film endet mit der Ermittlung des Täters - dank der DNA-Analyse konnte er überführt werden.

Aufbau der DNA:

Die Erbinformation eines Menschen befindet sich in jeder seiner Körperzellen. Sie liegt

dort als Desoxyribonukleinsäure (DNS bzw. engl. DNA) vor. Sie besteht aus Nukleotiden, die einen Doppelstrang bilden. Dieser Doppelstrang ist spiralförmig gewunden und wird auch als Doppelhelix bezeichnet. Jeder Mensch besitzt in seinen Zellen 46 Chromosomen bzw. 23 Chromosomenpaare. Die Erbinformation wird im DNA-Molekül durch die Reihenfolge der Nukleotide gespeichert. Als „Gen“ bezeichnet man Bereiche der DNA, die die Information für Proteine enthalten. (Nach einer neueren Definition werden als Gene auch Bereiche bezeichnet, die als rRNA oder tRNA abgelesen werden. Ein Gen ist also ein DNA-Abschnitt, aus dem eine RNA hergestellt wird. Aus didaktischen Gründen wurde im Film die einfachere Definition verwendet.) Nur bei einem geringen Anteil der genomischen DNA handelt es sich um Gensequenzen (etwa 20 %). Die Gene bestehen nicht ausschließlich aus codierenden Sequenzen. Nur die Bereiche, die man Exons nennt, enthalten genetische Informationen. Sie machen jedoch nur etwa 5 % der Gensequenzen aus. Etwa 95 % entfallen auf nicht-codierende Bereiche (Introns). Einige Introns enthalten kurze, 2-5 bp lange Sequenzabschnitte, die sich mehrfach wiederholen. Sie werden Short Tandem Repeats (STR) genannt. Die Anzahl der Wiederholungen kann von Mensch zu Mensch stark variieren. Die Kombination der unterschiedlich langen STR-Bereiche ist von Mensch zu Mensch verschieden - diese Besonderheit nutzt man bei der Erstellung des „genetischen Fingerabdrucks“. Die resultierenden Kombinationsmöglichkeiten bei der Untersuchung mehrerer dieser STR-Systeme sind so hoch, dass sie für einen Menschen charakteristisch sind und sie zur Bestimmung seines einzigartigen genetischen Fingerabdrucks eingesetzt werden können.

Die Durchführung einer DNA-Analyse:

Für die DNA-Analyse genügt eine geringe Menge DNA, die mithilfe der PCR (der Polymerase-Kettenreaktion) vervielfältigt wird. Dabei wird der DNA-Doppelstrang in einem Thermocycler durch Erhitzen auf 94 °C in Einzelstränge aufgetrennt. An jeden Einzelstrang können sich bei Temperaturerniedrigung auf etwa 60 °C Primer, das sind kurze Nukleotidstücke, an komplementäre Stellen der DNA anlagern. Man verwendet i.d.R. Primer einer Länge von ca. 15 bis 25 Nukleotiden (aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in der Animation Primer mit einer Länge von 4 Nukleotiden gezeigt). Wird die Temperatur anschließend auf 72 °C erhöht, dienen die Primer als Startstellen für die Taq-Polymerase. Dieses hitzebeständige Enzym des Bakteriums *Thermus aquaticus* knüpft weitere Nukleotide an den Primer an, sodass dahinter wieder ein DNA-Doppelstrang entsteht. Dieser wird im nächsten Zyklus wieder aufgetrennt und mit derselben Methode nochmals verdoppelt. Dieser Zyklus wird etwa 30 Mal durchlaufen. Da sich bei jedem Zyklus die Anzahl der DNA-Stücke verdoppelt, erhält man bereits nach wenigen Stunden Millionen Kopien des gewünschten DNA-Abschnitts, der die STR-Sequenzen enthält. Die Methode der PCR erlaubt es also, gezielt spezifische DNA-Sequenzen aus der genomischen DNA zu vermehren. Die mit der PCR vervielfältigten DNA-Abschnitte werden danach durch Gelelektrophorese aufgetrennt. Die Proben werden in die Taschen eines Gels pipettiert. Angetrieben durch ein elektrisches Feld wandern die negativ geladenen DNA-Moleküle in Richtung des positiven Pols. Die Trennung der unterschiedlich großen DNA-Abschnitte erfolgt durch unterschiedliche Geschwindigkeiten im Gel: Kleine Abschnitte können schneller durch die netzartige

Struktur des Gels wandern, größere brauchen länger. Durch Einstrahlen von Licht einer bestimmten Wellenlänge können die fluoreszenzmarkierten DNA-Abschnitte sichtbar gemacht werden. Die Anzahl der Wiederholungen wird durch den Vergleich mit einer Allelleiter bestimmt. Das sind Fragmente bekannter Länge, die im Gel neben den Proben mitlaufen.

Durch diese Auftrennung erhält man normalerweise zwei Banden pro Probe, von jedem homologen Chromosom eine - also eine vom Vater und eine von der Mutter vererbte Sequenz.

So können auch Verwandtschaftstests durchgeführt werden: Vergleicht man die Banden von Mutter und Vater, so ergeben sich für jedes STR-System nur vier verschiedene Möglichkeiten der Bandenverteilung für die Kinder. Hat das Kind eine Bande, die weder bei der Mutter noch beim Vater vorkommt, so ist eine Vaterschaft ausgeschlossen.

In der Forensik werden mehrere solcher STR-Systeme untersucht, sodass eine sichere statistische Aussagekraft erlangt wird. Bei Verwendung von neun STR-Systemen ergibt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 10 % für jedes System eine Gesamtwahrscheinlichkeit dieser Merkmalskombination von 1 : 1 Milliarde. Diese DNA-Analyse ist dann für jeden Menschen charakteristisch wie ein Fingerabdruck, weswegen sie auch „genetischer Fingerabdruck“ genannt wird. So kann mithilfe einer Speichelprobe eine DNA-Analyse des Tatverdächtigen erstellt und mit den am Tatort gefundenen Spuren verglichen werden. Stimmt der genetische Fingerabdruck mit der Analyse der Tatortspuren überein, so wurde mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit der Täter gefunden. Die Spur kann jedoch auch von einem eineiigen Zwilling der untersuchten

Person stammen. Anders als beim normalen Fingerabdruck sind die genetischen Fingerabdrücke von eineiigen Zwillingen identisch.

Weiterführende Informationen

Neben der STR-Methode gibt es - wie im Film kurz erwähnt - noch eine weitere Methode zur Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks. Bei der etwas älteren RFLP-Methode (RFLP = Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus) wird die DNA von Restriktionsenzymen geschnitten. Diese Enzyme schneiden die DNA nur an ganz speziellen Sequenzen. So ist es möglich, dass durch Mutationen in nichtcodierenden Bereichen bei verschiedenen Personen eine unterschiedliche Häufigkeit dieser Schnittstellen auftritt und die herausgeschnittenen Fragmente verschieden lang sind. Durch Auftrennung dieser Fragmente mittels Elektrophorese können diese Unterschiede sichtbar gemacht werden und wie bei der STR-Methode verschiedenen Personen zugeordnet werden. Der DNA-Beweis ist heute das erfolgreichste kriminalistische Instrument bei der Identifizierung von Tätern und der Zuordnung von Tatspuren. Um Fehler zu vermeiden, entscheidet er aber nicht allein über die Schuld oder Unschuld eines Verdächtigen. Er wird immer durch andere Indizien ergänzt. Seit 1998 speichert das BKA in einer Datenbank (DNA-Analysedatei = DAD) DNA-Profile von Straftätern und Spuren von Tatorten. Ende 2004 waren etwa 386.000 DNA-Datensätze dort gespeichert. Jeden Tag kommen 200 bis 300 Datensätze hinzu. Im polizeilichen Bereich werden (üblicherweise staatliche) Laboratorien damit beauftragt, aus DNA-Proben die für die Identifizierung wichtigen Teile herauszufiltern und der polizeilichen DNA-Datenbank zur Verfügung zu stellen. So können unbekannte DNA-Profile

(etwa von Tatortspuren oder unbekanntem Leichen) mit gespeicherten DNA-Profilen von bekannten Straftätern verglichen werden. Rückschlüsse auf Persönlichkeitsmerkmale oder Krankheiten sind bei den gespeicherten Daten nicht möglich, allein das Geschlecht der Person kann abgelesen werden.

Die Einsatzmöglichkeiten des genetischen Fingerabdrucks sind nicht auf Kriminalfälle und Verwandtschaftstests beschränkt. Auch in Sport, Biologie und Medizin macht man sich diese Methode zu Nutze. Eine Methode, die der klassischen Technik zur Herstellung genetischer Fingerabdrücke ähnelt, wenden Mediziner schon seit langem erfolgreich an, um krank machenden Genveränderungen auf die Spur zu kommen. So können Krebszellen identifiziert werden, deren stark mutierte DNA sich bei der DNA-Analyse von der DNA der gesunden Zellen unterscheidet. So kann die Entstehung und Ausbreitung von Krebs besser verfolgt werden. Auch im Naturschutz kann ein genetischer Fingerabdruck nützlich sein. So kann Fleisch geschützter Tierarten als solches identifiziert, die Händler überführt und der Verkauf gestoppt werden.

Links

Erläuterung zu weiteren Methoden des genetischen Fingerabdrucks:
<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/hupfeld/index.htm?/Faecher/Materialien/hupfeld/Genetik/fingerprint/fingerprint.html>
Molekulare Genetik, molekulargenetisches Glossar, Links zu 3D-Moleküldarstellungen:
<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/13/bs13-1.htm>
Projekt Bio-logisch an der Universität Würzburg: molekularbiologische Methoden, genetischer Fingerabdruck, genetische Diagnostik: http://www.biozentrum.uni-wuerzburg.de/fileadmin/user_upload/biologisch/molbio.pdf

Verwendung im Unterricht

Der Film kann in Biologie-Leistungs- und Grundkursen bei den Themen Angewandte Genetik und humangenetische Diagnostik eingesetzt werden. Es ist von Vorteil, wenn den Schülern Grundlagen der Genetik, insbesondere der Aufbau der DNA bereits bekannt sind. Dieses Wissen aus der klassischen und molekularen Genetik, das am Anfang des Films wiederholt wird, kann als Überleitung zu den Anwendungsmöglichkeiten der Molekulargenetik dienen. Wird der Film als Abschluss des Themenblocks Angewandte Genetik gezeigt, kann er dem Schüler verständlich machen, wie molekulargenetische Methoden nicht nur in Labors und Forschungseinrichtungen, sondern auch bei polizeilichen Ermittlungen eine wichtige Rolle spielen. Es bietet sich an, nach dem Film auch über Probleme und Gefahren des Missbrauchs bei humangenetischer Diagnostik zu diskutieren. Durch den Film erhält der Schüler einen Eindruck davon, auf welchen molekulargenetischen Grundlagen und Methoden ein genetischer Fingerabdruck basiert. Aufgrund dieses Verständnisses kann dann gemeinsam erörtert werden, welche Probleme sich daraus ergeben. So kann beispielsweise die Problematik der Speicherung von DNA-Daten in Datenbanken angesprochen werden.

Diskussionsanregungen:

- Sollte ein genetischer Fingerabdruck so einfach wie ein klassischer Fingerabdruck durchgeführt werden dürfen?
- Welche Daten sollen in DNA-Datenbanken gespeichert werden?
- Sind Fälle von Missbrauch der Daten, beispielsweise durch Ablesen weiterer Persönlichkeitsmerkmale, möglich?

Bearbeitete Fassung

FWU Institut für Film und Bild, 2005

Bearbeitung

Michael Süß

Fachberatung

Karin Lohwasser

Produktion

Dr. Evelyne Fiedler (science & Art)

Volker Herold (cantah)

Bildnachweis

Dr. Evelyne Fiedler

Volker Herold

Begleitheft

Eva Maria Marquart

Pädagogischer Referent im FWU

Michael Süß

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen, Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2005

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH

Geiseltalsteig

Bavariafilmplatz 3

D-82031 Grünwald

Telefon (0 89) 64 97-1

Telefax (0 89) 64 97-240

E-Mail info@fwu.de

vertrieb@fwu.de

Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalstraße
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-240
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de

Laufzeit: 19 min
Kapitelwahl auf DVD-Video
Sprache: deutsch

**Systemvoraussetzungen
bei Nutzung am PC**
DVD-Laufwerk und
DVD-Player-Software,
empfohlen ab WIN 98

GEMA

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte
vorbehalten.
Nicht erlaubte/genehmigte
Nutzungen werden zivil- und/oder
strafrechtlich verfolgt

**LEHR-
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**

FWU - Schule und Unterricht

- VHS 42 10515
- DVD-VIDEO 46 10515
- ■ Paket 50 10515 (VHS 42 10515 + DVD 46 10515)

19 min, Farbe

Der genetische Fingerabdruck

Dieser Film zeigt, wie heute mithilfe moderner Untersuchungsmethoden auch geringste DNA-Spuren für die eindeutige Identifizierung von Personen genutzt werden können. Anhand eines fiktiven Unfalls mit Fahrerflucht wird der Weg vom Unfallort bis zur Überführung des Tatverdächtigen verfolgt. Der „genetische Fingerabdruck“ spielt bei der Ermittlung des Täters eine entscheidende Rolle.

Anhand von 3D-Animationen und Filmsequenzen aus einem Labor werden grundlegende Kenntnisse der molekularen Genetik vermittelt und elementare Techniken wie die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und die Gelelektrophorese vorgestellt.

Schlagwörter

DNA, Erbgut, Gene, Exon, Intron, STR, Gentechnik, Genetischer Fingerabdruck, DNA-Analyse, PCR, Elektrophorese

Biologie

Allgemeine Biologie • Biologische Forschung,
biologische Arbeitsmethoden, Genetik, Biochemie
Menschenkunde • Genetik, Evolution

Allgemeinbildende Schule (11-13)

Weitere Medien

Videos

4202600 Gentechnik in der Lebensmittelproduktion

4202524 Gentechnik beim Menschen: Gendiagnose und
Gentherapie

4202523 Gentechnische Herstellung eines Medikaments:

Blutgerinnungsfaktor VIII

4202218 Reis vom Reißbrett

4201814 Gentechnik - spielen die Wissenschaftler Gott?

4231686 Leben außer Kontrolle