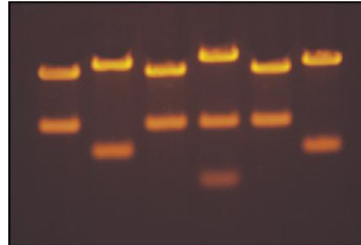


Genetischer Fingerabdruck

DNA-Identifikation durch Vergleich von Restriktionsprofilen



Inhalt des Sets

DNA-Proben

- A: DNA vom Tatort mit Restriktionsenzym 1
- B: DNA vom Tatort mit Restriktionsenzym 2
- C: DNA des 1. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 1
- D: DNA des 1. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 2
- E: DNA des 2. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 1
- F: DNA des 2. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 2

**Die Proben bei
Zimmertemperatur
aufbewahren !**

Reagenzien und Zubehör

- Lösung zum Laden des Gels
- Agarose-Pulver
- konzentrierte Pufferlösung
- Methylenblau (InstaStain®)
- Pipette (1 ml)
- Messbecher (100 ml)
- Mikro-Transfer-Pipette

Dieser Versuch enthält keine menschliche DNA.

Nicht mitgelieferte Bestandteile

- Elektrophoresekammer (z.B. [201.3386](#))
- Stromversorgung für die Elektrophorese
- automatische Mikropipette und Spitzen (z.B. [200.6671](#))
- Laborwaage (z.B. [100.3693](#))
- Mikrowelle bzw. Kochplatte (oder Brenner) (z.B. [201.5263](#))
- Pipettierhilfe (z.B. [200.6706](#))
- Kolben oder Messbecher (250 ml) (z.B. [200.8637](#))
- Feuerfeste Handschuhe
- Sicherheitshandschuhe
- Sicherheitsbrillen (z.B. [100.3614](#))
- Färbemittel für die Gels

- Geräte zur Sichtbarmachung der DNA (weißes Licht)
- destilliertes oder deionisiertes Wasser

Wichtiger Hinweis

Alle Bestandteile sind nur für die Lehre bestimmt. Es ist verboten sie für Diagnose oder zu drogistischen Zwecken zu verwenden. Auch dürfen die Bestandteile weder von Menschen noch Tieren konsumiert werden. Aufbewahrung des gesamten Materials bei Zimmertemperatur.

Die **Typisierung der DNA** (gleichermaßen als Analyse des genetischen Profils oder unter dem Begriff genetischer Fingerabdruck bekannt), ist ein Prozess, bei dem die DNA eines Individuums anhand des Vergleichs von mehreren Genom-Sequenzen analysiert wird. Beim Menschen wird der genetische Fingerabdruck häufig zur Identifikation eingesetzt. Dr. Alex Jeffreys der Universität Leicester war 1984 Vorreiter dieses Verfahrens. Seine Analyse-methode führte 1987 erstmals zur Verhaftung eines Mörders in England, dessen Identität durch den sogenannten genetischen Fingerabdruck nachgewiesen werden konnte. Zwei Monate später konnte eine weitere Straftat in den Vereinigten Staaten in Florida mit dieser Methode aufgeklärt werden.

Seitdem hat der Gebrauch des genetischen Fingerabdrucks in der Kriminalistik zu Tausenden Anklagen, aber auch zu vielen Freisprüchen geführt.

Im Gegensatz zu früheren Methoden wie beispielsweise der Blutgruppenbestimmung, die nur einen Verdächtigen ausschließen konnte, führt der genetische Fingerabdruck zweifelsfrei zu dem Schuldigen.

Außer in Kriminalfällen, wird der genetische Fingerabdruck auch zu Vaterschaftsbestimmungen und zur Personenidentifikation in der Pathologie verwendet. Außerdem zur Identifikation menschlicher Überreste, beispielsweise aus Unfällen oder Kriegen. So war es mit Hilfe des genetischen Fingerabdrucks möglich, viele Opfer von Anschlägen, so auch der Terroranschläge vom 11. September 2001 zu identifizieren.

Menschliche Zellen enthalten zwei Typen DNA:

- Der erste Typ ist die chromosomale zelluläre DNA, die sich in 23 Chromosomen (haploider Chromosomensatz) im Zellkern befindet. Diese von den Eltern erhaltene DNA ist das genetische Erbe eines Individuums. Das genetische Profil eines Individuums wird an Hand der zellulären DNA erstellt.
- Der zweite DNA-Typ unterscheidet sich von der zellulären DNA und kommt nur in den Mitochondrien, den für die Energiegewinnung zuständigen Zellorganellen, vor. Die mitochondriale DNA stammt nur von der Mutter und ist vor allem in den Analysefällen sehr nützlich, deren Ziel es ist geschwisterliche Beziehungen zu bestimmen. Zum Beispiel besitzen ein Bruder, eine Schwester, ein Halbbruder oder eine Halbschwester mit der gleichen Mutter auch die gleiche (von der Mutter vererbte) mitochondriale DNA. Die Identifikation erfolgt über ein relativ einfache gebautes Ring-Chromosom (16569 Bp / 37 identifizierte Gene)

Die Methode des genetischen Fingerabdrucks nach Dr. Jeffreys erfolgt mit zellulärer DNA, die durch Restriktionsenzyme zerschnitten werden kann, gefolgt von einer Southern Blot-Analyse.

Wenn menschliche DNA durch Restriktionsenzyme zerkleinert wird, wird eine große Anzahl von DNA-Fragmenten produziert. Trennt man diese Fragmente dann in einer Gelelektrophorese, erscheinen sie als gefärbte Banden auf dem Gel. Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismen (RFLPs) können in diesen Banden mittels markierter Sonden bestimmt werden. Eine detaillierte Beschreibung folgt später. Die RFLP-Methode ist statistisch gesehen sehr präzise, jedoch werden dafür sehr große Mengen DNA benötigt und ihre Durchführung dauert mehrere Wochen.

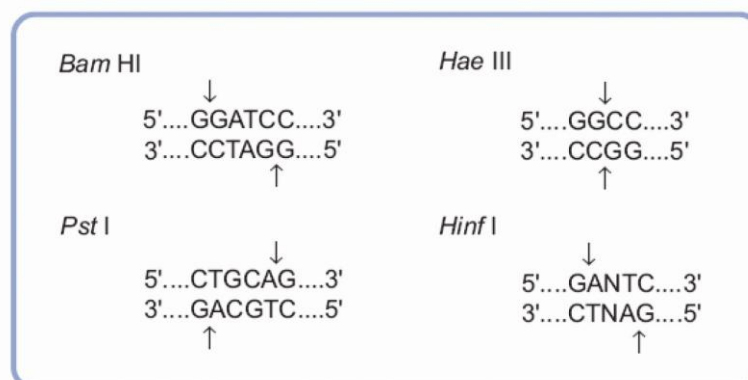
Die Polymerasekettenreaktion (PCR) hat in den letzten die RFLP-Methode zusehends verdrängt. Zum einen ist die Sensibilität der PCR-Methode größer: Eine geringe Menge DNA wird zur Vereinfachung der Analyse vervielfacht, und somit ermöglicht diese Methode auch aus weniger DNA einen genetischen Fingerabdruck zu erstellen. Zum anderen lässt die schnellere Durchführbarkeit einer PCR-Analyse ein schnelleres Ergebnis auf kritische Fragen zu.

Im Unterrichtsraum für Biologie können viele wichtige Konzepte, Theorien und die praktische Seite der molekularen Biologie im Zusammenhang mit den verschiedenen Methoden zur Herstellung eines genetischen Fingerabdrucks erläutert und gezeigt werden. In diesem Versuch liegt der Schwerpunkt auf Konzepten, die auf die RFLP-Methode aufbauen. Er zielt darauf ab, DNA zu identifizieren indem Restriktionsfragmente durch eine Gelelektrophorese mit Agarosegel getrennt werden.

Verwendung von Restriktionsenzymen

Der genetische Fingerabdruck geht aus der elektrophoretischen Analyse von DNA-Fragmenten hervor, die durch Wirkung von Restriktionsenzymen entstanden sind. Restriktionsenzyme sind Ribonukleasen, die die Spaltung von Phosphodiesterbindungen in beiden Strängen der DNA katalysieren. Die Schnittstellen entsprechen Palindrom-Sequenzen, die für die jeweiligen Restriktionsenzyme spezifisch sind. Diese Sequenzen umfassen meist aus 4-8 Basenpaaren.

Die am häufigsten benutzten Restriktionsenzyme zur Analyse eines DNA-Profiles sind Hae III und Hinf I, die Sequenzen von 4 und 5 Basenpaaren schneiden. Beispiele finden Sie in der Abbildung (unten).



Die Größe der hergestellten DNA-Fragmente hängt vom Abstand der Erkennungssequenzen die das Enzym schneidet ab. Generell lässt sich sagen: Je länger das DNA-Molekül ist,

umso größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass ein Stelle zur Identifikation entsteht. Die menschliche DNA ist groß und umfasst schätzungsweise 3 Milliarden Basenpaare. Ein Restriktionsenzym, welches eine Erkennungssequenz von etwa 6 Basenpaaren schneidet (zum Beispiel Eco RI) teilt die menschliche DNA in etwa 750000 unterschiedliche Fragmente. Die DNA ist stark polymorph, so dass keine zwei Individuen exakt die gleiche DNA haben können.

In der Bevölkerung existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Allele, die als alternative Formen eines Gens zu unterschiedlichen Ausprägungen genetischer Merkmale führen und dominant/rezessiv oder intermediär veranlagt sein können.

Chromosome liege im diploiden Chromosomensatz paarweise vor und sind mütterlichen und väterlichen Ursprungs. Der einzigartige Genotyp eines Individuums ergibt sich aus dem Zusammenschluss des elterlichen Genmaterials, also dem Aufeinandertreffen zweier Kopien eines Gens als unterschiedliche Allele auf zwei Chromosomen. Daraus folgt, dass die Allele unterschiedliche Restriktionsprofile haben. Andere Unterschiede in der Basenanordnung zwischen Individuen können durch Mutationen und Unterdrückungen entstehen. Solche Veränderungen können gleichermaßen ein Erkennungszeichen schaffen oder eliminieren.

Polymorphe DNA bezeichnet die Stellen im Erbgut, durch die ein Individuum klar von einem anderen abgegrenzt werden kann. Wenn mehrere dieser DNA-Regionen eines Individuums untersucht wurden, kann man daraus einen einzigartigen "genetischen Fingerabdruck" erhalten.

Die am häufigsten verwendeten Polymorphismen sind die, die sich bezüglich ihrer Länge unterscheiden; sie sind bekannt als Fragment-Längen-Polymorphismen (FLPs). Es gibt vor allem zwei Gründe für das Auftreten der FLPs. Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismen (RFLPs) sind das Ergebnis von Längenvariationen eines DNA-Segments zwischen zwei Identifikationsstellen eines Restriktionsenzym, wie es bei Individuen der gleichen Art gegeben ist. RFLPs sind das Ergebnis einer Modifikation der Schnittstellen der Restriktionsenzyme, die Folge einer Mutation der Identifikationsstellen eines Restriktionsenzym sein kann.

Außerdem existiert ein weiterer Typ: Polymorphe Sequenzen die nur ein einziges Mal im Genom auftreten: VNTR-Loci (Variable Number of Tandem Repeats); variable Segmente mitochondrialer DNA, die von der Mutter ohne Rekombination weitergegeben werden.

Genotypen

Genotyp	1	2	3	4	5	6	7
50 Kb C							
40 Kb B							
30 Kb A							

VNTR Variabel Number of Tandem Repeats
Die Sonde entdeckt gleichermaßen codierende Regionen und aneinander grenzende Regionen des Genoms. Die Pfeile zeigen die Restriktionschnittstellen für die Restriktionsenzyme an, die für den Southern Blot verwendet werden.

Die PCR kann ebenfalls zur Bestimmung der variablen Bereiche verwendet werden

Bande 1 – DNA-Marker
Bande 2 – Homozygote Kopien
Bande 3 – Heterozygote VNTR
Bande 4 – Heterozygote VNTR
Bande 5 – Homozygote Kopien

Technik des genetischen Fingerabdrucks

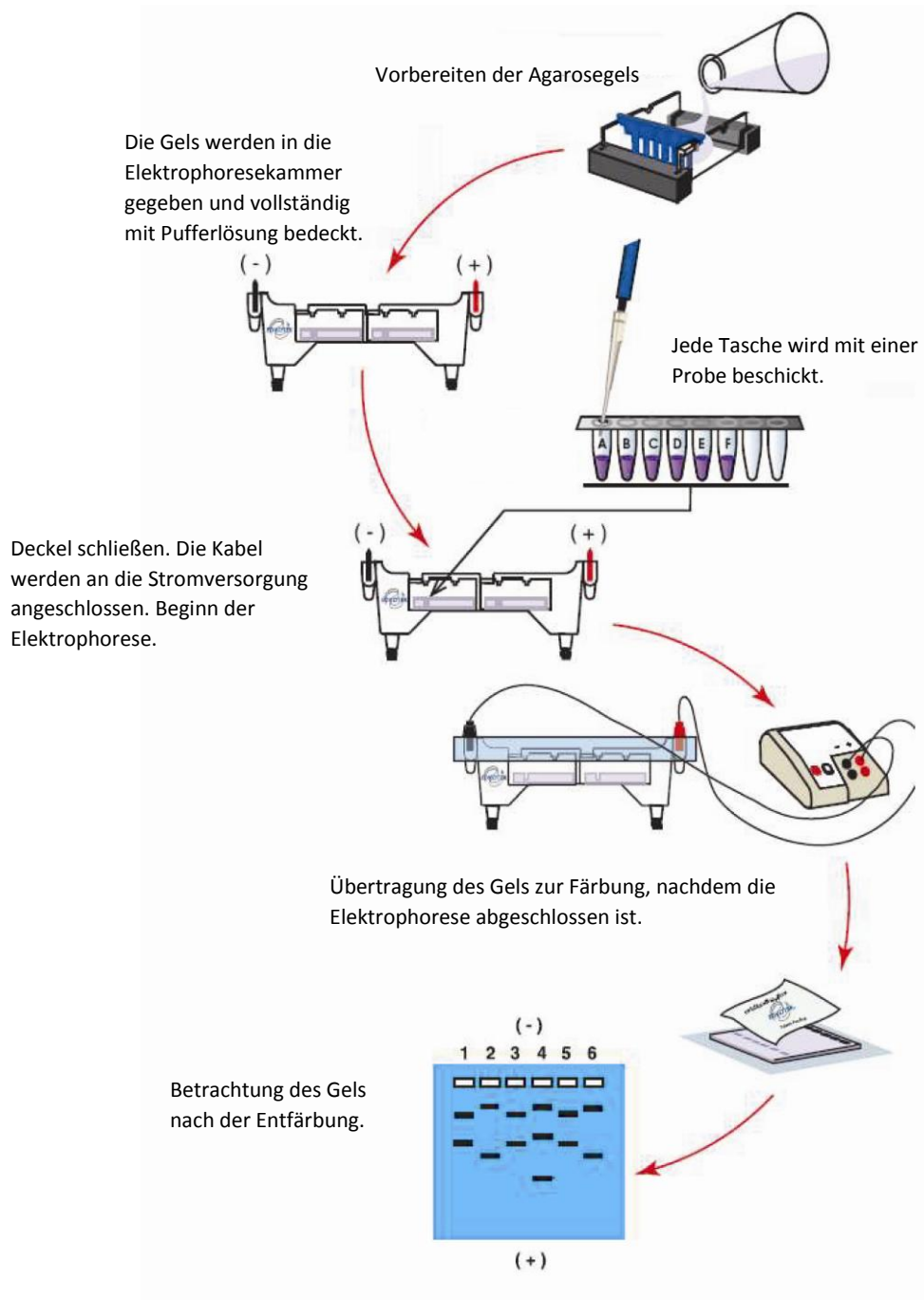
Zur Analyse der hergestellten DNA-Fragmente wird die Gelelektrophorese genutzt. Das Agarosegel beinhaltet mikroskopisch kleine Poren, die wie ein Sieb wirken. Die DNA-Proben werden in Geltaschen gegeben. Da die DNA bei neutralem pH-Wert negativ geladen ist, wandert sie während der Elektrophorese in Richtung der positiven Elektrode. Die DNA-Fragmente werden so nach ihrer Größe getrennt. Umso kleiner das Fragment ist, desto schneller wandert es durch das Gel. Das Ergebnis der Gelelektrophorese kann dann mittels Farbstoffen sichtbar gemacht werden.

Versuch

Ziel dieses Versuchs ist eine Heranführung an die Arbeit mit Restriktionsprofilen. Es werden verschiedene Restriktionsprofile analysiert und der Täter unter mehreren Verdächtigen identifiziert.

- Benötigte Gelgröße: 7 x 7 oder 7 x 15 cm

- Anzahl der Geltaschen: 6, an einem Ende des Gels platziert
- Konzentration des Agarosegels: 0,8 %



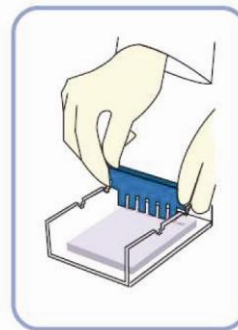
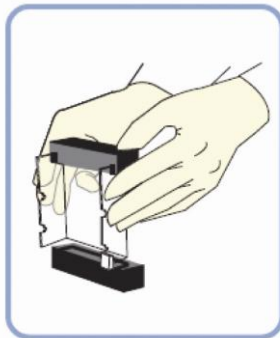
Sicherheitsbestimmungen im Labor

1. Tragen Sie Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille.
2. Vorsicht beim Erhitzen.
3. Nicht mit dem Mund pipettieren.
4. Vorsicht beim Bedienen der elektrischen Geräte.
5. Nach jeder Bearbeitung Hände mit Seife und Wasser waschen.



Vorbereitung des Gels:

1. Die Seiten der Form mit Kautschuk-Stäben verschließen und den Kamm zur Bildung von Taschen im Gel einsetzen. Versichern Sie sich, dass das Gefäß dicht verschlossen ist.



2. Einen Standkolben von 250 ml zur Herstellung der Gellösung benutzen.
3. Folgende Komponenten werden hinzugefügt:
 - konzentrierte Pufferlösung
 - destilliertes Wasser
 - Agarosepulver

Größe des Gels	Agarose (g)	Pufferlösung [C] 50x (ml)	destilliertes Wasser (ml)	Gesamtvolumen (ml)
7 x 7 cm	0,24	0,6	29,4	30
7 x 15 cm	0,48	1,2	58,8	60

4. Lösen der Agarose
5. Achtung: Die Konzentrationen der Lösungen müssen notiert werden.
6. Erhitzen der Lösung zur Verbesserung der Löslichkeit des Agarosepulvers. Die entstehende Lösung muss flüssig sein (wie Wasser), ohne jegliche Suspensionspartikel.
 - a) Methode 1: in der Mirko-Welle:

- i. Bedecken des Flakons mit einem Plastikfilm zur Verhinderung von Evaporation.
- ii. Erhitzen der Mischung auf Maximaltemperatur für 1 min.
- iii. Umrühren (25 Sekunden) bis die Agarose ganz gelöst ist.

b) Methode 2: auf der Kochplatte:

- i. Bedecken des Flakons mit Aluminiumfolie zur Verhinderung von Evaporation.
- ii. Bis zur Siedetemperatur erhitzen und von Zeit zu Zeit umrühren bis die Agarose komplett gelöst ist.

Vergewissern Sie sich, dass die Agarose komplett gelöst ist



7. Abkühlen der Agarose auf 55°C
8. Die Lösung in die Form (Bett) kippen.
Versichern Sie sich, dass die Form gerade steht.
9. Gel stehen lassen, bis es sich verfestigt hat (etwa 20 min).

Vorbereitung des Gels für die Gelelektrophorese

10. Nachdem sich das Gel komplett verfestigt hat, werden die Kautschuk-Stäbe vorsichtig entfernt. Das Gel sollte dabei nicht beschädigt werden.
11. Vorsichtiges Herausziehen des Kamms um Beschädigungen der Geltaschen zu vermeiden.
12. Platzieren des Gels in die Elektrophoresekammer.
13. Bedecken der Kammer mit der in Tabelle B angegebenen Menge Pufferlösung. Vergewissern Sie sich, dass das Gel komplett eingetaucht ist.
14. Einfüllen der Proben und Beginn der Elektrophorese
 - 35 - 38 µl des DNA-Extrakts werden in jede Tasche gefüllt.
 - Die Kapazität jeder Elektrophoresekammer liegt bei 250 µl, verteilt auf 6 Taschen.

Tabelle B: Verdünnung der Pufferlösung		
fertige Pufferlösung	Pufferlösung [C] (50x)	Destilliertes Wasser
300 ml	6 ml	294 ml
400 ml	8 ml	392 ml
500 ml	10 ml	490 ml
1000 ml	20 ml	980 ml

Beladung des Gels

Ein sicheres und genaues Einbringen der Proben in die Geltaschen garantiert optimale Ergebnisse. Pipettierfehler können aufgrund einer Verdünnung der Proben mit der Pufferlösung die Wanderung im Gel behindern. In jedem Fall ist das Üben der Probeneinbringung das sicherste Mittel zur erfolgreichen Durchführung des Versuchs.

Elektrophoreseproben in Eppis von 1,5 ml oder 0,5 ml.

Sie enthalten die notwendige Menge für die Gruppe. Die benötigte Menge sollte vorsichtig entnommen werden, nachdem die Röhrcchen zuvor vorsichtig auf einen festen Untergrund geklopft wurden (Sammeln der Flüssigkeit auf dem Röhrcchenboden).



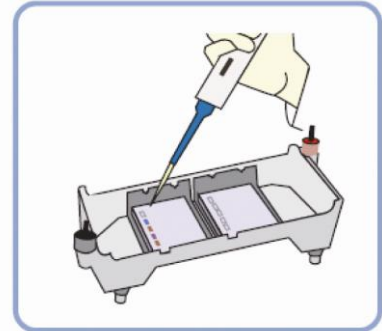
Achtung

Während der Elektrophorese wandern die DNA-Proben durch das Agarosegel in Richtung der positiven Elektrode. Daher ist das Gel unbedingt vor Beschickung der Taschen mit den Proben korrekt in der Kammer auszurichten.

Gelelektrophorese

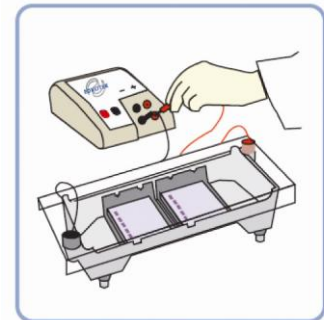
Verteilen Sie die DNA-Proben aus den Röhrchen A-F in die dafür vorgesehenen Taschen im Gel (festgelegte Reihenfolge); 35 µl pro Tasche.

- A - DNA vom Tatort mit Restriktionsenzym 1
- B - DNA vom Tatort mit Restriktionsenzym 2
- C - DNA des 1. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 1
- D - DNA des 1. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 2
- E - DNA des 2. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 1
- F - DNA des 2. Verdächtigen mit Restriktionsenzym 2



Durchführung der Elektrophorese

Tabelle C Spannung [V]	empfohlene Zeit und Spannung	
	Minimum	Maximum
125	30 min	40 min
70	40 min	75 min
50	60 min	100 min



Sobald die Elektrophorese beendet ist, wird der Strom abgeschaltet, die Anschlussdrähte entfernt und der Deckel abgenommen.

Entnahme des Gels aus der Form zur Anfärbung mit InstaStain® Methyleneblau.

Färben der DNA

1. Nach der Elektrophorese wird das Agarosegel auf eine ebene, glatte Fläche gelegt.
2. Die Methyleneblau-Karte wird mit der Farbseite nach unten auf das Gel gelegt. (Schutzhandschuhe!)
3. Glätten der InstaStain®-Karte auf dem Gel um Luftblasen zu vermeiden und einen durchgängigen Kontakt sicherzustellen.
4. Zur Sicherstellung des Kontakts wird ein kleiner Gegenstand (z.B. ein leerer Messbecher) auf die Insta-Stain®-Karte gestellt.
5. 5-10 min warten.
6. Entfernen der InstaStain®-Karte.



Wenn die Färbung des Gels sehr schwach ist, wird die Oberfläche des Gels mit Pufferlösung oder destilliertem Wasser befeuchtet und die InstaStain®-Karte wird mit der Rückseite nach unten für 5 weitere Minuten auf das Gel gelegt.

Alternativen zu InstaStain®-Karten

- Es wird ein Flakon Methylenblau mitgeliefert, folglich ist es nicht notwendig InstaStain®-Karten zu verwenden.
- Wenn Sie das Gel nicht mit der InstaStain®-Methode färben möchten, muss der Inhalt des Flakons 10x verdünnt werden und ergibt somit 600 ml Methylenblau.
- Die Gels werden 30 min in diese Lösung getaucht und von Zeit zu Zeit sanft geschüttelt.
- Entfärben der Gels durch Eintauchen in zwei Wasserbäder mit destilliertem Wasser (37°C); je Bad 15 Minuten.

Gel-Entfärbung und Sichtbarmachung der DNA

7. Das Gel wird in ein kleines Plastikbehältnis gegeben.
8. Bedecken des Gels mit destilliertem Wasser (zur Entfärbung); je mehr das Gel gefärbt ist, desto häufiger muss der Vorgang wiederholt werden.
9. Vorsichtig das Gel aus der Entfärberlösung nehmen. Betrachten der Banden.
10. Wenn das Gel zu blass ist, ist es schwierig die Banden zu erkennen. In diesem Fall muss das Färbeverfahren wiederholt werden.



Hinweise zur Entfärbung

- Destilliertes Wasser, das auf 37°C erwärmt wurde beschleunigt die Entfärbung.
- 37°C dürfen nicht überschritten werden! Eine höhere Temperatur führt zu einem Aufweichen des Gels und es besteht das Risiko, dass es zerbricht.
- Das Entfärbewasser sollte nicht häufiger als drei Mal gewechselt werden, da die DNA-Banden sonst auch zu sehr verblassen

Mögliche Fragen/ Vorschläge für Fragen

- Definieren Sie den Begriff FLP und geben sie seine Bedeutung an.
- Aus welchem Grund werden Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismen benutzt?
- Wie oft können Tandem-Repeats vorkommen (VNTRs)?
- Welche Individuen besitzen als einzige den gleichen genetischen Fingerabdruck?
- Zählen Sie die Etappen zur Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks auf, ausgehend von der DNA-Entnahme eines Tatverdächtigen vom Tatort.
- Welche (menschliche) Zelltypen können für diese Technik benutzt werden? Versuchsergebnisse und Fragen zu weiterführenden Studien.

Geschätzte Dauer für die einzelnen Arbeitsschritte

- Vorbereitung des Gels: Wenn Sie sich dazu entscheiden, die Gels vorzufertigen oder von den Schülern anfertigen zu lassen, müssen Sie dafür 30-40 Minuten veranschlagen. 20 Minuten dieser Zeit sind dabei für die Aushärtung des Gels notwendig.
- Das Einbringen der Proben kann 10 Minuten bis 1 Stunde dauern (je nach Übung).
- Dauer der Elektrophorese: 30 Minuten bis 2 Stunden (abhängig von der Spannung), siehe Tabelle C.
- Färbung/ Entfärbung: 5 bis 10 Minuten bzw. 20 Minuten.

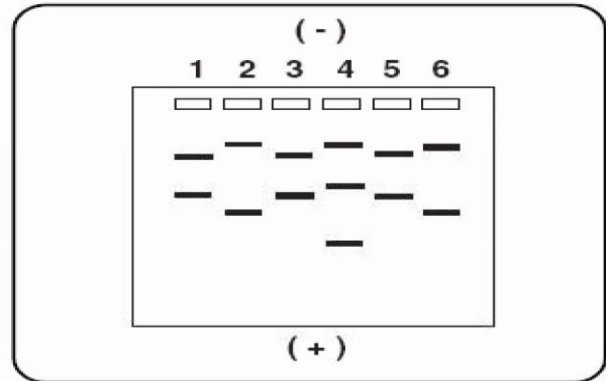
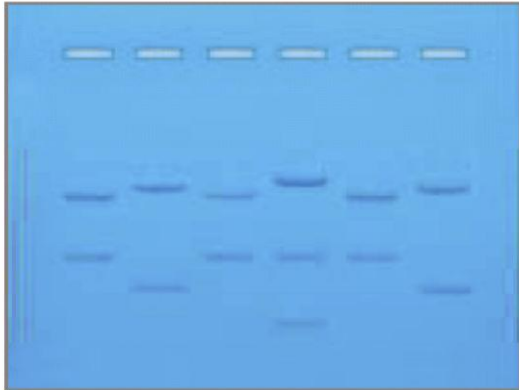
Wichtige Informationen

Die Gels nicht unter -20°C aufbewahren, weil die Kälte das Agarosegel zerstört.

Vor der Probenentnahme aus den Röhrcchen sollten Sie sich vergewissern, dass sich der Inhalt auf dem Boden des Röhrcchens befindet. Wenn dies nicht der Fall ist, muss das Röhrcchen zunächst leicht zentrifugiert oder auf einen ebenen Untergrund geklopft werden.

Ergebnis des Versuchs und Analyse

Die Banden 1 und 2 entsprechen den DNA-Proben vom Tatort, die von zwei unterschiedlichen Restriktionsenzymen geschnitten wurden.



- Die Banden 3 und 4 entsprechen den DNA-Proben des ersten Tatverdächtigen. Die DNA des Verdächtigen wurde von den gleichen Restriktionsenzymen geschnitten wie die Tatort-DNA.
- Die Banden 5 und 6 entsprechen den DNA-Proben des zweiten Tatverdächtigen. Die DNA des zweiten Verdächtigen wurde ebenfalls von den gleichen Restriktionsenzymen geschnitten wie die Tatort-DNA und die DNA des ersten Tatverdächtigen.

Diskussionsfrage: Könnte man diese Proben unterscheiden, wenn nur ein einziges Restriktionsenzym benutzt hätte?

LÖSUNGEN

1. Definieren sie den Begriff RFLP und geben sie seine Bedeutung an.

In der Molekularbiologie wird der Begriff Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismus (oder RFLP) in zweierlei Hinsicht benutzt:

- als Charakteristikum von DNA-Molekülen, das es ermöglicht ein Molekül von einem anderen zu unterscheiden,
- als Labortechnik, die dieses Charakteristikum dazu nutzt, DNA-Moleküle zu differenzieren und zu vergleichen. Diese Technik wird zur Erstellung des genetischen Fingerabdrucks und zur Durchführung von Vaterschaftstest genutzt.

2. Aus welchem Grund gibt es Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismen?

RFLPs sind das Ergebnis von Längen-Variationen eines Segments aus genomischer DNA zwischen zwei Restriktionsstellen unter den Individuen einer Rasse.

3. Wie viele Tandem-Repeats (VNTR) gibt es?

VNTRs sind DNA-Segmente, die 2-40 Basenpaare enthalten. Diese wiederholen sich immer wieder und variieren von Individuum zu Individuum einer Art. Sie befinden sich in den auf der DNA in den Bereichen zwischen Genen.

4. Welche Individuen besitzen als einzige den gleichen genetischen Fingerabdruck?

Eineiige Zwillinge.

5. Zählen Sie die Arbeitsschritte zur Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks auf, ausgehend von der DNA-Entnahme bis zur Erstellung einer Autoradiographie.

Arbeitsschritte:

- DNA-Extraktion
- Zugabe von Restriktionsenzymen zur Erzeugung von DNA-Fragmenten unterschiedlicher Größe;
- Gelelektrophorese zur Trennung der Fragmente aufgrund ihrer Größe;
- DNA-Denaturierung zur Trennung der DNA-Stränge;
- Southern Blot: die Ergebnisse werden auf eine Nylonmembran übertragen;
- Zugabe einer Sonde, die den DNA-Komplementärstrang hybridisiert;
- Identifikation der Größe von den durch die Sonde markierten DNA-Fragmenten;
- Vergleich der DNA-Fragment-Größe der Verdächtigen mit der vom Tatort stammenden DNA.

7. Welche (menschlichen) Zelltypen können für diese Technik verwendet werden?

Für einen genetischen Fingerabdruck kann die DNA die in Blutzellen, Sperma, Haut oder Haarwurzeln gefunden wird verwendet werden.