

3.7 Möglichkeiten und Grenzen des genetischen Fingerabdrucks mittels STR-Analyse

M1 Information zum genetischen Fingerabdruck mithilfe von Short Tandem Repeats (STR)

Nur etwa 3% der menschlichen DNA enthält Informationen zur Bildung spezifischer Proteine. Im restlichen, nichtcodierenden Anteil findet man Genorte, in denen sich bestimmte Sequenzen tandemartig wiederholen.

Beispiel:

3' TGGAG TCTT TCTT TCTT TCTT TCTT TCTT
GCCA 5'

Derartige repetitive Sequenzen nennt man **Short Tandem Repeats (STR)**. STRs besitzen eine hohe Mutationsrate. Die Anzahl der Wiederholungen variiert von Individuum zu Individuum. Kombiniert man nun mehrere STR-Genorte miteinander, so erhält man ein individuelles Allelmuster, das für den genetischen Fingerabdruck verwendet werden kann. Je mehr Genorte untersucht werden, desto sicherer das Ergebnis.

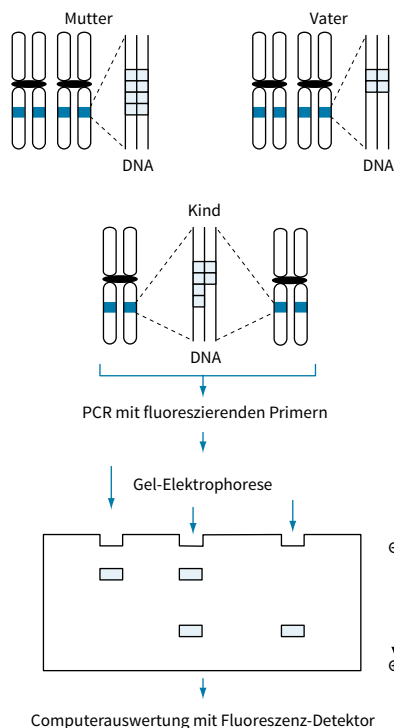
Angenommen, an jedem Genort gäbe es zehn mögliche Wiederholungen. Dann wäre die Chance, dass zwei Personen den gleichen genetischen Fingerabdruck haben:

bei 1 Genort 1:10,

bei 2 Genorten 1:100,

bei 8 Genorten 1:100 000 000.

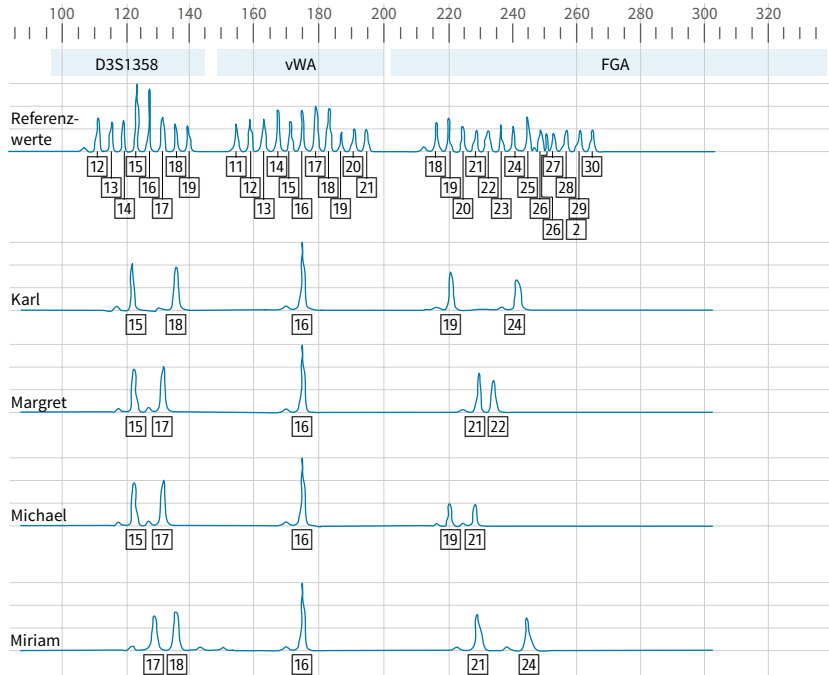
Damit sind eindeutige Aussagen über Verwandtschaftswahrscheinlichkeiten möglich. Daneben ermöglichen die Ergebnisse Aussagen über das Geschlecht (sofern das Y-Chromosom erfasst wird) und Ableitungen in Bezug auf die Ethnie, insbesondere bei Abweichungen vom mitteleuropäischen Standard. Letzteres ergibt sich nicht unbedingt direkt aus dem DNA-Profil, sondern erst aus dessen Vergleich mit sonstigen wissenschaftlichen DNA-Studien. Die entsprechenden Aussagen sind allerdings mit einer extrem hohen Fehlerquote verbunden.



Herstellung eines genetischen Fingerabdrucks (STR-Analyse)

M2 Fallbeispiel

In einem Vaterschaftsprozess sollte geklärt werden, ob Karl der leibliche Vater von Michael und Miriam ist. Dazu wurde der genetische Fingerabdruck der Mutter Margret sowie aller beteiligten Personen erstellt. In der Abbildung sind die Ergebnisse für die drei Genorte *D3S1358*, *vWA* und *FGA* dargestellt.



M3 Muster eines Ausweises mit persönlichem genetischen Fingerabdruck

Martina Mustermann

Ausstellungsdatum: 21.08.2006

Geburtsdatum: 12.08.1964

Größe: 176 cm

Gewicht: 60 kg

Geschlecht: w

Augenfarbe: grün

Haarfarbe: rotblond



15	16	21	15	13	12	9	10
17	16	22	14	14	13	11	8
<i>D3S1358</i>	<i>vWA</i>	<i>FGA</i>	<i>D8S1179</i>	<i>D18S51</i>	<i>D5S818</i>	<i>D13S317</i>	<i>D7S820</i>

1. Erläutern Sie mithilfe von **M1** die einzelnen Schritte bei der Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks. A
2. Überprüfen Sie anhand von **M2**, ob Karl als Vater von Michael und Miriam in Betracht kommt und begründen Sie Ihre Entscheidung.
3. Kritiker befürchten, dass die Verwendung des genetischen Fingerabdrucks in Ausweisen (**M3**) geradewegs zum „gläsernen Menschen“ führt. Nehmen Sie Stellung zu dieser Befürchtung.

Lösungsvoraussetzungen: Aufbau der DNA aus codierenden Abschnitten (Exons) und nichtcodierenden Bereichen (Introns, extragener Bereich), PCR-Methode, Gel-Elektrophorese

1. Zunächst wird die DNA sämtlicher Personen isoliert und anschließend mithilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) vervielfältigt. Dazu benötigt man neben dem zu vervielfältigenden DNA-Abschnitt eine Polymerase, die vier verschiedenen DNA-Nucleotide sowie spezifische Primer. Die Primer werden so gewählt, dass sie die gesuchte STR-Sequenz einschließen. Ihre Markierung mit Fluoreszenzfarbstoffen erlaubt die spätere Detektion der vervielfältigten STRs. Nach der PCR liegen die STRs in ausreichender Anzahl vor, sodass diese nun mittels Gel-Elektrophorese aufgetrennt werden können. Dabei wandern die negativ geladenen DNA-Fragmente aufgrund ihrer Ladung im elektrischen Feld einer Gleichspannungsquelle in Richtung des positiven Pols. Kurze STRs mit geringer Anzahl an Repeats wandern dabei schneller als längere STRs. Mithilfe eines Scanners, der die Signale der fluoreszenzmarkierten Fragmente erfasst, lässt sich dann das Ergebnis der Auftrennung visualisieren. L
Im vorliegenden Beispiel ist die Mutter homozygot für den Genort mit vier Repeats, der ebenfalls homozygote Vater besitzt an diesem Genort nur zwei Repeats. Die STRs werden entsprechend den MENDEL'schen Regeln in der Meiose neu kombiniert, sodass das Kind nun heterozygot für diesen Genort ist (vier und zwei Repeats). Entsprechend ergeben sich bei der Gel-Elektrophorese zwei getrennte Banden.
2. Sämtliche Personen sind heterozygot für die Genorte *D3S1358* und *FGA*, das heißt, hier finden sich jeweils zwei Peaks. Jeder einzelne Peak der Kinder lässt sich entweder der Mutter oder aber dem potenziellen Vater Karl zuordnen. So besitzt beispielsweise Miriam für den Genort *D3S1358* einmal 17 und einmal 18 Repeats. Die 17 Repeats stammen von der Mutter, die 18 können folglich von Karl stammen. In vergleichbarer Weise können die 21 bzw. 24 Repeats des Genortes *FGA* eindeutig der Mutter bzw. dem potenziellen Vater zugeordnet werden.

Beim Genort *vWA* findet sich nur ein Peak, sämtliche Personen sind hier homozygot. Diese Verteilung ist zwar nicht eindeutig in Bezug auf die potenzielle Vaterschaft von Karl, sie steht aber auch nicht im Widerspruch dazu. Damit kommt Karl als Vater in Betracht. Allerdings ist die Aussagekraft einer derartigen Analyse bei nur drei Genorten eingeschränkt (**M1**).

- Die analysierten Bereiche beim genetischen Fingerabdruck sind nicht-codierende DNA-Abschnitte, das bedeutet, der eigentliche genetische Fingerabdruck erlaubt – wie der echte Fingerabdruck – keine Aussage über sonstige Merkmale einer Person wie z. B. Aussehen, Gesundheit etc. Lediglich eine eindeutige Aussage über das Geschlecht ist zusätzlich möglich. Die Zuordnung zu bestimmten Ethnien ist zudem mit extrem hoher Fehlerquote verbunden. Es sollte bedacht werden, dass ein Passfoto (**M3**) mehr persönlichkeitsrelevante Merkmale verrät als der eigentliche genetische Fingerabdruck, ohne dass die Verwendung des Fotos kritisiert wird. Solange man sich bei der Anfertigung eines genetischen Fingerabdrucks auf die nichtcodierenden Abschnitte beschränkt, ist die Sorge über den „gläsernen Menschen“ nach heutigem Kenntnisstand unbegründet.

Tipp

Tipps zur Herangehensweise

- 🕒 Wiederholung: Methoden zur Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks, PCR
-

Mögliche Prüfungsfragen zu diesem Thema für einen zweiten Prüfungsteil

A

1. Diskutieren Sie Überlegungen einer grundsätzlichen Speicherung von Daten auf Krankenkassen-Chipkarten.
2. Beurteilen Sie, ob ältere Methoden, wie z. B. Stammbaumanalysen, durch gentechnische Verfahren überflüssig werden.
3. Erläutern Sie die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung des genetischen Fingerabdrucks zur Ermittlung von evolutiven Abstammungsverhältnissen.

Konzeptvorschlag

M1 Information zum genetischen Fingerabdruck mithilfe von Short Tandem Repeats (STR)

Nur etwa **3% der menschlichen DNA** enthält Informationen zur Bildung spezifischer Proteine. Im restlichen, nichtcodierenden Anteil findet man Genorte, in denen sich bestimmte Sequenzen tandemartig wiederholen.

Beispiel:

3' TGGAG TCCT TCCT TCCT TCCT TCCT TCCT
GCCA 5'

Derartige repetitive Sequenzen nennt man **Short Tandem Repeats (STR)**. STRs besitzen eine hohe Mutationsrate. Die Anzahl der Wiederholungen variiert von Individuum zu Individuum. Kombiniert man nun mehrere STR-Genorte miteinander, so erhält man ein individuelles Allelmuster, das für den genetischen Fingerabdruck verwendet werden kann. Je mehr Genorte untersucht werden, desto sicherer das Ergebnis. Angenommen, an jedem Genort gäbe es zehn mögliche Wiederholungen. Dann wäre die Chance, dass zwei Personen den gleichen genetischen Fingerabdruck haben:

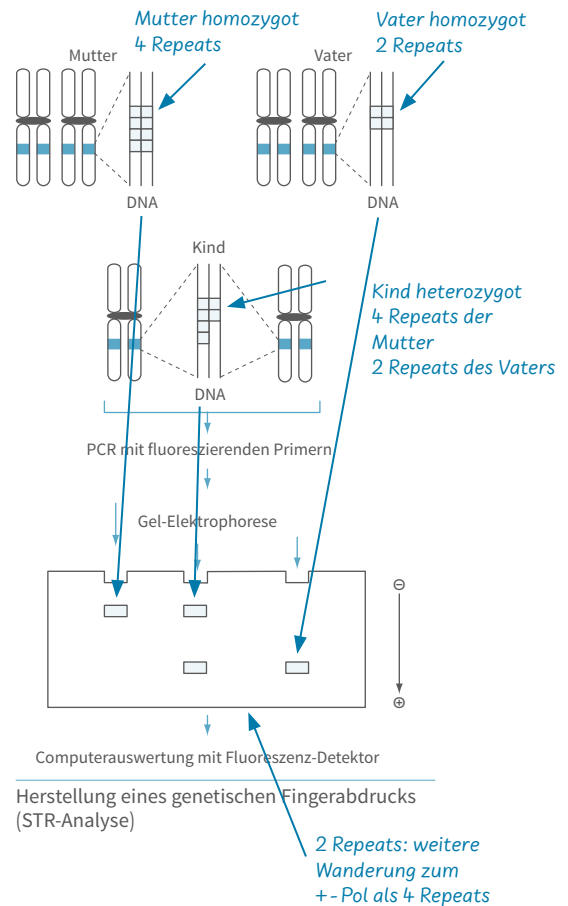
bei 1 Genort 1 : 10,

bei 2 Genorten 1 : 100. *Siehe Material 2: dort werden nur 3 Genorte untersucht*

bei 8 Genorten 1 : 100 000 000.

Damit sind eindeutige Aussagen über Verwandtschaftswahrscheinlichkeiten möglich.

Daneben ermöglichen die Ergebnisse Aussagen über das Geschlecht (sofern das Y-Chromosom erfasst wird) und Ableitungen in Bezug auf die Ethnie, insbesondere bei Abweichungen vom mitteleuropäischen Standard. Letzteres ergibt sich nicht unbedingt direkt aus dem DNA-Profil, sondern erst aus dessen Vergleich mit sonstigen wissenschaftlichen DNA-Studien. Die entsprechenden Aussagen sind allerdings mit einer extrem hohen Fehlerquote verbunden.

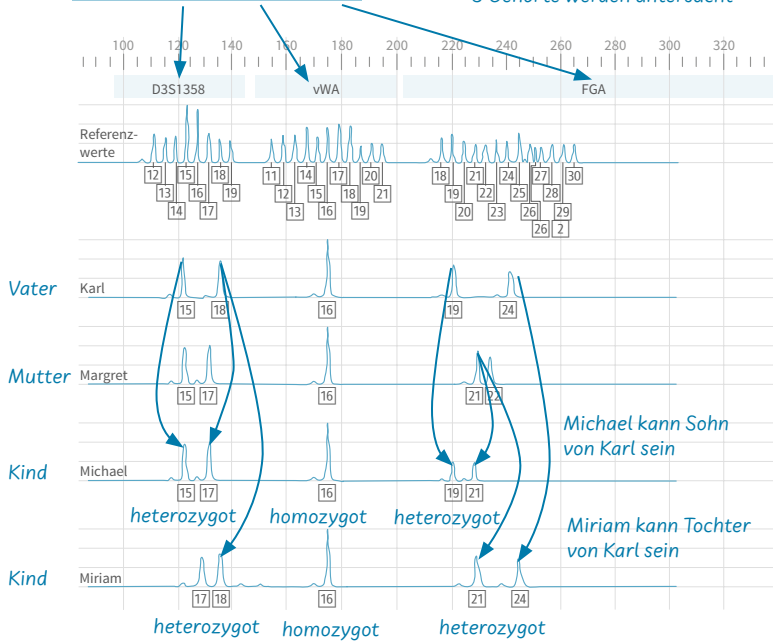


Konzeptvorschlag

M2 Fallbeispiel

Zentrale Frage!

In einem Vaterschaftsprozess sollte geklärt werden, **ob Karl der leibliche Vater von Michael und Miriam ist.** Dazu wurde der genetische Fingerabdruck der Mutter Margret sowie aller beteiligten Personen erstellt. In der Abbildung sind die Ergebnisse für die **drei Genorte D3S1358, vWA und FGA** dargestellt. **3 Genorte werden untersucht**



Ergebnis: Karl kann potentieller Vater sein, aber: nur 3 Gen-Orte wurden untersucht!

M3 Muster eines Ausweises mit persönlichem genetischen Fingerabdruck

Martina Mustermann
Ausstellungsdatum: 21.08.2006

Geburtsdatum: 12.08.1964 Geschlecht: w
Größe: 176 cm Augenfarbe: grün
Gewicht: 60 kg Haarfarbe: rotblond



Foto hat hohe Aussagekraft



15	16	21	15	13	12	9	10
17	16	22	14	14	13	11	8
D3S1358	vWA	FGA	D8S1179	D18S51	D5S818	D13S317	D7S820

Nicht codierende DNA Abschnitte

Sorge vor „gläsernem Menschen“ unbegründet