Genetische Fingerabdrücke: Vaterschaft und Mord

Seit 1892 werden Fingerabdrücke zur Identifizierung benutzt. Sogar eineiige Zwillinge haben unterschiedliche Abdrücke.

Der Fall des US-Footballstars OJ Simpson machte das *DNA-Fingerprinting* medienwirksam bekannt. Simpson konnte allerdings schließlich nicht überführt werden, weil seine Anwälte die Ankläger in Widersprüche verwickelte.

Beim jüngsten politischen Mord in Europa an der schwedischen Außenministerin Anna Lindt hatte (anders als im ungelösten Mordfall Olof Palme) die Polizei die Tatwaffe sichergestellt, ein Messer. Fingerabdrücke wurden darauf keine gefunden, aber Hautpartikel. Der Täter wurde durch DNA-Analyse überführt.

Die DNA zweier Menschen unterscheidet sich nur um 0,1 %. Dieser Unterschied reicht jedoch aus, um einen »genetischen Fingerabdruck« anzufertigen, der unverwechselbar ist. Zwischen Mensch und Schimpanse beträgt der Unterschied übrigens nur 1–2 %, zwischen Pferd und Zebra 4 %.

Interessant ist, dass der genetische Unterschied zwischen Menschen von verschiedenen Kontinenten kleiner ist, als man denkt. Rassisten seien die Fakten gesagt: Ein Schwarz-Afrikaner kann einem Europäer oder Asiaten genetisch ähnlicher sein als einem anderen Afrikaner!

Das erste Mal wurde DNA-Fingerprinting von Dr. Alec Jeffreys (geb. 1950, ab 1994 Sir Alec) in England beschrieben. Im April 1985 kam der neue Test vor Gericht erstmals zum Einsatz bei einem Einwanderungsfall: Einem kleinen Jungen wurde die Einbürgerung ins gelobte Britannien gestattet, weil der Test zeigte, dass er tatsächlich der Sohn eines britischen Staatsbürgers war. Als zwei Schulmädchen vergewaltigt und ermordet wurden, zeigte der DNA-Test wenig später, dass der zunächst Verdächtigte unschuldig war.

1987 wurden in den USA und England DNA-Tests erstmals offiziell als Beweismittel zugelassen. Bei 10 000 Vergewaltigungsfällen zwischen 1989 und 1996 konnten 25 % der zuerst Verdächtigten durch DNA-Analysen ausgeschlossen werden. Es zeigte sich, dass auch Augenzeugen oft irren, so wie auch die US-Justizbehörde: Das »*Innocence Project*« eines New Yorker Jura-Professors konnte seit 1992 mehr als 100 Unschuldige mit DNA-Beihilfe aus dem Knast holen.

Über 25 Länder nutzen den Test bereits für forensische Fälle und Vaterschaftsnachweise.

Der Test beruht darauf, dass sich in Stückchen (Fragmente) geschnittene DNA verschiedener Menschen in Zahl und Größe unterscheiden.

Man nennt die Technik umständlich »Restriktionsfragment-Längenpolymorphismen-Analyse« (*restriction fragment length polymorphism analysis*), kurz RFPL-Analyse (siehe Box). Ein langer Name, aber eine gute Beschreibung. Der Leser erinnert sich daran, dass der überwiegen-

RFPL und Vaterschaftstest

Wie kommt es, dass die homologe Intron-DNA (also DNA auf den exakt gleichen Abschnitten der Chromosomen) verschiedener Personen verschieden lange Stückchen ergibt, wenn sie mit den gleichen Enzymen kleingeschnitten wird?

Die Restrictasen schneiden die DNA immer an den gleichen Stellen, also z. B. nach dem Guanin (G) in der Sequenz ...GAATTC...

Wenn die Person, nennen wir sie mal »Bofinger«, ein DNA-Fragment mit einem Intron hat, das stark vereinfacht beispielsweise die Sequenz besitzt:

...TTTTGAATTCTTTTGAATTC...

so sieht man leicht zwei Stellen, wo das Enzym spalten kann:

...TTTTG / AATTCTTTTG / AATTC...

Somit entstehen 3 Stückchen:

...TTTTG und AATTCTTTTG und AATTC...

Bei der Person »Renneberg« ist dagegen eine simple Mutation (ein so genanntes SNP, siehe weiter unten) »versteckt«: Ein G ist durch ein A ersetzt:

...TTTTGAATTCTTTTAAATTC...

Hier kann das »penible« Enzym nur einmal spalten:

...TTTTG / AATTCTTTTAAATTC...

Es entstehen also nur 2 DNA-Stücke:

...TTTTG und AATTCTTTTAAATTC...

Schon gibt es ein unterschiedliches Muster: Die DNA-Probe »Renneberg« enthält nur 2 Fragmente, von denen sich das zweite, längere Stück bei der gelelektrophoretischen Auftrennung schwerfälliger, also langsamer bewegt. Die 3 kleineren von »Bofinger« bewegen sich dagegen flinker durch das Gel.

Diese Unterschiede der DNA zwischen Individuen macht man mit »Blotting« sichtbar (Blotting heißt soviel wie »Flecken produzieren«), indem man die Lösung mit den »kleingehackten« DNA-Fragmenten in eine »Bohrung« auf einem Gel (so etwas wie Gummibärchen-Material) gießt und ein elektrisches Feld anlegt (Gelelektrophorese). Die elektrisch geladenen DNA-Fragmente wandern durch die Poren des Gels und werden ihrer Größe nach sortiert. Legt man nun Nitrocellulosepapier auf das Gel mit den nach Größe verteilten DNA-Fragmenten, so werden sie aus dem Gel auf das Papier gesaugt (in der gleichen Verteilung natürlich). Dort sitzen sie fest gebunden. Ein radioaktiver Marker wird zugegeben, der die DNA-Stückchen schließlich mit einem aufgelegten Röntgenfilm sichtbar macht. (Das war stark vereinfacht, aber die Details sind hier nicht wichtig.)

Man sieht im Ergebnis etwas wie eine Leiter mit unregelmäßig dicken Sprossen, die zudem ungleichmäßig verteilt sind. Man kann es auch mit dem Barcode auf Produkten vergleichen, der im Supermarkt an der Kasse blitzschnell eingelesen wird. Die Leitersprossen werden auch »DNA-Banden« genannt.

»Bofinger« und »Renneberg« zeigen beim Blotting also ein unterschiedliches Bandenmuster. Bande »TTTTG« ist bei beiden vorhanden, die beiden kleinen Banden bei »Bofinger« fehlen »Renneberg«, der dafür eine größere »Sprosse« sein eigen nennt. Damit wäre der genetische Unterschied zwischen dem Grafiker und dem Verfasser des Buches erklärt. Der eine malt genial und der andere gern, aber stümperhaft. Wissenschaftlich (und menschlich) interessant wäre nun ein RFPL-Vergleich der DNA-Banden von »Bofinger« und »Renneberg« mit »Reich«, der am liebsten Essays (siehe Ende dieses Buches)

schreibt und nicht so gern malt, und außerdem mit »Andrea Pillmann«, die dieses Buch der drei genannten mit riesigem Enthusiasmus lektoriert hat und im Gegensatz zu den drei anderen supersportlich ist. Aber ganz so einfach ist es nun doch nicht, da wir es hierbei ja mit nicht-codierenden Sequenzen zu tun haben.

Wie geht das beim Vaterschaftstest? DNA-Fingerprints der Mutter, des Kindes und des vermuteten Vaters werden nebeneinander platziert und verglichen. Die Banden der Mutter und des Kindes, die auf gleicher Höhe sind, werden identifiziert. Dann werden die restlichen Banden des Kindes mit denen des vermuteten Vaters verglichen.

Die Banden, die nicht mit den mütterlichen übereinstimmen, *müssen* vom biologischen Vater sein. Wenn es keine Übereinstimmung der Banden gibt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein anderer Vater anzunehmen.

de Teil der DNA höherer Organismen keinen Code für Eiweiße enthält. Nun trägt diese »nicht-codierende DNA« (Introns) aber öfter Mutationen als die codierende, weil in vielen Fällen diese Mutationen ohne lebensbedrohlichen Effekt auf die Zelle bleiben. Das hat Logik! Diese Mutationen werden von Generation zu Generation weitergegeben, ohne dass sich das äußere Bild des Organismus (der Phänotyp) verändert. Die nicht-codierenden RFPLs unterscheiden sich dadurch zwischen Individuen stärker als codierende DNA-Sequenzen, ideal für die Diagnostik!

Britische Zoologen nutzten DNA-Fingerprints übrigens, um zu sehen, wie »treu« Stare sind. Fast in jedem Gelege fanden sich »Kuckuckseier«, Erbmaterial des »Starmatzes von nebenan«. Die Zoologen überraschte das nicht, kannten sie doch ähnliche Zahlen für die britische Population, und zwar die menschliche.

In der Kriminalistik spielt DNA eine immer größere Rolle. Ein Fingerabdruck kann inzwischen mit 20–50 Nanogramm DNA ausgeführt werden. Eine DNA-Probe z.B. vom Opfer einer Vergewaltigung, der DNA aus Spermaspuren und eine DNA-Probe des Verdächtigen werden mit dem Fingerprinting verglichen. Bei so genannten DNA-Raster-Fahndungen wurden inzwischen auch in Deutschland Proben der Mundschleimhaut Tausender verdächtiger Männer genommen und untersucht, sehr oft erfolgreich! Die Anlage einer allgemeinen DNA-Datenbank ist allerdings aus rechtlichen Gründen umstritten.

Das Fingerprinting wird immer empfindlicher. Es reichen schon Speicheltröpfchen in der Sprechmuschel des Handys oder eine einzelne Haarwurzel. Nach dem Anschlag am 11. September 2001 wurden so Opfer identifiziert. Die Bewegung »*The Grandparents of May*« in Argentinien konnte viele während der Militärdiktatur verschleppte Kinder den ursprünglichen Familien dank der DNA-Analyse zurückgeben.

Sind aber nur geringe Mengen DNA verfügbar, muss diese zunächst vermehrt werden. PCR, Polymerase-Kettenreaktion heißt das Zauberwort: »PCR – der DNA-Kopierer«.

Nachts auf dem kalifornischen Highway

Dr. Kary Mullis (geb. 1944) war 1985 auf der Wochenend-Heimfahrt aus dem Labor der Biotech-Firma *Cetus*. Auf dem mondbeschienenen kalifornischen Highway sann er die langen drei Stunden einer Idee nach: Wie kann man ein einzelnes spezielles DNA-Stückchen millionenfach und milliardenfach kopieren? Dann könnte man die Nadel im Heuhaufen finden!

Eine Möglichkeit besteht darin, die DNA in ringförmige Plasmide einzubauen, danach die Plasmide in Bakterien einzuschleusen, die Bakterien millionenmal zu vermehren, die Plasmide wieder herauszuholen und die DNA auszuschneiden. Aufwendig!

Mullis sah, wie Autolichter auf beiden Seiten der Fahrbahn aufeinander zu kamen, aneinander vorbei glitten, Autos bogen auch ständig vom Highway ab. In dieser Symphonie von Lichtspuren und überschneidender Lichter kam ihm *die* Idee. Nur 8 Jahre später gab es den Nobelpreis dafür.

Er stoppte sein Auto und begann Linien zu zeichnen: wie sich DNA im Reagenzglas (*in vitro*) verdoppelt, wobei das Produkt jedes Zyklus die *templates* (Formen) für den nächsten Zyklus liefert. Nur 20 Runden würden reichen, um aus einem einzigen doppelsträngigen DNA-Molekül 1 000 000 identische DNA-Moleküle zu erzeugen!

Mullis weckte seine schlafende Beifahrerin: »Das glaubst du nicht. Es ist so unglaublich!« Sie brummelte etwas unfreundliches und fiel wieder in den Schlaf, einen Zustand, den Mullis in dieser Nacht nicht erreichen konnte, als »desoxyribonucleare Bomben in meinem Kopf explodierten«.

Als Mullis am Montag zu Cetus zurückkehrte, testete er fieberhaft die Idee – es funktionierte! Nur wenige Kollegern waren jedoch beeindruckt: Es war so einfach – sicher hatte es jemand zuvor probiert!

Als Nobelpreisträger Joshua Lederberg kurze Zeit später auf einem Kongress das Poster von Mullis sorgfältig studierte, fragte er eher beiläufig: »*Does it work*?« Als Mullis bejahte, bekam er endlich die langerwartete Reaktion: Die Ikone der Molekulargenetik Joshua Lederberg