

Mord in Alabama¹

ANREGUNG ZUR BEURTEILUNG VON GRUPPENARBEIT IN DER SEKUNDARSTUFE II (12. SCHÜLERJAHRGANG)

VON CHRISTOPH WIELAND, BARBARA WINTER UND DER PROJEKTGRUPPE BINGO

Neue Zielsetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht - wie Kooperation in Arbeitsgruppen und gegenseitigem Vermitteln von Fachkenntnissen - erfordern, dass diese Kriterien auch in die Bewertung und Benotung von Schülerleistungen mit einfließen. Mit üblichen Klausuren sind Team- und Kommunikationsfähigkeit allerdings nicht zu überprüfen. Gefordert ist daher einerseits eine Verbindung von inhaltlich anspruchsvollem Lernen mit der Ausbildung von sog. Schlüsselqualifikationen und andererseits kreative Verknüpfungen von Unterrichtsmethodik und Bewertungspraxis.

Diesem Anspruch versucht der Bremer Modellversuch BINGO (Berufsorientierung und Schlüsselprobleme im fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe) gerecht zu werden, bei dem biologische, chemische und physikalische Aspekte gesellschaftlich wichtiger naturwissenschaftlicher Themen eng verbunden werden. Die Erarbeitung der Themen im Unterricht orientiert sich an späteren beruflichen Anforderungen. Unter einem fächerübergreifenden Rahmenthema arbeiten die SchülerInnen der beteiligten Biologie-, Physik und Chemiekurse eines Jahrgangs jedes Halbjahr in Kleingruppen an einem umfangreichen Projekt.

Biologie	Chemie	Physik
Grundlagen der Genetik	Grundlagen der Molekulargenetik	elektrisches Feld
(un)geschlechtliche Fortpflanzung	Säure-Base-Theorie, angewandt auf	Ionenleitung in Flüssigkeiten
Zellteilung: Mitose, Meiose	Aminosäuren und Proteine	Elektrophorese

Tabelle 1: Inhalte des vorbereitenden Fachunterrichts

Rahmenthema «Gentechnik»

Die Gentechnik ist auf dem Wege, sich zu einer der wichtigsten Technologien der Zukunft mit großer gesellschaftlicher Bedeutung zu entwickeln. Auf den ersten Blick scheint das Thema vor allem biologische Aspekte zu beinhalten, bei genauerer Betrachtung lassen sich aber auch chemische und physikalische Anteile benennen (vgl. Tab. 1). Vor diesem Hintergrund wurde „Gentechnik“ als Thema für ein Kurshalbjahr im Rahmen des BINGO-Versuchs ausgewählt. Den inhaltlichen Bezugspunkt für ein Anwendungsbeispiel bot die DNA-Analyse. Über die Methode des DNA-Fingerprints kam man u. a. Lebensmittelskandalen auf die Spur, so

¹ Erschienen in: Wieland, C., Winter, B., Hübner, H., Spichal, C.-O., Clausen, C., Koschorreck, M., Roschke, A. & Schecker, H. (1997): Mord in Alabama - Anregung zur Beurteilung von Gruppenarbeit in der Sekundarstufe II. In: Unterricht Biologie 21 (1997), Dez., 48-51.

beispielsweise einem Supermarkt, der Antilopen- als Rehfleisch verkaufte. Im Zusammenhang mit BSE wurden mittels genetischer Fingerabdrücke genauere Aussagen zur Abstammung verdächtiger Rinder gewonnen, deren Herkunft aus den Papieren allein nicht eindeutig hervorging. In der Rechtsmedizin eröffnen „genetische Fingerabdrücke“, die mit der Polymerase-Chain-Reaction-Methode (PCR) erstellt werden, die Möglichkeit, einen Verdächtigen aufgrund geringster Spuren zu überführen und Unschuldige zu entlasten. Allerdings lässt sich eine individuelle Zuordnung nur anhand von DNA-Sequenzen ermitteln, die in der Bevölkerung mit großer Variationsbreite vorkommen. Und es muss ausgeschlossen sein, dass solche Merkmale bei zwei Personen übereinstimmen - mit der Ausnahme eineiiger Zwillinge. Dies trifft vor allem auf DNA-Bereiche zu, die im Laufe der Evolution vermutlich nicht unter Selektionsdruck gestanden haben. In der Gerichtsmedizin werden die folgenden Abschnitte für die Analyse verwendet: 1. die äußerst variablen Sequenzen für den HLA-Komplex (Human Lymphocyte Antigen-Komplex), der in den Plasmamembranen aller Zellen außer der Erythrocyten vorkommt und die immunologische QSelbstdefinitionf eines Menschen bedingt,

2. kurze, sich wiederholende, nicht codierende DNA-Fragmente, sog. Minisatelliten, die in der Gesamt-DNA durchschnittlich alle 1000 Basenpaare vorkommen, deren Verteilung sich jedoch bei jedem Menschen unterscheidet.

Zerschneidet man DNA verschiedener Herkunft mit den gleichen Restriktionsenzymen, weichen aufgrund der polymorphen Schnittstellen-Sequenzen die DNA-Fragmente in ihrer Länge voneinander ab. Beim „genetischen Fingerabdruck“ macht man sich diesen Restriktions-Fragmentlängen-Polymorphismus (RFLP) zunutze. Im Gegensatz zu Blutgruppenuntersuchungen kann man mit einem genetischen Fingerabdruck einen Täter mit hoher Sicherheit ausmachen. Dank der Empfindlichkeit der PCR-Methode genügen geringe Materialmengen; sogar geschädigtes oder verunreinigtes Material kann untersucht werden.

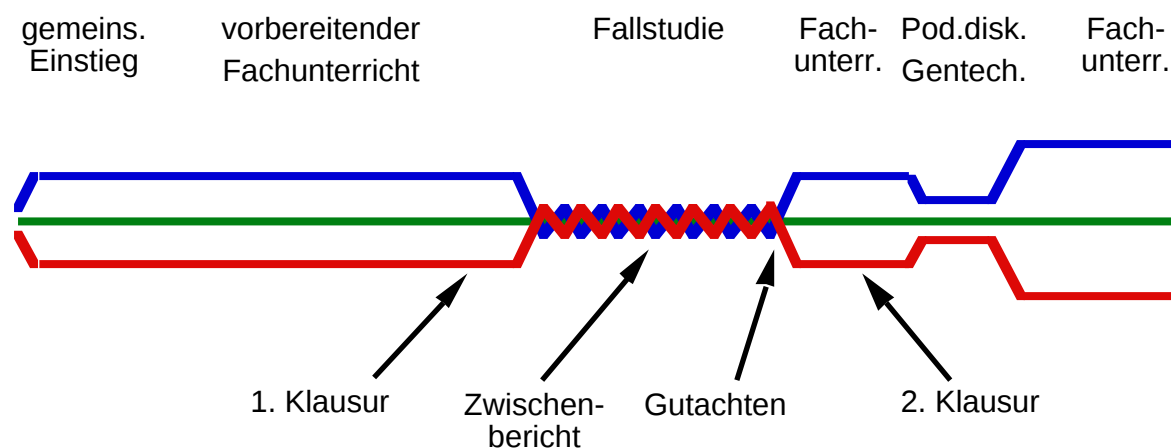


Abb. 1: Unterrichtsstruktur während des BINGO-Halbjahres „Gentechnik“, 12.1

Vorbereitender Fachunterricht

Nach einem gemeinsamen Einstieg in die Problematik der Gentechnologie erteilten die Lehrkräfte in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Kursen acht bis zehn Wochen fachbezogenen Unterricht, der die nötigen Kenntnisse für eine fächerübergreifende Fallstudie vermittelte (vgl. Tab. 1). Je nach gewähltem naturwissenschaftlichem Fach erwarben die SchülerInnen durch den

vorbereitenden Fachunterricht unterschiedliche Kenntnisse, die sie später in die gemeinsame Arbeit einbringen sollten. Phasen mit fachspezifischem und fächerverbindendem Unterricht wechseln sich also ab (vgl. Abb. 1). Am Ende des vorbereitenden Fachunterrichts stand eine dreistündige, kursbezogene Klausur, in der die fachspezifische Kompetenz geprüft wurde. Die erzielten Noten gingen zusammen mit den mündlichen Leistungen in der Vorbereitungsphase zu 60% in die individuellen Halbjahresnoten ein. Der hohe Bewertungsanteil ist einerseits mit der langen Dauer dieser Unterrichtsphase - im Vergleich zur Fallstudienphase von 4 Wochen - zu begründen, andererseits bildeten die in dieser Zeit erarbeiteten individuellen Kenntnisse die Voraussetzung für eine erfolgreiche inhaltliche Arbeit in der Gruppe.

Fächerübergreifendes Lernen

Ziele der vierwöchigen Gruppenarbeitsphase waren die Bearbeitung einer komplexen Aufgabenstellung und die Förderung der Teamfähigkeit zwischen den verschiedenen „Fachspezialisten“. Als fächerübergreifende Problemstellung hatte das Lehrerteam drei realitätsnahe Fallstudien konzipiert, darunter den „Mord in Alabama“ (vgl. Material). Zur Lösung war Sachkompetenz aus allen drei Fächern unabdingbar.

Zum Abschluss musste jede Gruppe ein „Gutachten“ abgeben. Abschließend wurde ein fachübergreifender Kurz-Test geschrieben. Sein Ergebnis sowie die Bewertung des Gutachtens gingen zusammen zu 40% in die Benotung des Kurshalbjahres ein.

Die Zusammensetzung der Arbeitsgruppen für die Fallstudie wurde vom Lehrerteam bestimmt, da auch im beruflichen Kontext Teams häufig aufgabenbezogen und nicht nach Sympathie gebildet werden. Jeder Gruppe wurden fünf Schülerinnen entsprechend ihrer fachlichen Spezialisierung und unter Berücksichtigung ihrer individuellen Leistungsfähigkeit (zwei SchülerInnen aus den Biologie-Kursen, zwei SchülerInnen aus den Chemie-Kursen und ein/e SchülerIn aus dem Physik-Kurs) zugewiesen, um ausgewogene Arbeitsgruppen zu bilden. Analog wurde mit der Verteilung der Aufgaben verfahren. Das Lehrerteam hatte in der Projektphase lediglich beratende Funktion.

Die Gruppen erhielten Arbeitsmappen, die zum Fall „Mord in Alabama“ folgende Hilfestellungen enthielten:

Σ Informationen über Inhalte aus dem Fachunterricht: die Bausteine der DNA/ RNA, Aufbau und Organisation der DNA, DNA-Replikation, Proteinbiosynthese, Eiweißstoffe sowie das Elektrische Feld,

Σ Informationen über neu zu erarbeitende Inhalte: Elektrophorese, Ursachen der Sichelzellenanämie, Polymerase-Kettenreaktion sowie DNA-Fingerprinting,

Σ den Aufgabentext.

Im ersten Teil der Aufgabe beschäftigen sich die SchülerInnen mit grundlegenden Eigenschaften des Hämoglobins und den dazugehörigen Trennverfahren unter besonderer Berücksichtigung der isoelektrischen Fokussierung.

Im Anschluss daran werden die Erbgänge des Sichelzellengens sowie der Sichelzellenanämie (homozygote Träger) und des Sichelzellenmerkmals (heterozygote Träger) behandelt (vgl. Kattmann 1988 und 1991).

Zwischenbericht

Die Lösung zum ersten Aufgabenteil mussten die einzelnen Arbeitsgruppen nach fünf Unterrichtsstunden in einem mündlichen oder schriftlichen Kurzbericht darstellen. Von allen Gruppenmitgliedern wurde verlangt, dass sie den eingeschlagenen Lösungsweg erklären und die

Organisation der Arbeit innerhalb der Gruppe aufzeigen konnten. Dabei diente das „Colloquium“ nicht zur Notenfindung, sondern sollte den SchülerInnen Hinweise zur Verbesserung der Gruppenorganisation, der Problembearbeitung und der Materialauswahl geben. Deshalb war auch geplant, zu diesem Zeitpunkt das richtige Ergebnis des ersten Aufgabenteils zu vermitteln, was jedoch bei keiner Gruppe notwendig war.

Nach der Zwischenüberprüfung wurde der zweite Teil der Aufgabe ausgegeben. Die SchülerInnen der „Mord in Alabama“ Gruppen erarbeiteten nun in Teilschritten die Erstellung eines DNA-Fingerprints und verglichen die Methoden aus dem ersten und zweiten Aufgabenabschnitt miteinander. Anhand eines - zwar fiktiven, aber eindeutigen - Fingerprints war dann die Schlussfolgerung möglich, wer der tatsächliche Mörder war.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten innerhalb der üblichen Unterrichtszeit weitgehend selbstständig. Die Fachlehrkräfte der drei Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik konnten aber jederzeit befragt und um Hilfe gebeten werden.

Das Gutachten

Am Ende der Projektphase schrieb jede Gruppe ein „Gutachten“, das die fiktiven Geschworenen im Mordfall „Alabama“ in die Lage versetzen sollte, die Sachlage zu bewerten und ein gerechtes Urteil zu fällen (vgl. das Schülerbeispiel). Mit dieser Aufgabe mussten die SchülerInnen die Problemlösung darlegen und in einen fächerübergreifenden Begründungszusammenhang stellen.

Bewertet wurden die Gutachten in Hinblick auf sachlich richtige und nach logischen Gesichtspunkten gegliederte Bearbeitung der Fragen unter angemessener Berücksichtigung der hierfür notwendigen fachlichen Anteile (vgl. Kasten). Dabei ging es vor allem um die richtige Darstellung der unterschiedlichen eingesetzten Laborverfahren in entsprechender Reihenfolge. Das Maß, in dem die Gutachten fächerverbindend formuliert waren, statt in fachspezifische Einzelteile zu zerfallen, ließ Rückschlüsse auf die Fähigkeit zu Kommunikation, Teamarbeit und Denken in Zusammenhängen zu. Die Richtigkeit der gutachterlichen Schlussfolgerungen war für die Notengebung dagegen von untergeordneter Bedeutung - zumal die "Lösung" der Aufgabe am Ende der Arbeitsphase im Prinzip allen bekannt war. Da das Gutachten-Schreiben zuvor nicht geübt worden war, spielte der Sprachstil der SchülerInnen keine große Rolle. Auch eine besonders ansprechende äußere Gestaltung schlug sich kaum in der Note nieder, da die Fähigkeit zur Präsentation von Arbeiten bereits in vorangegangenen Halbjahren bewertet wurde. Für das Gutachten erhielten alle SchülerInnen einer Gruppe die gleiche Note.

Bewertungskriterien für die Schülergutachten

Block A (50%):

- angemessene Darstellung und Erläuterung der Untersuchungsverfahren;
- Begründung für die Auswahl eines Verfahrens;
- Bewertung der Aussagefähigkeit der entsprechenden Verfahren in einem Indizienprozess wie zum Beispiel die Bedeutung von Hb A und Hb S im Rahmen populationsgenetischer Betrachtungen,
- sachliche Richtigkeit.

Block B (30%):

- äußere Form und Umfang;
- Aufbau, Gliederung, stilistische Angemessenheit und sprachlicher Aufbau;
- Verständlichkeit.

Block C (20 %):

- gutachterliche Form als Grundlage für ein möglichst objektives richterliches Urteil;
- enge Bezugnahme zum Fall.

Die Bewertung erfolgte in Abstimmung der verschiedenen beteiligten Fachlehrkräfte und Projektkoordinatoren. Die Gruppennoten hatten eine Spannweite von 3 bis 14 Punkten - lagen aber überwiegend im Bereich zwischen 7 und 12 Punkten.

Fächerübergreifende Klausur

Nach Abgabe der Gutachten erhielten die SchülerInnen eine vollständige schriftliche Lösung, um eventuelle Defizite im Kenntnisstand abzubauen. Eine Woche nach Abgabe der Gutachten wurde eine fächerübergreifende, auf die Inhalte der Fallstudie abgestimmte Klausur geschrieben. Aus den Klausuraufgaben ergaben sich folgende Bewertungsanteile: 30 % Biologie, 20 % Chemie, 15 % Physik sowie 35 % ungefächert.

Im Gegensatz zu üblichen Klausuren ging es in diesem Fall weniger um die Verknüpfung von Inhalten, Problemlösungen oder Transferleistungen. Vielmehr sollte der fächerübergreifende Austausch von Kenntnissen innerhalb der Gruppen - und damit die Kommunikationsfähigkeit - im Vordergrund stehen. Daneben hatte die Klausur die Funktion eines Korrekturfaktors: SchülerInnen, die sich beim Erarbeitungsprozess in der Gruppe engagiert hatten, waren bei der Klausur im Vorteil und erzielten in der Regel bessere individuelle Noten. Die Durchschnittsnote der Klausur lag im Vergleich zu den Gruppennoten für das Gutachten etwas niedriger. Vor allem wurde aber die Breite des Notenspektrums stärker ausgeschöpft, woraus auf einen nivellierenden Effekt der Gruppennoten zu schließen ist.

Das Gutachten und die abschließend Klausur gingen zu je 20 % in die Note für das Kurshalbjahr ein. Die übrigen 60 % ergaben sich aus der fachbezogenen erste Klausur und der mündlichen Note im Fachunterricht. Somit flossen zu 80 % Einzelleistungen, zu 20 % Gruppenleistung in die Benotung ein.

Eine Podiumsdiskussion pro und contra Gentechnik mit Experten der Universität Bremen schloss die Behandlung des Themas ab.

Rückblick

Nach Abschluss der Gruppenarbeit äußerten die SchülerInnen folgende Kritik

- Die Inhalte aus den „Fremdfächern“ konnten in der zur Verfügung stehende Zeit nicht hinreichend erlernt werden.
- Die gewählten Fallstudien waren sehr biologisch ausgerichtet, so dass die „Physiker“ und „Chemiker“ nicht so viel mitreden konnten.
- Manche Gruppenmitglieder hatten hohe Fehlzeiten, waren desinteressiert oder unzuverlässig.
- Die fachliche Kompetenz der Gruppenmitglieder aus den einzelnen Fächern war nicht immer gesichert.

Offensichtlich schien auch die Arbeit in der Gruppe Mühe zu machen: Manch Gruppen hatten gruppendynamische Schwierigkeiten, forderten aber keine Hilfe an, sondern schoben das Problem vor sich her. Da alle Gruppenmitglieder gleichermaßen für das Gutachten verantwortlich waren und auch gleich benotet wurden, gab es gerade unter den leistungsorientierteren SchülerInnen z. T. erheblichen Unmut. Für ähnliche Unterrichtsprojekte müssten daher vorab Arbeitstechniken für die Teamarbeit vermittelt werden. Außerdem sollten die Lehrkräfte selbst gruppendynamische Aspekte thematisieren.

Mord in Alabama

Teil 1: In Huntsville im US-Bundesstaat Alabama wurde 1994 Pete Hancroft ermordet. Eine Polizeistreife entdeckte seinen Leichnam in einem Auto unweit eines Motels am Stadtrand. Auf dem Sitz des Fahrzeugs befanden sich Blutspuren des Mörders, die auf einen der Tat vorausgegangenen Kampf schließen lassen. Mit modernsten, kriminalistischen Methoden konnten in einem Geheimfach einer ansonsten leeren Aktentasche Spuren von Heroin nachgewiesen werden. Das Motel war in den Jahren vor dem Mord in Zusammenhang mit Drogenhandel mehrfach in die Schlagzeilen geraten. Der Täterkreis ist somit begrenzt, als verdächtige Personen wurden ermittelt:

- der weißhäutige Immobilienmakler Enrico Pericoloso;
- der farbige Gelegenheitsarbeiter Mike Nelson;
- der weißhäutige Vertreter für wissenschaftliche Geräte Brian Fields;
- der weißhäutige Mitarbeiter der Sozialbehörde Jack Nicholson;
- der weißhäutige Baustellen-Facharbeiter Giovanni Serena, vor 7 Jahren in die USA eingewandert, Sohn einer alteingesessenen sizilianischen Familie.

Bei der Durchsuchung von Mike Nelson wurde Heroin gleicher Zusammensetzung und damit gleicher Herkunft wie bei dem Ermordeten gefunden. Der Staatsanwalt ordnet daraufhin bei Mr. Nelson eine Blutuntersuchung an. Dabei wurde festgestellt, dass Mr. Nelson Träger des Sichelzellenmerkmals ist. Die Blutspuren aus dem Auto zeigten bei einer entsprechenden Untersuchung deutlich, dass der Mörder ebenfalls Träger des Sichelzellenmerkmals ist.

Auf Grund der erdrückenden Beweislast wurde Mike Nelson zu einer lebenslangen Haftstrafe verurteilt. Auf eine Untersuchung der weiteren Verdächtigen wurde auf Grund der Indizien verzichtet.

Aufgabe

1. Beschreiben Sie die Arbeit der Spurensicherung. Stellen Sie die verschiedenen technischen Schritte zur Blutanalyse im Labor dar. Arbeiten Sie die chemische Struktur und die Trennungsvorgänge der verschiedenen Hämoglobintypen heraus. Dabei ist insbesondere das Verfahren der isoelektrischen Fokussierung ausführlich zu erläutern.
2. Erläutern Sie die molekulargenetischen Ursachen und den Erbgang des Sichelzellenmerkmals und der Sichelzellenanämie. Beziehen Sie sich auf die Untersuchungsergebnisse im Mordfall «Pete Hancroft».

Teil 2: Auf Grund einiger Ungereimtheiten im Verfahren gegen Mike Nelson veranlasste die junge, dynamische Rechtsanwältin Jane Baxter-Collins 1996 weitere Nachforschungen. Die in der Verurteilung eines Farbigen liegende Brisanz hatte in der Presse zu scharfen Reaktionen geführt. Daher sah sich die Staatsanwaltschaft veranlasst, auch die anderen damals verdächtigen Personen einer Blutuntersuchung zu unterziehen. Dabei wurde bei Giovanni Serena ebenfalls das Sichelzellenmerkmal festgestellt.

Das Gerichtsverfahren wurde wieder aufgenommen. Der zuständige Richter sah sich durch die Last der Indizien gezwungen, eine Genanalyse zu veranlassen und ein entsprechendes Gutachten für das Gericht anzufordern.

Bei der Blutanalyse mittels DNA-Untersuchung wurden die nebenstehenden Muster ermittelt.

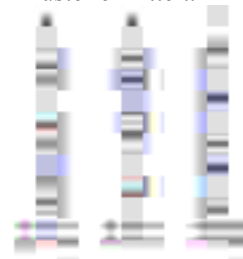


Abb. 1: Fingerprints der Tatverdächtigen und der Blutspuren vom Tatort

Aufgabe

Ihre Aufgabe ist es nun, das Gutachten für das Gericht zu verfassen. Dabei sollten Sie sich an den folgenden Fragen orientieren:

1. Inwiefern kann eine DNA-Untersuchung (DNA-Fingerprinting) zu einer kompetenten Gerichtsentscheidung führen?
2. Welche DNA-Abschnitte sind für ein gerichtsmedizinisches Gutachten aussagekräftig und welche nicht?
3. Stellen Sie die gerichtsmedizinische Vorgehensweise bei der Ermittlung des DNA-Fingerprints in allen Einzelheiten anschaulich und übersichtlich dar. Erläutern Sie Bedeutung und Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte.
4. Stellen Sie die unterschiedlichen chemischen und physikalischen Voraussetzungen zur Trennung von Hämoglobin durch isoelektrische Fokussierung einerseits und zur Trennung von DNA durch Elektrophorese andererseits in Form einer ausführlichen Tabelle gegenüber.
5. Wer ist der Mörder? Begründen Sie Ihr Urteil.

Protokoll der Gerichtsverhandlung

**Der Bundesstaat Alabama, USA gegen Mr. Mike Nelson
vor dem Bundesgericht, 7. Mai 1995
Erstellt von Hanna Miller, Beamtin im Justizministerium**

Vortrag der Rechtsanwältin Jane Baxter-Collins:

„Da hier in dieser Gerichtsverhandlung nun endlich der Justizirrtum aufgeklärt und der wahre Täter identifiziert und bestraft werden soll, muss eindeutig geklärt werden, ob der am Tatort vorgefundene Blutfleck von meinem Klienten Mike Nelson oder einem anderen Verdächtigen stammt. Dazu hat das hohe Gericht Dr. Dr. Tinhall vom gerichtsmedizinischen Institut der Stadt Birmingham im Staat Alabama, USA mit einer Untersuchung der Blutproben beauftragt, das nun vorliegt.“

Das Gutachten wird verlesen:

„Nachdem die Blutuntersuchungen ergaben, dass zwei der Tatverdächtigen Träger des Sichelzellenmerkmals sind, ist eine eindeutige Klärung des Falls nur durch Erstellung eines DNA-Fingerprints möglich, da nur so mit großer Sicherheit das dem Fahrzeug entnommene Blut dem wahren Täter zugeordnet werden kann.

Wie funktioniert nun dieses Verfahren? Die DNA-Stränge verschiedener Menschen stimmen trotz großer Ähnlichkeiten nie vollständig überein, es gibt charakteristische Sequenzunterschiede, d. h. die Reihenfolge der Basen ist von Mensch zu Mensch in bestimmten Abschnitten unterschiedlich. In unserem hochmodernen, technologisch auf dem neuesten Stand befindlichen Labor werden in solchen Fällen folgende Schritte unternommen: ...

1. Das PCR-Verfahren (Polymerase-Chain-Reaction-Methode) musste hier auf Grund der Tatsache angewendet werden, dass die noch vorhandene Probenmenge von der Blutspur des Täters aus dem Kraftfahrzeug nicht mehr groß genug war. Es galt also, die vorhandene Menge an DNA-Strängen so zu vervielfältigen, dass insbesondere die Teile, die personengebundene Merkmalsausprägungen tragen, in ausreichender Menge vorliegen. Dazu wird zunächst der DNA-Doppelstrang denaturiert, d. h. der Doppelstrang wird durch Erhitzen in Einzelstränge getrennt. Dieser Substanz wird jetzt ein Primer zugesetzt, der bei der Zusammensetzung der DNA-Einzelstränge zu Doppelsträngen eine wichtige Aufgabe hat. Lange Abschnitte der DNA sind bei allen Menschen gleich, haben also für unsere Untersuchung keine Aussagekraft. Sie erschweren vielmehr die Deutung des Untersuchungsergebnisses unnötig, wenn sie vervielfältigt werden. Dies gilt es zu verhindern. Dank unserer langjährigen Forschungsarbeit ist es uns gelungen, Primer zu entwickeln, die tatsächlich im wesentlichen nur die Teile der DNA vervielfältigen, die wir für die weiteren Untersuchungen benötigen.

Wie arbeitet nun diese Substanz? ...

2. Für den Fingerprint müssen die DNA-Teilstücke wiederum in kleinere Abschnitte zerschnitten werden. Dieses Zerschneiden an bestimmten, festgelegten Stellen wird durch Restriktionsenzyme erreicht. Dabei ist sichergestellt, dass alle DNA-Teile an denselben Stellen zerlegt werden. Anschließend existieren zwar viele Bruchstücke, aber ihre Vielfalt ist begrenzt. Die Bruchstücke unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Länge. Die so entstandene Substanz wird nun einem besonderen Elektrophoreseverfahren unterzogen, der Gel-Elektrophorese.

Das Verfahren ist ebenso simpel wie genial. Gele bilden bei ihrer Entstehung eine Gitterstruktur aus. Diese Gitter sind regelmäßig geformt und haben eine bestimmte Maschenweite, die sogar durch die Wahl der Gelart beeinflusst werden kann. Durch die Maschen dieses Netzes sollen nun die DNA-Bruchstücke unter Einwirkung eines elektrischen Feldes wandern.

Auf Grund welcher Tatsache können wir nun eine solche Bewegung erreichen? Untersucht man DNA-Stränge wie in unserem Labor ganz genau, so stellt man fest, dass ein solcher Strang insgesamt gesehen eine etwa gleichmäßige Ladungsverteilung aufweist. Wird durch eine geeignete Pufferlösung wiederum eine Reaktion - analog zu der in unserem vorherigen Gutachten für die erste Verhandlung vor dem Landesgericht geschilderten Verfahren - hervorgerufen, so kann davon ausgegangen werden, dass die DNA-Abschnitte geladen sind. Weiterhin ist festzustellen, dass lange Teile mehr Ladung tragen als kurze, also ist das Verhältnis von Ladung zu Masse bei allen Stücke etwa gleich. Damit müssten sich auch alle DNA-Stücke im elektrischen Feld gleich schnell fortbewegen. Also ist eine Trennung der DNA-Stücke nach Länge so noch nicht möglich. Kleine wie große Stücke kämen in einem elektrischen Feld gleich schnell voran, wenn nicht das Gel selbst noch eine wichtige Aufgabe hätte. Wie oben schon beschrieben, hat das Gel Maschen, durch die die DNA-Fragmente schlüpfen müssen. Dabei ist durch die Wahl der geeigneten Maschenweite sichergestellt, dass lange DNA-Bruchstücke sich auf Grund des wiederholten Anstoßens an den Gitterstrukturen langsamer bewegen werden als kurze Stücke. Also kommen kleine Stücke schneller und damit in gleicher Zeit weiter voran als große. Wird also das Elektrophoreseverfahren eine gewisse Zeit lang betrieben, so ergibt sich, wenn das Gel mit der entsprechenden Probe in ein elektrisches Gleichspannungsfeld gebracht wird, eine Auftrennung der DNA-Bruchstücke nach ihrer Länge.

Zur Sichtbarmachung der nun an verschiedenen Orten liegenden DNA-Teile müssen weitere Schritte unternommen werden. Dazu werden diese Doppelstrangbruchstücke wieder in Einzelstränge zerlegt (denaturiert) und dann wieder zu Doppelsträngen vervollständigt. Aber diesmal werden zur Ergänzung radioaktiv markierte Substanzen verwendet, um mit einem empfindlichen Film die Aufenthaltsorte der DNA-Bruchstücke feststellen zu können. Das ist das Blotting-Verfahren, mit dem man das typische Strichmuster eines DNA-Fingerprints erhält ... Diese Untersuchungsschritte wurden für alle mir vorliegenden Proben zu diesem Fall in meinem Institut mit großer Sorgfalt ausgeführt, so dass ich eventuelle Fehler durch Verunreinigungen ausschließen kann. Das Ergebnis liegt Ihnen in Form der beigefügten Fingerprints bei. Es ist daraus deutlich zu sehen, dass das Bandenmuster der Blutprobe vom Autositz nicht identisch ist mit dem des Verdächtigen Mike Nelson. Daraus muss folgerichtig geschlossen werden, dass der gesuchte Mörder mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht Mr. Nelson ist. Weitere Schlüsse aus den Vergleichen der anderen Fingerprints mit dem der Blutprobe vom Tatort überlasse ich dem hohen Gericht.

Dr. Dr. Tinhall

Die Rechtsanwältin Jane Baxter-Collins setzt ihren Vortrag fort: «Hohes Gericht, ehrenwerte Geschworene, meine Damen und Herren, Sie haben also gehört, es ist absolut sicher, dass mein Mandant in der 1. Verhandlung zu Unrecht verurteilt worden ist. Ich fordere Sie auf, dieses Fehlurteil zu revidieren und Mr. Mike Nelson freizusprechen.»

Literatur

- Aebli, H.: Einführung in die praktische Biochemie. Karger, Basel 1971
- Greber, E./Greber, W.: Die Anwendung der PCR in Archäologie und Kriminalistik. In: UB 209, 1995, S.38-43
- Hafner, L./Hoff, P.: Genetik. Schroedel, Hannover 1995
- Kattmann, U.: Beiträge der Genetik zum Menschenbild. In: UB 88, 1983, S. 2-13
- Kattmann, U.: Heterozygotenvorteil und Eugenik. In: UB 167, 1991, S. 32-39
- Krawczak, M./Schmidtke, J.: DNA-Fingerprinting. Spektrum, Heidelberg 1994
- Müller, M.: Es geht um die Wurst! In: UB 210, 1995, S.49-54
- Schleenbecker, U./Schmitter, H.: DNA-Analyse in der forensischen Spurenuntersuchung. In: Chemie in unserer Zeit 2, 1994, S. 58-63
- Weinert, F. E.: Wie erwirbt man Schlüsselqualifikationen? Zitiert nach: Schweitzer, J.: Neue Königswege führen über Loccum. In: Die Deutsche Schule 2, 1995, S. 136
- Wieland, C./Winter, B.: Modellversuch BINGO, In: Biol. in der Schule, Sonderheft 1997, S. 48-60