

KRIMINALBIOLOGIE

M A R K B E N E C K E

DOMINO

BLT

Dr. Mark Benecke arbeitet als Molekularbiologe und Wirbellosenkundler an rechtsmedizinischen Fragen und der Biologie des Todes. Er ist Gastdozent und -professor an Universitäten in den USA, den Philippinen, Vietnam und Kolumbien sowie Ausbilder an Polizeiakademien und Gast u.a. an der FBI-Akademie und der »Body Farm«. Kriminalistische Spezialausbildungen in den USA und Kanada, unter anderem zur Auswertung von Blutspritzermustern; Autor von Übersichtsartikeln zu genetischen Fingerabdrücken und rechtsmedizinisch-kriminalistischer Gliedertierkunde. Umfangreiches Forschungsarchiv zur Kriminalgeschichte im Nachkriegsdeutschland. Insektenkundlicher Gutachter in bekannten Kriminalfällen. Gewähltes Mitglied internationaler Forschungsakademien, darunter der ältesten Naturforschervereinigung, der *Linnean Society of London*, der *International Academy of Legal Medicine* und der *American Academy for Forensic Sciences*. Gastausgeber des Sonderbandes »Forensic Entomology« für *Forensic Science International*. Wissenschaftlicher Berater für zahlreiche Fernsehsender.

Veröffentlichungen

Lexikon der Forscher und Erfinder, hrsg. v. Zey, Rene, Reinbek b. Hamburg 1997 (ersch. auch auf Polnisch und Chinesisch).

Mitherausgeber der *Annals of Improbable Research*, Cambridge (USA), die unter anderem an der Harvard-Universität den jährlichen IgNobelpreis verleihen.

Autor für die Wissenschaftsseiten der *ZEIT*, *Süddeutsche Zeitung* u. a.

Aktuelle Buchveröffentlichung: *Der Traum vom Ewigen Leben. Die Biomedizin entschlüsselt das Geheimnis des Alterns*, München 1998 (ersch. auch auf Japanisch und als *The Dream of Eternal Life* bei Columbia University Press, N. Y. 2001).

»Was ist ein genetischer Fingerabdruck?«, in: *Die Zeit* 20/1995, S. 43 (1995).

»DNA typing in today's forensic medicine and criminal investigations. A current survey«, in: *Naturwissenschaften* 84, S. 181-188 (1997).

»Six forensic entomology cases: description and commentary«, in: *Journal of Forensic Sciences* 43, 797-805 (1998); 44, 1303 (1998).

»Ursprünge der modern angewandten rechtsmedizinisch-kriminalistischen Gliedertierkunde bis zur Wende zum 20. Jahrhundert« (mit Leclecq, M.), in: *Rechtsmedizin* 9: 41-45 (1999).

»Der Tod bleibt immer Sieger«, in: *Süddeutsche Zeitung*, Feuilletonbeilage, S. III, 20.21.2.1999.

»Molecular techniques for forensically important insects« (Benecke, M./Wells, J.), in: Byrd, J.H./Castner, J.L. (Hrsg.), *Entomological Evidence*, CRC Press, Boca Raton, S. 341-352 (2000).

»Forensic entomology in a murder case: Blood spatter artifacts caused by flies [...]« (Benecke, M. et al.), in: *Zoology* (ehem. *Zoologische Jahrbücher*) 103 (Suppl. III), 106 (2000).

»Leichenerscheinungen und Todeszeitbestimmung: Besiedlung durch Gliedertiere«, in: Brinkmann, B./Madea, B. (Hrsg.), *Handbuch Rechtsmedizin*, Band I, Heidelberg, New York, Tokyo (2001).

M A R K B E N E C K E

KRIMINALBIOLOGIE

*Ausführungen zum besseren Verständnis
Anregungen zum Nachdenken*



BLT
Mensch & Wissen
Band 25

1. Auflage: Oktober 1999
2. Auflage: April 2001

BLT ist ein Imprint der Verlagsgruppe Lübbe

Originalausgabe

© 1999 by Verlagsgruppe Lübbe GmbH & Co. KG,
Bergisch Gladbach

Lektorat: Nicola Barteis/Vera Thielenhaus

Reihenkonzeption und Einbandgestaltung: © by Flammarion

Satz: Textverarbeitung Garbe, Köln

Druck und Bindung: Groupe Herissey, Évreux Cedex

Printed in France

ISBN 3-404-93025-8

Sie finden uns im Internet unter

<http://www.luebbe.de>

Mark Benecke: <http://www.benecke.com>

Der Preis dieses Bandes versteht sich einschließlich
der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
<i>Ausführungen zum besseren Verständnis</i>	
Dem Täter auf der Spur	11
Insekten auf Leichen	12
Entlarvendes Erbgut	43
<i>Anregungen zum Nachdenken</i>	
DNA-Analyse: Möglichkeiten und Perspektiven	79
Warum kann man DNA-Typisierungen nicht mißbrauchen?	81
Die liebe Verwandtschaft	97
Arten- und Naturschutz	103
Einige skurrile Überlegungen zur DNA-Typisierung	105
Anhang	113

Fachbegriffe, die im Glossar näher erläutert werden, sind bei ihrer erstmaligen Erwähnung im Text mit einem * gekennzeichnet.



Totentanz

Aus E. H. Langlois, 1852.

Vorwort

Forensik, Rechtsmedizin und kriminalistisch angewandte Biologie

Die Wirklichkeit ist spannender als jede Romanphantasie. Das wissen nicht nur die Freunde von *True-crime*-Geschichten, sondern auch die stillen Helfer, die sich fast überall auf der Welt bemühen, Verbrechen aufzuklären, indem sie Tatortspuren* und Leichen untersuchen. In Mitteleuropa befassen sich damit neben der Polizei vor allem auch die Rechtsmediziner/innen, und das schon seit Hunderten von Jahren. Früher arbeiteten sie oft ohne Handschuhe und in Schlipps und Kragen. Manche von ihnen waren Juristen, Priester, Dorfälteste oder Berufsermittler. Heute erfordert es in Deutschland eine siebenjährige Facharztausbildung, um Rechtsmediziner zu werden, und sie dauert genauso lang wie die zum Hals-Nasen-Ohren-Arzt, Neurochirurgen oder Pathologen.

Wenn deutsche Rechtsmediziner manchmal als Pathologen bezeichnet werden, ist das falsch. Deutsche Pathologen sind Spezialisten, die krankhafte Veränderungen von Zellen erkennen; zum Beispiel können sie einen gutartigen von einem bösartigen Tumor unterscheiden, indem sie das Gewebe unter einem Mikroskop betrachten. Die meisten Pathologen beschäftigen sich aber nicht

mit unnatürlichen Todesursachen wie Erhängen, Ertrinken, Erwürgen oder Drogenüberdosierungen.

Amerikanische Rechtsmediziner haben eine etwas andere Ausbildung als ihre deutschen Kollegen und werden »forensische Pathologen« (amer.: *forensic pathologists*) genannt. Das kommt daher, daß sie zunächst wie deutsche Pathologen lernen, krankes Gewebe zu erkennen, und dann zusätzlich darin ausgebildet werden, gewaltsame von natürlichen Todesursachen zu unterscheiden. Dazu wenden sie neben rechtsmedizinischen Methoden (etwa Sektionen, von lat. *sectio* - »das Zerschneiden«) auch kriminalistische Techniken (beispielsweise Blutspritzermusteranalysen) an. Traditionell übt in Zentral-europa vorwiegend die Polizei das kriminalistische Handwerk aus. Daher sind nur die nordamerikanischen Forensiker echte »Quincys« oder »Pathologen«, während ihre deutschen Pendants Fachärzte für Rechtsmedizin* sind. Beide wissen, ob eine Person von nah oder fern erschossen wurde, ob sie vor oder nach dem Tod in eine Schlinge gehängt wurde und ob verstreute Leichenteile zusammengehören oder nicht. Sie finden heraus, woran Menschen aus Massengräbern gestorben sind und wie lange sie dort gelegen haben. Weil diese Arbeit sehr oft im Zusammenhang mit gerichtlichen Straf- oder Zivilverfahren steht, nannten sich die Rechtsmediziner früher Gerichtsmediziner; diese Bezeichnung wird aber seit etwa 15 Jahren kaum noch benutzt. Doch ihre Arbeit ist nach wie vor nicht nur geistig aufregend und facettenreich, sondern auch sehr komplex. Bei vielen Todesfällen gibt es Neues zu entdecken, und Rechtsmediziner arbeiten häufig mit anderen Forschern zusammen, wenn es etwa darum geht, eine Kleidungsfaser, ein Gebiß, ein Stück Lack oder alte Wirbeltierknochen, die im Wald gefunden wurden, zu untersuchen.

Dies führt uns zur Kriminalbiologie: Sie ist das neueste Forschungsgebiet bei Todesermittlungen, und sie ähnelt der amerikanischen Forensik, denn sie vereint kriminalistische und rechtsmedizinische Methoden. Betrieben wird sie nicht von Ärzt/inn/en, sondern von Biolog/inn/en unterschiedlicher Fachrichtungen, beispielsweise der Genetik, Blutgruppenkunde (Serologie), Insektenkunde (Entomologie*) oder Botanik. Die bekanntesten, wenngleich nicht die einzigen, kriminalbiologischen Techniken sind die Untersuchung von Leicheninsekten (forensische Entomologie*) sowie das Erstellen und Analysieren genetischer Fingerabdrücke (DNA-Typisierung). Beide Methoden haben in den letzten Jahren für große Aufmerksamkeit gesorgt, und beide haben es ermöglicht, Fälle zu lösen, die früher als unlösbar galten. Das vorliegende Buch erklärt, warum das so ist und wie es dazu kam.



Dem Täter auf der Spur

»Cops und Biologe - ein starkes Team«
Mark Benecke mit Polizei-

beamten des Manhattan
1st Precinct im Einsatz.
Ph. © Martin Schoeller.

Insekten auf Leichen

Daß alle Lebewesen sterben müssen, hat einen guten Grund. Jede Generation von Wirbeltieren muß sich zunächst sexuell fortpflanzen, damit ihre Erbeigenschaften zufällig neu kombiniert werden. So kann sich eine Art - auch der Mensch - »vorbeugend« an mögliche, unvorhersehbare Umweltveränderungen anpassen. Ändert sich die Umwelt tatsächlich, zum Beispiel der Anteil ultravioletten Lichts in der Erdatmosphäre, so könnte es einige Nachkommen geben, die genau dafür bereits vorab genetisch angepaßt sind. Um ihren Nachkommen Lebensraum zu bieten, muß die Elterngeneration altern und sterben. So ist es in unserem Bauplan, der Erbsubstanz DNA*, unabänderlich vorprogrammiert.

Ebenso wichtig wie die sexuelle, genetische Neukombination ist es, daß das Körpermaterial der Verstorbenen in den Kreislauf des Lebendigen zurückkehrt. Dazu müssen die Bestandteile der Körper zunächst aufgelöst werden. Große, kompliziert verwobene Proteine wie in Haut oder Darm werden beim Zerfall des Körpers in immer kleinere Grundbausteine (Moleküle) zerlegt, damit ein anderer, neuer Körper diese Stoffe wieder aufnehmen und verwenden kann. Je kleiner die Einheiten werden, desto leichter können sie an ganz verschiedenen Stellen eines neuen Lebewesens wiederverwendet werden.

Die Zersetzung eines Körpers ist ein komplizierter Vorgang, den bislang kein Apparat künstlich kopieren kann. Für jedes Zersetzungsstadium gibt es speziell angepaßte Organismen. Die wichtigsten, aber zugleich am wenigsten geliebten Körperrecyclinghelper sind neben Einzellern auch mehrzellige Pilze und hochentwickelte Insekten* (vgl. Abb. S. 14). Schmeißfliegenmaden* (Calliphoriden, Sarcophagiden und andere) nähren sich beispielsweise von feuchtem, relativ frischem Leichengewebe, während Speck- und Teppichkäfer (z. B. Dermestiden) auf eingetrocknete Haut und Haare spezialisiert sind. Käsefliegenlarven* (Piophiliden) besiedeln eine Leiche, wenn sie in einen breiigen Zustand übergeht, und große Aaskäfer (etwa Silphiden) können mit ihren Mundwerkzeugen auch aus zäh mumifizierter Haut noch Stücke herausnagen (vgl. Abb. S. 18). Die meisten Menschen vermeiden es tunlichst, die von den Tieren bewirkte Rückführung biologischer Substanzen in den Kreislauf der Natur mit anzusehen - dennoch würde ohne Verwesung, Fäulnis* und Madenfraß* der Kreislauf des Lebens stehenbleiben, denn es gäbe kein neues Baumaterial mehr.

Von den vielen Lebewesen, die sich von toten Tierkörpern ernähren, sind für Forensiker bestimmte Fliegen und Käfer am interessantesten: Diese sogenannten Leicheninsekten, von denen es Hunderte verschiedener Arten gibt, ernähren sich meist nicht als Erwachsene vom faulen Gewebe, sondern sie suchen darin eine Brutstätte für ihre Nachkommen. Schwangere Schmeißfliegenweibchen können beispielsweise einen frischtoten Körper über Hunderte von Metern riechen und fliegen ihn nach Todeseintritt rasch an. Sie legen ihre Eier dann auf Wunden oder, wenn keine Verletzungen vorliegen, in Körperöffnungen wie Nase, Mund, Ohren oder auf

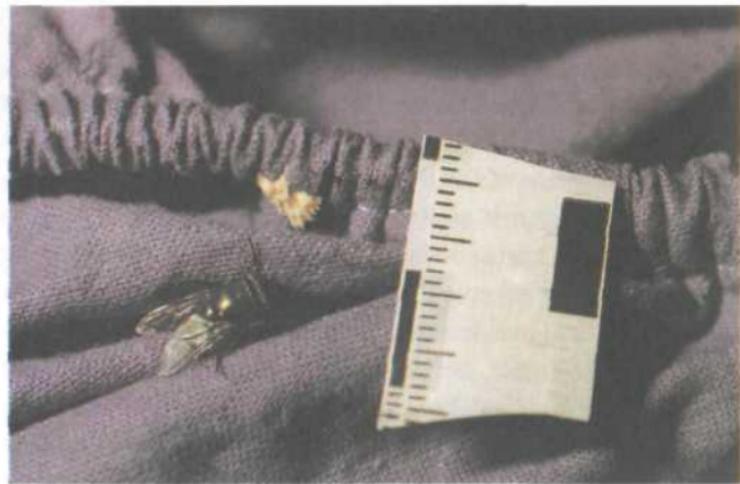


Insekten auf Leichen

Insekten helfen, tote Körper in den Kreislauf des Lebens zurückzuführen. Hier einige wichtige mitteleuropäische Leichenbesiedler: im Klee die Kaisergoldfliege *Lucilia* (Calliphoridae); auf der

Maus zwei rotgebänderte Aaskäfer *Necrophorus* (Sitphidae), zwei Miststutzkäfer (Histeridae) und ein echter Aaskäfer *Phosphugata*; auf dem Boden ein Großer Totengräber.

Ph. © Jürgen Ritter, Haar.



Eiablage bei Schmeißfliegen

Eine Kaisergoldfliege der Gattung Lucilia hat soeben ein Eipaket auf einem Bettuch

abgelegt, in das eine Leiche (für die Fliege nicht erreichbar) gewickelt ist.

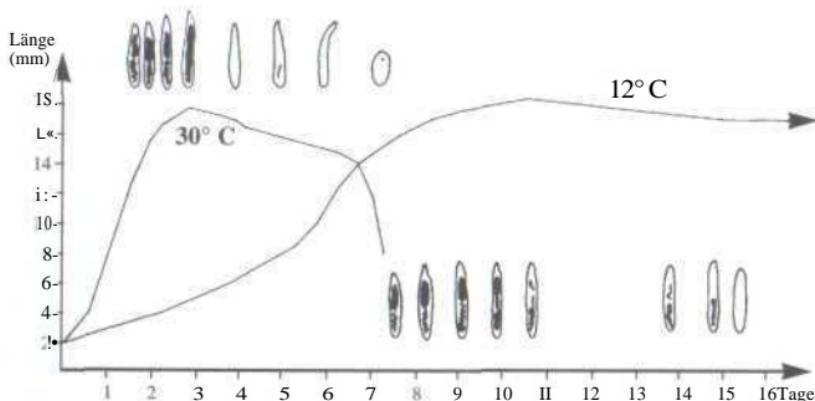
Ph. © Mark Benecke.

weiche Körperteile wie die Augen. Sind die Augen geschlossen, so legen sie ihre Eipakete genau auf den Spalt zwischen den Lidern in den Augeninnenwinkel.

Weil Insekten Eier und -larven eine ideale Beute für Käfer und Vögel darstellen, legen schwangere Fliegen sicherheitshalber kleine Pakete mit je 100 bis 500 millimetergroßen Eiern ab (vgl. obige Abb.). Aus den Eiern schlüpfen weiße Maden, und diese beginnen sofort, mit ihren Mundhaken kleine Gewebestückchen zu fressen, die sie mit Speichel angedaut haben. Bei sommerlichen Temperaturen kann sich die Entwicklung vom Ei zur ausgewachsenen Made innerhalb einer Woche vollziehen (vgl. Abb. S. 16), und bei guten Umweltbedingungen kann man den Maden unter dem Vergrößerungsglas beim Schlüpfen zusehen. Schmeißfliegenlarven häuten sich zweimal, während sie zu einer Größe von über einem

Zentimeter heranwachsen, bevor sie sich schließlich ähnlich wie eine Schmetterlingslarve zu einer Puppe, einem »Tönnchen« (vgl. Abb. S. 19) umbilden, aus dem später eine erwachsene Fliege schlüpft. Bei Käfern verläuft die Entwicklung ebenfalls über ein Larvenstadium.

Weil Insekten ihre Körpertemperatur praktisch nicht selbst regeln können, ist ihre Entwicklung von guten Umweltbedingungen abhängig. »Gut« heißt für Schmeißfliegen »warm und feucht«, und der Autor kann das spätestens bestätigen, seit er im besonders schwülheißen Sommer 1998 seine kanadische Fachkollegin für forensische Entomologie besuchte. Sie hatte Schweinekadaver unter Kaninchendraht ausgelegt, auf die Schmeißfliegen innerhalb einer Stunde die ersten Eipakete ablegen. Es dauerte nur knapp zwei Wochen, bis die geschlüpften Maden eines der Schweine blitzblank freiskelettiert hatten - und das ohne Hilfe von aasfressenden Füchsen, Hunden oder Vögeln.



Wachstum von Schmeißfliegen

Bei verschiedenen Temperaturen wachsen Schmeißfliegen verschie-

den schnell heran. Am Ende ihrer Madenzeit entleeren sie ihren Darm und verpuppen sich,
Quelle: Reiter/Hajek.

Ist es dagegen sehr kalt und trocken, so kann es über ein Jahr dauern, bis Insekten einen Körper aufgezehrt haben. Unterhalb von 10 °C legen viele mitteleuropäische Insekten keine Eier mehr ab, und in solchen Fällen kann es sogar geschehen, daß eine Leiche austrocknet und mumifiziert, ohne jemals von ihnen berührt zu werden. Genau diese Umweltabhängigkeit ist eine der Grundlagen der forensischen Entomologie. Weil bekannt ist, wie schnell eine bestimmte Madenart unter bestimmten Außenverhältnissen heranwächst, sich verpuppt und schlüpft, können Insektenkundler aus Tieren, beispielsweise vom Tatort, die Leichenliegezeit berechnen. Je größer eine Made ist, desto länger muß sie auf der Leiche gelebt haben (vgl. Abb. S. 16) und desto früher muß der Tod eingetreten sein. Doch das ist nur eine der Fragen, die forensische Entomologen mit Hilfe ihrer kriechenden oder krabbelnden Assistenten beantworten können.

Die leisen Assistenten

Insekten sind die wichtigste, größte und mannigfaltigste Lebewesengruppe der Erde. Im Vergleich zur Biomasse und Artenzahl von Insekten machen selbst alle Pflanzen zusammengerechnet nur einen Bruchteil des Lebens aus, und der Anteil der Menschen läßt sich in einem Schaubild gar nicht mehr darstellen, weil er zu klein ist (vgl. Abb. S. 22). Darüber freuen sich vor allem die forensischen Entomologen, denn je mehr Insektenarten sich an verschiedene Lebensräume anpassen, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß einige von ihnen auch Leichengewebe aufsuchen. Das erklärt auch, warum die meisten Faulleichen Spuren von Insekten an sich tragen, ganz gleich, ob ein Körper in einem Bach, einem Feld, einer



**Aaskäfer
an menschlicher Leiche**
Ein Aaskäfer frisst am Ohr

*einer teilmumifizierten
Leiche.*
Ph. © Mark Benecke.



Tönnchenpuppen

*Puppen in Leichenhaaren:
Die Maden halten sich*

dort vor Fraßfeinden

versteckt.

Ph. © Mark Benecke.

Großstadtwohnung oder einem Rettungsring am Strand gefunden wird.

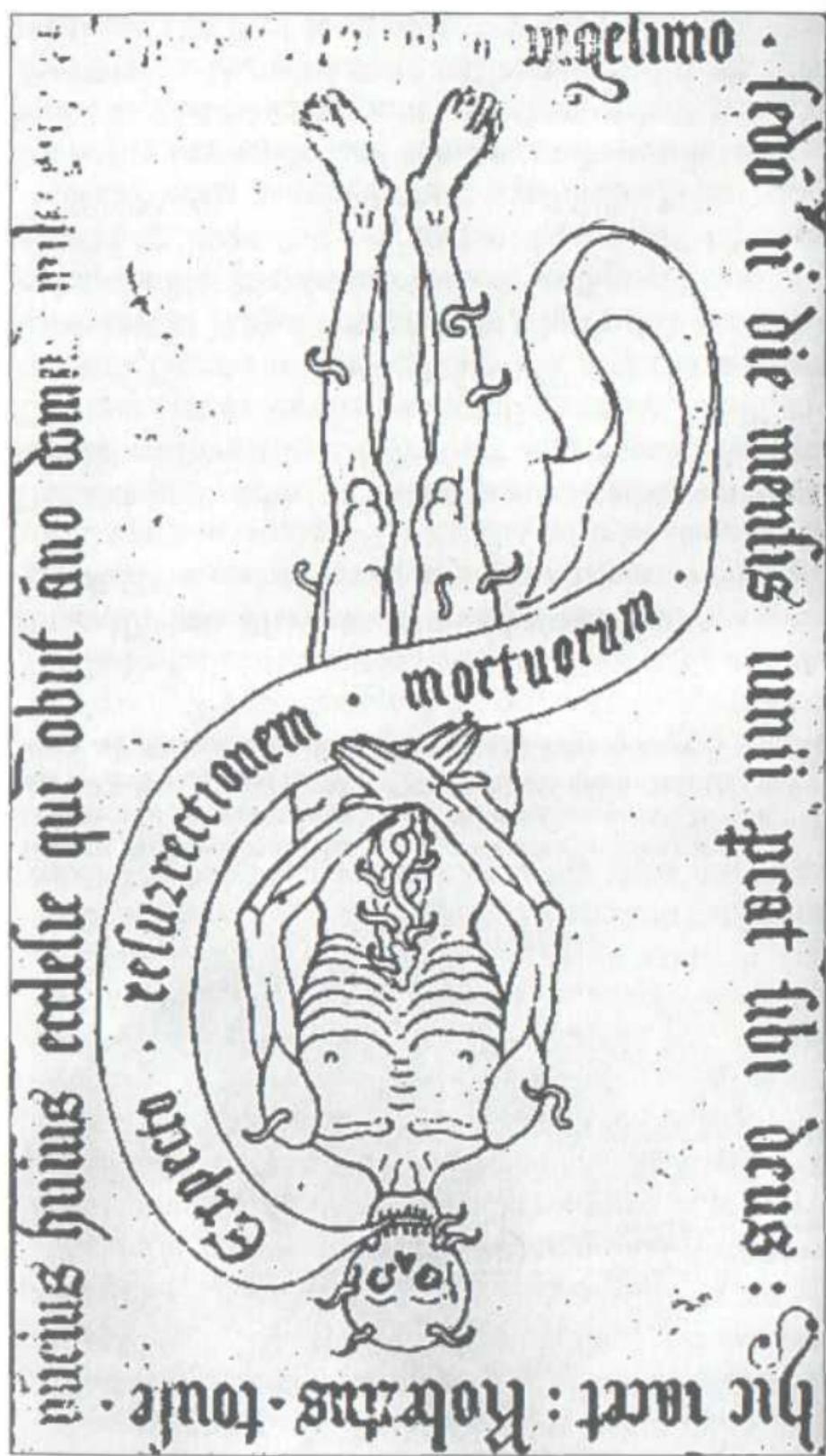
Manche Leicheninsekten können anhand ihrer Größe bzw. Wachstumsgeschwindigkeit als postmortale Totenuhren die Leichenliegezeit anzeigen. Wenn man darüber hinaus auch nähere Informationen zu ihrer Lebensweise hat, können die Tiere auch weitere Fragen klären. So können sie Hinweise darauf geben, ob eine Person vergiftet wurde, selbst wenn sie schon verfault oder skelettiert ist, denn viele Insekten speichern Gifte aus der Leiche in ihrem sechsbeinigen Körper. Manchmal können forensische Entomologen auch einen Mordschauplatz vom Leichenfundort unterscheiden, wenn sich an einem Toten Insekten befinden, die am Leichenfundort normalerweise nicht leben. Haben die Ermittler besonders viel Glück, geben Insekten sogar Auskunft über den

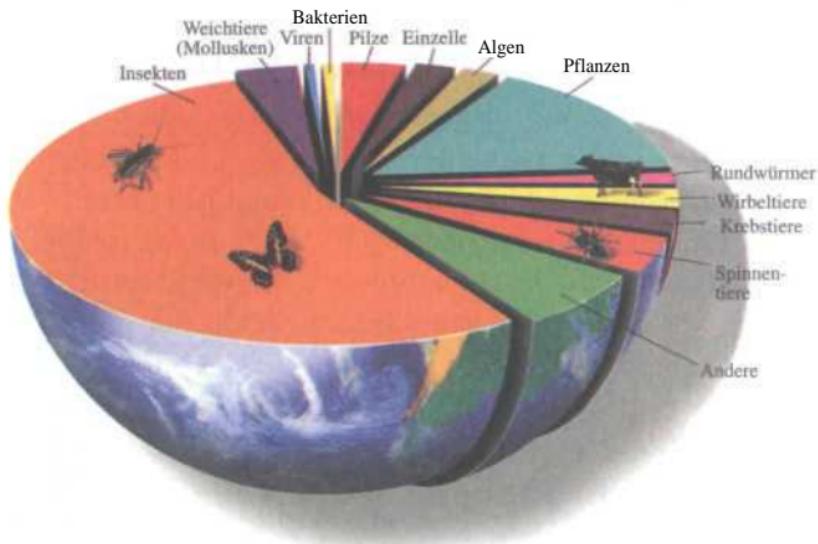
Weg einer Leiche. Treibt beispielsweise ein Körper durch ein sehr großes Gewässer, so ist es möglich, daß sich verschiedene Insekten von verschiedenen Ufern auf der Leiche niedergelassen haben.

Leider kommt es manchmal auch vor, daß Sozialeinrichtungen sich mit Insektenkundlern in Verbindung setzen müssen. Dabei geht es meistens um die Frage, was aus den oberflächlichen Verletzungen eines lebenden Kindes oder einer alten Person zu erkennen ist. Finden sich beispielweise Maden im Afterbereich, so legt dies die Schlußfolgerung nahe, daß die Person nicht gut gepflegt wurde, auch wenn sich die Umgebung (Wohnung, Bett) ansonsten in gutem Zustand befinden sollte. Manchmal kommt es bei sehr schwachen Menschen auch zu oberflächlichen Wunden, die innerhalb nur einer Nacht von Kakerlaken (Schaben) oder Ameisen erzeugt werden. Weil die Verletzungen wie Schürfwunden aussehen, geraten Pfleger schlimmstenfalls in den falschen Verdacht, die betreute Person mißhandelt zu haben. Ameisen- und Schabenbisse an Lebenden gibt es in Mitteleuropa allerdings so gut wie nicht mehr, weil der allgemeine Hygienestandard im Vergleich zu großen Teilen der übrigen Welt außerordentlich hoch ist.

Grabplatte mit Madenleiche
Grabplatte mit vermutlich spätmittelalterlicher Abbildung einer Leiche. Detailgenau sind die von Maden angerichteten Zerstörungen dargestellt: Der Kopf ist bereits skelettiert, und in den

Organen tummeln sich massenweise weitere Tiere. Das Spruchband sagt: »Ich erwarte die Wiederauferstehung von den Toten«, und am Rand ist zu lesen, daß der Tote Robert Touse hieß, E. H. Langlois, 1852, Tafel 37.





Unsere Welt der Insekten
Insekten sind die bedeutendste und größte Gruppe von Lebewesen auf der Erde. Sie haben

praktisch alle Lebensräume besiedelt, und an den meisten Faulleichen findet man sie als »stille Assistenten«.

Buckelfliegen, Pferdeleichen und umgewühlte Friedhöfe

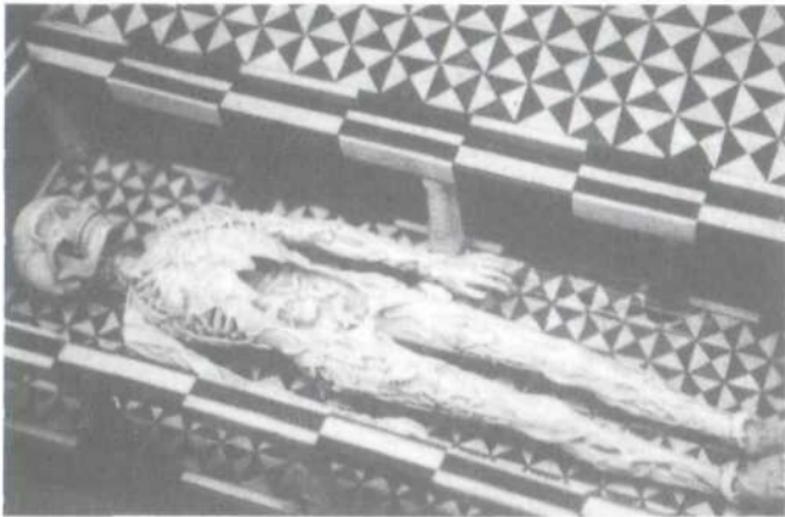
Daß sich bestimmte Insektenarten von Leichen ernähren, war schon immer klar. Schon der schwedische Biologe Carl von Linne, der die moderne Benennung von Pflanzen und Tieren einföhrte, schrieb 1767 unter Bezug auf deren rasche Vermehrung und »Freßlust«, daß drei Fliegen einen Pferdeleichnam ebensoschnell zerstören könnten wie ein Löwe.

Daß Maden ganz allgemein erhebliche Leichenzerstörungen hervorrufen, ist seit langem belegt, beispielsweise in Bilddokumenten des 16. Jahrhunderts wie den *Totentänzen*. Dort sind unter anderem musizierende oder tanzende Leichen dargestellt, die mit Maden befallen

sind. Auch andere spätmittelalterliche Darstellungen, etwa Grabplatten, geben gelegentlich einen erstaunlich präzisen Einblick in die Besiedlungsmuster von Maden auf menschlichen Leichen (vgl. Abb. S. 21). Im Kölner Schnütgen-Museum findet sich eine kleine Elfenbeinleiche, das *Skelett in der Tumba* (16. Jh.), deren spätes Zersetzungstadium derart naturtreu herausgearbeitet ist, daß die geschnitzten Schmeißfliegenmaden mit einiger Wahrscheinlichkeit noch heute bestimmbar sind (vgl. Abb. S. 24). Auch in Berichten über Massenexhumierungen auf Friedhöfen im 18. und frühen 19. Jahrhundert, die dazu dienten, Platz für neue Tote zu schaffen, bemerkten mehrere französische und deutsche Gerichtsarzte, wie stark die insektenbedingten Leichenschäden sein können.

Es dauerte aber noch einige Zeit, bis die ersten modernen Forscher auf die Idee kamen, die Tiere als ihre Assistenten einzusetzen. In Frankreich und Deutschland tauchen ab etwa 1855 erste rechtsmedizinische Fallberichte auf, in denen Insekten eine Rolle spielen. An einer Neugeborenenleiche aus dem französischen Arbois wurden beispielweise im Jahr 1850 Fliegenpuppen und Mottenlarven beobachtet und zu einer groben Liegezeitbestimmung eingesetzt. Das Ergebnis: Das Kind mußte wesentlich länger tot gewesen sein als zunächst angenommen (»frischtot«), weil die Tiere mehrere Wochen oder Monate benötigen, um sich zu verpuppen. 1879 berichtete der damalige Vorsitzende der französischen Gesellschaft für Rechtsmedizin über den Fall einer Säuglingsleiche, auf der er erwachsene Milben* (*Acari*) vorfand.

Den Schritt von der reinen Fallbetrachtung zur wissenschaftlichen, geplanten Untersuchung und Anwendung der Insektenkunde in der Rechtsmedizin vollzog 1881 schließlich der Dresdener Arzt Reinhard, der mit



Elfenbeinskelett in der Tumba

»Skelett in der Tumba« (16. Jh., hergestellt in der Westschweiz oder in Frankreich), von Schmeißfliegenmaden (Lucilia

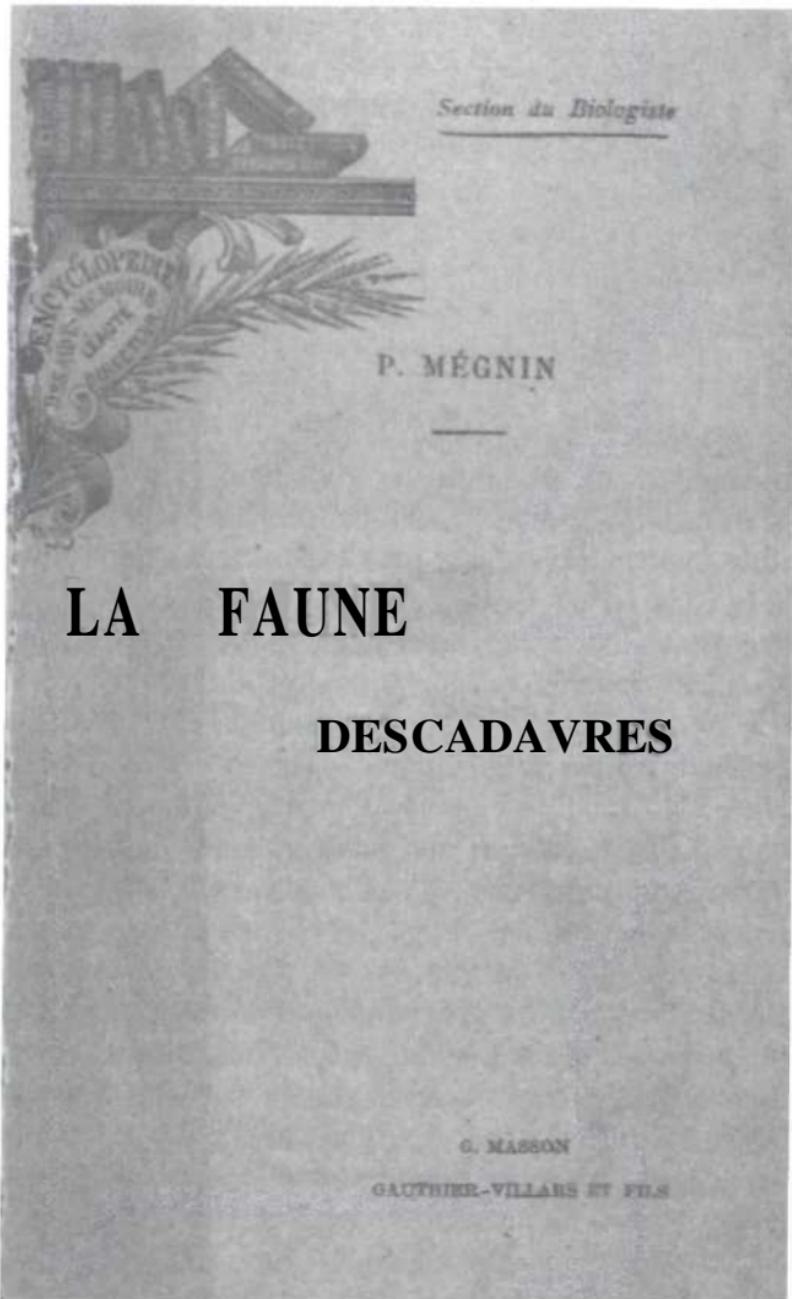
spec.j durchzogen und von elichen Fliegen bevölkertes Elfenbeinskelett in einem Sarg. Schnütgen-Museum Köln, Sammlung Ludwig.
Ph. © H.-J. Hoffmann.

dem Wiener Insektenkundler Brauer eine Massenexhumierung in Sachsen untersuchte. Die beiden fanden an begrabenen Leichen häufig zwei Millimeter lange, erwachsene Buckelfliegen (*Phoridae*), die sich im unterirdischen Lebensraum fortentwickelt und anscheinend auch vermehrt hatten. Die lateinische Bezeichnung des Insekts, *Conicera tibialis*, wird seither mit »Grabfliege« übersetzt. Wie die Buckelfliegen in Erdgräber gelangen, ist noch nicht ganz klar. Am wahrscheinlichsten ist, daß sie sich tatsächlich ihren Weg durch die Erde bahnen, denn ein Kollege des Autors hat an der begrabenen Leiche seines Hundes beobachtet, wie die Tiere durch tunnelartige Bahnen an die Oberfläche wanderten, sich dort paarten und dann wieder in das Erdgrab stiegen. Auch

parasitische Schlupfwespen, die aus Eiern stammen, die in Fliegenmaden abgelegt worden sind, wurden in einem Zinnsarg mit zugeschraubtem Deckel gefunden, und daneben befanden sich Tausendfüßer und Käfer. Selbst auf Leichen, die schon über zehn Jahre begraben und deren Knochen zum Teil bereits von Baumwurzeln umschlossen waren, fanden sich noch Insekten, aber es war lange unklar, ob sich die Tiere wirklich von den Toten ernährt oder ob sie schlicht Jagd auf Pilze und Würmer gemacht hatten.

Etwa zur selben Zeit begann der bereits sechzigjährige französische Mediziner Jean Pierre Meginn damit, die Besiedlung der von ihm untersuchten Leichen in sogenannte Besiedlungswellen* einzuteilen. Meginns Leichen stammten nicht nur aus Gräbern (etwa des Friedhofs Paris-Ivry), sondern er untersuchte auch aktuelle, ungeklärte Todesfälle. Dabei stellte er fest, daß verschiedene Insektenarten ganz bestimmte Zersetzungsstadien bevorzugen. Er teilte diese Besiedlungswellen für freiliegende Körper folgendermaßen ein: »frischtot - beginnende Fäulnis — fettartig — käseartige Produkte - ammoniakarische Fäulnis und Schwärzung - beginnende Vertrocknung - starke Vertrocknung - Skelettierung«. Jedem dieser Stadien ordnete er eine bestimmte Insektenpopulation zu (vgl. Abb. S. 26).

Von Frankreich und Deutschland aus schwäppte die Methode schon 1895 nach Kanada über, und bis heute finden sich im deutschsprachigen Gebiet, dem frankobelgischen Raum sowie Kanada und den USA führende Experten für forensische Entomologie. Eigentlich ist das kein Wunder, denn im französischen und deutschen Sprachgebiet herrschte schon immer das weltweit größte Interesse an Gliedertieren, und das nicht nur bei Biologen. Daran hatte auch das hierzulande noch heute bekannte, von Alfred Brehm begründete vielbändige *Thier-*



»Die Fauna der Leichen«
Ein Meilenstein der forensischen

Entomologie, Méggnins »La Faune
des cadavres«, Paris 1894.

leben einen Anteil: Es rückte Ende des 19. Jahrhunderts wirbellose Tiere nicht nur ins Bewusstsein der Forscher, sondern auch der übrigen Bevölkerung. Im französischsprachigen Raum bewirkten das die wunderbaren Tierbeschreibungen des Insektenkundlers Fabre mit dem Titel *Souvenirs entomologiques*. Sowohl Brehm als auch Fabre sind noch immer vielen Menschen in den jeweiligen Ländern bekannt.

Heute ist die forensische Entomologie einer der wenigen wissenschaftlichen Zweige, in denen Forscher, Ärzte und Ermittler aus ganz verschiedenen Disziplinen eng zusammenarbeiten. In den meisten Ländern läuft die Kooperation je nach Rechtssystem unterschiedlich ab. Neben Rechtsmedizinern fordern immer öfter auch Polizisten und Richter in schwierigen Kriminalfällen die Hilfe forensischer Insektenkundler an. Die folgenden sieben Fallbeispiele sollen veranschaulichen, wie hilfreich dieses Teamwork sein kann, wenn es um die Enträtselung unklarer Todesfälle geht.

Der erste niedergeschriebene Fall zur kriminalistisch angewandten Insektenkunde stammt aus dem 13. Jahrhundert. In seinem rechtsmedizinischen Lehrbuch *Hsi yuan lu* (dt. etwa: *Das Hinwegwaschen von Ungerechtem*) schildert der chinesische Jurist Sung Tz'u, wie ein Ermittler zur Aufklärung eines Mordes gerufen wurde, der nahe eines Reisfeldes stattgefunden hatte (vgl. Abb. S. 28). Die Ehefrau des Verstorbenen sagte aus, daß ihr Mann keine Feinde, sondern nur einen (unverdächtigen) Schuldner gehabt hätte. Brauchbare Tatortspuren oder Hinweise gab es nicht.

Da die tödlichen Stichwunden an der Leiche von einer Sichel herrührten, rief der Ermittler am folgenden Tag alle Arbeiter des Dorfes zusammen und ließ sie ihre Sicheln vor sich ausbreiten. Auf eine der Sicheln setzten

宋提刑洗冤集錄卷之二

(五) 疑難雜說下

有檢驗被殺屍在路傍，始疑盜者殺之，及點檢沿身衣物俱在，遍身鎌刀砍傷十餘處。檢官曰：「盜只欲人死取財，今物在傷多，非冤讐而何！」遂屏左右，呼其妻問曰：「汝夫自來與甚人有冤讐最深？」應曰：「夫自來與人無冤讐，只近日有某甲來做債，不得，曾有赴期之言。然非冤讐深者。」檢官默識其居，遂多差人分頭告示，側近居民各家所有鎌刀盡底將來，只今呈驗。如有隱藏，必是殺人賊，當行根勘。俄而，居民賚到鎌刀七八十張。令布列地上。時方盛暑，內鎌刀一張，蠅子飛集。檢官指此鎌刀問：「爲誰者？」忽有一人承當，乃是做債魁期之人。就檢訊問，猶不伏。檢官指刀令自看，衆人鎌刀無蠅子，今汝殺人，血腥氣猶在，蠅子集榮，豈可隱耶？左右環視者失聲嘆服，而殺人者叩首服罪。昔有深池中溺死人，經久，事屬大家因鎌事發。體究官見皮肉盡無，惟髑髅骸骨

Der Mord im Reisfeld

Schriftenreihe: Erste
Schilderung eines mittels Insekten
gelösten Verbrechens:

Der Mord im Reisfeld.

(Original in der University of
Michigan).

Ph. © Mark Benecke.

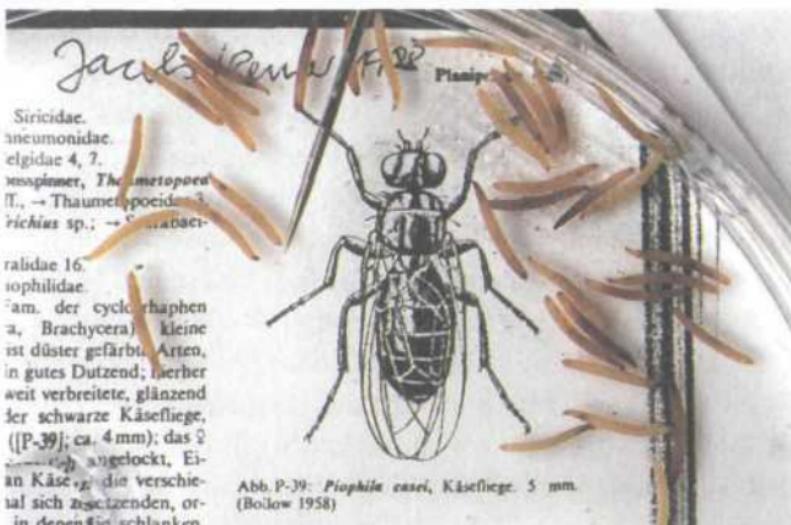
sich Schmeißfliegen und enttarnten damit gleichzeitig das Tatwerkzeug und dessen Besitzer, den Mörder: Die Tiere hatten für Menschen nicht mehr sichtbare Blutreste

gerochen. Der Täter brach an Ort und Stelle zusammen, »schlug den Kopf auf den Boden« und gestand - es war der Schuldner des Toten.

Dieser Fall wurde 1974 von einem der Gründer der modernen forensischen Entomologie, Marcel Leclercq aus Belgien, und seinem Kollegen Lambert noch einmal nachuntersucht und bestätigt. An einer von ihnen im Juni aufgefundenen Leiche flogen trächtige Weibchen der blau-glänzenden Schmeißfliege *Calliphora vomitoria* sechs Stunden nach Todeseintritt das aus dem Körper geflossene Blut des Verstorbenen an, nicht aber die sonst stets zuerst als Eiablagestätte gewählten Körperöffnungen. Blut ist für diese Fliege demnach ein stärkerer Reiz als bloßes Fleisch. (Das erklärt auch, warum Fliegen zuerst verwundete und erst später unverwundete Leichen anfliegen.)

Im nächsten Fall ging es nicht darum, einen Täter zu finden, sondern darum, den Todeszeitpunkt zu bestimmen. Ein Bahnstreckengänger hatte im November die skelettierten Überreste einer Leiche ohne Kopf gefunden. Der Haarschopf und die herumliegende Jeansbekleidung waren noch intakt. Eine erste grobe Schätzung ergab eine mögliche Liegezeit von zwei bis drei Monaten. Unter den Haaren fanden sich Käfer- und Fliegenpuppen (vgl. Abb. S. 19), auf der übrigen Leiche Zehntausende etwa acht Millimeter große, längliche, springende Maden der Käsefliege *Piophila casei* LINNE (vgl. Abb. S. 30) sowie ein dichter Teppich von Käsefliegeneiern.

Folgendes war für die anschließende insektenkundliche Liegezeitbestimmung bekannt: Erstens benötigen Käsefliegenmaden unter den gegebenen Bedingungen 11 bis 19 Tage, um zu erwachsenen Tieren heranzuwachsen. Zweitens handelte es sich mindestens um die zweite Generation von Käsefliegen, weil nicht nur Eier und Maden, sondern auch tote erwachsene Tiere gefunden wur-



Die Käsefliege *Piophila*

Die springenden Larven
der Käsefliege (*Piophila casei*)
besiedeln Leichen, deren Weich-

teile sich bereits in einen
breiigen Zustand verwandelt
haben.

Ph. © Wolfram Scheible.

den. Drittens fliegen schwangere Käsefliegen hierzulande erst nach etwa drei Monaten das erste Mal eine Leiche an, weil die Leiche erst dann den typisch käsigen Geruch entwickelt. Dieser Geruch signalisiert den Käsefliegen, daß das Leichengewebe sich mittlerweile in Substanzen verwandelt hat, die für die Ernährung ihrer Nachkommen am besten geeignet sind. Aus diesen Informationen ergab sich folgende Rechnung: (Erste Besiedlung mit Käsefliegen ca. 90 Tage [oder drei Monate]) + (zwei mal [d. h. zweite Generation] 11 bis 19 Tage Entwicklungszeit) = 112 bis 128 Tage Liegezeit im Freien. Diese Berechnung wurde später bestätigt: Es handelte sich um eine heroinabhängige Selbstmörderin, die seit vier Monaten vermisst gemeldet war.

Dieses Beispiel zeigt, wie eine Leichenliegezeitbestimmung der Kriminalpolizei helfen kann, sich bei den Ermittlungen auf diejenigen Vermißten zu konzentrieren, die im berechneten Zeitraum verschwunden sind (und nicht Monate früher oder später). Je stärker zersetzt eine Leiche ist, desto schwieriger wird es für Rechtsmediziner, diesen Zeitraum zu bestimmen. Manchmal geben Insekten sogar den einzigen Hinweis darauf, ob ein Skelett die Überreste eines Menschen darstellt, der vor Wochen, Monaten oder Jahren verstorben ist. Der Grund: Bestimmte Insekten (meist Käfer) können die Feinzersetzung einer Leiche noch dann geschmacklich unterscheiden, wenn sie mit den technischen Methoden des Menschen schon nicht mehr meßbar ist. Die langsame Veränderung von in Knochen eingelagerten Fetten ist dafür ein Beispiel - verschiedene Zersetzungsstadien ziehen jeweils verschiedene Aasfresser an.

Auch im folgenden Fall aus Kanada ging es darum, die Leichenliegezeit zu bestimmen, aber die Begleitumstände waren, was eher selten vorkommt, sehr spannend. Ein Mann meldete sich bei der Lebensversicherung seiner Frau und forderte die Todesfallprämie ein. Weil die Frau aber erst seit drei Tagen vermißt gemeldet war, wurde der Versicherungsangestellte misstrauisch. Er erklärte dem Mann, daß der Tod seiner Frau unbewiesen sei, solange die Leiche oder ein eindeutig identifizierbares Leichenteil fehle. Acht Tage später meldete sich der Mann bei der Polizei. Er hatte den abgeschnittenen Kopf seiner Frau angeblich in einem Graben vor seinem Haus gefunden; wie er dorthin gelangt sei, wisse er nicht.

Die Rechtsmediziner stellten anhand des Aussehens der Schnittwunde fest, daß der Kopf erst nach Todeseintritt abgetrennt worden war. Daher fragten sich die Ermittler, ob der Ehemann den Kopf selbst abgeschnitten

hatte, um der Versicherung ein Leichenteil zu präsentieren, das die Todesursache nicht erkennen ließ, oder ob der Kopf schon vor dem eventuellen Versicherungs betrug vom Rumpf getrennt worden war. Ersteres würde den Mann stark tatverdächtig machen, letzteres könnte ihn vielleicht entlasten.

Die forensische Insektenkundlerin fand an der Schnittfläche des Kopfes, nicht aber an Augen, Nase und Ohren Maden der Schmeißfliege *Calliphora vomitoria*. Das bedeutet, daß die Leiche samt Kopf zunächst an einem Ort gelegen hatte, an dem sie Insekten unzugänglich war. Andernfalls hätten schwangere Fliegen ihre Eier auf die Augen der Leiche abgelegt, und es wären dort Fraßspuren entstanden. Erst als der Kopf abgeschnitten und ins Freie gelegt wurde, konnten die Schmeißfliegen ihn erreichen. Nun war für die Tiere aber die Schnittfläche attraktiver (das heißt für die Maden leichter anzufressen) als die Augen oder Ohren.

Aus den Daten zur Außentemperatur und der Größe der Maden ergab sich schließlich, daß der Kopf ungefähr zu der Zeit abgetrennt und ins Freie gelegt wurde, als der Ehemann mit der Versicherung gesprochen hatte. Er wurde später zu lebenslanger Haft verurteilt, eine Berufungsverhandlung war erfolglos, und die Lebensversicherung verweigerte die Zahlung.

Doch nicht immer steckt ein Kriminalfall hinter einer Faulleiche. Manchmal ergeben sich mit Hilfe insektenkundlicher Untersuchungen Ergebnisse, die zwar interessant sind, aber letztlich nur bestätigen, daß eine Person eines natürlichen Todes gestorben ist. Spannend kann es allerdings werden, wenn die Todesursache eine vollkommen andere ist als die zunächst angenommene. So wurde in einem warmen Sommer in einer Wohnung im Rheinland die Leiche eines Mannes gefunden, der seit fünf

Tagen nicht mehr gesehen worden war. Der Körper war durch Fäulnisgase aufgebläht und die Haut grün verfärbt. Der Hausarzt berichtete, daß sein Patient alkoholabhängig gewesen sei, unter Bluthochdruck gelitten und sich sehr vernachlässigt habe. Die Todesursache schien damit naheliegend zu sein: alkoholbedingtes Organversagen.

In sogenannten Fäulnisblasen auf der Haut fanden sich zwei bis drei Millimeter große Fliegenmaden und in den Haaren Eipakete. Die Insekten waren allesamt sehr jung (das heißt, sie hätten keinen Aufschluss über den Todeszeitpunkt geben können). Die Maden waren erst kürzlich geschlüpft, die Eier waren somit vermutlich erst während des Leichentransports oder im Autopsieraum abgelegt worden. Aufschlussreicher waren dagegen einige rote Tönnchen (Puppen) der Fliege *Muscina stabulans*, die unter der Kleidung auf der Haut lagen.

Da *Muscina* bei Raumtemperatur mindestens zwei Wochen bis zur Verpuppung benötigt, war der Tote vermutlich schon vor seinem Ableben von Maden besiedelt. In Übereinstimmung dazu fanden sich in Bakterienausstrichen einiger zerkleinerter Tönnchen viele rotfarbene Blutströpfchenbakterien (*Serratia marcescens*). Diesen Namen haben die Bakterien erhalten, weil sie Kolonien bilden, die wie rote Tropfen aussehen - was im übrigen auch die Ursache der vorgeblichen Wunder der blutenden Marienstatuen ist.

Bei sehr geschwächten Menschen können die ansonsten harmlosen Bakterien, die im Alltag praktisch überall vorkommen, zum Tod führen. Als Todesursache des Mannes kam demnach eine Bakterieninfektion in Frage. Weil die Leiche schon stark angefault war, konnten nur noch die Insekten, die sich zuvor vom infizierten Leichengewebe ernährt hatten, Spuren der Bakterien in sich tragen - sie hatten sie mitgefressen. In der Leiche selbst

waren die Blutströpfchen nicht mehr zu finden, denn andere Fäulnisbakterien hatten sie bereits verdrängt.

Es geschieht übrigens regelmäßig (wenn auch selten), daß einige Dutzend Maden sich von lebenden, stark verwahrlosten Personen ernähren. Die Tiere fressen dabei meistens an bereits offenen Wunden wie etwa einem Raucherbein, und sie nützen dem Patienten sogar mehr als sie schaden, denn sie desinfizieren die Wunde mit ihrem Speichel. Seit dem ersten Weltkrieg gibt es Ärzte, die entzündete Wunden bewußt mit Maden reinigen.

Wenn ein Insektenkundler viel über die Lebensweise eines Tieres weiß, kann er auch ungewöhnliche Fragen klären. Besonders schwierig ist es beispielsweise, kriminalbiologische Aussagen über Leichen zu treffen, die aus dem Wasser geborgen werden, weil über Wasserlebewesen besonders wenig bekannt ist. Der folgende Fall zeigt jedoch, daß auch in diesen Fällen Fliegen bei der Aufklärung weiterhelfen können.

Aus der Ostsee wurde Anfang Juni eine Wasserleiche geborgen, deren Gesicht und Brustraum bereits teilskelettiert waren. Die übrigen Weichteile hatten sich unter Wasser teils zu Fettwachs (*Adipocire*) umgebildet. Im Brustbereich fanden sich zehn bis elf Millimeter lange Fliegenlarven der Seetangfliege *Coelopa frigida*, die üblicherweise an Stränden lebt. Am ganzen Körper waren keine Larven oder Puppen von Schmeißfliegen (Calliphoriden) zu sehen. Die Frage war nun, ob es sich in Anbetracht des vergleichsweise gut erhaltenen Körperzustandes trotzdem um die Leiche eines Seemanns handeln könnte, der bei einem weitentfernten Schiffsuntergang im vorigen Jahr ums Leben gekommen war.

Der Entomologe stellte zunächst fest, daß die Maden bei der zur Fundzeit kühlen Witterung etwa zwei Wochen alt waren. So jung konnte die Leiche aber keinesfalls

sein, denn die Bildung von Fettwachs dauert erheblich länger. Zum Zeitpunkt der Eiablage mußte die Leiche also schon länger im Rettungsring getrieben und wegen des bevorzugten Lebensraumes von *Coelopa frigida* an einem Strand oder Küstenstreifen vorbeigetrieben sein, da die Tiere nicht auf das offene Meer fliegen.

Weil auf dem Körper keine Schmeißfliegen zu finden waren, kombinierte der Insektenkundler zusammen mit den Rechtsmedizinern, daß der Tod im vergangenen Winter oder zu Anfang des folgenden Frühjahrs eingetreten sein mußte, denn zu allen anderen Jahreszeiten hätten Schmeißfliegen die Leiche zuerst angeflogen und gegen Seetangfliegen verteidigt.

Die weiteren Ermittlungen ergaben, daß es sich wirklich um den Körper eines Seemanns von einem Schiff handelte, das am 14. Januar, viereinhalb Monate vor dem Fund der Leiche, gesunken war. Seitdem war die Leiche mit den Strömungen durchs Meer getrieben und hatte schließlich einen Strand passiert, von dem aus *Coelopa* den Körper anflog.

Während dieser Fall der erste große Erfolg für die kombinierte Analyse aus insektenkundlichen und leichenbezogenen Informationen war, stellt der folgende eine forensische Glanzleistung dar, bei der zunächst die Ermittler sehr geistesgegenwärtig handelten. Die sofort zum Fall hinzugezogenen Gliedertierkundler konnten dabei helfen, einen schwer zu beweisenden Sachverhalt völlig klar zu rekonstruieren.

In einer abgelegenen ländlichen Gegend wurde am 5. August in Südkalifornien unter Eukalyptusbäumen die Leiche einer 24jährigen Frau gefunden. Sie war vergewaltigt und mit ihrer Bluse stranguliert worden. Die Rechtsmediziner schätzten grob, daß der Tod etwa zwei Tage zuvor eingetreten war.

Ein Polizeibeamter, der den Tatort von zehn Uhr abends bis zwei Uhr morgens bewachte, sowie fast alle übrigen Mitglieder des Tatortteams entdeckten am nächsten Morgen an ihren Körpern juckende, millimetergroße Punkte im Bauch- und Hüftbereich. Der Kriminalbeamte fand das seltsam und meldete den Befund. Das Ermittlungsteam wunderte sich noch mehr: Nachdem bei der Suche nach möglichen Tätern einige Fotos bekanntermaßen gewalttätiger Personen durchgesehen und einige von ihnen zum Verhör bestellt worden waren, entdeckte man, daß einer der Verhörten rote, punktförmige Bisse am Körper hatte.

Die sofortige nähere Untersuchung ergab, daß seine Bisse nicht nur genau dieselbe Form und Farbe hatten wie die der Ermittler, sondern daß sie auch an denselben Stellen lagen, vorwiegend im Bauch- und Hüftbereich. An den Händen und im Gesicht hatten weder die Ermittler noch der Verdächtige Bißspuren. Die Tiere hatten sich offenbar geschützte Körperstellen gesucht, an denen sie ohne Gefahr, entdeckt zu werden, beißen und saugen konnten.

Nun begann eine großangelegte insektenkundliche Untersuchung. Ein Zoogenteam wurde zum Tatort geschickt, um zu prüfen, ob sich weitere Hinweise auf das Leben der Milben - denn um solche mußte es sich handeln - ergäben. Gleichzeitig wurden von nun an in regelmäßigen Abständen Fotos der Bisse der Ermittler und des Verdächtigen gemacht. Die Zoologen fanden heraus, daß die Bisse von Jugendstadien der seltenen Milbenart *Eutrombicula belkini* stammten, die am Tatort in einem engbegrenzten Streifen an der Grenze zwischen einem Wildgrasfeld und einem brachliegenden Acker lebten. Viele der *E.-belkini*-Jungtiere waren hungrig, und jedes Wirbeltier, das an ihnen vorbeilief, wurde befallen. Das galt nicht nur für Menschen, sondern auch für Echsen

und Vögel, die die Zoologen eigens am Tatort einfingen und auf Milbenbefall untersuchten. In der entfernteren Umgebung des Tatorts sowie im restlichen Landstrich wurden hingegen nur sehr wenige oder gar keine weiteren Milbenlarven gefunden. (Milben sind übrigens keine Insekten, sondern Spinnentiere*. Man kann die beiden Tiergruppen leicht auseinanderhalten, indem man ihre Beine zählt: Insekten haben immer sechs, Spinnen immer acht Beine. Eigentlich sind Spinnen- und Insektenkunde zwei getrennte Fachbereiche, aber die Experten arbeiten gern zusammen, wenn es sich so wie hier ergibt.)

Durch die Jungtierfunde am Tatort wurde klar, daß der Verdächtige, obgleich er es bestritt, am Tatort gewesen sein mußte, denn er wurde von genau derselben, nur am Tatort lebenden Milbenart gebissen wie die Ermittler. Außerdem ergab die Untersuchung der abheilenden Bißstellen des Verdächtigen, daß sie genau dann entstanden sein mußten, als die Frau getötet worden war. Die Bisse des aufmerksamen Polizisten wurden hingegen für 24 Stunden jünger befunden als die des Verdächtigen. Das deckte sich mit der Annahme, daß der Mord zwei Tage vor dem Leichenfund geschehen war.

Das Gericht folgte den Schlüssen der entomologischen Begutachtung: Der Verdächtige mußte zum Todeszeitpunkt der Frau längere Zeit am Tatort gewesen sein. Die Haut des Opfers wies keine roten Punkte auf, weil die Rötung nur dann eintreten kann, wenn der Körper auf den Biß reagiert. Die Frau war also entweder schon tot, als sie an den Fundort gebracht wurde, oder sie wurde nach kurzer Zeit dort getötet. Weil der Angeklagte zusätzlich zu allen übrigen Verdachtsmomenten den Abend des 3. August mit der Verstorbenen verbracht hatte, wurde er schuldig gesprochen und zu lebenslanger Haft ohne Bewährungsmöglichkeit verurteilt.

Dieser Fall zeigt besonders deutlich, wie vielfältig die Informationen sind, die ein geschulter forensischer Entomologe aus Insekten ableiten kann. Hier wurde nicht nur der Täter ermittelt, sondern es wurde auch gezeigt, daß und wann er am Fundort der Leiche war.

Der letzte Fall dieser kleinen Auswahl erfolgreich eingesetzter gliedertierkundlicher Untersuchungen ist noch einmal ein Klassiker, der die am häufigsten durchgeführte forensisch-entomologische Untersuchung darstellt - das oft unspektakuläre Errechnen der Leichenliegezeit, die auch »postmortales Liegeintervall« (engl.: *post mortem interval, PMI**) genannt wird.

Am 8. November wurde die stark verwesete Leiche einer jungen Frau aufgefunden. Sie lag unter den Fußbodenplanken eines Hauses und war durch eine Nahn-schußverletzung aus einer kleinkalibrigen Pistole ums Leben gekommen. Bei der insektenkundlichen Untersuchung der Erde fand der forensische Entomologe 142 Larven der Fliegen *Calliphora vicina* und *Synthesiomyia nudisita*. Die Larven befanden sich alle im sogenannten Vorverpuppungsstadium, das daran erkennbar ist, daß die Tiere vergleichsweise groß sind und ihren Darm vollständig geleert haben. Alle Tiere wurden vermessen und im Labor bei kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit herangezüchtet.

Die ersten erwachsenen Fliegen schlüpften am 18. und 22. November. Aus der Entwicklungszeit beider Arten und den Außentemperaturen ergab sich der späte 24. oder frühe 25. Oktober als Besiedlungsdatum. Mit größter Wahrscheinlichkeit wurde die Frau an einem dieser Tage getötet und in das nur lose bedeckte Grab unter dem Fußboden gelegt. Diese Information konnte die Tat zwar nicht direkt aufklären, aber beim Verhör verblüfften die Polizisten den Verdächtigen mit ihrem Zusatzwissen.



Frühe Madenleiche

Madenbesiedlung einer Faulleiche: Tausende von Tieren verursachen einen raschen Zerfall des Körpers, indem sie mit Verdauungsflüssigkeit und

winzigen Mundhaken das Gewebe auflösen und als Nahrung benutzen. Die Größe der Tiere kann Hinweise auf die Leichenliegezeit liefern.

Ph. © Mark Benecke.

Wie schon beim Mord am Reisfeld gestand der Täter daraufhin.

Der vermutete Tathergang konnte damit endgültig aufgeklärt werden. Die Frau war von ihrem Gatten am frühen Nachmittag des 24. Oktober erschossen worden und dann durch die Bodenbretter ihres Hauses in ein Loch, das als Behelfsgrab diente, versenkt worden. Um nicht aufzufallen, indem er Erde in das Haus schaufelte, bedeckte der Mann die Leiche nur locker mit Büchern und Papier. Der Verwesungsgeruch nahm jedoch zu, und um ihn zu mildern, warf der Täter einige Tage später Kalk- und Zementsäcke in das Grab. Das konnte die weitere Entwicklung der Leicheninsekten aber nicht hemmen, denn sie hatten nach wie vor genug zu fressen und

wegen der großen Spalten zwischen den Säcken auch genügend Sauerstoff zum Atmen. So konnten sie damit fortfahren, als stille Assistenten unbemerkt die Liegezeit zu messen.

Nicht Schuld ist die Frage, sondern Wahrheit

Den Abschluß dieser kurzen Fallsammlung soll eine Randbemerkung zur geistigen Verfassung von Menschen bilden, die in den unerwarteten Tod eines anderen verwickelt werden. Als forensischer Entomologe sind solche am Rande gewonnenen Eindrücke zum Teil erschreckend, zum Teil eine spannende Bereicherung der täglichen Arbeit.

Zunächst verwundert es, daß manche Menschen lange Zeit mit einer Leiche unter einem Dach verbringen. Ist es bisweilen die blanke Hilflosigkeit (»Wohin mit der Leiche, ohne aufzufallen?«), die den Täter zwingt, den Verwesungsgeruch zu ertragen, so werden Menschen in anderen Fällen vom natürlichen Tod einer Person so durcheinandergebracht, daß sie sich einfach nicht mehr zu helfen wissen. In einem Fall des Autors gab ein Mann bei seiner Verhaftung wegen eines kleineren Delikts zu Protokoll, daß seine Frau tot im gemeinsamen Ehebett läge. Als die Ermittler das überprüften, fanden sie tatsächlich die mit einem dicken Madenteppich bedeckte Tote (vgl. Abb. S. 39). Der Mann hatte seit 29 Nächten neben der Leiche geschlafen. Als er gefragt wurde, warum er den Tod seiner Frau so lange verschwiegen habe, sagte er, daß er Angst gehabt habe, daß sein Mietvertrag gekündigt werde.

Interessant ist auch, daß viele Täter ein Geständnis ablegen, wenn die Ermittler ihnen Informationen präsentie-

ren, von denen sie eigentlich nichts wissen dürften. Gerade insektenkundliche Untersuchungen können solche überraschenen Informationen liefern, weil kaum ein Täter die Möglichkeiten dieser Methode bedenkt.

Eine Vermutung, die erklärt, warum Täter angesichts solcher Beweise manchmal zusammenbrechen, ist, daß sie besonders bei Beziehungstaten nach einem Mord ihr Gewissen erleichtern möchten. Die unerwarteten Beweise liefern ihnen einen letzten Anstoß zum Geständnis. Andere Menschen sind demgegenüber völlig unempfindlich und behaupten trotz einer erdrückenden Beweislast, unschuldig zu sein. Die bekanntesten Beispiele aus jüngster Zeit waren der US-Sportler O. J. Simpson und der Beienroder Pastor Geyer, die beide der Tötung ihrer jeweiligen Lebensgefährtinnen schuldig gesprochen wurden (Simpson im 2., dem zivilrechtlichen Prozeß).

Wissenschaftliche Gutachter können keine Entscheidung über Schuld oder Unschuld treffen - das ist allein Aufgabe des Richters (bzw. in den USA und in England die der Jury). Dem Autor dieses Buches ist die Schuldfrage meist sogar gleichgültig, denn Wissenschaftler beleuchten stets nur Ausschnitte der Wirklichkeit- diese allerdings in grellem Licht. Komplizierte Indizienprozesse, in denen ein wissenschaftliches Gutachten zur Verurteilung eines Angeklagten beiträgt, hinterlassen bei Forschern daher manchmal einen schalen Nachgeschmack, vor allem, wenn es kein Geständnis gibt. Der Grund: In der Welt der Wissenschaft kann nur dann entschieden werden, wenn ein eindeutiger Beweis eine Theorie bestätigt oder widerlegt. In der sozialen Wirklichkeit ist das oft anders.

Die kriminalbiologischen Techniken sind heute so sicher, daß sie vor Gericht nicht nur zur Verurteilung von Menschen, sondern auch ebensooft zu deren Entlastung

und damit gegebenenfalls zur Freilassung von zu Unrecht Verurteilten führen. Die bekannteste Methode, die zu einer noch vor 15 Jahren vollkommen undenkbaren Sicherheit bei forensischen Ermittlungen führte, sind die genetischen Fingerabdrücke. In den USA sind bereits Dutzende von Menschen freigelassen worden, die - als es diese Methode noch nicht gab - anhand von Indizien verurteilt worden waren. In denjenigen Fällen, in denen Spuren aufbewahrt worden waren (bei Morden in der Stadt New York beispielsweise zehn Jahre lang), konnten diese ab etwa 1990 nachuntersucht werden. Stammte beispielsweise eine Spermaspur bei einer Vergewaltigung nicht vom Verurteilten, so war er entlastet.

Entlarvendes Erbgut

Manche Kriminalfälle können Mordermittler und Richter an den Rand der Verzweiflung treiben, denn es gibt dabei einen Verdächtigen, ein Motiv und sogar Tatortspuren. Nur eines gibt es nicht: den unumstößlichen Beweis, daß die Tatortspuren vom Verdächtigen stammen.

Da unser Rechtssystem die sinnvolle Regelung birgt, im Zweifel zugunsten des Angeklagten zu entscheiden, können Täter bei solch unklarer Beweislage manchmal (zu Unrecht) freikommen. Besser gesagt, sie konnten. Denn seit etwa fünf Jahren gelingt es Kriminalbiologen, auch winzigste Zellen, die ein Täter am Ort des Verbrechens hinterlassen hat, eindeutig zu erkennen. Die Methode, die ihnen das ermöglicht, heißt »DNA-Typisierung*«, bekannter ist jedoch das Schlagwort »genetische Fingerabdrücke«. Mit echten Fingerabdrücken hat dieser Test zwar nichts zu tun, aber als der englische Forscher Alec Jeffreys seine Erfindung veröffentlichte, versuchte er einen kurzen und einprägsamen Namen für seine Methode zu benutzen. Weil er zugleich erkannte, daß sich die Technik zur Identifizierung von Personen eignet, nannte er sie in humorvoller Anlehnung an die echten Fingerabdrücke »*genetic fingerprints*« — und setzte den Begriff in Anführungszeichen. Heute hat sich die kriminalbiologische Technik in diesem Feld so weit fortent-

wickelt, daß die Forscher nur noch von »DNA-Typisierung« sprechen. Damit meinen sie eine Reihe von Untersuchungen, bei denen kleine Teile der Erbsubstanz DNA im Labor dargestellt werden, um zu entscheiden, von wem diese DNA stammt. Dadurch können Täter den Tatortspuren, Väter ihren Kindern und Wale dem Dosenfleisch zugeordnet werden. Letztlich läßt sich jedes Gewebe untersuchen, und so gelangen gelegentlich auch Haare, abgetriebene Föten, Urin (beispielsweise zur Identifizierung von Dopingsündern), Briefmarkenrückseiten mit getrocknetem Speichel, Haarbürsten mit letzten biologischen Spuren von Vermißten, deren Haare oder verfaulte Körperteile aus Leichenzerstückelungen zur DNA-Typisierung.

Katzenhaar klärt Mord

Ein elegant aufgeklärter Mord soll die grundlegende Idee der DNA-Typisierungstechnik veranschaulichen. Es handelt sich um einen der erwähnten, für Ermittler besonders ärgerlichen Fälle, in denen eigentlich alles klar, aber nichts endgültig bewiesen ist. An einer blutigen Lederrjacke, die in einem Wald nahe der Wohnung einer 32 Jahre alten, vermißten Person gefunden wurde, hafteten 27 weiße Haare, die aussahen, als könnten sie von einer Katze stammen. Die Jacke wurde den Kriminalbiologen mit der Bitte übergeben, herauszufinden, was aus den biologischen Spuren, das heißt dem getrockneten Blut und den Haaren, zu erkennen sei und ob sich daraus Hinweise auf die Vermißte, den möglichen Täter oder den Tathergang ergeben könnten.

Das Blut und die Haare wurden daraufhin mit feuchten Tupfern voneinander getrennt und gereinigt. In

menschlichem Blut finden sich nicht nur rote Blutzellen (Erythrozyten), die ihren Zellkern* verlieren und daher keine DNA enthalten, sondern auch weiße Blutzellen (Leukozyten), die einen normalen Zellkern mit DNA besitzen. An diese DNA gelangt man sehr leicht, indem man alle Proteine, aus denen die Zelle besteht, über Nacht in einem warmen Wasserbad mit einem proteinverdauenden Molekül, einer Protease, auflöst. Wäscht man die Proteinbruchstücke dann fort, bleibt reine DNA übrig. Man kann die DNA sogar sichtbar machen, indem man Alkohol auf die Lösung gießt. Die Erbsubstanz »schnurrt« dabei zusammen, und man kann sie dann mit einem Glas- oder Metallhäkchen als milchigfarbenen Faden aus dem Reagiergefäß ziehen (vgl. Abb. S. 79).

Weil die auf der DNA aller Körperzellen gespeicherte Information dieselbe ist, konnte man im Katzenhaarfall ermitteln, ob die Zellen aus dem Blut an der Jacke von der vermissten Person stammten. Als ihre Leiche gefunden wurde, entnahm man ihr eine kleine Gewebeprobe, löste sie auf und verglich die Leichen-DNA mit der aus dem Blutfleck. Sie stimmte überein. Damit wurde gezeigt, daß die blutende Frau höchstwahrscheinlich mit der Jacke in Berührung gekommen war. Weil sich die Blutspuren an der Außenseite der Jacke befanden, konnte es sein, daß das Kleidungsstück dem Täter gehörte bzw. daß er es bei der Tat getragen und danach weggeworfen hatte. Auf der Suche nach einem Verdächtigen stießen die Ermittler auf einen Mann, der die Tote gekannt hatte und dem die Jacke paßte. Er bestritt jedoch, die Jacke jemals gesehen oder irgend etwas mit dem Fall zu tun zu haben. Bei den Ermittlungen war aber aufgefallen, daß der Verdächtige eine weiße Katze mit dem Namen »Snowball« hatte. Die Haare dieses Tieres konn-

te selbst unter dem Mikroskop niemand von denen an der Jacke unterscheiden - und dennoch war das kein endgültiger Beweis, denn wie viele andere Katzen mochten ein ebensolches Fell haben wie Snowball?

Wieder half die DNA-Typisierung, doch es erforderte einige Mühe, die geeigneten Experten dafür zu finden. Nur ein einziges Forscherteam im Labor für Gendiversität am *National Cancer Institute* in Maryland hatte bislang diejenigen Abschnitte der Katzen-DNA untersucht, die bei der DNA-Typisierung miteinander verglichen werden. Dieses Team extrahierte daraufhin DNA aus den Wurzeln der weißen Haare, die an der Jacke geklebt hatten, und verglich sie mit DNA aus dem Blut der lebenden Katze. Das Ergebnis: Die Erbsubstanz aus Tatort-Haaren und Katzenblut stimmte überein. Jacke, Opfer und Täter standen damit in einem beweisbaren Zusammenhang.

Es galt nun allerdings noch eine letzte Hürde zu überwinden. Niemand wußte, ob nicht auch andere (weiße) Katzen denselben DNA-Typ haben könnten wie Snowball. In diesem Fall wäre die Übereinstimmung zwischen den Haaren von der Jacke und Snowballs Blut wertlos gewesen: Die Haare hätten dann auch von einer anderen Katze stammen können. Daher untersuchten die Forscher noch weitere Katzen aus der Wohngegend des Verdächtigen, bis sie ganz sicher sein konnten, daß die Haare nur von Snowball stammen konnten - alle anderen Katzen hatten einen anderen DNA-Typ. Es gab keine andere vernünftige Erklärung mehr: Die Haare auf der Jacke stammten von der Katze des Tatverdächtigen. Darüber hinaus war bekannt, daß der Mann eine Jacke der gleichen Art wie die gefundene besessen hatte. Zusammen mit dem getrockneten Blutfleck der Verstorbenen und weiteren Erkenntnissen der Ermittler war das Bild end-

lieh komplett. Die Jury des Obersten Gerichtshofes von Prince Edward Island sprach den Mann im Jahr 1997 des Mordes schuldig. (Details zur Mathematik der Methode siehe auf Seite 68 ff.)

Tatortspuren

In Kriminalfällen geht es meistens darum, einem Opfer einen Täter zuzuordnen. Die häufigsten Spuren sind dabei Blut oder Sperma, wobei Blut des Täters nur dann gefunden werden kann, wenn er sich selbst verletzt oder beispielsweise durch einen Kampf verletztworden ist.

Eine klassische Regel der Kriminalistik* besagt, daß zwei Dinge (oder Menschen), die sich berühren, stets kleinere oder größere Mengen Materials austauschen (Locard-Prinzip). Das ist zwar richtig, leider waren diese Mengen aber bis vor kurzem oft so klein, daß man sie entweder nicht fand oder nicht mehr untersuchen konnte. Das ist heute anders, weil selbst ein Blutspritzer vom Durchmesser eines Mohnkörnchens noch genug DNA enthält, um eine umfangreiche Typisierung durchzuführen. Auch im Fall des US-Sportlers O. J. Simpson wurden Blutspuren gefunden, die Aufschluss über den Tat-hergang gaben (siehe Seite 93 ff.).

Nach der Laborerfahrung des Autors ist Sperma eine ebenso häufige Spur wie Blut. Grundsätzlich hat die Polizei bei vielen Verbrechen bereits einen Täter im Auge und kann ihn auch ohne kriminalbiologische Unterstützung verhören und überführen. Besonders bei Überfall-vergewaltigungen legen es die Täter aber darauf an, unerkannt zu bleiben, und zudem gibt es meist keine Hinweise darauf, wer der Täter sein könnte. Daher werden diese Tatortspuren (Spermaflecken) sicherheitshal-

ber aufbewahrt, bis sich weitere Hinweise ergeben. Handelt es sich um eine der (wesentlich häufigeren) Vergewaltigungen, die als »sexueller Missbrauch zwischen Verwandten« bezeichnet werden, so ist der Täter zwar meist bekannt, wird aber oft von Familienangehörigen gedeckt, oder der Täter bedroht sein Opfer, so daß die Betroffenen die Aussage verweigern. Eine Spermaspur, die denselben DNA-Typ hat wie das probehalber untersuchte Blut eines Verdächtigen, ist oft die einzige eindeutige Verbindung zwischen Opfer, Tat und Täter.

Je besser Ärzte und Pfleger darin geschult sind, Tatortspuren von Vergewaltigten sicherzustellen, desto höher ist die Aufklärungsquote. In Manhattan werden beispielsweise routinemäßig alle Vergewaltigten um Unterstützung bei der Spurensammlung gebeten. Wenn die vergewaltigte Person zustimmt, sammelt eine ausgebildete Pflegeperson folgendes biologische Material ein:

- Mit einem langen, sterilen Wattetupfer wird ein Scheiden-, ein Mund- und ein Afterabstrich gemacht und sofort an der Luft getrocknet. Sofern sich in diesen Körperöffnungen Sperma oder Speichel des Täters befindet, wird es dadurch sichergestellt.
- Die Unterseite der Fingernägel wird saubergekratzt. Hat sich die vergewaltigte Person gewehrt und dem Täter beispielsweise Haut abgeschüttelt, so finden sich seine Hautzellen unter dem Nagel.
- Biß- oder »Kuß-«Stellen werden mit steriler Watte und sterilem Wasser abgetupft und an der Luft getrocknet. Es geschieht immer wieder, daß Vergewaltiger versuchen, ihre Opfer auf den Hals zu »küssen«. Dabei übertragen sie Speichel, der auf der Haut trocknet. Die darin befindlichen Schleimhautzellen aus dem Mund können ebenfalls zur DNA-Typisierung

verwendet werden. Auch kleine oder große Bißspuren dienen diesem Zweck - immer vorausgesetzt, daß die Stellen nicht vorher gereinigt wurden.

- Die Schamhaare werden ausgekämmt. Finden sich dabei Haare einer anderen Person, so können die Haarwurzeln DNA-typisiert werden.
- Die Unterwäsche der Vergewaltigten wird auf Sperma (und Blut) hin untersucht.

Je länger die Tat zurückliegt, desto unwahrscheinlicher wird es, eine biologische Spur des Täters zu finden: Entweder wird das Material mit der Zeit weggewaschen, oder es beginnt sich zu zersetzen. Im kriminaltechnischen Bestfall meldet sich ein lebendes Opfer sofort bei einem Krankenhaus oder der Polizei, wo umgehend alle Spuren gesammelt werden. Glücklicherweise geschieht das recht häufig, und in denjenigen Städten, in denen das Pflegepersonal eigens für die Arbeit mit Vergewaltigten ausgebildet ist (wie in New York), kann dieses Vorgehen für das Opfer zudem einen ersten Schritt hin zur psychischen Heilung bedeuten. In Deutschland ist eine solche soziale Spezialausbildung der Pfleger leider noch immer sehr selten.

Warum sind Spermaflecken aufschlussreiche Tatortsachen? Das frische Ejakulat besteht zum Großteil aus der Flüssigkeit der Prostata sowie aus Millionen von Spermienzellen. Weil die reine Prostataflüssigkeit höchstens einige Harnleiterzellen enthält, eignet sie sich nicht gut für DNA-Untersuchungen. Die DNA der Spermien ist aber um so geeigneter, und das nicht nur, weil im Ejakulat so viele Spermien vorliegen, sondern weil die DNA in den Spermienköpfen sicher und dicht verpackt ist. Selbst Vertrocknung oder ultraviolettes Sonnenlicht können der Erbsubstanz in Spermien lange Zeit nichts anhaben. Das

bedeutet, daß auch ein Spermafleck, der monatlang unberührt auf einem Pullover trocknet, meist noch problemlos zu untersuchen ist. Mit Hilfe der DNA-Typisierung kann er dem Erzeuger der Spur zugeordnet werden.

In den meisten Vergewaltigungsfällen geht es darum, eine Person einem Tatort oder einem Opfer zuzuordnen. Neben dieser klassischen Fragestellung gibt es aber noch eine andere: die Zuordnung von Tatorten zu Tatorten. Das erscheint auf den ersten Blick nutzlos, aber in den letzten drei Jahren hat sich dieses anfangs blinde Zuordnen (engl.: *matching*) von Tatschauplätzen so bewährt, daß es mittlerweile eine Standardtechnik geworden ist.

Entstanden ist das Tatort-Tatort-Matching, weil die amerikanische Bundespolizei FBI herausfinden wollte, ob Diebe wirklich von Bundesstaat zu Bundesstaat reisen. Daher sammelten die Ermittler an Tatorten ähnlich ausgeführter Straftaten alle Biospuren ein, die sie finden konnten. Besonders hilfreich erwiesen sich dabei Zigarettenkippen, an denen immer genügend Speichel für eine Typisierung haftet, und Getränkeflaschen. Gerade bei länger dauernden Einbrüchen trinken die Täter etwas, oft direkt aus der Flasche. Der an der Flaschenmündung haftende Speichel enthält die gesuchten Zellen.

Zur Überraschung des FBI bestätigte der Matching-Rundumschlag nicht nur die Theorie, daß Verbrecher über die Grenzen der Bundesstaaten fliehen, wo sie erstens oft nicht verfolgt und zweitens meist unbekannt sind: Es fanden sich zudem beim Vergleich mit den DNA-Typen von bereits verhafteten Tätern auch einige

Ablaufplan einer modernen DNA-Typisierung

Funktionsweise/Ablaufplan der

größten zentralen DNA-Datenbank beim Forensic Science Service (FSS) in Birmingham.

unerwartete Übereinstimmungen. So konnten Täter, denen bislang nur der ein oder andere Einbruch nachgewiesen worden war, auf einmal mit bislang ungeklärten Verbrechen in Verbindung gebracht werden. Mit einem Schlag wurden so mehrere Tatserien aufgeklärt. Dieser schöne Ermittlungserfolg wiederholt sich seit einiger Zeit auch in England, wo der *Forensic Science Service* (FSS) des Innenministeriums dieselbe Technik benutzt, um Serientaten aufzuspüren (vgl. Abb. S. 51). Dazu zählen neben Einbruchsdiebstählen vor allem auch Vergewaltigungen. (Seit sich das Augenmerk der Kriminolisten stärker darauf richtet, Serientaten per Matching zu untersuchen, bahnt sich auch eine weitere Erkenntnis den Weg: In sehr großen Städten scheint es stets mindestens einen Sexualserientäter zu geben.)

Um die Tausenden DNA-Typen von Menschen und Tatorten zu vergleichen, benötigt man umfangreiche DNA-Datensammlungen (Datenbanken*). Sie entstehen seit 1995 in immer mehr Ländern der Welt, wobei die USA und England Pionierarbeit geleistet haben (siehe auch Seite 108). Mittlerweile sind mehrere 100000 DNA-Profile zum Preis von jeweils etwa 50 Euro in der Datenbank des *Forensic Science Service* (FSS) gespeichert. Schon im Oktober 1995 hatten die britischen Kriminalbiologen vom FSS 1258 blinde biologische Spuren von Tatorten den DNA-Typen bekannter Personen zugeordnet. In 953 Fällen konnten sie zwar keinen Spurenleger in der Datenbank ermitteln, dafür aber Spuren von zwei oder mehr verschiedenen Tatorten auf dieselbe (vorläufig unbekannte) Person zurückführen.

Das Datenbanksystem des FBI heißt *Combined DNA Index System* (CODIS) und ist zahlreichen kleinen Datenbanken übergeordnet. So hat z. B. die Stadt New York eine Datenbank mit den DNA-Typen örtlicher Straftäter,

es gibt aber auch eine weitere Datensammlung für den Staat New York. In der Regel werden die Daten eines Verbrechers erst dann in die CODIS-Datenbank übertragen, wenn er in mehreren Staaten auffällig geworden ist bzw. eine besonders schwere Straftat begangen hat.

In den englischsprachigen Ländern ist die Kriministik traditionell ein besonders bekanntes Fach, und die Bürger hatten wesentlich weniger Bedenken gegen forensische DNA-Datensammlungen als die meisten Mitteleuropäer. Höchstens praktische Gründe konnten dort Datensammlungen verhindern. Irland verfügte beispielsweise zunächst nicht über genug Geld, um die nötigen Computer, Chemikalien und Wissenschaftler zu bezahlen, außerdem muß das forensische DNA-Labor in Dublin Dutzende von Einzelgenehmigungen einholen, um in einem vielstufigen Verfahren die DNA von Tatverdächtigen zu untersuchen. Nur wenn der Tatverdächtige nach einem ausführlichen, offenen Gespräch (einem *informed consent*) der Gewebeentnahme zustimmt, darf die Typisierung stattfinden. Nach sechs Monaten müssen die Proben vernichtet werden, was das Typisierungsteam in schwierigen Fällen unter erheblichen Zeitdruck setzen kann. Auch Dänemark, Schweden, Norwegen, Österreich, Italien, Finnland und die Niederlande haben den neuen kriminalistischen Weg bereits seit etwa 1996 beschritten. In den meisten dieser Länder gilt der Grundsatz, daß DNA-Typisierungsergebnisse nur über solche Personen erstellt und gespeichert werden dürfen, denen im Falle einer Verurteilung eine Haftstrafe von mindestens ein bis zwei Jahren droht. Eine europaweite oder internationale Vernetzung dieser Daten ist nicht in Sicht.

In Belgien schien es trotz des persönlichen und sehr engagierten Einsatzes einer Kriminalbiologin vom Brüsseler *Institut National de Criminalistique* sowie der fo-

rensischen Universitätslabors noch 1994 unmöglich, eine Datensammlung einzurichten. Während der hochbehäbige Staatsapparat jahrelang strikt gegen eine forensische DNA-Typisierungsdatenbank war, sorgte der Skandal um den Kindermörder Dutroux und seine Hintermänner - noch immer sind mehrere Kinder spurlos verschwunden - im August 1996 für eine abrupte Kehrtwende: Innerhalb von 24 Stunden wurde eine Datensammlung in Auftrag gegeben, in der seitdem Tatortspuren, die DNA-Profile bekannter Verbrecher sowie die DNA-Profile von Leichen und deren Verwandten gespeichert werden.

Deutschland und Frankreich wehrten sich bis etwa 1997 gegen die Einführung von Datensammlungen. Erst als auch hierzulande mehrere Fälle grausamer Sexualmorde an Kindern nicht mit herkömmlichen Mitteln geklärt werden konnten, wurden die teils überstrenge Gesetze und Regelungen zur Datenspeicherung von DNA-Typen geändert.

Wie funktioniert eine DNA-Typisierung?

Eines haben genetische Fingerabdrücke und echte Fingerabdrücke gemeinsam - sie verraten beide nicht mehr über eine Person als ein Strichcode auf einer Milchpackung. Ein Strichcode dient vor allem dazu, das Produkt so genau zu beschreiben, daß das elektronische Kassiersystem es nicht mit einem anderen Produkt verwechselt. Ob die Milch schon sauer ist oder ob die Packung nur halbvoll ist, weiß der Strichcode nicht. Es spielt für die Abrechnung und Lagerhaltung auch keine Rolle. Genauso verhält es sich mit einer DNA-Typisierung. Sie soll eine Person eindeutig identifizieren, aber ohne ihre Persönlichkeitszüge zu erfassen. Abgesehen davon, daß es für

Kriminalbiologen überflüssig ist, etwas über den Körperbau oder die Psyche einer untersuchten Person aus einer Spur abzuleiten, möchten die Wissenschaftler solche Überschußinformationen vor allem auch aus einem anderen Grund nicht ermitteln: Die biologische Privatsphäre der Untersuchten soll grundsätzlich geschützt bleiben. An dieses Gebot halten sich alle Kriminalbiologen, die der Autor bis heute weltweit getroffen hat.

Eine DNA-Typisierung mit anschließendem Vergleich der Daten (beispielweise zwischen einer freiwilligen Speichelprobe eines Verdächtigen und einer Tatortspur) nennt man Identifizierung. Weil es heute möglich ist, einen genetischen Fingerabdruck zu erstellen, den nur ein einziger Menschen auf der Erde in sich trägt, spricht man gelegentlich auch von einer Individualisierung*. Welche Technik steckt dahinter?

Die zugrundeliegende Idee ist sehr einfach. Ausgangspunkt der DNA-Typisierung ist das fadenförmige Erbsubstanzmolekül DNA, das recht stabil ist (vgl. Abb. S. 79). Ein DNA-Strang besteht aus Basen (Nukleotiden), die an einem molekularen Rückgrat aufgereiht sind. Die Anordnung bzw. Reihenfolge der Basen stellt die Schrift dar, mit der alle Informationen auf der DNA geschrieben werden. Bei Blutspuren gewinnt man die für genetische Fingerabdrücke erforderliche DNA aus den Kernen der weißen Blutzellen. Leben die zu untersuchenden Personen (z. B. bei Vaterschaftsuntersuchungen), so genügt es, den Betreffenden einige Milliliter Blut abzunehmen. Auch Leichen oder flüchtige Täter können mittels weißer Blutzellen typisiert werden, da selbst getrocknete Blutspuren oft noch genügend DNA enthalten. Zur Not genügen bereits Knochen, Haare, Reste von Körpergewebe, eingetrocknetes Sperma oder Vaginalzellen, um genetische Fingerabdrücke herzustellen. Brand-

leichen können auf diesem Weg identifiziert und - etwa im Fall einer Flugzeugkatastrophe - abgetrennte Gliedmaßen dem passenden Körper zugeordnet werden.

Der Erbsubstanzfaden, auf dem unter anderem die Bauanleitung für unseren Körper gespeichert ist, besteht zum größten Teil (96 Prozent) aus Informationen, die bis heute unverstanden sind. Man weiß aber, was diese »nichtcodierenden« DNA-Bereiche *nicht* sind: Gene. Das bedeutet, daß die nichtcodierende DNA weder ein Bauplan für den Körper noch dessen Entwicklung ist. Sie verrät auch nichts über die Psyche oder die Intelligenz einer Person. Da Kriminalbiologen ohnehin nicht auf solche Informationen abzielen, haben sie im Bereich der nichtcodierenden DNA freie Hand.

Einige nichtcodierende DNA-Abschnitte eignen sich zur Individualisierung eines Menschen, weil sie von Mensch zu Mensch verschieden sind. Es gibt Hunderte von DNA-Bereichen, die sich unterscheiden und daher für die kriminalbiologische Anwendung geeignet sind, aber im Laufe der Zeit hat man sich auf ein Standardrepertoire von etwa 20 solcher Abschnitte geeinigt. Sie heißen *short tandem repeats*, weil sie kurz (*short*) sind und aus einer Grundeinheit bestehen, die sich immer wiederholt (*repeat*), so wie sich bei einem Tandemfahrrad die Tretkurbel oder der Sattel wiederholt.

Selbst wenn zwei Menschen durch Zufall einige Ähnlichkeiten in diesen DNA-Bereichen aufweisen, so gibt es immer noch genügend andere, in denen sie sich eindeutig voneinander unterscheiden. Die kriminalbiologisch interessanten DNA-Bereiche zeichnen sich durch die Eigenart aus, daß sie in der DNA verschiedener Personen unterschiedlich lang (= variabel) sind. Innerhalb einer Person gibt es keine Längenunterschiede, weil die DNA eines Menschen in allen Körperzellen gleich ist.

Da es sehr umständlich ist, die Längen der variablen Bereiche direkt auszumessen, greift man im Labor heute zu einer eleganten Biotechnik, die ihrem Erfinder Kary Mullis 1993 den Nobelpreis für Medizin eingebracht hat. Dabei werden die ausgewählten DNA-Bereiche zunächst vervielfältigt. Das ganze funktioniert im Grunde wie ein normaler Fotokopievorgang, bei dem man einzelne Seiten eines Buches beliebig oft kopieren kann, ohne den Rest des Buches mitkopieren zu müssen. Die Kopiertechnik im Labor heißt Polymerasekettenreaktion* (*polymerase chain reaction, PCR*). Die Bezeichnung leitet sich von dem Namen des Moleküls ab, das den Kopievorgang im Reagiergefäß durchführt, der Polymerase. Eine Kettenreaktion ist die Methode deshalb, weil anders als beim Fotokopieren bei der chemischen Reaktion sehr schnell immer mehr Kopien entstehen: Aus zwei Kopien werden vier, diese werden wieder kopiert: acht, in der nächsten Kopierrunde entstehen bereits sechzehn usw. Die rasante, exponentielle Vervielfältigung der gewünschten DNA-Abschnitte führt dazu, daß schon nach etwa 30 Kopierrunden viele Millionen Kopien der kriminalbiologisch interessanten DNA-Abschnitte in einem kleinen Tropfen Flüssigkeit vorliegen. Das bedeutet, daß selbst aus winzigsten Spuren noch genügend DNA für eine Untersuchung zu gewinnen ist.

Die kopierte DNA-Menge ist nun leicht zu handhaben. Um die Länge der darin enthaltenen Stücke zu messen, gibt man einen Teil der Flüssigkeit (zum Beispiel drei Mikroliter) auf ein puddingartiges Gel aus Polyacrylamid und setzt es unter Strom (siehe Abb. S. 59) Genauer gesagt wird das Oberende des Gels negativ und das Unterende positiv geladen. Weil die DNA selbst negativ geladen ist, wird sie im Gel zum unteren, positiven Pol hingezogen. Nach etwa drei Stunden stoppt man die

elektrophoretische Trennung. Nun liegen die durchsichtigen DNA-Stücke ihrer Größe nach sortiert im Gel. Die kleineren Stücke liegen weiter unten, weil sie schneller durch das Maschengeflecht des Gels schlüpfen, die größeren Stücke liegen weiter oben, weil sie sich wegen ihrer Größe langsamer durch das Netzwerk arbeiten.

Das Gel wird danach genau wie ein Schwarzweißfoto mit Silbersalzen entwickelt. Die aufgetrennten DNA-Stücke werden dabei als schwarze Linien oder »Banden« sichtbar. Neben den DNA-Stücken, deren Länge man nicht kennt, lässt man immer auch DNA-Stücke bekannter Länge im Gel mitlaufen. Dann vergleicht man, wie weit die bekannten von den unbekannten Stücken entfernt sind, und so lässt sich deren Größe (in Basenpaaren, bp) sicher berechnen. Eine andere beliebte Methode ist, ein Gemisch aller bisher gefundener DNA-Abschnitte (Allele*) - scherhaft *Allelcocktail** genannt - im Gel mitlaufen zu lassen (vgl. Abb. S. 64-67). Weil es nur eine begrenzte Anzahl von kopierbaren Abschnitten gibt, vergleicht man in diesem Fall zur Längenbestimmung einfach die unbekannten Stücke mit denen aus dem Cocktail. Diejenigen Stücke, die auf derselben Höhe im Gel liegen, haben dieselbe Länge. Da die Längen der Cocktailstücke bekannt sind, braucht man in diesem Fall nicht einmal zu rechnen. Beide Längenmeßmethoden sind sehr präzise, und es hängt vorwiegend von der Philosophie eines Labors oder den Vorschriften des jeweiligen Landes ab, welche Methode in der täglichen Praxis eingesetzt wird.

Die Herstellung genetischer Fingerabdrücke

Die Abbildung zeigt die traditionellen und modernen Labormethoden zur Darstel-

lung von genetischen Fingerabdrücken anhand der Längenunterschiede von Allelen.
Quelle: Mark Benecke.

Der Klassiker: Singlelocus-RFLP

Die Vorteile der *short tandem repeats* sind vor allem, daß auch kleinste Mengen DNA noch untersucht werden können, indem man sie einfach kopiert. Dabei können - wie bei den STRs - kurze Stücke von 200 bis 500 Basenpaaren (Nukleotiden) Länge kopiert werden. Auch wenn die DNA aus einer Spur beispielsweise durch die Einwirkung von Sonnenlicht oder Feuchtigkeit zerbrochen (fragmentiert, degradiert) ist, funktioniert die Methode der Polymerasekettenreaktion noch.

Eine ältere Methode, die RFLPs (Abk. für Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus), erfordert hingegen lange, unfragmentierte DNA-Stücke, die teils bis zu 20 000 Basen (20 Kilobasen, kb) lang sein müssen. Dennoch benutzen manche Labors die ältere, bewährte Technik, besonders, wenn es um Vaterschaftsbestimmungen lebender Personen (= viel DNA erhältlich) und nicht um Schwerverbrechen (= oft nur kleine Spuren erhältlich) geht. Die RFLP-Methode wurde schon in den 80er Jahren entwickelt, und sie ist preiswerter als die STR-Typisierung*, weil sie mit billigeren Chemikalien und ohne teure Geräte auskommt. Auch bei den RFLPs werden DNA-Bereiche dargestellt, die verschieden lang sind (= Längenpolymorphismus). Während bei den *short tandem repeats* die interessanten Stücke kopiert werden, beginnt die RFLP-Methode mit einem Schneidemolekül (Restriktionsenzym), das die verschiedenen langen DNA-Stücke aus dem Erbsubstanzfaden herausholt, indem der ganze DNA-Faden an vorgegebenen Stellen in Tausende Stücke (Fragmente) zerlegt wird. Danach werden die Fragmente in die Schlitze einer Gelplatte pipettiert und in diesem Gel, das aus der Algensubstanz Agarose besteht, werden die Fragmente in einem elektrischen Feld der Länge nach sortiert. Mit

einer Methode, die in ihrer Schlichtheit nicht mehr zu übertreffen ist, dem *Southern Blot**, werden die DNA-Stücke aus dem Gel dann als eine Art Spiegelbild auf eine weiße Nylonfolie (Membran) übertragen. Jedes DNA-Stück bleibt dabei an der Stelle liegen, an der es im Gel lag, nur ist das gesamt Bild jetzt spiegelverkehrt (vgl. Abb. S. 59).

Obwohl der Southern-Übertragungsapparat nur noch selten zur DNA-Typisierung benutzt wird, möchte ich ihn kurz beschreiben, weil er zeigt, daß mit guten Ideen stets mehr zu erreichen ist als mit einem unüberlegten Höllenaufwand an komplizierten Geräten. Um die DNA-Stücke vom Agarosegel auf die Nylonfolie zu ziehen, kauft man im Drogeriemarkt eine Haushaltsschale aus Kunststoff, einen großen, rechteckigen Schwamm, große Kaffeefilter, eine Küchenrolle sowie auf dem Flohmarkt einen halbmeterhohen Stapel alter Bücher. In die Schale kommt der Schwamm und etwas Flüssigkeit, darauf ein Filterpapier, darauf flach die Agarosegelscheibe mit den aufgetrennten DNA-Stückchen, darauf die Nylonmembran und einige weitere Kaffeefilter, darauf etwa 50 Blatt Küchenrolle und zuletzt einige Bücher als Gewicht. Über Nacht saugt sich die Lösung aus dem Schwamm nach oben in die Küchenrolle. Während sie langsam fließt, muß sie durch die Agarosescheibe und die Nylonmembran hindurch. Dabei zieht sie die DNA-Moleküle aus der Agarose mit sich, die auf der Unterseite des Nylons klebenbleiben. Am nächsten Morgen baut man den Apparat auseinander, bestrahlt die Nylonmembran mit ultraviolettem Licht oder backt sie in einem gewöhnlichen Ofen etwa eine Stunde lang bei 80 °C, damit die DNA fest an dem Nylon haftet. Damit ist die DNA-Übertragung per *Southern Blot* beendet. Der Erfinder der Methode, der Biochemiker Ed Southern, ist ein bescheidener, intelligenter und freundlicher Mann. So einfach

seine Methode auch zu sein scheint - jemand mußte darauf kommen. Ohne sie hätte es keine DNA-Typisierung gegeben, oder zumindest wäre die Typisierungstechnik bei weitem nicht so fortgeschritten. Was Southern noch sympathischer macht, ist, daß er seine Technik nie patentieren ließ. Er wäre heute, das heißt etwa 15 Jahre später, ein sehr reicher Mann, wenn er das Patent gemeldet hätte, aber zum Vorbild für die gesamte Forschergemeinde hat er darauf verzichtet. Er konnte das, weil er an einer Universität arbeitet, in der geistige Freiheit geschätzt wird. Immer mehr junge Forscher haben diese Freiheit nicht mehr, weil viele von ihnen von ihren Forschungseinrichtungen oder den Firmen, in denen sie arbeiten, genötigt werden, Erfindungen zu patentieren. Das bedeutet, daß die Forschung besonders in nichtmedizinischen Bereichen schnell unbezahlbar werden kann, denn die Lizenzgebühren für neue Biotechniken sind oft sehr hoch — teils bis zu zehn Euro für einen winzigen Tropfen Lösung. Rechnet man noch die Kosten der benötigten, hochgereinigten Chemikalien hinzu, so kann es geschehen, daß ein Teelöffel voll Regierflüssigkeit teurer ist als dieselbe Menge Gold. Doch das nur als Randbemerkung.

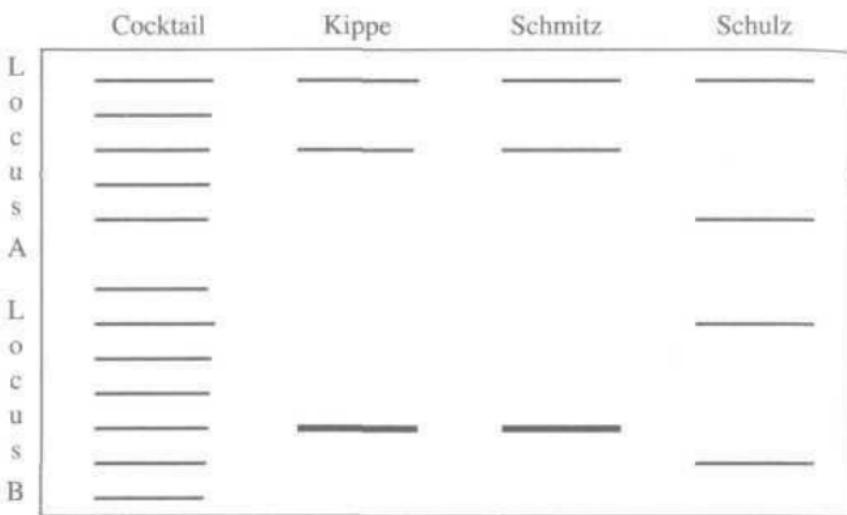
Liegt die DNA nach dem *Southern Blot* auf der Nylonmembran, so wird sie mit sogenannten Singlelocus-Sonden sichtbar gemacht. Das sind kurze DNA-Stücke, die aufgrund ihres Aufbaus von ein oder zwei festgeklebten DNA-Stücken, den gesuchten Allelen, angezogen werden und sich dort festlagern. Man nennt das Hybridisierung durch komplementäre Basenpaarung. Bei einem Singlelocus-RFLP dockt jede Sonde nur an einem Locus an, daher der Name. Weil die Sonden mit Hilfe eines an sie gekoppelten Leuchtmoleküls dazu gebracht werden können, bei einer Wellenlänge von 477 nm schwach zu glimmen, legt man die Nylonmembran auf

einen Röntgenfilm und lässt ihn über Nacht belichten. Überall, wo sich die Sonden an eines der gesuchten DNA-Stücke gebunden haben, wird der Röntgenfilm bei der Entwicklung schwarz gefärbt. Mittels der weißen Membran entsteht durch die auf ihr angedockten Sonden schließlich ein Muster dünner Streifen auf dem Röntgenfilm - ein klassischer genetischer Fingerabdruck. Das Ergebnis ähnelt damit wieder dem der *Short-tandem-repeüt-Typisierung* (STR): ein Strichcode, der einen Menschen und seine biologischen Spuren identifizieren kann.

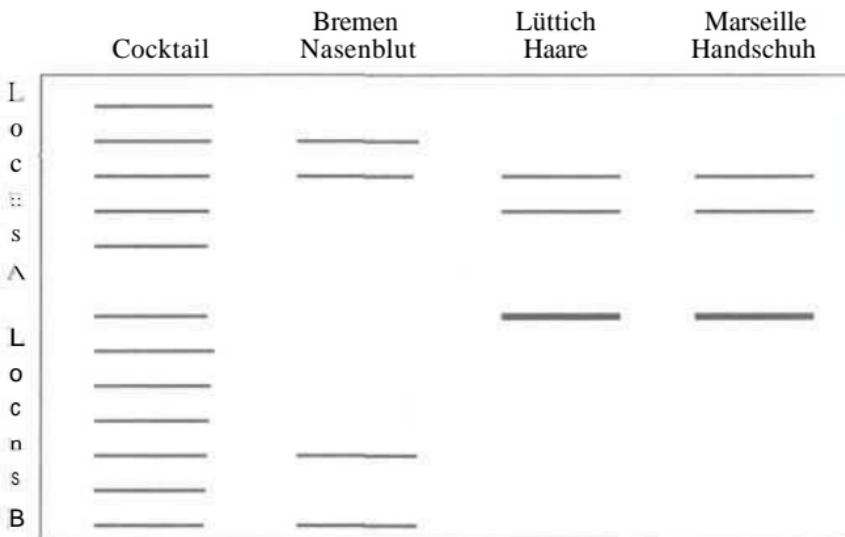
Einige DNA-Mustervergleiche

Um das Auswertungsverfahren zu verdeutlichen, hier einige Beispiele dafür, was Kriminalbiologen durch einen Vergleich von STR-Mustern in Kriminalfällen zuordnen bzw. nicht zuordnen können und welche Ergebnisse dadurch erzielt werden.

- A Einbruchdiebstahl. Tatortspur: eine Zigarettenkippe. Tatverdächtige: die Herren Schmitz und Schulz. Das DNA-Profil von Herrn Schmitz stimmt in allen Allelen und an beiden Loci mit dem an der Kippe überein. Bei Herrn Schulz' Profil deckt sich nur ein Allel an einem Locus. Schmitz kann der Spurenleger sein, Schulz nicht (vgl. Abb. S. 64, oben).
- B Postzugüberfälle. Tatorte: Bremen (1990), Lüttich (1991) und Marseille (1994). Tatabläufe ähnelten sich stark. Tatortspuren: Taschenluch mit Nasensekret (Bremen), an vorstehender Ecke abgerissene Haare (Lüttich) und Handschuh mit Blut auf der Innenseite (Marseille). Kein Verdächtiger.



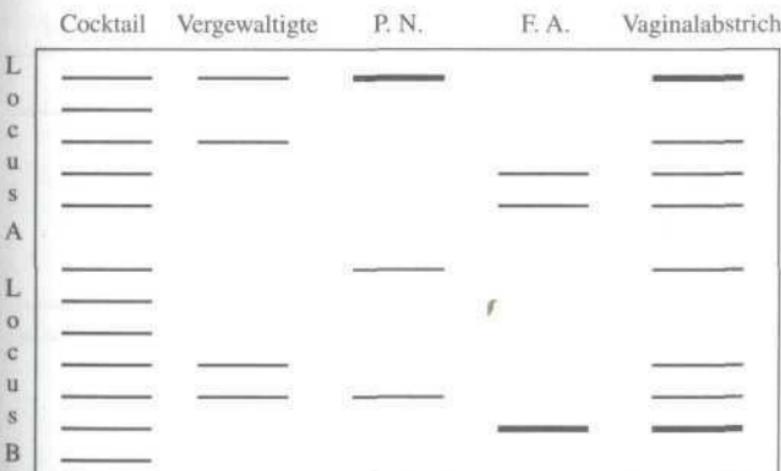
Die DNA-Profile an Haaren und Handschuh sind gleich und können von derselben Person stammen. Das Taschentuch stammt von einer anderen Person (vgl. untere Abb.). Erklärungsmöglichkeiten: Immer dasselbe Räubergespann, aber Spuren von verschiedenen Mitgliedern der Bande, oder zwei verschiedene Tätergruppen.



C Vergewaltigung. Zwei Verdächtige: P. N. und F. A.

Material: Blutproben aller drei Personen, ein nach der Tat gewonnener Vaginalabstrich.

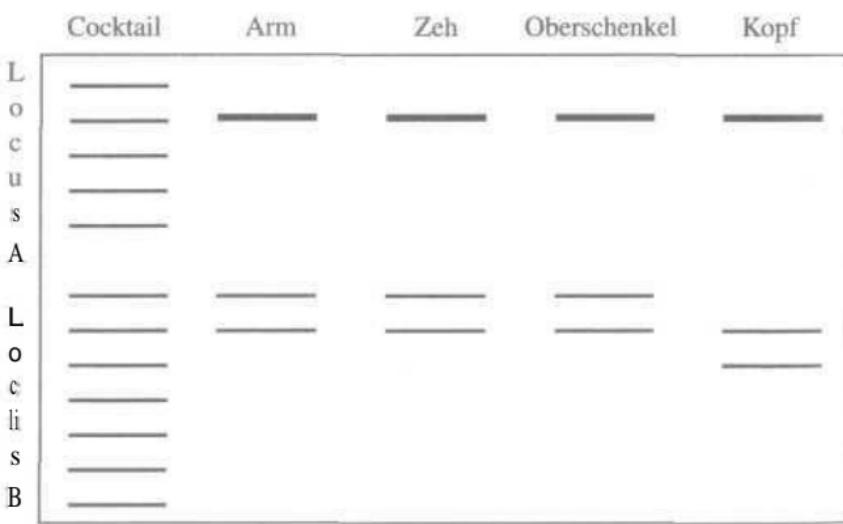
Im Vaginalabstrich finden sich die Allele aller Beteiligten (Hautzellen der Vergewaltigten, Spermien der beiden Täter, vgl. untere Abb.). Ein mathematisches Verfahren erlaubt es, die Wahrscheinlichkeiten zu berechnen, mit denen P. N. und F. A. als Täter in Frage kommen (vgl. S. 70 ff.). Praktisches bzw. mathematisches Problem in diesem Fall: Fast alle Allele, die im Cocktail enthalten sind, sind auch in der Misch-spur (Vaginalabstrich) enthalten - welches Allel stammt nun aber von wem? Und wie viele andere Männer außer P. N. und F. A. kommen also als Täter in Betracht? Dieser Fall zeigt, daß die DNA-Typisierung die übrigen rechtsmedizinischen und kriminalistischen Untersuchungen oft nur ergänzt und stützt, aber nicht immer für sich allein stehen kann.



D Zerstückelte Leichenteile mit Fettwachsbildung in einer Chemikalientonne. Gehören die Teile zusammen, oder hat der Täter hier mehrere Opfer gesammelt?

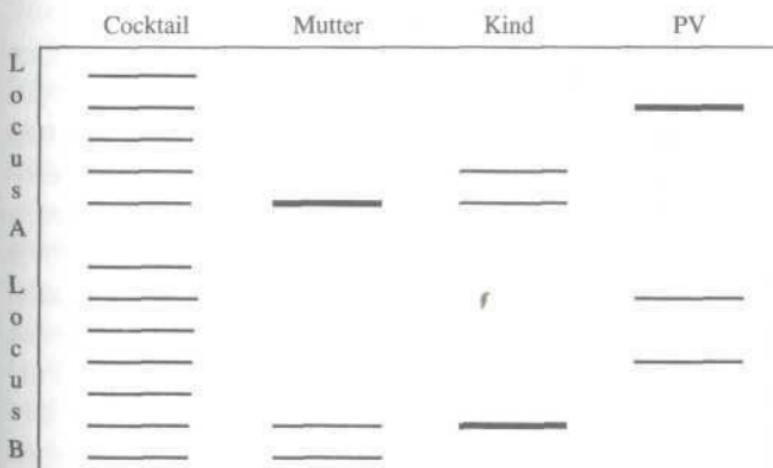
Arme, Zeh und Schenkel können von derselben Person stammen, während der Kopf auf jeden Fall zu einer anderen Leiche gehört. Wegen der großen Ähnlichkeit der Muster könnte es sein, daß es sich um zwei Verwandte handelt (vgl. untere Abb.).

Bei Vaterschaftsfällen funktioniert das Verfahren ähnlich. Das Typisierungsmuster (also die DNA) jedes Menschen setzt sich je zur Hälfte aus der Erbinformation der Mutter und des Vaters zusammen. Nur eineiige Zwillinge können dieselben genetischen Fingerabdrücke aufweisen. Wenn die DNA-Typen der Mutter und des Vaters bekannt sind, dann kann man sehr leicht ermitteln, ob das Kind vom Vater stammt oder nicht, wiederum durch einen einfachen Vergleich.



E Normaler Vaterschaftstest*: Mutter und Kind sowie sogenannter Putativvater (= PV, möglicher Vater). Ergebnis: Das Kind hat zur Hälfte mütterliche Allele, aber keine väterlichen. Der getestete Mann ist auf keinen Fall der biologische Vater des Kindes. Die Mutter ist die biologische Mutter des Kindes (vgl. untere Abb.).

Es gibt bei der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu Vaterschaftstests einige rechnerische Besonderheiten, auf die im zweiten Teil dieses Buches eingegangen werden soll. Dort wird auch die Rede von komplizierteren Fällen mit gemischten Spuren sowie weiteren DNA-Typisierungs-techniken sein, die nicht nur auf der Untersuchung genomischer - das heißt aus dem Zellkern stammender - DNA fußen.



Warum Wahrscheinlichkeiten?

Was bedeutet es, wenn im Zusammenhang mit DNA-Typisierungen von Wahrscheinlichkeiten die Rede ist? Meist geht es um die Frage, wie häufig es vorkommt (das heißt, wie wahrscheinlich es ist), daß das bei einem Verdächtigen gefundene DNA-Typisierungsmuster zufällig bei einer anderen Person vorkommen kann. Zwar kann ein kompletter DNA-Strichcode bei verschiedenen Menschen ohnehin nie gleich sein, aber bei einer DNA-Typisierung, die nur kleine Teile dieses Strichcodes darstellt, könnte es zu Überschneidungen mit dem Strichcode einer anderen Person kommen. (Das geschieht beispielsweise, wenn nicht genügend DNA für eine umfangreiche DNA-Typisierung vorhanden ist, etwa aus einem winzigen Speichelfleckchen.) Wieder drängt sich der Vergleich mit dem Strichcode einer Milchpakkung auf. Liest die Scannerkasse nur ein Zehntel der Striche, so kann sie Badeschlappen möglicherweise nicht von H-Milch unterscheiden, weil sich Teile der jeweiligen Codierung gleichen. Je mehr Striche die Kasse liest, desto genauer wird das Endergebnis, bis es schließlich eine eindeutige Identifizierung erlaubt.

Auch eine moderne STR-DNA-Typisierung setzt sich aus mehreren Untereinheiten zusammen, und zwar aus jeweils einem verschiedenen DNA-Bereich, der von Mensch zu Mensch unterschiedliche Längen aufweist. Diese variablen DNA-Bereiche (*short tandem repeats*, STRs) haben Namen wie TH01, D8S306, VWA/VWF, FIBRA, FGA oder SE33. Die Abkürzungen gehen meist auf die Namen der den STRs benachbarten Gene zurück (bei VWA/VWF zum Beispiel der Von-Willebrand-Faktor). Andere Namen ergeben sich aus einer alten Genetikermethode, bei der eine festgelegte Kartierungs-

spräche oder -formel angewendet wird. Der STR mit der Bezeichnung D8S306 liegt beispielsweise auf Chromosom 8 (= D8) am »Kilometerstein« 306.

Betrachtet man einen bestimmten STR bei einer großen Gruppe von Menschen, so fällt auf, daß der DNA-Bereich zwar verschiedene Längen haben kann, diese aber nur in einer begrenzten, vorgegebenen Anzahl. Das erklärt sich daraus, daß jeder STR aus einer sogenannten Kerneinheit aufgebaut ist, die sich nicht beliebig oft wiederholt. Die Grundeinheiten oder Bausteine sind DNA-Stücke mit einer festgelegten Basenfolge, zum Beispiel G ATA (Guanin-Adenin-Tymidin-Adenin). Egal, welche Person man untersucht, die Kerneinheit des STRs namens FIBRA/FGA (menschliches a-Fibrinogen) wiederholt sich in ihr nur 16mal, 17mal, 18mal, bis maximal 30mal. Man wird in einer DNA-Typisierung nie eine FIBRA-Grundeinheit finden, die sich seltener als 16mal oder häufiger als 30mal wiederholt. (Die einzigen Ausnahmen bei FIBRA sind jeweils eine dazwischengeschobene 22,5fache, eine 23,5fache und eine 24,5fache Wiederholung. Dabei wird die Kerneinheit jeweils zusätzlich ein halbes Mal wiederholt.) Der Grund für die begrenzte Wiederholungsrate ist unbekannt.

Während man bei der Untersuchung einer großen Personengruppe insgesamt alle möglichen Wiederholungen findet, gilt das nicht für einen einzelnen Menschen. Eine Person kann auf ihrer DNA nur zwei verschiedene oder zweimal denselben der möglichen DNA-Abschnitte (Allele) tragen. Während eine der New Yorker Kolleginnen des Autors (Juliette) zwei verschiedene FIBRA-Allele mit den Wiederholungsraten 22fach und 28fach in sich trägt (sie ist heterozygot), hat eine andere (Moni) zwei gleiche Allele (sie ist homozygot) mit der Wiederholungsrate 21 fach. In wissenschaftlicher Schreib-

weise: Juliette - FIBRA - 22, 28; Moni - FIBRA - 21,21. Das alleine wäre schon ein schöner kriminaltechnischer Hinweis (man könnte Tatortspuren von Juliette und Moni sicher voneinander unterscheiden), aber die Gerichte wollen es genauer wissen. Sie fragen: Wie viele Menschen außer Juliette haben den DNA-Typ FIBRA 22, 28; und wie viele haben wie Moni den Typ 21, 21? Wie viele Menschen kommen außer Juliette in Betracht, wenn an einem Tatort der FIBRA-Typ 22, 28 gefunden wird?

Hier helfen nur noch mathematische Wahrscheinlichkeiten weiter. In Anlehnung an die umgangssprachliche Bedeutung des Wortes »wahrscheinlich« meinen Naturwissenschaftler damit, daß sie z. B. in diesem Zusammenhang das Vorkommen von Allelen in einer Gruppe von Menschen vorhersagen können. Dazu benutzen sie Hochrechnungen. Zunächst werden aus einer Bevölkerungsgruppe - zum Beispiel den Europäern, die in New York leben - etwa 200 Personen DNA-typisiert, das heißt, ihre Allele an den betreffenden STRs werden auf einem Gel dargestellt und die gefundenen Wiederholungsnummern aufgeschrieben. Daraus ergibt sich dann die Häufigkeit, mit der jedes einzelne der Allele in der Bevölkerungsgruppe zu finden ist. Das Allel 22 kommt beispielsweise bei 18 Prozent aller Untersuchten vor, das Allel 28 hingegen nur bei 0,1 Prozent. In anderen Worten: Fast jeder fünfte europäischstämmige Mensch aus New York trägt das Allel 22 in sich, während nur jeder tausendste das Allel 28 trägt.

Für meine Kollegin Juliette bedeutet das, daß ihre Allelkombination 22, 28 eine Häufigkeit von 18 Prozent mal 0,1 Prozent = 0,02 Prozent hat. Ungefähr jede fünftausendste (= 0,02 Prozent) europäischstämmige Person in New York hätte damit denselben DNA-Typ. Bei

Moni ergibt sich: Das Allel 21 hat eine Häufigkeit von 17 Prozent, daher ist die Häufigkeit ihrer Kombination 21,21: 17 Prozent mal 17 Prozent = 3 Prozent, das heißt, etwa jede dreiunddreißigste Person (= drei Prozent) hat denselben DNA-Typ wie sie.

Ein wahrscheinlich-unwahrscheinliches Eifersuchtsdrama

In dem Lokal neben dem Labor kommt es eines Abends zu einer Messerstecherei, bei der Juliette ums Leben kommt. Als die Polizei eintrifft, will keiner der Anwesenden irgendwelche Auskünfte erteilen. Der Wirt hat nichts gesehen, weil er gerade in der Küche war, aber als er Geschrei hörte, sperrte er sofort den Ausgang, so daß niemand hinauslaufen konnte. Dann rief er die Polizei. Es waren genau 50 Personen im Raum, als die Tat geschah.

An Juliettes Hemd finden sich außen mehrere Abdrücke, die von einer blutigen Hand stammen könnten. Die DNA-Typisierung der Flecken ergibt, daß die spurenlegende Person am Locus FIBRA den DNA-Typ 21, 21 hat, während Juliettes eigener DNA-Typ 22,28 ist. Das Blut kann also nicht von Juliette, wohl aber vom Täter stammen, wenn sich dieser beim Kampf selbst geschnitten und geblutet hat.

Bei einer am übernächsten Tag eingeleiteten Reihenuntersuchung müssen alle Gäste des vorvorigen Abends eine Speichelprobe abgeben, indem sie ein Stück Filterpapier zwischen den Lippen herziehen. Die Sammelpapiere werden getrocknet, in getrennte, beschriftete Tüten gesteckt, versiegelt und im Labor DNA-typisiert. Moni ist die einzige der untersuchten Personen mit dem

DNA-Typ 21, 21. Wie wahrscheinlich ist es nun, daß sie die Täterin ist, wenn wir keine andere Information hinzuziehen?

Wie oben errechnet, hat jede dreiunddreißigste europäischstämmige Person in New York den DNA-Typ FIBRA 21, 21. Dennoch muß Moni die Täterin sein. Da der Raum geschlossen war und niemand ihn nach der Tat verlassen hat, spielt die Häufigkeit der Allele keine Rolle. Wenn es nur einen Merkmalsträger in einem geschlossenen Raum gibt, wenn also nur eine einzige Person den verdächtigen DNA-Typ besitzt, dann kann nur sie die Spur verursacht haben.

Anders sähe der Fall aus, wenn die Tür offen gewesen wäre und der Wirt die Leiche am nächsten Morgen beim Aufräumen gefunden hätte. Wenn wir auch in diesem Fall keine zusätzlichen Informationen der Ermittler erhalten (wenn wir also weder wissen, ob es für Moni ein Motiv wie z. B. Eifersucht gab oder ob Moni wirklich verletzt ist - und wenn ja, woher die Verletzung stammt und wie alt sie ist), dann können wir nicht sicher annehmen, daß Moni die Täterin ist. Denn von den 300 Gästen, die während des besagten Abends in dem Lokal ein und aus gingen, kommt jede(r) dreiunddreißigste ebensogut als Täter(in) in Betracht.

Was nun? Der eigentliche Kniff an der Wahrscheinlichkeitsberechnung ist, daß die Häufigkeiten der einzelnen Allele multiplizierbar sind. Wenn man eine Mindestmenge von fünf und mehr STRs untersucht, so steigen die Werte für die Unverwechselbarkeitswahrscheinlichkeiten sprunghaft an, das heißt, immer weniger Menschen können dieselbe *Kombination* von DNA-Typen aufweisen, bis am Ende kein einziger jemals existierender Mensch dasselbe DNA-Muster haben kann wie die verdächtige Person bzw. die biologische Spur.

DNA-Bereich (Locus)	DNA-Typisierungs-ergebnis	Häufigkeiten (Frequenzen*) bei Mittel-europäern	Multiplikations-ergebnis
FIBRA	21,21	17 % x 17 %	= 3,0 %
SE33	15,22	4 % x 0,9 % x 2	= 0,08 %
THO1	9,10	20 % x 2 % x 2	= 0,8 %
FGA	23,24	15 % x 13 % x 2	= 4,0 %
VWA/VWF	16,16	18 % x 18 %	= 3,2 %

Kombination der Häufigkeiten der STR-Loci FIBRA, SE33, THO1, FGA und VWA/VWF.

Kombiniert man im Fall Moni/Juliette beispielsweise die Häufigkeiten der STR-Loci FIBRA, SE33, THO1, FGA und VWA/VWF, so ergeben sich die Werte in der obigen Tabelle.

Zuletzt werden alle Häufigkeiten aus der dritten Spalte miteinander multipliziert. Dieses Endergebnis gibt an, wie oft die Kombination der in der Tabelle in der zweiten Spalte angegebenen DNA-Typen in einer Menschengruppe (hier Mitteleuropäer) vorkommt. Die vorliegende Kombination gibt es nur dreimal unter einer Billiarde Menschen. Das bedeutet, daß auf der gesamten Erde nur wenige Menschen jemals denselben DNA-Typ haben können. Wem das wider alle Vernunft noch immer nicht eindeutig genug ist (denn: nicht alle Menschen auf der Erde kommen als Täter in Betracht), der kann zu-

sätzlich eine weitere STR-Typsierung, beispielsweise des Locus' F13B, hinzuziehen. Monis Typ am Locus F13B ist 9,10 mit den Häufigkeiten 20 Prozent x 41 Prozent x 2 = 16 Prozent. Multipliziert man das zu den Wahrscheinlichkeiten aus den anderen fünf untersuchten STRs hinzu, dann verringert sich die Wahrscheinlichkeit, denselben DNA-Typ noch einmal zu finden, auf eine Person unter 100 Billiarden Menschen. Das sind mehr, als in den letzten Jahrtausenden auf der Erde gelebt haben.

Dasselbe Verfahren funktioniert auch bei Katzen. In dem auf den Seiten 44 ff. geschilderten Fall ergab der Vergleich von zehn nur bei Katzen vorkommenden STRs aus der biologischen Tatortspur (weiße Haare auf einer Jacke) mit Zellen des möglichen Spurenlegers (ein probeweise entnommener Bluttröpfchen der Katze) die eindeutige Zuordnung der Haarspur zum Tier. Da die Katze dem Verdächtigen gehörte, ergab sich eine wertvolle Ermittlungshilfe. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine andere Katze dasselbe STR-Muster aufweisen könnte wie Snowball, betrug im wirklichen Fall eins zu siebzig Millionen. Anders gesagt, das Muster der zehn untersuchten DNA-Abschnitte von Snowball findet sich nur in jeder siebzigmillionsten Katze. Obwohl es sein mag, daß mehr als siebzig Millionen Katzen auf dem Planeten leben, kam wegen der Haarfarbe und der räumlichen Nähe im beschriebenen Fall doch nur Snowball als Spurenlegerin in Frage.

Zum Abschluß soll noch einmal ausdrücklich betont werden, daß auch geringere Wahrscheinlichkeitsaussagen für die Ermittler sehr hilfreich sein können, beispielsweise die folgende: »Nur eine Person (bzw. Katze) aus fünftausend kann dasselbe DNA-Typsierungsmuster tra-

gen.« Denn zunächst einmal muß ein Verdächtiger immer auch kriminalistisch mit der Tat in Zusammenhang gebracht werden (Motiv, räumliche Nähe, kriminelle Vorgeschichte). Die DNA-Beweise stellen dann eine Zusatzinformation dar, die noch weitere Anhaltspunkte zur Tatrekonstruktion gibt. Zudem verunsichert manchmal auch ein DNA-Gutachten mit nur niedrigeren Wahrscheinlichkeiten einen Verdächtigen derart, daß er gesteht. (Hinzu kommt außerdem, daß einige Gerichte über das Strafmaß mit sich reden lassen, wenn der Täter gesteht: ein zusätzlicher Anreiz zum Geständnis, wenn die Beweislast ohnehin groß ist.) Oft geht es bei DNA-Typisierungen auch nur um das *matching* von Tatorten oder Taten, ohne daß der Täter bekannt ist. In solchen Fällen helfen auch schon Wahrscheinlichkeitswerte wie »einer aus hundert«, weil zunächst nur geklärt werden soll, ob die Verbrechen theoretisch überhaupt zusammenhängen können oder nicht. Wenn das Tatvorgehen immer gleich ist (beispielsweise ein 1,80 Meter großer Bankräuber, der immer eine Hasenmaske trägt) und die biologischen Tatortspuren zusammenpassen, wissen die Ermittler, daß sie keine weitere Ermittlungskommission bilden müssen, sondern ein und derselben Person auf den Fersen sind. Und schließlich gibt es viele Fälle, in denen nur entschieden werden muß, von welcher der fünf am Tatort anwesenden Personen eine Spur stammt. In diesem Fall, dem »geschlossenen-Raum-Szenario«, führen schon niedrige Wahrscheinlichkeiten zu eindeutigen Aussagen (vgl. S. 71 f.). Denn wenn vier von fünf Personen eindeutig *nicht* die Spurenleger sein können, weil ihre DNA-Typen nicht mit der Spur übereinstimmen, und wenn die fünfte Person DNA-Typen hat, die allesamt sowohl in der Spur vorkommen als auch in jeder fünftzigsten Person in Mitteleuropa, dann muß die fünfte

Person die Spur gelegt haben, denn der Raum war verschlossen und es gibt keine anderen Verdächtigen. Das ist einer der großen Vorteile der DNA-Typisierung: Sie hilft gleichzeitig, Personen zu entlasten und andere zu überführen.

Der Bauplan des Lebens

(vorhergehende Seite)

Die Erbsubstanz DNA kommt in allen Zellkernen des Menschen (außer in roten Blutzellen) vor. Löst man die Proteine einiger

tausend Zellen auf und wäscht sie fort, so bleibt nur deren DNA übrig.

Die einzelnen DNA-Fäden winden sich ineinander, und man kann sie dann mit bloßem Auge als weiße Fäden sehen.

Warum kann man DNA-Typisierungen nicht mißbrauchen?

Sobald eine Serien-DNA-Untersuchung zur Ermittlung eines Straftäters anläuft, zeigen sich manche Menschen besorgt, daß die dabei gewonnenen Daten mißbraucht werden könnten. Welche Art Mißbrauch das sein sollte, wird meistens nicht gesagt. Ironischerweise belächeln umgekehrt viele Länder den in ihren Augen ohnehin schon übertriebenen Datenschutz in Deutschland und Frankreich - es existiert offensichtlich ein Widerspruch zwischen den Tatsachen und der Wahrnehmung der Menschen. Woran liegt das?

Wie schon erwähnt, haben englischsprachige Staaten eine langentwickelte kriminalistische Tradition - daraus erklärt sich auch das hohe Ansehen des Scotland Yard und des FBI. Kriminalbiologen des *Forensic Science Service* aus Birmingham und der FBI-Akademie in Quantico sowie die US-Firmen *Lifecodes* und *Promega* haben entscheidend dazu beigetragen, die routinemäßige, großangelegte DNA-Typisierung durchzusetzen. Es ist auch kein Zufall, daß die Roman- und Serienfiguren Sherlock Holmes, Quincy und Kay Scarpetta sich vor dem dortigen kriminalistikfreundlichen Kulturhintergrund entwickeln.

Während große Teile der echten Forschungsarbeit zur DNA-Typisierung in deutschen Instituten für Rechtsmedizin geleistet wurden (Pioniere waren die Institute in

Köln und Münster), gelang es doch zuerst im englischen Sprachraum, die Methode mit voller Zustimmung der Bevölkerung großflächig anzuwenden. Das ist um so erstaunlicher, als in England und Amerika die Erfassung personenbezogener Daten besonders kritisch betrachtet wird: Eine Personalausweis- bzw. Meldepflicht ist dort zum Beispiel undenkbar. Das vorsichtig-abwartende Verhalten von Deutschen und Franzosen gegenüber ihren großen Ermittlungsbehörden spiegelt sich auch darin wider, daß die Arbeit des Bundeskriminalamts und der Gendarmerie Nationale relativ unbekannt ist. Der Grund dafür liegt darin, daß sich Deutsche nach den schlimmen Erfahrungen mit den Überwachungsmethoden im Dritten Reich, in denen das Privatleben bzw. die Rechte des einzelnen konsequent mißachtet wurden, zum Teil übertrieben stark gegen jede staatliche Einmischung wehren, und sei sie noch so sinnvoll. (Die Erfahrungen der Menschen aus den neuen Bundesländern, die unter den Spitzelmethoden der Stasi zu leiden hatten, mag diese mißtrauische Haltung noch zugespitzt haben.)

Auch in Frankreich herrscht eine ähnliche Einstellung, die sich aus dem *liberte-Ideal* der französischen Revolution ableitet, das oft als Versprechen größtmöglicher persönlicher Freiheit verstanden wird. Im modernen Frankreich ist es daher schwierig, eine zwangsweise Blutentnahme zur DNA-Typisierung anzuordnen, weil dadurch der private Raum des Betreffenden angetastet würde. Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich sind die extrem strengen Regelungen mittlerweile aber soweit gelockert worden, daß biologisches Material von Tatverdächtigen angefordert werden darf. In Deutschland bedurfte es dazu einer Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts, die im August 1996 erging. Das Ge-

rieht hat aber auch entschieden, daß Richter die Verweigerung einer Probenentnahme nicht zwingend als Hinweis auf die Schuld eines Beklagten werten dürfen. Auch in England mußte zunächst ein Gesetz geändert werden: im Jahr 1995 die *criminal justice bill*. Seitdem dürfen Polizisten von Verdächtigen einen Speichelabstrich oder Haarwurzeln zur DNA-Typisierung verlangen. Auch im restlichen Mitteleuropa ist die DNA-Typisierung und in schweren Verbrechensfällen auch die verpflichtende Probennahme zum festen Bestandteil der Forensik* geworden.

Solange es um solche DNA-Typisierungen geht, wie wir sie heute kennen, ist die Gefahr eines »gläsernen Menschen« im Sinne einer Person, die ungewollt durchleuchtet wird, nicht realistisch. Dafür gibt es eine ganze Reihe von Gründen. Der wichtigste davon ist, daß die Erbsubstanzabschnitte, die bei der DNA-Typisierung untersucht werden, nichtcodierend sind. Das heißt, diese Bereiche tragen keine Informationen, die auch nur im entferntesten mit Körper oder Psyche des Untersuchten zusammenhängen. Bei Hunderttausenden von Untersuchungen ist bis heute nur ein einziges Mal die vage Vermutung aufgekommen, daß ein bestimmter DNA-Bereich (ein Locus, PL: Loci) in extrem seltenen Fällen auf einer Erkrankung hinweisen könnte (der Locus THO1 auf Schizophrenie). Andere Loci liegen in der Nachbarschaft von bekannten Genen und werden manchmal mit ihnen zusammen abschätzbar vererbt. Dieses Zusammenhängen (Kopplung) ist jedoch insgesamt so schwach und unvorhersagbar, daß es in der Praxis keine Relevanz hat, und sogar Humangenetiker würden diese Befunde als wertlos ansehen. In seltenen Fällen kann es vorkommen, daß ein Allel Hinweise darauf gibt, aus welcher Bevölkerungsgruppe eine Person stammt. Manche

STR-Allele sind beispielsweise bei hellhäutigen Mittel-europäern sehr selten, während sie bei dunkelhäutigen Südafrikanern häufiger auftreten. Findet man ein solches Allel, so könnte man in äußerst seltenen Ausnahmefällen eine vorsichtige Bemerkung an die Ermittler weiterleiten. Doch auch hier ist die Aussagekraft so schwach, daß solche Ermittlungswege praktisch nie eingeschlagen werden (vgl. Abb. S. 86).

Auch in der Krebs- und Transplantationsforschung macht man sich neuerdings eine Sonderform der DNA-Typisierung zunutze, und manche Menschen fürchten, daß diese Informationen ungewollt in einer kriminalistischen Datenbank landen könnten. Doch auch das ist nicht möglich. Es handelt sich um eine Sonderuntersuchung, die wiederum nur mit DNA-Bereichen durchgeführt wird, die nichts über den Körper einer Person verraten. Nur weil bereits *vor* der DNA-Typisierung bekannt ist, daß eine Person an Krebs erkrankt oder verstorben ist, kann die Typisierung ein *zusätzliches* Ergebnis liefern. Dieses Ergebnis beantwortet die Frage, ob Gewebe der einen Person auf eine andere übertragen wurde, sonst nichts. Der Grund: Bei Organübertragungen kann es geschehen, daß Gewebe verpflanzt wird, das einem krebskranken Organspender entnommen wurde. In solchen Fällen prüfen Biologen, ob eine spätere Krebserkrankung des Organempfängers in Zusammenhang mit der Organtransplantation steht. Enthalten die Krebszellen des Organempfängers das STR-Muster des Organspenders, so wurde die Krebserkrankung verschleppt.

Das bedeutet zusammengefaßt, daß selbst ein Übeltäter, der alle kriminalbiologischen DNA-Typisierungsdaten einer Person stehlen würde (sei es aus einer Akte oder einem Computer), damit nichts anfangen könnte. Er hätte nur eine Kopie des Strichcodes geklaut, der den Be-

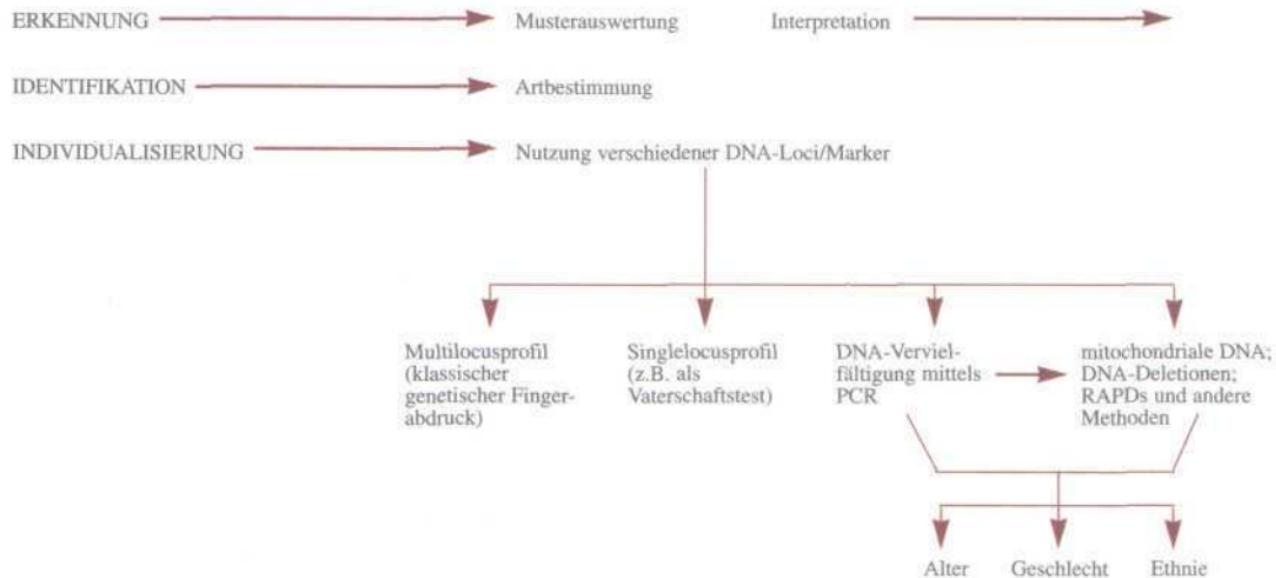
treffenden eindeutig von allen anderen Menschen unterscheidet. Er hätte jedoch keine Informationen über körperliche oder geistige Eigenschaften dieser Person in der Hand.

Welche kriminellen Vorgänge mit einer derartigen Strichcode-Information einzuleiten sein sollen, entzieht sich der Vorstellungskraft des Autors.

Eine andere häufige Befürchtung ist die, daß es ja sein möge, daß bei der DNA-Typisierung nur nichtcodierende »Strichcode«-Informationen gewonnen werden - doch was geschieht mit den restlichen 96 Prozent nichtcodierender DNA, die bei der DNA-Gewinnung im Kriminallabor aus dem Zellkern gezogen werden? Könnte nicht irgend jemand diese Bereiche analysieren und dann etwas Entscheidendes über mich herausfinden?

Darauf gibt es zwei Antworten. Die erste ist diejenige, die der Autor aus langer Laborerfahrung gewonnen hat. Sie lautet nein. In rein kriminalbiologischen Labors gibt es grundsätzlich keine DNA-Untersuchungsmöglichkeiten für genetische Erkrankungen oder irgendwelche Körpermerkmale. Diese Tests werden dort nie durchgeführt, nicht nur, weil es verboten ist, sondern auch, weil es sehr teuer und darüber hinaus von den Wissenschaftlern unerwünscht ist. Die Labors lagern auch keine Erbsubstanz ein, die jemand heimlich untersuchen könnte, sondern —wenn überhaupt— Speichelproben (England) oder Blut (USA). In vielen anderen Labors muß die DNA nach der Untersuchung vernichtet werden. Es wäre sehr aufwendig, alle DNA-Proben zu sortieren, einzufrieren, über Jahre zu archivieren und dann ohne klares Ziel erneut DNA für einen Krankheitstest daraus zu gewinnen. Dieser nutzlose Aufwand wird nirgends betrieben.

Die zweite Antwort auf die Frage nach der ungewollten DNA-Überprüfung ist die des *warst case scenarios*.



Das wäre ein Szenario von einer Welt, in der ausnahmslos alles zu Ungunsten der Menschen, die darin leben, abliefe. In einer solchen Welt könnten eines Tages vielleicht ungewollte DNA-Tests stattfinden - vorausgesetzt, daß die bisherigen demokratischen Rechte durch diktatorische Entscheidungen insofern eingeschränkt werden könnten, daß alle Wissenschaftler jeglichen Mut verlören, sich dagegen aufzulehnen, und daß vor allem irgend jemand um den Verstand käme und Tests anordnete, die kriminaltechnisch vollkommen überflüssig sind. Es ist nicht auszuschließen, daß die Welt eines Tages so aussehen wird, aber es ist so unwahrscheinlich, daß es unser heutiges Leben nicht beeinflussen kann.

Der Autor kann diese Zweifel nicht mehr verstehen, lenkt das Augenmerk der Hartnäckigen aber auf die Tatsache, daß unser Leben von einer vollkommen anderen Seite gentechnisch unterwandert wird: mit Gentests, die bestimmte Krankheiten oder entsprechende Prädispositionen erkennen lassen. Da es kriminaltechnisch sinnlos ist, Gene (- codierende DNA) zu untersuchen, darf man sich fragen, wer daran überhaupt ein großangelegtes Interesse haben könnte. Die Antwort: Lebensversicherungen. Schon heute verlangen Versicherungen Auskunft über die Gesundheit der Antragsteller, und um unwirtschaftliche Kunden gar nicht erst zuzulassen, werden Menschen mit bestimmten Krankheiten wie Aids oft ausgeschlossen. Das erscheint vielen Menschen zunächst recht vernünftig, wird aber erstens dazu führen, daß mit

**Informationsgehalt
der verschiedenen DNA-
Typisierungsmethoden**
Genetische Fingerabdrücke liefern
grundsätzlich keine personen-

bezogenen Informationen.
In Einzelfällen ermöglichen sie
allenfalls ermittlungstechnische
Zusatzaussagen,
Quelle: Nach Lee et al.

jedem neuen Test für eine genetisch erkennbare Krankheitsanlage dieser Test auch von den Versicherern gefordert wird, und zweitens wird es das Solidaritätsprinzip weiter aushöhlen, nach dem die Gemeinschaft für den einzelnen geradestehen soll. Wer also Angst davor hat, daß seine Erbsubstanz von kriminellen Forschern auf Krankheiten durchsucht wird, sollte sich fragen, ob das nicht schon längst der Hausarzt auf Wunsch des Patienten beim Gesundheitscheck für die Versicherung getan hat.

Wie sicher ist sicher?

Der größte wissenschaftliche Streit in der Geschichte der DNA-Typisierung brandete auf, als sich 1987 ein Forscherteam zu weit aus dem Fenster lehnte. Die Geschichte sei hier geschildert, um zu zeigen, daß es wie überall auch in der Wissenschaft zu Irrtümern kommen kann, daß diese aber wegen der offenen Diskussion in der *scientific Community* erkannt und behoben werden.

Ende der 80er Jahre, das heißt noch zu Frühzeiten der DNA-Typisierung - die Entdeckungen von Jeffreys (RFLP-Typisierung*) und Mullis (PCR) wurden 1985 veröffentlicht -, hatten amerikanische Forscher errechnet, daß es fast unmöglich ist, den genetischen Fingerabdruck einer Person zufällig auch bei einer anderen Person zu finden. Die sogenannte Verwechlungswahrscheinlichkeit sollte bei weniger als eins zu 738 Billionen liegen.

Das bittere Erwachen kam, als der Fall von Jose Castro verhandelt wurde. In der New Yorker Bronx waren am 5. Februar 1987 zwei Menschen erstochen wor-

den, Vilma Ponce und ihre zweijährige Tochter. Schon wenig später erhielt die Mordkommission einen anonymen Hinweis: Jose Castro, ein Nachbar der Familie Ponce, sollte der Mörder sein. Während der Routinebefragung Castros fiel einem der Polizisten ein winziger Blutspritzer auf der Armbanduhr des Verdächtigen auf. Wissenschaftlern der Firma *Lifecodes* gelang es, ein halbes tausendstel Gramm DNA aus der Blutspur zu gewinnen. Gut fünf Montate später, am 22. Juli, legte Lifecode den staatlichen Ermittlern ein Gutachten vor. Die Biotechnikfirma hatte die DNA aus dem Körper der Erstochenem mit der DNA aus dem winzigen Blutspritzer an der Uhr verglichen. Das Blut an Castros Uhr, so die Forscher, stamme mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu 189 Millionen von der toten Vilma Ponce.

In allen anderen Fällen hätte das die sichere Verurteilung für Castro bedeutet, nicht zuletzt, weil die Durchschnittsgehälter für normale Arbeiter in New York City derart niedrig sind (Kaufkraft: etwa drei Euro/Stunde), daß sich beispielsweise ein Taxifahrer weder eine Versicherung für sein Auto noch eine Krankenversicherung für sich oder seine Familie leisten kann. Ein guter Verteidiger ist für diese Menschen unbezahlbar. Doch im Fall Castro kam es anders.

Sechs Forscher vom *Institute for Biomedical Research* in Cambridge interessierten sich für den Fall, weil sie der Meinung waren, daß die angewandte Typisierungsmethode noch nicht ausgereift sei. Dabei zeigte sich, daß Forscher, die nicht aufhören, nach dem Warum zu fragen, nicht nur vieles entdecken, sondern auch vieles verändern können. Im Prozeß zeigte das Wissenschaftlerteam, daß fast alle Aussagen, die das *Life-code*-Untersuchungslabor in insgesamt drei Gutachten gemacht hatte, auf wackligen mathematischen Annah-

men, experimentellen Ungenauigkeiten und parteiischer Auswertung der Daten basierten. Die Verwechlungswahrscheinlichkeit der DNA-Typen von der Uhr und Castro betrug nach einer neuen Rechnung nur noch eins zu vierundzwanzig. Mit anderen Worten: Jeder vierundzwanzigste Mensch hat dasselbe DNA-Typisierungsmuster wie die Ermordete. In Fällen, in denen es noch viele andere schwerwiegende Verdachtsmomente gibt, genügt auch ein solch kleiner Hinweis, um die Beweiskette noch dichter zu schließen und den Verdächtigen zu verurteilen. Ist aber ein Rechenergebnis mit einer hohen Verwechlungswahrscheinlichkeit das einzige Belastungsmoment, so ist die Spur meist wertlos. Im Castro-Fall stand nach fünfzehnwöchiger gerichtlicher Beratung fest, daß alle nordamerikanischen kriminalistischen DNA-Labors in Zukunft nach sehr strengen Vorschriften arbeiten mußten. Seitdem gelten in den USA auch extreme Auflagen bei der Zulassung genetischer Fingerabdrücke als Beweismittel. Zugleich wurden aber die Fehlerquellen in vorbildlicher Weise ausgeschaltet. Eine gründliche DNA-Typisierung erlaubt mittlerweile den hundertprozentigen Ausschluß eines Tatverdächtigen bzw. die 99,99999prozentige Identifizierung desselben.

Heute prüfen sich alle forensischen DNA-Labors mittels eines engen Kontrollverfahrens selbst. Dabei werden Proben in die ganze Welt versandt, von den angeschlossenen Labors untersucht und auf regelmäßigen Treffen aller Beteiligten verglichen. Dieses Verfahren garantiert ein Höchstmaß an Sicherheit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

In Europa kam es in bezug auf die DNA-Typisierung übrigens nie zu einer Prozeßkatastrophe, weil die Forscher von vornherein vorsichtiger arbeiteten und unter

weniger Druck standen. Vielleicht gestehen die Gerichte europäischen Kriminalbiologen deshalb bei gleicher Untersuchungsgenauigkeit einen größeren Spielraum bei der Auswahl ihrer Methoden zu, als ihre amerikanischen Kollegen ihn haben.

Die Vergewaltigung im Pfannkuchenhaus

Was die Arbeit der Kriminalbiologen besonders spannend macht, sind Fälle, die etwas komplizierter sind als die oben geschilderten. Besonders knifflig können sogenannte Mischspuren sein, in denen biologisches Material mehrerer Personen vorliegt (vgl. Abb. S. 65). Eine typische (wenn auch seltene) Mischspur ist eine Spermamischung, die zustande kommt, wenn eine Person mit mehreren Männern innerhalb eines gewissen Zeitraums ungeschützten Geschlechtsverkehr hat. Das kann mehr oder weniger freiwillig geschehen, beispielsweise bei Prostituierten, oder unfreiwillig, etwa bei einer Vergewaltigung durch eine weitere Person nach einem erwünschten Geschlechtsverkehr. Im folgenden Fall ergab sich eine dritte Spielart.

Bei der Spurensicherung nach der Vergewaltigung einer Frau in einem Pfannkuchenhaus in Köln im Jahr 1991 stellte die Kriminalpolizei keine Fingerabdrücke, dafür aber einige Spermaflecken auf dem Teppich und in Papiertüchern sicher. Bei der DNA-Typisierung wurde das Sperma mit Vaginalabstrichen der Frau verglichen. Im Vaginalabstrich fanden sich sowohl die DNA-Typen, die auch in den reinen Spermaflecken von Teppich und Papiertüchern enthalten waren, als auch die DNA-Typen der Frau. Es handelte sich um eine Mischspur, in der insgesamt vier verschiedene DNA-Typisierungsmuster vor-

zuliegen schienen. Das deckte sich mit der Aussage der Frau, die ausgesagt hatte, von drei Männern nacheinander vergewaltigt worden zu sein.

Zunächst konnten nur zwei Männer gefaßt werden. Als man deren DNA-Typen sowie die der Frau aus dem Mischspur-Allelmuster herausstrich, blieben einige Allele übrig - es mußten die des dritten Mannes sein. Zwei Jahre lang suchte man vergeblich nach ihm, bis er sich 1993 in einer Wirtschaft in Belgien seiner Tat brüstete. Dort wurde er festgenommen. Seine Blutprobe wurde im Labor typisiert und sicherheitshalber mit einem noch einmal erstellten DNA-Profil der bis dahin aufbewahrten Spermaflecken verglichen. Sein DNA-Profil wies genau die fehlenden Allele auf.

Dieser Fall war besonders schwierig zu bearbeiten, weil die Spuren zwei Jahre lang gelagert wurden (bei unsachgemäßer Lagerung, etwa bei Feuchtigkeit oder Sonnenlicht, kann die DNA zerfallen bzw. fragmentieren), der Betreffende die Tat vor Gericht bestritt und das Sperma und somit das Erbgut dreier Personen mit dem der Frau vermischt war. Zusammen mit den übrigen Ermittlungsergebnissen und dem Kneipengeständnis konnte die DNA-Typisierung aber auch zwei Jahre nach der Tat noch helfen, den Täter zu finden und zu verurteilen.

Nicht immer bestätigt die DNA-Typisierung eine behauptete Vergewaltigung. In einem weiteren Kölner Fall gab eine Frau an, von einem Freund ohne Kondom vergewaltigt worden zu sein. Der Beklagte sagte aus, daß davon keine Rede sein könne. Man habe sogar gescherzt und spaßeshalber das (geplatzte) Kondom aufbewahrt, »um gegebenenfalls den Hersteller zu verklagen«. Tatsächlich konnte der Beklagte dieses Kondom vorweisen. Die DNA-Typisierung ergab, daß an dem Kondom

sowohl Erbsubstanz aus Spermien des Mannes als auch aus Hautzellen der Frau hafteten. Das bedeutet, daß das Kondom beim Geschlechtsverkehr benutzt worden war. Die Gesamtdarstellung der Klägerin über den Tatablauf wurde dadurch weniger glaubwürdig.

Der Mord an Nicole Simpson und ihrem Freund

Kriminalbiologen werden häufig darauf angesprochen, daß ihre Methode im Fall des Ex-Footballspielers O. J. Simpson nicht dazu geführt habe, den Täter zu verurteilen. Das Gegenteil ist wahr. Im Strafprozeß kam es zwar zu einem Freispruch Simpons (er mußte daher nicht ins Gefängnis), aber im Zivilprozeß wurde er zu einer so hohen Geldstrafe verurteilt, daß er sein gesamtes Vermögen verlor. Weil der Strafprozeß zuerst, das heißt vor dem Zivilprozeß stattfand, haben viele Menschen den weiteren Verlauf der Dinge nicht mehr verfolgt und glauben daher zu Unrecht, daß Simpson nie verurteilt worden sei. Der Fall soll hier etwas ausführlicher dargestellt werden, da die beiden Simpson-Prozesse in dreierlei Hinsicht Wendepunkte in der Geschichte der DNA-Typisierung darstellen. Erstens war es das erste große Verfahren, in dem die alte (RFLP) und neue (PCR) Fingerprinttechnik eingesetzt wurde. Zweitens machte der Fall deutlich, daß die DNA-Beweise rational oft nicht mehr angezweifelt werden können, und drittens bewirkte spätestens dieser Prozeß, daß die heutigen internen Laborkontrollen in DNA-Labors zu den strengsten gehören, die es in der Wissenschaft überhaupt gibt.

Der Fall: Am 12. Juni 1994 wurde Simpson geschiedene Frau Nicole Brown und deren Freund Ron Goldman zwischen zehn und halb elf Uhr abends brutal

ermordet. Die Leichen lagen im Eingangsbereich des Hauses von Nicole Brown. Tatzeugen gab es nicht (abgesehen vom Hund einer Spaziergängerin, der möglicherweise etwas bemerkt hatte), und der tatverdächtige O. J. Simpson verweigerte die Aussage.

Wie sahen die Typisierungsergebnisse im klaren Licht der Tatsachen, ohne den Zirkus, der rund um den Prozeß entstand, aus? Auf dem Grundstück von Nicole Brown waren an insgesamt sieben Stellen biologische Spuren (Blut und Fingernagelmateria]l) sichergestellt worden. Als besonders informativ erwiesen sich dabei Bluttropfen auf dem Gehweg. Mehrere Labors arbeiteten unabhängig voneinander daran, und zwar sowohl mit dem älteren RFLP-Verfahren (Southern Blot/Hybridisierung, beispielsweise die Loci D1S7, D2S44, D7S467 und D17S79) als auch mit der neueren PCR/Elektrophorese*-Technik (unter anderem die Loci LDLR, D1SSO, Gc und DQalpha). Die Wahrscheinlichkeit, daß die genannten Blutspuren von O. J. Simpson stammten, wurde auf eins zu 240000 (mit PCR) und eins zu 170 Millionen (mit RFLP) errechnet.

Auch auf dem Gelände in und um O. J. Simpkins eigenem Haus wurde Blut gefunden. Wieder belasteten mehrere Spuren Simpson: Drei Bluttropfen auf Socken, die in seinem Schlafzimmer gefunden wurden, konnten mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu 21 Milliarden seiner geschiedenen Frau zugeordnet werden. Von einem blutbefleckten Handschuh, der hinter einer Mauer von Simpkins Grundstück lag, wurden elf Materialproben anhand von insgesamt 22 RFLPs sowie 17 DNA-Bereiche per PCR untersucht. Das Blut am Handschuh stammte mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu 41 Milliarden von Ron Goldman, dem Freund von Frau Simpson.

Als verfahrenstechnische Besonderheit wurden diese Beweise vor Gericht jedoch nicht in Form von Wahrscheinlichkeiten dargestellt. Das sollte eigentlich verhindern, daß die Verteidigung etwaige Zahlenwerte als zu abstrakt hinstellen würde oder daß die Medien durch lax formulierte Wahrscheinlichkeitsangaben irreführende Ergebnisse veröffentlichen würden - dennoch geschah beides. Der Jury wurde der Einfachheit halber nur mitgeteilt, welche der drei beteiligten Personen (Simpson, Brown, Goldmann) als Verursacher jeder einzelnen Spur *nicht ausgeschlossen* werden konnte. Diese übertriebene Vereinfachung führte dazu, daß die enorme Aussagekraft der DNA-Ergebnisse der Jury unklar blieb.

Da von Seiten der Anklage und der Verteidigung eine ausgesprochene Meinungspolarisierung angestrebt wurde, hätten die wissenschaftlichen Sachbeweise aus der DNA-Typisierung den Fall entscheiden sollen. Dennoch berichteten Prozeßbeobachter, daß es den Geschworenen schwerfiel, dem Sachverständigenbericht über die DNA-Typisierungsergebnisse zu folgen. Der Grund dafür waren aber nicht die ausgezeichneten Ausführungen der Präsidentin der Typisierungsfirma *Cellmark Diagnostics*, sondern daß die Verteidigung den allgemeinsverständlichen Vortrag durch eine nicht enden wollende Reihe von ermüdenden Sachfragen in die Länge zog. Wie jeder weiß, ist kaum etwas schwieriger, als einem inhaltlich trockenen Vortrag zu folgen, besonders wenn er unnötig ausgewalzt wird. Tatsächlich gelang es der Verteidigung, die Jury durch die ständigen Rückfragen an die Sachverständige und unnötige Details zu langweilen und vor allem zu verunsichern. Wer jemals einen wichtigen (*high profile*) Strafprozeß in den USA live verfolgt hat, kann sich das Ausmaß der Show im Gerichtssaal vorstellen.

Aus kriminalbiologischer Sicht gab es trotz allem nicht den Hauch eines Zweifels, daß alle drei Beteiligten in irgendeiner Weise blutend aufeinandergetroffen waren - mit Simpson als einzigm Überlebenden. Weil das Verbrechen darüber hinaus in sogenannter »overkill-Manner« durchgeführt worden war (das heißt, der Täter hatte wesentlich brutaler gehandelt, als es zur Tötung seiner Opfer nötig gewesen wäre), schlossen Psychologen darauf, daß es sich um eine Beziehungstat gehandelt haben mußte. Auch aus dieser Sicht war der als eifersüchtig und unkontrolliert bekannte Simpson also tatverdächtig. Alles in allem waren die Staatsanwälte sicher, daß ihre Anklage, die sich vor allem auf DNA-Beweise stützte, nicht angezweifelt werden konnte.

In der nun für den Angeklagten ausweglosen Situation brachten die Verteidiger eine weitere Verunsicherungsstrategie zum Einsatz. Sie verlegte sich darauf, die *Herkunft* der fraglichen Blutspuren und nicht die DNA-Typisierung selbst anzuzweifeln. Der Handschuh sei von einem rassistischen Polizisten zuerst in das Blut Goldmans getaucht, dann durch die Stadt gefahren und zuletzt hinter Simpsons Mauer geworfen worden. Simpsons Blut am Tatort stamme aus einem Schnitt, den er sich an einem zerbrochenen Glas zugezogen habe. Mit dem Mord habe der Verdächtige sowieso nichts zu tun, es könne sich viel eher um ein Verbrechen von kolumbianischen Drogenhändlern gehandelt haben. Die hauchdünne und bizarre Verteidigung funktionierte: Die Jury war nun endgültig überfordert, weil viele Behauptungen so absurd waren, daß sie nicht einmal widerlegt werden konnten. Zuletzt wollten sich die Jurymitglieder im Strafprozeß daher nicht mehr zu einem Schulterspruch durchringen. Erst der Zivilprozeß, der unter geringerer öffentlicher Beteiligung stattfand, rückte die Sachbeweise wieder in den Vordergrund der Urteilsfindung.

Die liebe Verwandtschaft

Blislang war vor allem von der DNA-Typisierung in Kriminalfällen die Rede. Ebensohäufig taucht diese Methode jedoch im Zuge von Vaterschafts- und anderen Verwandtschaftstests auf. Aus Platzgründen kann an dieser Stelle nicht ausführlicher auf die Besonderheiten dieser Untersuchungen eingegangen werden, aber einige interessante Streiflichter dazu seien dennoch eingefügt.

Schon der erste Fall, in dem jemals eine DNA-Typisierung angewandt wurde, war ein Verwandtschaftsfall. Damals wurde in England das Einwanderungsgesuch eines Jungen aus Ghana geprüft. Keine der herkömmlichen Identifikationstechniken konnte Auskunft geben, ob die angebliche Mutter des Jungen nicht etwa seine Tante war; in diesem Fall wäre die Einreise nicht gestattet worden. Der Vater des Kindes war unbekannt, was den Fall zusätzlich komplizierte. Der Forscher Jeffreys verglich nun die »genetischen Fingerabdrücke« der möglichen Mutter und dreier ihrer Kinder mit denen des Jungen. Heraus kam nicht nur, daß der Junge wirklich das Kind der Frau war; es konnte sogar der genetische Fingerabdruck des unbekannten Vaters berechnet werden.

Gewöhnliche Vaterschafts-DNA-Typisierungen mit lebenden Beteiligten werden auf ähnliche Weise er-

stellt wie Spurenfälle. Weil ein Kind genau die Hälfte der Erbanlagen von der Mutter und die andere Hälfte vom Vater erbt, ermittelt man zunächst je eine DNA-Typisierung für Mutter, Vater und Kind. Dann vergleicht man die Allele (den Strichcode) von Mutter und Kind (vgl. Seite 67). Alle Allele (Striche) der Mutter, die auch beim Kind auftreten, werden zur Überprüfung des Vaters nicht weiter berücksichtigt (es sei denn, das Kind ist an einem Locus homozygot). Es ist ohnehin so gut wie immer klar, daß die Mutter wirklich die Mutter ist; Übereinstimmungen zwischen Kind und Mutter beweisen meist nichts, was nicht schon bekannt ist. Nun werden die übrigen Allele des Kindes untersucht, also diejenigen, die nicht von der Mutter stammen können. Stimmen diese Allele vom Kind komplett mit solchen überein, die auch der Vater trägt, dann ist die Vaterschaft je nach Untersuchungsaufwand oft mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,99999 Prozent bewiesen. Je mehr DNA-Bereiche untersucht werden, desto größer der Wahrscheinlichkeitswert. Deutsche Richter fordern einen Wert von mehr als 99,8 Prozent, um eine Allelübereinstimmung bei Kind und Vater als »praktisch erwiesen« anzuerkennen. Für die Übersetzung von Wahrscheinlichkeitswerten in greifbare Ausdrücke benutzen sie folgende Verbalisierungstabelle: Mehr als 99,8% Prozent - Vaterschaft praktisch erwiesen; mehr als 99 Prozent - höchst wahrscheinlich; mehr als 95 Prozent - sehr wahrscheinlich; mehr als 90 Prozent - wahrscheinlich; mehr als zehn Prozent - ohne Prädikat; mehr als fünf Prozent - unwahrscheinlich; mehr als ein Prozent - sehr unwahrscheinlich; mehr als 0,2 Prozent - höchst unwahrscheinlich; mehr als 0,1 Prozent - praktisch ausgeschlossen. Finden sich keine oder nur wenige übereinstimmende Allele bei

Vater und Kind, so ist der Vater mit absoluter Sicherheit nicht der biologische (genetische) Erzeuger des Kindes, denn sämtliche und nicht nur einige nichtmütterliche Allele eines Kindes müssen vom Vater stammen. Die absolute Sicherheit läßt sich mathematisch als 100prozentig ausdrücken.

Der Unterschied zwischen den beiden Zahlenwerten — 100prozentiger Vaterschaftsausschluß gegenüber 99,99999prozentigem Vaterschaftseinschluß - führt oft zu Verwirrung. Sind die beiden Aussagen gleichwertig? In der Praxis lautet die Antwort darauf ja. Denn die Aussage, daß ein Mann zu 99,99999 Prozent der Vater sei, ist wie bei DNA-Typisierungen aus Spurenfällen eine rein mathematische Spitzfindigkeit, die dadurch zustande kommt, daß zur Berechnung von Einschlüssen Allelhäufigkeiten multipliziert werden (vgl. Seite 73). Dabei kann grundsätzlich nie ein Wert von 100 Prozent herauskommen. Im Alltag entsprechen aber auch 99,99999 Prozent einer vollkommenen Sicherheit: Rechnet man die Prozentangabe 99,99999 in eine verständliche Aussage um, so ergibt sich, daß nur einer aus einer Million Männern zufällig dasselbe DNA-Muster aufweist wie der rechnerisch »eingeschlossene« Vater. Da in den meisten Vaterschaftsfällen bekannt ist, daß die Eltern miteinander sexuell verkehrt haben (die Frage ist meist nur, ob es dabei zur Schwangerchaft gekommen ist), bedeutet diese Wahrscheinlichkeit in der Lebenswirklichkeit eine sichere Aussage, vergleichbar dem kriminalistischen Szenario vom geschlossenen Raum, in dem nur eine geringe Anzahl von Verdächtigen überhaupt in Frage kommt (vgl. Seite 71 f.).

Rechnerisch spannend (und kompliziert) werden Verwandtschaftsfälle, wenn beispielsweise die Eltern nicht

mehr leben und nur Vergleichsmaterial von Großeltern, Tanten oder Neffen zur Verfügung steht. Auch diese Fälle sind oft lösbar, besonders, wenn genügend Gewebe und damit DNA für Typisierungen an mehreren Loci vorhanden ist. Ist die DNA aus dem Zellkern bereits zerbrochen, weil das Gewebe schon lange gelagert worden ist, so hilft es, die Erbsubstanz aus anderen Zellbestandteilen, den Mitochondrien*, zu untersuchen. Die DNA in den Mitochondrien ist besser geschützt als im Zellkern, und sie liegt in deutlich höherer Kopienzahl vor. Für mitochondriale DNA (mtDNA) läuft die Typisierung nicht mit den bereits beschriebenen Methoden ab, sondern die Bestandteile der mtDNA werden Nukleotid für Nukleotid abgelesen, ein Vorgang, der Sequenzierung heißt.

Da auch altes Gewebe noch Kern-DNA oder wahrscheinlicher mtDNA enthält, können damit viele interessante Verwandtschaftsfragen gelöst werden. Aus der DNA von Knochen aus dem Grab der russischen Zarenfamilie, die nach historischen Berichten samt und sonders erschossen worden war, ließ sich ableiten, daß die einzige noch lebende angebliche Tochter Anastasia nicht aus der Herrscherfamilie stammt. Und alte Blutflecken von der Kleidung Kaspar Hausers, die in einem Heimatmuseum sicher aufbewahrt worden war, zeigten, daß der Junge nicht wie vermutet aus einer bestimmten adeligen Familie stammte. Er war also nicht wegen eines Streits um die Erbnachfolge dieser Adelslinie im Wald ausgesetzt worden.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß die mtDNA bei der Fortpflanzung nur über Eizellen, das heißt nur über die mütterliche Seite weitergegeben wird. Sie vermischt sich nicht wie die DNA des Zellkerns zur Hälfte mit väterlichen Allelen. Anders gesagt, so-

wohl Frauen als auch Männer tragen nur die mitochondriale DNA ihrer Mütter in ihren Zellen. Das hat den großen Vorteil, daß mittels DNA-Typisierung von mtDNA mütterliche Linien über viele Generationen unverfälscht untersucht werden können. Eine typische Frage, für die sich mitochondriale DNA gut eignet, ist beispielsweise: Stammt dieses Kind (egal welchen Geschlechts), das ich heute untersuche, aus der Familie einer Frau, von der ein Blutfleck aus dem Jahr 1850 erhalten ist?

Eine ähnliche Besonderheit wie die mtDNA weisen die männlichen Y-förmigen Chromosomen aus dem Zellkern auf. Sie werden nur über die väterliche Linie vererbt (Frauen haben kein Y-förmiges Chromosom) und geben daher eindeutig Auskunft über Abstammungsfragen von väterlicher Seite.

Nicht nur bei Menschen, sondern auch bei Tieren haben DNA-Typisierungen neues Licht auf verwandtschaftliche Beziehungen geworfen. Zoologen, die sich dafür interessierten, warum manche erwachsene Vögel scheinbar selbstlos anderen bei der Fütterung des Nachwuchs helfen, fanden heraus, daß die Tiere in Wahrheit ganz wirtschaftlich handeln. Selbst Vogelarten wie Kohlmeisen, die lange als vorbildlich treu galten, gehen fremd. Versorgen deren Männchen benachbarte Nester mit, so ist das vermutlich eine unauffällige, genetisch programmierte Freundschaftsgeste für ihren aus einem Treuebruch entstandenen Nachwuchs, der ihre eigenen Gene in die nächste Generation tragen soll. Umgekehrt zieht jedes Kohlmeisenmännchen mit einiger Wahrscheinlichkeit Junge auf, die nicht seine leiblichen Nachkommen sind - er ist für diese nur ein sozialer, kein genetischer Vater. Rekordverdächtig in dieser Hinsicht ist der australische Zebrafink *Taeniopygia*

guttata castanotis. Bei ihm werden in mehr als jedem dritten Nest Junge gefunden, die das Produkt von »innerartlichem Brutparasitismus«, also eines Seitensprungs, sind.

Arten- und Naturschutz

Der Schritt von der forensischen DNA-Typisierung zum Arten- und Naturschutz ist klein, weil DNA-Muster nur bei bestimmten Arten entstehen, bei anderen aber nicht. Auf diese Weise kann man beispielsweise unverdächtiges Hühnchenblut an einem Messer von Menschenblut unterscheiden: Das Hühnchenblut ergibt mit STRs des Menschen kein Ergebnis.

Was den Artenschutz anbelangt, so haben »genetische Flossenabdrücke« schon dabei geholfen, Walfleischschmuggler zu überführen. Die Untersucher staunen immer wieder über das dreiste Vorgehen der Betrüger, die ihre Ware einfach umdeklarieren. So tauchte in Oslo ein Container auf, der angeblich Shrimps, in Wahrheit jedoch 3,5 Tonnen Walfleisch enthielt. Vor allem Finnwale, die seit 1989 nicht mehr getötet werden dürfen, sind das Opfer der Walfänger und -Schmuggler. Bei einem japanischen Einzelhändler erkannten Biologen sogar das Fleisch eines Buckelwals durch DNA-Typisierung - eine Tierart, die bereits seit 1966 streng geschützt ist. Um der Strafe zu entgehen, behauptete der Hersteller, das verbotene Fleisch sei bereits vor 30 Jahren eingefroren und erst jetzt zubereitet worden. Umgekehrt entpuppte sich in Australien das Innenleben eines angeblichen »Emu-Gourmet-Hamburgers« durch DNA-Typisierung als gewöhnliches Hackfleisch. In Deutschland sieht es nicht

anders aus. Dort wird per DNA-Typisierung beispielsweise Schweinefleisch in »garantiert schweinefleischfreien Türkürsten« gefunden, und Shrimps entpuppen sich als gefärbtes, gewürztes und gepreßtes Fischmehl.

Durch die große Anwendungsbreite kommt es, daß die Fingerprintgemeinde ein hochheterogenes Gruppen von Forschern aus den verschiedensten wissenschaftlichen Bereichen darstellt. Der Begriff »interdisziplinäres Arbeiten« erhält dabei eine neue Dimension: Auf DNA-Typisierungskongressen tagen gleichzeitig Mediziner, Mathematiker, Genetiker, Ökologen, Botaniker, Zoologen - und Lebensmittelchemiker.

Einige skurrile Überlegungen zur DNA-Typisierung

Auf Kongressen, Vorträgen und im Gespräch mit Ermittlern und interessierten Kunden bei Verwandschaftsfeststellungen gibt es immer wieder Diskussionen, die teils skurril sind, teils der Wirklichkeit erstaunlich nahe kommen. Zwei der spannendsten Fragen sollen hier kurz beantwortet werden: Was hat Klonen* mit DNA-Typisierung zu tun, und wie kann man ein perfektes Verbrechen begehen, das keine biologischen Spuren hinterläßt?

Klonen bedeutet, mit lebenden Wesen zu arbeiten. Die Erbsubstanz eines Tieres wird dabei in eine Eizelle eingebracht (beispielweise mit einer Glasnadel hineingespritzt), der die eigene Kern-DNA zuvor entnommen wurde. Diese Eizelle wird in ein Tier verpflanzt, das danach mit dem wachsenden Embryo schwanger geht, aber nicht seine genetische Mutter ist.

Im Gegensatz dazu arbeiten Kriminalbiologen ausschließlich mit DNA, die mit starken Chemikalien aus toten, aufgelösten Zellen gezogen und dann mit weiteren Chemikalien an einigen Stellen vervielfältigt oder in Tausende Stücke zerlegt wird, um dann in einem Spannungsfeld sortiert zu werden. Die zerstörte DNA kann unter keinen Umständen dazu benutzt werden, jemals einen Klon zu erschaffen. Es ist technisch und biologisch vollkommen ausgeschlossen. Ausnahmen kann es

nicht geben, ebensowenig wie man aus einer Packung gemahlenen Kaffees die Bohnen wieder zusammensetzen kann.

Wollte wirklich jemand an Ihre DNA gelangen, so brauchte er ohnehin nur eine Stelle ihres Weinglases abzutupfen, an der Sie etwas Speichel zurückgelassen haben, oder ein Haar aus Ihrem Kamm ziehen. Jede Körperzelle, jedes Hautfetzchen, jeder Tropfen Körperflüssigkeit enthält Ihre DNA. Welchen Schaden ein Bösewicht mit geklauter DNA anrichten könnte, soll freimütig den Krimiautoren überlassen bleiben. Aus wissenschaftlicher Sicht gibt es nur eines zu sagen: DNA-Typisierung ist der moderne Ersatz für das, was seit hundert Jahren gewöhnliche Fingerabdrücke sind - und hat nichts mit Genen, Genübertragung, Klonen oder Klonieren zu tun.

Die Frage nach dem kriminalbiologisch perfekten Verbrechen ist schwieriger zu beantworten, weil sie von den Tatortermittlern abhängt. Es ist so ähnlich wie mit Schuhabdrücken: Jeder Täter, der Schuhe anhat, hinterlässt Abdrücke, selbst wenn die Sohlen blitzblank sind und die Tat (beispielsweise ein nächtlicher Diebstahl) auf einem Veloursteppich stattfindet. Es ist aber meist schwierig, diese Spuren zu finden und sichtbar zu machen, beispielsweise mit komplizierten Elektrisiergeräten. Bei biologischem Material ist es ähnlich. Es gibt Diebe, die den Tatort absichtlich verschmutzen, zum Beispiel mit Kothaufen, Urin, Speichel und dergleichen. In diesen Fällen ist es einfach, DNA des Täters zu gewinnen. In anderen Fällen, etwa bei einer Vergewaltigung mit Kondom, wird man vermutlich kein Sperma finden - es sei denn, der Täter lässt Taschentücher liegen oder wirft das Kondom in einen Papierkorb oder ein Gebüsch in der Nähe des Tatorts. Hat er versucht, die

vergewaltigte Person zu küssen, so hängt alles davon ab, ob die Person sich vor der Untersuchung schon gründlich gewaschen hat. Selbst ein Schlag genügt, um Hautzellen des Schlagenden auf den Geschlagenen zu übertragen. Als Faustregel kann gelten, daß es fast unmöglich ist, eine Tat zu begehen, ohne irgendwelche Spuren zu hinterlassen. Selbst wenn sich ein Täter komplett in Schutzkleidung einhüllt, kann das nicht verhindern, daß er andere Hinweise hinterläßt. Vermummte können anhand von Ohrenabdrücken und anderen anthropologischen Kennzeichen (Größe, Statur usw.) oft sehr gut erkannt werden, und selbst ein scheinbar aussageloses Blutspritzermuster kann einen kompletten Tathergang und damit gegebenenfalls den Täter verraten, beispielsweise, indem man aus Auftreffwinkel und Tropfengröße den Standort einer blutenden Person zu einer bestimmten Zeit berechnet.

Auch ein nicht mehr vorhandenes Kondom kann eine Tatortspur liefern: Die Gleit- oder Latex-Antiverklebemittel sind von Hersteller zu Hersteller verschieden und können helfen, einen Täter einem bestimmten Gebiet oder einer bestimmten Käuferschicht zuzuordnen. Genau das ist die Stärke der Forensik: Aus je mehr Fachrichtungen sie sich zusammensetzt, desto unwahrscheinlicher wird es, daß eine Spur, und sei sie noch so klein, wertlos wird. Solange sich Forensiker dabei über die Grenzen und den genauen Aussagewert ihrer Methoden im klaren sind, das heißt, solange sie auch die Grenzen ihrer Methoden erkennen, besteht auch in scheinbar hoffnungslosen Fällen Aussicht auf ein Ermittlungsergebnis, das den Täter letztendlich überführt.

Die Zukunft der DNA-Typisierung - oder: Was ist eine DNA-Datenbank?

Wegen der vielen möglichen Anwendungsbereiche der DNA-Typisierung und ihrer Aussagekraft in Kriminal- und Verwandtschaftsfällen wird sie eine immer größere Bedeutung bei Ermittlungen, gerichtlichen Streitfällen und hin und wieder auch historischen Fragen spielen. Einige zukünftige Entwicklungen und Fortschritte für den forensischen Einsatz von Typisierungen nichtcodierender DNA sind heute schon absehbar.

Erstens werden innerhalb der nächsten zehn Jahre technische Verbesserungen anwendungsreif, die vor allem zu immer kleineren Apparaten führen. Besonders vielversprechend scheinen kleine Glasquadrate (Chips) zu sein, auf die winzige Bahnen eingefräst werden. In diesen Bahnen vollzieht sich die Elektrophorese mittels minimaler elektrischer Ströme innerhalb von Sekunden, und das ganze Gerät ist nicht größer als ein heutiges PC-Towergehäuse. So können Hunderte (statt bislang Dutzende) von DNA-Proben innerhalb von Minuten (statt Stunden) aufgetrennt werden. Es ist ohne weiteres vorstellbar, daß ein Labor von heute 50 Quadratmetern in etwa zehn Jahren auf zwei großen Schreibtischen Platz findet. Der erhöhte Probendurchsatz erlaubt es zudem, immer mehr DNA-Typisierungen von immer mehr Menschen zu erstellen. Einschränkend muß gesagt werden, daß gerade kriminalbiologische Labors nicht immer auf besonders hohe Durchsatzraten angewiesen sind, da sie in der Regel an wenigen, dafür aber komplizierten Fällen arbeiten, die alle unterschiedlich bearbeitet werden müssen. Datenbank-Labors arbeiten dagegen oft an sehr vielen Fällen, die alle von demselben Probenmaterial ausgehen, beispielsweise einer Speichelprobe, die immer auf

einem vier mal vier Millimeter großen Stück Filterpapier getrocknet vorliegt.

Trotz der stark steigenden Effizienz der Datengewinnung werden zweierlei Arten von DNA-Typen grundsätzlich nie in Datensammlungen (Datenbanken) eingetragen und gespeichert werden: DNA-Typen aus Verwandtschaftstests und aus kleinen Reihenuntersuchungen wie derjenigen von 1 500 der insgesamt 5 000 Männern des Dorfes Vechelde, in dem 1996 die verstümmelte Leiche einer Schülerin aus Uelzen gefunden wurde.

Örtlich begrenzte Datenbanken, die nur die Allelhäufigkeiten einer Stichprobe von Bewohnern einer bestimmten Region enthalten, sind besonders wichtig, wenn vor Gericht Streitereien um die Aussagekraft der Wahrscheinlichkeitswerte beginnen. Gerade in New York versuchen Verteidiger immer wieder, den Kopf ihres hoffnungslos verlorenen Mandanten dadurch zu retten, daß sie der Jury folgende Gedankenketten präsentieren: »Da der Verdächtige aus einer kleinen asiatischen Bevölkerungsgruppe (Subpopulation in Queens) stammt, ist die gesamte Wahrscheinlichkeitsberechnung, die von der mittleren Häufigkeit der bei ihm gefundenen Allele ausgeht, zweifelhaft. Denn wer sagt, daß die Asiaten in Queens dieselben mittleren Allelhäufigkeiten haben wie der Rest von New York, in dem Spanischstämmige, Europäischstämmige und Afrikanischstämmige leben?«

Weil die Jury sich manchmal auf diese Argumentation einläßt, und weil es zudem wirklich kleinere Verschiebungen in den mittleren Allelhäufigkeiten verschiedener Subpopulationen gibt, sind kriminalbiologische Institute in multikulturellen Städten teilweise dazu übergegangen, für jede Ethnie eine eigene örtliche Allelhäufig-

keitsdatenbank anzulegen. In den meisten Fällen ergibt sich aber nur ein kleiner Unterschied in der Endaussage: Beispielsweise könnte die Wahrscheinlichkeit, daß eine andere Person zufällig dasselbe DNA-Muster aufweist, von eins zu 600 000 auf eins zu 500 000 sinken.

DNA-Typisierungsdaten aus Verwandtschaftsfällen und örtlich begrenzten Reihenuntersuchungen werden ausschließlich dann gesammelt, wenn die Häufigkeit von Allelen in einer großen Bevölkerungsgruppe ermittelt werden soll. Solche Sammlungen gibt es beispielsweise für eine deutsch-türkische Populationen in Südwestdeutschland, den Stamm der Ovambos, für Kroaten, Nordostspanier, Nordthais, Polen, die Bewohner der Großstadt Manila usw. Es ist dabei nicht möglich, die DNA-Muster jemals ihren Trägern zuzuordnen, weil nur die reinen Allelbezeichnungen (21, 22, 23, 27 usw.) ohne persönliche Informationen erfaßt werden. Auch mit bösem Willen ist es daher unmöglich, die Daten rückwärts aufzuschlüsseln und zur betreffenden Person zurückzufolgen.

Umgekehrtes gilt für DNA-Typisierungen von Straftätern. Hier zeichnet sich weltweit die Tendenz ab, auch DNA-Typen von Menschen abzuspeichern, die sich wegen schwerer Straftaten bereits in Haft befinden, also ohne daß ein Gerichtsverfahren gegen sie läuft. Dadurch soll es zum Beispiel nach der Freilassung dieser Menschen schnell möglich sein, Rückfälle anhand biologischer Tatortspuren zu erkennen. Die aktuellen DNA-Typen würden dabei in die Datenbank eingegeben und dort blind mit einer bestimmten Auswahl oder auch allen gespeicherten DNA-Typen verglichen werden. Die Suche nach einem Verdächtigen entfällt in diesem Fall, weil die DNA-Muster der betreffenden Person schon in der Datenbank gespeichert sind.

Die bislang größte Datenbank beim FSS in England benutzt als Erkennungsmerkmal zur Individualisierung 14 STRs, die von 250 Forschern und Technikern nach einem ausgetüftelten Ablaufplan verglichen werden (vgl. Abb. S. 51). Zwei Wissenschaftler typisieren dabei getrennt voneinander die nur durch einen Code gekennzeichneten Proben; ein Operator überwacht die Arbeit. Findet sich beim Vergleich einer neuen Gewebeprobe oder Spur eine Übereinstimmung zu einer schon vorhandenen Kombination von DNA-Typen, die von einem Tatort oder einem Menschen stammen, wird die gesamte DNA-Typisierung zur Bestätigung ein weiteres Mal durchgeführt. Dazu wird meist aus den Mundschleimhautzellen einer getrockneten, kühl gelagerten Speichelprobe erneut die DNA gewonnen und typisiert. Erst dann gilt die Untersuchung als bestätigt. Eine so bestätigte Übereinstimmung zwischen zwei DNA-Mustern ist wegen der 14 untersuchten STRs äußerst sicher. Nur wenn die Allele in mindestens 13 STRs übereinstimmen, werden die dazugehörigen Personendaten von einer räumlich und organisatorisch getrennten Stelle herausgesucht und an die Ermittler weitergeleitet. Das Bundeskriminalamt hat mit dem Aufbau einer vergleichbaren Datenbank begonnen.

Grundsätzlich könnten mit Hilfe rechtsmedizinisch angewandter DNA-Analysen sehr begrenzte Aussagen über einige Personenmerkmale gemacht werden, und zwar neben der Ermittlung des Geschlechts - indem man prüft, ob ein Y-Chromosom vorhanden ist (Mann) oder nicht (Frau) - und extrem schwachen Hinweisen zur ethnischen Herkunft (über seltene Allele) auch die Altersbestimmung. Es könnte sein, daß Veränderungen der mtDNA, die sich während des Lebens relativ kontinuierlich vollziehen, eine ungefähre Altersschätzung erlauben.

Dadurch könnte es einmal möglich werden, aus biologischen Tatortspuren einen Hinweis auf das Alter eines Täters zu erhalten. Diese Technik ist aber zur Zeit ohne praktische Bedeutung, und kein guter Kriminalist würde solche schwachen, indirekten Hinweise zu Alter oder Ethnie einer unbekannten Person als wesentlichen Ermittlungshinweis interpretieren.

Unter den geschilderten Bedingungen ist es aus wissenschaftlicher Sicht ausgeschlossen, daß Informationen über Gene oder irgendwelche anderen Persönlichkeitsdaten unerwünscht gespeichert oder sonstwie zusammengeführt werden. Gut gepflegte kriminalbiologische Datenbanken mit DNA-Typisierungsergebnissen helfen vor allem, Serientaten schneller zu erkennen, auch wenn deren Urheber noch unbekannt sind, und Rückfalltäter rasch wieder dingfest zu machen.

Wie alle wissenschaftlichen Techniken, die in der Praxis angewendet werden, ist die DNA-Typisierung heute eine sichere und wertvolle Methode der Kriminalistik und Rechtsmedizin. Ebenso wie die forensische Entomologie kann die DNA-Typisierung viele, ganz verschiedene Fragestellungen beantworten. Darin liegt die Stärke beider Methoden. In der westlichen Welt haben sich beide Methoden trotz aller kulturellen und gesellschaftlichen Unterschiede innerhalb eines Jahrzehnts einen festen Platz erobert (DNA-Typisierung) oder wiedererobert (forensische Entomologie). Damit ist die Forensik für die Herausforderungen des neuen Jahrtausends besser gerüstet, als sie es jemals zuvor war.

Anhang

Glossar

Allel: Bei der DNA-Typisierung eine Längenvariante eines bekannten Locus. Bestimmte STR- oder RFLP-Allele kommen in einer bestimmten Bevölkerungsgruppe mit einer vorhersagbaren Wahrscheinlichkeit vor.

Allelcocktail: Mischung aller an einem Locus jemals aufgetretenen Allele. Durch Vergleich mit Allelen aus biologischem Material, die auf demselben Gel aufgetrennt werden, ist die Längenbestimmung einfach möglich, weil die Längen der Allele im Cocktail bekannt sind.

Besiedlungswellen: Abhängig vom Verwesungsstadium einer Leiche (beispielsweise: Gasblähung, ammoniakalische Fäulnis, Vertrocknung), leben auf ihr verschiedene Insekten- und Spinnentiergruppen, die der jeweiligen chemischen Zusammensetzung des betreffenden Zerfallsstadiums angepaßt sind oder die eine Brutstätte für ihre Nachkommen suchen.

Datenbank: Bei der DNA-Typisierung Sammlung von DNA-Typisierungsdaten, entweder zur Errechnung von mittleren Allelhäufigkeiten in einer Bevölkerungsgruppe (Spender nicht ermittelbar) oder zur Identifizierung von Tatorten und Tätern (Spender ermittelbar).

DNA: *deoxyribonucleic acid*, dt.: Desoxyribonukleinjsäure, DNS; Erbsubstanzmolekül aus dem Zellkern (Kern-DNA, nukläre DNA) oder aus Mitochondrien (mtDNA). Im Zellkern Träger der genetischen Information, Hauptbestandteil der Chromosomen.

DNA-Typisierung: Meist Darstellung sich wiederholender (repetitiver), nichtcodierender, längenvariabler DNA-Bereiche zur Individualidentifikation. Auch Sequenzierung variabler DNA-Bereiche.

Elektrophorese: Größensorierung von DNA-Stücken (Fragmenten) in einem Gel aus Polyacrylamid oder Agarose durch Anlegen eines Spannungsfeldes (Strom). Kürzere DNA-Stücke wandern schneller durch die engen Maschen des Gels zum Pluspol, längere Stücke wandern langsamer dorthin.

Entomologie: Insektenkunde. Umgangssprachlich auch oft als Gliedertierkunde verstanden.

Fäulnis: Rückführung biologischen Materials in den Kreislauf des Lebens. Abhängig von den Außenbedingungen, kann eine Wirbeltierleiche beispielsweise verwesend (feucht, warm), vermodern (trocken) oder mumifizieren (trocken, sehr warm oder sehr kalt). Die verschiedenen Fäulnisstadien ziehen jeweils bestimmte Insektenarten an (Besiedlungswellen).

Forensik: Forschungs- und Ermittlungsrichtung, die kriminalistische und rechtsmedizinische Methoden nutzt.

Forensische Entomologie: Rechtsmedizinisch-kriminalistisch angewandte Insekten- und Gliedertierkunde. Beschäftigt sich mit den leichenbesiedelnden Gliedertierarten, um mit diesen die Leichenliegezeit (PMI), Vergiftungen, Verwahrlosung und andere forensische Fragen zu klären.

Frequenz: Hier: Häufigkeit eines Allels in einer Bevölkerungsgruppe.

Individualisierung: Hier: Darstellung eines nur bei einer Person vorkommenden DNA-Typisierungsmusters.

Insekt: Sechsbeiniges Gliedertier. Früher wegen ihrer Körpereinschnitte als Kerbtiere (lat.: *insectä*) bezeichnet. Arten- und biomassereichste Lebewesengruppe der Erde. Die Jugendstadien heißen Larven, bei Schmetterlingen nennt man diese auch Raupen, bei Fliegen Maden.

Klon: Biologische Kopie eines lebenden Wesens.

Kriminalistik: Vorwiegend auf die Lösung von Straftaten ausgerichtete Untersuchungstechnik.

Larve: Aus einem Ei geschlüpfte Jugendstadium eines Insekts, entweder raupenartig (Schmetterlinge, *Lepidoptera*; Käfer, *Coleo-*

pterid) bzw. madenartig (Fliegen, *Dipterä*) oder mit verkleinerten, gestaltgleichen Körpern wie die erwachsenen Tiere (Spinnentiere, *Arachnoideä*) u. a.

Made: Kriechendes Jugendstadium (Larve) von (Schmeiß-)fliegen, manchmal auch anderer Insekten. Verpuppt sich in einem Tönnchen, aus dem die erwachsene Fliege schlüpft.

Milbe: Kleine Spinnentiere, die sich auf Faulleichen und an Tatorten finden. Nur selten von forensischer Bedeutung, da ihre Lebensweise weniger gut bekannt ist als die von Fliegen und Käfern. Jugendstadien nicht madenförmig, sondern lediglich verkleinerter, gestaltgleicher Körperbau der erwachsenen Tiere.

Mitochondrien: Zellbestandteil (Organell), das der Energiegewinnung dient und mitochondriale DNA (mtDNA) enthält, die nicht aus dem Zellkern stammt.

PMI: *post mortem interval*, postmortales Intervall, Leichenliegezeit.

Polymerasekettenreaktion (PCR): Vervielfältigung von gezielten DNA-Bereichen mittels Startmolekülen (Primern), DNA-Verlängerungsmolekülen (Polymerase) und DNA-Bausteinen (Nukleotiden). Dabei exponentielle Vermehrung des gewünschten Bereichs. Erlaubt in der Forensik die Darstellung auch kleinster Mengen DNA aus Spuren.

Rechtsmedizin: Medizinische Richtung, die sich mit der Erkennung unklarer Todesursachen sowie benachbarten Forschungsgebieten befaßt.

RFLP-IVpisierung: DNA-Typisierung mittels Restriktionslängenpolymorphismus. Ein nichtcodierender, längenvariabler DNA-Bereich, der aus sich wiederholenden Einheiten besteht (maximale Länge etwa 20 000 Nukleotide) und per *Southern Blot* und anschließender Hybridisierung sichtbar gemacht wird.

Schmeißfliege: Umgangssprachliche Bezeichnung für Fliegen, die sich von faulenden Substanzen ernähren. Zoologisch gesehen handelt es sich um ganz verschiedene Insektenfamilien wie Fleischfliegen (Sarcophagiden), echte Schmeißfliegen (Calliphoriden) und Hausfliegen (Musciden). Entwickeln sich aus Eiern zu Maden.

Diese werden zu Tönnchen, aus denen die erwachsenen Fliegen schlüpfen. Die Eier stammen immer von schwangeren Fliegen und können sich nie aus totem Gewebe bilden.

Southern Blot: Von Ed Southern veröffentlichte Methode zur Übertragung von DNA-Fragmenten aus einem Agarosegel auf eine Nylonmembran, bei der Kapillarkräfte die DNA bewegen.

Spinnentier: Achtbeiniges Gliedertier, zum Beispiel echte Spinnen, Webspinnen und Milben. Finden sich gelegentlich an Leichen, spielen aber in der forensischen Entomologie nur eine unbedeutende Rolle.

Spur: In der Kriminalbiologie biologisches Material am Tatort.

STR: *Short tandem repeat*. Nichtcodierende DNA-Bereiche, die aus einer Grundeinheit von drei bis fünf Nukleotiden bestehen, die sich fünf- bis ca. hundertfach wiederholen. Ausgangspunkt moderner DNA-Typisierungen. Werden per PCR (Polymerasekettenreaktion) dargestellt.

Vaterschaftstest: Vergleich der Allele von Vater, Mutter und Kind. Ein »biologisches Kind« (= genetischer Nachkomme) muß jeweils die Hälfte der Allele seiner Eltern aufweisen.

Zellkern: Bestandteil der Zelle, der die Kern-DNA mit der Bauanleitung für den Großteil des Körpers enthält.

Abbildungsnachweise

Abb. 4:

REITER, CH./HAJEK, R, »Zum altersbedingten Wandel der Darmtraktfüllung bei Schmeißfliegen - eine Untersuchungs methode im Rahmen der forensischen Todeszeitbestimmung«, in: *Zeitschrift für Rechtsmedizin* 92, S. 39-45 (1984).

Abb. 7:

Steinabrieff von Langlois, in: ders., *Essai historique, philosophique et pittoresque sur les danses des morts*, Bd. 2, Lebroument, Rouen.

Abb. 8:

HOFFMANN, H.-C., »Insekten in Köln - in Kunst, Kultur und Kommerz«, in: Hoffmann, H.-C./WIPKING, W./CÖLLN, K., *Beiträge zur Insekten-, Spinnen- und Molluskenfauna der Großstadt - Beihefte* 35, Naturhistorischer Verein der Rheinlande und Westfalen, Bonn 1996, S. 517.

Abb. 13:

BENECKE, M., »DNAotyping inforensic medicine and in criminal investigations: a current survey«, in: *Naturwissenschaften* 84, S. 186

Abb. 18:

LEE, H.C./LADD, C./BOURKE, M.T./PAGLIARO, E./TIRNADY, F., *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 15; S. 269 (1994).

Literaturhinweise

Forensische Entomologie

BENECKE, M., »A brief history of forensic entomology«, in: *Forensic Science International*, 2001.

BYRD, J.H./CASTNER, J.L. (Hrsg.), *Entomological Evidence: The Utility of Anthropods in Legal Investigations*, CRC Press, Boca Raton (FL), 2000.

ERZINCLIOGLU, Z., *Maggots, Murder and Men. Memories and Reflections of a Forensic Entomologist*, Harley Books, Colchester 2000.

GOFF, M.L., *A Fly for the Prosecution: How Insect Evidence Helps Solve Crimes*, Harvard University Press, Cambridge 2000.

SMITH, K.G.V., *A Manual of Forensic Entomology*, London: The Trustees of the British Museum (Natural History), 1986.

<http://www.benecke.com/maden.html>

www.benecke.com/fespecial.html

DNA-Typisierung

ALBERTS, B./BRAY, D./LEWIS, J. (Hrsg.), *Molekularbiologie der Zelle*, Weinheim, 3. Aufl. 1995, S. 372 ff.

BUTLER, J.M., *Forensic DNA Typing, Biology & Technology behind STR markers*, Academic Press, San Diego 2001.

TRENT, R.J., *Molekulare Medizin. Eine Einführung*, Heidelberg 1994, S. 295-318.

<http://www.benecke.com/dna.html>

Register

Die *kursiv* gedruckten Seitenzahlen verweisen auf Abbildungen.

- Aaskäfer* 14, 18
Adipocire 34
Allele 58, 62f., 65, 67, 69-72, 92, 98ff., 109ff., 114, 117
Cocktail 58, 64-67, 65, 114
heterozygot 69
homozygot 69, 98
Allelhäufigkeiten 99, 109f., 114
- Basenpaarung, komplementäre 62
Besiedlungswellen 25, 114f.
Blutkörperchen, rote 45, 79f.
Blutspur 45, 47, 55, 89, 94, 96
 arttypische 92
Blutströpfchenbakterien 33f.
Brandleichen 55f.
Brehm, Alfred 25, 27
Bmwn, Nicole 93ff.
Buckelfliegen (Phoridae) 22, 24
Bundeskriminalamt 82, 111
Bundesverfassungsgericht,
 Entscheide zur DNA-
 Typisierung 82
- Calliphora vicina* 38
Calliphora vomitoria 29, 32
- Calliphoriden 13, 14, 34, 116
Castro-Fall 68, 88ff.
CODIS (Combined DNA Index System) 52f.
Coelopa frigida 34f.
Conicera tibialis 24
- Datenbank 112, 114
desFSS 52, 111
für DNA-Typisierungs-
ergebnisse 52ff., 108ff., 114
Vechelde (Ortschaft) 109
- DNA 54
 codierende 85, 87
 Fragmentlängenunter-
 schiede 60
 Ladung 57, 115
 Längenpolymorphismus 60, 116
 nichtcodierende 56, 85, 108, 114, 116ff.
DNA-Gewinnung 85
DNA-Typisierung 9, 43f., 46, 48ff., 50f., 53ff., 61f., 65, 67ff., 75f., 78, 81-85, S6./90-93, 95-99, 101, 103-106, 108, HOff., 114-117, 119

- Arterkennung 111
Durchsatzrate 108
Effizienz 109
Mißbrauch 81
Eiablage 75, 29, 35
Ejakulat 49
Entomologie, forensische 2, 9, 16f., 19, 25, 26, 27, 29, 38, 40, 112, 115, 117, 119
Erythrozyten 45
Eutrombicula belkini 36
- Fahre, Jean-Henri* 27
Fäulnisgase 33
FBI 50, 52, 81
Fettwachs 34f., 66
Fingerabdruck, genetischer 2, 9, 42f., 54f., 58f., 63, 66, 78, 88, 90, 97
Fingerabdrücke, herkömmliche 43, 54, 58f., 86f., 91, 106
Fingernagelspur 94
Fliegenpuppen (Tönnchen) 23, 29
Forensic Science Service (FSS) 50f., 52, 111
Forensik 7, 9, 83, 107, 112, 115f.
- Gendarmerie Nationale* 82
Gerichtsmedizin 8
Geschlossener-Raum-Szenario 75
Goldman, Ron 93-96
Großer Totengräber 14
- Haarspur 74
Hybridisierung 62, 94, 116
- Identifizierung 43f., 54ff., 63, 68, 90, 114
- Individualisierung 55f., 111, 115
Jeffreys, Alec 43
Juryssystem 41, 47, 95f., 109
- Kaisergoldfliege* 14f.
Käfer 13, 15f., 25, 29, 31, 115f.
Käsefliege 13, 29f., 30
Klonen 105f., 115
Krankheitstest, genetischer 85
Kreislauf des Lebendigen 12, 14
Kriminalistik 47, 53, 78, 112, 115
- Leclercq, Marcel* 29
Leicheninsekten 9, 13, 14, 19, 39
Leichenliegezeit 17, 19, 31, 38, 115f.
Leukozyten 45
Liegezeitbestimmung 23, 29, 31
Lifecode 81, 89
Linne, Carl von 22
Locard-Prinzip 47
- Massenexhumierungen 23f.
Matching 50, 52, 75
Megnin, Jean-Pierre 25
Milbenbisse 36f.
Miststutzkäfer 14
Mordschauplatz 19
Mullis, Kary 57, 88
Muscina stabulans 33
- Nukleotide 55, 60, 100, 116f.
- Pathologen 7f.
Persönlichkeitsdaten
Speicherung von 112

- Piophila casei* 29
Polymerasenkettenreaktion
(polymerase chain reaction,
PCR) 57,60, 116f.
Protease 45
Puppe 16, 23, 33f.
- Quincy* 8, 81
- Rechtsmedizin 2, 7ff., 23, 27,
31,65,78,81, Ulf., 115f.,
119
Restriktionsfragmentlängen-
polymorphismus, RFLP 60,
88, 116
- Schlupfwespen, parasitische
25
Schmeißfliegen, Eiablage 24,
29
Schmeißfliegen, Entwicklung
13, 15f., 16, 32, 34f., 116
Seetangfliege 34f.
Serientaten 52, 112
Serratia marcescens 33
Sherlock Holmes 81
Short tandem repeat,
STR- Kombination 56, 60,
63,68, 117
Simpson, O. J. 41, 47, 93-96
Singlelocus-RFLP 60, 62
Skelett in der Tumba 23,
24
Southern Blot 61f., 94,
116f.
Speichelprobe 55, 71, 85,
108, 111
Spermaspur 42, 48
Spurenübertragung 48
- Sung Tz'u* 27
Synthesiomyia nudesita 38
- Taeniopygia guttata castanotis*
1Olf.
Todesursache 8, 32f., 116
Tönnchen 16,79,33, 116
Tradition, kriminalistische 8,
53,81
- Vater
genetischer 67, 97
Putativer Vater (PV) 67,97
sozialer 97
Vaterschaftsermittlung 55, 60,
97ff.
Vaterschaftsfälle 66
Vaterschaftstest 67,97, 117
Verbrechen, perfektes 105f.
Vergewaltigung 35, 42, 48ff.,
52, 65, 91f., 106
Vergiftung, Erkennung durch
Insekten 19, 115
Von-Willebrand-Faktor 68
- Wahrscheinlichkeitsrechnung
65, 67f., 70, 72, 74f., 94f.,
98, 109
Wasserleiche 34
warst case scenario 85
- Zebrafink 1Olf.
Zellkern 45, 67, 79f., 85,
100f., 114, 116f.
Zersetzung (Leiche) 13, 23,
25,31,49
Zuordnung von DNA-
Typisierungsergebnissen
(= matching) 50, 52, 75