



# Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

## FORENSISCHE CHEMIE - MIT CHEMIE AUF VERBRECHERJAGD

Eine Einführung für den Chemie-  
unterricht

Hans Joachim Bader und Martin Rothweil



Education and Culture

**Socrates**  
Comenius



CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*) ist ein COMENIUS-Projekt, in dessen Rahmen Materialien für den Chemieunterricht erstellt und erprobt werden. Diese Materialien sollen Lehrkräften helfen, ihren Unterricht attraktiver zu gestalten, indem der Bezug sowohl zum Alltag und der Lebenswelt als auch zur chemischen Industrie aufgezeigt wird.

Am Projekt CITIES sind die folgenden Partner beteiligt:

- Goethe-Universität Frankfurt, Deutschland, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Czech Chemical Society, Prag, Tschechische Republik, <http://www.csch.cz/>
- Jagiellonian University, Krakau, Polen, [http://www.chemia.uj.edu.pl/index\\_en.html](http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html)
- Hochschule Fresenius, Idstein, Deutschland, <http://www.fh-fresenius.de>
- European Chemical Employers Group (ECEG), Brüssel, Belgien, <http://www.eceg.org>
- Royal Society of Chemistry, London, United Kingdom, <http://www.rsc.org/>
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF), Brüssel, Belgien, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, United Kingdom, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Frankfurt/Main, Deutschland, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spanien, <http://www.iqs.url.edu>

Weitere dem CITIES-Projekt assoziierte Institutionen:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, United Kingdom
- Masaryk Secondary School of Chemistry, Prag, Tschechische Republik
- Astyle linguistic competence, Wien, Österreich
- Karls-Universität in Prag, Prag, Tschechische Republik



Dieses Projekt wird mit Unterstützung der Europäischen Kommission durchgeführt. Die vorliegende Publikation gibt die Meinung der Autorinnen und Autoren wieder. Die Europäische Kommission kann nicht für Folgen verantwortlich gemacht werden, die sich aus der Nutzung der vorliegenden Informationen ergeben können. Die am Projekt CITIES beteiligten Partner empfehlen dringend, dass jede Person, die die Versuchsvorschriften von CITIES nutzt, entsprechend beruflich qualifiziert ist sowie mit den Richtlinien für sicheres Arbeiten im Labor und dem Umgang mit Gefahrstoffen entsprechend den nationalen Regelungen vertraut ist. CITIES kann für keinerlei Schäden verantwortlich gemacht werden, die durch die Durchführung der beschriebenen Versuche entstehen.





---

# FORENSISCHE CHEMIE MIT CHEMIE AUF VERBRECHERJAGD

---

## Grundlagen der Forensischen Chemie

### **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Projekt "Forensische Chemie":**

Silke Heuser, Dr. Stefan Horn, Linda Kaufmann, Kuno Mayer, Dr. Barbara Patzke,  
Dr. Jürgen Richter, Dr. Jens Salzner, Dr. Christiane Schüler

---

## NATURWISSENSCHAFTLICHE KRIMINALISTIK

---

Der Begriff "Naturwissenschaftliche Kriminalistik" (im Angelsächsischen "forensic science" [2] genannt) repräsentiert innerhalb der Kriminalwissenschaften den Bereich, der mit naturwissenschaftlich/technischen Erkenntnissen und Methoden Verbrechensbekämpfung (Vorbeugung und Verfolgung) betreibt [3]. Er wird in der Literatur und im allgemeinen Sprachgebrauch oftmals mit dem Begriff Kriminaltechnik gleichgesetzt, wobei eine umfassende Definition der Kriminaltechnik und die entsprechende Abteilung des Bundeskriminalamtes (BKA) bestimmte geisteswissenschaftlich geprägte Tätigkeitsbereiche mit einschließen (z. B. linguistische Textanalyse, Spracherkennung etc.) [4, 5].

Die Anwendung primär naturwissenschaftlicher Verfahren umfasst die Suche, die Sicherung, die Untersuchung und die Auswertung sachlicher Beweise und Spuren. Die Spuren bzw. der Sachbeweis können von physikalischer, chemischer oder biologischer Natur sein. Die bei der Auswertung angewendeten Untersuchungsmethoden sind entsprechend der großen Anzahl möglicher Untersuchungsgegenstände sehr vielfältig.

Bevor die aktuellen Arbeitsbereiche der naturwissenschaftlichen Kriminalistik des Bundeskriminalamtes vorgestellt werden, sollen zunächst die forensischen Naturwissenschaften im Allgemeinen kurz beschrieben werden. Eine scharfe Abgrenzung der einzelnen Bereiche ist nicht möglich.

### Forensische Biologie [6]

Die forensische Biologie (auch Kriminalbiologie genannt) gliedert sich im Wesentlichen in die Fachrichtungen Genetik, Serologie (Blutgruppenkunde), Entomologie (Insektenkunde) und Botanik. Sie bedient sich innerhalb der Bereiche zahlreicher kriminalbiologischer und gerichtsmedizinischer Techniken. Davon sind die bekanntesten die Untersuchung von Leicheninsekten (forensische Entomologie) sowie die Erstellung und Analyse genetischer Fingerabdrücke. Diese und andere Methoden haben in den letzten Jahren für immer größere Aufmerksamkeit gesorgt und führten nicht selten zur Aufklärung interessanter Fälle. Ein kurzes Beispiel sei an dieser Stelle erwähnt (nach Benecke [6]):

"Ein Mann meldete sich bei der Lebensversicherung seiner Frau und forderte seine 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 Versicherungsbetrug 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."

## Gerichtsmedizin

Während sich die forensische Biologie eher auf den direkten Spuren zum Täter befindet [6], konzentriert sich die Gerichtsmedizin [7] im Allgemeinen auf die Bereiche:

- (1) Feststellung von Körperverletzungen und Todesursachen
- (2) Nachweis von Giften und Vergiftungen
- (3) Erbbiologische Untersuchungen (vergleichbar der forensischen Biologie)
- (4) Verkehrsmedizin

Die Frage nach der formalen Zugehörigkeit der Rechtsmedizin zur Kriminaltechnik ist nicht abschließend beantwortet. Die meisten Autoren entsprechender Fachliteratur lehnen eine Einbeziehung rechtsmedizinischer Tätigkeiten in den Begriff der Kriminaltechnik ab [5]. Eine relativ genau definierte Aufgabenteilung zwischen beiden Gebieten, insbesondere zwischen den Kriminalämtern und den gerichtsmedizinischen Instituten, haben sich in der Praxis etabliert und bewährt.

## Forensische Chemie und Physik

Im Allgemeinen versteht man unter der forensischen Chemie nach Helbig [8] "die Anwendung chemischer Erkenntnisse und Verfahren für die Zwecke der Rechtspflege". Sie stellt, wie die übrigen Bereiche der Naturwissenschaftlichen Kriminalistik, ein denkbar komplexes Gebiet dar. Da die modernen Untersuchungsmethoden oftmals eng mit der Physik verknüpft sind, werden in diesem Abschnitt

beide Bereiche zusammen behandelt, wobei die Betonung nach wie vor auf der chemischen Seite liegt.

Helbig [8] unterteilt die forensische Chemie wie folgt:

1. *Forensische Toxikologie*: Sie beschäftigt sich mit dem Nachweis und der ärztlichen Beurteilung von Giften und Vergiftungen aller Art. Dieser Bereich ist in der Regel der Gerichtsmedizin angeschlossen.

2. *Kriminalistische Chemie*: Ihre Aufgabengebiete sind:

- (1) Allgemeine Substanzuntersuchungen mittels chemischer, physikochemischer oder physikalischer Methoden; im Mittelpunkt steht die stoffliche Identifizierung.
- (2) Objektgebundene chemische Untersuchungen im Rahmen der Tatortarbeit (z. B. Sicherung von daktyloskopischen Spuren, Untersuchung von Waffen- und Munitionsspuren etc.).
- (3) Präparative Arbeiten: Diese umfassen die Herstellung von Substanzen für die kriminalistische Praxis (z. B. Spurenabformmaterialien, Rauschgift- oder Sprengstoff-Schnelltests, Fangstoffe etc.). Arbeiten dieser Art werden i.d.R. von den Anbietern entsprechender Produkte geleistet.

Die Inhalte der vorliegenden Arbeit beziehen sich hauptsächlich auf die Bereiche allgemeine Substanzuntersuchungen und objektgebundene chemische Untersuchungen der kriminalistischen Chemie.

## Naturwissenschaftliche Fachbereiche des BKAs

Das Bundeskriminalamt ist per Gesetz zur Unterhaltung von Einrichtungen für alle Bereiche der kriminaltechnischen Untersuchungen und der diesbezüglichen Forschung verpflichtet (§2 Abs. 1 Ziff. 4 BKA-Gesetz, nach [9]). Zum Zweck einer umfassenden Darstellung aller Arbeitsgebiete der modernen Kriminaltechnik empfiehlt sich daher eine Betrachtung der entsprechenden Fachbereiche des BKAs.

Die folgende Liste gibt einen Überblick über die derzeitigen naturwissenschaftlichen Fachgruppen und ihre zugeordneten Fachbereiche [4]:

### Fachgruppe Physik und Chemie:

- (1) Physikalisches Zentrallaboratorium, Elektronik
- (2) Chemisches Zentrallaboratorium
- (3) Materialuntersuchungen Anorganik
- (4) Materialuntersuchungen Organik/Umwelt
- (5) Brände, Raumexplosionen
- (6) Explosivstoffe, Sprengvorrichtungen

#### Fachgruppe Schusswaffen-, Werkstoff- und Elektrotechnik

- (1) Schusswaffenerkennungsdienst, Ballistik, Waffen- und Munitionstechnik
- (2) Werkstofftechnik
- (3) Schussspuren, Elektrotechnik

#### Fachgruppe Biologie und Toxikologie

- (1) Serologie
- (2) Allgemeine Biologie, Mikrobiologie, Bodenkunde
- (3) Textilkunde
- (4) Toxikologie

#### Fachgruppe Urkunden

- (1) Physikalisch-chemische Urkundenprüfung

Den einzelnen Fachbereichen sind wiederum umfangreiche Arbeitsgebiete zugeteilt. In Zusammenarbeit mit Polizeikräften des Bundes, der Länder sowie mit ausländischen Strafverfolgungsbehörden trägt das BKA damit entscheidend zur Verbrechensbekämpfung bei.

---

## **SPURENKUNDE – DIE BEFRAGUNG STUMMER ZEUGEN**

---

Die Spurenkunde bildet das Kernstück der Naturwissenschaftlichen Kriminalistik und beschäftigt sich mit physischen, d. h. i.d.R. naturwissenschaftlich auswertbaren Beweisen. Sie umfasst die Spurensuche, die Spurensicherung und die Spurenauswertung [10].

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Spurenarten und ihre entsprechenden Untersuchungsmethoden vorgestellt, deren zielstrebige und fachgerechte Anwendung im übertragenen Sinn der Befragung eines "stummen Zeugen" gleicht.

### **Daktyloskopische Spuren**

Das Wort Daktyloskopie leitet sich von den beiden griechischen Begriffen δάκτυλος ("Daktylos" = Finger) und σκοπεῖν ("skopein" = beschauen) ab und kann wörtlich mit "Finger-beschau" übersetzt werden. Sie beruht auf den Erkenntnissen, dass jeder Mensch einmalige Papillarlinien (Hautlinien, Hautleistenbilder) an den Fingern und Handflächen, im übrigen auch an den Zehen und Füßen, besitzt. Diese sind (in etwa) vom vierten Embryonalmonat bis zur Verwesung des Körpers nach dem Tod unveränderlich [11]. Der Name Papillarlinie geht auf die warzenartigen Erhebungen der Dermis (Lederhaut) zurück, die Papillen genannt werden. Die Dermis beherbergt Nervenzellen, Blutgefäße und die für daktyloskopische Spuren verantwortlichen Talg- und Schweißdrüsen. Diese sind durch Poren mit der Oberfläche der Epidermis (Oberhaut) verbunden und bedingen die

Übertragung von Talg und Schweiß in Form des charakteristischen Linienmusters.

Die frische daktyloskopische Spur besteht zu ca. 98 % aus Wasser. Des Weiteren enthält sie anorganische Salze (überwiegend Chloride) und organische Bestandteile wie Fette, Aminosäuren, Peptide und Harnstoff. In manchen Fällen kommen auch geringe Mengen anderer Absonderungen, Sekrete oder Exkrete von berührten Körperteilen vor (z. B. Duftstoffe, Pigmente, Blut oder Harn). Manche den Fingern anhaftende körperfremde Substanzen (z. B. Farbe, Öl od. Staub) können bereits sichtbare Abdrücke auf einer Oberfläche hinterlassen [10].

Die Daktyloskopie ist ein ebenso wichtiges Element bei der Personen- und Leichenidentifizierung wie auch bei der Überführung von Straftätern. Ein historisches Beispiel für die Aufklärung eines Mordes ist der Fall Clarence Hiller (nach Strobel [12]).

### **Geschichte der Daktyloskopie**

"Es geschah an einem ansonsten ereignislosen Samstag im Haus der Familie Hiller in Chicago. Clarence Hiller verbrachte den Nachmittag damit, die Außenfassade seines zweistöckigen Hauses zu streichen. Am Abend gingen er und seine Familie früh zu Bett. Doch was dann geschah, sollte das Kriminalrecht der Vereinigten Staaten für immer verändern.

Am Morgen des 19. Septembers 1910 wachten die Hillers in den frühen Stunden auf und wurden argwöhnisch, weil die Gaslampe, die neben der Zimmertür ihrer Tochter stand, nicht mehr brannte. Clarence stand auf, um der Ursache auf den Grund zu gehen. Seine Frau hörte eine schnelle Abfolge von Geräuschen: ein Handgemenge, zwei Personen, die die Treppe hinunterfielen, zwei Schüsse, das Zuschlagen der Haustür. Sie lief hinaus und fand Clarence tot am Fuß der Treppe.

Die Polizei verhaftete Thomas Jennings, einen bekannten Einbrecher, nicht weit vom Tatort entfernt. Seine Kleidung war blutbefleckt und sein linker Arm verletzt. Er sei aus der Straßenbahn gefallen, behauptete er. In seiner Tasche fand man eine Waffe wie die, mit der auf Clarence Hiller geschossen worden war, aber man konnte nicht herausfinden, ob es die Mordwaffe war.

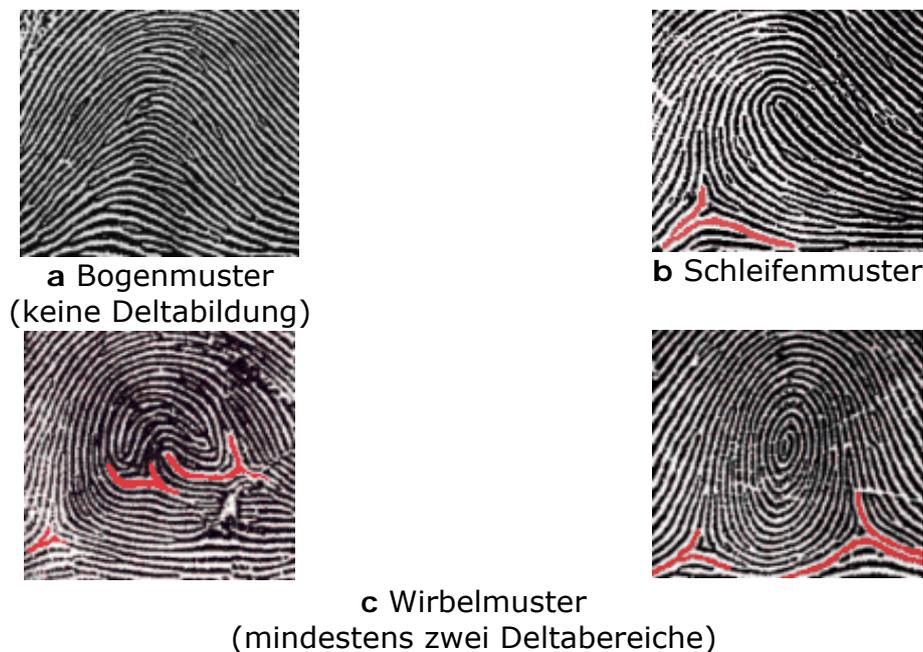
Auf der Suche nach Beweisen, die Jennings überführen konnten, durchsuchte die Polizei das Haus der Hillers nach Hinweisen. Bald wurde deutlich, dass der Mörder durch ein nach hinten liegendes Küchenfenster in das Haus eingestiegen war. Und außen - direkt neben dem Fenster - fand man für immer in der weißen Farbe verewigt, mit der das Opfer am Tag zuvor noch sorgfältig die Fassade gestrichen hatte, den klaren Abdruck von vier Fingern einer linken Hand.

Fingerabdrücke als Beweismittel waren zu dieser Zeit ein neues Verfahren, das erst kurze Zeit zuvor auf einem internationalen Polizeikongress in St. Louis vorgestellt worden war. Bis zu diesem Zeitpunkt waren in den Vereinigten Staaten noch nie Fingerabdrücke verwendet worden, um einen Mörder zu überführen.

Trotz starker Proteste der Verteidigung, dass solche Beweise unwissenschaftlich und nicht zulässig seien, sagten vier Polizeioffiziere aus, dass die Fingerabdrücke in der Farbe perfekt zu den Fingerabdrücken von Thomas Jennings passten - und nur zu seinen. Das Gericht erklärte Thomas Jennings für schuldig, der Oberste Gerichtshof des Staates Illinois bestätigte das Urteil in einem historischen Prozess und Thomas Jennings wurde später gehängt."

Die Betrachtung der historischen Entwicklung der Daktyloskopie führt in ihren Anfängen nach China und Japan. Bereits im 7. und 8. Jahrhundert n. Chr. sollen dort Fingerabdrücke auf Rechtsurkunden und sogar bei Strafverfahren verwendet worden sein. Die moderne Entwicklung der Daktyloskopie in Europa hatte ihren Ursprung um das Jahr 1880 mit einer Veröffentlichung der Engländer Herschel und Faulds zur Anwendung des Fingerabdruckwesens bei der Identifizierung von Straftätern. In der Praxis setzte sich das damals neue Verfahren mit dem vom Engländer Galton publizierten Werk "Finger Prints" durch, das erstmals die Einmaligkeit und Unveränderlichkeit von Hautlinien und deren Klassifizierung beschrieb [5]. Henry veröffentlichte im Jahre 1900 ein verbessertes Klassifizierungssystem. 1901 als Galton-Henry'sches System eingeführt, ist es bis heute die Grundlage vieler Registraturen für Fingerabdrücke in Europa, Nordamerika und Ländern des früheren britischen Empire [10].

Die folgende Abb. 1. zeigt die drei Grundmusterarten des Papillarlinien-Bildes der Fingerbeere, nach denen in der Daktyloskopie unterschieden wird:



**Abb. 1:** Grundmusterarten des Papillarlinien-Bildes der Fingerbeere (aus [13]) (Deltabereiche sind rot markiert.)

Ein daktyloskopischer Identitätsnachweis gilt als erbracht, wenn beim Merkmalsvergleich mindestens zwölf anatomische Merkmale in ihrer Form und Lage zuein-

ander übereinstimmen [11]. Die Zahl reduziert sich auf acht, wenn zusätzlich das Grundmuster bestimmbar ist.

Im Rahmen der erkennungsdienstlichen Arbeit unterhält das BKA zentrale Einrichtungen und Sammlungen. Fingerabdrücke werden über spezielle Kameras in das automatisierte Fingerabdruck-Identifizierungssystem (AFIS) eingelesen und können so miteinander verglichen werden. Zurzeit sind dort Fingerabdruckblätter von ca. 2,6 Mio Personen erfasst [14].

## **Tatortfingerspuren – Suche und Sicherung**

Daktyloskopische Spuren sind in ihrer Erscheinung i.d.R. unauffällig und können erst nach sorgfältiger Rekonstruktion des Tathergangs und der Wahl geeigneter Methoden am Tatort bzw. an Tatwerkzeugen erfolgreich gesichert werden.

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über verschiedene Methoden der Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke. Aus Gründen der Vollständigkeit werden außer den rein chemischen auch gängige (chemisch-) physikalische Verfahren beschrieben.

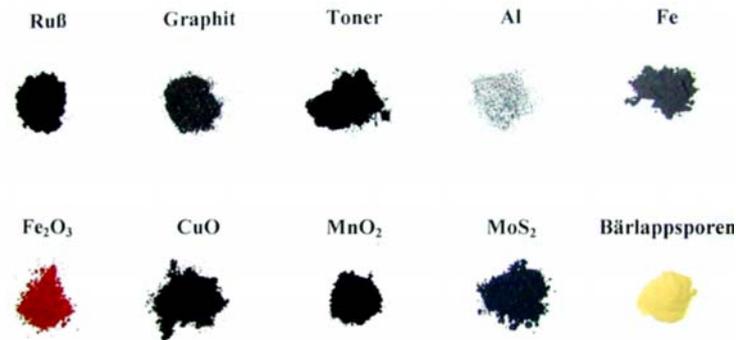
### **Adhäsionsmittel**

Die Bezeichnung Adhäsion (lat. Adhaesio: Anhaften, Anhängen) beschreibt das chemisch-physikalische Prinzip, das den Verfahren der daktyloskopischen Spurensicherung in diesem Abschnitt zugrunde liegt. Man macht sich hier die unterschiedlichen Adhäsionsfähigkeiten des Spurenträgers und der durch die Finger übertragenen Substanzen zunutze. Zu diesen Verfahren zählen die Verwendung von Einstaubpulvern, die Bedampfung eines Spurenträgers mit Jod, das Flammenruß-Verfahren und die sog. Mikropartikelsuspension.

Die Verfahren unterscheiden sich in der Art der Adhäsionsmittelauftragung. Gebräuchliche Pulver werden aufgestreut oder mittels eines Pinsels (Feehaar-, Kohlenstofffaser, Magnet-, Marabu- oder Zephyrpinsel (eine Art Glasfaser)) [15, 16] aufgetragen. Jod kann aufgrund seiner leichten Flüchtigkeit verdampft werden. Werden die Joddämpfe oder auch Jod, das in einer Flüssigkeit gelöst ist, von der Spur durch Adhäsionskräfte gebunden, so spricht man dabei insgesamt vom physikalischen Vorgang der Adsorption. Die Mikropartikelsuspension findet schließlich als Spray oder Tauchbad Verwendung.

Die Auftragung von Pulversubstanzen ist die gebräuchlichste Methode, um latente Spuren sichtbar zu machen [11]. Zum Einsatz kommen insbesondere Ruß, Graphit, (Trockenkopier-) Toner, Aluminium (auch "Argentorat" genannt), Eisen (entspricht im Wesentlichen dem sog. "Magnetpulver"), Eisen(III)-oxid, Kupfer(II)-oxid, Mangan(IV)-oxid, Lycopodium (Bärlappsporen) und diverse Spezialpulver [10, 11, 15, 16, 17]. Molybdän(IV)-sulfid, das im später beschriebenen Small Particle Reagent in Form einer Suspension verwendet wird [15], kann nach Lipscher [18] sowie eigenen Versuchsergebnissen ebenfalls als Einstaubmittel empfohlen werden.

Eine Übersicht über die genannten Pulver gibt Abb. 2.



**Abb. 2:** Einstaubpulver, Übersicht

In der kriminalistischen Praxis werden die mit pulverförmigen Sicherungsmitteln entwickelten Fingerabdrücke anschließend photographisch oder durch Abzug mittels Klebefolie gesichert [2].

Jod ist in seiner Anwendung recht vielfältig. Es findet als Pulver oder Dampf Verwendung, darf aber aufgrund seiner Giftigkeit und der stark Schleimhaut reizenden Wirkung nur unter Laborbedingungen, d. h. nicht am Tatort, eingesetzt werden. Es eignet sich besonders gut bei Spurenrägern aus Papier [17]. Bedingt durch die merkliche Flüchtigkeit von Jod bleiben die Spuren nur kurze Zeit sichtbar und müssen (in der kriminalistischen Praxis) entweder gleich fotografiert oder durch eine chemische Reaktion fixiert werden. Zur Fixierung eignen sich Stärke oder  $\alpha$ -Naphtoflavon [17].

Bei manchen Spurenrägern führt die Anwendung der konventionellen Einstaubmethode nicht zum gewünschten Erfolg, da Einstaubpulver vom Spurenräger bzw. der Spur selbst nicht oder nur schwach angenommen werden (z. B. bei verchromten oder verzinkten Oberflächen). Hier empfiehlt die Literatur die direkte Berührung des (wärmeunempfindlichen!) Spurenrägers über einer offenen Flamme [16, 17].

Bei der Entwicklung nasser und im Idealfall besonders fettiger Spuren findet die Mikropartikelsuspension (auch Aquaprint, Small Particle Reagent oder kurz SPR genannt) ihren Einsatz [15]. Das in Form einer Suspension aufgebraachte Molybdän(IV)-sulfid haftet an den fettigen Bestandteilen eines latenten Fingerabdruckes und macht diesen als graue Spur sichtbar.

### Ninhydrin

Eine chemische Methode zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücken ist die Durchführung von Farbreaktionen zwischen Aminosäuren der daktyloskopischen Spur und geeigneten Anfärbereagenzien.

Die zu diesem Zweck im kriminalistischen Fachhandel beispielsweise von der Firma BVDA International B.V. [19, 20, 21] angebotenen Mittel sind:

- (1) 1,8-Diaza-9-fluorenol (DFO)
- (2) 5-Methylthioninhydrin (5-MTN)
- (3) 1,2-Indandion
- (4) 1,2,3-Indantrion (Ninhydrin).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden ausschließlich Versuche mit Ninhydrin durchgeführt. Ihrer Beschreibung soll aufgrund der Vielzahl diesbezüglicher Varianten im Folgenden etwas mehr Raum gewährt werden.

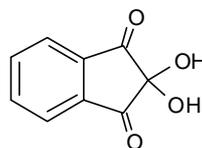
Weitere Informationen zu den anderen Reagenzien finden sich im Internet unter der oben angegebenen Adresse sowie unter [22, 23].

Ninhydrin wird in der kriminaltechnischen Praxis häufig zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke eingesetzt. Als Ergebnis erhält man hell- (purpurfarbene) bzw. dunkelviolette (blaue) Spuren, die bei Bedarf durch eine Zweitbehandlung als Farbvarianten in ihrer Erscheinung verändert werden können.

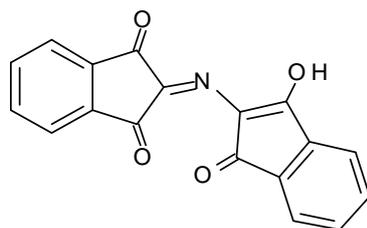
Das Ninhydrin-Verfahren empfiehlt sich insbesondere bei Schreibmaschinenpapier, Zeitungen und Pappe als Spureenträger [17]. Für großflächige Untersuchungen an Raufasertapeten ist die Methode ebenso geeignet, wie auch bei mehreren Jahren alten Fingerabdrücken [24].

Ninhydrin reagiert mit Aminosäuren, Polypeptiden und Proteinen [25], die im Fingerabdruck enthalten sind. Der zugrunde liegende Mechanismus ist relativ kompliziert. Eine ausführliche Deutung findet sich bei [26].

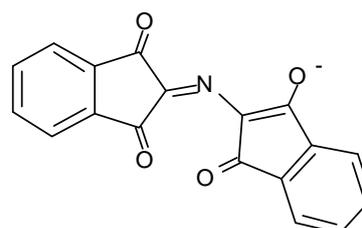
Abb. 3 zeigt die Strukturen von Ninhydrin und die der Endprodukte der Ninhydrin-Reaktion:



**a** Ninhydrin



**b** hellviolett/purpurfarben



**c** dunkelviolett/blau

**Abb. 3:** Strukturformeln von **a** Ninhydrin und **b, c** der Endprodukte der Ninhydrin-Reaktion (nach [25, 27]).

Hinsichtlich des Lösungsmittels für Ninhydrin werden in der Literatur Methanol [2], Ethanol [28], 1-Butanol [2, 28], Aceton [2, 17, 28] sowie Petroleum-Benzin (40 - 60 °C) [17], teilweise mit und teilweise ohne Zusatz von Eisessig vorgeschlagen. In der polizeilichen Praxis finden überwiegend die Lösungsmittel Aceton und Petroleum-Benzin (NPB-Verfahren) ihre Anwendung.

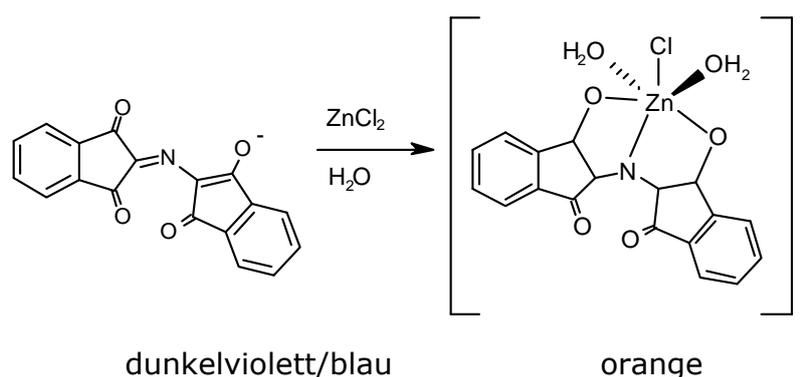
Nach der Auftragung der Reagenzlösung bedarf es zur Entwicklung latenter Fingerabdrücke zu hell- (purpurfarbenen) bzw. dunkelvioletten (blauen) Spuren entweder einer relativ langen Zeitspanne bei Raumtemperatur (ca. 72 h) oder einer etwa 30-minütigen Wärmebehandlung (90 - 100 °C) z. B. im Trockenschrank. Eine eingestellte Schale mit Wasser sorgt dabei für die richtige Luftfeuchtigkeit.

Eine Alternative zur beschleunigten Entwicklung im Trockenschrank ist die Erwärmung des Spurenträgers mit einem Bügeleisen [24]. Die Spur wird zuvor mit einem zweiten Blatt (vorzugsweise Fließpapier) abgedeckt. Ist die Qualität der Spur trotzdem nicht zufrieden stellend, so kann auf die Spur erneut Ninhydrin-Lösung aufgebracht werden. Das Fließpapier wird nun mit dest. Wasser befeuchtet, über die Spur gelegt und erneut gebügelt.

Wie bereits erwähnt, erhält man Farbvarianten bzw. fluoreszierende Spuren durch eine geeignete Zweitbehandlung. Besprüht man die mit Ninhydrin sichtbar gemachten daktyloskopischen Spuren mit einer Zinkchlorid-Lösung (alternativ Zinknitrat-Lösung), trocknet sie anschließend an der Luft und unterzieht sie einer Wärmebehandlung im Trockenschrank (70 - 80 °C), so wird die im Bereich des sichtbaren Lichtes rotviolette (purpurfarbene) bzw. dunkelviolette (blaue) Spur orange. Sie verliert dabei aber etwas an Kontrast.

Eine Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge von 480 nm bei gleichzeitiger Kühlung mit flüssigem Stickstoff führt hingegen zu einem verbesserten Kontrast aufgrund auftretender Fluoreszenz (empfindliche, relativ unzuverlässige Reaktion).

Der Grund für die Orangefärbung im Bereich des sichtbaren Lichts und die Fluoreszenz bei 480 nm ist die Bildung eines Zink-Komplexes (vgl. Abb. 4):



**Abb. 4:** Komplexbildung des dunkelvioletten Farbproduktes der Ninhydrinreaktion mit Zinkchlorid (nach [29]).

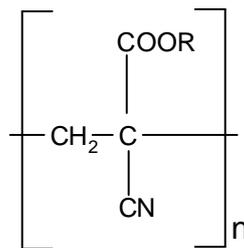
Neben Zink-Ionen bilden auch Cadmium-Ionen mit Ninhydrin einen fluoreszierenden Komplex. Dazu muss der Spurenträger nach der Aufbringung einer Cadmiumchlorid-Lösung (alternativ Cadmiumnitrat-Lösung) mit flüssigem Stickstoff gekühlt und mit Licht der Wellenlänge von 505 nm bestrahlt werden (empfindliche, relativ unzuverlässige Reaktion) [23].

Die Behandlung mit Kupfer(II)-Verbindungen führt im Bereich des sichtbaren Lichtes zu einer Rotfärbung der Spur, wiederum aufgrund von Komplexbildung [2, 28].

### Cyanacrylat

Einen entscheidenden Fortschritt bei der Sicherung latenter Fingerabdrücke auf Kunststoffen, Kunstleder und Metallen brachte 1978 die Entdeckung, dass verdampftes Cyanacrylat ("Sekundenkleber") bevorzugt auf Fingerspuren bzw. mit Hilfe der darin enthaltenen Feuchtigkeit polymerisiert [11, 30]. Die Fingerabdrücke werden so chemisch fixiert als grauweißes Muster sichtbar und sind weitestgehend vor Zerstörung geschützt.

Cyanacrylat-Klebstoffe sind Einkomponentenklebstoffe auf der Basis von monomeren 2-Cyanoacrylsäureestern [31]. Sie härten sehr schnell durch Spuren von Wasser zu hochmolekularen, unvernetzten Polymeren aus (daher auch die Bezeichnung Sekundenkleber). Abb. 5 zeigt einen strukturellen Ausschnitt aus dem 2-Cyanoacrylsäureester-Polymer:

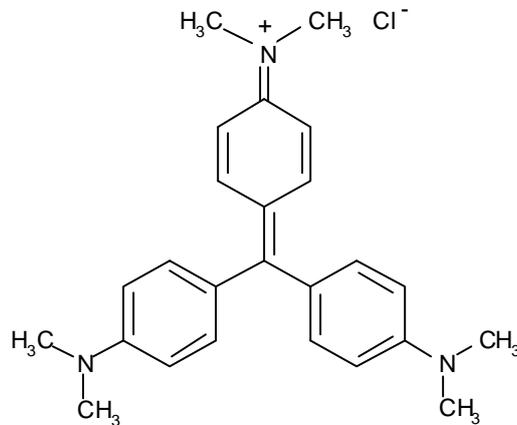


**Abb. 5:** 2-Cyanoacrylsäureester-Polymer

Die bei normaler Verwendung unerwünschte Niederschlagsbildung in der Umgebung eines aufgetragenen Cyanacrylat-Klebstoffes (engl. "blooming") wird für den Zweck der Spurensicherung bewusst durch die Verdampfung der Monomere herbeigeführt. Die für diesen Zweck besonders geeigneten Produkte (z. B. SICOMET 5040 der Fa. Sichel-Werke GmbH) sind höher stabilisiert, d. h., sie enthalten bestimmte Stoffe (säurehaltige Stabilisatoren im ppm-Bereich), die bei einer Verdampfung des Klebers für eine zeitlich verzögerte Polymerisation sorgen.

Die von J. Almog und A. Gabay [32] erstmals beschriebene "Modified Super Glue® Technique" geht vom polymerisierten 2-Cyanoacrylsäureester aus. Dieser wird erhitzt, zersetzt sich in seine Monomere und polymerisiert erneut auf der Spur.

Um einen stärkeren Kontrast zwischen der bedampften Spur und dem Spurenträger zu erreichen, gibt es auch hier - vergleichbar mit dem Ninhydrin-Verfahren - Möglichkeiten der Zweitbehandlung. Für eine Anfärbung im Bereich des sichtbaren Lichtes eignen sich die gängigen Einstaubmittel und eine wässrige Kristallviolett-Lösung (auch Gentian Violett- oder kurz GV- Lösung genannt) [30, 33]. Die Spuren werden durch den Triphenylmethan-Farbstoff Kristallviolett (vgl. Abb. 6) blau/violett eingefärbt.



**Abb. 6:** Strukturformel von Kristallviolett.

Durch die Auftragung z. B. einer Safranin-O-Lösung oder einer Rhodamin 6 G-Lösung und Anregung mit Grünlicht erhält man fluoreszierende Spuren [30, 34].

### Weitere Verfahren

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Verfahren gibt es noch andere Methoden der daktyloskopischen Spurensicherung:

*Gentian Violet-Verfahren* [11]: Die bereits im letzten Abschnitt erwähnte GV-Lösung eignet sich für die Sichtbarmachung von Fingerabdrücken auf Klebbandinnenseiten (Papier-, Textil- und Kunststoffklebebänder, Klebefolien etc.). Dazu wird der Spurenläger kurz in die GV-Lösung getaucht oder damit besprüht und anschließend unter fließendem Wasser abgespült. Die Spuren werden blau eingefärbt.

*Nachweis von Fingerabdrücken auf Messing, z. B. auf Patronenhülsen*, verändert nach [2]: Hierzu taucht man den Spurenläger mehrmals kurzzeitig in eine ammoniakalische Kupfer(II)-Salz-Lösung. Das Ergebnis ist eine (die fettigen Fingerspuren aussparende) Schwarzfärbung des Messings. Der Grund für die Schwarzfärbung ist die Bildung von Kupfer(II)-oxid.

*Einsatz von Essigsäure bei Spurenläger aus Kupfer* [17]: Setzt man Spurenläger aus Kupfer mehrere Stunden einer Essigsäureatmosphäre aus, so bildet sich auf der Kupferoberfläche (wiederum die Fingerspuren aussparend) Kupferacetat (Grünspan).

*Einsatz von Silbernitrat* [2, 18]: Bei dieser Methode besprüht man den Spurenläger (vorzugsweise "Gebrauchspapier", z. B. Zeitungen, Schreibmaschinenpapier etc.) mit einer Silbernitratlösung. Im Anschluss entwickelt man die Fingerspuren unter Lichteinwirkung (vergleichbar mit dem photographischen Prozess) zu violetten, manchmal grau-schwarzen Linienmustern.

## Schuh-, Fuß- und Fahrzeugspuren

"In einem Fluss wurde einmal ein Ertrunkener gefunden. Man nahm an, dass er durch einen Zufall hineingefallen sei und dass die Wunden an seinem Kopf durch Steine usw. im Wasser entstanden seien. Aber jemand kam auf den Einfall, eine Skizze seiner Schuhe zu zeichnen und suchte das Flussufer nach dieser Fährte ab, die er fand und verfolgte, bis er schließlich an eine Stelle gelangte, wo offenbar ein Handgemenge stattgefunden hatte. Der Boden war hier stark zertrampelt, Zweige von den Büschen am Flussufer waren abgebrochen und man entdeckte die Fährten der Schuhe von zwei anderen Männern. Wenn man diese Männer auch niemals fand, so war doch, was man sonst niemals vermutet hätte, ein fast sicherer Nachweis erbracht, dass es sich hier um einen Mord handelte (nach Baden-Powell [43])."

Wenngleich die Methode der Spurensicherung nicht dem neuesten Stand der Kriminaltechnik entspricht, so eröffnet die Geschichte doch etwas von der Bedeutung der nach wie vor aktuellen Schuh- bzw. Fußspur als potentiellen Sachbeweis. Aus ihr lassen sich wertvolle Informationen zur Aufklärung von Verbrechen gewinnen. Als Beispiele seien hier Untersuchungen des Gangbildes und Bestimmungen anatomischer Merkmale der Füße bzw. der Schuhe und ihrer Sohle genannt [3].

Fahrzeugspuren können in diesem Zusammenhang ebenfalls individuelle Charakteristika aufweisen. Von Bedeutung sind hier Merkmale, die beispielsweise durch Beschädigung, Reparatur oder Abnutzung der Reifen entstanden sind [3]. Die in der Geschichte angefertigte Skizze ist, wie bereits erwähnt, ein eher historisches Verfahren der Spurensicherung und gilt heute allenfalls als Notlösung [3]. Die aktuellen Methoden sind nach Art der Spurenausprägung klassifiziert. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang Abdruckspuren von Eindrucksuren.

## Suche und Sicherung von Abdruckspuren

Abdruckspuren entstehen durch die Übertragung von den Schuhen, Füßen oder Reifen anhaftenden Substanzen auf einen festen glatten Spurenläger [44]. Latente Abdrücke von unbedeckten Füßen können durch die bereits vorgestellten Adhäsionsmittel sichtbar gemacht und durch Folienabzug gesichert werden [3].

Für die Sicherung von Schuhabdruckspuren wird in der Regel der Einsatz einer speziellen Gelatinefolie empfohlen [45, 53]. Diese wird für einige Minuten auf den Abdruck gelegt, wobei die dem Spurenläger anhaftenden Substanzen von der Gelatineschicht aufgenommen werden.

Für die Sichtbarmachung von Abdrücken (bzw. latenten Eindrücken) auf Teppichböden gibt es spezielle Verfahren [47]. Eine physikalische Methode dieser Art macht sich die elektrostatische Aufladung der Oberfläche durch das Laufen zunutze. Die Spuren werden dabei durch kleine, leichte Kunststoffkugeln sichtbar gemacht. Ein anderes Verfahren wertet die für das menschliche Auge unsichtbaren Fußabdruckspuren auf einem Teppich durch die sog. Interferenzho-

lographie aus. Dabei werden Fußabdrücke nach der Erstellung von zwei Hologrammen mit derselben Fotoplatte in Form von Interferenzlinien sichtbar.

Abdrücke von Reifenspuren lassen sich sichtbar machen, indem man sie (genauer: die Weichmacher) mit UV-Licht zum Fluoreszieren anregt (vgl. Versuch nach Lipscher [18]). Gute Ergebnisse können hier auf Beton und Pflastersteinen erzielt werden. Spuren auf Bitumen oder Teer lassen sich jedoch nicht erkennen, da diese Spurenträger selbst zur Fluoreszenz angeregt werden und damit jedes Reifenmuster überdecken [47].

### **Sicherung von Eindrucksuren**

Schuh-, Fuß- oder Reifeneindrücke können in weichen modellierbaren Substanzen entstehen, beispielsweise in Sand oder lockerer Erde. Eine Abformung dieser Spuren wird nötig, wenn die Sicherung der Originale aus praktischen Gründen nicht möglich ist. Man erhält durch sie ein dreidimensionales, spiegelverkehrtes Abbild, das den gleichen Beweiswert wie die Originalspur besitzt [17]. Als Abformmaterial wird in aller Regel Gips verwendet [3].

Vor der eigentlichen Abformung sollten die Spuren fixiert werden. Als geeignete Mittel erweisen sich u. a. Haarspray, Klarlack sowie eine ethanolische Schellacklösung [3, 17]. Sie erzeugen eine dünne feste Schicht auf der Spur und verhindern damit eine Beschädigung der Eindrücke beim späteren Eingießen des Gipsbreies.

Bezüglich des Abformmaterials wird seitens der Literatur sowohl auf den "normalen" gebrannten Gips (z. B. Molto-Fill und vergleichbare Produkte) als auch auf die Klasse der Dentalgipse verwiesen [17]. Letztere zeichnen sich durch gute Fließfähigkeit während der Verarbeitung, geringe Expansion und Wärmeentwicklung beim Abbinden und eine glatte und porenfreie Oberfläche nach erfolgter Härtung aus [48, 49]. Diese speziellen Eigenschaften werden durch den Zusatz so genannter Stellmittel erreicht. Wasserlösliches Melaminharz sorgt beispielsweise für eine verbesserte Fließfähigkeit des Gipsbreies [50].

Der Aushärtung aller Gipse liegt die Reaktion von Calciumsulfat-Halbhydrat mit Wasser zu Calciumsulfat-Dihydrat zugrunde.

### **Werkzeugspuren**

Der klassische Einbrecher verschafft sich mit Gewalt Zugang zu seinem Objekt und gebraucht dabei allerlei Utensilien. Für die Kriminaltechnik eröffnet sich damit ein neuer Spurenkomplex: Die Werkzeugspur.

Nach Pohl [2] sind Werkzeugspuren "Ein- oder Abdrücke der vom Täter verwandten Hilfsmittel am Tatort oder auch seiner Umgebung." Nach ihrer Erscheinungsform unterteilt man [2, 3, 44] in:

- (1) Druck- und Formspuren
- (2) Gleit-, Kratz-, Zieh- oder Schartenspuren
- (3) Zwick- und Abtrennsuren
- (4) Säge- und Bohrspuren
- (5) Hack-, Hieb- und Schnittspuren
- (6) Sonderform: Veränderungen an Fabrikationskennzeichen.

In der kriminalistischen Praxis umfasst dieser Bereich u. a. die Identifizierung von Werkzeugen anhand ihrer charakteristischen Spuren, die Untersuchung von Sicherungseinrichtungen (Schlössern etc.), Maschinen und Instrumenten sowie die Reproduktion entfernter oder veränderter Fabrikationsnummern an Kraftfahrzeugen, Waffen etc. [44].

Eine besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang das Abformverfahren auf Silicon-Basis als Methode der Spurensicherung und die Ätztechnik zur Reproduktion entfernter oder veränderter Fabrikationskennzeichen.

### **Abformungen mit Silicon**

Kann eine Spur nicht im Original gesichert werden, so ist i.d.R. ein Abformverfahren, ähnlich der Sicherung einer Schuh-, Fuß- oder Fahrzeugspur, nötig. Im Vergleich zu den dort verwendeten Gipsen haben sich in der Praxis für Werkzeugspuren (einen festen Spurenläger vorausgesetzt) Materialien auf Basis von Siliconkautschuken durchgesetzt [3].

Diese Siliconkautschuke bestehen im Wesentlichen aus Polydiorganosiloxanen ( $-R_2SiO-$ , mit  $R = \text{org. Rest}$ ), die sich durch eine Vernetzungsreaktion in den gummielastischen Zustand überführen lassen. Der Name Siloxan bezeichnet dabei die Si-O-Si-Bindung. Sie enthalten zudem Füllstoffe als Verstärker (z. B. Siliciumdioxid) und Pigmente für eine verbesserte photographische Dokumentation. Die Vernetzung (Vulkanisation) findet bei Raumtemperatur statt. Man bezeichnet solche Silicone deshalb auch als kalthärtende oder RTV- (engl.: room temperature vulcanizing) Siliconkautschukmassen. Die diesbezüglich angebotenen Produkte sind Zweikomponentensysteme (RTV-2), d. h., eine Vulkanisation findet erst nach der Zugabe eines Vernetzers ("Härter") statt. Dabei handelt es sich beispielsweise um Gemische aus Kieselsäureestern (z. B. Ethylsilikat) und Zinnorganischen Verbindungen. Die Vernetzungsreaktion verläuft unter Bildung von Si-O-Si-Brücken aus  $-Si-O-R$  und  $Si-OH$ , bei gleichzeitiger Abspaltung von Alkoholen.

Aus der chemischen Charakterisierung ergibt sich die vollständige Bezeichnung: Kondensationsvernetzender RTV-2 Siliconkautschuk [31, 51, 52].

### **Veränderungen an Fabrikationskennzeichen**

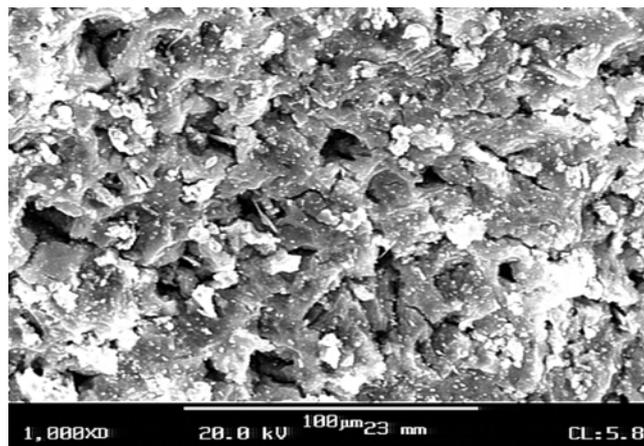
Kraftfahrzeuge, Schusswaffen und Schlüssel von Schließanlagen sind typische Gegenstände, die mit individuellen Kennzeichen in Form von Buchstaben, Ziffern oder - im Fall von Waffen - mit Besusszeichen versehen sind. Sie ermöglichen eine Identifizierung des Gegenstandes und i.d.R. eine eindeutige Bestimmung des Besitzers.

Wird ein solcher Gegenstand im Rahmen einer Straftat eingesetzt, so verändert oder entfernt der Täter oftmals diese ihn entlarvende Spur. Dies kann z. B. durch Ausfeilen, Ausbohren, Abschleifen, Zerschlagen der Originalkennzeichnung oder Einschlagen anderer Zeichen geschehen.

Die Kriminaltechnik gebraucht in solchen Fällen zur Reproduktion der Originalkennzeichnung die Methode des metallographischen Ätzens [2] (auch "Gefügekontrastierung" genannt, nach Petzow [53]).

Durch das Verfahren werden die Veränderungen innerhalb des Materialgefüges sichtbar, die bei der Einarbeitung der Kennzeichen durch die Prägewerkzeuge entstanden sind. Dies wird durch den Einsatz von Oxidationsmitteln erreicht, die aufgrund von Potentialunterschieden zwischen den Gefügeausprägungen einen unterschiedlich starken Materialabtrag von deren Oberfläche bewirken [53].

Abb. 7 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Aluminiumoberfläche nach der Einwirkung von 10%iger Natriumhydroxid-Lösung als Ätzmittel.



**Abb. 7:** Aluminiumoberfläche nach Einwirkung 10%iger Natriumhydroxid-Lösung

---

## LITERATURVERZEICHNIS

---

- [1] N. Ern  (Hrsg.), A. Conan Doyle, Sherlock Holmes, sämtliche Romane, deutsche Lizenzausgabe, Mosaik Verlag, Hamburg k. A.
- [2] K. D. Pohl, Handbuch der Naturwissenschaftlichen Kriminalistik, Heidelberg 1981
- [3] W. Burghard, H.-W. Hamacher (Hrsg.), Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik Nr. 2, Naturwissenschaftliche Kriminalistik, Hilden/Rhld. 1993
- [4] BKA Informationen aus dem "Folienpool KT", Stand: April 1999
- [5] T. Peppersack, K. Baumann, Die Kriminaltechnik, Kriminalistik 52 (1998) 665-672
- [6] M. Benecke, Kriminalbiologie, Bergisch Gladbach 1999
- [7] H. Patscheider, H. Hartmann, Leitfaden der Rechtsmedizin, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle 1993
- [8] W. Helbig, Forensische Chemie Teil I, Sektion Kriminalistik der Humboldt-Universität Berlin, Lehrmaterial 1988
- [9] Kriminaltechnisches Institut des Bundeskriminalamtes (Hrsg.), Darstellung ausgewählter Untersuchungsverfahren anhand von Kriminalfällen, Wiesbaden 1996
- [10] W. Zirk, G. Vordermaier, Kriminaltechnik und Spurenkunde, Lehrbuch für Ausbildung und Praxis, Stuttgart, München, Hannover, Berlin, Weimar, Dresden 1998
- [11] W. Burghard, H.-W. Hamacher (Hrsg.), Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik Nr. 6, Erkennungsdienst, Daktyloskopie; Melde- und Auswertungsdienst, Hilden/Rhld. 1989
- [12] L. Strobel, Der Fall Jesus, Asslar 1999
- [13] Landeskriminalamt Thüringen, Kriminaltechnik, Daktyloskopie, <http://www.polizei.thueringen.de/lka/index.html>, Zugriff 01.06.01
- [14] Bundeskriminalamt, Erkennungsdienst, <http://www.bka.de/about/text.html>, Zugriff 23.04.01
- [15] Fa. H. St ckle, Katalog 98.09
- [16] H.-H. Huelke, Spurenkunde, Sicherung und Verwertung von Tatortspuren, Heidelberg, Hamburg 1977
- [17] W. Burghard, H.-W. Hamacher (Hrsg.), Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik Nr. 22, Spurenkunde I, Hilden/Rhld. 1997
- [18] J. Lipscher, Chemie und Verbrechen, ChiuZ 32 (1998) 143-149
- [19] Fa. BVDA International B.V., Amino acid reagents, [http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_8a.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_8a.html), Zugriff 02.03.01

- [20] Fa. BVDA International B.V., DFO,  
[http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_8b.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_8b.html), Zugriff 02.03.01
- [21] Fa. BVDA International B.V., 1,2-IND,  
[http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_8c.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_8c.html), Zugriff 02.03.01
- [22] Fa. BVDA International B.V., 1,2-Indanedione,  
[http://www.bvda.com/EN/prdctinf/en\\_ind\\_1.html](http://www.bvda.com/EN/prdctinf/en_ind_1.html), Zugriff 02.03.01
- [23] Fa. BVDA International B.V., 5-Methylthioninhydrin,  
[http://www.bvda.com/EN/prdctinf/en\\_mtn\\_1.html](http://www.bvda.com/EN/prdctinf/en_mtn_1.html), Zugriff 02.03.01
- [24] S. Bartko, Daktyloskopische Spuren auf Papier, Kriminalistik 54 (2000) 405-407
- [25] H. Auterhoff, J. Knabe, H.-D. Höltje, Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie, Stuttgart 1999
- [26] B. Breuer, H. Breuer, Reaktionsmechanismus der Ninhydrinprobe, PdN-Ch. 45 (1996) 3, 18-20
- [27] A. Streitwieser, C. H. Heathcock, Organische Chemie, Weinheim, New York 1986
- [28] E. Merck, Anfärbereagenzien für Dünnschicht- und Papier-Chromatographie, Darmstadt 1970
- [29] BVDA International B. V., Ruhemann's purple complexation with zinc,  
[http://www.bvda.com/EN/popup/rp\\_zncl2.html](http://www.bvda.com/EN/popup/rp_zncl2.html), Zugriff 29.05.01
- [30] Bundeskriminalamt, Aktuelle Methoden der Kriminaltechnik und Kriminalistik, Wiesbaden 1995
- [31] CD Römpp Chemie Lexikon, Version 1.0, Stuttgart, New York 1995
- [32] J. Almog, A. Gabay, A Modified Super Glue Technique, Journal of Forensic Sciences, 1 Jan. (1986) 250-253
- [33] H. J. Kobus, R. N. Warrenner, M. Stoilovic, Two simple staining procedures which improve the contrast and ridge detail of fingerprints developed with "Super Glue" (Cyanoacrylate Ester), Forensic Science International, 23 (1983) 233-240
- [34] Fa. BVDA International B. V., Cyanoacrylate staining solutions,  
[http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_9b.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_9b.html), Zugriff 02.03.01
- [35] F. Schleyer, I. Oepen, Leitfaden der gerichtlich-medizinischen Blutspuren-Untersuchung, Lübeck 1977
- [36] H. Brandl, Nachweis okkultur Blutspuren in der Forensischen und Klinischen Chemie, MNU 47 (1994) 226-233
- [37] Fa. BVDA International B.V., Staining of traces in blood,  
[http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_11a.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_11a.html), Zugriff 02.03.01
- [38] K. Lübke, E. Schröder, G. Kloss, Chemie und Biochemie der Aminosäuren, Peptide und Proteine II, Stuttgart 1975

- [39] F. Hecht et al., Methoden der Analyse in der Chemie, Band 10, Frankfurt a. M. 1968
- [40] P. Böck (Hrsg.), B. Romeis, Mikroskopische Technik, München, Wien, Baltimore 1989
- [41] Fluka, Riedel-de Haën®, Laborchemikalien und analytische Reagenzien, Katalog 1999/2000
- [42] F. S. Groth, et al., Two new staining procedures for quantitative estimation of proteins on electrophoretic strips, *Biochim. Biophys. Acta*, 71 (1963) 377-391
- [43] R. Baden-Powell, Pfadfinder, Düsseldorf 1977
- [44] J. Brack, N. Thomas, Kriminaltaktik, Stuttgart, München, Hannover 1983
- [45] G. Lehmann, Schuhspuren-Ungenutzte Chancen des Sachbeweises?, *Kriminalistik* 51 (1997) 188-192
- [46] Fa. BVDA International B.V., Finger- and footprint gelatin lifters, [http://www.bvda.com/EN/sect1/en\\_1\\_2a.html](http://www.bvda.com/EN/sect1/en_1_2a.html), Zugriff 02.03.01
- [47] B. H. Kaye: Mit der Wissenschaft auf Verbrecherjagd, Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto 1997
- [48] W. Wisser, S. Bruchmann, Anforderungen an Dentalgipse in der zahnärztlichen Prothetik, <http://www.uni-marburg.de/zahnmedizin/papers/MATERIAL/GIPSTAG/ab25.htm>, Zugriff 08.03.01
- [49] Fa. SIGAN Germany Dentalprodukte, Produkt-informationen, <http://www.sigadent.de>, Zugriff 11.04.01
- [50] J. Wolf, K. M. Lehmann, Wechselwirkung zwischen Stellmittel und Subhydrat, Einfluß auf die Abbindezeit, <http://www.uni-marburg.de/zahnmedizin/papers/MATERIAL/GIPS/STELL/ergeb.htm>, Zugriff 08.03.01
- [51] N. N. Greenwood, A. Earnshaw, Chemie der Elemente, Weinheim, Basel, Cambridge, New York 1988
- [52] Fa. H. Stöckle, Produktinformation Silmark, Sicherheitsdatenblätter Silmark und Silmark Härterpaste
- [53] G. Petzow, Metallographisches, keramographisches, plastographisches Ätzen, Berlin, Stuttgart 1994
- [54] Archiv des Zentrums der Rechtsmedizin/ Frankfurt a. M.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.