

FORENSISCHE CHEMIE



Speuren naar sporen

Ooit was het vergrootglas het enige instrument van forensisch onderzoekers. Inmiddels is hun assortiment technische hulpmiddelen grondig uitgebreid en werken ze in een team van specialisten: toxicologen, pathologen, vingersporendeskundigen en drugsexperts delen hun kennis met DNA-onderzoekers. Vooral de ontdekking van DNA als bijna uniek persoonlijk herkenningsmateriaal zorgde voor een geweldige sprong voorwaarts in de misdadbestrijding. Zelfs synthetisch DNA wordt tegenwoordig ingezet om de daders van een misdrijf te achterhalen.

Maar ook andere sporen leiden dankzij geavanceerde chemische technieken steeds beter naar de dader. De ontwikkelingen op dit terrein zijn nog lang niet tot stilstand gekomen. Mogelijk kunnen we straks aan een blauwe plek zien waar-

door deze veroorzaakt is, of aan een vingerafdruk aflezen wat de dader de vorige dag heeft gegeten. Dat had Archimedes, de grondlegger van het forensisch onderzoek, waarschijnlijk nooit durven denken.

In deze Chemische Feitelikheden

- De Context: Van de oude Grieken tot de modernste technologische snuffes – hoe heeft het forensisch onderzoek zich ontwikkeld? En wat heeft dat opgeleverd?
- De Basis: Mevrouw Jansen wordt dood aangetroffen in haar huis. Wat komt er allemaal bij kijken om deze zaak op te lossen? Welke experts werken daarbij samen?
- De Diepte: Hoe maak je een vingerafdruk zichtbaar en wat zijn de nieuwste ontwikkelingen op dit terrein?

Moorden, verkrachtingen, inbraken, overvallen. Opsporingsteams lukt het steeds beter om ze op te lossen. De forensische wetenschap maakt vooral dankzij DNA-onderzoek sprongen vooruit. **Chemie** speelt daarbij een grote rol.

Steeds een beetje beter zoeken

In de Amerikaanse TV-serie CSI gaat het natuurlijk allemaal als een speer: het identificeren van een verdachte, het vaststellen van het tijdstip én de oorzaak van het overlijden, het analyseren van dadersporen en de invloed van eventuele verdovende middelen. *Case closed*.

De praktijk is weerbarstiger, maar toch hebben ook échte forensische onderzoeksteams steeds meer middelen tot hun beschikking bij het oplossen van moorden en andere misdrijven. Een belangrijke bijdrage levert de forensische chemie: het analyseren van materialen die te maken hebben met een misdrijf. Forensisch betekent letterlijk 'de rechtspraak ten dienst staande'. De kerntaak van een forensisch onderzoeker is dan ook assisteren bij het vaststellen of een misdaad is gepleegd en zo ja, helpen zoeken naar de dader.

Forensische chemie wordt niet alleen ingezet bij moord- en verkrachtingszaken, maar ook bij andere misdrijven. Denk bijvoorbeeld aan inbraken, overvallen en brandstichtingen. De laatste jaren zijn de ontwikkelingen binnen de forensische chemie razendsnel gegaan en – mede door de populariteit van CSI – staat het



Vingerafdrukken verraden de dader: ze zijn voor iedereen uniek.

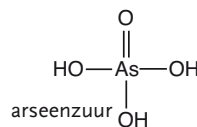
vakgebied middenin de belangstelling van de burgers en beleidsmakers.

ONTMASKEREN

Waarschijnlijk is forensisch onderzoek al zo oud als de misdaad. Historici beschouwen Archimedes (287-212 v.Chr.) echter als de grondlegger van de forensische wetenschap. Op basis van de dichtheid en het drijfvermogen ontmaskerde hij een nep-gouden kroon – die van een goedkoper metaal vervaardigd was. De oudst beschreven technieken voor het oplossen van moorden via analyses van het stoffelijk overschot stam-

men uit 1247, toen de Chinees Song Ci in het boek *Washing away of wrongs* onder andere beschreef hoe men verdrinking kon onderscheiden van wurging. Dit standaardwerk bleef eeuwenlang in gebruik en werd in verschillende talen uitgebracht.

In de zeventiende eeuw verschenen de eerste boeken over autopsie en pathologie. Een eeuw later kwam de eerste detectietechniek beschikbaar voor het aantonen van arseenzuur (H_3AsO_4), het meest gebruikte gif bij het plegen van moorden. In 1836 gebruikte de Engelsman James Marsh als eerste chemische technieken om arsenicum als doodsoorzaak aan te wijzen in een (zelf)moordzaak.



Hij mengde de aanwezige stof met zink, waarbij arsinegas en waterstof onstond. Dit leidde hij door een buis waar het werd verhit. Hierdoor ontstonden waterstof en een zichtbare arsinedamp, die bij afkoeling neersloeg en een spiegelend oppervlak vormde.

De afgelopen eeuw begon de chemie een steeds prominentere rol te spelen in de forensische wetenschap. Fritz Pregl,

BEROEMDE GIFSLACHTOFFERS

399 v. Chr.	54	1820	1893	1954	1978	2006
						
Socrates Griekse wijsgeer	Tiberius Claudius Romeinse keizer	George III Koning van Engeland	Peter Tchaikovsky Russische componist	Alan Turing Britse wiskundige	Georgi Markov Bulgaarse journalist/ dissident	Alexander Litvinenko Russische KGB- agent/dissident
coniïne uit de gevlekte scheerling	paddestoelengif	arsenicum	enterotoxines uit de cholera bacterie	cyanide	ricine uit de castorolieplant	radioactief polonium-210

DNA-DOUCHE



Behalve bij opsporing kan forensische kennis ook helpen bij het voorkómen van misdrijven. Eind 2008 kwam een douche met synthetisch DNA in het nieuws die winkelovervallers 'brandmerkt', zodat ze kunnen worden geïdentificeerd door opsporingsdiensten. De winkelier drukt tijdens een overval op een knop die boven de uitgang van de winkel een spray activeert. Hierdoor wordt de overvaller bij het verlaten van het pand besprenkeld met een transparant synthetisch goedje, gemaakt van hetzelfde materiaal als ons DNA: desoxyribonucleïnezuur.

Het synthetische DNA van het Britse bedrijf SelectaDNA codeert nergens voor, maar licht onder

uv-licht blauw op. Het bestaat uit twee delen: het ene is universeel, het andere is uniek voor elke spray en is daardoor tot één winkel te herleiden. Door verschillende combinaties van de vier basenparen van het DNA te gebruiken ontstaan er meer dan een miljoen mogelijkheden. De makers geven toe dat ze de naam DNA wel een beetje hebben misbruikt, opdat criminelen het associëren met sterk bewijsmateriaal. Maar het gaat dus vooral om de afschrikkende werking. Eén mogelijke complicatie is dat onschuldige klanten worden besprayd en vals worden beschuldigd. Het lijkt dan ook verstandig het bewijsmateriaal altijd te combineren met videobeelden of ooggetuigenverslagen. |

VAN EIGEN BODEM

Het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) ontstond in 1999 na een fusie van het Gerechtelijk Laboratorium en het Gerechtelijk Geneeskundig Laboratorium. Tot 2004 stond het NFI in Rijswijk, tegenwoordig huist het in Den Haag. Inmiddels is het NFI niet meer het enige instituut dat forensisch onderzoek verricht. Voormalig medewerkers van het NFI begonnen in 2003 in Hulshorst met het eerste onafhankelijke bureau IFS (Independent Forensic Services). En in Limburg werd in april 2008 het Maastricht Forensic Institute opgericht, dat natuurwetenschappelijke en gedragswetenschappelijke kennis in de strafrechtwereld probeert te combineren. In Leiden begon in 2008 het bedrijf BaseClear een commercieel laboratorium met forensisch DNA-onderzoek. Zusterbedrijf Verilabs Nederland biedt ook ander sporenonderzoek aan, van drugsprofielen tot analyse van gereedschapssporen die zijn achtergelaten bij inbraken. Tot 2009 hadden politie en het openbaar ministerie alleen budget om bij het NFI hun forensische onderzoeken te laten uitvoeren. Sindsdien is een klein percentage gereserveerd voor de particuliere labs. |

een Oostenrijkse chemicus, introduceerde in 1911 de organische microanalyse. Hij ontwikkelde analytische methoden die het mogelijk maakten om de componenten van een organische verbinding vast te stellen op basis van een monster van slechts een paar milligram, terwijl eerder vijftig keer zoveel nodig was. Een jaar later kwam Joseph Thomson met de voorloper van de massaspectrometer, die nu nog steeds een prominente rol speelt bij het identificeren van stoffen die aanwezig zijn op de plaats delict.

SPORENONDERZOEK

In die tijd kwam ook onderzoek naar sporen zoals schoenafdrukken in gebruik. De belangrijkste troef van de forensisch onderzoeker zijn sporen die direct wijzen naar een individu of plaats. Een bekend voorbeeld hiervan is natuurlijk de vingerafdruk, die in 1858 voor het eerst ter identificatie werd toegepast door de Engelsman William Herschell, toen hij wilde voorkomen dat zijn Indiase arbeiders tweemaal hun loon in ontvangst namen. Pas in 1901 begon de Britse Scotland Yard als eerste opsporingsdienst met het verzamelen van vingerafdrukken en vingersporen als bewijsmateriaal. De afdrukken zijn afkomstig van verdachten, de sporen van de plaats delict.

Gelukkig hebben forensisch onderzoekers steeds minder materiaal nodig om daders te kunnen opsporen. Een heel klein beetje lichaamsmateriaal is al voldoende. Hieruit isoleren de onderzoekers DNA, het genetische materiaal dat in elke lichaamscel zit. Omdat dit voor iedereen (behalve eenenige meerlingen!) uniek is, wordt DNA ook gebruikt om een dader op te sporen of uit te sluiten.

Veel andere sporen die voor forensisch onderzoekers interessant zijn, hebben te maken met de toedracht en omstandigheden van het misdrijf. Bekend voorbeeld hiervan is of er drugs, alcohol of andere medicijnen in het spel zijn geweest. Forensisch chemici zijn bijvoorbeeld steeds beter in het identificeren van gif waarmee een slachtoffer is omgebracht. Daarnaast is er ook onderzoek naar explosieven en wapens. Ook rubbersporen op straat van een razendsnel opgetrokken sportwagen kunnen zeer waardevol zijn.

BEWIJZEN

Al zijn bewijsstukken vaak nog zo overtuigend, in de rechtszaal geldt nog altijd het credo 'één bewijs is geen bewijs'. Men spreekt om deze reden dan ook van een bewijsconstructie, die moet bestaan uit een verzameling van technische en tactische bewijzen. De eerste

zijn de sporen, bij de tweede gaat het om andere informatie over verdachten, slachtoffers en betrokkenen. Een bewijs krijgt immers pas kracht in combinatie met een zogeheten toedrachtscenario, een hypothese die betekenis geeft aan het gevonden bewijs.

Vaak leveren technisch rechercheurs (en het Nederlands Forensisch Instituut) aanknopingspunten waar de tactische recherche mee aan de slag kan. Maar uiteindelijk beslist natuurlijk de rechter wat de bewijswaarde is van een bepaald object of gegeven, en wat er nog meer nodig is om uiteindelijk tot een uitspraak te komen. Ook hier ligt het in de praktijk ingewikkelder dan in het immer soepele CSI. |



Technisch rechercheurs verzamelen en analyseren sporen als bewijslast tegen verdachten. De zogeheten Forensisch Technische normen schrijven exact voor hoe zij te werk moeten gaan.

Forensisch onderzoek is een **multidisciplinair proces** waarbij veel experts betrokken zijn. Chemische technieken helpen bij het oplossen van misdrijven. Een voorbeeld: de raadselachtige dood van mevrouw Jansen.

Samen op het spoor

Mevrouw Jansen is spoorloos. Drie dagen geleden werd ze nog gesignaleerd in het winkelcentrum, maar sindsdien is er niets meer van haar vernomen. De politie heeft een onderzoek ingesteld en daarbij de recherche ingeschakeld. Wanneer de agenten vanuit de tuin poolhoogte nemen van de woning van de 55-jarige weduwe blijkt dat er in huis allerlei spullen overhoop zijn gehaald. De politie besluit de woning open te breken en te doorzoeken. In de badkamer treffen ze het levenloze lichaam van de vrouw aan. Naast haar ligt een leeg glas, om haar heen verspreid lege medicijnverpakkingen. Heeft mevrouw Jansen zichzelf van het leven beroofd? Of is hier iets anders aan de hand?

Dat zijn de vragen die een team van deskundigen zich stelt. Zij zetten de onderzoekslijnen uit die moeten leiden tot de

oplossing van deze tragische zaak. Er zitten verschillende forensisch experts aan tafel: een vingersporendeskundige, een toxicoloog, een DNA-expert, een patholoog en een drugsdeskundige. Aan hen de taak de bewijsstukken te analyseren: het glas, de pillen, de papieren die in de gang zwierven, kledingsstukken van mevrouw Jansen. Plus nog een omgevallen stoel uit de kamer.

AFSTEMMEN

Forensisch onderzoek is een multidisciplinair proces. Iedere specialist bepaalt wat zijn onderzoeksteam voor de zaak kan betekenen. Vervolgens stemmen ze op elkaar af wie wat en wanneer gaat doen, omdat sommige stukken van het traject door verschillende teams onder handen genomen moeten worden.

Al snel zijn de deskundigen het eens:

het glas, de stoel en de papieren gaan eerst naar de DNA-expert en daarna naar de vingersporendeskundige. Verder neemt de DNA-expert de kledingsstukken voor zijn rekening. De drugsanalyticus zal de gevonden medicijnen aan een studie onderwerpen. Het team maakt een inschatting hoe lang het onderzoek zal gaan duren, vervolgens gaat iedereen aan de slag.

VERDACHTE STOFFEN

De patholoog en toxicoloog hebben een duidelijke taak: zij moeten de doodsoorzaak vaststellen. De toxicoloog is benieuwd of er 'verdachte' stoffen in het bloed of andere lichaamsvloeistoffen van mevrouw Jansen te vinden zijn. Hij gebruikt dunnelaagchromatografie, vloeistofchromatografie en massaspectrometrie. Die methoden zijn er vooral op gericht om moleculen te identificeren. Ook gebruikt hij capillaire elektroforese: het scheiden van stoffen op basis van lading, grootte en vorm van deeltjes.

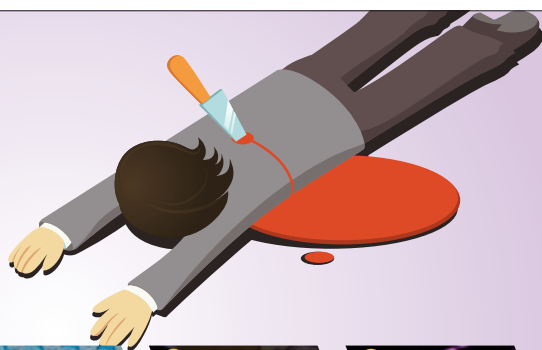
De patholoog verricht sectie op het lichaam van mevrouw Jansen; eerst bestudeert hij het stoffelijk overschot uitwendig, vervolgens opent hij het. Bij het uitwendige onderzoek vindt hij een aantal blauwe plekken, waarvan hij maar een deel kan verklaren op basis van de val op de badkamervloer. Ook ziet hij wat kleine schrammen op de rug. Hierna onderzoekt hij het lichaam inwendig. Hij inspecteert buikholte en borstholten op afwijkingen zoals de aanwezigheid van lucht, pus of bloed. Tenslotte bekijkt hij de organen. Hier ziet hij iets opmerkelijks: de lever blijkt behoorlijk vergroot. Zou dit gekomen zijn doordat ze heel veel medicijnen heeft ingenomen? Het is mogelijk. Maar is dit dan ook de doodsoorzaak geweest? De patholoog klopt aan bij de toxicoloog.

FORENSISCHE TECHNIEKEN

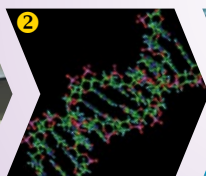
techniek	principe	toepassing
 capillaire elektroforese	scheiden deeltjes op basis van grootte, lading en vorm	identificatie toxische stoffen
 chromatografie	scheiden stoffen op basis van verschillende eigenschappen (kookpunt, hechting)	identificatie materialen op plaats delict
 DNA-elektroforese	scheiden DNA-fragmenten op basis van grootte en (negatieve) lading	DNA-onderzoek
 infraroodcamera	waarnemen van warmtestraling	snelle detectie van (recente) aanwezigheid personen/slachtoffers
 massaspectrometrie	identificeren geïoniseerde moleculen op basis van verhouding tussen massa/lading	aantonen materialen op plaats delict
 PCR	vermenigvuldigen zeer kleine hoeveelheden DNA	DNA-onderzoek

DNA LEIDT NAAR DADER

Van biologisch sporen materiaal aangetroffen op de plaats delict wordt een DNA-profiel gemaakt dat later kan worden vergeleken met het DNA van de aangehouden verdachte.



1 Verzamelen biologische sporen: haren, huidschilfers, bloed, sperma, speeksel



2 Isoleren DNA uit cellen van het biologisch materiaal



3 Vermenigvuldigen DNA via polymerase kettingreactie



4 Scheiden DNA via gel-electroforese



5 Vergelijken van gevonden DNA-profiel met dat van verdachte

Heeft hij soms een hoge dosis van een medicijn gevonden in het bloed van het slachtoffer?

De toxicoloog heeft net zijn verkennende onderzoek verricht. Dat wil zeggen: hij weet inmiddels welke stoffen er in het lichaam aanwezig waren. En inderdaad, hij heeft morfine aangetroffen in het bloed van mevrouw Jansen. Dit gaat hij specifiek onderzoeken, om de concentratie in het lichaam te bepalen. Wat blijkt? Die concentratie is wel behoorlijk hoog, maar zeer waarschijnlijk niet dodelijk. De patholoog kijkt nog eens naar het hart. Geen bijzonderheden. De plekken op het lichaam. Dan ziet hij het achterhoofd van mevrouw Jansen...

VERGELIJKEN

Ook de vingersporendeskundige weet wat hem te doen staat: het zichtbaar maken van vingersporen, zodat die kunnen worden vergeleken met de vingerafdrukken van eventuele verdachten.

Ondertussen is het DNA-team in een ander lab hard aan de slag gegaan. Eerst wordt de kleding met een *crimescoop* beschenen, om met fluorescentie te zien of er ergens lichaamsvloeistoffen (sperma, bloed, speeksel) zijn achtergebleven. Er blijkt inderdaad een grote vlek te zitten op de jurk van mevrouw Jansen. Een van de onderzoekers neemt een monster van dit spoor. Dat gaat met een label 'verdacht' naar een volgende afdeling voor DNA-isolatie uit de lichaamscellen. De volgende stap is het bepalen van de volgorde van dit DNA, waarna de onderzoeker het kan vergelijken met DNA uit de databank met

verdachten en eerder veroordeelden. Of natuurlijk om op te slaan, in afwachting van mogelijke nieuwe verdachten.

AFGEROND

Na 2 weken zijn alle onderzoeken afgerond en komen de experts weer bijelkaar. 'Wat hebben jullie gevonden?', vraagt de officier van justitie. De patholoog meldt dat mevrouw Jansen hard is gevallen, op haar achterhoofd. Maar dat ze ook een paar klappen heeft gehad, op haar zij. Haar lever is vergroot, maar ze is niet overleden aan de morfine die ze had ingenomen. De drugsexpert bevestigt dat in de badkamer ook morfine lag. Zou ze die toegediend hebben gekregen? Of heeft ze het middel zelf ingenomen?

De vingersporendeskundige is helder: op het glas van mevrouw Jansen staan alleen haar eigen vingerafdrukken. Op de stoel zitten vingersporen van een ander. Zouden die op de bewuste dag zijn aangebracht? De DNA-expert heeft vergelijkbare informatie: op het lichaam zaten sporen van een ander persoon. De officier en de tactisch rechercheur kijken elkaar aan en knikken. Hier kunnen ze mee aan de slag.

Verder speurwerk wijst uit dat mevrouw Jansen inderdaad veel kalmerende middelen gebruikte. Die bleek ze illegaal aan te schaffen. De sporen in haar huis bleken afkomstig van een eerder aangehouden dealer. Twee weken later wordt hij aangehouden. De man bekent het huis van mevrouw Jansen te zijn binnengegaan om zijn geld te eisen. Naar eigen zeggen handelde hij uit zelfverdediging,

DNA-FINGERPRINTING

DNA-fingerprints kunnen net als de klassieke vingerafdrukken worden gebruikt voor de identificatie van daders (of slachtoffers) van misdrijven. Anders dan je zou denken hoeft je daarbij niet al het DNA te vergelijken. Van de pakweg 3 miljard baseparen waarover wij beschikken zijn er slechts 3 miljoen voor ieder mens uniek. Daar kunnen onderzoekers zich bij DNA-fingerprinting dus tot beperken.

De focus ligt hierbij op het niet-coderende junk-DNA. Dat bevat veel herhalende patronen (*short tandem repeats*, ofwel STR's): stukjes van twee tot tien DNA-bouwstenen die voortdurend worden herhaald. Bijvoorbeeld AATCAATCAATCAATC. Het aantal herhalingen binnen zo'n STR verschilt van persoon tot persoon en kan dus worden gebruikt als marker.

M55-R1u	TAA	TAC	GAC	TCA	CTA	TAG	GGA	GAC	CCT	C
M60-F1u	ATT	TAG	GTG	ACA	CTA	TAG	AAT	ACC	CAA	C
M60-R1u	TAA	TAC	GAC	TCA	CTA	TAG	GGA	GAC	GAG	A
M42-F1u	ATT	TAG	GTG	ACA	CTA	TAG	AAT	ACA	GAT	C
M42-R1u	TAA	TAC	GAC	TCA	CTA	TAG	GGA	GAC	GCA	A

Een DNA-profiel is een weergave van zich herhalende patronen in junk-DNA. Deze zijn uniek voor ieder individu. De kans dat het profiel voor twee mensen (die geen familie van elkaar zijn) hetzelfde is bedraagt 1 op de miljard.

toen zij volledig doordraaide en op hem afvloog. Hij had ook niet beseft dat de kleeplaster waar hij razendsnel naar had gegrepen zo hard kon aankomen. Toen ze plotseling bewegingsloos op de grond lag, was hij radeloos geweest, had hij zich omgedraaid en was weggegaan. Mevrouw Jansen overleed hoogstwaarschijnlijk niet veel later aan de gevolgen van de klap op haar achterhoofd.



Forensische wetenschap is een verzamelterm voor bijna 150 verschillende soorten technisch-wetenschappelijk onderzoek dat gericht is op het oplossen van misdrijven. Een wiskundige specialiseert zich bijvoorbeeld in de forensische statistiek, een chemicus richt zich op nauwkeurige analysetechnieken voor onderzoek van forensisch materiaal en een bioloog houdt zich bezig met verfijning van het DNA-onderzoek.

Al ruim honderd jaar worden vingerafdrukken gebruikt bij het opsporen van verdachten. Moderne chemische technieken maken deze sporen **beter zichtbaar**. En mogelijk breder toepasbaar, bijvoorbeeld om signalementen op te stellen of DNA-profielen te maken.

Vinger op de zere plek

Doordat onze huid zowel vetten, eiwitten als andere componenten afgeeft, laten we op bijna alle oppervlakken die we aanraken vingersporen achter. Deze sporen zien er weliswaar niet zo perfect uit als de afdrukken die ter identificatie worden gebruikt, maar een klein stukje van zo'n vingerafdruk is al genoeg voor rechercheurs. Iedere vingerafdruk is namelijk uniek – zelfs eenige tweelingen hebben niet hetzelfde huidpatroon. Dit komt doordat de patronen van de zogenaamde papillaire lijnen, die zorgen voor grip en tastzin, deels genetisch zijn en deels door andere factoren uit de omgeving worden bepaald. Wanneer onze vingers groeien veranderen deze lijnen niet, ze worden alleen iets verder uit elkaar getrokken.

Nadeel van de methode die gebruik maakt van deze unieke lijnenpatronen is dat vingersporen op de plek waar een misdrijf is gepleegd vaak onvolledig zijn, of zelfs afwezig doordat de dader handschoenen droeg. Maar ook met een onvolledige vingerafdruk kunnen forensisch onderzoekers uit de voeten.

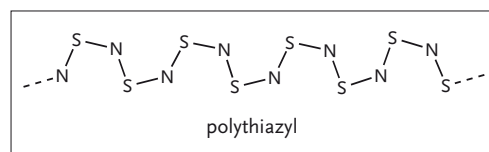
Vingersporen zijn niet altijd met het blote oog zichtbaar, dit hangt af van de poreusheid van de ondergrond – met het oog onzichtbare sporen heten ook wel

latente sporen. Soms is het contrast van het spoor zelf erg slecht, of is het contrast tussen spoor en achtergrond onvoldoende. Forensisch onderzoekers gebruiken daarom verschillende fysische en chemische methoden om de afdrukken zichtbaar te maken.

In de eerste plaats kijken ze vaak met xenonlicht. Dat heeft een breder lichtspectrum (inclusief blauw en uv-licht), waardoor het contrast groter wordt. Tot de fysische hulpmiddelen behoren poeders met een licht magnetische kracht, waardoor deze worden aangetrokken door de sporenelementen in de vingerafdruk. Een ander voorbeeld van een fysische methode is metaalopdamping, waarbij kleine hoeveelheden goud en zink worden verdampd. Sommige technieken, zoals de zogeheten methylviolet-methode, zijn gebaseerd op absorptie van kleurstoffen door de vette bestanddelen van het vingerspoor. De chemische technieken zijn gestoeld op binding van een detectiestof aan een van de componenten (voornamelijk vetten, eiwitten en zouten) in de vingerafdruk.

EXOTISCH POLYMEER

Zowel bij het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) als elders werken onderzoekers hard aan de verbetering van de detectietechnieken. Steeds proberen ze nieuwe aangrijpingspunten te vinden in vingersporen, en zoeken ze stoffen die er zo goed mogelijk aan binden. Eind 2008 ontdekten onderzoekers van de Britse universiteit van Loughborough bijvoorbeeld een nieuwe toepassing van een exotisch polymeer: het donkerblauwe polythiazyl, dat zelfs afdrukken op aluminiumfolie of katoen zichtbaar kan maken. De verbinding ontstaat uit het eenvoudige gasmolecuul S_4N_4 , dat lange



ketens kan vormen door een reactie met een nog onbekende component in de vingerafdrukken. Vingersporen op papier dat was bewerkt met water en ether werden op deze manier prima zichtbaar, en zelfs afgeschoten kogels gaven nog hun afzender prijs.

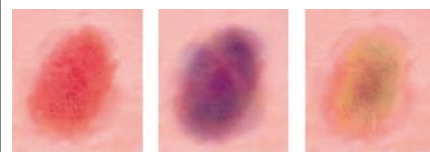
SIGNALEMENT

Tot nu toe zijn deze chemische trucs alleen gebruikt om de zichtbaarheid van de sporen te verbeteren. Toch is de verwachting dat er in de toekomst veel meer kan met vingersporen. In theorie is het mogelijk om er DNA uit te isoleren – er zitten immers huidcellen in. Ook op andere manieren kunnen de componenten in vingersporen aanwijzingen geven over de identiteit van de persoon die ze achterliet. Een Duitse onderzoeksgroep toonde in 2008 bijvoorbeeld de stof cotinine aan, een afbraakproduct van nicotine. Alleen rokers hebben deze stof in hun zweet. De onderzoekers gebruikten een specifiek antilichaam voor cotinine

DETECTIE VAN VINGERSPOREN

reagens	verklíker van
ninhydrine	eiwitten
jodium	vetten
zilvernitraat	zouten
cyanoacrylaat	zouten, hormonen, amines, vetten
zilver	niet wateroplosbare verbindingen
metallische poeders	vetten, triglyceriden, suikers

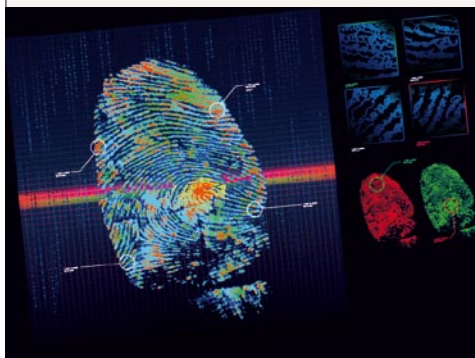
BLAUWE PLEKKEN



Een 'verse' blauwe plek is rood, maar kleurt al snel blauwpaars door de afbraak van hemoglobine. Vervolgens kleurt de plek via violet naar groen naar donkergeel en lichtgeel, om uiteindelijk na circa 2 weken te verdwijnen.

DACTYLOSCOPIE

Nadat een vingerspoot zichtbaar is gemaakt, neemt een gespecialiseerde fotograaf een zo contrastrijk mogelijke foto. Die gaat vervolgens naar de dactyloscopist, een expert die op zijn beeldscherm met het blote oog bepaalt of het vingerspoot overeenkomt met een vingerafdruk in de databank met verdachten. Op minstens twaalf van de vijftig tot honderd herkenningspunten (ongeveer 1/5 van het totaal) moeten beide plaatjes matchen. Hierbij gebruikt de dactyloscopist computerprogramma's ter ondersteuning, maar uiteindelijk ligt de beslissing bij de deskundige zélf. Vingersporen vervormen vaak, en de huidige programma's zijn nog niet zo geavanceerd dat ze daar foutloos voor corrigeren.



en bonden hier via zwavelverbindingen zichtbare gouddeeltjes aan.

Op deze manier denken onderzoekers steeds meer onderscheidende stoffen te kunnen ontdekken in vingersporen, al is de vraag wat hier precies de waarde van zal zijn. Sommige speurders verwachten dat ze straks op basis van een vingerafdrukprofiel een soort signalement kunnen geven van de dader. Iemand met veel lipiden in zijn zweet kan zwaarlijvig zijn, veel junkfood eten of gewoon een stofwisselingsziekte hebben. Maar voor het zover is zullen in elk geval meer specifieke stoffen moeten worden aangetoond.

KINDERSCHOENEN

Ook *spectral imaging* is een toepassing die waarschijnlijk nut heeft voor vingerspootanalyse. Deze techniek creëert voor iedere aanwezige component een uniek absorptiepatroon door met een lichtbundel te schijnen op de sporen. Dat verhoogt de resolutie. Bovendien is spectral imaging niet-invasief en niet-destructief. Een monster kan dus keer op keer worden gebruikt.

Om de samenstelling van sporenmateriaal te kunnen onderzoeken wordt gezocht naar moleculaire analysetechnieken die op

BLOED ONDER DE LOEP



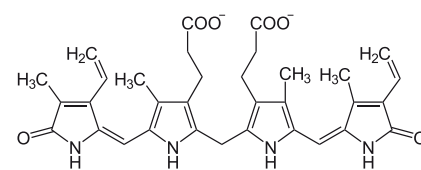
Foto's: ©2009, afdeling Medische Fysica AMC

Lange tijd was het een kwestie van giswerk: de forensisch specialist arriveert op de plek des onheils en aanschouwt de bloedspetters op de muur – hoe donkerder, hoe ouder. Als het aan onderzoekers van het AMC ligt komt daar snel verandering in. Met behulp van speciaal licht kunnen ze bepalen hoe lang geleden een bloedspat ergens is terechtgekomen. Forensische fotonica, noemen ze dit nieuwe vakgebied. Door licht op de bloedspat te schijnen en vervolgens te meten welk deel hiervan terugkaatst en hoeveel wordt geabsorbeerd, bepalen ze voor iedere verbinding een uniek absorptiespectrum. Dit spectrum vangen ze op met een *spectral imaging* camera, waarna het wordt geanalyseerd door een computer.

Zo kan de samenstelling worden achterhaald van de afzonderlijke componenten in het bloed. Centraal hierbij staan hemoglobine (uit rode bloedcellen) en methemoglobine, een verbinding die ontstaat als bloed wordt blootgesteld aan de buitenlucht. De ijzerionen in het bloed reageren dan met zuurstof; ze roesten dus als het ware. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt onder meer af van de temperatuur, vochtigheid en ondergrond. Die parameters nemen de AMC'ers mee in een computermodel dat nog in ontwikkeling is.

Behalve bloedspetters kan ook onderhuids bloed worden geanalyseerd – blauwe plekken dus. Ouders van mishandelde kinderen beweren al snel dat een blauwe plek ofwel hematoom is ontstaan bij het sporten of een ongelukje in huis. De nieuwe techniek kan hun verhaal ontcrachten, omdat deze precies vertelt wanneer de plek is ontstaan. Tot nu toe vergelijkt een arts zo'n blauwe plek met een kleurenkaart waarop de verschillende stadia

van hematomen staan. Grofweg verandert de plek in drie weken van gezwollen en rood naar blauw, paars, groen, geel, bruin, en tenslotte weer naar normaal. Dit komt doordat hemoglobine langzaam wordt omgezet in bilirubine, dat vervolgens wordt afgebroken.



Structuurformule van bilirubine, die in 1941 werd opgehelderd door de Duitse chemicus en Nobelprijswinnaar Hans Fischer.

Nadeel van de oude methode is dat de vorming en het verdwijnen van blauwe plekken sterk van persoon tot persoon verschilt. In het computermodel dat de AMC-onderzoekers ontwikkelden houden ze rekening met zoveel mogelijk van deze variaties, zoals huideigenschappen, diffusiesnelheid en enzymactiviteit. In de verschillende stadia hebben de aanwezige componenten karakteristieke absorptiespectra. De computer beschikt over vergelijkingsmateriaal van blauwe plekken van sporters, die precies wisten wanneer die waren ontstaan.

In de toekomst hopen de onderzoekers op basis van hun analyse ook te kunnen bepalen wat de meest waarschijnlijke toedracht is van een blauwe plek, zoals een stomp of een klap met een hard voorwerp. Die zorgen namelijk voor karakteristieke weefselbeschadigingen en bloedophoping, zichtbaar door de spectroscop. Uiteindelijk moet dit bewijsstukken voor in de rechtszaal gaan opleveren.

subnanometerschaal – dat is een honderdste tot zelfs een duizendste van de dikte van een haar – kunnen meten. Een veelbelovende techniek, die nog in de kinderschoenen staat is ToF-SIMS: *Time-of-Flight* Secondaire Ionen Massa Spectrometrie. Met deze supergevoelige analysetechniek is het mogelijk om op atomaire schaal chemische reacties aan oppervlakken te bestuderen. Hiervoor wordt het oppervlak gebombardeerd met een hoog energetische primaire ionenbundel wat leidt tot ionisatie van oppervlaktemoleculen.

De resulterende secundaire ionen worden versneld in de massaspectrometer. De massa wordt geanalyseerd op basis van time-of-flight van monsteroppervlak tot detector. De techniek is geschikt om moleculen te analyseren en te identificeren aan het oppervlak van een materiaal zoals in verven, drukinkten, beschermende plastic folies en textielvezels. In forensisch onderzoek kunnen hierdoor achtergebleven vingersporen op moleculair niveau zichtbaar worden gemaakt en worden vergeleken met die van een verdachte.

Meer weten

AANBEVOLEN LITERATUUR

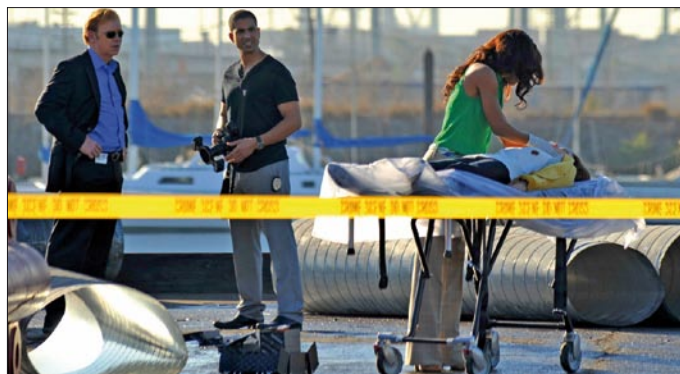
- *Forensisch onderzoek; het NFI en de wetenschap tegen de misdaad*, B. van der Have (Veen, 2006).
- *De forensische wetenschap van CSI*, C. Ramsland (Karakter Uitgevers, 2005).
- *Individual-specific 'fingerprints' of human DNA*, A.J. Jeffreys et al., *Nature* 1985, 316(6023), 76-79.
- *Vooraf voorspeld*, M. van Zundert, *C2W Life Sciences* 2, 2009, 16-17.

AANBEVOLEN WEBSITES

- www.forensischinstituut.nl: site van het Nederlands Forensisch Instituut.
- www.forensicdna.com: veel info over (de geschiedenis van) forensisch DNA-onderzoek.
- www.forensic-services.nl: commercieel forensisch onderzoek in Nederland.
- www.selecta-dna.nl: site van de fabrikant van 'DNA-douche'.
- <http://sync.nl/forensische-studies-floreren-door-csi>: artikel over CSI-opleidingen in Nederland.
- http://genome.wellcome.ac.uk/doc_wtdo20877.html: gebruik van DNA-technieken in forensisch onderzoek.

VOOR OP SCHOOL

1. Een 'gouden' kroon uit de tijd van Archimedes weegt 1500,0 gram. Uit een vol bekeerglas stroomt 105,0 mL water wanneer de kroon wordt ondergedompeld. De dichtheid van goud is $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Welk ander metaal kan in deze zogenaamde gouden kroon aanwezig zijn? Hoeveel W/W % goud bevat de kroon als koper is toegevoegd? (Raadpleeg zonodig Binas.)
2. Arseenzuur was een bekende weduwenmaker. Het werd aan de maaltijd van de echtgenoot toegevoegd als zoet ratenkruid: As_2O_3 . Detectie gaat via toevoeging van zink. Er ontstaat dan onder andere arsinegas en waterstof. Verhitting van arsinegas levert metallisch arseen. Geef de volledige reactievergelijkingen.



CSI... kenners hebben aan die drie letters genoeg. Voor de minder ingewijden: *Crime Scene Investigation* is de populaire Amerikaanse crimereeks die twee succesvolle spin-offs kreeg (*CSI: Miami* en *CSI: New York*).

3. De Franse keizer Napoleon Bonaparte is in ballingschap gestorven op het eiland St. Helena. Sommige onderzoekers beweren dat arseenkleurstoffen uit behang zijn dood hebben bespoedigd. Hoe komen zij aan deze theorie?
4. Het patroon van de papillaire lijnen op vingertoppen is deels genetisch bepaald en deels door factoren uit de omgeving. Welke omgevingsfactoren kunnen dat zijn?
5. Forensisch onderzoek is een multidisciplinair proces. Maak een lijst van alle betrokken deskundigen en hun specifieke taken.
6. De toestand van de lever heeft speciale aandacht van de patholoog-anatoom. Vanwaar die speciale belangstelling voor dit orgaan?
7. Beschrijf de basisprincipes van dunnelaagchromatografie (tlc), gaschromatografie (glc) en hogedrukvlloeistofchromatografie (hplc). Op welke chemische en fysische eigenschappen van moleculen zijn deze scheidingsmethoden gebaseerd?
8. Beschrijf de fysisch-chemische achtergrond van fluorescentie. Wat is hierbij de rol van xenonlicht?
9. Beschrijf de overeenkomsten en verschillen tussen massaspectrometrie en de ToF-SIMS methode.
10. De heldere kleur van vers bloed verandert bij blootstelling aan lucht in (roest)bruin. Geef de halfreacties van ijzerionen en van zuurstof. (Raadpleeg zonodig Binas.)

COLOFON

Chemische Feitelikheden: actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactie:
Arno van 't Hoog (C2W)
Marian van Opstal (Bèta Communicaties)
Arthur van Zuylen (Bèta Communicaties)
Gerard Stout (Noordelijke Hogeschool Leeuwarden)

Basisontwerp: Menno Landstra

Redactie en realisatie:
Bèta Communicaties
tel. 070-306 07 26
betacom@planet.nl

Fotoverantwoording:
Foto's zonder bronvermelding zijn afkomstig van www.istockphoto.com

Uitgever:
Roeland Dobbelaer, Bèta Publishers
Postbus 249, 2260 AE Leidschendam
tel. 070-444 06 00, info@betapublishers.nl

Abonnementen:
Abonnementenland, Antwoordnummer 1822
1910 VB Uitgeest
tel. 0900-226 52 63 (€ 0,10/minuut)
vanwebsite@aboland.nl

Abonnementen kunnen elk moment ingaan en worden jaarlijks stilzwijgend verlengd tenzij voor 1 december van het lopend jaar een schriftelijke opzegging is ontvangen.

Een abonnement op Chemische Feitelikheden geeft via de website toegang tot 10 nieuwe edities per jaar en het totale online archief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

Voor particulieren:
Online toegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap): € 78,-.
Leden van KNCV, KVVCV en NVON krijgen € 10,- korting.

Voor bedrijven en (onderwijs-)instellingen:
Onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen): € 234,-.

Kijk voor meer informatie op
www.chemischefeitelikheden.nl

FORENSISCHE CHEMIE

editie 58
nummer 254
april 2009

Met dank aan:

- Dr. Maurice Aalders
AMC, Amsterdam
m.c.aalders@amc.uva.nl
- Dr. Marcel de Puit
Nederlands Forensisch Instituut
m.de.puit@nfi.minjus.nl
- Mw Inge Oevering
Nederlands Forensisch Instituut
i.oevering@nfi.minjus.nl