



# Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

## **FORENZNÍ CHEMIE – CHEMIE A DETEKTIV**

Úvod k chemickým lekcím

Hans Joachim Bader a Martin Rothweil

Překlad

Eva Stratilová Urválková



Education and Culture

**Socrates**  
Comenius



CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*, nebo-li *Chemie a průmysl pro učitele evropských škol*) je projekt programu COMENIUS, který se zaměřuje na vytváření výukových materiálů pro učitele chemie, jež se snaží zatraktivnit své hodiny chemie tím, že se snaží vyučovaná témata začlenit do kontextu chemického průmyslu a každodenního života.

Projektu CITIES se účastní následující organizace:

- Goethe-Universität Frankfurt, Německo, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Česká společnost chemická, Praha, Česká republika, <http://www.csch.cz/>
- Jagiellonian University, Krakov, Polsko, [http://www.chemia.uj.edu.pl/index\\_en.html](http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html)
- Hochschule Fresenius, Idstein, Německo, <http://www.fh-fresenius.de>
- European Chemical Employers Group (ECEG; Skupina evropských chemických zaměstnavatelů), Brusel, Belgie, <http://www.eceg.org>
- Královská chemická společnost, Londýn, Velká Británie, <http://www.rsc.org/>
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF; Federace evropských těžebních, chemických a energetických společností), Brusel, Belgie, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, Velká Británie, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh; Německá chemická společnost), Frankfurt/Main, Německo, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Španělsko, <http://www.iqs.url.edu>

Další organizace zapojené do projektu CITIES:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, Velká Británie
- Masarykova střední škola chemická, Praha, Česká republika
- Astyle linguistic competence, Vídeň, Rakousko
- Univerzita Karlova v Praze, Praha, Česká republika



**Tento projekt je financovaný za podpory Evropské komise. Publikace vydané v rámci projektu vyjadřují pouze názory autorů, Evropská komise nenesе žádnou zodpovědnost za jakékoli následky způsobené přenosem/využitím informací z těchto publikací. CITIES tým předpokládá, že všichni, kteří využívají uvedený experimentální materiál, znají a dodržují bezpečnostní i jiné předpisy závazné v jednotlivých zúčastněných zemích. CITIES nenesе žádnou zodpovědnost za případné škody vzniklé nesprávným provedením uvedených postupů.**



---

# FORENZNÍ CHEMIE CHEMIE A DETEKTIV

---

## ZÁKLADY FORENZNÍ CHEMIE

### **Spoluřešitelé projektu "Forenzní chemie":**

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

---

## FORENZNÍ VĚDA

---

Termín „forezní věda“ (soudní věda) označuje vědecké a technické znalosti, které mohou být použity v boji proti zločinu (prevence zločinnosti a jeho stíhání) [1, 2, 3]. V literatuře i běžném jazyku se rovněž používá termín forezní technologie. Německý jazyk obsahuje v definici forezní vědy navíc aspekt sociálních věd jako jazykovou analýzu textu, jazykové rozpoznání, atd. Můžeme se o tom přesvědčit, jestliže se blíže podíváme na činnost jednotlivých oddělení německého Úřadu federální kriminální policie (BKA) [4, 5].

Vědecká část zahrnuje pátrání po důkazech a jejich zajišťování, zabývá se ale také zkoumáním a interpretací získaných faktických důkazů a stop. Stopy a důkazní materiály mohou mít fyzikální, chemickou nebo biologickou povahu. Kvůli této obrovské různorodosti zkoumaných objektů jsou i vyšetřovací metody samy o sobě velice různorodé.

Nejdříve představíme forezní vědu jako takovou. Je však třeba upozornit, že není možné určit jasnou a ostrou hranici mezi jednotlivými odděleními.

### Forezní biologie [6]

Forezní biologie se dělí na oblast genetiky, sérologie (zjišťování krevních skupin), entomologie (studium hmyzu) a botaniku. Využívá mnoho biologických a forezních lékařských technik, z nichž nejznámější jsou: vyšetřování přítomnosti hmyzu na (nebo v) mrtvém těle a sbírání a analýza otisků prstů. Těmto a dalším jiným metodám věnuje tisk velkou pozornost a tyto metody také vedou k vyřešení nezvykle zajímavých zločinů. Pro ukázkou je níže uveden krátký příklad, kdy hmyz usvědčil vraha (podle Benecke [6]):

„Muž kontaktoval pojišťovací společnost jeho ženy s tím, že žádal vyplacení životní pojistky po smrti ženy. Manželka však byla pohřešovaná pouze tři dny, což se pojišťovacímu agentovi zdálo podezřelé. Vysvětlil tedy muži, že mu životní pojistka nemůže být vydána, protože zatím nebylo nalezeno tělo nebo část těla pohřešované, a tudíž nebyla prokázána její smrt. O osm dní později se muž objevil na policii a tvrdil, že našel hlavu ženy před domovním vchodem; netušil, jak se tam prý dostala.

Pohledem na řeznou ránu však lékař zjistil, že hlava byla oddělena od těla až nějakou dobu poté, co žena zemřela. Detektivové se tedy zabývali možností, zda neoddělil hlavu od těla sám manžel. Teprve tak by mohl přinést důkaz pojišťovací agentuře, ale zároveň to neumožňovalo policii zjistit příčinu smrti nebo zda byla hlava oddělena před možným pojišťovacím podvodem.

Soudní entomolog objevil v řezné ráně larvy mouchy masařky *Calliphora vomitoria*, ovšem ne v očích, nose ani uších. To znamenalo, že tělo společně s hlavou muselo ležet na nějakém místě, které bylo nedostupné pro hmyz, jinak by oplodněné mouchy nakladly vajíčka právě do očí mrtvolky, které by byly nejkratší přirozenou cestou k potravě. Jakmile tedy byla hlava odříznuta a

ponechána volně, byla pro mouchy dostupná. V ten moment však bylo pro mouchy přitažlivější čerstvé maso nežli oči, protože tak by se larvy dostaly k potravě snáze než v případě očí či uší.

Nakonec i teplotní data a velikost larev dokazovaly, že hlava byla oddělena a ponechána na vzduchu přibližně v době, kdy manžel hovořil s pojišťovacím agentem. Viník byl odsouzen na doživotí, pokus o odvolání nebyl úspěšný a pojišťovací agentura odmítla vyplatit pojistku.“

## Forenzní medicína (soudní lékařství)

Zatímco se forenzní biologie zaměřuje hlavně na přímé stopy vedoucí k pachateli [6], forenzní medicína zahrnuje následující oblasti:

- (1) Zjišťování zranění a příčin smrti
- (2) Identifikace jedů a otrav
- (3) Chronobiologické vyšetřování (podobné jako forenzní biologie)
- (4) Dopravní lékařství

Soudní vědci stále hledají odpověď na otázku, zda je forenzní medicína součástí forenzních technologií. Většina autorů uznávané technické literatury zaujímá odmítavý postoj ke snaze zařadit forenzní medicínu k ostatním forenzním technologiím [5]. Poměrně přesné vymezení jejích úkolů bylo prakticky zavedeno a prověřeno dlouhodobou spoluprací úřadů kriminálního vyšetřování s lékařskými ústavy.

## Forenzní chemie a fyzika

Všeobecně je přijímána Helbigova definice forenzní chemie [8] jako “aplikace chemických znalostí a procedur za účelem zjednání spravedlnosti”. Představuje tak komplexní oblast zkoumání, stejně jako všechna ostatní odvětví vědeckých vyšetřovacích metod. Moderní vyšetřovací metody bývají často úzce spojeny s fyzikou, proto se v tomto kontextu posuzují společně, i když hlavní důraz je kladen na chemii.

W. Helbig [8] klasifikuje forenzní chemii následujícím způsobem:

1. *Forenzní toxikologie*: zabývá se detekcí a lékařskou interpretací jedů a všech druhů otrav. Prakticky je tato oblast propojena s forenzní medicínou.

2. *Forenzní chemie*: jejími úkoly jsou:

- (1) Obecné testování látek pomocí chemických, fyzikálně-chemických a fyzikálních metod; hlavním úkolem je identifikace látek.
- (2) Chemické testování zaměřující se na objekt zkoumání přímo na místě činu (př. odhalování daktyloskopických stop, vyšetřování stop zbraní nebo nábojů atd.).

- (3) Preparativní práce zahrnující přípravu látek pro vlastní práci detektiva (materiály pro hledání stop, rychlé testy na přítomnost drog a výbušnin, zbytků atd.). To vše obstarávají výrobci chemikálií.

Náplň této publikace se nejčastěji vztahuje k obecnému testování látek a chemickému vyšetřování předmětů ve forenzní chemii.

---

## ZKOUMÁNÍ STOP – NĚMÍ SVĚDKOVÉ

---

Základem vědeckého kriminálního vyšetřování jsou informace o stopách; vyšetřování tedy pracuje s fyzickými důkazy, které mohou být plně vědecky interpretovány. Vyšetřování zahrnuje jednak vyhledání stop, jejich zajištění a jednak interpretaci stop. [10].

V této části jsou vybrány ty typy stop a jejich příslušné vyšetřovací metody, jejichž povaha umožňuje využít aplikace, pro které není třeba živých svědků. Stopy se tak stávají svědky sami o sobě.

### Daktyloskopické stopy

Termín *daktyloskopie* pochází z řeckých slov δάκτυλος (*dactylos* = prst) a σκοπεῖν (*scopein* = zkoumat). Doslovné přeložení by tedy znamenalo „zkoumání prstů“. Věda je založena na konceptu, že každý člověk má svůj vlastní charakteristický otisk (stopu) nejen na prstech a dlaních, ale také na prstech u nohou a chodidlech. Tyto kresby jsou neměnné již od čtvrtého měsíce plodu až do smrti, přesněji do rozkladu těla [11]. Termín *otisk prstu* znamená pseudo papilární povrch se záhyby kůže, které se nazývají *papillae*. V pokožce se pak nacházejí nervové buňky, krevní kapiláry a mazové žlázy, ale hlavně také potní žlázy, které mají na svědomí daktyloskopické stopy. Žlázy jsou spojeny s povrchem pokožky pomocí pórů, které zajišťují odvod mazu a potu, který pak vytváří charakteristické vzory.

Čerstvá stopa se skládá převážně z vody (98 %) a dále z anorganických solí (hlavně chloridy) a organických sloučenin jako jsou tuky, aminokyseliny, peptidy a močovina. V některých případech se na otiscích nacházejí také malá množství jiných tělních sekretů či exkretů pocházejících z jiných částí těla (př. pachové stopy, pigment, krev, moč). Některé látky, které ulpívají na prstech (jako barva, olej nebo prach) se pak rovněž stanou součástí otisku prstu na povrchu, se kterým se dostanou do styku [10].

Daktyloskopie je velice důležitým prvkem pro určení osoby i mrtvých těl stejně jako pro usvědčení pachatele. Právě takovým je historický případ vyřešení případu Clarence Hillera (podle Strobela [12]).

## Historie daktyloskopie

„Stalo se to jednoho pošmourného sobotního odpoledne v domě Hillera, v Chicagu. Clarence Hiller toho odpoledne natíral fasádu svého dvoupodlažního domu. Večer si šli se ženou brzo lehnout...co se stalo poté, však poznamenalo trestní právo ve Spojených státech.

Brzy ráno 19. září 1910 se Hillerovi probudili a měli jakési podezření, poněvadž plynová lampa, která normálně stála vedle dveří do pokoje jejich dcery, nesvítala. Clarence vstal, aby zjistil, co se stalo. Po chvíli slyšela jeho žena zběsilou směs zvuků: rvačka, dvě těla padající ze schodů, dva výstřely, bouchnutí vstupních dveří. Seběhla okamžitě dolů a našla Clarence mrtvého ležet pod schody.

Nedaleko od místa činu zatkla policie Thomase Jenningse, proslulého domovního lupiče. Jeho oblečení neslo stopy krve a měl zraněnou ruku - tvrdil, že vypadl z tramvaje. V jeho kapse našli střelnou zbraň. Mohla to být právě ta, která zasáhla Clarence Hillera, ale to se nedalo dokázat.

Policie prohledávala dům Hillerů v naději, že nalezne nějaké důkazy, které by Jenningse usvědčily. Brzy bylo jasné, že pachatel se dostal do domu zadním kuchyňským oknem. Na venkovní straně, přesně vedle okna, byly totiž nalezeny stopy čtyř prstů levé ruky. Otisky se zvětšily v zasychajícím bílém nátěru, který byl čerstvě nanesen den před nešťastnou událostí.

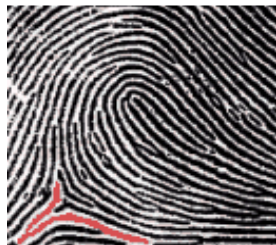
Otisky prstů se staly novým zdrojem důkazů během policejního kongresu v St. Louis nedávno před touto událostí, ale až do tohoto případu nikdy nebyly použity k usvědčení pachatele.

Obhajoba tvrdě protestovala proti tomuto důkazu s tím, že se jedná o nedovolenou a nevědeckou metodu, ovšem čtyři policisté podali před soudem důkaz, že otisky prstů nalezené v nátěru jednoznačně odpovídají Thomasi Jenningsovi a nikomu jinému. Soud uznal Thomase Jenningse vinným, vrchní soud ve státě Illinois rozsudek v tomto historickém procesu potvrdil a Thomas Jennings byl zanedlouho potrestán smrtí oběšením.“

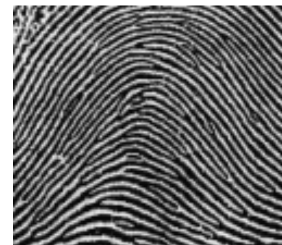
Historické počátky vývoje daktyloskopie vedou do Číny a Japonska. Otisky prstů se pravděpodobně používaly již v 7. a 8. století při stvrzování dokumentů a dokonce i u soudních jednání. Vývoj moderní evropské daktyloskopie se datuje do 80. let 19. století, kdy dva angličané, William Herschel a Henry Faulds, vydali článek zabývající se aplikací otisků prstů při identifikaci pachatele. Ve skutečnosti se však tato nová soudní metoda rozvinula po vydání publikace Francise Galtona „*Otisky prstů*“, ve které Galton popisuje jedinečnost a nezaměnitelnost papilárních linií prstů a navrhl jejich klasifikaci [5]. Sir Edward Richard Henry opublikoval v roce 1900 zdokonalenou klasifikaci systému a v roce 1901 byl tento systém představen veřejnosti jako Galton – Henry systém, který je dodnes základem depozitářů otisků prstů mnoha evropských, severoamerických a zemí bývalých britských kolonií. [10]



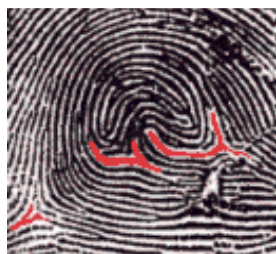
Následující obrázek ukazuje tři základní tvary linií otisků prstů, které se rozlišují v daktyloskopii (obr. 1):



**a** tvar smyčky  
(jedna delta oblast)



**b** tvar oblouku  
(žádná delta oblast)



**c** tvar víru  
(alespoň dvě oblasti delta)

**Obr. 1:** typy základních tvarů papilárních linií otisků prstů (dle [13, 55]) (oblasti delta rozdvojení ve tvaru y jsou vyznačeny červeně)

Daktyloskopická zkouška shodnosti je platná, jestliže se srovnáním charakteristických znaků shoduje alespoň dvanáct anatomických parametrů tvarů a polohy, tzv. markanty [11, 55]. V případě, že se shoduje základní tvar otisku, nutný počet shod se snižuje na osm.

Úřad federální kriminální policie (BKA) používá centrální organizace a depozitáře v rámci identifikačních procedur. Otisky prstů se snímají speciálními kamerami do Automatického systému identifikace otisků prstů (AFIS), kde jsou pak srovnávány. V současné době je zaregistrováno zhruba 2,6 mil. tvarů otisků prstů [14].

### **Otisky prstů na místě činu – jejich hledání a zajišťování**

Daktyloskopické stopy jsou za normálních okolností nenápadné a mohou být úspěšně zajištěny až po pečlivé rekonstrukci událostí daného případu; důležitá je volba adekvátních metod přímo na místě činu a také vhodně zvolené nástroje.

Tato kapitola podává přehled různých metod, které zviditelňují skryté otisky. Pro úplný výčet jsou kromě metod chemických popsány také (chemicko-)fyzikální metody.

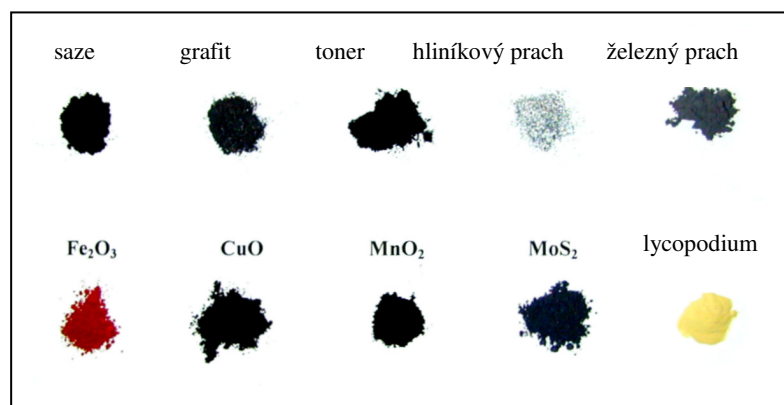
### Adheziva (lepící techniky)

Termín adheze (z lat. *adhaesio*: přilepit se, držet se) popisuje chemicko-fyzikální princip, který je stěžejní při zajišťování daktyloskopických stop popsanych v této části. Jednou z možností je užití odlišných přilnavých prášků na nosiče stopy a látek přenášených prsty. Součástí kriminálních vyšetřování jsou obvykle metody, které používají prášky, vyprchávání nosiče stopy pomocí jodu, kouřové saze a tzv. mikročásticové suspenze.

Postupy se liší podle způsobu, jakým jsou adheziva použita. Na nosič otisku prstů se nanese či rozpráší daný prášek pomocí štětce (z veverčí srsti, uhlíkových vláken, magnetický štětec nebo Zephyr® - druh skleněné vaty, nebo prachové peří čápa marabu) [15, 16]. Kromě štětce lze použít jod, poněvadž jod je dostatečně těkavý. Tento jev je vysvětlen fyzikálním procesem adsorpce, kdy páry jodu nebo vodný roztok jodu přilne k nosiči díky přilnavým silám stopy. Mikročásticová suspenze se používá ve formě spreje nebo lázně.

Nejčastěji užívanou metodou je nanášení prášků, které zviditelní latentní stopy [11]. Požívají se grafitové saze, toner, hliník, železo (odpovídající spíše tzv. „magnetickému prachu“), oxid železitý, oxid měďnatý, oxid manganitý, lycopodium (výtrusy mechu plavuň vidlačka) a další různé speciální prášky [10, 11, 15, 16, 17]. Poté, co Lipscher provedl patřičné testy [18], doporučuje se rovněž sulfid molybdenitý, který je detailněji popsán v publikaci Malé částicové reagenty a používá se ve formě suspenze [15].

Obrázek 2 ukazuje vzhled všech zmíněných prášků:



**Obr. 2:** přehled prášků.

Otisky prstů jsou v praktické kriminalistice odhaleny pomocí nějakého z prášků, pak vyfotografovány a nakonec zajištěny přilnavou fólií/lepící páskou [2].

Jód se používá různě: buď jako prášek nebo ve formě par, ovšem lze ho uplatnit pouze v laboratorních podmínkách, poněvadž je jedovatý a silně dráždí sliznice. To znamená, že se nedá použít přímo na místě činu. Dá se však dobře uplatnit při hledání stop na papíře. Kvůli těkavosti pár jodu jsou stopy viditelné pouze krátkou dobu, a proto musí být ihned vyfotografovány nebo zajištěny chemickou

reakcí, např. přestříkáním zviditelněného otisku roztokem škrobu nebo  $\alpha$ -naftoflavonem [17].

Na některé nosiče stop však nelze nanášet konvenční prášky, protože na nosič nebo stopu dostatečně nepřilnou, např. na chromované nebo niklované povrchy. V těchto případech se doporučuje vystavit nosič stop otevřenému plameni [16, 17], aby se stopa zvýraznila vznikajícími sazemi (pozor, nosič musí být odolný vůči vysokým teplotám).

Mikročástečkové suspenze (také nazývané aquaprint, Small Particle Reagent – SPR, malé částicové reagenty) se hojně užívají pro mokré nosiče stop nebo hodně mastné otisky [15]. Sulfid molybdeničitý je aplikován ve formě suspenze a zachytí se na tukové části otisku prstu, který se následně stane viditelným tím, že zešediví.

### **Ninhydrin**

Chemická metoda, která zviditelňuje otisky prstů, je reakce mezi aminokyselinami daktyloskopické stopy a vhodným reagentem doprovázená změnou barvy.

Výrobci specializující se na chemikálie často nabízejí i tato činidla, např. společnost BVDA International B.V. [19, 20, 21] prodává:

- (1) 1,8-diaza-9-fluorenol (DFO)
- (2) 5-methylthioninhydrin (5-MTN)
- (3) 1,2-indandion
- (4) 1,2,3-indantrion (ninhydrin).

V této práci se bude během experimentování pracovat pouze s ninhydrinem. Kvůli možnosti provedení různými způsoby budou níže konkrétně popsány potřebné detaily.

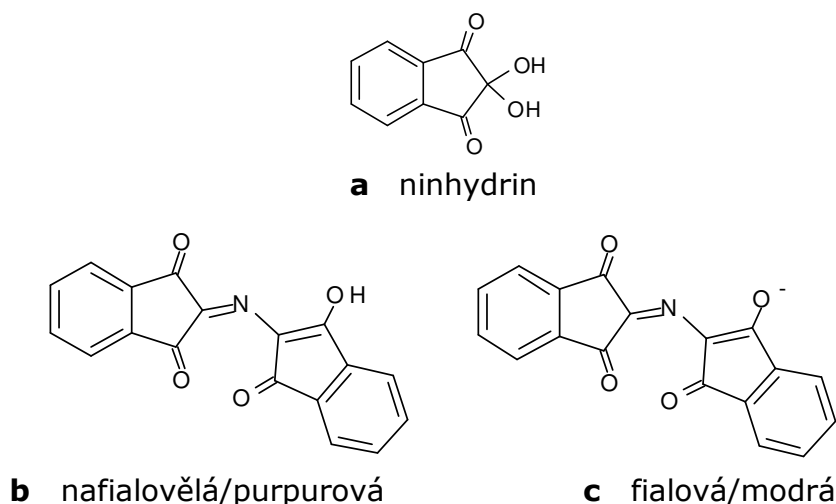
Další informace k reagujícím látkám mohou být nalezeny v příslušné literatuře [22, 23].

Ninhydrin se běžně používá v policejní praxi ke zviditelnění stop. Výsledkem reakce jsou otisky nafialovělého, karmínového až úplně fialového zbarvení; barvy lze pak dalšími reakcemi měnit na jiné.

Ninhydrinová metoda se doporučuje zvláště pro odhalování otisků na takových nosičích jako jsou papír, noviny nebo lepenka [17]. Metoda je vhodná i pro drsné vláknité tapety (u nás v ČR známé pod pojmem Rauhfaser) nebo pro otisky, které jsou několik let staré. [24].

Ninhydrin reaguje s aminokyselinami, polypeptidy a proteiny [25] obsaženými v zanechaném otisku. Přesný mechanismus je poměrně složitý, ale případnou interpretaci lze nalézt v [26].

Obrázek 3 uvádí strukturu ninhydrinu a konečné produkty ninhydrinové reakce:



**Obr. 3:** strukturní vzorec **a** ninhydrinu a **b**, **c** konečné produkty ninhydrinové reakce (dle [25, 27]).

Jako rozpouštědlo pro ninhydrin se doporučuje methanol [2], ethanol [28], butanol [2, 28], aceton [2, 17, 28] nebo benzín (40-60°C) [17], do kterého se někdy doporučuje přidat ledovou kyselinu octovou. V běžné policejní praxi se nejčastěji používají jako rozpouštědla aceton a benzín.

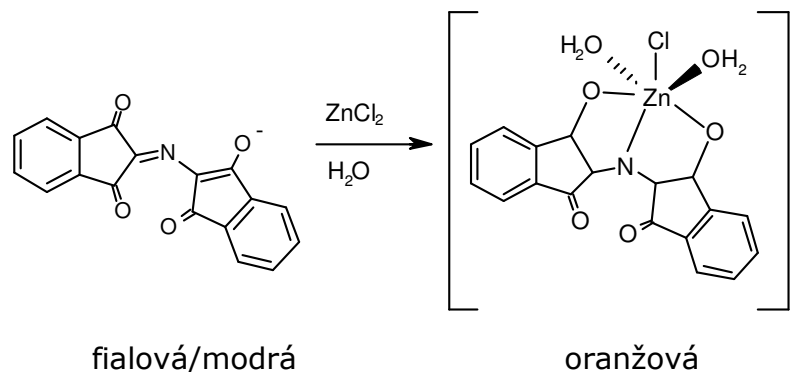
Po nanesení reagenčního roztoku na neviditelné otisky se změna barvy na purpurovou nebo fialovou/modrou dostaví při běžných teplotách za poměrně dlouhou dobu (cca 72 hodin) nebo při zahřátí (90-100°C), např. v sušárně, za zhruba třicet minut. Do sušárny se doporučuje dát misku s vodou, která zajišťuje přirozenou vlhkost.

Dalším způsobem urychlení reakce může být kromě sušárny žehlička [24]. V tom případě ale musí být zkoumaný papír překryt vrstvou papíru (ideálně savého), který chrání vzorek před poškozením. Pokud je kvalita stopy i tak nedostatečná, může se opětovně nanést ninhydrin a celý postup zopakovat. Absorbující papír se pak někdy vlhčí destilovanou vodou předtím, než se přes něj vzorek zahřívá žehličkou. Urychlení můžeme zajistit také fénem.

Jak bylo zmíněno, barevné stopy nebo fluorescentní stopy mohou být dále ošetřeny druhým krokem. Jestliže se daktyloskopická stopa s naneseným ninhydrinem přestříká roztokem chloridu zinečnatého (popř. roztokem dusičnanu zinečnatého), nechá se volně uschnout a poté se dá usušit při teplotě 70-80 °C, nachově purpurové nebo fialovomodré zbarvení stopy se změní na oranžové v rozsahu viditelného světla; v tomto případě dojde ke ztrátě kontrastu.

Když světlo o vlnové délce 480 nm dopadne na stopu, která však musí být chlazená tekutým dusíkem, zvýrazní se tím kontrast stopy, poněvadž dojde k fluorescenci (citlivá, avšak poměrně nespolehlivá metoda).

Důvodem změn barvy a vzniku oranžového zbarvení ve viditelném světle a fluorescenci při vlnové délce 480 nm je vznik komplexu zinku (viz obr. 4):



**Obr. 4:** Vznik komplexu reakcí chloridu zinečnatého s fialovomodrým produktem ninhydrinové reakce (dle [29]).

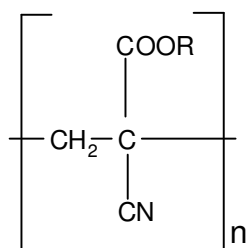
Kademnaté ionty také tvoří fluorescentní komplex s ninhydrinem: pro dosažení kýženého efektu musí být nosič stopy nejprve ošetřen roztokem chloridu kademnatého (popř. dusičnan kademnatý), pak musí být vzorek opět chlazen tekutým dusíkem a ozářen světlem tentokrát o vlnové délce 505 nm (citlivá, ale opět ne příliš spolehlivá reakce) [23].

Nanesení měďnatých sloučenin na stopu způsobuje červené zbarvení otisku, opět z důvodu vzniku komplexu [2, 28].

### Kyanoakrylát

Teprve v roce 1978 se podařilo zajistit otisky prstů i na umělých materiálech, imitace kůže či kovech. Tento zásadní pokrok byl dán objevem, že páry kyanoakrylátu (vteřinové lepidlo) polymerují na obtisku prstu díky tomu, že vlhkost obsažená ve stopě [11, 30] katalyzuje tuto reakci. Otisky prstů se zbarví šedo bíle a navíc jsou i ochráněny proti poškození.

Kyanoakrylátová lepidla jsou jednosložková lepidla založená na monomerním esteru kyseliny 2-kyanoakrylové [31]. Díky přítomnosti vody v otisku dochází k jejich rychlé vulkanizaci a tím se stávají vysokomolekulárními, lineárními polymery (proto také ten název instantní-vteřinové lepidlo). Na obrázku 5 je zakreslena strukturní jednotka polymeru esteru 2-kyanoakrylové kyseliny:

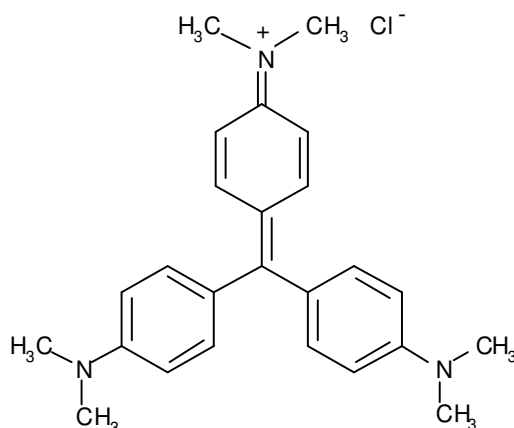


**Obr. 5:** polymer esteru 2-kyanoakrylové kyseliny.

Jestliže je naneseo kyanoakrylátové lepidlo, vytvoří se sraženina, která normálně není žádoucí. Při zajišťování stop je však právě tento nechtěný efekt vypařování monomeru potřebný pro jejich zviditelnění. Výrobky, které mají plnit tento účel (v Německu např. SICOMET 5040 od společnosti Sichel-Werke GmbH), jsou zpevněny na vyšší úrovni tím, že obsahují určité látky (stopový obsah stabilizátorů), které oddalují polymerizaci při vypařování lepidla.

Tak zvaná „Modifikovaná super lepicí technika“ (Super Glue®), poprvé popsána J. Almogem a A. Gabayem [32], vychází z polymerní struktury esteru kyseliny 2-kyanoakrylové. Tento produkt je zahřán, rozpadá se na své monojednotky a na stopě pak nově polymerizuje.

Pro docílení většího kontrastu mezi odpařenou stopou a nosičem stopy se provádí další krok, který už známe, protože je shodný s druhým krokem u ninhydrinové metody. Abychom získali barvu ve viditelné oblasti světla, užívají se běžná prášková činidla a vodné roztoky krystalové violeti (někdy též genciánové violeti, u nás známé jako „fialka“) [30, 33]. Modro fialové zbarvení stopy lze získat nanesením trifenyl methanu krystalové violeti (viz obr. 6).



**Obr. 6:** Strukturní vzorec krystalové violeti.

Rovněž lze použít roztok safraninu-O nebo rhodanidu 6 G, kdy po excitaci získáme světle zelené fluoreskující stopy [30, 34].

### Další postupy

Pro získání komplexnějšího pohledu na odhalování stop je vhodné zmínit i další metody pro zajišťování daktyloskopických stop:

*Postup s genciánovou violetí* [11]: jak bylo již napsáno, otisky prstů se dají dobře zvýraznit pomocí fialky na vnitřních stranách lepicích pásek (vyrobených z papíru, textilu nebo syntetiky, lepicí pásky). Dělá se to tak, že nosič otisku se na okamžik ponoří do roztoku fialky nebo je jím přestříkán a nadbytek je vymyt proudem vody. Otisky se zbarví modře.

*Důkaz otisků prstů na kovech či nábojnicích*, upraveno podle [2]: nosič je nejprve několikrát krátce ponořen do amoniakálního roztoku měďnaté soli.

Výsledkem je černé zbarvení kovu až na místa s mastnými otisky prstů, zde nevzniká tmavý oxid měďnatý.

*Aplikace kyseliny octové na nosiče vyrobené z mědi [17]:* nosič stop je po několik hodin vystaven působení kyselině octové – na povrchu mědi vzniká octan měďnatý (měděnka) vyjma míst s otisky.

*Reakce s dusičnanem stříbrným [2, 18]:* v tomto případě je nosič stop (obvykle užitečný papír jako noviny nebo tiskařský papír) přestříkán roztokem  $\text{AgNO}_3$ , načež se otisky zbarví fialově někdy až šedočerně působením světla (srovnej s fotografickou metodou).

## Stopy bot, nohou a pneumatik

„Stalo se, že v řece našli utopeného člověka. Vyšetřovatelé se tehdy domnívali, že do řeky upadl náhodou a zranění na jeho hlavě byla způsobena nárazy na kameny a další tvrdé předměty v řece. Někoho však napadlo překreslit vzorek podrážky oběti a sledovat jeho cestu podél břehu řeky. Stopy vedly k místu, kde se zjevně odehrála rvačka. Země tu byla podupaná, větvičky keřů u řeky byly zpřelámané a objevily se tu stopy bot dalších dvou mužů. Tito muži nebyli nikdy nalezeni, avšak díky tomuto odhalení se téměř s jistotou dalo tvrdit, že došlo k vraždě a nikoli náhodné smrti.“ (podle Baden-Powella [43])

Metoda zajišťování tohoto druhu stop sice neodpovídá nejnovějším poznatkům z forenzní chemie, avšak tento případ naznačuje, jaký důkazní potenciál se skrývá v otiscích bot či nohou. Tyto otisky totiž mohou přinášet vysoce hodnotnou informaci pro objasnění zločinů. Takovými příklady mohou být styl chůze nebo určení charakteristik chodidla (anatomie), konkrétně boty a šlapky [3].

I stopy po vozidlech mohou zasáhnout do důkazních materiálů při vyšetřování. Důležitými znaky mohou být například různá poškození, opravy či vzory pneumatik [3].

Kresba, která byla pořízena v našem úvodním příběhu, se stala, jak už bylo řečeno, dalším milníkem v zajišťování stop, ovšem pouze s částečným přínosem k vyřešení případů.[3] Metody zajišťování stop se liší podle druhu stopy. Vyhlobené stopy se totiž liší od stop přenesených.

## Vyhledávání a zajišťování sejmutých otisků stop

Otisky stop v tomto dalším slova smyslu, jsou myšleny ty stopy, které se získají tím, že se na pevný hladký povrch přenesou stopa z boty, chodidla nebo pneumatiky [44].

Latentní otisky bosých nohou mohou být zviditelněny pomocí již diskutovaných přílnavých materiálů nebo zajištěny pomocí lepicích pásek [3].

Pro získání otisků bot se obecně doporučuje želatinový film [45, 53]. Film se umístí na zanechanou stopu a látky ze stopy jsou postupně absorbovány do filmu.

Pro odhalení a zajištění otisků stop na kobercích se musí použít speciální postupy [47]. Mezi fyzikální metody, které se dají v těchto případech aplikovat, patří využití efektu elektrostatického nabití povrchu při chůzi. Stopy jsou pak zviditelněny malými lehkými granulami. Dalším způsobem je tzv. interferenční holografie, která dokáže vyhodnotit neviditelné otisky na koberci: dva hologramy pořízené na stejné fotografické desce zviditelní otisky nohou.

Stopy pneumatik se vyhledávají pomocí jejich excitace, přesněji excitace změkčovadel v pneumatikách pomocí UV záření tím, že se ozářením docílí jejich fluorescence (viz také experiment podle Lipschera [18]). Metoda je účinná zvláště na betonovém povrchu a dlažbě. Stopy na asfaltu a dehtu tak ale rozeznat nelze, neboť tyto nosiče fluoreskují již samy o sobě [47].

### Zajišťování stop

Otisky bot, nohou nebo pneumatik mohou být vytvarovány/přeneseny do měkkých, tvarovatelných látek, jako např. písku nebo měkké půdy. Odlitek takové stopy je nezbytné pořídit, jestliže nelze zajistit originál stopy. Získá se tak třídimenzionální zrcadlový obraz stopy, který má jako důkazní materiál stejnou hodnotu jako samotný originál stopy [17]. Pro odlévání se obvykle používá sádra [3].

Předtím, než se začne stopa odlévat, musí být zafixována. Pro zafixování se používá lak na vlasy, průhledný nátěr nebo také lihový roztok šelaku (přírodní živice získaná z výměšků červce lakového) [3, 17]. Tím se vytvoří tenká pevná vrstva, která chrání stopu před poškozením, když se na ni nalévá tekutá sádra. Pro odlití stop se může použít i normální cement nebo zubní cement [17]. Zubní cement vyniká svou nízkou viskozitou při nalévání, nízkou roztažností a nízkým zahříváním při tuhnutí. Po vysušení se získá navíc hladký nepórovitý povrch [48, 49]. Těchto vlastností lze dosáhnout i přidáním tzv. zpomalujících činidel, např. melaminová pryskyřice rozpustná ve vodě, zajišťuje výbornou tekutost sádrové hmoty.

Before the actual casting the trace must be fixed. Hairspray, clear varnish or an

Tvrdnutí všech druhů sáder je způsobeno reakcí hemihydrátu síranu vápenatého s vodou na dihydrát síranu vápenatého.

### Stopy po použití nástrojů

Klasičtí lupiči se vkrádají do objektů násilnými způsoby a využívají pro to všechno možné nářadí, které mají při ruce. Pro forenzní vědu se tak otvírá další skupina stop: nástrojové stopy.

Jak píše Pohl [2], otisky nářadí jsou „stopy nebo odlitky nástrojů, které pachatel použil přímo na místě činu nebo v jeho blízkém okolí“.

Jejich vzhled nám dovoluje rozlišovat mezi:

- (1) Stopy otisků a tvarů
- (2) Stopy smýkání, škrábání a zářezů
- (3) Stopy štípání a rozštěpení
- (4) Stopy řezání a vrtání



- (5) Stopy štípání, hoblování a sekání
- (6) Speciální formy: změna výrobních znaků.

V běžné policejní praxi zahrnuje tato oblast identifikaci nástrojů podle charakteristických tvarů, prošetření bezpečnostních zařízení (zámky atd.), strojů a nástrojů stejně jako kopírování výrobních čísel na vozidlech, zbraních, atd. [44].

Velikou důležitost zde hraje zajištění stop procesem založeném na odlévání silikonu a leptacích technologiích zkoumajících případné změny výrobních čísel.

### **Odlévání silikonem**

Podobně jako u stop bot, nohou či pneumatik, jestliže nelze zajistit originál stopy, nastupují odlévací techniky. V případě stop po použití nástrojů se však používá jako odlévací materiál místo sádry materiál založený na bázi silikonové gumy [3].

Tyto silikonové materiály se skládají z polysiloxanů ( $-R_2SiO-$ , kde R = organický zbytek), které nabývají elastické struktury reakcemi, při kterých se větví řetězce. Název siloxany odkazuje k vazbám typu Si-O-Si. Mohou obsahovat také další ztužovací činidla, jako např. plnidla (př. dioxid křemíku) a pigmenty pro lepší fotografickou dokumentaci. Větvení, vulkanizace, probíhá za pokojové teploty, a proto se někdy silikonové gumy nazývají jako tvrdnoucí za studena nebo RTV silikonová gumová hmota (RTV = room temperature vulcanizing). Komerčně dostupné produkty jsou dvousložkové systémy (RTV-2), což znamená, že vulkanizace začne až po přidání druhého, tvrdícího, činidla. Obvykle to bývají směsi esterů kyseliny křemičité (např. ethylsilikáty) a organická činidla s cínem. Větvicí reakce probíhá za vzniku Si-O-Si můstků z  $-Si-O-R$  a  $-Si-OH$ , za vzniku dalšího produktu alkoholu.

Jejich chemické vlastnosti vysvětlují jejich název: kondenzační větvicí RTV-2 silikonové gumy [31, 51, 52].

### **Změny výrobního čísla**

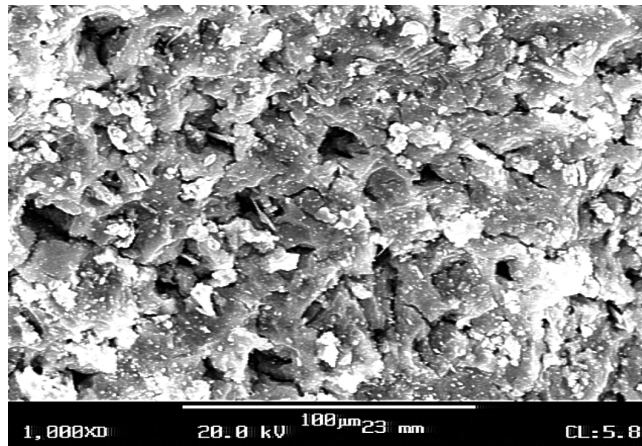
Vozidla, zbraně a klíče k zabezpečeným systémům jsou typické předměty, které nesou individuální znak složený z písmen a čísel. Umožňují tak identifikovat předmět a v mnoha případech i jeho majitele.

Jestliže je takový předmět použit při zločinu, pachatel velmi často mění tuto odhalující stopu pilováním, vrtáním, broušením či roztlučením originálního čísla nebo zničením ostatních znaků.

Forenzní věda v těchto případech používá metalografické leptání, aby obnovila původní znak [2] (nazývané také jako "strukturní zvýraznění", dle Petzow [53]). Tato metoda zviditelňuje změny uvnitř struktury materiálu, které byly způsobeny v době, kdy byl prvotně vytvořen onen individuální znak. Zviditelnění se dosahuje pomocí oxidačních činidel, které reagují s různými částmi povrchu kovu různým způsobem. Toto jiné chování oxidačního činidla je zapříčiněno povrchovými změnami v místě embosování, ostatní místa kovu mají svou

původní strukturu. Místa se kromě povrchu liší i svým potenciálem, který zůstává rozdílný i po fyzickém odstranění nerovnosti povrchu (vyražený znak) [53].

Obrázek 7 ukazuje fotografii pořízenou elektronovým mikroskopem znázorňující povrch hliníku po nanesení 10% hydroxidu sodného jako leptacího činidla.



**Obr. 7:** Povrch hliníku po aplikaci 10% roztoku hydroxidu sodného.

---

## LITERATURA

---

- [1] K. D. Pohl, Handbuch der Naturwissenschaftlichen Kriminalistik, Heidelberg 1981
- [2] A. Maehyl, L. Strömberg, Chemical Criminalistics, Springer Verlag, Berlin 1981
- [3] W. Burghard, H.-W. Hamacher (ed.), Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik Nr. 2, Scientific criminalistics, 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, Forensic chemistry Teil I, Sektion Kriminalistik der Humboldt-Universität Berlin, Lehrmaterial 1988
- [9] Kriminaltechnisches Institut des Bundeskriminalamts (ed.), 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 (ed.), Lehr- und Studien-briefe Kriminalistik Nr. 6, Erkennungsdienst, Dactyloscopy; Melde- und Auswertungsdienst, Hilden/ Rhld. 1989
- [12] L. Strobel, Der Fall Jesus, Aslar 1999
- [13] Landeskriminalamt Thüringen, Kriminaltechnik, Dactyloscopy, <http://www.polizei.thueringen.de/lka/index.html>, online 01.06.01
- [14] Bundeskriminalamt, Erkennungsdienst, <http://www.bka.de/about/text.html>, online 23.04.01
- [15] Fa. H. Stöckle, Katalog 98.09
- [16] H.-H. Huelke, Spurenkunde, Sicherung und Verwertung von Tatortspuren, Heidelberg, Hamburg 1977
- [17] W. Burghard, H.-W. Hamacher (ed.), Lehr- und Studien-briefe 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), online 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), online 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), online 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), online 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), online 02.03.01
- [24] S. Bartko, Dactyloscopic 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), online 29.05.01
- [30] Federal Criminal Police Office (BKA), 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), online 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), online 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 (Ed.), 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), online 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>, online 08.03.01
- [49] Fa. SIGAN Germany Dentalprodukte, Produktinformationen, <http://www.sigadent.de>, online 11.04.01
- [50] J. Wolf, K. M. Lehmann, Wechselwirkung zwischen Stelmittel und Subhydrat, Einfluß auf die Figindezeit, <http://www.uni-marburg.de/zahnmedizin/papers/MATERIAL/GIPS/STELL/ergeb.htm>, online 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, plasto-graphisches Ätzen*, Berlin, Stuttgart 1994
- [54] Archiv des Zentrums der Rechtsmedizin/ Frankfurt a.M.
- [55] L. Rajský, A. Seifert, Dokumentace. Identifikace pomocí otisků prstů, 2003, <http://www.cs.vsb.cz/kratky/courses/2003-04/dis/reference/raj029sei041.pdf>, online 17.04.09



Tato práce je licencována nekomerční licencí Creative Commons Attribution-Non-commercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. Kopii licence získáte návštěvou stránek <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> nebo zašlete dopis na adresu Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.