Drogen in Schweiß und Talg - ein Aspekt der Haaranalyse

Gisela Skopp und Lucia Pötsch

1. Einleitung

Haare, insbesondere abgeschnittene Haarasservate, werden häufig als eigenständiges, von der Haut und ihren Absonderungen losgelöstes Untersuchungsmaterial gesehen. Entwicklungsgeschichtlich leiten sich alle Hautanhangsgebilde, zu denen neben den Nägeln, Talg- und Schweißdrüsen auch die Haare zählen, von einer einzigen Vorstufe, dem Ektoderm ab. Nach der Differenzierung werden sie unter dem Begriff Epidermalorgankomplex zusammengefaßt. Unter diesem ganzheitlichen Aspekt wird das Haar anschließend betrachtet.

Der folgende Fallbericht soll die angesprochene Thematik veranschaulichen. Zur Behandlung eines mykotischen Ekzems nahm Schirren [24] bei einem seiner Patienten täglich eine Pinselung der Analgegend mit fuchsinhaltiger Solutio Castellani über einen Zeitraum von insgesamt 6 Tagen vor. Nach der 3. Pinselung bemerkte der Patient eine Violettfärbung des Achselschweißes, die 14 Tage lang bestand. Auch das weiße Kopfhaar begann sich nach der 3. Behandlung violett zu verfärben, die Färbung blaßte nach ca. 3 Wochen ab, und nach etwa 5 Wochen zeigten die Haarschäfte direkt über der Kopfhaut wieder ihre ursprüngliche Farbe. Der Patient gab auf eindringliches Befragen an, niemals gefärbte Hände gehabt und sich auch nicht selbst eingepinselt zu haben. Schirren nahm eine percutane Resorption der Lösung bzw. des Fuchsins über die erkrankten Hautstellen an und führte die Violettfärbung des Haares auf eine Imprägnierung durch den farbstoffhaltigen Schweiß zurück.

Es soll diskutiert werden, inwieweit diese Beobachtungen auf das Ausscheidungsverhalten und den Einbau von Drogen ins Haar durch natürliche Sekretionsprodukte der Haut anwendbar sind und mit in die Befundinterpretation forensisch-toxikologischer Haaranalysen einfließen sollten.

2. Wege für Drogenmoleküle ins Haar

Primär wird als Quelle für im Haar nachzuweisende Wirkstoffe die im Blut zirkulierende Droge angesehen. Die Blutversorgung des Follikels und der assoziierten Talgdrüse erfolgt durch ein Kapillarnetz, die Papille wird von einer oder mehreren Kapillarschlingen durchzogen; beide Versorgungssysteme werden durch Gefäße des dicht an der Subcutis lokalisierten, cutanen Plexus gespeist [12]. Als Transportprozeß wird die passive Diffusion eines Stoffes entlang seines Konzentrationsgefälles und des herrschenden pH-Gradienten angenommen. Der Stoffaus-

tausch folgt den Regeln des Transportes durch Biomembranen, der abhängig ist von den physikochemischen Eigenschaften eines Moleküls, seiner Raumstruktur und dem Anteil an freier, nicht an Proteine gebundener Substanz. Diese Hypothese, die eine Beziehung zwischen der Konzentrations-Zeit-Kurve im Plasma (AUC) und der Konzentration im Haar impliziert, wurde unter kontrollierter Wirkstoffzufuhr und festgelegten äußeren Bedingungen an Nagern geprüft [16], wobei die Ratte als „nicht-schwitzendes" Versuchstier ein hierfür geeignetes Tiermodell darstellt.

Unter alltäglichen Bedingungen setzt die Anwesenheit einer Droge im Blut einen aktiven Konsum nicht zwingend voraus. So wird man in der Regel eine orale Aufnahme oder gar Injektion als willentlich herbeigeführt betrachten müssen, bereits eine Inhalation kann jedoch passiver Natur sein. So konnten im Haar von Kindern, die in Raucherhaushalten aufwuchsen, Cotinin und Nicotin in Konzentrationen nachgewiesen werden, die den Befunden bei den zugehörigen Erwachsenen vergleichbar waren [14]. Daneben zeigen die Ergebnisse, daß auch ein gleichzeitiger Nachweis von Muttersubstanz und Metaboliten im Haar die aktive Aufnahme einer Substanz in den Organismus nicht sicher belegen kann. Smith et al. [29] berichteten von einem positiven Nachweis von Cocain und Benzoylecgonin im Haar und in Hautabrieben sowie negativen Speichelbefunden bei Kleinkindern aus Haushalten von Cocainusern. Obwohl eine Zersetzung von Benzoylecgonin im bereits keratinisierten Haar bzw. auf der Hautoberfläche nicht ausgeschlossen werden kann [29], kann als passiver Aufnahmeweg nicht nur eine Inhalation, sondern auch eine Belastung durch Stäube in Betracht gezogen werden.

Stäube werden in Körpersekreten emulgiert und solubilisiert und können anschließend über die Haut resorbiert oder auch in das bereits keratinisierte Haar aufgenommen werden. Der eingangs erwähnte Fall ist für die letztgenannte Möglichkeit ein Beispiel, ein weiteres findet sich bei Henderson [11]. Nach intranasaler Verabreichung von Cocain legte er 5 Personen drogenfreie Haare für 30 Minuten in die Hände. Die Haarabschnitte enthielten vor dem Waschen durchschnittlich 48 ng, nach dem Waschen 11 ng Cocain pro g Haar. Bei dieser Inkorporation handelt es sich um eine Wirkstoffaufnahme überwiegend durch Schweiß, da Handinnenflächen keine Talgdrüsen besitzen. Das nachfolgende Schema gibt im Überblick die verschiedenen Aufnahmewege für Drogenmoleküle ins Haar wieder.

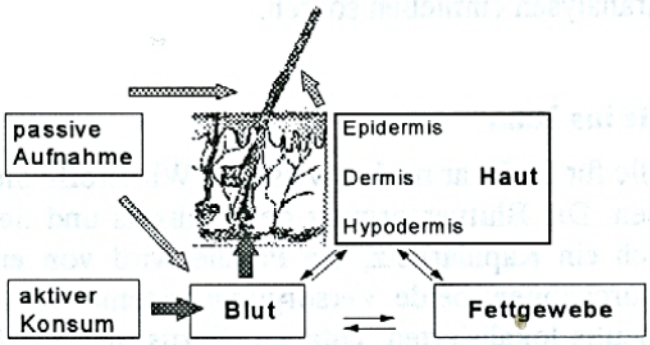

Abbildung 1:

Möglichkeiten der Drogeninkorporation ins Haar nach passiver Aufnahme und aktivem Konsum über Blut, Haut und Hautausscheidungsprodukte

3. Schweiß und Talg als Drogenvehikel

Die Kopfhaut besitzt zahlreiche Talg- und Schweißdrüsen, wobei sich auf dem Kopf ausschließlich ekkrine Drüsen befinden. Auf der behaarten Kopfhaut wurden durchschnittlich 300 Talgdrüsen pro cm^2 und 900 Schweißdrüsen pro cm^2 gezählt [12]. Obwohl zahlreiche Wirkstoffe, darunter auch gängige Betäubungsmittel wie Opiate [6,13,26], Cocain [4,6,26] und Methadon [26], Suchtstoffe wie Benzodiazepine, Nicotin [1] und Coffein [17] in Hautausscheidungsprodukten nachgewiesen werden konnten, sind systematische Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Wirkstoffreisetzung in Talg und Schweiß fast ausschließlich für dermatologische Fragestellungen bearbeitet worden [9].

Bereits die Ergebnisse des zeitlichen Verlaufs der transdermalen Ausscheidung von Ethanol, einer nicht dissoziierten, nicht an Proteine gebundenen, niedermolekularen Substanz sind schwer interpretierbar [3], da sie mit einer raschen Gleichgewichtseinstellung zwischen arteriellem Kapillarblut und wäßriger Sekretion nicht in Einklang zu bringen waren. Die Autoren erklärten den im Vergleich zur Atemalkoholkonzentration langsameren Ethanolanstieg in Schweiß und den weniger steilen Abfall durch eine Vasodilatation der Blutgefäße, einen Austausch durch arteriovenöse Anastosomen und eine Verschiebung von im Stratum corneum gebundenen Wassermolekülen.

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, daß eine streng getrennte Sammlung von Talg und Schweiß experimentell nicht durchführbar ist, und damit kein einheitliches Probenmaterial vorliegt. Die in forensischen Arbeitsgruppen meist mit Hilfe des „sweat patch" (Sudormed, Santa Ana, CA) gesammelten Proben [4,6,13,26] stellen eine Mischung von Hautausscheidungsprodukten dar. Der auf der Haut befindliche Emulsionsfilm setzt sich in geringem Umfang aus epidermalen Lipiden (3-6% des Hautoberflächenfettes) [5], zu einem großen Teil aus Talglipiden, der Perspiratio insensibilis und dem Schweiß zusammen. Frisch ausgeschiedener Talg ist flüssig [25] und besteht zunächst überwiegend aus Triglyceriden (60%) und Wachsestern (23%), der nicht hydrolisierbare Anteil hauptsächlich aus Squalen (12%) [5]. An der Hautoberfläche werden ungesättigte Fettsäureketten oxidiert und Triglyceride durch Bakterien partiell gespalten, so daß eine Emulsionsbildung mit wäßrigen Sekreten erleichtert wird.

Die Emulsion füllt die Trichteröffnung des Follikels aus und ummantelt die kopfhautnahen Haarabschnitte. Die „Fettung" höherliegender Abschnitte erfolgt durch Anlegen an den Haarboden und nicht durch den Talg des eigenen Follikels [8]. Während Drogen mit dem Schweiß rasch, d.h. innerhalb einer bzw. weniger Stunden, ausgeschieden werden, ist die Ausscheidung über den Talg ein Mechanismus, der viele Tage verzögert erfolgt. Als Mittelwert für die Zeit von der Bildung bis zum Platzen der Talgzelle werden 32 bis 36 Tage genannt [12].

Diese zeitlich sehr unterschiedlichen Ausscheidungsmechanismen können zur Interpretation bisher nicht erklärbarer Phänomene in der Haaranalytik herangezogen werden. Henderson et al. [10] wiesen nach Verabreichung von deuteriertem

Cocain dieses bereits 8 Stunden nach Applikation in einer geschnittenen Haarprobe nach. Dieser Zeitraum ist zu kurz, um einen Einbau über das Blut und ein Wachsen des Haares um mehrere Millimeter [20] zu ermöglichen. Eine Inkorporation durch Schweiß erscheint plausibel, zumal schwach basische Substanzen aus wäßriger Lösung rasch ins Haar diffundieren und dort binden [29]. Die Verteilung einer Einzeldosis auf mehrere Haarabschnitte [10] kann auf einer späteren Ausscheidung von Cocain mit dem Talg oder aber einer verzögerten Freisetzung aus dem Hautdepot herrühren, ein Mechanismus, der ebenfalls mehr Zeit erfordert als die Ausscheidung mit dem Schweiß.

Die Rückresorption auf die Haut ausgeschiedener Antimykotika in das Stratum corneum wird in der Dermatologie erfolgreich zur Verkürzung des Medikamenteneinnahmeintervalles genutzt [9]. Terbinafin war z. B. auch noch 55 Tage nach Ende der 28-tägigen Medikation in therapeutisch wirksamen Konzentrationen im Talg und im Stratum corneum vorhanden, während im Plasma nur noch Spuren des Antimykotikums nachweisbar waren. Die Konzentrationen im Haar verliefen während des Untersuchungszeitraumes von 83 Tagen positiv und weitgehend parallel zu den Konzentrationen in der Hornschicht.

Vergleichbare Untersuchungen für Betäubungsmittel gibt es bisher noch nicht; aus einer Untersuchung von Balabanova et al. [2] ergeben sich Hinweise auf eine Speicherung von Cocain im Gewebe. Nach 6-tätiger Cocainabstinenz war Cocain nach mehrfacher Stimulierung der Drüsen im Pilocarpinschweiß nachweisbar, während im Urin Cocainmetabolite nicht detektiert werden konnten.

4. Eine eigene Pilotstudie

Die aufgeführten Literaturdaten und die ganzheitliche Betrachtung des Haares als Hautanhangsgebilde wirft für die forensisch-toxikologische Haaranalyse eine Reihe von Fragen auf. Eine dieser Fragestellungen wurde in einer Versuchsreihe bearbeitet. Es wurde untersucht, ob und in welchem Ausmaß der direkte Kontakt des keratinisierten Haares mit drogenhaltigem Schweiß oder Talg in vitro zu einer Substanzbelastung führt. Da kosmetisch behandeltes Haar im Vergleich zu natürlich belassenem Haar ein verändertes Sorptions- und Rückhaltevermögen aufweist, wurden Anteile der Haarprobe vor der Exposition mit kommerziell erhältlichen Dauerwell- und Blondierungspräparaten behandelt sowie mit alkalischer Wasserstoffperoxidlösung einer starken Bleichung unterzogen.

4.1 Material

6 cm langes, unbehandeltes, dunkelbraunes Haar, in Strähnchen geteilt. NaCl p.a., NH_4Cl p.a., NH_4OH p.a., NaOH p.a., Natriumpersulfat p.a., Essigsäure p.a., Milchsäure p.a., Squalen reinst und Cholesterol p.a. (Merck, Darmstadt). Methanol HPLC Qualität, H_2O_2-Lösung (Roth, Karlsruhe). Cacaobutter, gereinigtes Wollwachs und weiße Vaseline© in Arzneibuchqualität. Pentafluorpropionsäureanhydrid, Hexafluorisopropanol (Fluka, Buchs, Schweiz). Cocain, Benzoylecgonin, 6-Acetylmorphin, Morphin, Codein und deuterierte Analoga

(Promochem, Wesel). Poly Blonde© Intensiv Aufheller, Poly Lock© (Henkel, Düsseldorf).

4.2 Schweiß/Talg

Schweiß wurde gemäß der im 3160/2 ISO Standard angegebenen Formulierung hergestellt [22]. Talg: 1,0 g fein zerriebenes Cholesterol, 4,0 g Squalen 20,0 g Cacaobutter, 12,5 g Wollwachs und 12,5 g Vaseline© werden unter leichtem Erwärmen homogenisiert. Die beiden Formulierungen werden mit 6-Acetylmorphin, Morphin, Codein, Cocain und Benzoylecgonin (Stammlösungen 1mg/mL) versetzt bis zu Arbeitskonzentrationen von 500 ng Analyt/g Schweiß oder Talg.

4.3 Behandlung des Haares und Aufarbeitung

Ein Teil der Strähnchen wurde mit Poly Blonde©, ein weiterer mit Poly Lock© entsprechend der Anleitung des Herstellers behandelt. Für eine starke Bleichung wurden die Haare 6 h in eine ammoniakalische H_2O_2-Lösung (pH 12), die 10% Natriumpersulfat enthielt, eingelegt. Die behandelten Haare wurden mit Wasser gewaschen, an der Luft getrocknet und, zu Schlingen geformt, in drogenhaltigem Schweiß und Talg 24 h bei 37°C inkubiert. Die Faserenden waren mit den Flüssigkeiten nicht in Kontakt. Alle Versuchsreihen wurden 2fach angesetzt. Für jeden Analyten wurde eine entsprechende Leerhaarprobe mitgeführt.

Die inkubierten Haare wurden 2 mal gewaschen (15 mL Methanol, 37°C, 30 min). Die Mittelstücke der Schlingen wurden in einer Kugelmühle pulverisiert (Retsch, Haan) und, wie unter [27] beschrieben, aufgearbeitet und analysiert (GC/MS). Für jede Probe wurden 2 Ansätze für die Messung aufgearbeitet. Die Nachweisgrenzen lagen für alle Substanzen bei 0,05 ng/mg Haar, entsprechend [15]. Der jeweilige Mittelwert der 4 Bestimmungen (Streubreite der Einzelmessungen < 12%) wurde für die Datenanalyse verwendet.

4.4 Ergebnisse und Diskussion

Die bei den Messungen erhaltenen Werte sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Alle untersuchten Substanzen, bis auf Benzoylecgonin, wurden aus Schweiß und Talg ins Haar aufgenommen. Die gemessenen Konzentrationen lagen für alle Haarbehandlungen und Analyte, Benzoylecgonin und Codein ausgenommen, unter 1 ng pro mg Haar. Der Cocainbefund für naturbelassenes Haar deckt sich mit dem von Henderson [10] berichteten Ergebnis. Die Aufnahme von Cocain über Talg ist geringfügig höher und steigt mit dem Grad der Haarschädigung leicht an. Dieses Ergebnis bestätigt die Beobachtung [7], daß morphologisch unterschiedliche Haare unterschiedliche Mengen an Cocain inkorporierten. Während die Gehalte an 6-Acetylmorphin und Morphin keine vom Vehikel und der Haarstruktur abhängigen Tendenzen aufzeigten, waren diese Parameter entscheidend für die Höhe der Codeinaufnahme. Die Aufnahme über Talg fiel durchweg geringer aus als über Schweiß, und sie nahm deutlich mit dem Grad der Haarschädigung zu.

Tab. 1: Mittelwerte (n=4, ng/mg Haar) für unbehandeltes und kosmetisch behandeltes Haar nach in vitro-Inkubation in drogenhaltigem Schweiß und Talg

	Cocain	BZE	MAM	Morphin	Codein
Inkubation in Schweiß					
unbehandelt	0,33	*n.d.	0,39	0,26	1,89
dauergewellt	0,43	n.d.	0,29	0,56	2,23
gebleicht, mild	0,40	1,35	0,20	0,17	3,61
gebleicht, stark	0,71	1,15	0,17	0,10	5,39
Inkubation in Talg					
unbehandelt	0,68	n.d.	0,23	n.d.	0,30
dauergewellt	0,60	n.d.	0,32	0,10	0,24
gebleicht, mild	0,58	0,66	0,39	0,06	2,30
gebleicht, stark	0,90	1,49	0,42	0,18	3,95

* n.d.: nicht detektierbar (< 0,05 ng/mg Haar)

Änderungen des pH-Wertes und der Ionenkonzentrationen beeinflussen das Aufnahmeverhalten des Haares [18,31]. Bereits 1972 wurde vermutet, daß Haar sich wie ein Ionenaustauscher verhält, eine Eigenschaft, die in der Kosmetikindustrie schon lange, z.B. zur Haarfärbung, genutzt wird. An der Haaroberfläche und im Haar befinden sich zahlreiche ionisierte Gruppen, bei pH-Werten unter 7 besteht ein Überschuß an negativen Ladungen durch Glutamat- (mittlere relative Menge 11,1 %) [23] und Aspartatreste (mittlere relative Menge 5,0 %), bei oxidativ behandeltem Haar finden sich zusätzlich Sulfonsäurereste [30], deren Anzahl mit dem Ausmaß der Oxidation zunimmt. Die negativen Ladungen im Haar können durch kleine, auch organische Kationen ersetzt werden. Neben den physiko-chemischen Änderungen ergeben sich durch Haarbehandlungsmaßnahmen auch morphologische Änderungen [19], so daß bei gebleichtem als stärker verändertem Haar eine höhere Sorption möglich wird, wie für Codein auch beoachtet.

Für den Übertritt von Substanzen ins Haar ist Wasser erforderlich. Haare sind stark hygroskopisch, und insbesondere die Keratine besitzen eine große Wasseraufnahmekapazität. Bereits bei niedriger relativer Feuchtigkeit (< 25%) besetzen Wassermoleküle Amino- und Guanidinogruppen im Haarinnern, bei steigender relativer Feuchtigkeit binden Wassermoleküle zunehmend aneinander. Die Haaroberfläche ist auch bei scheinbar trockenem Haar mit einer dünnen Schicht aus Wassermolekülen umgeben. Dieser Feuchtigkeitsfilm bewirkt, daß sich abgesonderte Wirkstoffe entlang der Haaroberfläche ausbreiten und ins Haar diffundieren können [21,28].

Für unbehandeltes, naturbelassenes Haar war die Aufnahme eines Wirkstoffes über Schweiß oder Talg gering, für kosmetisch behandelte Haare konnten

teilweise Werte über 1 ng Substanz pro mg Haar erreicht werden. Die individuelle Haarstruktur beeinflußt also die aufgenommene Menge mit. Da die untersuchten Verbindungen in Hautausscheidungsprodukten bereits nachgewiesen werden konnten, ist ihr Einbau ins keratinisierte Haar über Schweiß und Talg grundsätzlich möglich. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, daß es sich dabei, mit Ausnahme von Codein, um einen Aufnahmeweg von geringerer Bedeutung handelt. Über das Ausscheidungsverhalten vieler anderer Drogen mit Schweiß und Talg und ihrer Aufnahmetendenz ins keratinisierte Haar liegen allerdings keine ausreichenden Daten vor.

5. Zusammenfassung

Das Haar ist Teil des Epidermalorgankomplexes. Unter diesem Aspekt wurde ein potentieller Aufnahmeweg, die Inkorporation von Substanzen über Schweiß und Talg, in einem Pilotprojekt näher untersucht. Inwieweit andere Inkorporationsmöglichkeiten, z.B. eine passive Aufnahme durch Rauch, Stäube oder Körpersekrete Dritter das Ergebnis der Haaranalyse beeinflussen können, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Die Ausscheidungs- und Speicherungsfunktionen der Haut können einige der in der Haaranalyse beobachteten Phänomene, z.B. das Auftreten zweier Substanzbanden im Haar nach Einzeldosierung und positive Substanznachweise im geschnittenen Haar wenige Stunden nach Applikation sowie viele Wochen nach Beendigung der Wirkstoffeinnahme erklären helfen. Zeitliche Zuordnungen werden so nicht allein durch individuelle Unterschiede des Haarwachstums und cyclisches Wachstum unscharf. Wie lange forensisch relevante Drogen im Stratum corneum gespeichert werden können, und damit als potentielle Quelle für eine Substanzbelastung des Haares in Betracht kommen, ist bisher nicht bekannt. Eine Abnahme der Substanzkonzentration in proximalen Abschnitten könnte daher nicht nur auf einer Reduktion des Konsums, sondern auch auf einer Abstinenzphase beruhen.

6. Literaturverzeichnis

[1] S. Balabanova, G. Bühler, E. Schneider, H.J. Boschek, H. Schneitler: Über die Ausscheidung von Nikotin mit dem apokrinen und ekkrinen Schweiß bei Rauchern und Passiv-Rauchern. Hautarzt 43 (1992) 73-76.

[2] S. Balabanova, E. Schneider, R. Wepler, G. Bühler, B. Herrmann, H.J. Boschek, H. Schneitler, H. Jenzmik: Capacity of the eccrine sweat glands to store cocaine. Dermatol. Monatsschr. 178 (1992) 89-92.

[3] D.J. Brown: The pharmacokinetics of alcohol excretion in human perspiation. Find. Exptl. Clin. Pharmacol. 7 (1985) 539-544.

[4] M. Burns, R.C. Baselt: Monitoring drug use with a sweat patch: an experiment with cocaine. J. Anal. Toxicol. 19 (1995) 41-48.

[5] Ciba Geigy AG: Wissenschaftliche Tabellen Geigy, 8. Aufl., Ciba Geigy Limited, Basel, Schweiz, 1977.

[6] E.J. Cone, M.J. Hillsgrove, A.J. Jenkins, R.M. Keenan, W.D. Darwin: Sweat testing for heroin, cocaine, and metabolites. J. Anal. Toxicol. 18 (1994) 298-305.

[7] E.J. Cone: Mechanism of drug incorporation into hair. Ther. Drug Monit. 18 (1996) 438-444.

[8] H. Eberhardt: Recoating of human hair by sebum. J. Soc. Cosmet. Chem. 27 (1976) 235-239.

[9] J. Faergemann, H. Zehender, J. Denouel, L. Millerioux: Levels of terbinafine in plasma, stratum corneum, dermis-epidermis (without stratum corneum), sebum, hair, and nails during and after 250 mg terbinafine orally once per day for four weeks. Acta Derm. Venereol. (Stockh.) 73 (1993) 305-309.

[10] G.L. Henderson, M.R. Harkey, C. Zhou, R.T. Jones, J. Peyton: Incorporation of isotopically labeled cocaine and metabolites in human hair: 1. dose-response relationships. J. Anal. Toxicol. 20 (1996) 1-12.

[11] G.L. Henderson, M.R. Harkey, R. Jones: Hair analysis for drugs of abuse. Final Report on Grant Number NIJ 90-NIJ-CX-0012 to National Institutes of Justice, September 1993.

[12] E. Horstmann: Die Haut. In: W. Bargmann (Hrsg.) Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. III/3, Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1957.

[13] P. Kintz, A. Traqui, C. Jamey, P. Mangin: Detection of codeine and phenobarbital in sweat collected with a sweat patch. J. Anal. Toxicol. 20 (1996) 197-201.

[14] J.M. Knight, C. Eliopoulos, J. Klein, M. Greenwald, G. Koren: Passive smoking in children: Racial differences in systemic exposure to cotinine by hair and urine analysis. Chest 109 (1996) 446-450.

[15] G.L. Long, J.D. Winefordner: Limits of detection. Anal. Chem. 55 (1983) 712A-719A.

[16] Y. Nakahara, R. Kikura, K. Takahashi: Effect of structural factors on incorporation of drugs into hair - The incorporation rates of amphetamine analogs. Proceedings of the 1995 International Conference and Workshop for Hair Analysis in Forensic Toxicology, Abu Dhabi, UAE, (1995) 28-49.

[17] C.C. Peck, D.P. Conner, B.J. Bolden, R.G. Almirez, chT.E. Kingsley, L. D. Mell, M.G. Murphy, V.E. Hill, L.M. Rowland, D. Ezra, T.E. Kwiatkowski, C.R. Bradley, M. Abdel-Rahim: Outward transcutaneous chemical migration: Implications for diagnostics and dosimetry. Skin Pharmacol. 1 (1988) 14-23.

[18] L. Pötsch, G. Skopp, J. Becker: Ultrastructural alterations and environmental conditions influence the opiate concentrations in hair of drug addicts. Int. J. Legal Med. 107 (1995) 301-305.

[19] L. Pötsch, G. Skopp: Stability of opiates in the hair fibers after exposure to cosmetic treatment. Forensic Sci. Int. 81 (1996) 95-102.

[20] L. Pötsch, G. Skopp, H.P. Eser, M.R. Möller: Zum Suchtmittelnachweis in Haaren. I. Die Abschätzung und Bedeutung des individuellen Haarwachstumsfensters und des intradermalen Abschnittes anagener Haare bei der segmentweisen Haaranalyse. Rechtsmed. 6 (1996) 156-160.

[21] L. Pötsch, G. Skopp, M.R. Möller: Zum Suchtmittelnachweis in Haaren. VI. Mögliche Einflüsse der Hautfunktionen. Rechtsmed. (1997) im Druck.

[22] J.P. Randin: Corrosion behavior of nickel-containing alloys in artificial sweat. J. Biomed. Materials Res. 22 (1988) 649-666.

[23]C.R. Robbins: Chemical and Physical Behavior of Human Hair, 2nd ed., Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1988.

[24] C.G. Schirren: Violette Verfärbung des Haupthaares und des Achsel schweißes nach äußerer Anwendung der Castellanischen Lösung. Hautarzt 10 (1959) 135-136.

[25] E. Schwarz: Stoffabgabe in Schweiß, Talg und Körperausdünstung. Arch. phys. Ther. 20 (1968) 349-360.

[26] G. Skopp, L. Pötsch, H.P. Eser, M.R. Möller: Preliminary practical findings on drug monitoring by a transcutaneous collection device. J. Forensic Sci. 41 (1996) 933-937.

[27] G. Skopp, L. Pötsch, M.R. Moeller: On cosmetically treated hair - aspects and pitfalls of interpretation. Forensic Sci. Int. 84 (1997) 43-52.

[28] G. Skopp, L. Pötsch, R. Aderjan: Experimental investigations on hair fibers as diffusion bridges and opiates as solutes in solution. J. Forensic Sci. 41 (1996) 117-120.

[29] F. P. Smith, D.A. Kidwell: Cocaine in hair, saliva, skin swabs, and urine of cocaine users`children. Forensic Sci. Int. 83 (1996) 179-189.

[30] H. Zahn, S. Hinterhaus, A. Strüßmann: Bleaching and permanent waving aspects of hair research. J. Soc. Cosmet. Chem. 37 (1986) 159-175.

[31] C. Zviak: The Science of Hair Care, Marcel Dekker, New York, Basel 1986.

Dr. Gisela Skopp
Institut für Rechtsmedizin
Ruprecht-Karls-Universität
Voßstr. 2
D-69115 Heidelberg

Dr. Lucia Pötsch
Institut für Rechtsmedizin
Johannes-Gutenberg-Universität
Am Pulverturm 3
D-55131 Mainz