

.SIAK-Journal – Zeitschrift für Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis



Sachs, Hans (2014):

Toxikologische Haaranalyse

SIAC-Journal – Zeitschrift für
Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis
(2), 59-67.

doi: 10.7396/2014_2_E

Um auf diesen Artikel als Quelle zu verweisen, verwenden Sie bitte folgende Angaben:

Sachs, Hans (2014). Toxikologische Haaranalyse, SIAC-Journal – Zeitschrift für
Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis (2), 59-67, Online:
http://dx.doi.org/10.7396/2014_2_E.

© Bundesministerium für Inneres – Sicherheitsakademie / Verlag NWV, 2014

Hinweis: Die gedruckte Ausgabe des Artikels ist in der Print-Version des SIAC-Journals im
Verlag NWV (<http://nwv.at>) erschienen.

Online publiziert: 9/2014

Toxikologische Haaranalyse

Das deutsche Rechtssystem bietet den dazu verurteilten Tätern zur Kontrolle der Abstinenz von Drogen bzw. Alkohol (Bewährungsaufgabe) sowohl regelmäßige Harnuntersuchungen als auch die Untersuchung des in der Abstinenzphase gewachsenen Haares an. Abgesehen davon, treten bei Ermittlungen vielfach Fragen auf, die den Konsum von Drogen/Alkohol in der Vorgeschichte eines Falls betreffen – z.B. ob ein Verdächtiger zu einem zurückliegenden Zeitpunkt unter Betäubungsmiteleinfluss gestanden ist. Ebenso kann es für Ermittlungen wesentlich sein, welche Substanzen bzw. welche Kombination von Substanzen in einem bestimmten Zeitraum konsumiert wurde. Solche Informationen sind nach einer bestimmten Zeit nicht mehr aus Harn oder Blutproben zu gewinnen, da die Substanzen im Körper umgewandelt und die Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden. Das Haar nimmt dagegen während des Wachstums Substanzen auf und speichert diese für einen längeren Zeitraum. Spezielle chemisch-analytische Methoden (massenspektrometrische Verfahren) können die sehr kleinen Mengen von Alkohol/Betäubungsmitteln bzw. deren Abbauprodukte in Haarabschnitten nachweisen und ermöglichen dadurch – entsprechend der Wachstumsgeschwindigkeit der Haare – ein zurückliegendes Konsumverhalten abzuleiten. Details der Anwendungen, Methoden und der heutigen Grenzen werden im Artikel dargestellt.



HANS SACHS,
*allgemein vereidigter
Sachverständiger für
Forensische Toxikologie.*

1. EINLEITUNG UND VORGESCHICHTE

Der aktuelle Stand der Haaranalytik bezieht sich im Wesentlichen auf die Zeit nach der Einführung der Flüssigchromatographie in Kombination mit der Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS-MS), die nach dem Jahr 2000 zu einem sprunghaften Anstieg der Möglichkeiten bis hin zum umfangreichen Screening und gleichzeitig wegen der enorm verbesserten Empfindlichkeit auch zum Nachweis einer einzelnen Aufnahme von bestimmten, zentralnervös wirkenden Substanzen nach Wochen und Monaten führte.

Doch bis dahin war ein langer Weg zu gehen. Anfang der 1980er Jahre begann die Ära des Drogennachweises in Haaren durch radioimmunologische Tests auf Morphin. Wegen der unspezifischen Reaktionen bei immunchemischen Untersuchungen kam die Haaranalytik erst in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre in Schwung, nachdem mit Hilfe der Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC-MS) die einzelnen Substanzen spezifisch nachzuweisen waren. Lange wurde versucht, einfach nur die für Blut und Urin bewährten Methoden auf die Haare zu übertragen, indem man die Haare so-

weit wie möglich auflöste und sie dann als Körperflüssigkeiten untersuchte. Auch ein Hydrolyseschritt durfte damals nicht fehlen. Gerade wegen dieser Aufbereitung erkannte man erst spät (um 1990), dass bei den gängigen Drogen wie Heroin, Cocain und Cannabis die Muttersubstanzen (bzw. spezifische Metaboliten wie 6-Acetylmorphin beim Heroin) viel leichter nachweisbar waren als die in Blut und Urin üblichen (hydrophileren) Stoffwechselprodukte. Die Freude über die Fortschritte bei der Empfindlichkeit und damit erhöhten Nachweisbarkeit eines Konsums währte aber nicht lange. Der Nachweis der Muttersubstanzen löste nämlich eine Diskussion über mögliche Kontamination der Haare mit den nachgewiesenen Drogen aus, die je nach Rechtslage in den einzelnen Ländern unterschiedlich heftig geführt wurde und bis heute anhält. Ein so genanntes „general unknown screening“ war wegen der geringen Empfindlichkeit mit Hilfe der GC-MS nicht erfolgreich.

Die 1990er Jahre waren geprägt von der Entwicklung neuer Nachweismethoden für Einzelsubstanzen oder kleineren Substanzgruppen durch GC-MS mit selected ion monitoring. Dabei entstand ein regelrechtes Wettrennen, das sich in den wissenschaftlichen Publikationen durch den Satz „To our knowledge this is the first time that substance XX could be detected in hair“ ausdrückte. Dieser Wettlauf führte zu so kuriosen Erscheinungen, dass Substanzen mehrmals zum ersten Mal nachgewiesen und außerdem auch saubere Hintergrundwerte als Beweis für einen positiven Befund veröffentlicht wurden.

Die im Blut zirkulierenden Substanzen sind in der Regel erst nach ein bis zwei Wochen in den Haaren so weit über die Kopfhaut hinausgewachsen, dass sie sich in der abgeschnittenen Haarprobe befinden. Kopfhaare wachsen zwar einigermaßen gleichmäßig über einen Zeitraum von

drei bis sechs Jahren (anagene Phase), legen aber, bevor sie ausfallen, eine Wachstumspause von drei bis sechs Monaten ein (telogene Phase). Nach einem längeren Substanzkonsum enthalten nachwachsende Haarstränge also auch noch 10 bis 20 % positive Haare, die nicht weiter gewachsen sind. Man erhält erst nach etwa sechs Monaten, je nach Empfindlichkeit der Messung, vollständig negative Resultate.

Bei den meisten Menschen wachsen die Kopfhaare mit einer Geschwindigkeit zwischen 0,8 und 1,4 cm/Monat. Bei älteren Menschen oder Menschen mit Haarwachstumsstörungen können auch niedrigere Wachstumsraten auftreten. Es gibt aber auch Fälle, in denen eine Wachstumsgeschwindigkeit von mehr als 2,0 cm/Monat beobachtet wird. Zur Vereinfachung und groben Abschätzung des Aufnahmezeitraums wird meistens mit einer Rate von 1,0 oder 1,1 cm/Monat gerechnet. Sollte die Wachstumsrate in einem Fall von entscheidender Bedeutung sein, lässt sie sich am leichtesten dadurch feststellen, dass Wochen nach der ersten Probennahme eine zweite von derselben Stelle genommen und die Haarlänge gemessen wird.

Die Unregelmäßigkeit des Haarwachstums eröffnet aber auch die Möglichkeit, einen regelmäßigen Substanzkonsum nachzuweisen, der länger zurückliegt, als aus der reinen Berechnung über die Haarlänge hervorgeht. Diese Berechnungen zeigen, inwieweit noch nach Abstinenzbeginn erhebliche Konzentrationen nachgewiesen werden können (siehe Abbildung 1, Seite 61).

Trotz dieser Komplexität beim Haarwachstum ist es dennoch in der Regel möglich, durch abschnittsweise Haaruntersuchungen einen Eindruck über den Verlauf der Konsumintensität zu bekommen.

Haarfarbe und Haarstärke, aber auch der Zustand der Haarstruktur nach monate-

langer kosmetischer Behandlung und Umwelteinflüsse (Sonnenstrahlung etc.) können zu unterschiedlichen Konzentrationen führen. Insbesondere aggressives Bleichen führt zu einer Zerstörung der Cuticula (äußere Schutzschicht des Haares) und damit zu einem leichteren Auswaschen von Fremdstoffen.

Körperbehaarung kann ersatzweise oder zusätzlich gewonnen werden. Scham-, Achsel- und andere Körperhaare wachsen etwas langsamer als Kopfhaare mit einer Anagenphase von ca. 44 bis 77 Wochen (40 bis 60 % der Haare) und einer langen Telogenphase von ca. 48 bis 73 Wochen. Eine Körperhaarprobe repräsentiert die Dauer des gesamten Wachstumszyklus (ggf. also über zwei Jahre). Allerdings ist es dabei von großer Wichtigkeit, die Probe auf natürliche Spitzen zu überprüfen (Ausschluss einer Rasur). Körperhaare sind bei fehlenden Kopfhaaren ersatzweise zur Überprüfung einer Substanzeinnahme bzw. -abstinenz z.B. im Vorfeld einer Medizinisch-Psychologischen Untersuchung geeignet. Sie sind aber wegen der langen telogenen Phase nicht geeignet, durch abschnittsweise Untersuchung eine zeitliche Abschätzung des Konsumverlaufs analog den Kopfhaaren durchzuführen. In der Regel gelingt es ohnehin nicht, sie in für diese Zwecke ausreichend geordneter Weise zu asservieren.

Eine Methode zur Bestimmung von Fremdstoffen in Haaren besteht aus verschiedenen Schritten (Dekontamination, Haaraufschluss/Extraktion und Aufreinigung sowie angeschlossenes Analysenverfahren). Bei der Interpretation ist darauf zu achten, dass unterschiedliche Ergebnisse für verschiedene Verfahren zu erwarten sind. Direkte Vergleiche quantitativer Messergebnisse mit unterschiedlichen Methoden sind daher problematisch.

Quelle: modifiziert aus Sachs 1995 und Pragst 2004

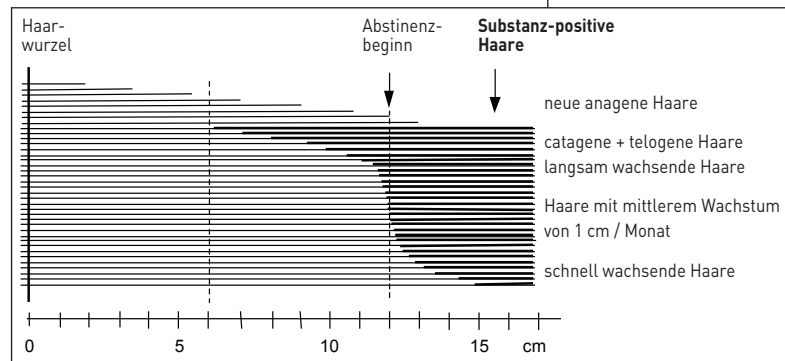


Abb. 1: Nach intensivem Substanzkonsum ist der neu wachsende Kopfhaarabschnitt (links) erst nach mehreren Monaten Substanz-frei.

2. ANWENDUNG DER HAAR-ANALYTIK IN VERSCHIEDENEN LÄNDERN UND ABGRENZUNG ZUR URINANALYTIK

Die Haaranalytik überprüft einen vollkommen anderen Zeitraum als die Urinanalyse. Im Idealfall sieht eine Haarprobe aus wie in Abbildung 2 (siehe Seite 62). Es kann also der Konsum über mehrere Monate retrospektiv überprüft werden. Dagegen wird in einer Urinprobe nur ein relativ geringer Zeitraum, selten mehr als 48 Stunden, überprüft. Eine sinnvolle Kontrolle über Urinproben ist also nur möglich, wenn sie für den Probanden unerwartet kommt, das heißt die Probennahme am selben oder der Einbestellung direkt folgenden Tag erfolgt. Da genau dies eine erhebliche Organisation erfordert, ist in den Ländern, in denen in großem Umfang Abstinenzkontrollen z.B. für die Fahreignungsbegutachtung oder als Bewährungsaufgabe erfolgen, wahlweise ein Urinkontrollprogramm oder retrospektiv eine Haaruntersuchung vorgesehen. Als Beispiel soll hier auf das in den Beurteilungskriterien für die Fahreignungsdiagnostik in Deutschland (Schubert/Dittmann 2013) festgelegte Programm hingewiesen werden. In Deutschland werden im Rahmen solcher Kontrollen pro Jahr geschätzt über 20.000 Proben im Zusammenhang mit Betäubungsmitteln und über 50.000 Proben mit Bezug auf eine Alkoholabstinenz genommen.

Quelle: Fallmaterial FTC München

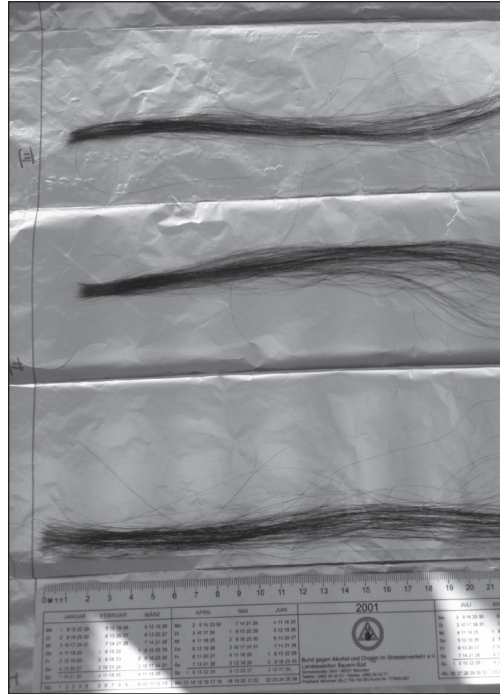


Abb. 2: Entnommene Haarprobe für die Abstinenzkontrolle auf Betäubungsmittel- und Alkoholkonsum

Das Verfahren ist in den Beurteilungskriterien sowohl in Bezug auf die Qualifikation des Labors als auch die Probennahme und die zugelassenen Analyseverfahren genauestens geregelt. Es wird grundsätzlich auf alle in den Beurteilungskriterien einzeln aufgeführten Substanzen untersucht. Die „cut-offs“ (Schwellenwerte) sind sehr niedrig, sodass eine hohe Empfindlichkeit von den Labors verlangt wird, die bei der Akkreditierung überprüft wird. In der Regel werden bei der Abstinenzkontrolle zwischen 15 und 20 % der Probanden mit positiven Resultaten ertappt. Diese Rate liegt bei sechs Urinkontrollen in zwölf Monaten wesentlich niedriger, selbst wenn eine unregelmäßige und unvorhersehbare telefonische Aufforderung erfolgt, am nächsten Tag zur Urinabgabe zu erscheinen.

Ähnliche Verhältnisse bei der Fahreignungsbegutachtung finden wir in der Schweiz heute schon, sie sollen aber bis Mitte 2015 noch weiter standardisiert

werden. Ein grundsätzlicher Unterschied zu Deutschland besteht darin, dass die Kontrolle auf Cannabiskonsum nur durch Urinuntersuchungen möglich ist. Dies hat auch teilweise seine Berechtigung, da in beiden Staaten in der Regel auf den psychoaktiven Hauptwirkstoff des Hanfs (THC) und nicht auf das Stoffwechselprodukt THC-Carbonsäure untersucht wird und letztendlich nur durch den positiven Nachweis dieses Stoffwechselprodukts der Konsum bewiesen wird. Ansonsten wird in der Schweiz mit ähnlicher Intensität wie in Deutschland am Einsatz der Haaranalytik in Kriminalfällen, wie z.B. von Kindesmissbrauch unter Einsatz von Schlafmitteln, gearbeitet.

In Großbritannien steht der Einsatz der Haaranalytik in Sorgerechtsfällen im Vordergrund. Die Frage ist immer, ob die

Quelle: Schubert/Dittmann 2013

Substanzklasse Targetanalyt	Cut-off in Haaren [ng/mg]
Cannabinoide THC-COOH THC	0,02
Opiate Morphin (Codein, Dihydrocodein u. in Haaren MAM)	0,1
Cocain Benzoylcegonin Cocain	0,1
Amphetamine Amphetamin und Designer-Amph.	0,1
Methadon EDDP Methadon	0,1
Benzodiazepine Diazepam Nordiazepam Oxazepam Alprazolam (OH-Alprazolam) Bromazepam Flunitrazepam (7-Aminofl.) Lorazepam	0,05
Ethylglucuronid	0,007 (7 pg/mg)

Tab. 1: Substanzen des „polytoxikologischen Screening“ im Rahmen der Abstinenzkontrolle für die Fahreignungsdiagnostik in Deutschland

Kinder bei fraglich betäubungsmittel- oder alkoholabhängigen Eltern bleiben dürfen.

In den USA ist der Einsatz der Haaranalytik von Anfang an auf die Arbeitsplatzkontrolle ausgerichtet gewesen. Dazu werden täglich tausende von Haaranalysen durchgeführt. Die Kontrollmöglichkeiten von großen Firmen bei der Einstellung sind aber rechtlich ganz anders als in Europa, was wieder zeigt, dass der Einsatz der Haaranalytik im Wesentlichen von der jeweiligen Rechtslage abhängt.

3. AKTUELLER STAND BEIM NACHWEIS DES ALKOHOL-KONSUMS

Alkohol wird nach dem Trinken auf Nebenwegen des Stoffwechsels zum geringen Teil in Fettsäureethylester (FAEE) und Ethylglucuronid (EtG) umgewandelt (siehe Abbildung 3). Diese Stoffwechselprodukte zirkulieren im Blut und werden auch in wachsende Haare eingelagert. Sie können so als Langzeitmarker eines Alkoholkonsums herangezogen werden.

3.1. Ethylglucuronid

Bei der in Deutschland angewandten Abstinenzkontrolle im Rahmen der Fahreignungsdiagnostik ist nur EtG zugelassen und das gesamte Verfahren ist in den CTU-Kriterien (Chemisch-toxikologische Untersuchungskriterien der Beurteilungskriterien) (s.o.) konkretisiert. Bei der Beurteilung der Konsumintensität wird aber manchmal zusätzlich eine Untersuchung auf FAEE durchgeführt, insbesondere wenn es um die Abgrenzung von übermäßigem und moderatem Konsum, z.B. bei der Beurteilung der Schuldfähigkeit, geht.

Bei der retrospektiven Abstinenzkontrolle durch eine Kopfhhaaruntersuchung auf EtG kann für jeden Zentimeter Haarlänge ein Monat angerechnet werden, maximal 3 cm. Für einen längeren Zeitraum

Quelle: Pragst 2006

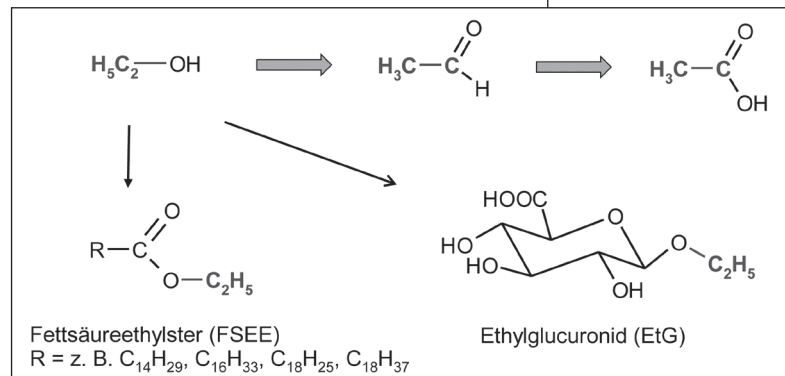


Abb. 3: Fettsäureethylester und Ethylglucuronid als Nebenmetabolite des Alkohols

ist die Untersuchung auf EtG als Abstinenzbeleg nach den Beurteilungskriterien nicht geeignet. Diese Vorgabe ist umstritten. Während bei routinemäßigen, segmentweisen Untersuchungen immer wieder auffällt, dass die Konzentrationen nach angeblich gleichmäßigem Konsum in den wurzelnahen 0 bis 3 cm Abschnitten höher sind als in den anschließenden 3 bis 6 cm Abschnitten und zur Spitze hin noch weiter abfallen – und damit die Vorgabe bestätigen – haben andere Autoren (Ägius/Ferreira et al. 2012) keine signifikanten Unterschiede in bis zu 6 cm langen Abschnitten feststellen können.

Eine Konzentration von weniger als 7 pg/mg gilt als Abstinenzbeleg. Darüber gibt es keine falsch-positiven Resultate. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist der Schwellenwert von 7 pg/mg für EtG sehr hoch gewählt, d.h. zu Gunsten der Untersuchten. Die echte Abstinenz liegt eher bei 1 bis 3 pg/mg.

3.2. Fettsäureethylester

Nachdem FAEE im Blut auftreten, können sie in die Haare transportiert werden (Pragst/Yegles 2006). Dies geschieht nach gegenwärtigem Kenntnisstand hauptsächlich über die Talgdrüsen und den in den Haarwurzelschaft ausgeschiedenen Talg.

Die Bestimmung der FAEEs erfolgt mittels Head-Space-Festphasenmikroextrak-

tion in Kombination mit GC-MS. Obwohl eine große Anzahl an Fettsäuren und damit Auswahl für FAEE bekannt sind, werden für die quantitativen Bestimmungen und die Beurteilung des Alkoholkonsums nur vier FAEEs verwendet:

- ▶ Ethylmyristat,
- ▶ Ethylpalmitat,
- ▶ Ethyloleat,
- ▶ Ethylstearat.

Die Nachweisgrenzen für diese Ester liegen mit weniger als 0,1 ng/mg im Bereich der körpereigenen FAEEs, d.h. in einem Bereich der auch bei Alkoholabstinenz vorliegt. In der Regel werden die proximalen 3 oder 6 cm untersucht, für die auch die statistischen Erfahrungen gelten.

Die Bewertungsmaßstäbe wurden durch Untersuchung von Haarproben einer großen Zahl von Untersuchten mit bekanntem Trinkverhalten (Abstinenzler, Normaltrinker, Alkoholiker in der Entzugsbehandlung und Todesfälle mit bekanntem Alkoholmissbrauch) gewonnen. Danach gelten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der Society of Hair Testing (SoHT) für den kopfnahen Abschnitt 0 bis 3 cm die in Tabelle 2 dargestellten Werte.

Quelle: Society of Hair Testing

Trinkverhalten	FAEE (ng/mg)	EtG (pg/mg)
Abstinenzler	< 0,20 ng/mg	< 7 pg/mg
Mäßige Normaltrinker	< 0,50 ng/mg	< 30 pg/mg
Alkoholmissbrauch	≥ 0,50 ng/mg (> 1,0 ng/mg bei 0-6 cm)	≥ 30 pg/mg

Tab. 2: Schwellenwerte für FAEE und EtG in Haaren

4. AKTUELLER STAND BEI DER UNTERSUCHUNG AUF DROGEN UND MEDIKAMENTE

Während bei den Alkoholmarkern bei hoher Empfindlichkeit auch die GC-MS (-MS) zum Einsatz kommt, hat sich bei

den Drogen im Wesentlichen LC-MS-MS durchgesetzt. Der LC-MS-Technik kommt zugute, dass die überwiegende Zahl der Drogen und zentral wirksamen Medikamente Stickstoff in Amin- oder Amid-Gruppen enthält, die eine gute Ionisierbarkeit bei der Elektrospray-Ionisierung zeigen. Eine Übersicht der Möglichkeiten wird in den Büchern von Kintz (Kintz 2006, 187–200) und Madea/Musshoff (Madea/Musshoff 2004) beschrieben. Die Techniken sind aber nicht auf dem damaligen Stand stehen geblieben. Im Folgenden soll an Beispielen gezeigt werden, wie sich die Weiterentwicklungen seit damals auch in den Gutachten der Forensischen Toxikologie niederschlagen können.

4.1 Screening durch Multitarget-Analysen

Bei der Multitarget-Analyse werden bei einer LC-MS-MS-Analyse gezielt Übergänge von einzelnen spezifischen Fragmenten abgefragt, die vorher durch ein Optimierungsprogramm nach dem Einspritzen der Reinsubstanz ermittelt wurden. Zu den Vorteilen zählt, dass die Übergänge so spezifisch sind, dass eine große Anzahl von Substanzen bei sehr hoher Empfindlichkeit in einer einzigen Analyse erfasst werden können. Da die Analyten nicht vollständig getrennt sein müssen, sind auch vier bis sechs Analysen pro Stunde möglich. In München werden bei schweren Straftaten insbesondere mit Betäubungsmittel-Hintergrund grundsätzlich eine Blut-, eine Urin- und eine Haarprobe genommen, die Blutprobe zur Beurteilung der Beeinträchtigung und mit der Urinprobe zusammen zur Beurteilung des zeitnahen Konsums, die Haarprobe zur Beurteilung der Gewöhnung und einer eventuellen Abhängigkeit.

Dabei führt gerade die Haaranalyse nicht selten zu einem Gesamtbild des Drogen- und Medikamentenkonsums, wie es aus

der Tabelle 3 (siehe Seite 65) deutlich wird. Es zeigt das Untersuchungsergebnis bei einem offensichtlich polytoxikomanen Straftäter, der in der Zeit des Wachstums der untersuchten Haarsegmente von insgesamt 6 cm 18 verschiedene psychoaktive Substanzen aufgenommen hat, zum Teil in nicht unerheblichen Mengen.

Bei diesen Untersuchungen wurde auch festgestellt, dass nur eine Minderheit von 25 % sich mit einer Droge begnügt. Mehrfachkonsum, der nur durch eine Haaranalyse festgestellt werden kann, weil er nicht zeitnah sein muss, ist die Regel. 2 % dieses ausgewählten Klientels nahmen mehr als sieben Substanzen.

Dieses Screening findet auch bei Verdacht auf eine Medikamentenbeibringung Anwendung, wenn das Opfer sediert werden soll, aus welchen Gründen auch immer. Dabei kommt es natürlich darauf an, dass auch eine einzelne Aufnahme/Fremdbeibringung nachgewiesen werden kann. Das ist sicher nicht bei allen Drogen oder Medikamenten der Fall. Dass es aber auch nicht aussichtslos ist, zeigt das Chromatogramm einer Haarprobe, die vier Wochen nach einer Operation entnommen wurde, bei der während der Operation Fentanyl verwendet wurde und in der Nacht zuvor 10 mg Diazepam (siehe Abbildung 4, Seite 66). Auch seit dieser Untersuchung hat sich die Technik weiter verbessert, die Empfindlichkeit sich um das Fünf- bis Zehnfache bei manchen Substanzen verbessert, sodass durchaus Hoffnung besteht, bald grundsätzlich einen Einzelkonsum beweisen zu können bzw. dann erst die Möglichkeit besteht, eine Abstinenz zu beweisen.

4.2 Bestätigung der mehrmaligen Beibringung durch Einzelhaaranalysen

Bei einem positiven Befund im Haarstrang kann nie die genaue Zahl der Aufnahmen/

Quelle: Fallmaterial FTC München

	Segment A [ng/mg]	Segment B [ng/mg]
Cocain	1,4	3,5
Benzoyllecgonin	0,13	0,51
Norcocain	Spur (<0,005)	0,01
Diacetylmorphin (Heroin)	0,26	0,45
6-Acetylmorphin (MAM)	3,3	9,3
Morphin	0,82	1,0
Codein	0,76	0,71
Hydrocodon	0,017	0,009
Hydromorphon	0,018	0,007
Tilidin	0,20	0,63
Nortilidin	0,18	0,66
Tramadol	6,1	12,2
Nortramadol	1,4	4,6
Diazepam	0,036	0,14
Nordazepam	0,11	0,25
Oxazepam	0,013	0,024
Lorazepam	0,019	0,019
Amphetamin	0,58	1,1
Methylendioxyethylamphetamin (MDMA)	Spur (<0,005)	0,10
Tetrahydrocannabinol (THC)	0,03	0,10
Doxylamin	0,13	0,041
Carbamazepin	0,12	0,86
Citalopram	0,27	0,59
Doxepin	0,33	0,64
Mirtazapin	Spur (<0,005)	0,029
Amitriptylin	nicht nachweisbar	0,006
Nortriptylin	0,015	0,038
Risperidon	0,006	0,018
Clozapin	nicht nachweisbar	0,010

Tab. 3: Haarbefund bei einem wegen einer Straftat aufgefallenen Polytoxikomanen

Beibringungen bzw. das genaue Datum festgestellt werden. Dies ist ein Mangel, der häufig zur Einstellung des Verfahrens führt, wenn andere Indizien oder Beweise nicht ausreichen. Im Einzelfall kann auch hier Abhilfe geschaffen werden.

In einem Fall des sexuellen Missbrauchs eines Kindes durch den Vater waren im Haarabschnitt des Kindes, der ungefähr den Zeitraum des fraglichen Vorfalls betraf, Spuren des Schlafmittels Doxylamin nachgewiesen worden. Bei der Verhandlung gab der Vater an, dass das Kind einmal akzidentell eine Doxylamin haltige Flüssigkeit aufgenommen habe. Das Gericht stellte dann die Frage, ob man be-

Quelle: Fallmaterial FTC München

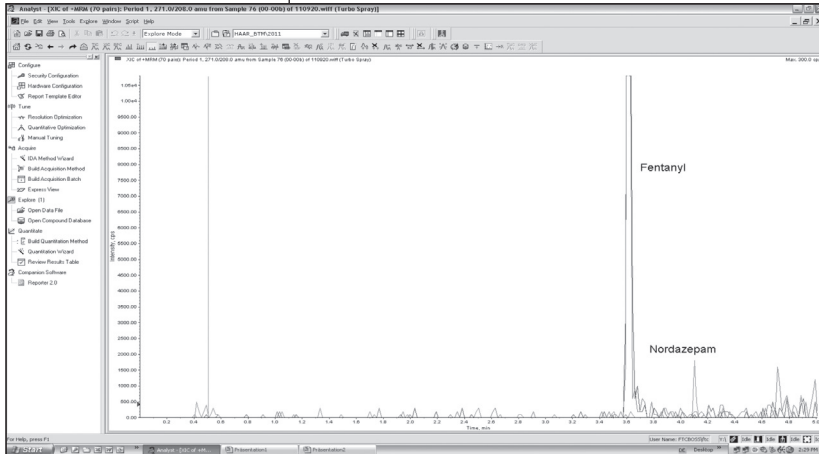


Abb. 4: Chromatogramm einer Haaruntersuchung nach der präoperativen Verwendung von Diazepam und der operativen Verwendung von Fentanyl

Quelle: Fallmaterial FTC München

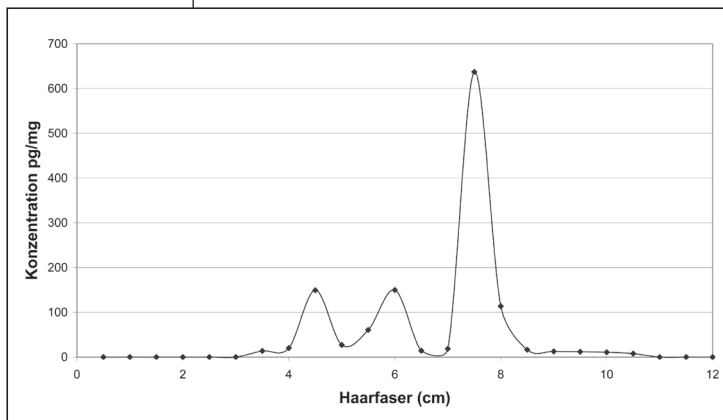


Abb. 5: Doxylamin im Einzelhaar eines Kindes nach sexuellem Missbrauch durch den Vater

weisen könne, dass das Kind mehr als einmal Doxylamin aufgenommen hatte. Hier konnte nur die abschnittsweise Analyse eines Einzelhaares weiterhelfen. Tatsächlich konnten in 5 mm langen Abschnitten mehrere Anstiege in Abständen von mehreren Wochen festgestellt werden, die nicht mit einer einzelnen Aufnahme vereinbar waren.

4.3 Screening durch hochauflösende Massenspektrometrie

Bei den bisher gezeigten Fällen war die Lösung eines Problems durch eine Multi-Target-Analyse ausreichend. Dabei spielte

es eine Rolle, dass die Referenzsubstanzen zumindest für Toxikologen verfügbar waren. Diese Situation hat sich in den letzten Jahren mit Auftreten der synthetischen Cannabinoide und andere Designerdrogen (Badesalze, Research Chemicals) drastisch verändert. Diese Substanzklassen vergrößern sich täglich und werden über das Internet schnell weit verbreitet. Hier war ein Nachweisverfahren notwendig, das bei hoher Empfindlichkeit auch eine Identifizierung ohne Referenzmaterial möglich machte. Mit der Einführung des LC-MS-TOF (Flüssigkeitschromatographie-Flugzeitmassenspektrometrie) wurde auch hier eine Lösung gefunden. So konnte beispielsweise auch in einer Haarprobe von dem synthetischen Cannabinoid JWH-200, das damals nicht als Referenzmaterial zur Verfügung stand, ein positiver Befund erzielt werden. Die Triple-TOF-Methode ist zwar nicht so empfindlich wie die Tandem-MS-Instrumente der neuesten Generation, die gute Ionisierbarkeit der synthetischen Cannabinoide und der meisten Badesalze macht das Verfahren aber durchaus aussichtsreich in Fällen, in denen erfahrene, frühere Drogenkonsumenten kontrolliert werden müssen.

FAZIT

Nach dem Beginn der Haaruntersuchungen mit der zielgerichteten Suche nach einzelnen Substanzen in Haarsträngen konnten durch den enormen Einsatz verschiedener, insbesondere europäischer, Arbeitsgruppen auch Verfahren zum umfangreichen Substanzscreening mit hoher Messempfindlichkeit entwickelt werden. Parallel dazu wurden Methoden erarbeitet, die auch den Nachweis ausgewählter Analyten durch die abschnittsweise Untersuchung von Einzelhaaren ermöglichen und dadurch das Konsumverhalten präzisieren können. Das Ziel ist erreicht, wenn am Einzelhaar ein „general unknown

screening“ durchgeführt werden kann, bei einem Nachweisvermögen, das einen einzigen Konsum jeder Substanz in therapeutischer Dosierung bzw. die Aufnahme einer einzigen Konsumeinheit beweisen könnte.

Quellenangaben

Ägius, Ronald/Ferreira, Liliâne M./Yegles, Michel (2012). *Can ethyl glucuronide in hair be determined only in 3 cm hair strands*, *Forensic Science International* (218), 3–9.

Kintz, Pascal (ed.) (2006). *Analytical and Practical Aspects of Drug Testing in Hair*, Boca Raton.

Madea, Burkhard/Musshoff, Frank (2004). *Haaranalytik: Technik und Interpretation in Medizin und Recht*, Köln.

Pragst, Fritz (2004). *Pitfalls in Hair Analysis*, *Toxichem + Krimtech* (71), 69–83.

Pragst, Fritz/Yegles, Michel (2006). *Alcohol Markers in Hair*, in: Kintz, Pascal (ed.) (2006). *Analytical and Practical Aspects of Drug Testing in Hair*, Boca Raton, 287–323.

Sachs, Hans (1995) *Theoretical limits of the evaluation of drug concentrations in hair due to irregular hair growth*, *Forensic Science International* (70), 53–61.

Schubert, Wolfgang/Dittmann, Volker/Brenner-Hartmann, Jürgen (eds.) (2013). *Urteilsbildung in der Fahreignungsbegutachtung – Beurteilungskriterien*, Heidelberg.