

Amidoschwarz 10B in der forensischen Spurenuntersuchung

Vergleichende Untersuchungen an forensischem Spurenmaterial

In den letzten Jahren wurde in der Kriminaltechnik für die Sichtbarmachung und Kontrastierung von Blutspuren eine neue Methode etabliert, die auf der Reaktion des Blutes mit Amidoschwarz (AS) 10B basiert. Das immunologische Testprinzip des Hexagon OBTI® beruht auf dem Nachweis eines Plasmaproteins, das ebenfalls durch AS 10B angefärbt wird. Der Einfluss dieses Anfärbens der Blutproteine auf das Ergebnis des immunologischen Nachweises von Blut und der anschließenden molekulargenetischen DNA-Typisierung ist bisher nicht betrachtet worden.

Grundlagen

Blutspuren können in unterschiedlichster Ausprägung an Tatorten gesichert werden [9, 10]. Von großen Blutlachen bis hin zu Mikroblutspuren finden sie sich in Abhängigkeit vom Delikt an Tatorten, in deren Umgebung oder an tatbeteiligten Spurenrägern. Für die Sichtbarmachung und Kontrastierung sowie für den qualitativen Nachweis von Blutspuren steht inzwischen eine Fülle von Methoden zur Verfügung [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 15]. Sie werden meist direkt am Tatort und v. a. bei kleinsten Blutmengen oder visuell schlecht zu entdeckenden Spuren genutzt. Gerade auch in Fällen, in denen der Tatort bereits von auffälligen Blutantragungen gereinigt wurde, lassen sich noch geringste Blutmengen sichtbar machen. Für daktyloskopische Untersuchungen kann die Ver-

stärkung der visuellen Wahrnehmbarkeit von Spuren notwendig sein, um diese fotografisch dokumentieren zu können. Viele Verfahren nutzen die Pseudoperoxidasereaktion des Hämoglobins und seiner Derivate [2, 11, 15]. Zum Teil werden dabei Chemilumineszenzen erzeugt, die die visuelle Wahrnehmung der Blutspur erhöhen [14]. Auch die Visualisierung von Blutspuren durch Anregung mit unterschiedlichen Lichtquellen kommt an Tatorten zum Einsatz [13].

Nach der Sichtbarmachung einer Blutspur und ihrer daktyloskopischen Analyse folgt der eigentliche Blutnachweis mithilfe kommerzieller, immunologischer Nachweisverfahren, die sich durch hohe Spezifität und Sensitivität sowie schnelle und einfache Handhabung auszeichnen [1, 3]. Der positive Nachweis von Blut führt dann meist zur molekulargenetischen Analyse der Spur, um eine personenbezogene Zuordnung derselben vornehmen zu können.

Die einzelnen Elemente der Blutspurenanalyse, von der Sichtbarmachung, der Dokumentation, dem Blutnachweis bis zur DNA-Typisierung, sind in der forensischen Spurenanalytik etabliert [2, 11]. Weniger bekannt sind die Einflüsse der verwendeten Methoden auf die jeweils nachfolgende Analyse. Für Luminol, ein oft genutztes Reagens zur Sichtbarmachung von Blut, konnte in Abhängigkeit von Blutmenge und Einwirkzeit eine Beeinträchtigung des anschließenden Blutnachweises mit dem Hexagon OBTI® nachgewiesen werden [4].

Methoden

Amidoschwarz 10B

Amidoschwarz 10B, auch als Naphtholblauschwarz B bekannt, ist ein Azofarbstoff, der als einer der ersten Farbstoffe in der Gelelektrophorese zur Sichtbarmachung von Proteinen eingesetzt wurde. In der daktyloskopischen Spurensuche wird der Farbstoff seit Beginn der 90er Jahre vermehrt eingesetzt [1].

„BKA“-Rezept der AS 10B-Färbe- und Spüllösung

Für die Färbelösung nach dem „BKA“-Rezept werden 0,4 g AS 10B in 180 ml Methanol gelöst und mit 20 ml Eisessig versetzt. Nach Aufsprühen der Färbelösung auf den Spurenräger wird die überschüssige Farbe zunächst mit einer Methanol-Eisessig-Lösung (9:1), anschließend mit einer Lösung aus destilliertem Wasser und Eisessig (19:1) und zuletzt mit destilliertem Wasser abgespült.

„FBI“-Rezept der AS 10B Färbe- und Spüllösung

Für die Färbelösung nach dem „FBI“-Rezept werden 8,0 g Sulfosalicylsäure, 1,2 g AS 10B und 1,2 g Natriumkarbonat nacheinander in 200 ml destilliertem Wasser gelöst und danach mit 20 ml Ameisensäure, 20 ml Eisessig und 5 ml Kodak Photo Flo 600® versetzt. Die Färbelösung wird auf die Spurenräger aufgesprüht und anschließend die überschüssige Farbe mit destilliertem Wasser abgespült.

Immunologischer Blutnachweis

Prinzip des Hexagon OBTI®

Der Occult Blood Test Immunological (OBTI) ist ein klinischer Schnelltest zum Nachweis von okkultem Blut in Stuhlproben mithilfe eines immunchromatographischen Testverfahrens. Gemäß Herstellerangaben liegt die Nachweisgrenze, bezogen auf das Transportmedium, bei 0,1 µg/ml Hämoglobin (Hb) und die maximale Hb-Konzentration bei 2 mg/ml. Die Testergebnisse können bereits nach 2–3 min abgelesen werden. Im Fall eines negativen Ergebnisses muss nach 10 min eine zweite Ablesung erfolgen.

Ermittlung der optimalen Blutkonzentration

Um Effekte der Blutkonzentration auf das Testergebnis ausschließen zu können, wurden von einer Vollblutprobe jeweils 0,1, 1, 10 und 100 µl direkt in 2000 µl OBTI-Test-Puffer pipettiert und geschüttelt. Nach 5 s wurden 2 Trpf. in das Probenfenster der OBTI-Test-Kassette gegeben. Die Zeit vom Eintropfen in das Probenfenster bis zur sicheren Ablesung eines positiven Testergebnisses wurde dokumentiert.

Blutnachweis in Gegenwart von Amidoschwarz 10B

Auf 30 weiße Baumwollläppchen wurde jeweils 1 µl männliches Vollblut pipettiert. Jeweils 10 dieser Proben wurden mit dem „BKA“-Rezept und dem „FBI“-Rezept behandelt; die restlichen 10 Lämpchen blieben unbehandelt. Die Proben aus jedem Ansatz wurden anschließend in den OBTI-Puffer gegeben. Nach 5 s wurden 2 Trpf. der Mischung in das Probenfenster getropft und die Zeit bis zum Sichtbarwerden des positiven Ergebnisses gemessen.

In einem zweiten Schritt wurde in insgesamt 30 Reaktionsgefäße aus Kunststoff jeweils 1 µl Vollblut pipettiert. Zu jeweils 10 dieser Proben wurden die Komponenten der AS 10B Anfärbemethoden „BKA“ und „FBI“ nacheinander zugegeben und wieder entfernt. Die restlichen 10 Proben in den Reaktionsgefäßen blieben unbehandelt. Nach Zugabe des OBTI-Puffers in die Reaktionsgefäße und 5-sekündiger Inkubation wurden jeweils 2 Trpf. in die Testkassette gegeben.

Rechtsmedizin 2011 · 21:452–456 DOI 10.1007/s00194-011-0740-6
© Springer-Verlag 2011

P.J. Laberke · S. Ilg · H-P. Bieri · R. Hausmann · B. Balitzki

Amidoschwarz 10B in der forensischen Spurenuntersuchung. Vergleichende Untersuchungen an forensischem Spurenmaterial

Zusammenfassung

Blutspuren gehören zu den aussagekräftigsten Spuren in der forensischen Fallanalyse. Einerseits kann die Beurteilung von Aussehen, Menge, Form und Verteilung an Tatorten Hinweise auf den Tathergang geben. Andererseits lassen sich heute auch aus kleinsten Blutmengen zumeist vollständige DNA-Profile erstellen, die dann ebenfalls eine Rekonstruktion des Tatablaufs und über die molekulargenetische DNA-Analyse Aussagen zur Tatbeteiligung von Personen ermöglichen. In der vorgestellten Studie wurden Vollblutproben auf unterschiedliche Spurenräger aufgebracht und mithilfe des Hexagon OBTI® auf

das Vorhandensein von Blut hin untersucht. Nach Inkubation mit 2 verschiedenen Zubereitungen von Amidoschwarz 10B konnte gezeigt werden, dass dessen Einsatz zu starken Beeinträchtigungen bzw. falsch-negativen Ergebnissen des OBTI führen kann. Ein negativer Einfluss von Amidoschwarz 10B auf das Probenmaterial war hingegen bei den nachfolgend durchgeführten DNA-Analysen nicht festzustellen.

Schlüsselwörter

Blut · Indikatoren und Reagenzien · Sensitivität und Spezifität · Reliabilität von Untersuchungsergebnissen · DNA

Amido black 10B in forensic stain analysis. Comparative investigations on forensic stain material

Abstract

Bloodstains can offer extensive information in forensic case analysis. On the one hand evaluation of the structure, amount, shape and distribution at a crime scene may provide evidence for a reconstruction of events, on the other hand it is now possible to generate a complete DNA profile out of smallest amounts of blood, which can also be used to reconstruct an event and allow conclusions on participation of persons in a crime by molecular genetic analysis. In this study whole

blood samples were applied on different substrates and then analyzed for blood using Hexagon OBTI®. Incubation with two different mixtures of amido black 10B showed strong adverse effects and false negative results with the OBTI. In contrast no influence of amido black 10B was seen in the subsequent DNA analysis.

Keywords

Blood · Indicators and reagents · Sensitivity and specificity · Reliability of results · DNA

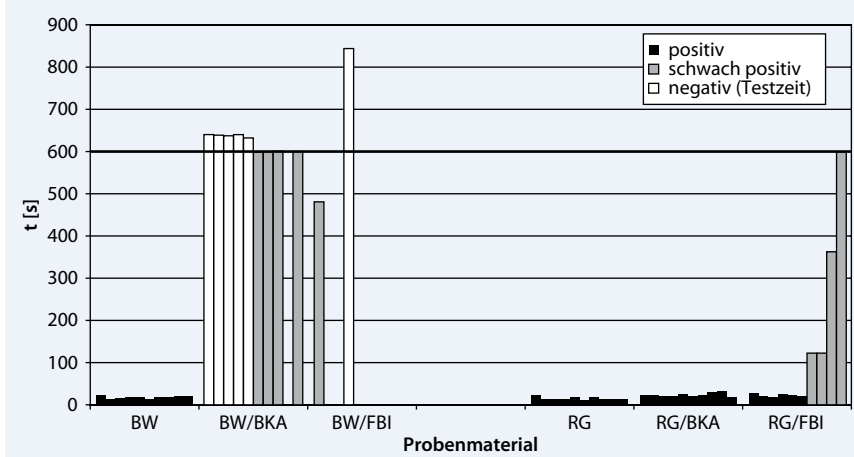


Abb. 1 ▲ Blutnachweis mit dem OBTI. BKA „BKA“-Rezept für Amidoschwarz 10B, BW Baumwolle, FBI „FBI“-Rezept für Amidoschwarz 10B, RG Reaktionsgefäß

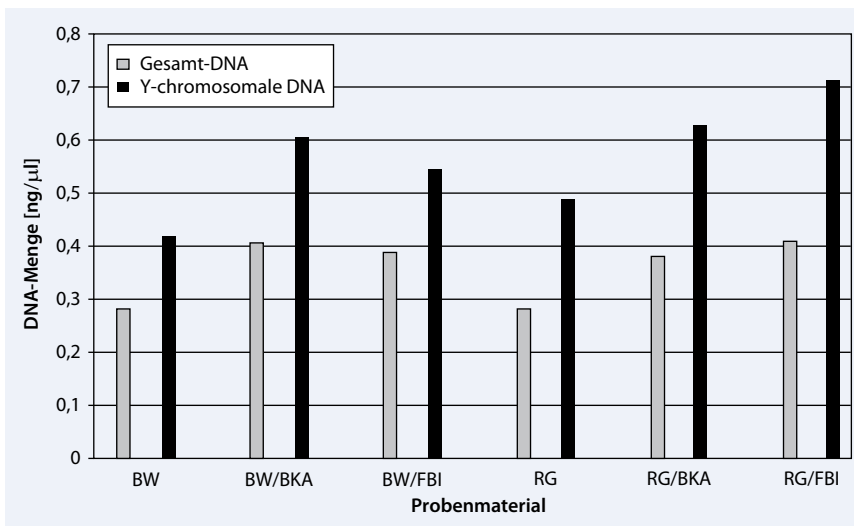


Abb. 2 ▲ Gehalt an Gesamt- und Y-chromosomaler DNA (Median). BKA „BKA“-Rezept für Amidoschwarz 10B, BW Baumwolle, FBI „FBI“-Rezept für Amidoschwarz 10B, RG Reaktionsgefäß

DNA-Untersuchung

Extraktion

Analog zur Probenherstellung für den Blutnachweis in Gegenwart von AS 10B wurden 60 Proben angelegt und eine DNA Extraktion mit dem Investigator®-Kit (Qiagen) durchgeführt. Dazu wurde das Herstellerprotokoll für die Isolation von DNA aus Körperflüssigkeiten verwendet. Die Lysedauer betrug 1 h.

Quantifizierung

Die Plexor®-Technologie ist ein „Real-time-polymerase-chain-reaction“- (Real-time-PCR-)Testverfahren, das zeitgleich die Quantifizierung der gesamten und der männlichen DNA ermöglicht [8]. Der DNA-Gehalt der Proben wurde mit dem

RotorGene®-System gemessen. Dazu wurden je 2 μl jeder Probe mit dem Plexor®-HY-System gemäß Herstellerprotokoll in einer Doppelbestimmung eingesetzt und der Mittelwert angegeben. Es wurde zudem eine Schmelzkurvenbestimmung für die Produkte der autosomalen, gonosomalen und der internen PCR-Kontrolle (IPC) durchgeführt. Die Auswertung der Rohdaten erfolgte mithilfe der Plexor® HY Analysis Software und den forensischen Analyseinstellungen.

DNA-Profil

Für jede Testreihe der unterschiedlichen Vorbehandlungen und Trägerstoffe wurde exemplarisch von einer dem Median der DNA-Konzentration entsprechenden Probe ein DNA-Profil in 11 STR-Systemen

und dem geschlechtsspezifischen Amelogeninsystem erstellt.

Ergebnisse

Ermittlung der optimalen Blutkonzentration

Bei der Ermittlung der optimalen Blutkonzentration für den OBTI mithilfe der Untersuchung einer Verdünnungsreihe aus Vollblut eines männlichen Probanden erschien bei allen durchgeführten OBTI-Ver-suchen die Kontrolllinie umgehend nach Kontakt mit dem Testmedium und zeigte damit einen regulären Testverlauf an.

Auch 30 min nach Eintropfen der niedrigsten Verdünnung von 1:20 konnte keine Testlinie erkannt werden. Der Test wurde daher als negativ gewertet. Bei den Verdünnungen von 1:200 bzw. 1:20.000 wurde nach 13 resp. 18 s lediglich eine schwach ausgeprägte Testlinie sichtbar; dies resultierte in der Zuordnung zum „schwach-positiven“ Ergebnis. Bei einer Verdünnung von 1:2000 war bereits nach 12 s ein deutlich positives Testergebnis sichtbar.

Blutnachweis mithilfe des OBTI

Den Vergleich der Ergebnisse im OBTI der unbehandelten und der mit AS 10B („BKA“ oder „FBI“) angefärbten Blutproben zeigt **Abb. 1**. Die Ergebnisse wurden zudem aufgrund der verwendeten Trägermaterialien Baumwolle (BW) oder Reaktionsgefäß (RG) aufgeteilt. Insgesamt wurden 60 Blutproben untersucht. Für die 20 unbehandelten Blutproben auf BW und im RG konnten innerhalb von 10–22 s deutlich positive Testergebnisse abgelesen werden.

Nach Behandlung mit AS 10B „BKA“ konnten auf BW lediglich noch 9 schwach-positive und ein negatives Testergebnis festgestellt werden; hierbei mussten 5 der schwach-positiven Proben wegen Überschreiten der maximalen Testzeit ebenfalls als negativ gewertet werden. Diese Proben sind in **Abb. 1** weiß dargestellt. Die 10 Proben im RG ergaben nach Behandlung mit AS 10B „BKA“ bei einer durchschnittlichen Reaktionszeit von 23 s durchweg positive Resultate.

Von den 10 Blutproben auf BW, die nach dem „FBI“-Rezept mit AS 10B be-

handelt worden waren, zeigte nur noch eine Probe nach 8 min ein positives Ergebnis im OBTI. Die schwach ausgeprägte Testlinie einer weiteren Probe konnte erst nach 14 min abgelesen werden. Aufgrund dieser Reaktionszeit wurde die Probe, wie alle weiteren Proben dieser Testreihe, den negativen Resultaten zugeordnet. Die Blutproben im RG aus dieser Testreihe zeigten mit 6 positiven und 4 schwach-positiven Ergebnissen sowie Reaktionszeiten zwischen 18 s und bis zu 10 min ein recht heterogenes Gesamtergebnis.

DNA-Quantifizierung

Die Extraktion der DNA gelang für alle 60 untersuchten Blutproben. Neben der Menge autosomaler DNA (Gesamt-DNA) wurden auch die Menge an Y-chromosomaler DNA für jede Probe und ein Wert für die IPC bestimmt. Den Median der ermittelten DNA-Mengen (ng/μl DNA-Extrakt) sowie dessen Abhängigkeit von der angewendeten Anfärbemethode und den unterschiedlichen Trägerstoffen stellt

■ **Abb. 2** dar.

Schmelzkurvenbestimmungen und Gesamt-DNA

Alle durchgeführten Schmelzkurvenbestimmungen bestätigten die Spezifität der Amplifikation. Bei Quantifizierung der Gesamt-DNA aus dem auf BW aufgetragenen Vollblut konnten in der nativen Probe zwischen 0,11 und 0,63 ng/μl DNA (Median 0,28 ng/μl) festgestellt werden. Für die Proben der „BKA“-Färbung auf BW waren zwischen 0,32 und 0,71 ng/μl Gesamt-DNA (Median 0,41 ng/μl) und unter Verwendung „FBI“-Färbung zwischen 0,18 und 0,66 ng/μl Gesamt-DNA (Median 0,39 ng/μl) messbar.

Die unbehandelten Proben im RG wiesen zwischen 0,17 und 0,64 ng/μl Gesamt-DNA (Median 0,28 ng/μl) auf. Nach Anfärbung mithilfe der „BKA“- und der „FBI“-Methode konnten hier im Median 0,38 ng/μl Gesamt-DNA (Variationsbreite 0,10–1,12 ng/μl) resp. 0,41 ng/μl Gesamt-DNA (Variationsbreite 0,15–0,88 ng/μl) detektiert werden.

Y-chromosomale DNA

An der nativen BW-Probe ließen sich zwischen 0,17 und 1,41 ng/μl Y-chromosomale

DNA (Median 0,42 ng/μl) nachweisen. Die mit AS 10B „BKA“ behandelte Probe zeigte zwischen 0,39 und 0,95 ng/μl (Median 0,61 ng/μl), die Probe mit der „FBI“-Mischung zwischen 0,17 und 0,83 ng/μl (Median 0,55 ng/μl) Y-chromosomale DNA.

Die native Probe im RG wies einen Gehalt an Y-chromosomaler DNA zwischen 0,31 und 0,98 ng/μl (Median 0,49 ng/μl) auf. Unter Zugabe von AS 10B „BKA“ ergaben sich Werte zwischen 0,26 und 1,31 ng/μl (Median 0,63 ng/μl), bei Zusatz von AS 10B „FBI“ zwischen 0,32 und 1,20 ng/μl (Median 0,72).

DNA-Profile

Für alle ausgewählten Proben konnte ein vollständiges, männliches Profil erstellt werden.

Diskussion

Ermittlung der optimalen Blutkonzentration

Bereits in der Literatur sind falsch-negative bzw. nur schwach-positive Ergebnisse des OBTI bei sowohl zu großen als auch zu geringen Blutkonzentrationen beschrieben [3, 4]. Diese Beobachtung konnte bei der Ermittlung der optimalen Blutkonzentration zur Durchführung der weiteren Experimente bestätigt werden. Bei höheren Konzentrationen von humanem Hämoglobin (hHb) in der Probe kann der immobilisierte Anti-hHb-Antikörper von ungebundenem hHb besetzt werden, wodurch ein falsch-negatives Ergebnis resultiert (Hook-Effekt). Dieser Ef-

fekt konnte bei der 1:20-Verdünnung beobachtet werden. Ein negatives Testergebnis muss daher mit einer Verdünnung der Probe bestätigt werden. Die Verdünnung 1:200 zeigte zunächst keinen Effekt auf die Reaktionszeit (13 s). Die Farbintensität der sich ausbildenden Testlinie wurde jedoch deutlich beeinträchtigt, sodass das Ergebnis in die Kategorie „schwach-positiv“ eingeordnet wurde. Das Ergebnis für die 1:20.000-Verdünnung zeigte ebenfalls den Effekt der nachlassenden Intensität der Testlinie und wurde daher auch der Kategorie „schwach-positiv“ zugeordnet.

Als optimale Verdünnung erwies sich ein Mischungsverhältnis von 1:2000, bei dem nach wenigen Sekunden ein deutlich positives Ergebnis abgelesen werden konnte. Dieser Wert variiert je nach Studie – z. T. wurden noch bei Verdünnungen von 1:100.000 deutlich positive Ergebnisse beschrieben [3, 4]. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in den fehlenden Angaben des Herstellers zur optimalen Arbeitstemperatur des OBTI liegen. Die Aufbewahrung der Kitkomponenten wird bei 2–25°C empfohlen. Ob der Test nach vorangegangener Kühlung erst Raumtemperatur erlangen sollte, ist nicht angegeben. Ein Einfluss der Temperatur des Kits bei der Anwendung auf die Sensitivität ist bei immunologischen Methoden grundsätzlich denkbar.

Blutnachweis mithilfe des OBTI

Die Ergebnisse für die unbehandelte Blutprobe im Mischungsverhältnis 1:2000 ergab keinen Einfluss des Trägermaterials auf die Funktionalität des OBTI. Bei allen Pro-

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

ben war innerhalb weniger Sekunden ein deutlich positives Testergebnis ablesbar.

Im Rahmen einer Expertentagung „Tatortarbeit“ im Jahr 2007 wurden verschiedene Rezepturen des Farbstoffs bei der Sicherung von Blutspuren getestet und AS 10B im Ergebnis als besonders gut geeigneter Farbstoff für unterschiedlichste Spurenträger bewertet [6]. Die Experten der Spurensicherung favorisieren die Untersuchungsmethode nach dem „BKA“-Rezept, das die Lösung des Farbstoffs in Methanol und Eisessig vorsieht. Als alternative Methode, v. a. für das Arbeiten ohne Methanol, wird das „FBI“-Rezept angegeben [6]. Daneben existiert eine Fülle weiterer Vorschriften zum Ansetzen der Gebrauchslösung und der zu verwendenden Spüllösungen, die überschüssigen, nicht an Proteine gebundenen Farbstoff vom Spurenträger entfernen sollen. Auch in der Anwendung der Farblösung gibt es eine Reihe von Techniken – über das Einsprühen der Spurenträger bis hin zum Einsatz von Tauchbädern [1, 6].

Die Anfärbungen mit AS 10B nach „BKA“- und „FBI“-Rezept sowie die Verwendung verschiedener Spurenträger weisen z. T. deutliche Einflüsse auf den OBTI-Blutnachweis auf. Unter Verwendung des Spurenträgers RG und bei durchweg positiven Resultaten für die „BKA“-Färbung konnte kein Einfluss auf die Sensitivität des OBTI abgeleitet werden. Mit der „FBI“-Mischung erbrachten zumindest 60% der untersuchten Proben im RG noch ein deutlich positives Testergebnis.

Im Gegensatz dazu konnte demonstriert werden, dass der Einsatz der AS 10B-Rezepturen bei Blutspuren auf BW überwiegend zu falsch-negativen bzw. lediglich einzelnen schwach-positiven Resultaten führt, wodurch die Aussagekraft des OBTI im Sinne eines Vortests stark eingeschränkt bzw. nicht mehr gegeben ist.

Welche der in den unterschiedlichen Anfärbemethoden verwendeten Chemikalien für dieses Ergebnis verantwortlich ist, konnte anhand dieser Untersuchung nicht verifiziert werden. Der Effekt der unterschiedlichen Spurenträger ist ohne Weiteres dadurch erklärbar, dass die verwendeten Lösungen von der Baumwolle aufgenommen und mit den Spüllösungen schlechter ausgewaschen werden können, als dies im Reaktionsgefäß möglich ist.

DNA-Analyse

Im Hinblick auf die Bestimmung der Menge an Gesamt- und Y-chromosomaler DNA fielen bei den Untersuchungen starke Schwankungen zwischen den Proben der Untergruppen auf, die jedoch in der Gesamtschau einen ähnlichen Medianwert aufwiesen (Abb. 2). Diese Schwankungen erklären sich zwanglos durch die unterschiedliche Zellzahl der aufgetragenen Vollblutproben, bei denen keine vorherige Zellzählung durchgeführt worden war. Auffällig war bei allen Quantifizierungen die über dem Gehalt an Gesamt-DNA liegende mediane Menge Y-chromosomaler DNA. Dies könnte als Varianz der PCR interpretiert werden. Die Werte liegen innerhalb der natürlichen biologischen Schwankung zwischen 0,4 und 2,0 für das Verhältnis von autosomaler zu Y-chromosomaler DNA männlicher Probanden.

Letztlich war jedoch in der jeweils durchgeführten „Short-tandem-repeat“- (STR-)Analyse kein Einfluss, der in anderen Studien [12] und für andere Chemikalien zum Blutnachweis festgestellt werden konnte, für AS 10B ersichtlich.

Fazit für die Praxis

Für den praktischen Einsatz von AS 10B in der forensischen Spurenanalyse ist zu beachten, dass bei vorheriger Anwendung auf mutmaßlichen Blutspuren starke Beeinträchtigungen bzw. falsch-negative Ergebnisse des OBTI auftreten können. Der Einsatz von Testmethoden, bei denen die Pseudoperoxidasereaktion des Hb zu einem Farbumschlag einer zunächst farblosen Substanz (Benzidin, Luminol, Leukomalachit etc.) durch Übertragung von frei werdendem Sauerstoff führt, könnte hier eine Alternative darstellen. Auf die Möglichkeit zur Erstellung eines DNA-Profiles scheinen die verwendeten Mischungen „BKA“ und „FBI“ hingegen keinen Einfluss zu haben. Insofern kann die DNA-Analyse aus Probenmaterial in Fällen eines negativen OBTI trotzdem zu relevanten Resultaten führen und sollte daher im Zweifelsfall immer durchgeführt werden.

Korrespondenzadresse

Dr. P.J. Laberke



Institut für Rechtsmedizin,
Universität Basel
Pestalozzistr. 22, 4056 Basel
Schweiz
patrick.laberke@bs.ch

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Blumenberg C (1991) Daktyloskopische Spurensuche – Amido-Schwarz für blutige Fingerspuren. Kriminalistik 8–9:547–566
2. Gaensslen RE (1983) Identification – catalytic tests. In: Gaensslen RE (Hrsg) Source book in forensic serology, immunology and biochemistry. U.S. Department of Justice, United States Government Printing Office, Washington DC, S 101–145
3. Hermon D, Shpitzen M, Oz C et al (2003) The use of Hexagon OBTI test for detection of human blood at crime scenes and on items of evidence. J Forensic Identif 53:566–575
4. Hochmeister MN, Budowle B, Sparkes R et al (1999) Validation studies of an immunochromatographic 1-step test for the forensic identification of human blood. Forensic Sci 5:597–602
5. Klein A, Feudel E, Türk E et al (2007) Lumineszenznach Luminolanwendung. Rechtsmedizin 17:146–152
6. Lehmann P (2007) Sichtbarmachung blutiger Fingerspuren mittels unterschiedlicher Amidoschwarz-Ansätze und Acid-Yellow. Expertentagung Tatortarbeit – Spurensicherung LKA, Baden-Württemberg
7. Nielsen K, Mogensen HS, Hedman J et al (2008) Comparison of five DNA quantification methods. Forensic Sci Int 2:226–230
8. Krenke BE, Nassif N, Sprecher CJ et al (2008) Developmental validation of a real-time PCR assay for the simultaneous quantification of total human and male DNA. Forensic Sci Int 3:14–21
9. Peschel O, Mützel E, Rothschild MA (2008) Blutspurenmuster-Verteilungsanalyse. Rechtsmedizin 18:131–146
10. Peschel O, Rothschild MA, Mützel E (2010) Blutspuren bei Schussverletzungen. Rechtsmedizin 20:91–97
11. Ponce AC, Pascual FAV (1999) Critical revision of presumptive tests for bloodstains. Forensic Sci Commun 1:1–5
12. Poon H, Elliott J, Modler J, Frégeau C (2009) The use of Hemastix® and the subsequent lack of DNA recovery using the Promega DNA IQ™ System. J Forensic Sci 54:1278–1286
13. Seidl S, Hausmann R, Betz P (2008) Comparison of laser and mercury-arc lamp for the detection of body fluids on different substrates. Int J Legal Med 122:241–244
14. Thorogate R, Moreira J, Jickells S et al (2008) A novel fluorescence-based method in forensic science for the detection of blood in situ. Forensic Sci Int 2:363–371
15. Tobe SS, Watson N, Daeid NN (2007) Evaluation of six presumptive tests for blood, their specificity, sensitivity, and effect on high molecular-weight DNA. J Forensic Sci 52:102–109