

Rechtsmedizin 2025 · 35:5–12  
<https://doi.org/10.1007/s00194-024-00727-3>  
 Angenommen: 16. September 2024  
 Online publiziert: 30. Oktober 2024  
 © The Author(s) 2024



# Hebelwerkzeuge als Spureenträger

David Hollenbach<sup>1</sup> · Linda Schlegel<sup>2</sup> · Sabine Cappel-Hoffmann<sup>3</sup> · Darius Makuch<sup>1</sup> · Peter Schmidt<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dezernat LPP 242 – Kriminaltechnik, Landespolizeipräsidium Saarland, Saarbrücken, Deutschland

<sup>2</sup> LKA 420 – Forensische Biologie, Landespolizeipräsidium Brandenburg, Eberswalde, Deutschland

<sup>3</sup> Institut. f. Rechtsmedizin, Geb. 49.1, Universität des Saarlandes, Homburg (Saar), Deutschland

## Zusammenfassung

Werkzeuge als Spureenträger gewinnen zunehmendes Interesse in der forensischen DNA-Analyse. Im Untersuchungsgut des Homburger Instituts ist eine deutliche Zunahme von Hebelspuren zu verzeichnen. Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Studie das Ziel, ein rational begründetes Konzept für die Tatortarbeit zu entwickeln.

Im ersten Teilschritt wurde der DNA-Gehalt entsprechender Spuren systematisch experimentell ermittelt: Zwei Versuchspersonen setzten mit 6 verschiedenen Hebelwerkzeugen (4 Schraubendreher, 2 Nageleisen) an 3 Fenstern verschiedener Materialart (Holz, Aluminium, Kunststoff) in jeweils 24 definierten Arealen Hebelspuren. Fenster und Werkzeuge wurden mit Microbac forte (Hartmann) bzw. DNA Exitus (Applichem) gereinigt. Anschließend wurden an den Werkzeugen 3-mal täglich, an 3 aufeinanderfolgenden Tagen unter leichtem Druck 10 aufeinanderfolgende Reibbewegungen durchgeführt. Die gefertigten Abriebe wurden standardisiert analysiert (DNA-Extraktion mit EZ1 DNA-Investigator Kit, Investigator Lyse/Spin-Basket Kit, Fa. Qiagen; Quantifizierung mittels Real-Time PCR, Investigator Quantiplex Pro Kit, Fa. Qiagen; Multiplex-PCR mit PowerPlex<sup>®</sup> ESX 17 Kit, Fa. Promega, und Kapillarelektrophorese mittels 3500 Genetic Analyzer von Applied Biosystems und Gene Mapper ID-X Software). Bei der Untersuchung von 72 Spuren wurde an einer mit einem Schraubendreher an einem Kunststofffenster gesetzten Hebelspur eine DNA in einer Konzentration von 22 pg/μl nachgewiesen und ein homogenes DNA-Profil generiert.

Anschließend wurde in einer retrospektiven Analyse empirisch verifiziert, inwiefern die experimentellen Daten eine Entsprechung in der tatsächlichen ermittlungsseitigen Fallarbeit/Spurensicherung gefunden haben. Hierzu wurden die in einem Dreijahreszeitraum vor der experimentellen Studie untersuchten 90 Hebelspuren bezüglich des Anteils der nachgewiesenen DNA-Profile ausgewertet. Dabei fanden sich 9 auswertbare Mischspuren sowie ein vollständig homogenes Profilmuster, das anhand des Ermittlungsansatzes einem Tatverdächtigen zugeordnet werden konnte. Diese Daten sollten im konkreten Ermittlungsfall bei einer kriminalistischen Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen einer Spurensicherung an der eigentlichen Hebelmarke Berücksichtigung finden.

### Schlüsselwörter

DNA-Transfer · Sekundärtransfer · Hebelspur · Kriminalistische Relevanz · DNA-Analyse-Datei (DAD)



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

### Einleitung

Vor mehr als 20 Jahren stand eine öffentlichkeitswirksame Serie von mit einem auf den ersten Blick unverständlichen inneren Zusammenhang und damit beunruhigenden Straftaten in Deutschland und Teilen der angrenzenden europäischen Länder im Fokus der Strafverfolgungsbehörden. Die Aufklärung des Mysteriums und die Identifizierung des „Heilbronner Phantoms“ oder der „UwP“ (unbekannte weibliche Person) im Jahre 2009 führten zu einer erheblichen Sensibilisierung der Ermittlungsbehörden bezüglich der Relevanz sog. Sekundärübertragungen bei der Interpretation von forensischen DNA-Untersuchungsbefunden.

Unter dem Begriff Sekundärübertragung versteht man eine indirekte Übertragung der DNA einer Person über einen Gegenstand oder eine weitere Person auf einen anderen Gegenstand oder eine andere Person (Übersichtsdarstellungen der Thematik finden sich z.B. in [24, 26]). Mehrere Studien haben bestätigt, dass DNA-Übertragungen über den Weg der Sekundärübertragung möglich sind [2, 3, 5, 6, 9–11, 19, 22, 38, 42]. Dabei stellen Faktoren wie beispielsweise die Spurenart (Blut, Hautschuppe etc.), die Art des Kontaktes, der Feuchtigkeitsgehalt der Probe sowie die Beschaffenheit der primären und sekundären Elemente, ob Personen oder Objekte, maßgebliche Determinanten dar [1, 9, 10, 18, 20, 23, 41, 42]. Auch die individuelle Neigung der beteiligten Personen, zelluläres DNA-haltiges Hautmaterial abzugeben, hat Auswirkungen auf das Zustandekommen potenzieller Sekundärübertragungen [5, 6, 8, 15, 16, 21, 23, 25, 28, 32, 33, 42]. So konnte gezeigt werden, dass unter speziellen Voraussetzungen das Tragen von z.B. Arbeitshandschuhen zum Sekundärtransfer führen kann [3, 25, 38]. Hierbei dienen die Handschuhe als Vektor für den indirekten DNA-Transfer. Dies hat zur Folge, dass auch die DNA unbeteiligter Personen am Tatort aufgefunden werden kann [8, 25, 27, 38, 43]. Diese Gefahr hat reale Bedeutung gewonnen, da aufgrund der gestiegenen Sensitivität der DNA-Analyseverfahren kleinste Mengen an DNA erfolgreich detektiert werden und in Kontakts Spuren bereits „latente“,

makroskopisch nicht erkennbare Antraktionen von wenigen Epithelzellen der Haut zu einem erfolgreichen Nachweis führen können [30, 39].

In diesem thematischen Zusammenhang kam es in den letzten Jahren im Saarland in Verbindung mit der regionalen Einbruchskriminalität zu einem beträchtlichen Anstieg in der Sicherstellung und Auswertung sog. Hebelspuren. Hierbei handelt es sich um Spuren, die im Rahmen des Einbruchs insbesondere an Türen und/oder Fensterrahmen mit Werkzeugen wie Schraubendrehern oder Brech-/Nageleisen beim gewaltsamen Öffnen gesetzt wurden. Diesem Ermittlungsansatz lag die Vorstellung zugrunde, dass beim Aufhebeln der Türen und/oder Fenster DNA des Täters über das Hebelwerkzeug in den Bereich der gesetzten Hebelspur bzw. deren Abformung übertragen wird.

Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Studie im ersten Schritt der DNA-Gehalt an entsprechenden Hebelspuren (hier am Beispiel „Fenster“) systematisch experimentell überprüft.

Anschließend wurde für einen Zeitraum von 3 Jahren vor der Laborstudie retrospektiv ausgewertet, wie häufig in der polizeilichen Fallarbeit bei Einbruchsdelikten an gesicherten Hebelspuren kriminalistisch richtungweisende DNA-Untersuchungsbefunde erhoben werden konnten.

Ziel war es, zusammengefasst, die Hypothese einer Sekundärübertragung zu verifizieren und damit eine evidenzbasierte Sachgrundlage für die quantitative Einschätzung des Beweiswertes dieser Spuren zu schaffen.

### Material und Methoden

#### Werkzeuge/Fenster

Die Versuche wurden mit insgesamt 6 Werkzeugen durchgeführt, die gängigerweise zum Aufhebeln von Fenstern oder Türen verwendet werden, 4 Schlitzschraubendrehern und 2 Nageleisen.

Aufgehebelt wurden insgesamt 3 Fenster jeweils mit zweiflügeligem Öffnungsmechanismus. Die Fensterrahmen bestanden aus Kunststoff, Aluminium oder Holz (Abb. 1).

Für die Reinigung vor Versuchsbeginn wurden eine Mikrobac-Forte-Lösung im

Mischungsverhältnis 1:4 sowie das Desinfektionsspray Apesin von Tana und das Dekontaminationsspray DNA-Exitus verwendet. Die Effizienz des Reinigungsvorgangs wurde an Abrieben von den Fenstern und den Hebelwerkzeugen (von der Klinge sowie vom Werkzeuggriff) überprüft (Negativkontrolle).

#### Präparation der Hebelwerkzeuge

Zu Versuchsbeginn wurden die 2 Versuchspersonen (1 männl. Proband, 1 weibl. Probandin) darauf geprüft, ob sie geneigt sind, DNA über Hautmaterial abzugeben. Hierzu wurde ein DNA-Abrieb von der Oberfläche des jeweiligen regelmäßig genutzten Handys gesichert, bei Proband 1 zusätzlich ein Abrieb an einer häufig getragenen Winterjacke (Innenseite des Kragens) und an einem regelmäßig getragenen Leder Gürtel (vorderes Ende).

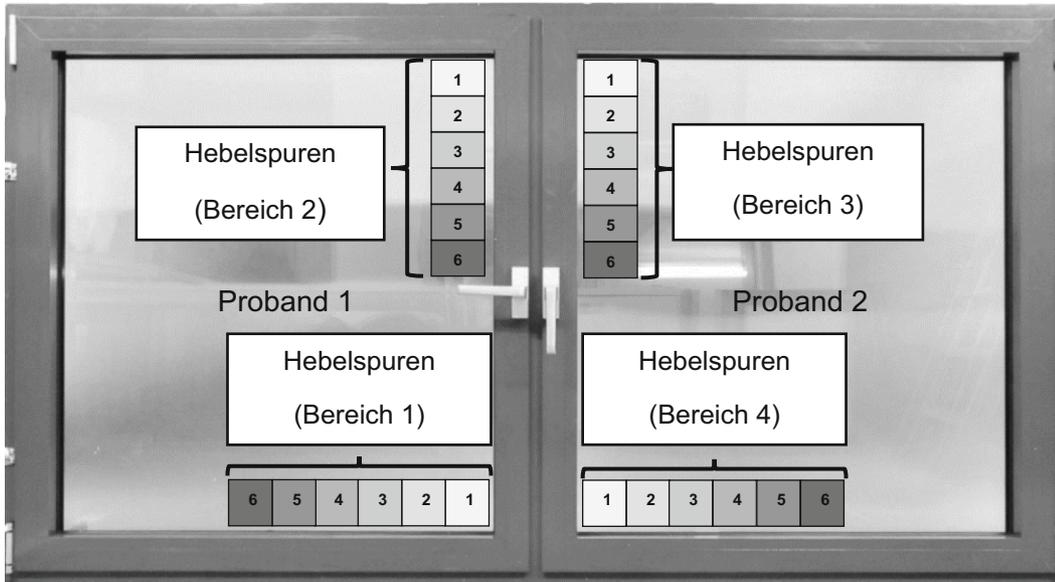
Die DNA der Probanden wurde nach einem standardisierten Verfahren auf die gereinigten Hebelwerkzeuge aufgebracht. An den jeweiligen Wirkflächen und an den Griffen der Hebelwerkzeuge wurden 3-mal täglich an 3 aufeinanderfolgenden Tagen unter leichtem Druck 10 aufeinanderfolgende Reibbewegungen mit der Hand durchgeführt. Die Werkzeuge wurden in Spurensicherungstüten aus Papier gelagert.

#### DNA-Transfer: Aufhebeln der Fenster

Vor Versuchsbeginn wurden die jeweiligen Fenster auf DNA-Reinheit überprüft (Negativkontrolle). Hierzu wurde jeweils ein Abrieb in vertikaler Ausrichtung oberhalb des Fenstergriffs und ein weiterer Abrieb in horizontaler Richtung zwischen Fensterrahmen und -flügel gesichert (Abb. 1).

Um eine standfeste Handhabung während des Versuchsablaufs zu gewährleisten, wurden die Fenster mit einer Holzkonstruktion fixiert, die in Form einer „Doppel-L-Konstruktion“ mit Verbundmaterial seitlich am Fensterrahmen befestigt wurde.

Zur Durchführung des Hebelvorgangs wurde jedes Fenster in 4 Bereiche bzw. 24 Segmente eingeteilt. Der Spaltbereich zwischen Fensterrahmen und -flügel oberhalb des Griffes diente als vertikale Hebelfläche und der untere Spaltbereich (jeweils links oder rechts) der Fensterecke als ho-



**Abb. 1** ◀ Lokalisation der Hebelspuren. Dargestellt sind die am Fenster mit den unterschiedlichen Werkzeugen gesetzten Hebelspuren sowie die Lokalisation der anschließenden DNA-Spuren Sicherung (Schraubendreher, Position 1, 2, 4, 5; Nageleisen, Position 3, 6)



**Abb. 2** ◀ Hebelprozess am Beispiel des Aluminiumfensters

horizontale Hebelfläche. Die Einteilung dazu erfolgte im Uhrzeigersinn. Für jedes Werkzeug wurde im Abstand von 5 cm ein Segment markiert und alphanumerisch zugeordnet (▣ **Abb. 1**).

Im Anschluss wurden die Hebelversuche durchgeführt. Das Werkzeug wurde dabei zwischen Fensterrahmen und -flügel angesetzt, und mittels Krafteinwirkung und willkürlicher Winkelveränderungen wurde versucht, dieses zwischen die oben genannten Bauteile einzuschieben (▣ **Abb. 2**).

Zur Überprüfung des DNA-Gehalts der gesetzten Hebelmarken wurden von den jeweiligen Bereichen DNA-Abriebe gefertigt und pro Fenster 24 Spuren gesichert (▣ **Abb. 1**).

### DNA-Extraktion

Die DNA wurde mithilfe des kommerziell erhältlichen EZ1-DNA-Investigator-Kits und des Investigator-Lyse/Spin-Basket-Kits, Fa. Qiagen, gemäß Herstellerangaben extrahiert. Die Elution der DNA erfolgte anschließend mithilfe des EZ1 BioRobots® von Qiagen nach dem „Large-Volume-Protocol“ (gemäß Herstellerangaben) in 50 µl TE-Puffer.

### DNA-Quantifizierung

Die Quantifizierung der aufgereinigten DNA-Proben erfolgte mithilfe des Investigator-Quantiplex-Pro-Kits, Fa. Qiagen, und die Amplifikation sowie Auswertung mithilfe des 7500 Real-Time-PCR-Systems,

Fa. Applied Biosystems, jeweils entsprechend den Vorgaben des Herstellers. Jede Probe wurde 2-mal gemessen und der Mittelwert bestimmt. Die bei der Quantifizierung des zu untersuchenden DNA-Materials festgelegte „Cut-off-Grenze“ betrug 3 pg/µl (s. schwarze Linie in den Diagrammen). Unterhalb dieser Grenze wurde das gesicherte DNA-Spurenmaterial als Negativbefund definiert, oberhalb dieser Grenze wurde die jeweilige DNA für weitere molekularbiologische Untersuchungen herangezogen. Die „Cut-off-Grenze“ entspricht der im Labor validierten und akkreditierten Nachweisgrenze zur Erstellung eines aussagekräftigen DNA-Profiles.

### DNA-Amplifikation und Gelelektrophorese

Zur Erstellung des DNA-Identifizierungsprofils der Proben wurde der PowerPlex®-ESX-17-Kit, Fa. Promega, verwendet, wobei entsprechend dem für die Routineanalytik in unserem Labor validierten Ansatz die Hälfte der vom Hersteller empfohlenen Mengen eingesetzt wurde (12,5 µl Reaktionsvolumen mit max. 8,75 µl Template DNA und 30 Amplifikationszyklen (Thermocycler Gene Amp 9700)). Die abschließende Kapillargelelektrophorese wurde im 3500 Genetic Analyzer, Fa. Applied Biosystems, entsprechend den Angaben des Herstellers unter Verwendung der Gene Mapper ID-X Software v. 1.4 durchgeführt.

### Retrospektive Analyse

Die forensische Aussagekraft der DNA-Untersuchungsergebnisse an den Hebelspuren aus dem Dreijahreszeitraum vor der Laborstudie wurde unter Berücksichtigung des DNA-Typisierungsergebnisses hinsichtlich ihrer kriminalistischen Relevanz ausgewertet und in 4 Kategorien gegliedert:

1. *Vollständiges homogenes Profilmuster*: homogenes DNA-Profil, das eindeutig einem Verursacher zugeordnet werden kann und zur DAD-Recherche geeignet ist.
2. *Mischspur kriminalistisch verwertbar*: Mischspuren  $\geq 2$  Personen, die zu Recherche- sowie Eingabezwecken in der DAD geeignet erscheinen.
3. *Mischspur kriminalistisch nicht verwertbar*: Mischspuren  $> 2$  Personen, die nicht für die DAD-Recherche geeignet sind (z. B. solche, die aufgrund der Qualität/Quantität keine sichere Zuordnung zu einer bestimmten Person ermöglichen).
4. *Negativbefund*: die interne Cut-off-Grenze unterschreitendes Spurenmaterial.

### Ergebnisse

#### Präparation der Werkzeuge

In die Studie wurden 2 Probanden einbezogen, bei denen durch Untersuchung von Gegenständen des täglichen Lebens bestätigt war, dass sie grundsätzlich geneigt sind, DNA über Hautzellen abzugeben.

An den nach der Reinigung der Werkzeuge bzw. der Fensterrahmen gesicherten Abrieben konnte bestätigt werden, dass kein DNA-haltiges Zellmaterial mehr nachzuweisen war (Negativkontrolle). Die anschließende Untersuchung der nach dem beschriebenen kontrollierten Standardverfahren präparierten Hebelwerkzeuge ergab, dass Proband 1 auf jedes Werkzeug DNA übertragen hatte. Die niedrigste DNA-Konzentration von 7 pg/ $\mu$ l wurde am Nageleisen N1, die höchste am Schraubendreher S4 mit 21 pg/ $\mu$ l gemessen. Bei Proband 2 wurde ein vergleichsweise geringer DNA-Gehalt gefunden. An den Schraubendrehern S3 und S4 und dem Nageleisen N1 wurden DNA-Konzentra-

tionen unterhalb der Cut-off-Grenze, an den Schraubendrehern S1 und S2 jeweils von 3 pg/ $\mu$ l und am Nageleisen N2 von 4 pg/ $\mu$ l gemessen (■ Abb. 3).

#### DNA-Gehalt der Hebelspuren an den Fensterrahmen

Am Aluminium- sowie am Holzfenster konnten in keiner der aus den Hebelmarken gesicherten Spuren DNA-Konzentrationen oberhalb des analytisch auswertbaren Schwellenwertes (Cut-off-Grenze) von 3 pg/ $\mu$ l nachgewiesen werden. Die Konzentrationen lagen vielmehr zwischen 0 pg/ $\mu$ l und 1 pg/ $\mu$ l.

Bei der Untersuchung der Hebelspuren vom Kunststofffenster konnte bei der von Proband 1 gesetzten Hebelspur mit dem Schraubendreher S4 eine DNA-Konzentration von 22 pg/ $\mu$ l gemessen werden (■ Abb. 4). Bei diesem Schraubendreher war bereits zuvor auch die höchste DNA-Konzentration von 21 pg/ $\mu$ l bestimmt worden. Die anschließende Typisierung dieser Spur ergab ein vollständiges homogenes DNA-Muster, das eindeutig dem DNA-Profil des Probanden 1 zugeordnet werden konnte.

#### Retrospektive Analyse

In die retrospektive Analyse konnten Untersuchungsbefunde an 90 Hebelspuren (■ Abb. 5), die bei der polizeilichen Tatortarbeit gesichert worden waren, einbezogen werden. 86% der Befunde waren negativ (77 Tatortspuren). 3% der ausgewerteten Befunde wiesen Mischspuren auf, die aufgrund mangelnder Quantität oder Qualität keine sichere Zuordnung zu einer bestimmten Person zuließen und somit kriminalistisch nicht weiter verwertbar bzw. für die DAD-Recherche nicht geeignet waren. In 9 Fällen (10%) fanden sich hingegen Mischspuren, die offensichtlich von 2 Personen gelegt wurden und zu Recherche- sowie Eingabezwecken in der DAD geeignet waren. In einem Fall (1%) wurde ein vollständiges homogenes Profilmuster detektiert; dieses konnte anhand des Ermittlungsansatzes einem Tatverdächtigen zugeordnet werden.

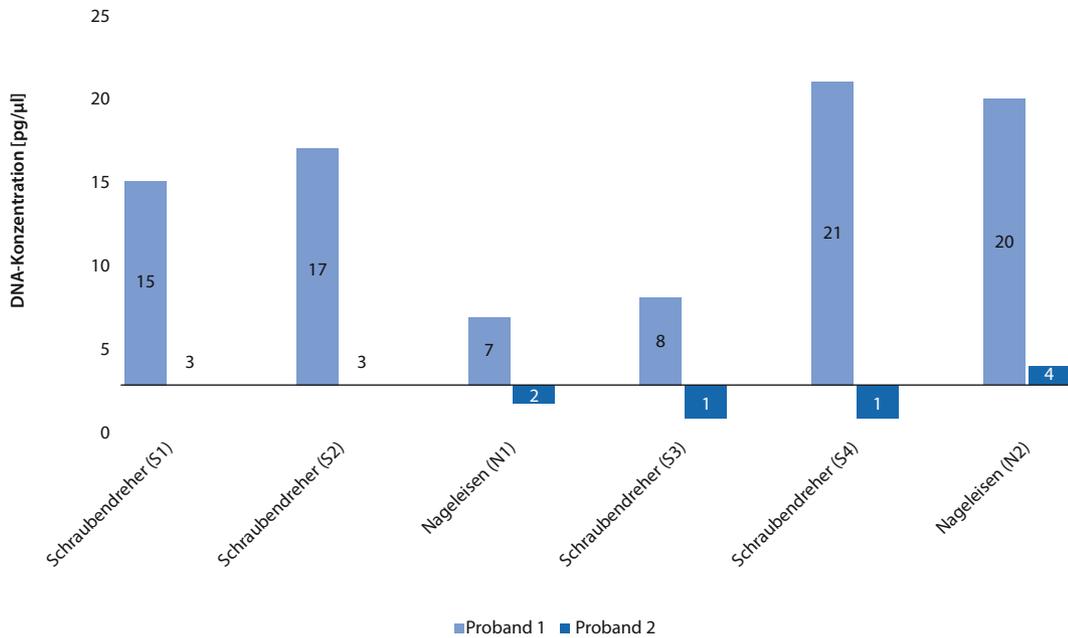
### Diskussion

#### Biologische Grundlagen des DNA-Transfers

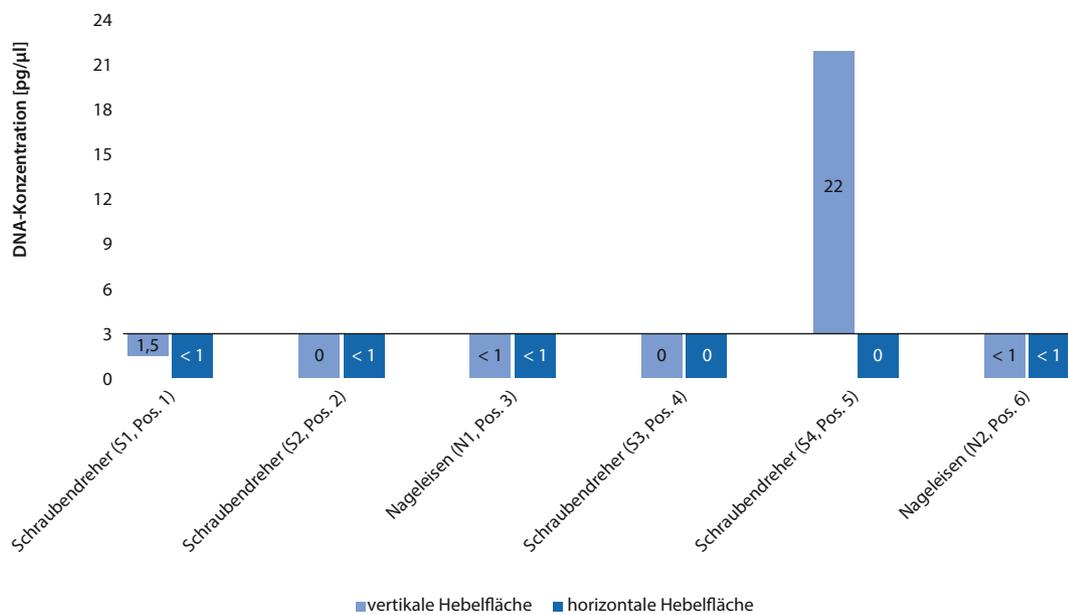
Die unterschiedliche Neigung von Personen, DNA über Hautzellen an Objekte bzw. Werkzeuge abzugeben, konnte auch in dieser Studie insbesondere anhand des unterschiedlichen DNA-Gehaltes an den Hebelwerkzeugen nach gezielter Präparation gezeigt werden. Dies steht in Übereinstimmung mit dem Resultat bereits publizierter Studien [6, 12, 15, 16, 23, 25, 28, 33, 42], dass es Menschen mit verschiedenen „Shedder“-Eigenschaften gibt, die ungleiche Mengen an DNA auf einem Gegenstand/Werkzeug abstreifen und damit zu einem unterschiedlichen Sekundärtransfer führen können. Die Gründe, weswegen ein Mensch unterschiedliche Mengen an DNA übertragen kann, können mannigfaltig sein. Alter und Geschlecht, aber auch die Beschaffenheit der Haut, wie beispielsweise bestimmte Hauterkrankungen [15, 17, 29, 40], oder genetische und epigenetische Ursachen scheinen die Übertragung zu beeinflussen [12, 15, 16, 37]. Ferner kann dies auch tagesform-, alters- und/oder situationsabhängig sein [6, 12, 29, 34]. Die Dauer des Kontaktes scheint jedoch keine Rolle zu spielen [2, 22, 42], wohingegen die Intensität, sprich, ob der Kontakt mittels Reibung und Druck [6, 9, 10, 26] oder unter moderater Belastung stattgefunden hat, wiederum von Bedeutung ist. In der vorliegenden Studie wurde bei der Präparation der Werkzeuge durch 10-maliges Reiben an der Wirkfläche 3-mal täglich an 3 aufeinander folgenden Tagen eine methodische Vorgehensweise gewählt, bei der man hinterfragen könnte, ob noch realitätsnahe Verhältnisse abgebildet werden, bei der aber regelhaft die DNA-Antragung an das Werkzeug, die Voraussetzung für eine evtl. Sekundärübertragung war, erreicht wurde.

#### DNA-Übertragung auf die Hebelspuren am Fenster

Obwohl der Versuchsablauf in dieser Untersuchung auf einen intensiven DNA-Transfer ausgerichtet war, konnte lediglich an einer der 72 untersuchten Hebelspuren (1,4%) am Kunststofffenster ein vollständiges homogenes DNA-Profil derjenigen



**Abb. 3** ◀ DNA-Konzentrationen an den präparierten Hebelwerkzeugen. DNA-Konzentrationen an den Hebelwerkzeugen nach standardisierter Präparation. Cut-off-Grenze von 3 pg/µl als Nulllinie gesetzt



**Abb. 4** ◀ DNA-Konzentrationen am Kunststoffenseter. Von Proband 1 mit den verwendeten Werkzeugen übertragene DNA-Konzentrationen (Abb. 1). Cut-off-Grenze von 3 pg/µl als Nulllinie gesetzt

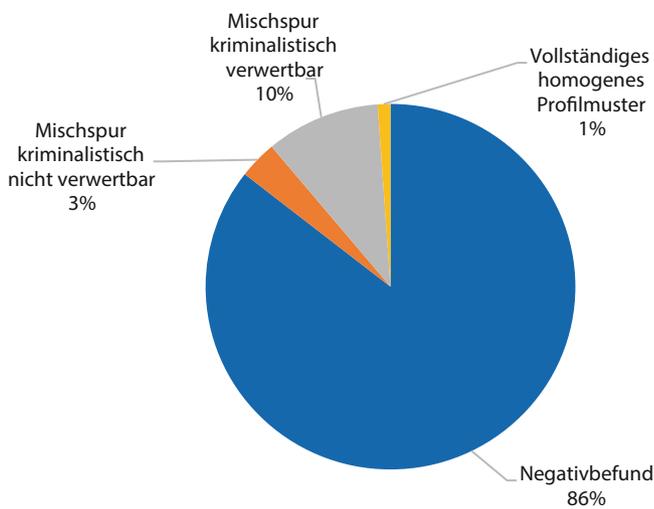
Person, die auch die Hebelspur gesetzt hatte, nachgewiesen werden. Dabei hatte es sich um die Versuchsperson gehandelt, bei der auch in den Extrakten der Abriebe von Gegenständen des täglichen Gebrauchs vergleichsweise hohe DNA-Konzentrationen gefunden worden waren. Diese Konstellation steht in Übereinstimmung mit dem Resultat bereits publizierter Studien, wonach es eine unterschiedlich stark ausgeprägte inter- und intraindividuelle Neigung gibt, DNA-haltiges zelluläres Hautmaterial bei physischem Kontakt mit Oberflächen zu übertragen [1, 4, 5, 14, 26],

die wiederum das Ausmaß eines DNA-Transfers beeinflusst.

Auf dieser Grundlage war von Einbruchsermittlern die Hypothese aufgestellt worden, Hebelspuren an Fenstern bzw. Türen könnten einen entscheidenden Hinweis auf die Identität der Straftäter liefern, da es während des Handlings bzw. Transports der Werkzeuge zu einem DNA-Transfer von den Hautepithelien auf deren Oberfläche und die anschließende Übertragung auf den aufgehebelten Gegenstand am Tatort kommen könne. Dies ist prinzipiell kein vollkommen neuer Ge-

danke, da die Versuche, unter Verwendung von forensischen DNA-Typisierungsergebnissen einen Täterhinweis zu erlangen, resp. auf die Gefahren möglichen DNA-Transfers aufmerksam zu machen, in der jüngsten Vergangenheit auffallend an Bedeutung gewonnen haben und in zahlreichen Studien untersucht wurden [35], sei es beispielsweise im Rahmen einer Wechselwirkung mit dem sozialen Umfeld [11, 13, 31, 36] oder während polizeilicher Ermittlungstätigkeiten [6, 7].

Ferner ist im Hinblick auf einen möglichen DNA-Transfer auch ein Einfluss der



**Abb. 5** ◀ Ergebnisse der retrospektiven Analyse. *Blau* ist der Anteil an Negativbefunden, *orange* der kriminalistisch nicht verwertbaren Mischspuren, *grau* der kriminalistisch verwertbaren Mischspuren und *gelb* der homogenen Spuren dargestellt

Materialbeschaffenheit der aufgehebelten Fensterrahmen in Betracht zu ziehen [26]. Verwendet wurden handelsübliche zweiflügelige Fenster mit Kunststoff-, Aluminium- bzw. Holzrahmen. Die Auswahl dieser Materialien beruhte auf der unterschiedlichen Materialdichte der Werkstoffe und dem hieraus resultierenden unterschiedlichen Verformungsverhalten während eines Hebelversuches, das sich zum einen in der Steifigkeit der Fensterrahmenkonstruktion äußerte und zum anderen in der Spurenträgereigenschaft; zwei Faktoren, die sich aus Sicht der Werkzeugspurenkunde maßgeblich auf die Spurenqualität auswirken können. So konnten die Hebelwerkzeuge bei den Holz- und Kunststofffenstern komplett mit der Wirkfläche zwischen Fensterrahmen und -flügel eingeschoben werden, während es bei den Aluminiumfenstern beim Versuch blieb. Die Werkstoffdichte beeinflusste weiterhin die Plastizität der Oberfläche. Beim Aluminium fanden sich lediglich minimale Deformationen, beim Kunststoff ausgeprägte und beim Holz sehr deutliche Auswirkungen des Hebelvorgangs. Durch das gezeigte Oberflächenverhalten vergrößerte sich korrespondierend die Oberflächenkontaktfläche und damit die Möglichkeit des DNA-Transfers. Diese werkstoffkundlichen Überlegungen könnten zumindest in Teilen zur Erklärung dafür beitragen, dass an Metallfensterrahmen kein auswertbares DNA-Profil zu detektieren war.

### Retrospektive Analyse

Anschließend wurde in einem retrospektiv-analytischen Ansatz untersucht, inwiefern die experimentellen Daten tatsächliche Relevanz für die konkrete ermittlungseitige Fallarbeit/Spurensicherung haben. Auf der einen Seite konnte in 90 Spuren aus einem Dreijahreszeitraum lediglich in einem Fall ein homogenes und rechnergeeignetes Profilmuster, das einem Tatverdächtigen zugeordnet werden konnte, detektiert werden. Damit bestätigte sich das Ergebnis der vorausgegangenen experimentellen Untersuchung. Eine Übereinstimmung ergab sich auch im Vergleich mit anderen Spurenkonstellationen [38]. So wurde beispielsweise in einer Versuchsreihe mit 98 Handschuhen unterschiedlichster Materialien zwar in 92 Fällen ein auswertbares DNA-Profil detektiert, in mehrfach durchgeführten Versuchen mit unterschiedlichen Oberflächen konnte jedoch lediglich in einem Fall (1,2%) ein nachweislicher Sekundärtransfer beobachtet werden [38].

Auf der anderen Seite konnten in 10% der betrachteten Datensätze auswertbare und zur DAD-Recherche geeignete Mischspuren festgestellt werden. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass retrospektiv nicht unterschieden werden kann, ob es sich tatsächlich um einen Sekundärtransfer an der Ansatzstelle des Werkzeugs, der Hebelmarke im eigentlichen Wortsinn, oder um eine anderweitig verursachte Antragung aus der unmittelbaren Umgebung gehandelt hat. Mit Bezug auf die krimi-

nalistische Relevanz der „Hebelspuren“ ist in diesem Kontext dennoch zu konstatieren, dass diese ja nicht erst mit einem „Treffer“ beim Abgleich mit DAD gegeben ist, sondern bereits mit der Detektion rechnergeeigneter Spuren. Können diese beim sog. Berechtigtenabgleich keiner berechtigten Person zugeordnet werden, wären sie einem möglichen Täter zuzuordnen und würden den Ausgangspunkt für zukünftige Recherchen schaffen.

#### Fazit für die Praxis

- Der systematische experimentelle Arm dieser Pilotstudie an einer kleinen Probandenzahl zeigte zunächst, dass selbst unter für einen DNA-Transfer günstigen Bedingungen in Form eines intensiven Hautkontaktes mit den Werkzeugen lediglich bei 1,4% der gesetzten Hebelspuren ein vollständiges homogenes DNA-Profil erzielt werden konnte, das eindeutig dem DNA-Profil der Versuchsperson zugeordnet werden konnte. In der retrospektiven Analyse der Befunde aus der tatsächlichen Fallarbeit bestätigte sich dieses Resultat. Jedoch fanden sich darüber hinaus zusätzlich in 10% der Fälle grundsätzlich zu Recherchezwecken geeignete Mischspuren.
- Diese Daten sollten im konkreten Ermittlungsfall bei einer kriminalistischen Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen einer Spurenuntersuchung an der eigentlichen Hebelmarke Berücksichtigung finden.

#### Korrespondenzadresse

##### Peter Schmidt

Institut. f. Rechtsmedizin, Geb. 49.1, Universität des Saarlandes  
66421 Homburg (Saar), Deutschland  
Peter.Schmidt@uks.eu

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** D. Hollenbach, L. Schlegel, S. Cappel-Hoffmann, D. Makuch und P. Schmidt geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

- Alessandrini F, Cecati M, Pesaresi MM, Turchi CC, Carle F, Tagliabracci A (2003) Fingerprints as evidence for a genetic profile: morphological study on fingerprints and analysis of exogenous and individual factors affecting DNA typing. *J Forensic Sci* 48(3):586–592
- Butcher EV, van Oorschot RAH, Morgan RM, Meakin GE (2019) Opportunistic crimes: Evaluation of DNA from regularly-used knives after a brief use by a different person. *Forensic Sci Int Genet* 42:135–140. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.07.002>
- Carrara L, Hicks T, Samie L, Taroni F, Castella V (2023) DNA transfer when using gloves in burglary simulations. *Forensic Sci Int Genet* 63:102823. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102823>
- Djuric M, Varljen T, Stanojevic A, Stojkovic O (2008) DNA typing from handled items. *Forensic Sci Int Genet* 1:411–412
- Farmen RK, Jaghø R, Cortez P, Frøyland ES (2008) Assessment of individual shedder status and implication for secondary DNA transfer. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser* 1:415–417. <https://doi.org/10.1016/j.fsigs.2007.08.015>
- Fonnelop AE, Egeland T, Gill P (2015) Secondary and subsequent DNA transfer during criminal investigations. *Forensic Sci Int Genet*, Bd. 17, S 155–162 <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.05.009>
- Fonnelop AE, Gill P (2016) Contamination during criminal investigation: Detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags. *PubMed* 27100680:
- Fonnelop AE, Ramse M, Egeland T, Gill P (2017) The implications of shedder status and background DNA on direct and secondary transfer in an attack scenario. *Forensic Sci Int Genet* 29:48–60. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.03.019>
- Goaray M, Eken E, Mitchell RJ, van Oorschot RA (2010) Secondary DNA transfer of biological substances under varying test conditions. *Forensic Sci Int Genet* 4:62–67
- Goaray M, Mitchell RJ, van Oorschot RAH (2010) Investigation of secondary DNA transfer of skin cells under controlled test conditions. *Leg Med* 12:117–120. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2010.01.003>
- Goaray M, van Oorschot RAH (2015) The complexities of DNA transfer during a social setting. *Leg Med* 17:82–91. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2014.10.003>
- Goaray M, Fowler S, Szkuta B, Van Oorschot RAH (2016) Shedder status—an analysis of self and non-self DNA in multiple handprints deposited by the same individuals over time. *Forensic Sci Int Genet* 23:190–196. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.05.005>
- Helmus J, Poetsch M (2015) DNA transfer—a never ending story. A study on scenarios involving a second person as carrier. *Pubmed Pmid* 26507273:
- Jeffreys AJ, Royale NJ, Thein SL (1985) Hypervariable minisatellite regions in human DNA. *Nature* 314:67–73
- Kamphausen T, Schadendorf D, von Wurmb-Schwark N, Bajonowski T, Poetsch M (2012) Good shedder or bad shedder—the influence of skin diseases on forensic DNA analysis from epithelial abrasions. *Int J Legal Med* 126:179–183. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0579-0>
- Kanokwongnuwut P, Martin B, Kirkbride KP, Linacre A (2018) Shedding light on shedders. *Forensic Sci Int Genet* 36:20–25. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.06.004>
- Knußmann E (2015) Histologische Verfahren. In: Moll (Hrsg) *Duale Reihe*, Bd. 2010. *Dermatologie*. Thieme, Stuttgart, S43–47
- Lacerenza D, Aneli S, Ormedei M, Gino S, Pasino S, Berchiolla P, Robino C (2016) A molecular exploration of human DNA/RNA co-extracted from the palmar surface of the hands and fingers. *Forensic Sci Int Genet* 22:44–53. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.01.012>
- Lowe A, Murray C, Whitaker J, Tully G, Gill P (2002) The propensity of individuals to deposit DNA and secondary transfer of low level DNA from individuals to inert surfaces. *Forensic Sci Int* 129:25–34. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(02\)00207-4](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(02)00207-4)
- Madison N, Handt O, Linacre A (2023) Persistence of cellular material after exposure to water. *J Forensic Sci* 68:1847–2218. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15316>
- Meakin GE, Butcher EV, Van Oorschot RAH, Morgan RM (2017) Trace DNA evidence dynamics: An investigation into the deposition and persistence of directly- and indirectly-transferred DNA on regularly-used knives. *Forensic Sci Int Genet* 29:38–47. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.03.016>
- van Oorschot RAH, Jones MK (1997) DNA fingerprints from fingerprints. *Nature* 387(6635):767. <https://doi.org/10.1038/42838>

## Lever tools as trace bearers

Tools as trace evidence carriers are gaining increasing interest in forensic DNA analysis. A significant increase in lever traces can be observed in the material analyzed by the Homburg Institute. Against this background, the aim of this study is to develop a rationally based concept for crime scene work.

In the first step, the DNA content of corresponding traces was systematically determined experimentally: Two test subjects used 6 different lever tools (4 screwdrivers, 2 nail pullers) to make lever marks on 3 windows of different material types (wood, aluminium, plastic) in 24 defined areas each. Windows and tools were cleaned with Microbac forte (Hartmann) or DNA Exitus (Applichem). Subsequently, 10 consecutive rubbing movements were carried out on the tools 3 times a day on 3 consecutive days under light pressure. The prepared scrapings were analyzed in a standardized manner (DNA extraction with EZ1 DNA-Investigator Kit, Investigator Lyse/Spin-Basket Kit from Qiagen; quantification using real-time PCR, Investigator Quantiplex Pro Kit from Qiagen, multiplex PCR with PowerPlex® ESX 17 Kit from Promega and capillary electrophoresis using 3500 Genetic Analyzer from Applied Biosystems and Gene Mapper ID-X software). During the analysis of 72 traces, DNA was detected at a concentration of 22 pg/µl on a lever trace placed on a plastic window with a screwdriver and a homogeneous DNA profile was generated.

A retrospective analysis was then carried out to empirically verify the extent to which the experimental data corresponded to actual investigative casework trace evidence. For this purpose, the 90 lifting traces examined in a 3-year period prior to the experimental study were analyzed with respect to the proportion of DNA profiles detected. A total of 9 mixed traces could be analyzed as well as a completely homogeneous profile pattern that could be assigned to a suspect based on the investigative approach. These data should be taken into account in a specific investigation when weighing up the costs and benefits of analyzing traces at the actual lever mark.

### Keywords

DNA transfer · Secondary transfer · Lever trace · Criminalistic relevance · DNA analysis databank (DAD)

23. van Oorschot RAH, Phelan DG, Furlong S, Scarfo GM, Holding NL, Cummins MJ (2003) Are you collecting all the available DNA from touched objects? *Int Congr Ser* 1239:803–807. [https://doi.org/10.1016/S0531-5131\(02\)00498-3](https://doi.org/10.1016/S0531-5131(02)00498-3)

24. van Oorschot RAH, Meakin GE, Kokshoorn B, Goray M, Szkuta B (2021) DNA Transfer in Forensic Science: Recent Progress towards Meeting Challenges. *Genes* 2021(12):1766

25. Otten L, Banken S, Schürenkamp M, Schulze-Johann K, Sibbing U, Pfeiffer H, Vennemann M (2019) Secondary DNA transfer by working gloves. *Forensic Sci Int Genet* 43:102126. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.07.005>

26. Pfeifer C, Mitner E, Wiegand P (2016) Analyse von Hautkontakts Spuren in der forensischen Genetik unter besonderer Berücksichtigung von Kontamination und Transferszenarien. *Rechtmedizin*, Bd. 6, S 537–552

27. Pfeifer CM, Wiegand P (2017) Persistence of touch DNA on bulgaryl-related tools. *Int J Legal Med* 131:941–953. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1551-4>

28. Phipps M, Petricevic S (2007) The tendency of individuals to transfer DNA to handled items. *Forensic Sci Int Genet* 168:162–168. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2006.07.010>

29. Poetsch M, Bajanowski T, Kamphausen T (2013) Influence of an individual's age on the amount and interpretability of DNA left on touched items. *Int J Legal Med* 127:1093–1096. <https://doi.org/10.1007/s00414-013-0916-6>

30. Puliatti L, Handt O, Taylor D (2021) The level of DNA an individual transfers to untouched items in their immediate surroundings. *Forensic Sci Int Genet* 54:102561. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102561>

31. Reuss E, Kaufstein S, Zehner R, Bratzke H, Schneider H (2008) Sicherung und Auswertung von latenten DNA-Spuren im Bereich der Eigentumsdelinquenz – Ein Feldversuch. *Rechtmedizin*

32. Samie L, Taroni F, Champod C (2020) Estimating the quantity of transferred DNA in primary and secondary transfers. *Sci Justice* 60:128–135. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.09.008>

33. Schmidt M, Bamberg M, Dierig L, Kunz S, Wiegand P (2021) The diversity of shedder tests and a novel factor that affects DNA transfer. *Int J Legal Med* 135:1267–1280. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02533-y>

34. Sommerer T (2011) Selektive Hautschuppenanalyse – Strategien zur Gewinnung von individual-STR-Profilen aus Hauteithelzellen. Dissertation, Universität Ulm

35. Schweitzer NJ, Saks MJ (2007) The CSI effect: popular fiction about forensic science affects public expectations about real forensic science. *Jurimetrics* 47:357–364

36. Szkuta B, Ballantyne KN, van Oorschot RAH (2017) Transfer and persistence of DNA on the hands the influence of activities performed. *Forensic Sci Int Genet* 28:10–20

37. Tan J, Lee JY, Lee LYC, Aw ZQ, Chew MH, Ishak NIB, Lee YS, Mugni MA, Syn CKC (2019) Shedder status: does it really exist? *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser* 7:360–362. <https://doi.org/10.1016/j.fsigs.2019.10.012>

38. Tanzhaus K, Reiß MT, Zaspel T (2021) "I've never been at the crime scene!"—gloves as carriers for secondary DNA transfer. *Int J Legal Med* 135:1385–1393. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02597-w>

39. Vennemann M, Oppelt C, Grethe S et al (2021) Möglichkeiten und Grenzen der forensischen DNA-

Analyse unter dem Gesichtspunkt verschiedener Szenarien zur Spurenentstehung. *Rechtsmedizin* 31:395–404. <https://doi.org/10.1007/s00194-021-00508-2>

40. Voigtländer V, Weißbecher R (2005) Typ-IV-Reaktion vom Spättyp, Ekzemkrankheiten. In: Moll I (Hrsg) *Duale Reihe Dermatologie*. Thieme, Stuttgart, S 129–142

41. Wickenheiser RA, Jobin RM (1999) Case of comparison of DNA recovered from a contact lens using the PCR DNA typing. *Can Soc Forensic Sci J* 32(2 and 3):67–73. <https://doi.org/10.1080/00085030.1999.10757489>

42. Wickenheiser RA (2002) Trace DNA: a review, discussion of theory, and application of the transfer of trace quantities of DNA through skin contact. *J Forensic Sci* 47(12051321):442–450

43. Zoppis S, Muciaccia B, D'Alessio A, Ziparo E, Vecchiotti C, Filippini A (2014) DNA fingerprinting secondary transfer from different skin areas: morphological and genetic studies. *Forensic Sci Int Genet* 11:137–143. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2014.03.005>

**Hinweis des Verlags.** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Elmar Ludolph (Autor)

## Ärztliche Begutachtung von A - Z

*Fachbegriffe, die der ärztliche Gutachter kennen muss*

**Berlin, Heidelberg: Springer 2024, 3. Aufl., 456 S., (ISBN: 978-3-662-68751-2), Softcover 34,99 EUR**



Im Vorwort stellt sich auch der Autor Elmar Ludolph die Frage, warum man in Zeiten von Suchmaschinen und KI-Systemen wie ChatGPT noch zu Büchern wie „Ärztliche Begut-

achtung von A – Z“ greifen sollte. In der mittlerweile 3. Auflage erläutert Ludolph Fachbegriffe, die für ärztliche Gutachter relevant sind. Der Autor ist bekannt durch sein Standardwerk „Der Unfallmann“, und auch in diesem neuen Nachschlagewerk liegt der Schwerpunkt auf dem orthopädisch-unfallchirurgischen Bereich. Es bietet klare Erläuterungen der wichtigsten Begriffe, die vor allem in sozialversicherungsrechtlichen Gutachten benötigt werden, etwa zur „Minderung der Erwerbsfähigkeit“ (MdE). Darüber hinaus werden gängige Rechtsbegriffe verständlich erklärt, etwa der Unterschied zwischen der Bestandskraft von Verwaltungsakten und der Rechtskraft gerichtlicher Entscheidungen. Für einen überschaubaren Preis bietet das Buch einen umfassenden Überblick. Rechtsmediziner könnten allerdings bestimmte strafrechtliche Begriffe vermissen, wie etwa die Schuldunfähigkeit, die lediglich unter dem Schlagwort „Blutalkoholkonzentration“ zu finden ist. Die „Schuldenfähigkeit“ (ohne „d“) wird hingegen aufgeführt. Die Stärke des Werks liegt in der sinnvollen Verknüpfung der Fachbegriffe. So wird etwa die „Gesetzliche Unfallversicherung“ mit der entsprechenden Kausalitätstheorie, dem Beweismaß sowie der MdE in Zusammenhang gebracht. Diese systematische Darstellung macht das Buch zu einem nützlichen Werkzeug für den gutachterlich Tätigen.

**Benno Schäffer, München**