

5. Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit war es das Ziel, die aus dem Praktikum erzielten Ergebnissen mit dem Verfahren der Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer noch einmal auf Redundanz zu überprüfen sowie auftretende Fehler zu verbessern.

Die Grundlage für das Verfahren bildete eine vorhergehende Bachelorarbeit von Alessa Jordan über die „Kaltbedampfung von Fingerabdruckspuren mit fluoreszierenden Cyanacrylat im Vakuum sowie mit einem mobilen Bedampfungsgerät“, mit dieser sich bestimmtes Grundlagenwissen für die vorliegende Arbeit angeeignet wurde. Weiterhin wurde im Vergleich beider Arbeiten ein anderes Bedampfungsgerät in Form einer Vakuumkammer mit Vakuumpumpe verwendet, wobei sich die Vorgehensweise der Versuchsabläufe voneinander unterschieden. Entstehende Fehler ihrer Arbeit, welche bei der fotografischen Dokumentation aufgrund unterschiedlicher Kameraparameter entstanden, wurden hierbei analysiert und verbessert.

Die Versuchsdurchführung in der vorliegenden Arbeit diente grundsätzlich der Feststellung der optimalen Bedingungen von Druck und Zeit zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke mittels Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer und konnte erfolgreich umgesetzt werden. Dabei wurde ein Objektträger unter verschiedenen Bedampfungsvarianten einem Vakuum ausgesetzt. Es konnte während der Bedampfung, ähnlich wie im Praktikum, eine unterschiedliche Entwicklung der Fingerspuren festgestellt werden. Dennoch wurde eine eindeutig schlechte Erkennbarkeit der Fingerabdrücke, unabhängig vom eingestellten Druck, mit einer Bedampfungszeit von 20 Minuten widerspiegelt. Weiterhin konnten mit steigender Zeit viele brauchbare Ergebnisse erzielt werden, welche eine eindeutige Erkennbarkeit der Fingerspuren gewährleistete.

Des Weiteren konnten die vorherigen Versuche des Praktikums im Hinblick auf diese Arbeit verbessert werden. Einerseits wurden die zu bedampfenden Objektträger einheitlich, an einer bestimmten Position, entweder an der Innenseite des Deckels oder an Befestigungsklammern, in der Vakuumkammer angebracht, sodass die Spurenläger unter denselben Bedingungen bedampft wurden und somit ein Vergleich der Ergebnisse gewährleistet ist. Die Kameraeinstellungen zur fotografischen Dokumentation wurden im Vergleich der vergangenen Versuchsdurchführung ebenfalls geändert, wodurch sich die Qualität der Fotos verbesserte. Ein letzter Unterschied zwischen den Versuchen des Praktikums und die der vorliegenden Arbeit besteht in der Festlegung der Klassifizierungsmerkmale. Während diese im Praktikum ausschließlich auf der Erkennbarkeit des Grundmusters basieren, wurden hierbei ergänzend die Minuzien als weiteres Merkmal zur Einordnung in Betracht gezogen.

Dennoch ist es gelungen, die aus dem Praktikum optimal ermittelten Ergebnisse zu verifizieren. Hierbei konnten die besten Resultate sowohl im Praktikum als auch in dieser Arbeit mit der

Position der Objektträger am Deckel bei einer Bedampfungszeit von 80 Minuten sowie einem Druck von -0,4 bar nachgewiesen werden.

5.2 Ausblick

Das beste dabei erreichte Resultat stellt die Grundlage für weitere Versuchszwecke der Spurensicherung im polizeilichen Alltag dar. Allerdings zeigt das Verfahren der Kaltbedampfung mit einer Vakuumkammer weiterhin Forschungsbedarf. Es besteht die Möglichkeit, die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse mittels eines anderen chemischen Produkts zu überprüfen und damit eventuell bessere Resultate für Fingerabdruckspuren zu erzielen. Eine gute Alternative bietet daher das UV-fluoreszierende Lumicyano. Es handelt sich ebenfalls um Cyanacrylat. Das Einstufenverfahren dient ebenso der Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke in Cyanacrylat-Bedampfungsschränken. Weiterhin besteht mit Lumicyano die Möglichkeit, weitere Adhäsionsverfahren einzusparen [71]. Schlussendlich soll damit geprüft werden, ob die Verwendung von Lumicyano bei der Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren erfolgsversprechendere Ergebnisse erzielt.

Eine weitere Eventualität umfasst dabei die Gegenüberstellung eines weiteren chemischen Spurensicherungsverfahrens, die Heißbedampfung in einem Bedampfungsschrank. Damit kann überprüft werden, ob es hinsichtlich der Verfahren Unterschiede bezüglich der Entwicklung der Fingerspuren kommt und welche Bedampfungsmethode wann für welche Tatortsituation am besten geeignet ist.

Ebenso offene Fragen existieren es in Bezug auf weitere daktyloskopische Spureenträger, denn der Vergleich zusätzlicher Materialien aus noch nicht genutzten Werkstoffen, insbesondere Holz, Kunststoff oder Papier, könnte die Grundlage für eine zukünftige Versuchsreihe bilden, indem die Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer mit Spurenlägern verschiedener Materialien durchgeführt wird.

Bezugnehmend auf die Bachelorarbeit von Alessa Jordan, welche Fingerabdruckspuren verschiedener Lagerungszeiträume bedampfte, besteht ebenso die Möglichkeit, auch älteres daktyloskopisches Spurenmaterial mittels der Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer zu bedampfen. Dabei wird überprüft, inwieweit vergleichbare sowie brauchbare Fingerabdrücke als Grundlage für weitere Untersuchungen genutzt werden können.

Eine letzte Zielsetzung in Hinblick für weitere Forschungszwecke der Cyanacrylat-Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer erfasst dabei eine gezielte Beeinflussung der Fingerabdruckspuren durch bestimmte Umweltfaktoren. Es wird geprüft, inwieweit das Spurenmaterial für weitere Analysen überhaupt noch möglich ist oder ob dieses durch die umweltbedingten Einflüsse vollständig zerstört wird [2, S. 12].

6. Grundidee des validierten Fingerabdruckstempels

Die Grundidee für den nachfolgenden Teil dieser Arbeit ist das Modellieren einer theoretischen Grundlage für einen Fingerabdruckstempel. Dabei werden die grundlegenden Einsatzbereiche künstlicher Fingerabdrücke und deren Zweck im Hinblick auf die Polizeiarbeit einmal näher beleuchtet. Zudem wird eine visuelle Veranschaulichung des Stempels dargestellt, um eine bessere Vorstellung dieser Idee darzulegen und die grundlegenden Bestandteile eines Stempels näher erläutert.

6.1 Einsatzbereiche künstlicher Fingerabdrücke

Der Fingerabdruck als einzigartiges biometrisches Merkmal eines Menschen ist aufgrund verschiedener Bereiche, in der dieser zum Einsatz kommt, aus unserem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken. Zudem ermöglicht die Herstellung künstlicher Fingerabdrücke ein nochmal breiteres Anwendungsspektrum.

Grundsätzlich stellt die Fingerabdruckerkennung eine der am weitesten verbreiteten Methoden der Biometrie dar. Dabei beruht dieses Verfahren auf der Oberflächentopographie eines Fingers und ist deshalb anfällig für Spoofing-Attacken, welche eine Form des Identitätsdiebstahls beschreibt [32, S. 1]. Daher konnte mithilfe künstlicher Fingerabdrücke aus Materialien wie Gelatine oder Silikon bereits erfolgreich bewiesen werden, dass diese zur Authentifizierung auf Basis von Fingerabdrucksystemen entscheidend sind [64, S. 1] herkömmliche Fingerabdrucksensoren täuschen können [33, S. 1].

Ein ebenfalls bekannter Anwendungsbereich für künstliche Fingerabdrücke stellt das Verfahren der massenspektrometrischen Analyse dar [82]. Dieses wird verwendet, um chemische Verteilungen exogener sowie endogener Bestandteile in hinterlegten und abgehobenen künstlichen Fingerspuren direkt abzubilden. Im vorliegenden Anwendungsbereich sind diese in Form einer künstlichen Fingerabdruckform sowie synthetischem Spurenmaterial aufgebaut [82]. Dabei wird eine Substanz aus künstlichen Ekkrin- und Talgkomponenten hergestellt, um zu überprüfen, wie gut dieses Material der chemischen Zusammensetzung echter Fingerabdruckablagerungen entspricht. Daher überprüft das Verfahren der Massenspektrometrie, chemischen Signaturen der künstlichen und echten Fingerabdrücke miteinander zu vergleichen [82]. Es ist erkennbar, dass der künstliche Fingerabdruck sowie eine künstlich hergestellte Fingerabdrucksubstanz [82] [62] in bestimmten wissenschaftlichen Bereichen bereits genutzt wurde.

Das bereits erforschte Wissen über einen synthetischen Fingerabdruck, charakterisiert anhand bestimmter Qualitätsmerkmale, könnte eine gute Grundlage für den zu modellierenden Prototypen eines Fingerabdruckstempels am Tatort bilden. Die Stempelflüssigkeit stellt dabei eine künstlich hergestellte Fingerabdrucksubstanz dar, um damit Fingerabdruckablagerungen zu hinterlassen.

Grundlegend ist ein Tatort „die wichtigste Grundlage für eine erfolgreiche kriminalistische Ermittlungstätigkeit“ [2, S. 3]. Dabei werden zahlreiche Spuren, auch in Form latenter Fingerabdrücke, hinterlassen, welche es gilt zu finden. Grundsätzlich ist es unmöglich, identische Fingerspuren zu erhalten, da dieser jedes Mal etwas anders aussieht [50]. Anhand des letzten Kapitels, welches sich mit einem chemischen Spurensicherungsverfahren zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke beschäftigte, wurde festgestellt, dass die Entstehung daktyloskopischer Spuren aufgrund verschiedener Faktoren auf einer Oberfläche nicht beeinflussbar ist (s. Kapitel Ergebnisse und Diskussion Abschnitt Diskussion).

Eine Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Tatortarbeit zur schnellen Aufklärung von Straftaten bildet der sinnvolle Einsatz von Hilfsmitteln [2, S. 3]. „Für die Suche nach daktyloskopischen Spuren ist die gedankliche Rekonstruktion des Tatablaus von [großer] Bedeutung“ [2, S. 13]. Dabei beginnt die Spurensicherung insbesondere mit Gegenständen, welcher der Täter zwangsläufig berührt hat [2, S. 13]. Je nach Oberflächenbeschaffenheit des Objekts ist es in bestimmten Fällen, sobald sich die Fingerspur auf einem Material befindet, welches zur Sicherung von Spuren kaum genutzt wurde, schwierig zu entscheiden, welches Verfahren zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke am geeignetsten ist (s. Kapitel Motivation und Zielstellung). Der Fingerabdruckstempel mit einem immer identischen Abdruck kann dabei erfolgreich bei der Spurensicherung am Tatort eingesetzt werden. Damit kann er als Testabdruck auf die jeweilige Oberfläche aufgebracht werden, sodass die falsche Wahl der Spurensicherungsmethode ausgeschlossen werden kann und die eigentlich hinterlassene Spur nicht zerstört wird (s. Kapitel Motivation und Zielstellung). Allerdings ist es nicht das Ziel, den Stempel auf jeder Oberfläche am Tatort anzubringen, sondern nur diese, welche mit dem Täter mittels gedanklicher Rekonstruktion in Verbindung gebracht werden. Des Weiteren soll der Fingerabdruckstempel hauptsächlich eingesetzt werden, wenn der Spurensicherung wenig Spurenmaterial zur Sicherung der Spur zur Verfügung steht.

In Zukunft soll diese Methode des Fingerabdruckstempels eine Unterstützung im Hinblick auf die polizeiliche Tatortarbeit sein, sodass Spurenverlust aufgrund falscher Techniken vermieden werden kann.

6.2 Veranschaulichung der Grundüberlegungen

Die Abbildung 18 visualisiert eine Idee für die Optik eines solchen Stempels. Zu sehen ist ein rundlicher Stempel nach der Funktionsweise des Patentes von Trodat [114], auf welches später in dieser Arbeit noch näher eingegangen wird. Ergänzend kommt eine Verschlusskappe auf die Unterseite des Stempels, welche dem Austrocknen der Stempelflüssigkeit entgegen wirken soll. Der detaillierte Aufbau des Stempels wird in den nachfolgenden Kapiteln intensiv behandelt.

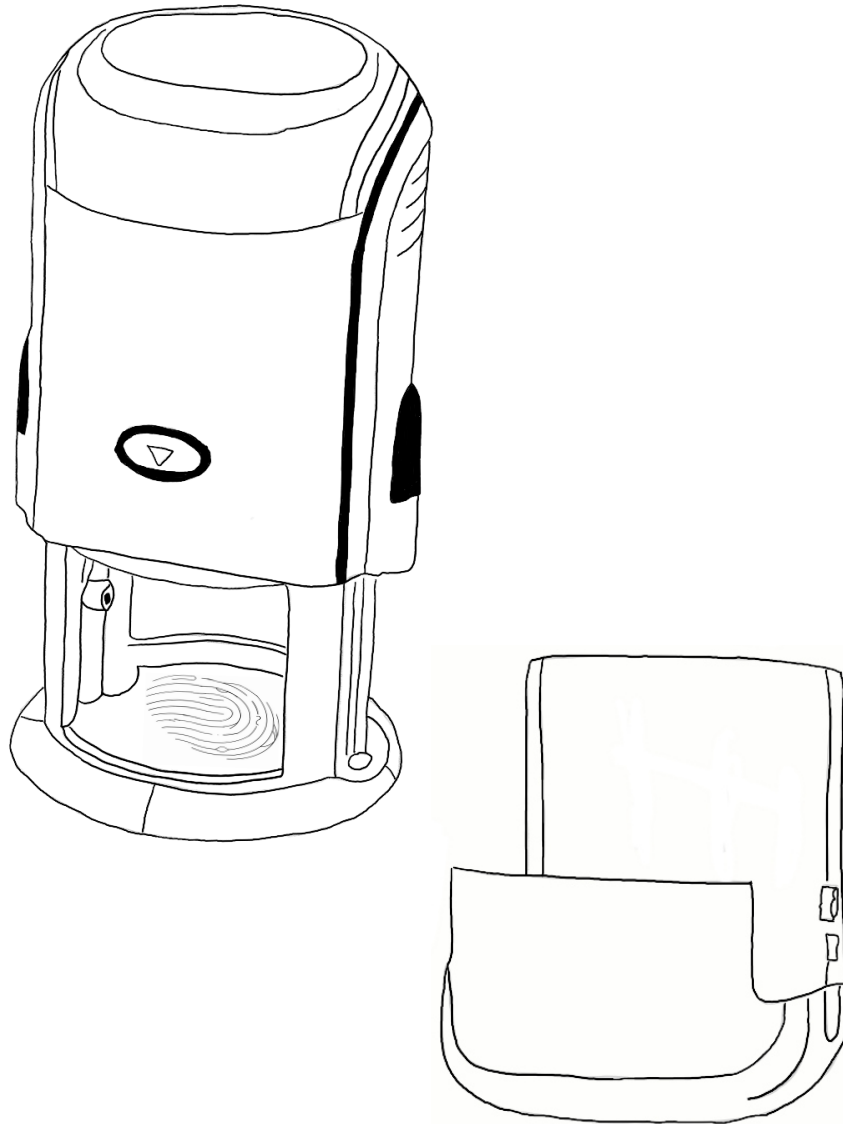


Abbildung 18: Grundidee des Fingerabdruckstempels

7. Aufbau des Stempels

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Modellierung des Stempels. Dabei wird der grundlegende Aufbau eines Stempels für ein besseres Verständnis beleuchtet. Weiterhin erfolgt ein Überblick über die technischen Voraussetzungen des Fingerabdruckstempels, deren mögliche Materialien der einzelnen Bestandteile sowie die Realisierung eines gleichen Drucks beim Aufdruck.

7.1 grundlegender Aufbau und Funktionsweise eines Automatikstempels

Der Automatikstempel bildet die Grundlage für den theoretischen Fingerabdruckstempel dieser Arbeit, um einen künstlichen nachgeahmten Fingerabdruck auf verschiedenen Oberflächen abbilden zu können.

Für den allgemeinen Aufbau eines Automatikstempels gehören folgende Komponenten: das Stempelgehäuse, eine Feder, ein Stempelkissen, ein Unterteil sowie eine Stempelplatte (Abbildung 19).

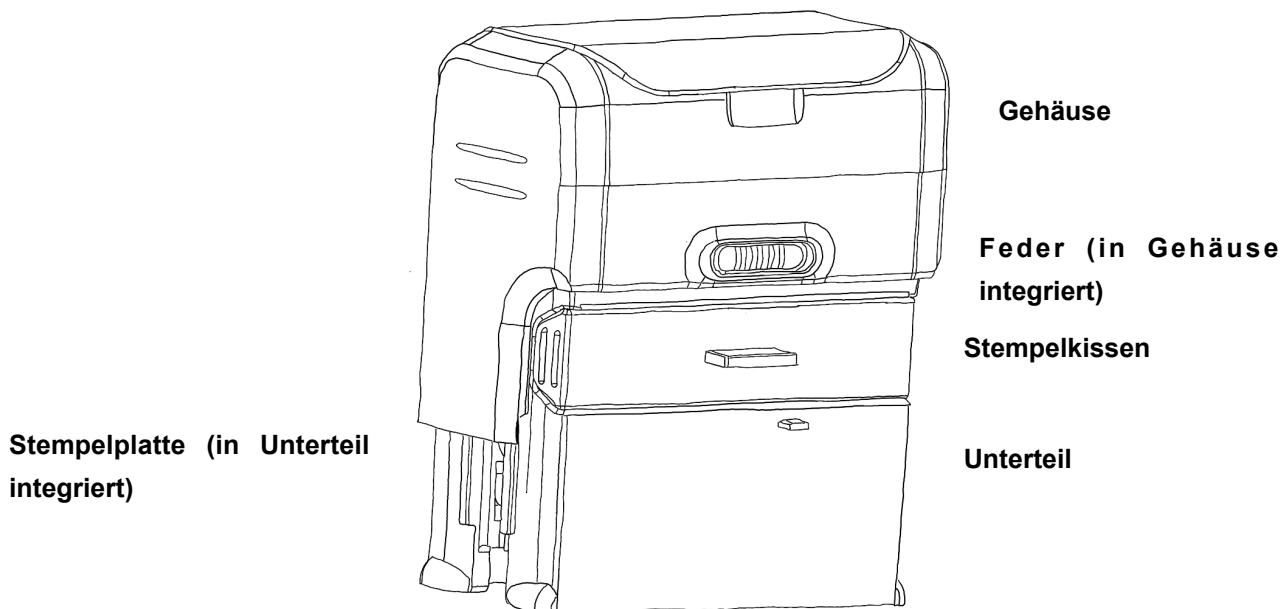


Abbildung 19: Aufbau eines Stempels

Bei einem Automatikstempel handelt es sich um einen Selbstfärbestempel, bei dem kein extra Stempelkissen erforderlich ist [87]. Grundsätzlich besteht dieser aus einem Gehäuse, einem sich

gegenüber befindenden Unterteil sowie einer Stempelplatte (Abbildung 18). Im Gehäuseteil ist das Stempelkissen integriert. An diesem sind sogenannte Rastelemente zum Befestigen verankert, sodass ein Herausfallen des Stempelkissens verhindert werden kann [114]. Grundsätzlich besteht es aus einem schwammartigen, speicherfähigen Material, wodurch eine bestimmte Menge an Stempelfarbe oder Tinte gespeichert und beim Stempeln an die Stempelplatte abgegeben wird [114].

Stempelplatten dienen dazu, den Abdruck zu erzeugen und müssen deshalb sehr akkurat angefertigt werden. Auf diesem befindet sich das entsprechende Stempelmotiv [89]. Sie „ist um eine [im] ersten Endbereich des [...] Gehäuseteils gelegene Achse von einer Ruhestellung in eine Funktionsstellung schwenkbar, [sodass] sich die [Platte] in der Ruhestellung zwischen dem [...] Gehäuseteil und dem [Unterteil] befindet“ [114]. Während der Ruheposition befindet sich diese am Stempelkissen und wird zur Aufnahme von Farbe an das Stempelkissen gedrückt. Weiterhin ist im Unterteil unterhalb der Stempelplatte ein Druckplattenträger eingebaut (Abbildung 20). Über eine Feder kann dieser über eine Wendeachse bewegt werden [114].

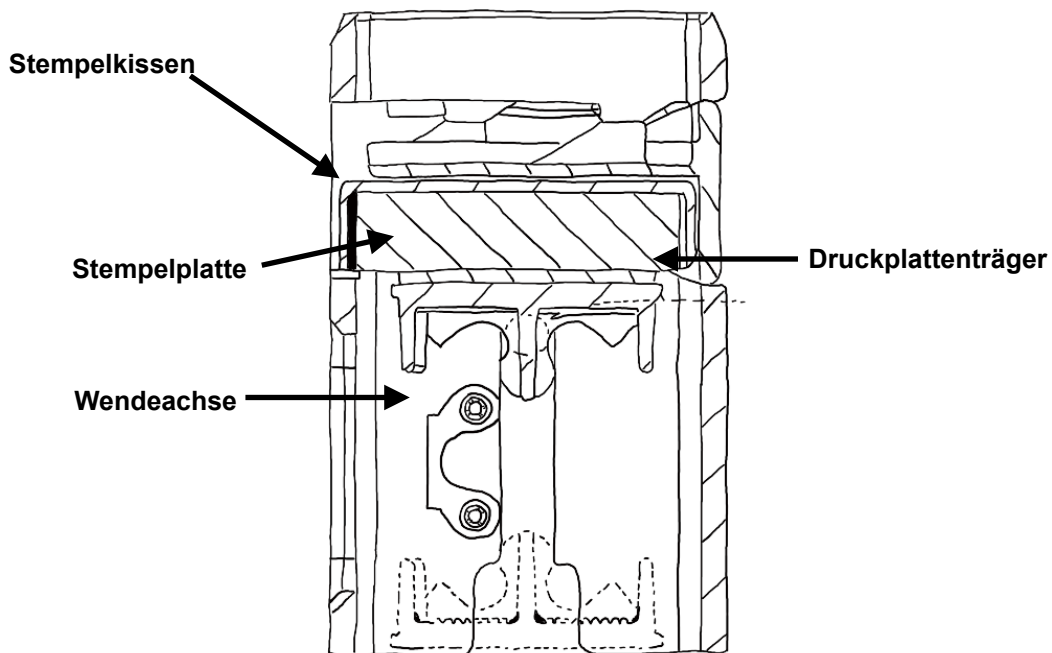


Abbildung 20: eingebauter Druckplattenträger sowie Wendemechanismus

Um nun einen Stempelaufdruck zu erzeugen, wird das Oberteil des Gehäuses niedergedrückt. Dies erfolgt „entgegen der Rückstellkraft einer im Inneren des“ Gehäuseteils integrierten Feder, welche sich zwischen dem Ober- und Unterteil befindet, wobei beim Herunterdrücken des Gehäuseteils die Feder zusammengedrückt wird. Im unteren Teil des Stempels befindet sich eine Wendemechanik, wodurch der Druckplattenträger beim Herunterdrücken des Oberteils im selben Moment entlang einer Vertikalführung eine Rotationsbewegung ausführt und dabei in eine um 180° geschwenkte Stellung führt. Auf diesem Druckplattenträger ist die Stempelplatte montiert, sodass sich diese ebenfalls in der Ausgangsstellung gedrückt gegen das Stempelkissen befindet, doch mit

eingehender Druckbewegung um 180° rotiert und bei vollem Druck auf die Oberfläche aufkommt. Die dabei wirkende Rückstellkraft nimmt mit Zusammendrücken der Feder zu und sobald keine Kraft mehr auf das Oberteil des Stempels wirkt, verringert sich die Rückstellkraft und die Stempelplatte wird zurückgezogen [114].

7.2 technische Voraussetzungen

Zur Realisierung des Fingerabdruckstempels ist es wichtig, bestimmte Merkmale zum klassischen Automatikstempel anzupassen. Grundsätzlich sollte der Stempel mit einer ovalen Abdruckform konstruiert werden. Dies ist von Vorteil, da es sich bei dem Fingerabdruck ebenfalls um eine ovale Form handelt und so möglichst wenig unnötiger Raum um den Stempel geschaffen wird. Da am Tatort meist unter widrigen Bedingungen auf kleinen Flächen oder in engen Räumen gearbeitet werden muss, ist es von Vorteil möglichst wenig Platz für den Stempelvorgang zu benötigen.

Ebenso ist es wichtig, dass der Stempel aus einem leichten Material besteht, um eine höhere Transportfähigkeit und eine leichtere Handhabung im Alltag eines Forensikers am Tatort zu gewährleisten.

Des Weiteren sollte die Stempelplatte selbst aus einem dehn- bzw. biegbaren Material bestehen, sodass der Stempel auch auf leicht unebenen Oberflächen ein klares Bild ergibt. Darauf wird später noch einmal konkret eingegangen. Grundlegend sollte die Platte jedoch flach sein, um einen glatten Abdruck auf der Oberfläche zu gewährleisten, sodass sich der Stempel dabei nicht verformt.

Eine der wichtigsten technischen Voraussetzungen für den Fingerabdruckstempel ist die allgemeine Verarbeitung. Zusätzlich zum passenden Material muss der Stempel genauestens entwickelt und exakt hergestellt werden um Reibung, Verklebung und übermäßige Abnutzung zu verhindern sowie ein sauberes und hochwertiges Ergebnis zu gewährleisten. Sonst kann es zum Austrocknen der Stempelflüssigkeit im Stempelkissen, zur Verfälschung des Stempelergebnisses sowie zur schnellen Unbrauchbarkeit des gesamten Stempels führen.

Um diese Probleme zu vermeiden, wird eine Kappe zum Verschluss des Stempels in Betracht gezogen und bei Nichtnutzung auf den Stempel gesteckt. Somit wäre der Schutz vor Schaden, Schmutz sowie Austrocknung garantiert.

Ebenfalls trägt die immer gleiche Volumenabgabe eine entscheidende Rolle dazu bei, wie detailliert das Stempelbild auf der Oberfläche am Ende aufgetragen wird. Diese konstante Volumenabgabe ist nur durch eine ebenfalls konstante Kraft, mit welcher die Stempelplatte auf die Oberfläche wirkt, realisierbar. Um dies in der Praxis umzusetzen, benötigt man eine, wie bereits erwähnt, exakte Verarbeitung, um ein mögliches Spiel der dynamischen Teile zu verhindern. Nur durch eine gleiche Volumenabgabe sollte gewährleistet sein, dass bei jedem Stempelvorgang das nahezu gleiche Stempelbild entsteht.

7.3 materieller Aufbau des Stempels

Der Fingerabdruckstempel ist im allgemeinen in drei Teile aufzugliedern: dem Stempelgehäuse, dem Stempelkissen und der Stempelplatte. Welche Materialien für diese Bestandteile gewählt werden sollte, wird in diesem Abschnitt analysiert und erläutert.

7.3.1 Materialien des Stempelgehäuses

Grundsätzlich werden Stempelgehäuse aus einem Holz- oder Kunststoffkörper angefertigt. „Buchenholz ist hart, zäh und überdurchschnittlich fest. Der gleichmäßige Baumwuchs macht es feinporig und eben. Buchenholz lässt sich daher gut hobeln und sauber verarbeiten“ [13], weshalb es besonders geeignet für die Herstellung von Stempeln ist. Doch vor allem Kunststoff hat sich in den letzten Jahren als Material für Stempelgehäuse etabliert, wo hingegen immer weniger Holzstempel hergestellt und nachgefragt werden [74], da durch Kunststoff eine einfache und kostengünstige Massenproduktion durchgeführt werden kann.

Generell sind einige bestehende Stempel aus Holz gefertigt. Es handelt sich dabei um einen beliebten Rohstoff und kommt in der Praxis aufgrund seiner hohen Druckfestigkeit häufig zum Einsatz [84]. Allerdings ist Holz sehr witterungsanfällig. So ändert es minimal seine Form bei Temperaturveränderungen oder wenn es in Verbindung mit Wasser tritt [57]. Zudem ist Holz hygroskopisch, weshalb es Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnimmt oder an sie abgibt und damit sein Volumen teilweise deutlich verändert [68]. Im Hinblick auf den Stempel ist der Kontakt von Holz mit einer flüssigen Substanz somit ein ungeeignetes Material für einen Automatikstempel, welches viele Nachteile mit sich bringt.

Kunststoff stellt prinzipiell eine gute Alternative zum Holz dar und behebt die meisten Probleme, welche ein Produkt aus Holz mit sich bringen. Es handelt sich um einen leichten Stoff und ist haltbarer in seiner Lebenserwartung [37]. Auf Basis ihrer Vielfältigkeit, unterschiedlicher Verbindungen der Polymerketten sowie möglicher Verarbeitungsverfahren werden Kunststoffe in drei verschiedene Gruppen unterteilt. Dabei wird zwischen Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren unterschieden [14]. Aufgrund seiner Eigenschaften, vor allem Elastizität und Verformbarkeit, kann Kunststoff auch häufig als Material für Stempel eingesetzt werden [14]. Dennoch wird dieser Stoff ebenfalls nicht in Betracht gezogen, denn es ist wichtig, in welchem Bereich diese später Verwendung finden. Einerseits bestehen Stempel aus Kunststoff, insbesondere Automatikstempel, teilweise bereits aus über einhundert verschiedenen Komponenten [114], was zur Folge haben kann, dass sich schnell ein Teil verklemmt und der Stempel nicht mehr in der Lage ist, das Stempelbild korrekt darzustellen. Auch wenn ein solcher Stempel starken Stößen ausgesetzt wird, kann unter Umständen schnell ein Kunststoffteil brechen und der Stempel wird unbrauchbar. Andererseits sorgen bestimmte Faktoren, insbesondere starke Hitze oder bestimmte Chemikalien, für die Zerstörung der Kettenmoleküle, wodurch dieser an

Elastizität verliert [90]. Im Alltag stellt dies für den gewöhnlichen Gebrauch von Stempeln weniger ein Problem dar, doch da ein Tatort möglicherweise nur einen oder wenige Versuche ermöglicht, um einen künstlichen Fingerabdruck mit Hilfe des Fingerabdruckstempels zu hinterlassen, sollte dieser möglichst exakt und fehlerfrei funktionieren, da sonst die forensische Arbeit nicht gefördert, sondern behindert wird.

Es wird also ein Material benötigt, welches frei von Witterungseinflüssen, Abnutzung und Verformung ist, exakt verarbeitet werden kann, stabil und nicht stoßanfällig ist und keine hohe Reibung aufweist. Um all diese Faktoren zu begünstigen, ist es sinnvoll, verschiedene Metalle in Betracht zu ziehen. Sie bezeichnen chemische Verbindungen und werden den anorganischen Stoffen sowie Nichtkohlenwasserstoffverbindungen zugeordnet [111]. „Der Zusammenhalt in Metallen beruht auf der metallischen Bindung“ [51]. Die gitterartige Struktur (Abbildung 21) bildet sich durch die Bindung der positiv geladenen Atomrümpfe, während die negativ geladenen Elektronen über das ganze Gitter verteilt sind und sich frei bewegen können [51].

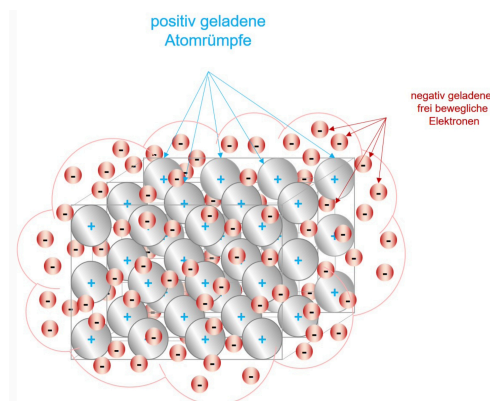


Abbildung 21: gitterartige Struktur eines Metallatoms
[5]

Aus der inneren Struktur des Gitters lassen sich verschiedene Eigenschaften von Metallen ableiten. Eine Besonderheit im Vergleich zu Kunststoffen ist, dass viele der Metalle sehr temperaturbeständig sind, weshalb sie hohe Schmelz- und Siedetemperaturen besitzen. Für den Stempel ist dies von Vorteil, da eine hohe Temperatur keine negativen Auswirkungen auf die Form des Stempels hätte. Weiterhin sind Metalle nach ihrem Gewicht in Leichtmetalle sowie Schwermetalle unterteilbar [79, S. 1]. Dementsprechend dürfte das Stempelgehäuse ausschließlich aus Leichtmetall bestehen, um somit ein flexibles Arbeiten am Tatort sowie ebenso brauchbare Stempelresultate zu gewährleisten, da andererseits das Stempeln durch ein hohes Gewicht erschwert wird.

Um unter allen Metallen ein für das Stempelgehäuse passendes zu finden, müssen allerdings weitere Merkmale beachtet werden. So darf das Metall nicht zu Korrosionen neigen, da sonst ähnlich dem Holzstempel, ein immer gleiches Stempelergbnis nicht gewährleistet wird.

Ein möglicher Rohstoff wäre Aluminium. Aluminium ist ein Leichtmetall und hat daher kein hohes Gewicht. Dies ist sinnvoll, da so das Stempelgehäuse handlich und leicht bedienbar ist. Allerdings ist Aluminium leicht dehnbar und lässt sich ohne großen Druck verformen [69]. Das macht Aluminium anfällig für Verformungen durch Stöße und jede kleinste Verformung des Gehäuses könnte das Stempelbild verfälschen. Dafür ist es sehr stark korrosionsbeständig. Setzt man Aluminium Alkalien unter größerer Hitze aus, so lösen diese die Oxidhaut auf und greifen das Aluminium direkt an. Besonders Natronlaugen greifen Aluminium stark an. Es müsste bei der Arbeit am Tatort, da dieser prinzipiell jeder Ort sein kann, also jederzeit intensiv geprüft werden, welche Chemikalien vorhanden sind und ob darauf geachtet werden müsste, dass diese nicht mit dem Stempelgehäuse in Verbindung gelangen [73].

Eine Alternative zu Aluminium könnte Titan darstellen. Titan ist ein leichtes, festes, dehnbare und korrosionsbeständiges Metall. Es eignet sich besonders für Anwendungen, „bei denen es auf hohe Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit und geringes Gewicht ankommt“ [12], wie es bei dem Stempelgehäuse der Fall wäre. Titan bringt trotz einer relativ geringen Dichte eine hohe Stabilität, wodurch das Gewicht des Gehäuses nicht zu stark erhöht werden würde. Dies erleichtert das Arbeiten mit dem Stempel und gewährleistet zusätzlich noch die Haltbarkeit des Gehäuses. Unter Normalbedingungen ist Titan sehr beständig gegenüber dem Einfluss von Säuren und anderen Chemikalien, da es unter dem Einfluss von Sauerstoff eine beständige oxidische Schutzschicht bildet. Doch trotz der hohen Festigkeit eignet sich Titan sehr gut zum Herstellen von technischen Teilen, da es ab einer Temperatur von 400 Grad Celsius sehr gut schmiedbar ist [12].

Es ist erkennbar, dass jedes Material seine Vor- und Nachteile mit sich bringt. Daher ist es wichtig die einzelnen Materialien gegeneinander aufzuwiegen, um eine aussagekräftige Festlegung auf ein Material begründen zu können. Dafür wurde ein punktueller Vergleich (Tabelle 9) herangezogen, welcher die Materialien Holz, Kunststoff, Aluminium und Titan gegeneinander aufwiegt. Zum besseren Vergleich wurden fünf verschiedene Einflussfaktoren herausgefiltert und auf diese insgesamt 50 Punkte, das entspricht durchschnittlich zehn Punkten pro Faktor, entsprechend ihres Einflusses auf den Stempel selbstständig zugeordnet. So wurden „Witterungsbeständigkeit / Korrosionsbeständigkeit“ sieben Punkte, „Verschleiß“ zwölf Punkte, „Stabilität“ fünfzehn Punkte, „Gewicht“ elf Punkte und den „Kosten“ fünf Punkte zugeordnet, welche dann wieder jeweils nach Wertigkeit auf die einzelnen Materialien verteilt wurden. Die entsprechende Verteilung wurde mit ein bis zwei Stichpunkten begründet.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der einzelnen Materialien

	Holz	Kunststoff	Aluminium	Titan
Witterungsbeständigkeit / Korrosionsbeständigkeit	- leicht anfällig - verformt sich im Kontakt mit Feuchtigkeit	- Kein Einfluss von Feuchtigkeit	- kaum korrosionsanfällig	- faktisch nicht korrosionsanfällig
7	1	2	2	2
Verschleiß	- leicht zerbrechlich - Verformung durch Reibung	- zerbrechlich - Abnutzung durch Reibung	- Wenig Abnutzung durch Reibung	- fast keine Abnutzung
12	1	3	3	5
Stabilität	- schwer brechbar	- leicht biege- und brechbar	- schwer brechbar - Schnell verformbar	- schwer brechbar - schwer verformbar
15	3	1	5	6
Gewicht (Je leichter, desto besser)	- schwer da massiv	- leicht	- leichtes Metall	- leicht durch geringe Dichte
11	1	4	3	3
Kosten	- günstig da großes Angebot und leichte Herstellung	- günstig, da großes Angebot und leichteste Massenproduktion	- kostenintensiver durch komplexere Herstellung	- extrem kostenintensiv durch geringes Angebot
5	2	2	1	0
Insgesamt 50 Punkte	8	12	14	16

Wie man aus der Tabelle entnehmen kann, ist Titan zwar kostenintensiv und komplex in der Herstellung, doch die hohe Stabilität und Beständigkeit, verbunden mit der geringen Dichte und dem damit geringem Gewicht, bietet die beste Grundvoraussetzung für ein solides und gleichermaßen funktionales Gehäuse für einen Fingerabdruckstempel dieser Art und für diese Einsatzbereiche. Zudem sollte an den Außenseiten gummierte Flächen angebracht werden, um abzusichern, dass der Stempel aufgrund des glatten Metalls nicht aus der Hand gleitet.

7.3.2 Materialien des Stempelkissens

Grundlegend bestehen Stempelkissen aus einem schaumstoff- sowie schwammartigen, speicherfähigen Werkstoff (s. Kapitel Aufbau des Stempels Abschnitt grundlegender Aufbau und Funktionsweise eines Automatikstempels). Die zellige Struktur der Schaumstoffe ermöglicht es, dass Flüssigkeiten aufgenommen und beim Stempeln an die Oberfläche wieder abgegeben werden können [66]. Daher stellt Schaumstoff ein ideales Material für Stempelkissen dar.

Bei einem Solikissen (Abbildung 22) handelt es sich um ein schaumstoffartiges Material für die Aufnahme feinstpigmentierter Stempeltinte. Die Besonderheit dieses Kissens liegt „in der Schaumstoffeinlage, deren Oberfläche fast strukturfrei und glatt ist, wodurch keine Fasern mehr am Stempel haften bleiben können“ [34]. Weiterhin besteht die Gefahr des Überfärbens nicht, wodurch beim Stempeln nicht so viel Farbe abgegeben werden kann. Somit kann ein Abdruck feinsten Linien und Schriften gewährleistet werden [34].

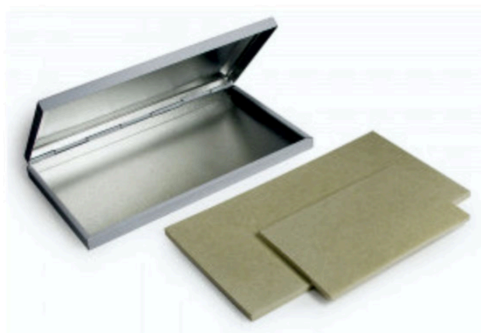


Abbildung 22: Aussehen eines Solikissens
[34]

Ein andere Möglichkeit für die Aufnahmen der Stempelflüssigkeit bezeichnen fingerprint ink pads (Abbildung 23) [15]. Dabei wird zwischen einem Keramikstempelkissen und einem Porelonkissen unterschieden. „Für Fingerabdrücke ist ein Stempelkissen aus dem Schreibwarengeschäft nicht geeignet“ [15], da aufgrund der groben Webart des Materials die feinen Papillarlinien des Fingerabdrucks nicht sichtbar gemacht werden können und die Tinte verschimmt.



Abbildung 23: Aussehen eines fingerprint ink pads
[15]

Bei einem Keramikstempelkissen handelt es sich um ein keramisches Material mit integrierten Mikroporen. Diese sind in der Lage, den Tintenfluss gezielt zu regulieren und verhindern, dass die Fingerabdrücke überfärbt werden, sodass nur beim Eindrücken des Kissens Flüssigkeit durch die Mikroporen freigegeben wird. Der tägliche Gebrauch des Keramikpads führt zu keinen schlechteren Ergebnissen und ermöglicht somit einen dauerhaft brauchbaren Abdruck [93].

Die Porelon-Stempelkissen bestehen aus einem porösem Kunststoff, wobei es mit einer Tintenlösung getränkt ist und die Flüssigkeit nicht wie beim Keramikpads durch Mikroporen freigegeben wird [15]. Ob mit diesem Kissen ein Überfärben des Abdrucks ebenfalls verhindert wird, ist nicht garantiert. Beide fingerprint ink pads werden bereits im kriminalistischen Bereich zur Abnahme von Fingerabdrücken verwendet. Des Weiteren existieren für beide fingerprint ink pads runde sowie rechteckige Stempelkissen. Da für den Stempel eine runde bzw. ovale Form festgelegt wurde (s. Kapitel Aufbau des Stempels Abschnitt technische Voraussetzungen) und der Fingerabdruck prinzipiell eine ovale eher rundliche Form besitzt, ist ein rundliches Stempelkissen in diesem Fall von Vorteil.

Das für den Fingerabdruckstempel geeignetste Stempelkissen ist das Keramikstempelkissen, da es aufgrund der Mikroporen die präziseste Abgabe von Flüssigkeit darbietet. Dadurch wird einem Überfärben und somit einer unbrauchbaren Spur entgegengewirkt. Keramikstempelkissen sind auch derzeit schon im alltäglichen Polizeigebrauch vorhanden, da sie das genaueste und fehlerfreiste Arbeiten gewährleisten.

7.3.3 Materialien der Stempelplatte

Die Stempelplatte ist das entscheidende Teil im Stempel, welches schlussendlich das Bild, in diesem Fall den Fingerabdruck, auf die Oberfläche aufträgt und den Abdruck erzeugt (s. Kapitel Aufbau des Stempels Abschnitt grundlegender Aufbau und Funktionsweise eines Automatikstempels). Für die Stempelplatte gibt es in der Praxis grundsätzlich mehrere Herstellungsmöglichkeiten.

Zum einen kann die Stempelplatte aus natürlichem Kautschuk hergestellt werden. Dabei wird das Stempelmuster über einen Laser in die Stempelplatte gebrannt, indem die nicht stempelnde Fläche entfernt wird. Eine zweite Möglichkeit zur Herstellung solcher Platten bietet die Vulkanisierung, bei welcher unter Einsatz von erhöhtem Druck- und Hitzeeinflüssen die Platte verformt wird [75].

Andererseits werden Stempelplatten aus Polymeren hergestellt. Bei eben diesen wird zur Herstellung das flüssige Polymer an gezielten Stellen erhitzt und ausgehärtet, woraufhin der noch flüssige Rest ausgewaschen werden kann und das fertige Muster auf der Stempelplatte zu erkennen ist [75].

Die dritte Möglichkeit einer starren Stempelplatte, beispielsweise aus Metall [88], besteht auch, doch ist eher unüblich geworden, da diese zusätzlich immer ein extra Öl zur Tinte benötigt wird,

damit die Farbe tief in die Oberfläche eindringt und damit einen dauerhaften und farbintensiven Abdruck gewährleistet [80].

In dem Fall des Fingerabdruckstempels ist es von großer Bedeutung, zu gewährleisten, dass der Stempel ebenfalls auf einer gewölbten Oberfläche nutzbar ist, da so die Funktionalität am realen Tatort besser gewährleistet werden kann. Daher entfällt die Möglichkeit einer festen, starren aus Metall gefertigten Stempelplatte in diesen Fall. Eine flexible aus Kautschuk gefertigte Stempelplatte ist für den vorliegenden Fall am geeignetsten, da dieser die Bedingung erfüllt, sich entgegen einer Polymerplatte dehnen und anpassen zu können sowie durch die Herstellung mit Hilfe eines Lasers exakt die benötigte Form eines Fingerabdruckes darzustellen.

Allerdings bestehen weiterhin verschiedene Möglichkeiten bei der Auswahl des passenden Werkstoffs, denn Kautschuk beschreibt nur einen Sammelbegriff für die wichtigsten Vertreter der Elastomere, welcher ebenfalls eine Untergruppe der Kunststoffe bildet (s. Kapitel materieller Aufbau des Stempels Abschnitt Materialien des Stempelgehäuses). Diese besitzen eine leicht vernetzte Molekülstruktur, weshalb sie elastisch verformbar sind (Abbildung 24) [14, S. 54].

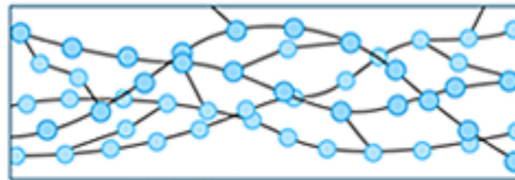


Abbildung 24: leicht vernetzte Molekülstruktur der Elastomere [1]

Weiterhin hat die Erhöhung der Temperatur keinen Einfluss auf die Härtebeständigkeit der Elastomere und sie sind auf Basis ihrer Struktur nicht schmelzbar. „Sie zeigen das typische Gummiverhalten, können sich also bei Zug- und Druckbelastung verformen, finden aber danach wieder in ihre ursprüngliche, unverformte Gestalt zurück“ [14, S. 54].

Silikone, welche den Elastomeren zugeordnet werden [67], sind „gut hitze-, ozon-, alterungsbeständig sowie auch chemikalien-beständig“ [67], weshalb sie eine gute Voraussetzung für den Stempel schaffen. Silikone zeichnen sich ebenfalls durch die Dauerhaftigkeit ihrer Elastizitätseigenschaften aus, welche die Verformbarkeit des Materials garantieren [33, S. 9]. Silikon-Elastomere dienen bereits zur Herstellung künstlicher Fingerabdrücke, um Fingerabdrucksensoren zu täuschen. Das Material ist im Vergleich zu einem menschlichen Finger aufgrund mechanischer und optischer Eigenschaften ähnlich elastisch und weich, „aber auch stabil genug, um den Fingerabdruck in seiner Form zu erhalten“ [49, S. 4].

Daher wurde ein gefälschter Finger aus Silikon und Pigmenten hergestellt (Abbildung 25), wobei eine Form verwendet wurde, um das Modell zu gießen [101].



Abbildung 25: künstlich hergestellter Fingerabdruck aus Silikon [101]

Grundsätzlich wurde Silikon nicht nur im Zusammenhang mit fake fingerprints eingesetzt, sondern kam auch im Bereich von Microcontact printing zum Einsatz. Dabei handelt es sich um eine Technik, bei der man mit einem polydimethylsiloxan-Stempel Substanzen durch mechanischen Kontakt auf eine Oberfläche druckt [109]. Für die Übertragung verschiedener Substrate auf eine Unterlage wird ein Elastomerstempel mit Flachreliefmerkmalen genutzt. Der für das Microcontact -printing-Verfahren verwendete Stempel besteht aus einem Silikon-Elastomer, dem Polydimethylsiloxan, auch als PDMS bekannt [76]. Das Polymer gehört zur Klasse der Silikone und ist in vielen Einsatzbereichen, wie ebenso auch beim Mikrocontact-printing-Verfahren tätig [36]. Weiterhin kann es sich aufgrund seiner sehr hohen Genauigkeit gut an gemusterte Vorlagen anpassen. Dies ist, vor allem im Zusammenhang mit dem zu modellierenden Fingerabdruckstempel, von großer Bedeutung, da der Fingerabdruck als Stempelmotiv ein sehr genaues und akkurates Musters aufweisen muss. Hierbei wurde für das Polymer mit einem Härter sowie mit einem Template vermischt, um eine Vernetzung des PDMS zu gewährleisten [76]. Aufgrund dessen, dass es sich bei dem Material um ein Elastomer handelt, „verformt sich der Stempel makroskopisch, damit sich die erhabenen Merkmale über große Bereiche an das Substrat anpassen können“ [76]. Zudem wird durch einen elastisch verformbaren Stempel das Abheben des Stempels vom Substrat ermöglicht, ohne dabei den Abdruck zu verschmieren. Außerdem bietet PDMS den Vorteil, dass es nicht mit vielen Chemikalien reagiert.

Das für den Fingerabdruckstempel geeignetste Material für die Stempelplatte als auch für das Motiv stellt demzufolge Silikon in Form von Polydimethylsiloxan dar, da es alle nötigen Eigenschaften eines Fingerabdruckes übernimmt, diesen detailliert wiedergibt und das ohne dabei Gefahr zu laufen von Bakterien, oder ähnlichem angegriffen oder beschädigt zu werden.

7.4 Realisierung eines konstanten Stempelergebnisses

Das folgenden Kapitel beschreibt verschiedene Einflussfaktoren, welche das Stempelergebnis negativ beeinflussen können. Weiterhin wird eine Versuchsreihe sowie ein vorüberlegter Lösungsansatz eines konstanten Stempelergebnisses näher beschrieben.

7.4.1 Einfluss auf das Stempelergebnis

Ein sauberes und hochwertiges Stempelbild stellt eine wichtige Grundvoraussetzung für den Fingerabdruckstempel dar (s. Kapitel Aufbau des Stempels Abschnitt technische Voraussetzungen), denn dieser muss in der Lage sein, am Tatort möglichst präzise, detailreiche und aussagekräftige Ergebnisse zu liefern.

Um dies zu gewährleisten, spielen allerdings viele Faktoren eine Rolle. Das aus dem Stempel bestehende Material kann das Stempelergebnis beeinflussen. Dementsprechend muss der Fingerabdruckstempel aus robustem Material (s. Kapitel Aufbau des Stempels Abschnitt materieller Aufbau des Stempels) [56] gefertigt sein, sodass sich ausschließlich die Stempelplatte verformt und das Stempelgehäuse seine ursprüngliche Form beibehält. Andererseits wäre er bei Verwendung auf bestimmten Flächen unhandlich, sobald der Fingerabdruck beispielsweise an einer Wand aufgedruckt wird.

Weiterhin ist die Qualität des Stempelergebnisses von der Substanzverteilung im Stempelkissen abhängig. Dabei kann eine zu hohe bzw. eine zu geringe Menge an Stempelflüssigkeit negative Endresultate erzielen. Zu viel aufgenommene Substanz ist abhängig von der Spannung des Kissens, denn wenn sich dieses zu weit eindrücken lässt, wird mehr Flüssigkeit an die Stempelplatte freigegeben, als benötigt wird, wodurch beim Stempeln der Abdruck beginnt zu verschmieren und das Bild an Aussagekraft verliert [56]. Bei einer zu geringen Menge an Stempeltinte wird zu wenig Substanz durch die Stempelplatte an die Oberfläche abgegeben, weshalb ein lückenhaftes Stempelbild aufgedruckt wird [56]. Im Hinblick auf den Fingerabdruckstempel ist ein solch lückenloser Abdruck für den weiteren Gebrauch ebenfalls ungeeignet.

Ein weiterhin wichtiger Faktor bestimmt der ausgeübte Druck beim Herunterdrücken des oberen Stempelgehäuses (s. Kapitel Aufbau eines Stempels Abschnitt grundlegender Aufbau und Funktionsweise eines Automatikstempels). Grundsätzlich kann bei einem gleichmäßigen Druck ein optimales Ergebnis erbracht werden, ein zu hoher oder geringer Druck dagegen führt zu minderwertigen Resultaten. Zu viel Druck auf die Oberfläche erzielt ebenfalls ein verschmierten Stempelabdruck, da dabei die Stempelplatte zu stark auf die Unterlage aufgedrückt wird, wodurch feinste Details verloren gehen. Wird zu wenig Druck ausgeübt, entsteht ein verblasstes sowie lückenloses Stempelbild, weil nur bestimmte Bereiche der Stempelplatte beim Stempeln

hinterlassen werden [56]. Für den zu modellierenden Fingerabdruckstempel stellt es ebenfalls ein Problem dar, da er für weitere Zwecke und Untersuchungen keinen Nutzen tragen wird.

Daher ist es von großer Bedeutung, zu hinterfragen, inwieweit und mit welchen Mitteln diese Hindernisse beim Stempeln verhindert werden können, um ein hochwertiges Stempelbild zu erreichen.

7.4.2 Versuchsreihe

Das Ziel ist es, für den Fingerabdruckstempel ein immer gleichbleibendes Stempelergbnis zu erhalten. Dafür ist es wichtig, eine konstante Kraft beim Herunterdrücken des Stempelgehäuses zu erreichen.

Um zumindest eine Eingrenzung zu finden, welche Kraft aufzubringen wäre, um sich einem optimalem Stempelergbnis anzunähern, wurde eine Versuchsreihe mit einem klassischem Automatikstempel durchgeführt. Dabei wurde der Druck beim Aufbringen eines Fingerabdrucks sowie der Stempeldruck mit einer Waage in Kilogramm gemessen und danach mit dem Faktor $9,81\text{N/kg}$ [43] in Newton zur Darstellung der wirkenden Kraft umgerechnet. Weiterhin wurden beide Versuche zur Sicherstellung der Ergebnisse mehrmals durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Resultate annähernd miteinander übereinstimmten.

Zuerst wurde ermittelt, wie viel Kraft mindestens auf eine Oberfläche aufgebracht werden muss, um ein klar sichtbaren Fingerabdruck auf einer Glasplatte zu hinterlassen. Daher wurde ein Fingerabdruck auf der Glasplatte auf einer Waage hinterlassen und das dabei wirkende Gewicht ermittelt. Zudem wurde der dabei hinterlassene Fingerabdruck visuell betrachtet und mit einer Lichtquelle überprüft, ob dieser auch zu erkennen war. Der Wert betrug 100g . Um die aufgebrachte Kraft zu erhalten, muss anfangs das Gewicht in kg umgerechnet und anschließend mit der Fallbeschleunigung $9,81\text{N/kg}$ multipliziert werden. Es wurde ermittelt, dass mindestens eine Kraft von ca. $0,981\text{ N}$ wirken sollte, damit der Fingerabdruck deutlich auf der Glasplatte sichtbar wird. Die Versuchsreihe konnte nur auf einer Glasplatte durchgeführt werden, da es mit den gegebenen Mitteln nicht möglich war, die Druckkraft zum Erzeugen von latenten Fingerabdrücken auf anderen Oberflächen zu ermitteln, da diese dann erst durch verschiedene Verfahren sichtbar gemacht werden müssten. Schlussfolgernd kann man festhalten, dass der zu modellierende Fingerabdruckstempel demzufolge mindestens mit einer Kraft von $0,981\text{ Newton}$ stempeln sollte. Dies ist zu realisieren, indem das Stempelgehäuse so exakt konstruiert und produziert wird, dass es nicht möglich ist, den Stempel weiter heraus zu drücken und er somit auch nicht mehr Kraft aufwenden kann.

Der nächste Schritt der Versuchsreihe betrachtete den Stempeldruck an sich. Dafür wurde ein klassischer Automatikstempel genutzt, um zu ermitteln, welche Kraft auf die Oberfläche wirken muss, um die Stempelplatte auf die Oberfläche zu drücken. Dafür wurde wieder eine Waage verwendet, auf welche diesmal der Stempel gedrückt wurde. Der Wert betrug zwischen $5\text{-}7\text{kg}$. Dieses Ergebnis wurde erneut in die wirkende Kraft umgerechnet, wobei ermittelt wurde, dass ca. $49,05\text{ Newton}$ bis $68,67\text{ Newton}$ auf die Oberfläche wirken, um ein vollständig sichtbares Bild

wiederzugeben. Diese Kraftereinwirkung ist zwar noch verhältnismäßig gering und würde zum Beispiel eine gewöhnlichen Glasplatte, welche in der Regel in eine Druckfestigkeit von 700 – 900 N/mm² hat, nicht gefährden [77], doch bei dünneren und filigraneren Gegenständen, wie zum Beispiel eine Vase oder einem Glas, könnte eine solche Kraft ernsthaften Schaden anrichten und im schlimmsten Fall die vorhandenen Fingerabdrücke vollständig vernichten.

7.4.3 Lösungsansatz für die entstandene Problematik

Grundsätzlich besteht die Problematik darin, dass die Kraft, welche während des Stempelvorgangs mit Stempel über das Stempelgehäuse auf die Oberfläche gebracht wird, möglicherweise zu hoch für das Objekt sein könnte, auf welche der Stempel aufgetragen wird.

Um das Problem zu lösen, könnte, ähnlich wie bei gewöhnlichen Stempeln, die Stempelplatte mithilfe einer Feststellfunktion [114] so arretiert werden, dass ein Stempelvorgang möglich wird. Das Ganze geschieht, ohne gegen die Feder im Inneren entgegenwirken zu müssen. Aufgrund dessen drückt das Obergehäuse nicht auf die Oberfläche, was mögliche Schäden verhindert. Allerdings besteht damit die Gefahr, dass man verrutscht, zu stark oder zu schwach aufdrückt und somit die Chance eines fehlerhaften Fingerabdrucks steigt.

Eine mögliche Lösung, um dies zu verhindern, könnte der Einsatz eines Servomotors bieten. Ein Servomotor ist ein von einem externen Servoregler angesteuerter Motor, welcher durch eben diesen genauestens programmiert werden kann [11]. So kann ein Servomotor ein vorgegebenes Drehmoment, Start und End Position sowie Geschwindigkeit exakt regeln und dynamisch an alle erforderlichen Bewegungen anpassen [11]. Durch die freie Programmierbarkeit wäre es also möglich den Drückvorgang beim Stempeln eines Automatikstempels vollständig zu automatisieren und so die Oberfläche, auf welcher der Stempel aufsitzt, zu entlasten, da so nur die Kraft auf die Oberfläche wirkt, welche zum hinterlassen eines Abdruckes nötig ist. Der Servomotor müsste sich in diesem Fall zusammen mit seinem entsprechenden Servoregler mit im Gehäuse des Stempels befinden und würde mithilfe verschiedener Zahnräder, beziehungsweise Zahnstangen die Stempelplatte innerhalb des Stempelgehäuses erst mit der vom Automatikstempel bekannten Technik um 180 Grad drehen [114] und während dessen hin zur Oberfläche drücken. Dieser elektrische Stempelvorgang könnte durch einen entsprechenden Schalter am oberen Ende des Stempelgehäuses aktiviert werden. Doch durch die technischen Teile, würde auch wieder das Gewicht des Stempels steigen. Es sollte demzufolge die Technik mit dem richtigem Material für das Stempelgehäuse kombiniert werden, um so alle Vorteile des Servomotors zu nutzen, ohne den Stempel für die Arbeit am Tatort aufgrund eines zu großen Gewichtsanstieges unbrauchbar zu machen.

8. Zusammensetzung der Stempelflüssigkeit

Das folgende Kapitel stellt die stoffliche Zusammensetzung der flüssigen Substanz als Grundlage für den Stempel dar. Dabei werden alle notwendigen Chemikalien sowie die Herstellung und Lagerung der Flüssigkeit betrachtet.

8.1 chemische Bestandteile

Der Fingerabdruckstempel dient dem Zweck, einen realen Fingerabdruck zu repräsentieren. Dabei ist es die Aufgabe des Stempels, ähnlich einem Finger, einen Abdruck auf einer bestimmten Oberfläche zu hinterlassen. Somit ist die allgemeine chemische Zusammensetzung einer Fingerspur sehr entscheidend, denn latente Fingerabdrücke setzen sich aus Verteilungen exogener sowie endogener Bestandteile zusammen (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt stoffliche Zusammensetzung) [52], welche oft als ein wichtiges Beweisstück am Tatort hinterlassen wird.

Sobald ein Finger eine Oberfläche berührt, „breitet sich ein auf dem Finger vorhandener Flüssigkeitsfilm aus“, wobei demzufolge immer eine kleinste Menge an Spurengrundsubstanz von durchschnittlich 5µg bis 10µg (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt Übertragung des Fingerabdrucks) abgegeben wird [81, S. 2, übersetzt durch Autorin].

Der abgesonderte Hydrolipidfilm aus Schweiß und Talg soll die Grundlage der Stempelflüssigkeit in Form einer künstlich hergestellten Fingerabdrucksubstanz für den Fingerabdruckstempel bilden. Mit diesem sollte es dann möglich sein, künstliche Fingerabdrücke auf verschiedenen Oberflächen aufzudrucken. Die vom Stempel abgegebene Menge sollte dabei dem durchschnittlichen Volumen bei Absonderung eines Fingerabdrucks entsprechen.

Um die dafür benötigte Stempelflüssigkeit herzustellen, ist es wichtig zu wissen, welche chemischen Bestandteile grundsätzlich in einem Fingerabdruck enthalten sind und gebraucht werden (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt stoffliche Zusammensetzung).

Eine bereits bestehende Arbeit beschäftigte sich mit der Entwicklung eines chemisch relevanten Materials für künstliche Fingerabdrücke [82]. Das Ziel der Arbeit war es „ein einziges Fingerabdruckmaterial zu schaffen, [welches] die Hauptbestandteile von sowohl ekkrinen als auch Talgdrüsensekreten enthält“ [82, übersetzt durch Autorin]. Dabei wurde eine Lösung aus künstlichen Ekkrin- und Talgkomponenten hergestellt, welche das chemische Profil eines latenten Fingerabdrucks nachahmen sollte. Dabei fokussierte sich die Entwicklung dieses Materials auf die Chemikalien, „die in Fingerabdrücken in [bestimmten] Konzentrationen vorhanden sind, [welche] durch eine Reihe unterschiedlicher Analysetechniken nachgewiesen werden [konnten]“. [82, übersetzt durch Autorin] Mittels umfangreicher Literaturrecherchen und Analysen der chemischen

Zusammensetzung von Fingerabdrücken wurde eine Liste der vorhandenen sowie leicht nachweisbaren Bestandteile von Fingerabdrücken als Grundlage für das künstlich hergestellte Spurenmaterial erstellt [82, S. 4]

Ein Vergleich des künstlichen Materials mit realen Fingerabdrücken aus der Arbeit ergab, dass die Fingerabdruckablagerungen zwar nicht als identisch bezeichnet wurden, aber untereinander weitestgehend miteinander übereinstimmten [82, S. 14].

Für die Herstellung der künstlichen Fingerabdrucksubstanz wird eine Schweiß- und Talglösung benötigt, da der klassische Fingerabdruck ebenfalls aus diesen beiden grundlegenden Bestandteilen besteht (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt stoffliche Zusammensetzung).

Die Schweißlösung setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen (Tabelle 10), welche zusammen in 990ml entionisiertem Wasser gelöst werden [82, S. 4]. Entionisiertes Wasser bezeichnet dabei spezielles Wasser, welches keine Salze und Ionen enthält, aber nicht mit destilliertem Wasser gleichzusetzen. Bei diesem werden neben den Salzen und Ionen auch alle organischen Bestandteile sowie ungeladene Partikel entfernt [61].

Tabelle 10: chemische Materialien des Schweißes
[Sisco, E.]

	Chemikalien	Menge in mg
Anorganische Salze	Kaliumchlorid	1.400
	Natriumchlorid	1.300
	Natriumbicarbonat	250
	Ammoniumhydroxid	175
	Magnesiumchlorid	40
Aminosäuren	Serin	275
	Glycin	135
	Ornithin	110
	Alanin	80
	Asparaginsäure	40
	Threonin	40
	Histidin	40
	Valin	30
	Leucin	30
	Andere Komponenten	Milchsäure
Harnstoff		500
Brenztraubensäure		20
Essigsäure		5

	Chemikalien	Menge in mg
	Hexansäure	5

Anschließend wird die chemische Lösung für 15 Minuten beschallt, um eine vollständige Durchmischung zu gewährleisten. Um den annähernden pH-Wert des Hydrolipidfilms eines Fingerabdrucks von 5,5 zu erhalten, welche auf dem des vorhandenen Schweißes basiert, [39], wird der Lösung zudem 5 M Natriumhydroxid sowie 12 M Salzsäure hinzugegeben und für weitere 15 Minuten beschallt [82, S. 5].

Die Herstellung des Talggemischs basiert auf verschiedenen Chemikalien (Tabelle 11), welche ebenfalls für 15 Minuten beschallt werden, sodass eine vollständige Durchmischung der einzelnen Komponenten gewährleistet werden kann [82, S. 5].

Tabelle 11: chemische Materialien des Talgs
[82]

	Chemikalien	Menge in mg
Freie Fettsäuren	Hexansäure	50
	Heptansäure	50
	Octansäure	50
	Nonansäure	50
	Dodecansäure	50
	Tridecansäure	50
	Myristinsäure	50
	Pentadecansäure	50
	Palmitinsäure	55
	Stearinsäure	55
	Arachinsäure	50
	Linolsäure	55
	Ölsäure	55
Triglyceride	Triolein	275
	Tricaprylin	20
	Tricaprin	20
	Trilaurin	20
	Trimyristin	20
	Tripalmitin	20
Andere Komponenten	Squalen	120
	Cholesterin	30

	Chemikalien	Menge in mg
	Cholesterin n-Decanoat (Cholesterinester)	40
	Cetylpalmitat	155

Schlussendlich werden beide Lösungen noch vermischt, um das Endprodukt des künstlichen hergestellten Fingerabdruckmaterials zu erhalten. Dabei wurde ein Emulgator hinzugezogen, welcher dafür sorgte, dass sich die Schweiß- und Talglösung miteinander vermengen und nicht gegenseitig abstoßen. Bei dem Emulgator handelt es sich um einen Steareth-20, welcher auch in Kosmetika und Handcremes zu finden ist. Dieser wurde explizit gewählt, da es ein exogenes Material ist, welches in echten Fingerabdruckablagerungen nachgewiesen wurde [82, S. 6]

Die hierbei erfolgreiche Umsetzung in der Herstellung und Anwendung der künstlichen Fingerabdrucksubstanz bildet eine gute Grundvoraussetzung im Hinblick auf die Stempelflüssigkeit des zu modellierenden Stempels.

8.2 Lagerung der Stempelflüssigkeit

Bei der für den Fingerabdruckstempel benötigten Flüssigkeit handelt es sich um ein künstlich hergestelltes Gemisch aus Talg und Schweiß, welches aus verschiedenen chemischen Bestandteilen besteht. Im Hinblick auf die Praxis ist es deshalb wichtig, die Substanz ordnungsgemäß und sicher zu aufzubewahren, sodass diese nicht unbrauchbar und für weitere Versuche erfolgreich genutzt werden kann.

Da es sich bei dem hergestellten Fingerabdruckmaterial um verschiedene Chemikalien handelt, darf die Flüssigkeit nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt werden, denn chemische Stoffe sind sehr temperaturempfindlich. Dabei besteht das Risiko, dass es unter den Substanzen in der Flüssigkeit zu chemischen Reaktionen kommen kann, wodurch diese miteinander reagieren und daraufhin neue Stoffe entstehen, weshalb die Flüssigkeit für weitere Zwecke ungeeignet ist. Die RGT-Regel der Chemie besagt, dass mit der Erhöhung der Temperatur chemische Reaktionen schneller ablaufen können [10]. Um dieses Problem zu umgehen, ist es erforderlich, die chemische Stempelflüssigkeit an einem dunklen Ort, z.B. einem Laborschrank, aufzubewahren. Weiterhin sollte diese trocken gelagert werden und damit den Kontakt anderer Chemikalien vermeiden, um auch in diesem Fall eine ungeplante Reaktion der chemischen Substanzen zu verhindern [53].

Für eine ordnungsgemäße Lagerung der Flüssigkeit ist es unerlässlich, die Lagerungsbedingungen der einzelnen Substanzgruppen des Gemischs zu kennen (Tabelle 12), sodass Fehler durch falsche Aufbewahrung umgangen werden. Dabei leitet sich diese aus der Lagerempfehlung der einzelnen Bestandteile ab (s. Kapitel Anlagen).

Den dabei ermittelten Lagerungsbedingungen der einzelnen chemischen Bestandteile ist zu entnehmen, dass der größte Teil aller Substanzen direktes Sonnenlicht meiden sollten sowie an

einem trockenen Ort gelagert werden (s. Kapitel Anlagen). Währenddessen werden die meisten Chemikalien bei einer Zimmertemperatur zwischen 15°C-25°C gelagert (Tabelle 12).

Anhand der dargelegten Bedingungen zur Aufbewahrung der künstlichen Fingerabdrucksubstanz (Tabelle 12) ist es angemessen, diese im Hinblick auf die Praxis trocken bei Raumtemperatur zu lagern und nicht direktem Licht auszusetzen. Sobald die Substanz für eine längere Zeit nicht in Benutzung ist, wäre es empfehlenswert, die Flüssigkeit kühl in einem Kühlschrank aufzubewahren.

Eine Möglichkeit zur Aufbewahrung der Stempelflüssigkeit könnten kleine Behälter in Form von Glasampullen bieten, welche ebenfalls im pharmazeutischen Bereich Verwendung finden. Sie sind aufgrund ihrer chemischen Resistenz von Vorteil, da damit ein stabiler pH-Wert für die künstliche Fingerabdrucksubstanz gewährleistet werden kann [70]. Weiterhin ist im Hinblick auf den Fingerabdruckstempel immer eine geringe Menge an Flüssigkeit nötig, sodass eine Verteilung der Substanz auf mehrere Ampullen als sinnvoller erscheint.

9. Prototyp eines validierten Fingerabdrucks

Das folgenden Kapitel beschreibt die Grundlage des standardisierten Fingerabdrucks. Dabei wird der morphologische Aufbau des Prototypen sowie deren festgelegte Qualitätsmerkmale näher betrachtet und diskutiert.

9.1 bildliche Veranschaulichung

Die Grundlage des Prototypen bildet ein klassischer Fingerabdruck. Dafür werden für die Erstellung bestimmte Klassifizierungsmerkmale des Fingerabdrucks genutzt (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt Klassifizierungsmerkmale eines Fingerabdrucks), jedoch werden bestimmte Standards festgelegt, sodass das Endresultat einen normalisierten Prototypen für eine einheitliche daktyloskopische Spur bildet.

Eine Veranschaulichung zeigt dabei die dazugehörigen Qualitätsmerkmale des standardisierten Fingerabdrucks (Abbildung 26).

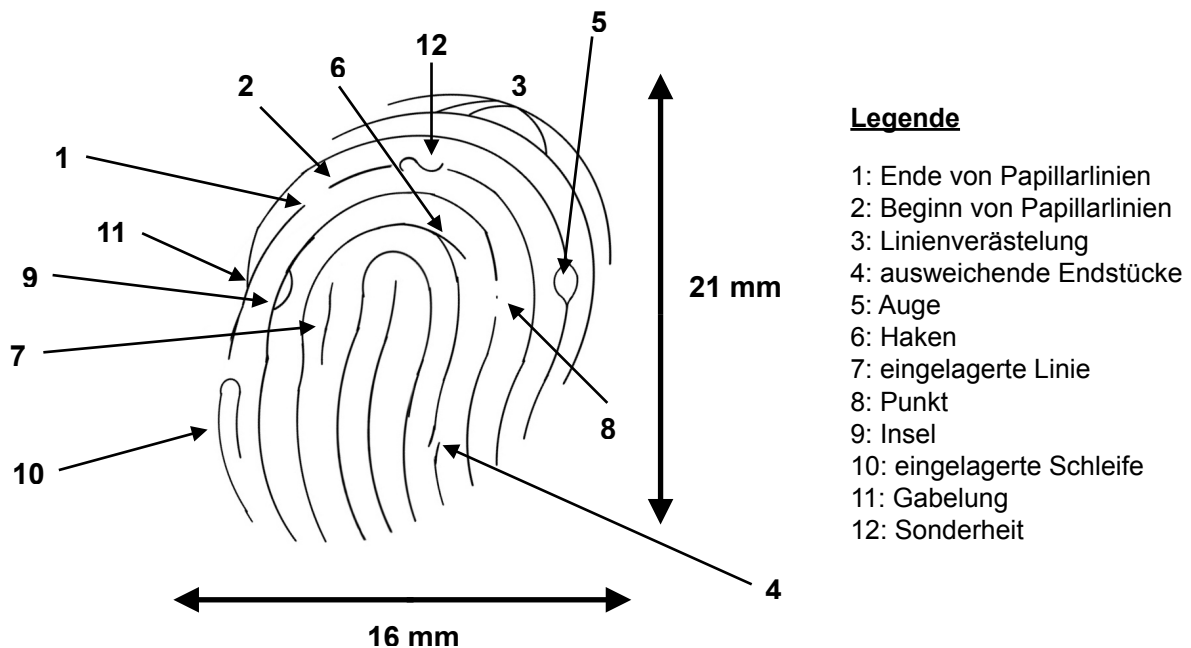


Abbildung 26: Qualitätsmerkmale des standardisierten Fingerabdrucks

9.2 Qualitätsmerkmale des Prototypen

„Für die kriminalistische Beweisführung von Personen werden [...] die Fingerbeeren ausgewählt“ [111, S. 71], an denen die Papillarleisten besonders deutlich ausgeprägt sind [111, S. 72]. Demnach stellt eine Fingerbeere die Grundbasis für den Prototypen dar. Dabei beschränkt sich die Auswahl auf den Daumen sowie den Zeigefinger, da die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass bestimmte Gegenstände mit einer der beiden Finger berührt werden. Im Fall des zu modellierenden Stempels wird ein Zeigefinger in Betracht gezogen, da aufgrund seiner geringeren Größe die Anwendbarkeit auf kleinen Oberflächen steigt.

Des Weiteren müssen bestimmte Größenmerkmale für den Prototypen festgelegt werden. Dabei wird sich an denen eines tatsächlichen Fingerabdrucks orientiert. Die tatsächliche Form eines künstlichen Fingerabdrucks besitzt eine Länge von 21 mm sowie eine Breite von 16 mm, welche mit der Größe eines durchschnittlichen Fingerabdrucks vergleichbar ist [42, S. 3]. Zudem konnte anhand einer Fingerspur eine durchschnittliche Dicke von 0,1µm ermittelt werden [113, S. 9]. Diese Größenmerkmale, welche im Durchschnitt einem tatsächlichen Fingerabdruck entsprechen, bilden die Maße für den zu modellierenden Prototypen.

Weiterhin werden bestimmte Klassifizierungsmerkmale hingezogen, welche einen Fingerabdruck charakterisieren. Dabei werden für dessen Identifizierung drei verschiedene Informationsebenen verwendet: das Grundmuster, die anatomischen Merkmale sowie daktyloskopisch relevante Erscheinungen. Allerdings beschränkt sich der Prototyp des Stempels auf ein Grundmuster sowie die anatomischen Merkmale. Daktyloskopische Erscheinungsformen werden daher nicht in Betracht gezogen, weil diese für eine gerichtliche Verwertbarkeit nicht von Bedeutung sind. Einerseits basiert der standardisierte Fingerabdruck auf einer Schleife, da es sich bei dieser mit 60 bis 65% um das häufigste aller Grundmuster handelt (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt Klassifizierungsmerkmale eines Fingerabdrucks). Bei der Schleife wird nochmals zwischen einer Ulnarschleife sowie einer Radialschleife unterschieden [9]. Die Ulnarschleife, welches das häufigste spezielle Schleifenmuster bildet, dreht sich in Richtung des kleinen Fingers, während die Radialschleife in Richtung Daumenseite fließt [9]. Bezogen auf den Prototypen stellt die Ulnarschleife das Grundmuster für den Fingerabdruckstempel dar, da dieses Muster am häufigsten vorkommt.

Andererseits bilden die anatomischen Merkmale, auch als Minuzien bezeichnet, ein weiteres Qualitätsmerkmal für den Fingerabdruck. Sie spielen aufgrund ihres hohen Informationsgehaltes ebenfalls bei der Identifizierung der Fingerspur eine wichtige Rolle. Dabei gilt der Identitätsnachweis als erfolgreich, sobald das Grundmuster sowie acht Minuzien miteinander übereinstimmen. Bei nicht Erkennbarkeit des Grundmusters sind 12 übereinstimmende anatomische Merkmale notwendig (s. Kapitel Theoretische Grundlagen Abschnitt Klassifizierungsmerkmale eines Fingerabdrucks). Im Hinblick auf den Prototypen werden deshalb 12 Minuzien genutzt, da mehr für eine gerichtliche Verwertbarkeit nicht benötigt werden und das Gericht eine Gesamtanzahl von maximal 12 Minuzien vorsieht.

Ein letztes wichtiges Qualitätsmerkmal im Hinblick auf den Fingerabdruckstempel stellt die Papillarleistendichte dar. Während diese bei den menschlichen Fingerabdrücken immer eine unterschiedliche Größe aufweist, ist es hierbei wichtig, dass der Prototyp einen einheitlichen Abstand zwischen den Papillarleisten schafft. Die Grundlage dafür bildet eine vorhergehende Bachelorarbeit von Vincent Vogel über die „Geschlechtsbestimmung auf Grundlage von daktyloskopischen Spuren“ [107]. Dabei führte er eine Versuchsreihe durch, indem das Geschlecht anhand der Papillarleistendichte der Fingerabdrücke bestimmt wurde. Die Ermittlung der Papillarleistendichte wurde auf eine Fläche von 25mm^2 auf der Fingerbeere eingegrenzt, da zur Klassifizierung nur ein Teil des Gesamtabdrucks verwendet wird [107]. Dabei handelt es sich um den inneren Bereich, welcher auch als Musterbereich bezeichnet wird [86]. Der dafür durchgeführte Versuch stellte bei Frauen und Männer unterschiedliche Werte fest. Bei den Frauen lag die durchschnittliche Papillarleistendichte bei $12,4$ Rillen/ 25mm^2 , während die Männer einen Durchschnittswert von $10,35$ Rillen/ 25mm^2 aufwiesen [107]. Allerdings ist für den zu modellierenden Fingerabdruck eine einheitliche Papillarleistendichte notwendig. Deshalb wird ein Schwellwert aus beiden Durchschnittswerten gebildet und man erhält eine durchschnittliche Papillarleistendichte von $11,375$ Rillen/ 25mm^2 [107]. Der dafür ermittelte Wert bildet eine konstante Papillarleistendichte für den Prototypen.

Der standardisierte Fingerabdruck mit allen nun dargelegten Qualitätsmerkmalen schafft eine einheitliche Grundlage für einen konstanten Stempelabdruck.

10. Zusammenfassung und Ausblick

10.1 Zusammenfassung

Grundsätzlich stellt das erhoffte Resultat das Endprodukt anhand eines validierten Fingerabdruckstempels dar. Die Aufbauform dafür bildet ein klassischer Automatikstempel. Die Besonderheit des Stempels soll dabei auf der gleichen Mengenabgabe der Stempelflüssigkeit basieren.

Weiterhin ist der Fingerabdruckstempel durch bestimmte technische Grundvoraussetzungen charakterisiert. Um das Aussehen eines echten Fingerabdrucks nachzuahmen, wird dieser mit einer ovalen Abdruckform konstruiert sowie bei Nichtnutzung des Stempels eine Verschlusskappe verwendet.

Grundlegend setzt sich der Stempel aus verschiedenen Materialien zusammen. Zu beachten war, dass es sich um ein leichtes Material handelt, sodass dies im forensischen Alltag kein Hindernis darstellt. Das rundliche Stempelgehäuse besteht aus Titan, welches für eine leichte, stabile und handliche Form sorgt. Das Material des Stempelkissens bildet eine Keramikplatte mit integrierten Mikroporen. Dieses befindet sich mit der offenen Seite nach unten im Stempelgehäuse und wird vor der daran gedrückten Stempelplatte vor Austrocknung geschützt. Die Stempelplatte mit einer flachen Oberfläche besteht selbst aus Polydimethylsiloxan, einem Silikonelastomer, in welches der Prototyp in Form eines standardisierten Fingerabdrucks eingraviert ist. Die Stempelflüssigkeit bildet die Grundlage für die Spurengrundsubstanz einer klassischen Fingerspur, weshalb diese mit einem künstlichen Schweiß-Talg-Gemisch hergestellt wird.

Des Weiteren ist im ovalen Gehäuse des Stempels ein kompakter Servomotor mit einem entsprechenden Servoregler verbaut. Dieser wird über einen Knopf, welcher sich auf dem Stempelgehäuse befindet, angesteuert. Dieser soll dafür sorgen, dass das Stempelmotiv mit einer immer gleichbleibenden Kraft von 0,981 N auf die Oberfläche aufgebracht wird. Ein dabei gleichbleibendes Stempelergebnis sollte damit gewährleistet sein.

Das für den Stempel festgelegte Motiv basiert auf einem Prototypen eines standardisierten Fingerabdrucks mit bestimmten Qualitätsmerkmalen, sodass ein immer identischer Fingerabdruck hinterlassen wird. Die Grundlage für den Fingerabdruck bildet, aufgrund des häufigen Vorkommens, das Grundmuster einer Ulnarschleife. Weiterhin setzt sich dieser basierend auf der gerichtlichen Verwertbarkeit aus 12 Minuzien zusammen. Die dabei ermittelte Papillarleistendichte aus einer vorhergehenden Bachelorarbeit von 11,375 Rillen/25mm² bildet das letzte betrachtete Qualitätsmerkmal, weshalb ein immer gleicher Abstand unter den Papillarlinien gewährleistet wird.

Basierend auf den Grundvoraussetzungen sowie seinem materiellen Aufbau dient er dem Zweck, im forensischen Alltag im Bereich der Tatortarbeit eingesetzt zu werden.

10.2 Ausblick

Auch in weiterer Zukunft wird der Fingerabdruck ein wertvolles Mittel zur Identifizierung von Tatverdächtigen darstellen. Das hierbei erreichte Resultat stellt eine Grundlage für die Modellierung eines Fingerabdruckstempels dar. Allerdings zeigt die Thematik weiterhin Forschungsbedarf und Potenzial.

Grundsätzlich ist es wichtig, einige im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Resultate für die festgelegten Größenangaben des Fingerabdrucks nochmals auf Richtigkeit zu überprüfen, um die Größe eines echten Fingerabdrucks nicht zu verfälschen.

Eine weiterer Betrachtungspunkt bildet die kleine Versuchsreihe, in welchem die Problematik des konstanten Stempelergebnisses dargelegt wurde. Da die Oberflächenbeschaffenheit bzw. Materialzusammensetzung des Spurenträgers eine wichtige Rolle bei der Erkennbarkeit einer Fingerspur spielt (s. Kapitel Ergebnisse und Diskussion Abschnitt Diskussion), ist es notwendig, die Versuchsreihe nochmals mit anderen Materialien durchzuführen. Dabei sollte hinterfragt werden, ob mit einer anderen Oberfläche womöglich eine höhere oder geringere Kraft aufgebracht werden muss. Damit kann die Grundlage für eine weitere Versuchsreihen geschaffen werden.

Ebenso offene Fragen existieren im Bezug auf die konstante Mengenabgabe an Flüssigkeit durch den Stempel. Einerseits ist es hierbei ebenso wichtig, die festgelegte durchschnittliche Größe von $5\mu\text{g}$ bis $10\mu\text{g}$, welche ein Fingerabdruck absondert, mit weiteren wissenschaftlichen Quellen zu belegen oder anhand einer praktischen Versuchsreihe zu ermitteln. Andererseits muss geprüft werden, wie viel Volumen ein Stempelkissen mit einer Keramikoberfläche maximal aufnehmen kann. Weiterhin muss geprüft werden, ob Keramikstempelkissen mit integrierten Mikroporen in der Lage sind, eine solch geringe Menge überhaupt abzugeben.

Die vorliegende Arbeit bietet für nachfolgende Versuchszwecke eine Grundlage, um die Spurensicherung bei der Tatortarbeit zu unterstützen. Schlussendlich sollte insgesamt aufgeklärt werden, ob dieser Fingerabdruckstempel für das Hinterlassen latenter Fingerabdrücke gut geeignet ist, sodass diese mit verschiedenen Spurensicherungsverfahren sichtbar gemacht werden können.

11. Fazit

Mit der vorliegenden Bachelorarbeit konnte der Fingerabdruck als einzigartiges biometrisches Merkmal und dessen Bedeutung für die Tatortarbeit näher beleuchtet werden. Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass die in der Arbeit etablierten Versuche sowie neue Entwicklungen in der Daktyloskopie durchaus Potenzial haben in Zukunft in den Laboren der Polizei sowie an Tatorten eingesetzt zu werden.

Anhand des durchgeführten Verfahrens der Kaltbedampfung konnte festgestellt werden, dass das Hinterlassen latenter Fingerabdrücke keinen gleichbleibenden Prozess darstellt. Trotz seiner hohen Beweiskraft unterliegt er Entstehungsbedingungen, auf die der Mensch selbst keinen Einfluss hat und damit die Spurenanalyse am Tatort erschwert. Die verschieden ausfallenden Resultate der Fingerspuren, welche sich durch die Kaltbedampfung in einer Vakuumkammer aufgrund verschiedener Einflussfaktoren bilden, sind die Herausforderung bei der Modellierung des Fingerabdruckstempels. Dabei greift er die Probleme, welche beim Hinterlassen einer Fingerspur entstehen können auf und verbessert sie, sodass zum Schluss ein immer gleichbleibender Fingerabdruck entstehen sollte.

Die bereits erläuterte Zielstellung des zu modellierenden Fingerabdruckstempels umfasste dabei die praktische und erfolgreiche Anwendung zur Unterstützung der Polizeiarbeit am Tatort. Der Stempel in Form eines künstlichen Fingerabdrucks wird genutzt, wenn an einem Tatort ein Fingerabdruck als wichtiges Beweismittel vorliegt und unklar ist, welche Methodik zur Sicherung der Spur angewendet werden sollte. Dann könnte mithilfe des Fingerabdruckstempels ein künstlicher Fingerabdruck auf dem selben Material hinterlassen werden, um an ihm die möglichen Verfahren zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdrücke zu testen. Dies würde das Risiko verringern, dass die Spuren aufgrund der Wahl eines falschen Verfahrens fehlerhaft werden oder gar ganz verloren gehen könnte, was die Polizeiarbeit massiv behindern würde. Somit kann die Qualität des originalen Abdrucks erhalten bleiben.

Die Kaltbedampfung als eins von mehreren Spurensicherungsmethoden bildet eine Grundlage, um die Sichtbarmachung die durch den Stempel hinterlassenen künstlichen Fingerabdrücke auf verschiedenen Oberflächen zu ermöglichen. Damit wird bei der Auswahl des falschen Spurensicherungsverfahrens die Qualität der Originalspur niemals beeinflusst. Insgesamt könnte mit dieser Entwicklung eine verbesserte Tatortarbeit erbracht werden, wodurch die Aufklärung an Straftaten ansteigen könnte.

Der vollständig konstruierte Fingerabdruckstempel könnte eine Revolution in der forensischen Arbeit darstellen und das Arbeiten am Tatort für die Ermittler erleichtern.

Literaturverzeichnis

- [1] Agerer, M. S. Struktur und Vernetzung von Kunststoffen [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/kunststoffe/2-kunststoffe-einfuehrung>
letzter Zugriff am 5. August 2022 15.14 Uhr
- [2] Amerkamp, U. Spezielle Spurensicherungsmethoden. Verfahren zur Sichtbarmachung von daktyloskopischen Spuren. Frankfurt: Verlag für Polizeiwissenschaft, 2008
- [3] AMINO GmbH. Sicherheitsdatenblatt: L-Leucin. Frellstedt (PLZ: 38373), 2020
- [4] AMINO GmbH. Sicherheitsdatenblatt: L-Threonin. Frellstedt (PLZ: 38373), 2014
- [5] Angelov, A. Metallgitter-Modell mit Elektronenwolke [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.msa-berlin.de/chemie/metalle/>
letzter Zugriff am 15. August 18.15 Uhr
- [6] AUG. HEDINGER GmbH & Co. KG. Sicherheitsdatenblatt: Kaliumchlorid. Stuttgart, 2022
- [7] AUG. HEDINGER GmbH & Co. KG. Sicherheitsdatenblatt: STEARINSÄURE. Stuttgart, 2019
- [8] Bader, H. J. Forensische Chemie - Mit Chemie auf Verbrecherjagd: Eine Einführung für den Chemieunterricht. - Sokrates Comenius - Projekt der Europäischen Union. 2009
- [9] Bauer, A. M. (2019). Die Identifikation von Leichen anhand der Papillarleistenstruktur der menschlichen Haut. (Dissertationen). Hochschule Mittweida
- [10] Bechmann, W. und Schmidt, J. (2009). Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- [11] Beetz, M. , Baumüller Nürnberg GmbH. Grundlagen: Der Servomotor - Funktionsweise, Kühlung und Anwendungsgebiete [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.baumueller.com/de/insights/grundlagen/servomotor-funktionsweise-eigenschaften-anwendungsgebiete#funktionsweise-eines-servomotors>
letzter Zugriff am 18. August 2022 19.04 Uhr
- [12] Binder, Harry H. (1999). Lexikon der chemischen Elemente: das Periodensystem in Fakten, Zahlen und Daten. Stuttgart, Leipzig: S. Hirse Verlag Stuttgart, Leipzig.

- [13] Bollmus, S. (2011). Biologische und technologische Eigenschaften von Buchenholz nach einer Modifizierung mit 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxyethyleneurea (DMDHEU). Göttingen: Cuvillier Verlag
- [14] Bonnet, M. (2013). Kunststofftechnik - Grundlagen, Verarbeitung, Werkstoffauswahl und Fallbeispiele. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden
- [15] BVDA International BV. Fingerprint ink pads [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.bvda.com/en/instant-bvda-ink-pad>
letzter Zugriff am 16. August 2022 17.11 Uhr
- [16] Caesar & Loretz GmbH. Sicherheitsdatenblatt: Cetylpalmitat. Hilden (PLZ: 40721), 2018
- [17] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): DL-Histidin $\geq 98,5$ %. Karlsruhe, 2022
- [18] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): Glycin. Karlsruhe, 2019
- [19] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): Harnstoff $\geq 99,5$ %. Karlsruhe, 2021
- [20] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): L-Valin. Karlsruhe, 2022
- [21] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): Milchsäure 80 %. Karlsruhe, 2021
- [22] Carl Roth GmbH + Co KG. Freiwillige Sicherheitsinformationen in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblattformat gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH): Natriumchlorid. Karlsruhe, 2018
- [23] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: Arachinsäure ≥ 99 %. Karlsruhe, 2022
- [24] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: Brenztraubensäure. Karlsruhe, 2015
- [25] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: Capronsäure $\geq 98\%$. Karlsruhe, 2021
- [26] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: DL-Alanin. Karlsruhe, 2020
- [27] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: DL-Asparaginsäure. Karlsruhe, 2016

- [28] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: L-Serin CELLPURE® ≥99 %. Karlsruhe, 2021
- [29] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: Squalen >98%. Karlsruhe, 2022
- [30] Carl Roth GmbH + Co KG. Sicherheitsdatenblatt: Tricaprin ≥98 %. Karlsruhe, 2021
- [31] Chemische Fabrik Kalk GmbH. Produktdatenblatt: Natriumbicarbonat. Köln, 2020
- [32] Cheng, Y. und Larin, K. V. Artificial fingerprint recognition by using optical coherence tomography with autocorrelation analysis. University of Houston. 2006, S. 9238-9245
- [33] Coli, P. et al. Fingerprint silicon replicas: static and dynamic features for vitality detection using an optical capture device. International Journal of Image and Graphics, 8.04. 2008, S. 495-512
- [34] Coloris Produktinformationen - Stempelkissen Coloris mit Soliplatte. Soliplattenkissen [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.ippc-stempel.de/ippc-handstempel/stempelkissen-signierkissen/stempelkissen-mit-solikissen/>
letzter Zugriff am 15. August 2022 18.27 Uhr
- [35] Cotti, L. (2017). Die Daktyloskopie im Wandel der Zeit mit Hauptaugenmerk auf neue Entwicklungen. (Dissertation). Hochschule Mittweida.
- [36] Diener electronic GmbH & Co. KG. PDMS [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.plasma.com/plasmatechnik-lexikon/polydimethylsiloxan-pdms/>
letzter Zugriff am 17. August 16.14 Uhr
- [37] Domininghaus, H. (2013). Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften. Berlin: Springer Berlin Heidelberg
- [38] Dražanský, M. et al. Verarbeitung von beschädigten Fingerabdrücken: Was uns die Fingerabdrücke vom Tatort verraten. Brünn. 2017
- [39] Emrich, H. M. und Oelert, H. pH-Wert und Gesamtammoniak im menschlichen Schweiß. Physiologisches Institut der freien Universität Berlin, 1966, S. 311-314
- [40] Festo. Grundlagen der Vakuumtechnik - Kurzübersicht
Retrieved from URL: https://www.festo.com/net/supportportal/files/9916/grundlagen_vakuumtechnik.pdf, letzter Zugriff am 10. Mai 2022 11.14 Uhr
- [41] Findeisen, D. und Helduser, S. Ölhydraulik: Handbuch der hydraulischen Antriebe und Steuerungen. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015.

- [42] Forbes, T. P. und Sisco, E. Chemical imaging of artificial fingerprints by desorption electro-flow focusing ionization mass spectrometry. Royal society of chemistry, 2014
- [43] Frank, W. Umrechnung Kilogramm - Newton [Webpage]
Retrieved from URL: https://www.wolfgang-frank.eu/uc_convert.php?tb=uc&unid=2726
letzter Zugriff am 10. August 2022 18.45 Uhr
- [44] Frommhold, W. et al. Schalldämpfer. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland. 2017.
- [45] Gefährinformationssystem Chemikalien (GisChem) der BG RCI und BGHM c/o Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie. Datenblatt: Essigsäure. Heidelberg
- [46] Gefährinformationssystem Chemikalien (GisChem) der BG RCI und BGHM c/o Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie. Datenblatt: Octansäure, Heidelberg
- [47] Geide, B. Aktuelle Methoden der Kriminaltechnik und Kriminalistik. Cyanacrylat-Bedampfung. Wiesbaden. 1995
- [48] Hermann, B. und Saternus. K.S. (2007). Biologische Spurenkunde: Kriminalbiologie. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- [49] Hirschberg, T. Fake Detection bei dem Fingerabdruck. Technical Report Fachbereich Informatik, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg. 2017
- [50] Hong, S. et al. A new method of artificial latent fingerprint creation using artificial sweat and inkjet printer. Forensic Science International. 2015, S. 403-408
- [51] Hornbogen, E. et al. (2019). Metalle: Struktur und Eigenschaften der Metalle und Legierungen. Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- [52] Ifa, D. R. et al. Latent Fingerprint Chemical Imaging by Mass Spectrometry. Science. 2008, S. 805
- [53] Issa - Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit. Chemische Reaktionen und relative Chemikalien: Handlungshilfe zur Sicherheitsunterweisung
Retrieved from URL: https://safety-work.org/fileadmin/safety-work/articles/IVSS-Unterweisung__Chemische_Reaktionen_und_reaktive_Chemikalien_/ISSA_103_Reaktionen.pdf
letzter Zugriff am 19. August 2022 9.58 Uhr
- [54] Jordan, A. (2021): Kaltbedampfung von Fingerabdruckspuren mit fluoreszierendem Cyanacrylat im Vakuum sowie mit einem mobilen Bedampfungsgerät. (Dissertation). Hochschule Mittweida.

- [55] Kirsch, W. et al. Fit fürs abi: Oberstufenwissen Chemie. Braunschweig. 2018
- [56] Klein, D. Stempeltechnik: So gehts. [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempelfactory.de/news/stempeltechnik-so-gehts/>
letzter Zugriff am 18. August 2022 15.58 Uhr
- [57] Krause, D. Holzbauteile im Außenbereich - Schäden, Ursachen, baulicher Schutz, Sanierung
Retrieved from URL: https://ingkrause.de/wp-content/uploads/PDF-Dateien/20_holzbauseminar.pdf
letzter Zugriff am 14. August 2022 15.24 Uhr
- [58] K+S KALI GmbH. Sicherheitsdatenblatt: Magnesiumchlorid-Lösung. Kassel, 2008
- [59] Labudde, D. und Mohaupt, M. Bioinformatik im Handlungsfeld der Forensik. Berlin: Springer-Verlag. Deutschland, 2018.
- [60] Labudde D., "Biometrie und die Analyse digitalisierter Spuren," in Forensik in der digitalen Welt: Moderne Methoden der forensischen Fallarbeit in der digitalen und digitalisierten realen Welt, Labudde, D. und Spranger, M., Hg., Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2017, S. 25–58
- [61] Lenntech B.V. Deionisiertes und demineralisiertes Wasser. [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.lenntech.de/anwendungen/prozess/demineralisiert/deionisiertes-demineralisiertes-wasser.htm>
letzter Zugriff am 18. August 2022 17.54 Uhr
- [62] LeSassier, D. S. et al. Artificial fingerprints for cross-comparison of forensic DNA and protein recovery methods. Plos one. 2019
- [63] LGC Standards GmbH. Sicherheitsdatenblatt: Trimyristin. Wesel (PLZ: 46485), 2017
- [64] Matsumoto, T. et al. Impact of Artificial „Gummy“ Fingers on fingerprint Systems. Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques. 2002, S. 275-289
- [65] MP Biomedicals Europe. Sicherheitsdatenblatt: Triolein. Illkirch Cedex, Frankreich (PLZ: 67402), 2017
- [66] Nanoform Airbag Sports GmbH. Schaumstoff Infotek: Was ist Schaumstoff? [Webpage]
Retrieved from URL: <https://topschaum.de/infothek/foams-category>
letzter Zugriff am 15. August 2022 17.34 Uhr
- [67] Neumann, A. Hoffmann GmbH Gummi- und Kunststoff-Formtechnik. Silikon-Kautschuk (VMQ) [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.hofftech.com/gummi-lexikon/vmq/>
letzter Zugriff am 16. August 2022 15.38 Uhr

- [68] Niemz, P. (1993). Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Stuttgart: DRW-Verlag
- [69] Ostermann, F. (2007). Anwendungstechnologie Aluminium. Berlin: Springer Berlin Heidelberg
- [70] Pharma Glas Koniakowsky & Kuehr GmbH. Glas - die Vorteile [Webpage]
Retrieved from URL: <https://pharmaglas.at/warum-glasampullen/>
letzter Zugriff am 19. August 10.26 Uhr
- [71] Prete, C. et al. LumicyanoTM: A new fluorescent cyanoacrylate for a one-step luminescent latent fingerprint development. Forensic science international. 2013
- [72] Projectina AG. Vakuum-Cyanacrylat-Spurenentwicklungsgerät VCV 141L mit Umluftwäscher
Retrieved from: URL: https://uploads-ssl.webflow.com/619378dc34b645afc68ff6db/61d5a0016a9132a035e795c3_Vacuum%20Chamber_de.pdf,
letzter Zugriff am 6. Mai 2022 15.23 Uhr
- [73] Dr. Rauch, P. Die wichtigsten Eigenschaften von Aluminium [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.ib-rauch.de/okbau/bauchemie/aluminium.html>
letzter Zugriff am 14. August 2022 16.33 Uhr
- [74] Remus, A. Entstehungsgeschichte des Stempels [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempel.shop/wiki/begriffe/stempel/>
letzter Zugriff am 15. August 2022 13.25 Uhr
- [75] Remus, A. Stempelplatte [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempel.shop/wiki/begriffe/stempelplatte/>
letzter Zugriff am 16. August 2022 10.34 Uhr
- [76] Ruiz, S. A. und Chen, C. S. Microcontact printing: a tool to pattern. Soft Matter 3.2. 2007, S. 168-177
- [77] Sanco Group. Anwendungstechnische Informationen: Glasbruch durch mechanische Spannungen
Retrieved from URL: https://www.sanco.de/fileadmin/user_upload/SANCO_AWT_mechanischer_Glasbruch_1219_web.pdf
letzter Zugriff am 18. August 2022
- [78] Sauermost, R. et al. Talg. [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/talg/65297>,
letzter Zugriff am 29. März 2022 11.14 Uhr
- [79] Schinner, F. und Sonnleitner, R. (2011). Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- [80] Schreiber, T. Stempelfarbe mit Öl [Webpage]
Retrieved from URL: <http://www.stempelshop24.de/4789-stempelfarbe-mit-oe/>

letzter Zugriff am 18. August 2022 18.47 Uhr

- [81] Scruton, B. et al. The deposition of fingerprint films. University of Southampton: Journal of Physics D: Applied Physics. 1975, S. 714-723
- [82] Sisco, E. et al. A chemically relevant artificial fingerprint material for the cross-comparison of mass spectrometry techniques. Canadian Society of forensic Science Journal. 2015, S. 200-214
- [83] SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH. Sicherheitsdatenblatt: Ammoniak, flüssig (Ammoniumhydroxid). Wittenberg (PLZ: 06886), 2015
- [84] Steen, C. Holz - ein vielseitiger Rohstoff [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www3.hhu.de/biodidaktik/Holz/dateien/eigen.html>
letzter Zugriff am 14. August 2022 13.12 Uhr
- [85] Steinert, U. Kriminalistik/Kriminaltechnik Skriptum Daktyloskopie. Fachhochschule der Polizei des Landes Brandenburg. 2010
- [86] Steinert, U. Kriminalistik/Kriminaltechnik Skriptum Grundlagen der Kriminaltechnik. Fachhochschule der Polizei des Landes Brandenburg. 2008
- [87] Stempel Wolf GmbH. Automatikstempel. [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempel-wolf.de/infos/lexikon/automatikstempel>
letzter Zugriff am 11. August 2022 18.36 Uhr
- [88] Stempel Wolf GmbH. Stempel [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempel-wolf.de/infos/lexikon/stempel>
letzter Zugriff am 15. August 2022 18.44 Uhr
- [89] Stempel Wolf GmbH. Stempelplatten [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stempel-wolf.de/infos/lexikon/stempelplatten>
letzter Zugriff am 12. August 2022 16.24 Uhr
- [90] Stocker Kunststoff GmbH. Wenn Werkstücke brechen [Webpage]
Retrieved from URL: <https://www.stocker-kunststoff.de/wenn-werkstuecke-brechen/>
letzter Zugriff am 14. August 2022 18.04 Uhr
- [91] SysKem Chemie GmbH. EG-Sicherheitsdatenblatt: Linolsäure. Wuppertal (PLZ: 42289), 2021
- [92] SysKem Chemie GmbH. EG-Sicherheitsdatenblatt: Tetradecansäure. Wuppertal (PLZ: 42289), 2021
- [93] The Hitt Companies, Inc. The Light Ink Fingerprint Pad Series (LI Considered Inkless) [Webpage]

Retrieved from URL: [https://www.fingerprintpads.com/category/the-light-ink-fingerprint-pad-series-\(li-considered-inkless\)-](https://www.fingerprintpads.com/category/the-light-ink-fingerprint-pad-series-(li-considered-inkless)-)
letzter Zugriff am 15. August 2022 18.33 Uhr

- [94] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Laurinsäure. Geel, Belgium (PLZ: 2440), 2020
- [95] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: n-Heptansäure. Geel, Belgium (PLZ: 2440), 2020
- [96] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Nonansäure. Geel, Belgium (PLZ: 2440), 2022
- [97] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Pentadecansäure. Geel, Belgium (PLZ: 2440), 2022
- [98] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Trilaurin. Geel, Belgium (PLZ: 2440)
- [99] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Tripalmitin. Geel, Belgium (PLZ: 2440)
- [100] Thermo Fisher Scientific. Sicherheitsdatenblatt: Ölsäure. Geel, Belgium (PLZ: 2440), 2021
- [101] The Science Teacher. „Fingerprints: Real or Fake?“, vol. 84, no. 8. 2017, S. 22-22
Retrieved from URL: <http://www.jstor.org/stable/26387240>.
- [102] Uhl, P. und Uhl, M. P. (2015). Grundlagen Makrofotografie. Fotoschule des Sehens. Humboldt-Verlag.
- [103] Van Dam, A. Fingermarks, more than just a ridge pattern. University of Amsterdam: Digital Academic Repository. 2014
- [104] Van Dam, A. et al. Techniques that acquire donor profiling information from fingermarks - A review. Amsterdam: University of Amsterdam. 2015
- [105] VEVOR Tough Equipment & Tools, Pay Less. 3 Gallone 12L Vakuunkammer 85L/Min 3CFM Vakuumpumpe Unterdruckpumpe Edelstahl [Webpage]
Retrieved from URL: https://www.vevor.de/vakuumpumpe-c_11109/3-gallone-12l-vakuunkammer-85l-min-3cfm-vakuumpumpe-unterdruckpumpe-edelstahl-p_010685103053?gclid=Cj0KCQjw1tGUBhDXARIsAIJx01nAqcTOa3xiEDkBANr4OkyUGQA3_uYbLx6w0j8IATlec-IBaE5HJsgaAn6dEALw_wcB, zuletzt zugegriffen am 30. Mai 2022 9.43 Uhr
- [106] Vita-World GmbH. Datenblatt: L-Ornithin. Taunusstein
- [107] Vogel, V. (2017). Geschlechtsbestimmung auf Grundlage von daktyloskopischen Spuren. (Dissertationen). Hochschule Mittweida

- [108] Voigtländer Polizei- und Kriminaltechnik (März 2000): Bedienungsanleitung: Vakuum-Cyanacrylat-Bedampfungsgerät. Stuttgart.
- [109] Walheim, S. (2008). Stempel für das Mikrokontaktdrucken und Verfahren zu seiner Herstellung WO 2008/145268 A1. internationales Büro
- [110] Weihmann, R. (2006). Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik / Kriminologie: Band 2 Kriminaltechnik I. 3rd ed. Hilden/Rhld, Verlag Deutsche Polizeiliteratur GmbH Buchvertrieb
- [111] Weihmann, R. (2007). Lehr- und Studienbriefe Kriminalistik / Kriminologie: Band 2 Kriminaltechnik I. 3rd ed. Hilden/Rhld: Verlag deutsche Polizeiliteratur GmbH Buchvertrieb
- [112] W. ULRICH GMBH. Sicherheitsdatenblatt. Tricaprylin. Eresing (PLZ: 86922)
- [113] Yamashita, B. et. al. Latent Print Development. The fingerprint sourcebook 1. 2011
- [114] Zindl, P. et al. (2013). Europäische Patentschrift 2 591 919 B1. Europäisches Patentamt: Trodat GmbH

