
BACHELORARBEIT

Frau
Tabea Bayha

**Alternativen zum Rußpulver
zur Sicherung daktyloskopi-
scher Spuren**

Mittweida, 2023

BACHELORARBEIT

Alternativen zum Rußpulver zur Sicherung daktyloskopi- scher Spuren

Autor:
Frau

Tabea Bayha

Studiengang:
Allgemeine und Digitale Forensik

Seminargruppe:
FO18w4-B

Erstprüfer:
Prof. Dr. rer. nat. Dirk Labudde

Zweitprüfer:
M. Sc. Michele-Nadine Wagner

Einreichung:
Mittweida, 11.04.2023

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2023

Bibliografische Beschreibung:

Bayha, Tabea:

Alternativen zum Rußpulver zur Sicherung daktyloskopischer Spuren. – 2023. – 7, 53, 2 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften, Bachelorarbeit, 2023

Referat:

In der vorliegenden Arbeit werden neue Pulver als Alternative für das Rußpulver hergestellt, geprüft und bewertet. Ziel ist es ein für den Anwender gesünderes, kostengünstiges und einfach erhältliches Pulver zu entwickeln. Hierfür wurden unterschiedliche Alltagsmaterialien verwendet. Die dafür angewendeten Grundlagen und Methoden werden erklärt und evaluiert.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	3
2.1 <i>Die Daktyloskopie</i>	3
2.1.1 Biologischer und chemischer Hintergrund	4
2.1.1.1 Die menschliche Haut	4
2.1.1.2 Der biologische Fingerabdruck	6
2.1.1.3 Die biologische Entstehung des Fingerabdrucks	6
2.1.1.4 Der chemische Fingerabdruck	6
2.1.2 Besonderheiten daktyloskopischer Spuren	7
2.1.3 Merkmale daktyloskopischer Spuren	8
2.1.3.1 Ebene 1	9
2.1.3.2 Ebene 2	11
2.1.3.3 Ebene 3	12
2.1.4 Methoden zur Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren	12
2.1.4.1 Optische Methoden	12
2.1.4.2 Chemische Methoden	12
2.1.4.3 Physikalische Methoden	13
2.1.5 Sicherung daktyloskopischer Spuren	14
2.1.6 Auswertung daktyloskopischer Spuren	15
2.1.6.1 AFIS- Automatisiertes Fingerabdruckidentifizierungssystem	16
2.1.6.2 Gerichtliche Verwertbarkeit in Deutschland	17
2.2 <i>Forschungsstand der Alternativen für das Rußpulver</i>	17
2.2.1 Lebensmittel	17
2.2.2 Kosmetikprodukte	18
2.2.3 Pflanzliche Stoffe	19
2.2.4 Mineralien	20
2.2.5 Kohlenstoffbasierte Materialien	21
3 Material und Methoden	23

3.1	<i>Allgemeine Bedingungen im Labor</i>	23
3.2	<i>Verwendete Oberflächen</i>	23
3.3	<i>Herstellung der verschiedenen Pulverarten</i>	24
3.3.1	Pulver aus Backstein.....	24
3.3.2	Pulver aus Rinderknochen	24
3.3.3	Pulver aus weißen Bohnen	25
3.3.4	Pulver aus Horn vom Pferd	25
3.4	<i>Fingerabdrücke</i>	25
3.4.1	Aufbringen der Fingerabdrücke.....	26
3.4.2	Sichtbarmachung der Fingerabdrücke	27
3.4.3	Fotografische Sicherung der Fingerabdrücke	27
3.4.4	Bewertungssystem.....	28
4	Ergebnisse	29
4.1	<i>Frische Fingerabdrücke</i>	29
4.1.1	Rußpulver	29
4.1.2	Pulver aus Backstein.....	29
4.1.3	Pulver aus Rinderknochen	30
4.1.4	Pulver aus weißen Bohnen	31
4.1.5	Pulver aus Horn vom Pferd	31
4.2	<i>Eine Woche alte Fingerabdrücke</i>	32
4.2.1	Rußpulver	32
4.2.2	Pulver aus Backstein.....	33
4.2.3	Pulver aus Rinderknochen	34
4.2.4	Pulver aus weißen Bohnen	34
4.2.5	Pulver aus Horn vom Pferd	35
4.3	<i>Zwei Wochen alte Fingerabdrücke</i>	36
4.3.1	Rußpulver	36
4.3.2	Pulver aus Backstein.....	36
4.3.3	Pulver aus Rinderknochen	37
4.3.4	Pulver aus weißen Bohnen	38
4.3.5	Pulver aus Horn vom Pferd	38
5	Diskussion	40
5.1	<i>Vergleich der Ergebnisse</i>	40
5.2	<i>Bewertung der einzelnen Pulverarten</i>	43
5.3	<i>Fehlerdiskussion</i>	45
6	Fazit	46
6.1	<i>Ausblick</i>	46

Inhaltsverzeichnis	III
Literatur	47
Anlagen	53
Selbstständigkeitserklärung	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Haut (Herzner, 2021)	5
Abbildung 2: Kern (Zentrum) und Delta des Fingerabdrucks (Sonderegger und Peter, 2013)	9
Abbildung 3: Linksseitiges und rechtseitiges Schleifenmuster (van Dam, 2014) ..	10
Abbildung 4: Wirbelmuster (van Dam, 2014)	10
Abbildung 5: Flacher Bogen (links) und Tannenbogen (rechts) (van Dam, 2014)	11
Abbildung 6: Formen von Minutien auf einem Fingerabdruck (Herrmann und Saturnus, 2007)	11
Abbildung 7: Rußpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien ...	29
Abbildung 8: Backsteinpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien	30
Abbildung 9: Rinderknochenpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien	30
Abbildung 10: Pulver aus weißen Bohnen auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien	31
Abbildung 11: Hornpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien	32
Abbildung 12: Rußpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien	33
Abbildung 13: Backsteinpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien	33
Abbildung 14: Rinderknochenpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien	34

Abbildung 15: Pulver aus weißen Bohnen auf einer Woche alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien.....	35
Abbildung 16: Hornpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien	35
Abbildung 17: Rußpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien	36
Abbildung 18: Backsteinpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien.....	37
Abbildung 19: Rinderknochenpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien.....	37
Abbildung 20: Pulver aus weißen Bohnen auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien.....	38
Abbildung 21: Hornpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien	39
Abbildung 22: Vergleich frische Fingerabdrücke	41
Abbildung 23: Vergleich eine Woche alte Fingerabdrücke	42
Abbildung 24: Vergleich zwei Wochen alte Fingerabdrücke	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Labor.....	23
Tabelle 2: Übersicht Fingerabdrücke setzen und sichern	26

Abkürzungsverzeichnis

BKA Bundeskriminalamt

FA Fingerabdrücke

1 Einleitung

Die Daktyloskopie, auch als Fingerabdruckidentifikation bekannt zählt zu den sichersten und häufigsten Beweismitteln in der Wissenschaft und Rechtsprechung. Sie beschäftigt sich mit der Aufnahme und Auswertung von Abbildern der menschlichen Leistenhaut zur Identifizierung von Personen und der Feststellung von Spurenverursachern. Dabei handelt es sich um eine komplexe Wissenschaft mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden, eigenem Klassifizierungssystem und zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten (Herrmann und Saturnus, 2007).

Die Visualisierung latenter Fingerabdrücke stellt hierbei einen zentralen Bestandteil der forensischen Wissenschaft dar. Eine der ältesten und gleichzeitig am weitesten verbreitete Technik ist die Anwendung von Pulver. Dabei werden feine Pulverpartikel auf die Oberfläche aufgetragen, um die latenten Abdrücke sichtbar zu machen. Die Partikel haften physikalisch an den Bestandteilen der Fingerabdrücke, wodurch sie sichtbar werden. Bereits im Jahre 1891 erwähnte Forgeot erstmals die Verwendung von Pulver zur Sichtbarmachung latenter Fingerabdruckspuren. Seitdem haben sich verschiedene Techniken und Materialien entwickelt (Yamashita und French, 2010).

Die Motivation sich mit der Thematik der Alternativen für das herkömmliche Rußpulver zu beschäftigen, basiert auf der Tatsache, dass die derzeitigen häufig verwendeten Pulverformulierungen toxische Auswirkungen haben. Studien haben gezeigt, dass Pulverformulierungen, die von Fingerabdruckexperten verwendet werden, Gesundheitsrisiken darstellen können (Sodhi und Kaur, 2001). So zeigten bereits 1983 in der dänischen Polizeibehörde erste Untersuchungen, dass die Beamten, die mit Bleipulver arbeiteten, eine erhöhte Bleikonzentration im Blut hatten, bis hin zu Symptomen einer leichten Bleivergiftung (Rabjerg et al., 1983). Eine weitere Untersuchung des Federal Bureau of Investigations testete die Luftqualität an simulierten Tatorten, nachdem Fingerabdruckspezialisten dort mit Pulverformulierungen gearbeitet hatten. Sie kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Arbeit mit Pulverformulierungen ein potenzielles Gesundheitsrisiko darstellt. Es gibt viele weitere Studien, die die Toxizität der herkömmlichen Pulverformulierungen kritisieren und untermauern (Sodhi und Kaur, 2001). Um die Kriminalbeamten vor diesen Gesundheitsrisiken zu schützen, sollten deshalb schnellstmöglich anerkannte Alternativen erforscht und angeboten werden.

Ziel dieser Arbeit ist, dass die Untersuchungen und Versuche dazu beitragen, eine sichere und umweltfreundliche Alternative zum Rußpulver zu finden, die für verschiedene Anwendungen geeignet ist. Hierfür wurden noch nicht getestete Materi-

alien als Alternative entwickelt, auf unterschiedlichen Oberflächen getestet und bewertet.

In dieser Arbeit werden zunächst Grundlagen der Daktyloskopie vermittelt. Es wird näher auf den biologischen und chemischen Hintergrund, die Besonderheiten und die Merkmale des Fingerabdrucks sowie die verschiedenen Sichtbarmachungsmethoden latenter Abdrücke eingegangen. Darüber hinaus beschäftigen sich die Grundlagen der Daktyloskopie zusätzlich mit der Sicherung und Auswertung der daktyloskopischen Spuren. Da bereits zahlreiche Forschungsgruppen unterschiedliche Alternativen hergestellt, getestet und bewertet haben, folgt eine Übersicht zu dem derzeitigen Forschungsstand und den bereits erforschten Alternativen für die herkömmlichen Fingerabdruckpulver.

Der praktische Teil dieser Arbeit vergleicht die unterschiedlichen, selbsthergestellten Pulveralternativen mit dem herkömmlichen Rußpulver. Hierbei wird detailliert auf die Herstellung der Pulver, die Durchführung der Versuche, die Sicherung der sichtbargemachten Abdrücke und die nachfolgende Bewertung eingegangen. Abschließend werden die Ergebnisse interpretiert und diskutiert.

2 Grundlagen

Im ersten Teil dieses Kapitels sollen Grundlagen für diese Arbeit geschaffen werden, um ein allgemeines Wissen über die Daktyloskopie und ihre Geschichte zu erlangen. Hierbei wird auf den menschlichen Fingerabdruck, die Entstehung und die Zusammensetzung eingegangen. Zusätzlich werden die Besonderheiten, die Merkmale sowie die generellen Methoden zur Sicherung daktyloskopischer Spuren erklärt und ihr Nutzen für die Behörden im Zusammenhang mit der gerichtlichen Verwertbarkeit erläutert. Im zweiten Teil wird ein allgemeiner Überblick über den derzeitigen Forschungsstand der bisher getesteten Alternativen des Rußpulvers gegeben.

2.1 Die Daktyloskopie

Der Begriff Daktyloskopie hat seinen Ursprung im Griechischen. Das Wort „daktylos“ bedeutet Finger und „skopein“ steht für schauen oder betrachten. Übersetzt ergibt sich die Bedeutung „Fingerschau“ oder auch „Fingerbetrachtung“. Sie stellt eine wissenschaftlich anerkannte Personenidentifizierungsmethode dar (Herrmann und Saturnus, 2007) und bildet die Grundlage für das biometrische Verfahren des daktyloskopischen Identitätsnachweises, welches auch als Fingerabdruckverfahren bekannt ist. Die Daktyloskopie basiert auf der Grundlage, dass die menschlichen Papillarleisten der Handflächen und Fußsohlen biologische Unregelmäßigkeiten aufweisen, die bei jedem Individuum einzigartig sind (Labudde und Mohaupt, 2018).

Bereits 3000 v. Chr. erkannte der Mensch die Bedeutung der Hautleistenbilder. Nordamerikanische Micmac-Indianer nutzten vereinfachte Papillarlinienmuster in den Fingerkuppen sowie Abbildungen von Handflächen und Linien in Steinzeichnungen (Herrmann und Saturnus, 2007). Die Assyrer und Babylonier kennzeichneten um 2200 v. Chr. ihre Tontafeln zusätzlich zu ihrem Namen mit einem Teil des Abdrucks ihrer Fingerkuppen, um den Urkundenaussteller eindeutig zu identifizieren. Folglich wird vermutet, dass die Menschen sich der Einzigartigkeit des Papillarleistenbildes zu dieser Zeit bereits bewusst waren. Auch im chinesischen Kaiserreich ab 221 v. Chr. waren die Fingerabdrücke eine bewährte Methode als Siegel für wichtige Dokumente. Später zur Zeit des Papiers wurden sie in China verwendet, um die Echtheit eines Dokumentes zu bestätigen und Identitätsschwindel zu vermeiden. Aufzeichnung aus der Zeit der Song-Dynastie (960 – 1278 n. Chr.) die belegen, dass die Menschen zu dieser Zeit schon zwischen den

unterschiedlichen Musterarten der Papillarleistenbilder unterschieden (Sonderegger und Peter, 2013)

Die Papillarleisten als Basis für die heutige Fingerabdruck-Identifikation wurden in Europa viel später entdeckt als in Asien. Der erste Europäer, der darüber schrieb, war 1686 Marcello Malphigius, gefolgt von Christian Jacob Hinze im Jahre 1747, der sich der klassifizierenden Erforschung widmete (Herrmann und Saturnus, 2007). Die Basis zur Klassifizierung der Fingerabdrücke nach Grundtypen oder Grundmustern lieferte jedoch erst Johann Evangelista Purkinje im Jahre 1823. Er entwickelte eine Klassifizierungsmethode, die neun Grundmustertypen aufwies (Labudde und Mohaupt, 2018). Den ersten empirischen Beweis der Unveränderlichkeit der Haut- und Papillarleisten erbrachte Hermann Welke im Laufe des 19. Jahrhunderts. Hierbei fertigte er Abdrücke seiner eingefärbten Hände an und wiederholte diesen Vorgang 41 Jahre später. Es stellte sich heraus, dass die Papillarlinien im Laufe seines Lebens unverändert blieben, mit Ausnahme der altersbedingten Furchen und Falten. Der Chief Officer William J. Herschel nutzte im Jahre 1858 Fingerabdrücke für polizeiliche Zwecke und sammelte über die Jahre mehrere tausend Fingerabdrücke. Im Laufe seines Lebens lernte Herschel den Anthropologen Francis Galton kennen, der sich ebenfalls mit der Erforschung der Fingerabdrücke befasste. Im Vordergrund standen dabei die Unveränderlichkeit, die Einmaligkeit sowie die Möglichkeit der Klassifizierbarkeit von Fingerabdrücken. Die Ergebnisse dieser Forschung veröffentlichte Galton in seinem Buch „Fingerprints“. Damit war die erste brauchbare Grundlage der modernen Fingerabdruckklassifizierung geschaffen. Edward Richard Henry optimierte das von Galton entwickelte Verfahren unter dem Namen „Galton-Henry-System“ und führte es offiziell 1897 in Britisch-Indien ein. In den folgenden sechs Jahren wurde die Daktyloskopie als Identifizierungsmittel in England, Österreich und Ungarn durchgesetzt. 1903 kam sie dann durch den Polizeipräsidenten Paul Köttig nach Deutschland (Herrmann und Saturnus, 2007). Bis heute gilt die Daktyloskopie als eine der besten biometrischen Verfahren zur eindeutigen Identifizierung von Individuen (Labudde und Mohaupt, 2018).

2.1.1 Biologischer und chemischer Hintergrund

Im Folgenden soll auf die biologischen Grundlagen und die Entstehung der daktyloskopischen Spuren eingegangen werden. Zusätzlich wird die chemische Substanz des Fingerabdrucks näher erläutert.

2.1.1.1 Die menschliche Haut

Die Haut, die als größtes Organ des Menschen gilt und unseren Körper fast vollständig bedeckt, ist ein sehr vielseitiges Organ, das grundsätzlich aus zwei verschiedenen Arten besteht. Zum einen aus der Leistenhaut der Hände und Fußsoh-

len und zum anderen aus der Flederhaut, die an den restlichen Hautpartien zu finden ist. Von Bedeutung für den Fingerabdruck ist die Leistenhaut der Handflächen (Sonderegger und Peter, 2013).

Die menschliche Haut setzt sich von außen nach innen aus drei Hauptschichten zusammen, die Epidermis, die Dermis und die Subkutis (Abb.1). (Fritsch und Fritsch, 2004).

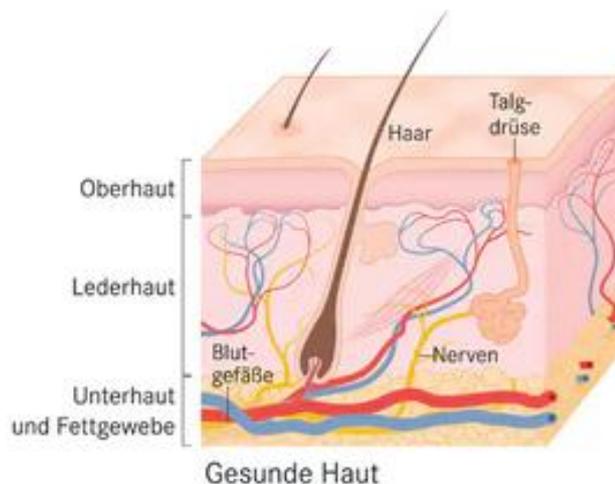


Abbildung 1: Aufbau der Haut (Herzner, 2021)

Die Epidermis, auch Oberhaut genannt, ist eine Schicht aus Keratinozyten, Langerhans-Zellen, Melanozyten und Merkelzellen, die auf einer Basallamina sitzt. Sie erneuert sich ständig durch einen streng regulierten Differenzierungsgang, bei dem Keratinozyten in Stammzellen der Basalschicht entstehen und durch die Epidermis wandern. Am Ende dieses Differenzierungsgangs werden sie zu toten Korneozyten, die die Hornschicht bilden. Die Epidermis stellt somit ein holokrines Organ dar (Fritsch und Fritsch, 2004). Die Basalmembran oder Basalschicht ist zusätzlich zu erwähnen. Sie stellt zwar keine eigene Hautschicht dar, liegt aber als unterster Teil der Epidermis zwischen der Dermis und Epidermis und verbindet beide Schichten miteinander. Die Stabilität der Haut wird durch diese Verbindung der oberen und unteren Hautschichten durch epidermale Reteleisten und dermale Papillarkörper gewährleistet (Labudde und Mohaupt, 2018).

Die Dermis, auch Lederhaut genannt, befindet sich unter der Epidermis als zweite Hautschicht und besteht aus kollagen- und elastischen Fasern, die von Gewebszellen umgeben sind. In der oberen Dermis sind die Kollagenfasern lockerer gewebt als in der tiefen Dermis. Sie ist ein Gewebe von hoher Reißfestigkeit und Elastizität und Träger der Gefäße und Nerven, die die Haut versorgen (Fritsch und Fritsch, 2004).

Lockeres und dehnbares Bindegewebe, welches mit Fettzellen durchsetzt ist, wird als Subkutis oder Unterhautgewebe definiert. Aufgrund seiner Fähigkeit zur Spei-

cherung von Fett wird es auch als Fettgewebe bezeichnet. Die Dicke variiert stark, je nach Ernährungszustand. Bei Unterernährung kann sie nahezu vollständig verschwinden, wogegen sie bei Überernährung enorme Ausmaße annehmen kann (Elsässer, 2008).

2.1.1.2 Der biologische Fingerabdruck

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, besitzen die Handinnenflächen und Fußsohlen eine Leistenhaut, die sich von der Felderhaut unterscheidet. Sie enthält keine Haare oder Talgdrüsen, sondern ist mit einer großen Anzahl Schweißdrüsen durchsetzt. Diese Schweißdrüsen enden an den Papillarleisten der Haut, die von zwei Furchen umgeben sind. Die Papillarleisten erstrecken sich entlang der Seitenflächen von Händen und Füßen und reichen bis zum Nagelwall der Finger und Zehen (Steinert, 2010).

2.1.1.3 Die biologische Entstehung des Fingerabdrucks

Bereits im 3. bis 4. Schwangerschaftsmonat bilden sich individuelle, nicht vererbare Papillarleisten, wobei eine Vielzahl von Faktoren wie zum Beispiel mütterlicher Stress, der Ernährungszustand und das körperliche Wohlbefinden mit verantwortlich sind (Labudde und Mohaupt, 2018). Aber auch die Lage, Form und Größe der Tastballen beeinflussen den allgemeinen Verlauf, die Grundmuster und die Erscheinung der Papillarleisten. Zahlreiche Studien weisen auf diesen Zusammenhang hin (Sonderegger und Peter, 2013). Der Prozess der Entstehung der Papillarleisten beginnt damit, dass die Tastballen an Händen und Füßen durch eine starke Blutzufuhr aufblähen, was die Oberhaut stark spannt. Gleichzeitig vermehrt sich die darunterliegende Keimschicht durch Zellteilung. Nach Abnahme der Blutzufuhr „wird die Vermehrung der Zellen und der Zellfläche insgesamt gegenüber der Ausdehnung der Epidermisoberseite durch Faltung ausgeglichen“ (Labudde und Mohaupt, 2018). Die Papillarleisten erreichen ihre individuelle endgültige Form ab der 24. Schwangerschaftswoche und wachsen danach in ihren Linien unverändert nach. Allerdings können bleibende Narben entstehen, wenn die Basalschicht (Basalmembran) durch Verletzungen in Mitleidenschaft gezogen wird (Sonderegger und Peter, 2013).

2.1.1.4 Der chemische Fingerabdruck

Fingerabdrücke bestehen aus einer chemischen Kombination von endogenen und exogenen Materialien (van Dam, 2014), wobei der größte Teil der übertragenen Substanzen körpereigen ist (Labudde und Mohaupt, 2018). Diese körpereigenen Stoffe setzen sich aus den Absonderungen der ekkrinen Drüsen, der Talgdrüsen und der apokrinen Drüsen zusammen. Zusätzlich kann auch Desoxyribonukleinsäure (DNA) im Fingerabdruck enthalten sein. Diese stammt aus Epithelzellen, Speichel oder anderen Körperflüssigkeiten. In den meisten Fällen reicht die im

Fingerabdruck enthaltene Menge nicht aus, um ein vollständiges DNA-Profil zu erstellen (van Dam, 2014).

Sowohl an den Handflächen als auch an den Fußsohlen sind ekkrine Drüsen vorhanden. Der ekkrine Schweiß besteht größtenteils aus Wasser (98%), enthält aber auch organische und anorganische Stoffe (2%). Einer der organischen Bestandteile im ekkrinen Schweiß sind Proteine, die dort am häufigsten auftreten. Weitere organische Stoffe sind zum Beispiel Peptide, Laktat, Harnstoff und Aminosäuren (van Dam, 2014).

Talgdrüsen befinden sich generell nur in Bereichen mit Haarfollikeln. Daraus lässt sich schließen, dass sich sowohl an den Handinnenflächen und vor allem an den Fingerkuppen keine Talgdrüsen befinden. Generell dient der von den Talgdrüsen abgesonderte Talg als Schutzschicht der Haut, der Wärmeregulierung und der Abwehr von bakteriellen Infektionen. Allerdings überträgt sich der Talg relativ schnell durch das menschliche Verhalten an die Fingerkuppen. Der Mensch neigt dazu, sich immer wieder ins Gesicht zu fassen oder auch durch die Haare zu streichen, was dazu führt, dass auch Rückstände des Talgs im Fingerabdruck zu finden sind. Talg besteht aus „Cholesterin, Cholesterinester, Squalen, Fettsäuren, Wachsester, Diglyceride und Triglyceride“ (van Dam, 2014).

Apokrine Schweißdrüsen befinden sich vorwiegend in den Achselhöhlen, im Analbereich und der Schamgegend. Generell sind sie jedoch überall am Körper zu finden. Es handelt sich bei apokrinem Schweiß um eine proteinreiche, milchige Flüssigkeit, die zusätzlich Ammoniak und Lipide enthält (van Dam, 2014).

Für die Forensik von Bedeutung sind vor allem die Proteine und Fette, da das individuelle Verhältnis der beiden forensisch analysiert werden kann. Daraus gewonnene Informationen können Rückschlüsse auf das Alter, Geschlecht und die Herkunft der Person liefern. Zusätzlich kann Wissen über das Alter der Spur gewonnen werden. Dieses Gebiet bedarf jedoch noch weiterer Forschungen, wobei die Bioinformatik eine wichtige Rolle bei der Analyse und Einordnung dieser Daten einnimmt (Labbude und Mohaupt, 2018).

Außer dieser körpereigenen Substanzen kann sich in der Fingerabdruckspur auch Material aus exogenen Quellen wiederfinden. Die Sekrete des Fingerabdrucks können mit Nahrungsresten, Kosmetikprodukten, Staub, sowie Drogen oder Sprengstoff verunreinigt sein (van Dam, 2014).

2.1.2 Besonderheiten daktyloskopischer Spuren

Daktyloskopische Spuren sind Abdrücke oder Eindrücke, die auf Gegenständen durch die Übertragung von Hautausscheidungssubstanzen oder fremden Substanzen entstehen. Sie können sich aber auch durch das Eindringen der Papillar-

leisten in formbares Material entwickeln und dienen als wichtiges Beweismittel in der forensischen Untersuchung (Steinert, 2010).

Die Besonderheiten eines Fingerabdrucks sind die Einmaligkeit, die Unveränderlichkeit und die Möglichkeit zur Klassifizierung (Steinert, 2010).

Der Grundsatz der Einmaligkeit besagt, dass jeder Mensch andere und individuelle Hautleistenbilder besitzt, die nicht vererbbar sind (Herrmann und Saturnus, 2007). Dieser einzigartige Abdruck entsteht in einem zufälligen Prozess während der Embryonalentwicklung (siehe auch [2.1.1.3](#)). Es gibt keine belegten erblichen Zusammenhänge, die die Muster der Fingerabdrücke beeinflussen. Dies unterstreicht auch die Gegebenheit, dass eineiige Zwillinge zwar dieselbe DNA besitzen, jedoch keinen identischen Fingerabdruck (Steinert, 2010).

Dass die Hautleistenbilder eines Individuums von Natur aus vom vierten Embryonalmonat bis zum Tod unverändert bleiben, besagt der Grundsatz der Unveränderlichkeit (Herrmann und Saturnus, 2007). Das Hautleistenmuster ist beständig und kann sogar nach dem Tod weiterhin bestehen bleiben. Tatsächlich können selbst nach 2000 Jahren die Oberflächenreliefs der Finger von ägyptischen Mumien eindeutig identifiziert werden (Steinert, 2010).

Der zentrale Bereich der Fingerbeere bildet eine einzigartige Konfiguration, die für eine grobe systematische Klassifizierung ausreicht. Für die Klassifizierung des Fingerabdrucks wird der sogenannte Musterbereich, der durch zwei Linien, die sogenannten Typenlinien begrenzt ist, verwendet. Die Abdrücke können dann in ein Klassifizierungssystem eingeordnet werden, das es den Experten ermöglicht, neue Abdrücke schnell mit bereits gesicherten und registrierten Daten abzugleichen (Steinert, 2010).

Eine Ausnahme stellen vereinzelt aufgetauchte Anomalien dar, die auf Krankheiten zurückzuführen sind. Hierbei kann es zu unterentwickelten Papillarleisten, segmentierten Papillarleistenmustern, horizontalen Rillen beziehungsweise untypischen Mustern kommen (Labudde und Mohaupt, 2018). Eine Besonderheit ist die Krankheit Dermatopathia pigmentosa reticularis, die durch das defekte Keratin-14-Gen hervorgerufen wird. Der Betroffene besitzt keinerlei Papillarlinien und daher keinen Fingerabdruck. Symptome, die mit dieser Krankheit einhergehen, sind beispielweise eine netzartige Hyperpigmentierung und die Dystrophie der Nägel (Shah et al., 2015).

2.1.3 Merkmale daktyloskopischer Spuren

Bei der Analyse von daktyloskopischen Spuren werden insgesamt drei Vergleichsebenen betrachtet, die von Experten in einem Ansatz vom „Groben zum Feinen“ durchlaufen werden (Sonderegger und Peter, 2013)

2.1.3.1 Ebene 1

Der allgemeine Papillarlinienverlauf stellt die daktyloskopischen Informationen der Ebene 1 dar. Im Kontext der daktyloskopischen Identifikation ist die Übereinstimmung im allgemeinen Papillarlinienverlauf ein entscheidendes Prüfkriterium auf Ebene 1. Die Gesamtheit der Anordnung der Papillarlinien kann charakteristische Muster bilden (Steinert, 2010). Diese durch den typischen Verlauf entstehenden Muster werden als „Grundmuster“ bezeichnet (Labudde und Mohaupt, 2018), wobei zwischen drei Grundmusterarten unterschieden wird: dem Schleifenmuster, dem Wirbelmuster und dem Bogenmuster. Die qualitative Bewertung von Fingerabdruckmustern variiert je nach Häufigkeit ihres Auftretens. Es gibt auch seltene Erscheinungsformen von Papillarlinienbildern, die keiner grundlegenden Musterart entsprechen und als Sonderform gelten (Steinert, 2010).

Zur Klassifizierung des Grundmusters gibt es zwei relevante Merkmale im Zentralbereich des Fingerabdrucks (Abb.2). Ein Merkmal ist der Kern, der als spezifischer Punkt gewählt wird, an dem sich das Zentrum des entsprechenden Musters befindet. Das zweite relevante Merkmal ist das Delta (siehe auch Abb. 2). In der Regel befindet sich das Delta auf dem Rand des Fingerabdrucks und tritt in leicht abweichenden Formen auf. Das Delta entsteht aus zwei auseinanderlaufenden Papillarlinien oder aus einer sich gabelnden Papillarlinie, die sich mit einer konvex verlaufenden Papillarlinie aus einer anderen Richtung verbindet (Herrmann und Sater-nus, 2007).



Abbildung 2: Kern (Zentrum) und Delta des Fingerabdrucks (Sonderegger und Peter, 2013)

Das am häufigsten vorkommende Grundmuster bei menschlichen Fingerabdrücken stellt die Schleife dar (Abb.3) (Herrmann und Saternus, 2007). Das Schleifenmuster macht dementsprechend circa 60% aller Grundmuster aus und ist durch halbkreisförmige Papillarlinien gekennzeichnet, die in etwa parallel zurückkehren. Typischerweise besitzt das Schleifenmuster ein Delta (Steinert, 2010). Es gibt zwei Arten von Schleifen, die sich je nach Erscheinungsform oder nach der Ausrichtung der Linienkrümmung unterscheiden: linke und rechte Schleifen (siehe Abb. 3 und Abb. 4) (Labudde und Mohaupt, 2018).



Abbildung 3: Linksseitiges und rechtseitiges Schleifenmuster (van Dam, 2014)

Das Wirbelmuster ist bei circa. 30-35% der Fingerabdrücke festzustellen (Abb.4) (Herrmann und Saternus, 2007). Hier verlaufen die Papillarlinien in etwa kreisförmig um das Zentrum des Musters (Steinert, 2010). Der Wirbel besitzt mindestens zwei musterbestimmende Deltas (Herrmann und Saternus, 2007).



Abbildung 4: Wirbelmuster (van Dam, 2014)

Das seltenste vorhandene Grundmuster ist das Bogenmuster (Abb.5). Weniger als 5% der Fingerabdrücke lassen sich als Bogenmuster definieren. Man spricht hierbei von einer unterschiedlich intensiven distalen Wölbung, wobei die Papillarlinien von Nagelkante zu Nagelkante verlaufen. Das Bogenmuster weist im Vergleich zum Schleifen- und Bogenmuster kein Delta auf. Es gibt zwei Unterkategorien von Bogenmustern: der flache Bogen und der gewölbte Bogen. Flache Bogenmuster zeichnen sich dadurch aus, dass die Papillarlinien sich leicht wellen und fast paral-

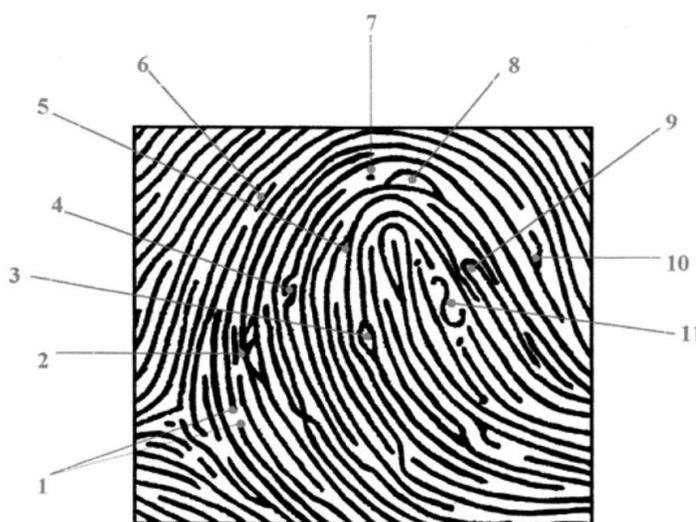
lel in der Mitte verlaufen. Gewölbte Bogen hingegen weisen eine stärkere Wellung bis hin zur Spitzenbildung (Tannenbogen) mittig des Abdrucks auf (Steinert, 2010).



Abbildung 5: Flacher Bogen (links) und Tannenbogen (rechts) (van Dam, 2014)

2.1.3.2 Ebene 2

Zu den anatomischen Merkmalen der Ebene 2 gehören die charakteristischen Details, die als „Minutien“ oder „Minuzien“ bezeichnet werden. In der Regel bilden die Minutien in ihrer Form und Anordnung entlang der Papillarlinien die Grundlage für den Nachweis der Identität durch Daktyloskopie (Steinert, 2010). Es gibt zahlreiche unterschiedliche Minutien, die aufgrund ihrer charakteristischen Form unterschiedlich bezeichnet werden. Eine Übersicht der gängigsten Arten ist in Abbildung 6 dargestellt (Herrmann und Saturnus, 2007). Zusätzlich können weitere augenfällige Strukturen als anatomisches Merkmal betrachtet werden. Zu diesen Strukturen gehören Falten, Furchen oder Narben (Steinert, 2010).



1	Beginn und Ende von Papillarlinien
2	Linienverästelung
3	Auge
4	Ausweichende Endstücke
5	Gabelung
6	Eingelagerte Linie
7	Punkt
8	Insel
9	Eingelagerte Schleife
10	Haken
11	Sonderheiten

Abbildung 6: Formen von Minutien auf einem Fingerabdruck (Herrmann und Saturnus, 2007)

2.1.3.3 Ebene 3

Die Ebene 3 beinhaltet zusätzliche Erscheinungsformen wie beispielsweise Zwischenleisten, Poren, Kantenverläufe aber auch Feinstrukturen von Falten, Furchen und Narben. Zwischenleisten bilden sich in den Vertiefungen zwischen den Hautleisten, sind schmaler und weniger ausgeprägt als benachbarte Papillarleisten. Sie können punktförmig, fragmentarisch zerrissen oder nicht abgebildet sein. Poren sind unveränderlich und befinden sich auf den Hautleistenkämmen als trichterförmige Öffnungen ekkriner Drüsen. Die Kantenverläufe der Papillarleisten besitzen ein Profil, welches weitgehend konstant ist. Aufgrund von Alterungsprozessen, Krankheiten oder Umwelteinflüssen kann es variieren (Steinert, 2010).

2.1.4 Methoden zur Sichtbarmachung daktyloskopischer Spuren

Die Spurensuche und Spurensichtbarmachung erfolgt oft simultan und beinhaltet häufig die Sicherung der daktyloskopischen Spur. Hierbei werden, je nach Art der Oberfläche und der Beschaffenheit der Spur, unterschiedlichste Methoden eingesetzt. Unterschieden wird dabei zwischen optischen, physikalischen und chemischen Methoden (Steinert, 2010).

2.1.4.1 Optische Methoden

Die optische Methode ist berührungs- und zerstörungsfrei und erfolgt unter der Anwendung spezieller Lichtquellen. Es empfiehlt sich daher vor der Verwendung von spurenveränderten Mitteln zunächst optische Verfahren anzuwenden. Hierbei wird versucht die daktyloskopische Spur beispielsweise unter Verwendung von Schräg- und Durchlicht sichtbar zu machen. Weitere spezielle Lichtquellen, die zum Einsatz kommen, sind UV-Licht oder Halogenlicht. Auch die Arbeit mit einer einfachen Lupe gehört zu den optischen Methoden (Steinert, 2010).

2.1.4.2 Chemische Methoden

Die chemischen Sichtbarmachungsmethoden beziehen sich auf das Tränken, Besprühen oder Bedampfen der Spuren mittels Reaktionsmitteln. Sie basieren auf einer chemischen Reaktion zwischen den Bestandteilen des Schweißes und den Spurensicherungsmitteln. In der Regel werden die chemischen Methoden nicht direkt am Tatort angewendet, da sie Laborbedingungen erfordern (Steinert, 2010). Die in der Praxis am häufigsten angewendeten Methoden sind das Tränken des Spurenlagers in Ninhydrin und das Bedampfen des Spurenlagers mit Hilfe von Jod oder Cyanacrylat (Drahansky et al., 2017).

Die Bedampfung mittels Cyanacrylat, auch bekannt als Sekundenkleber, eignet sich ideal für die Visualisierung von Fingerabdrücken auf nicht saugfähigen Oberflächen. Sie bietet sich insbesondere bei der Untersuchung von zahlreichen kleineren, transportablen Spurenlägern an. Die zu untersuchenden Spurenläger werden dafür in einer Verdampfungskammer abgestellt oder aufgehängt. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der Spurenläger so wenig wie möglich Auflagefläche besitzt. Um eine gute Anhaftung des Cyanacrylats zu gewährleisten, wird während der Bedampfung in der Kammer ein hoher Feuchtigkeitsgrad erzeugt. Das Cyanacrylat befindet sich in einem Schälchen in der Verdampfungskammer und wird während des Vorgangs erhitzt, wodurch es verdampft. Dabei bildet sich eine silbrig-weiße Anhaftung an den daktyloskopischen Spuren, die sich gut fotografisch sichern lässt (Kawelovski, 2021).

Jod ist ein vielseitiges Element mit einer breiten Anwendungspalette. Es kann sowohl als Pulver als auch als Dampf verwendet werden. Aufgrund seiner Toxizität sollte es allerdings nur unter kontrollierten Laborbedingungen angewendet werden. Bei der Suche nach daktyloskopischen Spuren eignet sich Jod besonders auf Papier. Bei der Bedampfung mit Jod ist zu beachten, dass es sich verflüchtigt. Die Spuren bleiben nur kurze Zeit sichtbar und müssen folglich entweder schnell fotografiert oder mittels chemischer Reaktion fixiert werden. Zur Fixierung können verschiedene Substanzen wie Stärke oder α -Naphthoflavon verwendet werden. Diese ermöglichen es, weitere Analysen durchzuführen, da sie die mit Jod bedampften Spuren dauerhaft sichtbar machen (Bader et al., 2009).

Eine zusätzliche Methode oder auch Substanz, die bei Spurenlägern aus Papier eingesetzt wird, ist Ninhydrin. Dieser Stoff reagiert mit den Aminosäuren, die in den Eiweißbestandteilen des menschlichen Körpers enthalten sind. Dabei wird der Spurenläger entweder in ein Tauchbad mit Ninhydrin getränkt oder aus einer Sprühdose besprüht. Die Entwicklung der Spur ist abhängig von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit des Raums, in dem das Papier gelagert wird. In der Regel werden eine Luftfeuchtigkeit von 65% und eine Temperatur von 23 °C empfohlen. Die Papillarlinien erscheinen als violette Markierungen auf dem Spurenläger. Zu beachten ist, dass es mehrere Tage dauern kann, bis sich die daktyloskopische Spur vollständig entwickelt hat (Kawelovski, 2021).

2.1.4.3 Physikalische Methoden

Die physikalischen Methoden für daktyloskopische Spuren basieren auf pulverförmigen Adhäsionsverfahren. (Steinert, 2010). Dies stellt eine der ältesten und am weitesten verbreiteten Methode zur Erkennung latenter Fingerabdrücke auf nicht porösen Oberflächen dar. Hierbei werden feine Partikel aufgetragen, die physikalisch an den wässrigen und öligen Bestandteilen der Fingerabdrücke haften. Man spricht davon, dass die mechanische Anziehungskraft zwischen den Partikeln des Pulvers und den Bestandteilen des Abdrucks zur sogenannten Adhäsion

führt. Faktoren, die hierbei die Qualität des Abdrucks beeinflussen, sind die Partikelgröße und -form sowie die relative Oberfläche und Ladung des Pulvers. Die verwendeten Pulverarten bestehen aus zwei bedeutsamen Elementen. Zum einen das Pigment, welches einen Kontrast und eine gewisse Schärfe zur Hintergrundoberfläche ermöglicht und zum anderen das Bindemittel, welches zur maximalen Haftung auf den Fingerabdruckrückständen beiträgt (Yamashita und French, 2010). Die gängigsten verwendeten Pulverarten sind Ruß, Eisenpulver (Magna Brush) und verschiedene fluoreszierende und farbige Pulver (Steinert, 2010).

Ruß ist eines der gebräuchlichsten Pulver für latente Abdrücke, bekannt für seine Vielseitigkeit und Wirksamkeit. Es funktioniert auf einer Vielzahl von Oberflächen und verursacht einen sehr geringen Substratanstrich. Rußpulver erzeugt einen dunkelgrau bis schwarzen Fingerabdruck (Yamashita und French, 2010) und wird normalerweise mit einem langhaarigen Zephirpinsel oder einem Einstaubgerät mit Marabufedern auf den spurenverdächtigen Bereich aufgetragen (Kawelovski, 2021). Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass der Spureträger in einem trockenen und fettfreien Zustand ist. Zusätzlich sollte die Spur vorsichtig in eine Richtung eingestaubt werden, da sich das Hin- und Herwischen negativ auf die Spur auswirken kann (Steinert, 2010).

Eine weitere gängige Methode zur Darstellung latenter Fingerabdrücke ist die Anwendung magnetischer Pulverarten wie Eisenpulver. Bei dieser Technik werden mit einem magnetisierten Stab feinste Metallspäne angezogen und anschließend über die Oberfläche mit latenten Spuren hin und her gestrichen. Dadurch bleiben die Metallspäne an den Abdrücken der Papillarlinien kleben. Bei der Anwendung muss darauf geachtet werden, dass ausschließlich das Pulver die latente Spur berührt und niemals der Magnetstab selbst (Kawelovski, 2021). Die magnetische Pulverkugel ist weicher als herkömmliche Fadenpinsel und verursacht in der Regel weniger Schaden an den feinen latenten Fingerabdrücken (Yamashita und French, 2010).

2.1.5 Sicherung daktyloskopischer Spuren

Bei der Spurensicherung sollten geeignete Verfahren angewendet werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung von Spurensicherungsfolien, um Spuren, die mit pulverförmigen Adhäsionsmitteln behandelt wurden, abzunehmen. Transparente Folien können dann auf eine Spurenkarte übertragen werden. Die Wahl der zu verwendeten Folie sollte sich nach der Beschaffenheit des Spurentägers und der Spur sowie der Farbe des Pulvers richten, um einen optimalen Farbkontrast zu erzielen. Es ist ebenfalls wichtig, während des Sicherungsprozesses Fotos von den Spuren anzufertigen, um eine visuelle Dokumentation zu besitzen (Steinert, 2010).

2.1.6 Auswertung daktyloskopischer Spuren

Die Untersuchung eines Sachverständigen basiert immer auf seinem individuellen Wissen, seiner Erfahrung, seinem Verständnis und seinem Urteilsvermögen. Man spricht bei dem allgemeinen Vorgehen auch von der sogenannten ACE-Methode. Dies ist eine einfache Erklärung der Phasen, die ein Sachverständiger bei der Auswertung von daktyloskopischen Spuren durchläuft. ACE steht für die Analyse (**A**nalyse), den Vergleich (**C**omparison) und die Bewertung (**E**valuation) (Vanderkolk, 2011).

Bei der Analyse handelt es sich um die schlichte Beurteilung eines Abdrucks auf seiner Oberfläche durch den Sachverständigen. Hierbei sollte der Sachverständige den Abdruck systematisch in verschiedene Bestandteile zerlegen. Man könnte sagen, er führt eine Klarheitsanalyse durch, um die Detailstufen festzulegen, die zum Vergleich zur Verfügung stehen. Anhand dessen entscheidet der Sachverständige anschließend, ob der Fingerabdruck für einen Vergleich mit einem anderen Abdruck ausreicht. Falls die Spur als unzureichend eingestuft wird, endet die Auswertung mit der Feststellung, dass der Abdruck nicht für Vergleichszwecke geeignet ist (Vanderkolk, 2011).

Während der Vergleichsphase erfolgt die direkte oder nebeneinander liegende Gegenüberstellung von Papillarliniendetails, um festzustellen, ob die Details in zwei Fingerabdrücken übereinstimmen oder nicht. Hierbei werden Gleichartigkeit, Reihenfolge und räumliche Beziehungen der Merkmale berücksichtigt. Der Sachbearbeiter führt vergleichende Messungen aller Art der Details durch, wobei die Toleranz für durch Verzerrungen verursachte Abweichungen im Erscheinungsbild berücksichtigt wird. Je weniger klar oder verzerrt einer der beiden Abdrücke ist, desto toleranter muss der Prüfer gegenüber Abweichungen sein. Ist der Abdruck von schlechter Qualität, so sollten mehr Details verlangt werden, um eine Übereinstimmung festzustellen. Nach der Feststellung der tatsächlichen Übereinstimmungen oder Nichtübereinstimmungen der ersten, zweiten oder dritten Merkmals-ebene in der Vergleichsphase ist die Bewertung der nächste Schritt (Vanderkolk, 2011).

Die Bewertung basiert auf den vorherigen Phasen der Analyse und dem Vergleich. Anhand dessen kann der Prüfer zu drei unterschiedlichen Entscheidungen kommen (Vanderkolk, 2011):

1. Die Übereinstimmung zwischen zwei Fingerabdrücken. Diese wird durch eine ausreichende Anzahl an Details unterstützt, die übereinstimmen und die Feststellung stützen, dass die Abdrücke von derselben Quelle stammen (Vanderkolk, 2011).
2. Die Nichtübereinstimmung zwischen zwei Fingerabdrücken. Wenn ausreichend Details nicht übereinstimmen, rechtfertigt dies die Feststellung, dass

die Abdrücke aus unterschiedlichen Quellen stammen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass der Ausschluss einer Quelle nicht dasselbe ist wie der Ausschluss einer Person als Urheber des unbekanntes Abdrucks (Vanderkolk, 2011).

3. Keine definitive Feststellung. In diesen Fällen kann der Sachbearbeiter nicht sicher feststellen, ob die Merkmale tatsächlich übereinstimmen oder nicht übereinstimmen. Dies kann auf die Unzulänglichkeit des unbekanntes Abdrucks, die Unzulänglichkeit des bekannten Abdrucks oder eine Kombination aus beidem zurückzuführen sein (Vanderkolk, 2011).

Zusätzlich zu der manuellen Arbeit spezifischer Sachbearbeiter gibt es automatisierte Fingerabdruck-Identifikationssysteme. Solche ermöglichen innerhalb kürzester Zeit die Identifikation individueller Merkmale und den automatischen Abgleich mit gespeicherten Daten. Zu Beginn des Prozesses werden die Abdrücke mittels eines Scanners in ein digitales Bild umgewandelt. Die Bilder der Fingerabdrücke können unterbrochene oder verschmierte Papillarlinien aufweisen. Mit Hilfe verschiedener Module werden die digitalen Bilder aufbereitet. Die Gleichmäßigkeit des Linienverlaufs wird bestimmt und an den gestörten Stellen rekonstruiert. Da jedoch Unterbrechungen im Papillarlinienverlauf auch typische Merkmale der zweiten Ebene sein können, ist es bei der Bildverarbeitung sehr wichtig, das Wissen über die Umgebung der Fehlerstellen präzise anzuwenden (Nickolay et al, 1997).

2.1.6.1 AFIS- Automatisiertes Fingerabdruckidentifizierungssystem

Seit der Gründung des AFIS im Jahre 1951 hat das Bundeskriminalamt seine zentrale Fingerabdrucksammlung ständig erweitert. So werden mittlerweile monatlich bis zu 60.000 digitale Fingerabdruckblätter gespeichert, ausgewertet und der Sammlung hinzugefügt. Im Jahre 1993 wurde das automatisierte Fingerabdruckidentifizierungssystem noch einmal verbessert, sodass es von da an möglich war, die anatomischen Merkmale automatisch zu erkennen (Bundeskriminalamt, 2023). Die Ausführung des AFIS erfolgt in vier Arbeitsschritten. Der erste Schritt ist die Erfassung der Fingerabdrücke. Mittels Scanner werden die Fingerabdruckblätter oder auch Tatortspuren eingescannt. Anschließend wird die Qualität der digitalisierten Abdrücke begutachtet. Das System basiert auf der Codierung der anatomischen Merkmale, die ein Fingerabdruck enthält, was die anschließende Recherche überhaupt erst möglich macht. Manuell werden die Ergebnisse abschließend von einem Daktyloskop begutachtet, kontrolliert und verifiziert, um Fehler auszuschließen (Steinert, 2010).

2.1.6.2 Gerichtliche Verwertbarkeit in Deutschland

Nach einem Urteil des Bundesgerichtshofes vom 11.06.1952 (3StR 229/52) gilt im deutschen Strafrecht der eindeutige Identitätsnachweis als dann geführt, wenn mindestens 12 Minuten bei Nichterkennung des Grundmusters übereinstimmen oder andernfalls 8 Minuten und das Grundmuster identisch sind (Laudon, 2013).

2.2 Forschungsstand der Alternativen für das Rußpulver

Es gibt noch viel zu tun bei der Entwicklung von Alternativen für herkömmliche Fingerabdruckpulver. Trotz Tausender bekannter Fingerabdruckformulierungen, wird immer noch mit Toxizität, hohen Kosten und Knappheit bei herkömmlichen Pulvern gekämpft (Vadivel et al., 2021).

Verschiedene Forschergruppen haben im Zusammenhang damit viele Fingerabdruckpulver getestet und bewertet. Um einen kleinen Überblick über die bisher genutzten Alternativen zu geben, habe ich diese in fünf Kategorien eingeteilt: „Lebensmittel“, „pflanzliche Stoffe“, „Kosmetikprodukte“, „Mineralien“ und „kohlenstoffbasierte Materialien“.

2.2.1 Lebensmittel

Das derzeit meist erforschte und generell bestbewertete Fingerabdruckpulver auf Lebensmittelbasis ist das Kurkumapulver (Vadivel et al., 2021). Erstmals wurde das Pulver von Garg et al. verwendet. Hierbei wurde reines, im Handel erhältliches, Kurkumapulver gekauft, fein gemahlen und anschließend auf elf verschiedenen Oberflächen getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass Kurkumapulver auf den meisten Oberflächen (ausgenommen der Haut) sehr klare Ergebnisse lieferte (Garg et al., 2011). Im Anschluss wurde das Kurkumapulver von vielen weiteren Forschern getestet, die ähnlich gute Ergebnisse erzielten. Ein möglicher Grund für die Haftung des Kurkumapulvers könnte die „Bildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Fettsäuren/Glyceriden des Talgs und den Carbonyl- und Hydroxylgruppen der Curcumin-Komponente des Kurkumapulvers“ sein (Vadivel et al., 2021).

Jossan et al. nutzte alltägliche Haushaltspulver als Alternative. Zu diesen gehörten Backpulver, Kichererbsenmehl, Maismehlpulver, Schokoladenpulver, trockenes Ingwerpulver, Weizenmehl, Ranipal, Puddingpulver, trockenes Mangopulver und blaues Neel Pulver. Sie kamen zu dem Schluss, dass Backpulver, Ranipal, Maismehl und Puddingpulver durchschnittlich die besseren Ergebnisse lieferten. Dies ist laut der Forschungsgruppe darauf zurückzuführen, dass diese generell in sehr feiner Form vorliegen. Die genaue Partikelgröße wurde hierbei nicht bestimmt, dennoch lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Feinheitsgrad des Pulvers und der Qualität der Fingerabdrücke vermuten (Jossan et al., 2015).

Eine weitere Forschungsgruppe nutze ebenso Puddingpulver, Maismehl, Backpulver und Kurkumapulver. Zusätzlich untersuchten sie die Verwendung von Kakaoapulver, Schwarzsatz und Lebensmittelfarbe zur Visualisierung von Fingerabdrücken. Auf allen porösen und nicht porösen Oberflächen lieferten wiederum Kurkumapulver, Puddingpulver, Maismehl und Backpulver die besten Ergebnisse, wobei das neu untersuchte Kakaopulver genauso gut abschnitt (Rohatgi und Kapoor, 2014).

In einer anderen Studie testeten Dhunna et al. den Nutzen von verschiedenen Gewürzen und Kichererbsenmehl, um latente Fingerabdrücke sichtbar zu machen. Die getesteten Gewürze umfassten Kurkuma, Garam Masala, Kreuzkümmel, Koriander, Kitchen King Masala und rotes Chilipulver. Hierbei lieferte das Kichererbsenmehl das beste Ergebnis. Kreuzkümmel und Chilipulver schnitten mittelmäßig ab und die anderen Gewürzarten zeigten kaum verwertbare Ergebnisse (Dhunna et al., 2018).

Weitere getestete Lebensmittelpulver sind das Zimtpulver, das Paprikapulver und das Kaffeepulver. Wobei das Zimtpulver und das Kaffeepulver im Vergleich zu allen anderen Pulverarten ähnlich gute Ergebnisse lieferten. Das Paprikapulver dagegen lieferte die schlechtesten Ergebnisse. Ein möglicher Grund hierfür könnte laut Forscher der fehlende Harzanteil sein (Vadivel et al., 2021).

2.2.2 Kosmetikprodukte

Es gibt auch einen kleinen Teil von kosmetischen Produkten, die von verschiedenen Forschern als Alternative zum herkömmlichen Rußpulver getestet wurden. In einer Studie von Anand et al. testeten die Forscher Bleichmittel, Gesichtspuder, Gesichtsmasken, rosa Lidschatten und Henna auf verschiedenen porösen und nicht porösen Substraten. Die Ergebnisse zeigten, dass Bleichmittel und Gesichtsmasken die besten Ergebnisse lieferten. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass das Titanoxid im Gesichtspuder die Entwicklung latenter Fingerabdrücke fördert. Henna und rosa Lidschatten sind zwar effektiv, die Ergebnisse variieren jedoch stark je nach gewählter Oberfläche (Anand et al., 2017).

Ein weiteres Produkt, das in der Kosmetikbranche aber auch in Lebensmitteln zum Einsatz kommt, ist die Bleicherde, oft auch Fuller's earth genannt. Es handelt sich hierbei um eine mineralreiche Substanz, die absorbierende und bleichende Eigenschaften besitzt. Man spricht von einer Art Ton (Spiegato, 2023). In der Studie, durchgeführt von Thakur und Garg, wurde die eben erwähnte Bleicherde getestet und festgestellt, dass die Abdrücke vor allem auf dunklen Oberflächen aufgrund des guten Kontrasts zum hellen Pulver deutlich sind. Die Forscher sprechen davon, dass sich in vergleichenden Studien gezeigt hat, dass Bleicherde besser haf-

tet als konventionelle Pulver. Weitere Forschungen an der Visualisierung mittels Bleicherde stehen jedoch aus (Thakur und Garg, 2016).

2.2.3 Pflanzliche Stoffe

Eine weitere vielversprechende Methode ist die Verwendung von pflanzlichen Pulvern. So haben eine Vielzahl von Forschern aus pflanzlichen Stoffen Pulver gewonnen, um latente Fingerabdrücke sichtbar zu machen (Vadivel et al., 2021).

Ein Beispiel für eine pflanzliche Methode zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücken ist die Verwendung der Pflanze *Lawsonia Inermis*, die auch unter dem Namen Henna bekannt ist. In einer Studie von Sivaraj et al. wurde die Verwendung von *Lawsonia Inermis* in Kombination mit Schwarzpulver auf Papiermaterialien untersucht und mit der herkömmlichen Ninhydrin-Methode verglichen. Hierfür wurde aus den Blättern der *Lawsonia inermis* ein Anteil extrahiert und getestet. Sowohl auf alten als auch auf neuen Fingerabdrücken auf Papiermaterialien zeigte der Stoff sehr gute Ergebnisse (Sivaraj et al., 2013). Eine andere Forschergruppe untersuchte, ob Hennapulver zur Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf verschiedenen porösen und nicht porösen Oberflächen wirksam sei. Die Ergebnisse zeigten, dass die mit Henna entwickelten Abdrücke auf Folienpapier und Kunststoffteilen vollständig identifizierbar waren, während sie auf Granit, Leder, Papier und Pappe nur teilweise sichtbar gemacht werden konnten. Das schlechteste Ergebnis lieferte das Hennapulver auf Holzboden (Anand et al., 2017).

In gleicher Weise wurde auch die Verwendung von verschiedenen Algenbiomassen auf latenten Fingerabdrücken getestet. Hierbei handelte es sich sowohl um Mikroalgenarten als auch um Makroalgenarten, die sowohl käuflich erworben aber auch eigenhändig an Stränden gesammelt wurden. Bei den vielen getesteten Algenarten lieferten die *Spirulina* und die *Searlesiana* angemessene Ergebnisse bei der Entwicklung latenter Fingerabdrücke. Als weniger nützlich zeigte sich die Algenart *D. Anceps* (Passos et al., 2021).

Ein weiterer bereits getesteter pflanzlicher Stoff sind die Durian-Samen. Diese wurden zur Pulverherstellung von den Forschern getrocknet, geschält, pulverisiert und anschließend auf verschiedenen porösen und nicht porösen Oberflächen getestet. Dabei kamen die Forscher zu dem Ergebnis, dass latente Fingerabdrücke auf den meisten Oberflächen mit Durian-Samenpulver sichtbar gemacht werden konnten. Den Erfolg des Pulvers begründeten sie mit dem hohen Stärkeanteil, der in Duriansamen enthalten ist und nachweislich an den Komponenten der Fingerabdruckrückstände haftet (Sekar und Zulkifli, 2017).

Sari et al. testete Gambirpulver auf verschiedenen nicht porösen Oberflächen. Hierfür wurde die Frucht der Gambirpflanze mittels Mörser und Stößel zerkleinert und anschließend auf Oberflächen wie Aluminiumfolie, Glas, Plastikbechern,

Compact Discs und durchsichtigen Kunststoffen getestet. Das Gambirpulver lieferte bei frischen Fingerabdrücken auf trockenen, nicht porösen Oberflächen nahezu perfekte Ergebnisse (Sari et al., 2019).

2.2.4 Mineralien

In der forensischen Wissenschaft wurden verschiedene Minerale als Alternative zu herkömmlichen Fingerabdruckpulvern getestet. Garg et al. beispielweise haben latente Fingerabdrücke auf verschiedenen Substraten mit Hilfe von Weißzementpulver entwickelt und mit dem herkömmlichen weißen Fingerabdruckpulver verglichen. Es wurden hierbei 20 verschiedene Substrate getestet, darunter poröse, nicht poröse und halporöse Oberflächen. Laut den Forschern lieferte der Weißzement auf 14 von 20 getesteten Oberflächen sehr klare Ergebnisse. Teilweise sogar bessere Ergebnisse als mit dem herkömmlichen Pulver. Am besten geeignet war das Weißzementpulver für farbige Kontrastflächen, wogegen es sich als eher ungeeignet auf Papier, Bondpapier, Hochglanzpapier und ähnlichem erwies (Garg et al., 2014).

Eine Forschergruppe präsentierte eine neue Methode zur Erstellung von Fingerabdrücken auf unterschiedlichen porösen und nicht-porösen Oberflächen, indem sie Marmorschlammstaub als Material einsetzten. Marmorschlammstaub ist ein Abfallmaterial, das als Dünger wirkt, wenn es mit Erde gemischt wird. Die Ergebnisse zeigten, dass der Marmorschlammstaub auf kontrastreichen Oberflächen gute Ergebnisse lieferte. Die erfolgreich entwickelten Proben umfassten Papier, Sperrholz, eine Kunststoffkiste, eine poröse Kunststoffoberfläche und Holzoberfläche, Eisen, Antihafbeschichtung, Leder, ein Schirmtuch und Edelstahl (Sanklah et al., 2018).

Ein weiteres Mineral, das bereits getestet wurde, ist das Kieselgel G. Es handelt sich bei Kieselgel G um eine Verbindung von Siliciumdioxid und Gips. Zusätzlich ist es kostengünstig und leicht erhältlich. Das Pulver wurde auf 15 unterschiedlichen porösen und nicht porösen Oberflächen getestet und lieferte vor allem auf den Oberflächen mit erhöhtem Kontrast gute Ergebnisse. Negative Ergebnisse lieferte es auf weißem Papier, Geldscheinen und thermoplastischem Kunststoff wegen des geringen Kontrasts (Singh et al., 2013).

Badiye und Kapoor haben erfolgreich nachgewiesen, dass Robin® Powder Blue, ein Stoffaufheller, als effektives Fingerabdruckpulver verwendet werden kann. Der Hauptbestandteil dieses Pulvers ist ein ultramarinblaues Pigment, was dem Pulver seine Farbe verleiht. Die entwickelten Fingerabdrücke zeigten einen ausgezeichneten Kontrast auf nicht porösen, porösen und halporösen Materialien. Es waren sogar die einzelnen Minutienmerkmale klar erkennbar, was ein vielversprechen-

des Ergebnis für die Verwendung von Robin® Powder Blue als Fingerabdruckpulver bei kriminaltechnischen Untersuchungen ist (Badiye und Kapoor, 2015).

Weitere getestete Minerale sind das Rohphosphatpulver, neutrales Aluminiumoxidgel D und Zinnoberrot. Das Rohphosphatpulver entwickelte auf Kunststoff und Papieroberflächen gute analysierbare Fingerabdrücke (Sankhla und Kumar, 2019) ähnlich wie das neutrale Aluminiumoxidgel G (Ramanan und Nirmala, 2020). Da Zinnoberrot Quecksilber enthält, bietet es sich nicht wirklich als „gesunde“ Alternative zu den herkömmlichen Fingerabdruckpulvern an (Vadivel et al., 2021).

2.2.5 Kohlenstoffbasierte Materialien

In der Industrie wird für die Herstellung von Kohlenstoffnanopartikeln üblicherweise Kohle als Vorprodukt genutzt. Jedoch ist es auch möglich, Biomasse als Ausgangsmaterial für die Synthese zu nutzen. Diese Möglichkeit haben sich einige Forscher zunutze gemacht und versucht, aus verschiedenen Biomassen Alternativen für das herkömmliche Rußpulver zu entwickeln. Eine Forschergruppe widmete sich der Herstellung von Nanokohlenstoffpulver aus Reishülsen und testete dieses auf 16 unterschiedlichen nicht porösen und halbporenen Oberflächen. Die mit Nanokohlenstoffpulver aus Reishülsen erzielten Ergebnisse sind vergleichbar mit denen für herkömmliches Pulver (Rajan et al., 2018).

Zusätzlich wurde versucht, Material auf Kohlenstoffbasis aus Bananenschalen herzustellen und es als Alternative für herkömmliche Pulver zu verwenden. Hierbei wurde die Zugabe von Methylenblau untersucht, um die sichtbargemachten Abdrücke zu optimieren. Dazu wurde Aktivkohle aus Bananenschalen hergestellt, zerkleinert und anschließend mit einem 400-mesh Sieb gesiebt. Die Forscher testeten die Hafteigenschaften des Pulvers auf latenten Fingerabdrücken auf nicht porösen Oberflächen. Das Bananenschalenpulver erwies sich als besonders haftfähig an den Reibungsrillen der Fingerabdrücke und konnte leicht aus den Furchen ausgebürstet werden. Zusätzlich kamen sie zu dem Resultat, dass es wirksam ist, eine sehr geringe Menge Methylenblau (circa 0,2%) hinzuzufügen, um die Schärfe und Dunkelheit der Abdrücke zu verbessern (Mopoung und Thongcharoen, 2009).

Ein weiteres Beispiel für die Herstellung eines kohlenstoffbasierten Materials lieferte Low et al.. Sie verwendeten verwelkte Blätter der *Imperata cylindrica*, auch bekannt unter dem Namen Silberhaargras. Die Blätter wurden mit destilliertem Wasser ausgiebig gereinigt, zerkleinert und anschließend in einem Ofen erhitzt. Zusätzlich wurde das Pulver mit Schwefelsäure vermischt, weshalb es sich um ein säuremodifiziertes Pulver handelt. Die Studie zeigte, dass säuremodifiziertes *Imperata cylindrica* Pulver eine effektive Visualisierung von Fingerabdrücken auf ver-

schiedenen Oberflächen ermöglicht, auch bei gealterten und in Wasser getauchten Abdrücken. Eine mögliche Erklärung für die gute Haftung des Pulvers an den Abdruckrückständen ist die Bildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Hydroxyl- und Carbonylgruppen des Pulvers und den Fettsäuren oder Glyceriden des Talgs (Low et al, 2015).

In dem Experiment von Seerat et al. wurden winzige natürliche Kohlenstoffpartikel gesammelt, indem Senföl verbrannt wurde. Um latente Fingerabdrücke zu entwickeln, wurde der gesammelte Ruß auf verschiedenen nicht porösen Oberflächen aufgetragen und mit Holzkohlepulver verglichen. Die Forscher bewerteten den Senfölruß als effektiver, da nur geringe Mengen benötigt wurden und er sich ausschließlich am Fingerabdruck und nicht über die Oberfläche verteilte. Bei der gleichen Forschung wurden zusätzlich noch Ringelblumenblüten als Kohlenstoffpulver verwendet. Dieses schnitt jedoch besonders auf Glas- und Kunststoffoberflächen weniger gut ab (Seerat et al., 2015).

3 Material und Methoden

3.1 Allgemeine Bedingungen im Labor

Das Labor wies während der Durchführung der Versuche eine durchschnittliche Temperatur von 20,53°C auf. Diese Temperatur ist ein wichtiger Indikator für die Bedingungen im Labor und beeinflusste möglicherweise die Experimente, die dort durchgeführt wurden. Außerdem lag die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit im Labor bei 28,08%. Um detaillierte Informationen zu den Messwerten zu erhalten, können diese in der beigefügten Tabelle eingesehen werden (Tabelle 1). Es ist zu beachten, dass die Messungen an jedem Tag zwischen 11 Uhr und 13 Uhr vorgenommen wurden.

Datum	Temperatur in °C	Luftfeuchtigkeit in %
31.01.2023	20,4	30
01.02.2023	19,8	30
02.02.2023	20,2	31
03.02.2023	20,1	31
06.02.2023	20,3	26
07.02.2023	20,7	25
08.02.2023	21,2	24
09.02.2023	21,0	24
10.02.2023	21,3	24
13.02.2023	20,0	30
14.02.2023	20,5	31
15.02.2023	20,7	29
16.02.2023	20,7	30

Tabelle 1: Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Labor

3.2 Verwendete Oberflächen

Bei den durchgeführten Versuchen wurden ausschließlich Oberflächen verwendet, die nicht porös waren. Das bedeutet, dass keine Materialien genutzt wurden, die feine Poren oder Löcher aufwiesen, in welche Flüssigkeiten hätten einsickern können. Stattdessen wurden Oberflächen ausgewählt, die eine glatte, teilweise leicht geriffelte und geschlossene Oberfläche besitzen. Konkret handelt es sich dabei um eine hellblau leicht weiß marmorierte Fliese, Glas, einen beschichteten,

hellbraunen Holzboden, eine Metallplatte sowie einen dunkelblauen Plastikordner aus weichem Kunststoff.

3.3 Herstellung der verschiedenen Pulverarten

Alle Arten von selbst hergestelltem Pulver wurden durch einen 300 Mesh-Sieb gesiebt, um sicherzustellen, dass sie eine einheitliche Partikelgröße haben. Die daraus resultierende Größe der Partikel betrug ungefähr 50 Mikrometer. Dies bedeutet, dass die Partikel des Pulvers relativ gleichmäßig und sehr klein waren, was bei der späteren Anwendung von Vorteil sein konnte. Durch das Sieben des Pulvers wurde zudem sichergestellt, dass alle groben Partikel oder Verunreinigungen entfernt wurden, was zu einem besseren und konsistenteren Pulver führte. Das fertige Pulver wurde luftdicht in Zip-Druckverschluss Beuteln verpackt und trocken gelagert. Zusätzlich zu den selbsthergestellten Fingerabdruckpulvern wurde zu Vergleichszwecken als fünftes Pulver das herkömmliche, allgemein verwendete Rußpulver genutzt, welches von der Hochschule Mittweida zur Verfügung gestellt wurde.

3.3.1 Pulver aus Backstein

Ein Backstein besteht üblicherweise aus Lehm- oder Tonerde, die mehrere Tage in der Form des Backsteins im Ofen gebrannt wird. Damit aus dem Backstein im Anschluss ein Pulver hergestellt werden kann, wurde der Backstein zunächst mit einer Feile abgefeilt, um ihn so in kleinere Stücke zu zerkleinern. Anschließend wurde das Material mit einem Mörser und Stößel fein gemahlen. Das gemahlene Material wurde dann durch das Sieb gesiebt, sodass grobe Partikel wie Splitter der Feile oder auch kleine Steinchen entfernt wurden.

3.3.2 Pulver aus Rinderknochen

Zu Beginn wurden Schweineknochen bei einem Metzger gekauft. Diese Knochen wurden dann sorgfältig gereinigt und jegliche Fleischreste und Sehnen entfernt. Als Nächstes wurde das Knochenmark, das sich im Inneren der Knochen befindet, gründlich entfernt, um reines Knochenmaterial zu erhalten. Das Knochenmaterial wurde anschließend auf einem Ofen getrocknet. Der nächste Schritt bestand darin, die Knochenstücke zu feinem Knochenmehl zu mahlen. Jedoch stellte sich heraus, dass die vorhandenen Gerätschaften nicht ausreichend waren, damit die Knochenstücke effektiv auf die gewünschten feinen Partikel pulverisiert werden konnten. Daher wurde beschlossen, stattdessen naturreines Rinderknochenmehl von der renommierten Firma „Grau“ zu kaufen. Dieses Rinderknochenmehl besteht zu 100% aus Rinderknochen und wird vom Hersteller als reich an Kalzium und Phosphor beworben. Um das Rinderknochenmehl noch weiter zu verfeinern

und die gewünschte Konsistenz zu erreichen, wurde das Knochenmehl mit einem Mörser und Stößel weiter bearbeitet. Diese Methode ermöglichte es, das Knochenmehl auf eine feine, gleichmäßige Konsistenz zu bringen. Zum Schluss wurde das Knochenmehl ebenfalls gesiebt und so gröbere beziehungsweise zu große Partikel entfernt.

3.3.3 Pulver aus weißen Bohnen

Zunächst wurden weiße getrocknete Bohnen der türkischen Marke „Reis“ gekauft. Diese Bohnen wurden dann geschält, um nur den weicheren Kern zu behalten. Anschließend wurden die geschälten Bohnen in eine Kaffeemühle gegeben und zu feinem Pulver gemahlen. Das Bohnenpulver wurde aus der Kaffeemühle entnommen und mittels Mörser und Stößel auf eine minimale Partikelgröße weiter verfeinert. Um sicherzustellen, dass das Bohnenpulver von allen gröberen Teilen befreit ist, wurde es ebenfalls gesiebt.

3.3.4 Pulver aus Horn vom Pferd

Um das Pulver aus dem Horn eines Pferdes herzustellen, wurde zunächst ein Hufschmied kontaktiert, der dieses bei der Hufpflege eingesammelt hatte. Hufreste bestehen zum Großteil aus Horn, es befinden sich aber auch Haare und viel Schmutz daran. Demnach musste das Horn zunächst gründlich gereinigt werden. Anschließend wurden die immer noch verschmutzten Stellen abgeschnitten, um sicherzustellen, dass nur reines Horn übrig blieb. Danach wurde das Horn auf einem Ofen mehrere Tage getrocknet. Sobald es vollständig getrocknet war, konnte die Pulverisierung beginnen. Hierfür wurde es zunächst mit einer Feile bearbeitet und anschließend mit Mörser und Stößel weiter verfeinert und auch gesiebt.

3.4 Fingerabdrücke

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde für alle Versuche der Zeigefinger der linken Hand verwendet. Um eine ausreichende Anzahl an Fingerabdrücken für jede Oberfläche zu erhalten, wurden für jedes Pulver insgesamt neun Fingerabdrücke auf die jeweiligen Oberflächen aufgebracht. Dies beinhaltete jeweils drei Fingerabdrücke zur Sicherung frischer Fingerabdrücke, einer Woche alter Fingerabdrücke und zwei Wochen alter Fingerabdrücke. Die latenten Fingerabdrücke wurden mit Talg, hauptsächlich von Gesicht und Stirn, aufgebracht.

Da es zeitlich und praktisch nicht möglich ist, innerhalb eines Tages eine unbegrenzte Anzahl von Fingerabdrücken zu setzen, wurde im Vorfeld ein detaillierter Plan erstellt. Dieser Plan enthielt Informationen darüber, wann die Fingerabdrücke aufgebracht werden sollten und wann sie mit den entsprechenden Pulvern an-

schließlich sichtbar gemacht und fotografisch gesichert werden. Eine übersichtliche Darstellung dieses Plans ist in Tabelle 2 ersichtlich.

	Aufgetragen am	Sicherung am
Rußpulver		
Frische FA	31.01.2023	31.01.2023
Eine Woche alte FA	31.01.2023	07.02.2023
Zwei Wochen alte FA	31.01.2023	14.02.2023
Backsteinpulver		
Frische FA	15.02.2023	15.02.2023
Eine Woche alte FA	02.02.2023	09.02.2023
Zwei Wochen alte FA	02.02.2023	16.02.2023
Rinderknochenpulver		
Frische FA	08.02.2023	08.02.2023
Eine Woche alte FA	01.02.2023	08.02.2023
Zwei Wochen alte FA	01.02.2023	15.02.2023
Weißes Bohnen Pulver		
Frische FA	14.02.2023	14.02.2023
Eine Woche alte FA	01.02.2023	08.02.2023
Zwei Wochen alte FA	01.02.2023	15.02.2023
Hornpulver		
Frische FA	14.02.2023	14.02.2023
Eine Woche alte FA	02.02.2023	09.02.2023
Zwei Wochen alte FA	02.02.2023	16.02.2023

Tabelle 2: Übersicht Fingerabdrücke setzen und sichern

3.4.1 Aufbringen der Fingerabdrücke

Um sicherzustellen, dass die Oberflächen frei von Verunreinigungen waren und die Fingerabdrücke möglichst unverfälscht aufgebracht werden konnten, wurden alle Oberflächen vor dem Aufbringen der Fingerabdrücke mit Aceton sorgfältig gereinigt. Nach der Reinigung wurde eine Wartezeit von 30 Minuten eingeplant, um sicherzustellen, dass das Aceton vollständig verdunstet war.

Vor dem Aufbringen der Fingerabdrücke wurden auch die Hände des Benutzers sorgfältig mit Seife gereinigt und anschließend an der Luft getrocknet, um Verunreinigungen, die nicht körpereigen sind zu minimieren.

Anschließend wurde mit dem Zeigefinger über Bereiche des Gesichts gestrichen, vorwiegend im Stirnbereich, um geringe Mengen an Schweiß und Talg aufzunehmen. Danach wurde der Fingerabdruck auf die gereinigte und vorbereitete Ober-

fläche aufgebracht. Diese beiden Schritte wurden für jeden einzelnen Fingerabdruck wiederholt, um sicherzustellen, dass genügend Fingerabdrücke für jeden Vergleich vorlagen.

Um zu gewährleisten, dass die Fingerabdrücke später korrekt analysiert werden konnten, wurden die Oberflächen mit den latenten Abdrücken, die erst nach einer beziehungsweise zwei Wochen sichtbar gemacht und gesichert werden sollten, im Labor an geeigneten Orten gelagert, an denen sie vor versehentlichem Kontakt geschützt waren. Damit die Fingerabdrücke den allgemeinen Bedingungen an einem Tatort entsprachen und die Lagerbedingungen realistisch waren, wurden sie nicht luftdicht verpackt, sondern frei den Umweltbedingungen im Labor ausgesetzt.

3.4.2 Sichtbarmachung der Fingerabdrücke

Für die Sichtbarmachung der Fingerabdrücke wurde das Adhäsionsverfahren mittels daktyloskopischer Pinsel angewendet (siehe auch [2.1.4.3](#)). Zur Anwendung wurde ein spezieller Zephirpinsel aus weichem und hochwertigem Fiberglas-Filament verwendet. Um den Fingerabdruck sichtbar zu machen, wurde der Pinsel zunächst in das passende Pulver getaucht und dann vorsichtig abgeklopft, um überschüssiges Pulver zu entfernen. Anschließend wurde der Pinsel behutsam über den latenten Abdruck gestrichen, wobei darauf geachtet wurde, dass der Pinsel in eine Richtung gestrichen wurde. Dadurch konnten im besten Fall die feinen Linien des Fingerabdrucks sichtbar gemacht werden.

3.4.3 Fotografische Sicherung der Fingerabdrücke

Nachdem die Fingerabdrücke erfolgreich sichtbar gemacht wurden, wurden sie unverzüglich fotografisch gesichert. Hierfür wurde eine Panasonic DC-G91M Kamera verwendet. Durch den P-Modus konnte die Kamera automatisch die richtigen Einstellungen für Belichtung, Blende und Verschlusszeit wählen und somit eine klare und detaillierte Darstellung der Merkmale des Fingerabdrucks gewährleisten. Darüber hinaus wurde die Kamera im AFS-Modus betrieben, was bei richtiger Handhabung eine automatische Fokussierung und Scharfstellung der Fingerabdrücke ermöglichte.

Um sicherzustellen, dass alle Oberflächen unter den gleichen Bedingungen und bei gleichem Abstand fotografiert wurden, wurden die Oberflächen in eine Fotobox gelegt. Dies half, Lichtverhältnisse und Fokussierung gleichmäßig zu halten und ermöglichte eine genaue Erfassung der Fingerabdrücke.

3.4.4 Bewertungssystem

Um sichtbar gemachte Fingerabdrücke bewerten und vergleichen zu können wurde ein Punktesystem eingeführt. Dieses Punktesystem basiert auf dem deutschen Recht, welches festlegt, unter welchen Bedingungen ein Fingerabdruck als ausreichend angesehen werden kann. Konkret bedeutet dies, dass ein Fingerabdruck aus einem Grundmuster und acht Minutien oder zwölf Minutien ohne Grundmuster bestehen muss, um als ausreichend zu gelten (siehe auch [2.1.6.2](#)).

Damit die Qualität des Fingerabdrucks bewertet werden konnte, wurden Punkte vergeben. Für das Erkennen des Grundmusters erhält der Fingerabdruck vier Punkte. Für jede erkennbare Minutie wird jeweils ein weiterer Punkt vergeben. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt zwölf Punkte.

Dieses Punktesystem dient dazu, eine möglichst einheitliche und objektive Bewertung von Fingerabdrücken und Pulver zu gewährleisten. Es ermöglicht eine schnelle und präzise Beurteilung der Qualität.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden anhand der aufgenommenen Photographien manuell ausgewertet. Die Identifizierung der Minutien und des Grundmusters erfolgte nach eigenem Ermessen. Eine automatisierte Software, wie sie bei polizeilichen Ermittlungen teilweise zum Einsatz kommt, wurde nicht angewendet.

4.1 Frische Fingerabdrücke

4.1.1 Rußpulver

Das Grundmuster war bei allen fünf Oberflächen bei der Sichtbarmachung mittels Rußpulver zu erkennen. Die Klarheit der Papillarlinien ließ sich bei der Fliese, dem Glas und Metall als gut bewerten, sodass auch bei jedem der drei Oberflächen acht eindeutige Minutien identifiziert werden konnten. Bei den Oberflächen aus Holz und Plastik wurden sechs Minutien erkannt. Es waren viele weitere Teilstrukturen der Papillarlinien zu erahnen, diese reichten aber für eine eindeutige Identifizierung nicht aus (Abb.7).

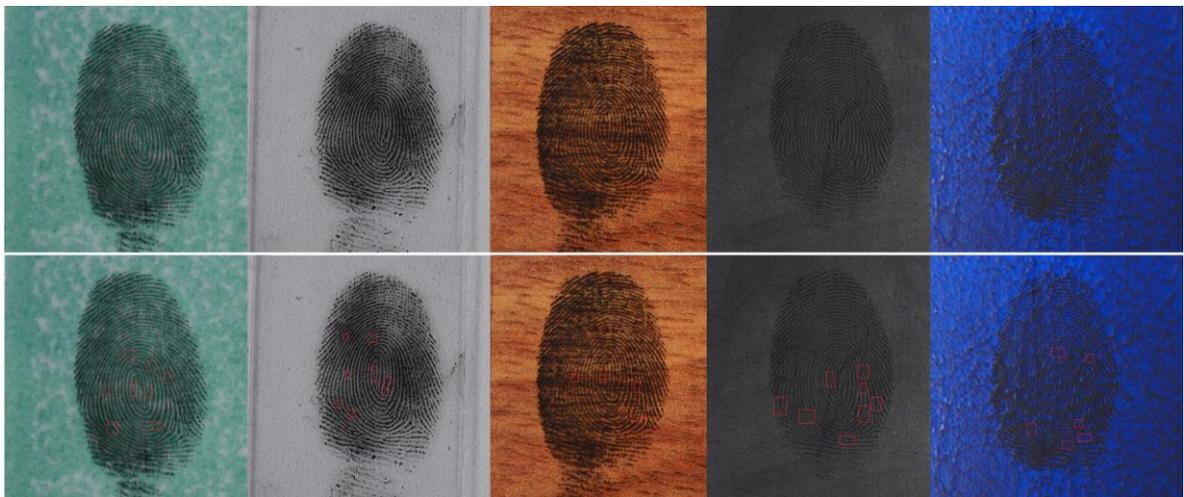


Abbildung 7: Rußpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.1.2 Pulver aus Backstein

Das Grundmuster und acht Minutien waren auf der Fliese, dem Glas, der Metallplatte und dem Plastikordner bei frischen Fingerabdrücken gut sichtbar. Bei der beschichteten Holzplatte ließ sich das Grundmuster nur bei genauerem Hinschau-

en erkennen. Besondere Merkmale zu identifizieren war hier wegen des nicht vorhandenen Kontrasts unmöglich. Backsteinpulver und Holzplatte entsprachen fast genau der gleichen Farbe (Abb.8).

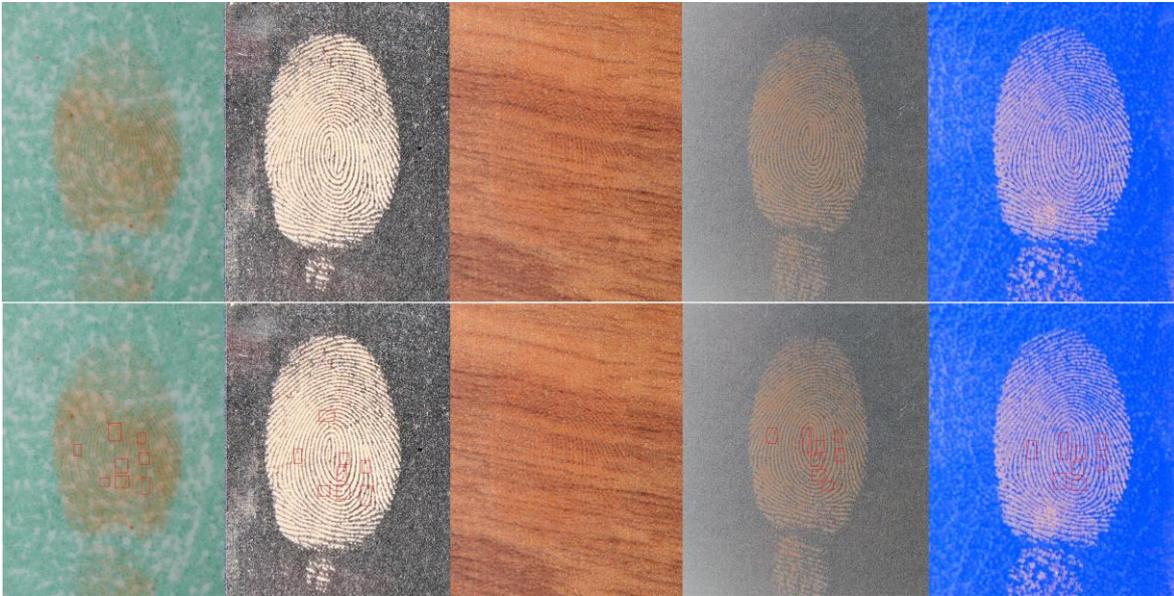


Abbildung 8: Backsteinpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.1.3 Pulver aus Rinderknochen

Sowohl das spiralförmige Grundmuster als auch mindestens acht Minutien sind auf den mit Rinderknochenpulver sichtbargemachten frischen Fingerabdrücken deutlich zu erkennen. Dies gilt für alle fünf Oberflächen (Abb.9).



Abbildung 9: Rinderknochenpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.1.4 Pulver aus weißen Bohnen

Die frischen Fingerabdrücke zeigten ein eindeutiges, spiralförmiges Grundmuster sowie mindestens acht gut erkennbare Minutien. Diese Merkmale waren deutlich sichtbar, wenn die latenten Abdrücke mit Pulver aus weißen Bohnen behandelt wurden. Dies gilt für alle fünf getesteten Oberflächen (Abb.10).

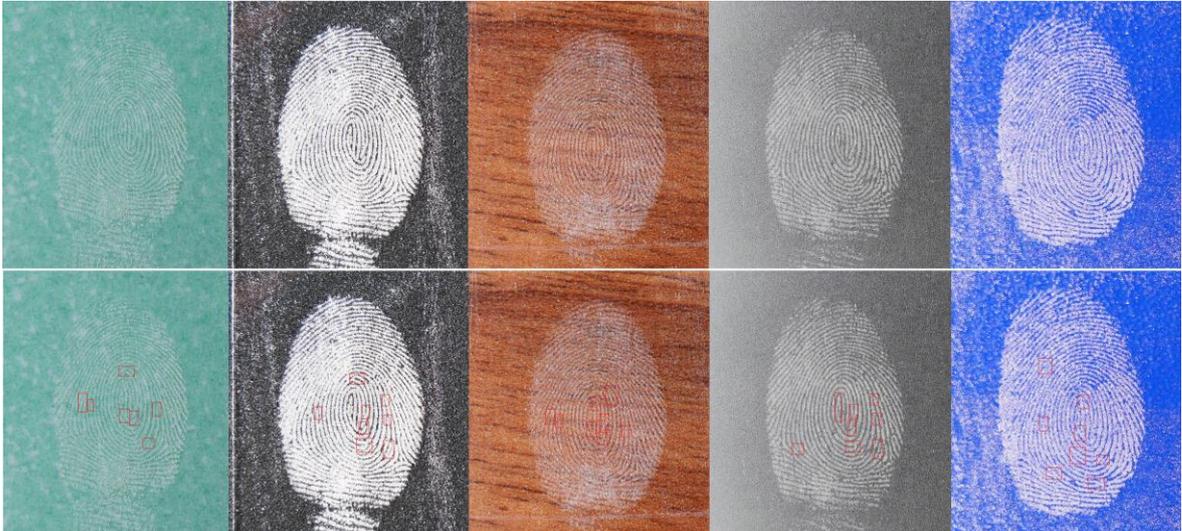


Abbildung 10: Pulver aus weißen Bohnen auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.1.5 Pulver aus Horn vom Pferd

Die Anwendung von Hornpulver zu Sichtbarmachung des Grundmusters bei frischen Fingerabdrücken zeigte sich bei allen fünf Oberflächen als wirksam. Die Klarheit der Papillarlinien war bei Glas, Metall und Plastikordner gut zu erkennen. Infolgedessen konnten bei jeder dieser Oberflächen acht eindeutige Minutien identifiziert werden. Im Fall der Fliese und der Holzoberfläche konnten nur drei beziehungsweise zwei Minutien erkannt werden. Obwohl viele weitere Teilstrukturen der Papillarlinien auf diesen Oberflächen erkennbar waren, reichte ihre Präsenz nicht aus, um eine eindeutige Identifizierung zu ermöglichen (Abb.11).

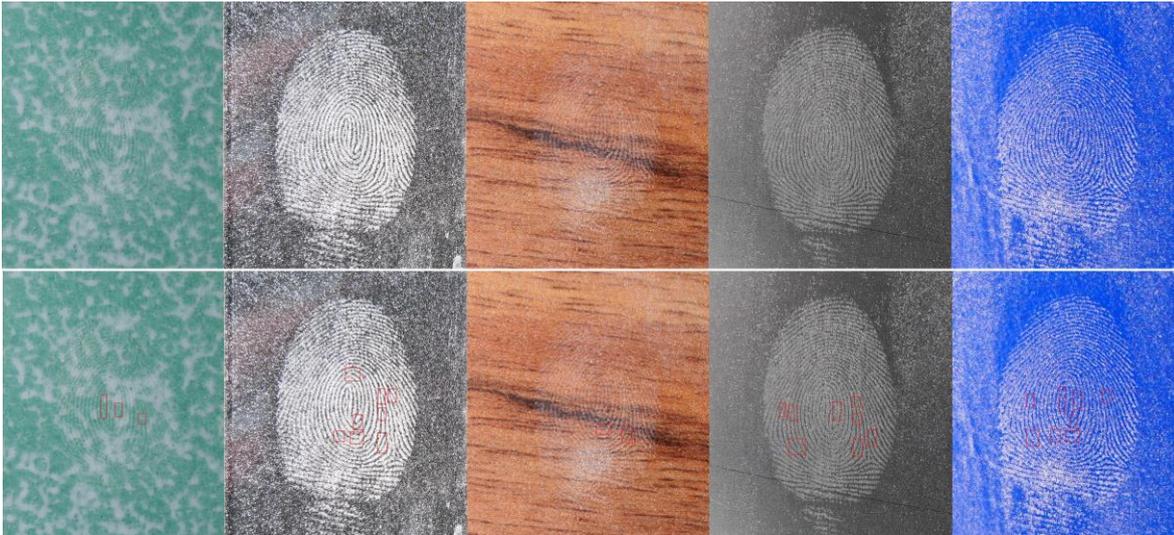


Abbildung 11: Hornpulver auf frischen Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.2 Eine Woche alte Fingerabdrücke

4.2.1 Rußpulver

Das spiralförmige Grundmuster war bei allen fünf Oberflächen zu erkennen. Acht eindeutige Merkmale konnten bei der Fliese und dem Glas erkannt werden. Bei dem Plastikordner und der Metallplatte konnten sechs Minutien identifiziert werden. Der Kontrast auf der Metallplatte hatte sich jedoch im Vergleich zum frischen Fingerabdruck verschlechtert. Bei dem Plastikordner wurden wie bei dem frischen Fingerabdruck zwar gleich viele Minutien identifiziert, es war aber zu erkennen, dass sich an den Papillarlinien kleine kreisförmige Flächen befanden, an denen sich das Rußpulver zusätzlich festgesetzt hatte. Am wenigsten Merkmale konnten auf der Holzoberfläche gesichert werden. Nur drei, die klar zu erkennen waren. Die Papillarlinien auf der Holzoberfläche waren nicht eindeutig und enthielten viele Unterbrechungen. Gleichzeitig wirkte es, als hätte sich der Durchmesser der einzelnen Papillarlinien im Vergleich zum frischen Fingerabdruck vergrößert (Abb.12).

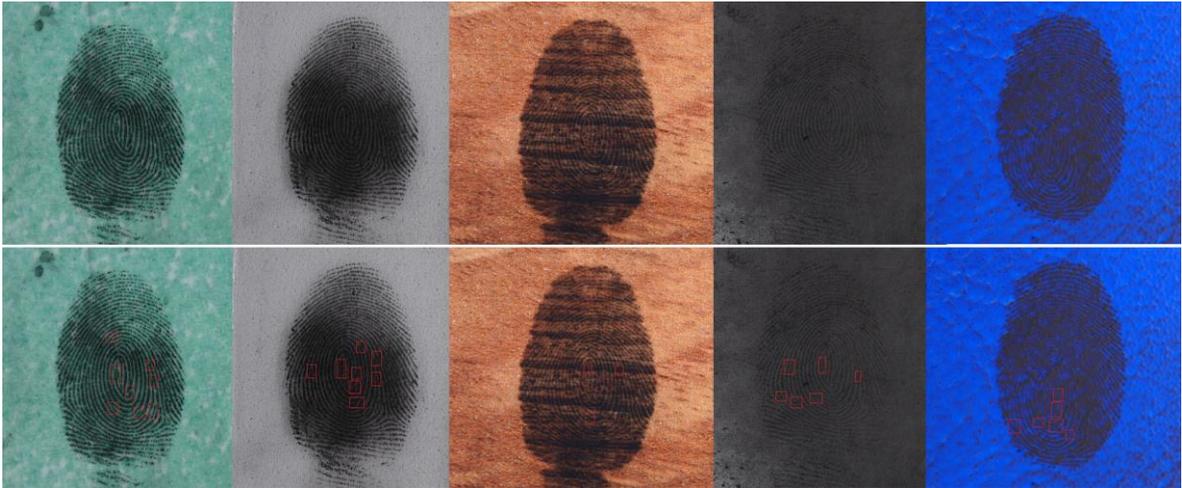


Abbildung 12: Rußpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien

4.2.2 Pulver aus Backstein

Bei den eine Woche alten Fingerabdrücken konnte das Grundmuster auf der Holzoberfläche nicht mehr erkannt werden, genauso wenig wie die einzelnen Minutien. Bei den anderen vier Oberflächen konnte das Grundmuster identifiziert werden. Im Vergleich zu den frischen Fingerabdrücken konnten aber weniger Minutien markiert werden. Bei der Fliese waren es fünf, bei der Metallplatte sieben und dem Plastikordner vier Minutien. Nur bei der Glasoberfläche konnte der einzige perfekte Fingerabdruck mit Grundmuster und acht Minutien sichtbar gemacht werden (Abb.13).

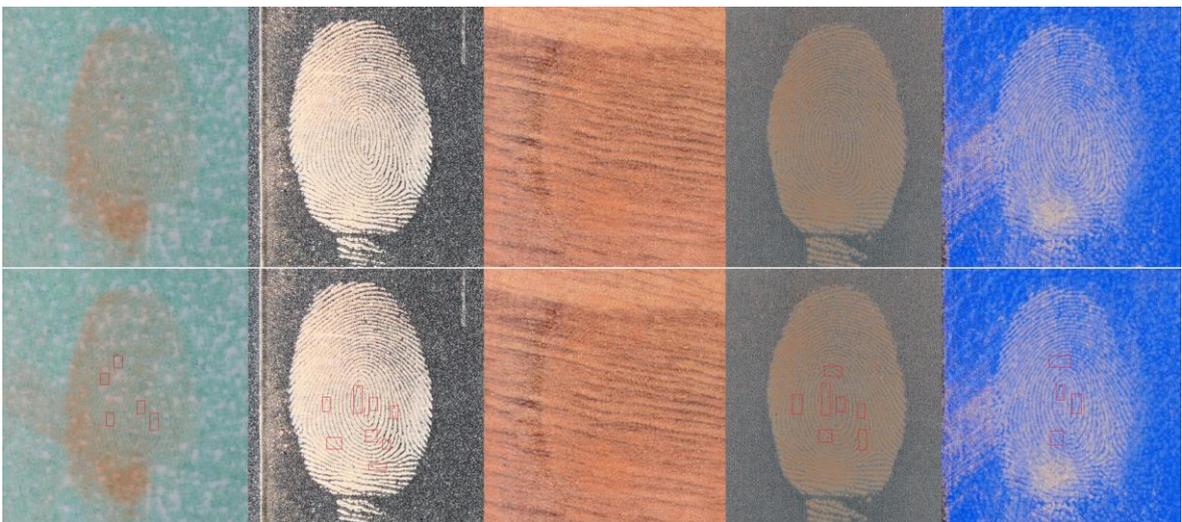


Abbildung 13: Backsteinpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien

4.2.3 Pulver aus Rinderknochen

Auf allen fünf Oberflächen war das Grundmuster des Fingerabdrucks erkennbar. Bei dem Glas, der Metallplatte und dem Plastikordner wurden acht eindeutige Merkmale identifiziert, während bei der Fliese vier und bei dem Holzboden drei Minutien gesichert werden konnten. Im Vergleich zu dem frischen Fingerabdruck hatte sich die Detailgenauigkeit beziehungsweise die Klarheit der Papillarlinien verschlechtert. Der Kontrast zwischen Papillarlinie und Untergrund war abgeschwächt (Abb.14).

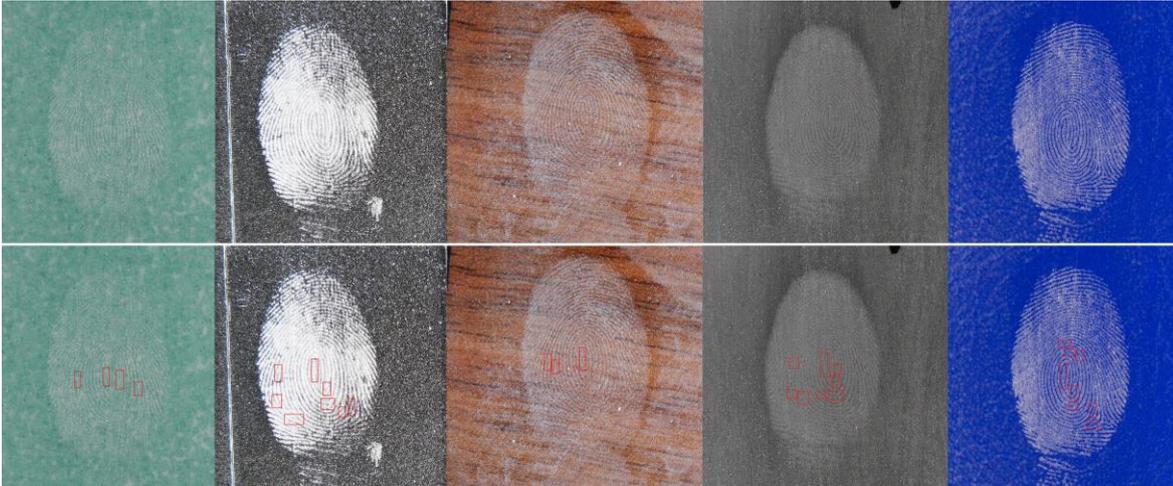


Abbildung 14: Rinderknochenpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücke mit markierten Minutien

4.2.4 Pulver aus weißen Bohnen

Nach einer Woche war bei den Fingerabdrücken auf der Holzoberfläche das spiralförmige Grundmuster nicht mehr zu erkennen. Nur eine einzelne Minutie konnte sichtbar gemacht werden. Im Gegensatz dazu konnte das Grundmuster bei den Fingerabdrücken auf den anderen vier Oberflächen immer noch identifiziert werden. Allerdings waren im Vergleich zu den frischen Fingerabdrücken weniger Minutien erkennbar. Bei der Fliese konnten vier, bei der Glasoberfläche sechs und dem Plastikordner drei Minutien erfasst werden. Nur bei der Metallplatte war es möglich, einen perfekten Fingerabdruck sowohl mit dem spiralförmigen Grundmuster als auch acht Minutien sichtbar zu machen (Abb.15).

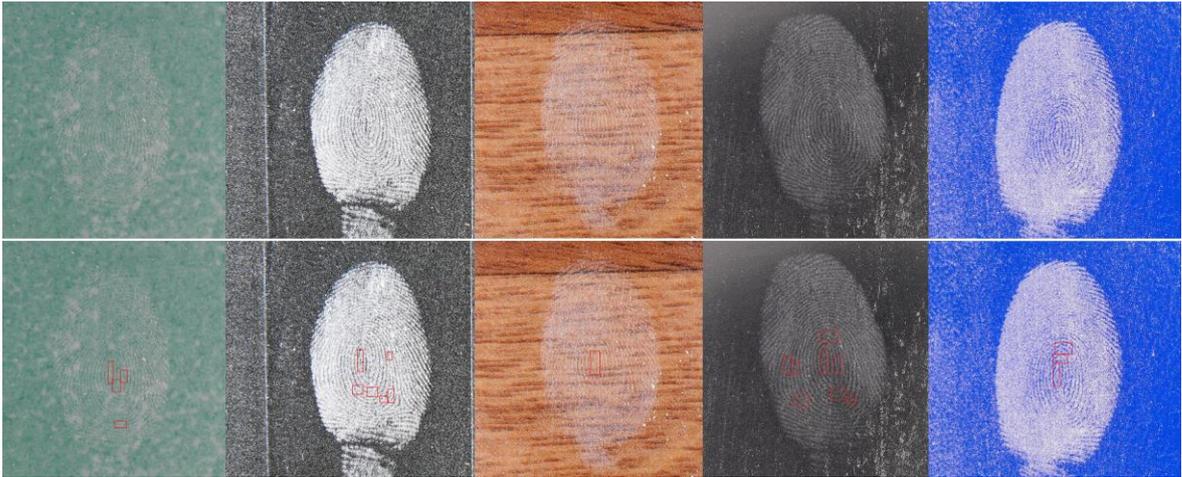


Abbildung 15: Pulver aus weißen Bohnen auf einer Woche alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.2.5 Pulver aus Horn vom Pferd

Durch die Anwendung von Hornpulver konnten bei drei der fünf Oberflächen nach einer Woche noch das Grundmuster des Fingerabdruckes sichtbar gemacht werden. Auf der Holzoberfläche und dem Plastikordner war jedoch nur noch ein schwacher Abdruck zu erkennen, der darauf schließen ließ, dass die Oberflächen berührt worden waren. Der sichtbar gemachte Abdruck auf der Fliese war sehr schwach, es konnte nur noch eine Minutie identifiziert werden. Auf der Glas- und Metalloberfläche waren die Fingerabdrücke von guter Qualität, sodass zusätzlich zu dem Grundmuster acht Minutien erkennbar waren (Abb.16).

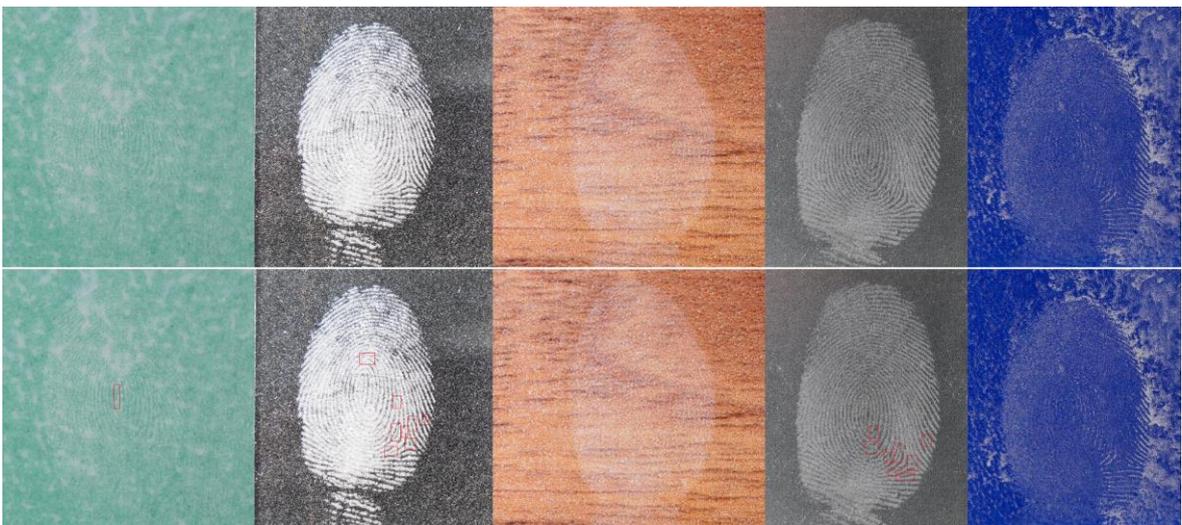


Abbildung 16: Hornpulver auf einer Woche alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.3 Zwei Wochen alte Fingerabdrücke

4.3.1 Rußpulver

Bei der Sichtbarmachung von zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit Hilfe von Rußpulver war das Grundmuster bei allen Oberflächen zu erkennen, ausgenommen dem Plastikordner. Zusätzlich konnten auf dem Plastikordner keine Minutien mehr erkannt werden, da kaum Papillarlinien zu sehen waren. Der Fingerabdruck war ein großer dunkler Fleck. Auf der Holzoberfläche konnten ebenfalls keine Minutien erkannt werden. Die Papillarlinien wirkten zerteilt und auf dem Fingerabdruck waren löchrige Stellen zu erkennen. Auf der Glasoberfläche und der Fliese konnten die acht Minutein problemlos gefunden werden. Obwohl der Fingerabdruck etwas verwischt war, war es möglich sechs Minutien auf der Metallplatte zu identifizieren (Abb.17).

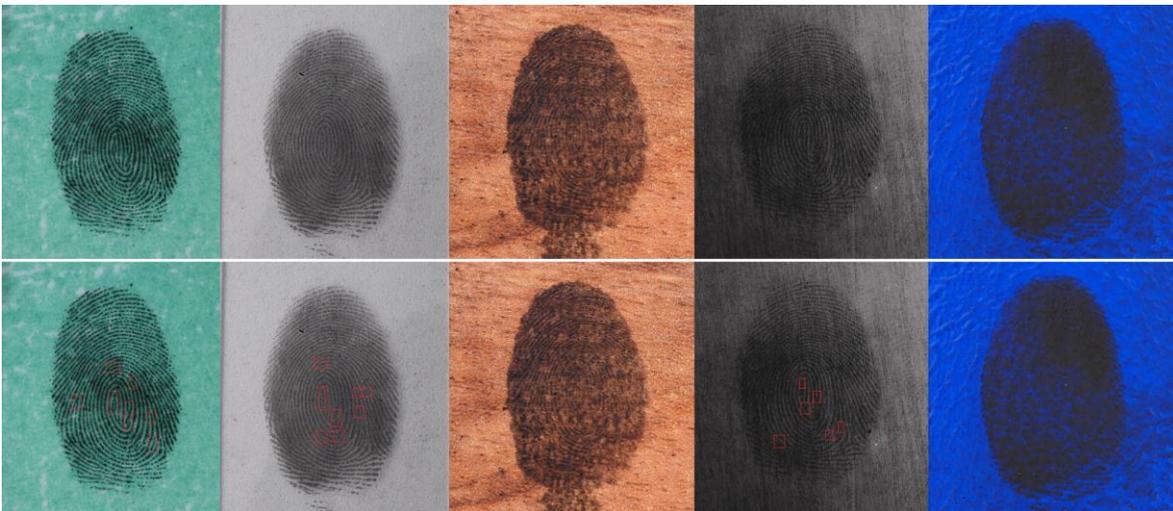


Abbildung 17: Rußpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.3.2 Pulver aus Backstein

Das Grundmuster ist bei vier der fünf Oberflächen bei der Sichtbarmachung von zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit Hilfe von Backsteinpulver zu erkennen. Bei der Holzoberfläche ließ sich nur noch erahnen, dass diese an der sichtbar gemachten Stelle berührt wurde. Der allgemeine Durchmesser der Papillarlinien hatte sich, ausgenommen bei der Fliese, vergrößert. Sie wirkten als würden sie in einander übergehen. Dementsprechend waren kaum noch eindeutige Minutien zu erkennen. So konnten bei der Glasoberfläche und der Metallplatte drei Minutien, bei dem Plastikordner zwei und bei der Fliese immerhin noch vier Minuten identifiziert werden (Abb.18).

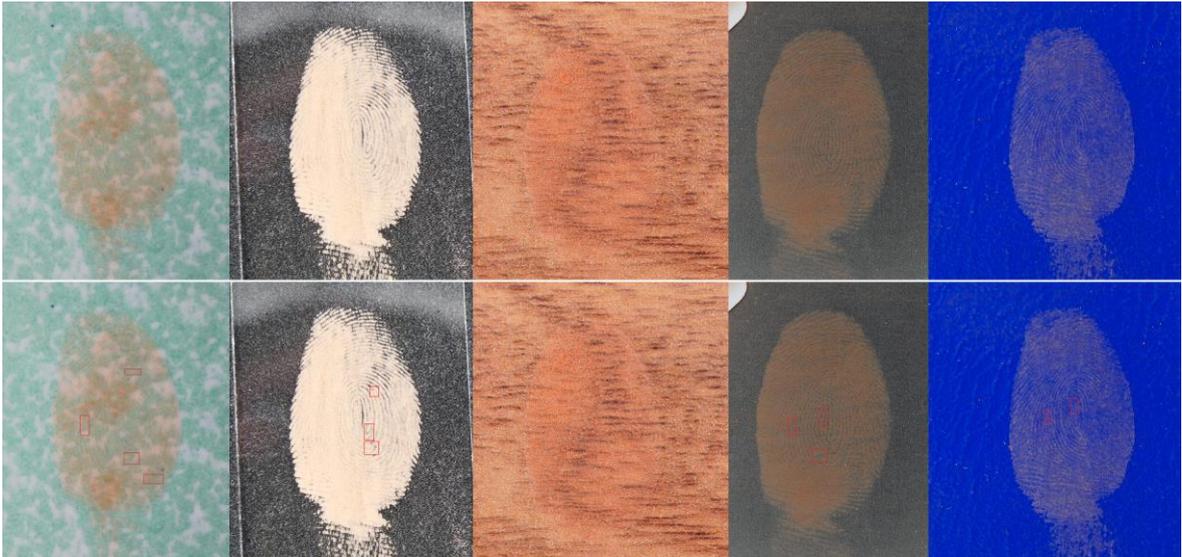


Abbildung 18: Backsteinpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.3.3 Pulver aus Rinderknochen

Nach der Sichtbarmachung von zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit Rinderknochenpulver war das Grundmuster auf allen fünf Oberflächen erkennbar. Zusätzlich konnten bei der Glasoberfläche, der Metallplatte und dem Plastikordner acht Minutien kenntlich gemacht werden. Bei der Fliese waren zusätzlich zu dem Grundmuster drei Minutien augenfällig. Auf dem beschichteten Holzboden konnten keine Minutien mehr eindeutig identifiziert werden (Abb.19).

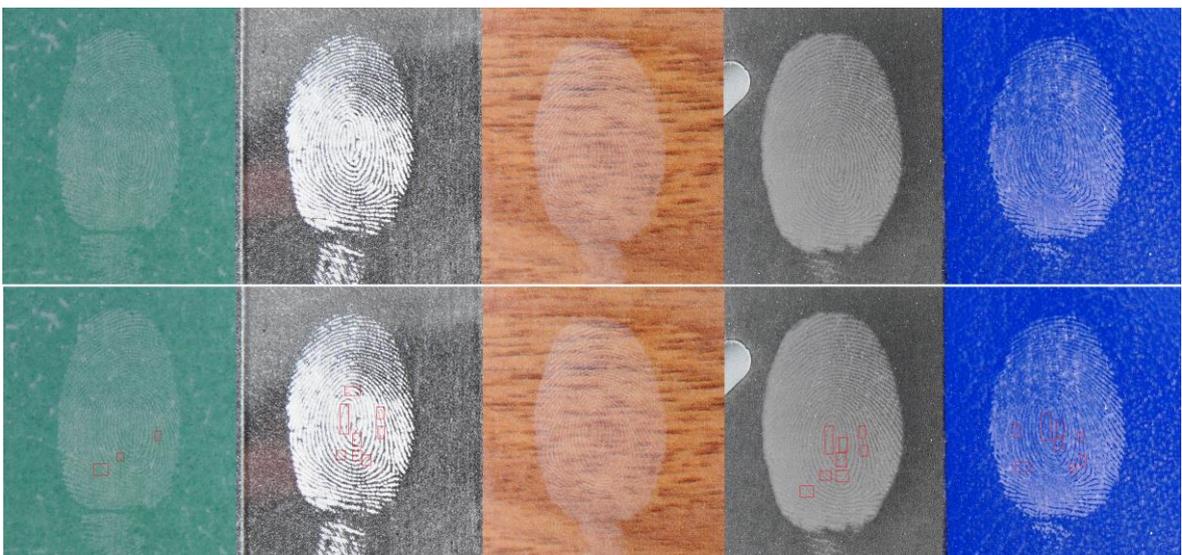


Abbildung 19: Rinderknochenpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.3.4 Pulver aus weißen Bohnen

Durch die Anwendung von Pulver aus weißen Bohnen konnte bei zwei Wochen alten Fingerabdrücken auf allen fünf Oberflächen das Grundmuster sichtbar gemacht werden. Zusätzlich konnten auf der Metallplatte und der Glasoberfläche acht Minutien klar identifiziert werden. Auf der Fliese waren neben dem Grundmuster drei Minutien erkennbar, die gut sichtbar waren. Im Gegensatz dazu konnten auf dem beschichteten Holzboden und dem Plastikordner keine Minutien eindeutig identifiziert werden (Abb.20).

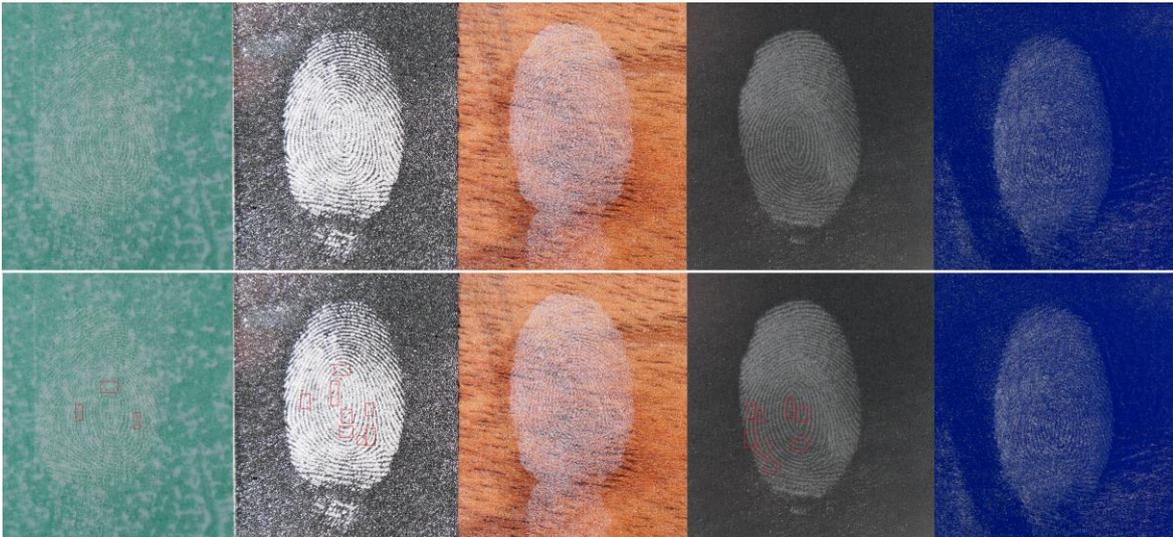


Abbildung 20: Pulver aus weißen Bohnen auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

4.3.5 Pulver aus Horn vom Pferd

Durch die Anwendung von Hornpulver konnte bei drei der fünf Oberflächen nach zwei Wochen noch das spiralförmige Grundmuster sichtbar gemacht werden. Auf dem Holzboden und dem Plastikordner waren keine Papillarlinien mehr zu erkennen, sodass auch keine Minutien identifiziert werden konnten. Die einzige Oberfläche, auf der das Grundmuster und acht Minutien identifiziert werden konnten, war die Metallplatte. Auf der Glasoberfläche waren es sechs Minutien und auf der Fliese zwei (Abb.21).

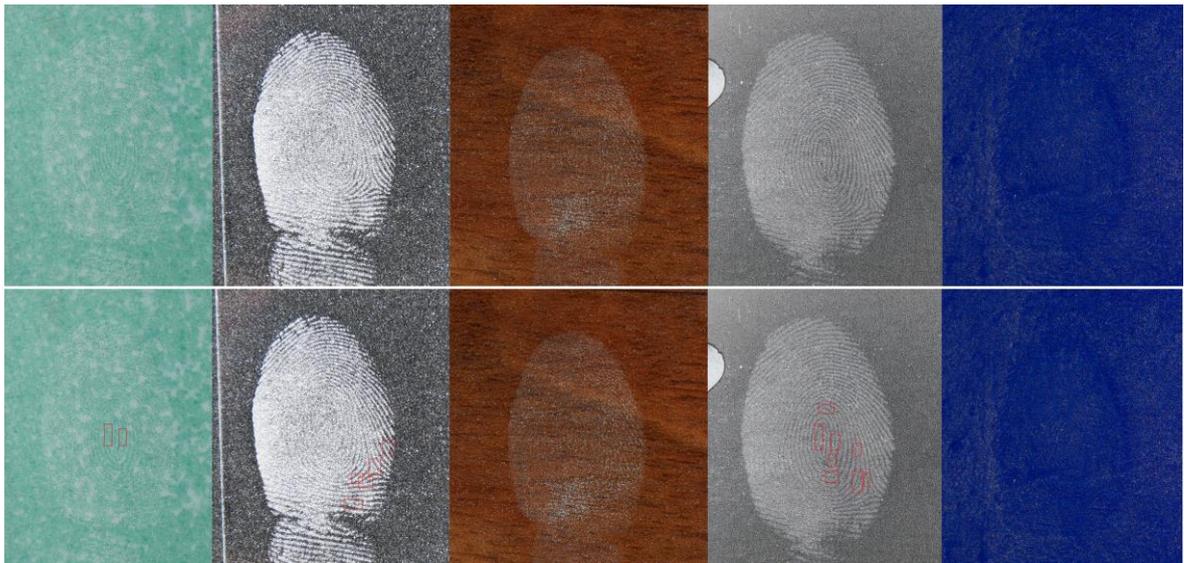


Abbildung 21: Hornpulver auf zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit markierten Minutien

5 Diskussion

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit dem Vergleich, der Bewertung und Diskussion der in Kapitel drei vorgestellten Ergebnisse. Dabei werden die Fingerabdrücke, die mit selbsthergestelltem Pulver sichtbar gemacht wurden, mit den Fingerabdrücken aus herkömmlichem Rußpulver verglichen. Ebenso werden die selbsthergestellten Pulver untereinander verglichen. Weiterhin werden Rückschlüsse auf die Gründe und Ursachen der Qualität der Fingerabdrücke gezogen. Schlussendlich erfolgt eine kurze Fehlerdiskussion über mögliche Fehlerquellen und Beeinträchtigungen der Versuche.

5.1 Vergleich der Ergebnisse

Anhand der durchgeführten Versuche bei frischen Fingerabdrücken lässt sich sagen, dass das Knochenpulver und das Pulver aus weißen Bohnen die besten Ergebnisse lieferten. Im Falle des Plastikordners und des Holzbodens konnten sogar bessere Ergebnisse als mit dem Rußpulver erzielt werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass bei dem Rußpulver zum einen der Kontrast zur Oberfläche geringer war und zum anderen die feinen Partikel sich sowohl auf den Rückständen des Fingerabdrucks als auch auf der Oberfläche teilweise festgesetzt hatten. Das Backsteinpulver erzielte gleichfalls sehr gute Ergebnisse auf allen Oberflächen ausgenommen auf dem beschichteten Holzboden. Dies hatte wiederum etwas mit dem Farbkontrast von Pulver und Oberfläche zu tun. Bei der Anwendung des Hornpulvers konnten nur teilweise gute Ergebnisse erzielt werden. Sowohl auf der Fliese als auch auf dem Holzboden waren nur wenige klar identifizierbare Minutien zu erkennen (Abb.22).

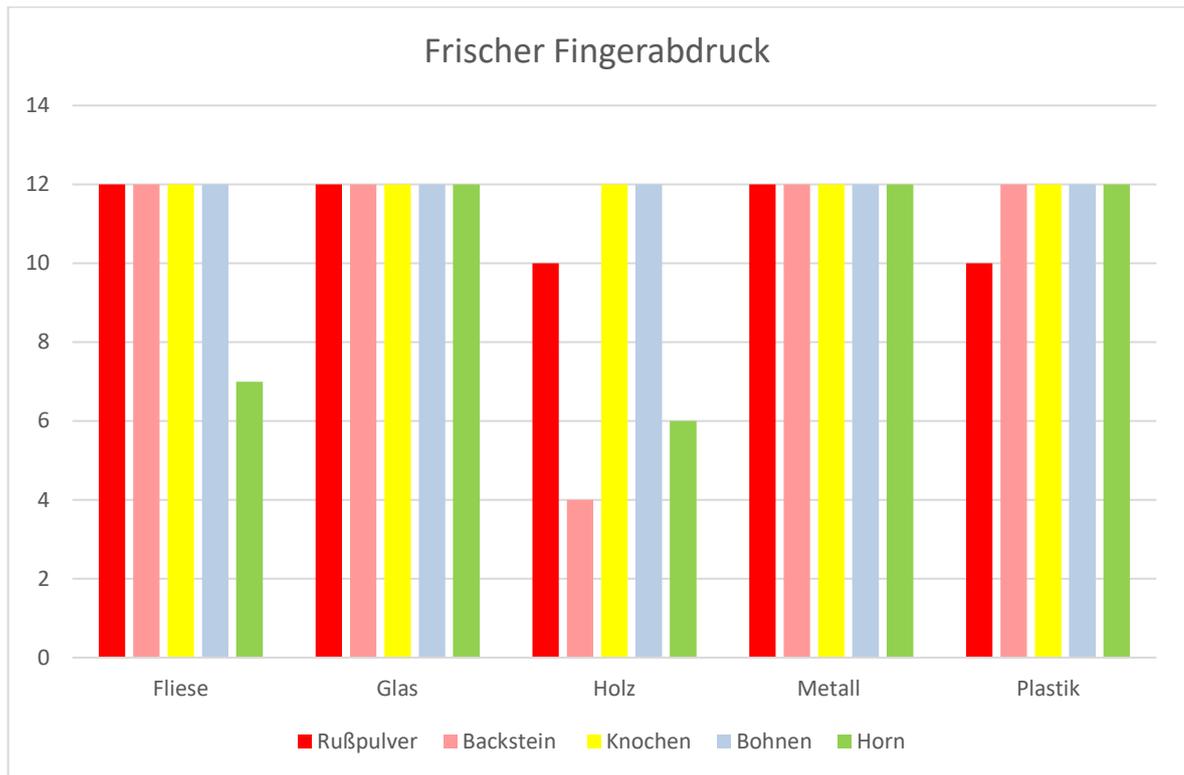


Abbildung 22: Vergleich frische Fingerabdrücke

Nachdem die Fingerabdrücke bereits eine Woche den Umweltbedingungen im Labor ausgesetzt waren, nahm die Klarheit der Papillarlinien generell ab. Insgesamt betrachtet, sind jedoch das Rinderknochenpulver und das Rußpulver am besten geeignet, um eine Woche alte Fingerabdrücke auf verschiedenen Oberflächen sichtbar zu machen, da auf allen fünf Oberflächen das spiralförmige Grundmuster noch sichtbar und auf den meisten Oberflächen noch einigermaßen detailgenau war. Allerdings sollte beachtet werden, dass der Kontrast im Vergleich zum frischen Fingerabdruck abgeschwächt war. Das Backsteinpulver lieferte ähnlich gute Ergebnisse, wenn man die Holzoberfläche außen vor lässt. Das Pulver aus weißen Bohnen war weniger effektiv, aber dennoch wirksam. Allerdings konnten auf bestimmten Oberflächen weniger Merkmale sichtbar gemacht werden. Die Ergebnisse des Hornpulvers waren stark abhängig von der jeweiligen Oberfläche und der sichtbargemachte Abdruck war teilweise sehr schwach. Es lässt sich daher schlussfolgern, dass es sehr wichtig ist, das richtige Pulver für eine bestimmte Oberfläche auszuwählen, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen (Abb. 23).

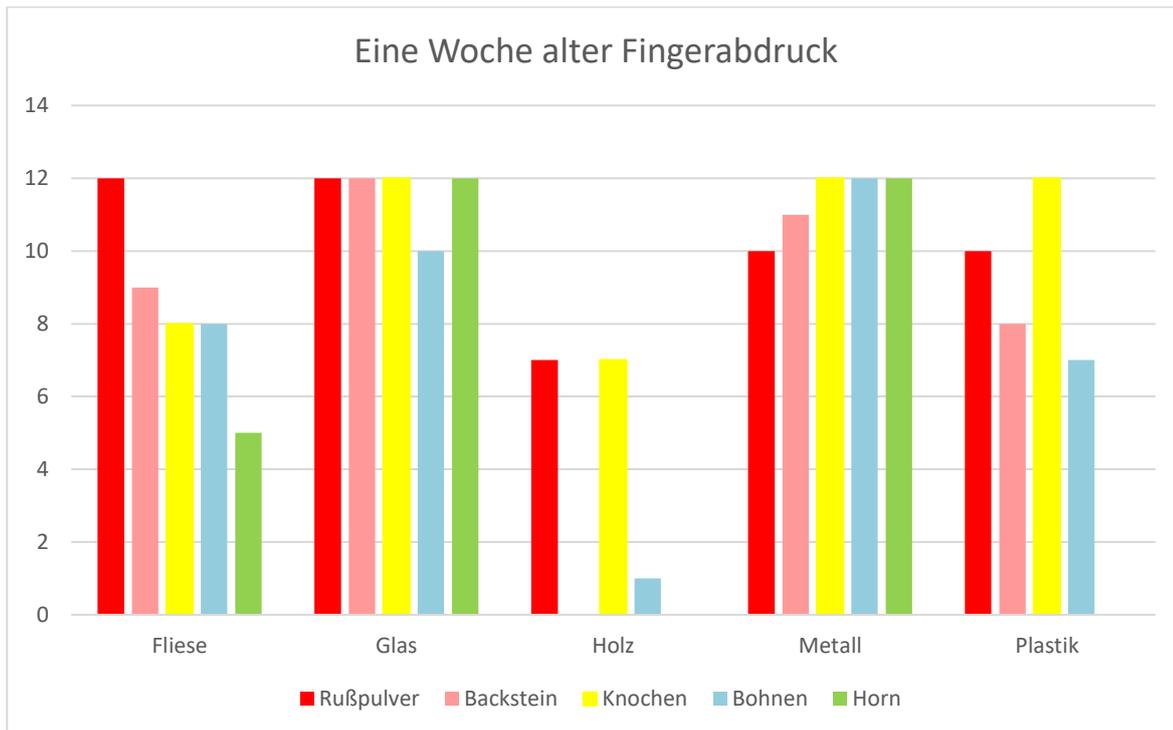


Abbildung 23: Vergleich eine Woche alte Fingerabdrücke

Je älter die Fingerabdrücke sind, desto schwieriger ist es, einen perfekten Fingerabdruck zu erkennen. Dies zeigt sich in den Ergebnissen der Sichtbarmachung von zwei Wochen alten Fingerabdrücken mit den verschiedenen Pulverarten. Über die Zeit sammeln sich auf den Oberflächen und auch auf den Fingerabdruckrückständen Staubpartikel. Im Falle des Plastikordners und der beschichteten Holzplatte waren vermehrt punktuelle Einfärbungen zu erkennen, welche die Identifizierung der einzelnen Merkmale erschwerte. Von den getesteten selbsthergestellten Pulverarten war weiterhin das Rinderknochenpulver am effektivsten auf den meisten Oberflächen. Es liefert teilweise sogar bessere Ergebnisse als das Rußpulver. Zusätzlich erbrachte auch das Pulver aus weißen Bohnen im Vergleich zu den anderen Pulverarten gute Ergebnisse auf allen fünf Oberflächen. Die Ergebnisse des Hornpulvers waren auch bei den zwei Wochen alten Fingerabdrücken stark abhängig von der gewählten Oberfläche. Es funktionierte gut auf dem glatten Glas und der Metallplatte, aber bei leicht strukturierten Oberflächen lieferte es sehr schlechte bis keine Ergebnisse. Das Backsteinpulver funktionierte mittelmäßig auf allen kontrastreichen Oberflächen. Dies meint, dass zwar das Grundmuster erkennbar war es jedoch schwierig war ausreichend viele Merkmale eindeutig zu identifizieren (Abb. 24).

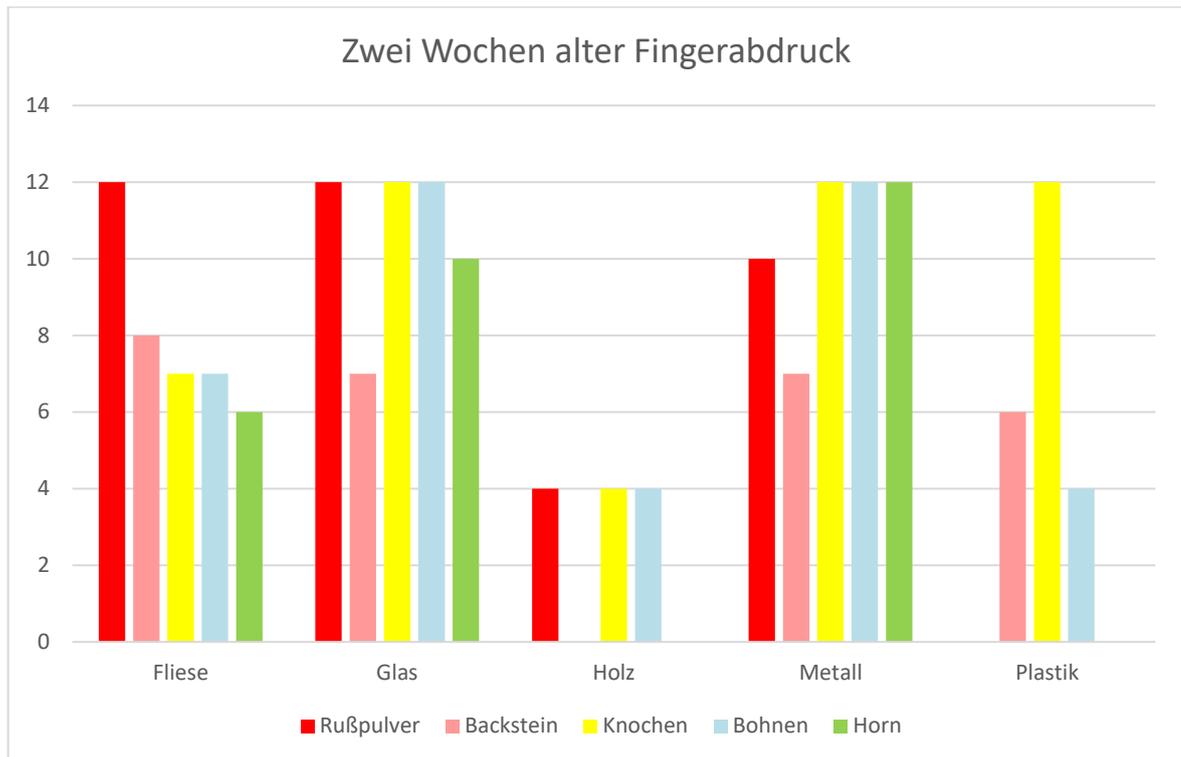


Abbildung 24: Vergleich zwei Wochen alte Fingerabdrücke

5.2 Bewertung der einzelnen Pulverarten

Das Pulver, welches die besten Ergebnisse auf den unterschiedlichen Oberflächen lieferte, war das Rinderknochenpulver. Da es reich an Kalzium und Phosphor ist, lässt sich vermuten, dass diese Stoffe sehr gut mit den Talgrückständen des Fingerabdrucks reagieren. Das Pulver lieferte sehr klare Papillarliniendetails und machte es einfach, die einzelnen Minutien zu erkennen. Außerdem waren die Farbtintensität und damit auch der Kontrast zu den unterschiedlichen Oberflächen durch die weiße Farbe des Pulvers sehr gut. Das Rinderknochenpulver lieferte mindestens genauso gute Ergebnisse wie das Rußpulver, weshalb es weitergehend erforscht und auf anderen unterschiedlichen Oberflächen getestet werden sollte, da es eine mögliche und gesündere Alternative zu den herkömmlichen gesundheitsschädigenden Pulvern darstellt. Zusätzlich ist es leicht erhältlich und kostengünstig.

Die Ergebnisse, die mit dem weißen Bohnen Pulver erzielt wurden, lassen sich als sehr gut bewerten. Besonders bei frischen Fingerabdrücken lieferte das Pulver nahezu perfekte Ergebnisse. Die Farbtintensität kann als sehr gut bewertet werden. Im Vergleich zu den anderen Pulverarten war diese beim Pulver aus weißen Bohnen am intensivsten. Dementsprechend war der Kontrast zwischen dem sichtbargemachten Fingerabdruck und den Substraten sehr hoch. Darüber hinaus war die Haftung des Pulvers an den Fingerabdruckrückständen sehr gut. In Bezug auf

die eine und zwei Wochen alten Fingerabdrücke verschlechterte sich die Qualität der sichtbargemachten Abdrücke auf drei der fünf Oberflächen etwas. Es waren aber teilweise immer noch die Papillarlinien und das Grundmuster zu erkennen. Die weißen Bohnen sind sehr kostengünstig und leicht erhältlich. Die Herstellung des Pulvers war wenig zeitaufwendig und unkompliziert. Somit stellt das weiße Bohnen Pulver besonders bei frischen Fingerabdrücken eine Alternative zu den herkömmlichen Pulvern dar und sollte auf weiteren unterschiedlichen Oberflächen getestet werden.

Das Backsteinpulver lieferte bei frischen Fingerabdrücken im Vergleich zum herkömmlichen Rußpulver gleich gute Ergebnisse. Ausgenommen hiervon ist die Holzoberfläche. Der Farbunterschied zwischen dem Pulver und der Oberfläche war hier zu gering, sodass es nicht möglich war, Merkmale des Fingerabdrucks zu identifizieren. Bezüglich der Alterung des Fingerabdrucks nahm die Qualität des sichtbargemachten Fingerabdrucks jedoch stärker ab als bei dem herkömmlichen Rußpulver. Die Haftung des Pulvers an den Fingerabdruckrückständen verschlechterte sich im Laufe der Zeit, weshalb die Papillarlinien teilweise nicht mehr klar zu erkennen waren. Die Herstellung des Pulvers war recht einfach und nicht zeitaufwändig. Der Backstein ließ sich einfach zerkleinern und das Pulver war sehr fein. Zusätzlich war die Anschaffung einfach und die Kosten sehr günstig. Ob die Ergebnisse ausreichen, um es als Alternative für herkömmliches Pulver zu nutzen, ist fraglich. Es müssten auf jeden Fall weitere Tests durchgeführt werden.

Das Hornpulver lieferte sowohl sehr gute als auch sehr schlechte Ergebnisse, die stark je nach Oberflächenbeschaffenheit schwankten. So konnten auf den glatten Oberflächen wie Glas und Metall sehr klare Abdrücke entwickelt werden. Wogegen auf den leicht unebenen Oberflächen schlechte Ergebnisse zustande kamen. Der Kontrast des Pulvers und die Farbintensität des weißen Pulvers waren sehr gering im Vergleich zu den anderen weißen Pulvern. Ein weiterer Grund für die eher schlechten Ergebnisse war, dass eine physikalische Reaktion zwischen dem Hornpulver, dem Zephirpinsel und der Oberfläche entstanden ist. Dies meint, dass die einzelnen Fiberglas-Filamente des Zephirpinsels sich elektrisch aufluden, sobald sie mit dem Hornpulver in Kontakt gekommen waren. So konnten sich zwar Partikel an den Fingerabdruckresten festsetzen, wurden aber auch gleichzeitig beim weiteren Darüberstreichen von dem Zephirpinsel wieder aufgenommen. Somit lässt sich sagen, dass die Haftung des Pulvers an den Fingerabdruckrückständen eher schlecht ist. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass das Hornpulver bei längerer Lagerung etwas verklumpte. In der Herstellung war das Hornpulver sehr zeitaufwendig. Es stellt zwar ein Abfallprodukt dar und ist leicht erhältlich, ist aber aus den genannten Gründen eher ungeeignet als Alternative für herkömmliche Pulver.

5.3 Fehlerdiskussion

Die vorliegende Fehlerdiskussion bezieht sich auf mögliche Fehlerquellen im Zusammenhang mit der Sichtbarmachung der Fingerabdrücke im Labor und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten.

Es ist wichtig zu beachten, dass mehrere Fingerabdrücke im Laufe eines Tages aufgesetzt wurden. Dabei könnte sich die Menge an Talg und Schweiß, die auf den Oberflächen zurückgeblieben ist, unterscheiden. Die Talgproduktion beziehungsweise die Menge an Talg, die ein Mensch am Tag produziert, ist begrenzt. Dies kann zu einer Variation in der Qualität der Fingerabdrücke führen, was die Vergleichbarkeit etwas erschwert.

Ein weiterer Faktor, der beachtet werden sollte, ist dass die Umgebungsbedingungen im Labor nicht jeden Tag die gleichen waren. So schwankte die Luftfeuchtigkeit zwischen 24% und 31%, während die Temperatur zwischen 19.8°C und 21.3°C variierte. Diese Bedingungen könnten sich ebenfalls in geringem Maße auf die Fingerabdrücke auswirken, da sie an unterschiedlichen Tagen gesetzt wurden und dies das Trocknen des Fingerabdrucks in sehr geringem Maße beeinflusst.

Dazu kommt, dass die Identifizierung der Minutien und des Grundmusters und die Bewertung und Interpretation der Ergebnisse nach eigenem Ermessen vorgenommen wurde. Die Identifizierung geschah nicht auf Basis einer allgemein geprüften Software. Obwohl im Laufe des Studiums bereits Vorwissen und Erfahrungen im Praktikum zu den allgemeinen Sicherungsmethoden gesammelt wurden, wurden die Sichtbarmachung und das Setzen von Fingerabdrücken nicht von einem geschulten Kriminaltechniker durchgeführt.

In Bezug auf das Hornpulver ist ein weiterer Fehlerfaktor zu erwähnen. Im Fall der eine Woche alten Fingerabdrücke auf dem Plastikordner schien es, als ob Feuchtigkeit auf die Probe gelangt wäre. Aufgrund des zeitlich vorgegebenen Rahmens der Bachelorarbeit war keine Wiederholung des Versuchs möglich. Dies könnte dazu geführt haben, dass das Hornpulver verklumpte und das Ergebnis dementsprechend etwas schlechter ausgefallen ist.

Insgesamt sollten bei der Interpretation der Ergebnisse die oben genannten Faktoren und mögliche Fehlerquellen berücksichtigt werden, um eine möglichst hohe Genauigkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten

6 Fazit

Um eine qualitative, hochwertige Alternative für das herkömmliche Fingerabdruckpulver zu entwickeln, müssen mehrere Kriterien beachtet werden. Damit die wichtigen Merkmale des Papillarlinienverlaufes klar und detailliert dargestellt werden können, sollte das Pulver so fein und klein wie möglich sein. Dementsprechend sollten die einzelnen Partikel in einem gewissen Rahmen dieselbe Größe besitzen und nicht verklumpen. Zusätzlich hängt die erfolgreiche Anwendung des Fingerabdruckpulvers auch davon ab, dass keine physikalische Reaktion zwischen dem Pulver, dem Pinsel oder der Oberfläche entsteht. Die Ergebnisse des Hornpulvers verdeutlichen dies. Das Hornpulver lieferte weitere Erkenntnisse dahingehend, dass das Pulver sich bei längerer Lagerung nicht verändern sollte, denn dies führt zur Unbrauchbarkeit. Der Farbkontrast zur Oberfläche ist ein weiterer wichtiger Faktor, der bei der Entwicklung von Alternativen für das herkömmliche Fingerabdruckpulver beachtet werden sollte. Um eine gesunde Alternative darzustellen, dürfen keine toxischen Inhaltsstoffe in den Pulverformulierungen enthalten sein.

6.1 Ausblick

Bisher wurden die Pulverformulierungen auf fünf unterschiedlichen Oberflächen getestet. Es wäre jedoch ratsam die untersuchten Pulver auf vielen unterschiedlichen Substraten zu testen, da das Ergebnis der Sichtbarmachung mit Hilfe der Pulver in Abhängigkeit zu der gewählten Oberfläche steht. Kein Pulver funktioniert auf allen existierenden Oberflächen. Besonders das Rinderknochenpulver und das Pulver aus weißen Bohnen lieferten erfolgsversprechende Ergebnisse, die weiter untersucht werden sollten.

Literatur

- (Anand et al., 2017) Anand, S., Aggarwal, A., & Verma, P. (2017). Revealing secrets of latent fingerprints through cosmetics products. *International Educational Applied Scientific Research Journal*, 2(8).
- (Bader et al., 2009) Bader, H. J., Staginnus, C., & Berkefeld, D.B.K. (2009). *Fo-rensische Chemie – Mit Chemie auf Verbrecherjagd*.
- (Badiye und Kapoor, 2015) Badiye, A., & Kapoor, N. (2015). Efficacy of Robin® powder blue for latent fingerprint development on various surfaces. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(4), 166-173.
- (Dhunna et al., 2018) Dhunna, A., Anand, S., Aggarwal, A., Agarwal, A., Verma, P., & Singh, U. (2018). New visualization agents to reveal the hidden secrets of latent fingerprints. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 8, 1-6.
- (Drahansky et al., 2017) Drahansky, M., Kanich, O., Pernicky, R., & Barotova, S. (2017). Verarbeitung von beschädigten Fingerabdrücken in der polizeilichen Praxis: Was uns die Fingerabdrücke vom Tatort verraten. *Datenschutz und Datensicherheit-DuD*, 41(7), 407-414.
- (Ellsäasser, 2008) Ellsäasser, S. (2008). *Körperpflege und Kosmetik*. Springer Berlin Heidelberg.
- (Fritsch und Fritsch, 2004) Fritsch, P., & Fritsch, P. (2004). Aufbau und Funktionen der Haut. *Dermatologie Venerologie: Grundlagen· Klinik· Atlas*, 3-42.

- (Garg et al., 2011) Garg, R.K., Kumari, H., & Kaur, R. (2011). A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: a rhizomatous herbaceous plant (*Curcume longa*). *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 1(1), 53-57.
- (Garg et al., 2014) Garg, R.K., Pal, H., & Kaur, R. (2014). Application of new commonly available substance for the visualization of latent finger marks: white cement. *Problems of Forensic Sciences*, (Vol. 97), 5-13
- (Herrmann und Saternus, 2007) Herrmann, B., & Saternus, K.S. (2007). *Biologische Spurenkunde: Band 1: Kriminalbiologie* (Vol. 1). Springer-Verlag.
- (Jossan et al., 2015) Jossan, J.K., Kaur, M., Garg, R.K. (2015). Evaluation of non-conventional household powders for the visualization of latent fingermarks. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*.
- (Kawelovski, 2021) Kawelovski, F. (2021). *Kriminaltechnik für Studierende und Praktiker – 4. Aktualisierte Auflage*. Kawelovski Eigenverlag.
- (Labudde und Mohaupt, 2018) Labudde, D., & Mohaupt, M. (2018). *Bioinformatik im Handlungsfeld der Forensik*. Springer Berlin.
- (Low et al., 2015) Low, W.Z., Khoo, B.E., Aziz, Z.B.A., Low, L.W., Teng, T.T., & Bin Abdullah, A.F.L. (2015). Application of acid-modified *Imperata cylindrica* powder for latent fingerprint development. *Science & Justice*, 55(5), 347-354.
- (Mopoung und Thongcharoen, 2009) Mopoung, S., & Thongcharoen, P. (2009). Coloured intensity enhancement of latent fingerprint powder obtained from banana peel activated carbon with methylene blue. *Scientific Research and Essay*, 2, 8-12.

- (Passos et al., 2021) Passos, L. F., Berneira, L.M., Poletti, T., Mariotti, K.D.C., Carreno, N.L., Hartwig, C.A., & Pereira, C.M. (2021). Evaluation and characterization of algal biomass applied to the development of fingermarks on glass surfaces. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 53(3), 337-346.
- (Rabjerg et al., 1983) Rabjerg, L., Jennum, P.J. & Mørck, H.I. (1983). White lead exposure among Danish police officers employed in fingerprint detection. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 511-513.
- (Rajan et al., 2018) Rajan, R., Zakaria, Y., Shamsuddin, S., & Hassan, N.F.N. (2018). Nanocarbon powder for latent fingerprint development: a green chemistry approach. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 8, 1-10.
- (Ramanan und Nirmala, 2020) Ramanan, V., & Nirmala, M. (2020). Visualization of Latent Fingerprints using Neutral Alumina as an Inexpensive Fingerprint Developing Powder. *International Journal of Forensic Science*, 3, 5-10.
- (Rohatgi und Kapoor, 2014) Rohatgi, R., & Kapoor, A.K. (2014). New visualizing for developing latent fingerprints on various porous and non-porous surfaces using different household food items. *Asian Journal of Science and Applied Technology*, 3(2), 33-38.
- (Sankhla et al., 2018) Sankhla, M. S., Pandey, R.K., Parihar, K., & Kumar, R. (2018). Marble slurry powder are using visualization on latent fingerprints on different surfaces. *Journal of Forensic Sciences and Criminal Investigation*. Juniper Publishers.
- (Sankhla und Kumar, 2019) Sankhla, M.S., & Kumar, R. (2019). Crime Investigation Technique to Development of Invisible Fingerprints on Surface Using Rock Phosphate Powder. *International Journal of Forensic Sciences*. Medwin Publishers.

- (Sari et al., 2019) Sari, S.A., Ningshi, H., Jasmidi, Kembaren, A., & Mahat, N.A. (2019). Development of gambir powder as a cheap and green fingerprint powder for forensic applications. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2155, No. 1, p. 020023). AIP Publishing LLC.
- (Seerat et al., 2015) Seerat, V.S., Kesharwani, L., Gupta, A.K., & Mishra, M.K. (2015). Comparative study of different natural products for the development of latent fingerprints on non porous surfaces. *Int Journal of Social Relevance and Concern*, 3(8), 9-12.
- (Sekar und Zulkifli, 2017) Sekar, M., & Zulkifli, N.F. (2017). Development of natural latent fingerprint powder from durian seeds – a green and effective approach in crime scene. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(8), 2363-2367.
- (Shah et al., 2015) Shah, B., Jagati, A. K., Gupta, N.P., & Dhamale, S. S. (2015). Naegeli-Franceschetti-Jadasohn syndrome: A rare case. *Indian dermatology online journal*, 6(6), 403.
- (Singh et al., 2013) Singh, K., Sharma, S., & Garg, R.K. (2013). Visualization of latent fingerprints using silicia gel G: a new technique. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 3(1), 20-25.
- Sivaraj et al., 2013) Sivaraj, B., Basar, N., & Huat, N.S.(2013). Latent Fingerprint Detection by Lawsonie Inermis. In *The Open Conference Proceedings Journal* (Vol. 4, No.1)
- (Sodhi und Kaur, 2001) Sodhi, G.S., & Kaur, J. (2001). Powder method for detecting latent fingerprints: a review. *Forensic science international*, 120(3), 172-176.
- (Sonderegger und Peter, 2013) Sonderegger, B., & Peter, M.U. (2013). *Der Fingerabdruck 1913-2013: 100 Jahre im Dienst der Eidgenossenschaft*.

Bundesamt für Polizei fedpol.

- (Steinert, 2010) Steinert, U. (2010). Kriminalistik/Kriminaltechnik Skriptum Daktyloskopie, Fachhochschule der Polizei des Landes Brandenburg,
- (Thakur und Garg, 2016) Thakur, P., & Garg, R.K. (2016). New developing reagent for latent fingermark visualization: Fuller`s earth (Multani Mitti). Egyptian Journal of Forensic Sciences, 6(4), 449-458.
- (Vadivel et al., 2021) Vadivel, R., Nirmala, M., & Anbukumaran, K. (2021). Commonly available, everyday materials as non-conventional powders for the visualization of latent fingerprints. Forensic Chemistry, 24, 100339.
- (van Dam, 2014) Van Dam, A. (2014). Fingermarks, more than just a ridge pattern. University of Amsterdam
- (Vanderkolk, 2011) Vanderkolk, J.R. (2011). The Fingerprint Sourcebook – Chapter 9: Examination process. US Dept. of Justice, Office if Justice Programs, National Institute of Justice.
- (Yamashita und French, 2010) Yamashita, B., & French, M. (2010). The Fingerprint Sourcebook – Chapter 7: Latent Print Development. US Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice.

Internetquellen:

- (Bundeskriminalamt, 2023) Bundeskriminalamt (2023). Fingerabdrücke/ AFIS. https://www.bka.de/DE/UnsereAufgaben/Ermittlungsunterstuetzung/Erkennungsdienst/erkennungsdienst_node.html, verfügbar am 28.03.2023, 18:02 Uhr.

- (Herzner, 2021) Herzner, S. (2021). Aufbau und Funktion der Haut. <https://www.apotheken-umschau.de/mein-koerper/haut-undhaare/aufbau-und-funktion-der-haut-708309.html>, verfügbar am 25.02.2023, 18:51 Uhr.
- (Laudon, 2013) Laudon, M. (2013). Zuverlässigkeit eines Fingerabdrucks als Beweismittel. <https://www.strafakte.de/forensik/zuverlaessigkeit-fingerabdruck-beweis-im-strafverfahren/>, verfügbar am 22.03.2023, 22:39 Uhr.
- (Nickolay et al., 1997) Nickolay, B., Unger, S. & Waldöstl, D. (1997). Automatische Fingerabdruck-Identifikation – Spektrum der Wissenschaft. <https://www.spektrum.de/magazin/automatische-fingerabdruck-identifikation/823683>, verfügbar am 28.03.2023, 17:23 Uhr.
- (Spiegato, 2023) Spiegato (2023). Was ist Bleichende Erde? <https://spiegato.com/de/was-ist-bleichende-erde>, verfügbar am 23.03.2023, 21.47 Uhr.

Anlagen

Teil 1	A-I
--------------	-----

Anlagen Teil 1

Da die in dieser Arbeit gesicherten Ergebnisse einem Umfang von 225 Bildern entsprach, wurde auf das Anhängen aller Bilder verzichtet. Stattdessen wurden die gesicherten Bilder in Form eines Zip-Ordners, mit der Bachelorarbeit übermittelt. Zusätzlich wurde der gebundenen Version eine CD beigelegt.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 11.04.2023

Tabea Bayha