



**HOCHSCHULE  
MITTWEIDA**  
University of Applied Sciences

---


# **BACHELORARBEIT**

---

Frau  
**Bianca Robotka**

**Detektion kinderpornografischer  
Inhalte durch den Einsatz KI-basierter  
semantischer Analyse**

Mittweida, August 2023



Fakultät **Angewandte Computer- und Biowissenschaften**

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Detektion kinderpornografischer Inhalte durch den Einsatz KI-basierter semantischer Analyse**

Autorin:

**Bianca Robotka**

Studiengang:

IT-Forensik/Cybercrime

Seminargruppe:

CC19w1-b

Erstprüfer:

Prof. Dr. rer. nat. Dirk Labudde

Zweitprüfer:

Dr. rer. nat. Michael Spranger

Einreichung:

Mittweida, 21.08.2023

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 24.08.2023

Faculty of **Applied Computer Sciences and Biosciences**

---

## **BACHELOR THESIS**

---

### **Detection of child pornographic content using AI-based semantic analysis**

Author:

**Bianca Robotka**

Course of Study:

IT-Forensics/Cybercrime

Seminar Group:

CC19w1-b

First Examiner:

Prof. Dr. rer. nat. Dirk Labudde

Second Examiner:

Dr. rer. nat. Michael Spranger

Submission:

Mittweida, 21.08.2023

Defense/Evaluation:

Mittweida, 24.08.2023

## **Bibliografische Beschreibung:**

Robotka, Bianca:

Detektion kinderpornografischer Inhalte durch den Einsatz KI-basierter semantischer Analyse. – 2023. – 61 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences, Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften, Bachelorarbeit, 24.08.2023.

## **Referat:**

Die fortschreitende Digitalisierung stellt Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden vor große Herausforderungen. Die steigenden Datenmengen sind insbesondere für die Aufklärung von Delikten wie der Kinderpornografie ein Problem, da große Datenbestände manuell gesichtet werden müssen. Um Herr der Lage zu bleiben, müssen neue Ermittlungsansätze eingeführt werden, die sich technisch unterstützender Werkzeuge wie KI bedienen. Zielen solche Hilfsmittel heute auf die Reduktion der händisch zu analysierenden Materialien ab. Bisher fehlt eine semantische Betrachtungsmöglichkeit der kinderpornografischen Inhalte, um Bild- und Videomaterialien einer Aufnahmeserie zuordnen zu können. Diese Forschungsarbeit befasst sich mit der Konzeption der semantischen Analyse kinderpornografischer Materialien.

## **Abstract:**

The proceeding digitalization poses challenges for investigativ and criminal prosecution authorities. The increasing amount of data is a problem especially for the investigation of child pornography because of the manual classification of a seized data. In order to keep control of the situation they have to introduce new investigative processes that use technically supported tools such as AI. Whereas today's tools are aiming of reducing the number of files which have to be analyzed manually, as there are no ways to inspect the child pornography in a semantic way to allocate the pictures and videos to a series. This paper deals with the conception of semantic analysis of child pornographic materials.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Relevanz des Themas anhand der Fallzahlenentwicklung aus der PKS</b>	<b>4</b>
<b>3 Ausgangssituation</b>	<b>10</b>
3.1 KI zur Objektdetektion und Generierung der Textentsprechungen . . . . .	10
3.2 Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte von Bilderserien . . . . .	13
3.3 Ermittlungsansätze in Deutschland . . . . .	14
3.3.1 Hashdatenbanken . . . . .	15
3.3.2 KI-basierte Ansätze . . . . .	15
3.3.3 „Griffeye Analyze“ und organisatorische Ansätze . . . . .	18
3.3.4 Gesetzesanpassungen . . . . .	19
3.3.5 Internationale Zusammenarbeit durch das NCMEC . . . . .	20
3.4 Aktuelle Probleme bei der Bekämpfung von Kinderpornografie in Deutschland .	21
3.4.1 Ressourcenengpässe und Belastung der Sachbearbeiter . . . . .	21
3.4.2 Probleme neuer Ermittlungsstrategien . . . . .	22
3.4.3 Herausforderungen moderner Technik und fehlende Auskunftsmöglich-	23
keiten . . . . .	
<b>4 Zielsetzung und Forschungsfragen</b>	<b>25</b>
<b>5 Grundlagen</b>	<b>26</b>
5.1 Begriffsbestimmung KI und Neuronale Netze . . . . .	26
5.2 Definition und Rechtslage von Kinderpornografie nach dem deutschen Gesetz .	27
5.3 Semantik in Bildern erfassen . . . . .	28
5.3.1 Definition der Bildsemantik . . . . .	28
5.3.2 Abgrenzung der Bildsemantik zur Forschungsarbeit . . . . .	30
5.3.3 Methoden zur Ermittlung von Bildsemantik . . . . .	30
5.4 KI im deutschen Recht . . . . .	34
5.4.1 Geplante KI-Verordnung der Europäischen Union . . . . .	34
5.4.2 Sonstige Regelungen für KI in der Justiz . . . . .	36
<b>6 Konzept zur semantischen Analyse</b>	<b>37</b>
6.1 Tatort . . . . .	37
6.1.1 Mit dem Algorithmus verproben . . . . .	39
6.1.2 Erweiterung um semantikbezogene Hypothesengenerierung . . . . .	46
6.2 Opfer und Täter . . . . .	48
6.2.1 Biometrische Merkmale . . . . .	48

---

6.2.2	Zeitliche Abhängigkeiten von Bewegungsabläufen . . . . .	50
<b>7</b>	<b>Bewertung und Diskussion des Konzepts und der verwendeten Komponenten</b>	<b>51</b>
7.1	KI der Hochschule Mittweida . . . . .	51
7.2	Eigenimplementierter Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte . . . . .	53
7.3	Konzept zur semantischen Analyse der Forschungsarbeit . . . . .	55
7.4	Teilautomatisierung durch Zusammenführung der untersuchten Komponenten	56
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>59</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>62</b>
	<b>Anhang</b>	<b>68</b>
<b>A</b>	<b>Fallzahlen aus der PKS</b>	<b>68</b>
<b>B</b>	<b>Gesamtergebnis des Vergleichs aller Ansichten aus dem Beispielszenario</b>	<b>69</b>
<b>C</b>	<b>Textentsprechungen des Beispielszenarios</b>	<b>78</b>
<b>D</b>	<b>Textentsprechungen des Referenzszenarios</b>	<b>81</b>
<b>E</b>	<b>Gesamtergebnis des Vergleichs der beiden Ansichten von der Tür aus</b>	<b>84</b>
<b>F</b>	<b>Erweiterter Vergleich der beiden Ansichten von der Tür aus</b>	<b>88</b>
<b>G</b>	<b>Original Detektion und Textentsprechungen - ohne Person</b>	<b>93</b>
<b>H</b>	<b>Original Detektion und Textentsprechungen - Person seitlich</b>	<b>95</b>
<b>I</b>	<b>Original Detektion und Textentsprechungen - Person von hinten</b>	<b>97</b>
	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>99</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Gesamtfallzahlenentwicklung Kinderpornografie . . . . .	6
2.2	Anteil Tatmittel Internet . . . . .	7
3.1	Einordnung Objektdetektion . . . . .	11
3.2	Eingabe KI HSMW . . . . .	11
3.3	Ausgabe KI HSMW . . . . .	12
3.4	Lernprozess KI . . . . .	12
3.5	Prozess NCMEC . . . . .	20
5.1	Aufbau Neuronales Netz . . . . .	27
5.2	Semantisches Teilnetz Luftbildanalyse . . . . .	31
5.3	Überholvorgang Ausgangssituation . . . . .	33
5.4	Überholvorgang Ausscheren . . . . .	33
5.5	Überholvorgang Überholen . . . . .	33
5.6	Überholvorgang Einscheren . . . . .	33
5.7	Überholvorgang Endzustand . . . . .	33
6.1	Beispielszenario Ansicht Fenster . . . . .	37
6.2	Beispielszenario Ansicht Fernseher . . . . .	38
6.3	Beispielszenario Ansicht Regal . . . . .	38
6.4	Beispielszenario Ansicht Tür . . . . .	38
6.5	Referenzszenario Ansicht Fenster . . . . .	42
6.6	Referenzszenario Ansicht Fernseher . . . . .	43
6.7	Referenzszenario Ansicht Regal . . . . .	43
6.8	Referenzszenario Ansicht Tür . . . . .	43

# Tabellenverzeichnis

2.1	Schlüssel PKS bis 2015 . . . . .	4
2.2	Schlüssel PKS ab 2016 . . . . .	5
6.1	Erkenntnisse zum Tatort aus Übereinstimmungen . . . . .	40
6.2	Auswirkung Ergebnis ein Wort Unterschied . . . . .	41
6.3	Vergleich Phrasen ohne Kontext . . . . .	42
6.4	Gleichheiten und Unterschiede beider Tatorte . . . . .	44
6.5	Gleichheiten aus 100% Übereinstimmungen erkennen . . . . .	44
6.6	Unterschiede aus Ergebnisliste erkennen . . . . .	45
7.1	Gleiche Objekte unterschiedliche Detektion . . . . .	52



# Abkürzungsverzeichnis

<b>BKA</b> .....	Bundeskriminalamt
<b>EU</b> .....	Europäische Union
<b>HSMW</b> .....	Hochschule Mittweida
<b>KI</b> .....	Künstliche Intelligenz
<b>NCMEC</b> .....	National Center for Missing & Exploited Children
<b>PKS</b> .....	Polizeiliche Kriminalstatistik
<b>StGB</b> .....	Strafgesetzbuch
<b>ZAC NRW</b> .....	Zentral- und Ansprechstelle Cybercrime Nordrhein-Westfalen

# 1 Einleitung

Die Technik erlebt seit Jahrzehnten rasante Fortschritte und fördert zugleich die Entwicklung der Digitalisierung. Diese beherrscht nicht nur Bereiche wie die Wissenschaft und die Wirtschaft, sondern ist inzwischen ein wesentlicher Bestandteil des sozialen und gesellschaftlichen Lebens, das sich zunehmend ins Internet verlagert. Wurde das heute bekannte Internet in den 1990er-Jahren für die allgemeine Öffentlichkeit zugänglich, erlebte es bereits in den 2000er-Jahren einen großen Sprung durch seine Interaktivität und der Möglichkeit der Kommunikation mit anderen Menschen [1]. Nahezu täglich gibt es neue Anwendungen für mobile Endgeräte und die Technik überholt sich häufig selbst [1]. Aufgrund der ständigen Verfügbarkeit des Internets durch mobile Verbindungen kann das neu Erlebte direkt über Bilder und Videos in den sozialen Netzwerken geteilt oder über Messenger Dienste verschickt werden. Eine Vernetzung wird erleichtert und der ständige Kontakt mit mehreren Personen, die sich nicht zwingend in unmittelbarer Nähe befinden, wird hierdurch erst möglich. Durch den stetigen Austausch entsteht im Internet eine große Datenmenge an Textnachrichten sowie Bild- und Multimediadateien. Bereits im Jahr 2012 prognostizierte man, dass im Jahr 2020 die digitale Gesamtdatenmenge auf rund 40.000 Exabyte weltweit steigen würde, was eine Datenmenge von 5200 Gigabyte pro Menschen entspricht [2]. Laut einer aktuellen Statistik von Mai diesen Jahres wurden im Jahr 2020 weltweit vergleichsweise rund 64,2 Zettabyte an Daten generiert, was insgesamt 64.200 Exabyte entspricht [3]. Die Datenmenge ist wesentlich höher als sie zuvor prognostiziert wurde. In 2022 lag die Gesamtdatenmenge weltweit bereits bei 103.660 Exabyte und für das Jahr 2027 wird eine weltweite Gesamtdatenmenge von 284.300 Exabyte prognostiziert [3]. Diese Zahlen verdeutlichen, dass die Datenmenge weiterhin exponentiell wächst.

Die Digitalisierung bringt nicht nur Vorteile und Komfort für Unternehmen und Privatleute, sondern auch für viele Kriminelle und Straftäter<sup>1</sup>. Die Verlagerung sämtlicher Lebensbereiche in die digitale Welt lässt Kriminelle ebenfalls mehr auf das Internet ausweichen, um Straftaten zu begehen oder sich mit ihresgleichen auszutauschen. Insbesondere das Darknet bringt die notwendige Anonymität und Weitläufigkeit mit sich, um solche Unterfangen zu begünstigen. Bei vielen Menschen führt der Begriff Darknet zu negativen Assoziationen. Allerdings stellt die Darknet Technologie für viele Journalisten und Menschenrechtler die einzige Möglichkeit dar, sich frei über politische Missstände und Probleme in der jeweiligen Heimat zu äußern, ohne mit Überwachung und direkten Konsequenzen, wie Verfolgung oder Freiheitsstrafen, rechnen zu müssen [4]. Dieser positive Aspekt des Darknets wird jedoch durch den zunehmenden Missbrauch für digitale Schwarzmärkte und illegale Tauschbörsen überschattet. So nutzen Kriminelle und Straftäter das Darknet für den Handel mit Waffen und Drogen sowie zum Betrieb von Tauschplattformen für kinder- und jugendpornografische Inhalte. Zudem können sie sich hinter kreativen Benutzernamen und Pseudonymen verstecken und durch falsche Identitäten ungehindert im Internet auftreten.

---

<sup>1</sup>Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Forschungsarbeit das generische Maskulin verwendet. Die aufgeführten Personenbezeichnungen beziehen sich - sofern nicht anders kenntlich gemacht - auf alle Geschlechter.

Dadurch dass Kinder und Jugendliche bereits immer früher in der digitalen Welt aktiv werden und die dort herrschenden Gefahren nicht zwingend einschätzen können, stellen sie eine besonders gefährdete Personengruppe dar. Zwar besitzen Kinder und Jugendliche die „praktische Medienkompetenz“ und wissen wie ein Smartphone zu bedienen ist, allerdings mangelt es an der „reflexiven Medienkompetenz“ der Erwachsenen [1]. Laut einer Umfrage aus dem Jahr 2021 besitzen bereits 21 % der Sechs- bis Neunjährigen in Deutschland ein Smartphone. Bei den Zehn- bis Zwölfjährigen sind es bereits 86 % und bei den 13- bis 15-Jährigen 95 %. Diese Zahlen basieren jedoch auf einer kleinen Stichprobe von insgesamt 920 Kindern und Jugendlichen. [5] Pädokriminelle können mit Hilfe des Internets einfacher Kontakt zu Minderjährigen aufnehmen und sich unbemerkt als Kommunikationspartner ihres Alters ausgeben. Wichtige Eigenschaften wie die Mimik, die Gestik und das äußere Erscheinungsbild fehlen in der digitalen Welt, um die Situation korrekt bewerten und einschätzen zu können. Nachdem das Vertrauen aufgebaut ist, kann es zum Sexting (Zusammensetzung aus den Wörtern „sex“ und „texting“ [1]), mit dem einhergehenden Austausch von eigen erstellten Nacktaufnahmen oder schlimmsten falls zu einem persönlichen Treffen kommen, das den sexuellen Missbrauch und die Herstellung von kinder- oder jugendpornografischem Material mit sich bringen kann. Viele Elternteile wissen nicht auf welchen Plattformen sich ihre Kinder bewegen und zu welchen Personen sie dort Kontakte pflegen. Somit dient das Internet nicht nur als Medium für die Verbreitung und den Erwerb von kinder- und jugendpornografischen Inhalten, sondern auch für den Erstkontakt eines Täters mit seinem potenziellen Opfer. Dieses Phänomen wird auch als Cyber-Grooming betitelt [6]. Problematisch erweist sich zudem, dass es für viele Kinder und Jugendliche keinen sicheren Rückzugsort mehr gibt, da viele der genannten Aspekte in den eigenen vier Wänden und nicht mehr zwingend außerhalb des eigenen Zuhauses stattfinden. Die Anzahl der Kontaktgesuche und die Geschwindigkeit der Kontaktaufnahmen wird durch die Digitalisierung begünstigt, da ein Täter zeitgleich Kontakt zu mehreren potentiellen Opfern halten kann. [1]

Die neuen Technologien und die daraus resultierenden immensen Datenmengen stellen Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden vor große Herausforderungen, vor allem, weil Kriminelle und Straftäter die neuen Techniken und ihre Vorteile schnell zu ihrem eigenen Nutzen missbrauchen. Deswegen müssen die Behörden ihre Prozesse und Ermittlungsansätze anpassen und sich diese neuen Technologien ebenfalls zu Nutze machen, um mit den Kriminellen Schritt halten zu können und die Bekämpfung von Kinder- und Jugendpornografie voran zu treiben. Im Bereich der IT-Forensik gehört der Umgang mit großen und unüberschaubaren Datenmengen zum Alltag. Bevor es an die Auswertung der einzelnen Daten gehen kann, muss deshalb vorab eine Entscheidung getroffen werden, welche der vorliegenden Daten für den aktuell zu untersuchenden Fall von Relevanz sind. Da dies nicht manuell zu bewältigen ist, nimmt die Bedeutung von unterstützenden Werkzeugen immer mehr zu. Insbesondere Bilddateien bedürfen einer zeitintensiven Sichtung, da diese nicht, wie Textdateien, von Maschinen inhaltlich einfach zu erfassen sind.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, aufbauend auf den bereits existierenden, technischen Möglichkeiten der Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden in Deutschland sowie der Hochschule Mittweida (HSMW) in Mittelsachsen, ein Konzept zu entwickeln, das es ermöglicht Semantik in kinderpornografischen Inhalten zu ermitteln und Zusammenhänge zwischen einzelnen Bildern zu detektieren. In diesem Zuge sollen die technischen Komponenten der HSMW bewertet und die noch offene Probleme aufgezeigt werden, die sich für die Umset-

---

zung des Konzepts zur semantischen Analyse ergeben. Zudem soll beurteilt werden, ob eine semantische Analyse gewinnbringend für die Ermittlung hinsichtlich Kinderpornografie ist und wie dahingehend ein teilautomatisierter Prozess mit den vorgestellten Mitteln aussehen kann.

## 2 Relevanz des Themas anhand der Fallzahlenentwicklung aus der PKS

Nicht nur die Medien berichten regelmäßig über Fälle von Personen des öffentlichen Lebens, wie Fußballspieler [7], die im Besitz von Kinder- oder Jugendpornografie sind oder von Plattformen aus dem Darknet mit kinder- oder jugendpornografischen Inhalten, die stillgelegt werden konnten. Auch die Fallzahlen der Polizeilichen Kriminalstatistik (PKS) zeigen, dass kinder- und jugendpornografische Delikte permanente Begleiter der heutigen Gesellschaft sind. Zu berücksichtigen ist, dass die PKS nur das Hellfeld abbildet, d.h. lediglich die Fälle aufzeigt, die bei einer Ermittlungs- oder Strafverfolgungsbehörde gemeldet wurden. Das Dunkelfeld ist ungewiss und kann die tatsächlichen Zahlen um ein Vielfaches übersteigen. Das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz schätzt, dass die Dunkelziffer sexueller Gewalt an Kindern und Jugendlichen achtmal so hoch sei, wie die gemeldeten Straftaten [8].

Um die Relevanz des Themas der Bekämpfung von Kinderpornografie und die Notwendigkeit neuer Ermittlungsansätze zu verdeutlichen, werden die Fallzahlen und ihre Entwicklung aus der PKS der letzten elf Jahre gegenübergestellt [9][10][11][12][13][14][15][16][17][18][19]. Hierbei werden nur die Fallzahlen der Kinderpornografie und nicht der Jugendpornografie behandelt, da der Fokus dieser Forschungsarbeit in der semantischen Analyse kinderpornografischer Inhalte liegt und es sich dabei um zwei separate Deliktsbereiche handelt. Die Zahlen zeigen die Annahme eines begründeten Verdachts auf und müssen am Ende nicht zwingend zu einer Bestrafung geführt haben.

Nachstehend werden die Schlüssel der PKS aufgeführt, die für die Auswertung herangezogen werden. Dabei werden die Schlüssel bis einschließlich dem Jahr 2015 separat zu den Schlüsseln ab dem Jahr 2016 aufgeführt, da diese in Folge einer Gesetzesänderung mit aktualisiert wurden.

Schlüssel	Bezeichnung
143200	Verbreitung kinderpornographischer Schriften (Erzeugnisse) durch gewerbs-/bandenmäßiges Handeln gemäß § 184b Abs. 3 StGB
143300	Besitz/Verschaffung von Kinderpornographie gemäß § 184b Abs. 2 und 4 StGB
143400	Verbreitung von Kinderpornographie gemäß § 184b Abs. 1 StGB

**Tabelle 2.1:** Betrachtete Schlüssel der PKS bis Ende Jahr 2015

<b>Schlüssel</b>	<b>Bezeichnung</b>
143200	Verbreitung, Erwerb, Besitz und Herstellung kinderpornografischer Inhalte § 184b StGB
143210	Verbreitung, Erwerb, Besitz und Herstellung von Kinderpornografie § 184b Abs. 1 StGB
143211	Verbreitung von Kinderpornografie § 184b Abs. 1 Nr. 1 StGB
143212	Besitzverschaffung für andere von Kinderpornografie § 184b Abs. 1 Nr. 2 StGB
143213	Herstellung auch ohne Verbreitungsabsicht von Kinderpornografie mit tatsächlichem Geschehen § 184b Abs. 1 Nr. 3 StGB
143214	Herstellung mit Verbreitungsabsicht von Kinderpornografie § 184b Abs. 1 Nr. 4 StGB
143220	Verbreitung und Herstellung von Kinderpornografie gewerbs-/bandenmäßig § 184b Abs. 2 StGB
143230	Besitz oder sich Verschaffen von Kinderpornografie § 184b Abs. 3 StGB

**Tabelle 2.2:** Betrachtete Schlüssel der PKS ab dem Jahr 2016

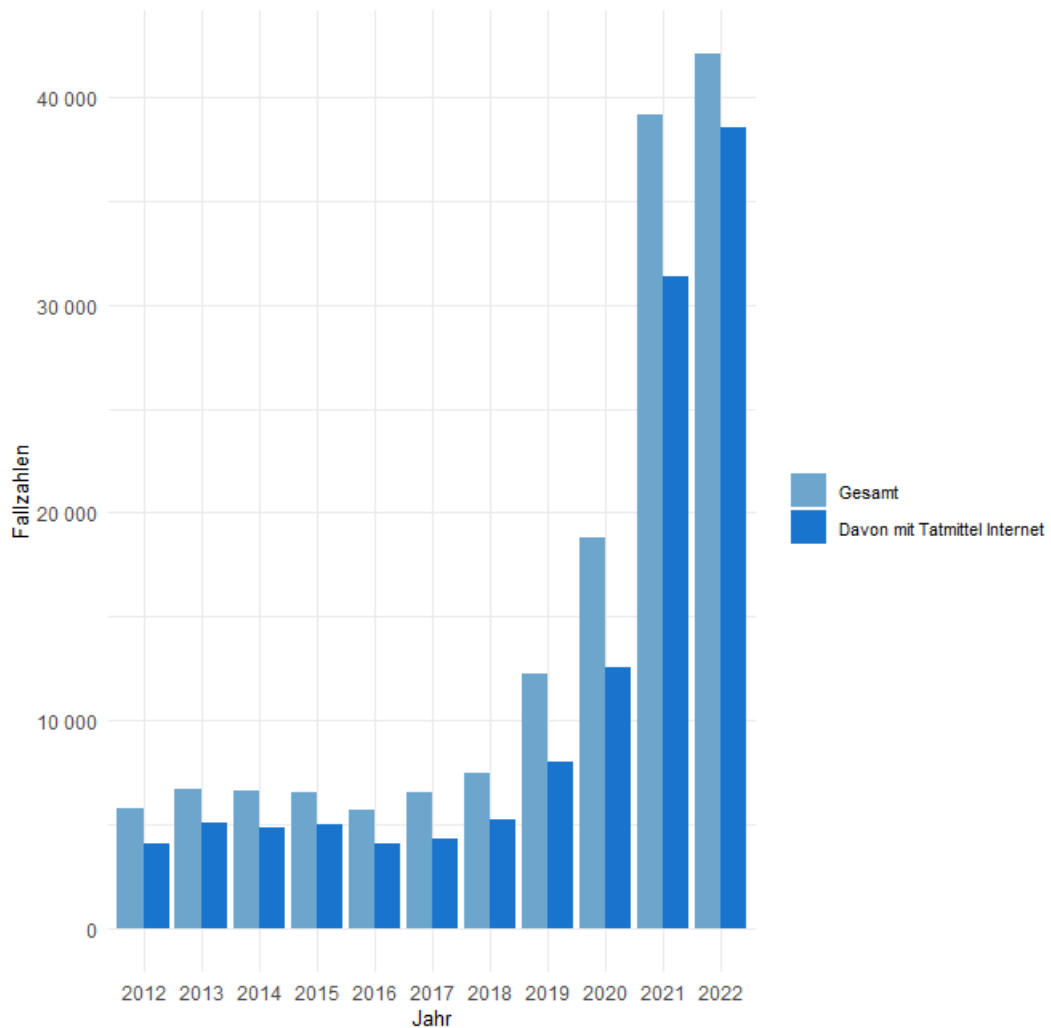
Die beiden Schlüssel

- „131600 Schwerer sexueller Missbrauch von Kindern zur Herstellung und Verbreitung pornographischer Schriften § 176a Abs. 3 StGB“
- „143040 Veranstaltung und Besuch kinder- und jugendpornographischer Darbietungen § 184e“

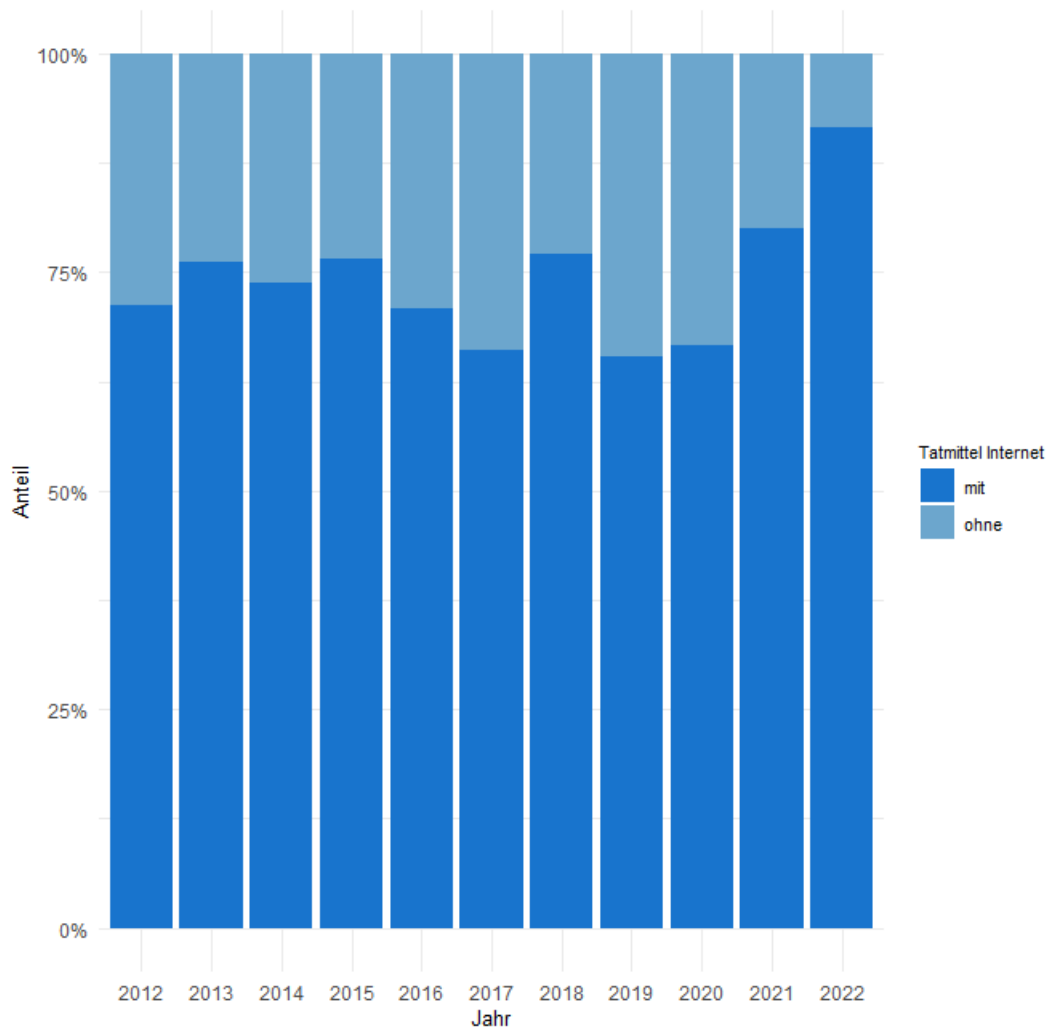
werden bei der Betrachtung ausgeklammert. Schlüssel 131600 zielt zwar auf die Herstellung und die Verbreitung von Kinderpornografie ab, jedoch liegt der Schwerpunkt des Straftatbestands in dem sexuellen Missbrauch des Kindes. Bei Schlüssel 143040 geht es nicht primär um die Verbreitung, den Erwerb, den Besitz oder die Herstellung von Kinderpornografie, sondern um den Konsum und das Vorführen kinder- oder jugendpornografischer Inhalte im Rahmen einer Veranstaltung. Wie den Tabellen 2.1 und 2.2 zu entnehmen ist, wird die Verbreitung, der Erwerb, der Besitz und die Herstellung kinderpornografischer Inhalte im §184b des Strafgesetzbuchs (StGB) geregelt. Neben den beiden genannten Schlüsseln, finden zusätzliche Schlüssel mit dem Wortlaut „pornografische Schriften“ unter der Angabe des §184b StGB keine Beachtung, da in der aufgeführten Gesamtfallzahl nicht klar erkennbar ist, welchen Anteil die kinderpornografischen Inhalte ausmachen (vgl. Schlüssel „143000 Verbreitung pornographischer Schriften (Erzeugnisse) §§ 184, 184a, 184b, 184c, 184d, 184e StGB“).

Im Folgenden wird die Fallentwicklung gemäß der oben beschriebenen Schlüssel (Tabelle 2.1 und Tabelle 2.2) aus der PKS aufgezeigt. Dabei wird zum einen die Entwicklung der Gesamtfallzahlen in Bezug auf das Delikt der Kinderpornografie aufgeführt und zum anderen die Fallzahlen, die aus der Gesamtangabe explizit mit dem Tatmittel „Internet“ begangen wurden. Bei dem Tatmittel „Internet“ wird die Informations- und Kommunikationstechnik „Internet“ zur Begehung von Straftaten verwendet ohne, dass diese selbst das Angriffsziel darstellt [20].

Die Datengrundlage zu Diagramm 2.1 bilden jeweils die beiden PKS Tabellen „T01 Grundtabelle - Fälle“ und „T05 Grundtabelle – Straftaten mit Tatmittel „Internet“ – Fälle“ (Bezeichnung kann je nach Jahr variieren). Daraus ergibt sich im Anschluss das Diagramm 2.2, das den prozentualen Anteil des Tatmittels „Internet“ zur zuvor dargestellten Gesamtfallzahl angibt. Bei der Auswertung geht es nicht erstrangig darum die konkreten Fallzahlen abzubilden, sondern ein Gefühl dafür zu bekommen, wie sich das Delikt der Kinderpornografie im Laufe der Zeit entwickelt hat und welche Rolle dabei die voranschreitende Digitalisierung spielt. Die zu Grunde liegenden Fallzahlen können dem Anhang A entnommen werden.



**Abbildung 2.1:** Gesamtfallzahlenentwicklung des Delikts der Kinderpornografie im Zeitraum 2012 bis 2022



**Abbildung 2.2:** Anteil des Tatmittel Internet in Bezug zu den Gesamtfallzahlen

In Diagramm 2.1 ist insgesamt ein steigender Trend bezüglich der Gesamtfallzahlen zu erkennen. Zwischen den Jahren 2015 und 2016 ist ein erster deutlicher Rückgang zu vernehmen. Dies liegt darin begründet, dass am 27.01.2015 eine Gesetzesänderung des §184b StGB stattgefunden hat. Eine mögliche Begründung dieses Abfalls wird versucht mittels des Vergleichs der Fassung des §184b StGB vor dem 27.01.2015 mit der Fassung nach dem 27.01.2015 zu geben. [21] In der neuen Fassung wird der Begriff der „kinderpornografischen Schrift“ das erste Mal konkretisiert und definiert was „Gegenstand“ einer solchen Schrift sein muss, wie bspw. „die Wiedergabe eines ganz oder teilweise unbedeckten Kindes in unnatürlich geschlechtsbetonter Körperhaltung“ (vgl. §184b Abs. 1 Satz 1b StGB). Zuvor wird lediglich von „kinderpornografischen Schriften“ gesprochen, ohne festzulegen was diese beinhalten muss, um als solche eingestuft zu werden. Diese Tatsache lässt vermuten, dass vor der Gesetzesänderung mehr Verdachtsfälle als Kinderpornografie eingestuft worden sind, als es die Definition in der neuen Fassung hergibt. Außerdem wird in der alten Fassung unter §184b Abs. 1 Satz 2 StGB die öffentliche Vorführungen solchen Materials geahndet. Im Zuge der Bearbeitung ist der neue Paragraph §184e StGB in Kraft getreten, der u.a. die Veranstaltung von kinderpornografischen Darstellungen beinhaltet. Die öffentlichen Vorführungen können als Veranstaltung aufgefasst werden und sind in der neuen Fassung somit nicht mehr im



§184b StGB enthalten, sondern werden fortan unter §184e StGB geahndet. Dies zeigt sich auch in der PKS wieder, da das Durchführen oder der Besuch solcher Veranstaltungen unter dem bereits aufgeführten Schlüssel 143040 erfasst wird und demgemäß einen eigenen Straftatbestand darstellt. Die beiden genannten Begründungen sind nur ein Versuch den Rückgang der Zahlen anhand der Gesetzesänderung zu deuten und sind nicht zwingend der tatsächliche oder einzige Grund für die abnehmenden Gesamtfallzahlen.

Aus dieser Gesetzesänderung resultieren für die PKS Änderungen an den Schlüsseln, wie sie in Tabelle 2.2 zu erkennen sind. Diese Änderungen greifen jedoch erst ab dem Jahr 2016, auch wenn die Gesetzesänderung bereits zu Beginn des Jahres 2015 geltend gemacht wird. Dies liegt darin begründet, dass die PKS auf einem sogenannten Strafkatalog basiert, der im Vorfeld, vor Beginn des neuen Statistikjahres, definiert wird. In der Datei „Straftatenkatalog (4-stellig) - Historie“ aus 2016 [22] ist zu erkennen, dass bspw. der Schlüssel 143200, der trotz der Gesetzesänderungen in beiden Statistikjahren vertreten ist, mit dem Text aus Tabelle 2.1 nur bis Ende 2015 gültig ist und der Text aus Tabelle 2.2 ab dem 01.01.2016 gültig wird. Daraus folgt, dass die Entwicklung der Gesamtfallzahlen bezüglich Kinderpornografie vor dem Jahr 2016 nur bedingt mit den Gesamtfallzahlen ab dem Jahr 2016 vergleichbar ist. Die Fallzahlen vor 2016 bleiben konstant und weisen keine besondere Entwicklung auf. Ab dem Jahr 2018 sind deutliche Steigungen zu vernehmen, insbesondere zwischen den beiden Jahren 2020 und 2021. Die Vermutung legt nahe, dass dies mit der COVID-19-Pandemie und den einhergehenden Lockdowns zu tun hat. Ein weiterer Grund kann die Anpassung des Schriftenbegriffs im §11 Abs. 3 StGB zum 01.01.2021 sein. Dieser wird um Schriften erweitert, die „unabhängig von Speicherungen mittels Informations- oder Kommunikationstechnik übertragen“ worden sind (vgl. §11 Abs. 3 StGB). Somit fallen mehr Verdachtsfälle unter das Delikt der Kinderpornografie.

Das Tatmittel „Internet“ zeigt in seinen erfassten Gesamtfallzahlen bezüglich Kinderpornografie ebenfalls einen steigenden Trend und weist vom Verlauf eine identische Entwicklung wie die Gesamtfallzahlen auf. Auch hier sind die Anstiege ab 2019 signifikant und insbesondere wieder zwischen den beiden Jahren 2020 und 2021 sehr prägnant. Auch hier liegt die Vermutung bei der COVID-19-Pandemie und der sozialen Distanzierung aufgrund der Lockdowns. Laut dem Bundeslagebild Cybercrime 2021 hat die COVID-19-Pandemie zu einem Digitalisierungsschub geführt und wird als „Beschleuniger“ für Cybercrime Delikte betitelt, was diese These unterstützt [23].

In dem Diagramm 2.2 ist der Anteil des Tatmittels „Internet“ mit eindeutigen Schwankungen dargestellt und zeigt nicht das permanente Wachstum, abgesehen vom Jahr 2016, wie die absoluten Gesamtfallzahlen. Der Abfall zwischen 2015 und 2016 ist mit der Gesetzesänderung, wie oben beschrieben, zu begründen. Neben der klaren Definition der kinderpornografischen Schrift, wird das Delikt der Herstellung mehr in den Fokus gerufen (vgl. §184b Abs. 1 Satz 3 und Satz 4 StGB). Zuvor wird die Herstellung nur in Zusammenhang mit der Verbreitung und im Bezug zu der Öffentlichkeit geahndet, wobei es keinen Unterschied macht, ob man die Kinderpornografie für seine eigenen Zwecke oder für eine andere Person herstellt. Allerdings wird Kinderpornografie nicht in dem Maße mit dem Tatmittel „Internet“ hergestellt. Meistens steckt hinter der Herstellung kinderpornografischen Materials ein weiteres, schwerwiegenderes Delikt wie der sexuelle Missbrauch an einem Kind. Das Internet wird hier überwiegend für die Verbreitung und den Erwerb verwendet, was den rückgängigen Anteil des Tatmittels

„Internet“ erklärt. Seinen Tiefpunkt erreicht der Anteil des Tatmittels „Internet“ im Jahr 2019. Auch wenn die zuvor aufgezeigten Gesamtfallzahlen zu diesem Zeitpunkt stetig steigen, gibt der Anteil des Tatmittels „Internet“ nicht diesen konstanten Anstieg wieder. Zwischen den Jahren 2020 und 2021 gibt es den stärksten Anstieg, den die Gesamtfallzahlen zuvor ebenfalls gezeigt haben und, wie bereits erwähnt, in der COVID-19-Pandemie begründet liegt. In dem Jahr 2022 erreicht das Tatmittel „Internet“ seinen Höhepunkt mit ungefähr 90 %.

## 3 Ausgangssituation

In diesem Kapitel soll ein Überblick über die aktuelle Situation zur Bekämpfung der Delikte der Kinderpornografie gegeben werden. Dabei wird aufgezeigt, welche technischen Lösungen bereits heute bei den deutschen Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden im Einsatz sowie welche zusätzlichen Möglichkeiten für die Zukunft vorgesehen sind, um eine zeitnahe Ermittlung gewährleisten zu können. Zudem sollen die aktuellen Probleme bezüglich der Delikte der Kinderpornografie und der voranschreitenden Digitalisierung verdeutlicht werden. Neben der Recherche werden hier Erfahrungen der Zentral- und Ansprechstelle Cybercrime Nordrhein-Westfalen (ZAC NRW) mit Sitz und als Abteilung der Staatsanwaltschaft in Köln geteilt. Nicht nur die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden, sondern auch Hochschulen in Deutschland, wie die HSMW, befassen sich in Forschungsprojekten mit neuen technischen Möglichkeiten für die Fallbearbeitung. Zwei solcher Projekte bilden die Grundlage für diese Forschungsarbeit und sollen vorgestellt werden.

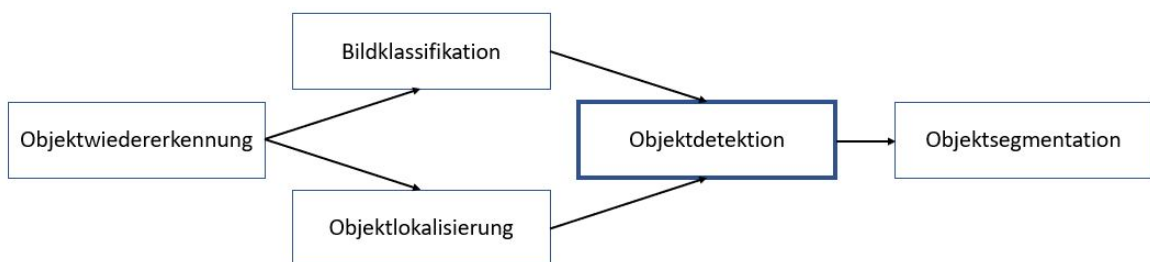
### 3.1 KI zur Objektdetektion und Generierung der Textentsprechungen

Die HSMW bietet nicht nur forensische Studiengänge wie „Allgemeine und Digitale Forensik“ oder „IT-Forensik/Cybercrime“ an, sondern arbeitet auch in Forschungsgruppen, wie dem „Forensic Science Investigation Lab“, an unterstützenden Methoden für die Ermittlungsarbeiten in Deutschland. In diesem Zuge ist eine Künstliche Intelligenz (KI) trainiert worden, die Objekte auf Bildern identifiziert und die so wahrgenommenen Details als Texte ausgibt. Eine Definition von KI kann dem Kapitel 5.1 entnommen werden. Der unter 3.2 beschriebene Algorithmus baut auf den Textentsprechungen auf, die von der KI generiert werden.

Der Mensch kann durch Betrachten erkennen sowie mittels Sprache benennen, was er auf einem Bild sieht. Dabei können die Beziehungen der einzelnen Objekte erfasst werden, wie z.B. „Ein Glas steht auf dem Tisch“. Besonders für das Delikt der Kinderpornografie sind solche menschlichen Erkenntnisse von großer Relevanz, um Informationen über den Tatort sowie über die abgebildeten Personen, konkret dem kindlichen Opfer und dem Täter, in Erfahrung zu bringen. Die KI der Hochschule ist für die Objektdetektion und die anschließende Ausgabe der abgebildeten Objekte in ihre Textentsprechungen trainiert. Um zu verstehen, wie die KI der Hochschule Objekte auf Bildern detektiert, soll ein Überblick gegeben werden, was unter Objektdetektion zu verstehen ist und wie KIs dahingehend trainiert werden können.

Unter dem Begriff der Objektwiedererkennung versteht man in der digitalen Welt die Identifikation von Objekten auf digitalen Bildern. Dies ist ein Oberbegriff, der sich in die beiden Teilaspekte der Bildklassifikation und der Objektlokalisierung aufteilt (vgl. Abbildung 3.1). Die Bildklassifikation sagt aus, zu welcher Klasse ein Objekt im Bild gehört, d.h. ob es sich bei dem Objekt um einen Menschen, einen Hund oder einen Stuhl handelt. Die Eingabe beschreibt dabei ein digitales Bild und bei der Ausgabe handelt es sich um ein sogenanntes Label. Das Label kann durch einen Integer, der sich auf das Klassenlabel bezieht, oder in Textform repräsentiert werden. Die Objektlokalisierung hingegen beschreibt die Platzierung eines oder

mehrerer Objekte im Bild. Dazu wird eine Boundingbox um das Objekt gelegt. Die Eingabe ist hier wiederum ein digitales Bild, das verschiedene Objekte abbildet. Die Ausgabe zeigt anschließend das digitale Bild mit Boundingboxen um die identifizierten Objekte. Die Boundingbox besitzt eine definierte Höhe und eine definierte Weite oder einen festen Punkt auf den sie sich bezieht. Die Objektdetektion kombiniert die beiden aufgeführten Aspekte. Der Unterschied liegt lediglich darin, dass die Ausgabe das Klassenlabel und die Boundingbox, zu jedem erkannten Objekt, zusammenschließt. Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle die Objektsegmentation genannt werden, die Instanzen von wiedererkannten Objekten des digitalen Bildes aufzeigt, indem spezifische Pixel anstatt einer Boundingbox hervorgehoben werden. Die Leistung einer Objektdetektion wird zum einen an der Genauigkeit und zum anderen an der best passenden Boundingbox gemessen. [24]



**Abbildung 3.1:** Einordnung der Objektdetektion: adaptiert nach [24]

Betrachtet man hinsichtlich dieser Definition die Ausgabe der KI der HSMW, wird man feststellen, dass sie die Beschreibung der Objektdetektion abbildet. Eingegeben wird ein digitales Bild mit verschiedenen Objekten (vgl. Abbildung 3.2).



**Abbildung 3.2:** Digitales Bild als Eingabe der KI der HSMW

Als Ausgabe gibt die KI ein Klassenlabel inklusive Boundingbox zu jedem erkannten Objekt aus (vgl. Abbildung 3.3).



zelen Komponenten aus den generierten Sätzen. Hieraus können für weitere Eingabebilder Schlussfolgerungen gezogen und eine Objektdetektion durchgeführt werden (vgl. rechtes Bild in 3.4). [25]

Wie der Definition 5.1 entnommen werden kann, ist ein Neuronales Netz ausschließlich für eine bestimmte Problemstellung trainiert, weswegen in der Literatur verschiedene Neuronale Netze definiert sind, die für unterschiedliche Aufgaben stehen. Das „Bidirectional Recurrent Neural Network“ ist bspw. für die Berechnung der Repräsentation eines Wortes zuständig, indem jedes Wort eines Satzes in einen h-dimensionalen Vektor transferiert wird [25]. Bei der KI der HSMW handelt es sich um ein „Region-Based Convolutional Neural Network“, da diese Art eines Neuronalen Netzes auf die Objektdetektion spezifiziert ist [24].

## 3.2 Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte von Bilderserien

Ein erster Ansatz für die semantische Analyse von Bildmaterial stellt der Algorithmus zur „Vernetzung semantischer Inhalte von Bilderserien“ [27] dar, der an der HSMW im Rahmen eines vorgelagerten Moduls implementiert wurde und die Textentsprechungen, generiert aus der KI der HSMW, verarbeitet. Dieser soll in seiner Funktionsweise vorgestellt werden.

Die Anwendung ist mittels der Programmiersprache Python umgesetzt und findet gänzlich befehlsbasiert in der Kommandozeile statt. Die durch die Textentsprechungen eingelesenen digitalen Bilder werden alle miteinander verglichen, indem alle Phrasen des einen Bildes mit allen Phrasen des anderen Bildes in einem Vergleich gegenübergestellt werden. Das Ergebnis eines jeden Vergleichs ist ein Prozentwert. Am Ende wird eine Gesamtliste aller Vergleiche ausgegeben, die jeweils das Ergebnis eines 1:1 Vergleichs zweier digitaler Bilder aufzeigt. Die Ausgabe erfolgt auf der einen Seite in der Kommandozeile selbst und kann auf der anderen Seite als CSV-Datei exportiert werden. In der Ergebnisliste wird zwischen Übereinstimmungen („Ü“) und Ähnlichkeiten („Ä“) differenziert. Eine Übereinstimmung besitzt eine stärkere Gewichtung als eine Ähnlichkeit und sagt aus, dass zwei Phrasen nahezu gleich sind und sich nicht nur in ihren Inhalten ähneln. Ob es sich um eine Übereinstimmung oder eine Ähnlichkeit handelt, wird von dem Prozentwert des Ergebnisses abhängig gemacht sowie durch die zuvor festgelegten Intervalle. Alles was unterhalb der Grenze für Ähnlichkeiten liegt, wird nicht in die Ergebnisliste aufgenommen.

Als Basis des semantischen Abgleichs dient die Levenshtein Distanz. Diese ermittelt wie viele Änderungen, Permutationen oder Löschungen notwendig sind, um eine Zeichenkette in eine andere zu überführen und ist eine klassische Methode, um Ähnlichkeiten von Zeichenketten zu bestimmen [28]. Zwar liefert die Levenshtein Distanz an sich schon sehr gute Ergebnisse, führt aber auf Grund ihrer Funktionsweise bei Vergleichen von Phrasen wie z.B. „blue shirt“ und „blue box“ zu einem hohen prozentualen Ergebnis. Folglich werden Ergebnisse zu gleichen Objekten, d.h. zu gleichen Nomen, ausgegeben. Diese können jedoch unterschiedliche Beschaffenheiten aufweisen, was für die Ergebnisse von Relevanz ist. Um dem entgegen zu wirken, wird auf das Pos-Tagging zurückgegriffen. Dies ist eine Methode, bei der die einzelnen Bestandteile eines Satzes einer Wortart zugeordnet werden. Handelt es sich bei einem Wort um ein Nomen, wird geprüft, ob dieses Nomen auch in der Vergleichsphrase vorhanden ist.

Befinden sich in einer Phrase mehrere Nomen, reicht die Übereinstimmung eines Nomens aus, um die Phrase für das Endergebnis vorzusehen. Besondere Beachtung müssen in dem Zuge Farben gewidmet werden. Insbesondere im Englischen kann die Angabe „red“ zu einer falschen Klassifizierung bezüglich der Wortart führen. Da für den semantischen Abgleich Farben nur als Adjektive relevant sind, wird bei jedem Nomen geprüft, ob es sich um eine Farbe handelt. Ist dies erfolgreich, wird die Wortart auf Adjektiv umgeschlüsselt. Damit Objekte, die einmal oder mehrmals im Bild vorgekommen und somit in der Textentsprechung in Singular oder Plural aufgeführt sind, einen Treffer liefern, wird die Lemmatisierung angewendet und die Worte auf ihren jeweiligen Wortstamm zurückgeführt. Mittels der zuvor beschriebenen manuellen Anpassungen der eingegebenen Phrasen wird versucht das bestmögliche Ergebnis aus den Textentsprechungen der KI zu erhalten.

Der Aufbau der Gesamtergebnisliste der Anwendung kann exemplarisch dem Anhang B entnommen werden. Diese kann als Grundlage für nachgelagerte manuelle Auswertungen verwendet werden, um bspw. festzustellen, wie sich eine Szene innerhalb einer Bilderserie verändert hat. Anhand eines Beispielszenarios wird während des Konzeptes (6) gezeigt, wie das generierte Beispielergebnis mittels des Algorithmus interpretiert und bewertet werden kann.

### 3.3 Ermittlungsansätze in Deutschland

Die voranschreitende Digitalisierung bringt nicht nur, wie eingangs erwähnt, eine unvorstellbare Menge an digitalen Daten mit sich, sondern schafft zugleich neue Möglichkeiten, um Prozesse durch Automatismen zu erleichtern und zu beschleunigen. Auch die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden in Deutschland versuchen sich die neuen Techniken zur Hilfe zu nehmen, um Delikte wie die Kinderpornografie schnell und effizient aufklären zu können. Folgend soll ein Überblick gegeben werden, wie die Ermittlungsansätze der deutschen Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden, hinsichtlich der Bekämpfung von Kinderpornografie und der großen anfallenden Datenmengen, angepasst werden und welche technikgestützten Lösungen bereits heute Anwendung finden oder deren Anwendung in Planung sind. Dies stellt keine vollständige Auflistung aller bundesweiten Softwarelösungen im Einsatz dar, sondern soll lediglich zeigen, dass man sich der Problematik der rasanten technischen Entwicklung bewusst ist und versucht dieser, ebenfalls technisch, zu begegnen. Neben technisch basierten Lösungen ist man zudem bestrebt sich organisatorisch neu aufzustellen.

Besteht der Verdacht, dass es sich um kinderpornografisches Material handelt, müssen die vorhandenen Daten auf Kinderpornografie untersucht und bewertet werden. Dabei sind die Daten nicht zwingend auf einem Asservat vorzufinden, sondern Tatverdächtige können zusätzlich zu einem Desktopcomputer auch Notebooks, Smartphones und externe Speichermedien wie Festplatten oder USB Sticks besitzen, die alle einer umfassenden Sichtung unterzogen werden müssen [29]. Diese kann bei den steigenden Datenmengen und den zugleich zunehmenden Fallzahlen zeit- und ressourcenintensiv ausfallen. In vielen Fällen kann eine manuelle Sichtung nicht mehr bewältigt werden, wie die nachstehende Zahl unterstreicht. Die Polizei Niedersachsen verzeichnet im Jahr 2020 insgesamt 2,3 Petabyte an Daten, die allein

bei Delikten der Kinder- und Jugendpornografie angefallen sind [2]. Ein erster Fokus zur Verbesserung der aktuellen Lage liegt deswegen in der Reduzierung des manuell zu sichtenden Materials.

### 3.3.1 Hashdatenbanken

Auf der einen Seite macht man sich klassische Ansätze wie Datenbanken zu Nutze. Als Beispiel kann hier die Hashdatenbank „Pornografische Schriften“ genannt werden, die zentral vom Bundeskriminalamt (BKA) geführt wird [30] und primär Anwendung findet, um die Mehrfach-sichtung und die damit einhergehende mehrfache Bewertung von Bild- und Videomaterial zu verringern.

Bei einem Hashwert handelt es sich um das Ergebnis einer Hashfunktion, die einfach gesprochen eine mathematische Funktion darstellt. Diese Funktion nimmt eine Eingabe als Zeichenfolge variabler Länge entgegen und berechnet eine eindeutige numerische oder alphanumerische Ausgabe fester Länge. Bei einer Hashfunktion handelt es sich um eine Einwegfunktion, da mit einfachen Mitteln nicht von dem Ergebnis auf die Eingabe zurückgeschlossen werden kann. Zudem sollte sie die Eigenschaft der Kollisionsfreiheit besitzen und bei zwei verschiedenen Eingaben nicht zum gleichen Hashwert führen. Ein Hashwert wird deshalb häufig als „digitaler Fingerabdruck“ bezeichnet. [31] Hashwerte werden zum Vergleich von Daten verwendet, ohne den konkreten Inhalt zu kennen, wie es bei der Hashdatenbank des BKAs der Fall ist. Diese enthält die Hashwerte von kinderpornografischem Material und kann bundesweit von Ermittlern aufgerufen werden, um die Hashwerte von beschlagnahmtem Material mit bereits bekannten pornografischen Inhalten abgleichen zu können [30]. Es werden darüber hinaus Hashdatenbanken aufgeführt, die nicht nur pornografisches Material aufzeigen, sondern in Black- und Whitelists unterschieden werden [32]. Somit wird nicht nur rechtswidriges Bild- und Videomaterial zum Vergleich aufbewahrt, sondern auch Inhalte, die keine obszönen Darstellungen und Handlungen an Kindern zeigen, wie z.B. harmlose Urlaubsbilder vom Strand in Badebekleidung.

### 3.3.2 KI-basierte Ansätze

Neben der klassischen Methode von Hashvergleichen sind auch KI-basierte Möglichkeiten in Diskussion bzw. sind bereits heute stellenweise im Einsatz. Hier wird ebenfalls der Ansatz der Reduktion der zu sichtenden Datenmenge verfolgt, indem eine erste Sichtung und Mustererkennung durch die KI stattfindet [33]. Dadurch soll eine erste Entscheidung vorbereitet werden, ob kinderpornografisches Material vorliegt. Ähnlich wie bei der Hashdatenbank soll harmloses Bild- und Videomaterial vorab ausgeschlossen werden, um nur das strafrechtlich relevante Material zu extrahieren [34]. Die finale Entscheidung bezüglich der Relevanz wird nicht durch eine technische Lösung gefällt, sondern die Verantwortung obliegt weiterhin der involvierten Staatsanwaltschaft und den zuständigen Sachbearbeitern [33][2].

Hier können gleich zwei Paradebeispiele genannt werden und zwar der „KiPo-Analyzer“ der Polizei in Niedersachsen sowie das Forensikwerkzeug „Aira“ der ZAC NRW.

#### **Niedersächsische Polizei „KiPo-Analyzer“**



Die Polizei in Niedersachsen setzt auf gleich zwei eigen implementierte Softwarekomponenten. Zum einen auf den soeben genannten KiPo-Analyzer. Hierbei handelt es sich um ein selbst trainiertes Neuronales Netz. Der Vorteil der Eigenentwicklung ist, dass kein deliktspezifisches Trainingsmaterial zum Anlernen der KI weitergegeben werden muss, sondern Entwicklung und Training bei der Behörde angesiedelt ist, die bereits Zugriff auf das Material hat. [2] Somit geht man der Gefahr aus dem Weg selbst gesetzeswidrig zu handeln, indem man kinderpornografische Inhalte verbreitet.

Der KiPo-Analyzer berechnet einen sogenannten Score, der angibt, ob es sich bei dem vorliegenden Material „höchstwahrscheinlich“ um Kinderpornografie, Jugendpornografie oder Erwachsenenpornografie handelt. Diese Vorkategorisierung dient dabei ausschließlich als unterstützende Maßnahme. Das Ergebnis wird in einer Datenbank abgelegt und dient als Datengrundlage für die zweite Komponente, dem „Tracebook Kipo“. In einem zweiten Schritt wird einem Sachbearbeiter das zuvor gescorte Material angezeigt. Der Score kann an dieser Stelle manuell von dem Sachbearbeiter angepasst werden, um das Material anders als die KI einzustufen. Dies ist notwendig, da die Grenze zwischen den einzelnen Abstufungen von Pornografie lediglich durch das Alter der abgebildeten Personen bestimmt wird. Insbesondere bei den Schwellenwerten von 14 und 18 Jahren ist die Bestimmung des Alters nicht immer problemlos durchzuführen. Am Ende wird über beide Anwendungen ein Bericht erstellt. [2]

### **ZAC NRW "Aira"**

Die ZAC NRW hingegen setzt auf die Software „Aira“ (Artificial Intelligence enabled Rapid Assessment), die eine KI Implementierung des österreichischen Herstellers T3K Forensics GmbH ist. Die ZAC NRW baut auf externe Entwickler, um die anfallenden Datenmengen zu reduzieren und primär das strafrelevante Material zu analysieren. Im extremen Sonderfall können dadurch Kinder schneller aus akuten Notlagen sexueller Gewalt befreit werden. Bei Aira handelt es sich um eine komplexe KI, die kein einfaches und eindeutiges Modell beinhaltet, sondern einen „Zoo verschiedener Modelle“ repräsentiert. Aira bietet Schnittstellen zur Anbindung anderer Softwarekomponenten an. [35]

Zu Beginn des Projektes musste, im Gegensatz zu dem KiPo-Analyzer, bewertet werden, wie die Trainingsdaten, die strafrechtliches sowie deliktspezifisches Material darstellen, an den Hersteller übermittelt werden können, ohne selbst rechtswidrig zu handeln und Kinderpornografie zu verbreiten. Dazu wurden die Daten in 8x8 Pixel große Bilder transformiert, sodass das kinderpornografische Material nicht mehr als solches identifiziert werden konnte und auch rechtlich betrachtet keine Kinderpornografie mehr darstellte, aber die Inhalte weiterhin für die KI lesbar waren. Das Trainingsmaterial stammt aus dem Datenbestand der ZAC NRW und des Landeskriminalamts NRW. Dieses wurde zuvor gesichtet und bereinigt, um Bildersequenzen auszusortieren, da diese die KI in ihrem Training beeinflussen und im Wesentlichen den gleichen Sachverhalt darstellen. [35]

Ähnlich wie der KiPo-Analyzer der Polizei in Niedersachsen führt Aira eine Vorbewertung des vorliegenden Materials hinsichtlich kinderpornografischer Inhalte aus und erzeugt am Ende ein Auswertungsprotokoll im PDF-Format. Das Protokoll ist nach den Erkennungsraten sortiert, die als Prozentzahlen ausgegeben werden. Der Schwellenwert, der einen Inhalt als kinderpornografisch klassifiziert, wird als Parameter definiert und kann mitgegeben wer-

den, sodass der Umfang des Ergebnisses manuell beeinflussbar ist. Die KI nimmt nicht nur Bild- und Videomaterial als Eingabe entgegen, sondern kann auch vollständige Abbilder von Datenträgern, auch Images genannt, sowie Links zu Webseiten verarbeiten, die auf strafrechtlich relevantes Material durchsucht werden. Der Funktionsumfang von Aira geht weit über die Kategorisierung des vorliegenden Materials hinaus und bietet bereits erste Möglichkeiten der Analyse an. Durch ein integriertes Framework kann Aira auch Chatverläufe und SMS prüfen. Mit dieser Information kann eine erste Bewertung durchgeführt werden, ob es sich hierbei um das Delikt des Besitzes oder der Verbreitung von kinderpornografischem Material handelt. Das Delikt der Herstellung von Kinderpornografie kann allerdings nur schwer bis gar nicht mittels der KI bewertet werden, obwohl sie bei vorliegendem Videomaterial neben der Anzahl an Einzelbildern auch einen Hinweis gibt, ob dieses mit dem zum Image gehörenden Gerät aufgenommen worden ist. Wird ein strafrechtlich relevantes Material auf dem eingespielten Datenträger vorgefunden, weist die KI auf den Speicherort hin und analysiert zugleich den Kontext, ob das Material z.B. aus einem Chatverlauf stammt. Dies hilft dem Sachbearbeiter nicht nur bei der Bewertung des abgebildeten Sachverhalts, sondern auch ob ein Delikt gemäß §184b StGB vorliegt. Ob es sich bei dem vorliegenden Material um Kinderpornografie handelt, wird anhand des Hautanteils, des Alters, anhand einer Boundingbox über dem Gesicht sowie an der Position und der Haltung des Opfers erkannt. Dabei kann über eine zusätzliche Option nicht nur das Material an sich, sondern auch das dazugehörige Thumbnail, d.h. die kleine Vorschauansicht des Bildes, ausgewertet werden. Aira weist darüber hinaus erste Ansätze einer semantischen Analyse auf, die Fokus dieser Forschungsarbeit ist. Es kann bspw. das biologische Geschlecht des Opfers identifiziert oder Stoffmuster bei der Auswertung mitgegeben werden, die auf dem Material explizit wiedergefunden werden sollen. Zusätzlich beinhaltet das zugehörige Framework eine Gesichts-, Logo- oder KFZ-Kennzeichenerkennung und kann Geolokationen auswerten, um z.B. festzustellen, wo sich ein Datenträger, wie z.B. ein Smartphone, über einen gewissen Zeitraum befunden hat. [35]

So fortschrittlich und umfangreich sich die Möglichkeiten mit Aira anhören, muss bedacht werden, dass die Ergebnisse im Anschluss manuell durch einen Staatsanwalt oder Sachbearbeiter gesichtet und bewertet werden müssen. Teilweise erzeugt ein in die KI gegebenes Asservat einen Auswertungsbericht von vielen 1000 Seiten, da jedes gefundene Material, egal ob mit oder ohne kinderpornografischen Inhalt, ausgegeben und ein gesamtheitliches Ergebnis aufgezeigt wird. Erfahrungen der ZAC NRW zeigen, dass Material mit einer Erkennungsrate von kleiner 90 % in den meisten Fällen keine Kinderpornografie darstellen. Jedoch möchte man den Schwellenwert in dieser frühen Entwicklungsphase der KI nicht senken, da die Sorge besteht, dass wichtige Inhalte aussortiert werden. Das Ergebnis der KI stellt lediglich Indizien dar, die stark durch die Trainingsdaten und die bisherigen Verdachtsfälle beeinflusst werden und somit von den Präferenzen der Pädokriminellen abhängig sind. Daraus ergibt sich zwangsweise, dass die KI je nach Ethnie und Aussehen des Kindes unterschiedlich gut funktioniert. [35]

Die ZAC NRW verfolgt das Ziel die KI stetig zu verbessern. In einem nächsten Schritt soll der Auswertungsbericht modifiziert werden, sodass dieser in seiner Seitenzahl reduziert wird. Für die Zukunft wird die Bearbeitung der Daten in einer Cloud oder in einem zentralen

Rechenzentrum angestrebt. Zudem soll Aira in die Prozesse der ZAC NRW integriert werden, so wie der KiPo-Analyser bereits heute im Arbeitsablauf der Polizei Niedersachsen verwurzelt ist. [35]

### 3.3.3 „Griffeye Analyze“ und organisatorische Ansätze

Nicht nur die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden arbeiten an technischen Unterstützungswerkzeugen, sondern es werde auch weitere kommerzielle Lösungen entwickelt, wie die Software „Griffeye Analyze“ der Firma „Griffeye Technologies“ aus Schweden. Dies ist eine Forensiksoftware, die ebenfalls Bild- und Videomaterial kategorisieren kann. Der Vorteil der Software liegt in den vorhandenen Programmschnittstellen, mit denen man eigen implementierte Softwarelösungen anbinden kann. Griffeye ist bspw. bei der Polizei in Schleswig-Holstein im Einsatz und findet auch bei weiteren deutschen Polizeibehörden Anwendung. Neben einer integrierten Hashdatenbank beinhaltet Griffeye eine werkseigene KI, die Bilder und Videos in die Kategorien „hoch“, „niedrig“ oder „unsicher“ einstufen kann. [29] Die Software verbindet somit die Funktionen der Hashdatenbank „Pornografische Schriften“ des BKAs mit denen der KI „Aira“ der ZAC NRW.

Damit die technischen Ansätze, wie die soeben aufgezeigten Softwarelösungen, optimal genutzt werden können, müssen zusätzlich organisatorische und prozessuale Anpassungen stattfinden. Die Bestrebungen gehen hierbei von der Definition von Standards für einen geregelten Arbeitsablauf bis hin zu Gesetzesänderungen (vgl. Kapitel 3.3.4). Die vorantreibenden Institutionen sind hierbei sowohl die deutschen Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden als auch die deutsche Justiz.

Um einen klaren Ermittlungsablauf zu definieren, werden eingehende Verdachtsfälle von Kinderpornografie kategorisiert. Bundesweit hat man einen Standard von insgesamt acht Kategorien definiert, die von „0“ bis „7“ gehen und unterschiedliche Schweregrade der Kinderpornografie abbilden, wobei die Kategorie „7“ die höchste der Kategorien bildet. Je höher die Kategorie ist, desto schneller wird mit den nachfolgenden Ermittlungsschritten begonnen, da bei einer hohen Kategorisierung von einem laufenden Missbrauch ausgegangen wird und man das Kind so schnell wie möglich aus der akuten Notlage befreien will. Leider kommt es bei der Auslastung der Mitarbeiter und der Menge an Datenmaterial zu Fehlkategorisierungen, sodass schwerwiegende Verdachtsfälle zeitweise auf den Stapel der noch zu bearbeitenden Fälle gelegt werden, wie es bei den niedriger kategorisierten Bild- und Videomaterialien gehandhabt wird. Datenmaterial wird niedriger kategorisiert, wenn der Täter bereits bekannt ist oder das Material nicht das erste Mal Gegenstand einer kinderpornografischen Verdachtsmeldung ist. [35]

Neben der ZAC NRW arbeiten auch Behörden anderer Bundesländer, wie z.B. Schleswig-Holstein, mit dem bundeseinheitlichen Kategorisierungsstandard, um Verbesserungen in der Ermittlungsarbeit zu erzielen. In Schleswig-Holstein werden alle Delikte der Kinderpornografie einer von acht Fallgruppen zugeordnet. Ausgangslage ist hierbei die tatverdächtige Person und nicht der Schweregrad der abgebildeten sexuellen Gewalt. Während es sich bei der Fachgruppe „0“ um ein „schuldunfähiges Kind als Verursacher“ handelt, liegt bei Fachgruppe „6“ ein Verdacht sexuellen Missbrauchs eines Kindes vor. Auch hier werden je nach Höhe der

Fachgruppe entsprechende Maßnahmen in die Wege geleitet, die „die nahezu in allen Fällen regelmäßig stattfindende Durchsuchung, die forensische Aufbereitung der sichergestellten IT-Geräte und die kriminalistische Sichtung und Auswertung der Dateien“ beinhaltet. Dabei sind die einzelnen Arbeitsschritte klar definiert und abgegrenzt, um nicht nur einen Standard vorzugeben, sondern auch um den Umfang der Untersuchung festzusetzen. Wie bereits zuvor erwähnt, setzt Schleswig-Holstein auf die Nutzung von Griffeye und will hier je nach Fachgruppe unterschiedliche Komponenten im Einsatz haben. Untersuchungen zu Fällen der Fachgruppe „1“ bis „3“ sollen sich lediglich auf den Hashwertvergleich, auf die als „hoch“ priorisierten Materialien und die dabei hervorgehobenen Verzeichnisse begrenzen. Eine weitere manuelle Sichtung des restlichen Datenmaterials soll dabei nicht mehr stattfinden, allenfalls die durch die KI zusätzlich gekennzeichneten Verzeichnisse und Materialien. Man ist sich dem Risiko bewusst, dass die KI unter Umständen nicht alles strafrelevante Material identifiziert und Daten hierdurch ungeprüft bleiben. Allerdings ist man der Auffassung, dass man „diesem Umstand auch auf andere Art und Weise nicht (mehr) zufriedenstellend begegnen kann“. Selbst wenn das Material zusätzlich manuell gesichtet werden würde, kann es zu einer nicht verkennbaren Fehlerquote kommen, da der Sachbearbeiter über Stunden oder ggf. über Tage hinweg das Material sichten und bewerten muss. Ein Nachlassen der Konzentration bei solch einer gleichbleibenden Tätigkeit ist nicht zu verkennen. Bei höher eingestuften Fachgruppen, wie „4“ bis „7“, werden bereits umfangreichere Durchsuchungsschritte eingeleitet, wie bspw. die Auswertung von Internetsuchverläufen und Suchbegriffen sowie das Aufspüren von Indizien für die Verbreitung oder das Beschaffen von kinderpornografischem Material. [29]

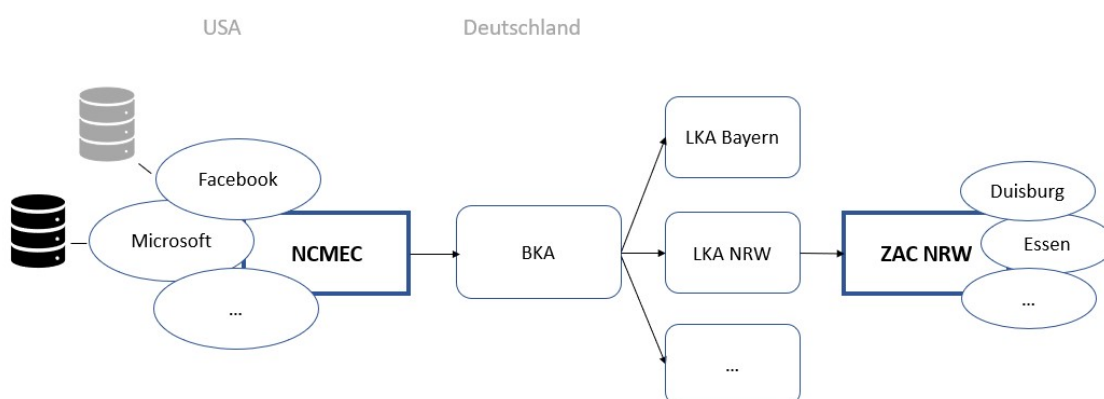
### 3.3.4 Gesetzesanpassungen

Die deutsche Justiz passt sich den Gegebenheiten insoweit an, dass sie regelmäßig Neuerungen und Erweiterungen an bestehenden Gesetzen durchführt, um z.B. Provider und Anbieter zur Meldung und Auskunft von vermeintlich strafbaren Inhalten zu verpflichten [36]. Außerdem werden Provider angehalten, schwerwiegende Inhalte, die in Form einer Hashwertliste beim BKA geführt werden, zu sperren, sodass diese für die Öffentlichkeit nicht mehr im Zugriff sind. Die Besucher sollen anschließend auf eine Stoppseite weitergeleitet werden, die die Gründe des BKAs vorbringt, wieso dieser Inhalt nicht mehr angezeigt werden darf. Auch wenn die Bestrebungen, einiges gesetzlich abdecken zu können, groß sind, liegen trotzdem erhebliche Lücken vor. Eine solche Sperrung kann bspw. nur bei Providern veranlasst werden, die mindestens 10.000 Personen den Internetzugang stellen. Zudem wird keine konkrete Sperrtechnik vorgegeben. Dadurch dass die Liste des BKAs Hashwerte enthält und keine bestimmten URLs, können die schwerwiegenden Inhalte auf eine neue URL ausgelagert werden, um wieder im Zugriff zu sein. Bessere Ansätze stellen bspw. die Begrenzung an Änderungen von Serveradressen pro Tag und die Einrichtungen von Wartezeiten dar, sodass die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden die Chance auf einen Zugriff bekommen und die Kriminellen ihnen nicht stetig einen Schritt voraus sind. [37] Die genannten Aspekte beziehen sich auf das Netzwerkdurchsetzungs- und Telekommunikationsgesetz [36] sowie das Zugangerschwerungsgesetz [37]. Auf diese soll im Folgenden jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Ein Meilenstein solcher gesetzlicher Änderungen ist, dass künstlich generierte Kinderpornografie für die Strafverfolgung genutzt werden darf (vgl. §184b Abs. 6 Satz 1 StGB sowie §110d der Strafprozessordnung). Dies erleichtert den Einstieg für Ermittler in kriminelle Kreise, wie z.B. eine Plattform für kinderpornografische Inhalte im Darknet. Beim Eintritt wird häufig die sogenannte „Keuschheitsprobe“ gefordert, die sicherstellen soll, dass es sich bei dem neuen Mitglied um keinen Maulwurf der Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden handelt, indem neues kinderpornografisches Material zur Verfügung gestellt wird. Die beiden oben genannten Paragraphen finden lediglich Anwendung, wenn kein tatsächliches Geschehen abgebildet und der Ermittlungsbeamte entsprechend eingewiesen wird. Zudem darf künstlich generiertes Material nur bei einem konkreten Verfahren verwendet werden und nicht um potentielle Verdachtsfälle hervorzubringen. [38]

### 3.3.5 Internationale Zusammenarbeit durch das NCMEC

Auch grenzübergreifend ist das Bestreben groß, sich gemeinsam dem Kampf gegen Kinderpornografie zu stellen. In den USA gibt es die Institution National Center for Missing & Exploited Children (NCMEC) [39], die von Privatleuten betrieben wird [35] und sich primär mit, wie der Name schon sagt, vermissten und ausgebeuteten Kindern befasst. Das NCMEC arbeitet eng mit amerikanischen Serviceanbietern wie z.B. Facebook oder Microsoft zusammen, die die bei ihnen befindlichen Daten nach Missbrauchsabbildungen durchsuchen und an das NCMEC melden [39]. In den USA gibt es eine gesetzliche Meldungspflicht der Serviceanbieter, sodass diese zur Weiterleitung des vermeintlich strafbaren Materials an das NCMEC verpflichtet sind [35]. Nachdem die Meldung an das NCMEC erfolgt ist, werden die entsprechenden Daten von den Serviceanbietern aus ihrem jeweiligen Datenbestand gelöscht. Das NCMEC ermittelt anhand der gemeldeten Daten, aus welchem Land diese stammen und somit in welchem Verantwortungsbereich sie fallen. [39] Die Ermittlung kann anhand von IP-Adressen [39], Benutzererkennungen, Kreditkarten oder auch Domänenamen erfolgen. Anschließend wird das Material an die höchste Polizeiinstanz des betroffenen Landes weitergeleitet, wie im Falle von Deutschland an das BKA. Auch die ZAC NRW ist Bestandteil dieses Prozesses, was dem nachstehenden Schaubild 3.5 entnommen werden kann. [35]



**Abbildung 3.5:** Internationale Zusammenarbeit im Kampf gegen Kinderpornografie durch das NCMEC

Nachdem das Material beim BKA eingegangen ist, wird hier die genaue Lokation innerhalb Deutschlands geprüft und damit welches Bundesland für das weitere Vorgehen verantwortlich ist. Anschließend wird der Fall an das jeweilige Landeskriminalamt gesendet, das sich um die weitere Verteilung kümmert. In NRW werden die aufkommenden Fälle an die ZAC NRW gesendet. Diese untersucht das Material in einem ersten Schritt selbst, bevor es an die nächste Instanz, die zuständige Staatsanwaltschaft, weitergeleitet wird. Viele Fälle verbleiben bei der ZAC NRW, die das vorliegende Material bearbeitet, d.h. die Vollstreckung sowie die Beantragung der Maßnahmen werden von der ZAC NRW durchgeführt, bis der Fall an die zuständige Staatsanwaltschaft abgegeben werden kann. Dieses Vorgehen über das NCMEC wird weltweit gelebt. [35] Was die jeweilige Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörde des betroffenen Landes mit den Daten unternimmt, obliegt ihrer Eigenverantwortung.

Dieser Prozess ist bereits fest bei der ZAC NRW etabliert, allerdings ohne dem Einsatz von Aira, was jedoch für die Zukunft geplant ist. [35]

### **3.4 Aktuelle Probleme bei der Bekämpfung von Kinderpornografie in Deutschland**

Aus dem Gespräch mit der ZAC NRW wird schnell erkenntlich, dass trotz erster Versuche Herr der Lage zu werden, immer noch wesentliche Probleme bei der Bekämpfung von Kinderpornografie bestehen. Diese sowie Erfahrungsberichte anderer Institutionen werden in diesem Kapitel behandelt, um die Relevanz weiterer Maßnahmen zu unterstreichen.

#### **3.4.1 Ressourcenengpässe und Belastung der Sachbearbeiter**

Es wird rasch deutlich, dass das Thema der Ressourcen ein essentielles Problem darstellt. Hierbei geht es nicht nur um personelle Engpässe, sondern auch um Ressourcen wie Zeit oder technischer Komponenten. Aufgrund der hohen Fallzahlen und der damit einhergehenden immensen Datenmengen fallen die Bearbeitungszeiten zu lang aus. Somit kann es vorkommen, dass ein anfänglich als Kategorie „1“ bewertetes Material einen laufenden Missbrauch beinhaltet, was allerdings erst im Nachgang bei der Untersuchung festgestellt wird. Aktuell besitzt die ZAC NRW eine KI zur Vorbewertung des eingehenden Materials. Doch auch eine KI bringt gewisse Laufzeiten mit sich. Befindet sich die KI in einem Auswertungsprozess zu einem bestimmten Fall, müssen andere Fälle warten, bis diese durch die KI analysiert werden können. Hierdurch kommt es wiederum zu verlängerten Bearbeitungszeiten und eine Parallelität der technischen Sichtung ist nicht möglich. Wie bereits unter 3.3.2 erwähnt, generiert Aira lange Ergebnisprotokolle, die im Anschluss manuell gesichtet und bewertet werden müssen. Hierfür werden wiederum Personal und Zeit benötigt. Teilweise kann der Mensch anhand der vorliegenden Inhalte nur schwer bewerten, ob ein strafrechtlicher Sachverhalt in Bezug auf Kinderpornografie vorliegt oder nicht. Die Tatsache, dass kinderpornografische Inhalte manipuliert werden, um bspw. ein nacktes Kind mit einem erwachsenen Geschlechtsteil abzubilden, erschwert die Beurteilung darüber hinaus. [35] Ist Kinderpornografie einmal im Umlauf, taucht dieses immer wieder auf, da bereits bestehendes Material mit neuem kombiniert oder durch virtuelle Darstellungen ergänzt wird [40]. Wenn der Mensch an sich, je nach Material, Schwierigkeiten hat, dieses eindeutig dem Delikt der Kinderpornografie zuzuordnen,

ist fraglich wie eine KI das mit 100%iger Sicherheit schaffen soll. Deswegen wird sich derzeit bei der ZAC NRW bewusst für eine vollständige Ausgabe aller Bild- und Videomaterialien sowie aller Analyseergebnisse entschieden. [35]

Die geringen personellen Ressourcen sind bei der Sichtung und Beurteilung von strafrechtlichen Material nicht nur zeitlich gefordert, sondern unterliegen zudem psychischen und physischen Belastungen durch die permanente Konfrontation mit kinderpornografischen Inhalten. Dabei ist eine korrekte Einschätzung der Materialien nach der gesetzlichen Lage zwingend notwendig. [32] Zwar helfen die KI-Ansätze vorab diese Mengen zu reduzieren, allerdings bedürfen die Ergebnisprotokolle der KI zusätzlich einer händischen Bearbeitung. Auch wenn die KI bereits eine Vordefinition des Materials vornimmt, können in der Masse, sowohl durch die Technik als auch bei der manuellen Auswertung, strafrechtlich relevante Bilder untergehen [34]. Dies wird durch die zusätzliche körperliche und emotionale Belastung begünstigt.

Bisher können solche Vorkategorisierungen der KIs jedoch nur verwendet werden, wenn ein begründeter Tatverdacht vorliegt. Kritisiert wird, dass solche Ermittlungsmaßnahmen nur in ihrem vollen Umfang genutzt werden können, wenn eine entsprechende Rechtsgrundlage geschaffen wird, die den Einsatz der Maßnahmen klar definiert. Ist dies nicht gegeben, führt dies nur zu weiteren Arbeitslasten durch unvorhersehbare Folgeprobleme. [34]

### **3.4.2 Probleme neuer Ermittlungsstrategien**

Bei Delikten mit kinderpornografischen Inhalten liegen im Wesentlichen Bild- und Videomaterialien vor [2]. Obwohl sich heute einige Datenformate durchgesetzt haben, kann man bei der Analyse auf noch veraltete Datenformate stoßen [2], die in neueren Auswertungswerkzeugen evtl. keine Berücksichtigung finden. Dies kann insbesondere bei „Sammlern“ von Kinderpornografie der Fall sein [2], die weniger neue Inhalte herstellen, sondern versuchen in den Besitz von verschiedenen kinderpornografischen Materialien zu kommen, um ihre Sammlung zu vergrößern. Ist der Sammler schon länger aktiv, können ältere Datenformate nicht ausgeschlossen werden.

Daneben bringt die Umsetzung neuer Ermittlungsstrategien mittels KI zur Bekämpfung von Kinderpornografie einige Hindernisse mit sich. Sei es zum einen, wie unter 3.3.2 aufgeführt, dass bei der Implementierung durch einen externen Dienstleister je nach Sachverhalt die Übertragung der Trainingsdaten eine Rechtswidrigkeit darstellen kann oder zum anderen, dass die Trainingsdaten nicht hinreichend das Delikt repräsentieren. Auch hier wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Präferenzen von Tätern aus der westlichen Welt, was die Ethnie und Optik des Kindes angehen, andere sein können, als dies z.B. im asiatischen Raum der Fall ist. Somit besteht die Befürchtung, dass Kinder dieser Gruppen mittels KI schlechter identifiziert werden als solche, die vorwiegend auf den Trainingsdaten vorzufinden sind. [35] Dabei muss zudem berücksichtigt werden, dass auch bekleidete Kinder in sexualisierten Posen oder Videomaterial, das vorerst harmlos beginnt, kinderpornografische Inhalte darstellen können [2]. Solche Szenen können in der KI ebenfalls als nicht strafrelevant klassifiziert werden.

### 3.4.3 Herausforderungen moderner Technik und fehlende Auskunftsmöglichkeiten

Als wären dies nicht genug Herausforderungen, die es bei der Eindämmung von Kinderpornografie zu bewältigen gilt, bringen die fortschreitende Technik und die Möglichkeit der einfacheren Vernetzung zwischen den Tätern weitere Erschwernisse mit sich.

Während sich Pädokriminelle in der analogen Welt lediglich neues Material aus der nahen Umgebung besorgen können und sich zudem um entsprechende Kontakte kümmern müssen, können sie sich in der heutigen Zeit weltweit Kontakte suchen, vielfältig Kinderpornografie beschaffen und in wenigen Schritten auf den eigenen Rechner herunterladen [41]. Erhalten die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden einen Link oder eine URL mit kinderpornografischen Inhalten, ist nicht garantiert, dass die Seite bei dem Zugriffsversuch weiterhin besteht oder noch auf das inkriminierte Material verweist. Somit ist der Kontakt zwischen Anbieter und Interessent in vielen Fällen nicht mehr nachzuweisen. Zudem führt die Anonymität des Internets dazu, dass Menschen über ethische Grenzen hinausgehen und auf Kinderpornografie zugreifen, obwohl sie dies unter den Umständen des analogen Lebens nicht tun würden. [41] Dies führt zu einer höheren Nachfrage und der Produktion neuer Kinderpornografie. [32]

Pädokriminelle sind, um ihre Machenschaften durchzuführen, nicht auf spezielle Anwendungen mit geringer Reichweite angewiesen, sondern können auf herkömmliche E-Mail-Anwendungen oder Nachrichtendienste zurückgreifen, da diese heute standardmäßig Ende-zu-Ende verschlüsselt sind. Solche Verschlüsselungstechnologien erschweren die Ermittlungsarbeiten erheblich, da die verschlüsselte Kommunikation erst entsprechend entschlüsselt werden muss, bevor auf den Text oder das übermittelte Bildmaterial zugegriffen werden kann. Solche Untersuchungen sind kostenintensiv und können in vielen Fällen forensisch nur mit teurer kommerzieller Software ausgewertet werden. Deswegen wird oft auf eine solche Untersuchung verzichtet. [36]

Nicht nur Verschlüsselungstechniken und Fakeaccounts bei Mailanbietern unter Angabe eines falschen Namens, sondern auch Komponenten wie sogenannte „Remailer“ können die Anonymität eines Kriminellen begünstigen. Ein Remailer sorgt dafür, dass die Identität des Versenders unbekannt bleibt, indem der Remailer die ausgehenden Mails an den Empfänger oder ggf. an weitere Remailer weiterleitet, um mögliche Rückschlüsse weiter zu erschweren. [41]

Ein weiteres Problem stellt die fehlende Mindestspeicherfrist von Datenverkehr da. Zwar hat sich der Europäische Gerichtshof im Oktober 2020 für die Speicherung von IP-Adressen in besonders schweren Fällen ausgesprochen, jedoch unter der Bedingung, dass keine weiteren Informationen über die Kommunikationspartner oder die Verbindung gespeichert werden. Dies wird in Deutschland aktuell nicht gelebt, sodass in Ermittlungen nicht hinreichend auf Verbindungsdaten gebaut werden kann. Zudem ist die Auskunftsbereitschaft von vielen Anbietern gegenüber Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden nicht gegeben und kann sich als aufwendig und langwierig gestalten. Darüber hinaus ist es problematisch, dass sich Anwender bei Anbietern nicht unter ihrem tatsächlichen Namen vorstellen müssen, sondern



---

gänzlich unter ihrem Pseudonym auftreten können. Dadurch ist eine nahezu anonyme Nutzung der Anwendung möglich. Zusätzlich besteht für Anbieter keine Pflicht zur Verifikation der Identität des Anwenders, was dies begünstigt. [36]

## 4 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die unter Kapitel 3.4 beschriebenen Probleme können die akute Notlage der Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden nicht ansatzweise beschreiben. Die Bestrebungen zeit- und ressourcenaufwendige Schritte im Ermittlungsprozess zu ersetzen oder zu mindestens zu reduzieren, werden immer intensiver. Der vorgestellte aktuelle Stand zeigt, dass der Fokus der bisherigen Verbesserungen auf der Sichtung des vorliegenden Bild- und Videomaterials liegt, um die händisch zu analysierende Datenmenge zu begrenzen und die damit gebundenen Ressourcen zu verringern. Eine technisch gestützte, semantische Analyse, um Zusammenhänge zwischen gegebenen Materialien herstellen zu können, soll in dieser Arbeit konzipiert und hinsichtlich ihrer Machbarkeit und der erzielten Verbesserung im Ermittlungsablauf bewertet werden. Zudem sollen die unter 3.1 beschriebene KI zur Objektdetektion und Textgenerierung sowie der Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien (3.2) für den semantischen Zweck beurteilt und mögliche offene Schwachstellen aufgezeigt werden, die in Anbetracht des Konzepts geschlossen werden müssen. Darüber hinaus soll auf die deutsche Rechtslage, betreffend solcher unterstützenden Werkzeuge, eingegangen werden.

Es ergeben sich die nachstehenden Fragestellungen, die in der Forschungsarbeit betrachtet und beantwortet werden sollen.

1. Können Zusammenhänge zwischen Bildern durch semantische Analyse detektiert werden?
2. Kann die Analyse von kinderpornografischen Inhalten gemäß §184b StGB teilautomatisiert ablaufen?
3. Sind KI und technische gestützte Ermittlungsansätze nach der deutschen Rechtslage zulässig?

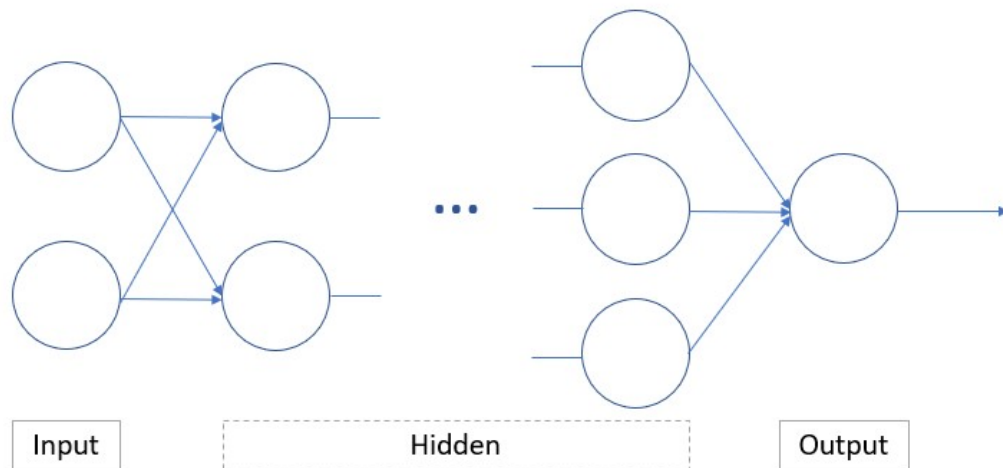
Zur Verfolgung des Forschungsziels wird mit einer umfangreichen Recherche begonnen, um, neben dem grundsätzlichen Rahmen zum Thema der Bekämpfung von Kinderpornografie, die bisherigen Ansätze zur Bestimmung von Semantik in digitalen Bildern herauszuarbeiten, an denen sich ggf. im Konzept orientiert werden kann. Für die Konzeption wird das zuvor erlangte Wissen sowie die eigene Berufserfahrung als Anwendungsentwicklerin genutzt, um einen problemorientierten Ansatz für die semantische Analyse in Bildern zu finden.

## 5 Grundlagen

### 5.1 Begriffsbestimmung KI und Neuronale Netze

Bei KI handelt es sich um ein Fachgebiet aus der Informatik, das Einfluss aus anderen Wissenschaften, wie den Neurowissenschaften und der Mathematik, bekommt. Die KI befasst sich mit Techniken des intelligenten Verhaltens des Menschen und ist mit dem menschlichen Gehirn zu vergleichen. Aus künstlichen Neuronen wird ein künstliches Netzwerk bzw. ein künstliches System aufgebaut, das aus konkreten Beispielen lernt und am Ende der Trainings- und Lernphase eine Verallgemeinerung definiert, die es anhand wiederkehrender Muster und Regelmäßigkeiten aus den zuvor zugeführten Beispielen ableitet. Hat der Begriff der KI erst in den letzten paar Jahren an Bedeutung gewonnen, existiert er bereits seit dem Jahre 1955 und wurde von John McCarthy geschaffen. Die wesentlichen Eigenschaften der KI sind ihre Fähigkeit zu lernen und mit Unsicherheiten umgehen zu können. Bei einer KI kann es sich um einen lernenden Computer oder um einen eigenständigen Roboter handeln. Man unterscheidet zwischen zwei Formen der KI, nämlich zwischen der schwachen und der starken KI. Die starke KI weist das Denkvermögen eines Menschen auf oder übersteigt dieses sogar. Sie handelt aus einem eigenen Antrieb heraus und besitzt Eigenschaften wie „logisches Denkvermögen, Entscheidungsfähigkeit, Planungs- und Lernfähigkeit“ sowie die „Fähigkeit zur Kommunikation in natürlicher Sprache“ und kann all diese Fähigkeiten so miteinander kombinieren, dass ein „übergeordnetes Ziel“ erreicht werden kann. Die Implementierung einer solchen KI ist bisher noch nicht gelungen und es ist fraglich, ob eine solche KI jemals entwickelt werden kann. Eine schwache KI hingegen simuliert intelligentes Verhalten und benötigt einen Eingabebefehl, um mit der Simulation zu beginnen. Das dahinter liegende Problem wird auf Grundlage von mathematischen Methoden in Kombination mit Anwendungen aus der Informatik gelöst und ist, durch diese Begrenzung, für die Bearbeitung einer konkreten Aufgabe und Problemstellung konzipiert. Das daraus resultierende Gesamtsystem kann sich mit jedem Lauf selbst optimieren. Eine schwache KI soll dabei als Unterstützung für den Menschen und seine Denkweise gelten und diese nicht ersetzen. [42]

Eine Methode zur Generierung von KI sind Neuronale Netze. Sie dienen zur Auswertung von immensen Datenmengen und können durch Künstliche Neuronale Netze abgebildet werden. Diese erinnern, im Aufbau und in der Arbeitsweise, an die biologischen Neuronen des menschlichen Gehirns, die ebenfalls ein Geflecht bilden. Die Neuronen stellen die einzelnen Zellen dar, sind untereinander vernetzt und sind jeweils in unterschiedlichen Ebenen, auch als Layer bezeichnet, angeordnet. Dabei sind die Neuronen eines Layers mit jedem Neuron des folgenden Layers verbunden. Ein Neuronales Netz lässt sich aus drei Layern definieren, wie die nachstehende Abbildung zeigt (5.1). [42]



**Abbildung 5.1:** Schematischer Aufbau eines Neuronalen Netzes: adaptiert nach [42]

Es existiert jeweils ein Input- (Eingabe) und ein Output- (Ausgabe) Layer sowie mindestens ein Hidden- Layer. Wird ein Anfangssignal an ein Neuron im Input-Layer gegeben, wird das Signal vom Neuron aufgenommen und gewichtet. Das neu entstandene Signal wird anschließend an die Neuronen des nächsten Layers weitergegeben, die das Signal wiederum gewichten. Je höher das Gewicht eines Neurons ist, desto mehr hat es Einfluss auf das Gesamtergebnis des Neuronalen Netzes und auf den enthaltenen Informationsfluss. Wird ein Neuronales Netz neu aufgesetzt und der Lernprozess begonnen, wird jedem Neuron ein zufälliges Anfangsgewicht zugewiesen. Das Setzen eines Signals am Input-Layer ist mit der Eingabe von Daten in das Neuronale Netz gleichzusetzen. Wie zuvor bereits erwähnt, wird das so eingespeiste Signal von jedem Neuron auf Grundlage seines Anfangsgewichts gewichtet und entsprechend in den folgenden Layer gegeben. Das Output-Layer am Ende des Netzes fasst die gewichteten Ergebnisse zusammen. Zu Beginn wird das Ergebnis nicht zufriedenstellend sein und von der Erwartung abweichen, was in der Zufälligkeit der Anfangsgewichte begründet liegt. Ermittelt man nun, inwieweit jedes Neuron zu dem „falschen“ Ergebnis beigetragen hat und passt dahingehend das Gewicht der Neuronen an, kommt man bei jedem Lernvorgang dem gewünschten Ergebnis näher und reduziert den Fehler des Gesamtnetzes. [42]

## 5.2 Definition und Rechtslage von Kinderpornografie nach dem deutschen Gesetz

Die Delikte der Verbreitung, der Herstellung, des Erwerbs, des Beschaffens und des Besitzes von kinderpornografischen Inhalten wird im §184b StGB geregelt. Ergänzend dazu definiert §11 Abs. 3 StGB den Begriff des Inhalts. Inhalte sind „in Schriften, auf Ton- und Bildträgern, in Datenspeichern, Abbildungen“ (vgl. §11 Abs. 3 StGB) und anderen Darstellungsmöglichkeiten enthalten. Sie können ferner über eine Speicherung hinaus über Informations- und Kommunikationstechnik übermittelt werden. Ein Inhalt gilt als kinderpornografisch, wenn er „sexuelle Handlungen von, an oder vor“ (vgl. §184b Abs. 1 Satz 1a StGB) einem Kind zum Gegenstand hat. Als Kind gilt eine Person unter 14 Jahren. Des Weiteren muss das Kind nicht

zwingend vollständig nackt sein, sondern es reicht aus, wenn es „teilweise unbekleidet“ ist und sich in „aufreizend geschlechtsbetonter Körperhaltung“ zeigt (vgl. §184b Abs. 1 Satz 1b StGB). Kinderpornografisch ist, wenn die „unbekleideten Genitalien“ oder das „unbekleidete Gesäß“ „sexuell aufreizend“ präsentiert werden (vgl. §184b Abs. 1 Satz 1c StGB). Ein wichtiger Aspekt ist zudem, dass nicht zwingend ein echtes Geschehen vorliegen muss, sondern auch „wirklichkeitsnahe Geschehen“, d.h. mittels KI oder Computer generierte Inhalte, geahndet werden (vgl. §184b Abs. 1 Satz 2 StGB). Handlungen der Verbreitung, der Herstellung oder des Besitzes sowie des Versuchs kinderpornografische Inhalte zu importieren oder exportieren sind strafbar (vgl. u.a. §184b Abs. 1 Satz 4 StGB). Zudem macht sich strafbar, wer jemanden anderem Zugang oder Besitz zu Kinderpornografie verschafft (vgl. §184b Abs. 1 Satz 2 StGB). Allein der Versuch des soeben genannten, in Bezug auf sexueller Geschehnisse „von, an oder vor“ (vgl. §184b Abs. 1 Satz 1a StGB) einem Kind, ist strafbar (vgl. §184b Abs. 4 StGB). Separat betrachtet wird der Fall, dass man kinderpornografische Inhalte abrufen oder sich selbst Besitz an solchen verschafft (vgl. §184b Abs. 3 StGB). Besondere Regelungen gelten für Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden (vgl. §184b Abs. 5-6 StGB). An dieser Stelle soll hervorgehoben werden, dass künstlich generierte kinderpornografische Inhalte, durch Behörden verwendet werden dürfen, wenn die Aufklärung ansonsten „aussichtslos oder wesentlich erschwert wäre“ (vgl. §184b Abs. 6 StGB). Somit können Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden beim Eintritt in einen Kinderpornografie-Ring die Keuschheitsprobe ablegen. [43]

In dieser Forschungsarbeit geht es nicht um die Feststellung, ob jemand für Herstellung, Besitz, Verbreitung oder Beschaffung von kinderpornografischem Material belangt werden kann. Da es primär um die semantische Analyse von beschlagnahmten Bild- und Videomaterial geht, ist zu mindestens der Besitz von kinderpornografischen Inhalten klar. Was mit dem konfiszierten Material darüber hinaus passiert ist, kann allein durch eine bildsemantische Analyse nicht festgestellt werden und Bedarf weiterer Analyseschritte und somit anderer Werkzeuge als die unter 3 und anderer Methoden als die unter 5.3.3 aufgezeigten.

## 5.3 Semantik in Bildern erfassen

### 5.3.1 Definition der Bildsemantik

Semantik ist ein gängiger Begriff und wird in vielen Wissenschaften verwendet, wie bspw. der Philosophie oder der Linguistik. Die Linguistik gilt als der Vorreiter für die Semantik und beschreibt dabei die Bedeutung des gesprochenen und geschriebenen Wortes und ist bezeichnend für die Entwicklung der Semantik als Wissenschaft. Wo hingegen die Linguistik sich bereits im 19. Jahrhundert entwickelt hat, ist die Bildwissenschaft, die u.a. auch die Bildsemantik beinhaltet, erst in den letzten Jahrzehnten ausgereift. [44] Aus diesem Grund erweist es sich als schwierig in der Literatur eine Definition für die Semantik in Bildern zu finden. Oft bezieht sich die Bildsemantik auf Kunst und stellt die Fragen „was der Künstler mit seinem Werk aussagen will“ bzw. „was der Betrachter aus dem Werk deutet“. Trotzdem wird versucht einen Überblick über das Feld der Bildsemantik zu geben, um anschließend eine Abgrenzung zu der behandelten Bildsemantik im Konzept geben zu können.

Ähnlich wie bei der Sprache wird in der Bildsemantik von Zeichen in visueller Form gesprochen, die im Bild enthalten und ausschlaggebend für die Qualität des Bildes sowie für die Möglichkeit der Deutung sind. In der Bildsemantik wird ergründet, warum und wie eine konkrete Deutung beim Betrachter erzeugt wird. Dabei unterscheidet man zwischen der Denotation und der Konnotation. Bei der Denotation handelt es sich um abgebildete Objekte und Personen sowie um Sachverhalte oder Handlungen. Die Denotation wird beim Betrachter durch Erfahrungen hervorgerufen. Hier muss jedoch differenziert werden, ob es sich um eine Typisierung handelt und typische Eigenschaften der Objektklasse hervorgehoben werden, oder um eine Konkretisierung, die die individuellen Besonderheiten des dargestellten Objekts repräsentiert. Um wieder die Kurve zur Linguistik zu bekommen, wird häufig aufgezeigt, dass die Bildsemantik auf begleitende Sprache angewiesen ist. Dies passt gut zu der Annahme, dass Bilder aus Zeichen bestehen in ähnlicher Form, wie Worte aus Buchstaben bestehen. Vor allem der Kontext, die Textsorte und die Kommunikationssituation sind hierfür von Relevanz. Die Denotation kann Zeichen enthalten, die zu weiteren symbolischen Bedeutungen führen, der bereits erwähnten Konnotation. Hierbei geht es im Gegensatz zu der Denotation, nicht um das tatsächlich Abgebildete, sondern um die Ideen, Wertvorstellungen und Intentionen, die beim Beobachter hervorgerufen werden. Man versucht mit dieser symbolischen Bedeutung Gedanken und Emotionen anhand von Assoziationen zu erwecken. [45]

Dieser Definition steht die Annahme gegenüber, dass das Bild ein System darstellt, das aus verschiedenen Elementen und Einheiten besteht, die miteinander interagieren. Dadurch dass sich auf der einen Seite die einzelnen Elemente voneinander unterscheiden und auch unterschiedlich bezeichnet werden können und auf der anderen Seite jeweils anders auf den Beobachter wirken, ergibt sich hieraus die Struktur des Systems. Die Struktur ist der tatsächliche Zustand des Bildes zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Beschreibung. Diese lässt sich in drei Ebene aufteilen und zwar der materiellen, der syntaktischen und der semantischen Ebene. Bei der materiellen Ebene geht man vom Bildträger oder auch den Pigmenten aus, wenn man sich im Kontext der Kunst bewegt. In Hinblick auf digitale Bilder handelt es sich dabei bspw. um die Auflösung, die Kompression oder in dem Bild enthaltenen Metadaten. Die Syntax bilden die Formen, Farben und Flächen und die Semantik die sprachlichen Konzepte. Auch hier gilt, wie für die Elemente selbst, dass sich diese voneinander unterscheiden und sprachlich unterschiedlich bezeichnet werden können. Durch die Unterscheidung und Beschreibung werden die einzelnen semantischen Einheiten in ein Netzwerk von Beziehungen gebracht. Die semantische Ebene wird auch als „sprachliche Ebene“ betitelt und die Elemente und Einheiten in ihr als die „sprachlichen Konzepte“, die sich wechselseitig beeinflussen. Die semantischen Elemente eines Bildes sowie ihre Interaktion mit dem Betrachter führen hingegen zur Beschreibung der Bedeutungsstruktur des Bildes. Der Autor nennt ein Bild abschließend „ein System von Bedeutungen ein intertextuelles Gebilde“. [46]

Auch wenn beide Versuche einer Definition nicht wirklich greifbar sind und sich nur schwer auf die digitale Welt übertragen lassen, sind sich beide Autoren einig, dass sich die Bildsemantik mit der Bedeutung des Bildes befasst. Der Beobachter, seine Interpretation und sein Verständnis für das Abgebildete sind dabei zentral und hängen von seinen Erfahrungswerten ab und den Emotionen und Gedanken, die das Bild bei ihm bewirken. Zudem scheint der Aspekt der Sprache auch in der Bildsemantik eine wichtige Rolle zu spielen, obwohl die Sprache hier nicht, wie bei der Linguistik, im Fokus und außerdem nicht im direkten Bezug zu Bildern steht.

### 5.3.2 Abgrenzung der Bildsemantik zur Forschungsarbeit

Betrachtet man die vorherige Definition der Bildsemantik (5.3.1), fragt man sich zu Recht, wie diese mit der Intention dieser Forschungsarbeit, Semantik in kinderpornografischen Inhalten zu analysieren, vereinbar ist. Durchaus erzeugt Kinderpornografie beim Betrachter Emotionen und Gedanken, was oben als Konnotation deklariert wurde. Welche dies sind, soll hier außen vor gelassen werden. Ob diese zugleich die Intention des Herstellers sind, ist ebenfalls fraglich. Allerdings sind viele der Punkte aus der Definition in dem Ergebnis der KI der HSMW wieder zu finden. Durch die Detektion der Objekte auf den digitalen Bildern wird die beschriebene Denotation hervorgehoben. Hierdurch wird die Struktur des Bildes aufgezeigt, da die einzelnen Objekte erkannt und benannt werden. Die KI erkennt Beziehungen zwischen den Objekten, indem sie ihre Platzierung zueinander ausgibt, wie z.B. „woman sitting on a chair“ oder „box on the table“. Die genannte „begleitende Sprache“ kann in der Annotation der Objekte in eine menschenverständliche Sprache und in der Extraktion der Ergebnisse in eine Textdatei gesehen werden. Hier werden mittels Sprache die Objekte gedeutet und in Beziehung zueinander gesetzt. Ein gewisses Maß an Analyse der Bildsemantik wird somit bereits durch die KI der HSMW geleistet.

Im folgenden Konzept (6) bezieht sich die Semantik auf die Identifikation von Zusammenhängen zwischen den einzelnen beschlagnahmten Bild- und Videomaterialien. Konkret soll mittels der unter 3 aufgeführten Werkzeuge ein Konzept entwickelt werden, um semantische Bezüge bezüglich des Ortes und der abgebildeten Personen zwischen den Bildinstanzen herstellen zu können. Dabei sollen die nachstehende drei Fragestellungen im Fokus sein:

- Stammen die Bilder vom gleichen Tatort bzw. wurden sie am selben Tatort aufgenommen?
- Handelt es sich bei dem abgebildeten Kind um das gleiche Opfer?
- Wird die sexuelle Gewalt vom gleichen Täter durchgeführt?

Optimal wäre es, wenn alle drei Fragen zu jedem Zeitpunkt, eindeutig für jedes einzelne Bild einer Beschlagnahmung, beantwortet werden können. Dann kann mit Sicherheit gesagt werden, dass die Bilder aus einer Serie stammen. Die Befreiung des Kindes aus der Gefahrensituation kann schneller eingeleitet werden, da nicht mehr händisch geprüft werden muss, ob es sich um die gleiche Szene und somit um das gleiche Opfer handelt.

### 5.3.3 Methoden zur Ermittlung von Bildsemantik

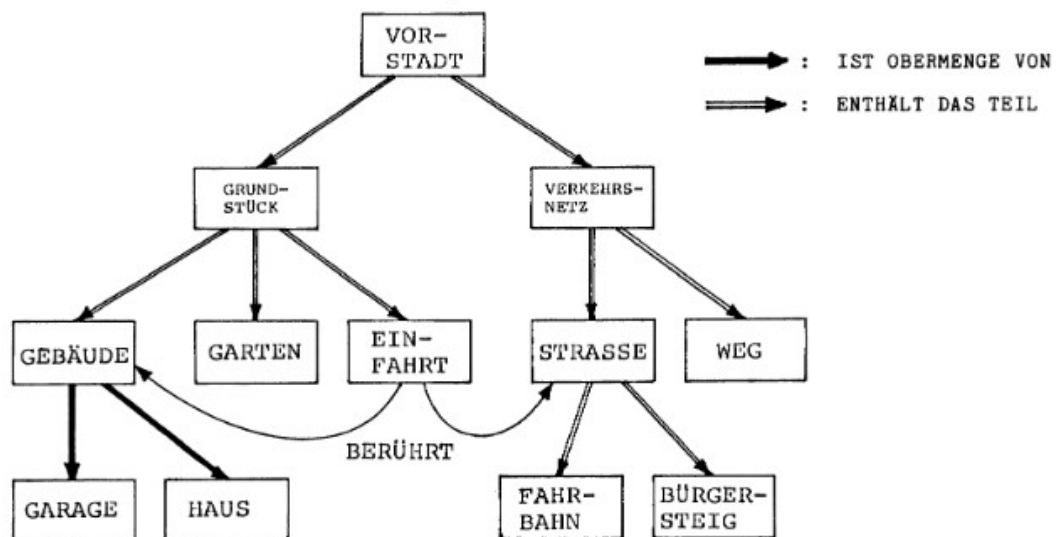
Ziel einer ersten Recherche ist es technisch gestützte Methoden zu ermitteln, die Semantik in Bildern, gemäß der zuvor genannten Abgrenzung (5.3.2), erfassen können. Schnell kommt die Ernüchterung, dass es aktuell keine Methode gibt, die speziell dazu ausgelegt ist, Semantik aus digitalen Bildern zu extrahieren. Deswegen werden hier Methoden vorgestellt, die interessante Ansätze und Grundideen enthalten, die im späteren Konzept Berücksichtigung finden oder man für die semantische Analyse von kinderpornografischen Inhalten im Hinterkopf behalten sollte.

### Semantikbezogene Hypothesengenerierung

In [47] wird ein Beispiel aus der Analyse von Luftbildern aufgeführt, das im Folgenden erläutert werden soll und aufzeigt, wie Hypothesen generiert werden können. Dabei werden Luftaufnahmen eines Wohngebiets in der Art verarbeitet, dass einzelne Häuser, Straßen und Vegetationen erkennbar sind. Um Hypothesen zu den jeweiligen Einzelobjekten aufbauen zu können, wird ein Modell über semantisches Wissen aufgestellt. Konkret werden Regeln, basierend auf einer Wissensgrundlage, definiert, die die Lokalität, die Eigenschaften und die Beziehungen zwischen den einzelnen Objekten aufzeigen. Anhand der Beziehungen und der Zusammenhänge entsteht ein semantisches Netz aus dem die Hypothesen abgeleitet werden können. [47]

Das semantische Netz ist mit einem Unified Modeling Language-Klassendiagramm vergleichbar, sowie es in der objektorientierten Programmierung Anwendung findet. Ein solches Klassendiagramm zeigt die Eigenschaften jeder Klasse auf, im Kontext der objektorientierten Programmierung auch als Attribut bezeichnet, sowie in welchen Beziehungen die einzelnen Klassen zueinander stehen. Im Falle der Klasse „Haus“ können typische Attribute die „Hausnr.“ oder die „Anzahl Etagen“ sein. Eine Beziehung hingegen ist bspw. „Ein Haus steht an einer Straße“ oder „Ein Haus hat Fenster“. Somit existiert eine Beziehung zwischen den beiden Klassen „Haus“ und „Straße“ bzw. „Haus“ und „Fenster“. Die beiden Klassen „Straße“ und „Fenster“ haben wiederum eigene Attribute.

Nachstehend wird aus [47] ein Teil eines semantischen Netzes aufgezeigt, um letztlich daraus die Hypothesen generieren zu können.



**Abbildung 5.2:** Semantisches Teilnetz aus der Luftbildanalyse als Grundlage zur semantischen Hypothesengenerierung [47]



In diesem semantischen Teilnetz gibt es die beiden Beziehungen „IST OBERMENGE VON“ und „ENTHÄLT DAS TEIL“. Ein Verkehrsnetz besteht z.B. aus Straßen und Wege. Im Gegensatz dazu bezeichnet ein Gebäude sowohl ein Wohnhaus als auch eine Garage (vgl. Abbildung 5.2). Hypothesen entstehen folglich aus den im semantischen Netz abgebildeten Beziehungen.

Eine Hypothese zu dem obigen semantischen Netz wäre somit, dass zwischen Gebäuden und Straßen Einfahrten zu erwarten sind. Das zeigt die Beziehung „BERÜHRT“ zwischen den Objekten „EINFAHRT“ und „GEBÄUDE“ sowie zwischen „EINFAHRT“ und „STRASSE“. Da ein Gebäude ein Haus oder eine Garage sein kann, folgt daraus, dass eine Einfahrt ein Haus oder eine Garage berührt. Der Bereich zwischen einem Haus und einer Straße wird somit als Einfahrt interpretiert, mit der Einschränkung, dass Einfahrten nicht innerhalb der Objekte „HAUS“, „GARAGE“ und „STRASSE“ liegen. Somit bilden Einfahrten ein abgegrenztes Gebiet, auch, weil sich eine Straße aus einer Fahrbahn und einem Bürgersteig zusammensetzen kann. [47]

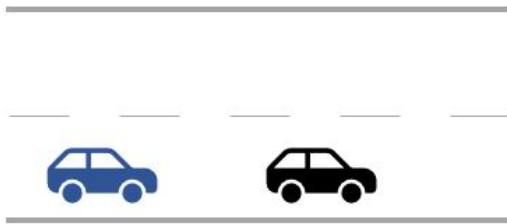
Daraus ergeben sich für das Objekt „EINFAHRT“, aus dem obigen semantischen Netz, zusammengefasst die Regeln:

- Eine Einfahrt liegt immer zwischen einem Gebäude und einer Straße.
- Eine Einfahrt liegt nicht innerhalb eines Hauses, einer Garage oder innerhalb einer Straße.
- Eine Einfahrt ist ein eigenständiges, begrenztes Gebiet.

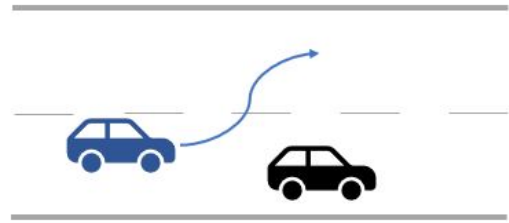
Hypothesen sind demnach Regeln, die zwischen zwei Objekten unter einer Grundannahme von Beziehungen und Eigenschaften entstehen. Betrachtet man diese Definition einer Hypothese, lässt sich daraus schließen, dass die hier aufgeführte Methode nicht nur im Bereich der Luftbildanalyse, sondern für viele Problemstellungen Anwendung finden kann. Zudem lassen sich die Regeln mit gesundem Menschenverstand und Alltagserfahrungen herleiten, weswegen man in der Literatur auch den Begriff der „wissensbasierten Bildanalyse“ findet.

### **Zeitliche Abhängigkeiten**

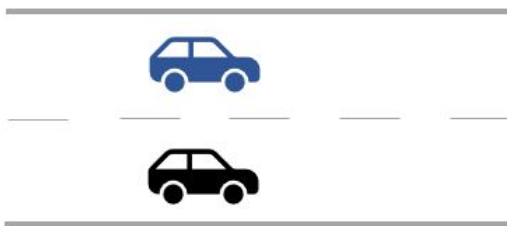
Ein weiterer interessanter Aspekt der Bildanalyse ist die Detektion zeitlicher Zusammenhänge in verschiedenen Bildsequenzen aufgrund von bekannten Bewegungsabläufen, so wie es in [48] beschrieben ist. Erneut wird, wie zuvor unter 5.3.3, eine Grundwahrheit definiert, die vorgibt, in welcher Reihenfolge die einzelnen Bewegungen logisch auftreten. Hieraus kann wiederum ein semantisches Netz gebildet werden, da sich aus der definierten Reihenfolge Restriktionen ergeben. Als alltägliches Beispiel wird der Überholvorgang eines Autos genommen, der eine Folge von Bewegungen darstellt (Abbildungen 5.3 bis 5.7). Die erste der Bewegungen ist das Ausscheren des Autos, das überholen möchte. In der nächsten Bewegungsphase fahren beide Autos nebeneinander. Somit kommt das „Ausscheren“ zeitlich vor dem „Nebeneinanderfahren“. Die letzte Bewegung stellt das wieder auf die rechte Spur Fahren dar, die den Überholvorgang beendet. Sollten diese einzelnen Bewegungen auf verschiedenen Bildern abgelichtet worden sein und unsortiert vorliegen, kann man die Bilder mittels der zeitlichen Abhängigkeit in eine chronologische Reihenfolge bringen. [48]



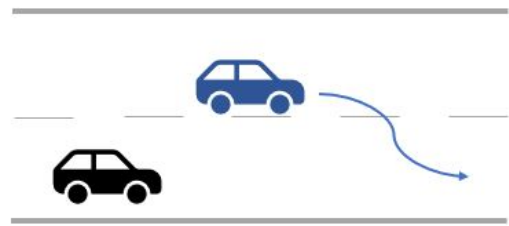
**Abbildung 5.3:** Das blaue Auto will das schwarze Auto überholen und ist in der Ausgangslage



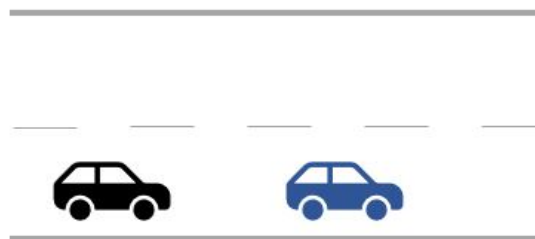
**Abbildung 5.4:** Das blaue Auto schert zum Überholen auf die linke Spur aus



**Abbildung 5.5:** Das blaue Auto überholt das schwarze Auto und befindet sich auf der gleichen Höhe



**Abbildung 5.6:** Das blaue Auto schert nach dem Überholen wieder auf die rechte Spur ein



**Abbildung 5.7:** Das blaue Auto beendet den Überholvorgang und befindet sich vor dem schwarzen Auto

## EXIF-Header

Neben der Abbildung von Personen, Gegenständen oder Szenen enthalten digitale Bilder zusätzliche Informationen, die für den Betrachter des Bildes nicht ersichtlich sind. Neben der Angabe eines Zeitstempels, bestehend aus Datum und Uhrzeit der Aufnahme, können zusätzliche Metadaten wie der verwendete Zoom, das benutzte Objektiv aber auch Geokoordinaten gespeichert sein. Bei dem JPEG-Bildformat gibt es den sogenannten „Exchangeable Image File Format-Header“, auch als EXIF-Header bekannt, der sich am Anfang eines JPEG-Bildes befindet. Neben den inhaltsbasierten Eigenschaften, so wie sie in den beiden Abschnitten zuvor verwendet werden, können Kontextinformationen der Digitalkamera für die Analyse herangezogen werden. Der Zeitstempel kann verwendet werden, um unterschiedliche Bilder zu gruppieren oder bestimmte Ereignisse ableiten zu können. Geokoordinaten sind dahingehend interessant, dass sie auf der einen Seite aufzeigen, an welchem Ort ein Bild

aufgenommen wurde. Somit besteht die Möglichkeit Einzelbilder räumlich zu ordnen. Auf der anderen Seite können darüber hinaus Bewegungsprofile des Fotografen erstellt werden, indem die Kombination aus Zeitstempel und Geokoordinaten gebildet wird. [49]

## 5.4 KI im deutschen Recht

Wer die aktuellen Medien verfolgt, wird feststellen, dass KI immer häufiger Gegenstand der Nachrichten ist. Seien es neue Einsatzmöglichkeiten, akute Risiken oder das Bestreben eine Regulierung für KI-Systeme einzuführen. KI ist inzwischen ein wesentlicher Bestandteil der Gesellschaft. Doch nicht alles was mit KI ausgewertet oder automatisiert werden kann, ist nach der deutschen Gesetzeslage zulässig. Aufgrund der ungezählten Möglichkeiten steigen bei vielen Menschen die Skepsis und die Unsicherheit gegenüber solchen Technologien. In diesem Kapitel soll ein Überblick über die geplante KI-Verordnung sowie die Nutzung von KI als Werkzeug in der Justiz gegeben werden. Da die KI-Verordnung sehr umfassend ist, werden hier lediglich die Aspekte aufgeführt, die in Hinblick der unter 3 vorgestellten KIs der ZAC NRW sowie der HSMW relevant sind und Einfluss auf das Konzept zur semantischen Analyse kinderpornografischer Inhalte haben.

### 5.4.1 Geplante KI-Verordnung der Europäischen Union

Die Europäische Union (EU) arbeitet seit April 2021 einen Regulierungsvorschlag für KI-Systeme aus. Diese als KI-Verordnung bezeichnete Regulierung soll für die Gewährleistung sicheren Umgangs von KI-Systemen, unter Berücksichtigung der europäischen Werte und Normen sowie der dort geltenden Grundrechte, sorgen [50]. Bei der KI-Verordnung handelt es sich um eine Initiative der Europäischen Kommission, die zusammen mit den gesetzgebenden Organen der EU, dem Europarat und dem Europäischen Parlament erarbeitet wird und voraussichtlich im Jahr 2024 in Kraft treten wird [51]. Der sichere Umgang solcher KI-Systeme soll durch die Definition von Standards für die Implementierung, die Verbreitung und die Anwendung erreicht werden [50]. Man erhofft sich durch die Regulierung, dass die Gesellschaft Vertrauen in die neuen, chancenreichen Technologien setzt und für neue Innovationen offen ist. Es sollen nicht nur Risiken und Gefahrenpotenziale minimiert werden, sondern Europa will sich darüber hinaus als „Hub für neue KI-Entwicklungen“ präsentieren. Im Fokus stehen dabei die Faktoren Vorhersehbarkeit, Transparenz und Klarheit. [52] Bereits heute gibt es Regulierungen bezüglich KI, u.a. in den technisch gestützten Berechnungen an der Börse oder beim autonomen Fahren [53]. Jedoch will man nun einen sektorübergreifenden Regulierungsansatz einführen [51].

Die EU plant einen risikobasierten Ansatz, der das vom KI-System ausgehende Risiko in die vier Kategorien „1 unannehmbares“, „2 hohes“, „3 geringes“ und „4 minimales“ Risiko klassifiziert. KI-Systeme, die in die erste Kategorie fallen, sollen gänzlich verboten werden. Hochrisikosysteme unterliegen strengen Vorgaben, wobei KIs mit geringem Risiko lediglich Transparenz aufweisen müssen und KIs mit minimalem Risiko keiner definierten Vorgabe unterliegen. [50] Je höher das Risiko, desto strenger werden die Regeln und Richtlinien ausfallen. Dies gilt nicht nur für den staatlichen Umgang mit KI-Systemen, sondern auch für den privaten Gebrauch [51]. Unter Hochrisikosysteme fallen bspw. biometrische Erkennungssysteme, wie

Gesichtserkennungen, kritische Infrastrukturen wie die Wasser-, Gas- und Stromversorgung sowie Systeme, die in der Strafverfolgung verwendet werden [53]. Bisher sind acht solcher Hochrisikosysteme definiert [52]. Ein Hochrisikosystem kann nur unter Einhaltung diverser Richtlinien Anwendung finden, die auf Sicherheit sowie Kontrolle der KI zielen. Darunter fallen u.a. ein Qualitätsmaß bei den verwendeten Trainingsdaten oder eine stetige Dokumentation des laufenden KI-Vorgangs. Als geringeres Risiko gelten Chatbots, da der Anwender frei entscheiden kann, ob er die Anwendung nutzen möchte oder nicht. Ein minimales Risiko hingegen stellen kostenlose Anwendungen dar, wie auf KI-Technologie basierende Videospiele und Spamfilter. [54] In der Recherche haben sich diverse Bewertungskriterien für das von der KI ausgehende Risiko finden lassen. Diese reichen von Demokratie, Menschenrechte [51] über Sicherheit, Privatsphäre [52] bis hin zu Gesundheit [53] sowie Umwelt [55].

Ein Hauptbestandteil der Verordnung ist eine EU-weite Kennzeichnungspflicht von künstlich generierten Inhalten, den sogenannten Deepfakes, die den Anschein erwecken eine echte Aufnahme zu sein. Hierbei soll die Einschränkung gelten, dass insbesondere Hersteller und Anbieter für die Kennzeichnung des Materials verantwortlich sind und nicht die Anwender, was die Erkennung von anwenderspezifischen Deepfakes erschwert. Insbesondere Deepfake wird verwendet, um Falschinformationen zu verbreiten und den Betrachter in die Irre zu führen. Dieser Aspekt wird durch eine Kennzeichnungspflicht hinfällig. Erkennungstechnologien und Detektionssysteme für Deepfake hingegen, die als Hochrisikosystem gelten, sollen allein in der Hoheit von Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden bleiben und nicht flächendeckend zugänglich sein. [50]

Handelt es sich um eine Anwendung, die eine Interaktion mit dem Anwender voraussetzt, um z.B. Deepfakes zu generieren oder um Emotionen zu erkennen, muss gewährleistet sein, dass der Anwender über den Einsatzzweck und den Ursprung der KI in Kenntnis gesetzt ist. Eine Ausnahme bilden hier KI-Systeme, die unter bestimmten Voraussetzungen für die „gesetzliche Aufdeckung, Verhütung, Ermittlung und Verfolgung von Straftaten zugelassen“ sind. Biometrische Erkennungssysteme sind in den Diskussionen zur KI-Verordnung stark in der Kritik und gelten, wie bereits erwähnt, als Hochrisikosysteme. Eine Erkennung im öffentlichen Raum in Echtzeit soll nicht zulässig sein. Erfolgt diese jedoch im Nachgang im Rahmen einer Ermittlung zu einer schweren Straftat und nach richterlicher Genehmigung, soll auf Gesichtserkennungen zurückgegriffen werden können. [55]

Trainingsdaten für die KI dürfen nicht willkürlich gewählt werden, sondern müssen definierte Kriterien erfüllen. Diese sollen laut der KI-Verordnung „relevant, repräsentativ, fehlerfrei und vollständig sein“. Hintergrund dessen ist, dass eine algorithmische Diskriminierung, aufgrund bestimmter biometrischer Merkmale, vermieden werden soll. Der Aspekt der Fehlerfreiheit stößt bereits jetzt auf Unmut, obwohl diesbezüglich bisher keine praktische Erfahrung gesammelt werden konnte. Die Qualität der Trainingsdaten ist aufgrund fehlender Kennzeichen und messbarer Parameter nicht bestimmbar. [55]

Zudem soll zukünftig mehr auf Dokumentation und Protokollierung gesetzt werden. Neben allgemeinen Beschreibungen sollen KI-spezifische Faktoren sowie der Entwicklungsprozess in technischen Dokumentationen festgehalten werden. Hierzu sollen KIs so implementiert werden, dass im Detail alle Zwischenschritte und Ergebnisse protokolliert werden. Dies soll, zum Zwecke der Vereinheitlichung, unter anerkannten Standards geschehen. Eine Aufzeich-

nungspflicht soll dafür Sorge tragen, dass zu jedem Zeitpunkt eines Bearbeitungslaufs der KI ein Nachweis über ihre fehlerfreie Bearbeitung vorliegt. Neben der technischen Sicht sollen auch Anleitungen für die korrekte und rechtskonforme Nutzung angefertigt werden. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse für den Menschen interpretierbar und für weitere Zwecke verwertbar sein. Wie bereits zu Beginn des Kapitels aufgezeigt, sind Transparenz und Klarheit ein essentieller Wert für den Umgang mit KI. [55]

Ein weiteres Bestreben stellt eine einheitliche und verständliche Definition von KI dar. Diese soll nicht nur bestehende KIs, sondern auch alle zukünftigen KI-Systeme abdecken. [55] Laut der KI-Verordnung ist eine KI „eine Software“, die unter Berücksichtigung von bestimmten „Techniken und Konzepten entwickelt worden ist und im Hinblick auf eine Reihe von Zielen, die vom Menschen festgelegt werden, Ergebnisse wie Inhalte, Vorhersagen, Empfehlungen oder Entscheidungen hervorbringen kann, die das Umfeld beeinflussen, mit dem sie interagieren“. Diese Beschreibung bezieht sich sowohl auf eigenständige als auch auf eingebettete KIs. Betrachtet man diese Definition, muss kritisiert werden, dass es keine KI-spezifische Definition abbildet, sondern Software und Algorithmen im Allgemeinen beschreibt. Jedoch sieht die Verordnung vor, dass die Definition um weitere Technologien und für später folgende Eigenschaften ergänzt werden kann. [56]

#### **5.4.2 Sonstige Regelungen für KI in der Justiz**

Betrachtet man die Rechtslage bezüglich KI außerhalb der neuen KI-Verordnung, kann man vorab sagen, dass eine KI als unterstützendes Werkzeug Verwendung finden kann, sie aber keine abschließenden Entscheidungen übernehmen darf. Diese muss durch eine natürliche Person, wie einen Richter, getroffen werden, die für die Entscheidung die Verantwortung übernehmen kann (vgl. Art 92 Grundgesetz). Insbesondere Systeme, die auf Grundlage von Daten lernen, werden als schwierig betrachtet, da ihr Vorgehen und der Lösungsweg nicht zwingend transparent sind. In der Recherche findet man häufig den Begriff „Blackbox“. Dies unterstützt nochmals die vorherige Aussage, dass die Entscheidung von einer Person gefällt werden muss und nicht allein in der Hand der KI liegen kann. Trotz alledem muss für Rechtssuchende zu jedem Zeitpunkt nachvollziehbar sein, auf welcher Grundlage der Richter die Entscheidung getroffen hat. Das bezieht sich zum einen auf das Hilfsmittel, das verwendet wurde, zum anderen darauf welche Daten zu dem Ergebnis geführt haben und wie das Hilfsmittel auf Basis dieser Daten zu dem vorliegenden Ergebnis gekommen ist. Die KI ist ein „entscheidungsunterstützendes“ Werkzeug, das mit Art. 103 Abs. 1 Grundgesetz grundsätzlich vereinbar ist und unter der Kontrolle der Justiz auch an Dritte übergeben werden kann. Die Kontrolle bezieht sich hierbei auf die Daten, die in die KI gegeben werden und auf die KI selbst. Für die Daten gilt hier das gleiche, wie bereits zuvor in der KI-Verordnung aufgezeigt. Durch die Auswahl der Daten dürfen keine Diskriminierungen bestimmter Personengruppen und keine Vorurteile gestärkt werden. Es muss transparent sein, auf welcher Rechtsgrundlage das System arbeitet und welche rechtlichen Auslegungen Beachtung finden. Als Probleme werden aufgezeigt, dass eine KI nicht kontextbezogen, wie vergleichsweise eine natürliche Person, entscheiden kann und dass das Risiko eines „Automation Bias“ vermehrt besteht. Dabei handelt es sich um die Neigung des Menschen sich bei anstrengenden und schwierigen Aufgaben auf das unterstützende System zu verlassen. [57]

## 6 Konzept zur semantischen Analyse

Nachdem die Probleme verdeutlicht und die Grundlagen geschaffen sind, folgt die Konzeption zur semantischen Analyse von kinderpornografischen Inhalten mittels der unter 3 beschriebenen Werkzeuge und der unter 5.3.3 aufgezeigten Methoden. Eine Definition der semantischen Analyse wurde bereits unter 5.3.2 gegeben. Ziel der Konzeption ist es in Erfahrung zu bringen, ob es sich bei dem vorliegenden Material um Bilderserien bzw. Einzelbildern aus einem Video handelt, indem die Merkmale Tatort, Täter und Opfer auf Gleichheit untersucht werden. Dadurch soll eine effizientere und schnellere Bildanalyse durchgeführt werden können, indem nicht jedes Bild hinsichtlich der drei Merkmale manuell geprüft werden muss. Zudem soll ermittelt werden, ob eine semantische Analyse teilautomatisiert stattfinden kann.

Bei der Konzeption wird auf die Verwendung von echtem kinderpornografischen Material verzichtet, um Konflikte mit §184b StGB, bezüglich des Besitzes oder des sich Beschaffens von Kinderpornografie, zu umgehen. Insbesondere die Bestimmung der Gleichheit von Opfer und Täter kann deswegen lediglich rein theoretisch stattfinden.

### 6.1 Tatort

Zu Beginn wird ein Beispielszenario eingeführt, das einen möglichen Tatort aus beschlagnahmten Bildmaterialien darstellt. Hierbei handelt es sich um ein herkömmliches Wohnzimmer, das verschiedene Elemente aufweist. Es ist bewusst so konzipiert, dass es verschiedene Farben und Materialien zeigt, wie z.B. Holz oder Steine, und jedes Objekt einen festen Platz besitzt. Zur Erzeugung der 3D Bilder wird das kostenfreie, webbasierte Programm „Palette Home“ verwendet [58]. Das Wohnzimmer wird aus vier möglichen Perspektiven abgebildet. Das hat den Grund, dass bei Bildern aus einer Serie und somit von einem Tatort nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Kamera immer gleich platziert wird, um Bild- oder Videomaterial aufzunehmen. Somit können unterschiedliche Blickwinkel des Szenarios entstehen, was im Konzept Beachtung finden muss.



**Abbildung 6.1:** Beispielszenario: Ansicht auf den Tatort vom Fenster aus



**Abbildung 6.2:** Beispielszenario: Ansicht auf den Tatort vom Fernseher aus



**Abbildung 6.3:** Beispielszenario: Ansicht auf den Tatort vom Regal aus



**Abbildung 6.4:** Beispielszenario: Ansicht auf den Tatort von der Tür aus

Außerdem wird zu jedem Bild manuell eine deutsche Textentsprechung erzeugt, die der Ausgabe der KI der HSMW ähnelt und aus dieser stammen kann. Die Annahme ist, dass die KI der HSMW optimal arbeitet und folgende Prämissen gelten:

- Alle abgebildeten Objekte werden korrekt detektiert.
- Gleiche Objekte werden mit den gleichen Bezeichnern gekennzeichnet, d.h. eine Kiste wird nicht einmal als „Kiste“ und einmal als „Karton“ annotiert.
- Es werden die wesentlichen Eigenschaften der Objekte erkannt. Darunter fällt die Lage, die Beschaffenheit, wie das Material, sowie die Farbe des Objekts.
- Die Lage wird nur durch einen Bezugspunkt beschrieben und nicht durch ganze Beziehungsketten. Beispiel: „Das Bild hängt an der Wand.“ und nicht „Das Bild hängt zwischen dem Kamin und dem Fenster an der Wand“.

Die einzelnen Phrasen werden nach den zuvor beschriebenen Regeln aufgebaut und können Anhang C entnommen werden. Die Objekte werden dabei der menschlichen Wahrnehmung entsprechend beschrieben.

### **6.1.1 Mit dem Algorithmus verproben**

In einem ersten Schritt werden die vier Textentsprechungen zu dem Beispielszenario in den Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte von Bilderserien gegeben (3.2) und anschließend das Ergebnis analysiert. Damit soll geprüft werden, inwieweit der Algorithmus allein bereits die Möglichkeit bietet, die Gleichheit von Räumen feststellen zu können. Als Grenze für die Übereinstimmungen werden 95 % und für die Ähnlichkeiten 80 % ausgewählt. Nachfolgend werden die prägnanten Ergebnisse gezeigt und in Hinblick auf die Aussagekraft zur Semantik analysiert. Das vollständige Ergebnis befindet sich im Anhang B).

Bereits im ersten aufgeführten Vergleich in der Gesamtergebnisliste, zwischen der Ansicht vom Fenster aus und der Ansicht vom Fernseher aus, lassen sich erste Rückschlüsse auf den Tatort machen.



#	Phrase Bild 1	Phrase Bild 2	Prozent	Kennung
1	beige Wand	beige Wand	100	Ü
2	beige Wand	beige Wand	100	Ü
3	beige Wand	beige Wand	100	Ü
4	beige Wand	beige Wand	100	Ü
5	schwarze Steinwand	schwarze Steinwand	100	Ü
6	brauner Holzboden	brauner Holzboden	100	Ü
7	weiße Decke	weiße Decke	100	Ü
8	orange Figur in weißer Regalwand	orange Figuren in weißer Regalwand	97	Ü
9	graues Kissen auf lilanem Sofa	graues Kissen auf lilanem Sofa	100	Ü
10	gelbe Koralle in weißer Regalwand	gelbe Koralle in weißer Regalwand	100	Ü

**Tabelle 6.1:** Erste Erkenntnisse zum Tatort aus den Übereinstimmungen des Vergleichs zwischen Ansicht vom Fenster und Ansicht vom Fernseher aus

Betrachtet man diese zehn Zeilen aus Tabelle 6.1 findet man heraus, dass in beiden Bildern die Wände überwiegend in Beige sind und eine Wand mit schwarzen Steinen bestückt ist (vgl. Zeilenr. eins bis fünf). Die Decke ist klassisch in Weiß (Zeilenr. sieben) und der Boden ist mit Laminat oder Parkett belegt, was sich aus dem braunen Holzboden schließen lässt (Zeilenr. sechs). Die Beschaffenheit des Tatorts an sich ist, bis auf die schwarze Steinwand, nichts Außergewöhnliches und kann die Beschreibung von vielen Räumen darstellen. Die Einrichtung bzw. die Details des Raumes hingegen sind sehr spezifisch und lassen vermuten, dass es sich um den gleichen Tatort handelt. Ein weißes Regal ist wiederum nichts Besonderes (vgl. Zeilenr. acht und zehn). Dass jedoch auf beiden Bildern in dem Regal eine bzw. mehrere orangefarbene Figuren (Zeilenr. acht) und eine gelbe Koralle (Zeilenr. zehn) stehen sollen, wäre für zwei verschiedene Tatorte ein großer Zufall. Auch, dass es ein lilafarbenes Sofa mit grauen Kissen an zwei Tatorten gibt, ist aufgrund der Farbe des Sofas ein weiteres Indiz.

Aus der Tabelle 6.1 lässt sich zudem eine Schwachstelle im Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien erkennen, die sich aus den Zeilen eins bis fünf ergibt. Hier werden insgesamt fünf Beschreibungen bezüglich der Wände des Tatorts aufgeführt. Dabei ist jedem klar, dass ein Raum maximal vier Wände besitzen kann. Dadurch dass in den Zeilen sechs und sieben zusätzlich Beschreibungen zum Boden und der Decke vorhanden sind, kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass der Boden oder die Decke fälschlicherweise als Wand detektiert wird. Folglich lässt sich schließen, dass das gleiche Objekt des einen Bildes mehrfach mit Objekten des anderen Bildes verglichen wird, auch wenn bereits eine 100%ige Übereinstimmung vorliegt. Es besteht die Unsicherheit, welche der fünf Aussagen auf die beiden Bilder zutreffen, wenn man lediglich das Ergebnis aus dem Algorithmus betrachtet, ohne sich nochmals die Bilder vor Augen zu führen. Natürlich gilt für das Ergebnis

des Algorithmus das gleiche wie für die anderen Werkzeuge, die bereits unter 3 beschrieben wurden, dass die Ergebnisse einer manuellen Prüfung im Anschluss bedürfen. Jedoch sollten die Ergebnisse des Algorithmus verständlich und eindeutig sein, um den anschließenden händischen Aufwand so gering wie möglich zu halten.

Zudem lässt sich aus Zeile acht der Tabelle 6.1 bereits erkennen, dass unterschiedliche Perspektiven und Blickwinkel auf den Tatort, aufgrund der Positionierung der Kamera, das Ergebnis beeinflussen. Betrachtet man die Bilder 6.1 und 6.2 erkennt man auf dem einen Bild eine und auf dem anderen Bild zwei orangefarbene Figuren in der weißen Regalwand, wobei sich auf dem Bild 6.1 mit dem menschlichen Auge bereits die zweite Figur erahnen lässt. Jedoch ist nicht zwingend davon auszugehen, dass die KI dies ebenfalls detektiert, da man lediglich anhand der Farbgebung von einer weiteren Figur ausgeht. Zwar ist das Ergebnis von 97 % recht hoch und lässt anhand dieses Merkmals auf den gleichen Tatort schließen. Allerdings zeigt die nachfolgende Tabelle 6.2, dass die Beschreibung der Lokalität des Objektes durch den Unterschied eines Wortes zu erheblich schwächeren Ergebnissen führen kann.

#	Phrase Bild 1	Phrase Bild 2	Prozent	Kennung
1	braunes Holzschaukelpferd vor schwarzer Steinwand	braunes Holzschaukelpferd neben schwarzer Steinwand	92	Ä
2	weiße Regalwand neben beiger Wand	weiße Regalwand vor beiger Wand	88	Ä

**Tabelle 6.2:** Auswirkung auf das Ergebnis durch Veränderung eines Wortes in der Beschreibung der Lokalität eines Objektes am Tatort

Die unterschiedliche Platzierung der Kamera führt dazu, dass z.B. das Holzschaukelpferd aus Zeilennr. eins auf der einen Seite vor und auf der anderen Seite neben der schwarzen Steinwand detektiert wird. Das gleiche gilt für die weiße Regalwand aus Zeilennr. zwei in Bezug zur beigen Wand. Sind die orangefarbenen Figuren aus der Tabelle 6.1 noch im Bereich der Übereinstimmungen, fallen das Holzschaukelpferd und die weiße Regalwand in die Ähnlichkeiten. Zwar sind die beiden Prozente hoch, bedenkt man jedoch, dass nur Objekte mit einem prozentualen Ergebnis von 80 % in der Ergebnisliste berücksichtigt werden, erscheint gerade das Ergebnis der Regalwand von 88 % nicht mehr aussagekräftig. Wird die Lokalität der beiden Objekte nicht durch „vor“ und „neben“ beschrieben, sondern z.B. durch „rechts“ und „links“ ist nur noch schwer nachzuvollziehen und zu bewerten, welche der beiden Phrasen den tatsächlichen Aufbau des Tatorts aufzeigt. Auf einen möglichen Ansatz zur Verminderung dieses Problems wird im weiteren Verlauf des Kapitels noch eingegangen.

Des Weiteren fällt bei der Betrachtung der Gesamtergebnisliste schnell auf, dass viele Phrasen ausgegeben werden, die in keinem Kontextbezug zueinanderstehen. Tabelle 6.3 zeigt exemplarisch einige solcher Ergebnisse.

#	Phrase Bild 1	Phrase Bild 2	Prozent	Kennung
1	beige Wand	Pflanze vor beiger Wand	86	Ä
2	beige Wand	graue Lampe an beiger Wand	86	Ä
3	grauer Unterschrank neben beiger Wand	Pflanze vor beiger Wand	86	Ä

**Tabelle 6.3:** Phrasen die miteinander verglichen werden, obwohl sie nicht im selben Kontext stehen

Zwar ist die beige Wand Bestandteil jeder der aufgeführten Phrasen, dennoch stellt sie in den Zeilen eins und zwei zum zweiten Bild nicht den Hauptaspekt dar, sondern dient als Beschreibung der Lokalität der Pflanze und der Lampe. In Zeile drei ist die beige Wand sogar in beiden vergleichenden Phrasen nur für die Bestimmung des Ortes am Tatort zuständig und ist nicht das Hauptattribut. Dies ist dem geschuldet, dass der Algorithmus jeden Vergleich ausgibt, der mindestens ein identisches Nomen in beiden Phrasen besitzt, wie in diesem Fall die beige Wand.

Um die Grenzen des Algorithmus zu testen und aufzuzeigen, wird ein Referenztatort erstellt, der ebenfalls mit dem Onlineplaner „Palette Home“ erzeugt wird [58]. Auch zu diesem Tatort werden wiederum manuell Textentsprechungen aufgestellt (vgl. Anhang D).



**Abbildung 6.5:** Referenzszenario: Ansicht auf den Tatort vom Fenster aus



**Abbildung 6.6:** Referenzszenario: Ansicht auf den Tatort vom Fernseher aus



**Abbildung 6.7:** Referenzszenario: Ansicht auf den Tatort vom Regal aus



**Abbildung 6.8:** Referenzszenario: Ansicht auf den Tatort von der Tür aus

Es wird jeweils, d.h. von dem ursprünglichen Beispielszenario und von dem Referenzszenario, das Bild mit der Ansicht von der Tür aus in den Algorithmus gegeben, um zu verifizieren, inwieweit die Differenzen der beiden Tatorte zu erkennen sind und um mögliche weitere Schwachstellen des Algorithmus zu identifizieren (6.4 und 6.8). Die bereits bekannten Schwachstellen werden an dieser Stelle nicht nochmals wiederholt. Es werden die gleichen Grenzen wie zuvor gesetzt, d.h. 95 % für die Übereinstimmungen und 80 % für die Ähnlichkeiten. Das Gesamtergebnis des Vergleichs kann dem Anhang E entnommen werden. An dieser Stelle werden wiederum nur die Auffälligkeiten präsentiert.

Gleichheiten	Unterschiede
Beschaffenheit Wände, Boden, Decke	Vorhänge an den Fenstern
Stehlampe	Fehlendes Bild
Fernseher	Anderer Couchtisch
Unterschrank mit Büchern	Fehlende Kerzen
Heizkörper	Sofa
Regalwand mit Büchern, Kisten und Figuren	Kissen auf dem Sofa andersfarbig
Fenster	

**Tabelle 6.4:** Die Gleichheiten und Unterschiede der beiden Tatorten auf einen Blick

Als nächstes wird versucht die Unterschiede und Gemeinsamkeiten, wie sie in Tabelle 6.4 aufgezeigt werden, aus der Ergebnisliste zu lesen. Bei den Gleichheiten stellt dies kein Problem dar, da die Übereinstimmungen genau diese abbilden, wie aus der Tabelle 6.5 zu entnehmen ist. Es werden lediglich einige Beispiele aufgezeigt und nicht die komplette Auflistung der Übereinstimmungen.

#	Phrase Bild 1	Phrase Bild 2	Prozent	Kennung
1	beige Wand	beige Wand	100	Ü
2	brauner Holzboden	brauner Holzboden	100	Ü
3	weiße Regalwand neben beiger Wand	weiße Regalwand neben beiger Wand	100	Ü
4	braune Kiste in weißer Regalwand	braune Kiste in weißer Regalwand	100	Ü
5	schwarzer Fernseher an beiger Wand	schwarzer Fernseher an beiger Wand	100	Ü
6	Bücher auf grauem Unterschrank	Bücher auf grauem Unterschrank	100	Ü

**Tabelle 6.5:** Die Gleichheiten der beiden Tatorte können aus den 100% Übereinstimmungen aus der Ergebnisliste abgelesen werden

Da die Objekte in der gleichen Beschaffenheit, Farbe und Position am Tatort vorhanden sind, gibt es die gleichen Phrasen ebenso für den Referenztatort.

Zur Feststellung der Unterschiede muss in eine detailliertere Prüfung der Ergebnisliste eingestiegen werden. Da in diesem Fall bereits vorab bekannt ist, nach welchen Objekten und somit nach welchen Phrasen Ausschau gehalten werden muss, fällt die Prüfung einfacher aus, als wenn man die Beschaffenheit sowie den Aufbau des Tatorts und das Vergleichsbild nicht kennt. Außerdem muss man bei der Analyse der Unterschiede auch immer die Übereinstimmungen vor Augen haben, um per Ausschlussverfahren die noch „offenen“ Objekte für die Verprobung zu bestimmen. Folgende Phrasen der Ergebnisliste (6.6) geben dabei Hinweise auf die Unterschiede zwischen den beiden Tatorten.

#	Phrase Bild 1	Phrase Bild 2	Prozent	Kennung
1	Bild mit Flamingos an beiger Wand	beige Wand	86	Ä
2	lilanes Sofa vor weißem Fenster	blaues Sofa vor weißem Fenster	92	Ä
3	grauer Couchtisch neben grauem Unterschrank	brauner Holz-couch-tisch neben grauem Unterschrank	92	Ä
4	graues Kissen auf lilanem Sofa	graues Kissen auf blauem Sofa	92	Ä

**Tabelle 6.6:** Die Unterschiede der beiden Tatorte werden versucht aus der Ergebnisliste abzulesen

Auffällig ist, dass wenn es in dem Vergleichsbild zu einem Objekt ein entsprechendes Pendant gibt, wie bei den beiden Zeilennr. zwei und drei, wo das Objekt an sich vorhanden ist aber mit unterschiedlichen Merkmalen, dass das prozentuale Ergebnis recht hoch ausfällt und man leichter den Unterschied ausmachen kann. Dass die Kissen auf den Sofas unterschiedliche Grauabstufungen besitzen, kann aufgrund der Phrasen nicht identifiziert werden, da die Textentsprechungen nicht nach „hellgrau“, „mittelgrau“ und „dunkelgrau“ differenzieren. Größere Probleme stellen Objekte dar, die nur in einem der beiden Bilder aufzufinden sind. Zwar findet man in Zeilennr. eins einen Vergleich zu dem Bild mit den Flamingos, allerdings wird dieser nur aufgrund des gemeinsamen Nomens „beige Wand“ ausgegeben. Da es sonst kein Ergebnis zu dem Flamingobild in der Ergebnisliste gibt, lässt sich daraus schließen, dass es dieses nur an einem der beiden Tatorte gibt. Die Tatsachen, dass die Jalousien durch Vorhänge ersetzt und die Kerzen auf dem Couchtisch gänzlich entfernt wurden, kann der Ergebnisliste nicht entnommen werden, da die Objekte durch keinen Vergleich zu einem Ergebnis geführt haben. Dies kann zum einen an der gewählten Grenze der Ähnlichkeiten liegen und zum anderen an dem fehlenden Bezugspunkt zwischen den entsprechenden Phrasen. Wird die Grenze für die Ähnlichkeiten auf 70% herabgesenkt, findet man zu mindestens die Jalousien im Vergleich zu dem blauen Sofa, da beide sich vor dem weißen Fenster befinden (Ergebnis von 70 %, vgl. Anhang F).

### 6.1.2 Erweiterung um semantikbezogene Hypothesengenerierung

Im vorherigen Kapitel 6.1.1 konnte gezeigt werden, dass der Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien einen ersten Ansatz liefert, um den Tatort auf verschiedenen Bildern auf Gleichheit zu verproben. Dabei konnten einige Defizite herausgearbeitet werden. Wichtige Aspekte bezüglich eines Tatorts stellen die Beziehung und die Lokalität der Objekte untereinander und zum Raum an sich dar. Zwar werden gleiche Objekte mit unterschiedlichen Lokalitätsbeschreibungen in einem Vergleich gegenübergestellt, aber eine Rekonstruktion des Tatorts ist durch Fehlen der Grundwahrheit nicht möglich. In den meisten Fällen konnten die Objekte „vor/neben der beigen Wand“ lokalisiert werden. Ob es sich bei den Beschreibungen jedoch immer um die gleiche beige Wand handelt, kann nicht erfasst werden. Die Schwierigkeit besteht darin, einen Tatort anhand unterschiedlicher Blickwinkel wiederzuerkennen.

Um dieses Problem zu beheben, wird die unter 5.3.3 vorgestellte Methode der semantikbezogenen Hypothesengenerierung eingeführt. Anhand der beiden Objekte „Bild mit Flamingos“ und „lila Sofa“ sollen exemplarisch Hypothesen aufgestellt und untersucht werden, inwieweit diese zu einer effizienteren Analyse der Semantik des Tatorts beitragen können.

Wie bereits unter 5.3.3 erklärt, handelt es sich bei der Hypothesengenerierung um einen wissensbasierten Ansatz. In diesem Fall ist es die menschliche Wahrnehmung, die bereits zur Generierung der Textentsprechungen geführt hat. Begutachtet man das Beispielszenario aus 6.1.1, lassen sich für das Bild mit den Flamingos, neben der Lokalität „an beiger Wand“, die nachstehenden Beziehungen zu anderen Objekten erfassen:

- Von der Tür aus gesehen, hängt das Bild an der rechten, beigen Wand.
- Das Bild hängt links neben der weißen Regalwand.
- Zwischen dem Bild und der grauen Lampe, befindet sich die weiße Regalwand.
- Das Bild schließt an einer Raumecke an.
- Links neben dem Bild befindet sich eine beige Wand, an dem sich weiße Fenster befinden.
- Ein weißer Heizkörper hängt links von dem Bild an einer anderen beigen Wand.

Der Unterschied zu der Phrase „Bild mit Flamingos an beiger Wand“ liegt darin, dass das Objekt nicht mehr durch eine Lokalität im Raum beschrieben wird, sondern durch mehrere. Darüber hinaus wird die Position des Bildes durch die Beziehung zu anderen Objekten, wie der Regalwand oder dem Heizkörper, spezifiziert. Gleichzeitig können die oben definierten Hypothesen verwendet werden, um die Regalwand am Tatort wieder zu erkennen, obwohl das Hauptaugenmerk auf dem Bild mit den Flamingos liegt. Somit befindet sich die Regalwand zwischen der grauen Lampe und dem Bild mit den Flamingos, wobei es rechts von dem Bild steht. Außerdem steht sie, von der Tür aus gesehen, an der rechten Wand. Diese Tatsache ergibt sich aus der Nachbarschaft zu dem Bild mit den Flamingos, da für dieses bekannt ist, dass es an dieser beigen Wand hängt. Betrachtet man jedes Bild des Beispielszenarios, auf dem das Bild mit den Flamingos zu erkennen ist, treffen alle definierten Hypothesen zu, insofern die dort aufgeführten Objekte zu erkennen sind. Somit stellt der Blickwinkel kein Problem mehr dar und das Bild mit den Flamingos kann eindeutig im Raum platziert werden.

Um sicher zu gehen, dass es sich hierbei nicht nur um einen Glückstreffer handelt, werden zudem Hypothesen für das Sofa aufgestellt. Über das Sofa ist bisher bekannt, dass es mit zwei grauen Kissen bestückt ist, es die Farbe Lila besitzt und von seiner Platzierung her, je nach Blickwinkel, immer wo anders steht (vgl. bspw. „vor weißer Tür oder „vor weißer Regalwand“). Mögliche Hypothesen sehen wie folgt aus:

- Das Sofa steht im Raum.
- Das Sofa ist ein Zweisitzer.
- Das Sofa steht zwischen der weißen Regalwand und dem grauen Couchtisch.
- Es liegen, jeweils an den Enden, zwei dunkelgraue Kissen auf dem Sofa.
- Das Sofa steht näher an dem grauen Couchtisch als an der weißen Regalwand.
- Das Sofa steht auf Höhe der weißen Tür.
- Das Sofa steht näher an der Wand mit den weißen Fenstern als an der Wand mit der weißen Tür.
- Das Sofa ist Richtung beiger Wand mit dem schwarzen Fernseher ausgerichtet.
- Der linke Platz des Sofas liegt direkt gegenüber dem schwarzen Fernseher.
- Das Sofa steht zwischen den beiden weißen Fenstern.

Es bedarf mehr Hypothesen um ein Objekt, das mitten im Raum steht, zu beschreiben. Allerdings sind diese umfassend, um das Sofa am Tatort zu platzieren. Vor allem auch dadurch, dass man durch die Hypothesen zum Bild mit den Flamingos bereits weiß, wo sich die weiße Regalwand am Tatort befindet. Zwar sind die Hypothesen zum Sofa stark vom Blickwinkel abhängig und können auch teilweise nur von einem bestimmten Blickwinkel aus wahrgenommen werden, jedoch liefert der Zusammenschluss aller Hypothesen zum Sofa die Gesamtsituation, die man, im besten Fall, genauso auf einem anderen Bild wiederfindet.

Liest man sich die obigen Hypothesen für gerade mal zwei der Objekte aus dem Beispielszenario durch, so formt sich der Tatort bereits vor dem geistigen Auge. Würde man dies analog für jedes Objekt auf allen Bildern machen, scheint eine Rekonstruktion des Tatorts machbar. Dadurch kann der Zusammenhang zwischen den einzelnen Bildern festgestellt oder ausgeschlossen werden. Die Methode der Hypothesengenerierung funktioniert allerdings nur sicher, wenn die Objekte auf der gleichen Stelle am Tatort bleiben und nicht zwischen den Bildaufnahmen umplatziert werden.

Im Gegensatz zu dem unter 5.3.3 aufgezeigten Beispiel aus der Luftbildanalyse, werden die semantikbezogenen Hypothesen ohne vorheriges Aufstellen eines semantischen Netzes erzeugt. Dort werden in einem ersten Schritt die Beziehungen zwischen den einzelnen Objekten visuell durch ein semantisches Netz dargestellt und daraus anschließend die Hypothesen abgeleitet. Dieser Schritt konnte durch Betrachtung der Einzelbilder des Beispielszenarios übersprungen werden und ist auch durch eine technisch gestützte Generierung der semantikbezogenen Hypothesen nicht notwendig, worauf in der Bewertung nochmals genauer eingegangen wird (7.4).



## 6.2 Opfer und Täter

Da es sich bei Opfer und Täter jeweils um natürliche Personen handelt, wird hier keine Differenzierung der semantischen Analyse vorgenommen. Zwar sind Opfer und Täter durch ihre äußeren Merkmale verschieden, was durch einen Altersunterschied begünstigt wird, jedoch ist die Anatomie recht ähnlich, wenn es sich um zwei gesunde Menschen handelt. Das Opfer ist ein Kind, das das 14. Lebensjahr noch nicht erreicht hat (vgl. Definition von Kinderpornografie unter 5.2). Beim Täter wird von einer erwachsenen Person ausgegangen. Das Geschlecht spielt hierbei keine Rolle, sondern dient als ein prägnantes Merkmal zur Bestimmung der Gleichheit des Täters. In diesem Abschnitt wird theoretisch beleuchtet, wie eine semantische Analyse an Opfer und Täter aussehen kann. Es wird keine Verifikation stattfinden, da nicht mit echtem, kinderpornografischem Material gearbeitet werden kann und nicht die Möglichkeit besteht ein Beispielszenario, wie beim Tatort, zu modellieren.

Bei der semantischen Analyse von Opfer und Täter geht es nicht um eine Identifizierung der beiden Personen, sondern es soll, wie bereits bei dem Tatort zuvor, überprüft werden, ob es sich um das gleiche Opfer und/oder den gleichen Täter auf beschlagnahmtem Bild- und Videomaterial handelt. Hierbei müssen zwei Fälle differenziert werden. Auf der einen Seite können Opfer und Täter so abgebildet sein, dass man das jeweilige Gesicht erkennt. Auf der anderen Seite können nur einzelne Körperpartien des Opfers und des Täters dargestellt sein.

### 6.2.1 Biometrische Merkmale

Im ersten Fall kann auf eine Gesichtsverifizierung zurückgegriffen werden. Hierbei wird ein aufgenommenes Bild unter Vorlage eines Gesichts, das man finden möchte, einem 1:1 Vergleich unterzogen. Somit lässt sich sagen, ob die bereits bekannte, identifizierte Person die auf dem Bild abgebildete ist. Dem gegenüber steht die Gesichtsidentifizierung, bei der ein Gesicht auf einem Bild mit einem Datenbestand, in Form einer Datenbank, verglichen wird, um die Identität der abgebildeten Person zu bestimmen. Hier liegt in der Regel ein 1:n Vergleich vor. [59]

Lässt man den Aspekt der Identifizierung außen vor, so ist diese Methode auch bei dem Vergleich zweier digital abgebildeter Gesichter möglich. Da hier nicht die Identitäten der abgebildeten Personen im Fokus liegen, sondern ob es sich jeweils um ein und dieselbe Person beim Opfer und beim Täter handelt, kann man bei zureichender Bildqualität zwei Gesichter hinsichtlich ihrer biometrischen Merkmale vergleichen, um eine Aussage bezüglich der Gleichheit machen zu können.

Sowohl bei der Gesichtsidentifizierung als auch bei der Gesichtsverifizierung handelt es sich um biometrische Verfahren. Dabei werden messbare Körpereigenschaften, die sogenannten biometrischen Merkmale, der Einzelpersonen erfasst. [59] Diese sind je Mensch einzigartig und können deshalb zur Verifizierung und Identifizierung herangezogen werden [59], vor allem da sie nur schwer veränderbar sind [60]. Beim Gesicht werden hierbei Abstände zwischen definierten Punkten gemessen, wie z.B. der Abstand zwischen den Wangenknochen, die Kanten der Augenhöhlen, die Seitenpartien des Mundes, die Iris oder der Abstand zwischen den Augen und der Nase, da diese von der Mimik unabhängig sind und das Messergebnis

nicht beeinflussen [60]. In der analogen Welt werden die biometrischen Daten der Zielperson aufgenommen und ein elektronisches Pendant mit den biometrischen Rohdaten erzeugt. Anschließend werden diese auf ein bestimmtes Muster reduziert und in einen Datensatz umgewandelt, der maschinenlesbar ist. Es wird quasi eine biometrische Schablone erstellt, die über andere Gesichter gelegt werden kann. Liegt eine große Ähnlichkeit innerhalb einer Toleranzgrenze vor, kann man von einem Treffern ausgehen.[59] Inwieweit diese Methode bei zwei digitalen Gesichtern anwendbar ist, kann nicht verifiziert werden, ist aber denkbar.

Da das Gesicht als Wiedererkennungsmerkmal dient, versuchen Täter es zu vermeiden, ihre Gesichter in die kinderpornografischen Inhalte zu bringen. Die Gesichter der Opfer sind oft nur unscharf im Hintergrund zu erkennen, da der Fokus meist auf andere Körperteile gelegt wird. [61] Deswegen wird eine andere Vorgehensweise benötigt, wenn nur einzelne Körperpartien des Opfers oder des Täters zu erkennen sind.

Wie bereits zu vor erwähnt, ist das biologische Geschlecht des Opfers und des Täters ein erstes prägnantes Merkmal. Ist dies bereits nicht identisch, kann von unterschiedlichen Personen ausgegangen werden. Natürlich darf in der heutigen Zeit eine Geschlechtsumwandlung mittels einer Operation, insbesondere beim Täter, nicht ausgeschlossen werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass bleibende Narben Rückschlüsse auf eine solche Operation zulassen würden, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Auch wenn nur andere einzelne Körperteile wie z.B. ein Arm oder der Bauch zu erkennen sind, kann wie zuvor beim Gesicht, mit bestimmten Abmessungen gearbeitet werden. Beim Arm kann dies die Länge des Ober- oder Unterarms sein und beim Bauch der Abstand zwischen dem Bauchnabel und dem Schambereich. Hieraus ist wiederum die Erstellung einer biologischen Schablone möglich, die mit anderen Bildern verglichen werden kann. Andere biologische Merkmale können Narben, Muttermale, Leberflecken oder Venenmuster sein. Aber auch Behaarung, Tattoos oder Piercings können als Merkmal verwendet werden, wobei hier die Möglichkeit des Entfernens bzw. beim Tattoo der Erweiterung oder der Veränderung berücksichtigt werden muss. Dies sind nur ein paar der möglichen Attribute, die herangezogen werden können und je nach Körperregion spezifiziert werden müssen.

Setzt man die Liste der biometrischen Merkmale mit den Textentsprechungen bei der semantischen Analyse des Tatorts gleich, können auch hier Hypothesen aufgestellt werden, die die Beziehung und die Lokalität der biometrischen Merkmale wiedergeben. Ein auffälliges Muttermal, das eine bestimmte Form besitzt und sich am rechten Oberarm befindet, kann bspw. zwischen einem Tattoo, das einen Anker abbildet, und einer länglichen Narbe, wie durch einen Schnitt verursacht, liegen. Zwar scheinen solche Hypothesen weniger greifbar und abgeschlossen, als man sie zuvor beim Tatort hatte, jedoch geben sie wichtige Informationen preis, um besondere Merkmale zu detektieren und ihre Beziehung untereinander zu beschreiben. Dadurch können Wiedererkennungswerte geschaffen werden, um das Opfer und den Täter auf weiteren Bildaufnahmen zu „identifizieren“.

### 6.2.2 Zeitliche Abhängigkeiten von Bewegungsabläufen

Eine weitere Methode, die hier berücksichtigt werden soll, ist die unter 5.3.3 beschriebene zeitliche Abhängigkeit von Bewegungsabläufen. Bedenkt man, dass hinter sexualisierter Gewalt bestimmte Bewegungen stecken und diese je nach Ausprägung voneinander differenziert werden können, kann man diese auch in einen zeitlichen Ablauf bringen. Die Bewegungen beim Geschlechtsverkehr sind deutlich andere als bspw. bei der Penetration durch die Hand oder beim Oralverkehr. Außerdem verlaufen sie immer nach dem gleichen Muster. Führt man sich den Geschlechtsverkehr einer erwachsenen Frau mit einem erwachsenen Mann in der Missionarsstellung vor Augen, so können dabei neben dem Positionieren der Geschlechtspartner, dem Eindringen des Manns in die Frau, die unterschiedlichen Ausprägungen der Hüftbewegung des Mannes und dem einhergehenden Herausziehen des Penis sowie die Beendigung des Aktes verschiedene Bewegungssequenzen darstellen, die in eine bestimmte Reihenfolge gebracht werden können. Hat man diese Bewegungen auf unterschiedlichen Bildsequenzen abgebildet und ist eine chronologische Sortierung der Bewegungsabläufe möglich, so kann auf eine Bilderserie und somit auf die gleichen Geschlechtspartner geschlossen werden. Hinsichtlich kinderpornografischer Inhalte kann somit auf das gleiche Opfer und den gleichen Täter geschlossen werden.

Auch wenn das Konzept zur semantischen Analyse hinsichtlich des Opfers und des Täters nicht abgeschlossen wirkt, wie bei der vorherigen Betrachtung des Tatorts, sind dies dennoch Methoden die bestimmte Merkmale an Opfer und Täter bzw. an dem abgebildeten Geschehen aufzeigen, in einen Kontext bringen und somit zur Wiedererkennung auf unterschiedlichen Bildern berücksichtigt werden können. Es wurde hier bewusst auf eine bildliche Darstellung der Opfer-Täter-Beziehung verzichtet.

## 7 Bewertung und Diskussion des Konzepts und der verwendeten Komponenten

Zu Letzt sollen die in dieser Forschungsarbeit aufgezeigten Komponenten zusammengeführt und hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit für eine semantische Analyse kritisch betrachtet werden. Neben dem zuvor aufgezeigten Konzept (6) sollen die KI der HSMW sowie der Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien bewertet werden. Hierbei werden die Anwendbarkeit hinsichtlich des Tatorts sowie des Opfers und des Täters separat betrachtet, da die Methoden für die beiden Aspekte unterschiedlich gut funktionieren. Da die Konzeption nicht anhand von Echtdateien verprobt werden konnte, findet die Bewertung rein auf der subjektiven Ebene statt. Abschließend wird ein teilautomatisierter Prozess definiert, der sich aus den zuvor bewerteten Komponenten zusammensetzt.

### 7.1 KI der Hochschule Mittweida

Die KI der HSMW bildet die Grundlage für den Algorithmus und ist aktuell mehr darauf trainiert Objekte zu erkennen, als diese im tiefsten Detailgrad zu beschreiben. Die Textentsprechungen sind ähnlich zu den manuell erstellten Texten für das Beispielszenario und enthalten maximal die Identifikation des Objekts, die Farbe, die Beschaffenheit und eine Lokalität, wobei alle vier Aspekte gesamtheitlich selten ausgegeben werden. Einige originale Textentsprechungen inklusive der dazugehörigen Bilder können den Anhängen G bis I entnommen werden. Diese werden so gewählt, dass einige offene Punkte und Schwierigkeiten in Bezug auf die Textentsprechungen und die Detektion aufgezeigt werden können.

In Hinblick auf das Konzept, das die Textentsprechungen aus der KI um die Hypothesen ergänzt werden, reicht die bisherige Ausgabe für die Semantik des Tatorts völlig aus, vorausgesetzt es werden immer die vier Faktoren ausgegeben. Eine Ausgabe wie „a blue chair“ (vgl. Anhang H) ist zu wenig, um eine Vorstellung davon zu bekommen, wo sich der Stuhl im Raum befindet und in welchem Zusammenhang er mit den anderen Objekten steht. Wichtig hierbei ist, dass man einen ersten Eindruck über die Eigenschaften des Objekts inklusive seiner ungefähren Platzierung im Bild erhält. Nur dann können die korrekten Rückschlüsse aus dem Ergebnis des Algorithmus gezogen werden. Liegen zwei verschiedene Räume vor, wo sich in dem einen Raum ein blauer Stuhl neben dem Bett befindet und in dem anderen Raum ein blauer Stuhl an einem Esstisch steht, wird der Algorithmus bei der Phrase „blue chair“ eine Übereinstimmung von 100 % liefern. Dies vermittelt den Eindruck, als würde es sich um den gleichen Stuhl handeln und somit im Umkehrschluss um den gleichen Tatort. Darüber hinaus müssen gleiche Objekte auch gleich detektiert werden, sonst kann der Algorithmus die Objekte nicht zusammenführen. Vergleicht man die Textentsprechungen aus den Anhängen G und H fällt auf, dass der Boden sowie die auf dem Tisch befindliche Box jeweils anders beschrieben werden (7.1).

Phrase Anhang H	Phrase Anhang G
a box of tissues	a box on the table
a blue rug on the floor	the floor is brown
the floor is made of wood	a dark colored floor

**Tabelle 7.1:** Gleiche Objekte werden von der KI der HSMW unterschiedlich detektiert und bezeichnet

Es wird zwar auf beiden Bildern erkannt, dass es sich um eine Box handelt. Jedoch fehlt auf dem einen Bild die Information, dass sie auf dem Tisch steht und bei dem anderen Bild, dass es sich um eine Box mit Taschentüchern handelt. Zwar wird, je nach Wahl der Grenzen im Algorithmus, die „box“ als gemeinsames Attribut erkannt, aber durch die unterschiedlichen Details ist es schwierig die beiden Boxen als eine zu deklarieren. Das prozentuale Ergebnis liegt bei 62 %, was aufgrund der derzeitigen Ausgabe der Ergebnisliste wenig Aussagekraft besitzt. Auch die Beschreibung des gleichen Bodens lässt nicht auf einen Raum schließen. Ein dunkler, brauner Boden und ein Holzboden sowie ein blauer Teppich sind abweichende Beschreibungen. Zudem ist nicht ersichtlich, ob auf dem Holzboden ein blauer Teppich liegt oder ob der ganze Bodenbelag ein blauer Teppich ist. Dies steht jedoch im Widerspruch zu dem Holzboden.

Hinsichtlich Personen muss die KI weiter trainiert werden, da beschreibende Details und Erkennungsmerkmale, wie sie im Konzept benötigt werden, fehlen. Zwar werden Personen detektiert, in einigen Fällen auch mit der Farbe ihrer Kleidung und ihrer Position im Bild, allerdings nicht durchgängig wie bereits zuvor bei den Objekten. Zudem ist es schwierig die Informationen den jeweiligen Personen zu zuordnen. Hier ein paar Beispielphrasen aus Anhang H, die das Problem zeigen.

- „woman sitting in a chair“
- „woman sitting on a chair“
- „a woman wearing a blue shirt“
- „two people sitting on a couch“
- „a man and a woman“
- „a blue chair“
- „a brown chair“
- „a brown wooden table“
- „a brown wooden table“

Betrachtet man die genannten Phrasen, geht man von zwei Frauen aus, die auf Stühlen sitzen. Eine davon trägt ein blaues T-Shirt. Jedoch ist nicht klar, welche der beiden Frauen dieses T-Shirt trägt und wie die andere Frau bekleidet ist. Wo genau sitzen die beiden Frauen? Sitzen sie an einem der braunen Tische? Und wenn ja, dann auch an dem gleichen? Welche der beiden Frauen sitzt auf welchen der beschriebenen Stühle? Wer sind die beiden Personen, die zusammen auf der Couch sitzen? Und gibt es noch eine dritte Frau, die sich neben einem Mann befindet? Hier bleiben mehr Fragen offen, als dass die Situation geklärt wird. Hilfreich wären charakterisierende Merkmale, um die Personen zu differenzieren, um dann

letztendlich die Anzahl der abgebildeten Personen und ihre Anordnung im Bild identifizieren zu können. Eines dieser Charakteristika ist z.B. die Haarfarbe oder passend zu dem Konzept erkennbare Narben oder sonstige Male auf der Haut. Eine Aussage zu dem Haar einer Person wird scheinbar nur ausgegeben, wenn sie von hinten zu sehen ist und dies der Hauptanteil ihrer Erkennung ist (vgl. „the woman has dark hair“ aus Anhang I).

Bei der Überprüfung des Bildes zu den oben aufgezeigten Phrasen, sieht man lediglich eine Frau, die doppelt detektiert wurde und ein Skelett, das auf dem Boden sitzt. Es muss sichergestellt sein, dass Objekte und Personen nur einmal und dafür in vollem Umfang detektiert werden. Auch wird das Skelett, obwohl es sich an der gleichen Stelle im Bild befindet, auf dem Bild in Anhang G nicht erkannt. Nur wenn alle Objekte korrekt bestimmt ausgegeben werden, können die richtigen Folgerungen aus dem Ergebnis des Algorithmus gezogen werden.

Die KI der HSMW bildet eine Grundlage, muss aber noch weiter trainiert und überarbeitet werden, um effizient für die Erkennung von Semantik in kinderpornografischen Inhalten genutzt werden zu können.

## **7.2 Eigenimplementierter Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte**

Der Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien und seine Ergebnisse sind stark von der Qualität der Textentsprechungen der KI der HSMW abhängig. Deswegen eignet sich der Algorithmus primär für die Semantik des Tatorts als für die der abgebildeten Personen (vgl. dazu 7.1). Bereits während der Konzeption wurde der Algorithmus für die semantische Analyse des Tatorts anhand des Beispielszenarios verprobt und mögliche Probleme aufgezeigt. Diese sollen an dieser Stelle nochmals zusammengefasst und bewertet werden.

Eines der größten Defizite stellt die zu umfangreiche Ergebnisliste dar, die zu viele Objekte als gleich oder ähnlich ausgibt, obwohl diese in keinem Zusammenhang stehen. Es bedarf einer ausgiebigen Prüfung jedes Vergleichs, um zu erkennen, dass hier nicht zwingend die gleichen Objekte zu dem Ergebnis geführt haben. Ein Vergleich wird genau dann ausgegeben, wenn ein Nomen in beiden Phrasen vorhanden und somit ein Objekt identisch ist. Diese Logik muss dahingehend verbessert werden, dass nicht nur „irgendein“ Nomen in den Phrasen zu einer Übereinstimmung führt, sondern das Nomen, um das es in der Beschreibung primär geht. In Kapitel 6.1 zeigt der Vergleich „beige Wand“ und „Pflanze vor beiger Wand“ diesen Sachverhalt (vgl. Tabelle 6.3 Zeilennr. eins). Das gemeinsame Nomen ist offensichtlich die beige Wand. In der ersten Phrase ist diese auch das ausschlaggebende Nomen. In der zweiten Phrase hingegen liegt der Fokus auf der Pflanze und die beige Wand dient hier nur als die Beschreibung der Lokalität. Somit darf der Vergleich nur in die Ergebnisliste aufgenommen werden, wenn es entweder in beiden Phrasen um die Pflanze oder die beige Wand geht.

Ein weiteres Problem in der Ergebnisliste des Algorithmus ist, dass Objekte mehrfach verglichen und ausgegeben werden, obwohl es bereits zu einer 100 % Übereinstimmung in dem Vergleichsbild gekommen ist. Als Beispiel kann aus dem Kapitel 6.1 die vier beige Wände und die schwarze Steinwand genommen werden, die alle aus einem Bild entnommen wurden

(vgl. Tabelle 6.1 Zeilen eins bis fünf). Auf dem Bild 6.1 sind allerdings nur zwei beige Wände und die eine schwarze Steinwand abgebildet. Der Algorithmus vergleicht jede Phrase des einen Bildes mit jeder Phrase des anderen Bildes ohne Berücksichtigung der bereits erzielten Ergebnisse durch einen vorherigen Vergleich. Der Algorithmus muss derart angepasst werden, dass, wenn es bei einem Vergleich zu einem 100%igen Ergebnis kommt, dass die beiden betroffenen Phrasen für weitere Vergleiche ausgeschlossen werden. Zum einen damit keine weiteren Ergebnisse für die aktuell behandelte Phrase generiert werden und zum anderen damit die Vergleichsphrase im weiteren Verlauf nicht nochmals für einen Vergleich herangezogen wird. Ein 100%iges Ergebnis sagt bereits aus, dass dieses Objekt auf beiden Bildern vorhanden ist. Außerdem müssen alle bisherigen Ergebnisse zu der aktuellen Phrase bereinigt werden, da diese, nach der gerade beschriebenen Logik, ein Ergebnis ungleich 100 % erzeugt haben und somit nur ein Indiz für die Gleichheit abbilden.

Bei dem Vergleich zweier Bilder ist es nicht nur wichtig zu erkennen, ob die abgebildeten Objekte von ihrem äußeren Erscheinungsbild her stimmig sind, sondern auch, ob sie zwischen den Aufnahmen vom Tatort entfernt wurden. Das Fehlen eines Objektes kann auch ein Hinweis für einen anderen Tatort sein, wie das Beispielszenario und das Referenzbeispiel bezüglich des Bildes mit den Flamingos zeigen. Wenn die Summe der restlichen Vergleiche zu einem positiven Ergebnis führen, kann man vom Entfernen des Objektes ausgehen. Gibt es darüber hinaus noch weitere erhebliche Unterschiede, wie hier die Farbe des Sofas, so kann von einem anderen Tatort ausgegangen werden. Dieser Sachverhalt ist in der Ergebnisliste nur schwierig auszumachen. Zwar gibt es ein Ergebnis zu dem Bild mit den Flamingos, allerdings wird es nur ausgegeben, da das Nomen „beige Wand“ in beiden Phrasen vorkommt (vgl. Tabelle 6.6 Zeilennr. eins). Nun muss man alle weiteren Ergebnisse durchgehen und prüfen, ob es dort einen weiteren Hinweis auf die Flamingos gibt und mit welcher Phrase es zum Ergebnis gekommen ist. Dies ist bei den vier Bildern manuell zu bewerkstelligen, auch wenn der Gesamtvergleich des Beispielszenarios bereits zu 749 Zeilen in der Ergebnisliste geführt hat (vgl. Anhang B). Gibt man jedoch den gesamten Bildbestand eines beschlagnahmten Asservates bzw. aller sichergestellter Asservate bei einem Tatverdächtigen in den Algorithmus, stößt man bei der händischen Auswertung schnell an die Grenzen dessen, was manuell bewerkstellt werden kann, mal von der zusätzlichen Fehleranfälligkeit abgesehen. Behebt man die zuvor aufgeführten Defizite im Algorithmus, kommt es zu einer deutlichen Reduzierung der Ergebnisliste. Allerdings kann aktuell nicht abgeschätzt werden, wie groß diese im Endeffekt aussehen wird. Deswegen ist entweder die Einführung eines weiteren Kennzeichens notwendig, das aussagt, dass es kein passendes Objekt in dem Vergleichsbild gibt oder es muss eine separate Auflistung der Objekte geben, die keine Entsprechung besitzen, um sie inhaltlich von den Ähnlichkeiten und Übereinstimmungen zu separieren. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass das jeweilige Hauptnomen in den Phrasen erkannt wird (siehe oben).

Um den Algorithmus langfristig gesehen effizient nutzen zu können, ist eine erste Interpretation der Ergebnisse eines 1:1 Vergleichs zwischen zwei Bildern sinnvoll. Diese kann so aussehen, dass wiederum als prozentuales Ergebnis ausgegeben wird, inwieweit die beiden Bilder höchstwahrscheinlich einer Bilderserie zugehören und somit der gleiche Tatort vorliegt. Kriterien für eine solche Analyse müssen vorab definiert werden. Das stellt keine notwendige Anpassung dar, sondern dient lediglich als Erleichterung bei der Auswertung der Ergebnisliste und ist als „Nice to have“ anzusehen.

Der Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien stellt, wenn die obigen Schwachstellen ausgebessert werden, ein wertvolles Instrument zur Analyse des Tatorts dar. Dieser wurde auch so entwickelt, dass er in einem ersten Entwurf das bestmögliche Ergebnis für räumliche Beschaffenheiten ausgibt. Wenn dieser auch für die Erkennung von Personen verwendet werden soll, muss geprüft werden, wie der Algorithmus für diese Problemstellung performt und wie zuverlässig die ausgegebenen prozentualen Ergebnisse sind. Eventuell müssen, wie bei dem Tatort mittels Lemmatisierung und Pos-Tagging, Hilfsfunktionen für eine automatische Verbesserung der Phrasen eingebaut werden, um Gleichheiten detektieren zu können.

### **7.3 Konzept zur semantischen Analyse der Forschungsarbeit**

Die semantikbezogene Hypothesengenerierung stellt einen Mehrwert für die semantische Analyse des Tatorts dar. Hat man über die Textentsprechungen aus der KI der HSMW bereits einen ersten Überblick über den Raum und seine Beschaffenheiten bekommen, liefern die Hypothesen detaillierte Zusatzinformationen. Im Gegensatz zu den generierten Phrasen werden hier die einzelnen Objekte, die sich auf dem Bild befinden, umfangreich in Beziehung zu einander gebracht und ihre Platzierung im Raum ausgiebig definiert und das durch mehr als nur eine beschreibende Phrase. Die Kombination aus der Beziehung der Objekte und der Beschreibung der Lokalität am Tatort sind so spezifisch, dass es bei dem Vorkommen der gleichen Hypothese zu zwei Bildern sehr wahrscheinlich ist, dass diese den gleichen Tatort abbilden. Eine Phrase wie „Weiße Regalwand an beiger Wand“ kann sich auf jedes Wohnzimmer beziehen, dass ein Bücherregal enthält und in einem gesättigten Braun- oder Gelbton gestrichen ist. Hingegen „Das weiße Regal steht zwischen einer grauen Lampe und einem Bild mit Flamingos an einer beigen Wand“ enthält so viele spezifischen Merkmale, dass es nicht mehr auf jedes x-beliebige Wohnzimmer übertragen werden kann. Zudem lassen sich die Hypothesen auch in Phrasen abbilden, die wiederum automatisiert ausgewertet werden können, so wie die Textentsprechungen von detektierten Objekten.

Die Konzeption der semantischen Analyse des Opfers und des Täters zeigt einige Probleme auf und erweist sich nicht als ganz so einfach. Die Machbarkeit der aufgeführten Methoden hängt stark von dem vorliegenden Bild- und Videomaterial ab. Voraussetzung hierbei ist, dass bspw. das Gesicht des Täters zwischen unterschiedlichen Aufnahmen immer aus der exakt selben Perspektive abgebildet ist, sodass die Vermessung der biometrischen Merkmale zu den gleichen Ergebnissen führt. Auch spielt die Datenqualität eine erhebliche Rolle, um die Messungen vornehmen zu können. Trotzdem soll die Gesichtsverifizierung als Möglichkeit genannt werden. Denn führt eine mögliche technische Umsetzung der Gesichtsverifizierung zu einer hohen prozentualen Übereinstimmung, kann durch eine manuelle Prüfung schnell eine Aussage darüber getroffen werden, ob es sich um das gleiche Opfer oder den gleichen Täter handelt oder nicht. Ansonsten hätte man vorab den gesamten Datenbestand nach Ähnlichkeiten durchsuchen müssen, um zu diesem Ergebnis zu kommen.

Zudem muss Berücksichtigung finden, dass eine bestimmte Kinderpornografie nicht zwingend den gleichen Sachverhalt abbilden muss und zwischendrin ein Wechsel stattfinden kann. Beginnt die Szene mit einer Nahaufnahme der Penetration des Täters durch die Hand des Opfers, kann in der Mitte des kinderpornografischen Inhalts in den Geschlechtsverkehr überge-



gangen sein. Hierbei kann der Kamerafokus auf unterschiedlichen Körperregionen bei Opfer und Täter liegen, sodass ein Vergleich der einzelnen Körperregionen ohne Vergleichsmaterial nur schwer machbar ist. Das Problem bezieht sich nicht nur konkret auf die Verifizierung des Opfers und des Täters, sondern generell auf die semantische Analyse von Szenen und kann auch schon bei der vorherigen Analyse des Tatorts zu Schwierigkeiten führen, wenn Objekte nur innerhalb eines Blickwinkels zu erfassen sind und deswegen seltener bis gar nicht in den Textentsprechungen vorkommen. Fraglich ist auch, ob biometrische Merkmale bei Kindern bereits in diesem Maße ausgeprägt sind. Hier spielt insbesondere der zeitliche Aspekt eine erhebliche Rolle. Befindet sich das Kind über einen längeren Zeitraum in der Gewalt des Täters und es wird fortwährend kinderpornografisches Material erzeugt, können sich diese Merkmale überholen, da das Opfer sich in dieser Zeit körperlich weiterentwickelt. Biometrische Merkmale können zudem durch kosmetische Operationen verändert werden, was in der heutigen Zeit nicht unüblich ist. Weitere körperliche Merkmale wie Piercings, Tattoos und Behaarung sind unbeständig und können ohne weiteres entfernt, verändert oder erweitert werden. Bild- und Videoaufnahmen bilden immer nur eine Momentaufnahme des Opfers oder des Täters ab.

Die Betrachtung der zeitlichen Abhängigkeiten durch Bewegungsabläufe führt nur dann zu einem positiven Ergebnis, wenn diese aus einer Bilderserie bzw. einer Videosequenz entnommen werden. Es kann zufälligerweise vorkommen, dass alle Einzelbewegungen eines bestimmten Ablaufs aus verschiedenen Handlungen und mit verschiedenen Personen vorliegen. Dies ist zwar sehr unwahrscheinlich, sollte jedoch Berücksichtigung finden. Eine eindeutige Zuordnung kann nur mittels einer zusätzlichen Betrachtung der biometrischen bzw. prägnanten Merkmale des Opfers und des Täters durchgeführt werden, vorausgesetzt das vorliegende Material lässt es zu (siehe oben). Zeitabhängigkeiten können besser aus den Einzelbildern eines Videos extrahiert werden, als aus einer Bilderserie. Hier kann ein Zeitversatz zum Verlust einer einzelnen Bewegung führen, sodass der bekannte Bewegungsablauf nicht rekonstruiert werden kann.

Insgesamt zeigt das Konzept einige interessante Methoden auf, die zwar nicht immer, aber in vielen Fällen funktionieren können. Insbesondere die semantische Analyse des Tatorts kann durch die Hypothesengenerierung verbessert werden und scheint durch die theoretische Diskussion vielversprechend. Der Ansatz für die Semantik an Opfer und Täter geht von optimalen Bedingungen des vorliegenden Bild- und Videomaterials aus und scheint in der Theorie auch erfolgversprechend zu sein. Es müssen jedoch noch weitere Verfahren erdacht werden, sollte dieses Optimum nicht vorliegen.

## **7.4 Teilautomatisierung durch Zusammenführung der untersuchten Komponenten**

Folgend auf die Bewertung der einzelnen Komponenten, sollen diese nun zu einem teilautomatisierten Prozess zusammengeführt und wiederum kritisch bewertet werden. Dabei besteht die Annahme, dass die zuvor aufgezeigten Defizite behoben sind und jede Komponente optimal arbeitet. Teilautomatisch bedeutet dabei, dass die Zwischenergebnisse weiterhin manuell gesichtet und analysiert werden müssen. Der Fokus in dem Prozess liegt auf der semantischen Tatortanalyse, da in dem Konzept für Opfer und Täter keine eindeutige

Methode aufgestellt werden konnte. Zudem hängt es dabei stark von der Abbildung der Personen und Körperregionen ab, in welche Methode die Analyse läuft. Ein möglicher Prozess, bestehend aus fünf Schritten und kann wie im Folgenden aufgelistet aussehen. Im Anschluss erfolgt eine Erklärung der einzelnen Prozessschritte.

1. Datenbestand Aira zuführen, um kinderpornografische Inhalte zu kennzeichnen.
2. Manuelle Prüfung des Ergebnisprotokolls und Extraktion des kinderpornografischen Materials.
3. Kinderpornografie in die KI der HSMW zur Objektdetektion und Hypothesengenerierung geben. Textentsprechungen erzeugen und extrahieren.
4. Textentsprechungen in den Algorithmus zur Vernetzung semantischer Inhalte von Bilderserien geben.
5. Manuelle Auswertung der Gesamtergebnisliste.

Die Grundlage bildet beschlagnahmtes Bild- und Videomaterial. Auf welchem Weg dieses an die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörde, wie die ZAC NRW gelangt, hat keine Relevanz. Zu Beginn muss dieser Datenbestand auf kinderpornografisches Material überprüft werden. Dies kann, wie heute schon, mittels Aira der ZAC NRW geschehen. Vorab muss die prozentuale Grenze definiert und festgelegt werden, die kinderpornografisches Material kennzeichnet. Da das Ergebnisprotokoll die Speicherorte aufzeigt, an denen sich das relevante Material befindet, müssen für die weitere Verarbeitung die jeweiligen Bilder extrahiert und nochmals manuell analysiert werden. Erweisen die Bilder sich als Kinderpornografie, werden diese zur Objektdetektion und Generierung der Textentsprechungen in die KI der HSMW gegeben. Handelt es sich bei den kinderpornografischen Inhalten um Videomaterial, muss dieses vorab in seine Einzelbilder, auch Frames genannt, zerlegt werden, damit es als Eingabe der Hochschul-KI verwendet werden kann. Zeitgleich müssen die Bilder der neuen Funktion zugeführt werden, die die semantikbezogenen Hypothesen aufstellt. Ob es sich dabei um eine neue Software oder um die KI der HSMW handelt, kann aktuell nicht benannt werden. Da die Grundwahrheit und die Wissensbasis bereits in der KI der HSMW liegen, dadurch dass sie die Objekte mit ihren wesentlichen Eigenschaften erkennt und benennen kann, ist es denkbar die Hypothesengenerierung nach umfangreichem Training automatisch durch die KI der HSMW bzw. eine weitere KI durchführen zu lassen, die dann speziell auf Beziehungen und Lokalitäten trainiert ist. Die Hypothesen müssen am Ende, wie die Objektdetektion, als Textentsprechung ausgegeben werden, um sie anschließend als zusätzliche Eingabe in den Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte geben zu können. Der Algorithmus gibt zu den Hypothesen ebenfalls an, ob Gleichheiten und Ähnlichkeiten existieren. Diese Ergebnisse enthalten, wie bereits oben bewertet, eine große Aussagekraft, da sie spezifisch und detaillierter sind, als bspw. die Objektdetektion alleine. Das Gesamtergebnis muss letztendlich durch eine Person gesichtet und analysiert werden.

In seiner Gesamtheit scheint der teilautomatisierte Prozess stimmig und auch umsetzbar, vor allem da die Ergebnisanalyse sowie die finale Entscheidung durch natürliche Personen stattfinden und die einzelnen Komponenten lediglich als Hilfswerkzeug dienen. Zuvor muss die jeweilige Zuständigkeit für die einzelnen Prozessschritte festgelegt werden, da die Einzelkomponenten in der aktuellen Betrachtung physisch nicht an einem Ort liegen. Insbesondere die Ergebnisanalyse obliegt einer Person der Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörde und kann nicht durch einen Mitarbeiter der Hochschule durchgeführt werden. Außerdem ent-

steht ein erheblicher organisatorischer Aufwand dadurch, dass das relevante Material sowie die Ergebnisliste des Algorithmus jeweils sicher zwischen den Institutionen übertragen werden müssen. Deswegen kann man auch in Erwägung ziehen, die Logiken und Algorithmen in einem einzigen Werkzeug zu vereinen. Dies bietet sich gerade bei der Übertragung von kinderpornografischen Inhalten an. Zudem würde die Zuständigkeit bei einer Stelle liegen und die Ergebnisse können nach den bekannten, aktuell gelebten Standards analysiert werden. Ob eine Objektdetektion überhaupt bei der komprimierten Darstellung der Kinderpornografie, so wie sie bei der Übertragung der Inhalte zwischen der ZAC NRW und dem externen Entwickler gehandhabt wurde, fehlerfrei durchgeführt werden kann, bleibt noch offen.

## 8 Zusammenfassung und Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Einführung einer semantischen Analyse kinderpornografischer Inhalte nicht nur einen Mehrwert, sondern ebenfalls eine weitere Entlastung für die Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden darstellt. Können bereits heute KI-basiert große Datenbestände auf kinderpornografische Relevanz untersucht werden, um die manuell zu prüfenden Materialien zu reduzieren, fehlt es allerdings daran Zusammenhänge zwischen der so detektierten Kinderpornografie herzustellen. Die Semantik, bezogen auf kinderpornografische Inhalte, behandelt die Fragestellungen, ob es sich um den gleichen Tatort und ob es sich um die gleichen abgebildeten Personen, konkret um das gleiche Opfer und den gleichen Täter, handelt. Können alle drei Aspekte zweifelsfrei in mehreren Bildern nachgewiesen werden, handelt es sich um eine Bilderserie. Kann festgestellt werden, dass ein Bild aus einer Bilderserie stammt, reicht es aus, den Sachverhalt eines dieser Bilder zu analysieren. Eine Sichtung jedes Einzelbildes der Serie ist nicht mehr notwendig, da es folglich den gleichen Sachverhalt abbildet. Dies hat nicht nur den Vorteil, dass personelle und technische Ressourcen geschont, sondern auch eine zeitliche Komponente, da die Bearbeitungszeit je Fall reduziert werden kann. Ziel dabei ist es Bild- und Videomaterial schnellstmöglich analysieren zu können und im Extremfall Kinder so schnell wie möglich aus akuten Notlage zu befreien, was durch die Einsparung von Ressourcen bewirkt werden kann.

Auch wenn die aktuelle Ausgangssituation, mit der KI der HSMW zur Objektdetektion und Generierung der Textentsprechungen sowie dem Algorithmus zur Analyse semantischer Inhalte in Bilderserien, noch zu nicht optimalen Ergebnissen führt, bilden die beiden Komponenten allerdings schon jetzt eine gute Grundlage, um die Semantik in Bildern zu bestimmen. Insbesondere das Zusammenspiel des Algorithmus und der semantikbezogenen Hypothesengenerierung gibt Aufschluss über den abgebildeten Tatort. Gibt die KI grob die Objekte mit ihren wesentlichen Eigenschaften wie der Farbe, der Beschaffenheit und einer Lokalität im Raum wieder, die nicht zwingend Wiedererkennungswert bieten, spezifizieren die Hypothesen ergänzend die Beziehungen der einzelnen Objekte zueinander und zu ihrer Position im Raum. Zusammengeschlossen bildet dies eine detaillierte Beschreibung des Tatorts, wobei die Aussagekraft der Hypothesen überwiegt. Mittels des Algorithmus können nun die Gemeinsamkeiten der einzelnen Bilder aufgezeigt und analysiert werden. Findet sich die Gesamtheit der Hypothesen auf zwei Bildern wieder, kann von ein und demselben Tatort ausgegangen werden. Mit der Erstellung von Hypothesen wird das Problem der verschiedenen Blickwinkel durch unterschiedliche Platzierung der Kamera behoben, da sich dabei die Beziehungen der Objekte untereinander sowie ihre Lokalität nicht ändern. Ob die Hypothesengenerierung in der KI der Hochschule oder in den Algorithmus integriert werden kann, ist noch offen. Allerdings besitzt die KI durch die Möglichkeit der Objektdetektion bereits die Wissensbasis, die für die Hypothesengenerierung Voraussetzung ist. Die Ergebnisse der Objektdetektion und der Hypothesengenerierung sowie der anschließenden Analyse mit dem Algorithmus sind stark von der Datenqualität und den abgebildeten Objekten abhängig und setzt voraus, dass Objekte mehr als einmal auf Bildern erfasst werden. Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass Objekte vollständig ausgetauscht oder woanders im Raum platziert werden können. Wie sich dies auf die Hypothesen und das Ergebnis des Algorithmus auswirkt, muss noch untersucht werden. Die KI der HSMW sollte die Objekte gleichbleibend beschreiben.

Schwieriger gestaltete sich die Konzeption in Bezug auf das Opfer und den Täter, da diese im Gegensatz zum Tatort nicht zwingend statisch sind. Natürliche Personen lassen sich am besten durch biometrische Merkmale sowie prägnante Eigenschaften erkennen und beschreiben. Sind die Gesichter zu erkennen, kann auf eine Gesichtsverifizierung zurückgegriffen werden. Ansonsten müssen andere biometrische Merkmale, wie z.B. die Armlänge, vermessen werden. Die Schwierigkeit hierbei ist, dass Opfer und Täter immer aus der gleichen Perspektive und im gleichen Bildverhältnis abgebildet sein müssen, um zu gleichen Ergebnissen bei der Vermessung zu führen. Nur dann kann ein Vergleich mit anderen Bildern erfolgversprechend stattfinden. Zudem sind andere menschliche Eigenschaften wie Behaarung oder Körperschmuck in Form von Piercings und Tattoos leicht zu verändern, was einen Vergleich zusätzlich erschwert. Die Idee der Hypothesengenerierung kann auch in Bezug auf die biometrischen und sonstigen Merkmale verwendet werden, um diese zusätzlich in Beziehung zu setzen, so wie es bereits beim Tatort definiert wurde. Der zweite Ansatz der zeitabhängigen Bewegungsabläufe funktioniert lückenlos bei Videomaterial, das in seine Einzelbilder zerlegt wurde. Einzelne Bilder können wiederum nicht zwingend alle Bewegungssequenzen enthalten, sodass eine Bilderserie nur erschwert festgestellt werden kann und zusätzlich andere Methoden zur Verifizierung benötigt werden. Die KI der HSMW ist nicht ausreichend trainiert, um Einzelheiten an Personen zu erkennen. Hier wird maximal das Geschlecht, die Farbe der Kleidung, die Haarfarbe und die Position im Bild erkannt. Kleinere biometrische Details wie Narben oder Muttermale fehlen gänzlich. Werden diese erkannt und in natürliche Sprache übersetzt, kann die gleiche Methode wie beim Tatort Anwendung finden, sodass auch zwischen den Opfer- und Täterabbildungen Zusammenhänge detektiert werden können.

Das Konzept beschäftigt sich mit der theoretischen Betrachtung der semantischen Analyse von kinderpornografischen Inhalten. Beim Tatort konnte mittels eines 3D Planungsprogramms ein Beispielszenario exemplarisch erstellt und in den Algorithmus gegeben werden, um erste Ergebnisse bewerten zu können. Außerdem konnten die so generierten Ergebnisse um Hypothesen ergänzt werden, um die Gesamtsituation darzustellen. Die semantische Analyse des Opfers und des Täters basiert rein auf Theorie, um im rechtlichen Rahmen zu bleiben. Deswegen muss im nächsten Schritt geprüft werden, inwieweit das vorgestellte Gesamtkonzept in der Praxis bei echter Kinderpornografie funktioniert und zur Verbesserung des Ermittlungsprozesses beisteuert.

Insgesamt lassen sich die einzelnen Komponenten für die semantische Analyse in einem teilautomatisierten Prozess vereinen. Der Prozess beginnt bei der ZAC NRW und ihrer KI Aira, um den vorliegenden Datenbestand auf kinderpornografische Inhalte zu überprüfen und das relevante Bildmaterial zu extrahieren. Dieses muss folgend zur Objektdetektion und Generierung der Textentsprechungen in die KI der HSMW gegeben werden. Anschließend werden die biometrischen Merkmale vermessen und die Hypothesen aufgestellt. Zu guter Letzt werden die daraus gewonnenen weiteren Texte in den Algorithmus gegeben, um die Bilder auf Übereinstimmungen und Unterschiede zu untersuchen. Die jeweiligen Ergebnisse werden weiterhin manuell von Sachbearbeitern analysiert und bewertet, weswegen auch von einem teilautomatisierten Prozess die Rede ist. Bisher wurde lediglich der Besitz kinderpornografischer Inhalte des §184b StGB beleuchtet und muss auf Verbreitung, Herstellung und sich oder einer anderen Person Verschaffen erweitert werden. So leicht sich der teilautomatisierte Prozess liest, bringt er jedoch einige offene Punkte mit sich. Da die Einzelkomponenten

aktuell in der Hoheit unterschiedlicher Institutionen liegen, muss zuvor die Zuständigkeit für die einzelnen Schritte und die Übertragung der Teilergebnisse, die Grundlage für nachfolgende Prozessschritte bilden, geklärt und rechtlich bewertet werden. Kinderpornografisches Material darf nicht ohne weiteres von der ZAC NRW an die HSMW übertragen werden, um Gebrauch von der KI zur Objektdetektion zu machen. Auch obliegt die Ergebnisanalyse einer Justizbehörde und muss dementsprechend im Prozess berücksichtigt werden.

KI und Algorithmen an sich stellen kein rechtliches Problem dar, wenn sie als unterstützendes Werkzeug verwendet werden, sowie es in dieser Forschungsarbeit im Fokus ist. Sobald eine Entscheidung durch die Technik getroffen und dafür keine natürliche Person mehr herangezogen wird, kann ein Werkzeug in die Rechtswidrigkeit fallen. Bereits heute sind Faktoren wie Nachvollziehbarkeit und Transparenz hinsichtlich des Ergebnisses und des Lösungswegs essentiell wichtig. Zwar kann die Entscheidung durch eine natürliche Person erläutert werden, aber ob die Funktionsweise des Werkzeugs, die letztendlich die Entscheidungsgrundlage bildet, im Detail bekannt ist und auch verständlich vermittelt werden kann, ist fraglich. Bei dem Algorithmus zur semantischen Analyse kann eine solche Transferleistung bei der Einführung erbracht werden. Bei den beiden KIs, die sich permanent optimieren, ist dies schwieriger, auch wenn der Fehleranteil und das Ergebnis nach jeder Gewichtung durch ein Neuron manuell berechnet werden kann. Es kann keine detaillierte Auskunft darüber gegeben werden, wie die KI von den Beispieldaten zu der Verallgemeinerung schließt. Vor allem ist auch unbestimmt, inwieweit ein solches Wissen durch die Justiz, die primär als Anwender für die einzelnen Komponenten in Frage kommt, getragen werden kann.

Ähnliche Aspekte müssen hinsichtlich der zukünftigen KI-Verordnung berücksichtigt werden, da diese ebenfalls das Hauptaugenmerk auf Transparenz und Klarheit legt. Dies bezieht sich zum einen auf den Entwicklungsprozess mit seinen Zwischenergebnissen und zum anderen auf das Gesamtergebnis einer KI. Auch, ob die Trainingsdaten die geforderte Repräsentativität und Vollständigkeit aufweisen können, ist zweifelhaft. Da KIs wie Aira nur mit bereits vorhandenem, aus Fällen resultierendem Datenmaterial trainiert werden können, ist eine Vollständigkeit bezüglich äußerer Merkmale nur schwer abzudecken, da dies bedeutet, dass jede Ethnie und jedes optische Merkmal eines Kindes bereits Gegenstand eines kinderpornografischen Inhalts bei einer bestimmten Behörde sein muss. Da das Konzept zur semantischen Analyse in Hinblick auf das Opfer und den Täter auf biometrische Merkmale zugreift, muss dieser Teilaspekt nochmals rechtlich bewertet werden, auch wenn in der KI-Verordnung von Gesichtserkennung die Sprache ist und nicht von der Gesichtsverifizierung, die im Konzept Anwendung findet. Darüber hinaus sieht die KI-Verordnung einige Sonderbestimmungen für Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden vor, durch die evtl. einige der hier aufgeführten Schwierigkeiten bereits legitimiert werden können.

Auch wenn Ermittlungs- und Strafverfolgungsbehörden bereits im Besitz von effektiven KI-Lösungen sind, ist es nur noch eine Frage der Zeit bis KI-Technologien vermehrt im Zugang und Einsatz von Kriminellen und Straftätern sein werden. Bereits der Physiker Stephan Hawking wusste: "KI wird entweder das Beste sein, was der Menschheit jemals widerfahren ist – oder das Schlimmste"[62].

# Literaturverzeichnis

- [1] A. Dekker, T. Koops und P. Briken, *Sexualisierte Grenzverletzungen und Gewalt mittels digitaler Medien, Zur Bedeutung digitaler Medien für Phänomene sexualisierter Grenzverletzungen und Gewalt gegen Kinder und Jugendliche*. Arbeitsstab des Unabhängigen Beauftragten für Fragen des sexuellen Kindesmissbrauchs, 2016. Adresse: <https://www.cora-baden.de/doc/expertise.pdf> (besucht am 23.07.2023).
- [2] T. Laude, C. Reinhardt und C. Bomer, *Einsatz von künstlicher Intelligenz, Data Science und Big Data: Anwendungsbeispiele zur Bewältigung von Massendaten in der niedersächsischen Polizei, Handbuch Polizeimanagement: Polizeipolitik – Polizeiwissenschaft – Polizeipraxis*, D. Wehe und H. Siller, Hrsg. INFORMATIK 2022: Springer Gabler, Wiesbaden, 2022, ISBN: 978-3-658-34394-1. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1\\_88-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1_88-1) (besucht am 23.07.2023).
- [3] F. Tenzer, *Volumen der jährlich generierten/replizierten digitalen Datenmenge weltweit von 2010 bis 2022 und Prognose bis 2027, (in Zettabyte)*. Statista, 2023. Adresse: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/267974/umfrage/prognose-zum-weltweit-generierten-datenvolumen> (besucht am 05.08.2023).
- [4] S. Wittmer und F. Platzer, *Zulässigkeit von Open Source-Ermittlungen zur Strafverfolgung im Darknet*, D. Demmler, D.Krupka und H. Federrath, Hrsg. Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2022, S. 569–587, ISBN: 978-3-88579-720-3. Adresse: [https://doi.org/10.18420/inf2022\\_47](https://doi.org/10.18420/inf2022_47) (besucht am 23.07.2023).
- [5] F. Tenzer, *Smartphone-Besitz bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland 2021*. Statista, 2022. Adresse: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1106/umfrage/handybesitz-bei-jugendlichen-nach-altersgruppen> (besucht am 27.07.2023).
- [6] E. Huber, *Kinderpornografie im Internet, Cybercrime - Eine Einführung*. Springer VS, Wiesbaden, 2019, S. 135–148, ISBN: 978-3-658-26150-4. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-26150-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-26150-4_9) (besucht am 28.07.2023).
- [7] *Durchsuchungen bei Christoph Metzelder*. Spiegel, 2019. Adresse: <https://www.spiegel.de/panorama/justiz/christoph-metzelder-die-vorwerfe-die-ermittlungen-die-reaktionen-a-1285217.html> (besucht am 07.08.2023).
- [8] *Kinderpornografie: Die Straftat*. Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023. Adresse: <https://polizei.nrw/artikel/kinderpornografie-die-straftat> (besucht am 28.07.2023).
- [9] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2012*. Bundeskriminalamt, 2014. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2012/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=52400> (besucht am 28.07.2023).
- [10] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2013*. Bundeskriminalamt, 2014. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2013/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=52384> (besucht am 28.07.2023).

- [11] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2014*. Bundeskriminalamt, 2015. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2014/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=28238> (besucht am 28.07.2023).
- [12] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2015*. Bundeskriminalamt, 2016. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2015/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=51356> (besucht am 28.07.2023).
- [13] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2016*. Bundeskriminalamt, 2017. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2016/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=65720> (besucht am 28.07.2023).
- [14] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2017*. Bundeskriminalamt, 2018. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2017/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=96600> (besucht am 28.07.2023).
- [15] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2018*. Bundeskriminalamt, 2019. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2018/Standardtabellen/standardtabellenFaelle.html?nn=108686> (besucht am 28.07.2023).
- [16] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2019, Version 1*. Bundeskriminalamt, 2020. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2019/PKSTabellen/BundFalltabellen/bundfalltabellen.html?nn=131006> (besucht am 28.07.2023).
- [17] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2020, Version 1*. Bundeskriminalamt, 2021. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2020/PKSTabellen/BundFalltabellen/bundfalltabellen.html?nn=145506> (besucht am 28.07.2023).
- [18] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2021, Version 1*. Bundeskriminalamt, 2022. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2021/PKSTabellen/BundFalltabellen/bundfalltabellen.html?nn=194208> (besucht am 28.07.2023).
- [19] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2022, Version 1*. Bundeskriminalamt, 2023. Adresse: <https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2022/PKSTabellen/BundFalltabellen/bundfalltabellen.html?nn=211724> (besucht am 28.07.2023).
- [20] D. Kunze, *Basiskompetenzen im Bereich Cybercrime und digitale Spuren, Digitale Polizeiarbeit - Herausforderungen und Chancen*, T.-G. Rüdiger und P. S. Bayerl, Hrsg. Springer VS, Wiesbaden, 2017, S. 161–181, ISBN: 978-3-658-19756-8. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-19756-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19756-8_9) (besucht am 28.07.2023).
- [21] *Änderung §184b StGB vom 27.01.2015, gemäß Artikel 1 G. v. 21.01.2015 BGBl. I S. 10*. Adresse: <https://www.buzer.de/gesetz/6165/al46722-0.htm> (besucht am 28.07.2023).



- [22] *Polizeiliche Kriminalstatistik - 2016, PKS 2016 - Straftatenkatalog(4-stellig) - Historie bis 2016*. Bundeskriminalamt, 2017. Adresse: [https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2016/pks2016\\_node.html](https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2016/pks2016_node.html) (besucht am 28.07.2023).
- [23] *Bundeslagebild Cybercrime 2021*. Bundeskriminalamt, 2022. Adresse: <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/Cybercrime/cybercrimeBundeslagebild2021.html?nn=28110> (besucht am 28.07.2023).
- [24] J. Bronwlee, *A Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning, in Deep Learning for Computer Vision*. Machine Learning Mastery, 2019. Adresse: <https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/> (besucht am 28.07.2023).
- [25] A. Karpathy und L. Fei-Fei, *Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions*. Department of Computer Science, Stanford University, 2015. Adresse: <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/cvpr2015.pdf> (besucht am 28.07.2023).
- [26] J. Johnson, A. Karpathy und L. Fei-Fei, *DenseCap: Fully Convolutional Localization Networks for Dense Captioning, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2016. Adresse: <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/densecap/> (besucht am 28.07.2023).
- [27] B. Robotka, *Algorithmus zur Vernetzung semantischer Inhalte in Bilderserien, Version 1, Hochschule Mittweida - University of Applied Sciences*. [unveröffentlicht], 2022.
- [28] A. F. Gad, *Measuring Text Similarity Using the Levenshtein Distance*. Paperspace by DigitalOcean, 2020. Adresse: <https://blog.paperspace.com/measuring-text-similarity-using-levenshtein-distance/> (besucht am 28.07.2023).
- [29] L. Oeffner, *Klck – Künstliche Intelligenz contra Kindesmissbrauch, Die Kriminalpolizei - Zeitschrift der Gewerkschaft der Polizei*. 2023. Adresse: <https://www.kriminalpolizei.de/ausgaben/2023/detailansicht-2023/artikel/kick-kuenstliche-intelligenz-contra-kindesmissbrauch.html> (besucht am 28.07.2023).
- [30] L. Badenwürttemberg, Hrsg., *Cybercrime und Digitale Spuren, Jahresbericht 2016*. Eberhard Karls Universität Tübingen, S. 20. Adresse: [https://ub01.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/80712/Cybercrime\\_Digitale\\_Spuren\\_2016.pdf](https://ub01.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/80712/Cybercrime_Digitale_Spuren_2016.pdf) (besucht am 28.07.2023).
- [31] D. Pawlaszczyk, *Digitaler Tatort, Sicherung und Verfolgung digitaler Spuren, Forensik in der digitalen Welt - Moderne Methoden der forensischen Fallarbeit in der digitalen und digitalisierten realen Welt*, D. Labudde und M. Spranger, Hrsg. Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2017, S. 126, ISBN: 978-3-662-53800-5.
- [32] L. Mollet, J. Klopp und T. Walther, *Cyberkriminalität: Bekämpfung von Kinderpornografie, Neue technische Möglichkeiten sollen polizeiliche Ermittlungen erleichtern*. Datenschutz Datensicherheit DuD 37, 2012, S. 38. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s11623-013-0009-1> (besucht am 28.07.2023).

- [33] J. Engelmann und M. Puntschuh, *KI im Behördeneinsatz: Erfahrungen und Empfehlungen*. Kompetenzzentrum Öffentliche IT, Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, Hrsg., 2020, ISBN: 978-3-948582-04-3. Adresse: [https://www.researchgate.net/profile/Michael-Puntschuh/publication/357992390\\_KI\\_im\\_Behordeneinsatz\\_Erfahrungen\\_und\\_Empfehlungen/links/61ea74d08d338833e3845a1e/KI-im-Behoerdeneinsatz-Erfahrungen-und-Empfehlungen.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Michael-Puntschuh/publication/357992390_KI_im_Behordeneinsatz_Erfahrungen_und_Empfehlungen/links/61ea74d08d338833e3845a1e/KI-im-Behoerdeneinsatz-Erfahrungen-und-Empfehlungen.pdf) (besucht am 28.07.2023).
- [34] L. Staffler und O. Jany, *Künstliche Intelligenz und Strafrechtspflege – eine Orientierung*. ZIS:164-177: Zeitschrift für Internationale Strafrechtsdogmatik, 2020. Adresse: [https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/186973/1/Staffler\\_Jany\\_ZIS\\_4\\_2020\\_164.pdf](https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/186973/1/Staffler_Jany_ZIS_4_2020_164.pdf) (besucht am 28.07.2023).
- [35] C. Gussmann, *Interview, am Standort der Zentral- und Ansprechstelle Cybercrime Nordrhein-Westfalen in Köln*. 26.04.2023.
- [36] O. Stock, *Datafizierung, Cloudifizierung, Virtualisierung und KI: das polizeiliche Auftragsverständnis zur Verteidigung der Freiheit im digitalen Zeitalter, Handbuch Polizeimanagement: Polizeipolitik – Polizeiwissenschaft – Polizeipraxis*, D. Wehe und H. Siller, Hrsg. Springer Gabler, Wiesbaden, 2022, ISBN: 978-3-658-34394-1. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1\\_85-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1_85-1) (besucht am 28.07.2023).
- [37] M.-T. Tinnefeld, *Stopp-Schilder im Internet, Beunruhigende Fragen im Kampf gegen Kinderpornografie*. Datenschutz Datensicherheit DuD 34, 2010. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s11623-010-0005-7> (besucht am 28.07.2023).
- [38] M. Essner, *Die Bekämpfung von Missbrauchsabbildungen (Kinderpornografie) und sexuellem Missbrauch von Kindern am Beispiel des Einsatzes BAO Berg, Handbuch Polizeimanagement: Polizeipolitik – Polizeiwissenschaft – Polizeipraxis*, D. Wehe und H. Siller, Hrsg. Springer Gabler, Wiesbaden, 2022, ISBN: 978-3-658-34394-1. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1\\_59-1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34394-1_59-1) (besucht am 28.07.2023).
- [39] *Zahlen und Fakten zur Bekämpfung von Kinderpornografie, Klarstellung durch das Bundeskriminalamt*. Bundeskriminalamt, 2018. Adresse: [https://www.bka.de/DE/Presse/Listenseite\\_Pressemitteilungen/2018/Presse2018/180606\\_KinderpornografieKlarstellung.html;jsessionid=D19E7FB32F248BD2FF65DC9BD9E1BC54.live0601?nn=29858](https://www.bka.de/DE/Presse/Listenseite_Pressemitteilungen/2018/Presse2018/180606_KinderpornografieKlarstellung.html;jsessionid=D19E7FB32F248BD2FF65DC9BD9E1BC54.live0601?nn=29858) (besucht am 28.07.2023).
- [40] G. Wuttke, *Pornografie an Kindern, Die Folgen und Wirkungen von Kinderpornografie*. VS Verlag für Sozialwissenschaften Wiesbaden, 2002, ISBN: 978-3-322-97580-5. Adresse: <https://doi.org/10.1007/978-3-322-97580-5> (besucht am 28.07.2023).
- [41] S. Weiß, *Bachelorarbeit, zum Thema Kinderpornografie im Internet*. Studiengang Erziehungswissenschaften: Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 2011. Adresse: [http://www.gregory-grund.de/wp-content/uploads/2011/07/Sina\\_Wei%C3%9F\\_Bachelorarbeit\\_Kinderpornografie\\_im\\_Internet\\_SoSe2011\\_Version2.pdf](http://www.gregory-grund.de/wp-content/uploads/2011/07/Sina_Wei%C3%9F_Bachelorarbeit_Kinderpornografie_im_Internet_SoSe2011_Version2.pdf) (besucht am 28.07.2023).
- [42] A. Jorzig und F. Sarangi, *Künstliche Intelligenz und Robotik, Digitalisierung im Gesundheitswesen*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2020, ISBN: 978-3-662-58306-7. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58306-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58306-7_10) (besucht am 28.07.2023).
- [43] T. Fischer, *Strafgesetzbuch, mit Nebengesetzen*, 69. Auflage. C.H.BECK, 2021, ISBN: 978-3-406-77219-1.

- [44] D. Brockmeier, *Die Semantik von Bildern*. GRIN Verlag, München, 2008, ISBN: 9783640575527. Adresse: <https://www.grin.com/document/146549> (besucht am 31.07.2023).
- [45] H. Stöckl, *Die Sprache im Bild, das Bild in der Sprache: zur Verknüpfung von Sprache und Bild im massenmedialen Text: Konzepte, Theorien, Analysemethoden*. Walter de Gruyter, 2004, ISBN: 9783110180275. Adresse: <https://books.google.de/books?id=ewTo5Hq70IQC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=bildsemantik&source=bl&ots=NkrfMsMYPC&sig=ACfU3U2JtdcXrmmaoGUPsyrAs2kq2qSZZw&hl=de&sa=X&ved=2ahUKEwjdm802u73AhWJbsIHV3oCtcQ6AF6BAgFEAM#v=onepage&q=bildsemantik&f=false> (besucht am 31.07.2023).
- [46] H. D. Huber, *Bild und Methode: theoretische Hintergründe und methodische Verfahren der Bildwissenschaft*. Netzwerk Bildphilosophie, Hrsg.: Herbert von Halem Verlag, 2014, S. 413–428, ISBN: 9783869621272. Adresse: [https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/artdok/6027/1/Huber\\_Systemische\\_Bildanalyse\\_2014.pdf](https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/artdok/6027/1/Huber_Systemische_Bildanalyse_2014.pdf) (besucht am 31.07.2023).
- [47] R. Gabler, *Modellgesteuerte Hypothesengenerierung zur Ergebnisakkumulation bei der Bildanalyse, Mustererkennung 1985*, H. Niemann, Hrsg. Informatik Fachberichte, vol 107: Springer, Berlin, Heidelberg, 1985, S. 244–250, ISBN: 978-3-642-70638-7. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-70638-7\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-642-70638-7_48) (besucht am 31.07.2023).
- [48] W. Eichhorn, *Repräsentation und Nutzung Zeitlicher Bezüge in Semantischen Netzen, Mustererkennung 1986*, G. Hartmann, Hrsg. Informatik-Fachberichte, vol 125: Springer, Berlin, Heidelberg, 1986, S. 240–244, ISBN: 978-3-642-71387-3. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-71387-3\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-642-71387-3_43) (besucht am 31.07.2023).
- [49] S. Boll, P. Sandhaus, A. Scherp und S. Thieme, *Multimedia Information Retrieval aus der Perspektive eines Fotoalbums*. Datenbank-Spektrum, 2006. Adresse: <http://www.ansgarscherp.net/publications/pdf/J01-BollSandhausScherpThieme-MIRAusDerPerspektiveEinesFotoalbums.pdf> (besucht am 31.07.2023).
- [50] M. Karaboga, *Die Regulierung von Deepfakes auf EU-Ebene: Überblick eines Flickentepichs und Einordnung des Digital Services Act- und KI-Regulierungsvorschlags, Digitale Hate Speech*, S. Jaki und S. Steiger, Hrsg. 197–220: J.B. Metzler, Berlin, Heidelberg, 2023, ISBN: 978-3-662-65964-9. Adresse: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-65964-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65964-9_10) (besucht am 31.07.2023).
- [51] *Vertrauenswürdige Künstliche Intelligenz*. Bundesministerium der Justiz, 2023. Adresse: [https://www.bmj.de/DE/themen/digitales/digitale\\_wirtschaft\\_gesellschaft/kuenstliche\\_intelligenz/kuenstliche\\_intelligenz\\_artikel.html](https://www.bmj.de/DE/themen/digitales/digitale_wirtschaft_gesellschaft/kuenstliche_intelligenz/kuenstliche_intelligenz_artikel.html) (besucht am 31.07.2023).
- [52] C. Zentner, *KI-Verordnung: Verlässliche Rahmenbedingungen nötig*, heute im Bundestag (hib), Hrsg. Deutscher Bundestag, 2023. Adresse: <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-940912> (besucht am 31.07.2023).
- [53] L. Wagner, *Ethischer Umgang mit der Technik, Wie KI in Zukunft reguliert werden soll*. ZDF, 2023. Adresse: <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/ki-regeln-gesetz-ai-act-eu-ethik-experten-100.html> (besucht am 31.07.2023).

- [54] *Künstliche Intelligenz – Exzellenz und Vertrauen*. Europäische Kommission. Adresse: <https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/excellence-and-trust-artificial-intelligence-de#eu-and-ai> (besucht am 31.07.2023).
- [55] *KI-Gesetz: Ein Schritt näher an ersten Regeln für künstliche Intelligenz*. Europäisches Parlament, 2023. Adresse: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20230505IPR84904/ki-gesetz-ein-schritt-naher-an-ersten-regeln-fur-kunstliche-intelligenz> (besucht am 31.07.2023).
- [56] S. Straub, *Der neue Rechtsrahmen für Künstliche Intelligenz – Ein Überblick zur geplanten EU-Regulierung von KI*. Wolters Kluwer, 2022. Adresse: <https://www.wolterskluwer.com/de-de/expert-insights/der-neue-rechtsrahmen-fuer-kuenstliche-intelligenz> (besucht am 31.07.2023).
- [57] T. Dickert und S. Otte, *Einsatz von KI und algorithmischen Systemen in der Justiz*. Oberlandesgerichtshof Nürnberg, 2022. Adresse: <https://www.justiz.bayern.de/media/images/behoerden-und-gerichte/oberlandesgerichte/nuernberg/einsatz-von-ki-und-algorithmischen-systemen-in-der-justiz.pdf> (besucht am 31.07.2023).
- [58] *Palette Home, Version 5.4.136.4794-rel(32bit)*. Palette CAD AG, Stuttgart, 2023. Adresse: [https://palettehome.de/DE/home/03\\_wohnen/](https://palettehome.de/DE/home/03_wohnen/) (besucht am 31.07.2023).
- [59] M. Simmler und G. Canova, *Gesichtserkennungstechnologie: Die «smarte» Polizeiarbeit auf dem rechtlichen Prüfstand*. Sicherheit & Recht, 3/2021: Dike Verlag AG, Zürich/St. Gallen, 2021. Adresse: <https://www.alexandria.unisg.ch/server/api/core/bitstreams/3fa84a86-4fdb-4888-94e1-3350e64ec16e/content> (besucht am 31.07.2023).
- [60] M. Martini, *ALGORITHMIC POLICING, Chancen und regulative Herausforderungen*, K. Pfeffer, Hrsg. CUVILLIER Verlag, Göttingen, 2022, ISBN: 978-3-7369-6578-2. Adresse: <https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=icpkEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA65&dq=software+identifikation+kinderpornografie&ots=duDTs0or4&sig=WHrcDp4ocUVikmcFJ-SNH0xGR44#v=onepage&q&f=false> (besucht am 31.07.2023).
- [61] S. Banaschak, S. Ohlrogge, J. Froch-Cortis und F. Meyer, *Grundlagen der Begutachtung von kinderpornografischen Abbildungen in der Rechtsmedizin*. Rechtsmedizin 31, 2021, S. 463–473. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s00194-021-00503-7> (besucht am 31.07.2023).
- [62] O. Voss und L. Weigele, *Wie gefährlich ist künstliche Intelligenz?* Tagesspiegel, 2017. Adresse: <https://www.tagesspiegel.de/politik/killerroboter-und-co-wie-gefaehrlich-ist-kuenstliche-intelligenz/20602292.html> (besucht am 05.08.2023).

## Anhang A: Fallzahlen aus der PKS

<b>Jahr</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Mit TM Internet</b>	<b>Ohne TM Internet</b>	<b>% TM Internet zu Gesamt</b>
2012	5747	4090	1657	71,17
2013	6691	5102	1589	76,25
2014	6594	4863	1731	73,75
2015	6560	5020	1540	76,52
2016	5687	4029	1658	70,85
2017	6512	4308	2204	66,15
2018	7449	5199	1541	69,79
2019	12262	8008	4254	65,31
2020	18761	12516	6245	66,71
2021	39171	31383	7788	80,12
2022	42075	38499	3576	91,50

## **Anhang B: Gesamtergebnis des Vergleichs aller Ansichten aus dem Beispielszenario**



















## **Anhang C: Textentsprechungen des Beispielszenarios**

### **Ansicht vom Fenster aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
grauer Unterschrank neben beiger Wand  
Bild mit See an beiger Wand  
Bild mit Wolken an schwarzer Steinwand  
geschlossene weiße Tür an schwarzer Steinwand  
braune Holzeisenbahn vor schwarzer Steinwand  
braunes Holzschaukelpferd vor schwarzer Steinwand  
Pflanze in beigem Topf vor schwarzer Steinwand  
graue Lampe an beiger Wand  
weiße Regalwand neben beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
orange Figur in weißer Regalwand  
gelbe Koralle in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
lilanes Sofa vor weißer Tür  
graues Kissen auf lilanem Sofa

### **Ansicht vom Regal aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
weißes Fenster an beiger Wand  
weiße Jalousie vor weißem Fenster  
lilanes Sofa vor grauem Couchtisch  
graues Kissen auf lilanem Sofa  
graues Objekt auf lilanem Sofa  
Bild mit See an beiger Wand  
Bild mit Wolken an schwarzer Steinwand  
braune Holzeisenbahn neben schwarzer Steinwand  
schwarzer Fernseher an beiger Wand  
weiße Stehlampe vor beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
Bücher auf grauem Unterschrank  
grauer Couchtisch vor grauem Unterschrank  
gelbe Kerzen auf grauem Tablett  
graues Tablett auf grauem Couchtisch



### **Ansicht vom Fernseher aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
geschlossene weiße Tür an schwarzer Steinwand  
brauner Teddybär neben schwarzer Steinwand  
braunes Holzschaukelpferd neben schwarzer Steinwand  
Pflanze vor beiger Wand  
graue Lampe an beiger Wand  
weiße Regalwand vor beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
orange Figuren in weißer Regalwand  
gelbe Koralle in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Uhr in weißer Regalwand  
weiße Hühner in weißer Regalwand  
braune Kiste in weißer Regalwand  
Bild mit Flamingos an beiger Wand  
weiße Heizung an beiger Wand  
weißes Fenster an beiger Wand  
weiße Jalousie vor weißem Fenster  
lilanes Sofa vor weißer Regalwand  
graues Kissen auf lilanem Sofa  
graues Kissen auf lilanem Sofa

### **Ansicht von der Tür aus**

beige Wand  
beige Wand  
beige Wand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
weiße Regalwand neben beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
braune Kiste in weißer Regalwand  
weißes Huhn in weißer Regalwand  
Bild mit Flamingos an beiger Wand  
weiße Heizung an beiger Wand  
weißes Fenster an beiger Wand  
weiße Jalousie vor weißem Fenster  
weißes Fenster an beiger Wand  
weiße Jalousie vor weißem Fenster  
lilanes Sofa vor weißem Fenster  
graues Kissen auf lilanem Sofa  
graues Kissen auf lilanem Sofa  
schwarzer Fernseher an beiger Wand  
weiße Stehlampe neben beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
graues Objekt vor beiger Wand  
Bücher auf grauem Unterschrank  
grauer Couchtisch neben grauem Unterschrank  
gelbe Kerzen auf grauem Tablett  
graues Tablett auf grauem Couchtisch

## **Anhang D: Textentsprechungen des Referenzszenarios**

### **Ansicht vom Fenster aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
grauer Unterschrank neben beiger Wand  
Bild mit Sonnenuntergang an beiger Wand  
Bild mit Wolken an schwarzer Steinwand  
geschlossene weiße Tür an schwarzer Steinwand  
weißer Tisch vor schwarzer Steinwand  
blauer Stuhl neben weißem Tisch  
braunes Holzschaukelpferd vor schwarzer Steinwand  
Pflanze in beigem Topf vor schwarzer Steinwand  
graue Lampe an beiger Wand  
weiße Regalwand neben beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
orange Figuren in weißer Regalwand  
gelbe Koralle in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
blaues Sofa vor weißer Tür  
graues Kissen auf blauem Sofa

### **Ansicht vom Regal aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
weißes Fenster an beiger Wand  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blaues Sofa vor braunem Holzcouchtisch  
graues Kissen auf blauem Sofa  
graues Objekt auf blauem Sofa  
Bild mit Sonnenuntergang an beiger Wand  
Bild mit Wolken an schwarzer Steinwand  
schwarzer Fernseher an beiger Wand  
weiße Stehlampe vor beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
Bücher auf grauem Unterschrank  
brauner Holzcouchtisch vor grauem Unterschrank  
weißer Tisch vor schwarzer Steinwand  
blauer Stuhl hinter weißem Tisch

### **Ansicht vom Fernseher aus**

beige Wand  
beige Wand  
schwarze Steinwand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
geschlossene weiße Tür an schwarzer Steinwand  
brauner Teddybär neben schwarzer Steinwand  
braunes Holzschaukelpferd neben schwarzer Steinwand  
Pflanze in beigem Topf vor beiger Wand  
graue Lampe an beiger Wand  
weiße Regalwand vor beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
Bücher in weißer Regalwand  
orange Figuren in weißer Regalwand  
gelbe Koralle in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Kiste in weißer Regalwand  
weiße Uhr in weißer Regalwand  
weiße Hühner in weißer Regalwand  
braune Kiste in weißer Regalwand  
weiße Heizung an beiger Wand  
weißes Fenster an beiger Wand  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blaues Sofa vor weißer Regalwand  
graues Kissen auf blauem Sofa  
graues Kissen auf blauem Sofa

### **Ansicht von der Tür aus**

beige Wand  
beige Wand  
beige Wand  
brauner Holzboden  
weiße Decke  
weiße Regalwand neben beiger Wand  
Bücher in weißer Regalwand  
braune Kiste in weißer Regalwand  
weißes Huhn in weißer Regalwand  
weiße Heizung an beiger Wand  
weißes Fenster an beiger Wand  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
weißes Fenster an beiger Wand  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blauer Vorhang vor weißem Fenster  
blaues Sofa vor weißem Fenster  
graues Kissen auf blauem Sofa  
graues Kissen auf blauem Sofa  
schwarzer Fernseher an beiger Wand  
weiße Stehlampe neben beiger Wand  
grauer Unterschrank vor beiger Wand  
graues Objekt vor beiger Wand  
Bücher auf grauem Unterschrank  
brauner Holzcouchtisch neben grauem Unterschrank

## **Anhang E: Gesamtergebnis des Vergleichs der beiden Ansichten von der Tür aus**









## **Anhang F: Erweiterter Vergleich der beiden Ansichten von der Tür aus**

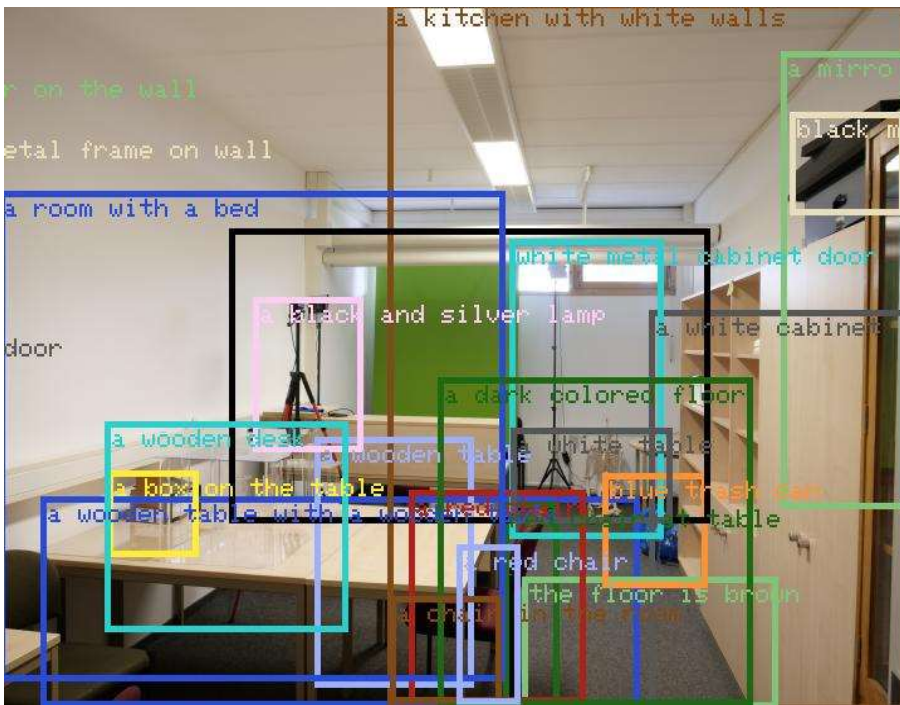






Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	beige Wand	Ansicht Tür	beige Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	brauner Holzboden	Ansicht Tür	brauner Holzboden	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weiße Decke	Ansicht Tür	weiße Decke	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weiße Regalwand neben beiger Wand	Ansicht Tür	weiße Regalwand neben beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	Bücher in weißer Regalwand	Ansicht Tür	Bücher in weißer Regalwand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	braune Kiste in weißer Regalwand	Ansicht Tür	braune Kiste in weißer Regalwand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weißes Huhn in weißer Regalwand	Ansicht Tür	weißes Huhn in weißer Regalwand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weiße Heizung an beiger Wand	Ansicht Tür	weiße Heizung an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	Ansicht Tür	weißes Fenster an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	schwarzer Fernseher an beiger Wand	Ansicht Tür	schwarzer Fernseher an beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	weiße Stehlampe neben beiger Wand	Ansicht Tür	weiße Stehlampe neben beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	grauer Unterschrank vor beiger Wand	Ansicht Tür	grauer Unterschrank vor beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	graues Objekt vor beiger Wand	Ansicht Tür	graues Objekt vor beiger Wand	100 Ü
Referenzbild Ansicht Tür	Bücher auf grauem Unterschrank	Ansicht Tür	Bücher auf grauem Unterschrank	100 Ü

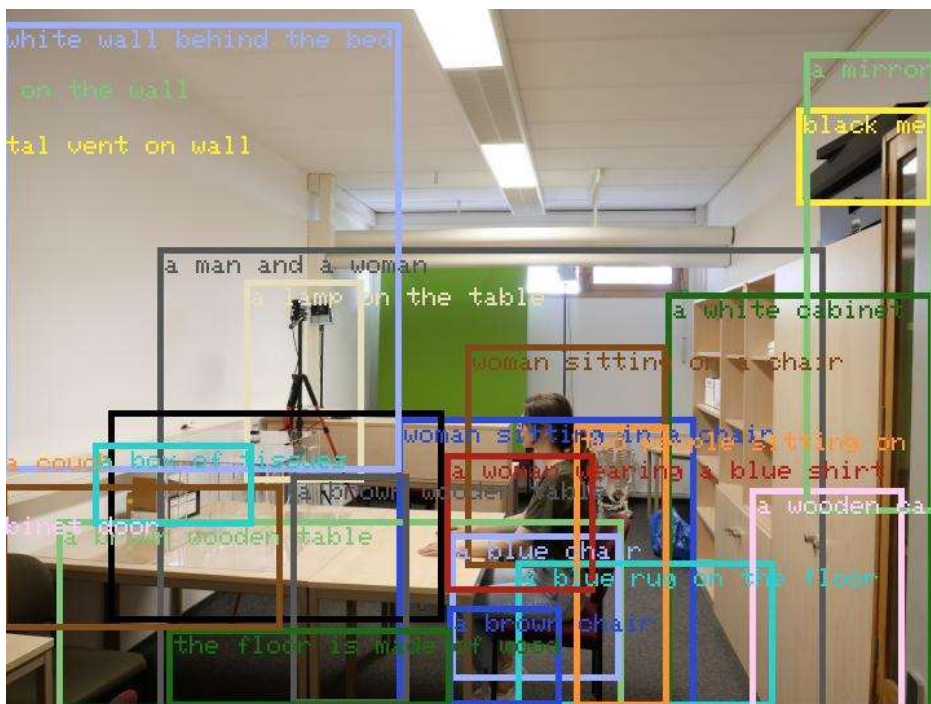
# **Anhang G: Original Detektion und Textentsprechungen - ohne Person**



- a wooden table with a wooden table
- a white cabinet door
- red chair at table
- a kitchen with white walls
- the floor is brown
- a wooden table
- white metal cabinet door
- blue trash can
- a box on the table
- black metal frame on wall
- a black and silver lamp
- a large window
- a red chair
- a room with a bed
- a white table
- a dark colored floor
- a chair in the room
- a mirror on the wall
- a red chair
- a wooden desk

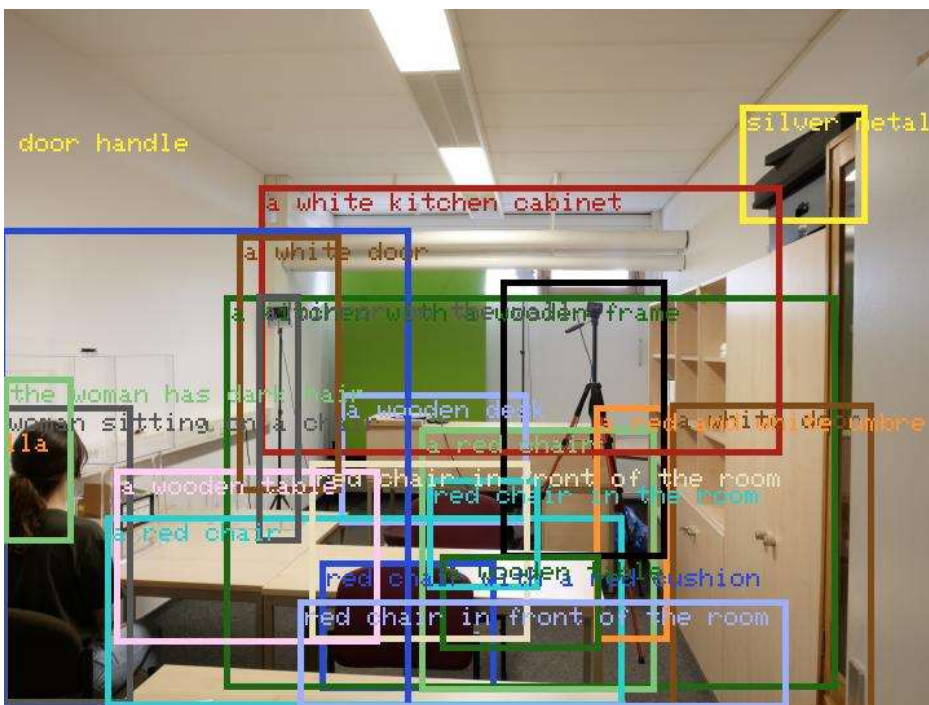
# **Anhang H: Original Detektion und Textentsprechungen - Person seitlich**





- woman sitting in a chair
- a man and a woman
- a white cabinet
- woman sitting on a chair
- a brown wooden table
- a blue chair
- a blue rug on the floor
- two people sitting on a couch
- black metal vent on wall
- a lamp on the table
- a wooden cabinet door
- a desk with a desk
- a woman wearing a blue shirt
- a brown chair
- a brown wooden table
- the floor is made of wood
- a wooden table
- a mirror on the wall
- white wall behind the bed
- a box of tissues

# **Anhang I: Original Detektion und Textentsprechungen - Person von hinten**



- red chair with a red cushion
- woman sitting on a chair
- a kitchen with a wooden frame
- a white door
- a red chair
- a wooden desk
- a red chair
- a red and white umbrella
- silver metal door handle
- red chair in front of the room
- a wooden table
- a black lamp
- a white kitchen cabinet
- a kitchen
- a mirror on the wall
- a wooden table
- a white door
- the woman has dark hair
- red chair in front of the room
- red chair in the room

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich – Bianca Robotka – an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

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

Sprockhövel, 08.08.2023

Ort, Datum

A solid black rectangular box used to redact the signature of Bianca Robotka.

Bianca Robotka