



**Ostfalia**  
Hochschule für angewandte  
Wissenschaften

---

Fakultät Informatik

# Qualitätssicherung beim Einsatz künstliche-Intelligenz-basierter Optical-Character-Recognition-Modelle auf mobilen Geräten unter variablen Umweltbedingungen

**Schulze, Louis**

Matrikel-Nr. 70472654

Bachelorarbeit bei Volkswagen im Studiengang Informatik im Praxisverbund

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

---

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Joachim Lehmann
2. Prüfer: Matthias Hoffert M.Sc.

## Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere, dass ich alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Aussagen als solche gekennzeichnet habe, und dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist.

Wolfsbrunn, 26.03.2024

Ort, Datum



Unterschrift

## **Kurzfassung**

Die Forschungsarbeit befasst sich mit der Verbesserung der Texterkennung eines Prototyps zum Scannen von Vehicle Identification Numbers (VIN) durch die Analyse von Einflussfaktoren auf die Texterkennungsqualität. Der zunehmende Einsatz von Optical Character Recognition (OCR) in mobilen Geräten hat neue Einsatzmöglichkeiten eröffnet, jedoch führen Fehler bei der Texterkennung zu ineffizienten Arbeitsabläufen. Das Ziel der Arbeit ist es, die Qualität der Texterkennung unter variablen Umweltbedingungen zu verbessern und effektive Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Dazu wurden im Rahmen der Arbeit alle einwirkenden Parameter aufgeführt und insbesondere die Rotation, Geräteausrichtung und Motion Blur analysiert und Lösungsansätze zur Korrektur der entstehenden Fehler entwickelt. Zudem wurde die Effektivität und Realisierbarkeit der Lösungsvorschläge bewertet und diskutiert.

## **Abstract**

The research work deals with the improvement of the text recognition of a prototype for scanning Vehicle Identification Numbers (VINs) by analyzing factors influencing the text recognition quality. The increasing adoption of Optical Character Recognition (OCR) in mobile devices has enabled new applications, but errors in text recognition lead to inefficient workflows. The aim of this work is to improve the quality of text recognition under variable environmental conditions and to develop effective countermeasures. For this purpose, all influencing parameters were listed and in particular rotation, device orientation and motion blur were analyzed and solutions for correcting the resulting errors were developed. In addition the effectiveness and feasibility of the proposed solutions were evaluated and discussed.

# Contents

<b>Kurzfassung</b>	<b>II</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	1
1.3 Struktur der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Thematische Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Einführung in die Optical Character Recognition . . . . .	3
2.2 Grundkonzept der Vehicle Identification Number . . . . .	5
2.3 Vorstellung des VIN-Scanners . . . . .	5
2.4 Modell Bildaufnahme . . . . .	6
2.5 Fourier Transformation und Point Spread Functions . . . . .	7
2.6 Richardson-Lucy-Algorithmus . . . . .	8
<b>3 Parameter zur Beeinflussung der Qualität von Optical Character Recognition</b>	<b>9</b>
3.1 Eigenschaften der Kamerakomponenten . . . . .	10
3.2 Intrinsische Kameraparameter . . . . .	11
3.2.1 Brennweite . . . . .	11
3.2.2 Radiale Verzeichnung . . . . .	12
3.2.3 Kamerahauptpunkt . . . . .	12
3.2.4 Pixelskalierung . . . . .	13
3.3 Extrinsische Parameter der Kamera . . . . .	14
3.3.1 Translation des optischen Zentrums . . . . .	14
3.3.2 Rotation der Kamera . . . . .	15
3.3.3 Bewegung der Kamera zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes (Motion Blur/Bewegungsunschärfe) . . . . .	17
3.3.4 Ausrichtung der optischen Achse zum Text . . . . .	18
<b>3.4 Störung des Texts im Weltkoordinatensystem</b> . . . . .	<b>21</b>
3.4.1 Unzureichende Beleuchtung durch fehlende oder schwache Lichtquellen . .	21
3.4.2 Reflexionen auf semi-transparenten Materialien . . . . .	23
3.4.3 Beeinträchtigung durch Überlagerung . . . . .	25
3.4.4 Brechung der Strahlen vom optischen Zentrum aus . . . . .	25
3.4.5 Eigenschaften des Texts . . . . .	26

---

<b>4</b>	<b>Empirische Untersuchungen auf dem ausgewählten Parametersatz</b>	<b>27</b>
4.1	Ausgangssituation . . . . .	27
4.1.1	Auswahl des Smartphone-Modells für die Bildaufnahme . . . . .	27
4.1.2	Auswahl der Modelle zur Texterkennung . . . . .	28
4.1.3	Definition des zu scannenden Textes und einer kontrollierten Umgebung . . . . .	30
4.1.4	Entwicklung einer Metrik zum Vergleich der Texterkennungsresultate . . . . .	31
4.2	Rotation der Kamera . . . . .	33
4.2.1	Versuchsaufbau . . . . .	36
4.2.2	Ergebnisse aus dem Versuch . . . . .	38
4.2.3	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	41
4.3	Ausrichtung der optischen Achse im Bezug auf den Text . . . . .	42
4.3.1	Versuchsaufbau . . . . .	44
4.3.2	Ergebnisse aus dem Versuch . . . . .	47
4.3.3	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	51
4.4	Motion Blur . . . . .	52
4.4.1	Versuchsaufbau . . . . .	54
4.4.2	Ergebnisse aus dem Versuch . . . . .	56
4.4.3	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	58
<b>5</b>	<b>Lösungsansätze/Implementation</b>	<b>60</b>
5.1	Korrektur der Rotation . . . . .	60
5.1.1	Ergebnisse der Korrektur der Rotation mit automatisierter Erkennung der Leserichtung . . . . .	62
5.2	Korrektur der perspektivischen Verzerrung unter Veränderung der Ausrichtung . . . . .	65
5.3	Korrektur der Bewegungsunschärfe . . . . .	68
5.3.1	Ergebnisse der Texterkennung mit korrigierten Ausgangsbilder . . . . .	71
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>74</b>
6.1	Korrektur der Rotation anhand der Leserichtung . . . . .	74
6.2	Korrektur von Bewegungsunschärfe durch den Lucy-Richardson-Algorithmus . . . . .	74
6.3	Empfehlung einer Kombination der Lösungsvorschläge . . . . .	76
<b>7</b>	<b>Ausblick</b>	<b>77</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>78</b>
	<b>Appendix</b>	<b>81</b>

## Abkürzungsverzeichnis

- KI ... Künstliche Intelligenz
- FIN ... Fahrzeug-Identifikationsnummer  
VIN ... Vehicle Identification Number
- OCR ... Optical Character Recognition
- STR ... Scene Text Recognition
- PSF ... Point Spread Function

## 1. Einleitung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Motivation und Zielsetzung der Forschungsarbeit. Weiterhin wird die Struktur der Arbeit vorgestellt.

### 1.1. Motivation

Die zunehmende Verbreitung von künstlicher Intelligenz (KI) und die Integration von Optical Character Recognition (OCR) in mobilen Geräten haben neue Möglichkeiten für die Einsatzgebiete von Texterkennungssoftware eröffnet. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des Praxisprojekts ein Prototyp für die automatische Erkennung von Vehicle Identification Numbers (VIN) entwickelt. Dieser VIN-Scanner zielt darauf ab, den manuellen Prozess des Ablesens und Eintragens der VIN von Fahrzeugen in Werkstätten zu ersetzen und so die Effizienz zu steigern.

Jedoch haben Untersuchungen gezeigt, dass selbst unter optimalen Bedingungen, wie ausreichendem Licht und hoher Auflösung, Fehler bei der Texterkennung auftreten können. Diese Fehler können zu Verwechslungen von Zeichen führen, beispielsweise "WVW" statt "WWW", oder werden durch umgebende Zeichen verursacht. Die Qualität der Ergebnisse ist stark von der Kameraqualität des Geräts und den Umweltbedingungen abhängig. Eine hohe Genauigkeit der Texterkennung ist jedoch entscheidend für die Nutzererfahrung, da jeder Fehler manuell korrigiert werden muss und so zusätzlichen Zeitaufwand verursacht. Die Akzeptanz der Nutzer wird durch häufige Fehler beeinträchtigt, was im Extremfall zur Rückkehr zu konventionellen Lösungen führen kann.

### 1.2. Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, die Faktoren zu untersuchen, die die Qualität der Texterkennung am stärksten beeinflussen, und effektive Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Insbesondere werden die Auswirkungen von Umgebungsfaktoren und Kameraparameter auf die Texterkennungsqualität analysiert. Dabei werden auch bereits gegebenenfalls vorhandene Ansätze und Lösungen aus der Literatur zur Verbesserung der Texterkennung berücksichtigt.

Die Arbeit orientiert sich dabei an den Erkenntnissen aus verschiedenen Publikationen, die bereits spezifische Probleme in der Scene Text Recognition behandelt haben. Es wird erwartet, dass die Ergebnisse dieser Arbeit dazu beitragen, die Qualitätssicherung beim Einsatz von künstliche-Intelligenz-basierten OCR-Modellen auf mobilen Geräten unter variablen Umweltbedingungen zu verbessern und die Effizienz in dem Anwendungsszenario zu steigern.

### 1.3. Struktur der Arbeit

Im ersten Abschnitt werden die grundlegenden Konzepte und Anwendungen erläutert, die für das Verständnis der Arbeit notwendig sind. Daraufhin werden alle intrinsischen und extrinsischen Kameraparameter sowie die Umweltbedingungen, die Einfluss auf die Qualität der Texterkennung haben, gesammelt und der zu untersuchende Parametersatz festgelegt. In Kapitel 4 wird das Konzept für die Untersuchung aller Kriterien im Parametersatz entwickelt, die Versuche geplant und durchgeführt, und dessen Ergebnisse visualisiert und interpretiert. Daraufhin werden unterschiedliche Lösungsansätze für die Korrektur der durch die Parameter verursachten Effekte entwickelt und deren Effektivität untersucht. Im nachfolgenden Kapitel werden diese Lösungsansätze diskutiert und gegeneinander abgewogen im Hinblick auf ihre Wirksamkeit im Rahmen der realen Anwendung. Abschließend wird ein Ausblick darüber gegeben, in wie fern die Lösungsansätze gesamt den Prototypen verbessern und welche weiteren Möglichkeiten zur Weiterentwicklung und zukünftigen Analyse existieren.

## 2. Thematische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Konzepte und Anwendungen erläutert, die für das Verständnis der Arbeit im weiteren Verlauf von Bedeutung sind.

### 2.1. Einführung in die Optical Character Recognition

Die Technologie der Optical Character Recognition (kurz OCR) umfasst den Prozess, mit dem Schriftzeichen und Texte mit KI-Modellen erkannt werden[5].

Die Erkennung von Texten mittels OCR dient der Informationsextraktion[7]. So können aus digitalen oder gedruckten Dokumenten, Bildern oder anderen visuellen Medien Textinformationen gewonnen werden.

Beispielhafte Anwendungsszenarios sind die Extraktion von Informationen aus Straßenschildern und Richtungstafeln in der Außenumgebung[10], sowie die Unterstützung sehgeschädigter Personen[21, 9].

Unterschieden werden kann dabei die Anwendung von OCR auf gescannte Dokumente und dem Anwendungsbereich der Scene Text Recognition (kurz STR). Gescannte Dokumente erbringen dabei eine höhere Genauigkeit mit sich aufgrund des Fehlens eines Hintergrunds, der oftmals einfarbigen und klaren Schriftart und der klaren Struktur, mit den textuellen Informationen im Vordergrund. Dem gegenüber enthalten Bilder der STR oftmals einen komplexen Hintergrund, Text in diversen Farben, Ausrichtungen und Schriftarten oder auch Verzerrung durch die Perspektive, Kameraqualität und Beleuchtungssituation[7].

So erzielen OCR-Modelle auf gescannten Dokumenten in der Regel über 99% Genauigkeit[23].

Der OCR-Prozess besteht dabei aus mehreren Phasen die sequenziell ablaufen. Zuerst muss das zu erkennende Objekt in einem Bildformat digitalisiert werden. Dieses Ausgangsbild kann in der Phase des Pre-Processing manipuliert werden, zum Beispiel mit Hilfe einer Rauschentfernung oder Binarisierung. Im Segmentations-Schritt werden die Textbereiche und einzelnen Zeichen voneinander getrennt. Abschließend wird in der Feature-Extraction Phase die einzelnen Zeichen identifiziert, sodass am Ende der Text erkannt werden kann[19, 18]. Dabei ist die Effektivität aller Schritte ausschlaggebend für einen qualitatives Endergebnis. Abbildung 1 visualisiert diesen Prozess anhand eines Beispiels.

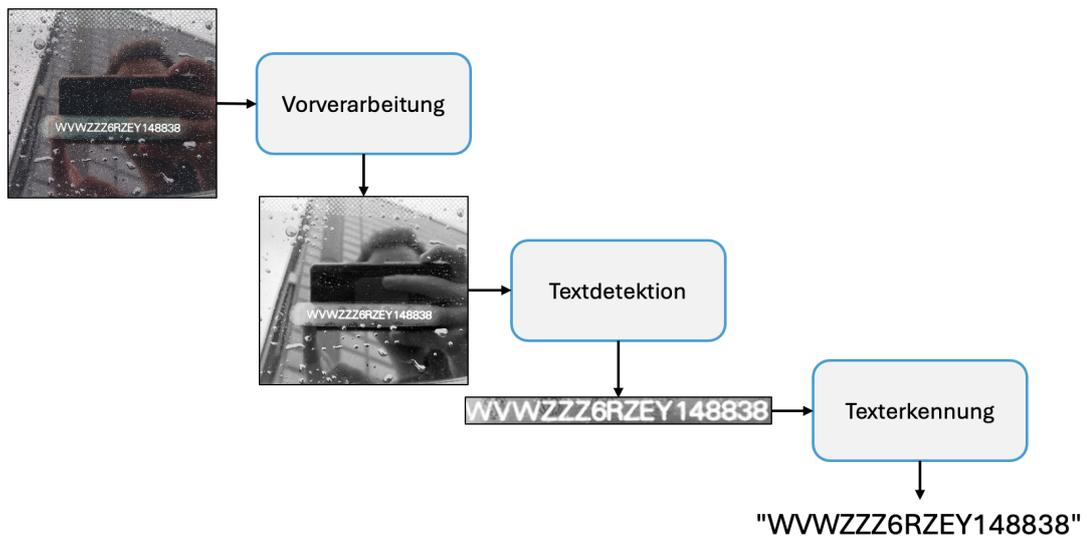


Abbildung 1.: Schematische Darstellung des Ablaufs eines OCR-Scans

Das Ziel der Textdetektion besteht darin, Textkomponenten präzise zu lokalisieren und sie in Textregionen zu identifizieren und gruppieren, bei denen so wenig Hintergrund wie möglich enthalten ist[25]. Die Textdetektion liefert präzise und kompakte Zuschnitte des Texts für die Texterkennung[7].

Für die Texterkennung müssen auf dem zugeschnittenen Text zuerst die Worte und nachfolgend in die einzelnen Zeichen segmentiert werden[20], damit diese in die Zielzeichenfolge übersetzt werden können[7].

In einer Analyse der OCR-Komponenten von Baek et al.[2] wurden Ursachen für fehlerhafte Texterkennung ermittelt. Diese umfassen unter anderem kalligrafische Schriftarten, vertikale Texte oder auch unübliche Schriftzeichen.

Auch der Praxiseinsatz ist abhängig vom Szenario nicht immer zufriedenstellend. Ein Beispiel sind "massive Metallkomponenten wie Motorenblöcke, Rohre oder Maschinenteile[, die] dauerhaft gekennzeichnet werden, wenn sie mit Schlagziffern oder Punktrasterziffern versehen werden. Diese sind aber schwer lesbar"[24].

Das Ziel ist es, die Kluft zwischen dem akademischen und praktischen Einsatz von OCR möglichst zu reduzieren durch den Fokus auf herausfordernde Datasets[7]. Ein Beispiel dafür ist das 2023 publizierte Union14M STR-Dataset[12], welches Texte in anspruchsvolle Gruppen wie gebogenem, vielseitig orientiertem oder kontextlosen Text einordnet.

## 2.2. Grundkonzept der Vehicle Identification Number

Die Vehicle Identification Number (kurz VIN) ist eine 17-stellige Zeichenkombination mit dem Ziel der eindeutigen Identifizierung von Fahrzeugen.

Dieses kann mit der VIN einem Hersteller und dem Produktionsstandort zugeordnet werden. Außerdem enthält die Zeichenfolge Informationen über das Modell, der Karosseriekategorie oder Fahrzeugteilen wie dem Motor. Zudem umfasst diese eine fortlaufende Nummer zur Unterscheidung gegenüber anderen Fahrzeugen des gleichen Modells.

Zwar ist die VIN an mehreren Positionen wie unter anderem im Kofferraum oder am Motorblock eingraviert, dennoch ist die zugänglichste Position hinter der Windschutzscheibe auf der Fahrerseite (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2.: Platzierung der VIN eines Fahrzeugs hinter der Windschutzscheibe

Der Aufbau der VIN ist dabei nach der ISO-3779 normiert[11]. Diese begrenzt die Auswahl der Zeichen auf alle lateinischen Großbuchstaben außer "I", "O" und "Q" und die Ziffern 0-9. Durch den Ausschluss der drei Zeichen wird die Verwechslungsgefahr mit den ähnlich aussehenden Ziffern "0" und "1" reduziert. Zudem wird die Länge auf 17 Zeichen festgesetzt, wobei die letzten vier Zeichen Numerale sein müssen. Daher bietet sich die VIN als fähige Basis für den OCR-Scan an, bei der die Qualität verschiedene Texterkennungsmodelle ermittelt und verglichen werden kann.

## 2.3. Vorstellung des VIN-Scanners

Die Anwendung von OCR für die automatisierte Erkennung von VINs kann die Prozesse der Mechaniker und Serviceberater in der Werkstatt erleichtern. Diese benötigen die VIN, um das Fahrzeug innerhalb der Werkstattsoftware zu betrachten und Aufträge zu eröffnen. Dafür muss

die 17-stellige Zeichenkette abgelesen und ggf. notiert oder abfotografiert werden, damit diese an dem Rechner in das System übertragen werden kann. Dieser Prozess kann mit Hilfe von Texterkennung auf mobilen Geräten verbessert und beschleunigt werden, da die VIN mit einer Kamera direkt am Auto gescannt und an die Werkstattsoftware weitergeleitet wird.

Im Rahmen des Praxisprojekts wurde dafür der Prototyp des "VIN-Scanners" implementiert, der zum Scannen von VINs auf unterschiedlichen Geräten zufriedenstellend verwendet werden kann. Dieser Prototyp basiert auf einer Client-Server Architektur, in der Nutzer im Browser die Kamera des Gerätes auswählt und ein Bild der VIN aufnimmt. Dieses wird dann vom Backend durch den Texterkennungsprozess geleitet, nach welchem dem Nutzer die erkannten Texte vorgestellt werden. Dieser kann sich im letzten Schritt für einen der erkannten Texte entscheiden und diesen auf manuell Fehler überprüfen und ggf. korrigieren. Dafür wird der erkannte Text anhand auf unzulässige Zeichen überprüft und falls naheliegend automatisch korrigiert. Da zum Beispiel der Buchstabe "I" nicht erlaubt ist, wird dieser automatisch auf die Zahl "1" korrigiert.

Die Texterkennung des VIN-Scanners wird deshalb zur Untersuchung der Qualität der Texterkennung eingesetzt.

### 2.4. Modell Bildaufnahme

Für die Beschreibung der Parameter beim Einsatz mobiler Geräte bedarf es eines Modells, welches die Abhängigkeit der Komponenten zueinander beschreibt. Tönnies entwickelte ein Kamera-Modell und definierte drei Koordinatensysteme, "durch die Projektionsfläche, Kamera und dreidimensionale Welt zueinander in Relation gesetzt werden"[22] (siehe Abbildung 3). Diese sind das zweidimensionale **Bildkoordinatensystem**, welches in diesem Beispiel mit  $K \in \mathbb{R}^2$  beschrieben wird. Ein Punkt  $P_K$  auf  $K$  wird als  $(x_K, y_K)$  dargestellt. In der Mitte dieses endlichen Bildkoordinatensystems liegt der Bildmittelpunkt  $p_K^0 = (x_K^{max}/2, y_K^{max}/2)$ . Das dreidimensionale **Kamerakoordinatensystem**  $C \in \mathbb{R}^3$  beschreibt die Relation von Orten der dreidimensionalen Welt zur Kamera. In diesem Koordinatensystem ist das optische Zentrum  $OZ$ . Zwei der Achsen sind dabei parallel zu den Achsen des Bildkoordinatensystems, während die dritte Achse als **optische Achse** den Bildmittelpunkt  $p_K^0$  durchkreuzt. Ein Punkt in diesem Koordinatensystem wird beschrieben durch  $(x_C, y_C, z_C)$ . Zuletzt existiert in diesem Modell ein dreidimensionales, objektbezogenes **Weltkoordinatensystem**  $W$  beschrieben durch  $(x_W, y_W, z_W)$ . Unbewegte Objekte sind konstant bezüglich dieses Koordinatensystems.

Die folgende Abbildung 3 veranschaulicht diese Relationen und einige der enthaltenen Parameter.

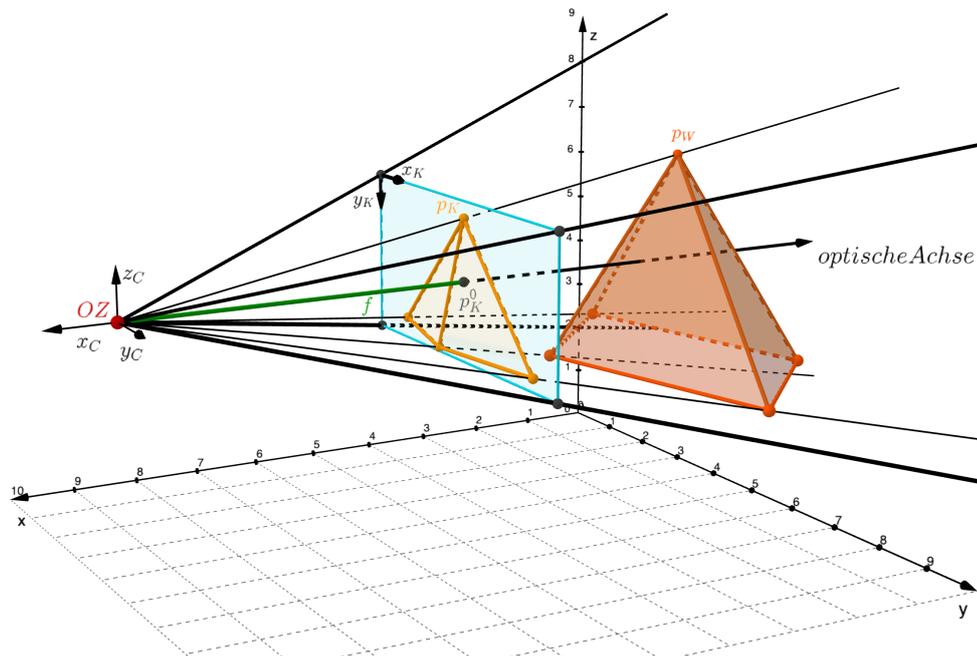


Abbildung 3.: Modell der Bildaufnahme nach Tönnies[22]

In der Abbildung wird beispielhaft die Bildaufnahme einer Pyramide dargestellt. Diese ist im Weltkoordinatensystem  $W$  platziert. Ein Punkt in  $W$  wird als  $p_W$  beschrieben, wie in der Abbildung 3 die Spitze der Pyramide.

Der Ursprung des Kamerakoordinatensystems ist das optische Zentrum der Linse und wird durch den Punkt  $OZ$  beschrieben. Das optische Zentrum kann auch durch die drei Koordinaten  $x_C$ ,  $y_C$ ,  $z_C$  beschrieben und verändert werden. Die Achse  $x_C$  verläuft senkrecht zur Ebene des lokalen Bildkoordinatensystems und stellt damit die optische Achse dar. Die Achsen  $y_C$  und  $z_C$  verlaufen parallel zum lokalen Bildkoordinatensystem.

Dessen Koordinaten werden durch  $x_K$  und  $y_K$  beschrieben. Der Bildmittelpunkt  $p_K^0$  befindet sich im Schnittpunkt der optischen Achse und der Bildebene. Ein Punkt auf der Bildebene kann durch den Punkt  $p_K$  dargestellt werden, wie in Abbildung 3 die Pyramidenspitze  $p_W$  auf der Bildebene  $p_K$ , welcher durch einen Strahl von dem optischen Zentrum aus die Bildebene schneidet. Die Strecke zwischen dem optischen Zentrum und dem Bildmittelpunkt  $p_K^0$  gibt die Brennweite  $f$  an.

## 2.5. Fourier Transformation und Point Spread Functions

"Die Basisfunktionen der Diskreten Fourier-Transformation (DFT) sind periodische Funktionen unterschiedlicher Frequenz"[22]. Das Ziel dieses mathematischen Verfahren ist es eine Funktion mit Hilfe der DFT in den Frequenzbereich zu zerlegen, damit dort ihre Eigenschaften analysiert

werden können. Point Spread Functions (PSFs) sind dabei Funktionen innerhalb des Frequenzspektrums, die in der Bildverarbeitung im Kontext von Unschärfe[13] oder Strukturerkennung[22] eingesetzt werden können, um diese Filter erzeugen oder um korrumpierte Bilder zu rekonstruieren.

## 2.6. Richardson-Lucy-Algorithmus

Der Richardson-Lucy-Algorithmus[15], [17] ist ein iterativer Algorithmus zur Bildentfaltung, der in der digitalen Bildverarbeitung und der Bildrekonstruktion eingesetzt wird.

Die Entfaltung erfolgt nicht blind, erfordert demzufolge Wissen über die Unschärfe für eine erfolgreiche Rekonstruktion[1].

### 3. Parameter zur Beeinflussung der Qualität von Optical Character Recognition

Es existieren eine Vielzahl an intrinsischen und extrinsischen Kameraparameter sowie Umweltbedingungen, die Einfluss auf die Qualität der Texterkennung haben.

Zur Visualisierung einiger Parameter wird das zuvor eingeführte Modell der Lochkamera nach Tönnies eingesetzt. Um den Einsatz beim Scannen eines Texts zu visualisieren, wird im Folgenden als Objekt im Weltkoordinatensystem  $W$  ein Text angedeutet, der auf der  $yz$ -Ebene befindetet und beispielhaft die Buchstaben "Ti" enthält (siehe Abbildung 4).

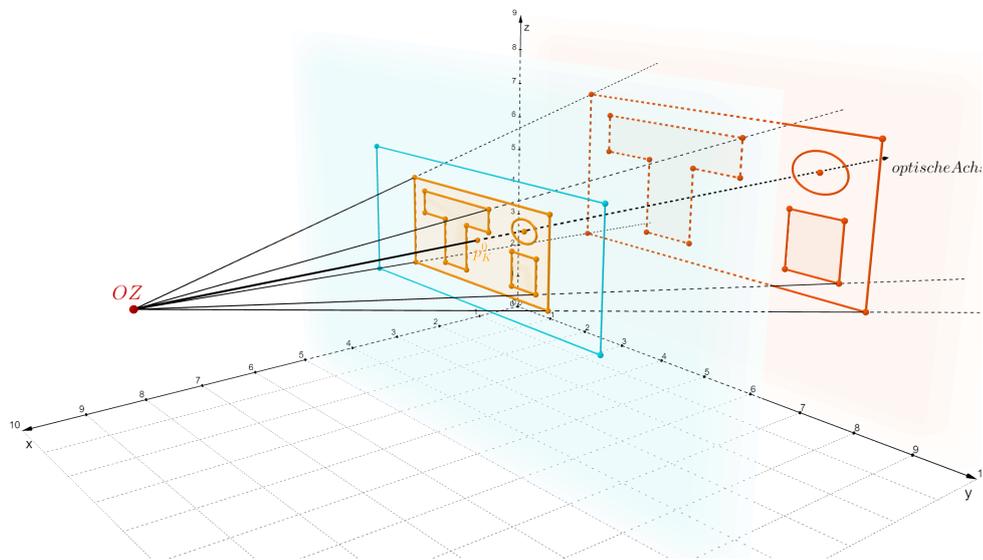


Abbildung 4.: Visualisierung der Kamera und des Bildes

Zudem wird der Effekt einiger Parameter an einem Echtweltbeispiel (siehe Abbildung 5) verdeutlicht.



Abbildung 5.: Gebäudeinformationstafel der Hochschule Ostfalia Braunschweig/Wolfenbüttel an der Fakultät Informatik

### 3.1. Eigenschaften der Kamerakomponenten

Die Kamera hat als bilderzeugende Komponente einen zentralen Einfluss auf die Qualität des OCR-Scans. In Smartphones, Tablets und Convertibles sind Kameras üblicherweise sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite positioniert. Smartphones verfügen oft über mehrere Kameras auf der Rückseite, darunter Teleobjektive für optischen Zoom ohne Qualitätsverlust und Weitwinkelobjektive für breitere Sichtfelder.

Dabei gibt es zahlreiche Parameter, die die Qualität des aufgenommenen Bildes beeinflussen. Dazu gehören unter anderem das **Objektiv** zur Bestimmung des Sichtfelds, die **Pixelanzahl**, der **ISO-Wert** und die in der Kamera verbauten **Sensoren**.

Diese Parameter sind in allen Geräten unterschiedlich, abhängig von dem Modell oder der Preisklasse. Diese Unterschiede beeinflussen die Qualität insbesondere in komplexeren Situationen wie bei hoher Distanz zum Objekt oder unzureichenden Lichtverhältnissen. In dieser Arbeit wird jedoch von Normalbedingungen ausgegangen, unter denen jede Kamera ein Bild in ausreichender Qualität für die Texterkennung erzeugt.

Da die OCR-Modelle die Bilder möglichst aller mobilen Geräte verarbeiten sollen, werden diese Parameter im Verlauf dieser Arbeit nicht genauer untersucht. Grundlegend wird eine ausreichende Pixelgröße und automatische Regelung des Lichteinfalls vorausgesetzt, damit das Bild scharf und zudem nicht über- oder unterbelichtet erscheint.

### 3.2. Intrinsische Kameraparameter

Die intrinsischen Kameraparameter bewirken die geometrische Kamerakalibrierung, mit der die dreidimensionale Weltkoordinaten aus  $W$  auf das Bildkoordinatensystem  $K$  abgebildet werden. Diese Parameter beschreiben die interne Geometrie und die optischen Eigenschaften.

#### 3.2.1. Brennweite

Die **Brennweite**  $f$  gibt die Entfernung zwischen dem optischen Zentrum und dem Hauptpunkt  $p_K^0$  in der Bildebene an (siehe Abbildung 6). Abhängig von der Brennweite ergibt sich, wie groß oder klein der Bildausschnitt in der Bildebene ist. Bei gleichbleibender Distanz zum Objekt können die Textzeichen bei einer Erhöhung der Brennweite größer, und bei einer Verringerung der Brennweite kleiner erscheinen. Im letzteren Fall verringert sich die Schärfe der für die Texterkennung relevanten Charakterzüge im Text.

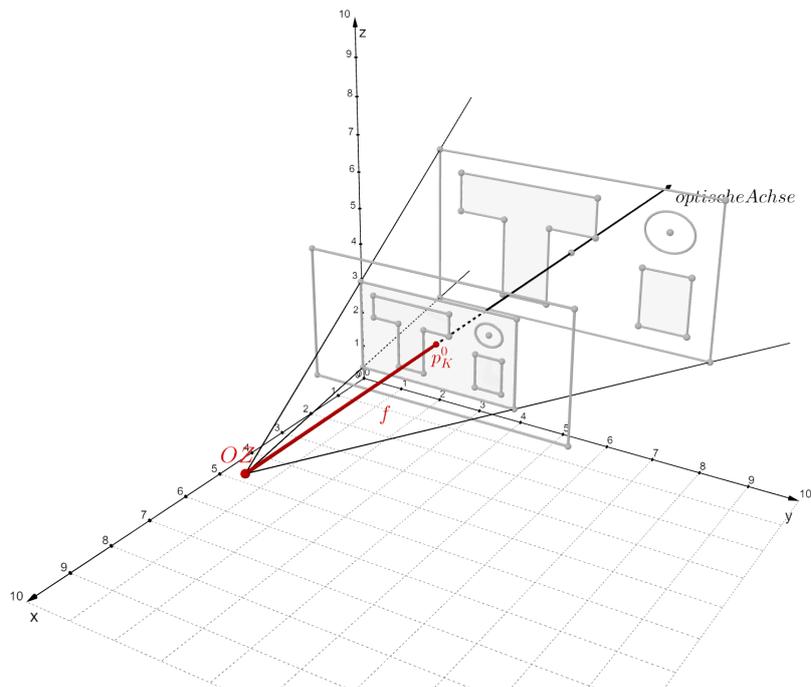


Abbildung 6.: Parameter der Brennweite im modellierten Aufbau

Grundsätzlich gilt bei allen Bildern, die für die Texterkennung vorgesehen sind, dass der Text im Zentrum des Bildes ist. Die Größe des Textes kann dabei beim Einsatz mobiler Kameras deutlich sinnvoller über den Aufnahmeabstand zum Text reguliert werden, als durch die Veränderung der Brennweite über ein anderes Objektiv. Aus diesen Gründen wird dieser Parameter nicht genauer untersucht.

### 3.2.2. Radiale Verzeichnung

Die Linse der Kamera erzeugt eine **radiale Verzeichnung**, die das Objekt kissenförmig (siehe Abbildung 7) oder tonnenförmig (siehe Abbildung 8) auf der Bildebene erscheinen lässt. Je nach Krümmung der Linse kann die radiale Verzeichnung die Bildqualität unterschiedlich stark beeinflussen. Je stärker die Krümmung der Linse, desto stärker die radiale Verzeichnung.



Abbildung 7.: Kissenförmige radiale Verzeichnung an der Gebäudeinformationstafel

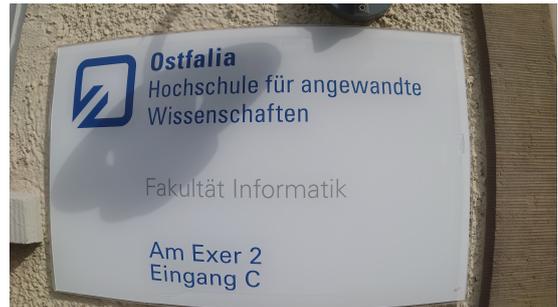


Abbildung 8.: Tonnenförmige radiale Verzeichnung an der Gebäudeinformationstafel

Die radiale Verzeichnung ist dabei bei Kameras in mobilen Geräten in den meisten Fällen nur marginal und hat besonders bei geringen Distanz zum Objekt kaum eine Auswirkung. Unter Umständen kann mit einem Weitwinkel-Objektiv die radiale Verzeichnung aber absichtlich herbeiführen. In dieser Arbeit wird angenommen, dass der zu scannende Text im Zentrum des Bildes und gegebenenfalls von ausreichend Hintergrund umgeben, so dass die radiale Verzeichnung sich möglichst wenig in den Features des Texts widerspiegelt.

Aus diesem Grund wird die radiale Verzeichnung nicht untersucht.

### 3.2.3. Kamerahauptpunkt

Der **Kamerahauptpunkt**  $p_K^0$  beschreibt den Punkt, an dem die optische Achse die Bildebene schneidet. Dieser ist in der Regel mittig auf dem lokalen Bildkoordinatensystem (siehe Abbildung 9). Wenn in diesem  $x_K$  einen Wert von  $1..M$  und  $y_K$  einen Wert von  $1..N$  annehmen kann, liegt der Punkt  $p_K^0$  unter optimalen Bedingungen bei  $p_K^0 = (x_K^M, y_K^M)$ , wobei  $x_K^M = \frac{M}{2}$  und  $y_K^M = \frac{N}{2}$  gilt.

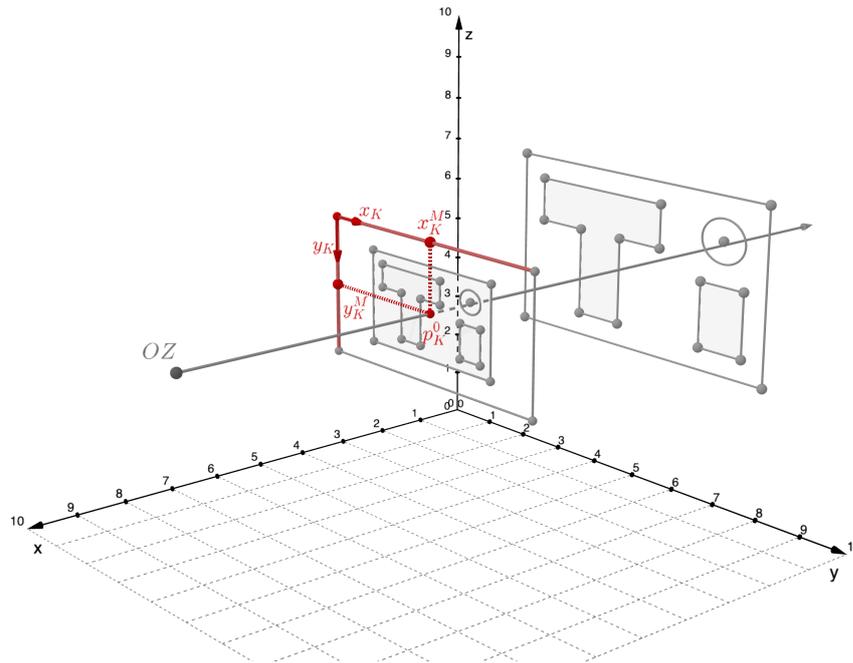


Abbildung 9.: Position des Kamerahauptpunktes im modellierten Aufbau

Der Kamerahauptpunkt bedingt dabei die korrekte Positionierung der Objekte im Bild an den erwarteten Positionen. Abweichungen von der optimalen Position verursachen eine Verzerrung der Objekte in der räumlichen Darstellung, da die optische Achse nicht mehr die ideale Richtung besitzt.

Dabei ist der Kamerahauptpunkt üblicherweise nicht manuell einstellbar, sondern wird von den Herstellern selbst kalibriert. Da dementsprechend eine Abweichung von der optimalen Position unüblich ist, wird dieser Parameter nicht weiter untersucht.

### 3.2.4. Pixelskalierung

Mit Informationen über die **Pixelskalierung** können Längenbeziehungen der realen Welt aus einem aufgenommenen Bild ermittelt werden. Die Pixelskalierung beschreibt dabei, wie groß die Länge eines einzelnen Pixels in der Bildebene ist. Dies ermöglicht beispielsweise die Messung von Abständen der Objekte im  $W$  anhand des Bildes.

Wie bereits der Kamerahauptpunkt ist die Pixelskalierung nicht variabel, sondern wird im Kalibrierungsprozess ermittelt. Dementsprechend wird dieser Parameter in diesem Rahmen nicht genauer untersucht.

### 3.3. Extrinsische Parameter der Kamera

Die extrinsischen Parameter der Kamera bestimmen die Verschiebung des Optischen Zentrums  $OZ$  und die Ausrichtung der Kamera im dreidimensionalen Weltkoordinatensystem  $W$ .

#### 3.3.1. Translation des optischen Zentrums

Im Idealfall ist der Schnittpunkt der optischen Achse mittig des zu scannenden Texts  $M_{Text}$ . Der Ausgangspunkt der Kamera ist dafür das optische Zentrum, in diesem Fall durch  $OZ_0$  dargestellt (siehe Abbildung 10).

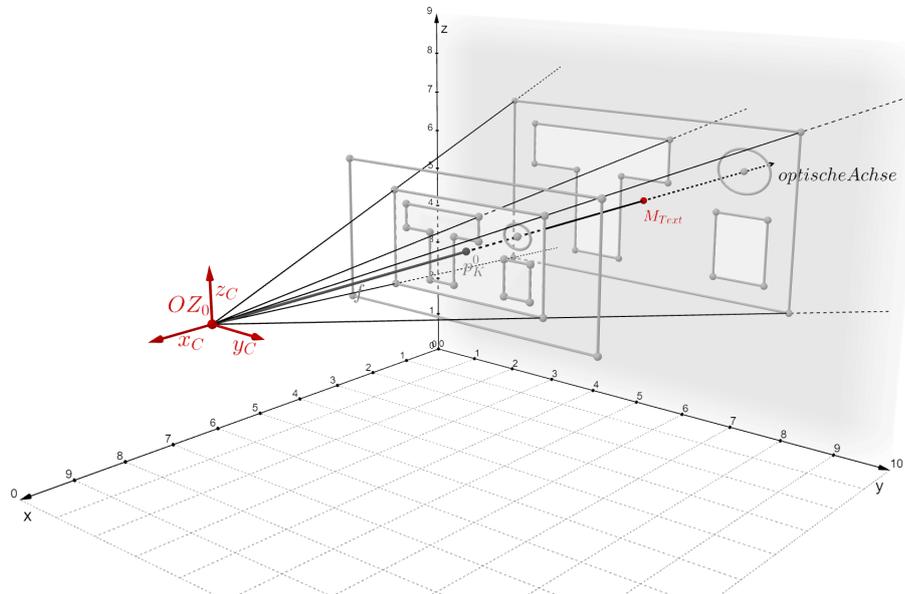


Abbildung 10.: Parameter der Translation im modellierten Aufbau

Dennoch kann es auch passieren, dass dieser **Mittelpunkt parallel zur der Bildebene verschoben** ist. Abbildung 11 zeigt beispielhaft eine Translation von  $OZ_0$  zu einem neuen Punkt des optischen Zentrums  $OZ_1$  in  $W$  zwei Längeneinheiten entlang  $y_C$ . Solange der Text weiterhin innerhalb des lokalen Bildkoordinatensystems vorhanden ist, werden bis auf eine stärkere Verzerrung durch die radiale Verzeichnung der Kamera keine weitreichenden Qualitätseinbußen erwartet (siehe Abbildung 12).

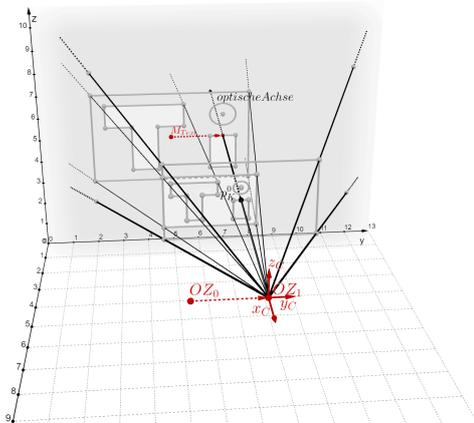


Abbildung 11.: Translation des optischen Zentrums im Modell

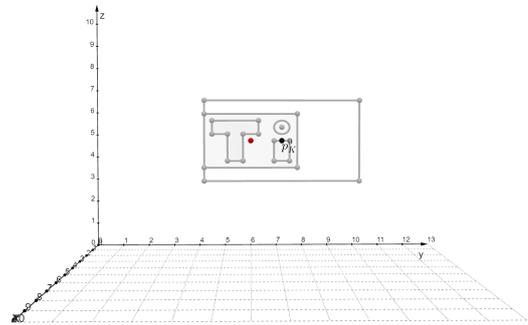


Abbildung 12.: Ergebnis bei Verschiebung um 2 Längeneinheiten auf der y-Achse

Im Extremfall kann diese Translation aber dazu führen, dass nicht mehr der zu scannende Text fokussiert wird, sondern andere Elemente aus dem Hintergrund oder Vordergrund. Aufgrund dessen kann es zu einer unscharfen Abbildung des Textes kommen, sodass die Zeichen nicht mehr klar charakterisierbar sind. Erfolgt die Translationsbewegung so weit, dass der Text aus der Bildebene teilweise oder komplett herausfällt, kann der Text nicht mehr vollständig erkannt werden.

Eine solch extreme Translation des optischen Zentrums ist jedoch im Normalfall nicht zu erwarten. Das Vorschau bild der Kamera auf dem Smartphone gibt dem Anwender direktes Feedback über die Positionierung des Texts im Bild und ob dieser fokussiert ist. Daher wird die Translation des optischen Zentrums in diesem Rahmen nicht genauer untersucht.

### 3.3.2. Rotation der Kamera

Im Idealfall ist die Kamera genauso ausgerichtet, dass das entstandene Bild nicht **rotiert** ist. Jedoch bewirkt eine geringfügige Drehung der Kamera eine Rotation des lokalen Bildkoordinatensystems  $K$  um die optische Achse bewirken. In diesem Fall ist die Ausrichtung des Texts durch die Rotation nicht parallel zur x- und y-Achse der Bildebene.

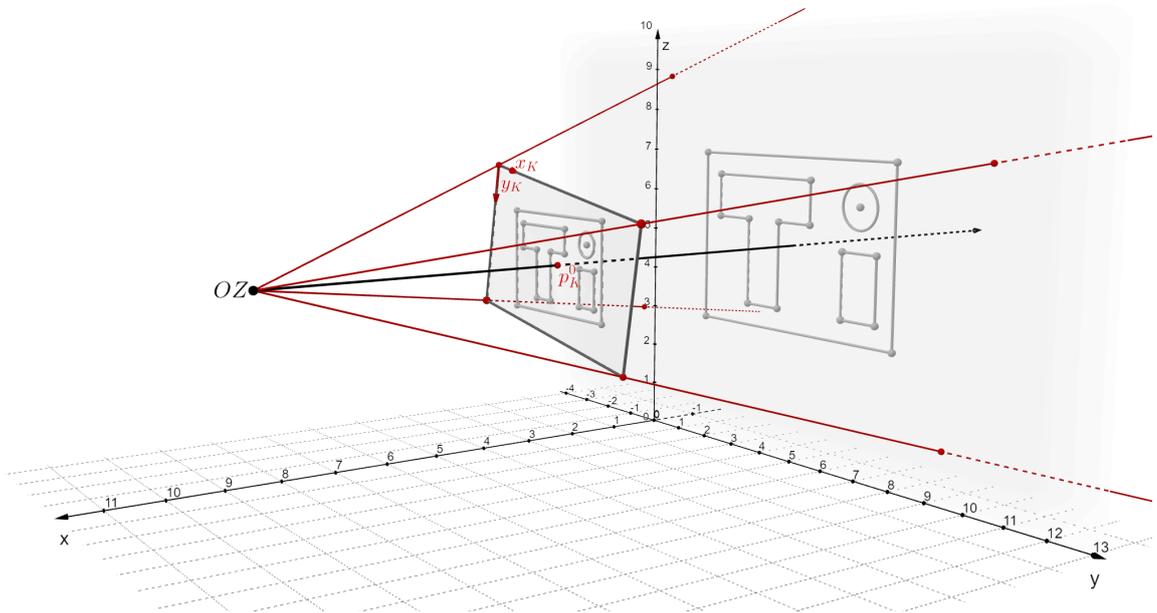


Abbildung 13.: Rotation um 10 Grad bei der Bildaufnahme im Modell

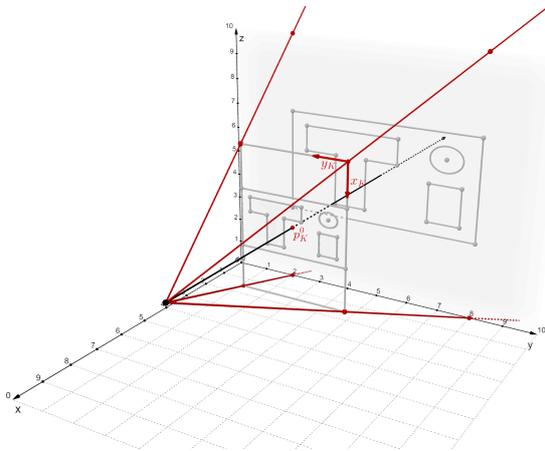


Abbildung 14.: Rotation um 90 Grad bei der Bildaufnahme im Modell

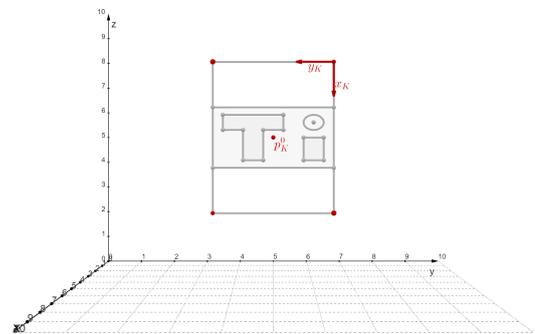


Abbildung 15.: Ergebnis bei Rotation um 90 Grad

Die Rotation kann in zwei verschiedene Szenarien unterteilt werden. Auf der einen Seite kann die Rotation sowohl geringfügig mit einer Abweichung zur Ausrichtung des Texts von einigen Grad auftreten (siehe Abbildung 13). Auf der anderen Seite kann die Rotation auch in 90 Grad-Schritten (siehe Abbildung 14) auftreten. In diesem speziellen Fall ist zwar der Text weiterhin parallel zu den Achsen der Bildebene, dennoch sind damit die einzelnen Textzeichen und deren Ausrichtung rotiert, so dass die Texterkennung damit erhebliche Probleme haben kann (siehe Abbildung 15). Orientiert sich das Smartphone im Hochkantformat und hat die

automatische Drehung des Smartphones nicht aktiviert, kann der Anwender das Gerät für eine lange Textzeile trotzdem in das Querformat drehen. Dann erscheint das Vorschaubild in der Kamera als korrekt, da der Nutzer das rotierte Bild auf dem gleichermaßen rotierten Gerät betrachtet, dennoch ist der Text auf dem resultierenden Bild um 90 Grad gedreht. Auch die Kombination beider Rotationsformen ist möglich.

Die Rotationsarten bewirken die Änderung der Leserichtung und der Position des textumgebenden Rahmens auf der Bildebene, welche eine weitreichende Auswirkung auf die Texterkennung haben kann. Da die Rotation leicht zu erwirken ist und in vielen Fällen nicht vom Nutzer beabsichtigt entsteht, wird dieser Parameter im Rahmen dieser Arbeit genauer untersucht.

#### 3.3.3. Bewegung der Kamera zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes (Motion Blur/Bewegungsunschärfe)

Bei der Bildaufnahme fängt die Kamera das einfallende Licht über einen kurzen Zeitraum auf. Im Idealfall hält der Nutzer während der Aufnahme die Kamera still, so dass das Bild scharf ist. Bewegt der Nutzer die Kamera während dieses Aufnahmezeitraums, kann das zu **Motion Blur** auf dem aufgenommenen Bild führen, da die Lichtmenge für sonst nur einen Pixel auf der Bildebene auf mehrere Pixel verteilt wird. Diese Bewegungsunschärfen können die Kanten des Texts verwischen und somit die Features des Texts unkenntlich machen.

Motion Blur kann einerseits durch die Translation der Kamera während der Aufnahme (siehe Abbildung 16) und andererseits durch die Rotation dieser auftreten.



Abbildung 16.: Durch eine lineare Bewegung erzeugte Bewegungsunschärfe auf der Gebäudeinformationstafel

Bei der Bildaufnahme ist dabei eine bewusst willkürliche Bewegung der Kamera unüblich, den-

noch ist das vollständiges Stillhalten der Kamera während des Aufnahmezeitraums vom Anwender nicht garantiert. Bereits kleine Bewegungen sorgen je nach Abstand zum Text dafür, dass der Text nicht mehr erkennbar sein kann. Unter diesen Umständen wird durch Bewegung des Smartphones verursachter Motion Blur genauer untersucht.

### 3.3.4. Ausrichtung der optischen Achse zum Text

Die **Ausrichtung der optischen Achse** im Bezug auf den Text ist ein relevanter Parameter für die Qualität der Texterkennung. Im Idealfall steht die optische Achse senkrecht auf der Ebene des Texts. Dadurch ist das entstehende Bild auf der Bildebene parallel zum Text, so dass es zu einer akkuraten Darstellung der Proportionen des Texts kommt (siehe Abbildung 17).

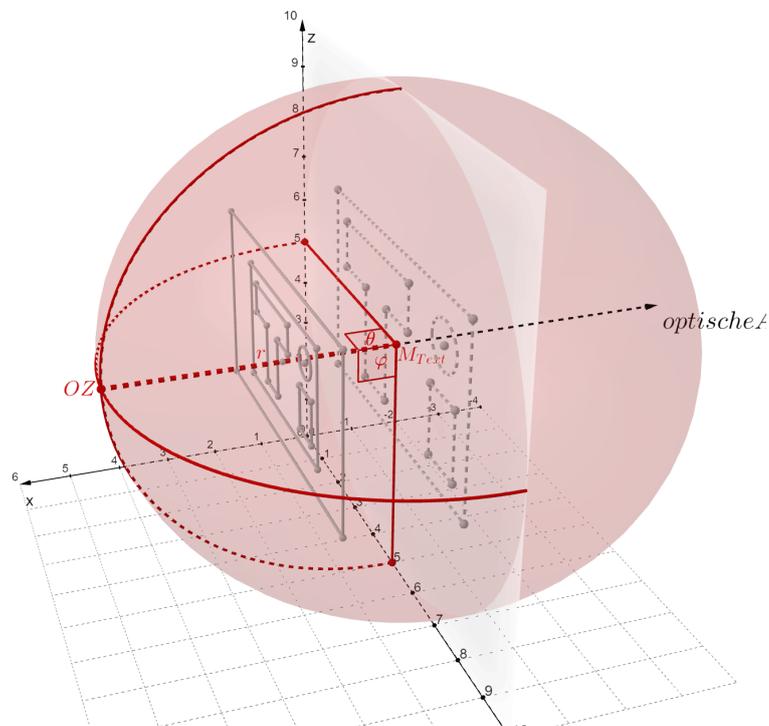


Abbildung 17.: Ideale Ausgangssituation für die Bildaufnahme, sowohl  $\theta$  als auch  $\varphi$  sind rechte Winkel

Die Bildobjekte werden aufgrund der freien Beweglichkeit der mobilen Kamera im Weltkoordinatensystem  $W$  nur selten in einem senkrechten Winkel zur Textebene abgelichtet. Wird dabei das optische Zentrum nun bei gleichbleibender Distanz zum Mittelpunkt des Texts  $M_{Text}$  im  $W$  verschoben, ändert sich auch die Richtung des Vektors von dem optischen Zentrum  $OZ$  durch den Mittelpunkt des Texts  $M_{Text}$ .

Somit kann das optische Zentrum entlang einer Kugel mit dem Mittelpunkt  $M_{Text}$  sowohl horizontal (visualisiert durch  $\theta$ ) und vertikal (visualisiert durch  $\varphi$ ), als auch durch eine Kombination der beiden Richtungen verschoben werden. Dabei zeigt die Abbildung des Kamerakoordinatensystems in das Bildkoordinatensystem  $C \rightarrow K$  weiterhin von dem optischen Zentrum  $OZ_1$  zum Kamerahauptpunkt  $p_K^0$ . Ist dieser Vektor nicht mehr senkrecht gegenüber der Textebene, ist auch die Bildebene nicht mehr parallel zu dieser (siehe Abbildung 18).

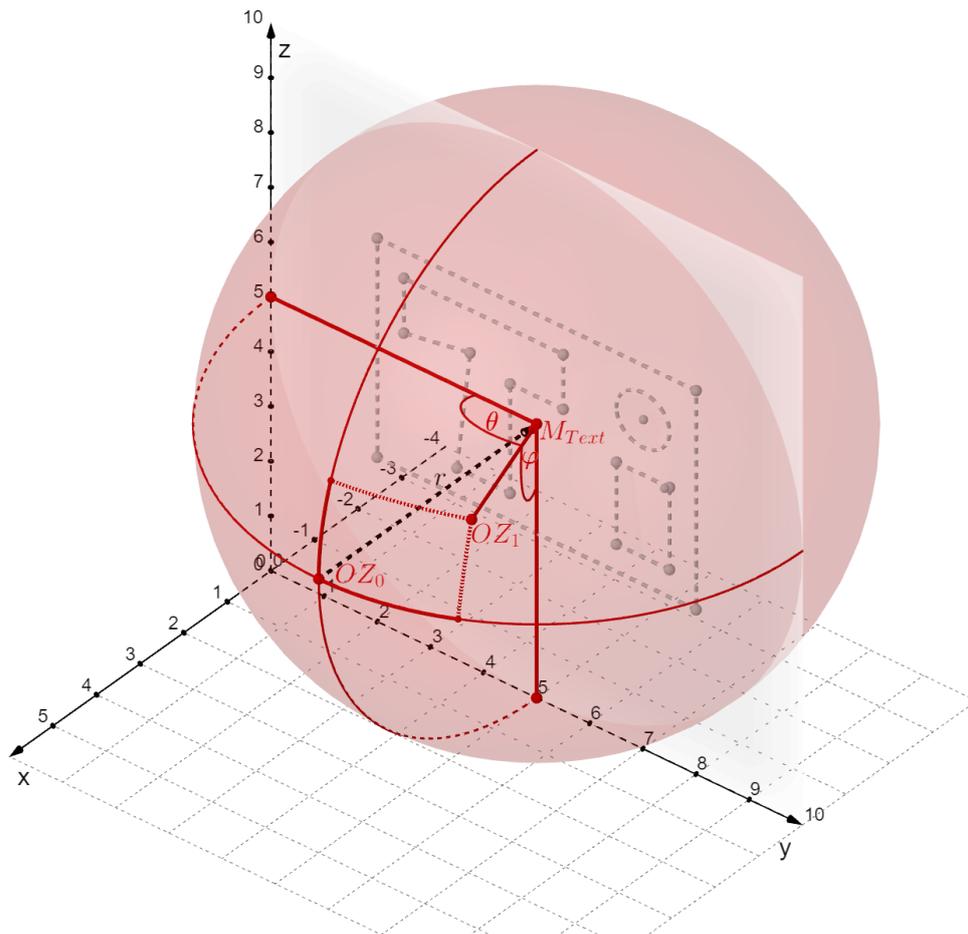


Abbildung 18.: Veränderung der Orientierung von  $OZ_0$  zu  $OZ_1$

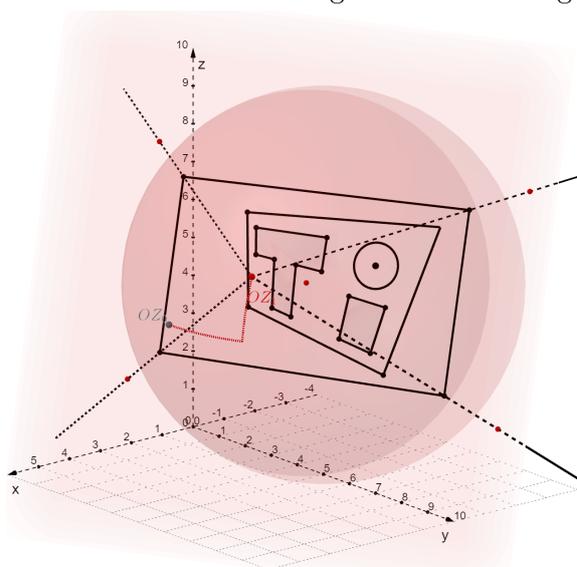


Abbildung 19.: Auswirkung der Orientierung auf die Bildebene

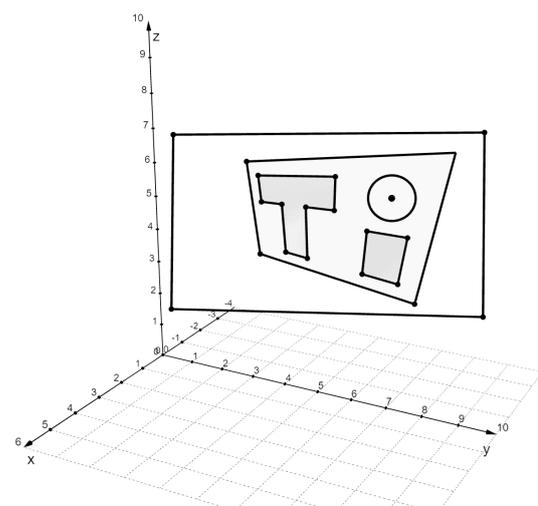


Abbildung 20.: Ergebnis der veränderten Orientierung im Modell

Je weiter  $\theta$  und  $\varphi$  vom idealen rechten Winkel abweichen, desto stärker treten sowohl Unschärfe als auch das Phänomen der perspektivischen Verzerrung auf. Die Unschärfe wird durch die unterschiedlichen Distanzen vom optischen Zentrum zu den Textzeichen verursacht. Die Länge der Vektoren zu den näheren Textzeichen wird dabei verkürzt und auf der gegenüberliegenden Seite verlängert, wodurch der Text besonders an den Rändern des Bildes unscharf sein kann. Zudem kommt es bei der Abbildung in der Bildebene zu einer perspektivischen Verzerrung aufgrund der unterschiedlichen Abstände. So erscheinen entfernter gelegene Kanten kleiner als näher gelegene (siehe Abbildung 21).



Abbildung 21.: Perspektivische Verzerrung und Unschärfe anhand der Gebäudeinformationstafel

Dieser Parameter erweist sich besonders durch die Freiheit der Kamerapositionierung des Endanwenders als relevant. Insbesondere wenn die ideale Ausrichtung horizontal ( $\theta = 90^\circ$ ) oder vertikal ( $\varphi = 90^\circ$ ) beispielsweise durch Hindernisse nicht zu erreichen ist, muss das Bild von einem anderen Winkel aus gemacht werden.

Dementsprechend werden die Auswirkungen dieses extrinsischen Parameters genauer untersucht.

#### 3.4. Störung des Texts im Weltkoordinatensystem

Nachdem die intrinsischen und extrinsischen Parameter der Kamera bei der Bildaufnahme angebracht wurden, gibt es zudem zahlreiche Umwelteinflüsse, die die Texterkennung beeinflussen.

##### 3.4.1. Unzureichende Beleuchtung durch fehlende oder schwache Lichtquellen

Grundlegend sollte für eine gute Bildqualität ausreichend Licht den Text und dessen Hintergrund erreichen, damit dieser das Licht reflektiert und beide sich voneinander abheben. Der **Kontrast**

zwischen Text und Hintergrund ist dabei essenziell für die Qualität der Texterkennung.

Es gibt eine Vielzahl an Lichtquellen, die die Lichtverhältnisse in der Szene beeinflussen können. Dazu gehören natürliche Lichtquellen wie das Licht der Sonne, aber auch unnatürliche Lichtquellen wie Lampen, die innerhalb eines Raums für gute Lichtverhältnisse eingesetzt werden. Dabei unterscheiden sich synthetische Lichtquellen sowohl durch ihre Bauweise in Form von beispielsweise Punkt- und Linearlichtquellen, sowie durch die Art des emittierten Lichts.

Dabei gibt es einige Parameter, die die Effektivität einer Lichtquelle beeinflussen: Zu diesen gehören sowohl die Entfernung zum Objekt, die Richtung in der das Licht ausgestrahlt wird, die Position der Lichtquelle und die Lichtstärke in Lumen.

Werden diese Parameter, insbesondere die Lichtstärke nicht ausreichend für scharfe Bildaufnahmen vorhanden sind, kann durch schlechte Lichtverhältnisse die Qualität der Texterkennung abnehmen.

Grundlegend regelt die Kamera den ISO-Wert, der die Menge des von dem Sensor aufzufassenden Lichts beschreibt, automatisch. Dennoch nimmt die Bildqualität bei sogenannten Low-Light Aufnahmen deutlich ab (siehe Abbildung 22). So kann es in schlecht ausgeleuchteten Innenräumen besonders ohne Sonnenlicht dazu kommen, dass die Bildaufnahmen nicht mehr ausreichend beleuchtet für die Texterkennung sind.

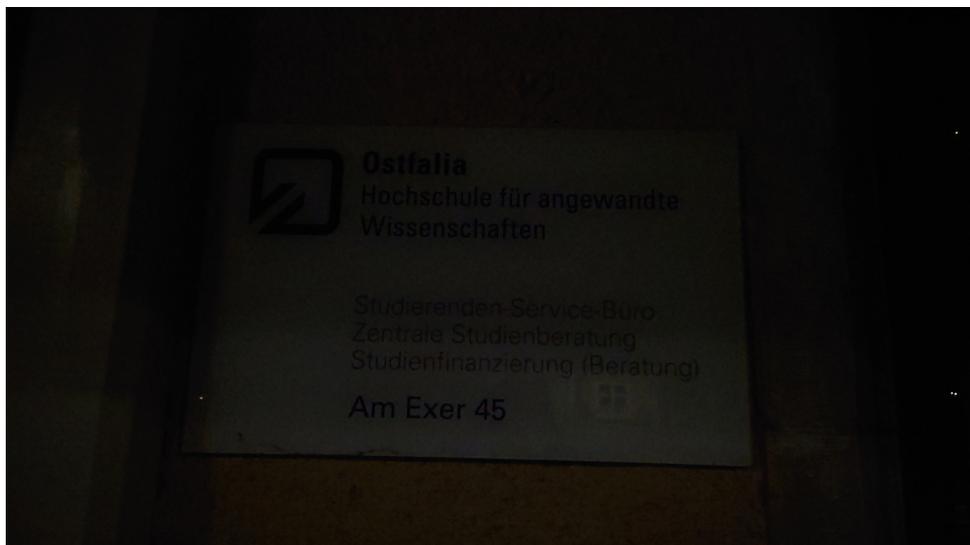


Abbildung 22.: Gebäudeinformationstafel mit unzureichenden Lichtverhältnissen bei Nacht

Zwar können Bilder mit unzureichender Beleuchtung als Ausgangssituation die Texterkennung erschweren, dennoch kann dieses Defizit im Zuge der Vorverarbeitung des Bildes mittels eines Histogrammausgleichs einen schwachen Kontrast zwischen Text und Hintergrund erhöhen, wodurch die Texterkennung bessere Ergebnisse erzielt.

Aus diesem Grund wird dieser Parameter in dieser Arbeit nicht genauer untersucht.

### 3.4.2. Reflexionen auf semi-transparenten Materialien

Wenn sich der zu lesende Text beispielsweise hinter einer Glasscheibe oder einem anderen semi-transparenten Material befindet, kann es passieren, dass das Material selbst aufgrund von geringer Transparenz und möglicher Absorption des Lichts die Qualität der Texterkennung negativ beeinflusst. Zudem wird ein Teil der einkommenden Lichtstrahlen von den Materialien **reflektiert**, so dass visuell andere Objekte auf dem Material spiegeln (siehe Abbildung 23).



Abbildung 23.: Reflexion der Sonneneinstrahlung auf die Gebäudeinformationstafel

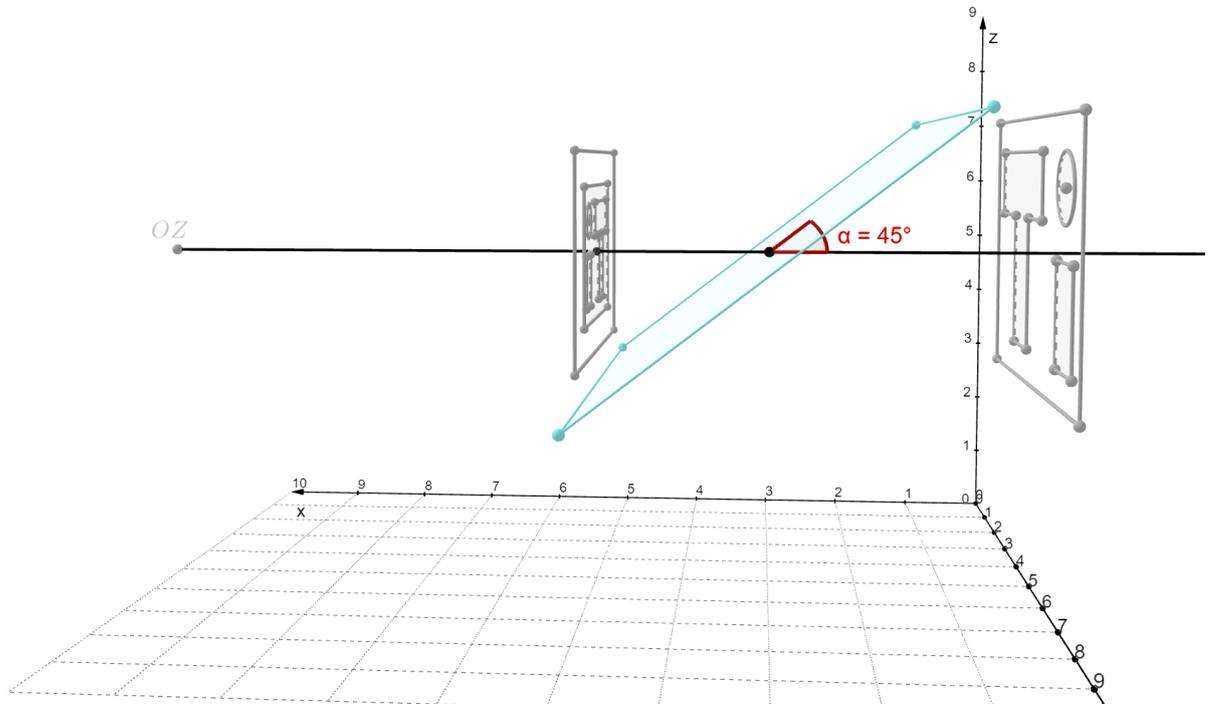


Abbildung 24.: Modellierter Ausgangssituation mit einer 45 Grad angewinkelten Glasscheibe zwischen dem optischen Zentrum und dem Text

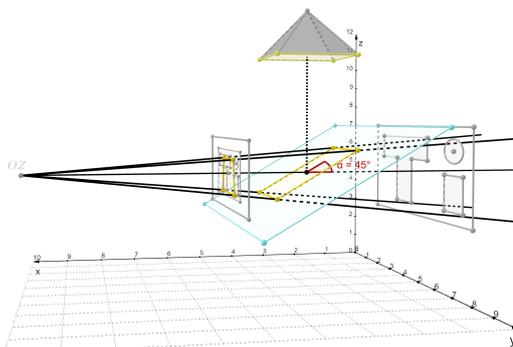


Abbildung 25.: Reflexion einer Lichtquelle über der Glasscheibe auf der Bildebene

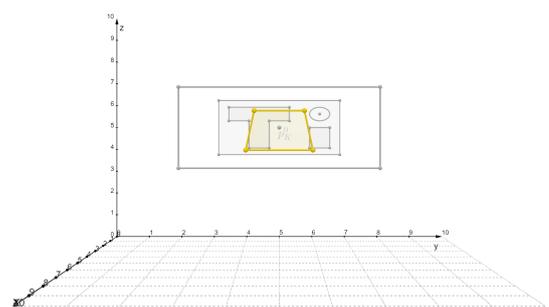


Abbildung 26.: Beeinflussung des Bildes durch die Reflexion der Lichtquelle

Je stärker das Material diese Reflexionen zurück gibt, desto größer ist der mögliche Einfluss auf die von der Kamera aufgenommenen Bilder, bei denen der Text von den überlagerten Reflexio-

nen überdeckt wird (siehe Abbildung 26).

Derartige Reflexionen über dem Text sind dabei in einem Großteil der Fälle lediglich auf einen geringen Teil des Textes und können mit leichter Bewegung der Kamera im Raum umgangen werden.

Aus diesen Gründen wird das Kriterium in diesem Rahmen nicht genauer untersucht.

### 3.4.3. Beeinträchtigung durch Überlagerung

Je nach Situation kann der Text durch davor liegende Objekte im *W* **überdeckt** werden. Dieses Kriterium ist dabei sehr breit gefächert, da die Hindernisse in vielerlei Parametern wie Anzahl, Größe, Form und Durchlässigkeit unterschieden werden können.

Reale Beispiele sind unter anderem Staub oder andere Verunreinigungen vor bzw. auf dem zu scannenden Text, der einen Teil oder die gesamten Features des Texts überdeckt. Selbiges trifft auch auf das Fotografieren eines Texts im Nebel zu.

Grundlegend unterbinden opake Materialien vor oder auf dem Text die Texterkennung der überlagerten Zeichen. Bei kontextlosen Zeichenketten können diese fehlenden Informationen auch nicht mehr aus dem Kontext rekonstruiert werden.

Zwar können in der Scene Text Recognition leicht verschmutzte und durch andere Objekte verdeckte Texte im geringen Maße gelegentlich auftreten, dennoch sind diese Hindernisse durch ihre hohe Variabilität nur schwer vorhersehbar und damit auch nur eingeschränkt korrigierbar. Zudem können diese Hindernisse oftmals leicht von dem Nutzer selbst beseitigt werden, der schnell über die verschmutzte Stelle wischt und die sicht-behindernden Objekte entfernt oder umgeht.

Aus diesen Gründen wird dieser Sachverhalt nicht genauer untersucht.

### 3.4.4. Brechung der Strahlen vom optischen Zentrum aus

Ein Spezialfall der Überlagerung ist durch transparente Materialien, die die **Lichtstrahlen brechen**. Ein geläufiges Beispiel hierfür sind Regentropfen, die das reflektierte Licht des Texts brechen und somit in den Tropfen selbst der Text verzerrt erscheint.

Problematisch ist dies, da die Regentropfen und deren Form zufällig ist.

Die dadurch entstehende Verzerrung der Textfeatures hemmt die Qualität der Texterkennung. Durch die nicht vorhandene Systematik bei den Regentropfen mit hoher Variabilität in Größe, Position und Form werden Beeinträchtigungen durch Lichtbrechung in dieser Arbeit nicht genauer untersucht.

### 3.4.5. Eigenschaften des Texts

Auch die **Eigenschaften des Texts** selbst haben Einfluss auf die Qualität der Texterkennung. Die Parameter hierfür sind jedoch sehr vielfältig und umfassen beispielsweise die Schriftart, -größe und -farbe, aber auch das Material, die Oberflächenbeschaffenheit, ob der Text maschinell gedruckt oder handschriftlich geschrieben ist.

Ein Text hat grundsätzlich die Anforderung, leserlich zu sein. Darüber hinaus ist die Aufgabe der "Scene Text Recognition" auch jene Texte zu erkennen, die von den idealen Texteigenschaften eines gedruckten Dokuments abweichen.

Die Vielzahl der Eigenschaften und der Kombination an unterschiedlichen Darstellungsweisen übersteigt die Untersuchung der Texteigenschaften den Rahmen dieser Arbeit und wird nicht weiter betrachtet.

## 4. Empirische Untersuchungen auf dem ausgewählten Parametersatz

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der zuvor ausgewählten Parameter auf die Qualität der Texterkennung in eigenständigen Versuchen untersucht. Diese Parameter umfassen die Parametrisierung des Winkels, der Rotation der Kamera, der Lichtverhältnisse, Motion Blur und reflektierenden Materialien.

### 4.1. Ausgangssituation

Für die Untersuchung der Kriterien werden sowohl eine Kamera, ein OCR-Modell und ein Text benötigt. Zudem muss eine Metrik festgelegt werden, nach der die Ergebnisse der Texterkennung miteinander verglichen werden können. Diese grundlegenden Komponenten sollten für die Untersuchungen festgelegt sein, sodass der Parameter möglichst isoliert gegenüber Einflüssen durch beispielsweise unterschiedlichen Kameras oder OCR-Modelle untersucht werden kann.

#### 4.1.1. Auswahl des Smartphone-Modells für die Bildaufnahme

Das Smartphone Sony Xperia 5 II wird bei den Untersuchungen eingesetzt. Dieses erzeugt hochauflösende Fotos mit den drei verbauten Kameras auf der Rückseite.

Die Kamera, mit der die Untersuchungen angestellt werden, besitzt eine Auflösung von 12 Megapixel, eine Sensorgröße von  $1/1.7''$ , eine F1.7 Blende, eine Brennweite von 24mm und ein Sichtfeld von 82 Grad. Die beiden anderen Kameras eignen sich eher für scharfe Aufnahmen an weit entfernten Objekten mit einem Sichtfeld von 34 Grad oder zur Weitwinkelaufnahme mit 124 Grad großen Sichtfeld, wobei jedoch die radiale Verzeichnung deutlich stärker auftritt.

Das Sony Xperia 5 II bietet zudem die "Photo Pro" App an, die die Benutzeroberfläche von professionellen Kameras imitiert (siehe Abbildung 27) und den Nutzer viele Parameter der Bildaufnahme einstellen lässt, sodass während der Versuchsdurchführung gleiche Bedingungen für alle Bilder gelten und möglichst nicht durch eine automatische Regulierung beispielsweise des ISO-Werts im Verlauf der Untersuchung verfälscht wird.

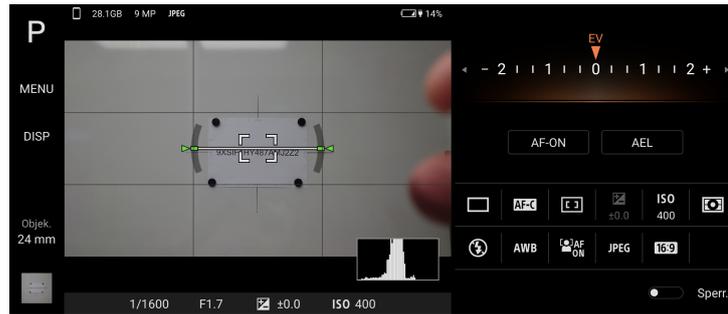


Abbildung 27.: Interface der Photo-Pro App

Des Weiteren kann mit diesem Smartphone als Testgerät die freie Bewegung im dreidimensionalen Raum ermöglicht werden. Dies bringt jedoch auch ein großes Fehlerpotential in der Durchführung der Untersuchungen mit sich, bei denen die extrinsischen Parameter der Kamera durch minimale Bewegung, Rotation oder Veränderungen in der Ausrichtung nicht vollkommen isoliert betrachtet werden. Durch Hilfestellungen auf dem Kamerabildschirm wie den Gitterlinien, der Markierung des Mittelfelds mit einer quadratischen Umrahmung und einer Angabe über die Rotation des Geräts (siehe Abbildung 27) wird versucht, diese Auswirkungen zu minimieren.

#### 4.1.2. Auswahl der Modelle zur Texterkennung

Nachdem die Fotos aufgenommen wurden, werden diese zuerst in das OCR-Modell des "VIN-Scanners" eingeführt und die Ergebnisse der Texterkennung umfassend dokumentiert und ausgewertet. Das gesamte Modell ist als ein Programm implementiert, welches mit der Python Version 3.9 gestartet werden kann. Das OCR-Modell des VIN-Scanners, in dieser Arbeit als "VIN-Scanner-Modell" beschrieben, beinhaltet zudem folgende Vorverarbeitungsschritte (siehe Abbildung 28):

1. Die Umwandlung in ein Grauwertbild, da Farbwerte keinen relevanten Einfluss in die Unterscheidung des Texts haben
2. Einem darauffolgenden Histogrammausgleich zur Erhöhung des Kontrasts auf dem gesamten Bild
3. Einem Medianfilter zur Reduktion von Rauschen

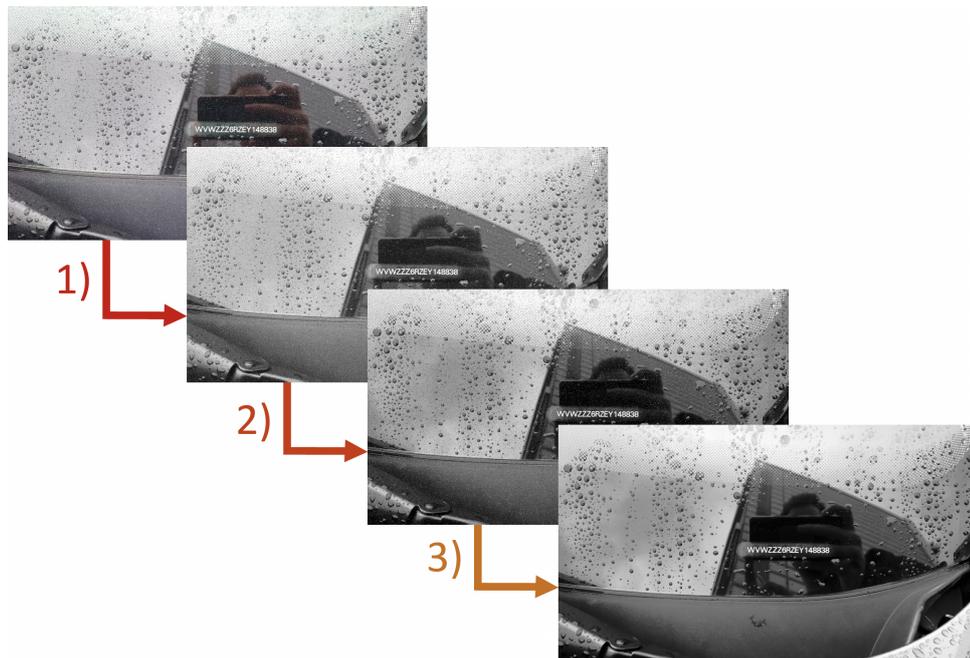


Abbildung 28.: Darstellung des Vorverarbeitungsprozesses mit der Umwandlung in ein Grauwertbild (Schritt 1), dem Histogrammausgleich (Schritt 2) und dem Medianfilter (Schritt 3)

Nach dieser Vorverarbeitung beginnt das Auffinden aller Texte auf dem Bild in der Textdetektion. Dies wird im VIN-Scanner durch den Textdetektor CRAFT[3] realisiert, der die erkannten Textboxen sammelt und zugeschnitten zur Verfügung stellt. Zum Schluss erfolgt die Texterkennung auf den ausgeschnittenen Bildern der Textdetektion durch das Texterkennungsmodell "parseq"[4].

Um die Aussagekraft des OCR-Modells durch eine weitere Quelle zu erhöhen und eventuelle Eigenheiten beziehungsweise unvorhergesehene Hindernisse des *VIN-Scanner-Modells* zu erkennen und umgehen, werden zudem alle Untersuchungen auch auf einem zweiten OCR-Modell durchgeführt. Mit diesem kann gegebenenfalls auch ein Vergleich zwischen den beiden Modellen gezogen werden.

Das zweite Modell sollte dabei möglichst einfach einsetzbar sein, aber dennoch zuverlässig genaue Resultate liefern. Daher fiel die Entscheidung auf ein Modell des Open-Source Toolkits "PaddleOCR"[8]. Dieses Toolkit umfasst mehrere OCR-Modelle, die sich nicht nur in ihrem Entwicklungsstand unterscheiden, sondern auch in ihrem Einsatzgebiet nach Sprache, zum Beispiel Englisch oder Chinesisch, oder nach Gerät, zum Beispiel für die Verwendung auf mobilen Geräten. Das gewählte Modell ist dabei das aktuelle Release "PP-OCrv4" in der englischen Version und wird im Verlauf der Arbeit als *PaddleOCR-Modell* bezeichnet. Dieses basiert in der Texterkennung auf dem "DB"-Algorithmus, zur Texterkennung wird "SVTR\_LCNet" ver-

wendet.

Vor dem Einsatz des *PaddleOCR-Modells* wird auch hier die selbe Vorverarbeitung des Ausgangsbildes (siehe Abbildung 28) vorgenommen.

#### 4.1.3. Definition des zu scannenden Textes und einer kontrollierten Umgebung

Für die Versuche muss definiert sein, welche und wie viele Zeichen der Text enthält, und in welcher Größe, Schriftart und Farbe er dargestellt wird. Auch der Aufbau der Umgebung hat einen Einfluss auf die Texterkennung durch den Hintergrund des Textes, die Beleuchtungssituation oder durch Überlagerungen anderer Objekte.

Die Zeichen des Textes sind unabhängig vom Kontext und deshalb ist es wichtig, jedes Zeichen korrekt zu erkennen. Damit können fehlerhaft erkannte Zeichen nicht durch einen grammatikalischen Kontext verbessert werden. Es bietet sich daher an, ein Format ähnlich der Vehicle Identification Number (VIN) zu wählen. Damit ergibt sich für die Untersuchung eine 17 Zeichen lange Zeichenkombination ohne grammatikalischen Zusammenhang. Um die Wahrscheinlichkeit auf mögliche Fehler zu erhöhen, können - abweichend von den erlaubten Zeichen bei VINs - sowohl **alle** Numerale (0-9) als auch **alle** Großbuchstaben (A-Z) verwendet werden. Zudem sind doppelte Vorkommen der selben Zeichen erlaubt.

Für die Untersuchung wurde folgende Zeichenketten generiert: 9XSIF1HY487AMJ2Z2 Diese hat ein großes Fehlerpotential für die Texterkennung, da viele Zeichen mit ähnlichen Zeichen verwechselt werden können, darunter "9" mit "g", "S" mit "5", "I" mit "1", "2" mit "Z" und auch die Umkehrung dieser Verwechslungen. Auch sind einige Zeichen rotationssymmetrisch, dazu gehören beispielsweise "X", "S", "I", "H", "Z". Auch können um 180 Grad gedrehte Zeichen wie das "M" in diesem Falle als "W" gelesen werden.

Der Text wird mittig auf ein A4-Papier mit den Abmessungen 297mm x 210mm gedruckt als Basis für alle Experimente. Damit sich die Zeichenkombination fast vollständig auf dem Papier ausbreitet, wurde die Schriftgröße 72pt gewählt. Die Schriftart "Arial Regular" wurde bestimmt, da diese serifenlos ist und daher die klare Erkennbarkeit aller Zeichen auch von einer entfernten Distanz ermöglicht. Die Schriftfarbe ist dabei Schwarz, um einen größtmöglichen Kontrast zum weißen Papier zu erreichen. Das resultierende A4 als Basis der Untersuchungen ist in Abbildung 29 dargestellt.

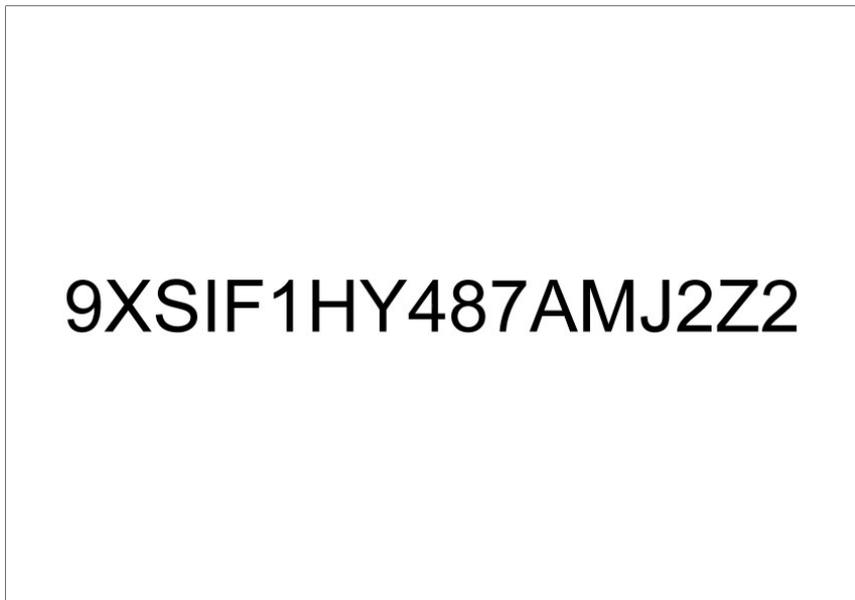


Abbildung 29.: Basis der Untersuchungen mit der Zeichenkette "9XSIF1HY487AMJ2Z2" im A4 Format

Zuletzt soll noch die Beleuchtungssituation für eine kontrollierte Versuchsumgebung festgesetzt werden. Der Text muss von ausreichend Licht beleuchtet werden, damit er von der Kamera kontrastreich abgebildet werden kann. Mit einer diffusen weißfarbigen Lichtquelle erreicht das ausgedruckte Papier kontinuierlich eine genügende Beleuchtung.

Zudem wird die Umgebung durch indirektes Sonnenlicht erhellt werden, da eine kompletter Ausschluss dieser räumlich nicht ermöglicht werden kann und diese Art der Beleuchtung einer möglichst natürlichen Rekonstruktion des alltäglichen Szenarios entspricht.

Direktes Sonnenlicht hingegen wird für die Untersuchungen vermieden, um ungewollte Reflexionen und eine ungleichmäßige Beleuchtung zu vermeiden.

#### **4.1.4. Entwicklung einer Metrik zum Vergleich der Texterkennungsresultate**

Damit eine Aussage über die Richtigkeit eines erkannten Texts im Vergleich zu der Grundwahrheit (engl. "Ground Truth") getroffen werden kann, wird eine Metrik benötigt.

Grundsätzlich ist dabei der Unterschied zwischen korrekt und inkorrekt, sobald ein Zeichen falsch erkannt, vergessen oder hinzugefügt wurde, ist der erkannte Text nicht mehr korrekt. Ein fehlerhafter Text kann zudem in seiner Anzahl von Fehlern unterschiedlich sein. Je weniger Fehler ein Text enthält, desto weniger muss ein fehlerhaft erkannter Text vom Anwender nachkorrigiert werden. Folgende Fehler können bei der Texterkennung auftreten:

(F1) Ein Zeichen wurde fehlerhaft erkannt.

Zum Beispiel die Abweichung von der Ground Truth "ABC" mit dem Text "A8C".

(F2) Ein zusätzliches Zeichen wurde hinzugefügt.

Zum Beispiel die Abweichung von der Ground Truth "ABC" mit dem Text "ABC."

(F3) Ein Zeichen fehlt.

Zum Beispiel die Abweichung von der Ground Truth "ABC" mit dem Text "AC"

Um eine Aussage über die Fehlerhaftigkeit eines erkannten Texts erstellen zu können, muss eine Metrik geschaffen werden, die die Fehlerdichte eines Texts gegenüber der Ground Truth angibt. Die Fehlerdichte beinhaltet dabei alle zuvor genannten Fehlerarten (F1), (F2) und (F3).

Die Ground Truth eines Texts  $w$  besteht aus  $n$  Zeichen, die über den Index  $i$  mit  $w_i = 1, \dots, n$  einzeln beschrieben werden können. Der vom Modell erkannte Text  $q$  ist  $m$  Zeichen lang. Um einen Fehler zu bestimmen, wird jedes Zeichen von  $q$  untersucht und dessen Richtigkeit gegenüber der Ground Truth  $w$  abgeglichen.

Im Fall der korrekten Texterkennung gilt  $n = m$  und  $\forall i \in \{1, \dots, n\} : w_i = q_i$ , so dass die gesamte Fehleranzahl  $f = 0$  ist.

Sollte ein Zeichen in  $q$  an der Stelle  $i$  falsch erkannt sein, gilt:  $w_i \neq q_i$ . In diesem Falle wird die Fehleranzahl  $f$  um 1 erhöht aufgrund der Fehlerquelle (F1).

Komplexer ist die Betrachtung, wenn nach Fehlerquelle (F2) Zeichen in  $q$  hinzukommen, die nicht in  $w$  sind. In diesem Fall gilt  $n < m$ . Dann wird bei dem Durchlaufen von  $q$  mit  $i = \{1, \dots, m\}$  bei einem  $q_i$  kein Zeichen in  $w$  sein, welches dem übereinstimmt. Ein Zeichen wurde fälschlicherweise hinzugefügt, wenn  $q_i \neq w_i$ , aber  $q_{i+1} = w_i$  für alle restlichen  $i$  bis  $n$  gilt. Sind in  $q$  mehrere fälschlich hinzugefügte Zeichen vorhanden sind, verschiebt sich die Differenz des Index um die Länge der hinzugefügten Zeichen. Befinden sich 3 zusätzliche Zeichen in  $q$ , ist  $m = n + 3$ . Wird ein falsch hinzugefügtes Zeichen gefunden, wird die Fehleranzahl  $f$  um 1 erhöht.

Der letzte Fall betrachtet das Fehlen von Zeichen aus  $w$  in  $q$  und deckt damit die Fehlerquelle (F3) ab. In diesem Fall gilt  $n > m$ . Ein fehlendes Zeichen wird bemerkt, wenn  $q_i \neq w_i$  und  $q_i = w_{i+1}$  für alle folgenden  $i$  bis  $m$  gilt. Auch hier wird die Fehleranzahl  $f$  um 1 erhöht. Gleichermäßen gilt hier, dass mehrfach fehlende Zeichen den Durchlauf beeinflussen: Fehlen in  $q$  mehrere Zeichen aus  $w$ , erhöht sich der Abstand von  $m$  zu  $n$ .

Alle Fehlerfälle können in einem Text auch gemischt auftreten. Selbst wenn  $n = m$  gilt, kann es sein, dass ein Zeichen  $q_i \neq w_i$ , nicht weil es falsch erkannt wurde (dies entspräche Fehlerfall F1), sondern weil ein Zeichen fälschlich hinzugefügt wurde, währenddessen an anderer Stelle das Zeichen vergessen wurde (F2 & F3). Dementsprechend ist bei einem Zeichenvergleich von  $q_i$  mit  $w_i$  nicht eindeutig erkennbar, ob es sich an dieser Stelle um ein falsches erkanntes, hinzugefügtes oder ein vergessenes Zeichen handelt. Dies ist immer abhängig von den umliegenden Zeichen von  $w$ . Für jede Kombination der Ground Truth  $w$  und dem erkannte Text  $q$  kann eine Aussage

über den Unterschied beider in der Fehleranzahl  $f$  getroffen werden. Diese Fehleranzahl wird nachfolgend genutzt, um eine Aussage über die Fehlerdichte  $d$  treffen zu können. Die Dichte ist dabei abhängig von der Länge von  $w$ :  $n$ . Eine hohe Fehleranzahl bei kurzen Texten ist deutlich schwerwiegender als die selbe Fehleranzahl bei längeren Texten.

Die Fehlerdichte  $d$  gibt an, wie groß die Fehleranzahl in Abhängigkeit der Länge der Ground Truth ist.

$$d = \frac{f}{n}$$

Existieren mehr Fehler als Zeichen in  $w$  ( $f > n$ ), dann gilt  $d > 1$ . Sobald die Fehlerdichte  $d \geq 1$  ist, nehmen wir an, dass  $q$  zu keinem Teil  $w$  ähnelt. Theoretisch wäre es möglich, dass zwar alle Zeichen aus  $w$  sich in  $q$  zwar wiederfinden, die Länge von  $q$  aber doppelt so groß wie die Länge von  $w$  ist ( $m = 2n$ ), dann gilt auch in diesem Falle eine Fehlerdichte  $d = 1$ . Solche Spezialfälle sind aber in der realen Verwendung unwahrscheinlich, da dafür das Modell so viele hinzugefügte Zeichen erst erkennen muss.

Ist dementsprechend  $d > 1$ , kann  $d$  auf 1 begrenzt werden, da dies semantisch die Unverständlichkeit des Texts widerspiegelt. Die vollständige Gleichung für die Berechnung von  $d$  ergibt sich wie folgt:

$$d = \begin{cases} 1 & \text{wenn } \frac{f}{n} > 1 \\ \frac{f}{n} & \text{sonst} \end{cases}$$

Mit der Fehlerdichte kann auch die Korrektheit  $k$  des Texts dargestellt werden, als Inverse zur Fehlerdichte mit  $k = 1 - d$ . So kann  $k$  als Prozentangabe die Korrektheit des Texts von 0-100% angeben. Existieren keine Fehler im Text, also  $d = 0$ , wird der Text mit  $k = 1 = 100\%$  korrekt eingestuft. Wurde wiederum jedes Zeichen falsch erkannt, gilt  $d = 1$  und somit  $k = 0 = 0\%$ , der Text ist vollkommen fehlerhaft. Besonders bei  $0 \leq d < 1$  ist  $k$  sehr aussagekräftig über die Qualität der Texterkennung.

Diese entwickelte Metrik wird im folgenden für die Bewertung der Texterkennung in den Versuchen eingesetzt.

## 4.2. Rotation der Kamera

Die Rotation der Kamera und somit die Rotation des Bildes ist ein Parameter, der mit mobilen Geräten leicht zu beeinflussen ist.

Der Text auf dem lokalen Bildkoordinatensystem hat im Idealfall eine lineare Leserichtung, nach der die einzelnen Buchstaben angeordnet sind. Diese Leserichtung kann durch den Vektor  $r$  beschrieben werden.

Es existieren auch Spezialfälle, bei denen der Text entweder gebogen oder frei angeordnet ist. In diesen Anwendungsfällen ist die Leserichtung  $r$  nicht konstant für den Text, sondern für jeden

Punkt im Text variabel. Diese besondere Form des Textes wird in diesem Rahmen jedoch nicht betrachtet, da der Großteil der existenten Texte eine konstante Leserichtung  $r$  befolgt.

Die Leserichtung  $r$  kann in Relation zum lokalen Bildkoordinatensystem gesetzt werden. Unter optimalen Bedingungen entspricht die Richtung des Vektors  $r$  der Richtung der Achse  $x_K$  des lokalen Bildkoordinatensystems, im Verlauf als  $r_0$  bezeichnet (siehe Abbildung 30). Der Winkel zwischen  $r$  und  $r_0$  gibt an, inwiefern die Kamera von der optimalen Ausrichtung rotiert wurde (siehe Abbildung 31).

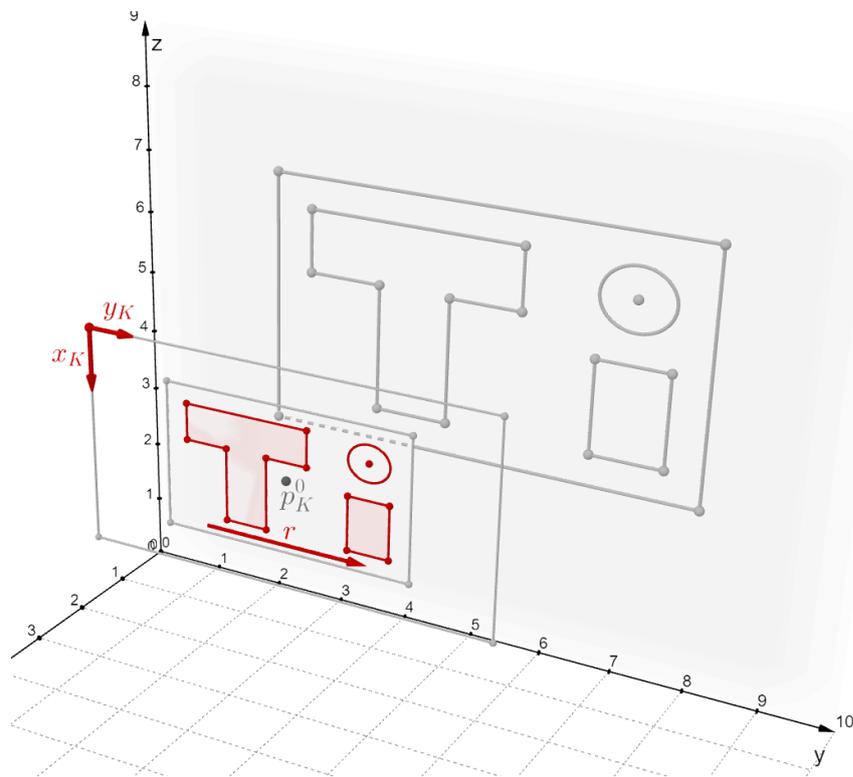


Abbildung 30.: Parameter der Leserichtung  $r$  im Optimalfall  $r = r_0$

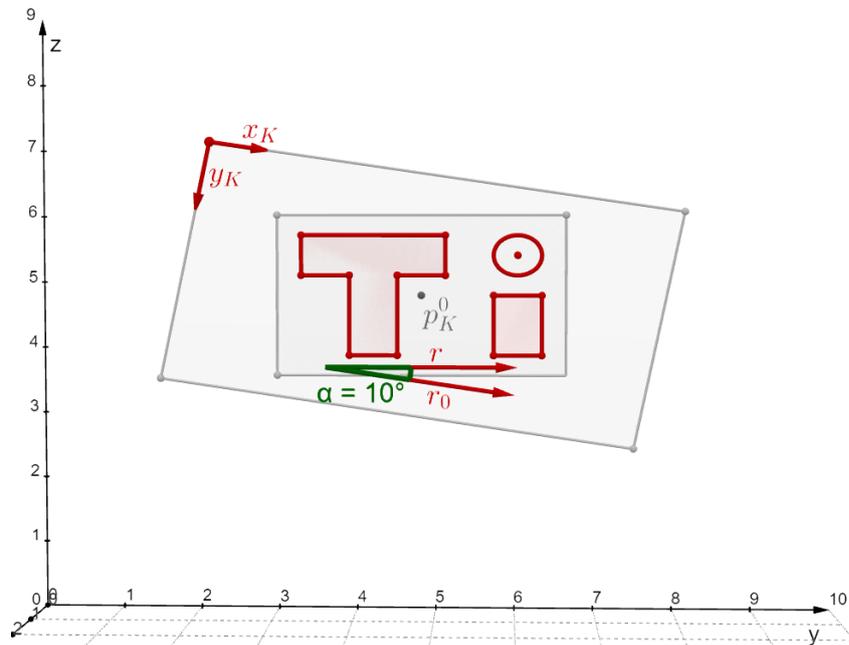


Abbildung 31.: Parameter der Leserichtung  $r$  bei Rotation der Kamera um 10 Grad

Die Rotation tritt in zwei verschiedenen Szenarien auf. Grundlegend existiert die Rotation, bei der  $r$  in jede beliebige Richtung zeigt und zudem der Spezialfall, in dem  $r$  parallel zu den Achsen des lokalen Bildkoordinatensystems ausgerichtet ist. Das umfasst die Rotation um 90, 180 und 270 Grad zusätzlich zu der idealen Ausgangsposition von 0 Grad.

Bei Veränderung der Leserichtung  $r$  abweichend von  $r_0$  bleiben die Textinformationen weiterhin vorhanden, sofern der Text weiterhin vollständig auf dem lokalen Bildkoordinatensystem abgebildet wird.

Da die Komponenten beider Modelle für den Einsatz in der "Scene Text Recognition" entwickelt wurden, ist anzunehmen, dass die Modelle mit geringfügiger Abweichung von der idealen Leserichtung  $r_0$  weiterhin den Text zufriedenstellend erkennen können.

Die Aufgabe der Textdetektion ist dabei das Auffinden des Textes unabhängig von der Leserichtung des Textes, dementsprechend ist zu erwarten, dass beide Modelle die Texte auch mit veränderter Leserichtung weiterhin detektieren können.

Sobald sich die Leserichtung  $r$  den Spezialfällen annähert, ist die Ausrichtung der einzelnen Zeichen des Textes möglicherweise nicht zur optimalen Leserichtung  $r_0$  rotiert, sondern zu dem nahen Spezialfall. Ein beispielhafter Text dessen Leserichtung 182 Grad entspricht wird vom Textdetektor auf 180 Grad rotiert. Unter Umständen beeinträchtigt diese Art der Rotierung die Texterkennung, da die abgebildeten Zeichen nicht mehr die antrainierten Features enthalten.

Das "*PaddleOCR-Modell*" enthält dabei bereits einen "Direction Classifier", der die Ausrichtung des Textes modellbasiert erkennt und dementsprechend für die Texterkennung korrigiert[8].

Folgende Fragen sollen mit den Untersuchungen beantwortet werden:

- Werden Texte in allen Rotationsformen weiterhin korrekt detektiert?
- Hat die Rotation der Kamera einen Einfluss auf die Qualität der Texterkennung?
- Falls zutreffend wie stark ist dieser Einfluss auf die Qualität der Texterkennung?
- Ab welchem Grad beginnt bzw. endet der Einfluss der Rotation?

#### 4.2.1. Versuchsaufbau

Ziel dieses Versuchs soll es sein, den Einfluss des Parameters der Rotation auf die Qualität der Texterkennung isoliert zu untersuchen.

Um dies zu erreichen, werden im Verlauf der Untersuchung zahlreiche Datenpunkte erhoben, die beide Rotationsarten für verschiedene Distanzen abdecken.

Dafür soll der Text eine vollständige Drehung absolvieren. Um eine möglichst große Abdeckung des gesamten Rotationszyklus zu erhalten, werden Datenpunkte in 15 Grad Schritten aufgenommen. Damit sind auch die Spezialfälle der Rotation 0, 90, 180 und 270 Grad abgedeckt. Die Umgebung dieser Spezialfälle soll während des Versuchs genauer beleuchtet werden, weshalb sie in 2 Grad Schritten bis -6 bzw. +6 Grad um den speziellen Rotationsmarken untersucht werden. Insgesamt werden dementsprechend folgende Rotationen in Grad betrachtet: 0, 2, 4, 6, 15, 30, 45, 60, 75, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 105, 120, 135, 150, 165, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 195, 210, 225, 240, 255, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 285, 300, 315, 330, 345, 354, 356, 358. Die Untersuchung des Rotationsparameters soll unter mehreren Distanzen erfolgen, um den Einfluss der Rotation unter variablem Abstand zum Text zu betrachten. Dafür sollte eine nahe Distanz, eine mittlere Distanz und eine entfernte Distanz gewählt werden. Die nahe Distanz garantiert dabei die klare Erkennbarkeit der einzelnen Zeichen, bei welcher der Text auch in der rotierten Darstellung beinahe vollständig die Größe des Bildes einnimmt. Diese beträgt bei dem gedruckten A4 Blatt 50cm. Bei der entfernten Distanz ist es wichtig, dass die Zeichen für die Texterkennung weiterhin ausreichend erkennbar sind. Diese Distanz wurde für die Untersuchung auf 150cm festgesetzt, da der Text trotz Entfernung noch ausreichend gut abgebildet wird (siehe Abbildung 32). Dementsprechend ergibt sich für die mittlere Distanz ein Abstand von 100cm.



Abbildung 32.: Vergleich der abgebildeten Textinformationen auf den unterschiedlichen Distanzen zum Text

Um den Rotationsparameter möglichst isoliert betrachten zu können, bietet es sich an das Smartphone mit der Kamera statisch zu positionieren und das Papier mit dem Text zu drehen. Damit kann auch die Genauigkeit der Rotation besser gewährleistet werden, indem die Rotation am Papier gemessen wird, anstatt an dem Smartphone.

Um die Rotation des Papiers zu ermöglichen, werden die Rotationsschritte auf dem Papier vermerkt. Auf dem Hintergrund des Papiers werden die horizontalen und vertikalen Achsen vom Mittelpunkt aus markiert, an denen die Rotationsschritte ausgerichtet werden können. Das A4 mit Text und Rotationsstrichen als Basis der Untersuchung ist in Abbildung 33 visualisiert.



Abbildung 33.: Grundlage der Rotationsuntersuchung mit der Zeichenkette und den Rotationsstrichen

Messfehler, die durch die freie Beweglichkeit des Textes und der Kamera im Weltkoordinatensystem  $W$  auftreten können, werden durch den statischen Aufbau limitiert.

Dennoch ist die Rotation nicht exakt einstellbar, sondern bringt einen menschlichen Fehler mit

sich, da die Rotation manuell eingestellt und überprüft werden muss. Zudem muss für jeden einzelnen Datenpunkt der Auslöser am Smartphone getätigt werden, wodurch sich das Gerät in seiner Position und Richtung minimal verschieben kann.

Der Aufbau der Untersuchung des Rotationsparameters ist in Abbildung 34 skizziert.

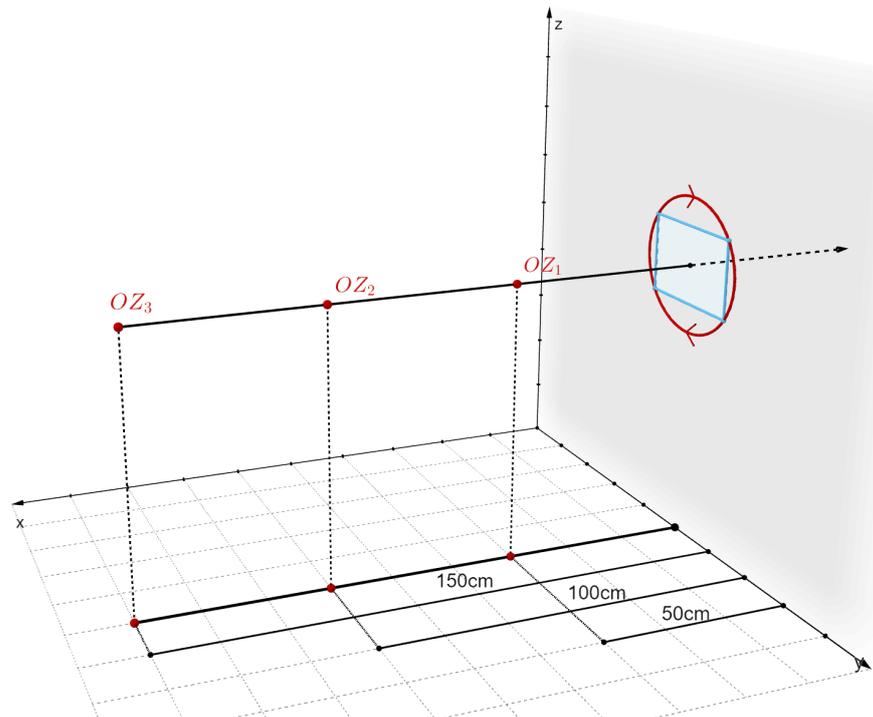


Abbildung 34.: Skizzierter Versuchsaufbau der Untersuchung des Rotationsparameters

#### 4.2.2. Ergebnisse aus dem Versuch

Die detaillierte Übersicht über die Entwicklung der Korrektheit aller Ergebnisse zeigen sich in den folgenden Abbildungen 35, 36 und 37 unterteilt nach den unterschiedlichen Distanzen. Eine tabellarische Übersicht aller erkannten Texte und die daraus berechnete Fehleranzahl, Fehlerdichte und Korrektheit für diesen Versuch befinden sich im Anhang A.1.

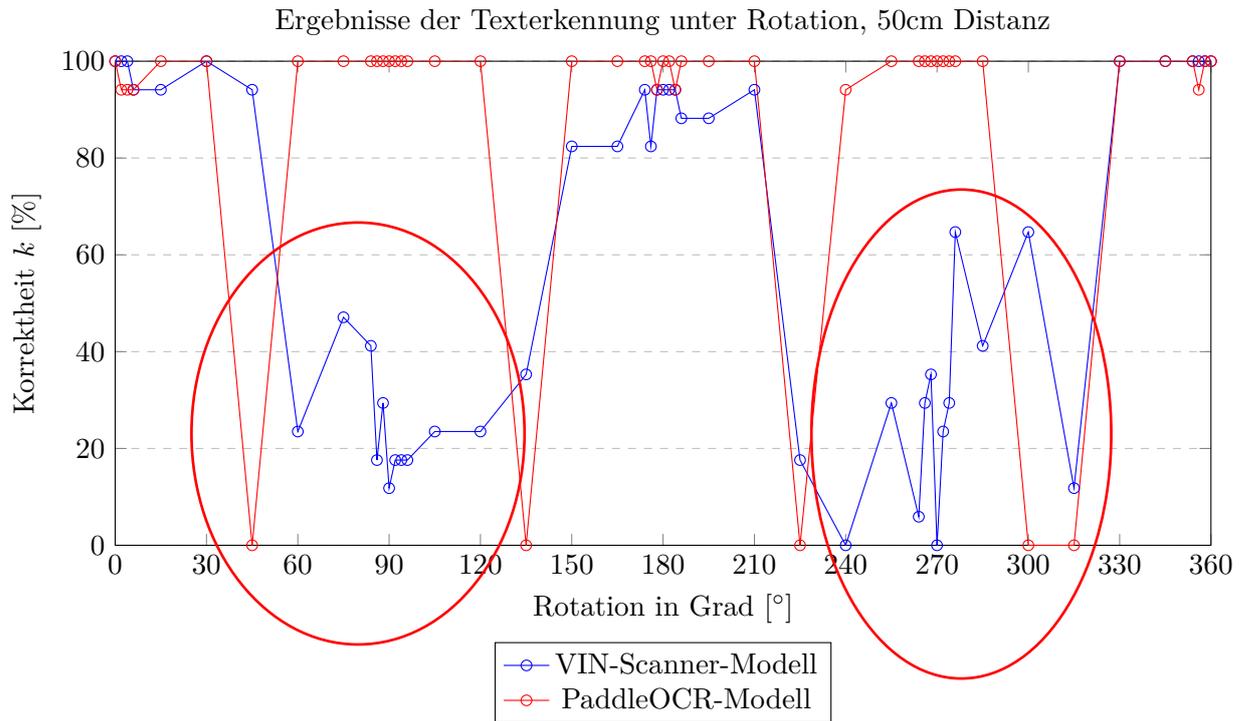


Abbildung 35.: Veränderung der Korrektheit bei Rotation des Kamera unter 50cm Distanz zum Text

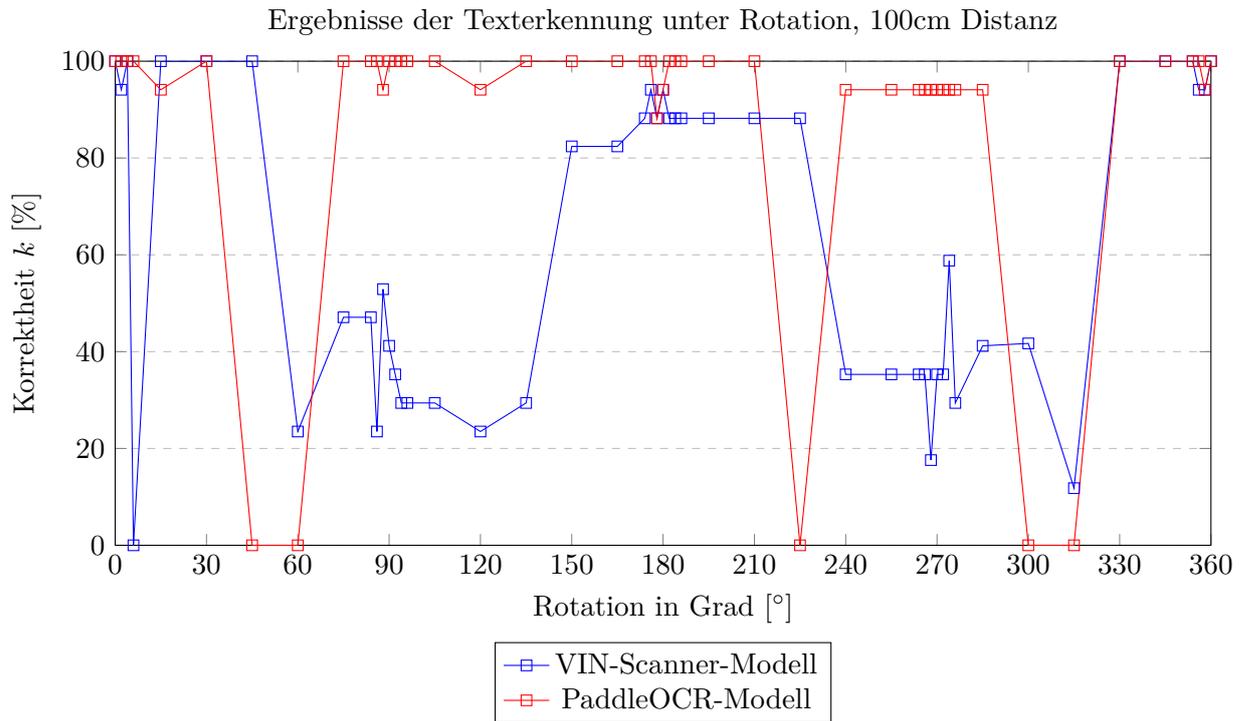


Abbildung 36.: Veränderung der Korrektheit bei Rotation des Kamera unter 100cm Distanz zum Text

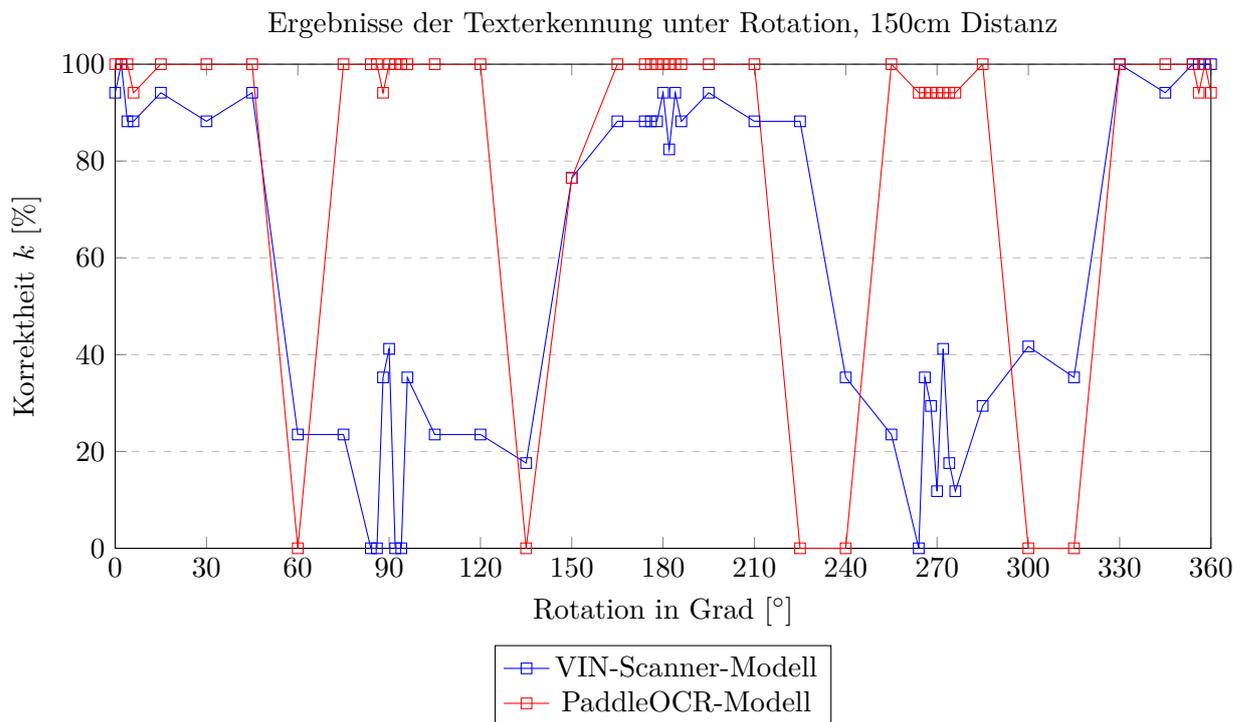


Abbildung 37.: Veränderung der Korrektheit bei Rotation des Kamera unter 150cm Distanz zum Text

### 4.2.3. Interpretation der Ergebnisse

#### Werden Texte in allen Rotationsformen weiterhin korrekt detektiert?

Bis auf zwei Fälle hat die Textdetektion des "VIN-Scanner-Modells" bei jedem untersuchten Rotationswinkel auf allen Distanzen weiterhin den Text erfolgreich erkannt. Die beiden Spezialfälle treten unter der Rotation von 240 Grad mit 50cm Entfernung zum Text und 6 Grad Rotation bei 100cm Entfernung im Text. Da die fehlerhafte Textdetektion zu unterschiedlichen Rotationswinkeln und Entfernungen auftritt, werden diese Fälle als Ausreißer betrachtet.

Außerdem ist zu bemerken, dass CRAFT bereits im Rahmen der Textdetektion den Text auf die Leserichtung rotiert, mit der die Leserichtung der detektierten Textboxen entweder 0, 90, 180 oder 270 Grad entspricht.

Die Textdetektion des "PaddleOCR-Modells" auf der anderen Seite misslingt fast durchgängig für die Betrachtung der 45 Grad Rotation in jedem Quadranten, demzufolge bei 45, 125, 225 und 345 Grad. Lediglich die Rotation um 125 Grad bei 100cm Entfernung verlief die Textdetektion erfolgreich. Daher ist von einem Defizit der Textdetektion dieses Modells in den aufgezählten Richtungen auszugehen.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass die Textdetektion der Modelle die Rotationsmarken am Rand des Papiers in einigen Fällen auch als "Text" erkannt hat. Da diese Rotationsmarken lediglich für

die Untersuchungen als Hilfestellungen eingeführt wurden, ist dies nicht als Qualitätsminderung zu bewerten.

**Hat die Rotation der Kamera einen Einfluss auf die Qualität der Texterkennung?  
Falls zutreffend wie stark ist dieser Einfluss auf die Qualität der Texterkennung?  
Ab welchem Grad beginnt bzw. endet die Einwirkung der Rotation?**

Das "*VIN-Scanner-Modell*" hat starke Einschränkung bei rotierten Texten in den Fällen, in denen die Leserichtung vertikal ist. Dies umfasst die Abschnitte 45-135 Grad und 225-315 Grad. Die Qualität der Texterkennung an den Grenzen sind abhängig davon, ob CRAFT den Text in eine horizontale oder vertikale Leserichtung rotiert. Innerhalb dieser Abschnitte schwankt die Korrektheit des erkannten Textes stark. Von 0%-70% bei 50cm Entfernung nimmt die obere Grenze mit zunehmender Distanz ab. Die Korrektheit sinkt bei vertikalen Textausrichtungen auf 10%-60% bei 100cm und maximal 40% Korrektheit bei 150cm Distanz zum Text.

Das "*PaddleOCR-Modell*" erkennt - sofern die Textdetektion die Zeichenkette identifizieren kann - zuverlässig den Text unabhängig der Rotation. Die resultierenden Texte enthielten bis auf einen Text mit zwei Fehlern alle maximal einen Fehler, die entweder die Verwechslung von "I" mit "|" oder einem zusätzlichen Leerzeichen vor dem korrekt erkannten Text waren.

### 4.3. Ausrichtung der optischen Achse im Bezug auf den Text

Die Ausrichtung der optischen Achse von optischen Zentrum  $OZ$  zum Mittelpunkt des Textes  $M_{Text}$  beeinflusst die Proportionen und Schärfe des abgebildeten Textes.

Die Position der optischen Zentrums im  $W$  in Abhängigkeit zu  $M_{Text}$  kann für einen gleichbleibenden Abstand durch die Kugelkoordinaten  $\theta$  und  $\varphi$  beschrieben werden.  $\theta$  beschreibt die horizontale Richtung und  $\varphi$  auf der anderen Seite die vertikale Richtung. Im optimalen Fall sind beide Winkel 90 Grad, so dass die optische Achse senkrecht auf der Textebene steht, dieser Punkt des idealen optischen Zentrums wird als  $OZ_0$  bezeichnet. Je weiter sich das optische Zentrum von  $OZ_0$  entfernt oder gleichermaßen je weiter  $\theta$  und/oder  $\varphi$  vom rechten Winkel abweichen, desto stärker ist der Einfluss der Ausrichtung auf die Qualität der Texterkennung.

Die unterschiedlichen Entfernungen vom optischen Zentrum auf die Textstellen bewirken eine perspektivische Verzerrung. Übertragen auf den Text des Bildes bedeutet eine Abweichung vom  $OZ_0$  die perspektivische Verzerrung des Textes, in der die Zeichen des Texts auch untereinander verschiedene Größen vorweisen. In Abbildung 38 mit horizontaler Abweichung in  $\theta \neq 90^\circ$  erscheinen die Zeichen zum Anfang des Texts gestaucht und die Zeichen am Ende des Texts gestreckt. Auch eine perspektivische Verzerrung in vertikaler Richtung  $\varphi \neq 90^\circ$  kann gleichermaßen auftreten und Einfluss auf den Text haben, jedoch deutlich weniger als bei horizontaler Verschiebung, da lediglich die Größe des Texts anstatt der Länge von der Verzeichnung betroffen ist.

Zudem staucht eine horizontale Verschiebung von  $OZ$  auch die Länge des abgebildeten Texts, sowie eine vertikale Verschiebung die Höhe des dargestellten Texts senkt.

Ein weiterer Effekt, den die Abweichung der Ausrichtung von  $OZ_0$  mit sich bringt, ist das Entstehen einer partiellen Unschärfe auf dem Bild (siehe Abbildung 38). Die Unschärfe wird durch die unterschiedlichen Entfernungen vom optischen Zentrum zu den einzelnen Textzeichen verursacht. Bei diesem Bild liegt der Fokus der Kamera auf die letzteren Zeichen des Texts, die eine kürzere Distanz zum optischen Zentrum haben, als die vorderen Zeichen. Aus diesem Grund erscheinen die Konturen der beginnenden Zeichen des Textes leicht verschwommener.

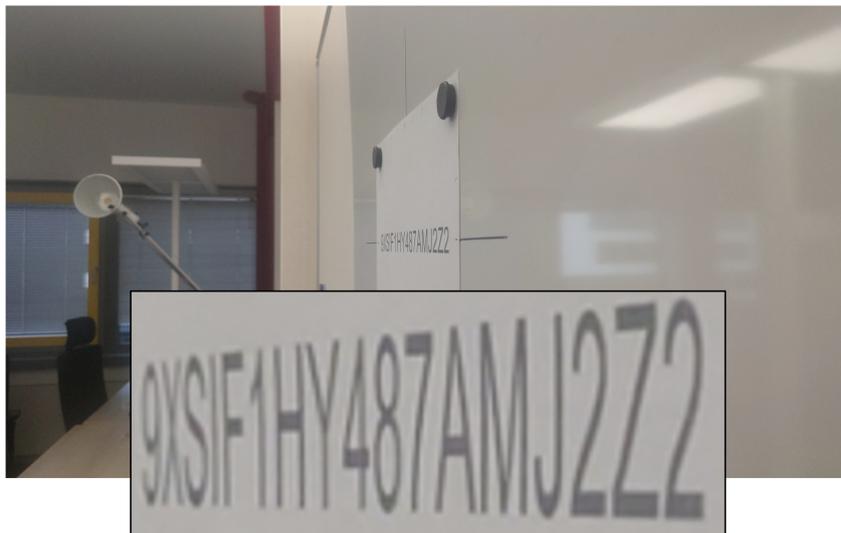


Abbildung 38.: Visualisierung des Texts bei einer horizontal weit entfernten Ausrichtung  $\theta > 90^\circ$

Da das optische Zentrum  $OZ$  jeden Punkt auf der Oberfläche der Kugel annehmen kann, können sowohl  $\theta$  als auch  $\varphi$  gleichzeitig  $\neq 90^\circ$  sein.

Das erwartete Verhalten ist, dass mit zunehmender Entfernung vom  $OZ_0$  die Qualität der Texterkennung abnimmt sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Dabei sind die Wirkungen bei unterschiedlichen Richtungen variabel, eine Verschiebung in horizontaler Richtung kann aufgrund der horizontalen Stauchung bei langen Texten einen höheren Einfluss haben, als eine gleichartige Verschiebung in vertikaler Richtung. Auch die Kombination der Verschiebung in beiden Richtungen soll überprüft werden.

Die Fragen, die mit dieser Untersuchung beantwortet werden sollen sind folgende:

- Verstärkt sich der Einfluss mit zunehmender Distanz?
- Gibt es Abweichungen, ab denen der Text nicht mehr erkannt wird?
- Gibt es einen Unterschied zwischen den Einflüssen der horizontalen und vertikalen Verschiebung des optischen Zentrums?

- Summiert sich der Einfluss der einzelnen Verschiebungen, wenn das optische Zentrum in horizontaler und vertikaler Richtung verschoben wird?

#### 4.3.1. Versuchsaufbau

Ziel dieser Untersuchung soll es sein, den Einfluss der Ausrichtung der Kamera auf die Qualität der Texterkennung isoliert zu untersuchen.

Dabei sollen sowohl die horizontale als auch die vertikale Verschiebung in beiden Richtungen getestet werden. Zudem sollen auch Datenpunkte für die Kombination beider Richtungen aufgenommen werden. Im Versuch wird dabei die Richtung, in der sich die Ausrichtung verändert, durch einen Winkel angegeben. Die Ausgangsrichtung ist die Veränderung der Ausrichtung nach rechts mit  $\theta > 90^\circ$ .

Für die Kombination bietet sich die Untersuchung eines einzelnen Quadranten in 15 Grad Schritten an. Die restlichen Quadranten werden in dieser Untersuchung vernachlässigt, da angenommen wird, dass eine ausgiebige Untersuchung eines einzelnen Quadranten annähernd die Ergebnisse der anderen Quadranten widerspiegelt. Die Sammlung der zu untersuchenden Ausrichtungen kann der Abbildung 39 entnommen werden.

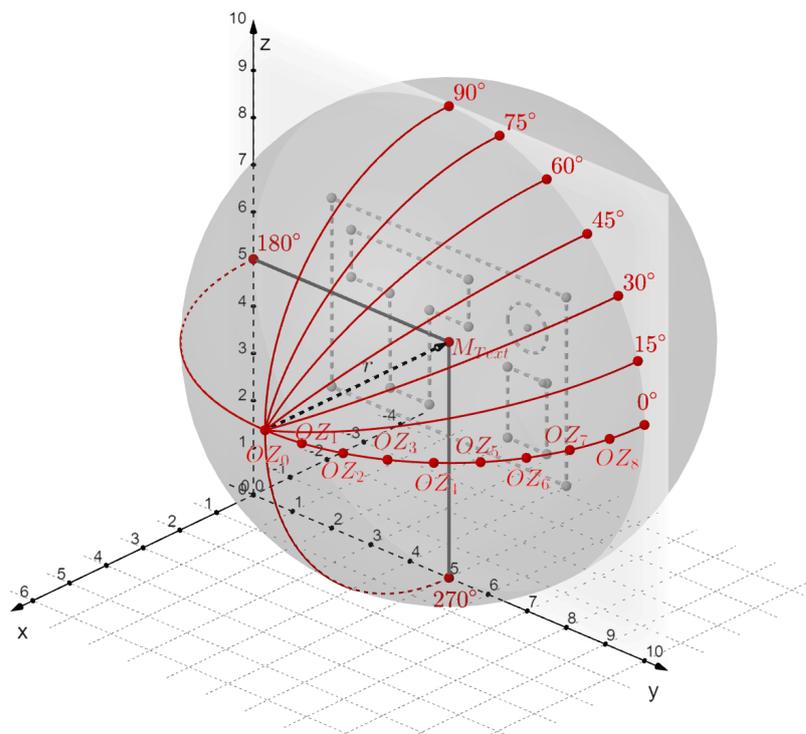


Abbildung 39.: Beschreiben der Veränderung der Richtung durch einen Winkel um  $OZ$

Die Datenpunkte einer einzelnen Richtung sind in einem Rahmen von 0-90 Grad möglich. Für die Untersuchung werden diese in 10 Grad Schritten untersucht bis zu einem Maximum von 80 Grad, da eine Untersuchung von 90 Grad physikalisch nicht möglich ist. Diese Datenpunkte sind für eine Richtung in Abbildung 39 für  $OZ_1$  bis  $OZ_8$  dargestellt.

Diese Untersuchung wird erneut für drei unterschiedliche Entfernungsstufen unternommen. Diese sind wie bereits bei dem Rotationsversuch 50cm, 100cm und 150cm.

Abseits der horizontalen Richtungen ist es nicht trivial, die Richtung über für alle Datenpunkt  $OZ_1$  bis  $OZ_8$  konstant zu halten. Um dennoch die optischen Zentren akkurat für alle Richtungen zu erzielen, bietet es sich an, die horizontale Bewegung auf den rotierten Text durchzuführen. Dementsprechend wird das Blatt erneut mit Rotationsmarken in 15 Grad Abständen versehen (siehe Abbildung 40). Somit bleibt die angestrebte Ausrichtung der Kamera erhalten, die gleichbleibende Distanz sowohl zum Text als auch zwischen den Datenpunkten kann gewährleistet werden. Die Bilder werden nach dem Preprocessing zurückrotiert, sodass der Text auf dem Bild der optimalen Leserichtung entspricht und lediglich der Effekt der unterschiedlichen Ausrichtung auf dem Bild widerspiegelt. Dieser Prozess wird beispielhaft in Abbildung 41 dargestellt.



Abbildung 40.: Basis der Untersuchungen mit der Zeichenkette "9XSIF1HY487AMJ2Z2" im A4 Format

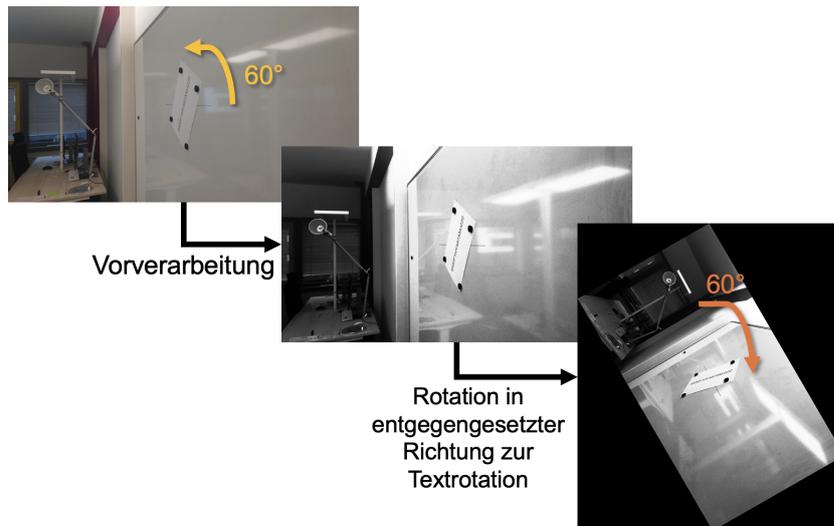


Abbildung 41.: Darstellung der Rotation in entgegengesetzter Richtung

Um die Abweichung vom optimalen Zentrum in den 10 Grad Schritten durchzuführen, wird die Kamera im Raum bewegt. Dafür werden am Boden Markierungen (siehe Abbildung 42) ausgemessen und abgesteckt. Die Kamera wird anhand dieser Markierungen positioniert und mit Hilfe des Rechtecks auf der Bildvorschau ausgerichtet.

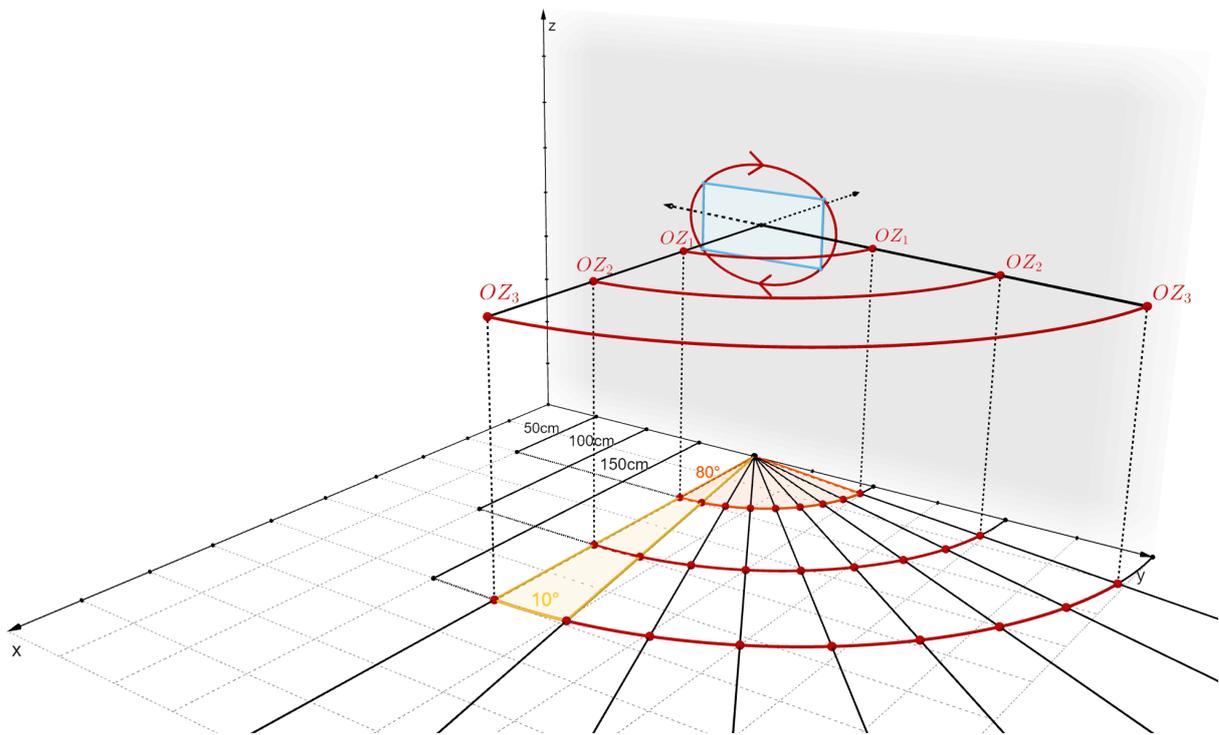


Abbildung 42.: Skizzierter Versuchsaufbau der Untersuchung der Orientierung

#### 4.3.2. Ergebnisse aus dem Versuch

Die folgenden Diagramme 43, 44, 45, 46, 47 und 48 stellen die Korrektheit für die Abweichung in alle definierten Richtung pro Modell und Distanz an. Die Farbe indiziert dabei die Korrektheit des Texterkennung.

Eine tabellarische Übersicht aller erkannten Texte und die daraus berechnete Fehleranzahl, Fehlerdichte und Korrektheit für diesen Versuch befinden sich im Anhang A.2.

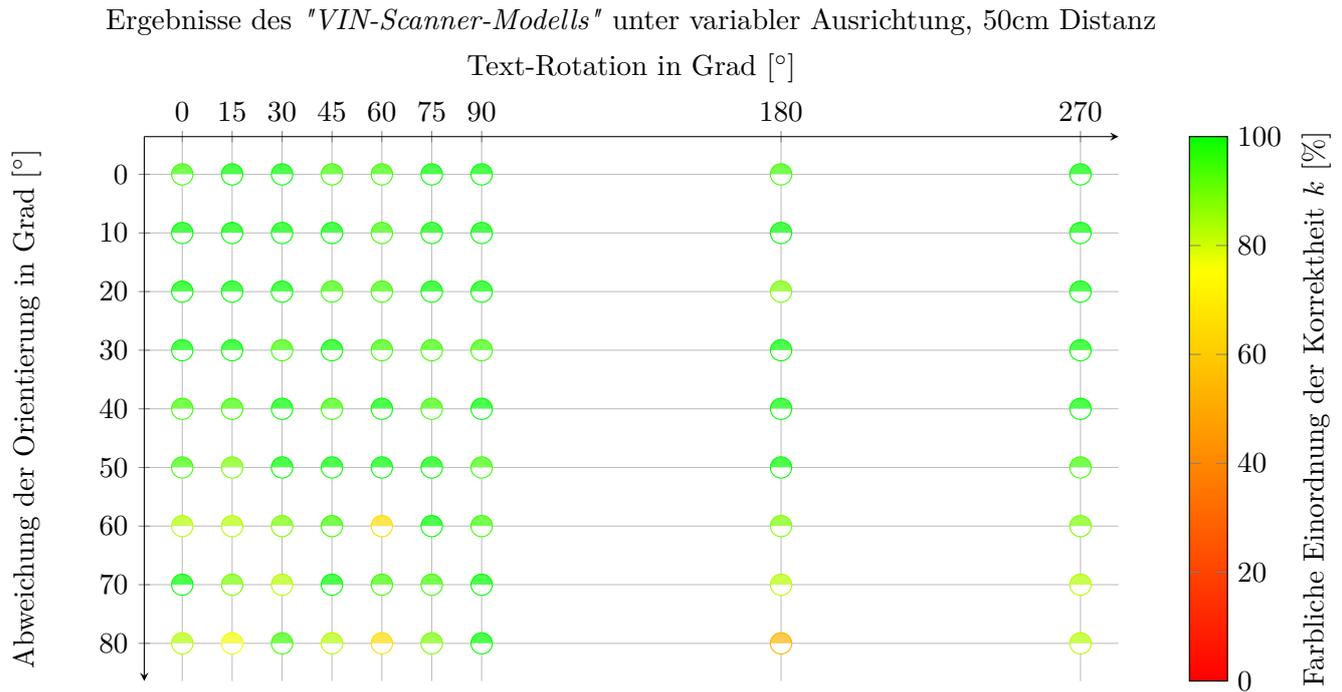


Abbildung 43.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 50cm Distanz beim "VIN-Scanner-Modell"

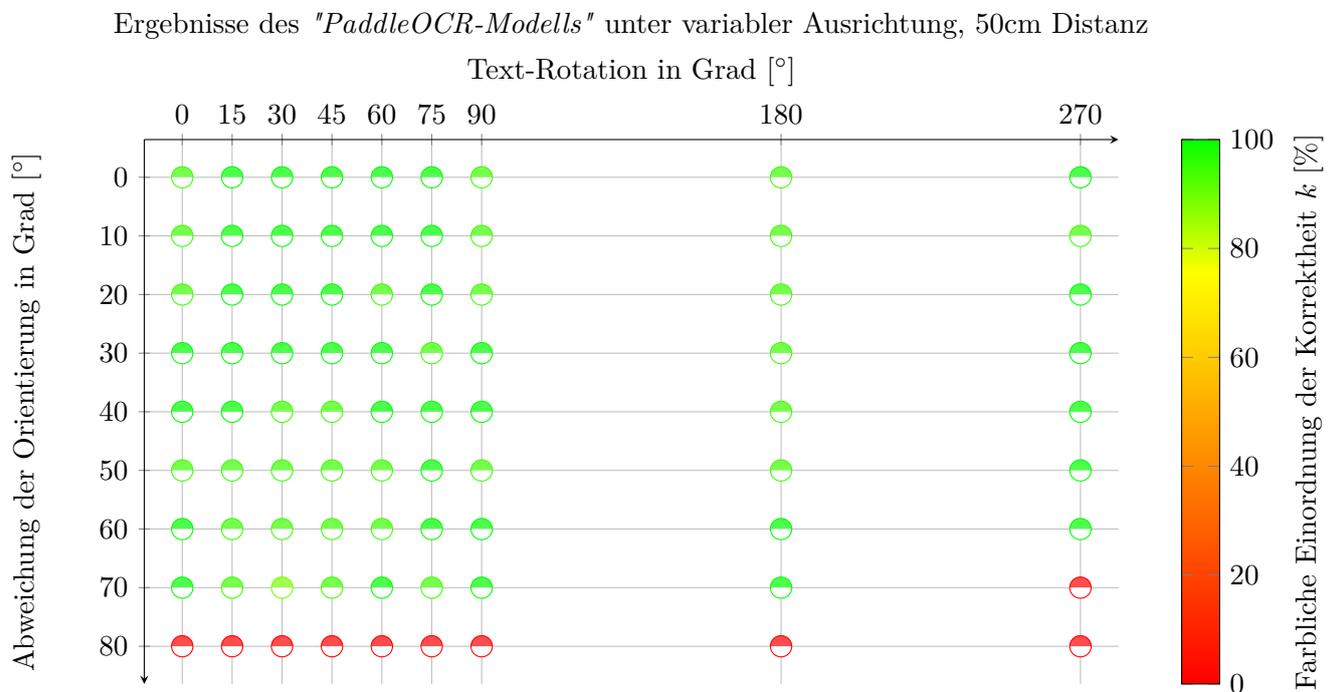


Abbildung 44.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 50cm Distanz beim "PaddleOCR-Modell"

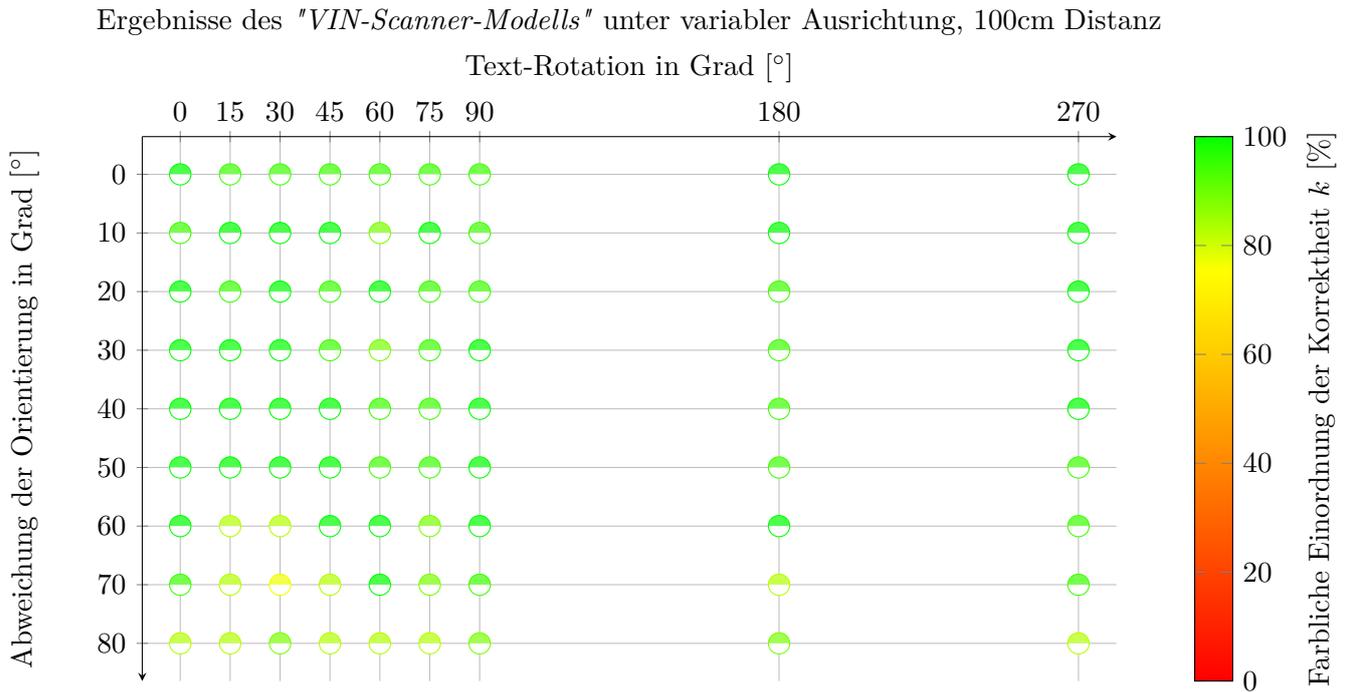


Abbildung 45.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 100cm Distanz beim "VIN-Scanner-Modell"

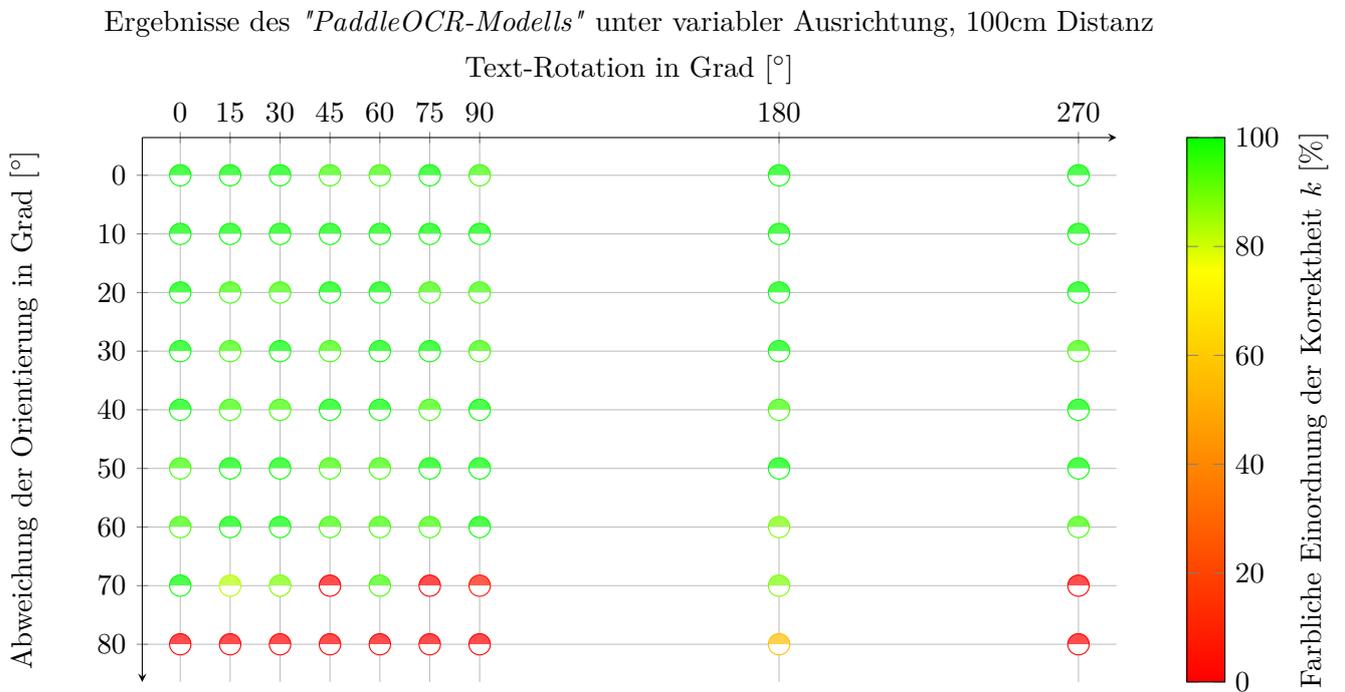


Abbildung 46.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 100cm Distanz beim "PaddleOCR-Modell"

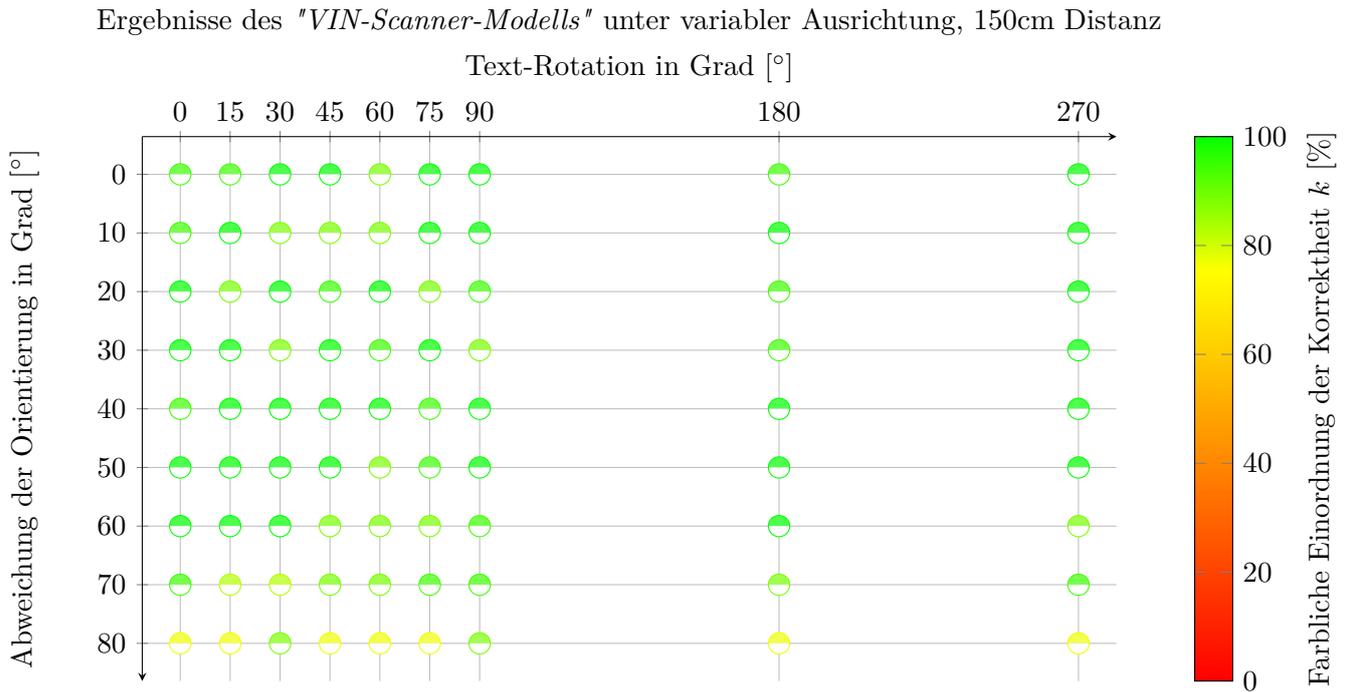


Abbildung 47.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 150cm Distanz beim "VIN-Scanner-Modell"

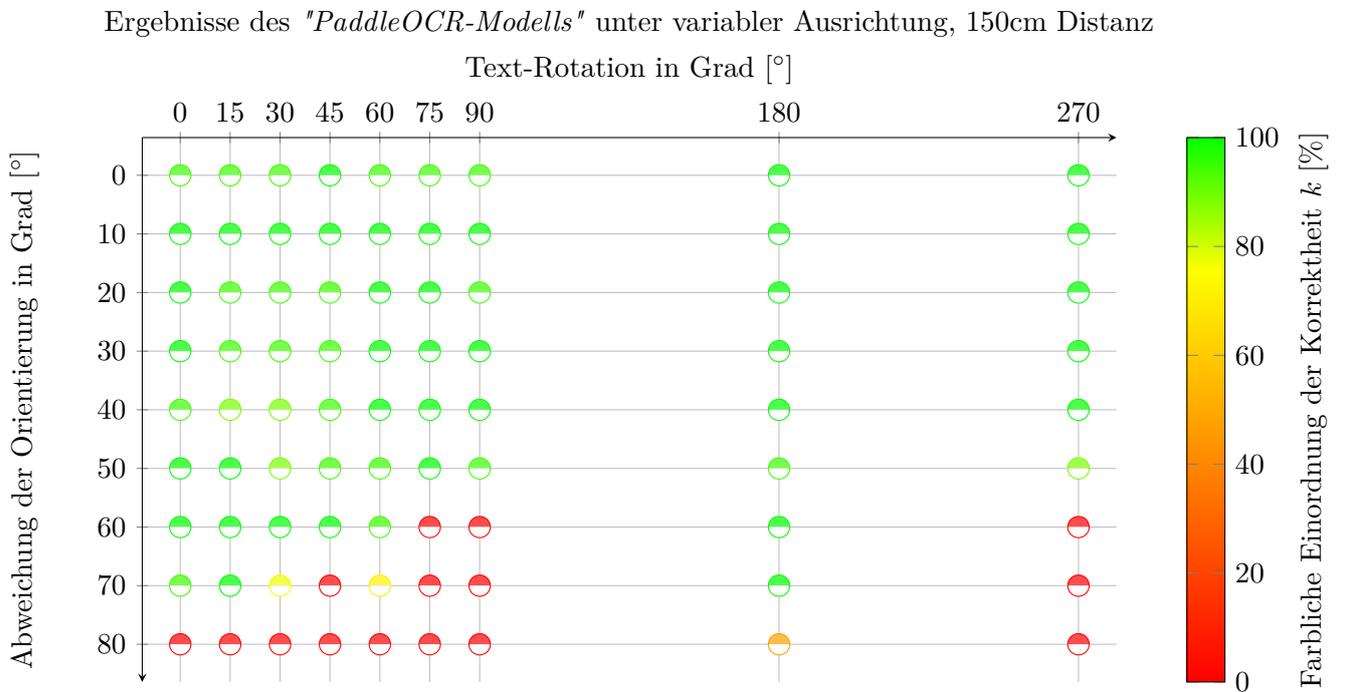


Abbildung 48.: Veränderung der Korrektheit in verschiedenen Richtungen und Abweichungen der Orientierung unter 150cm Distanz beim "PaddleOCR-Modell"

### 4.3.3. Interpretation der Ergebnisse

#### **Verstärkt sich der Einfluss mit zunehmender Distanz?**

Der Einfluss der Orientierungsabweichung auf die Qualität der Texterkennung nimmt unter Erhöhung der Distanz zum Text zu.

Deutlich erkennbar ist dieser Sachverhalt in dem *"PaddleOCR-Modell"*: Zunehmende Entfernung führt zum Fehlschlagen der Textdetektion bereits bei geringerer Abweichung. Die Resultate im Rahmen der niedrigen Abweichungen 0-60 Grad der Orientierung bleiben dennoch über die unterschiedlichen Distanzen nahezu gleich.

Das *"VIN-Scanner-Modell"* zeigt ebenso unterschiedliche Ergebnisse unter variabler Distanz auf, dennoch ist kein direkter Zusammenhang zwischen Erhöhung der Distanz und Abnahme der Korrektheit zu erkennen. Bei Betrachtung der durchschnittlichen Korrektheit unter der maximalen Abweichung von 80 Grad verändert sich die durchschnittliche Korrektheit von 80,4% auf 50cm Entfernung zu 84,3% auf 100cm Entfernung und fällt zuletzt auf durchschnittlich 79,1% Entfernung bei 150cm Distanz. Dennoch nimmt die Spannweite der Korrektheit mit zunehmender Entfernung ab: Während die Korrektheit bei 50cm Distanz zum Text Werte zwischen 52,9%-100% annimmt, reduziert sich diese Spannweite deutlich zu 82,4%-88,2% auf 100cm und 76,5%-88,2% auf 150cm.

#### **Gibt es Abweichungen, ab denen der Text nicht mehr erkannt wird?**

Diese Frage ist je nach Betrachtung des Modells unterschiedlich zu beantworten.

Das *"VIN-Scanner-Modell"* detektiert auch unter starker Abweichung vom optischen Zentrum ausnahmslos den Text. Auch die Texterkennung des Modells erzielt durchgängig mehr als 50% Korrektheit und durchschnittlich 81,3% unter allen erkannten Texten bei 80 Grad Abweichung. Dementsprechend ist diese Frage für das *"VIN-Scanner-Modell"* zu verneinen.

Auf der anderen Seite schlägt die Texterkennung des *"PaddleOCR-Modells"* besonders bei der 80 Grad Abweichung fast ausschließlich fehl. Lediglich bei der 180 Grad Rotation auf 100cm und 150cm Entfernung erkennt das Modell den Text mit einer Korrektheit von jeweils 58,8% und 47,1%. Bei 150cm Entfernung misslingt die Texterkennung teilweise bereits bei 60 Grad Abweichung, wie zum Beispiel bei der Rotation von 75 Grad.

#### **Gibt es einen Unterschied zwischen den Einflüssen der horizontalen und vertikalen Verschiebung des optischen Zentrums?**

Es sind Unterschiede in der Korrektheit zwischen der horizontalen und vertikalen Verschiebung der Ausrichtung zu erkennen.

Das *"VIN-Scanner-Modell"* erzielte bei vertikal gerichteter Abweichung minimal bessere Resultate als bei horizontal gerichteter Abweichung. Besonders starke Abweichungen von 60-80 Grad senken die Korrektheit auf bis zu ~80% gegenüber dem Minimum von 94% bei vertikaler Verschiebung. Dieser Sachverhalt nimmt unter größer werdender Distanz zum Text geringfügig zu. Das *"PaddleOCR-Modell"* weist das entgegengesetzte Phänomen auf. Bei diesem ist die Korrek-

theit bei geringer Abweichung vom idealen optischen Zentrum bis 50 Grad annähernd gleich und alle Texte enthalten maximal einen Fehler. Während bei 50cm Entfernung die Textdetektion bei 80 Grad Abweichung den verzerrten Text in beide Richtungen nicht mehr identifiziert, passiert dies bei 100cm Entfernung bei vertikaler Verschiebung bereits bei 70 Grad Abweichung und bei 150cm Entfernung schon bei 60 Grad Abweichung.

**Summiert sich der Einfluss der einzelnen Verschiebungen, wenn das optische Zentrum in horizontaler und vertikaler Richtung verschoben wird?**

Der Einfluss bei Verschiebung in horizontaler und vertikaler Richtung gleichzeitig summiert sich nicht, die Differenzen zwischen den beiden Ausrichtungen gleichen sich an.

Insbesondere das "*PaddleOCR-Modell*" deutet einen linearen Anstieg bei den Datenpunkten zwischen horizontaler und vertikaler Verschiebung an, indem die Datenpunkte, an denen die Textdetektion fehlschlägt, über die einzelnen Rotationsstufen zwischen 0 und 90 Grad Abweichung sich linear angleichen.

Bei dem "*VIN-Scanner-Modell*" kann aufgrund der geringen Unterschiede in der Korrektheit des Textes bei unterschiedlichen Richtungen keine logische Schlussfolgerung im Rahmen dieses Modells für die Summierung des Einflusses von horizontaler und vertikaler Richtung getroffen werden.

#### 4.4. Motion Blur

Bei einer Bewegung der Kamera während des Aufnahmezeitraums kann es zu Bewegungsunschärfe (Motion Blur) kommen, bei der Bildpunkte verwischt werden. Eine Verwischung von Bildpunkten um mehrere Pixel kann bereits dazu führen, dass die Features einzelner Textzeichen nicht mehr zuverlässig erkannt werden können.

Die Bewegungsunschärfe kann sowohl linear als auch radial auftreten wird in dieser Untersuchung aber nur in ihrer linearen Form modelliert und untersucht. Diese Bewegung kann durch einen Vektor  $v$  dargestellt werden, der die Bewegung der Kamera von der Ausgangsposition zu der Endposition während des Belichtungszeitraums beschreibt.

Der Betrag des Vektors  $v$   $|v|$  gibt dabei Auskunft über die Strecke, die während der Aufnahme zurückgelegt wurde. Je höher  $|v|$  ist, desto stärker ist der Effekt des Motion Blurs auf dem Bild. Selbiges gilt für den Aufnahmezeitraum: Wird die Kamera mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt, verstärkt sich die Bewegungsunschärfe je länger der Aufnahmezeitraum ist.

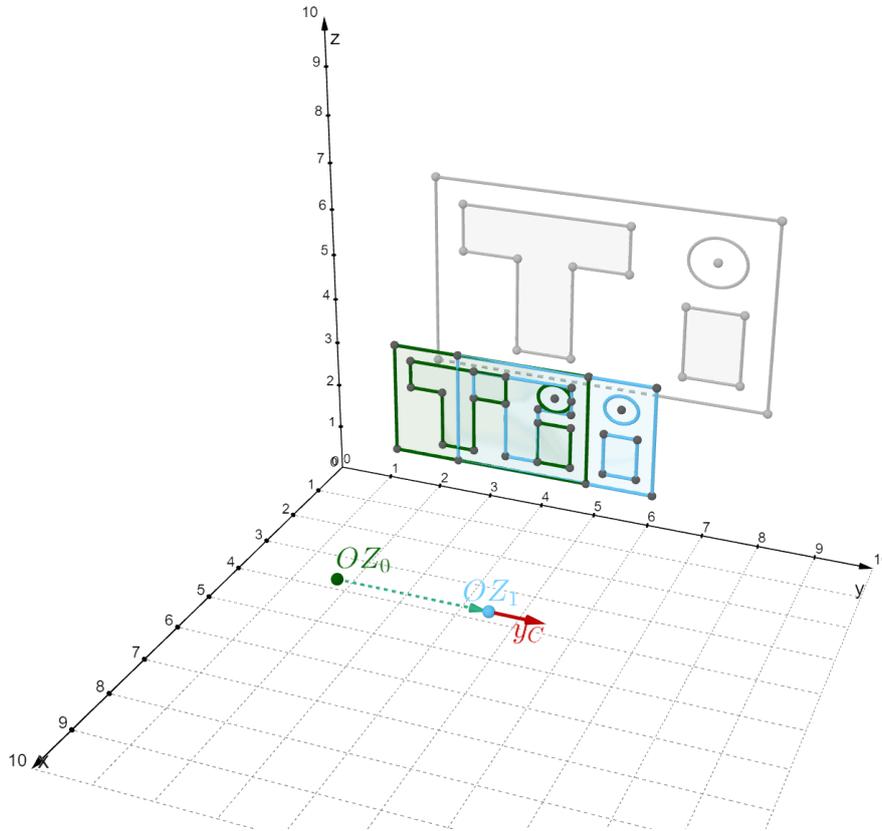


Abbildung 49.: Modellierung des Motion Blurs bei Bewegung von  $OZ_0$  zu  $OZ_1$  während der Belichtungszeit

In dem lokalen Bildkoordinatensystem wird bei der Bewegung die Lichtenergie für ein Pixel auf mehrere Pixel entlang von  $v$  aufgeteilt, so dass die Konturen der Zeichen nicht mehr klar erkennbar, sondern verschwommen erscheinen[22].

Die Richtung von  $v$  ist dabei relevant für den Effekt auf die Texterkennung. Eine horizontale Bewegung lässt vertikale Linien umgeben vom Hintergrund stärker verwaschen als horizontale Linien, die bei der Bewegung ihren Charakter außerhalb der Linienenden erhalten. Die Abbildung 50 verdeutlicht diesen Sachverhalt am Buchstaben "E".

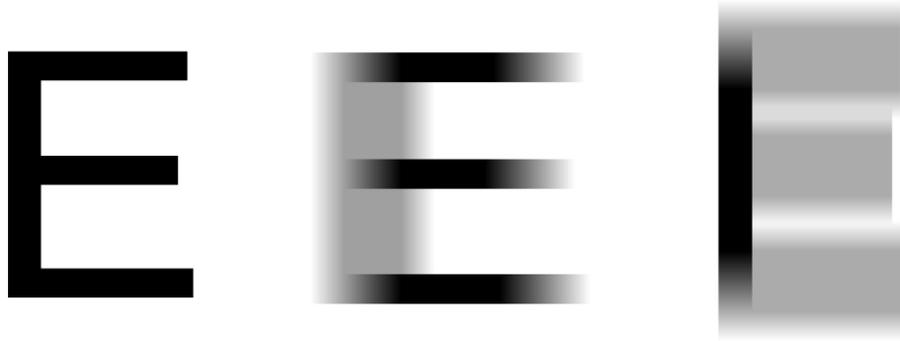


Abbildung 50.: Einfluss der Richtung der Bewegungsunschärfe bei gleichbleibender Intensität

Das erwartete Verhalten ist, dass die Texterkennung umso schlechter wird, je stärker die Bewegung durch die Bewegungsunschärfe ist. Zudem sei bei sehr schneller Bewegung der Kamera die Texterkennung nicht mehr möglich.

Die Fragen, die mit dieser Untersuchung beantwortet werden sollen sind folgende:

- Ab welchem Grad der Bewegungsunschärfe ist die Textdetektion nicht mehr möglich?
- Ab welcher Intensität der Bewegungsunschärfe treten Fehler in der Texterkennung auf?
- Gibt es Unterschiede bei unterschiedlicher Richtung aber gleicher Intensität der Bewegungsunschärfe?

#### 4.4.1. Versuchsaufbau

Mit dieser Untersuchung soll der Einfluss von Motion Blur auf die Qualität der Texterkennung isoliert betrachtet werden.

Dafür müssen unterschiedliche Richtungen des Motion Blurs auf mehreren Intensitätsstufen aufgenommen werden.

Für die Richtungen wird sowohl die horizontale als auch die vertikale Richtung überprüft, sowie mehrere Kombinationen innerhalb eines einzelnen Quadranten in 15 Grad Schritten. Insgesamt wird - die horizontale Bewegung nach rechts als Ausgangsposition betrachtet - die Richtung des Motion Blurs in 0, 15, 30, 45, 60, 75 und 90 Grad untersucht, wobei 90 Grad der vertikalen Bewegung nach oben entspricht.

Eine quantitative Untersuchung mit festgelegten Geschwindigkeiten ist durch das Fehlen einer Geschwindigkeitsmessung mit dem Smartphone nicht möglich. Demnach wird die Stärke des Motion Blurs durch Intensitätsstufen beschrieben. Die unterschiedlichen Intensitätsstufen erstrecken sich innerhalb des Spektrums vom Minimum "keine Bewegung" bis zu dem Maximum "unleserlich". Die Stufen des Spektrums können von 0 (Minimum) bis einschließlich 5 (Max-

imum) beschrieben werden, wobei die Intensität der Bewegungsunschärfe mit jeder Stufe zunimmt.

Um die Bewegungsunschärfe auf dem Bild zu erzeugen, muss die Kamera mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Raum bewegt werden. Ähnlich der Untersuchung der Orientierung wird die Kamera dabei nur auf einer horizontalen Linie bewegt und der Text rotiert, um die unterschiedlichen Richtungen zu simulieren bei gleichbleibender Genauigkeit der Bewegung.

Eine mögliche Fehlerquelle stellt dabei die Geschwindigkeit dar, die sowohl während einer einzelnen Aufnahme, als auch bei unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten nicht exakt beibehalten werden kann. Dies ist als menschlicher Fehler zu kategorisieren. Aus diesem Grund bietet es sich an, für die gleichen Geschwindigkeitsstufen mehrere Testbilder zu erstellen, um gleiche Intensitäten gruppieren zu können und die Aussagekraft des Einflusses der Geschwindigkeit zu erhöhen. Diese Kategorisierung auf die Intensitätsstufen 0-5 kann der Abbildung 51 entnommen werden.

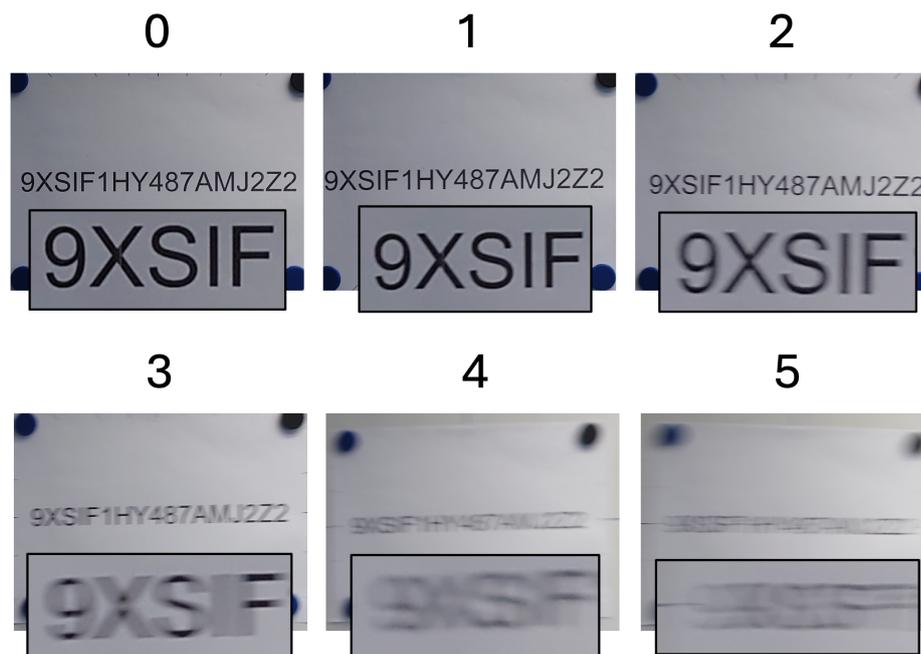


Abbildung 51.: Vergleich der unterschiedlichen Intensitätsstufen des Motion Blurs

Die Richtung der Bewegung sollte möglichst parallel zur Bild- bzw. Textebene sein, um perspektivische Verzerrung auszuschließen. Die vorgegebene Richtung, in die die Kamera parallel zur Wand bewegt wird, soll dazu auf dem Boden gekennzeichnet werden.

Während der Aufnahme sollte das optische Zentrum möglichst nah am idealen Punkt liegen - senkrecht zum Mittelpunkt des Texts. Dieser wird auf dem Bild und der Kamera markiert, so

dass der Auslöser möglichst im selben Moment gedrückt wird, wie der Mittelpunkt während der Bewegung übereinstimmt.

Eine Skizze des Versuchsaufbaus visualisiert die Abbildung 52.

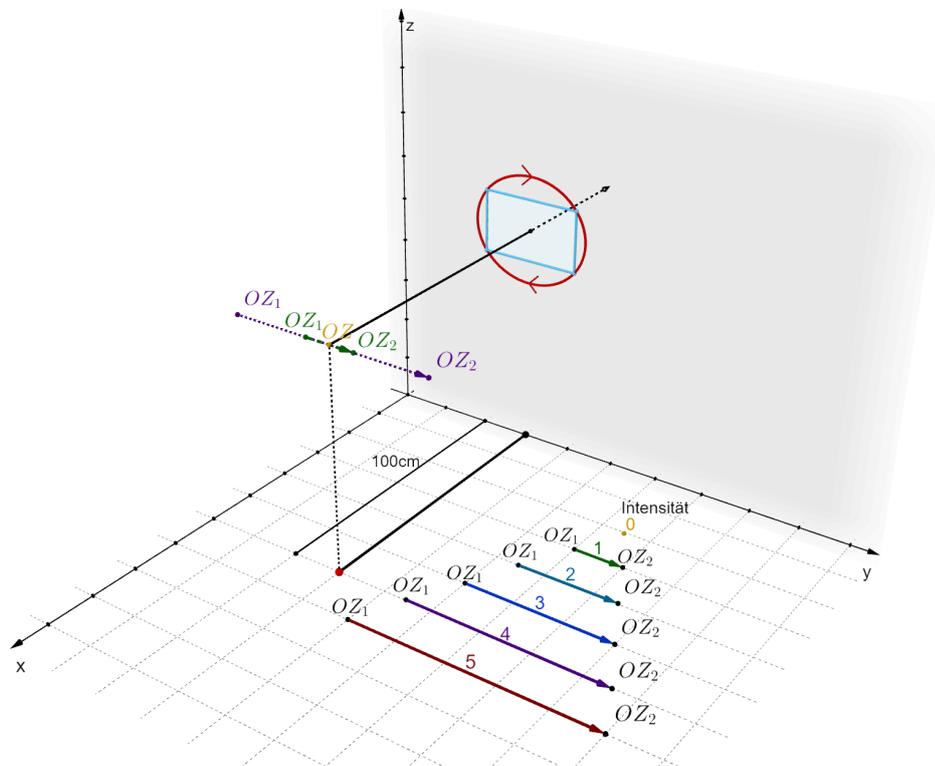


Abbildung 52.: Skizzierter Versuchsaufbau der Untersuchung der Bewegungsunschärfe

#### 4.4.2. Ergebnisse aus dem Versuch

Die folgenden Diagramme 53, 54, 55, 56, 57, 58 und 59 stellen die Korrektheit für die Abweichung in alle definierten Richtung pro Modell und Distanz an. Die Farbe indiziert dabei die Korrektheit des Texterkennung.

Eine tabellarische Übersicht aller erkannten Texte und die daraus berechnete Fehleranzahl, Fehlerdichte und Korrektheit für diesen Versuch befinden sich im Anhang A.3.

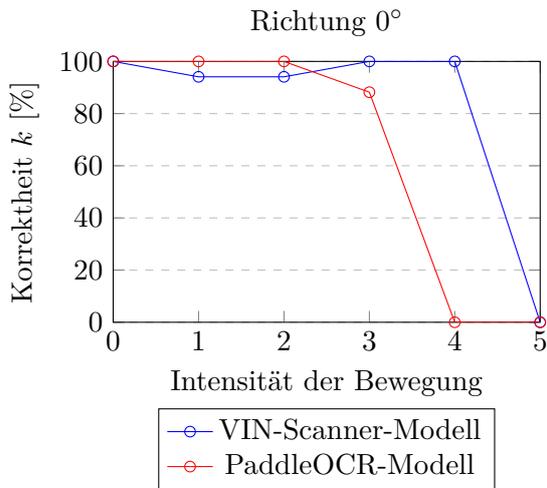


Abbildung 53.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 0° (horizontaler) Richtung

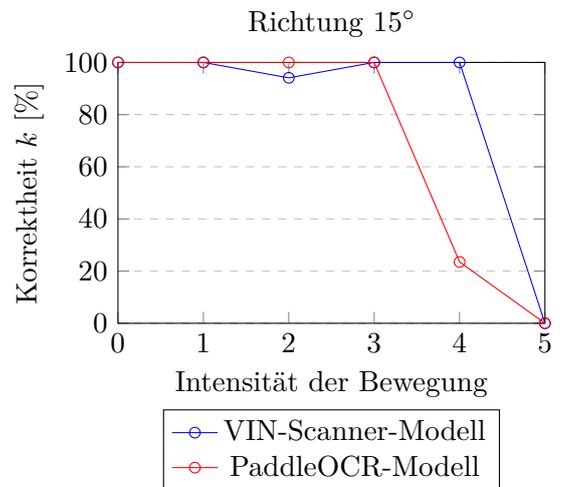


Abbildung 54.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 15° Richtung

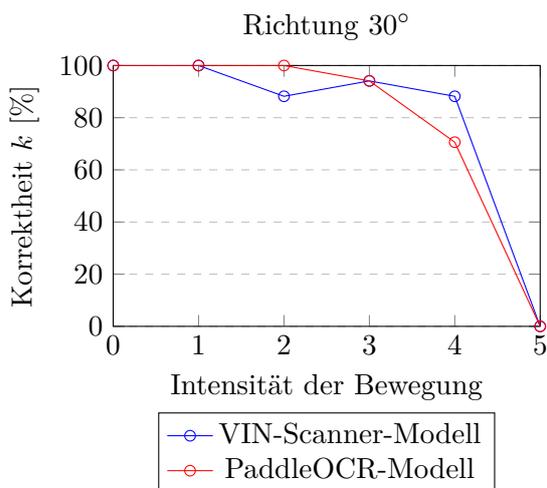


Abbildung 55.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 30° Richtung

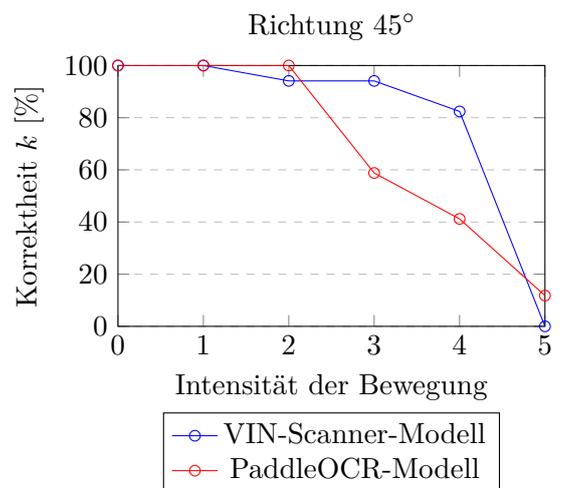


Abbildung 56.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 45° Richtung

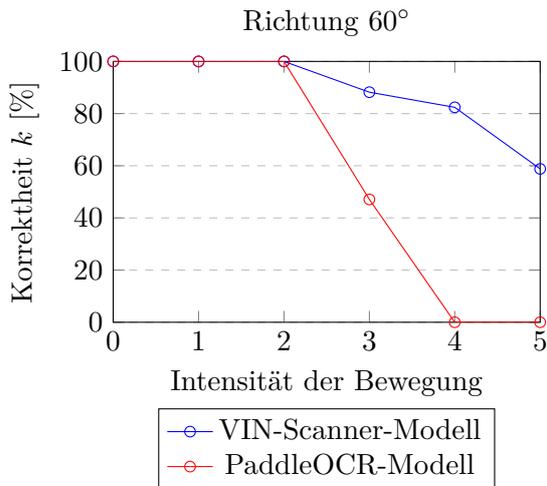


Abbildung 57.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 60° Richtung

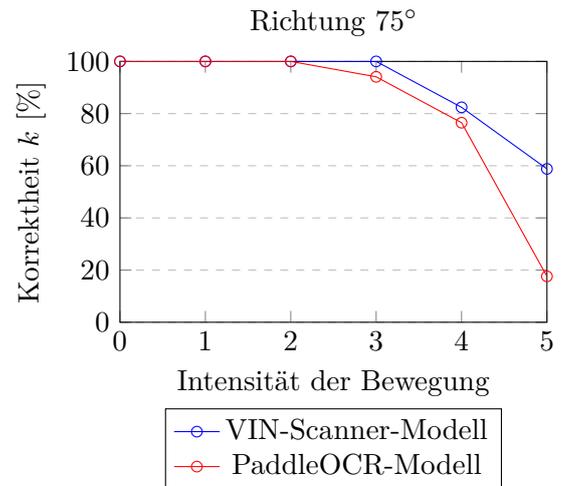


Abbildung 58.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 75° Richtung

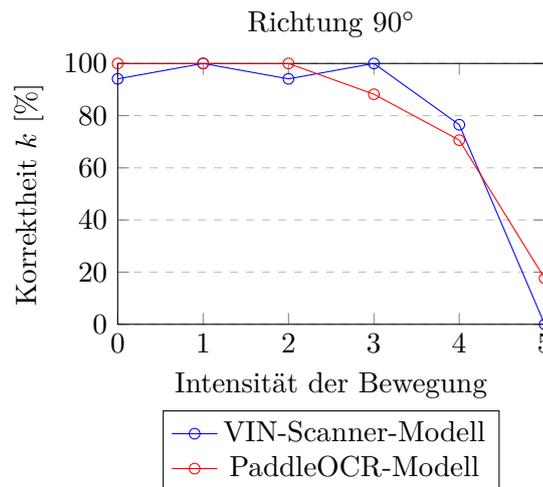


Abbildung 59.: Veränderung der Korrektheit bei Bewegungsunschärfe in 90° (vertikaler) Richtung

#### 4.4.3. Interpretation der Ergebnisse

##### Ab welchem Grad der Bewegungsunschärfe ist die Textdetektion nicht mehr möglich?

Bei einer Bewegung der Intensität 5 misslingt die Textdetektion häufig, vor allem bei der Bewegungsunschärfe mit hohem horizontalen Richtungsanteil, sowohl beim "VIN-Scanner-Modell", als auch beim "Paddle-OCR-Modell". Die Textdetektion des letzteren misslingt dabei zudem

zweifach bei Intensität 4, unter den Richtungen 0 und 60 Grad.

**Ab welcher Intensität der Bewegungsunschärfe treten Fehler in der Texterkennung auf?**

Die Texterkennung ist selbst ohne Bewegung nicht vollkommen fehlerfrei.

Das *"VIN-Scanner-Modell"* hatte jeweils einen Fehler bei den Intensitäten 0 und 1. Zudem war die Texterkennung des *"VIN-Scanner-Modells"* fünfmal bei der Intensität 2 fehlerhaft, wenn auch nur geringfügig mit einer minimalen Korrektheit von 88,2%. Ähnliches Verhalten tritt bei den Intensitäten 3 und 4 auf, die bei diesem Modell sporadisch über alle Richtungen Fehler erzeugen, die minimale Korrektheit besteht dennoch mit >80%.

Das *"PaddleOCR-Modell"* auf der anderen Seite ist vollumfänglich akkurat bei Bewegungen der Intensität 0-2 und fällt bei steigenden Intensitäten stetig ab - ausgenommen der Intensität 3 in Richtung 15 Grad, bei welcher der erkannte Text korrekt bleibt.

**Gibt es Unterschiede bei unterschiedlicher Richtung aber gleicher Intensität der Bewegungsunschärfe?**

Die Versuchsergebnisse legen nahe, dass die Richtung die Korrektheit der Texterkennung bei gleichbleibender Intensität beeinflusst.

Insbesondere in der Intensitätsstufe 5 funktioniert ab einer Richtung von 45 Grad die Textdetektion bei mindestens einem der beiden Modelle. Bis einschließlich 30 Grad Richtung misslingt die Textdetektion beider Modelle. Zudem ist auch die Korrektheit der erkannten Texte in den Richtungen 60 und 75 Grad am höchsten, sodass das *"VIN-Scanner-Modell"* bei der höchsten Intensität der Bewegung beinahe 60% Korrektheit erreicht. Zudem erzielt das *"PaddleOCR-Modell"* das höchste Ergebnis dieses Modells 17,6% bei der Intensität 5 unter den Richtungen 75 und 90 Grad.

## 5. Lösungsansätze/Implementation

In dem folgenden Kapitel werden mögliche Lösungsansätze für die zuvor untersuchten Parameter ermittelt und bewertet. Zudem soll die Effektivität des Lösungsansatzes auf die Datenpunkte der Untersuchungen betrachtet werden.

### 5.1. Korrektur der Rotation

Die Texterkennung versagte bei der Untersuchung der Rotation sowohl für alle Datenpunkte mit vertikaler Leserichtung des Textes, als auch im speziellen für die Winkel 45, 135, 225 und 315 Grad.

Zur Korrektur rotierter Texte wird dazu die Richtung der tatsächlichen Leserichtung benötigt, um den Winkel  $\alpha$  zwischen dieser und der idealen Leserichtung zu bestimmen (siehe Abbildung 60).

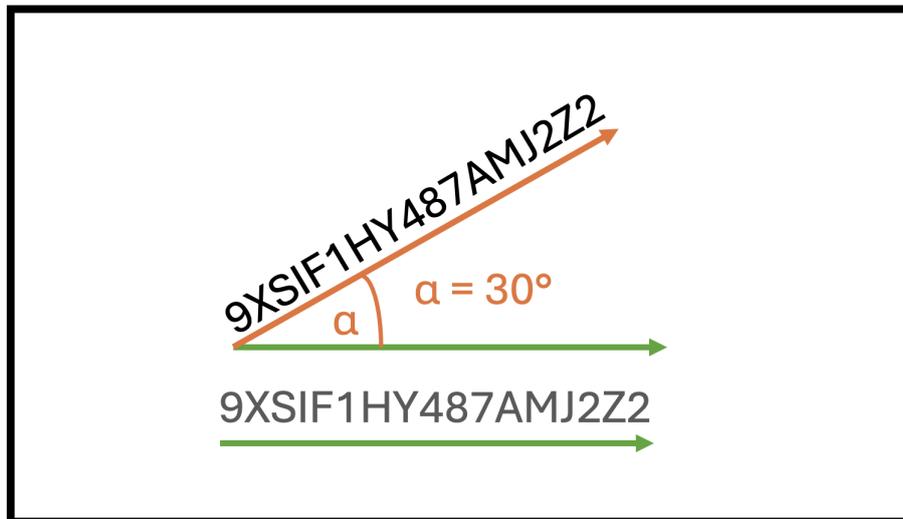


Abbildung 60.: Winkel der Rotation zwischen der Leserichtung des Texts und der idealen Leserichtung

Um die Leserichtung des Textes wieder mit der idealen Leserichtung abzugleichen, muss das Bild um den negativen Wert von  $\alpha$  rotiert werden. Dieser gesuchte Winkel zur Korrektur der Rotation wird als  $\theta$  mit  $\theta = -\alpha$  bezeichnet.

Um die Textrichtung zu ermitteln, kann die Canny Edge Detection und eine darauffolgende Hough Transformation durchgeführt werden. Diese Transformation wird verwendet, um Linien in einem Bild sichtbar zu machen. Abhängig davon, wie oft Linien mit gleichem Winkel auftreten, kann daraus die Leserichtung des Texts abgeleitet werden[6]. Das Ergebnis dieses Ablaufs illustriert die Abbildung 61, in welcher die Leserichtung  $\alpha = 3^\circ$  und dementsprechend

$\theta = -3^\circ$  ist.

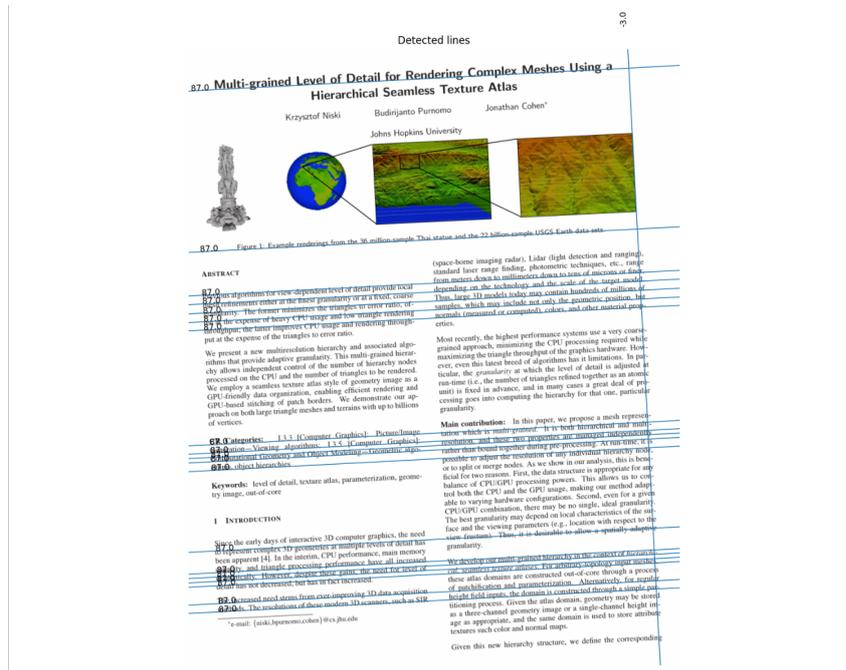


Abbildung 61.: Ergebnis der erkannten Linien der Hough Transformation mit Winkel

Die Korrektur des rotierten Textes erfolgt noch vor der Textdetektion, da dort das Bild noch genügend Informationen für die Rotationsanalyse aufweist. Der erweiterte Ablauf ist in Abbildung 62 illustriert.

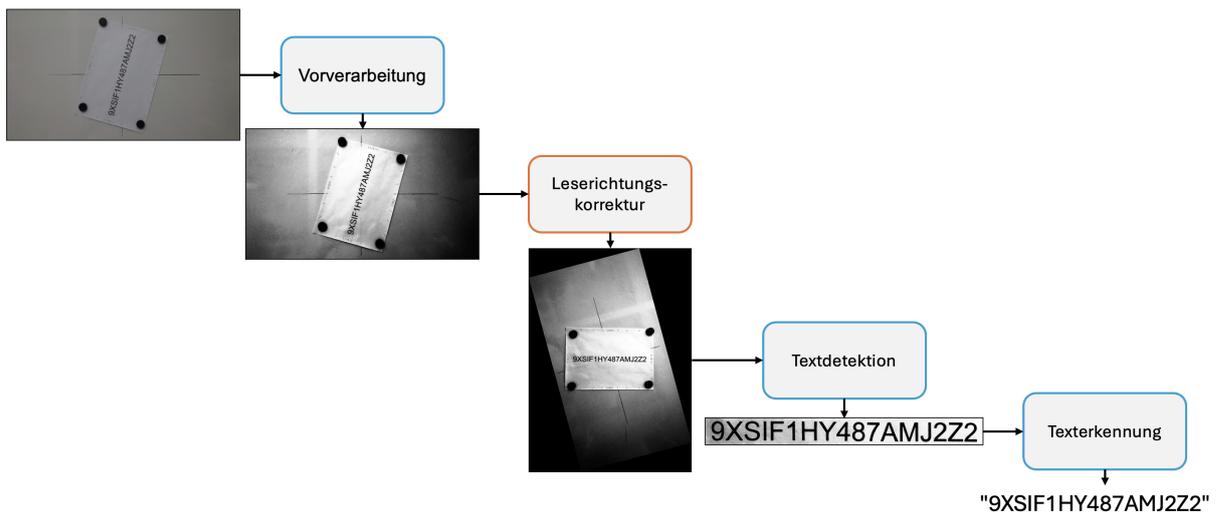


Abbildung 62.: Erweiterter Ablauf des OCR-Prozesses mit der Korrektur der Rotation anhand der Leserichtung

Für die Durchführung der Rotationsbestimmung wird die Python Library `deskew`[6] verwendet.

```
image = cv2.imread(image_file)
grayscale = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
angle = determine_skew(grayscale, angle_pm_90=True)
```

Die Funktion `determine_skew(image)` gibt ohne zusätzliche Parameter eine Zahl zwischen -45 und +45 zurück, der die Rotation um jene Gradzahl zur Wiederherstellung der Textrichtung auf 0, 90, 180 oder 270 Grad widerspiegelt. Da die Textrichtungen 90 und 270 Grad beim "VIN-Scanner-Modell" zu fehlerhaften Ergebnissen führen, wird der optionale Parameter `angle_pm_90` auf `True` gesetzt, damit die Funktionen eine Zahl zwischen -90 und +90 zurückliefert, wodurch die Textrichtung auf 0 und 180 Grad beschränkt wird.

Das Endresultat in der Variable `angle` beträgt den Wert, um den das Bild nachfolgend zurückgedreht werden kann. Dies wird mit Hilfe von OpenCV realisiert. Dieser Vorgang wird beispielhaft in Abbildung 63 illustriert.

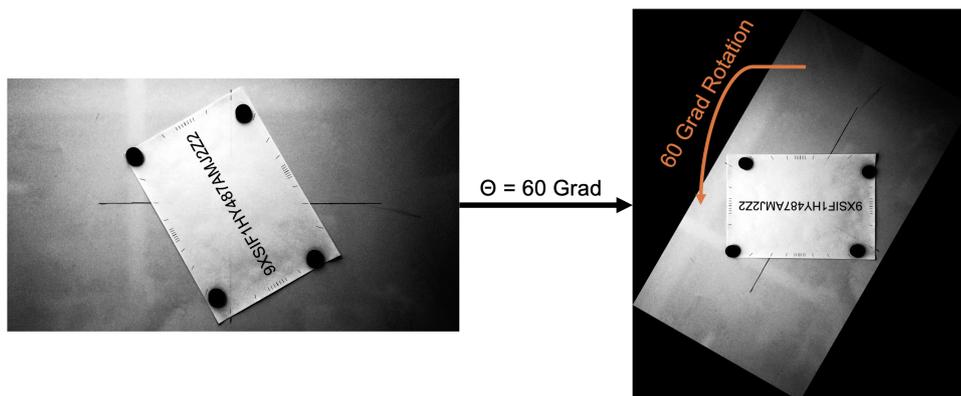


Abbildung 63.: Korrektur der Rotation bei der Rotation um 120 Grad und 50cm Entfernung zu einer Gesamtrotation von 180 Grad

### 5.1.1. Ergebnisse der Korrektur der Rotation mit automatisierter Erkennung der Leserichtung

Die Ergebnisse für die korrigierten Bilder befinden sich in den Abbildungen 64, 65 und 66. Die von der Korrektur erhaltenen Rotationen und die Ergebnisse der Texterkennung befinden sich im Anhang B.1.

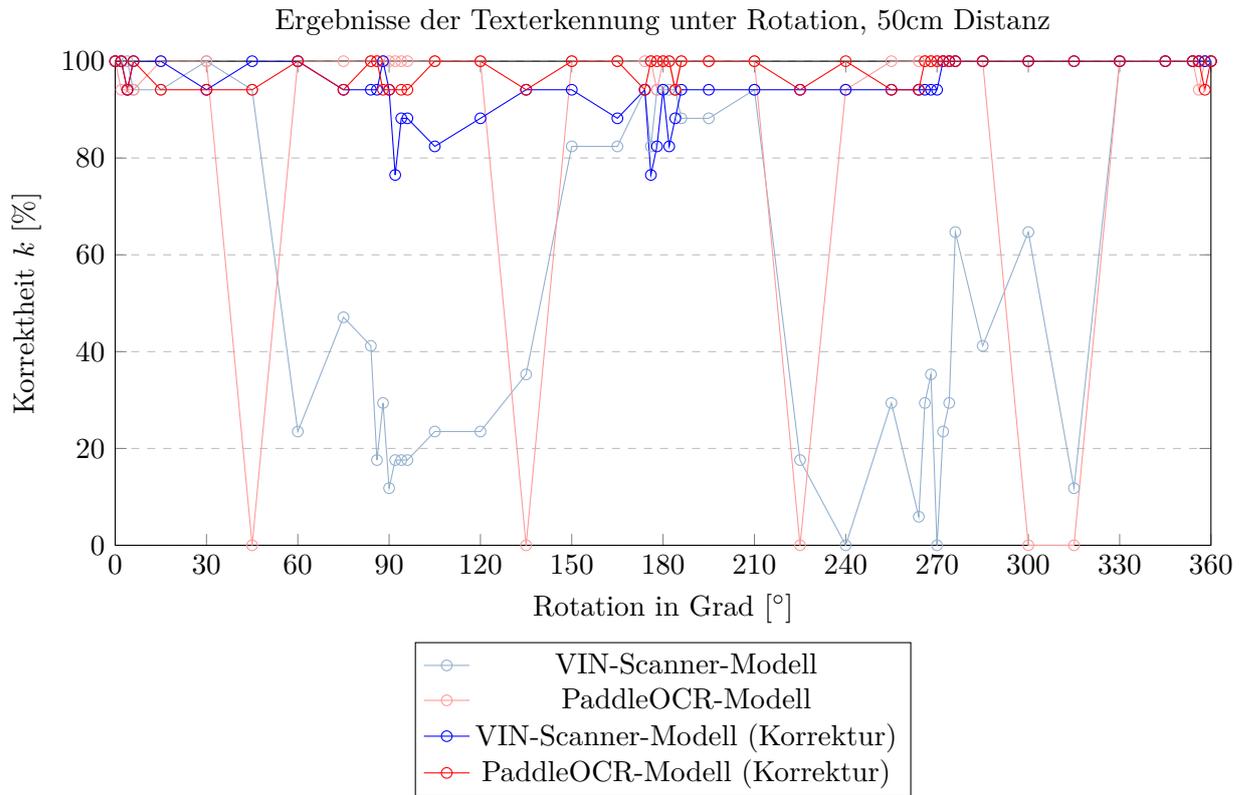


Abbildung 64.: Veränderung der Korrektheit bei der korrigierten Rotation des Kamera unter 50cm Distanz zum Text

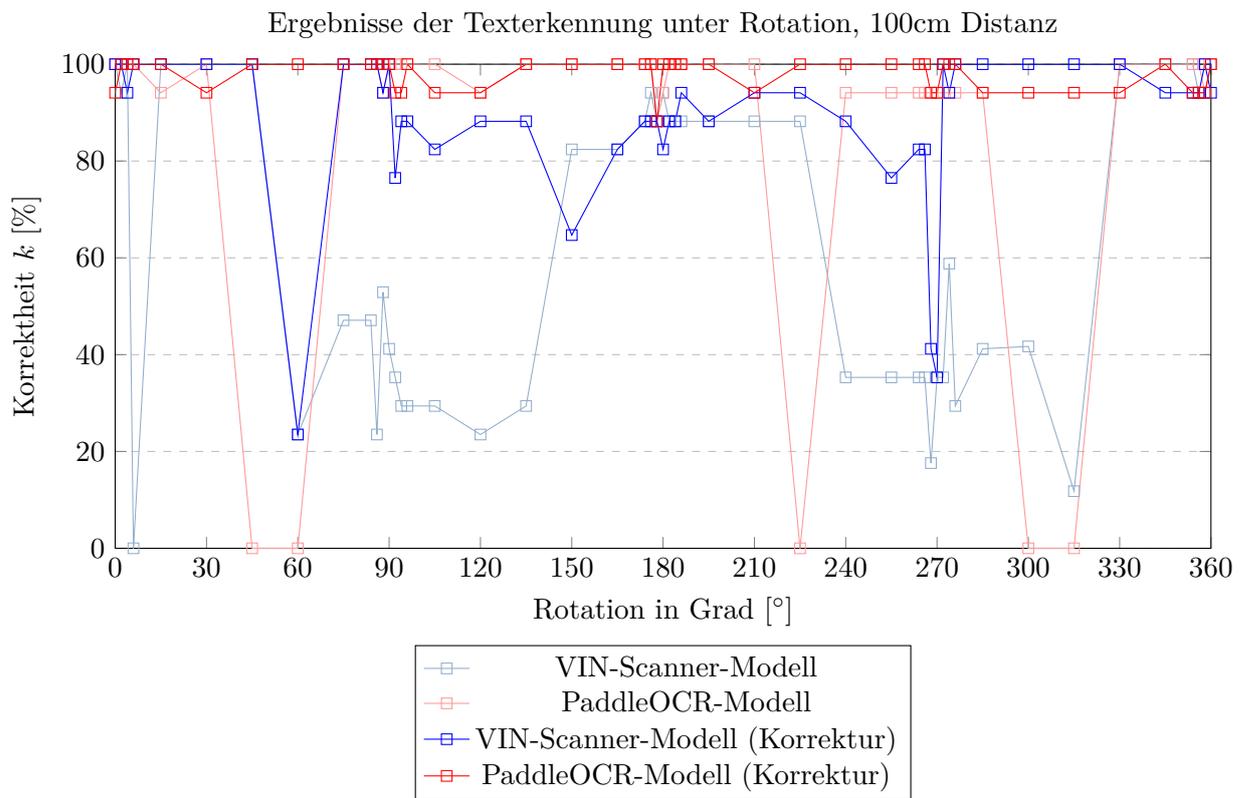


Abbildung 65.: Veränderung der Korrektheit bei der korrigierten Rotation des Kamera unter 100cm Distanz zum Text

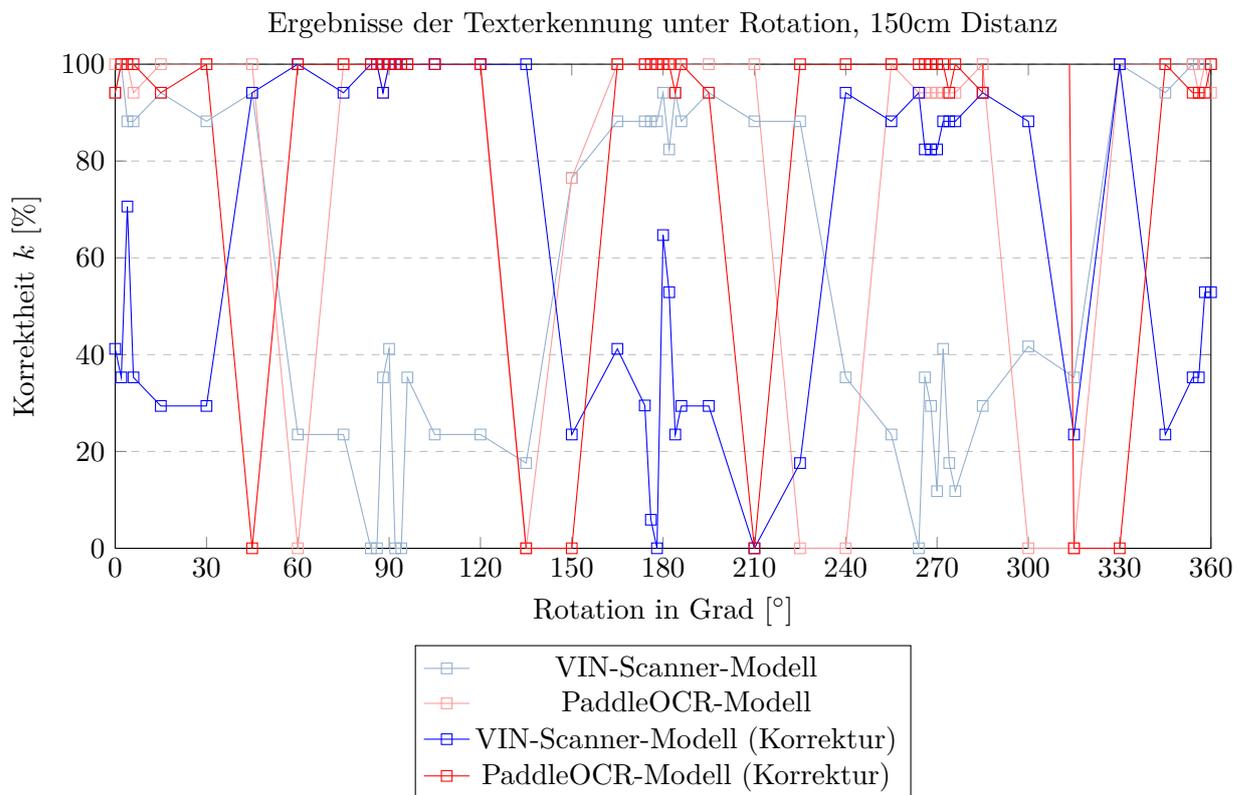


Abbildung 66.: Veränderung der Korrektheit bei der korrigierten Rotation des Kamera unter 150cm Distanz zum Text

## 5.2. Korrektur der perspektivischen Verzerrung unter Veränderung der Ausrichtung

Zur Korrektur der perspektivischen Verzerrung muss die trapezförmige Boundary Box des Texts in ein Rechteck umgewandelt werden, damit die alle Zeichen dieselbe Höhe und Breite aufweisen. Das Ziel der perspektivischen Transformation ist dabei in Abbildung 67 dargestellt.

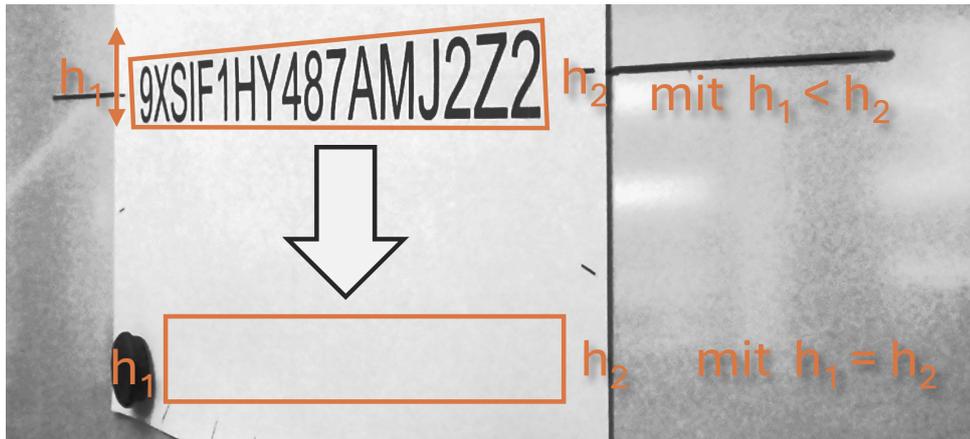


Abbildung 67.: Ziel der Korrektur einer beispielhaften perspektivischen Verzerrung

Die Boundary Box besteht ist dabei der Rahmen um den Text, der durch die 4 Punkte  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  und  $P_4$  auf dem lokalen Bildkoordinatensystem dargestellt wird (siehe Abbildung 68). Die Eckpunkte werden durch die Koordinaten

$$P_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix}, i = 1, \dots, 4$$

definiert.



Abbildung 68.: Visualisierung der Eckpunkte der Boundary Box

Ist diese Boundary Box durch eine perspektivische Verzerrung nicht mehr rechteckig, sondern trapezförmig, kann diese Trapezform wieder zu einem Rechteck transformiert werden.



Abbildung 69.: Korrektur der horizontalen perspektivischen Verzerrung

Die Abbildung 69 visualisiert diesen Lösungsansatz. In diesem Fall hat der Text zwei unterschiedliche Höhen, die je als  $h_{max}$  und als  $h_{min}$  bezeichnet werden. Der Unterschied zwischen  $h_{max}$  und  $h_{min}$  ist die Länge  $d$ . Somit gilt, dass  $h_{max} = h_{min} + d$ . Mit diesem Sachverhalt können die y-Koordinaten der Punkte  $P_1$  und  $P_2$  um  $\frac{d}{2}$  erweitert werden, so dass die neuen Eckpunkte des Rechtecks  $P'_1 = (x_1, y_1 - \frac{d}{2})$ ,  $P'_2 = (x_2, y_2 + \frac{d}{2})$ ,  $P'_3 = P_3$  und  $P'_4 = P_4$  sind.

Mit diesem theoretischen Ansatz ist es möglich, die perspektivischen Verzerrungen zu korrigieren.

Diese Korrektur kann implementiert werden mit Hilfe von OpenCV. Anhand der Koordinaten des trapezförmigen Ausschnittes und des rechteckigen Zielbildes kann die Methode `getPerspectiveTransform` eine Transformationsmatrix berechnen, mit der Perspektive des Bildes manipuliert werden kann.

Gelten zum Beispiel die Koordinaten für die trapezförmige Boudary Box:

$$P_1 = (0, 5), P_2 = (0, 15), P_3 = (40, 20), P_4 = (40, 0)$$

und dementsprechend die Zielkoordinaten (da  $h_{max} = 20$  und  $h_{min} = 10$  gilt  $d = 10$ ):

$$P'_1 = (0, 0), P'_2 = (0, 20), P'_3 = (40, 20), P'_4 = (40, 0)$$

Der Code für die Berechnung der Transformationsmatrix würde in diesem Fall wie folgt aussehen:

```
eckpunkte_trapez = np.float32([[0, 5], [0, 15], [40, 20], [40, 0]])
```

```
eckpunkte_rechteck = np.float32([[0, 0], [0, 20], [40, 20], [40, 0]])
```

```
transformation_matrix = cv2.getPerspectiveTransform(eckpunkte_trapez, eckpunkte_rechteck)
```

Das Ergebnis dieser Transformationsmatrix ist:

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0.25 & 2 & -10 \\ 0.025 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Mit diesem Ansatz können perspektivische Verzerrung verursacht durch die horizontale oder

analog auch vertikale Verschiebung der Richtung korrigiert werden. Jedoch ist der Einfluss auf die einzelilige Zeichenkette zu gering, als dass die Anwendung der Korrektur einen merklichen Mehrwert biete. Diese hat insbesondere bei langen und mehrzeiligen Texten einen positiven Effekt für die Texterkennung. Je größer der Text anteilig auf dem Bild und je geringer die Distanz zu ihm ist, desto stärker ist der Einfluss der perspektivischen Verzerrung.

Aus diesem Grund wird die Korrektur dieses Parameters am Beispiel des VIN-Scanners nicht weiter untersucht.

### 5.3. Korrektur der Bewegungsunschärfe

Der Motion Blur wird erzeugt durch die Bewegung der Kamera während des Aufnahmezeitraums. Im Rahmen dieser Arbeit wird dabei diese Bewegung als linear angenommen werden. In diesem Fall kann der durch die Bewegung verursachte Motion Blur durch eine Point Spread Function (engl. PSF) beschrieben werden. So simuliert ein Ausgangsbild mit einer PSF im Rahmen der Faltungsopeation Bewegungsunschärfe (siehe Abbildung 70).

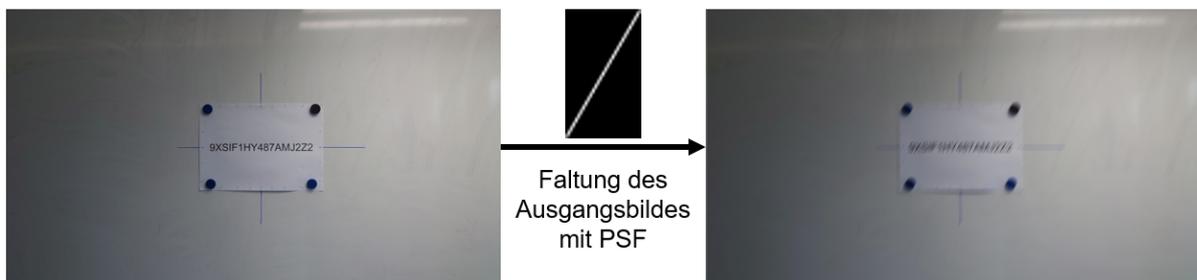


Abbildung 70.: Anwendung einer Point Spread Function mit der Länge von 60px in einer 60 Grad Rotation

Dabei entspricht die Länge der Point Spread Function der Intensität der Bewegung und die Richtung der PSF, in welcher Richtung die Bewegungsunschärfe wirkt. Somit verursachen unterschiedliche PSFs einen eindeutigen Effekt auf dasselbe Ausgangsbild, wie Abbildung 71 visualisiert.

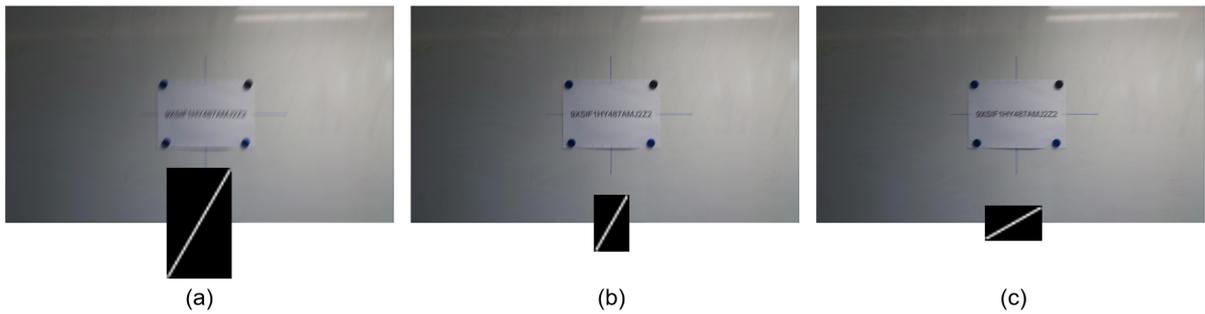


Abbildung 71.: Die simulierte Bewegungsunschärfe bei unterschiedlichen PSFs; (a) 60px Intensität und 60 Grad, (b) 30px Intensität und 60 Grad, (c) 30px Intensität und 30 Grad

Die Faltungsoperation ist zudem umkehrbar, so dass aus einem Bild mit Bewegungsunschärfe diese entfernt werden kann, sofern die Intensität und die Richtung der PSF bzw. der Bewegung bekannt sind.

Lee et al. entwickelten ein Konzept für die annähernde Bestimmung der Richtung und Länge des Motion Blurs auf einem Bild[14]. Dafür wird die Darstellung des Ausgangsbildes in Frequenzdarstellung benötigt. Von dem Ursprung werden Werte nahe 0 in der Nähe des Ursprungs gesucht. Mit diesen Punkten A und B kann der Winkel der Bewegung  $\theta$  bestimmt werden. Die Länge der Bewegung  $L$  ergibt sich aus der kleinstmöglichen Distanz  $d$  der Strecke von A zu B, bei der die Länge durch die Division der Bildgröße mit der Distanz  $d$  berechnet wird. Damit diese Winkel korrekt sind, sollte das Ausgangsbild und damit auch die Frequenzdarstellung quadratisch sein.

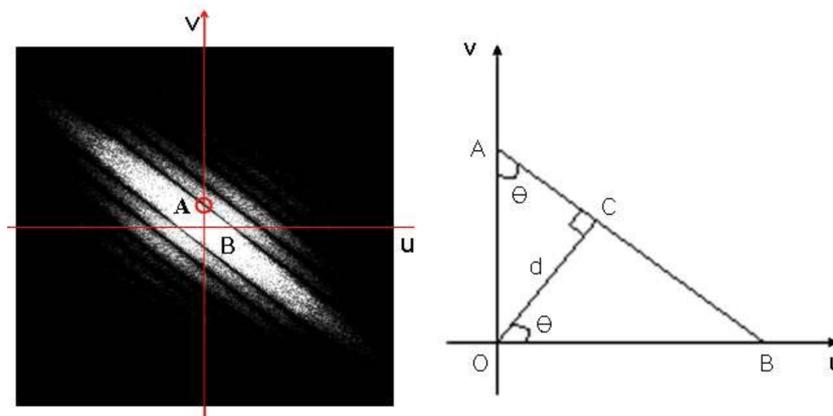


Abbildung 72.: Bestimmung der Richtung  $\theta$  und der Länge[14]

Dabei bietet Matlab mit der "Image Processing Toolbox" auch vier Funktionen an, die zur Schärfung von Bildern eingesetzt werden können[16]. Die `deconvwnr` und `deconvreg` Funktionen

benötigen Informationen über den Noise-Anteil im Bild. Denselben Ansatz über die Rekonstruktion des Ausgangsbildes mit dem "accelerated, damped Lucy-Richardson algorithm"[16] verwenden `deconvlucy` und `deconvblind`, die die Bildschärfung über einen iterativen Prozess erreichen ohne Angaben über den Noise-Anteil. Die `deconvblind` Funktion ist besonders hervorzuheben, da diese die Bildschärfung ohne direktes Wissen über die PSF erzielt. Als Argument erwartet diese eine "vermutete" PSF, nach der das Bild degradiert worden sei.

Alle Funktionen wurden zur Untersuchung ihrer Effektivität beispielhaft getestet. Als Ausgangsbild diente die Bewegungsunschärfe aus dem Versuchsaufbau mit horizontaler Bewegung der Intensität 4. Diese erzeugt einen Motion Blur, der 40px breit ist. Für die Funktionen mit Iterativen Ansatz `deconvlucy` und `deconvblind` wurde als Iterationsanzahl der Defaultwert 10 verwendet. Die Ergebnisse der einzelnen Funktionen sind in Abbildung 73 dargestellt. Da das Rauschverhalten des Ausgangsbildes nicht bekannt ist, produzieren `deconvwnr` und `deconvreg` keine sinnvollen Resultate. Die Funktionen basierend auf dem Lucy-Richardson Algorithmus auf der anderen Seite die Bewegungsunschärfe. Die Rekonstruktion mit `deconvlucy` liefert das überzeugenste Resultat und bildet die Zeichenkette bis auf die Zeichen "I" und "1" wieder ab.

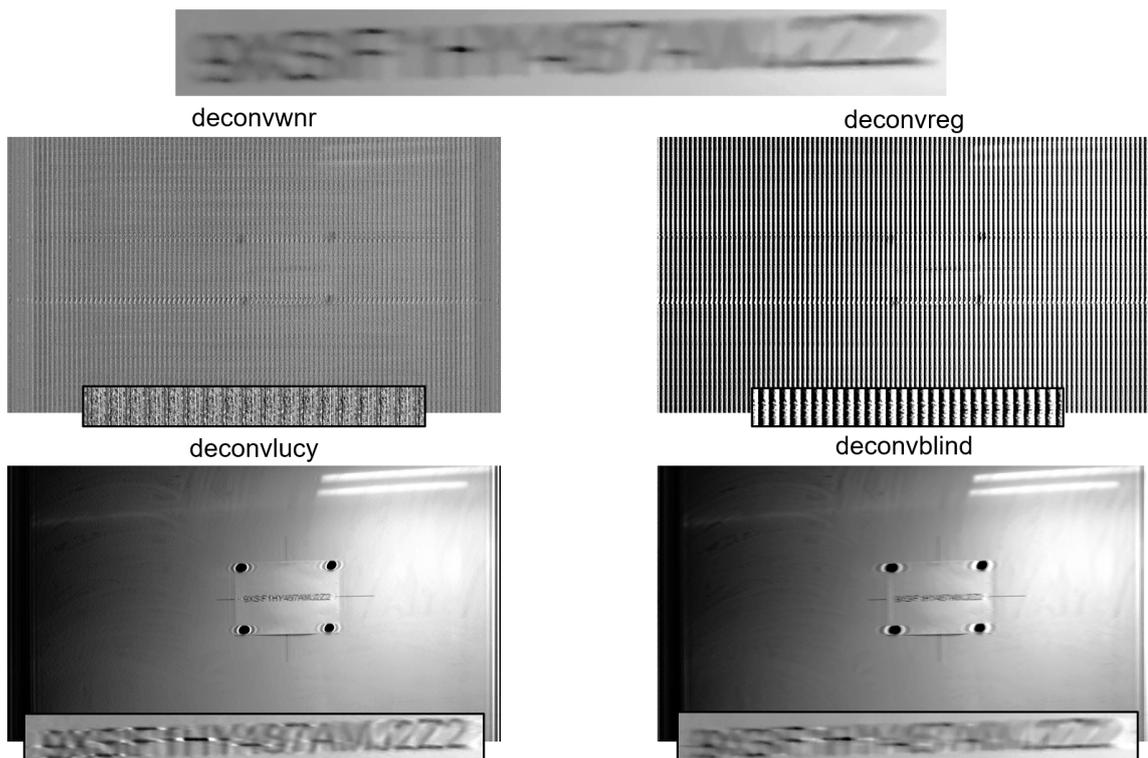


Abbildung 73.: Vergleich der unterschiedlichen Bildschärfungsfunktionen der Matlab "Image Processing Toolbox"

Der Richard-Lucy-Algorithmus bietet sich daher für die Rekonstruktion des Ursprungsbildes an.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht gelungen, die Länge und Richtung der PSF eines Bildes algorithmisch zu bestimmen. Um die Effektivität des Lösungsansatzes trotzdem bewerten zu können, wurden die PSFs für die Datenpunkte manuell erstellt, wobei die Richtung der PSF bereits dem Bild entnommen und die Intensität in Pixel anhand der Breite des vertikalen Orientierungstrichs abgemessen wurde.

### 5.3.1. Ergebnisse der Texterkennung mit korrigierten Ausgangsbilder

Um die Effektivität der Korrektur von Motion Blur zu überprüfen, werden die Bilder mit Bewegungsunschärfe anhand des Lösungsansatzes mit dem Richard-Lucy-Algorithmus korrigiert und erneut mit den OCR-Modellen erkannt. Dabei wurden lediglich die Bilder überprüft, die eine Intensität  $> 1$  haben, da Bilder mit der Intensität gleich 0 keine Bewegung haben, und dessen Ausgangsbilder nicht vollkommen korrekt von beiden OCR-Modellen erkannt wurden. Die Ergebnisse im Vergleich mit den ursprünglichen Ergebnissen befinden sich in den Abbildungen 74, 75, 76, 77, 78, 79 und 80. Eine tabellarische Übersicht über die erkannten Texte, die Fehleranzahl, Fehlerdichte und Korrektheit befindet sich im Anhang B.2

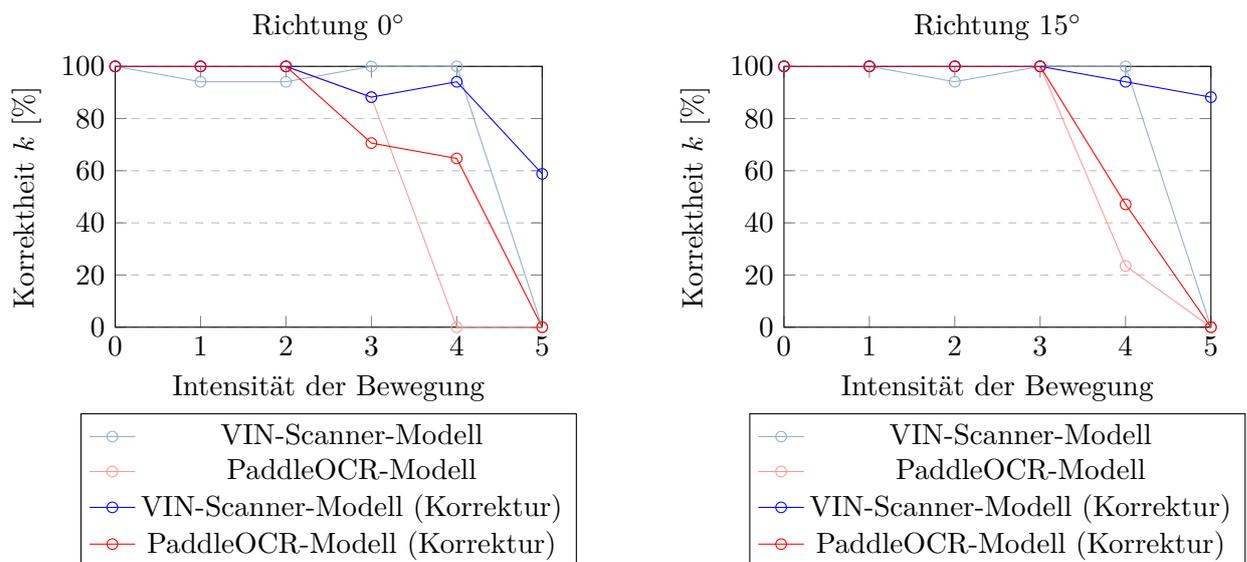


Abbildung 74.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 0° (horizontaler) Richtung

Abbildung 75.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 15° Richtung

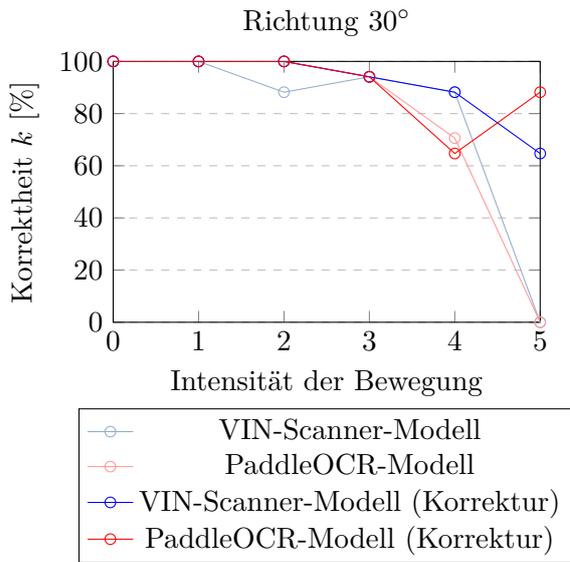


Abbildung 76.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 30° Richtung

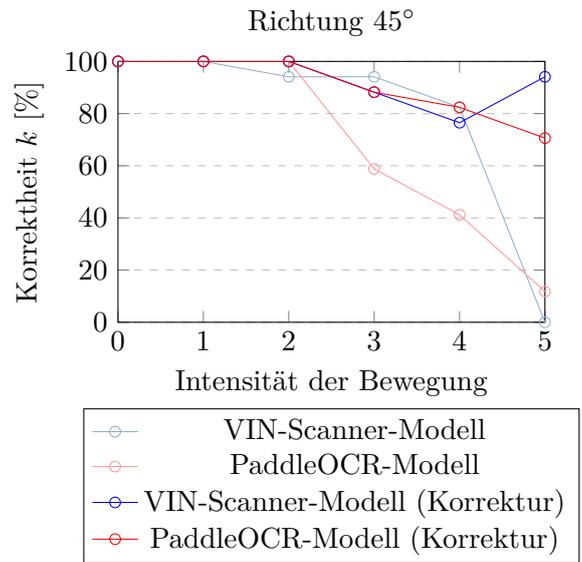


Abbildung 77.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 45° Richtung

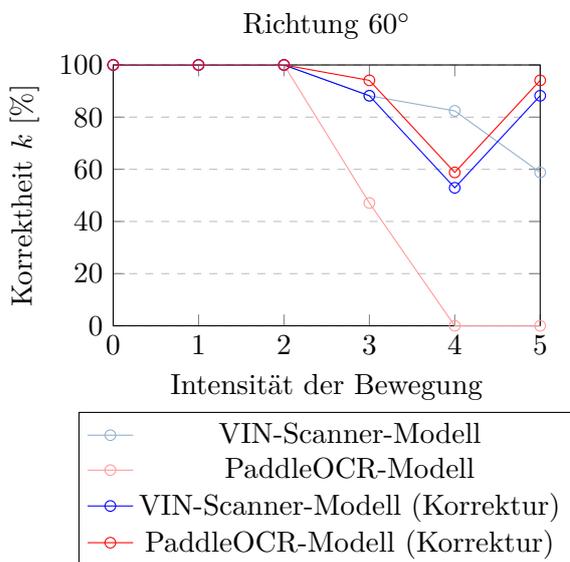


Abbildung 78.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 60° Richtung

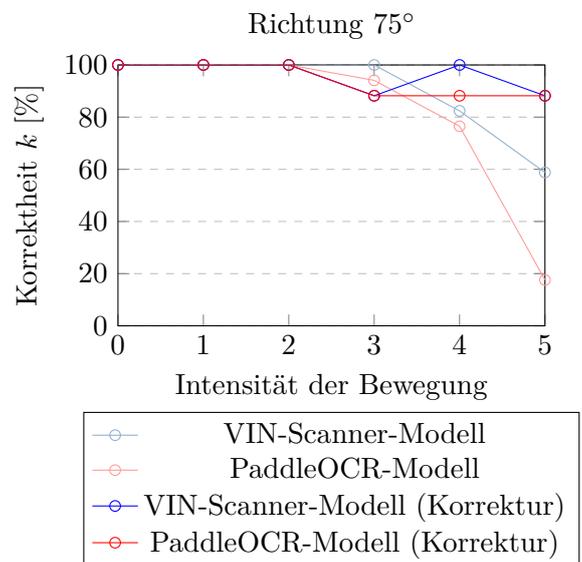


Abbildung 79.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 75° Richtung

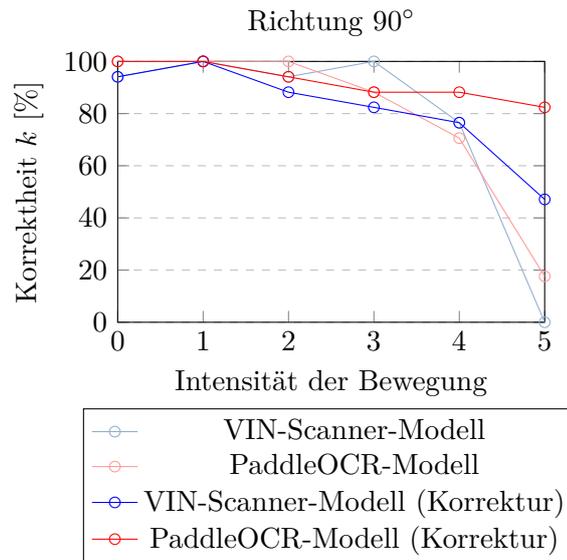


Abbildung 80.: Veränderung der Korrektheit bei Korrektur der Bewegungsunschärfe in 90° (vertikaler) Richtung

## 6. Diskussion

Innerhalb dieses Kapitels werden die Ergebnisse der implementierten Lösungsansätze interpretiert und bewertet. Zudem wird abgewogen, welches der beiden Modelle sich besser für den Praxiseinsatz eignet.

### 6.1. Korrektur der Rotation anhand der Leserichtung

Die Korrektur der Rotation erzeugte auf den Distanzen 50 und 100cm deutliche Verbesserungen gegenüber den initialen Resultaten.

Besonders für das *"VIN-Scanner-Modell"* erzielte die Gegenrotation, dass bei der Distanz von 50 und 100cm die Ausgangsbilder bis auf die Rotation um 60, 268 und 270 Grad bei 100cm Entfernung die Leserichtung korrekt erkannt und auf 0 oder 180 Grad rotiert. In diesen Fällen wird dem Texterkennungsmodell kein vertikaler Text mit der Leserichtung von 90 oder 270 Grad weitergegeben, so dass die Texterkennung konstant gute Ergebnisse über alle Rotationsresultate liefert. Bei der Entfernung von 150 Grad versagt die Erkennung der Leserichtung und liefert bis auf die Rotation um 315 Grad konstant einen Rückrotation um -90 Grad. Dadurch verschiebt sich lediglich der Zyklus, in dem CRAFT die Texte mit vertikaler Leserichtung zuschneidet.

Das *"PaddleOCR-Modell"* hatte ohne Korrektur lediglich Probleme mit rotierten Bildern in und gelegentlich auch um 45, 135, 225 und 315 Grad. Sofern die Rotationserkennung die Bilder korrekt zurückrotiert, treten diese Fehler nicht mehr auf, so dass PaddleOCR bis auf eine Ausnahme maximal einen Fehler in dem erkannten Text bei 50 und 100cm aufweist. Auf der größten Entfernung zum Text scheitert die Texterkennung in den Fehlerregionen weiterhin.

Der implementierte Lösungsansatz rotiert bis zur mittleren Entfernung zum Text diesen auf einem Bild zuverlässig. Dies ist ein signifikanter Anstieg in der Robustheit des OCR-Prozesses in Bezug auf Text- oder Kamerarotation. Die Erkennung der Richtung erfordert dennoch viel Zeit, die Bestimmung des Winkels zur Rotation benötigt durchschnittlich 1,7s. Die tatsächliche Rotation des Bildes benötigt nur 20-30ms. Herausfordernd sind dabei komplexe Hintergründe, die das Endergebnis der Textrotation beeinflussen. Zudem sind mehrere Texte auf einem Bild, die unterschiedliche Leserichtungen besitzen, eine schwierige Aufgabe.

### 6.2. Korrektur von Bewegungsunschärfe durch den Lucy-Richardson-Algorithmus

Die Korrektur des Motion Blurs hat besonders bei hohen Intensitäten deutliche Verbesserungen mit sich gebracht.

Die Texterkennung des *"VIN-Scanner-Modells"* konnte in allen Richtungen und bei jeder Intensität die Zeichenkette identifizieren, wobei CRAFT ohne korrigierte Ausgangsbilder bei über

der Hälfte der Fälle mit der Intensität 5 scheiterte. Zudem erzielte die Texterkennung nie eine niedrigere Korrektheit als 47,1%, die Texterkennung bei 45 Grad gerichteten Motion Blur der Intensität 5 sogar rund 94%. Auf der anderen Seite ist anzumerken, dass die Korrektheit bei den Intensitäten 3 und 4 gelegentlich unterhalb der zuvor erzielten Korrektheit liegt, wenngleich mit geringer Fehlerdifferenz. Der mit Abstand größte Unterschied trat mit der unter der Richtung 60 Grad auf, bei der die Korrektheit um beinahe 30 Prozentpunkte abnahm und auf 52,9% sank. Das *"PaddleOCR-Modell"* detektierte die Texte selbst bei hoher Intensität bis auf die Richtungen 0 und 15 Grad auf Intensität 5. Zudem erreicht die Korrektheit auf den Intensitäten größer gleich 3 deutlich höhere Werte als zuvor, so dass ab der Richtung 30 Grad aufsteigend mindestens 60% Korrektheit und ab 75 Grad die Korrektheit über 80% erzielt.

Der implementierte Lösungsansatz zur Korrektur der Bewegungsunschärfe erzielt einen zufriedenstellenden Anstieg in der Korrektheit und erreicht damit eine weitere Stärkung der Robustheit der Texterkennung.

Die Parameter des Lucy-Richardson-Algorithmus im Bezug auf die Anzahl der Iterationen können zudem noch feiner bestimmt werden. Insbesondere unter dem *"VIN-Scanner-Modell"* treten bei den mittleren Intensitätsstufen 2-4 mehr Fehler während der Texterkennung auf als zuvor. In der Abbildung 81 ist das Endergebnis des Deblurrens der Intensität 4 auf 60 Grad zu sehen. Dort sind zahlreiche visuelle Artefakte im Text zu finden, die die Texterkennung behindern.

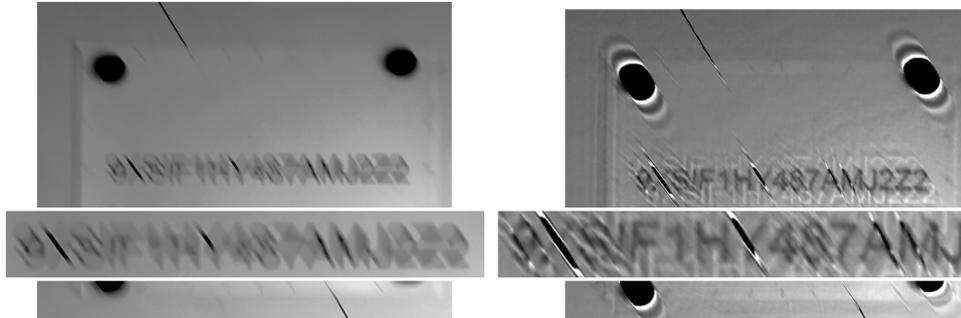


Abbildung 81.: Vergleich des Ausgangsbildes mit Bewegungsunschärfe und der dazugehörigen Korrektur

Zudem verursachen die starken Kontrastunterschiede einen "ringing" Effekt, der sich besonders an den Magneten auf der Abbildung 81 zeigt. Inwiefern dieser die Texterkennung negativ beeinflusst und gegebenenfalls vermindert werden kann, bietet Potential für zukünftige Untersuchungen.

Ein großer Negativpunkt ist der Zeitaufwand für die Anwendung des Lucy-Richardson-Algorithmus' in 10-facher Iteration. Dieser benötigt durchschnittlich 40 Sekunden für einen Durchlauf und ist in dieser Form keinesfalls für den Praxiseinsatz geeignet. Im besten Fall kann die Dauer durch die Reduzierung der Iterationen deutlich gesenkt werden, so dass die Korrektur der Bewegung-

sunschärfe über den Lucy-Richardson-Algorithmus bei Bildern mit höhere Bewegungsintensität eingesetzt werden kann, sofern der Bedarf besteht.

### 6.3. Empfehlung einer Kombination der Lösungsvorschläge

Um ein Urteil über die Praxiseignung treffen zu können, müssen die notwendigsten Anforderungen des Nutzers an die Verwendung eines OCR-Modells mit einem mobilen Gerät gesammelt werden.

Dazu gehören:

- Genauigkeit - Die Texterkennung sollte präzise und zuverlässig sein, um Fehler und unnötige Korrekturen zu minimieren.
- Geschwindigkeit - Die OCR-Software sollte schnell arbeiten und Texte in Echtzeit erkennen, um effiziente Arbeitsabläufe zu ermöglichen.
- Robustheit - Die Texterkennung sollte auch unter Einflüssen der Parameter möglich sein.

Bezogen auf die Qualität der Modelle hat das zum Vergleich eingeführte *"PaddleOCR-Modell"* in den Untersuchungen sehr überzeugt. Nicht nur ist dieses schneller als der VIN-Scanner, sondern liefert, sofern die Textdetektion den Text identifiziert, sehr akkurate Ergebnisse. Lediglich bei dem Umgang mit Bewegungsschärfe von höherer Intensität ist das *"VIN-Scanner-Modell"* überlegen.

Die Einbindung der Lösungsansätze in den bestehenden Ablauf des OCR-Prozesses steigern deutlich die Robustheit und die Genauigkeit der Texterkennung, insbesondere unter starken Einflüssen in Bezug auf die Rotation und der Bewegungsunschärfe. Diese bringen jedoch zum aktuellen Zeitpunkt einen hohen zeitlichen Aufwand mit sich, der die Akzeptanz des Nutzers stark senkt. Die Korrektur von besonders starker Bewegungsunschärfe in ungefähr 40s bietet dem Nutzer mehr als genug Zeit, das fehlerhafte Bild erneut aufzunehmen und erkennen zu lassen. Das zweite Bild ohne Bewegungsunschärfe wird dann deutlich früher den OCR-Prozess vollenden als die Korrektur des fehlerhaften Bildes.

Die Korrektur der Rotation mit einer durchschnittlichen Dauer mehrerer Sekunden ist auch ein negativer Einfluss auf die Geschwindigkeit, dennoch bringt dieser insbesondere unter dem *"VIN-Scanner-Modell"* ein hohes Maß an Genauigkeit mit sich. Mit Hinblick auf das Optimierungspotential der Rotationskorrektur, kann dieser Lösungsansatz in den Prozess des VIN-Scanners mit aufgenommen werden.

## 7. Ausblick

Die Qualität der Texterkennung mit dem VIN-Scanner unter dem Einsatz mobiler Geräte ist sehr zufriedenstellend. Für die Zukunft soll der Fokus dabei auf die Optimierung der Komponenten im Prozess gelegt werden. Es muss eine Balance zwischen Schnelligkeit und Genauigkeit bzw. Robustheit der Anwendung für den Nutzer geschaffen werden, um die Anforderungen des Nutzers zu erfüllen. Dabei verspricht die Weiterentwicklung der OCR-Modelle kontinuierlichen Verbesserungen in der Scene Text Recognition. Es bietet sich dementsprechend an, die Qualität der aktuell eingebauten Komponenten regelmäßig zu reviewen.

Ist die Ausgangssituation eines schnellen und robusten Prototypen gegeben, kann zudem die User Experience und die Nutzeroberfläche der Anwendung geplant und entwickelt werden, so dass der VIN-Scanner zukünftig in Werkstätten eingesetzt werden kann. Eine beispielhafte Verbesserung des User Flows wäre die sofortige Anzeige des erkannten Textrahmens nach der Aufnahme eines Bildes, um dem Benutzer sofortiges Feedback zu geben und die Effizienz des Scanvorgangs zu erhöhen.

Darüber hinaus bietet sich die Untersuchung spezifischer Anwendungsfälle des VIN-Scanners an. Sofern die Umgebung und die damit einwirkenden Umwelteinflüsse während des praxisnahen Einsatzes bekannt sind, können diese Informationen über die Wahl der einzusetzenden OCR-Modelle oder zusätzlich benötigte Bildverarbeitungsschritte entscheiden.

Insgesamt steht die Verwendung von Texterkennung mit mobilen Geräten vor vielversprechenden Perspektiven, die es ermöglichen, die Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit der OCR-Modelle in einer Vielzahl von Kontexten zu verbessern. Durch die gezielte Weiterentwicklung, Optimierung und Anpassung an die Bedürfnisse der Benutzer und spezifischen Anwendungsfälle kann die Texterkennung einen bedeutenden Beitrag zur Effizienz und Produktivität in verschiedenen Bereichen leisten.

**Bibliography**

- [1] AVAGIAN, Karine ; ORLANDIĆ, Milica ; JOHANSEN, Tor A.: An FPGA-oriented HW/SW Codesign of Lucy-Richardson Deconvolution Algorithm for Hyperspectral Images. In: *2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, 2019, S. 1–6
- [2] BAEK, Jeonghun ; KIM, Geewook ; LEE, Junyeop ; PARK, Sungrae ; HAN, Dongyoon ; YUN, Sangdoon ; OH, Seong J. ; LEE, Hwalsuk: What is wrong with scene text recognition model comparisons? dataset and model analysis. In: *CoRR* abs/1904.01906 (2019). – URL <http://arxiv.org/abs/1904.01906>
- [3] BAEK, Youngmin ; LEE, Bado ; HAN, Dongyoon ; YUN, Sangdoon ; LEE, Hwalsuk: Character Region Awareness for Text Detection. In: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2019, S. 9365–9374
- [4] BAUTISTA, Darwin ; ATIENZA, Rowel: Scene Text Recognition with Permuted Autoregressive Sequence Models. In: *European Conference on Computer Vision*. Cham : Springer Nature Switzerland, 10 2022, S. 178–196. – URL [https://doi.org/10.1007/978-3-031-19815-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-19815-1_11)
- [5] BERCHMANS, Deepa ; KUMAR, S S.: Optical character recognition: An overview and an insight. In: *2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, 2014, S. 1361–1365
- [6] BRUNNER, Sebastian: *Debug Image of Detected Lines in Deskew Repository*. GitHub Repository. 2019. – URL <https://github.com/sbrunner/deskew>. – Zugriff: 23.03.2024
- [7] CHEN, Xiaoxue ; JIN, Lianwen ; ZHU, Yuanzhi ; LUO, Canjie ; WANG, Tianwei: Text Recognition in the Wild: A Survey. In: *CoRR* abs/2005.03492 (2020). – URL <https://arxiv.org/abs/2005.03492>
- [8] DU, Yuning ; LI, Chenxia ; GUO, Ruoyu ; YIN, Xiaoting ; LIU, Weiwei ; ZHOU, Jun ; BAI, Yifan ; YU, Zilin ; YANG, Yehua ; DANG, Qingqing ; WANG, Haoshuang: PP-OCR: A Practical Ultra Lightweight OCR System. In: *CoRR* abs/2009.09941 (2020). – URL <https://arxiv.org/abs/2009.09941>
- [9] GAMAGE, N.D.U. ; JAYADEWA, K.W.C. ; JAYAKODY, J.A.D.C.A.: Document Reader for Vision Impaired Elementary School Children to Identify Printed Images. In: *2019 International Conference on Advancements in Computing (ICAC)*, 2019, S. 279–284
- [10] HOSSAIN, Md S. ; ALWAN, Ahmad F. ; PERVIN, Mahfuza: Road sign text detection using contrast intensify maximally stable extremal regions. In: *2018 IEEE Symposium on Computer Applications Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2018, S. 321–325
- [11] Road vehicles - Vehicle identification number (VIN) / International Organization for Standardization. Geneva, CH, 2009. – Standard

- [12] JIANG, Qing ; WANG, Jiapeng ; PENG, Dezhi ; LIU, Chongyu ; JIN, Lianwen: *Revisiting Scene Text Recognition: A Data Perspective*. 2023
- [13] JÄHNE, Bernd: *Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2012. – ISBN 9783642049514
- [14] LEE, Jeong H. ; PARK, Ki T. ; MOON, Young S.: Image deblurring by using the estimation of PSF parameters for image devices. In: *2010 Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2010, S. 387–388
- [15] LUCY, L. B.: An iterative technique for the rectification of observed distributions. In: 79 (1974), Juni, S. 745
- [16] MATHWORKS: *MATLAB Deconvolution Toolbox*. <https://de.mathworks.com/help/images/image-deblurring.html>. 2024. – Accessed on: March 20, 2024
- [17] RICHARDSON, William H.: Bayesian-Based Iterative Method of Image Restoration\*. In: *J. Opt. Soc. Am.* 62 (1972), Jan, Nr. 1, S. 55–59. – URL <https://opg.optica.org/abstract.cfm?URI=josa-62-1-55>
- [18] SABU, Abin M. ; DAS, Anto S.: A Survey on various Optical Character Recognition Techniques. In: *2018 Conference on Emerging Devices and Smart Systems (ICEDSS)*, 2018, S. 152–155
- [19] SARIKA, Naragudem ; SIRISALA, Nageswararao ; VELPURU, Muni S.: CNN based Optical Character Recognition and Applications. In: *2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 2021, S. 666–672
- [20] SHIVAKUMARA, Palaiahnakote ; BHOWMICK, Souvik ; SU, Bolan ; TAN, Chew L. ; PAL, Umapada: A New Gradient Based Character Segmentation Method for Video Text Recognition. In: *2011 International Conference on Document Analysis and Recognition*, 2011, S. 126–130
- [21] SONTI, Shalini ; KALLIMANI, Jagadish S.: OCR based facilitator for the visually challenged. In: *2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECOT)*, 2017, S. 1–7
- [22] TÖNNIES, Klaus D.: *Grundlagen der Bildverarbeitung* . Pearson Deutschland, 2005. – 352 S. – URL <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9783863266370>. – ISBN 9783827371553
- [23] WEINMAN, Jerod J. ; LEARNED-MILLER, Erik ; HANSON, Allen R.: Scene Text Recognition Using Similarity and a Lexicon with Sparse Belief Propagation. In: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 31 (2009), Nr. 10, S. 1733–1746
- [24] WEISSLER, G.A. ; HOLST, K.: *Einführung in die industrielle Bildverarbeitung*. Franzis, 2007

(Elektronik- & Elektrotechnik-Bibliothek). – URL <https://books.google.de/books?id=r7C8p61Vq7kC>. – ISBN 9783772340284

- [25] YE, Qixiang ; DOERMANN, David: Text Detection and Recognition in Imagery: A Survey. In: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 37 (2015), Nr. 7, S. 1480–1500

---

# Appendix

## **Appendix A:**

### **Ergebnisse der empirischen Untersuchungen**

#### **A.1: Untersuchung des Parameters der Rotation**

##### **A.1.1: Abstand zum Text 50cm**

*VIN-Scanner-Modell:*



***PaddleOCR-Modell:***

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
004.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
006.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
015.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	111	16	0.941	5.9%
	1111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111	16	0.941	5.9%
045.JPG	111	16	0.941	5.9%
060.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
075.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
084.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	11111	16	0.941	5.9%
086.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
088.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
090.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
	1111111	16	0.941	5.9%
092.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
094.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
	1111111	16	0.941	5.9%
096.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
105.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
135.JPG	-	17	1.0	0.0%
150.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
165.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
174.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
178.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
184.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
210.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
225.JPG	-	17	1.0	0.0%
240.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
255.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
264.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	711111	16	0.941	5.9%
266.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
268.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
270.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
272.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
	111111	16	0.941	5.9%
276.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
285.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
300.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
315.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

**A.1.2: Abstand zum Text 100cm**

*VIN-Scanner-Modell:*

000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
006.JPG	-	17	1.0	0.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
060.JPG	BXSIFYHMABTANIZZZ	13	0.765	23.5%
	BXSIF^HMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
075.JPG	BXSIF-HIA8TANIZZ	9	0.529	47.1%
084.JPG	BXSIFYHIA8TAN.ZZ	9	0.529	47.1%
086.JPG	BXSIF-HI48TANIZZ	13	0.765	23.5%
088.JPG	BNSIF-HI48TANI22	8	0.471	52.9%
090.JPG	BISIF-HIASTAM.OZ)	10	0.588	41.2%
092.JPG	9XSIF-HI48TAM.OZZ	11	0.647	35.3%
094.JPG	BXSIFIHIABTANOZZ	12	0.706	29.4%
096.JPG	9XSIF-HINASTANLOZZ	12	0.706	29.4%
	/////	17	1.0	0.0%
105.JPG	BXSIF-HIABTANIZZ	12	0.706	29.4%
	////////	17	1.0	0.0%
120.JPG	BXSIF1HNASTANIZZ	12	0.706	29.4%
	BXSIF-INASTANIZZ	13	0.765	23.5%
135.JPG	/////	17	1.0	0.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
	BXSIF1HMARTANAZZZ	12	0.706	29.4%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
150.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
165.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
182.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	SISFHHASTALIZZ	14	0.824	17.6%
240.JPG	9XSPHANASTAMAZZ	11	0.647	35.3%
255.JPG	SISFYHIASTAMAZZ	11	0.647	35.3%
264.JPG	BISFYHHASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
266.JPG	BISFYHMASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
268.JPG	BISFAHASTANAZZ	14	0.824	17.6%
270.JPG	BISFYHASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
272.JPG	BISFYHPASTAMAZZ	11	0.647	35.3%
274.JPG	BISFYHY487AMAZZ	7	0.412	58.8%
276.JPG	BISFYHASTAMAZZI	12	0.706	29.4%
285.JPG	BISFYHYASTAMIZZ	10	0.588	41.2%
300.JPG	IIIIIII	16	0.941	5.9%
	1111111	16	0.941	5.9%
	9ISFYHYASTAMAZZ	9	0.529	47.1%
315.JPG	BISFYHIASTAMLIZZ	15	0.882	11.8%
	IIIIIII	16	0.941	5.9%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

***PaddleOCR-Modell:***

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
045.JPG	-	17	1.0	0.0%
060.JPG	-	17	1.0	0.0%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
094.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
135.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
150.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2 3	2	0.118	88.2%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
225.JPG	-	17	1.0	0.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
300.JPG	-	17	1.0	0.0%
315.JPG	-	17	1.0	0.0%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

**A.1.3: Abstand zum Text 150cm**

*VIN-Scanner-Modell:*

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
060.JPG	9XGF-HMARTH.N.CZZ	14	0.824	17.6%
	BXSIF^HMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
075.JPG	BXSIF-HIARTANIZZI	13	0.765	23.5%
084.JPG	9XSFYHMARTANIZZ	21	1	0%
086.JPG	9YSF-HIMASTANIZZ	17	1.0	0.0%
088.JPG	9XSIF-HIASTANIZZ	11	0.647	35.3%
090.JPG	BNSIF-HWA8TANLOZZ	10	0.588	41.2%
092.JPG	BYGF-HIMARTANOZZ	19	1	0%
094.JPG	BXSF-HIASTANOOZZ	18	1	0%
096.JPG	BXSIF1HMA6TANIZZ	11	0.647	35.3%
	/////	17	1.0	0.0%
105.JPG	BXSIFYHMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
	////////	17	1.0	0.0%
120.JPG	BXSFYHWASTAN.GZZ	14	0.824	17.6%
	BXSIF-INASTANIZZ	13	0.765	23.5%
135.JPG	/////	17	1.0	0.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
	BISF1HNASTANIZZI	14	0.824	17.6%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
150.JPG	9XSIF1487AMJ222	4	0.235	76.5%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
182.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
186.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	SISFHASTALIZZ	14	0.824	17.6%
240.JPG	BXSFMARTAMAZZI	11	0.647	35.3%
255.JPG	BASPIHASTAMAZZI	13	0.765	23.5%
264.JPG	BISFYHIASTALIZZ	18	1	0%
266.JPG	SISFYHMASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
268.JPG	BISFHMMASTAMIZZI	12	0.706	29.4%
270.JPG	BISFYHIHSTALIZZ	15	0.882	11.8%
272.JPG	9ISFYHYHBTAAIZI	10	0.588	41.2%
274.JPG	SXSIFYHIAMSTAMIZZ	14	0.824	17.6%
276.JPG	BISFYHIHETALIZZ	15	0.882	11.8%
285.JPG	BASFYHVASTAMIZZI	12	0.706	29.4%
300.JPG	IIIIIII	16	0.941	5.9%
	SISFYHIAMSTAMIZZ	11	0.647	35.3%
	9ISFYHYASTAMAZZ	9	0.529	47.1%
315.JPG	BISFHAFAMUZZ	11	0.647	35.3%
	IIIIIII	16	0.941	5.9%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z22	1	0.059	94.1%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

***PaddleOCR-Modell:***

<b>Filename</b>	<b>Result</b>	<b>Error Count f</b>	<b>Error Density d</b>	<b>Accuracy k</b>
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
060.JPG	-	17	1.0	0.0%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
094.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
135.JPG	-	17	1.0	0.0%
150.JPG	F1HY487AMJ2Z2	4	0.235	76.5%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
225.JPG	-	17	1.0	0.0%
240.JPG	-	17	1.0	0.0%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
300.JPG	-	17	1.0	0.0%
315.JPG	-	17	1.0	0.0%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%

## A.2: Untersuchung des Parameters der Orientierung

### A.2.1: Abstand zum Text 50cm

#### VIN-Scanner-Modell

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
40.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	gkSiF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
80.JPG	t	17	1.0	0.0%
	-gkSIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	0	0.0	100.0%
40.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	gXSiIF1HY487AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%
60.JPG	gKSIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	BUSIF1HY487AMJ222	4	0.235	76.5%
	-gkSIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZ2	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIFIHY487AMJ2ZZZ	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z	1	0.059	94.1%
	945FHIADANCO	16	0.941	5.9%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	KSIF1HY487AMJ22	3	0.176	82.4%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	gxsiF1HY487AMJ2ZZZ	6	0.353	64.7%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	SISF1HY487AMJZ222	6	0.353	64.7%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	945FHIADANCO	16	0.941	5.9%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJZZZ	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	9XSIF1HY487AM/222-2-1-	8	0.471	52.9%
	945FHIADANCO	16	0.941	5.9%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	XSIF1HY487AMJ2Z	2	0.118	88.2%
70.JPG	KSIF1HY487AMJ2Z	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	XSIF1HY487AMJ2	3	0.176	82.4%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

### PaddleOCR-Modell

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	T	17	1.0	0.0%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9SIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
80.JPG	n	17	1.0	0.0%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XS/F1HY487ANJ2Z2	2	0.118	88.2%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	I	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

**A.2.2: Abstand zum Text 100cm**

**VIN-Scanner-Modell**

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2ZZ2	11	0.647	35.3%
	t	17	1.0	0.0%
	-9ISIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	0	0.0	100.0%
60.JPG	gxSiF1HY487AMJ2ZZ2	3	0.176	82.4%
70.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZZ	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2ZZ2	11	0.647	35.3%
	9ISF1HY487AM/222	5	0.294	70.6%
	-9ISIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	gxsIF1HY487AMJ2Z2	3	0.176	82.4%
70.JPG	gksIF1HY487AMJ2ZZ	4	0.235	76.5%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZZ	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9ISF1HY487AM/222	5	0.294	70.6%
	-9ISIF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9ISF1HY487AM/222	5	0.294	70.6%
	-9ISF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9ISF1HY487AM/222	5	0.294	70.6%
	-9ISF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJZZ2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2222	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9ISF1HY487AM/222	5	0.294	70.6%
	-9ISF1HY487AMJ2ZZ	3	0.176	82.4%

**PaddleOCR-Modell**

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	-	17	1.0	0.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	KSIF1HY487AMJ2Z2E	3	0.176	82.4%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XS/F1HY487AM1J2Z2	2	0.118	88.2%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z	1	0.059	94.1%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	I	16	0.941	5.9%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2 -	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
80.JPG	9XS FH487A2	7	0.412	58.8%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1 HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

**A.2.3: Abstand zum Text 150cm**

**VIN-Scanner-Modell**

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	BKSIF1HY487AMJ2ZZ2	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9KSIF1HY487AMJ2ZZZ	3	0.176	82.4%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	T	17	1.0	0.0%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z	1	0.059	94.1%
	9XSIF	12	0.706	29.4%
80.JPG	AMJ2Z2	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY497448022-	11	0.647	35.3%
	9XSIF1HY487AM/2222	4	0.235	76.5%

### PaddleOCR-Modell

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9KSIF1HY487AM1S2Z2E	4	0.235	76.5%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
50.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XS/F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
70.JPG	=1HY487AMJ2Z2	5	0.294	70.6%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
60.JPG	-	17	1.0	0.0%
70.JPG	/	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	-	17	1.0	0.0%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

180 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
60.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
70.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
80.JPG	9KSFE1Y487AO	9	0.529	47.1%

270 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
10.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
20.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
30.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
40.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
50.JPG	XSIF1HY487AMJ2Z	2	0.118	88.2%
60.JPG	-	17	1.0	0.0%
70.JPG	-	17	1.0	0.0%
80.JPG	-	17	1.0	0.0%

### A.3: Untersuchung des Parameters der Bewegungsunschärfe

Alle Aufnahmen wurden 100cm vom Text entfernt getätigt.

#### VIN-Scanner-Modell

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
4.JPG	9XSIF1HY4S7AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
4.JPG	SXSIF1HY487AMJ222	3	0.176	82.4%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	OXSIF1HY487AMJ2Z	2	0.118	88.2%
4.JPG	OXSIF1HY487AMJ222	3	0.176	82.4%
5.JPG	OXCIFTHY48FAMJ779	7	0.412	58.8%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.JPG	OXSIF1HY487AMJ222	3	0.176	82.4%
5.JPG	OXCIFTHY48FAMJ779	7	0.412	58.8%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.JPG	OXSIF1HY467AMJ222	4	0.235	76.5%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

### PaddleOCR-Modell

#### 0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	9XSIF1HY487AML2Z2	2	0.118	88.2%
4.JPG	-	17	1.0	0.0%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

#### 15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.JPG	OXS-IHYASIANLDZ2	13	0.765	23.5%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

#### 30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	9XSIF1HY487AML2Z2	1	0.059	94.1%
4.JPG	9XSIF1HY4STAMRZ2	5	0.294	70.6%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

#### 45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	OXSIFIHYASTAMNRZ2	7	0.412	58.8%
4.JPG	OXSIFINNASTAMR2	10	0.588	41.2%
5.JPG	SARES	15	0.882	11.8%

Kapitel A. Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

---

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	PXSIFIHMSTAMNRZS	9	0.529	47.1%
4.JPG	-	17	1.0	0.0%
5.JPG	-	17	1.0	0.0%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	OXSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
4.JPG	OXSIFIHY407AMJ2ZE	4	0.235	76.5%
5.JPG	OMOIFINVHOPAMEED	14	0.824	17.6%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
0.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
1.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.JPG	OXSIF1HY407AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
4.JPG	OX8IF11Y467AMJ2ZP	5	0.294	70.6%
5.JPG	KEILHIVARTAMIDA	14	0.824	17.6%

## Appendix B:

### Ergebnisse der Lösungsansätze

#### B.1: Lösungsansatz zur Rotation der Leserichtung

##### B.1.1: Ergebnisse der Rotationsanalyse

Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$
000.JPG	0.0	120.JPG	60.0	264.JPG	-84.0
002.JPG	-2.0	135.JPG	45.0	266.JPG	-86.0
004.JPG	-4.0	150.JPG	30.0	268.JPG	-88.0
006.JPG	-6.0	165.JPG	15.0	270.JPG	-90.0
015.JPG	-15.0	174.JPG	6.0	272.JPG	88.0
030.JPG	-30.0	176.JPG	4.0	274.JPG	86.0
045.JPG	-45.0	178.JPG	2.0	276.JPG	84.0
060.JPG	-60.0	180.JPG	0.0	285.JPG	75.0
075.JPG	-75.0	182.JPG	-2.0	300.JPG	60.0
084.JPG	-84.0	184.JPG	-3.0	315.JPG	45.0
086.JPG	-86.0	186.JPG	-6.0	330.JPG	30.0
088.JPG	-88.0	195.JPG	-15.0	345.JPG	15.0
090.JPG	-90.0	210.JPG	-30.0	354.JPG	7.0
092.JPG	88.0	225.JPG	-45.0	356.JPG	4.0
094.JPG	86.0	240.JPG	-60.0	358.JPG	2.0
096.JPG	84.0	255.JPG	-75.0	360.JPG	0.0
105.JPG	75.0				

Table 1:: Winkel nach dem das Bild rotiert wurde, 50cm Entfernung

Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$
000.JPG	2.0	120.JPG	61.0	264.JPG	-84.0
002.JPG	-2.0	135.JPG	45.0	266.JPG	-86.0
004.JPG	-4.0	150.JPG	30.0	268.JPG	1.0
006.JPG	-5.0	165.JPG	16.0	270.JPG	0.0
015.JPG	-15.0	174.JPG	6.0	272.JPG	89.0
030.JPG	-30.0	176.JPG	4.0	274.JPG	86.0
045.JPG	-45.0	178.JPG	0.0	276.JPG	84.0
060.JPG	31.0	180.JPG	1.0	285.JPG	75.0
075.JPG	-75.0	182.JPG	-1.0	300.JPG	61.0
084.JPG	-84.0	184.JPG	-3.0	315.JPG	45.0
086.JPG	-85.0	186.JPG	-6.0	330.JPG	30.0
088.JPG	-88.0	195.JPG	-14.0	345.JPG	17.0
090.JPG	-90.0	210.JPG	-30.0	354.JPG	8.0
092.JPG	88.0	225.JPG	-45.0	356.JPG	5.0
094.JPG	87.0	240.JPG	-60.0	358.JPG	3.0
096.JPG	84.0	255.JPG	-74.0	360.JPG	-1.0
105.JPG	76.0				

Table 2:: Winkel nach dem das Bild rotiert wurde, 100cm Entfernung

Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$	Filename	Deskew Angle $\theta$
000.JPG	-90.0	120.JPG	-90.0	264.JPG	-90.0
002.JPG	-90.0	135.JPG	-90.0	266.JPG	-90.0
004.JPG	-90.0	150.JPG	-90.0	268.JPG	-90.0
006.JPG	-90.0	165.JPG	-90.0	270.JPG	-90.0
015.JPG	-90.0	174.JPG	-90.0	272.JPG	-90.0
030.JPG	-90.0	176.JPG	-90.0	274.JPG	-90.0
045.JPG	-90.0	178.JPG	-90.0	276.JPG	-90.0
060.JPG	-90.0	180.JPG	-90.0	285.JPG	-89.0
075.JPG	-90.0	182.JPG	-90.0	300.JPG	-89.0
084.JPG	-90.0	184.JPG	-90.0	315.JPG	0.0
086.JPG	-90.0	186.JPG	-90.0	330.JPG	-89.0
088.JPG	-90.0	195.JPG	-90.0	345.JPG	-90.0
090.JPG	-90.0	210.JPG	-90.0	354.JPG	-89.0
092.JPG	-90.0	225.JPG	-90.0	356.JPG	-90.0
094.JPG	-90.0	240.JPG	-90.0	358.JPG	-90.0
096.JPG	-90.0	255.JPG	-90.0	360.JPG	-90.0
105.JPG	-90.0				

Table 3:: Winkel nach dem das Bild rotiert wurde, 150cm Entfernung

**B.1.2: Ergebnisse der Texterkennung auf den korrigierten Datenpunkten**

**Abstand zum Text 50cm**

*VIN-Scanner-Modell:*

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
060.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	BXSIF^HMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
092.JPG	9XSIFIHY487AM222	4	0.235	76.5%
094.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	/////	17	1.0	0.0%
105.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
	////////	17	1.0	0.0%
120.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
	BXSIF-INASTANIZZ	13	0.765	23.5%
135.JPG	/////	17	1.0	0.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
150.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
	////////	17	1.0	0.0%
165.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
176.JPG	9XSIF1HY487AM2222	4	0.235	76.5%
178.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
182.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
184.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
	/////	17	1.0	0.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
300.JPG	IIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9ISFYHYASTAMAZZ	9	0.529	47.1%
315.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
330.JPG	\\\\///	17	1.0	0.0%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

***PaddleOCR-Modell:***

<b>Filename</b>	<b>Result</b>	<b>Error Count f</b>	<b>Error Density d</b>	<b>Accuracy k</b>
000.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
006.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
030.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
045.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
060.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
075.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
084.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
090.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
092.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	1111111	16	0.941	5.9%
094.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	1111111	16	0.941	5.9%
096.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	1111111	16	0.941	5.9%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
135.JPG	1111117	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	1111111	16	0.941	5.9%
150.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
174.JPG	1111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	1111111	16	0.941	5.9%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1111111	16	0.941	5.9%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	1	16	0.941	5.9%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
184.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
195.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
210.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
225.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	11111	16	0.941	5.9%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
255.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
	111111	16	0.941	5.9%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
272.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
285.JPG	11111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
300.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
315.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
330.JPG	111111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	11111	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	111111	16	0.941	5.9%
358.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

**Abstand zum Text 100cm**

*VIN-Scanner-Modell:*

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
060.JPG	BKSIF-HWARTANLOZZ	14	0.824	17.6%
	BXSIF^HMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XSIFIH487AMJ222	4	0.235	76.5%
094.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	/////	17	1.0	0.0%
105.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
	/////	17	1.0	0.0%
120.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
	BXSIF-INASTANIZZ	13	0.765	23.5%
135.JPG	/////	17	1.0	0.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
150.JPG	9XSIF148787AMJ222	6	0.353	64.7%
	/////	17	1.0	0.0%
165.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
180.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
182.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
195.JPG	9XSIFIHY487AMJ22	2	0.118	88.2%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
	/////	17	1.0	0.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
255.JPG	9XSIFIHY487AM222	4	0.235	76.5%
264.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
266.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
268.JPG	BISFAH1487AMIZZ	10	0.588	41.2%
270.JPG	BISFYHASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
300.JPG	IIIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9ISFYHYASTAMAZZ	9	0.529	47.1%
315.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	IIIIIII	16	0.941	5.9%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
356.JPG	9XSIF-1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%

***PaddleOCR-Modell:***

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
045.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
060.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
094.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
135.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
150.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2 3	2	0.118	88.2%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
184.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
195.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
210.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
300.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
315.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
330.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

**Abstand zum Text 150cm**

*VIN-Scanner-Modell:*

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	SISFAH1487AMIZZ	10	0.588	41.2%
002.JPG	BISFYHMASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
004.JPG	9XSFYHY487AMIZZ	5	0.294	70.6%
006.JPG	SISFYHMABTAMIZZ	11	0.647	35.3%
015.JPG	BASFYHMASTAMAZZI	12	0.706	29.4%
030.JPG	BASFYHASTAMIZZI	12	0.706	29.4%
045.JPG	BKSFYHHASTAM.22	10	0.588	41.2%
	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
060.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	BXSIF^HMARTANIZZZ	13	0.765	23.5%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
094.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	/////	17	1.0	0.0%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	/////	17	1.0	0.0%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2ZZ2	1	0.059	94.1%
	BXSIF-INASTANIZZ	13	0.765	23.5%
135.JPG	/////	17	1.0	0.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
150.JPG	BXSIF-HIAETAN.ZZZ	13	0.765	23.5%
	/////	17	1.0	0.0%
165.JPG	BXSIF1HMA8THMIZZZZ	10	0.588	41.2%
174.JPG	BXSF-HIM48TAM.ZZ	12	0.706	29.4%
176.JPG	9XSF-HI/ASTAN.22	16	0.941	5.9%
178.JPG	BXSF-HIMARTAN.ZZ	17	1.0	0.0%
180.JPG	9XSF-HW487AN.22	6	0.353	64.7%

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
182.JPG	BXSIFAHMA8TAN.22	8	0.471	52.9%
184.JPG	BXSF-HI48TAN.ZZ	13	0.765	23.5%
186.JPG	9XGF-HI48TANJZZ	12	0.706	29.4%
195.JPG	BXSIF1HMARTANIZZZ	12	0.706	29.4%
210.JPG	BXSF-HWARTANIZZZZZ	25	1	0%
225.JPG	BISF1HNAITANIZZI	14	0.824	17.6%
	/////	17	1.0	0.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
266.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
268.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
270.JPG	9XSIFIHY487AMJ222	3	0.176	82.4%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ22	1	0.059	94.1%
300.JPG	IIIIII	16	0.941	5.9%
	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
	9ISFYHYASTAMAZZ	9	0.529	47.1%
315.JPG	BISFHHABYAMUZZ	13	0.765	23.5%
	IIIIII	16	0.941	5.9%
330.JPG	BISPHHASTAMIZZI	13	0.765	23.5%
	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
345.JPG	BISPYHNASTAMIZZI	13	0.765	23.5%
354.JPG	SISFYHMASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
356.JPG	SISFYHIASTAMIZZ	11	0.647	35.3%
358.JPG	SISPHHY487AMIZZ	8	0.471	52.9%
360.JPG	BISFYHAYABTAMIZZ	11	0.647	35.3%

***PaddleOCR-Modell:***

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
000.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
002.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
004.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
006.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
015.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
030.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
045.JPG	-	17	1.0	0.0%
060.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
075.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
084.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
086.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
088.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
090.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
092.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
094.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
096.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
105.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
120.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
135.JPG	-	17	1.0	0.0%
150.JPG	-	17	1.0	0.0%
165.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
174.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
176.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
178.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
180.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
182.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
184.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
186.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
195.JPG	9XS F1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
210.JPG	-	17	1.0	0.0%
225.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
240.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
255.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
264.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
266.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
268.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
270.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
272.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
274.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
276.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
285.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
300.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
315.JPG	-	17	1.0	0.0%
330.JPG	-	17	1.0	0.0%
345.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
354.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
356.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
358.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
360.JPG	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%

## B.2: Entfernung der Bewegungsunschärfe mit Hilfe des Lucy-Richardson-Algorithmus

### VIN-Scanner-Modell

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
1.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
4.jpg	9XSIF1HY487AMU2Z2	1	0.059	94.1%
5.jpg	XSIF1HY487AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.jpg	9XSIF1HY487AMU2Z2	1	0.059	94.1%
5.jpg	XSIF1HY487AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ2ZZ	1	0.059	94.1%
4.jpg	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
5.jpg	1HY487AMJZZ2	6	0.353	64.7%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
4.jpg	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	4	0.235	76.5%
5.jpg	XSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
3.jpg	SIF1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
4.jpg	487AMJ2Z2	8	0.471	52.9%
5.jpg	XSIF1HY487AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
3.jpg	SIF1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%
4.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
5.jpg	XSIF1HY487AMJ2ZZ	2	0.118	88.2%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2ZZZ	2	0.118	88.2%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ2222	3	0.176	82.4%
4.jpg	9X5IF1HY487AMJZZZ	4	0.235	76.5%
5.jpg	87AMJ2Z2	9	0.529	47.1%

**PaddleOCR-Modell**

0 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
1.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSRTY487AM12Z2	5	0.294	70.6%
4.jpg	9XSEHY4STAM52Z2	6	0.353	64.7%
5.jpg	-	17	1.0	0.0%

15 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
4.jpg	SXSPIHYASAMRZ2	9	0.529	47.1%
5.jpg	-	17	1.0	0.0%

30 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	OXSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
4.jpg	OXSFIY487AM1222	6	0.353	64.7%
5.jpg	QXSIF1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%

45 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ2Z2	0	0.0	100.0%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
4.jpg	OXSI1Y487AMJ2Z2	3	0.176	82.4%
5.jpg	OXSIF1HY487AM.I2Z	5	0.294	70.6%

60 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
3.jpg	OXSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%
4.jpg	WF1H48ZAMN2Z2	7	0.412	58.8%
5.jpg	OXSIF1HY487AMJ2Z2	1	0.059	94.1%

75 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
4.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
5.jpg	WXSIE1HY487AMJ2Z2	2	0.118	88.2%

90 Grad Rotation

Filename	Result	Error Count f	Error Density d	Accuracy k
2.jpg	9XSIF1HY487AMJ272	1	0.059	94.1%
3.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
4.jpg	9XSIF1HY487AMJ222	2	0.118	88.2%
5.jpg	OXSIF 1HY487AM2Z2	3	0.176	82.4%