

Anwendung von Projektionstechniken im automobilen Interieurbereich

*Baumann, Maximilian; Helmer, Melanie; Neumann, Cornelius
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lichttechnisches Institut (LTI)
Engesserstraße 13, Geb. 30.34, 76131 Karlsruhe
Tel. 0721 608-47383, maximilian.baumann@kit.edu, www.lti.kit.edu*

Abstract

Scheinwerfer mit adaptiver Lichtverteilung und Matrixbeam sind mittlerweile als Serienstand anzusehen. [1] Die Anwendung verschiedener Projektionstechniken hingegen ist in der automobilen Lichttechnik noch in der Entwicklung. Da im Exterieurbereich die Nutzung von Projektionstechniken viele Vorteile, wie beispielsweise lichtbasierte Fahrerassistenz oder Kommunikation hinsichtlich autonomen Fahrens mit sich bringt, liegt die Überlegung nahe, diese auch im Interieurbereich zu nutzen.

Mit Monitoren können verschiedene Nutzeranwendungen an festen, ebenen Flächen im Fahrzeuginnenraum dargestellt werden. Inhalte wie Messenger-Dienste, Social Media Anwendungen, News-Feeds oder Streaming Dienste sind hier möglich. Mit Hinblick auf autonom fahrende Fahrzeuge werden Techniken benötigt, die es erlauben relevante Informationen ortsunabhängig darzustellen.

Dies ist bei der Verwendung von Monitoren durch die feste Einbauposition im Fahrzeug sowie die Flexibilität der Darstellung jedoch stark eingeschränkt. Der Einsatz von Projektionstechniken hingegen ermöglicht es, Informationen an beliebigen Positionen nutzerorientiert darzustellen und ist dabei nicht ausschließlich auf planare Oberflächen beschränkt. Theoretisch betrachtet kann jede beliebige Oberfläche im Fahrzeuginnenraum für die Projektionsdarstellung verwendet werden.



1 Motivation

Die Anwendung projektionsbasierter Leuchten im automobilen Interieur bringt neue Möglichkeiten zur Informationsdarstellung in den Innenraum. Informationen, wie Navigation, Geschwindigkeit, etc. werden bislang auf fest verbauten Anzeigen, wie beispielsweise auch Monitoren dargestellt [2]. Nachteilig ist hier jedoch, dass der Bereich der Informationsdarstellung fest und ortsgebunden ist. Hier stellt sich die projizierte Informationsdarstellung als vorteilhafter dar.

Im Vergleich zu herkömmlichen Monitorsystemen im Cockpit, liegt der Vorteil der Projektion darin, dass die Abbildung auf beinahe jeder beliebigen Oberfläche des Fahrzeuges zu jeder Zeit dargestellt werden kann. Die Information kann somit direkt im aktuellen Sichtfeld des Fahrers präsentiert werden. Dabei ist mit Hinblick auf autonomes Fahren ebenfalls die Informationsdarstellung unabhängig von Fahraufgaben denkbar. Auch anderen Passagieren können beispielsweise Informationen über die befahrene Stadt und deren Sehenswürdigkeiten dargeboten werden.

Um diese nutzerspezifischen Informationen genau an der Stelle darzustellen, auf die sich der Fahrzeuginsasse konzentriert oder gerade seinen Blick wendet ist eine Erfassung der Körperpose [3] nötig, um die Information gezielt und ortsgenau zu präsentieren.

Im Folgenden werden, neben einem kurzen Abriss über den Innenraum des Fahrzeuges, die Materialien und Methoden vorgestellt, die notwendig sind, um Informationen projektorbasiert auf einer Oberfläche darzustellen. Als Grundlage für weitere Forschung zum Thema ortsunabhängige projektorbasierte Informationsdarstellung muss es zunächst möglich sein, Information verzeichnungsfrei auf planaren Oberflächen darstellen zu können. Damit jede Oberfläche des Fahrzeuginnenraums als Projektionsfläche genutzt werden kann, sind mehrere Projektoren als System einzusetzen. Dieses muss zunächst kalibriert werden, dass die Bildausgabe in Abhängigkeit der Lage des Systems zur Projektionsfläche transformiert werden kann.

2 Stand der Technik

2.1 Ambiente Innenraumbeleuchtung

Ambiente Innenraumbeleuchtung in Form von Lichtleisten oder indirekter, farbiger Beleuchtung verschiedener Bereiche des Fahrzeuges sind derzeit bei vielen Automobilherstellern Serienstand und werden in vielen Fahrzeugen verbaut [4]. Neben der ästhetischen Aufwertung des Innenraums und der Schaffung einer Wohlfühlatmosfera durch verschiedene, einstellbare Farbkombinationen unterstützt die Ambiente Innenraumbeleuchtung die Passagiere bei der Orientierung im Fahrzeug bei Nacht [5].



Abbildung 1 Lichtleiste im Cockpit des Fahrzeuges [4]

Diese lässt sich im Groben in zwei Bereiche aufteilen:

- **Selbstleuchtende Elemente:** Unter Selbstleuchtenden Elementen sind solche zu verstehen, deren Quelle oder lichtemittierende Fläche durch die Passagiere des Fahrzeuges direkt betrachtet werden können. Dabei gelangt das Licht ohne Reflektion auf direktem Wege in das Auge des Betrachters. Als Beispiel können hier leuchtende Zierleisten auf Lichtleiter-Basis genannt werden (vgl. Abbildung 1).
- **Beleuchtete Flächen:** Beleuchtete Fläche werden von einer oder mehreren Lichtquellen angestrahlt. Der visuelle Eindruck entsteht dabei durch das von der Fläche gestreute und reflektierte Licht, welches in Richtung des Betrachters gesandt wird. Dabei sind das Material, die Farbe sowie die Oberflächenbeschaffenheit maßgeblich dafür verantwortlich, wie die Fläche wahrgenommen wird. Beleuchtete Flächen sind beispielsweise Oberflächen des Fonds, die durch die Haltegriff- oder Leseleuchten angestrahlt werden oder der Fußraum des Beifahrers.

Durch die Verwendung von LEDs in Kleinleuchten im Innenraum bieten sich gestaltungstechnische Möglichkeiten, deren Realisierung mit Leuchten auf Glühlampenbasis in der Vergangenheit so nicht möglich gewesen sind. Durch die geringe Größe der LED, den schnellen Schaltzeiten und verschiedenen Farb- und Weißtönen, können Leuchten mit mehreren LED Chips auch unterschiedlicher Farbe gebaut werden.

2.2 Informationsschnittstelle

Informationen können den Insassen des Fahrzeuges unterschiedlich dargeboten werden. Eine der ältesten Darstellungsmöglichkeiten sind die analogen Instrumente zur Anzeige der Geschwindigkeit [2]. Auch Warn- und Signallampen, im Tachobereich

der Instrumententafel, zeigen dem Fahrer an, dass eine Fehlfunktion vorliegt oder sollen dessen Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Ereignis lenken.

Head-up-Displays (HUD) stellen eine modernere Variante der Informationsdarstellung für den Fahrer dar. Die Geschwindigkeit oder Navigationselemente werden direkt im Bereich dessen Sichtfelds in der Windschutzscheibe sichtbar gemacht [6]. Vorteil dieses Systems ist, dass die nutzerrelevanten Informationen dem Fahrer direkt ins Sichtfeld projiziert werden, sodass sich dessen Blick nicht übermäßig von der Straße abwendet.

Über einen oder mehrere Monitore werden derzeit überwiegend Informationen dem Fahrer oder anderen Insassen des Fahrzeuges präsentiert [1]. Dabei ersetzen diese, Stand heute immer öfter auch herkömmliche Rundinstrumente zur Anzeige der Geschwindigkeit oder der Drehzahl. Auch Displays mit Touch-Funktion, zur In-System-Navigation oder der Interaktion mit dem Fahrzeug, werden mittlerweile verbaut [7].



Abbildung 2 Monitorsysteme im Cockpit und Fond des Fahrzeuges [7]

Wie in Abbildung 2 zu sehen, sind Monitore sowohl im Cockpit als auch im Fond des Fahrzeuges zu finden. Neben der Funktion, Informationen zur Fahrt und zum Fahrzeug anzuzeigen, können diese im Fond auch als Infotainment-System zum Abspielen von Filmen oder Anzeigen von Nachrichten genutzt werden.

Eine neue Methode der Informationsdarstellung über Projektion, sowie deren Möglichkeiten und Vorteile gegenüber den beschriebenen Monitorsystemen wird im Folgenden präsentiert.

3 Material

3.1 Demonstratoraufbau

Zur Untersuchung der überlagerten Projektion und deren Einsatzmöglichkeiten wird ein Demonstrator aufgebaut. Bestandteil dessen sind zwei Kurzstanzprojektoren der Firma *Optoma*. Diese werden in definiertem Abstand zur Projektionsfläche montiert und ausgerichtet (vgl. Abbildung 3).

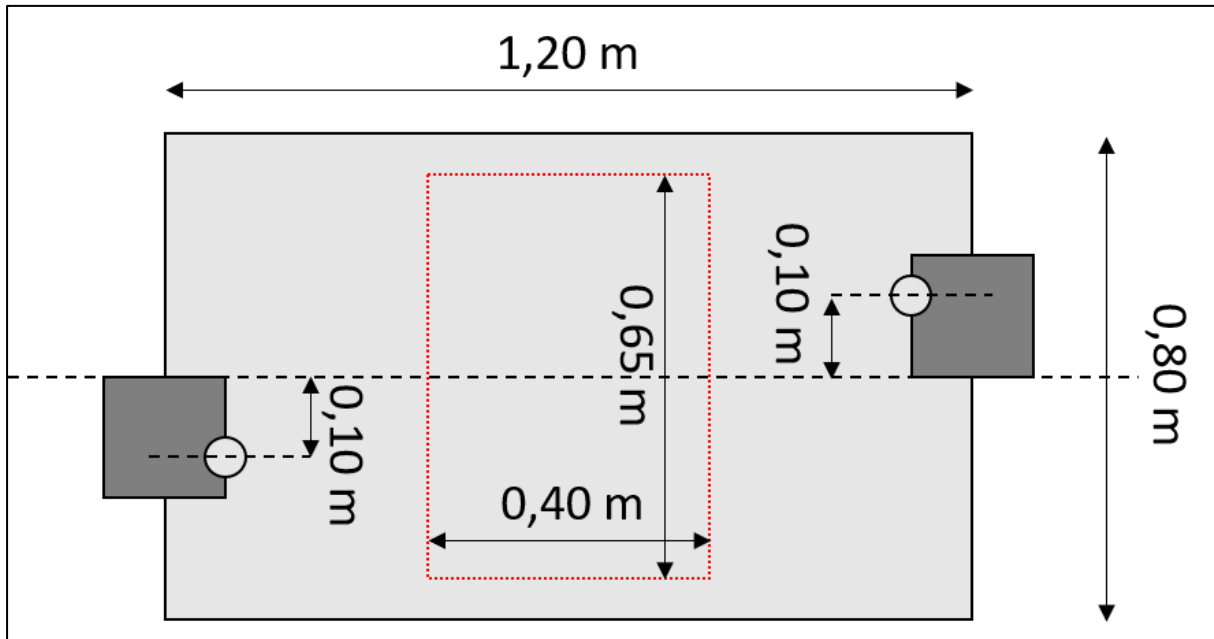


Abbildung 3 Maße des Demonstratoraufbaus

Um auch zukünftig Änderungen am Demonstrator ohne größeren Aufwand vornehmen zu können, erfolgt der Aufbau mit Aluminium-Profilstangen der Firma *Misumi*. Diese ermöglichen zudem einen teilmodularen Aufbau, sodass einzelne Module auch zu späteren Zeitpunkten noch verschoben oder ausgetauscht werden können.

In die Projektionsfläche aus Birkenmultiplex sind an den Eckpunkten, des in Abbildung 3 rot eingezeichneten, Projektionsbereichs Photowiderstände eingesetzt. Diese werden im kommenden Abschnitt zur Kalibrierung der Projektoren verwendet.

3.2 Kalibrierung der Projektionen

Um die Projektionen des Multiprojektorsystems präzise Überlagern zu können, müssen die Parameter der Projektoren bestimmt werden. Die Extrinsischen Parameter beschreiben die Position und die Orientierung des Projektors (also die Pose) im Raum. Die intrinsischen Parameter stellen die Parameter der inneren Orientierung dar, es handelt sich um konstante, projektorinterne Größen [8]. Diese werden zur Charakterisierung der Projektoren benötigt und müssen bestimmt werden.

Durch die zuvor beschriebenen Photowiderstände ist es möglich die Lage und Pose der Projektoren relativ zur Projektionsfläche mit Hilfe entsprechender Software zu bestimmen. Zu diesem Zweck werden von jedem Projektor nacheinander untenstehende Projektionsmuster (vgl. Abbildung 4) auf die Fläche projiziert. [9] Die Sensoren erfassen dabei den aktuell anliegenden Helligkeitswert auf der Sensorfläche.

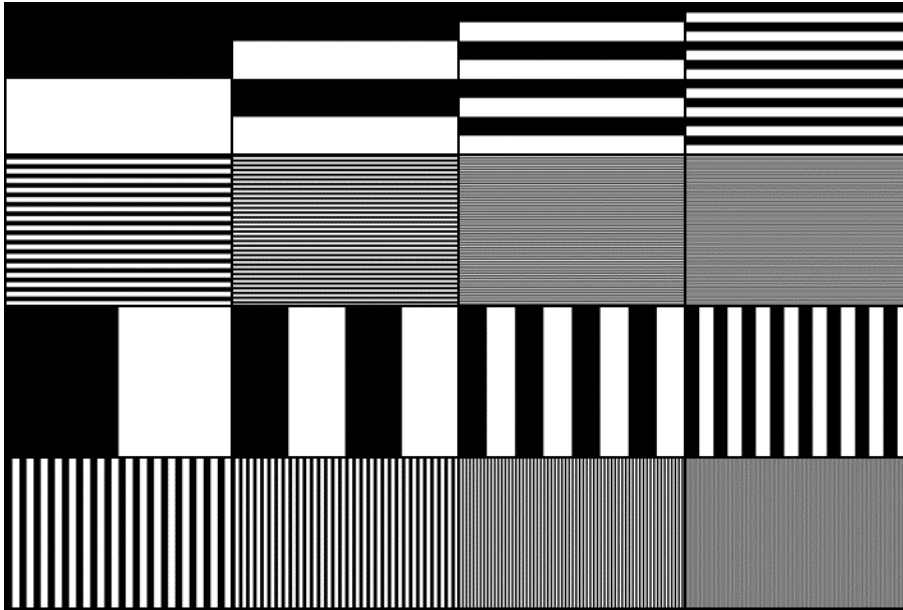


Abbildung 4 Streifenmuster zur Kalibrierung der Projektoren

Damit der gemessene Sensorwert dem entsprechenden Helligkeitswert (Hell oder Dunkel) zugeordnet werden kann, wird zunächst pro Beamer ein komplett weißes Bild auf die Fläche projiziert und der Wert von jedem Sensor als Referenzwert aufgenommen. Über diesen Wert wird ein Toleranzbereich für jeden Sensor definiert.

Zunächst werden die horizontalen Streifen nacheinander projiziert und die Sensorwerte bewertet als Null oder Eins gespeichert. Bei jedem Durchgang verdoppelt sich die Anzahl der Streifen. Nachdem sowohl die horizontalen als auch die vertikalen Streifenmuster projiziert wurden, liegen pro Sensor zwei Bitfolgen vor. Diese können im Anschluss dazu genutzt werden, um die Position des jeweiligen Sensors in der Abbildung auf der Projektionsfläche zu bestimmen.

Bitfolge Horizontale Streifen: Bin(01011011) → Dec(91)	Horizontale Bildkoordinate: $\frac{(91 + 1) \cdot \#Spalten\ Bild}{\#Streifen}$	(1)
Bitfolge Vertikale Streifen: Bin(11010111) → Dec(215)	Vertikale Bildkoordinate: $\frac{(215 + 1) \cdot \#Zeilen\ Bild}{\#Streifen}$	

Die Positionen der Sensoren werden im kommenden Abschnitt weiterverarbeitet. Zu beachten ist, dass die sich aus der binären Folge ergebende, dezimale Zahl um Eins erhöht werden muss, da die Zeilen und Spalten des Bildes nicht mit Null beginnen. Die resultierende Zahl muss anschließend mit einem Normierungsfaktor auf die Auflösung des darzustellenden Bildes angepasst werden.

4 Überlagerung

Problematisch bei überlagerten Projektionen ist, dass Lage und Pose der Projektoren im Weltkoordinaten genau bekannt sein müssen. Das Weltkoordinatensystem dient dabei als gemeinsamer Bezugspunkt, auf den sich alle Objekte im Raum referenzieren. Bereits kleine Abweichungen der Orts- und Posenangabe, sind im Projektionsbereich als Unschärfe oder sichtbare Abstand der jeweiligen Abbildungen zu erkennen (vgl. Abbildung 5).

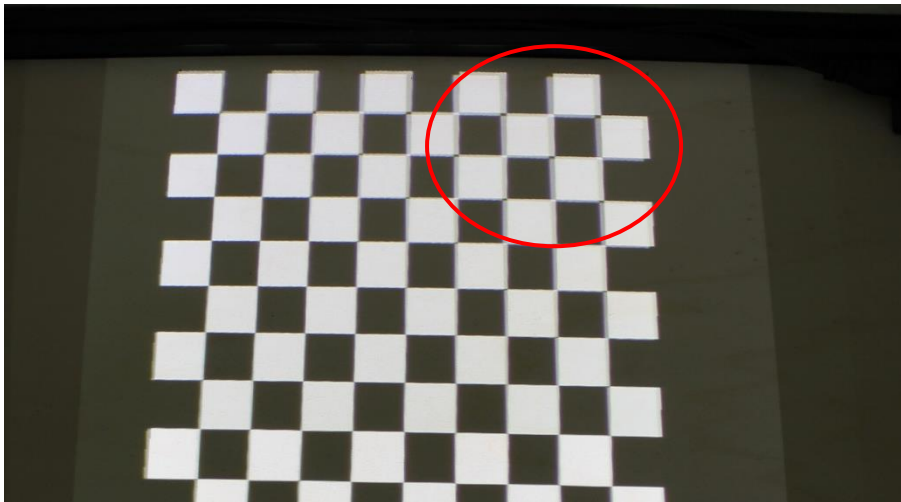


Abbildung 5 Fehler bei der Überlagerung der projizierten Abbildungen

Die Photowiderstände, welche in Abschnitt 3.2 bereits zur Kalibrierung der Projektoren verwendet wurden, sind dabei direkte Bezugspunkte zwischen Weltkoordinatensystem und dem physischen Demonstrator. Nachdem die Koordinaten der Sensoren im Projektorbild für jeden Beamer bestimmt wurden, kann die Bildausgabe dieser trapezförmig verzerrt werden. Die Sensoren befinden sich somit an den Eckpunkten der Abbildungen. Bei korrekter Kalibrierung werden die Abbildungen vollständig überlagert und Unterschiede zwischen den Projektionen sind nicht sichtbar. Abbildung 6 zeigt die Schritte, die zur Erzeugung der überlagerten Projektion gemacht werden müssen.

Der hier behandelte Aufbau beschränkt sich auf vier Photosensoren. Zukünftig sollen mehr Sensoren zum Einsatz kommen, um die überlagerte Projektion auch auf nicht-planaren Oberfläche darstellen zu können. In Bezug auf den Automobilen Innenraum ist es geplant, überlagerte Projektionen auf den Oberflächen und Armaturen des Fahrzeuges abzubilden.

Für den Fahrer relevante Informationen können somit ortsunabhängig im Innenraum dargestellt werden. Dies stellt gegenüber herkömmlichen Informationssystemen auf Monitorbasis den Vorteil dar, dass es nur wenige Beschränkung hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit der Projektionsfläche, des Bauraums oder des Einbauorts des Systems gibt.

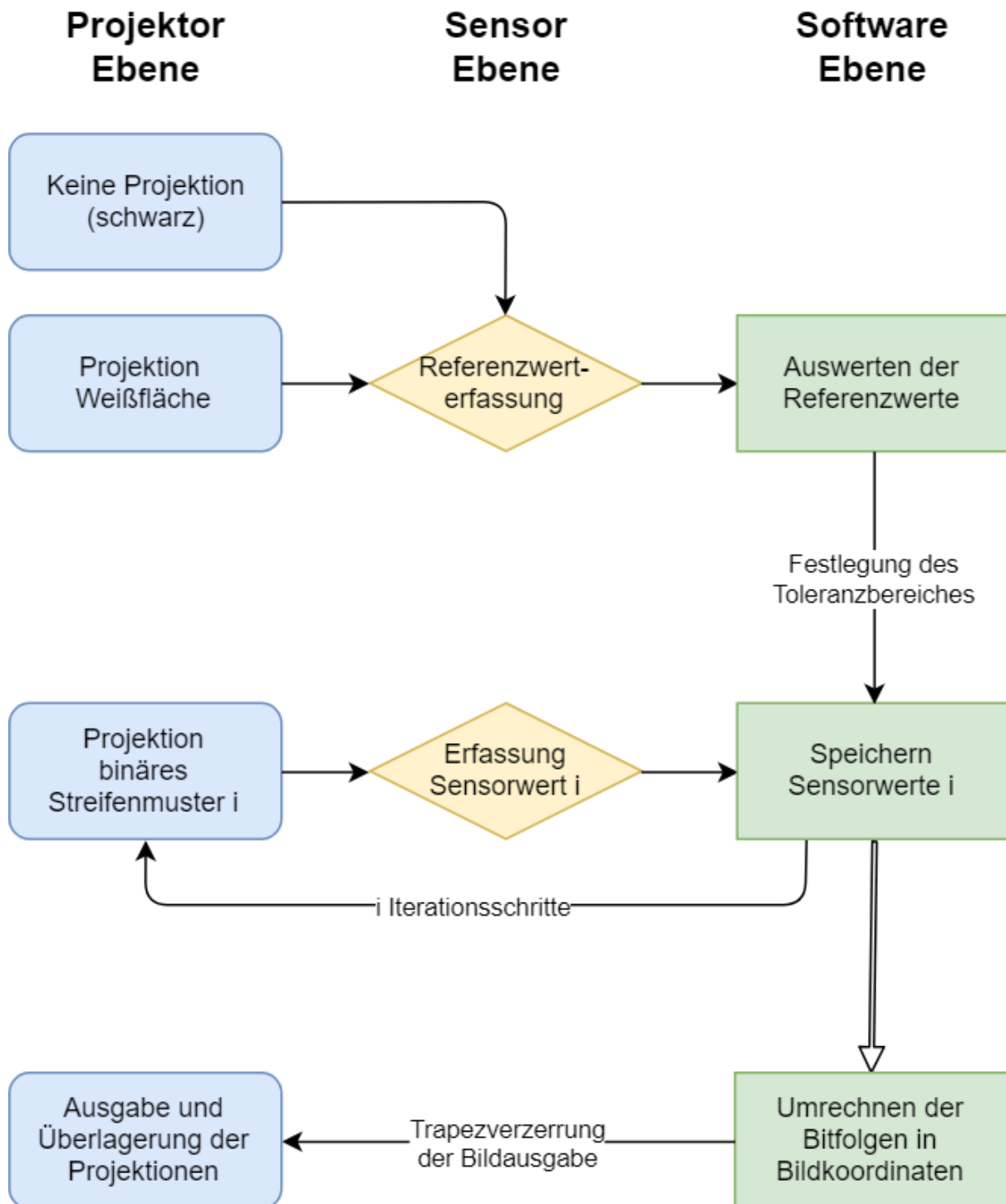


Abbildung 6 Ablaufdiagramm der Software

5 Fazit

Die sich durch die überlagerte Projektion ergebenden Möglichkeiten, bieten Raum für zukünftige Untersuchungen und Versuche an diesem Demonstrator. Durch Projektion kann Information an beliebigen Positionen dargestellt werden, um diese beispielsweise dem Fahrer in dessen Blickrichtung zu präsentieren oder seine Aufmerksamkeit auf ein Ereignis zu lenken.

Die vorgestellte Methode zur Kalibrierung des Systems lässt Raum für weitere Ansätze zur Verbesserung der Kalibrierergebnisse. Diese können durch das Hinzufügen besserer Hardware und das Modifizieren der Software noch weiter gesteigert werden, so dass die Überlagerung selbst im Worst-Case noch hinreichend gut ist.

Weiter können die Methoden der Überlagerung dahingehend erweitert werden, dass durch die Erhöhung der Anzahl der Sensoren, eine Darstellung der Projektion auf geschwungenen Oberflächen ermöglicht wird. Die Erkenntnisse und Ansätze des Demonstrators sollen in weiteren Projekten und Untersuchungen vertieft werden. Eine Implementierung der Technik in den Innenraum des Fahrzeuges wird langfristig als Ziel angesehen.

Literatur

- [1] Neumann, Cornelius Lichttechnisches Institut Karlsruhe, „Vorlesung: Optische Technologien im Automobil,“ Karlsruhe, 2017.
- [2] C. Neumann, „Vorlesung: Visuelle Wahrnehmung im KfZ,“ Lichttechnisches Institut Karlsruhe, 2017.
- [3] M. M., M. Voit, „Insassen-Körperposenerfassung für Innenraum-Assistenzsysteme der Zukunft,“ *Automobiltechnische Zeitschrift ATZ*, p. 70ff, April 2017.
- [4] Mercedes Benz, „Das Interieur-Design der neuen A-Klasse,“ 25 06 2019. [Online]. Available: <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/design/>.
- [5] A. Vollmer, „Licht mit Funktion: Weit mehr als nur reines Ambiente-Licht,“ all-electronics, 09 10 2018. [Online]. Available: <https://www.all-electronics.de/> [Zugriff am 08 06 2019].
- [6] M. Hanischfeger, „Was können die Assistenzsysteme?,“ auto motor sport, 24 06 2019. [Online]. Available: <https://www.auto-motor-und-sport.de/>. [Zugriff am 28 06 2019].

- [7] Mercedes Benz, „Interieur: Next Level Interieur-Design,“ Daimler AG, [Online]. Available: <https://media.daimler.com/> [Zugriff am 18.06.2019].
- [8] S. K. P. G. Stefan Sollinger, „Masterarbeit: Kalibrierung und Implementierung eines Laserprojektors als Autopointer,“ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Hochschule Regensburg, Regensburg, 2012.
- [9] M. A. J.L. Posdamer, „Surface Measurement by Space-Encoded Projected Beam System,“ 1982.