

Entwicklung eines mobilen Warnsystems zur Minimierung von Abbiegeunfällen zwischen LKW und Fußgänger*innen

Studienarbeit T3100

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Luka Tadic

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Abgabedatum: | 13.01.2025 |
| Bearbeitungszeitraum: | 09.10.2024 - 13.01.2025 |
| Matrikelnummer: | 5726700 |
| Kurs: | TFE22-1 |
| Dualer Partner: | |
| Betreuerin / Betreuer: | Prof. Dr. Ing. Tobias Frank |
| Gutachterin / Gutachter: | Prof. Dr. Ing. Tobias Frank |

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Studienarbeit T3100 mit dem Thema:

*Entwicklung eines mobilen Warnsystems zur Minimierung von Abbiegeunfällen zwischen LKW und Fußgänger*innen*

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 13. Januar 2025

Luka Tadic

Kurzfassung

Die vorliegende Studienarbeit untersucht die Entwicklung eines mobilen Warnsystems zur Minimierung von Abbiegeunfällen zwischen LKW (Lastkraftwagen) und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden. Aufbauend auf früheren Forschungsarbeiten wurde ein Konzept entwickelt, das die Bluetooth-Angle-of-Arrival-Technologie (AoA) nutzt, um die Position von Fußgängerinnen und Radfahrerinnen präzise zu bestimmen. Ziel ist die Entwicklung einer mobilen Applikation, die als Signalquelle für ein LKW-Abbiegeassistenzsystem dient. Diese App bietet eine kostengünstige und zugängliche Lösung, um kritische Verkehrssituationen frühzeitig zu erkennen und Warnungen auszugeben.

Die Arbeit umfasst die Analyse der technischen Grundlagen von Bluetooth, die Implementierung einer Android-App für das Scannen und Erkennen von Bluetooth-Geräten sowie die Konzeption einer bidirektionalen Kommunikation zwischen App und LKW-System. Aktuelle Herausforderungen bestehen in der fehlenden Senderfunktionalität der App und der unklaren Kompatibilität mit der verwendeten Hardware.

Zukünftige Arbeiten sollten die vollständige bidirektionale Kommunikation, eine verbesserte Benutzerfreundlichkeit und plattformübergreifende Anwendungen fokussieren. Langfristig

kann das System dazu beitragen, die Verkehrssicherheit signifikant zu erhöhen und Leben zu retten.

Abstract

This study examines the development of a mobile warning system to reduce turning accidents between trucks and vulnerable road users. Building on previous research, a concept was developed utilizing Bluetooth Angle-of-Arrival (AoA) technology to precisely determine the position of pedestrians and cyclists. The goal is to create a mobile application that acts as a signal emitter for a truck turn-assistance system, providing an affordable and accessible solution for early detection of critical traffic situations and issuing warnings.

The work includes an analysis of the technical foundations of Bluetooth, the implementation of an Android app for scanning and detecting Bluetooth devices, and the conceptualization of bidirectional communication between the app and the truck system. Current challenges include the lack of signal-emitting functionality in the app and unclear compatibility with the chosen hardware.

Future developments should prioritize achieving complete bidirectional communication, enhancing user-friendliness, and ex-

tending the solution to other platforms. In the long term, the system has the potential to significantly improve traffic safety and save lives.

Hilfsmittel

Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene Hilfsmittel verwendet, von denen insbesondere der Einsatz von LLMs (Large Language Models) von Bedeutung ist.

Die Autoren haben LLMs, wie beispielsweise ChatGPT, genutzt, um allgemeinen Code (z.B. Klassen und Funktionskörper) für die Arbeit implementieren zu lassen. Es ist den Autoren wichtig zu betonen, dass die dem Projekt zugrunde liegende Algorithmik, sofern nicht anders gekennzeichnet, selbst entwickelt wurde und auf eigenem Gedankengut basiert.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----|--|----|
| 1 | XPLR-AOA Explorer Kit [3] | 3 |
| 2 | Beispiel LKW-Abbiegeassistenzsystem potentielle Situation[5] | 7 |
| 3 | Modelldarstellung Bluetooth Datenübertragung(Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)) [6] | 11 |
| 4 | Piconets [7] | 12 |
| 5 | Benutzeroberfläche Android Studio[9] | 19 |
| 6 | Pop-Up, der den User fragt, Bluetooth zu aktivieren[10] | 24 |
| 7 | Beispiel Pop-up Scanning for Bluetooth devices[10] | 27 |
| 8 | Pop-Up, der darstellt, welches Bluetooth Gerät erkannt worden ist[10] | 30 |
| 9 | Liste der erkannt bzw. gescannten Bluetooth-Geräte[10] . . | 35 |
| 10 | Aktuelles Aussehen der App mit der derzeitigen Funktionen[10] | 41 |

Abkürzungsverzeichnis

AoA - Angle-of-Arrival

API - Application Programming Interface

BLE - Bluetooth Low Energy

DHBW - Duale Hochschule Baden-Württemberg

FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum

ISM - Industrial, Scientific, Medical

LKW - Lastkraftwagen

DSGVO - Datenschutz-Grundverordnung

UI - User Interface

UX - User Experience

XML - Extensible Markup Language

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation | 1 |
| 1.2 | Zielsetzung | 2 |
| 2 | Idee und Konzept | 5 |
| 3 | Anforderungen und Zielgruppe | 8 |
| 4 | Bluetooth | 10 |
| 4.1 | Allgemeine Grundlagen | 10 |
| 4.2 | Funktionsweise | 11 |
| 4.3 | Verbindungsaufbau | 12 |
| 4.4 | Bluetooth-Klassen | 13 |
| 4.5 | Bluetooth-Versionen | 14 |
| 4.6 | Vorteile und Herausforderungen | 15 |
| 5 | Entwicklung der App | 17 |
| 5.1 | Android oder Apple | 17 |
| 5.2 | Android Studio | 19 |
| 5.3 | Eigenschaften und Funktionen | 22 |
| 5.3.1 | Bluetooth-Erkennung und Warnfunktion | 22 |
| 5.3.2 | Geräteverwaltung und Anzeigefunktionen | 33 |
| 5.3.3 | Layout und Benutzeroberfläche | 35 |
| 5.3.4 | Berechtigungen und Manifest-Konfiguration | 36 |
| 6 | Problematik | 43 |
| 6.1 | Ursachen des Problems | 43 |
| 7 | Aussicht | 45 |

1 Einleitung

1.1 Motivation

In den letzten Jahren ist die Zahl der tödlichen Verkehrsunfälle bedauerlicherweise gestiegen, was auf eine Vielzahl von Faktoren wie steigende Verkehrsdichte sowie mangelnde Aufmerksamkeit und Sorgfalt im Straßenverkehr zurückzuführen sein kann. Um dieser negativen Entwicklung entgegenzuwirken, wurden unterschiedliche Maßnahmen ergriffen. Neben strengeren Sicherheitsgesetzen haben sich vor allem technologische Innovationen wie Fahrzeugkameras, Sensorik und verschiedene Fahrerassistenzsysteme als wesentliche Instrumente zur Unfallprävention herauskristallisiert.

Eine besonders bedeutende Neuerung im Bereich der LKW-Sicherheit stellen Abbiegeassistenten dar. Diese Systeme helfen, den toten Winkel zu reduzieren und somit Unfälle – insbesondere beim Rechtsabbiegen – zu vermeiden. Trotz dieser technischen Fortschritte besteht weiterhin Potenzial für weitere Verbesserungen. Eine umfassende Forschung und Entwicklung im Bereich von Fahrerassistenzsystemen könnte zukünftig dazu beitragen, das allgemeine Verkehrsrisiko weiter zu senken und die Verkehrssicherheit signifikant zu erhöhen [1].

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Studienarbeit baut auf den Ergebnissen von C. Gründer und J. Simon[1] sowie von A. D. Gardy[2] auf. In der Arbeit von Gründer und Simon wurde ein Prototyp für ein LKW-Abbiegeassistenzsystem entwickelt, das die Position von Fahrradfahrenden mithilfe von Bluetooth erfasst. Gardy wiederum realisierte eine winkelbasierte Bluetooth-Ortung über einen intelligenten Fahrradhelm, der als Signal-Emitter fungierte. Dadurch können kritische Situationen beim Abbiegen erkannt und frühzeitig Warnungen ausgegeben werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, das in [1] und [2] skizzierte Konzept der Bluetooth-basierten Positionsbestimmung auf eine breitere Anwendungsebene zu heben. Statt wie bisher die Funktionalität auf einen speziellen Fahrradhelm zu beschränken, soll eine mobile Applikation entwickelt werden, die für sämtliche Verkehrsteilnehmende zugänglich ist. Diese App übernimmt die Rolle des Signal-Emitters und ermöglicht somit eine weitaus flexiblere und kostengünstigere Implementierung. Durch die Einbindung in gängige mobile Endgeräte soll sich die Technologie auch für Fußgänger*innen oder Personen, die kein spezielles Helmsystem verwenden, eignen.

Darüber hinaus sollen Optimierungen in den Bereichen Da-

tenverarbeitung und -auswertung vorgenommen werden, um eine noch präzisere Positionsbestimmung zu erreichen und Fehlalarme zu reduzieren. Hierbei wird weiterhin auf die vorhandene Hardware-Infrastruktur, wie das XPLR-AOA Explorer Kit von u-blox, zurückgegriffen, allerdings mit dem Fokus auf eine verbesserte Software-Architektur und benutzerfreundliche Anwendungsentwicklung.

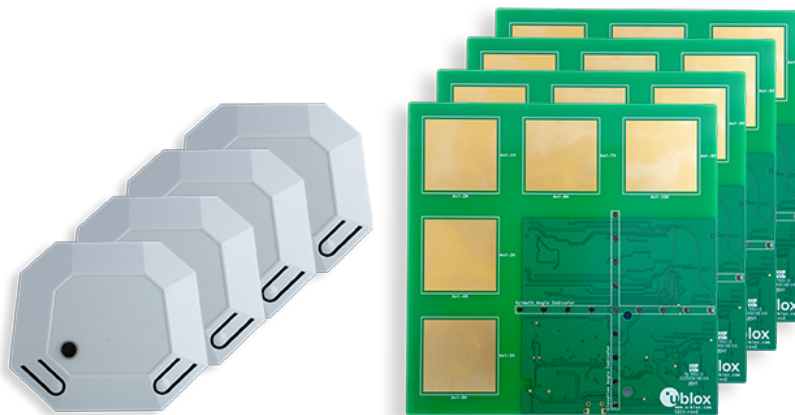


Abbildung 1: XPLR-AOA Explorer Kit [3]

Das übergeordnete Ziel ist es, die Verkehrssicherheit insbesondere beim Abbiegen von LKW (Lastkraftwagen) signifikant

zu erhöhen und dadurch Unfallzahlen zu reduzieren.

2 Idee und Konzept

Im vorliegenden Projekt soll eine mobile Anwendung entwickelt werden, die sowohl als Empfänger als auch als Sender von relevanten Positions- und Warninformationen agieren kann. Anders als in bisherigen Ansätzen, bei denen die Funktionsweise größtenteils auf wenige Verkehrsteilnehmende (z. B. Personen mit speziellen Helmen) beschränkt war, soll mit dieser App eine breite Nutzerbasis angesprochen werden.

Ziel ist es, dass sowohl LKW-Fahrende als auch Fußgänger*innen beziehungsweise weitere ungeschützte Verkehrsteilnehmende gleichermaßen von dem System profitieren. Konkret werden folgende Hauptfunktionen angestrebt:

1. Senderfunktion: Die App auf dem Smartphone eines Fußgängers oder einer Fußgängerin fungiert als Signalquelle. Die vom mobilen Endgerät ausgesendeten Bluetooth-Signale ermöglichen es einem im LKW befindlichen Assistenzsystem, die relative Position zu erfassen und eine Warnung an den oder die LKW-Fahrende auszugeben, sobald eine kritische Abbiegesituation erkannt wird.

2. Empfängerfunktion: Umgekehrt kann die App eingehende Warnsignale des LKW-Abbiegesystems verarbeiten, sobald eine kritische Situation vorliegt. Als Reaktion darauf erfolgt bei-

spielsweise eine Warnung via Vibration oder eine Bildschirmbenachrichtigung auf dem Smartphone des oder der Fußgängerin. Dadurch soll eine gegenseitige Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmenden erreicht werden, um das Unfallrisiko weiter zu reduzieren.

Die Realisierung dieser bidirektionalen Kommunikation erfordert eine durchdachte Systemarchitektur, welche die folgenden Aspekte berücksichtigt:

Datensicherheit und Datenschutz: Da personenbezogene Daten (z. B. Standortinformationen) erhoben werden, muss sichergestellt sein, dass sämtliche Prozesse DSGVO-konform gestaltet sind[4].

Robuste Bluetooth-Kommunikation: Die App muss in unterschiedlichsten Umgebungen, wie dicht besiedelten Stadtgebieten mit hohem Interferenzpotenzial, zuverlässig funktionieren.

Benutzerfreundlichkeit: Eine intuitive Bedienung und eine minimalinvasive Warnung (etwa durch eine kurze Vibration) erhöhen die Akzeptanz des Systems bei allen Verkehrsbeteiligten.

Skalierbarkeit: Sowohl technische Komponenten (z. B. Netzwerk- und Sensorlast) als auch die Benutzeranzahl soll-

ten skalierbar sein, um eine möglichst breite Anwendung zu ermöglichen.

Durch die Kombination dieser Maßnahmen wird eine umfassende Lösung angestrebt, die auf den Erkenntnissen der Vorarbeiten aufbaut und die Verkehrssicherheit durch eine umfassende und zugängliche Warninfrastruktur verbessert.



Abbildung 2: Beispiel LKW-Abbiegeassistenzsystem potentielle Situation[5]

3 Anforderungen und Zielgruppe

Bei der Konzeption und Realisierung der mobilen Anwendung ist zu berücksichtigen, dass die zugrunde liegende Hardware auf dem Bluetooth-Standard 5.1 basiert. Diese Version bringt insbesondere mit der Angle-of-Arrival-(AoA)-Technologie einen wesentlichen Fortschritt in der Positionsbestimmung, da sie eine präzisere und schnellere Lokalisierung ermöglicht. Folglich ist für eine volle Funktionalität erforderlich, dass Endgeräte mindestens Bluetooth 5.1 oder höher unterstützen.

Aufgrund der noch relativ geringen Verbreitung aktueller Bluetooth-Versionen kann dies zu einer eingeschränkten Nutzbarkeit führen. Ein bedeutsamer Teil der zu entwickelnden Lösung besteht daher darin, durch geeignete Design- und Implementierungsentscheidungen sowie durch klare Kommunikation gegenüber den Nutzenden sicherzustellen, dass das System trotz dieser technischen Voraussetzungen ein möglichst breites Anwendungsspektrum abdeckt.

Da das System generell der Erhöhung der Verkehrssicherheit dienen soll, richtet es sich an alle Verkehrsteilnehmenden. Ein besonderer Fokus liegt auf ungeschützten Personengruppen wie Fußgänger*innen und insbesondere Kindern. Da Letztere im Straßenverkehr ein erhöhtes Risiko aufweisen, ist eine intuitive

und leicht verständliche Gestaltung der App von entscheidender Bedeutung.

Darüber hinaus wird angestrebt, die App so zu gestalten, dass sie auch für ältere Personen oder Nutzer*innen mit wenig technischer Erfahrung einfach zu bedienen ist. Eine klare, barrierearme Benutzeroberfläche und ein einheitliches Warnkonzept sollen hier maßgeblich zur Nutzerakzeptanz und damit zum Erfolg der Anwendung beitragen.

4 Bluetooth

Nachfolgend werden die für diese Arbeit relevanten Aspekte der Bluetooth-Technologie in einzelnen Unterkapiteln dargestellt. Dabei wird ein grundlegendes Verständnis für die Eigenschaften und Funktionsweisen von Bluetooth vermittelt, das als Fundament für das hier vorgestellte Abbiegeassistenzsystem dient.

4.1 Allgemeine Grundlagen

Bluetooth ist ein Funkstandard, der im lizenzfreien 2,4-GHz-ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical) betrieben wird und in erster Linie zur drahtlosen Kommunikation über kurze Entfernungen entwickelt wurde. Die Reichweite beträgt dabei üblicherweise etwa zehn Meter, kann jedoch – abhängig von der Hardwareklasse – zwischen einem und bis zu hundert Metern variieren. Aufgrund seiner einfachen Handhabung und vergleichsweise geringen Energieanforderungen findet Bluetooth in zahlreichen Alltagsgeräten wie Smartphones, Kopfhörern und Freisprecheinrichtungen Anwendung.

4.2 Funktionsweise

Ein zentrales Element der Bluetooth-Kommunikation stellt das Frequenzsprungverfahren (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) dar, bei dem das System bis zu 1600 Mal pro Sekunde zwischen 79 (in einigen Regionen 40) Kanälen wechselt. Dieser Mechanismus dient insbesondere der Minimierung von Interferenzen mit anderen Funkdiensten, die ebenfalls das 2,4-GHz-Band nutzen (z. B. WLAN).

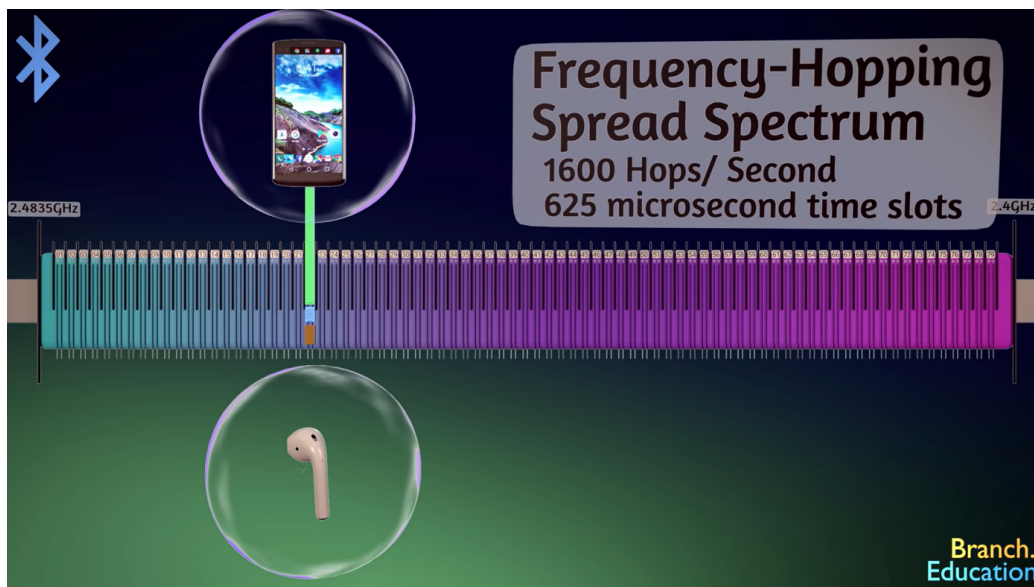


Abbildung 3: Modelldarstellung Bluetooth Datenübertragung(Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)) [6]

Bluetooth-Geräte werden zu sogenannten Piconets zusammengeschlossen. Innerhalb eines Piconets übernimmt ein

Master-Gerät (z. B. ein Smartphone) die Verbindungssteuerung und verwaltet mehrere Slaves (z. B. drahtlose Kopfhörer). Ein Master kann bis zu sieben aktive Slaves parallel betreiben, während weitere Geräte in einem passiven Modus verbleiben können.

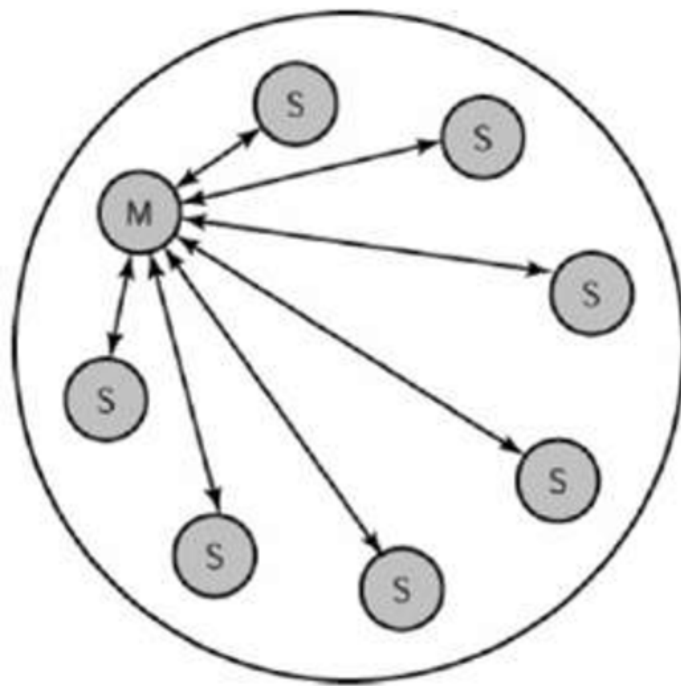


Abbildung 4: Piconets [7]

4.3 Verbindungsaufbau

Der Verbindungsaufbau zwischen zwei Bluetooth-Geräten beginnt in der Regel mit einem Erkennungs- und Scanvorgang,

in dem die beteiligten Geräte nach potenziellen Kommunikationspartnern suchen oder selbst gefunden werden. Anschließend erfolgt die Kopplung (Pairing), bei der sich die Geräte durch einen einmaligen Austausch von Authentifizierungsinformationen identifizieren und gegebenenfalls über einen PIN-Code sichern. Nach erfolgreichem Pairing speichern die Geräte ihre Verbindung und können sich für zukünftige Sitzungen automatisch verbinden. Zur Absicherung der Verbindung wird unter anderem eine 128-Bit-Verschlüsselung genutzt, die Daten vor unbefugtem Zugriff schützt.

4.4 Bluetooth-Klassen

Um unterschiedlichen Anforderungen an die Reichweite gerecht zu werden, sind verschiedene Leistungsklassen definiert:

Klasse 1: Reichweite von bis zu 100 Metern, häufig in industriellen Anwendungen genutzt.

Klasse 2: Reichweite von etwa 10 Metern, gängiger Standard für viele Consumer-Geräte.

Klasse 3: Reichweite von ungefähr 1 Meter, in der Praxis selten anzutreffen.

4.5 Bluetooth-Versionen

Die Entwicklung von Bluetooth umfasst verschiedene Versionen, die im Laufe der Zeit insbesondere Verbesserungen in Bezug auf Datenrate, Reichweite und Energieverbrauch erfahren haben:

Bluetooth 4.0 (Bluetooth Low Energy (BLE)): Erhebliche Reduktion des Energiebedarfs, wodurch vor allem in kleinen batteriebetriebenen Sensoren und Wearables eine langfristige Nutzbarkeit erzielt werden kann.

Bluetooth 5.0: Erweiterung der Reichweite, höhere Datenraten und verbesserte Stabilität.

Bluetooth 5.1: Einführung der Angle-of-Arrival-Technologie (AoA), die eine deutlich präzisere Lokalisation von Geräten ermöglicht. Für das hier vorgestellte Abbiegeassistenzsystem ist diese Funktion insbesondere deshalb relevant, weil sie die genaue Positionsbestimmung von Fußgänger*innen oder Fahrradfahrenden gegenüber einem LKW unterstützt.

Da Bluetooth 5.1 noch nicht in allen aktuellen Endgeräten implementiert ist, kann die praktische Einsetzbarkeit einer solchen Lösung derzeit eingeschränkt sein. Die Verbreitung neuer Technologien nimmt jedoch meist mit der Zeit zu, sodass eine breitere Unterstützung in absehbarer Zukunft zu erwarten ist.

4.6 Vorteile und Herausforderungen

Zu den Vorteilen von Bluetooth zählen die universelle Verfügbarkeit in modernen Endgeräten, die Energieeffizienz (insbesondere durch Bluetooth Low Energy) und die einfache Kopplung. Hinzu kommen eine vergleichsweise hohe Sicherheit durch Verschlüsselung sowie die Möglichkeit, unterschiedliche Geräteklassen (z. B. Smartphones, Sensoren oder Kopfhörer) in einem lokalen Netzwerk miteinander zu verbinden.

Allerdings existieren auch Herausforderungen wie potenzielle Interferenzen in dicht belegten Frequenzbereichen, eine im Vergleich zu anderen Funktechnologien (z. B. WLAN) geringere Datenrate und eine begrenzte Reichweite. Trotz dieser Einschränkungen hat sich Bluetooth als praxistaugliche Kurzstreckentechnologie etabliert und wird fortlaufend weiterentwickelt.

Insgesamt stellt Bluetooth aufgrund seiner Flexibilität, Energieeffizienz und weitreichenden Verbreitung eine zentrale Basis für die Realisierung von Kurzstreckenkommunikation dar. Für das in dieser Studienarbeit vorgestellte Abbiegeassistenzsystem sind insbesondere die zusätzlichen Fähigkeiten von Bluetooth 5.1 von Interesse, da sie eine verbesserte Lokalisierung durch die Angle-of-Arrival-Technologie ermöglichen. Trotz bestehender Einschränkungen in der Reichweite und möglicher

Interferenzen bietet Bluetooth somit eine solide Grundlage, um Verkehrsobjekte zuverlässig miteinander zu vernetzen und Warnhinweise bei drohenden Gefahrensituationen in Echtzeit zu übermitteln.

5 Entwicklung der App

5.1 Android oder Apple

Im Rahmen dieses Projekts wird zunächst eine mobile Anwendung für das Android-Betriebssystem entwickelt, bevor im weiteren Verlauf auch Umsetzungen für iOS und weitere Plattformen in Betracht gezogen werden. Die Entscheidung, Android den Vorzug zu geben, ist unter anderem auf die hohe Verfügbarkeit von Android-Smartphones und die im Vergleich zu iOS flexibleren Entwicklungs- und Distributionsmöglichkeiten zurückzuführen.

Android ist als Open-Source-Betriebssystem konzipiert, so dass Entwickler*innen direkten Zugriff auf große Teile des zugrunde liegenden Quellcodes haben und das System an spezifische Anforderungen anpassen können. Zudem stehen kostenfreie und gut dokumentierte Entwicklungswerkzeuge (z. B. Android Studio) zur Verfügung, welche eine schnelle und unkomplizierte Einrichtung der Entwicklungsumgebung ermöglichen. Die Veröffentlichung einer App über den Google Play Store erfordert zwar bestimmte Richtlinien und Qualitätskontrollen, ist jedoch typischerweise weniger zeitaufwendig und strenger reglementiert als im Apple App Store.

Demgegenüber ist die Entwicklung einer App für das iOS-

Ökosystem in der Regel mit höheren Investitions- und Lernaufwänden verbunden. Der Quellcode des Betriebssystems ist proprietär, was den direkten Zugriff auf Systemkomponenten einschränkt. Darüber hinaus unterliegt die Veröffentlichung im Apple App Store umfangreicheren Vorgaben, die insbesondere in Hinblick auf Datenschutz, Sicherheitsrichtlinien und Benutzerfreundlichkeit strenger kontrolliert werden als in anderen App-Marktplätzen. Zwar bieten Apples Entwicklerwerkzeuge (z. B. Xcode) eine qualitativ hochwertige Entwicklungsumgebung, sind jedoch nur auf Apple-Hardware lauffähig und erfordern meist eine kostenpflichtige Mitgliedschaft im Apple Developer Program.

In der Summe stellen diese Faktoren Gründe dafür dar, dass die erstmalige Realisierung der im Projekt angestrebten Funktionalitäten auf Android sowohl wirtschaftlich als auch organisatorisch günstiger ist. Sobald die wesentlichen Module und Funktionen der Anwendung stabil und validiert sind, kann eine Portierung auf iOS und andere Plattformen vorgenommen werden, um eine möglichst große Nutzerbasis zu erreichen und eine effiziente bidirektionale Kommunikation zwischen unterschiedlichen mobilen Endgeräten zu gewährleisten.

5.2 Android Studio

Android Studio ist die von Google bereitgestellte Entwicklungsumgebung für das Android-Betriebssystem und basiert auf dem IntelliJ-IDEA-Framework[8] von JetBrains. Durch seine umfangreichen Werkzeuge, die von Code-Editor und Debugger über einen Emulator bis hin zu spezialisierten Hilfsmitteln für die Gestaltung der Benutzeroberfläche reichen, ist es bestens auf die Bedürfnisse der Android-Entwicklung zugeschnitten.

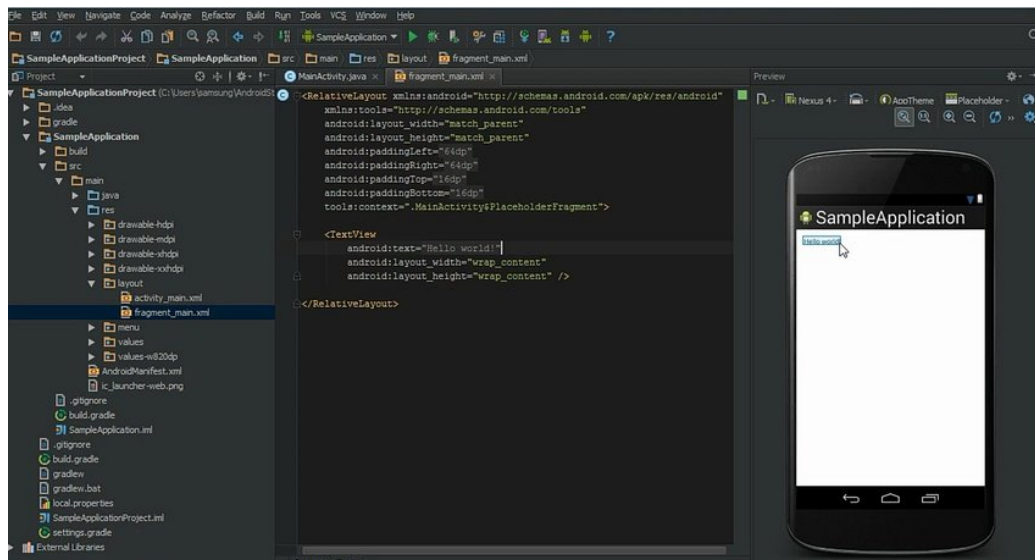


Abbildung 5: Benutzeroberfläche Android Studio[9]

Ein entscheidender Vorteil liegt in der Integration aller relevanten Entwicklungsaspekte in einer einzigen Umgebung. Dank des eingebauten Build-Systems Gradle lassen sich verschiede-

ne Konfigurationen (z. B. Debug- und Release-Versionen) zentral verwalten, was insbesondere in größeren Entwicklerteams zu einer strukturierten und reproduzierbaren Arbeitsweise beiträgt. Darüber hinaus stellt Android Studio eine visuelle Layout-Ansicht bereit, in der UI(User Interface)-Komponenten per Drag-and-Drop platziert werden können. Änderungen an der Benutzeroberfläche sind sofort sichtbar, ohne dass die App jedes Mal neu kompiliert werden muss.

Der Einsatz von Android Studio wird zudem durch die große Community gestützt, die Anleitungen, Tutorials und Hilfestellungen bietet. Damit ist ein schneller Einstieg gewährleistet, selbst wenn Entwickler*innen erst geringe Vorkenntnisse in der nativen Android-Programmierung haben.

Bei der Entwicklung der in dieser Arbeit beschriebenen App wurde hauptsächlich Java als Programmiersprache verwendet. Java ist eine der bevorzugten Sprachen für die Android-Entwicklung, da sie von Android nativ unterstützt wird und über eine große Anzahl an Bibliotheken und Frameworks verfügt. Durch die weitreichende Unterstützung in Android Studio und die langjährige Etablierung als Standard für Android-Anwendungen bietet Java eine zuverlässige und effiziente Grundlage für die Umsetzung komplexer Projekte.

Gleichwohl existieren auch mögliche Einschränkungen. So benötigt Android Studio aufgrund der umfangreichen Funktionalitäten einen leistungsfähigen Computer mit ausreichend Arbeitsspeicher; auf schwächeren Systemen kann es zu langen Ladezeiten kommen. Zudem sind Entwickler*innen stark an das Google-Ökosystem gebunden, was einerseits für eine gute Integration sorgt, andererseits aber den Handlungsspielraum in Bereichen wie Cross-Plattform-Entwicklung begrenzen kann. Wer Android Studio für plattformübergreifende Frameworks (etwa Flutter oder React Native) einsetzen möchte, muss zusätzliche Plug-ins einrichten und mit größeren Konfigurationsaufwänden rechnen.

Insgesamt überwiegen die Vorteile von Android Studio, insbesondere in Bezug auf die native Android-Entwicklung. Die integrierte Entwicklungsumgebung erleichtert den gesamten Prozess von der ersten Codezeile bis zur Veröffentlichung der Anwendung, sodass sie für diese Studienarbeit eine solide Basis für die Umsetzung der Android-App darstellt.

5.3 Eigenschaften und Funktionen

Die im Folgenden vorgestellte Android-App demonstriert exemplarisch, wie eine Anwendung zur Erfassung und Anzeige ermittelter Bluetooth-Geräte implementiert werden kann. Hierbei stehen insbesondere das Aktivieren von Bluetooth und die Suche nach sichtbaren Geräten im Vordergrund. Die Implementierung erfolgt mithilfe verschiedener Klassen und XML(Extensible Markup Language)-Layouts, die im Quellcodeauszug ersichtlich sind.

5.3.1 Bluetooth-Erkennung und Warnfunktion

Zentrale Komponenten dieser App sind das Aktivieren und Deaktivieren von Bluetooth, die Suche nach sichtbaren Geräten und das Auslösen von Warnhinweisen (z. B. in Form einer Vibration oder einer Dialogmeldung). Die Hauptlogik befindet sich in der MainActivity[10].

Aktivieren des Bluetooth-Adapters[10]: Beim Betätigen des bluetoothButton wird geprüft, ob Bluetooth auf dem Gerät vorhanden und aktiviert ist. Ist dies nicht der Fall, fordert die Anwendung mittels eines Intent den oder die Nutzende auf, Bluetooth zu aktivieren:

```
// Methode zum Umschalten von Bluetooth
```

```
private void toggleBluetooth() {  
    // Prüfen, ob das Geraet Bluetooth ueberhaupt  
    unterstuetzt  
  
    if (mBluetoothAdapter == null) {  
        Toast.makeText(this, "Bluetooth is not  
            supported on this device",  
                        Toast.LENGTH_SHORT).show();  
  
        return;  
    }  
  
    // Ist Bluetooth ausgeschaltet?  
    if (!mBluetoothAdapter.isEnabled()) {  
        // System-Dialog, der die Nutzer*innen  
        auffordert, Bluetooth zu aktivieren  
  
        Intent enableBtIntent =  
            new Intent(BluetoothAdapter.  
                ACTION_REQUEST_ENABLE);  
  
        enableBluetoothLauncher.launch(  
            enableBtIntent);  
    } else {  
        // Bluetooth bereits aktiv, daher direkt  
        Discovery starten  
  
        Toast.makeText(this, "Bluetooth is already  
            on", Toast.LENGTH_SHORT).show();  
    }  
}
```



```
startBluetoothDiscovery();  
}  
}
```

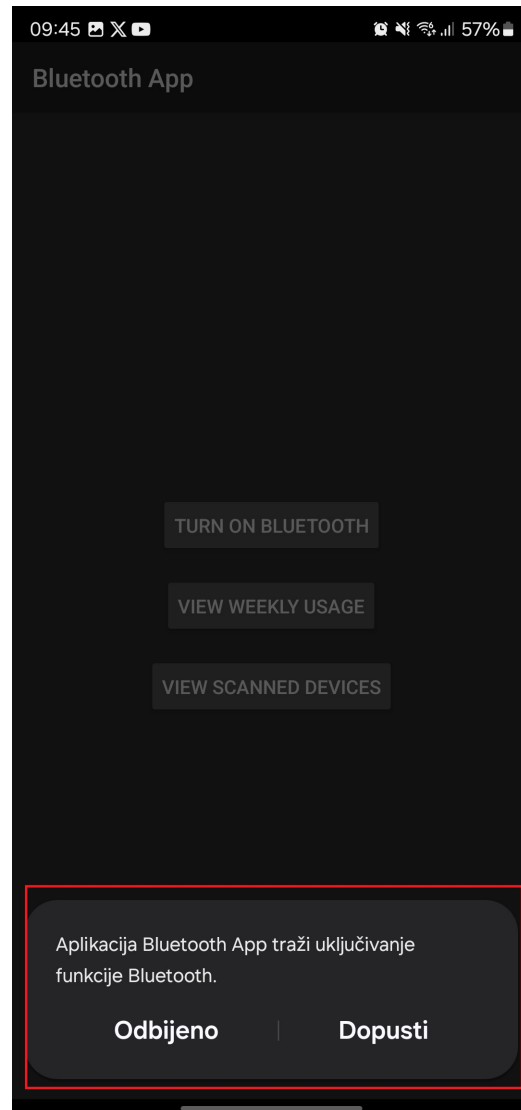


Abbildung 6: Pop-Up, der den User fragt, Bluetooth zu aktivieren[10]

Scanning von Bluetooth-Geräten[10]: Sobald Bluetooth aktiv ist, wird mittels `startDiscovery()` nach sichtbaren Geräten gesucht. Dabei registriert sich die Anwendung im `BroadcastReceiver` (`bluetoothReceiver`) für das Ereignis `BluetoothDevice.ACTION_FOUND`, um gefundene Geräte abzufangen:

```
// Methode zum Starten des Bluetooth-Discovery-
// Vorgangs

private void startBluetoothDiscovery() {
    // Ab Android 12 (API-Level 31) sind
    // zusätzliche Berechtigungen nötig

    if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.VERSION_CODES
        .S) {
        if (ContextCompat.checkSelfPermission(this,
            Manifest.permission.BLUETOOTH_SCAN)
            != PackageManager.PERMISSION_GRANTED
        ) {
            ActivityCompat.requestPermissions(this,
                new String[]{Manifest.permission
                    .BLUETOOTH_SCAN}, 0);
        }
        return;
    }
}
```

```
try {  
    // Falls noch ein alter Scan laeuft ,  
    abbrechen  
  
    if (mBluetoothAdapter.isDiscovering()) {  
        mBluetoothAdapter.cancelDiscovery();  
    }  
  
    // Scan nach sichtbaren Bluetooth-Geraeten  
    starten  
  
    mBluetoothAdapter.startDiscovery();  
  
    Toast.makeText(this, "Scanning for Bluetooth  
    devices...",  
        Toast.LENGTH_SHORT).show();  
  
    // Nach 12 Sekunden erneut scannen (  
    Wiederholung)  
  
    bluetoothHandler.postDelayed(  
        bluetoothRunnable, 12000);  
  
} catch (SecurityException e) {  
    // Fehlerbehandlung bei fehlenden  
    Berechtigungen  
  
    Toast.makeText(this, "Bluetooth permissions  
    are missing", Toast.LENGTH_SHORT).show();  
}
```

}

}

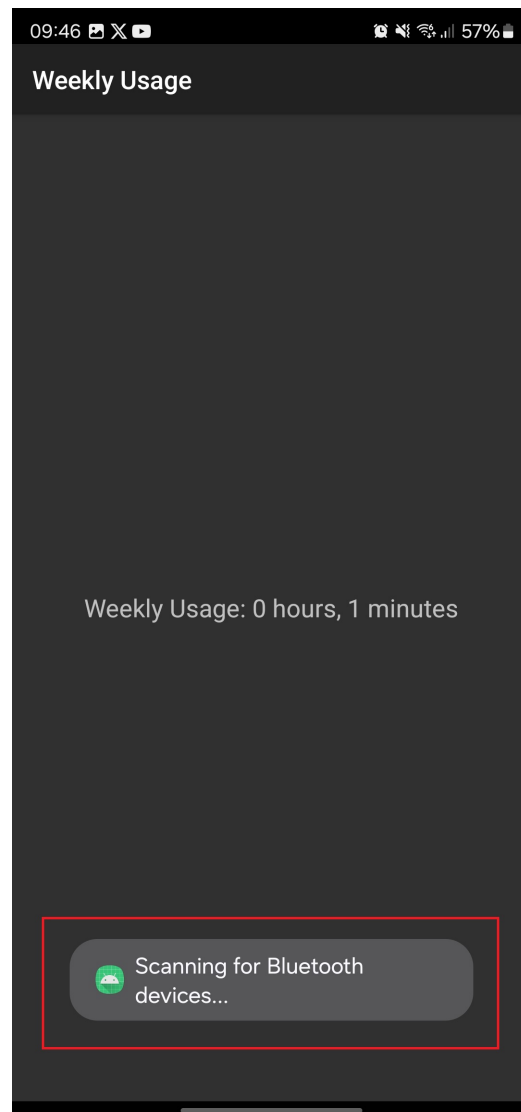


Abbildung 7: Beispiel Pop-up Scanning for Bluetooth devices[10]

Erkennung neuer Geräte[10]: Für jedes neu erkannte

Gerät wird eine Vibration ausgelöst (vibratePhone()), und in einem Popup-Fenster (showDeviceDetectedPopup(...)) das gefundene Gerät angezeigt. Zudem wird die Gerätebezeichnung in einer ArrayList (scannedDevicesList) gespeichert:

```
// BroadcastReceiver, der auf gefundene Bluetooth-
// Geräte reagiert

private final BroadcastReceiver bluetoothReceiver =
    new BroadcastReceiver() {
        @Override
        public void onReceive(Context context, Intent
            intent) {
            if (BluetoothDevice.ACTION_FOUND.equals(
                intent.getAction())) {
                // Ein neues Gerät wurde gefunden
                BluetoothDevice device =
                    intent.getParcelableExtra(
                        BluetoothDevice.EXTRA_DEVICE)
                    ;

                if (device != null) {
                    String deviceName = (device.getName
                        () != null)
                        ? device.getName
                        ()
```

```
        : "Unknown_␣  
        Device";  
  
        // Prüfen, ob dieses Geraet bereits  
        erkannt wurde  
        if (!detectedDevices.contains(  
            deviceName)) {  
            // Neues Geraet -> hinzufuegen  
            und Warnhinweise ausloesen  
            detectedDevices.add(deviceName);  
            scannedDevicesList.add(  
                deviceName);  
  
            vibratePhone(); // Vibration  
            showDeviceDetectedPopup(  
                deviceName); // Popup-Dialog  
        }  
    }  
}  
// ...  
}  
};
```

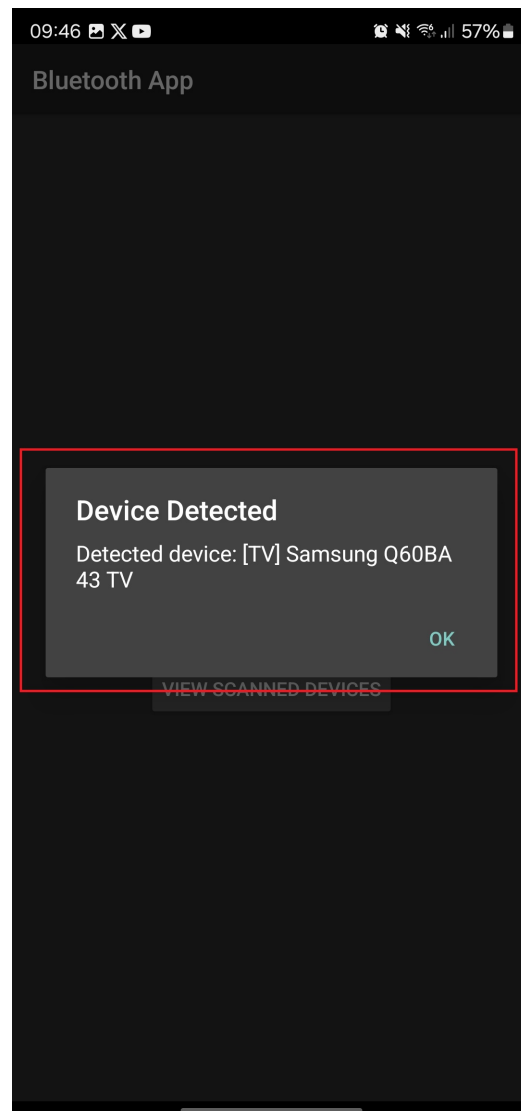


Abbildung 8: Pop-Up, der darstellt, welches Bluetooth Gerät erkannt worden ist[10]

Erneutes Scannen[10]: Nach Ablauf eines festgelegten Zeitintervalls (hier 12 Sekunden) wird das Scannen erneuert (post-Delayed(bluetoothRunnable, 12000)), solange Bluetooth aktiv

bleibt und weitere Geräte in der Nähe sein könnten:

```
else if (BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_FINISHED.  
equals(action)) {  
    // Discovery ist beendet.  
    // Nach einer kurzen Wartezeit (1 Sekunde)  
    erneut starten  
    bluetoothHandler.postDelayed(blueetoothRunnable,  
        1000);  
}
```

Vibrationswarnung[10]: Zur Warn- oder Hinweisausgabe nutzt die Anwendung die Vibrationsfunktion über das Vibrator-Interface. Abhängig von der Android-Version (ab Android 8.0 mit VibrationEffect) werden angepasste Vibrationsschemata realisiert:

```
// Methode zum Auslösen einer kurzen Vibration (500  
ms)  
  
private void vibratePhone() {  
    try {  
        if (vibrator != null) {  
            if (Build.VERSION.SDK_INT >= Build.  
VERSION_CODES.O) {  
                // Ab Android 8.0: VibrationEffect  
                nutzbar
```

```
vibrator.vibrate(VibrationEffect.  
    createOneShot(  
        500, VibrationEffect.  
            DEFAULT_AMPLITUDE));  
    } else {  
        // Aeltere Geraete nutzen die  
        ueberladene vibrate(long) Methode  
        vibrator.vibrate(500);  
    }  
}  
  
} catch (SecurityException e) {  
    Toast.makeText(this, "Vibration_permission_  
        is_missing", Toast.LENGTH_SHORT).show();  
}  
  
}  
  
}  
  
// Methode zum Anzeigen eines Dialogfensters bei neuem  
Geraet  
  
private void showDeviceDetectedPopup(String deviceName)  
{  
    runOnUiThread(() -> {  
        AlertDialog.Builder builder = new AlertDialog.  
            Builder(this);  
        builder.setTitle("Device_Detected");
```

```
        builder.setMessage("Detected device: " +  
            deviceName);  
        builder.setPositiveButton("OK", (dialog, which)  
            -> dialog.dismiss());  
        builder.create().show();  
    });  
}
```

5.3.2 Geräteverwaltung und Anzeigefunktionen

ScannedDevicesActivity[10]: Die von der MainActivity übergebene Liste erkannter Geräte (scannedDevicesList) wird in dieser Activity mithilfe eines ListView visualisiert. Einfache ArrayAdapter-Elemente dienen zur Anzeige der Gerätenamen. Dadurch erhalten Nutzer*innen einen Überblick über alle während der Laufzeit entdeckten Bluetooth-Geräte:

```
// Zweite Activity zur Anzeige der gefundenen  
Geraete  
  
@Override  
  
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
    super.onCreate(savedInstanceState);  
    setContentView(R.layout.activity_scanned_devices  
        );  
}
```

```
// ListView fuer die Geraetenamen

ListView scannedDevicesListView = findViewById(R

    .id.scannedDevicesListView);

// Empfang der Liste erkannter Geraete ueber

    getIntent()

ArrayList<String> scannedDevicesList =

    getIntent().getStringArrayListExtra("

        scannedDevicesList");

// ArrayAdapter fuer einfache Darstellung in der

    ListView

ArrayAdapter<String> adapter = new ArrayAdapter

    <>(

        this, android.R.layout.

            simple_list_item_1,

            scannedDevicesList

    );

    scannedDevicesListView.setAdapter(adapter);

}
```

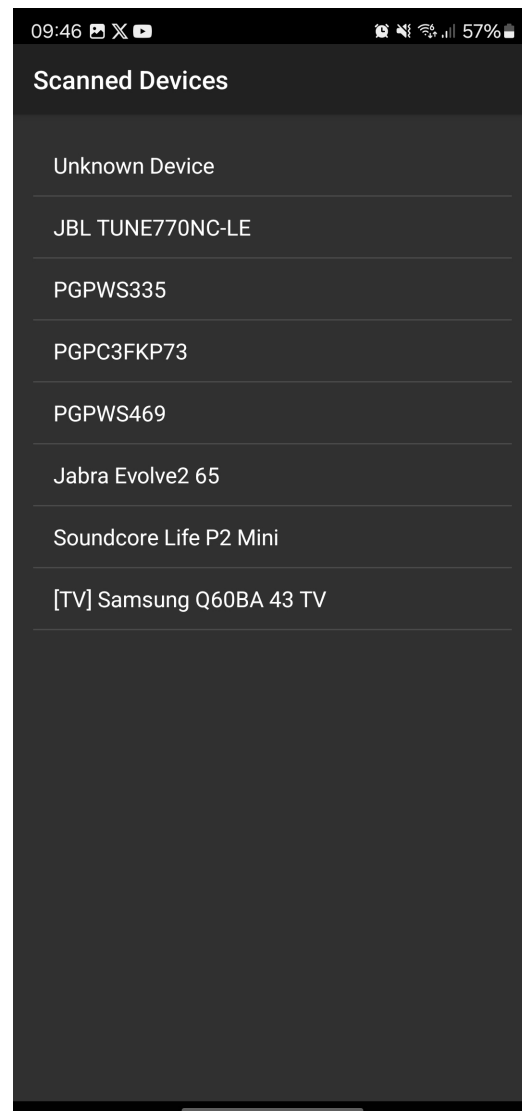


Abbildung 9: Liste der erkannt bzw. gescannten Bluetooth-Geräte[10]

5.3.3 Layout und Benutzeroberfläche

Die grafische Darstellung der App erfolgt über verschiedene XML-Dateien, die einerseits die Anordnung von Schaltflächen

und Textfeldern definieren und andererseits die Logik zur Navigation zwischen den Ansichten unterstützen:

activity_main.xml[10]: Enthält drei Schaltflächen für das Ein- oder Ausschalten von Bluetooth, die Anzeige der wöchentlichen Nutzungszeit und die Anzeige der erkannten Geräte.

activity_scanned_devices.xml[10]: Stellt eine Listenansicht (ListView) bereit, in welcher die erkannten Bluetooth-Geräte angezeigt werden.

Die klare Strukturierung der Layouts ermöglicht einen intuitiven Aufbau der Benutzeroberfläche. Durch den Verzicht auf übermäßig komplexe Design-Elemente bleiben sämtliche Hauptfunktionen (Bluetooth-Scan und Geräteliste) leicht zugänglich.

5.3.4 Berechtigungen und Manifest-Konfiguration

In der Datei AndroidManifest.xml sind alle nötigen Berechtigungen und Activity-Deklarationen aufgeführt:

Bluetooth-Berechtigungen[10]: Die App benötigt verschiedene Berechtigungen, um Bluetooth zu verwenden. Ältere Android-Versionen (bis Android 11) benötigen etwa android.permission.BLUETOOTH und android.permission.BLUETOOTH_ADMIN, während neue-

re Versionen (ab Android 12, API-Level 31) zusätzlich `android.permission.BLUETOOTH_CONNECT` und `android.permission.BLUETOOTH_SCAN` fordern.

Vibrationsberechtigung[10]: Für das Auslösen der Vibration wird die Berechtigung `android.permission.VIBRATE` definiert, die ab bestimmten Android-Versionen separat eingefordert werden kann.

Activities[10]: Sowohl die `MainActivity` als auch die `ScannedDevicesActivity` werden im Manifest eingetragen, damit das System sie beim App-Start bzw. bei der Navigation zwischen den Bildschirmen korrekt erkennen kann.

```
% Bluetooth-Berechtigungen fuer die App
<uses-permission android:name="android.permission.
    BLUETOOTH" />

% Erlaubt der App, grundlegende Bluetooth-Funktionen zu
    verwenden

<uses-permission android:name="android.permission.
    BLUETOOTH_ADMIN" />

% Ermoglicht der App, Bluetooth zu verwalten (z. B. Ein
    -/Ausschalten, Sichtbarkeitssteuerung)

<uses-permission android:name="android.permission.
```

```
    BLUETOOTH_CONNECT" />

%   Ab Android 12 (API-Level 31) erforderlich:
    Berechtigung, um Geraete ueber Bluetooth zu verbinden

<uses-permission android:name="android.permission.
    BLUETOOTH_SCAN" />

%   Ab Android 12 (API-Level 31) erforderlich:
    Berechtigung, um nach Bluetooth-Geraeten zu suchen

<uses-permission android:name="android.permission.
    VIBRATE" />

%   Ermoeeglicht der App, das Geraet durch Vibrationen zu
    benachrichtigen

<uses-permission android:name="android.permission.
    ACCESS_FINE_LOCATION" />

%   Ermoeeglicht Zugriff auf genaue Standortinformationen;
    kann fuer BLE-Scanning notwendig sein

<uses-permission android:name="android.permission.
    ACCESS_COARSE_LOCATION" />

%   Ermoeeglicht Zugriff auf ungenaue Standortinformationen
    ; nuetzlich fuer allgemeine Bluetooth-Nutzung
```

```
% Definition der Anwendung und ihrer Activities

<application

    android:allowBackup="true"

    android:icon="@mipmap/ic_launcher"

    android:label="@string/app_name"

    android:theme="@style/Theme.AppCompat.DayNight">

    % "allowBackup": Ermöglicht automatische Backups

        der App-Daten


    % Haupt-Activity der App -->

    <activity

        android:name=".MainActivity"

        android:label="@string/app_name"

        android:exported="true">

        % "exported": Legt fest, dass diese Activity von

            externen Anwendungen gestartet werden kann

        <intent-filter>

            <action android:name="android.intent.action.

                MAIN" />

            % Legt diese Activity als Einstiegspunkt

                der App fest

            <category android:name="android.intent.

                category.LAUNCHER" />

            % Markiert diese Activity als "Launch-
```

```
        Activity", die beim Starten der App
        angezeigt wird
    </intent-filter>
</activity>

% Zusätzliche Activity zur Anzeige erkannter
  Geräte
<activity
    android:name=".ScannedDevicesActivity"
    android:label="Scanned Devices"
    android:exported="false" />
% "exported": Diese Activity kann nur von der
    eigenen App gestartet werden (nicht von
    externen Anwendungen)
</application>
```

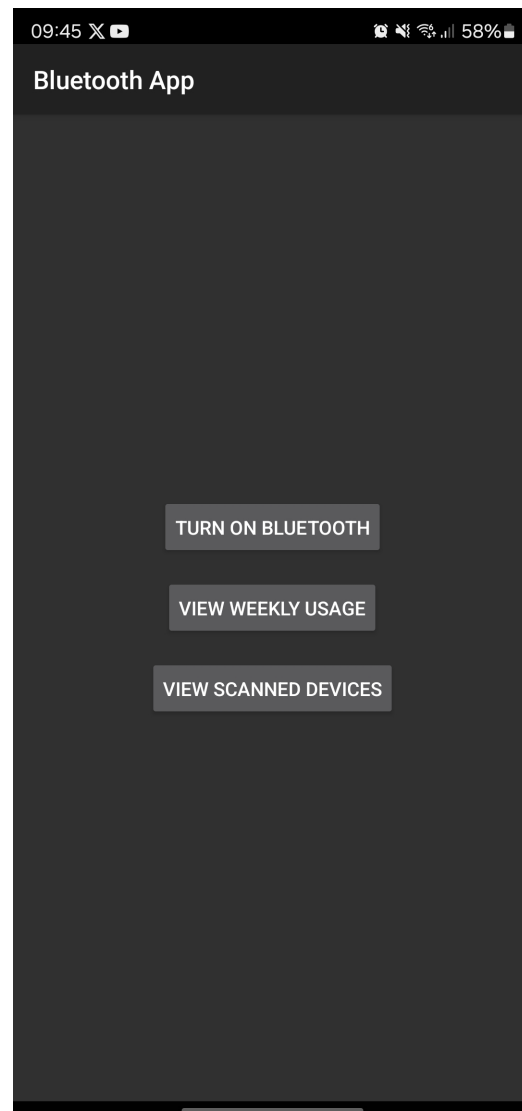


Abbildung 10: Aktuelles Aussehen der App mit der derzeitigen Funktionen[10]

In dieser App wird verdeutlicht, wie mithilfe des Bluetooth-Frameworks von Android Geräte in der Umgebung erfasst und entsprechende Warnhinweise an die Nutzer*innen ausgegeben

werden können. Vom Ein- und Ausschalten von Bluetooth über das Gerätescannen bis hin zur Benutzerinteraktion (z. B. Vibration, Pop-up-Dialog) deckt die Anwendung grundlegende Funktionalitäten eines BLE-gestützten Systems ab. Die klare Strukturierung in getrennten Activities und XML-Layouts ermöglicht dabei eine einfache Erweiterung und Anpassung der Applikation.

6 Problematik

Die Entwicklung der mobilen Anwendung hat bislang große Fortschritte gemacht, insbesondere in Bezug auf die Implementierung der Bluetooth-Scanning-Funktionalität sowie der Benachrichtigungs- und Anzeigeoptionen. Dennoch gibt es eine entscheidende Herausforderung, die das Produkt daran hindert, seine vollständige Funktionalität zu erreichen.

Ein zentrales Ziel des Projekts bestand darin, dass die App sowohl als Empfänger als auch als Sender arbeiten kann (siehe Kapitel 2). Bislang ist es jedoch nur möglich, dass die App Bluetooth-Signale empfängt und analysiert. Die angestrebte Funktion, mit der die App konkrete Signale an ein XPLR-Empfängerboard senden könnte, wurde nicht vollständig umgesetzt. Dies ist ein kritischer Aspekt, da die Signalübermittlung erforderlich ist, um den Fahrer eines LKW rechtzeitig vor ungeschützten Verkehrsteilnehmenden, wie Fußgänger*innen oder Fahrradfahrenden, zu warnen.

6.1 Ursachen des Problems

Fehlende Senderfunktionalität der App: Obwohl die App in der Lage ist, verschiedene Bluetooth-Signale zu empfangen,

gibt es bislang keine Implementierung, mit der die App als Signalquelle (Sender) fungieren kann. Dies ist insbesondere für die Kommunikation mit dem XPLR-Empfängerboard von zentraler Bedeutung.

Unklare Kompatibilität zwischen Handy und XPLR-Empfängerboard: Es wurde versucht, Informationen direkt von der Herstellerfirma des XPLR-Boards zu erhalten, um herauszufinden, ob eine direkte Kopplung zwischen einem Smartphone und den Empfängerboards technisch möglich ist. Leider konnte bis zum aktuellen Entwicklungsstand keine rechtzeitige und konkrete Rückmeldung seitens der Firma eingeholt werden.

Das fehlende Sender-Modul stellt eine erhebliche Einschränkung für die angestrebte Anwendung dar. Die Funktion, über Bluetooth gezielte Warnsignale an das XPLR-Board zu senden, ist ein wesentlicher Schritt zur Realisierung einer umfassenden und bidirektionalen Kommunikationsinfrastruktur. Diese Problematik muss daher in einer Fortsetzung des Projekts prioritär untersucht werden.

7 Aussicht

Die vorliegende Studienarbeit hat wesentliche Grundlagen für die Entwicklung einer mobilen Anwendung zur Verbesserung der Verkehrssicherheit geschaffen. Dennoch bleibt Potenzial für weitere Arbeiten und Verbesserungen, die die Funktionalität und den Nutzen der App erweitern können.

Ein wichtiger Aspekt für zukünftige Entwicklungen ist die Optimierung der Benutzeroberfläche. Die App sollte benutzerfreundlich gestaltet werden, sodass alle Altersgruppen sie intuitiv nutzen können. Zudem könnten weitere Funktionen wie ein Dark Mode und barrierefreie Optionen integriert werden, um den Komfort und die Zugänglichkeit zu erhöhen.

Ein vielversprechender Ansatz für eine Erweiterung ist die Integration von Kartenmaterial. Mit der Darstellung potenzieller Gefahrenzonen oder der Möglichkeit, sicherere Routen für Fußgänger*innen und Fahrradfahrende anzuzeigen, könnte die App einen zusätzlichen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten. Auch die Einbindung von Echtzeitdaten aus öffentlichen Quellen, beispielsweise zu Baustellen oder Verkehrsunfällen, würde die Relevanz der App erhöhen.

Darüber hinaus könnte ein Notfallmanagement integriert werden, das automatisierte Notrufoptionen und die Möglichkeit

bietet, im Ernstfall hinterlegte Kontakte zu benachrichtigen. Ergänzt durch eine Erste-Hilfe-Anleitung könnte die App so auch in kritischen Situationen unterstützend wirken.

Ein zentraler technischer Schwerpunkt sollte jedoch weiterhin die Entwicklung der Senderfunktion bleiben. Die App sollte in der Lage sein, nicht nur Bluetooth-Signale zu empfangen, sondern auch gezielt Warnsignale an ein XPLR-Empfängerboard oder ähnliche Geräte zu senden. Dies erfordert sowohl eine technische Klärung der Kompatibilität als auch die Entwicklung eines Kommunikationsprotokolls. Diese Funktion ist entscheidend, um die App vollständig bidirektional zu gestalten und so ihre Einsatzmöglichkeiten zu maximieren.

Ein weiterer wichtiger Schritt wäre die plattformübergreifende Entwicklung, insbesondere für iOS, um eine größere Nutzerbasis anzusprechen. Mit der Übersetzung in mehrere Sprachen und der Einbindung neuer Technologien wie Machine Learning könnten darüber hinaus zukünftige Versionen der App international und technologisch führend sein.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die App in einer realen Umgebung mit echten Fahrzeugen zu testen. Dies würde nicht nur die Praxistauglichkeit der App validieren, sondern auch wertvolle Daten zur Verbesserung der Funktionalität liefern. Sol-

che Tests könnten beispielsweise die Interaktion der App mit vernetzten Fahrzeugen und Verkehrsinfrastrukturen unter realen Bedingungen analysieren und optimieren.

Dieser Ausblick zeigt auf, dass die App ein solides Fundament für weitere Entwicklungen bietet und das Potenzial hat, einen erheblichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu leisten. Damit schließt diese Arbeit mit einem positiven Blick in die Zukunft und einer klaren Zielrichtung für die Weiterführung des Projekts.

Literatur

- [1] C. Gründer und J. Simon, „Entwicklung eines intelligenten Fahrrad-Abbiege-Assistenz-Systems,“ Bearbeitungszeitraum: Oktober 2023 - Juli 2024. Ausbildungsfirma: HENSOLDT SENSORS GmbH, Ulm, Studienarbeit, Duale Hochschule Baden-Württemberg DHBW Ravensburg, Campus Friedrichshafen, Juli 2024.
- [2] A. D. Gardy, „Prototypisierung der winkelbasierten Bluetooth Ortung eines intelligenten Fahrradhelms,“ Bearbeitungszeitraum: April 2023 - Juli 2023. Matrikelnummer: 1376352. Kurs: TEA20, Studienarbeit, Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen, Juli 2023.
- [3] u-blox AG, *XPLR-AOA-2 Kit: Bluetooth AoA/AoD Explorer Kit*, Zugriff am 11. Januar 2025, 2025. Adresse: <https://www.u-blox.com/en/product/xplr-aoa-2-kit>.
- [4] DSGVO-Gesetz.de. „Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) - Vollständiger Gesetzestext.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://dsgvo-gesetz.de/>.
- [5] Abbiegeassistent.de. „Abbiegeassistent: Lösungen für mehr Sicherheit im Straßenverkehr.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.abbiegeassistent.de/>.
- [6] Branch Education. „How Does Bluetooth Work?“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: https://youtu.be/1I1vxu5qIUM?si=BCpgnRIiZ_jydEKz.
- [7] Wikipedia contributors. „Piconet.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://en.wikipedia.org/wiki/Piconet>.
- [8] JetBrains. „Create Your First Android Application.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.jetbrains.com/help/idea/create-your-first-android-application.html>.
- [9] ResearchGate. „Android Studio user interface during the development of Android mobile App.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: https://www.researchgate.net/figure/Android-Studio-user-interface-during-the-development-of-Android-mobile-App-Figure_fig8_344841471.
- [10] Luka Tadic. „LKW-Abbiegeassistenzsystem.“ Quellcode der Android-App für die Studienarbeit. Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://github.com/Lukiano12/LKW-Abbiegeassistenzsystem>.
- [11] W. contributors. „Bluetooth.“ Accessed: 2025-01-09. Adresse: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.
- [12] Android Developers. „Get started with Android Studio.“ Letzter Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://developer.android.com/studio/intro>.
- [13] Apple Developers. „Apple Developer Program.“ Letzter Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://developer.apple.com/programs/>.

- [14] H. Heitkötter, S. Hanschke und T. A. Majchrzak, „Evaluating Cross-Platform Development Approaches for Mobile Applications,“ *Web Information Systems and Technologies*, 2013.
- [15] Statista. „Global market share held by leading smartphone operating systems 2012-2024.“ Letzter Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.statista.com/statistics/272307/market-share-forecast-for-smartphone-operating-systems/>.
- [16] Bluetooth SIG. „Bluetooth Technology Website.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.bluetooth.com/>.
- [17] Golem.de. „Warum Bluetooth mit 25 Jahre alter Technik erfolgreich ist.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.golem.de/news/funkstandard-warum-bluetooth-mit-25-jahre-alter-technik-erfolgreich-ist-2310-178017.html>.
- [18] Bro Code. „Java Full Course for free.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: https://www.youtube.com/watch?v=xk4_1vDrzzo&ab_channel=BroCode.
- [19] Die Bundesregierung. „Abbiegeassistenten werden Pflicht.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://www.bundesregierung.de/bregde/aktuelles/abbiegeassistenten-pflicht-2060086>.
- [20] Stack Overflow. „Stack Overflow: Where Developers Learn, Share, & Build Careers.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://stackoverflow.com/>.
- [21] Android Developers. „Erste Schritte mit Android Studio.“ Zugriff am 11. Januar 2025. Adresse: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=de>.