

Verbesserung eines Bluetooth-basierten Warnsystems für den Straßenverkehr durch Datenlogging und innovative Visualisierungstechniken

Studienarbeit T3200

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Luka Tadic

Abgabedatum:	14.07.2025
Bearbeitungszeitraum:	07.04.2025 - 14.07.2025
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 T3200 mit dem Thema:

*Verbesserung eines Bluetooth-basierten Warnsystems für den
Straßenverkehr durch Datenlogging und innovative Visualisie-
rungstechniken*

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 1. Juli 2025

Luka Tadic

Kurzfassung

Abstract

Hilfsmittel

Abbildungsverzeichnis

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	1
2	Rückblick auf das mobile Warnsystem	2
2.1	Konzept und Zielsetzung	2
2.2	Bluetooth AoA und technische Grundlagen	2
2.3	Herausforderungen und Gründe für die Projektpause	2
3	Grundlagen Datenlogger	5
3.1	Zweck und Funktionalität eines Datenloggers	5
3.2	Anwendungsbereiche im Kontext der Studienarbeit	5
3.3	Vorhandene Herausforderungen und Lösungsansätze	5
4	Entwicklung des Datenloggers	5
4.1	Anforderungen an die Software	5
4.2	Auswahl geeigneter Technologien und Tools	5
4.3	Implementierung und Integration in bestehende Systeme	5
4.4	Ergebnisse und Evaluation	5
5	Grundlagen der Visualisierung	5
5.1	Anforderungen an eine effektive Visualisierung	5
5.2	Darstellungsmöglichkeiten und -technologien	5
6	Entwicklung der neuen Visualisierung	5
6.1	Analyse der bestehenden Visualisierung	5
6.2	Konzept einer verbesserten Visualisierung	5
6.3	Implementierung der verbesserten Visualisierung	5
6.4	Ergebnisse und Benutzerfreundlichkeit	5
7	Test und Validierung	5
7.1	Testmethodik und -umgebung	5
7.2	Ergebnisse der Tests	5
7.3	Diskussion der Testergebnisse und Optimierungspotentiale	5
8	Kritische Bewertung und Ausblick	5
8.1	Reflexion der erreichten Ergebnisse	5
8.2	Grenzen der aktuellen Umsetzung	5
8.3	Vorschläge für zukünftige Weiterentwicklungen	5

1 Einleitung

1.1 Motivation

In den letzten Jahren ist die Zahl der tödlichen Verkehrsunfälle bedauerlicherweise gestiegen, was auf eine Vielzahl von Faktoren wie die steigende Verkehrsdichte sowie mangelnde Aufmerksamkeit und Sorgfalt im Straßenverkehr zurückzuführen sein kann. Um dieser negativen Entwicklung entgegenzuwirken, wurden unterschiedliche Maßnahmen ergriffen. Neben strengerer 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 Verkehrrisiko weiter zu senken und die Verkehrssicherheit signifikant zu erhöhen. [1]

1.2 Zielsetzung

Zielsetzung dieser Studienarbeit ist es, einen leistungsfähigen Datenlogger zu entwickeln und die Visualisierung zu verbessern, um die Funktionalität des Fahrerassistenzsystems zu erhöhen und dadurch dessen Entwicklung zu erleichtern. Durch die Implementierung eines leistungsfähigen Datenloggers sollen Messwerte systematisch und zuverlässig erfasst werden können, was eine effektivere Zusammenarbeit im Entwicklungsteam ermöglicht und die Notwendigkeit einer dauerhaften Hardwareverbindung reduziert. Die Optimierung der Visualisierung dient dazu, Messergebnisse klarer und übersichtlicher darzustellen, um künftige Analysen und Tests zu vereinfachen und somit die Qualität und Genauigkeit der Positionsbestimmung zu erhöhen. Diese Verbesserungen sollen letztlich zu einer höheren Effizienz im Entwicklungsprozess führen und somit einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten.

2 Rückblick auf das mobile Warnsystem

2.1 Konzept und Zielsetzung

Die vorherige Studienarbeit verfolgte das Ziel, ein mobiles Warnsystem zur Minimierung von Abbiegeunfällen zwischen LKW und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden wie Fußgängerinnen und Radfahrerinnen zu entwickeln. Zentrales Element dieses Systems war eine mobile Applikation, die als aktiver Bluetooth-Sender fungieren sollte. In Kombination mit einem am LKW montierten Empfängerboard (basierend auf dem u-blox XPLR-AOA-1 Kit) sollte mithilfe der Angle-of-Arrival (AoA)-Technologie die Position des Smartphones lokalisiert und bei drohender Gefahr eine Warnung ausgegeben werden. Das System versprach einen kostengünstigen und einfach zugänglichen Ansatz zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im städtischen Raum.

2.2 Bluetooth AoA und technische Grundlagen

Die AoA-Technologie (Angle of Arrival) ist Teil des Bluetooth 5.1 Standards und ermöglicht die Positionsbestimmung eines Senders durch Messung des Einfallswinkels der Funksignale an mehreren Antennen eines Empfängers. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein exakter Zugang zu den Bluetooth-Sendeparametern sowie eine Antennenkonfiguration mit bekannten geometrischen Abständen. Das u-blox XPLR-AOA-1 Development Kit stellt hierzu eine geeignete Hardwarelösung dar, da es mit einem AoA-fähigen Empfängerboard und einem sogenannten Tag (Sender) ausgestattet ist. Ziel der Arbeit war es, das Smartphone funktional durch diesen Tag zu ersetzen. [1][2][3]

2.3 Herausforderungen und Gründe für die Projektpause

Im praktischen Verlauf der Umsetzung traten mehrere schwerwiegende technische Limitierungen auf, die die Fortführung des Projekts verhinderten:

- Aktuelle Smartphone-Firmware (insbesondere auf Android-Basis) verhindert in der Regel den vollständigen Zugriff auf die Bluetooth-Sendeparameter. Ein gezieltes Emittieren von BLE-Signalen, wie es zur AoA-Ortung erforderlich ist, ist mit Standard-SDKs nicht möglich.
- Nur wenige aktuelle Mobilgeräte unterstützen Bluetooth 5.1 vollständig, was die Reichweite und Genauigkeit der Ortung stark einschränkt.

- Die Emulation des u-blox Tags durch das Smartphone scheiterte daher an mangelnden Systemrechten, fehlender Low-Level-API-Zugriffe und nicht ausreichender Hardwareunterstützung.

Diese Faktoren führten dazu, dass das Projekt in der geplanten Form nicht abgeschlossen werden konnte. Die zugrundeliegende Idee bleibt jedoch vielversprechend und kann in Zukunft wieder aufgegriffen werden, sobald sich die technischen Rahmenbedingungen verbessert haben.[4][5][6][7]

3 Grundlagen Datenlogger

3.1 Zweck und Funktionalität eines Datenloggers

3.2 Anwendungsbereiche im Kontext der Studienarbeit

3.3 Vorhandene Herausforderungen und Lösungsansätze

4 Entwicklung des Datenloggers

4.1 Anforderungen an die Software

4.2 Auswahl geeigneter Technologien und Tools

4.3 Implementierung und Integration in bestehende Systeme

4.4 Ergebnisse und Evaluation

5 Grundlagen der Visualisierung

5.1 Anforderungen an eine effektive Visualisierung

5.2 Darstellungsmöglichkeiten und -technologien

6 Entwicklung der neuen Visualisierung

6.1 Analyse der bestehenden Visualisierung

6.2 Konzept einer verbesserten Visualisierung

6.3 Implementierung der verbesserten Visualisierung

6.4 Ergebnisse und Benutzerfreundlichkeit

7 Test und Validierung

7.1 Testmethodik und -umgebung

7.2 Ergebnisse der Tests

7.3 Diskussion der Testergebnisse und Optimierungspotentiale

Studienarbeit 13200

Luka Padic

5

8 Kritische Bewertung und Ausblick

8.1 Reflexion der erreichten Ergebnisse

8.2 Zusammenfassende Erkenntnisse