

Abschlussbericht *UltraVital*

Darstellung des Teilvorhabens der Linguwerk GmbH

Zuwendungsempfänger: Linguwerk GmbH	Förderkennzeichen: 16ME0796K
Vorhabenbezeichnung: UltraVital: Elektronisches Radar-Sensorsystem zur Vital- und Lebewesenerkennung im Inneren von Fahrzeugen	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2023 – 31.12.2025	
Berichtszeitraum: 01.01.2023 – 31.12.2025	

1. Ziel des Projektes

Ziel des Gesamtprojektes „Elektronisches Radar-Sensorsystem zur Vital- und Lebewesen-erkennung im Inneren von Fahrzeugen“ (kurz: „UltraVital“) war die Erforschung eines Systems, welches mittels UWB-Technologie Lebewesen in Fahrzeugen erkennt, klassifiziert und deren Position bestimmt, um in verschiedenen Anwendungen die Sicherheit dieser Lebewesen im Fahrzeug zu erhöhen.

Das Teilvorhaben der Linguwerk GmbH erstreckte sich dabei einerseits über (i) die Erforschung des Embedded System des UWB-Radar-Vital-Sensors und andererseits über (ii) die (Daten-) Infrastruktur für das Forschungsvorhaben sowie die Erprobung der iterativ erstellten Demonstratoren.

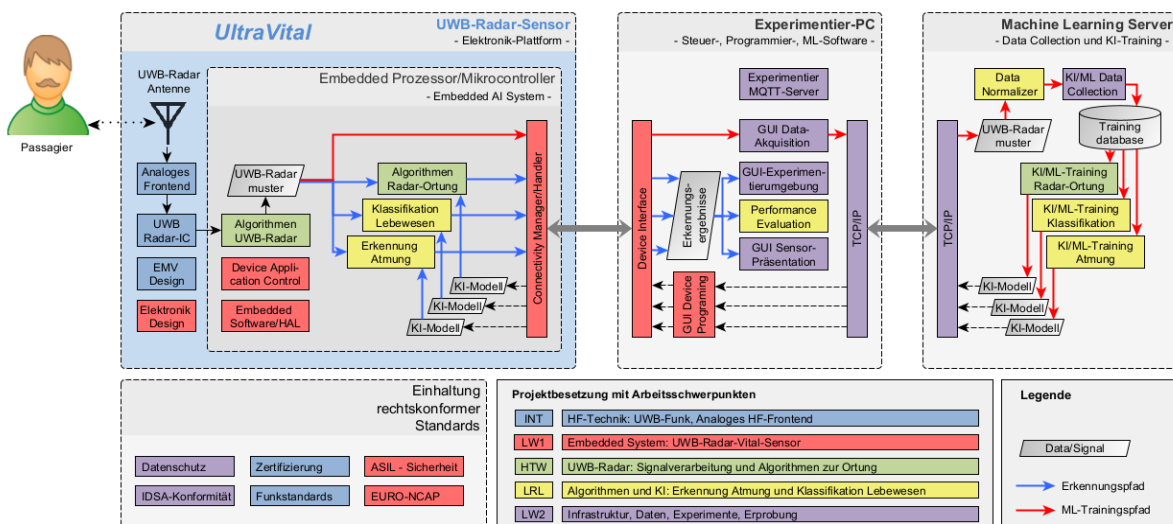


Abbildung 1: Schematischer Überblick über das Gesamtforschungsvorhaben gemäß Projektplan. Die von Linguwerk bearbeiteten Arbeitsbereiche sind dabei rot (Embedded System) bzw. lila (Infrastruktur und Erprobung) hervorgehoben.

Linguwerk sollte also ein Embedded System erforschen, welches die nötige Hardware liefert um mittels einem bzw. mehreren UWB-Sensoren Vitalparameter von Lebewesen aufzunehmen.

Außerdem sollte das Linguwerk die für alle Teilvorhaben nötige Forschungsinfrastruktur erstellen, welche sowohl hard- als auch softwaretechnisch (Entwicklungstools, Schnittstellen etc.) eine Erforschung der Themengebiete ermöglicht.

2. Projektinhalt des Teilvorhabens

Das Projekt war in vier Arbeitspakete (AP) mit je 4-5 Teilarbeitspaketen (TP) untergliedert. Der Gantt-Chart in Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen Übersichten über die geplante und die tatsächlichen Bearbeitungszeiträume dieser. Das übergeordnete Projektmanagement wurde von LW als Verbundkoordinator durchgeführt.

		PM	2023												2024												2025											
AP 1	Systemkonzeption	8																																				
TP 1.2	Softwarekonzeption (hardwarenah; GUIs; KI-Algorithmen, Datenbankmodell)	2,5																																				
TP 1.3	Einhaltung der rechtlichen und anwendungsbezogenen Anforderungen	2																																				
TP 1.4	Zusammenführen zu Gesamtkonzept	3,5																																				
AP 2	Entwicklung Single-Sensor-System	24																																				
TP 2.1	Softwareentwicklung Atmungserkennung: Feature Extraktion und ML-Algorithmus	8																																				
TP 2.2	Labora Aufbau des Testsystems und Anpassungen der Teilkomponenten	4,5																																				
TP 2.3	Softwareentwicklung Lebewesenortung: Single-Sensor-System	4,5																																				
TP 2.4	Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings	3,5																																				
TP 2.5	Zusammenführen von Hard- und Software, Evaluation	3,5																																				
AP 3	Entwicklung Multi-Sensor-System und Lebewesenklassifikation	24																																				
TP 3.1	Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings	2																																				
TP 3.2	Anpassung und Optimierung des Systems	7																																				
TP 3.3	Erweiterung des UWB-Radarsystems zum Multi-Sensor-System	7																																				
TP 3.4	Softwareentwicklung Lebewesenklassifikation: Feature Extraktion, ML-Algorithmus	8																																				
AP 4	Anwendungsnahe Anpassungen und Projektabschluss	16																																				
TP 4.1	Anpassungen an die Gegebenheiten im Testfahrzeug	5,5																																				
TP 4.3	Integrative Optimierung der Algorithmen auf Anwendungsumgebung	7																																				
TP 4.4	Optimierung, Test und Evaluation des finalen Funktionsmusters	3,5																																				

Abbildung 2: ursprünglicher Projektplan laut Antrag vom 23.11.2022.

		PM	2023												2024												2025											
AP 1	Systemkonzeption	8																																				
TP 1.2	Softwarekonzeption (hardwarenah; GUIs; KI-Algorithmen, Datenbankmodell)	2,5																																				
TP 1.3	Einhaltung der rechtlichen und anwendungsbezogenen Anforderungen	2																																				
TP 1.4	Zusammenführen zu Gesamtkonzept	3,5																																				
AP 2	Entwicklung Single-Sensor-System	24																																				
TP 2.1	Softwareentwicklung Atmungserkennung: Feature Extraktion und ML-Algorithmus	8																																				
TP 2.2	Labora Aufbau des Testsystems und Anpassungen der Teilkomponenten	4,5																																				
TP 2.3	Softwareentwicklung Lebewesenortung: Single-Sensor-System	4,5																																				
TP 2.4	Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings	3,5																																				
TP 2.5	Zusammenführen von Hard- und Software, Evaluation	3,5																																				
AP 3	Entwicklung Multi-Sensor-System und Lebewesenklassifikation	24																																				
TP 3.1	Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings	2																																				
TP 3.2	Anpassung und Optimierung des Systems	7																																				
TP 3.3	Erweiterung des UWB-Radarsystems zum Multi-Sensor-System	7																																				
TP 3.4	Softwareentwicklung Lebewesenklassifikation: Feature Extraktion, ML-Algorithmus	8																																				
AP 4	Anwendungsnahe Anpassungen und Projektabschluss	16																																				
TP 4.1	Anpassungen an die Gegebenheiten im Testfahrzeug	5,5																																				
TP 4.3	Integrative Optimierung der Algorithmen auf Anwendungsumgebung	7																																				
TP 4.4	Optimierung, Test und Evaluation des finalen Funktionsmusters	3,5																																				

Abbildung 3: Tatsächliche Bearbeitung der Projektinhalte.

Die in den Tabellen ersichtlichen zeitlichen Verschiebungen sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Personalsituation bei Linguwerk im Projektverlauf verschieden war. Zu Beginn des Projektes konnten mehr Mitarbeiter als geplant im Projekt tätig sein, weshalb das Projekt schneller fortschreiten konnte. Insgesamt wurde der zeitliche wie auch der finanzielle Rahmen des Projektes eingehalten.

Im Folgenden werden die Forschungsinhalte gemäß der Arbeitsplanstruktur detailliert beschrieben.

AP1 Systemkonzeption

TP 1.2 Softwarekonzeption (hardwarenah; GUIs; KI-Algorithmen, Datenbankmodell)

Die in TP 1.1 beschafften UWB-Evaluationskits wurden in Betrieb genommen und getestet. Nötige Anpassungen für die softwaretechnische Ansteuerung über die systemseitige API der Evaluationskits wurden durchgeführt. Die Board Support Packages wurden angepasst und integriert.

Aus Fachliteratur und aktuellen wissenschaftlichen Artikeln wurden algorithmische Ansätze zur Merkmalextraktion sowie zu Machine-Learning-Ansätzen recherchiert. Diese Ansätze wurden evaluiert und anschließend vor dem Hintergrund der Anwendbarkeit auf UWB-Signale die am besten geeigneten ausgewählt.

Für die Archivierung der Trainingsdaten für die in AP 4 zu entwickelnden KI-Algorithmen wurden zuerst Konzepte für SQL-Datenbanken und NoSQL-Datenbanken erstellt und evaluiert. Aufgrund dieser Evaluation wurde ein Konzept einer SQL-Datenbank ausgewählt und genauer spezifiziert. Auf diese Weise hat LW das Datenbankmodell zum Ergebnis des TP1.2 beigetragen.

Das angestrebte Ergebnis von TP 1.2 (Softwarekonzepte, welche die hardwarenahe Software, die Datenbank, die (KI)-Algorithmen, sowie die Frontends nötigen Applikationen umfassen) wurde erreicht.

TP1.3 Einhaltung der rechtlichen und anwendungsbezogenen Anforderungen

Es wurden Anforderungen und Normen insbesondere für Short Range Devices zur Präsenzerkennung (z.B. ETSI EN 302 065-1) sowie im allgemeinen Normen im Automotive-Bereich (z.B. AEC-Q100) recherchiert und analysiert. Parallel zur Bearbeitung der anderen (Teil-)Arbeitspakete fand fortwährend ein Abgleich der Arbeitsergebnisse mit den zusammengestellten Anforderungen statt. Durch ergänzende Recherchen im Projektverlauf wurde der Anforderungskatalog stetig erweitert.

Die Bearbeitung des TP1.3 erfolgte in engster Zusammenarbeit der Projektpartner Linguwerk GmbH und Innotas Produktions GmbH, weshalb eine Trennung der Beiträge zum Ergebnis nur schwer möglich ist. Allgemein kann jedoch festgehalten werden, dass sich die Linguwerk GmbH mehr auf softwaretechnische Anforderungen und Innotas Produktions GmbH sich mehr auf hardwaretechnische Anforderungen fokussiert hat.

Das Ergebnis von TP 1.3 (Sicherstellung der Einhaltung aller Normen, Richtlinien und praktischen Anforderungen in der Zielerreichung) wurde erreicht.

TP1.4 Zusammenführen zu Gesamtkonzept

Die Ergebnisse der TPs 1.1, 1.2 und 1.3 wurden zu einem Gesamtkonzept zusammengeführt. Es wurde eine abschließende Dokumentation in Form eines Pflichtenheftes erstellt, welches das Endergebnis des AP 1 darstellt.

AP2 Entwicklung Single-Sensor-System

TP2.1 Softwareentwicklung Atmungserkennung: Feature Extraktion und ML-Algorithmus

Für dieses Arbeitspaket wurde von Linguwerk ein Evaluationstool implementiert, welches die Grundlage für die in diesem TP durchgeführten iterativen Optimierungsprozesse bildete. Dafür wurde, abhängig von der Erkennungsaufgabe, Cross Validation mit verschiedenen Metriken eingesetzt.

Es wurden Algorithmen entwickelt und evaluiert, welche die Messdaten des UWB-Radar-Sensors aufbereitet (Filterung) und geeignete Merkmale (Features) zur Atmungserkennung extrahiert. Die Erforschung der Algorithmen wurde in diesem TP für das Single-Sensor-System abgeschlossen.

Die Erforschung dieses TP fand in mehreren iterativen Entwicklungs- bzw. Optimierungszyklen statt.

Das Ergebnis des TP 2.1 (Software, welche Algorithmen zur Merkmalsextraktion sowie zur KI-basierten Atmungserkennung auf Basis eines Single-Sensor-Systems verbindet) wurde erreicht.

TP2.2 Laboraufbau des Testsystems und Anpassungen der Teilkomponenten

Die notwendigen Bauteile (UWB-Radarchips, Antennen etc.) wurden beschafft, entsprechend der Konzeption aus AP1 wurde damit das Labormuster LP erstellt. Die hardwarenahen Funktionen und Treiber sowie die embedded Software für die Mikrocontroller wurden entwickelt und in Betrieb genommen. Nach Inbetriebnahme des Testsystems wurden Evaluationen der Teilkomponenten und des Gesamtsystems durchgeführt. Darauf basierend wurden sowohl hardware- als auch softwareseitige Optimierungen durchgeführt. Diese mündeten in der Erstellung des Labormusters EP1.

Die in TP1.2 konzipierte Datenbank für Trainings- und Testdaten wurde hard- und softwareseitig eingerichtet.

Die Erforschung dieses TP fand in mehreren iterativen Entwicklungs- bzw. Optimierungszyklen statt.

Das Ergebnis von TP 2.2 (funktionsfähiger Labordemonstrator für das zu entwickelnde UWB-Radar-System auf Single-Sensor-Basis) wurde erreicht. Dies erfolgte für die Entwicklungsstufen LP und EP1.

TP2.3 Softwareentwicklung Lebewesendetektion: Single-Sensor-System

Es wurden verschiedene ML-/KI-Verfahren entwickelt und getestet, welche die Anwesenheit von Lebewesen erkennen sollen. Der Fokus wurde nach Abwägung verschiedener Bereiche (technische Umsetzbarkeit, Verwertungschancen, Stand der Technik, etc.) auf die Erkennung von Atmungsbewegungen gelegt. Hierbei wurde zunächst die Erkennung von Lebewesen im Auto untersucht. Zuerst wurde von LW die nötige Softwareinfrastruktur (Schnittstellen für Kommunikation beteiligter Geräte, GUIs für die Erforschung, ...) erzeugt. Danach wurden in enger Zusammenarbeit mit der HTW Dresden verschiedene ML-/KI-Verfahren entwickelt und getestet, welche die Atembewegungen von Lebewesen erkennen sollen. Hierbei wurde zunächst die Erkennung von Lebewesen im Testaufbau untersucht. Zu Möglichkeiten der genauen Lokalisierung der Lebewesen wurden ebenfalls Ansätze getestet, jedoch – zumindest im Single-Sensor-System – als wenig vielversprechend bewertet. Bei der Erweiterung

auf das Multi-Sensor-System im AP3 wurde diese Problematik intensiver und erfolgreicher untersucht.

Die Erforschung dieses TP fand in mehreren iterativen Entwicklungs- bzw. Optimierungszyklen statt.

Das Ergebnis des TP 3.1 (Verfahren zur Detektion von Lebewesen im modellierten Fahrgastraum) wurde erreicht.

TP2.4 Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings

Während der Entwicklungs- und Testphase wurden stetig Messdaten erhoben, normalisiert, klassifiziert und archiviert. Die Daten wurden in disjunkte Trainings- und Test-Datensätze unterteilt, damit eine unabhängige Evaluation gewährleistet werden kann. Zunächst wurden die Daten im Wesentlichen von Projektmitarbeitern bzw. freiwilligen Mitarbeitern der Projektpartner erhoben.

Während des Projektverlaufes wurden die Datenbanken stetig erweitert (hauptsächlich durch neu generierte Datensätze als „Nebenprodukte“ von Testung und Evaluation). Mögliche Unausgewogenheiten in der Verteilung der Daten (bspw. Geschlechterverhältnis) sind bekannt. Hier bestehen noch Verbesserungspotenziale für die Weiterentwicklung des Projektergebnisses zu einem marktreifen Produkt.

Die Bearbeitung des TP2.4 erfolgte in engster Zusammenarbeit mit dem Projektpartner LASA gGmbH, weshalb eine Trennung der Beiträge zum Ergebnis nur schwer möglich ist.

Das Ergebnis des TP 2.4 (Datengrundlage, welche für das Training und die Evaluation der KI-Algorithmen im Single-Sensor-System geeignet ist) wurde erreicht.

TP2.5 Zusammenführen von Hard- und Software, Evaluation

Die erforschten Algorithmen wurden auf die entwickelte Hardware portiert. Software und Hardware wurden gegeneinander optimiert. Insbesondere wurden durch die Variation und Optimierung diverser Parameter Rechenzeit und Komplexität einzelner Funktionen und Operationen analysiert und optimiert, um eine Echtzeitfähigkeit

sicherzustellen, welche für die Verwendbarkeit des Systems im Zieleinsatzbereich von großer Wichtigkeit ist.

Nach der Zusammenführung der gegeneinander optimierten Hard- und Software wurde die Performanz anhand der AP 1 definierten Qualitätskriterien evaluiert und dokumentiert. Das Ergebnis war zufriedenstellend.

Die Erforschung dieses TP fand in mehreren iterativen Entwicklungs- bzw. Optimierungszyklen statt.

Das Ergebnis des TP 2.5 (Single-Sensor-System, welches mittels KI eine Atmungserkennung und basierend darauf eine Lebewesendetektion durchführt) wurde erreicht.

AP3 Entwicklung Multi-Sensor-System und Lebewesenklassifikation

TP3.1 Datenakquise und -archivierung für KI-Trainings

Das TP3.1 wurde analog zu TP2.4 bearbeitet. Für die in AP3 zu erstellenden KI-Systeme mussten zusätzliche Datenbanken und insbesondere Datensätze geschaffen werden (anderer Input und ebenso anderer Output).

Im Projektverlauf wurden diese Daten kontinuierlich erweitert und vervollständigt.

Die Bearbeitung des TP3.1 erfolgte in engster Zusammenarbeit mit dem Projektpartner LASA gGmbH, weshalb eine Trennung der Beiträge zum Ergebnis nur schwer möglich ist.

Das Ergebnis des TP 3.1 (Datengrundlage, welche für das Training und die Evaluation der KI-Algorithmen im Multi-Sensor-System geeignet ist) wurde erreicht.

TP3.2 Anpassung und Optimierung des Systems

Basierend auf den Erkenntnissen in AP2 wurden hard- und softwaretechnische Optimierungspotenziale realisiert. Neben Algorithmenoptimierungen wurde auch der Laboraufbau in einem iterativen Optimierungsprozess mehrfach verändert um die effizienteste Sensorkonstellation zu ermitteln.

Die angedachte Cross-Plattform-Applikation für mobile Endgeräte wurde auf Demonstratoren-Level umgesetzt.

Das Ergebnis des TP 3.2 (validierter und angepasster Musteraufbau (Labormuster) des UWB-Radar-Sensors) wurde erreicht.

TP3.3 Erweiterung des UWB-Radarsystems zum Multi-Sensor-System

Für eine höhere Genauigkeit der Lebewesenerkennung (insbesondere Lokalisierung der einzelnen Personen) wurden verschiedene Anordnungen der Sensormodule im Zusammenspiel mit verschiedenen, ebenfalls in diesem TP erforschten, Algorithmen im Testaufbau (Laborumgebung) evaluiert. Dabei wurden sowohl Anzahl als auch Anordnung der Sensormodule variiert. Dies hatte jeweils Einflüsse auf die empfangenen Signale, weshalb auch die hardwarenahen Algorithmen zur Signalerfassung und -aufbereitung adaptiert werden mussten.

Es wurden Evaluationen der Modellvarianten hinsichtlich verschiedener Kennzahlen (Erkennungsgenauigkeit, Robustheit etc.) durchgeführt. Diese zeigten, dass durch die Erhöhung der Sensorenanzahl die Werte Performanz in jeglicher Hinsicht verbessert werden konnte. Der Zugewinn an Datenpunkten überwog damit den Zugewinn an Komplexität in der Testumgebung deutlich. Zusätzlich liefert das Multi-Sensor-System somit die Möglichkeit für weitere Features (z.B. Lokalisierung).

Das Ergebnis des TP 3.3 (erweiterter funktionsfähiger Demonstrator für das zu entwickelnde UWB-Radar-System auf Multi-Sensor-Basis) wurde erreicht.

TP3.4 Softwareentwicklung Lebewesenklassifikation: Feature Extraktion, ML-Algorithmus

Linguwerk entwickelte die Evaluationstools für die Lebewesenklassifikation hinsichtlich verschiedener Kennzahlen (Erkennungsgenauigkeit, Trennschärfe, Einfluss von Störgrößen). Zudem unterstützte Linguwerk den Hauptbearbeiter LASA bei der Entwicklung der KI-Algorithmen zur Lebewesenklassifikation. Zudem waren geringfügige Anpassungen in der hardwarenahen Software des Sensorsystems nötig, um die anwendungsbezogene Qualität der erhobenen Sensordaten zu erhöhen.

Das Ergebnis des TP3.4 (Software, welche KI-Algorithmen zur Merkmalextraktion sowie zur Lebewesenklassifikation verbindet) wurde erreicht.

AP4 Anwendungsnahe Anpassungen und Projektabschluss

TP4.1 Anpassungen an die Gegebenheiten im Testfahrzeug

Die entwickelten Systeme wurden in verschiedene für Testzwecke genutzte Fahrzeuge integriert und getestet. Dafür wurde das UWB-System (Multi-Sensor-System) im Testfahrzeug verbaut. Da ein Zugriff auf den Car-PC einen sehr hohen Aufwand im Verhältnis zum zusätzlichen Erkenntnisgewinn im Forschungsprojekt bedeutet hätte, wurde darauf verzichtet. Die Software des Systems wurde weiterhin auf einem externen PC (unter realen Randbedingungen hinsichtlich Rechenkapazität etc.) durchgeführt. Die Position der Sensoren wurde optimiert. Dafür wurden mehrere Konstellationen getestet, weshalb Hard- und Software geringfügig modifiziert wurde.

Dieses TP wurde mit 3 verschiedenen Testfahrzeugen durchlaufen, um eine breitere Datengrundlage zu schaffen.

Das Ergebnis des TP 4.1 (ein im Fahrzeug integrierter Demonstrator, welcher getestet und erprobt wurde) wurde erreicht.

TP4.3 Integrative Optimierung der Algorithmen auf Anwendungsumgebung

Die in TP4.2 erweiterten Algorithmen wurden analysiert und optimiert. Im Fokus lagen bei LW insbesondere algorithmische Optimierungen außerhalb der KI-Algorithmen. Herausfordernd waren dabei hauptsächlich Anpassungen zur Signalverarbeitung und -aufbereitung, da die Realumgebung im Fahrzeug spezifische Umgebungsbedingungen mit sich brachte (z.B. veränderte Sensorkonstellationen, Reflexionen bestimmter Metallteile, Sichtbehinderungen, ...). Zudem fanden Effizienzoptimierungen statt (z.B. Speicherbedarf, Rechenleistung, ...) um den Anforderungen von Car-PCs zu genügen.

Diese Optimierungen fanden für die verschiedenen Testfahrzeuge individuell statt.

Das Ergebnis des TP 4.3 (algorithmisch auf die Anwendungsumgebungen angepasste nicht-ML-Algorithmen) wurde erreicht.

TP4.4 Optimierung, Test und Evaluation des finalen Funktionsmusters

In diesem TP fand die letzte Optimierungsiteration der Erforschung des Gesamtsystems statt. Die einzelnen Komponenten (Hard- und Software) wurden dabei nicht mehr einzeln hinsichtlich bestimmter Kriterien optimiert, sondern es fand eine

Optimierung des Zusammenspiels der Komponenten statt. Insbesondere die Hardware-Optimierung wurde dabei durch LW durchgeführt, das Ergebnis wurde im Testfahrzeug als Demonstrator des Forschungsprojektes eingesetzt. Abschließende Tests dokumentieren die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems und damit einhergehend die der Teilsysteme. Die notwendigen Kriterien für einen Projekterfolg wurden allesamt erreicht.

Das Ergebnis des TP 4.4 (ein im Fahrzeug getestetes Funktionsmuster, das erprobt und optimiert wurde) wurde erreicht.

3. Ergebnis des Teilvorhabens

Das Ziel des Gesamtprojektes – die Erforschung eines Systems, welches mittels UWB-Technologie Lebewesen in Fahrzeugen erkennt, klassifiziert und deren Position bestimmt – wurde erreicht. Es existiert eine Demonstrations-Applikation, welche Präsenz, Atemrate und Position von Lebewesen im Fahrzeug zuverlässig erkennt und diese Lebewesen klassifiziert.

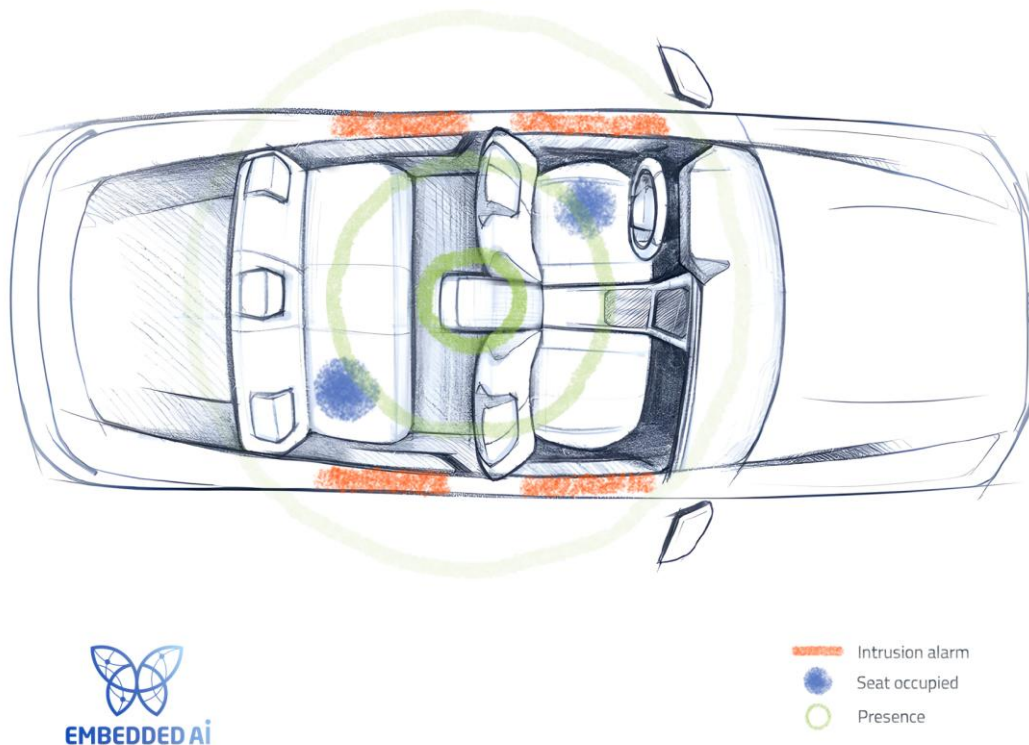


Abbildung 4: Screenshot der Demonstrations-App UltraVital. Die grünen Kreise erscheinen, sobald das System ein Lebewesen detektiert. Die Position der erkannten Lebewesen wird durch die blauen Kreise dargestellt.

Zusätzlich kann das Eindringen von Lebewesen in das Auto erkannt werden (Intrusion Alarm, orange dargestellt). Die Klassifikation von Lebewesen funktioniert systemintern, wird in der Demonstrations-App jedoch nicht gesondert ausgewiesen.

Das Ergebnis des Teilvorhabens der Linguwerk GmbH ist aufgrund der engen Zusammenarbeit während des Projektes sowie des hohen Grades der Anpasstheit der Teilvorhaben (und damit deren Ergebnisse) nur schwer losgelöst von denen der anderen Teilvorhaben zu definieren.

Alle Teilziele des Teilvorhabens wurden erreicht (siehe Abschnitt 2: Projektinhalte des Teilvorhabens).

(i) Embedded System

Das von Linguwerk erforschte Embedded System des UWB-Radar-Vital-Sensors ist das Hauptergebnis des Teilvorhabens. Diese Technologie ermöglicht eine effiziente Erfassung von UWB-Signalen als Basis für Lebewesendetektion und Atmungserkennung. Insbesondere das Multi-Sensor-System kann in Fahrzeugen eingesetzt werden, um Signaldaten zu erfassen, aufzubereiten und in einer hohen Qualität bereitzustellen. Die Hardware sowie die Datenverarbeitungssoftware muss dabei individuell auf die auszustattenden Fahrzeuge angepasst werden. Dieses Projektergebnis ist insbesondere eng auf die Teilvorhaben der HTW Dresden und der LASA gGmbH zugeschnitten, kann jedoch auch unabhängig davon weiterentwickelt werden.

Zu den potenziellen Anwendungsmöglichkeiten siehe Abschnitt 4: Anwendungsmöglichkeiten des Teilvorhabens.

(ii) Forschungsinfrastruktur

Die Daten- und Forschungsinfrastruktur, welche für das Projekt erforderlich war, wurde geplant, umgesetzt und fortlaufend erweitert und optimiert. Dies hat die Grundlage für den Gesamterfolg des Projektes geliefert.

4. Anwendungsmöglichkeiten des Teilvorhabens

Die Ergebnisse dieses Teilvorhabens sind sowohl in der ursprünglich geplanten Anwendung als auch in anderen Bereichen anwendbar.

(i) Embedded System

Das von Linguwerk erforschte Embedded System des UWB-Radar-Vital-Sensors liefert Daten in Form von reflektierten UWB-Signalen. Das auf das Testfahrzeug angepasste Multi-Sensor-System ist dabei speziell für die Erkennung der Atembewegungen in Fahrzeugen adaptiert. Daraus ergeben sich neben der angedachten Anwendung zur Präsenzerkennung im Fahrzeug weitere Möglichkeiten in der Automobilanwendung wie zum Beispiel:

- Gesundheitsüberwachung des Fahrers (z.B. Müdigkeitserkennung über veränderte Atemrate)
- Verwendung der Lebewesenlokalisierung im Außenbereich (z.B. Fahrzeugzugang)

Auch außerhalb der Automobilbranche bestehen Anwendungsmöglichkeiten für das erforschte Sensorsystem, insbesondere im Bereich der Gesundheitsüberwachung:

- Atemüberwachung und Notfallerkennung in der häuslichen Pflege
- Erfassung sensiblerer Vitaldaten (z.B. Puls) bei geringeren Störeinflüssen (z.B. bettlägerige Personen)
- Präsenzerkennung zur Verhinderung von Entlaufen (insbesondere desorientierter Menschen)

Zudem sind weitere Anwendungen in gänzlich anderen Branchen denkbar, wie zum Beispiel Präsenzerkennung als Grundlage für Smart-Home-Anwendungen.

(ii) Forschungsinfrastruktur

Die Daten- und Forschungsinfrastruktur, wurde in erster Linie für die Erforschung des Demonstrators im Projektverlauf erstellt. Daraus ergibt sich unmittelbar die Anwendung für die weitere Forschung und Entwicklung des Demonstrators hin zu einem marktfähigen Produkt.

Darüber hinaus können Komponenten der erstellten Infrastruktur (Datenbankstrukturen, Datensätze, entwickelte Evaluationstools etc.) genutzt werden um Forschung auf ähnlichem Gebiet zu betreiben.

5. Weitere Forschungspotenziale und Ausblick

Die im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Anwendungsmöglichkeiten benötigen die Untersuchung weiterer Forschungs- und Entwicklungsthemen zur Erstellung eines marktreifen Produktes. Insbesondere zu nennen sind dabei:

Experimentelle Entwicklung zur Lebewesenklassifikation, evtl. Sensorfusion

Die Lebewesenklassifikation erfüllt die Anforderungen der EURO-NCAP-Normen. Für eine Anwendung im Markt reichen diese nach Einschätzung des Konsortiums eventuell aber nicht aus, um eine ausreichende Kundenzufriedenheit zu gewährleisten. Die Trennschärfe der verschiedenen Lebewesenklassen ausschließlich mithilfe der Atemrate ist gering. Ein einzelnes Kind kann beispielsweise durch verschiedene körperliche Zustände (körperlicher Zustand nach Sport, Aufgeregtheit durch Vorfreude auf ein besonderes Ereignis, Müdigkeit, Schlaf, ...) verschiedene Atemraten, welche verschiedenen Klassen zugeordnet werden, aufweisen. Um dennoch eine korrekte Klassifikation zu gewährleisten, ist weitere Forschung nötig. Ein möglicher Ansatz (welcher nicht ausschließlich algorithmisch ist) ist dabei die Sensorfusion des Multi-Sensor-Systems mit weiteren Sensoren.

Experimentelle Entwicklung zur Anpassung auf Fahrzeuggegebenheiten

Im Projektverlauf zeigte sich sehr deutlich, dass das Multi-Sensor-System auf den Fahrzeugtyp, in dem es eingesetzt werden soll, individuell angepasst werden muss. Die für Linguwerk relevanten Anpassungen umfassen dabei hauptsächlich die Zahl und Positionierung der Sensoreinheiten und damit einhergehende Änderungen an der Hardware und der hardwarenahen Software. Für eine Entwicklung hin zu einem marktreifen Produkt sind zudem Performanzverbesserungen sowie eine Integration der Software in den jeweiligen CAR-PC nötig.

Forschung und Entwicklung zur Anpassung auf andere Anwendungsgebiete

Für die Anwendung in anderen als den angedachten Branchen sind Anpassungen des Systems insbesondere an die abweichenden Rahmenbedingungen und Anforderungen nötig. Der Forschungs- und Entwicklungsaufwand ist dabei hochgradig individuell einzuschätzen.

Die aufgezeigten Forschungspotenziale sollen in unterschiedlichem Maße untersucht werden. Zum aktuellen Zeitpunkt sind von Linguwerk folgende Maßnahmen zur Fortführung der Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt angedacht:

Fokus auf ursprünglich geplante Verwertung

Die im Verhältnis von nötigem weiteren Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu potenziellem Ertrag am lukrativsten eingeschätzte Anwendung entspricht der ursprünglich geplanten Verwertung als Gesamtprodukt UltraVital.

Weiterentwicklung des Demonstrators

Die erforschte Technologie soll weiterentwickelt werden um ein höheres Technology Readiness Level zu erreichen. Momentan wird insbesondere die Demonstrator-App verbessert, damit die Technologie attraktiver präsentiert werden kann, um langfristig Anwendungspartner zu gewinnen. Für die experimentelle Entwicklung des Forschungsdemonstrators im engeren Sinne werden aktuell Möglichkeiten einer Finanzierung sowohl von staatlicher als auch von wirtschaftlicher Seite untersucht und evaluiert.

Sichtbarkeit und Partnersuche

Für die wirtschaftliche Verwertung in der Zielanwendung müssen Partner gefunden werden, welche die Technologie in den Zielmarkt integrieren können. Da Linguwerk als KMU keine Produktion des Systems in großer Stückzahl finanzieren kann, sollen Tier1-Automobilzulieferer als Partner auf der Anwendungsseite gewonnen werden. Zur Erhöhung der Sichtbarkeit der Technologie werden daher vermehrt Messen und Konferenzen gesucht, um potenzielle Partner auf Anwendungsseite zu gewinnen. In diesem Zusammenhang laufen bereits erste Vorgespräche mit Tier1-Automobilzulieferern um eine anwendungsnahe Weiterentwicklung der Technologie zu ermöglichen. Dabei werden auch Möglichkeiten zu weiteren Anwendungen der UltraVital-Sensoriken evaluiert.