

Teil II des IFAG Endberichts 2025 zum BMBF-Projekt

ECSEL/KDT/CHIPS JU AI4CSM

Automotive Intelligence for/at Connected Shared Mobility

Zum Teilvorhaben der Infineon Technologies AG



Verbundprojekt: AI4CSM

Förderkennzeichen: 16MEE0164K

Sachbericht für den Zeitraum 1. Juli 2021 bis 28. Februar 2025

zum Teilvorhaben im Rahmen der

ECSEL/KDT/CHIPS JU-Förderinitiative H2020-ECSEL-2020-1-RIA

„Halbleitersysteme für gemeinsame vernetzte Mobilität“

Ansprechpartner Teilvorhaben

Jochen Koszescha	Infineon Technologies AG Am Campeon 1 – 15 85579 Neubiberg	+49 89 234 38158 jochen.koszescha@infineon.com
------------------	--	---

Europäischer Koordinator und Deutscher Koordinator:

Jochen Koszescha, Infineon Technologies AG, jochen.koszescha@infineon.com, +49 89 234 38158

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten	4
2	Die Verwendung der Zuwendung	4
3	Erzielten Ergebnisse im Einzelnen	5
3.1	IFAG-Beiträge zu den Arbeitspaketen (AP = WP = Work Packages im EU Projekt).....	5
3.2	IFAG-Beiträge zu den Lieferketten in der Projektmatrix.....	6
3.2.1	SC1 Demonstrator mit IFAG Beitrag	6
3.2.2	SC2 Demonstrator mit IFAG Beitrag	6
3.2.3	SC3 Demonstratoren mit IFAG Beitrag	7
3.2.4	SC4 Demonstratoren mit IFAG Beitrag	7
3.2.5	SC5 Demonstratoren mit IFAG Beitrag	8
3.2.6	SC6 Demonstratoren mit IFAG Beitrag	9
3.2.7	SC7 / IFAG Beitrag	10
3.2.8	SC8 / IFAG Beiträge	11
3.3	IFAG Innovationsschwerpunkte	11
3.3.1	AURIX™-Prozessor für HW-beschleunigte KI	11
3.3.2	28 GHz Kommunikations-ECS (Kognitive Netzwerkverbindung und Datenaustausch).....	14
3.3.3	Nahfeld Radar für gesten-gesteuerte TOS (Trunk Opener System)	17
4	Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	21
5	Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten	21
6	Der voraussichtliche Nutzen	21
7	Bekannt gewordenen Fortschritte	21
8	Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: AI4CSM-V-Model mit Ablauf der Arbeitspakete im Projekt	5
Abbildung 2: SCD1.2 Demonstrator Konzept SC1 Demonstrator SCD1.2 „Robo-Taxi“	6
Abbildung 4: SC3 Partner und Konzeptbild	7
Abbildung 5: Überblick über die SC4 Demonstratoren	8
Abbildung 6: IFAG Controller Plattform	8
Abbildung 7: Kognitive Kommunikation und Konnektivität.....	9
Abbildung 8: IFAG 28 GHz Laboraufbau Kommunikation	9
Abbildung 9: IFAG Laborumgebung zu SC5	9
Abbildung 10: Konzept für das Radar basiertes KI-TOS	10
Abbildung 11: SC6 Laboraufbau für den KI- und Radar-basierten Kofferraum-Öffner	10
Abbildung 12: AI4CSM System Modell	10
Abbildung 13: SC7 Methoden verbinden Innovationen	11
Abbildung 14: AURIX™ Anwendungsbeispiel / AI-gestützter Sic/GaN Inverter	12
Abbildung 15: SC2 Hardware / Kontrollboard mit PPU im AURIX™	13
Oben Abbildung 16: Blockschaltbild der Steuerungsbaugruppe	13
Unten Abbildung 17: Evaluierungs-Baugruppe AURIX™ und PMIC	13
Abbildung 18: Blockschaltbild für ein Test-System Beispiel	14
Abbildung 19: Blockschaltbild 28 GHz Kommunikation	15
Abbildung 20: ANSYS HFSS / Ergebnis Beispiel aus Simulation	15
Abbildung 21: Chip Layout BEAM28PA	16
Abbildung 22: Blockschaltbild des Beam-Former-ICs	16
Abbildung 23: Blockschaltbild zum BGT24LTR22 XENSIV™ 24-GHz-Radarsensor	17
Abbildung 24: 24 GHz Transceiver MMIC (2x TX & 2x RX)	17
Abbildung 25: Infineon Radar Evaluierungskit	18
Abbildung 26: AURIX TC4xx Plattform – Setups zur stufenweisen Integration.....	18
Abbildung 27: Zweiter Lösungsansatz – jetzt mit AURIX™	19
Abbildung 28: IFAG Trunk Opener System (TOS) / Signalprozess Flow.....	19
Abbildung 29: Radar Baugruppen Referenzdesign mit Patch-Yagi Antenne	20
Abbildung 30: XAI versus Standard KI.....	20
Abbildung 31: Parameter welche mit KI adressiert wurden	20

Dieser Teil (II) zum Endbericht ist ein Bericht zu den Fortschritten und der Nutzung der Zuwendungen

1 Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten

- Zielstellung für die Mobilität
Beschleunigung der Transformation der Mobilität hin zu einer digitalen und nachhaltigen Wirtschaft, um Deutschlands Position als Weltmarktführer von Mobilitätslösungen zu stärken.
- IFAG-Beiträge zum Gesamtprojekt
Die IFAG entwickelt Komponenten und Plattformen der nächsten Generation (Steuerung, Vernetzung im Fahrzeug und Sensorfusion/-steuerung) für HAD (Highly Automated Driving), Wahrnehmung, kognitive Kommunikation und KI-basierte Antriebsstrangsteuerung.
- Erforschung, Entwicklung und Bereitstellung von Komponenten (ECS) aus 3 Produktgruppen und Support eines 4. Themas Time of Flight (ToF), welches organisatorisch ein IFAT Schwerpunkt wurde.
 - Automotiv orientierte MikroKontroller (AURIX® μ C Familie)
- unterstützt durch entsprechende Anwendungsbaugruppen
 - 28 GHz Datenkommunikationsbausteine – Schwerpunkt innovative Antennen
- die Anwendung in Sub-Systemen wird durch FHG/HHI entwickelt
 - Nahfeld Radarbausteine/Baugruppen für die hochsichere Öffnung von Kofferraum Deckeln unter Nutzung von KI Algorithmen (Trunk Opener System)
- IFAG hatte im Wesentlichen die Idee und das Konzept für das Projekt AI4CSM entwickelt. Dabei konnte die langjährige Erfahrung in der Koordination von sehr breit aufgestellten Innovations-Projekten die erforderlichen Partner der gesamten Lieferkette zusammenführen. Begonnen mit den akademischen Teams über zahlreiche spezifische SME's und LE's bis hin zum Endanwender (den Automotive-OEMs) brachte das Projekt eine geschlossene Innovationskette an Board.
- IFAG hat als Tier2 Partner im Rahmen des Projektes AI4CSM für 3 Infineon Halbleiter-Produktgruppen (Mikrocontroller, 28 GHz Kommunikation und Radar-Sensorik) ECS (Chips und Baugruppen & entsprechende Softwarekomponenten) für die unterschiedliche Anwendungsbereiche (Lieferketten) entwickelt.
- IFAG hat weitere Schulungen und Bereitstellung von Unterlagen zur Anwendung der IFAG Komponenten in den Systemen der Lieferketten (Nicht vom BMBF gefördert)
- Und die Aktivierung der firmeninternen Interaktion zwischen den beteiligten Geschäftsbereichen und zugehörigen Teams (Nicht vom BMBF gefördert).
- Da im Projekt AI4CSM mehrere, sehr unterschiedliche Sub-Systeme adressiert wurden, konnte wieder die mehrfach erprobte Matrixstruktur eingesetzt werden. Die Entwicklungsprozess-orientierte Achse der Arbeitspakete (V-Modell) und die Gruppierung der Anwendungsgebiete in Form von Lieferketten als zweite Achse bilden dabei eine Matrix für die Zusammenarbeit der Partner.
- Dieser Report wurde mit der Intention erstellt, die zahlreichen erarbeiteten Projekt-Dokumentationen (Deliverables) und die jährlich erstellten Zwischenberichte mit einer Übersicht zu verbinden/kompletieren.

2 Die Verwendung der Zuwendung

Es gilt der ursprüngliche Verwertungsplan lt. Antrag. Insgesamt ist der Verwertungsansatz nach wie vor gültig und bedarf keiner wesentlichen Änderungen. Durch die internationale Ausrichtung der Infineon Technologie AG mit dem Hauptquartier Standort wird auch an eine internationale Verwertung im weiteren Verlauf angestrebt.

3 Erzielten Ergebnisse im Einzelnen

3.1 IFAG-Beiträge zu den Arbeitspaketen (AP = WP = Work Packages im EU Projekt)

Alle Arbeiten zur Produktentwicklung wurden auch im diesem Projekt AI4CSM in einem Prozess ausgeführt, welcher international mit dem V-Modell beschrieben wird: Abbildung 1 beschreibt das V-Modell / Struktur des Arbeitsplanes von AI4CSM

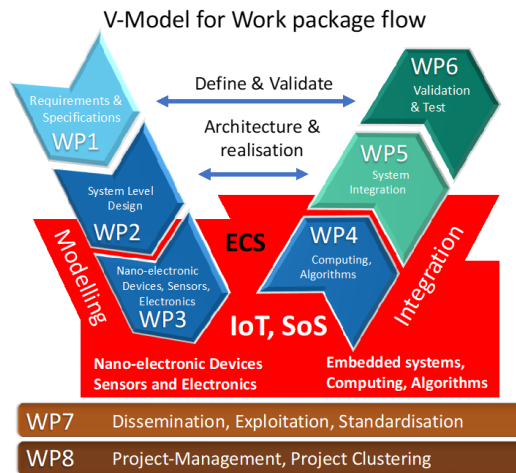


Abbildung 1: AI4CSM-V-Modell mit Ablauf der Arbeitspakete im Projekt

- Sowohl die Planung, die Kontierung/Abrechnung wie auch das Reporting der Projektarbeiten erfolgte in der Struktur der Arbeitspakete und darin in Teilaufgaben (Tasks) und Report-Deliverables.
 - AP1 (Anforderungen und Spezifikationen)
 - AP2 (System Architektur und Simulation)
 - AP3 (ECS Hardware): IFAG Fokus mit Chip-, Gehäuse- und Baugruppen-Entwicklung
 - AP4 (Eingebettete Systeme, Software und Algorithmen)
 - AP5 (System-Integration)
 - AP6 (Test und Validierung)
 - AP7 (Verbreitung, Verwertung, Standardisierung und Zertifizierung)
 - AP8 (Project Management and Projects – Clustering)
 - ebenfalls ein IFAG Schwerpunkt da IFAG ja der Projektkoordinator war

Beispiel: In der AP1 Durchführung wurden pro Lieferkette je ein Task-Team gebildet. So hat das Task1.4-Team die Spezifikationen zum Themenkreis der SC4 erstellt und diese dann im Dokument Del1.4 zusammengefasst und berichtet.

- Kalenderjahr 1 (2021): AP1 (Spezifikationen) und Beginn der Arbeiten zur Systemdefinition (AP2). Auch die Arbeiten zum IFAG Schwerpunkt AP3 (Hardware Produktentwicklung) wurden in diesem Zeitraum schon konzipiert.
- Kalenderjahr 2 (2022): Abschluss AP1. Nächster Fokus AP3 für IFAG. Verschiebungen der Personaleinsätze für AP3 bis AP5. AP2 und 3 konnte bis Ende 2022 fast ausgeglichen vollständig werden
- Kalenderjahr 3 (2023): Für IFAG ein weiteres Jahr mit ausgeprägtem AP3 Fokus
- Kalenderjahr 4 (2024): Schwerpunkt der IFAG Arbeiten lag in der Bereitstellung von Redesigns zu lieferketten-orientierten anwendungsorientierte Baugruppen

- Kalenderjahr 5 (2025): Abschluss der AP6 Arbeiten (Validierung) und Koordination des Projekt-Finales (Review)

3.2 IFAG-Beiträge zu den Lieferketten in der Projektmatrix

Die einzelnen Lieferketten-Teams (Supply-Chain-Teams) haben sich Ziele in Form von Demonstratoren definiert. Dabei ist der Beitrag der IFAG natürlich anwendungsspezifisch nur für eine Untergruppe an SCDs (Supply Chain Demonstrator) definiert.

3.2.1 SC1 Demonstrator mit IFAG Beitrag

- SC1: Smart Connected Shared Mobility für städtische Gebiete (Ergebnis Enabler)
- SCD1.2 = Robo-Taxi / Koordination Partner ViF / IFAG unterstützte im Thema AURIX™
- Es erfolgte keine Integration von IFAG Bauteilen in diesen Demonstrator

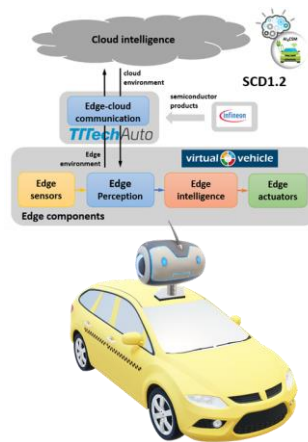
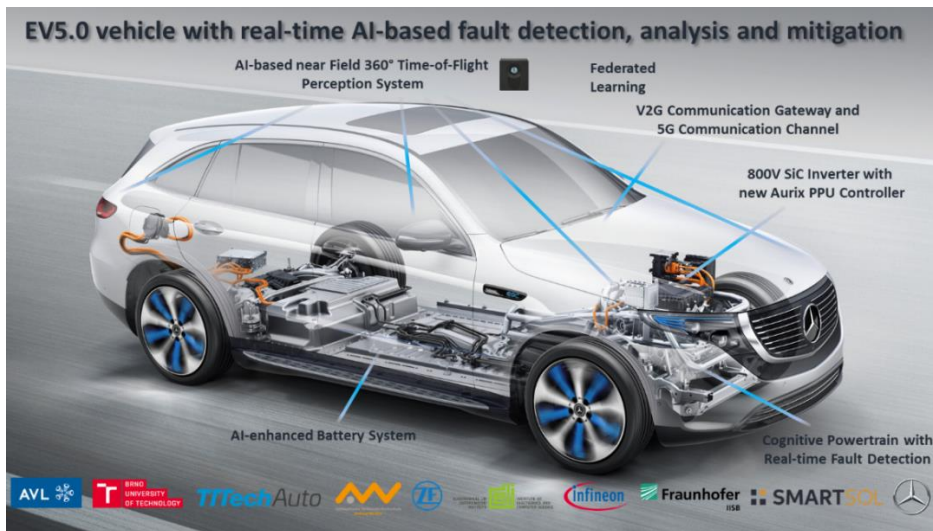


Abbildung 2: SCD1.2 Demonstrator Konzept SC1 Demonstrator SCD1.2 „Robo-Taxi“

- IFAG Beitrag zur Entwicklung des SCD1.2 Demonstrators: Die, hauptsächlich im Rahmen der SC5 konzipierten und mit Partner TTTAustria entwickelten ECS zur Datenkommunikation wurden auch in der SC1 Datenkommunikation eingesetzt.

3.2.2 SC2 Demonstrator mit IFAG Beitrag

- SC2: EV 2030 durch KI im Fahrzeug (Ergebnis Enabler)
- Aus IFAG-Sicht wurden die Arbeiten zur SC2 parallel zu den Beiträgen zur SC4 bearbeitet



SC2 Überblick / Abbildung 3: SC2 Antriebsstrang im Auto

- SCD2.1 = EV5.0 Fahrzeuge mit AI-basierter Fehlererkennung / Koordination MBAG
- IFAG Beitrag zu SC2 & SC4: Hardwareplattform => PPU für den AURIX™ Mikrokontroller

3.2.3 SC3 Demonstratoren mit IFAG Beitrag

- SC3: Integration von Funktionen zum Einsatz von SAE-Level 3 Fahrzeugen (Ergebnis Enabler)
- Zur dritten Lieferkette hatte IFAG, wie geplant, nur beratend beigetragen
- Fokus lag im Einsatz der KI-Funktionalitäten der neuen AURIX™ Controller mit PPU
- Die SC3 hatte ihren Schwerpunkt im Interface zwischen dem Menschen und der Maschine (dem Fahrzeug): HMI / IFAG Beitrag μ C und Radar zur Erkennung der Fahrermüdigkeit

Überblick SC3

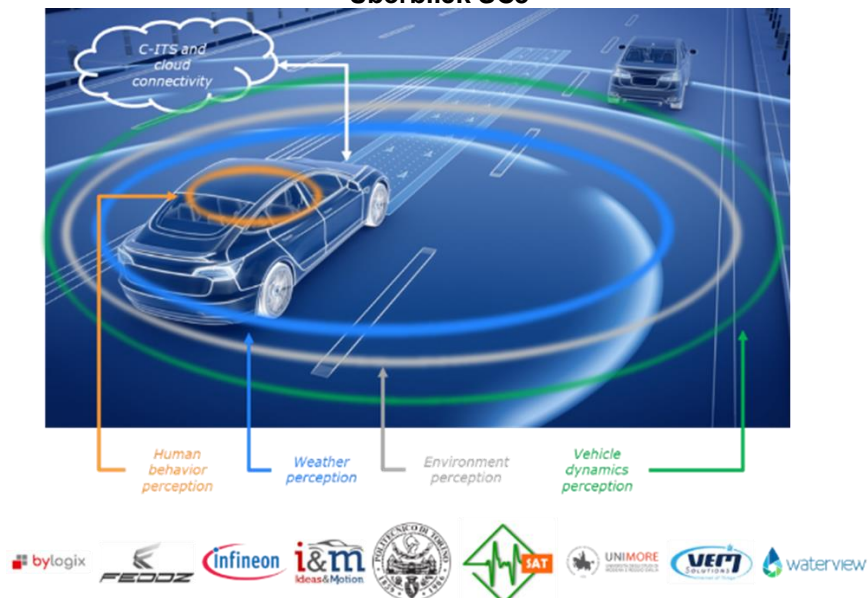


Abbildung 3: SC3 Partner und Konzeptbild

3.2.4 SC4 Demonstratoren mit IFAG Beitrag

- SC4: Robuste und sichere Antriebssysteme und Batteriekonzepte für gemeinsam genutzte, vernetzte Mobilität

- In der SC4 hatte IFAG den KI-orientierten Schwerpunkt mit der Bereitstellung der neuesten AURIX™ Generation, welche die neue PPU enthält

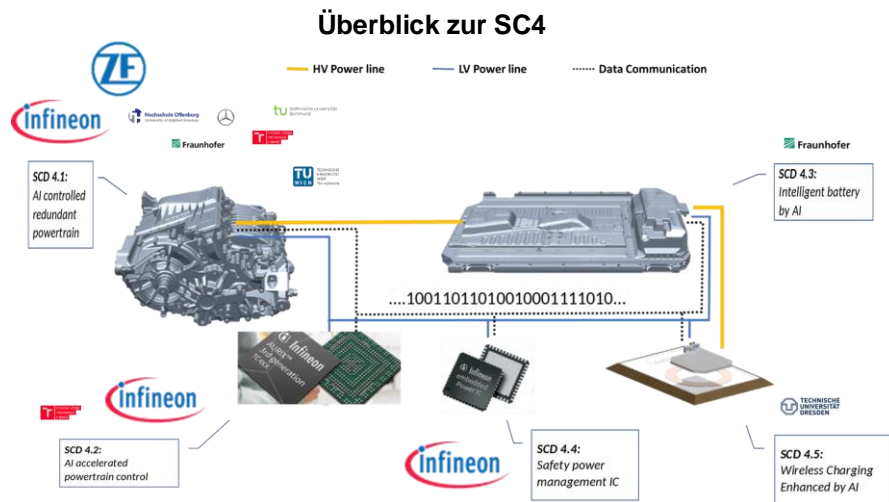


Abbildung 4: Überblick über die SC4 Demonstratoren

- Wie im obigen Bild zu sehen ist, hatte IFAG Beiträge zu 3 Demonstratoren entwickelt
 - SCD 4.1: Gatedriver / Totzeit-Steuerung
KI gesteuerte, redundanter Antriebsstrang
 - SCD 4.2 Motor Steuerung und Diagnose-Algorithmen
 - SCD 4.4 Sicheres Power Management für den AURIX™

Für den Einsatz der 800V GaN-Inverter hat IFAG die neue AURIX™ Controller Plattform bereitgestellt.

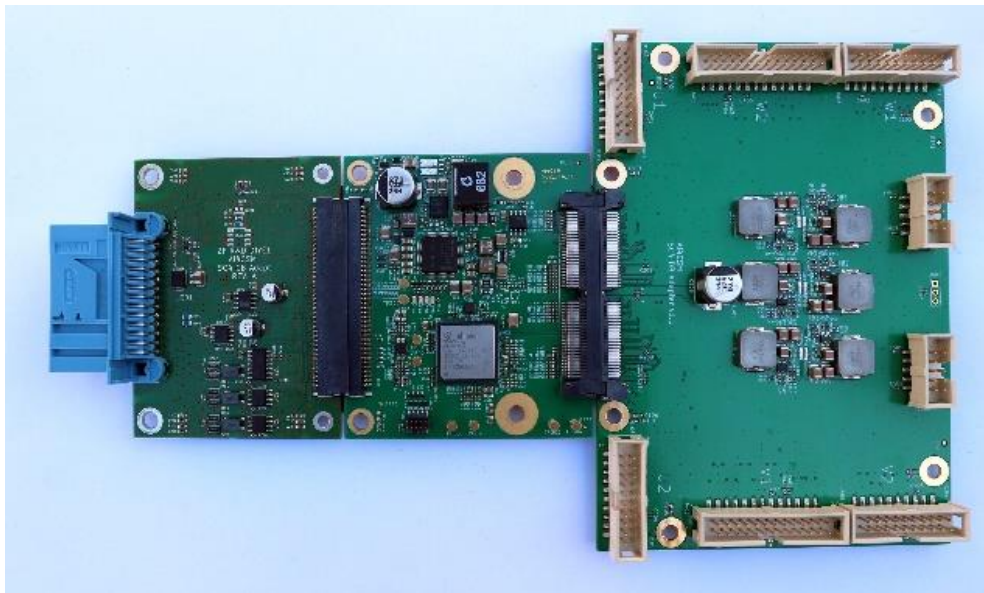


Abbildung 5: IFAG Controller Plattform

3.2.5 SC5 Demonstratoren mit IFAG Beitrag

- SC5: Kognitive Netzwerkverbindung und Datenaustausch / Konnektivität und kognitive Kommunikation / Überblick zur SC5

- Vor der Integration der TOS Anwendung auf die neue AURIX™-PPU Plattform hat IFAG auch eine konventionelle (Infineon) Controller-Plattform eingesetzt: PSOC6
- Das neue SC5/SCD6.5 Schwerpunktthema ist das TOS – Trunk Opener System:

Basic
Radar System

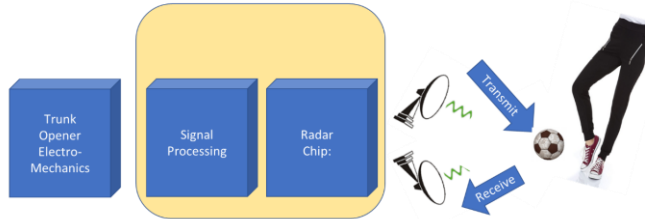


Abbildung 9: Konzept für das Radar basiertes KI-TOS



Abbildung 10: SC6 Laboraufbau für den KI- und Radar-basierten Kofferraum-Öffner

- Neben der Entwicklung der Radar Chips und der System-Baugruppen wurde bei IFAG auch ein Fahrzeug-bezogener Laboraufbau realisiert. Das ist üblicherweise die Aufgabe der Tier1 und der OEM Partner. Auf Basis dieses Versuchsaufbaus konnte aber IFAG wesentliche Schritt zum Trainieren der KI Applikation selbst durchführen und damit die neue Infineon AURIX™ Entwicklungslandschaft selbst einsetzen.

3.2.7 SC7 / IFAG Beitrag

- SC7: KI-basierte Methoden, Simulation und Virtualisierung (Technologie Enabler)

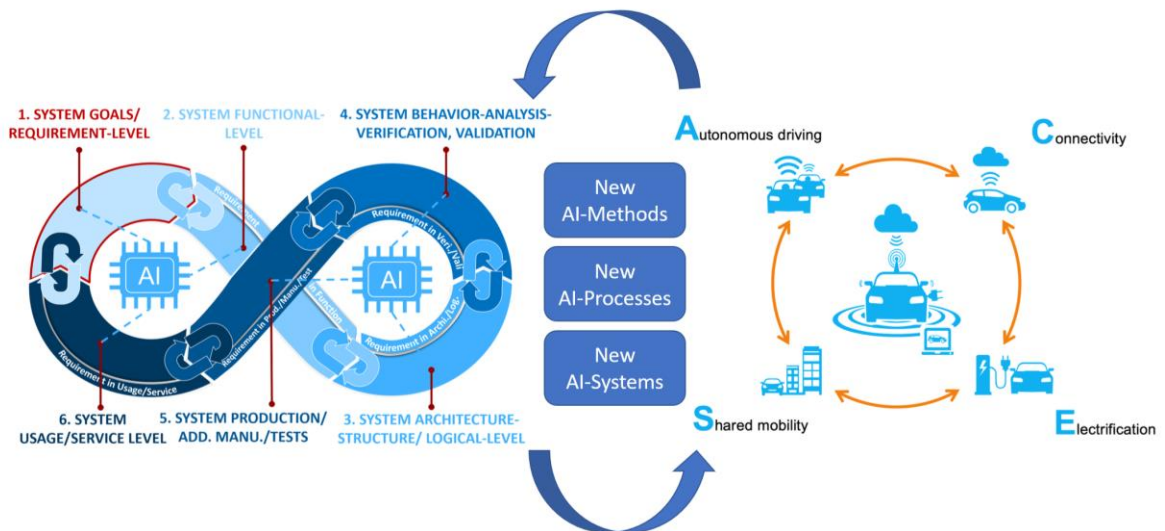


Abbildung 11: AI4CSM System Modell

- SC7 Aktivitäten verbanden die Gruppe der Fahrzeughersteller (SC1,2,3) mit den Technologiefeldern (SC4,5,6)

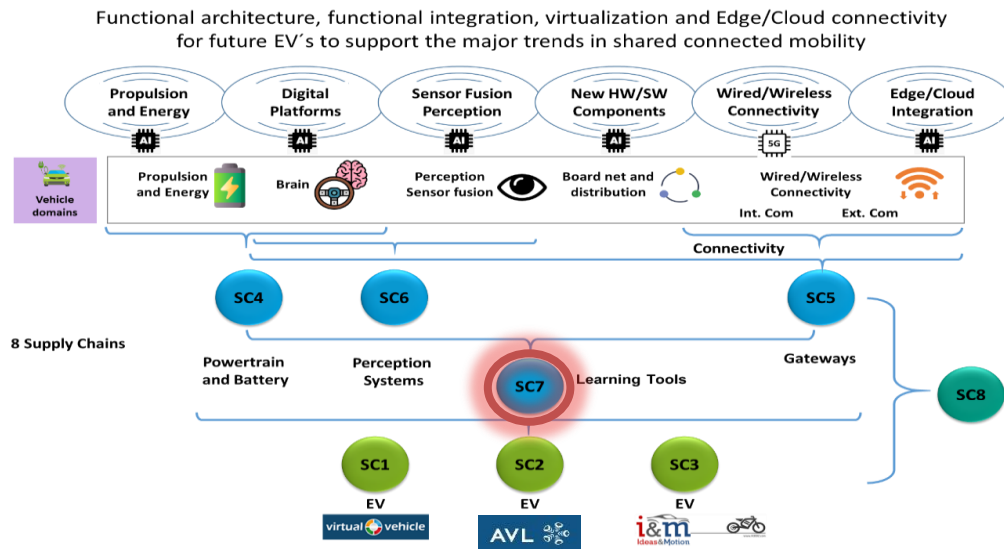


Abbildung 12: SC7 Methoden verbinden Innovationen

- IFAG hatte keinen Produkt-Entwicklungsauftrag für die SC7
- IFAG unterstützte aber die Interaktionen zwischen den gezeigten Lieferketten

3.2.8 SC8 / IFAG Beiträge

- SC8; Auswirkungen des Green Deal, Standardisierung, Zertifizierung, ethische Aspekte
Diese SC wirkte als „Werter Enabler“
- SCD 8.1 „Green Deal“ koordiniert von AIT & TUD – alle Partner waren beteiligt
- SCD 8.2 „Standards“ koordiniert von AIT – alle Partner beteiligt

3.3 IFAG Innovationsschwerpunkte

Wie in den vorherigen Kapiteln aus mehreren Blickwinkeln (Matrix APx / SCx) beschrieben, hatte IFAG zur Erreichung der Projektziele (AI4CSM Objectives) den Fokus auf die Weiterentwicklung in 3 Produkt-Gruppen gelegt. Um zu vermeiden, dass dieselben technischen Innovationen mehrfach genannt werden, wurde für diesen Report ein viertes Beitrags-Kapitel nach der Gesamtprojekt-, der AP- und der SC-Sicht, eingefügt.

Die Beschreibung der IFAG-Produktinnovationen erfolgte, wie in der Einleitung und im Kapitel 3.1 dargestellt wurde, im Rahmen der Abarbeitungsprozesse nach dem V-Modell.

Die Zusammenarbeit mit den Partnern aus den Lieferketten-Teams erfolgte, wie im Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben mit dem Ziel, gemeinsam die Demonstratoren zu entwickeln und damit die geplanten Innovationen nachweisbar zu belegen.

3.3.1 AURIX™-Prozessor für HW-beschleunigte KI

Im Rahmen der IFAG AI4CSM Arbeiten wurde die AURIX™ TC4xx Chip Varianten (Redesigns) erprobt und weiterentwickelt: Anwendung in Automobil-Antrieben und zur Automatisierung (ADAS)

Die wesentlichen Aspekte der Motorleistung, der Sicherheit wie auch der Leistungseffizienz konnten durch den Einsatz der neuen Mikrocontroller Generation optimiert werden. Dabei spielte der Einsatz von KI-Ansätzen eine wesentliche Rolle zur Erreichung neuer Performance-Bereiche.

Ein dominantes Beispiel war die Unterstützung zur Entwicklung des neuen 6-Phasen GaN Inverters. Damit konnten sehr kostengünstige Systemlösungen erarbeitet werden.

Im Berichtszeitraum wurden weiter entwickelte Baugruppen mit den neuesten Designvarianten des AURIX™ Controller Entwicklungsmuster mit der neuen PPU zur Entwicklung der SC4 Sub-Systeme bereitgestellt.

Ein weiterer IFAG Beitrag war die Entwicklung neuer Funktionen für die Tool-Plattform. Damit wurden die Projektpartner signifikant dabei unterstützt, die neuen KI-Lösungen auf der AURIX™ Plattform zu integrieren

Wesentliche Funktionalitäten der neuen AURIX™ Generation, welche nicht nur den Hardware-Ansatz sondern auch besonders die Software-Lösungen der Motorsteuerung verbessern:

- DSP kann skalare wie auch Vektor-Daten (Datentyp 8-Bit, 16-Bit oder 32-Bit) effizient verarbeiten
- Neue Sicherheits- und Debug-Funktionen
- Verbesserte Interfaces zu den Peripherie Funktionen: durch die Unterstützung von Hochgeschwindigkeits-Kommunikationsschnittstellen wie 5Gbit-Ethernet und PCIe zusammen mit neuen Schnittstellen wie CAN-XL und 10BASE T1S-Ethernet
- DSP hat 256 Bit Architektur
- Z.B. 16 mal 16-bit Multiplikationen können parallel ausgeführt werden
- Ein-Schritt (single instruction) Befehle können effizient ausgeführt werden
- Damit signifikante Beschleunigung der Rechenoperationen im Vergleich zur klassischen CPU
- Die neue MCU verfügt über ein TriCore Cluster
- Die Leistung der neuen MCU wird durch eine skalierbare Beschleuniger-Suite gesteigert, zu der eine Parallel Processing Unit (PPU) und mehrere „intelligente“ Beschleuniger gehören

Für die SC4 und die SC4 wurden mit dem neuen AURIX™ Konzept KI-basierte Diagnose Systeme entwickelt

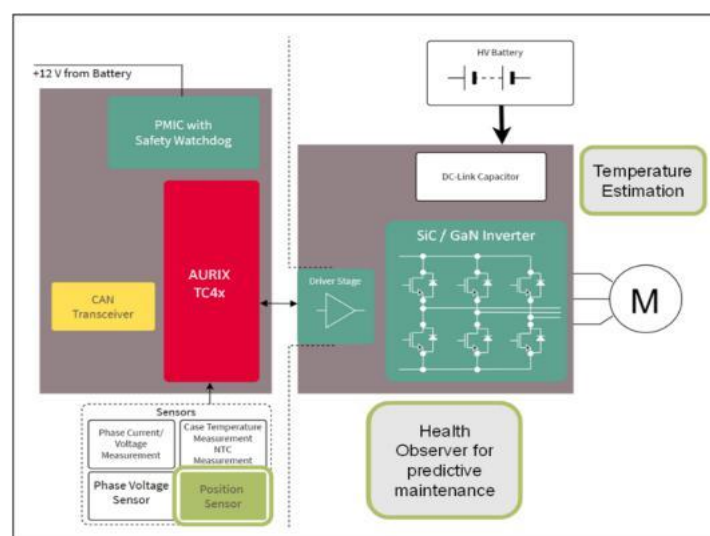
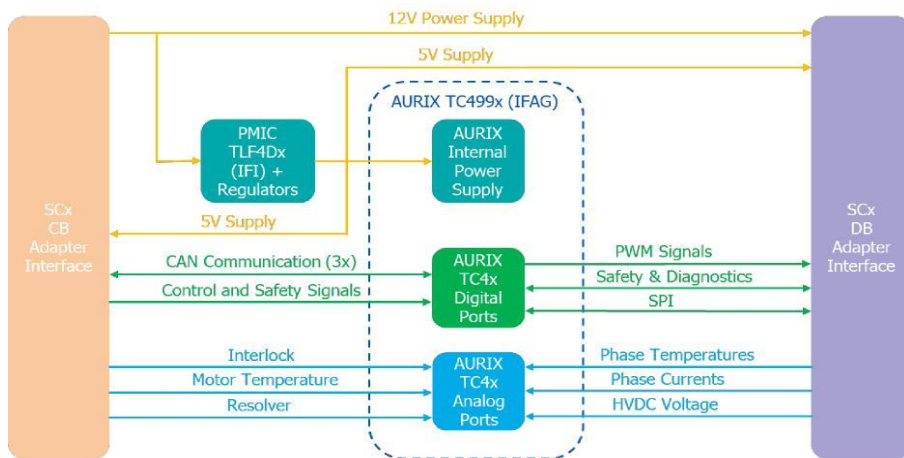


Abbildung 13: AURIX™ Anwendungsbeispiel / AI-gestützter SiC/GaN Inverter



Abbildung 14: SC2 Hardware / Kontrollboard mit PPU im AURIX™



Oben Abbildung 15: Blockschaltbild der Steuerungsbaugruppe

In der oben gezeigten Anwendung ist der AURIX™ TC499x das Hauptelement. Die Spannungsversorgung erfolgt über den Infineon Baustein PMIC TLF4Dx.

Unten Abbildung 16: Evaluierungs-Baugruppe AURIX™ und PMIC



Am Projektende wurde sowohl Chips wie auch Baugruppen systematisch getestet und im Vergleich zu den, im AP1 gesammelten Anforderungen, bewertet. Dazu wurden mehrere, SC orientierte spezifisches Testsystem entwickelt:

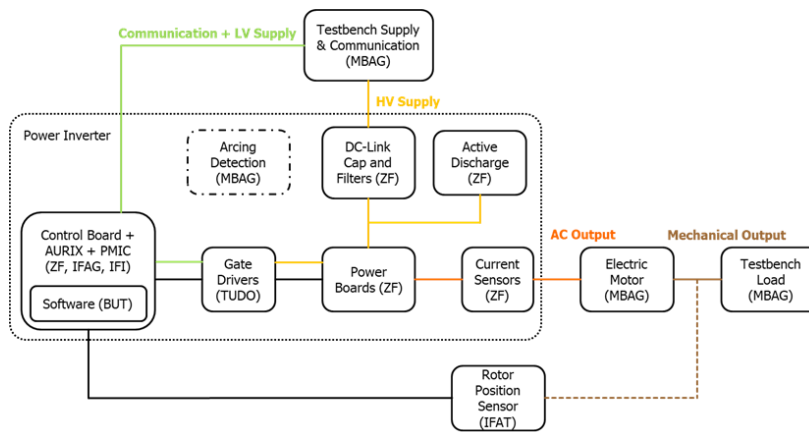


Abbildung 17: Blockschaubild für ein Test-System Beispiel

Im Rahmen der AP1 Arbeiten wurden nur wenige Anforderungen bezüglich der IFAG Bausteine dediziert benannt.

Wie im Dokument D1.4 beschrieben:

Allgemein zur Beschreibung der Objective2 Ziele:

Nicht genauer spezifizierte Verbesserung: „improved latency and pattern recognition speed“

Nicht genauer spezifizierte Verbesserung der Verlustleitungen

Verfügbarkeit von schnellen Interfaces zu den Sensoren

Alle diese Parameter sind generell Design-Ziele zur Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit und entsprechen dem aktuellen Prüfpaket für die AURIX™ Messtechnik.

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.1_6: MPU soll ein AURIX 3G sein

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_1: MCU muss Automotive Traction Inverter unterstützen

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_2: MCU muss Automotive Batterie Management unterstützen

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_3: MCU muss KI Aufgaben/Algorithmen mit PPU unterstützen

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_4: Diese PPU muss NN (MLP, RNN, CNN) unterstützen

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_5: Eco System zur Entwicklung von ML (machine learning) SW

ID: AI4CSM_WP1_SCD4.2_6: Eco System muss MATLAB/Simulink Modelle verarbeiten

Alle diese Anforderungen wurden mit der aktuellen AURIX™ Plattform erfüllt

3.3.2 28 GHz Kommunikations-ECS (Kognitive Netzwerkverbindung und Datenaustausch)

IFAG innoviert die Systeme die Millimeterwellen Funkverbindungen durch die Bereitstellung von 28 GHz Frontend Chips zur Optimierung der Antenneneigenschaften durch optimierte Steuerung der Strahlungsausrichtung (beam steering)

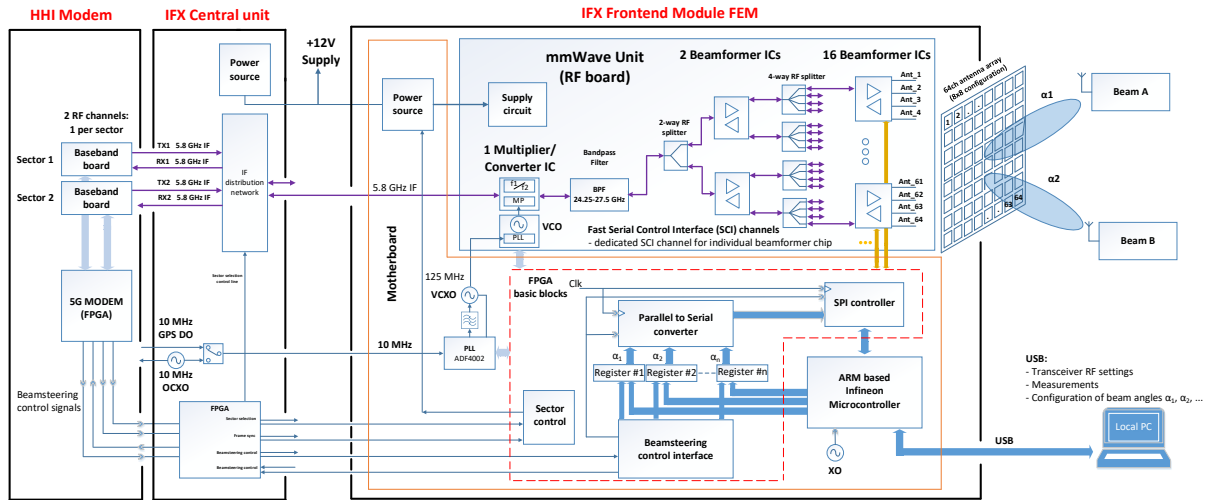


Abbildung 18: Blockschaltbild 28 GHz Kommunikation

IFAG hat folgende Millimeterwellen-ECS Komponenten im Rahmen der SC5 Innovationen den Partnern zur Verfügung gestellt:

- 28GHz FEM / Front End Module
- 28GHz CU / Central Unit
- 28GHz / Modem (Partner HHI) / Sub System

Das IFAG mmW FEM besteht aus folgenden Sub-Systemen:

- Aktives Antennen Array (8 mal 8 Elemente, einfache Polarisation) Patch-Antennen
- mmW Einheit mit IFAG Strahlen-Steuerung (beamformer) IC's
- Referenz Zeitgeber (clock) und Frequenzstabilisator (PLL))
- FPGA und μ Controller Einheit mit Software

Zur Entwicklung der SC5 Komponenten wurden, gemeinsam mit den Systeme-Projektpartnern, umfangreiche Systemsimulationen ausgeführt

Freq	24.25 GHz	26 GHz	27.5 GHz
E-Plane (Blue)	-18.96 dB	-18.69 dB	-21.5 dB
H-Plane (Red)	-18.82 dB	-20.23 dB	-21.4 dB

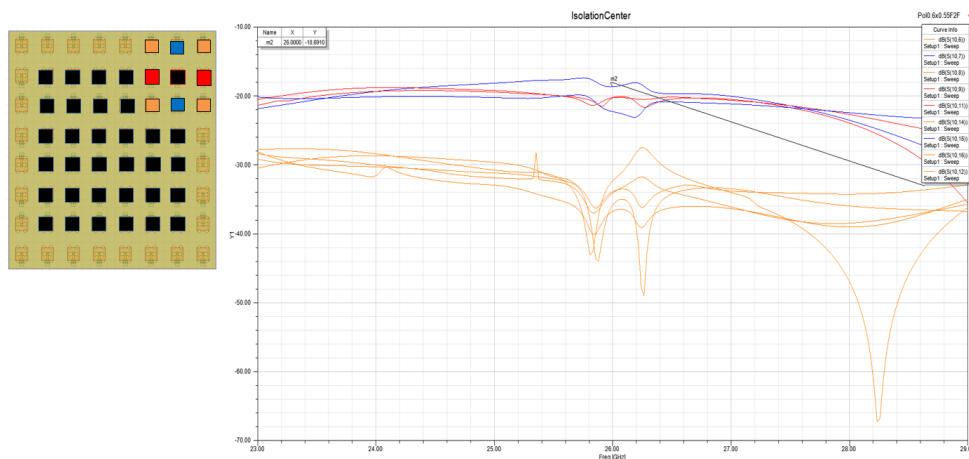


Abbildung 19: ANSYS HFSS / Ergebnis Beispiel aus Simulation

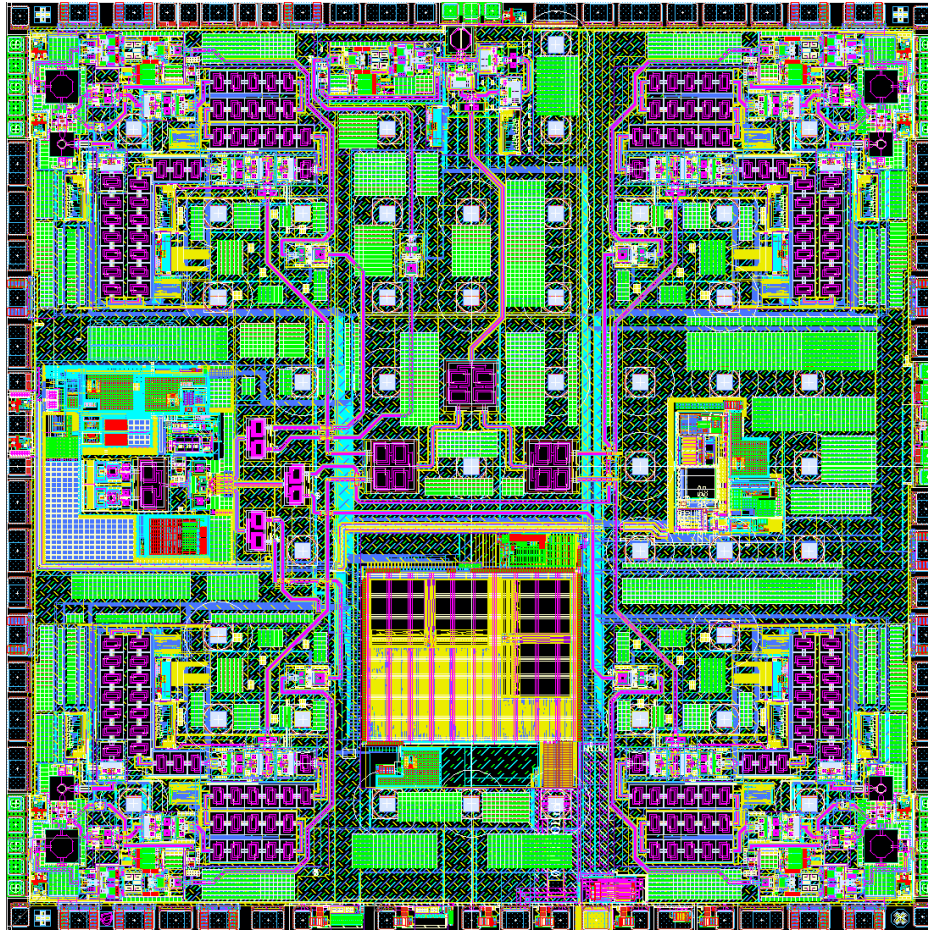


Abbildung 20: Chip Layout BEAM28PA

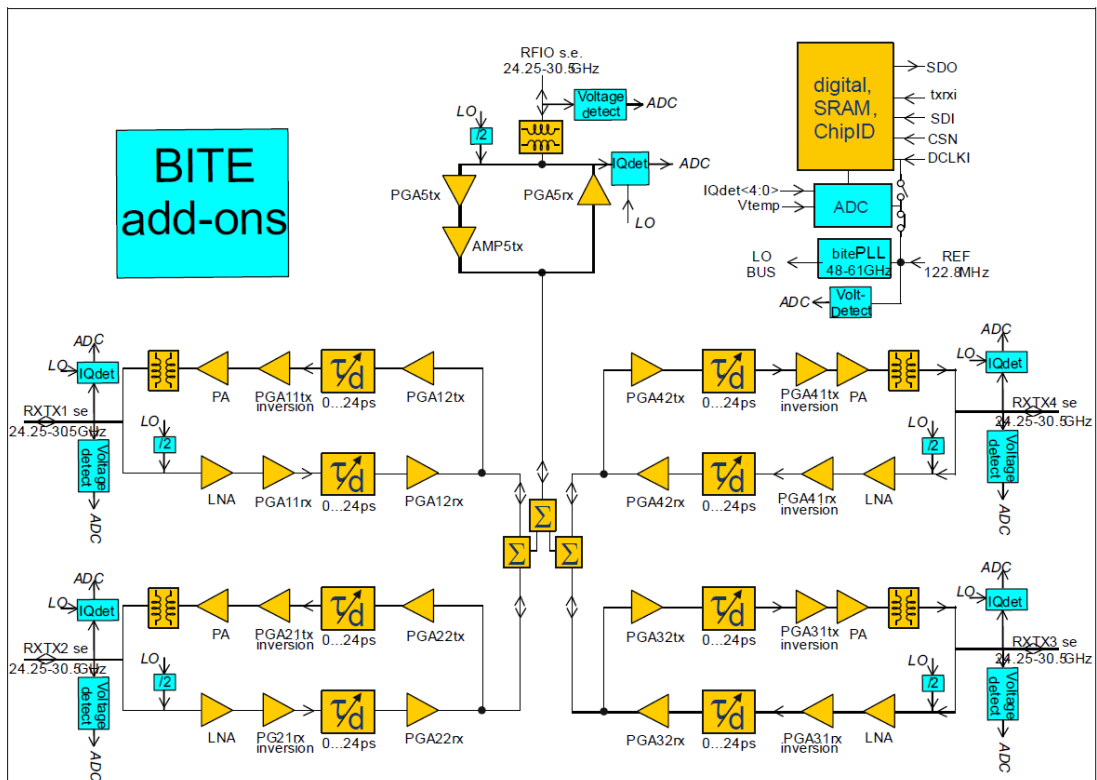


Abbildung 21: Blockschaltbild des Beam-Former-ICs

Überblick zu den erreichten Eigenschaften des IFAG Up/Down Converters BGT28MP:

- Integrierter Up/Down Converter / Mischer
- Erzeugung des lokalen Signals durch Multiplikation mit 2 oder 4
- RF Frequenz: 24.25 bis 30.5GHz
- IF Frequenz: 3 bis 7.5GHz / 14 GHz frequency multiplier Eingang
- Verstärkung mit mehr als 30 dB Programmierbereich für jeden Kanal
- Digitale Steuerung über seriellen SCI Bus
- "Fused 48 bit chip identifier" zur Kalibrierung und zur Charakterisierung
- Integrierter Selbsttest (BIST)
- Verlustleistung 0.9W typisch im 1dB CW Betriebszustand
- INFINEON SiGe BiCMOS Technologie B11HFC (380GHz fmax)
- Gehäuse: eWLB 3.7mm x 2.9mm Flip Chip / teilweise belegt sind die 9x7 Bumps / Ball pitch: 400µm

3.3.3 Nahfeld Radar für gesten-gesteuerte TOS (Trunk Opener System)

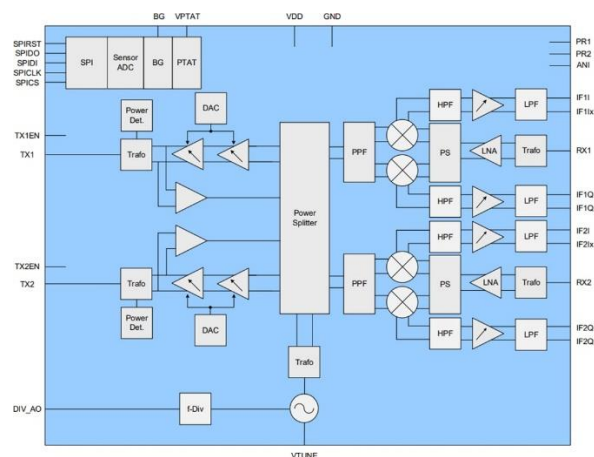


Abbildung 22: Blockschaltbild zum BGT24LTR22 XENSIV™ 24-GHz-Radarsensor



Abbildung 23: 24 GHz Transceiver MMIC (2x TX & 2x RX)

Wesentliche Eigenschaften der IFAG Radar Bausteine

- 24-GHz-Transceiver-MMIC (2 Tx, 2 Rx)
- Vollständig integrierter VCO mit niedrigem Phasenrauschen
- Mittlere Leistungsverstärker mit variabler Ausgangsleistung

- Integrierte Leistungsdetektoren
- Rauscharme Homodyne-Quadraturempfänger
- Konfigurierbare analoge Basisband-Verstärkungsstufen
- Frequenzteiler
- Geringer Stromverbrauch



Abbildung 24: Infineon Radar Evaluierungskit

- Fokus auf den Einsatz der neuen Radar-ECS - Vorbereitung von KI Lösungen für TOS

Im Rahmen der Arbeiten zur Lieferkette SC6 lag der Fokus der IFAG Beiträge in der Koordination und der IFAG-Finalisierung der Demonstratoren SCD6.5. Wie oben mehrfach erwähnt, hat sich die IFAG Fokussierung vom Thema ToF (welches jetzt hauptsächlich von IFAT mit EDI unterstützt wird) zur Innovation eines hochsicheren, KI unterstützten Systems zur Öffnung von Kraftfahrzeug Kofferräumen (TOS) verlagert.

Die Software Lösungen wurden im ersten Schritt in Verbindung der Radar Elektronik mit dem Infineon 32-bit PSoC™ Arm® Cortex® Microcontrollers entwickelt – dazu wurde die leistungsfähige PSoC Entwicklungsumgebung eingesetzt.

Im Berichtszeitraum wurde mit dem Einsatz der AURIX TC4xx Plattform ein zweiter wesentlich erweiterter Lösungsansatz erarbeitet:

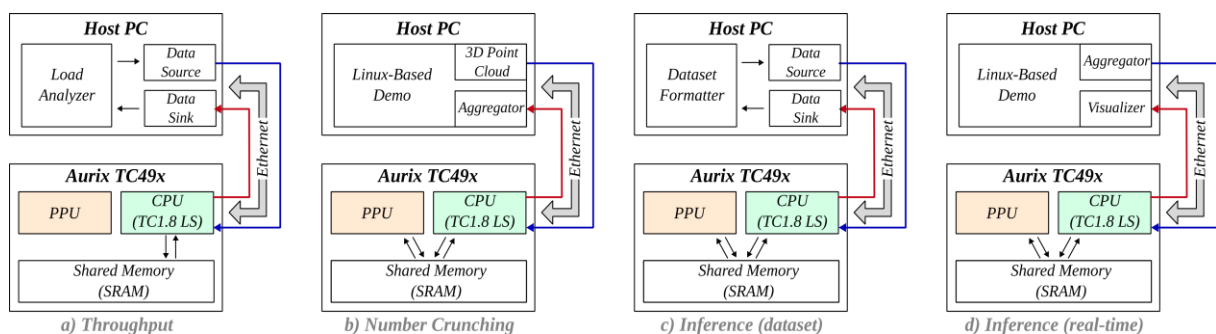


Abbildung 25: AURIX TC4xx Plattform – Setups zur stufenweisen Integration

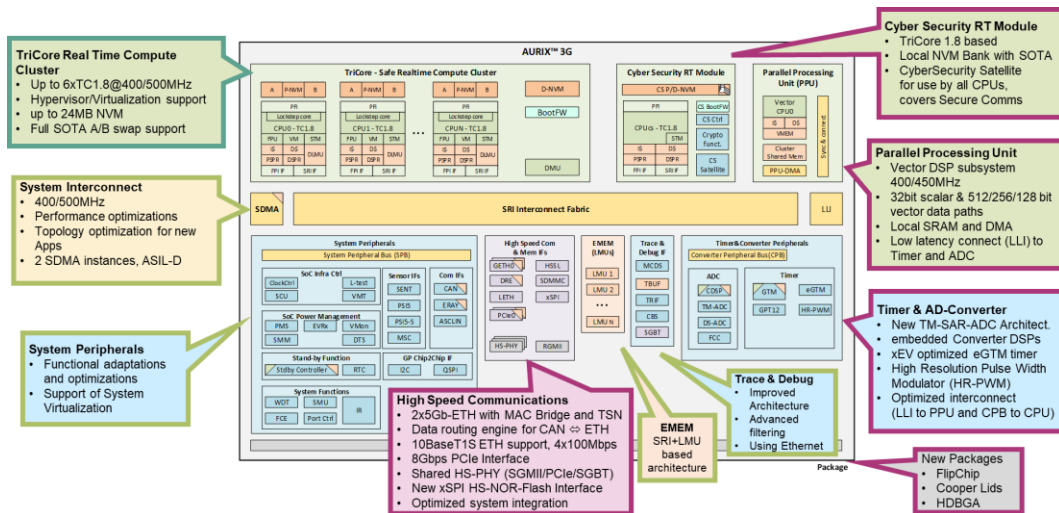


Abbildung 26: Zweiter Lösungsansatz – jetzt mit AURIX™

IFAG hat im AP5 zur SC6 hauptsächlich die Entwicklung eines Radar-basierten, hochsichern Systems zur gestengesteuerten Öffnung von Türen konzipiert und entwickelt und getestet. Dabei wurde im ersten Schritt an die Unterstützung der Öffnung von Fahrzeug-Kofferräumen gedacht. Heute gibt es schon von vielen Autoherstellern Lösungen, die das Schwenken des Fußes unter der Stoßstange des Fahrzeuges als Steuerimpuls einsetzen. Im Normalfall funktioniert das gut. Es besteht aber ein großes Risiko, dass sich z.B. ein rollender Ball oder eine Katze unter das Auto bewegt und damit ungewollt den Kofferraum öffnet. Es besteht dadurch eine nicht sehr geringe Verletzungsgefahr.

Die neue IFAG Lösung bewertet aber das Sensorsignal – in diesem Fall ein Nahfeldradar Signal so "intelligent" dass eine Fehlinterpretation mit guter Sicherheit vermieden werden kann

Im AP5 dazu eine HW/SW Signalverarbeitung entwickelt und implementiert, die diese erwünschte Sicherheit kostengünstig realisieren kann.

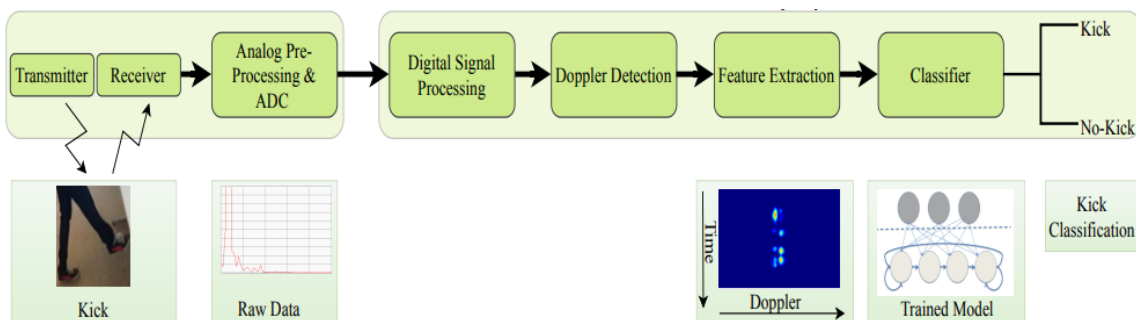


Abbildung 27: IFAG Trunk Opener System (TOS) / Signalprozess Flow

Im Rahmen des AP5 wurden integriert: Infineon 24 GHz Radar Chip BGT24ATR22, Radar Referenz Bau-Gruppe, Im ersten Schritt eine Infineon Rechner-Plattform: PSOC 6, Im zweiten Schritt die KI fähige AURIX™ PPU, Entsprechende KI und Steuerungsalgorithmen

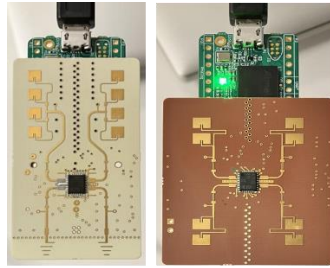


Abbildung 28: Radar Baugruppen Referenzdesign mit Patch-Yagi Antenne

IFAG den zweiten Integrationsschritt, die Erweiterung des Radar-basierten Smart TOS um KI-Funktionalität, nach dem XAI Konzept gestartet (Explainable Artificial Intelligence).

WHY XAI?

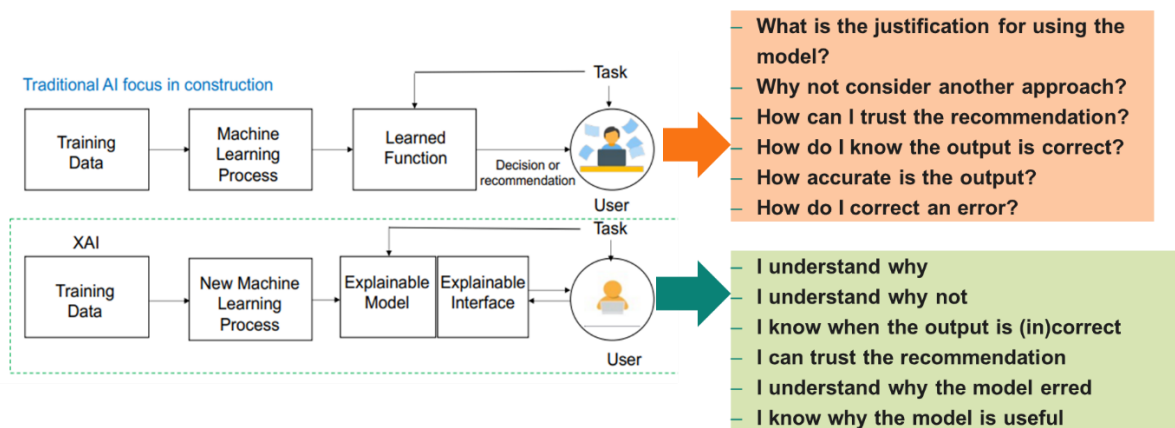


Abbildung 29: XAI versus Standard KI

› **Data(sensor) : (N,2,2,32)**

N represent number of frames,
2 represent IQ signal
2 represent TX-RX pairs
32 represent samples

Configuration name	Value
Number of Tx / Rx antennas	2
Tx power level	63
Lower frequency	24 GHz
Upper frequency	24.25 GHz
Number of samples	32
Frame repetition time	0.04 sec
Pulse Repetition time	0.0005 sec

Table 1: Device Configuration



Fig 3: Device placed at 40cm height

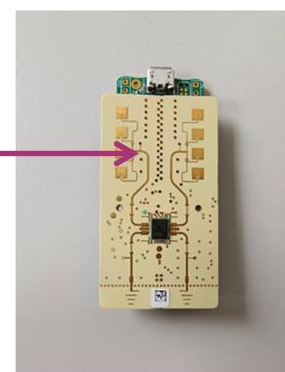


Fig 4: BGT24ATR22 radar sensor

Abbildung 30: Parameter welche mit KI adressiert wurden

Am Ende der Evaluierung wurde noch einmal ein systematischer Benchmark-Funktionstest gefahren:

Folgende Szenarien wurden wiederholt geprüft

40 Versuche, welche das Öffnen auslösen sollen: 244 Versuche mit Abläufen, welche kein Öffnungssignal erzeugen: , 6 mal vorbeigehende Passanten, 60 mal rollende Objekte, 30 mal Passanten vor

dem Fahrzeug, 36 mal kreuzende Passanten, 40 mal gehen vor dem Fahrzeug, 32 mal diverse unterschiedliche rollende Dosen usw..

Die bewertete Genauigkeit lag bei **96%** nachdem mehrere Optimierungsschritten der Modellierung ausgeführt wurden (Start war bei **93%**)

4 Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die bei weitem wichtigste Position im zahlenmäßigen Nachweis stellt die Personalkosten dar, die umfangreichen Arbeiten angefallen sind. Sie sind im Kapitel 3 im Detail beschrieben. Es wurden keine Material- und Unterauftragskosten, sowie Reisekosten in Anrechnung gestellt.

5 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Für die gesamte EU ist die Erreichung/Absicherung von signifikanten (wenigstens) Teil-Position in den 3 Industriebereichen Mobilität – ECS und KI nicht nur wichtig, sondern überlebenswichtig.

6 Der voraussichtliche Nutzen

insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

7 Bekannt gewordenen Fortschritte

der während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt gewordene Fortschritte: Das Thema KI ist aktuell weltweit der dominanteste Innovationstreiber – und das nicht nur aus technischer, sondern besonders auch aus gesellschaftspolitischer Sicht. Auch die Fokusthemen aus AI4CSM werden weltweit mit gigantischem Einsatz bearbeitet – dabei liegt der Schwerpunkt derzeit in der Bereitstellung von effizienten Algorithmen und der erforderlichen Computer-Leistungen. EU muss hier mit allen verfügbaren Mitteln wenigstens am Ball bleiben. Führungspositionen können aktuell nur in eingeschränkten Anwendungsbereichen erreicht oder gehalten werden. AI4CSM strebt solche Positionen an.

8 Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF

Veröffentlichungen die im Rahmen des Projekts stattgefunden haben sind mit dem entsprechenden Downloadlink über die Webpage des Vorhabens online abrufbar.

<https://ai4csm.eu/index.php/project/dissemination/publications>

Im Besonderen verweisen wir hier auf in Zusammenarbeit mit Infineon getätigte Veröffentlichungen:

2025 - A Distributed Time-of-Flight Sensor System for Autonomous Vehicles: Architecture, Sensor Fusion, and Spiking Neural Network Perception

Authors: Edgar Lielamurs, Ibrahim Sayed, Andrejs Cvetkovs, Rihards Novickis, Anatolijs Zencovs, Maksis Celitans, Andis Bizuns, George Dimitrakopoulos, Jochen Koszescha, Kaspars Ozols

Published at: Electronics 2025 DOI: 10.1109 [Download](#)

2023 - Multi-Task Cross-Modality Attention-Fusion for 2D Object Detection

Authors: Huawei Sun; Hao Feng; Georg Stettinger; Lorenzo Servadei; Robert Wille

Published at: Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV); Artificial Intelligence (cs.AI); Multimedia (cs.MM) DOI: arXiv:2307.08339v1 [Download](#)

2023 - Integrated Antenna Module for 5G Applications

Authors: Zunnurain Ahmad, Khai Yuan Chang, Heinrich Heiss, Hans-Dieter Wohlmuth

Published in: 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)
DOI: 10.23919/EuCAP57121.2023.10133659 [Download](#)