Verwendungsnachweis Darstellung

Verwendungsnachweis Darstellung– TRUST-E – BOSCH - 16ME0327

PENTA-Verbundvorhaben TRUST-E

Trustable (sensor-driven) Electronics for Automotive, Alternative Mobility and Industrial Applications

Zuwendungsempfänger	Robert Bosch GmbH
Verbundnummer:	ME1PENC5/06
Förderkennzeichen	16ME0327
Projektlaufzeit	01.03.2021 – 30.06.2024
Beitrag (Teilvorhaben)	Unterstützung der Entwicklung von Zustands-überwachungs-Sensorik und des Konzeptes „Digitalen Zwilling“
Koordinator (Teilvorhaben)	Michael Rölleke
Bearbeiter	Michael Rölleke, Berthold Rogge
Ausführende Stelle	Robert Bosch GmbH Robert-Bosch-Allee 1 74232 Abstatt
Gesamt-Projektleitung	Kai Kriegel Siemens AG Technology Research in Energy and Electronics Electronics and Mechatronics T REE ELM SPT-DE Otto-Hahn-Ring 6 81739 München, Germany

Inhalt

1. Gesamtübersicht Ressourceneinsatz 4

1.1 Gesamtübersicht Ressourceneinsatz 4

1.2 Zeitlicher Ablauf 4

1.3 Meilensteine 5

2. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans 6

2.1 Rolle in der Gesamtstruktur des Projekts 6

2.1.1 Ausführlicher Arbeitsplan auf Teilvorhabensebene 6

2.2 AP2 Spezifikationen und technische Methoden 6

2.2.1 Vorgabe 6

2.2.2 Durchgeführte Arbeiten 6

2.3 AP3 Komponenten-Design, -Herstellung und -Test 7

2.3.1 Vorgabe 7

2.3.2 Durchgeführte Arbeiten 8

2.4 AP4 Module - Design, Herstellung und Test 8

2.4.1 Vorgabe 8

2.4.2 Durchgeführte Arbeiten 8

2.5 AP6 Anwendungsfälle, Demonstratoren & Validierung 9

2.5.1 Vorgabe 9

2.5.2 Durchgeführte Arbeiten 9

2.6 AP7 Gemeinsame Methodik & Geschäftsaspekte 10

2.6.1 Vorgabe 10

2.6.2 Durchgeführte Arbeiten 10

3. Notwendigkeit der geleisteten Projektarbeiten 11

4. Verwertbarkeit des Ergebnisses 11

5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens 11

6. Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF 11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Ressourceneinsatz kumuliert 4

Abbildung 2 GANTT-Chart für das Projekt TRUST-E mit eingetragenen Terminen für die Deliverables und die Meilensteine 5

Abbildung 3 TRUST-E Structural view of sensor and module 7

Abbildung 4 PoFA Bosch ECU 7

Abbildung 5 Struktur der IMU Module Untersuchung 8

Abbildung 6 IMU Use-Case Konzept 9

Abbildung 7 Advanced health data feedback loop (Beispiel D7.2, §6.1 Siemens) 10

Tabellenübersicht

Tabelle 1 1 ROBERT BOSCH GMBH-Ressourceneinsatz – Gesamtübersicht 4

Tabelle 2 TRUST-E Meilensteinplanung 5

Tabelle 3 Arbeitspaketplanung 6

1. Gesamtübersicht Ressourceneinsatz

Die geplanten Aufgabenumfänge konnten, durch die kostenneutrale Verlängerung des Projektes, zu 95% umgesetzt werden. Die meisten Projektziele wurden somit erreicht.

1.1 *Gesamtübersicht Ressourceneinsatz*

Tabelle 1 1 ROBERT BOSCH GMBH-Ressourceneinsatz – Gesamtübersicht

AP#	Arbeitspaket 1 Target analysis	SOLL Gesamt [PM]	IST* [PM]	2021 IST [PM]	2022 IST [PM]	2023 IST [PM]	2024 IST [PM]
1	Project Management	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2	Specification & Engineering Methods	5.2	7.44	2.58	4.32	0.46	0.1
3	Components: Design Methods & manufacturing & Test	3.6	0.82	0.12	0.62	0.09	0.0
4	Modules: Design Methods & manufacturing & Test	4.7	2.05	0.15	1.08	0.81	0.0
5	Systems: Design Methods & manufacturing & Test	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
6	Use cases, demonstrators & Validation	6.8	9.07	0.01	1.82	4.99	2.3
7	Common Methodology & Business aspects	2.3	2.19	0.13	0.89	0.67	0.5
8	Dissemination & Exploitation	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GESAMT [PM]		**22,60**	**21.58**	**2.99**	**8.73**	**7.03**	**2.83**

IST*: Kumuliert über die gesamte bisherige Projektlaufzeit

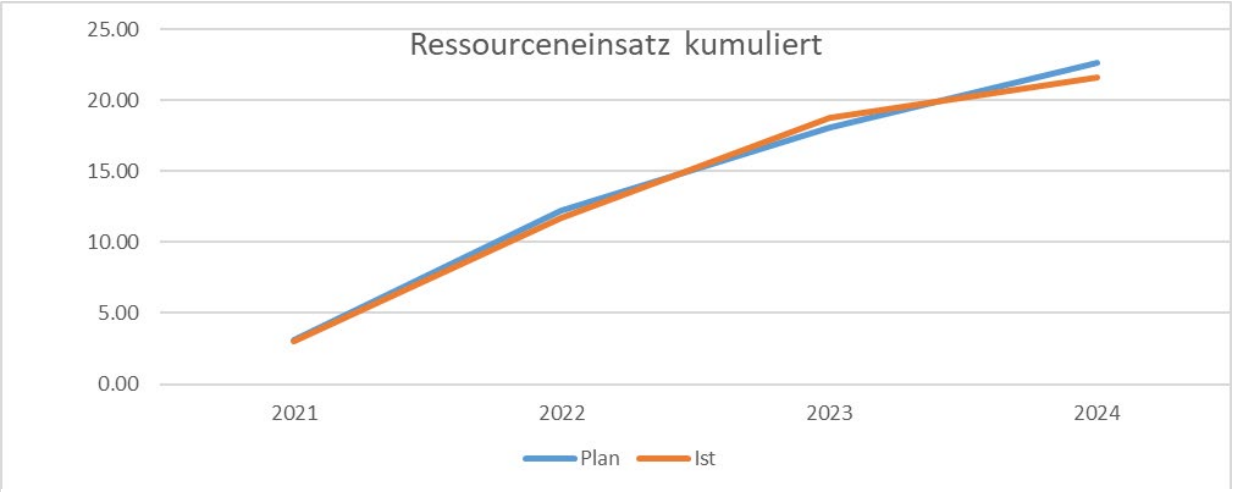

Abbildung 1 Ressourceneinsatz kumuliert

1.2 *Zeitlicher Ablauf*

Das Projekt wurde anhand eines typischen Verlaufs eines Forschungsvorhabens geplant. Das Vorhaben wurde in Komponente, Module und System untergliedert, sie sind die Basiselemente

für eine Systembeschreibung. Nach einer Spezifikationsphase wurde die 3 Strukturpakete gestartet, die am Ende in Demonstratoren zusammengeführt wurden. Parallel wurden noch in AP7 die Gemeinsame Methodik & Geschäftsaspekte und in AP8 die Dissemination & Verwertung bearbeitet.

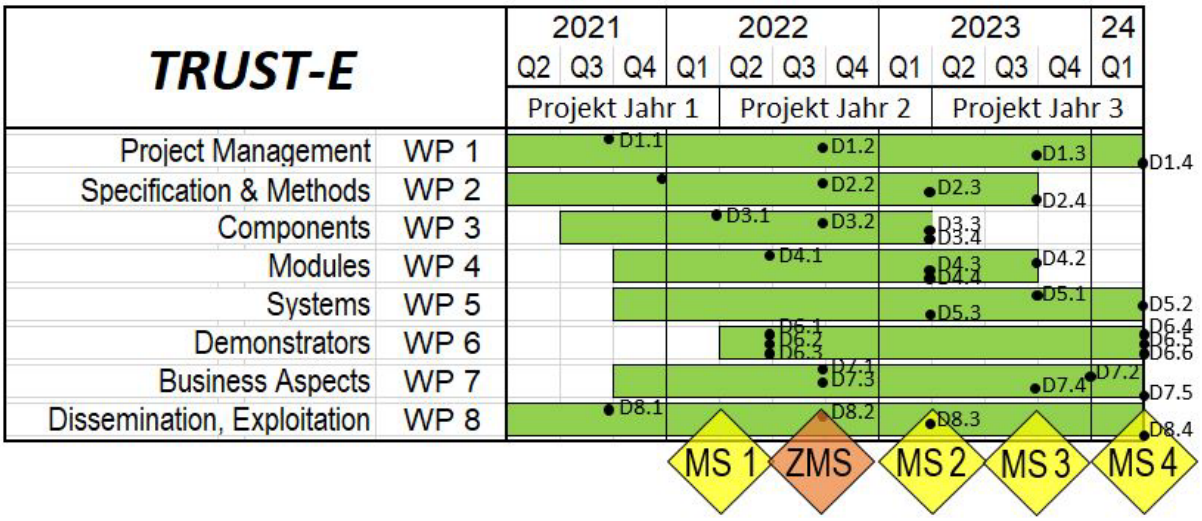

Abbildung 2 GANTT-Chart für das Projekt TRUST-E mit eingetragenen Terminen für die Deliverables und die Meilensteine

Im GANTT Chart sind auch die Meilensteine und deren zeitliche Lage angegeben.

1.3 *Meilensteine*

Die im Projekt angestrebten Meilensteine sind in der Tabelle dargestellt, es werden auch die damit erreichten Zeile / KPIs angegeben.

Tabelle 2 TRUST-E Meilensteinplanung

ID	Beschreibung	KPI	Monat
MS1	Ende Spezifikationsphase	Spezifikationen verfügbar für a) Komponenten b) Software System Level	M12
Zentral-Meilenstein			
ZMS	Prüfung der Weiterführung des Vorhabens in Deutschland	Modul Architektur Design (D4.1) und Demonstrator-Spezifikationen (D6.1-3) liegen vor - Systemmontage und -erprobungen können beginnen	M18
MS2	Demonstrator für ersten Level definiert	Definition Demonstrator für ersten Level verfügbar	M24
MS3	Unterstützungskonzepte verabschiedet. Interaktion von Komponenten, Modulen und System definiert.	a) Unterstützungskonzepte verfügbar (Zuverlässigkeit, Kosten, Veralterung, Wartung) Sensor und Software Interaction definiert und kann angewendet implementiert werden	M30

MS4	Demonstrator verfügbar	Demonstrator für Bewertung der TRUST-E Methoden fertiggestellt und Projektdaten verfügbar	M36

2. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplans

2.1 *Rolle in der Gesamtstruktur des Projekts*

Die Robert Bosch GmbH unterstützt das Projekt durch die Bereitstellung eines Use-Cases; dort werden die Partner vor allem durch die Bereitstellung von Mustern in Form von Steuergeräten und Sensoren unterstützt. Daneben hat die Robert Bosch GmbH das Arbeitspakte AP 4 „Module - Design, Herstellung und Test " und die Tasks T2.1 „Anforderungen und Spezifikationen“ und T7.2 „TRUST-E KI-basierte Feedback-Methodik“ geleitet.

2.1.1 Ausführlicher Arbeitsplan auf Teilvorhabensebene

Tabelle 3 Arbeitspaketplanung

Arbeits-paket	Bezeichnung	Start	Ende
1	Projektmanagement	M01	M36
2	Spezifikationen und technische Methoden	M01	M30
3	Komponenten-Design, -Herstellung und -Test	M04	M24
4	Module - Design, Herstellung und Test	M07	M30
5	Systeme - Design, Herstellung und Test	M07	M36
6	Anwendungsfälle, Demonstratoren & Validierung	M13	M36
7	Gemeinsame Methodik & Geschäftsaspekte	M10	M36
8	Dissemination & Verwertung	M01	M36
	Summe		

2.2 *AP2 Spezifikationen und technische Methoden*

2.2.1 Vorgabe

Leitung der Sub-AP Aktivitäten zur Erstellung einer Anforderungsübersicht. T2.1 ist das erste technische Arbeitspaket, es gilt die Partner zusammenzubringen und ein Teamgefühl aufzubauen. Unterstützung der Partner in der systematischen Analyse der Anforderungen und Diskussion verschiedener Methoden zur Erarbeitung dieser. Unterstützung von TRUST-E bei der Definition von Methoden zur prognostische Zustandsüberwachung und Funktionssicherung (Predictive Health Management, PHM). Analyse des "Physics of Failure"-Ansatz (PoFA) für die Bosch Anwendung und Ableitung von Anforderungen.

2.2.2 Durchgeführte Arbeiten

In der Planung haben wir leider keine Architekturbeschreibungen aufgeführt, dies wurde dann aber in Erarbeitung der Anforderungen notwendig. Hierzu wurde das folgende Bild entwickelt, um den Partner einen leichteren Einstieg zu ermöglichen.

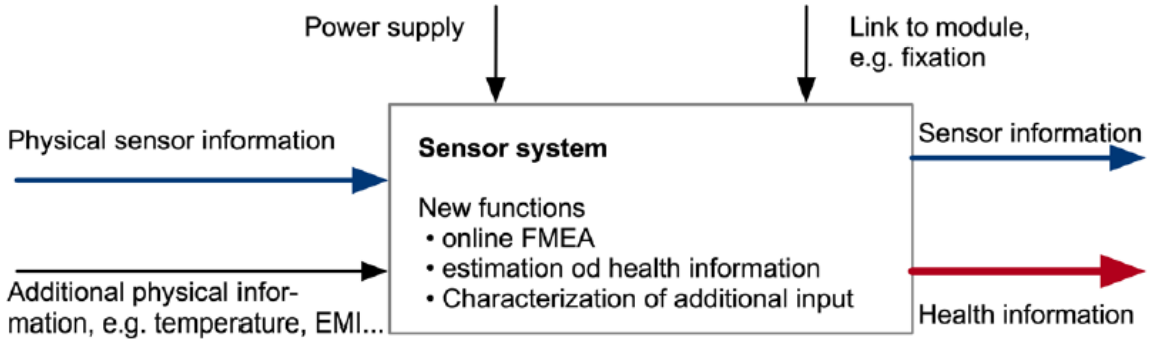

Abbildung 3 TRUST-E Structural view of sensor and module

Basieren darauf wurden für die Demonstratoren (AUTOMOTIVE DIGITAL EYE, INDUSTRIAL DRIVE, WHEEL CHAIR, 3D DEFORMATION TEST) jeweils Beschreibung mit den Überschriften „High-level Block Diagram“ und „Functional Description & Definition of Failures“ erstellt. Diese Darstellung unterstützte dann die Partner bei der Erstellung der Anforderungen.

Des weiteren wurde zusammen mit den Partnern in der Analyse des "Physics of Failure"-Ansatz (PoFA) für den IMU Use-Case gearbeitet. In Abbildung 3 ist eine Übersicht des Ergebnisses zu sehen.

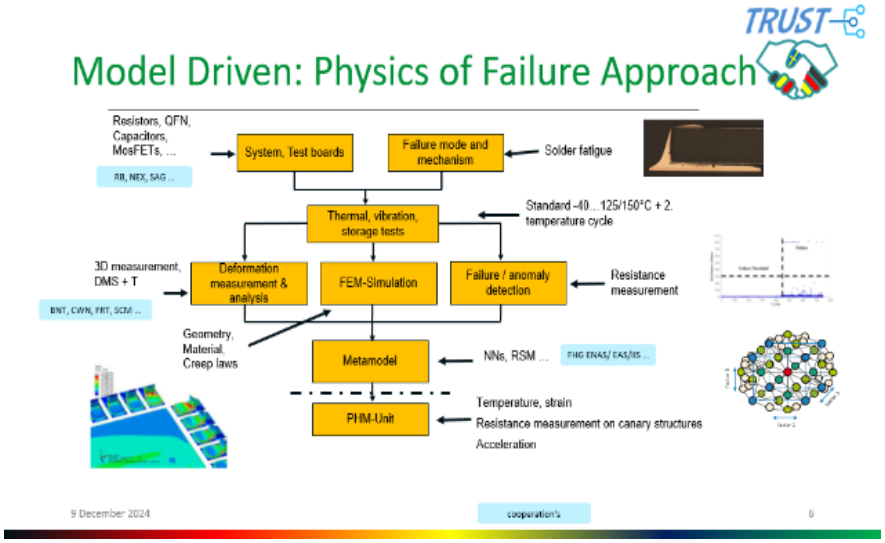

Abbildung 4 PoFA Bosch ECU

2.3 *AP3 Komponenten-Design, -Herstellung und -Test*

2.3.1 Vorgabe

Umsetzung der Anforderungen auf Sensorseite, ohne direkten Eingriff in die Module. Implementierung der notwendigen externen Sensorik zur Zustandsüberwachung des Steuergerätes. Zusammenarbeit mit den Partnern, die das Bosch Modul nutzen werden, um hier jedem Partner-seine optimierte Lösung bereitzustellen. Teilen des Bosch Produkt Know-how mit den Partnern, zur optimalen Implementierung. Unterstützung der Partner bei der Aufnahme von Testdaten für die Echtzeit-Zustandsüberwachung.

2.3.2 Durchgeführte Arbeiten

Beratung des Partner FhG IIS zu möglicher Implementierung von zusätzlichen Sensoren im ASIC. Transfer der Ergebnisse aus dem SIP-Anwendungsfall zur Nutzung in der IMU.

2.4 *AP4 Module - Design, Herstellung und Test*

2.4.1 Vorgabe

Unterstützung der Aktivitäten durch Einbringen von detailliertem System Know-how. Erarbeitung der benötigten Architekturdokumente und Schnittstellenbeschreibungen für das Bosch Modul. Identifizierung der für TRUST-E wichtigen Strukturen und Dokumentation dieser.

Einbringen von Bosch Konzeptideen zur Implementation einer KI-basierten vorausschauenden integrierten Zustandsüberwachung. Unterstützung bei der Implementierung der Zustandsüberwachung in einer Simulationsumgebung (z.B. Python / KERAS) und bei der Optimierung anhand der vorliegenden Daten.

Erweiterung der Ideen zusammen mit Partnern zur Integration einer Selbstdiagnose und Implementierung eines „Gesundheits-Score“.

2.4.2 Durchgeführte Arbeiten

Zur Analyse des Modul-Verhalten werden unterschiedliche Wege eingeschlagen. Im Anwendungsfall IMU Module geht es um die Analyse der gelieferten BOSCH IMU Sensoren, mit Leiterplatte und Gehäuse. Das von FhG neu entwickelte Test-Board erlaubt die Unterbringung von unterschiedlichen Zusatzsensoren, die die Umgebungsbedingungen während der Belastung durch den Test dokumentieren sollen. Die Erfassung der Umgebungsbedingungen wird die Grundlage zur Datenanalyse der durchgeführten Umgebungstests sein. Hier werden dann ei-

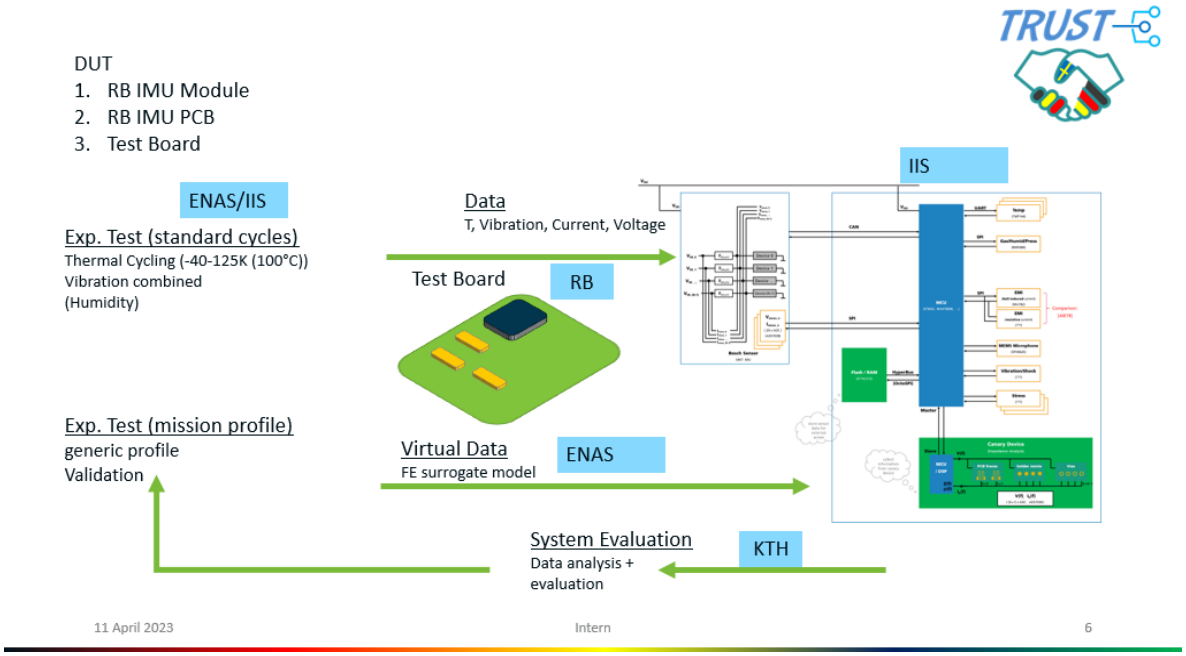

Abbildung 5 Struktur der IMU Module Untersuchung

nige Leiterplatten gleichzeitig mit den Bedingungen beaufschlagt und das Verhalten beobachtet. Bereitstellung von Bosch Know-how zum Auslesen der SMU-Sensoren.

Zusammenarbeit mit FhG ENAS zur Erzeugung eines speziellen MMP2.10 Musters für den Use-Case „3D deformation analysis“. Unterstützung von APTIV zur Integration eines Bosch MMP2.10 Modules in deren TRUST-E Demonstrator.

2.5 *AP6 Anwendungsfälle, Demonstratoren & Validierung*

2.5.1 Vorgabe

Bereitstellung der spezifizierten Sensormodule zur Durchführung der Validierung und Unterstützung der Partner bei der Validierung. Begleitung der Erprobungsdurchläufe und bei Bedarf, Modifikation der Erprobungsträger. Unterstützung bei der Datenaufnahme und der Auswertung ebendieser. Mitwirkung bei der Simulation der Echtzeit-Zustandsüberwachung und Optimierung derselben.

Durchführung von Modifikationen am Versuchsträger zur Implementierung der neuesten Erkenntnis aus der Erprobung.

2.5.2 Durchgeführte Arbeiten

Im Automotive Use-Case wird das Bosch IMU-Sensor-Modul untersucht, d.h. es werden Lebensdauer Belastungstests durchgeführt und die Umgebungsbedingungen werden durch verschiedene Sensoren gemessen. Neben der aufwendigen Versuchsdurchführung ist die Datenaufnahme, - Speicherung und -Auswertung eine weitere Herausforderung. Um hier eine gute statistische Betrachtung zu haben, erlaubt das Konzept gleichzeitig mehrere Module zu belasten und deren Messdaten zu erfassen.

Hier hat Bosch die Partner bei der Erstellung des Demonstrators unterstützt und Bosch Knowhow eingebracht.

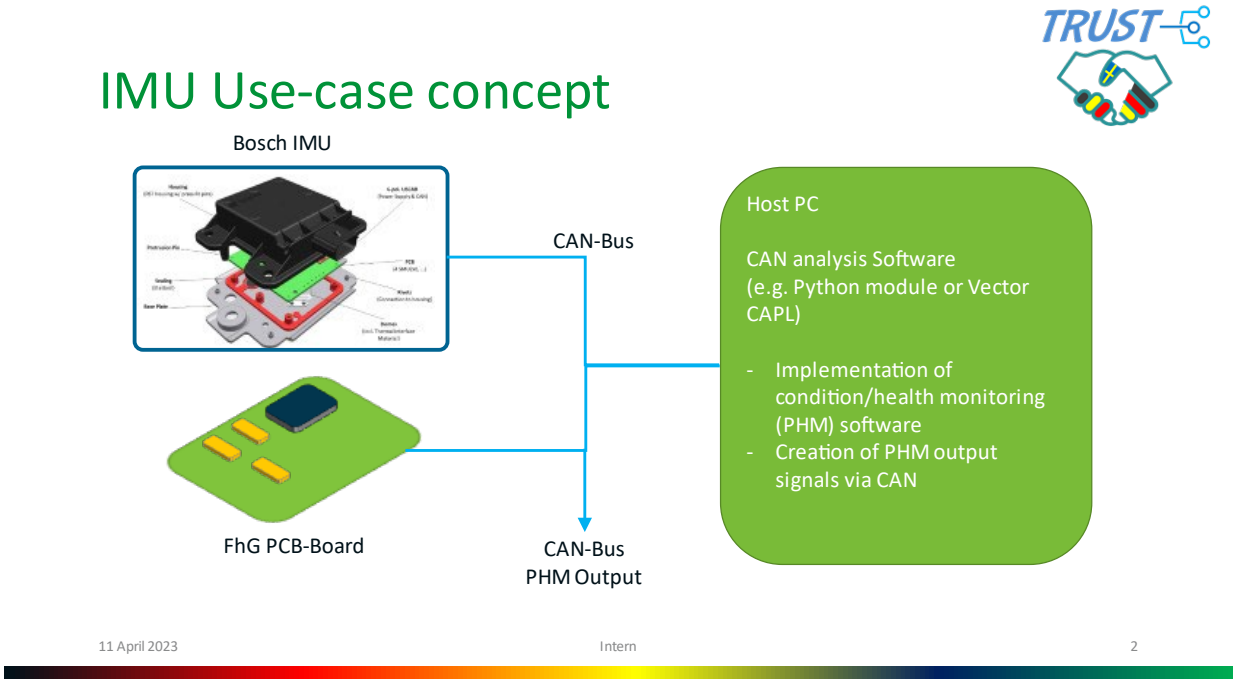

Abbildung 6 IMU Use-Case Konzept

2.6 *AP7 Gemeinsame Methodik & Geschäftsaspekte*

2.6.1 Vorgabe

Unterstützung bei der Prozessentwicklung durch das Einbringen der langjährigen Erfahrung in der Prozessentwicklung von „safety relvanten“ Themen.

Einbringen von Bosch Know-how zur Erarbeitung der Informationsstruktur und des Fernwartungskonzeptes. Übertragung und Verallgemeinerung der Erfahrungen aus dem Erprobungsträger. Unterstützung in der Analyse der AP6 Ergebnisse zur Formulierung einer daraus resultierenden Methodik

2.6.2 Durchgeführte Arbeiten

Mitarbeit bei der Gestaltung eines Entwicklungsprozesses für die TRUST-E Themen

Leitung des Task 7.2 zur Entwicklung einer „Feedback Loop“. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt eine gute Ausarbeitung der Feedback Loop am Beispiel des Industrie-Demonstrators. Hier sind auch die Sensordatenströme mit eingezeichnet, die innerhalb von T4.3 bestimmt wurden.

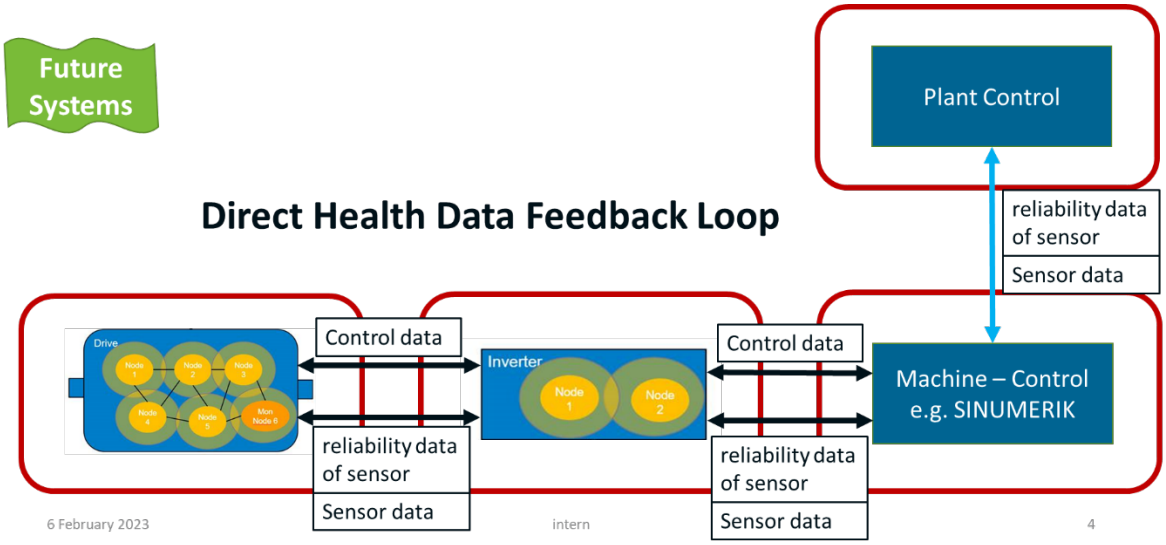

Abbildung 7 Advanced health data feedback loop (Beispiel D7.2, §6.1 Siemens)

3. Notwendigkeit der geleisteten Projektarbeiten

Bosch ist Markführer bei den MEMS Sensoren und verfolgt das strategische Ziel in der Produktentwicklung KI Ansätze zu integrieren.

Hierzu sind langfristige Grundlagenarbeiten, sowie Vor-Untersuchungen und –Entwicklungen nötig.

Aufgrund der hohen Komplexität sucht Bosch Partner für den wissenschaftlichen Austausch, sowie IP- und Entwicklungsarbeit. Auf all diesen Gebieten ergeben sich durch die öffentliche Förderung für Bosch und die Projektpartner Vorteile. Neben der Reduktion des hohen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Risikos wird durch die Zusammenarbeit mit nationalen Industrie- und Forschungspartnern die Grundlage für eine weitere Steigerung der Entwicklungseffizienz und Festigung der Marktposition führender deutscher Unternehmen geschaffen.

4. Verwertbarkeit des Ergebnisses

Der Entwurf des "Digitalen Auges" nach der TRUST-E Definition, erlaubt eine bessere Beobachtung der internen Zustände und trägt zur Lebenszeitbestimmung von elektronischen Baugruppen / Systemen bei. Besonders die Anwendung der TRUST-E Lösung im 3D Deformation Demonstrator konnten hier Verbesserungen gezeigt werden. Hier ist eine schnelle Produkteinführung der Partner zu erwarten.

Für zukünftige Bosch Komponenten stellt die Umsetzung des TRUST-E Ansatzes eine Verbesserung der Performance durch bessere Kenntnis des aktuellen Zustands dar. Die Nutzung der Lebenszeitbestimmung wird für zukünftige Anwendungen bei Fahrzeugen mit sehr langen Nutzungsanforderungen sehr wichtig sein. Konkrete Marktforderungen für solche Produkte sind aktuell nicht sichtbar, werden aber z.B. bei Robot-Taxis erwartet.

5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens

Während der Durchführung des Vorhabens sind uns keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden.

6. Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Es wurden keine Ergebnisse veröffentlicht.

Kurzbericht

Kurzbericht – TRUST-E – BOSCH - 16ME0327

PENTA-Verbundvorhaben TRUST-E

Trustable (sensor-driven) Electronics for Automotive, Alternative Mobility and Industrial Applications

Zuwendungsempfänger	Robert Bosch GmbH
Verbundnummer:	ME1PENC5/06
Förderkennzeichen	16ME0327
Projektlaufzeit	01.03.2021 – 30.06.2024
Beitrag (Teilvorhaben)	Unterstützung der Entwicklung von Zustands-überwachungs-Sensorik und des Konzeptes „Digitalen Zwilling“
Koordinator (Teilvorhaben)	Michael Rölleke
Bearbeiter	Michael Rölleke, Berthold Rogge
Ausführende Stelle	Robert Bosch GmbH Robert-Bosch-Allee 1 74232 Abstatt
Gesamt-Projektleitung	Kai Kriegel Siemens AG Technology Research in Energy and Electronics Electronics and Mechatronics T REE ELM SPT-DE Otto-Hahn-Ring 6 81739 München, Germany

Inhalt

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung 3

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand 3

3. Ablauf des Vorhabens 4

4. Wesentlichen Ergebnisse 4

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Definition of gryoscope application grades 3

Abbildung 2 GANTT für das Projekt TRUST 4

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung

Bosch wollte mit dem Projekt TRUST_E die folgenden technische Ziele erreichen.

1. Unterstützung der Entwicklung von Zustandsüberwachungs-Sensorik

Das Ziel ist ein TRUST-E-Feedback-Systems zu entwickeln, das die Gesundheitsdaten in einem ASIC auswertet und die unteren Ebenen steuert. Hier stellen wir Versuchsträger zur Verfügung und ermöglichen den Partner einen Zugang zu den Detailbeschreibung desselbigen. Zusammen mit den Partnern werden wir die Entwicklung vorantreiben und unser Bosch Sensor Know-how zielgerichtet einsetzen.

2. Unterstützung der Entwicklung des Konzeptes „Digitalen Zwilling“

Das Ziel ist die Erstellung eines Konzeptes für einen Digitalen Zwilling, der ein virtuelles Prototyping im Rahmen von TRUST-E ermöglicht. Bosch bring dort Know-how bzgl. Struktur und Aufbau der Komponenten ein und wird die Partner bei der Entwicklung unterstützen. Des weiteren werden wir TRUST-E bei der Simulation von Belastungen am Digitalen Zwilling und am Produkt unterstützen.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Automatisiertes Fahren und Automatisierte Fahrzeuge benötigen eine hoch präzise Lokalisierung ihrer eigenen Position, der so genannten „ego Position“. Die Bestimmung der eigenen Fahrzeug Trajektorie basiert auf der Fusion von verschiedenen Informationsquellen. Hierzu werden alle 6 Bewegungsrichtungen des Fahrzeugs benötigt; 6D Sensoren umfassen 3 Achsen Beschleunigungssensoren und 3 Achsen Rotationssensoren. Für die Positionsbestimmung, sie hat höhere Genauigkeitsanforderungen als bei Fahrdynamikanwendungen, da längere Fahrsituationen betrachtet werden, gibt es somit erweiterte Genauigkeitsanforderungen. Manche Sensoreigenschaften müssen Verbesserungen bis zur 2ten Ordnung der Amplitude erfahren. Die Genauigkeit von inertialen Sensoren wird typisch über die Langzeitstabilität bestimmt (Tabelle aus Yole Développement[1]), hier ist eine Verbesserung vom Industrie- zum Tactical-Grade notwendig (s. Abbildung 1)

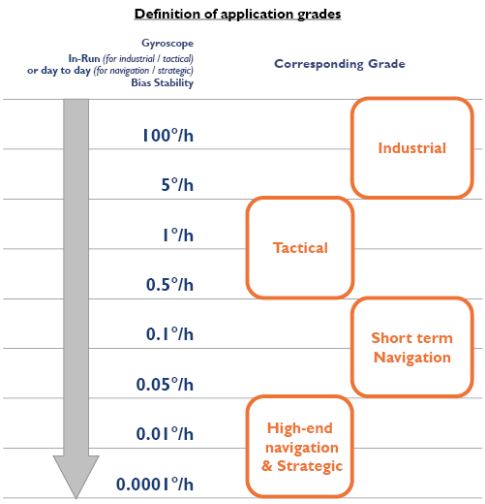

Abbildung 1 Definition of gryoscope application grades

Die derzeitigen Technologien aus den Anwendungen in der Luftfahrt und Verteidigungsanwendungen sind derzeit zu teuer, als dass sie im Automobilbereich eingesetzt werden können. Hier sind Innovationen notwendig zur Verbesserung der low-cost MEMS-Technologie und zusätzlich in der Signalverarbeitung im Einsatz von neuen Algorithmen basierend auf Maschinen-Learning und Signalfusion.

Heute in Serie verfügbare oder kurz vor der Serieneinführung stehende Assistenzsysteme mit Automatisierungsfunktionen sind für Autobahn-, Schnell- und Landstraßen, nicht jedoch für den Einsatz im urbanen Umfeld geeignet. Beispiele hierfür sind folgende:

- der Autopilot von Tesla für das Modell[2], welcher das Adaptive-Cruise-System (ACC) um die Möglichkeit zum Spurwechsel erweitert,

[1] Yole Report, High-end Inertial Sensors for Defense, Aerospace, and Industrial Applications, Nov.2017; Sample, Author Dr. Guillaume Girardin https://www.i-micronews.com/images/SAMPLES/MEMS/Yole_YDMS17047_High-end_Inertial_Sensors_2017_Sample.pdf

[2] https://www.teslamotors.com/presskit/autopilot

- der Autobahn-Pilot der Robert Bosch GmbH[3], der dem Fahrer das automatisierte Fahren zwischen Autobahnauffahrt und Autobahnausfahrt (Exit-to-Exit) ermöglicht,

3. Ablauf des Vorhabens

Der Projektablauf ist in Abbildung 2 als Gantt Chart dargestellt. Die unterschiedlichen Demonstratoren werden über Komponenten, Module und System aufgebaut und dann getestet.

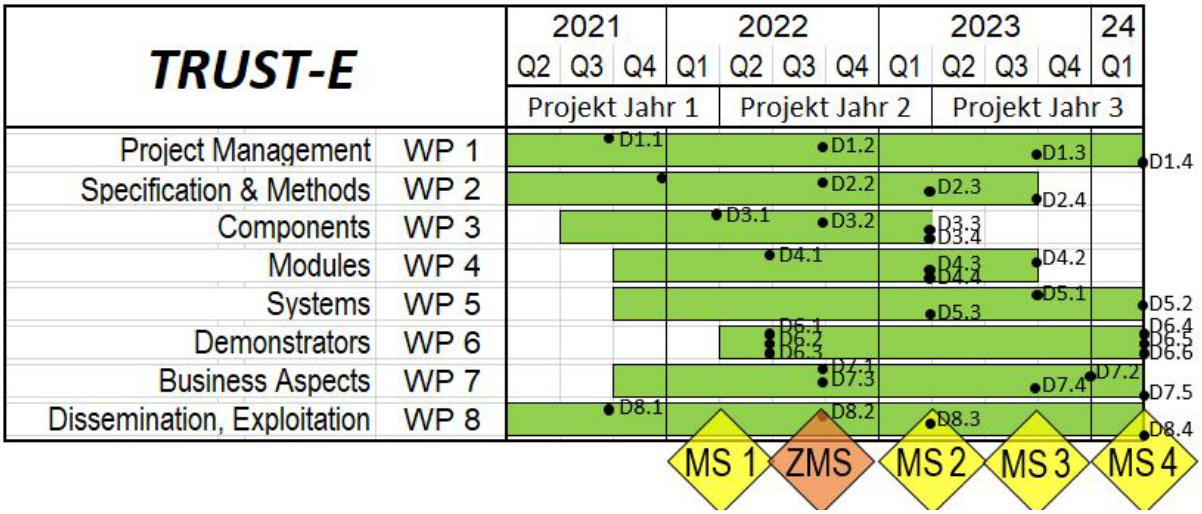

Abbildung 2 GANTT für das Projekt TRUST

4. Wesentlichen Ergebnisse

- ❑ Analyse des "Physics of Failure"-Ansatz (PoF) für den IMU Use-Case und Ableitung von Anforderungen
- ❑ Unterstützung des Partners FhG-IIS bei der Entwicklung eines Test-Board zur Beobachtung aller möglichen Test- und Umgebungsbedingungen während der Durchführung von Belastungstest von BOSCH MEMS Sensoren. Dieses Board ist so ausgelegt, dass es skalierbar eine große Anzahl von Testobjekten (>20) gleichzeitigt erfassen kann.
- ❑ Erstellung von Softwareprogrammen zur automatischen Auswertung der Messreihen. Vorbereitung des Systems zur Einbindung von KI-Strukturen mit der Möglichkeit der Durchführung von Lern- und Validierungszyklen.
- ❑ Unterstützung des Use Case „3D Deformation Demonstrator“ durch die Bereitstellung von speziellen Mustern und Beratung der Partner bei der Nutzung dieser.

[3] http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=7344