

Sachbericht BRAINE nach Projektende

Zuwendungsempfänger: Infineon Technologies AG

Förderkennzeichen: 16MEE0021

Vorhaben: Verbundprojekt *Nächste Generation von Elektroniksystemen für das Edge Computing – BRAINE*

Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2020 – 30.11.2023

Inhalt Fachlicher Teil

- I. Kurzbericht
- II. Ausführlicher Schlussbericht und Veröffentlichungen

I. Kurzbericht

Das Förderprojekt BRAINE (Nächste Generation von Elektroniksystemen für das Edge Computing – BRAINE) hat im Kern drei hauptsächliche Innovationen hervorgebracht, die sich in die Kategorien Hardware, Software und Hardware/Software Co-Integration aufteilen lassen.

Hardware

Die wichtigste technische Errungenschaft des Projekts ist der Prototyp des Edge Micro Data Center - „EMDC“ Prototyp. Mit dessen Entwicklung wurden alle KPIs und Use Cases demonstriert. Das BRAINE EMDC beinhaltet viele Software- und Hardware-Innovationen, die über den aktuellen Stand der Technik hinausgehen.

Die Hardware-Innovation in diesem Projekt umfasst ein breites Spektrum an Spitzentechnologien und gemeinschaftlichen Entwicklungen. Erstens bringt die Verwendung heterogener Knotentypen eine Reihe von Rechenelementen zusammen, darunter x64-CPUs von führenden Herstellern wie Intel und AMD, ARM-CPUs von NXP sowie leistungsstarke Grafikprozessoren wie der NVIDIA Xavier AGX und NVMe-Speicherlösungen. Diese Mischung aus verschiedenen Knotentypen ermöglicht es dem System, die Stärken jedes Prozessortyps für bestimmte Arbeitslasten und Anwendungen zu nutzen.

Darüber hinaus hebt das Projekt zahlreiche Hardware-Ko-Entwicklungen hervor, die die gemeinsamen Bemühungen um die Weiterentwicklung der Hardware-Technologie verdeutlichen. Zu den Beispielen gehören die CPU B7E3, Jetson Xavier AGX SOM, Typ VII CPU-Module, Solidrun LX2162 SOM, Mellanox Ethernet-Switch und Backplane PCBs. Diese Entwicklungen bedeuten eine konzentrierte Konzentration auf die Verschiebung der Grenzen der Hardware-Fähigkeiten und Leistung.

Ein weiterer zentraler Aspekt dieser Hardware-Innovation ist der Schwerpunkt auf Energieeffizienz und Wärmemanagement. Durch die Implementierung einer 48-V-Stromschiene und innovativer Zweiphasen-Kühltechniken zielt das Projekt darauf ab, den Stromverbrauch zu optimieren und die thermische Stabilität aufrechtzuerhalten, was zur allgemeinen Zuverlässigkeit und Langlebigkeit des Systems beiträgt.

Darüber hinaus werden die Netzwerkgeschwindigkeit und -funktionen als herausragende Merkmale dieser Hardware-Innovation hervorgehoben. Mit beeindruckenden Netzwerkgeschwindigkeiten von 100 G pro Knoten und programmierbaren Netzwerken gewährleistet das System robuste Konnektivität und Datenübertragungsmöglichkeiten. Die TLS-Beschleunigung erhöht die Sicherheit und Leistung der Netzwerkkommunikation weiter.

Der Gen 4 PCIe Fabric-Switch mit niedriger Latenz erweitert die Fähigkeiten des Systems um eine weitere Dimension und ermöglicht einen schnellen und effizienten Datenaustausch innerhalb des Hardware-Ökosystems. Dieser umfassende Ansatz für Hardware-Innovationen unterstreicht das Engagement für die Weiterentwicklung elektronischer Komponenten und Systeme und positioniert das Projekt an der Spitze der technologischen Entwicklung.

Für die Entwicklung und Prüfung des EMDC wurden insgesamt 24 Leiterplatten entworfen: 10 voll funktionsfähige Leiterplatten für das Hauptsystem (siehe oben), 8 Leiterplatten für die thermische und mechanische Validierung und 5 Leiterplatten für die Fehlersuche, Validierung und Programmierung.

Software

Um das Potenzial des Edge Multi-Domain Computing (EMDC) voll auszuschöpfen und die Intelligenz der KI am Edge zu nutzen, wurde eine umfassende Suite von Tools entwickelt. Diese Tools sind von zentraler Bedeutung für die nahtlose Integration von KI-Funktionen in die BRAINE-Plattform und gewährleisten ein robustes Datenmanagement, eine effiziente Ressourcennutzung sowie eine erweiterte Überwachung und Analyse.

Der Data Lifecycle Manager ist ein grundlegendes Tool, mit dem die Nutzung der Daten eines Nutzers auf der BRAINE-Plattform unveränderlich nachverfolgt werden kann, um einen transparenten und nachvollziehbaren Datenverwaltungsprozess zu gewährleisten. Ergänzt wird dies durch den Policy Manager, der es Administratoren ermöglicht, Richtlinien zu erstellen, zu verwalten und durchzusetzen und so eine sichere und konforme Umgebung für den Datenbetrieb zu schaffen.

Ein wichtiger Aspekt der Plattform ist das Global File System, das den gesamten verfügbaren Speicherplatz auf BRAINE EMDC als ein einziges Dateisystem konfiguriert und so die Datenspeicherung und den Datenzugriff im gesamten System rationalisiert. Darüber hinaus spielt das Data Placement Tool eine Schlüsselrolle bei der Optimierung und Minimierung der Anzahl der Datenknoten, wodurch die Datenabfrage und Speichereffizienz verbessert wird.

Das Motif Discovery Tool trägt zur Intelligenz der Plattform bei, indem es die Entdeckung von sich wiederholenden Mustern ermöglicht und so eine aufschlussreiche Datenanalyse und Mustererkennung erleichtert. Darüber hinaus spielt die AI Platform Profiling Engine eine entscheidende Rolle bei der Verfolgung aller Datentransformationen, der Zuordnung von Berechnungsgraphen zu den entsprechenden mathematischen Operatoren und der Vorhersage der Abfolge von Berechnungen, was unschätzbare Einblicke in die KI-Verarbeitungspipeline ermöglicht.

Darüber hinaus ist die Entwicklung des vRAN-Optimierungstools von entscheidender Bedeutung für die Vorhersage der Arbeitslast auf der Grundlage der CPU-Nutzung und der Platzierung der Arbeitslast in containerisierter 5G-Software, wodurch eine optimierte Ressourcennutzung und Leistung gewährleistet wird. Das Catalyst-Tool zur Erkennung von Seitenkanalschwachstellen erweitert die Plattform um eine zusätzliche Sicherheits- und Robustheitsebene, mit der potenzielle Schwachstellen effektiv angegangen werden können.

Die Fähigkeiten der Plattform werden durch das Authoring Tool erweitert, das die Beschreibung von Workflows auf deklarative Weise mit Hilfe von Manifesten ermöglicht und die webbasierte Erstellung und Bereitstellung von Workflows erleichtert. Darüber hinaus dient das Monitoring Dashboard als Visualisierungssystem für metrische Zeitreihendaten und bietet vorkonfigurierte Anzeigen und Diagramme für CPU-, Speicher-, Festplatten-I/O-Schreib- und Netzwerkverkehrsmetriken, die eine umfassende Leistungsüberwachung und -analyse ermöglichen.

Schließlich spielt das Telemetrie- und Überwachungssystem mit seiner programmierbaren (P4) Telemetrie-Architektur pro Datenfluss eine entscheidende Rolle bei der Erkennung von Netzwerkausfällen, Fehlfunktionen der Infrastruktur, Leistungsengpässen und ineffizientem

Verhalten. Diese umfassende Tool-Suite unterstreicht das Engagement der Plattform, fortschrittliche KI-Funktionen am Netzwerkrand zu ermöglichen und eine effiziente, sichere und intelligente Datenverwaltung und -verarbeitung zu gewährleisten.

Software/Hardware Co-Integration

Es wurden beträchtliche Anstrengungen unternommen, um eine umfassende Lösung zu schaffen, bei der sich alle BRAINE-Komponenten wie ein einziges System verhalten. Dazu gehört auch die Entwicklung einer benutzerfreundlichen Installationsumgebung. Um die BRAINE-Plattform zu installieren, muss man einen bootfähigen USB-Stick einrichten, um die ISO-Datei des BRAINE-Installationsprogramm zu installieren. Dieser Vorgang ähnelt der Installation eines beliebigen Betriebssystems auf einer Maschine. Zu diesem Zweck muss die ISO-Datei mit einem Tool wie Rufus, BalenaEtcher, oder Ventoy geflasht werden. Nach der Installation des Betriebssystems und dem Neustart des Rechners fährt der Knoten mit dem Post-Installationsprozess fort.

Das Benutzerhandbuch für die BRAINE-Plattform wurde in Deliverable D5.5 aufgenommen und als Open Source veröffentlicht unter https://gitlab.com/braine/braine_public_release. Die BRAINE-Softwareplattform ist bereits bei Projektpartnern im Einsatz (z.B. Dell Manufacturing) und wird bereits in weiteren EU-Projekten (z.B. CLEVER) weiterentwickelt.

Infineon's Beitrag in Use Case 4 (Industry 4.0 Use Case)

Ein Beispiel für die Effektivität der BRAINE-Plattform wurde im Kontext von Industrie 4.0 demonstriert (Use Case 4), wo die Motivation darin bestand, von der cloud-gestützten Intervallplanung zu Echtzeit-Planung vor Ort in der Halbleiter-Lieferkette und -Fertigung. Infineon, Infineon, das diesen Anwendungsfall leitete, brachte sein Know-how über das Semantic Web und Ontologien in der Industrie sowie sowie Supply-Chain-Wissen ein, um den Transfer von der Forschung zum Anwendungsfall effizienter zu gestalten. Das Ziel des Use Cases ist die Fertigstellung des Prototyps eines Algorithmus zur Vorhersage der besten Lithographie-Belichtungszeit um die Gate-Resistenz zu verbessern. Die Daten wurden gesammelt und in die BRAINE-Plattform integriert.

Der Anwendungsfall konzentriert sich auf die Nutzung fortschrittlicher KI-Techniken zur Verbesserung von Halbleiterfertigungsprozessen, insbesondere auf die Optimierung der Lithografie-Belichtungszeit zur Maximierung der Ausbeute. Dies beinhaltet die Sammlung und Verarbeitung relevanter Prozessdaten, die dann in qualifizierte synthetische Daten (QSD) umgewandelt werden, die das KI-Modell nutzen kann. Eine zentrale Rolle spielt die Entwicklung eines Algorithmus als Microservice, der die Echtzeit-Vorhersage von Parametern mit Hilfe des KI-Modells ermöglicht. Anschließend wird der Microservice innerhalb des Kubernetes-Clusters bereitgestellt, was eine nahtlose Integration mit der BRAINE-Plattform ermöglicht und das Engagement des Projekts für die Nutzung von Spitzentechnologien zur Steigerung der Fertigungseffizienz und Ertragsoptimierung unterstreicht.

II. Ausführlicher Schlussbericht und Veröffentlichungen

1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ergebnisse

Infineon (im Folgenden IFX) ist in die Arbeitspakete (Work Packages, WP) WP1-6 involviert und leitet WP6 sowie den Anwendungsfall (Use Case, UC) UC4. Somit ist IFX auch ständiges Mitglied im Managementkomitee.

WP1

WP1 konzentriert sich auf die Projektverwaltung. WP1 hat erfolgreich Managementaktivitäten durchgeführt, darunter die Verteilung der Partnerfinanzierung, die Pflege der Vertragsdokumente (Arbeitsbeschreibung, Kooperationsvereinbarung), die Koordinierung der regelmäßigen Fortschrittsberichte, die technische Koordinierung des Designs und der Implementierung der BRAINE-Plattformarchitektur usw. Telefonkonferenzen und virtuelle Treffen wurden seit Projektbeginn regelmäßig durchgeführt. WP1 lieferte erfolgreich sämtliche *Deliverables* und erzielte sämtliche Meilensteine.

Der Projektkoordinator, der technische Koordinator und die WP-Leiter von BRAINE (wozu auch IFX gehört) haben den gesamten Projektplan und die Aktivitäten kontinuierlich überwacht, die Risiken analysiert und die Auswirkungen des Projekts sorgfältig bewertet. Insgesamt kam es nur bei einigen wenigen Partnern zu Verzögerungen - nur bei ausgewählten Aufgaben - hauptsächlich aufgrund von COVID-19. Aus diesem Grund wurde eine Projektverlängerung um sieben Monate beantragt und gewährt. Die Abweichungen bei der Verwendung der Ressourcen wurden alle als unter Kontrolle betrachtet und haben keine relevanten Auswirkungen auf die Projektaktivitäten.

WP2

Das Arbeitspaket 2 von BRAINE trägt den Titel "AI-empowering edge infrastructure hardware" und hat zum Ziel, die zugrundeliegende Hardware und eingebettete Software bereitzustellen, die für die Steuerung, Verarbeitung, Beschleunigung, Speicherung und Vernetzung der hochsicheren Edge-Orchestrierungssoftware, des Datenmanagements und der Deep-Learning-Anwendungen für Big-Data- und Datenstromanwendungen verwendet werden soll, während gleichzeitig Energie-, Platz- und Wartungseffizienz sowie Sicherheit garantiert werden.

In WP2 ist IFX Teil des Tasks T2.1. Hier wurde beschlossen, dass das EDMC (Edge Data Micro Center) in BRAINE auf zwei Generationen aufgebaut wird: BRAINE V1.0 wird ein System mit vier Steckplätzen sein, das für den Nachweis der Kühlung, des Gehäuses und der mechanischen Systeme ausgelegt ist. BRAINE V2.0 wird ein funktionsfähiger EMDC mit acht Steckplätzen und einer zusätzlichen GPU sein. Daher hat Task 2.1 an innovativen Kühlsystemen gearbeitet, die sowohl auf Festkörper- als auch auf Flüssigkeitskonzepten basieren, an mechanischen Systemen zur Unterstützung von EMDC mit hoher Komponentendichte und an BRAINE-Platinen, die die zusammensetzbaren Bausteine enthalten (d.h. GPU, ASIC, FPGA, CPU, Speicher). Zusätzlich wurden Softwarelösungen (d.h. Firmware) untersucht, die die Nutzung des EMDC durch die Partner ermöglichen, die KI-unterstützende Softwarelösungen im Zuge der Tasks T2.2. und T2.3 einführen.

Der erste Demonstrator wurde gemeinsam im PCB Design Büro gebaut, mit einer Konfiguration von 8 CPU-Knoten. Grundlegende Messungen wurden mit dem InfluxDB Überwachungsclient gesammelt. Virtualisierungssoftware auf hohem Niveau wurde bereits auf den Knoten installiert. Das Testbed wurde über VLAN in das BRAINE Testbed integriert. Alle Aktivitäten in T2.1 wurden abgeschlossen, inklusive der weiteren drei Demonstratorsysteme an den Standorten TUE und CNIT.

Die SW-Aktivitäten in WP2 sind abgeschlossen, inklusive der BMW-Software und der Fertigstellung der Ethernet-Schalttafel.

WP3

Das Arbeitspaket 3 von BRAINE trägt den Titel "Sicheres und effizientes Datenmanagement und Ressourcenorchestrierung zur Unterstützung von KI". Die Edge-Umgebung ist von Natur aus heterogen und dynamisch und weist eine große Anzahl von Knoten auf. Die Knoten unterscheiden sich in ihren Fähigkeiten (Rechenleistung, Speicherplatz, Konnektivität), Eigenschaften (Mobilität, Datenschutz), ihrem Zweck und ihren Eigentümern. Außerdem sind diese Eigenschaften dynamisch und können sich im Laufe der Zeit ändern. Die Herausforderung besteht darin, eine solche Infrastruktur und die darauf ablaufenden Arbeitslasten zu verwalten, zu steuern und zu überwachen, indem den Anwendungen die Ressourcen dynamisch zugewiesen werden. Dieses Arbeitspaket befasst sich mit Schlüsselaspekten der Zuweisung, Platzierung und Überwachung von Arbeitslasten in einem Netzwerk von Edge-Knoten, das auch Cloud-Ressourcen umfassen kann, unter Verwendung von KI/ML-Algorithmen wie CDRL. Sämtliche Arbeitsergebnisse wurden wie geplant bis zum Ende der Periode geliefert. In WP3 ist IFX Teil von T3.2. Hier haben die Partner ein Abstraktionsframework definiert, das eine einheitliche Schnittstelle für die Workload-Platzierung bietet. Der Rahmen umfasst mehrere Komponenten wie Ressourcen- und Dienstespeicher, Dienstregister, Dienstmanager, SLA-Broker usw. Sämtliche Komponenten wurden wie ursprünglich geplant fertiggestellt.

WP4

Dieses Arbeitspaket 4 zielt darauf ab, Techniken und Werkzeuge zu entwickeln, die den Endnutzern einen einfachen und effizienten Zugang zu den von der Infrastruktur bereitgestellten Ressourcen und Diensten ermöglichen. Dies umfasst die Bereitstellung eines einfachen Mechanismus für die Spezifikation von Arbeitslasten, ein sicheres, skalierbares und harmonisiertes Datenverwaltungssystem, das nahtlos in die Infrastruktur integriert ist, und eine Reihe von gut zugeschnittenen Mechanismen zur Datenkuratorierung und -bereinigung sowie zur Vereinfachung der Entwicklung von Systemen und Anwendungen am Rande (Edge) des Netzes. Im Berichtszeitraum hat die Entwicklung für ein sicheres Datenverwaltungssystem für KI am Rande des Netzes als Task T4.1 stattgefunden. Hierzu zählt auch Tasks T4.2, zu dem IFX beiträgt.

IFX ist zudem auch ein Teil von T4.1. Im Rahmen von T4.1 wurde Pache Ozone als verteiltes Dateisystem für die gesamte Infrastruktur ausgewählt. Außerdem wurde ein Lebenszyklusmanagement für die Daten erstellt, um die Phasen zu kontrollieren, die die Daten durchlaufen können oder müssen. Es wurde auch ein Mapping zwischen den Datenschutzanforderungen und den Richtlinien für das Datenlebenszyklusmanagement entworfen. Es wurden verschiedene Sicherheits- und Zugriffskontroll- sowie Angriffsmodelle untersucht. Die gesamte Systemarchitektur mit ihren Komponenten, Interaktionen und dem Technologiepaket wurde ermittelt. Sämtliche Komponenten in Tasks 4.1 und 4.2 wurden wie geplant geliefert.

WP5

Innerhalb der Gesamtdauer von BRAINE gliedert sich WP5 in zwei Hauptphasen. In der ersten Phase wird die Definition der Projektanforderungen und KPIs ausgehend von der Analyse der Anwendungsfälle geplant, um die technischen Arbeitspakete zu speisen. Darüber hinaus wird die Sammlung der für die KI/ML-Verarbeitung zu verwendenden Daten verwaltet. In der zweiten Phase wird die Integration der technischen Errungenschaften von WP2, WP3 und WP4 durchgeführt, um die gesamte BRAINE-Lösung aufzubauen, die anhand der vier vorgeschlagenen Anwendungsfälle (Use Cases, UC) getestet und validiert wird. Die erste Phase wird durch die Aktivitäten des Tasks 5.1 abgedeckt, während die zweite Phase die Aktivitäten umfasst, die in den Tasks 5.2, 5.3 und 5.4 durchgeführt werden. IFX ist nicht offiziell Teil dieser Task T5.1, war jedoch aufgrund der Führung

eines der vier Anwendungsfälle bereits in dieser frühen Projektphase eng in die Aktivitäten von WP5 eingebunden gewesen.

Die in Aufgabe 5.1 durchgeführten Aktivitäten betrafen hauptsächlich die Definition, die Bewertung und die Analyse der Anforderungen der Anwendungsfälle sowie die Analyse zur Definition der Referenzdaten, die in den KI/ML-Algorithmen verarbeitet werden sollen, die in die SW-Anwendungen der Use Cases integriert sind. Mit dem Ziel des Meilensteins MS2 in Monat 3 wurde von Beginn des Projekts an mit der Untersuchung der Anforderungen begonnen, um die Auswirkungen auf das Architekturdesign und die Implementierung zu verstehen. Es wurden auch Teilaufgaben zur Definition von KPIs für die Validierung von Anwendungsfällen gestartet. Darüber hinaus wurden für jeden Anwendungsfall die wichtigsten Merkmale gesammelt und in eine einheitliche Vorlage aufgenommen, um die Informationsstruktur der Anwendungsfälle so weit wie möglich zu harmonisieren. Nach MS2 wurde zur Erleichterung der Erfassung weiterer technischer und kommerzieller Elemente eine erste Grundstruktur für den Beitrag D5.1 vorgeschlagen, der die Grundlage für einen gemeinsamen Rahmen für die vier Anwendungsfälle bildet. In Anbetracht der Heterogenität der vier Anwendungsfälle wurden für jeden von ihnen spezielle Telefonkonferenzen organisiert, um besondere Bedürfnisse und Aspekte mit allen an der HW- und SW-Entwicklung des EMDC beteiligten Partnern zu diskutieren. In der zweiten Phase beteiligte sich IFX an den Tasks 5.2 und 5.3. Die Aufgaben in T5.2 beschäftigten sich mit dem Aufbau einer Laboreinrichtung, sowie auch die reguläre Teilnahme an WP5 Sitzungen. Weiterhin hat IFX die Testspezifikations-Aufgaben bearbeitet und sich zunächst auf die semantische Integration der Projektergebnisse in den Bereich der Halbleiterlieferkette konzentriert. Im Anschluss beschäftigte sich IFX mit dem Testen auf den Anwendungsfall mit QSD (qualifizierte synthetische Daten). In T5.3 arbeitete IFX daran, die Lösung im Lieferkettenkontext zu integrieren, zu testen sowie auch die KPIs zu messen. Die Entwicklung ist abgeschlossen. Generell wurden die Integration der Anwendungsfälle und die Bereitstellung auf der BRAINE-Plattform auf den beiden Haupt-Testbeds des Projekts abgeschlossen, von denen sich eines am Hauptsitz des CNIT in Pisa und das zweite auf dem TU/e-Campus in Eindhoven befindet. In WP5 wurde die Evaluierung des Anwendungsfalls über die EMDC-Hardware dank der Laufzeitverlängerung im neuen Task 5.5 durchgeführt, der bei M37 begann und bei M43 zum Projektabschluss endete.

WP6

IFX leitet WP6. Das Arbeitspaket konzentriert sich auf die Nutzung, Verbreitung und Standardisierung der BRAINE-Technologien und -Lösungen.

Die im Laufe des Projekts erzielten Ergebnisse wurden/werden von der Forschung in die Nutzung als verkaufsfähige Produkte. Ebenso werden die Ergebnisse für die Verwendung in anderen Projekten und Produkten und zukünftigen Entwicklungen. Universitätspartner beziehen die Ergebnisse in ihre Ausbildung ein. Die Kunden beginnen, die entwickelten Lösungen zu übernehmen. Im Rahmen eines Zwischenberichts über den nachhaltigen Geschäftsplan für die wichtigsten BRAINE Technologien, Lösungen und Anwendungsfälle erstellt, der einen Überblick über die Verwertungsbemühungen gibt. Um die Wirkung des Projekts zu maximieren, wurde eine spezielle Verwertungsstrategie entwickelt, um die Lösungen, die aktiv vermarktet werden sollen, die Untergruppen der Partner, die in Innovationen involviert sind, und den Fahrplan zur Erreichung eines kommerziellen Zustands, zu spezifizieren. Der erstellte Plan diente als Grundlage für die Verfolgung der Auswirkungen von BRAINE und ermöglichte die Bewertung, wie sich die kommerzielle Verwertung während des Projekts entwickelt hat. Die Evaluierung wurde nach der Hälfte der Projektlaufzeit durchgeführt und ein Abschlussbericht wurde zu M43 eingereicht.

Auf der Grundlage eines Fragebogens wurde für jeden Partner eine Nutzungsstrategie entwickelt (D6.1). Sie hilft, die Nutzung zu erleichtern und unterstützt das Innovationsmanagement. Eine BRAINE-spezifische Verbreitungsstrategie wurde ausgearbeitet (D6.2) und fertiggestellt, und es

wurden erste Verbreitungsaktivitäten durchgeführt, die BRAINE anerkennen. Zu Letzteren gehören eingereichte Forschungsartikel für einschlägige Konferenzen und Workshops sowie eine sichtbare Präsenz in den sozialen Medien. Eine ständig gepflegte Website, Logos und Vorlagen sind vorhanden und die COPEP-Datei wurde laufend aktualisiert und gepflegt.

Die Partner des Projekts waren in diesem Zeitraum in vielen internationalen, europäischen und weltweiten Normungsgremien und Organisationen aktiv. Dabei handelte es sich sowohl um institutionelle als auch um assoziative Einrichtungen wie ISO, ETSI W3C, O-Ran Alliance und IETF. Es ist klar, dass die Normungstätigkeit, Aufgabe T6.3, sehr positiv, gewinnbringend und fruchtbar war, sowohl für die Mitglieder (die die technische Entwicklung im Voraus verstehen) als auch für die globale Gemeinschaft, die von den dank des Braine-Projekts erworbenen Erfahrungen profitiert. Es haben sich vier verschiedene Standardisierungsströme entwickelt. Erstens in Bezug auf ISO 17825, ETSI und NIST/PQC unter der Leitung von SIC; zweitens Beitrag zu TLS/SSL über Nvidia/Melanox; drittens Edge-bezogene Standards (O-RAN, 3GPP, ETSI ENI) unter der Leitung von ISW; und viertens Aktivitäten zur Standardisierung des semantischen Webs, die von IFX vorangetrieben werden.

D6.7 wurde eingereicht, einschließlich aktualisierter Nutzungspläne, gemeinsamer Nutzungsbemühungen der Partner, Geschäftspläne für Anwendungsfälle und eine Verbindung mit der EMDC-Plattform aus geschäftlicher Sicht. Außerdem wurden in D6.6 die Aktivitäten zu Verbreitung und Normierung festgehalten: Verbreitungsaktivitäten konzentrierten sich auf die Förderung der Website und die Dokumentation von Veröffentlichungen, während sich die Normungsaktivitäten darauf konzentrierten, einen Einblick in die Arbeit mit der Normung (Verbände) von bestimmten Partnern zu erhalten.

2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung

Die Arbeits-, Zeit und Kostenplanung entspricht nach jetzigem Stand der im Verfeinerungsvorschlag beschriebenen Anpassungen (bereits vor Projektstart im März 2020 eingereicht).

3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?

Insgesamt kam es nur bei einigen wenigen Partnern zu Verzögerungen - nur bei ausgewählten Aufgaben - hauptsächlich aufgrund von COVID-19. Aus diesem Grund wurde eine Projektverlängerung um sieben Monate beantragt und gewährt. Die Abweichungen bei der Verwendung der Ressourcen werden alle als unter Kontrolle betrachtet und haben keine relevanten Auswirkungen auf die Projektaktivitäten. Es liegen keine größeren oder kritischen Probleme vor.

4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind? (Darstellung der aktuellen Informationsrecherchen nach Nr. 2.1 BNB-Nest-BMBF 98) (max. 16k Zeichen)

Nicht bekannt.

5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig? (max. 16k Zeichen)

Es sind aus gegenwärtiger Sicht keine Änderungen an der Zielsetzung des Projekts erforderlich.

6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans. Dies soll soweit im Einzelfall zutreffend, Angaben zu folgenden Punkten enthalten (Geschäftsgeheimnisse des ZE brauchen nicht offenbart zu werden):

Keine Änderung gegenüber Antragstellung (gilt für 6a) bis 6d)).

- a) Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom Zuwendungsempfänger oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u.a.) und erkennbare Verwertungsmöglichkeiten,
- b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont),
- c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont),
- d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse.

Veröffentlichungen:

| Titel | Vortragende(r)/Autoren | Konferenz/Journal | Datum |
|--|---|--|----------------|
| Keynote: Challenges and preliminary solutions in complex supply chains - how digitalization and AI support decision-making in the supply chain 4.0 | Hans Ehm | Rethink! Smart SCM | 21.09.2020 |
| SENS: Semantic Synthetic Benchmarking Model for integrated supply chain simulation and analysis | Nour Ramzy, Sören Auer, Hans Ehm, Javad Chamanara | ECIS 2022 | 18.-24.06.2022 |
| Flexibility and technological advances to mitigate risk and take chances in semiconductor supply chain | Hans Ehm | SCM 4.0: SCM Risikomanagement | 11.05.2021 |
| Challenges and preliminary solutions in complex supply chains - how digitalization and AI helps for SC4.0 | Hans Ehm | 4 th Supply Chain Innovation Summit | 21.05.2021 |
| How does industry leverage inhouse innovation centers and universities to spark innovation | Hans Ehm | Special Interest Group: SC Technology Trends, Innovation and Startup Community | 10.08.2021 |
| Challenges and Solutions in Complex Supply Chains | Hans Ehm | 5 th Supply Chain Innovation Summit | 9.-10.06.2022 |

| | | | |
|--|--|---|------------|
| Root cause, mitigation & sustainable solution for global chip shortage -- Supply Chain a competitive advantage: today & tomorrow | Patrick Moder, Hans Ehm, Nour Ramzy | Infineon Supply Chain University Evening: | 11.11.2021 |
| Industry-Academic Collaborations in Semiconductor Manufacturing | Hans Ehm | Winter Simulation Conference (Panel by MASM) | 12.12.2022 |
| From Crisis Management to Supply Chain Resiliency | Hans Ehm | Automotive Logistics & Supply Chain (Panel by SEMI) | 23.03.2023 |
| Decision-Making Modeling and Solutions for Smart Semiconductor Manufacturing | Hans Ehm, Nour Ramzy, Niklas Petersen | Dagstuhl Seminar 20452 | 01.11.2020 |
| Opportunities in complex supply chains | Hans Ehm | CODE 2021 by University of the Bundeswehr Munich | 21.07.2021 |
| Supporting GAIA-X with Ontologies and the Digital Reference | Hans Ehm | GAIA-X Meet up by iit at VDI/VDE | 23.09.2021 |
| Counteracting the global chip shortage with optimized forecast management | Hans Ehm | Rethink! Smart SCM | 04.10.2021 |