Schlussbericht zum Vorhaben

digitaleQM (20X1907A)

Gefördert durch:

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

gemäß Nebenbestimmungen NKBF 98, Nr.8.1

Zahlungsempfänger: Mubea Aerostructures GmbH Friedrichshafener Strasse 309 82205 Gilching	Förderkennzeichen: **20X1907A**
Vorhabenbezeichnung: **digitaleQM** (digitales Qualitäts Management) Entwicklung digitaler Prüfmethoden sowie Konsolidierung der Daten an einem digitalen Zwilling, zur Verbesserung der Datenqualität, Teilautomatisierung und Nutzung zur digitalen Fertigung	
Laufzeit des Vorhabens: **01.04.2021 – 31.03.2024**	
Berichtszeitraum: **01.04.2021 – 31.03.2024**	

Typ	Rolle	Name	Datum	
Ersteller	Projektleiter	Robert Becker	18.11.2024	
Prüfer	Abteilungsleiter	Dr. Andreas Erber	25.11.2024	

Inhalt

Teil 1 3
Aufgabenstellung 3
Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 3
Planung und Ablauf des Vorhabens 4
Wissenschaftlich-technischen Stand zum Vorhabenbeginn 4
Zusammenarbeit mit anderen Stellen 4
Teil 2 5
Wissenschaftliche und / oder technische Arbeitsziele des Vorhabens 5
Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 7
Verwertbarkeit des Ergebnisses 8
Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen 8
Erfolgten Veröffentlichungen des Ergebnisses 9

Teil 1

Aufgabenstellung

Das Vorhaben soll die Digitalisierung des Unternehmens vorbereiten, um künftig Prüf- und Fertigungsprozesse mit digitalen Daten und Teilautomatisierung zu unterstützen.

Ein IoT Netzwerk soll das Rückgrat der Kommunikation bilden. Ein IoT-Hub sammelt und verteilet Informationen von und zu diversen Systemen.

Digitale Prüfmethoden sollen klassische Messungen ablösen bzw. ergänzen.

Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Eine wichtige Voraussetzung für das Vorhaben war die geplante Einführung des neuen EPR Systems auf Basis SAP-S4. Der Ursprüngliche Zeitplan sah einen Projektstart im Jahr 2020 vor.

Beteiligte Stellen waren das IFTP der TUHH und die Firma 3Daero im Unterauftrag sowie Firma Pepperl und Fuchs (P+F). Durch notwendige Änderungen im Projektantrag von P+F verzögerte sich der Projektstart um 15 Monate.

In diesem Zeitraum wurde der Verkauf des Standorts Oberpfaffenhofen beschlossen. Die Übernahme durch die Mubea erfolgte zwar erst zum 1.Januar 2024, aber die Verkaufsentscheidung beeinflusste bereits getroffene Investitionsentscheidungen.

Planung und Ablauf des Vorhabens

Neben den geplanten Kickoff, den Meilenstein Meetings und der Abschlussbesprechung, traf sich das Projektteam alle 14 Tage im virtuellen Raum.

Der wichtigste Meilenstein war der erste, da im Anschluss viele Entwicklungen parallel liefen. Anpassungen des Plans gab es immer wieder, jedoch ohne großen Einfluss auf die anderen Arbeitspakete.

Der Balkenplan zeigt die letzte, angepassten Planung.

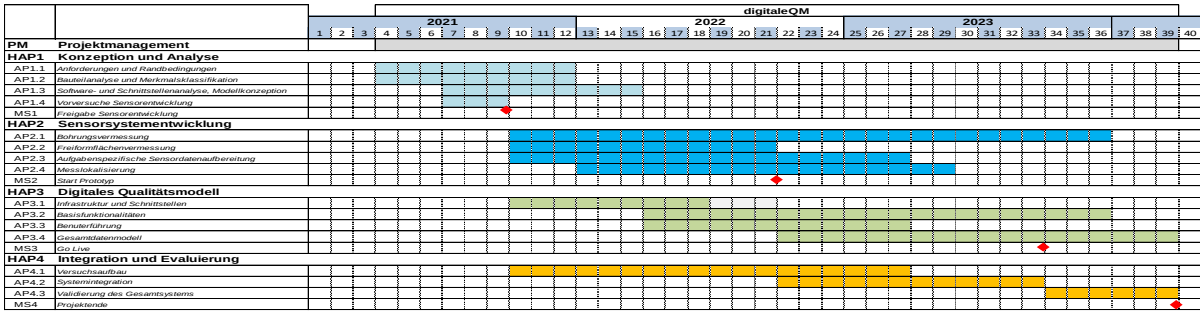

Abbildung 1: Balkenplan

Da sich die Entwicklung des MEMS-Lokalisierungssystems als schwierig herausstellte, wurde der Schwerpunkt auf die Nutzung der AR Brille erhöht. Die Fähigkeiten der MS Hololens zur Indoor-Lokalisierung sind beeindruckend. Und so konnte eine drohende Lücke geschlossen werden.

Auch im Bereich der Netzwerkinfrastruktur gab es notwendige Anpassungen, da die RUAG internen IT-Kompetenzen, nach einer Verlagerung des Service ins Ausland unzureichend war. Mittels eines extern zugekauften Netzwerks über LTE-Anbindung konnte Abhilfe geschaffen werden.

Nur die finale Anbindung des CAQ-Systems war unter diesen schwierigen Randbedingungen nicht machbar, da Server im Rechenzentrum nicht vom Projektteam administriert werden durften.

Wissenschaftlich-technischen Stand zum Vorhabenbeginn

Technologisch setzt das Vorhaben auf handelsübliche Sensortechnik sowie der bestehenden Software der 3Daero auf. Der wissenschaftliche und technische Stand des MEMS wird vom Verbundpartner Pepperl + Fuchs beschrieben.

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine Zusammenarbeit mit anderen Stellen fand nicht statt.

Teil 2

Wissenschaftliche und / oder technische Arbeitsziele des Vorhabens

Die Vorhabenziele und erreichten Ergebnisse werden in den Hauptarbeitspunkten zusammengefasst:

HAP1

Zunächst werden eine detaillierte Prozessanalyse und Bauteilanalyse durchgeführt. Dabei werden die relevanten, zu vermessenden Merkmale extrahiert und Anforderungen an die zu entwickelnde Messtechnik abgeleitet. Vorversuche, incl. Vermessung mit verfügbaren Mittel, führen zu der Zieldefinition der folgenden Arbeitspakete. Das digitale Modell wird mit allen notwendigen Schnittstellen konzipiert und die Softwarearchitektur festgelegt.

erzielte Ergebnisse:

Dieses Ziel konnte erreicht werden. Alle Anforderungen an die Sensorik sowie die Architektur der einzelnen SW Module und deren Schnittstellen wurden evaluiert.

HAP2

Es wird von P+F die Sensorik für die Vermessung der Bauteile auf Basis einer Kombination der Weißlichtinterferometrie (WLI) und einer neuartigen Optik entwickelt, welche die direkte 360°-Inspektion der Bohrungen ermöglicht. Ferner wird durch P+F, zusammen mit 3D.aero als Unterauftragnehmer, Sensorik zur Freiformflächenvermessung ausgewählt. Beide Messverfahren werden in mobilen Endgeräten kombiniert. Darauf aufbauend wird vom IFPT eine Augmented-Reality-Anwendung implementiert, welche den Mitarbeiter durch den Messaufbau führt und durch eine Überlagerung von Bauteilmerkmalen mit virtuellen Referenzen die Lokalisierung der Messung realisiert und visualisiert. Die 3D.aero entwickelt die aufgabenspezifische Datenanalyse für die Sensorik und liefert Methoden zur sicheren Ermittlung der Messwerte. Die Auswertung erfolgt hierbei mit von 3D.aero entwickelter Software, so bspw. mithilfe mathematischer Grundlagen zur Interferenzbestimmung. Aus den Punktwolken von Bohrungs- und Freiformsensor können so (Grenz-) Flächen, Durchmesser oder Rauigkeiten berechnet werden. Die Software stellt die aufbereiteten Daten dann der Datenplattform zur Verfügung.

erzielte Ergebnisse:

Für die definierten Used Cases konnte eine passende Hardware sowie der entsprechenden Software entwickelt werden. Die Funktionalität wurde demonstriert. Lediglich die Geschwindigkeit einiger

Systeme war noch unzureichend. Hierfür gibt es aber Lösungsvorschläge für eine schnellere Hardware oder auch verteiltes Rechnen.

HAP3

Die Kernaufgabe liegt in der Entwicklung des digitalen Bauteilmodells, welches Sensordaten aufnehmen und aufbereiten sowie Informationen für die Qualitätssicherung und weitere aufbauende Dienste zur Verfügung stellen kann. Dieses wird aufbauend auf den Daten der Sensortechnologien aus HAP 2 und weiteren bestehenden Sensoren innerhalb der Produktionsumgebung entwickelt. Hierfür werden die benötigten Schnittstellen definiert und eine Datenstruktur implementiert, welche die Messdaten bündelt und den Zugriff für aufbauende Verarbeitungsaufgaben ermöglicht. Digitale Dienste werden im Anschluss am Beispiel der Dokumentation und Bereitstellung von Fertigungs- und Montageparametern entwickelt. Das Institut für Flugzeug-Produktionstechnik (IFPT) ist als Unterauftragnehmer primär im HAP3 aktiv.

erzielte Ergebnisse:

Das IFPT hat erfolgreich die Messdatenlokalisierung mittels der Microsoft HoloLens umgesetzt und Schnittstellen zum IoT-Hub bereitgestellt. Eine Rückprojektion von Fehlerorten im 3-dimensionalen Raum auf 2D Zeichnungen wurde demonstriert.

HAP4

In einem produktionsnahen Demonstrator wird die entwickelte Messtechnik getestet und das Zusammenspiel mit digitalen Diensten erprobt. Hierfür werden ein Arbeitsplatz mit großen Baugruppen mit der nötigen Infrastruktur ausgestattet und alle Messmittel integriert. Das Zusammenspiel der IT Systeme ERP, MES und PLM spielt eine tragende Rolle für die Demonstration der Technologien.

erzielte Ergebnisse:

In dieser Arbeitspunkt konnten die Ziele leider nur teilweise erreicht werden. Die Datenübernahme zum MES wurde nicht realisiert. Die Funktionalität wurde jedoch über das neu eingeführte CAQ System bereitgestellt. Durch die zeitliche Überschneidung mit dem Übergang des Unternehmens von der RUAG zur MUBEA stehen hierzu noch Restarbeiten an, die für 2025 geplant sind. Auch die geplante IoT-Netzwerk Infrastruktur musste während des Vorhabens mittels LTE Router überbrückt werden. Auch in diesem Punkt ist eine Bereinigung erst nach der Übernahme der IT durch MUBEA im Jahr 2025 möglich.

Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Wie im Balkenplan ersichtlich, liefen die Arbeiten an vielen Arbeitspunkten parallel. Eine detaillierte Kostenerfassung auf Arbeitspaketbasis ist für die größten Kostenblöcke Personal- und Fremdleistungen daher nicht möglich.

Die folgende Tabelle stellt die geplanten und angefallenen Projektkosten ins Verhältnis.

Projektkosten	beantragt	angefallen	Anteil
0813 - Material	62.000	20.194	33%
0823 - FE-Fremdleistung	763.000	765.305	100%
0837 - Personalkosten	387.600	257.099	66%
0838 - Reisekosten	4.500	702	16%
0850 - sonstige unm. Vorhabekosten	192.000	128.017	67%

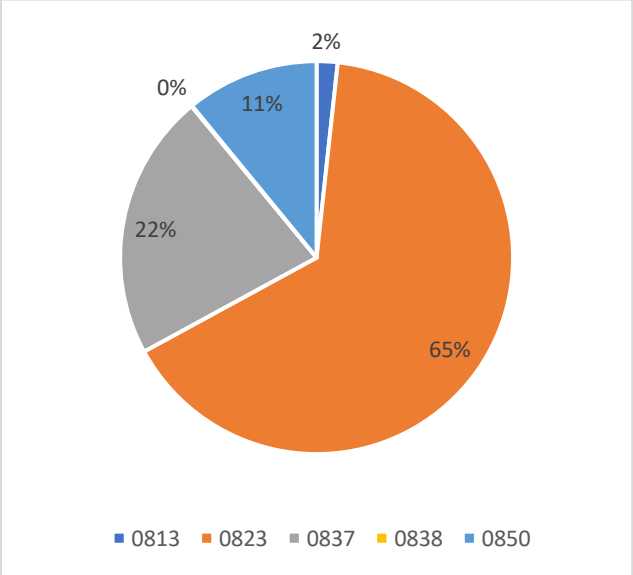

Abbildung 2: Angefallene Projektkosten

Der Schwerpunkt der Zuwendung lief in die FE-Fremdleistungen, die sich zu fast gleichen Teilen in die TUHH und der 3D.aero aufteilte. Die geplanten Mittel, für diese Leistungen wurden auch zu 100% abgerechnet.

Die Materialkosten fielen deutlich geringer aus. Dies begründet sich wie folgt:

- Die Auswahl von micro-epsilon als Lieferanten für die Laserlinien Scanner.
  Die Angebotenen Geräte waren technisch vergleichbar als andere Produkte aber deutlich günstiger. Zudem senkten Rabatte für die im Projekt verwendeten Sensoren deutlich.
- Die geplante Übernahme des Prototyps der Bohrungsvermessung erfolgte nicht. Der Funktionsumfang des Prototyps war nicht fortgeschritten genug. Und das Angebot für die Industrialisierung war nicht attraktiv.

Die Personalkosten sowie die sonstigen unmittelbaren Vorhabenkosten liegen unterhalb der Erwartungen. Leider trifft dies auch auf die erzielten Ergebnisse zu. Durch den Verkauf des Unternehmens, kam es in den Jahren 2023 und 2024 zu massiven Störungen im Vorhaben. Da die Netzwerk Infrastruktur sowie alle Server durch die Konzern IT verwaltet werden, konnten Arbeiten leider nicht abgeschlossen werden. Hierdurch betroffen sind:

- IoT Infrastruktur (Netzwerk für mobile Geräte und Lokalisierung WLAN und BLE)
- Einbindung von Quality Miners (CAQ) zwischen ERP System und Messtechnik.

Für die offenen Punkte gibt es jetzt Planungen im MUBEA Konzern für 2025.

Verwertbarkeit des Ergebnisses

Technisch sind, bis auf die MEMS-Technologie alle Ergebnisse verwertbar. Finanziell gestaltet sich die Umsetzung schwierig. Da die Industrialisierungskosten, selbst nach Ende des 3-jährigen Vorhabens, sehr hoch sind, ist die Umsetzung meist nicht wirtschaftlich. Eine der, im Vorhaben entwickelten, Lösungsvarianten befindet sich bereits in der Umsetzung und wird von MUBEA selbst industrialisiert.

Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das Tool E-SNAG (von AIRBUS) ist ein vereinfachtes Verfahren zur Teilautomatisiertenn Erfassung der Lokalisierung von Beschädigungen. Dieses wird mittlerweile vom Kunden vorgeschrieben.

Das System Calipri aus dem Hause Hexagon ist geeignet Spalte und Abstände optisch zu vermessen, sofern keine erschwerten Bedingungen wie z.B. Dichtmittel vorliegen. Dieses System könnte in Verbindungen mit dem im entwickelten Messrahmen zum Einsatz gebracht werden.

Erfolgten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Application of Multi-Model Databases in Digital Twins Using the Example of a Quality Assurance Process
Koch, Julian; Lotzing, Gerald; Gomse, Martin; Schüppstuhl, Thorsten
In: Ann-Louise Andersen, Rasmus Andersen, Thomas Ditlev Brunoe, Maria Stoettrup Schioenning Larsen, Kjeld Nielsen, Alessia Napoleone und Stefan Kjeldgaard (Hg.): Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Mechanical Engineering), S. 364–371. (2022)

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6_41

Tool Wear Classification in Automated Drilling Operations of Aircraft Structure Components using Artificial Intelligence Methods
Koch, Julian; Schoepflin, Daniel; Venkatanarasimhan, Arvind; Schüppstuhl, Thorsten
SAE Int. J. Adv. & Curr. Prac. in Mobility 4 (4), S. 1072–1081. (2022)
DOI: https://doi.org/10.4271/2022-01-0040

Development and Integration of a Workpiece-based Calibration Method for an Optical Assistance System
Koch, Julian; Büchse, Christopher; Schüppstuhl, Thorsten
In: Applied Sciences. 2023; 13(13). (2023)

DOI: https://doi.org/10.3390/app13137369