Abschlussbericht Teil 1

Kurzbericht

Verbundvorhaben nexAMo (FKZ 13IK038H)

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 13IK038H gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Verbundprojekt: Entwicklung einer freiverketteten Matrixproduktion zur modularen, hochflexiblen und ressourcenschonenden Fertigung von Next-Generation-Mobility-Produkten (nexAMo) – Teilvorhaben: automatisierte Endbearbeitung von AM-Bauteilen

Das Projekt nexAMo lief von Januar 2024 bis Juni 2026. Ziel des Konsortiums unter Führung der ZF Friedrichshafen AG war die Entwicklung einer flexiblen, automatisierten Fertigungsmatrix für additiv gefertigte Mobilitätsbauteile – von der Designvorbereitung über die Fertigung, Nachbearbeitung und bis zur Qualitätssicherung. Supfina-Grieshaber GmbH übernahm in diesem Verbundprojekt die automatisierte Nachbearbeitung additiv hergestellter Produkte.

Im Rahmen dieses Teilvorhabens lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Entwicklung einer automatisierten Lösung zur Nachbearbeitung additiv gefertigter Metallbauteile. Während der Projektbearbeitung zeigte sich, dass insbesondere die automatisierte Entfernung von Stützstrukturen (Supportstrukturen) einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Industrialisierung additiver Fertigungsprozesse besitzt. Daher wurde in Abstimmung mit den Verbundpartnern der Schwerpunkt des Teilvorhabens von der ursprünglich geplanten Oberflächenfeinbearbeitung auf die automatisierte Supportentfernung verlagert.

Im Projektjahr 2024 wurden zunächst verschiedene Nachbearbeitungsprozesse untersucht und auf einer eigens hierfür aufgebauten Versuchsanlage bewertet. Hierfür wurden unterschiedliche Dummy-Werkstücke und AM-Demonstrator-Bauteile hergestellt und bearbeitet. Auf Basis umfangreicher Versuchsreihen wurden unterschiedliche Supportgeometrien und deren Verhalten bei der mechanischen Bearbeitung analysiert. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass ein meißelnder Bearbeitungsprozess die besten Voraussetzungen hinsichtlich Prozesssicherheit, Reproduzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit bietet. Gemeinsam mit den Projektpartnern wurde daraufhin eine standardisierte Supportstruktur definiert und als technische Vorgabe für die Herstellung der AM-Bauteile im Gesamtvorhaben festgelegt.

Parallel dazu wurde gemeinsam mit den Verbundpartnern ein neuartiges 3-Pin-ToolingPoint-System entwickelt. Dieses wird direkt mit dem AM-Bauteil gefertigt und ermöglicht eine definierte, reproduzierbare und kraftschlüssige Aufnahme der Werkstücke in automatisierten Bearbeitungs- und Transportprozessen. Ergänzend hierzu entwickelte Supfina in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut IAPT ein geeignetes Spann- und Greifsystem für den Robotereinsatz. Die erforderlichen Konzepte wurden auf der Versuchsanlage erprobt und validiert.

Im Projektjahr 2025 stand die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in eine industrielle Automatisierungslösung im Mittelpunkt. Basierend auf den Ergebnissen der Voruntersuchungen wurden geeignete Werkzeuge, Bearbeitungsstrategien und Supportausrichtungen weiter optimiert. Die erzielten Ergebnisse konnten direkt in die Konstruktion und Realisierung einer flexiblen Roboter-Bearbeitungszelle übernommen werden.

Ein wesentlicher Schwerpunkt lag auf dem Design, dem Aufbau und der Inbetriebnahme einer hochflexiblen und autonomen Bearbeitungszelle zur robotergestützten Supportentfernung. Dabei wurden neben technologischen Aspekten insbesondere Flexibilität, Prozesssicherheit, Arbeitssicherheit, Energieeffizienz und die spätere industrielle Übertragbarkeit berücksichtigt. Die Bearbeitungszelle wurde so ausgelegt, dass Supportstrukturen aus unterschiedlichen Richtungen bearbeitet werden können und dadurch eine hohe Bauteilvarianz unterstützt wird. Gleichzeitig wurde konsequent auf marktverfügbare Bearbeitungskomponenten zurückgegriffen, um eine wirtschaftliche Umsetzung und einfache Übertragbarkeit auf andere industrielle Anwendungen sicherzustellen.

Neben der eigentlichen Bearbeitungstechnik bildete die Integration in die Matrixproduktion einen weiteren Schwerpunkt. Gemeinsam mit den Partnern der Arbeitspakete „Intralogistik und Bauteilhandling“ sowie „Modulare IT-Systemlandschaft“ wurden mechanische, elektrische und softwareseitige Schnittstellen definiert und umgesetzt. Hierzu gehörten insbesondere die automatisierte Be- und Entladung der Bearbeitungszelle, die Übergabe von Werkstücken durch autonome Transportsysteme sowie der Austausch von Werkstück-, Prozess- und Auftragsdaten mit der übergeordneten IT-Infrastruktur. Die entwickelte Roboterzelle wurde hierfür auf eine horizontale Kommunikation mit dem Automatisierungsequipment sowie auf eine vertikale Datenkommunikation mit der modularen IT-Systemlandschaft vorbereitet.

Als wesentliches Projektergebnis konnte eine automatisierte Lösung zur Entfernung von Supportstrukturen an additiv gefertigten Bauteilen entwickelt und bei ZF innerhalb der Pilotlinie aufgebaut werden. Beim Projektabschlusstreffen im Juni 2026 erfolgte die Live-Demonstration.

Abschlussbericht Teil 2

Eingehende Darstellung

Verbundvorhaben nexAMo (FKZ 13IK038H)

Entwicklung einer freiverketteten Matrixproduktion zur modularen, hochflexiblen und ressourcenschonenden Fertigung von Next-Generation-Mobility-Produkten

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 13IK038H im Rahmen des Förderprogramms „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Zuwendungsempfänger:		Förderkennzeichen:
Supfina Grieshaber GmbH & Co.KG (kurz: Supfina)		**13IK038H**
Titel des Teilvorhabens: **Verbundprojekt: Entwicklung einer freiverketteten Matrixproduktion zur modularen, hochflexiblen und ressourcenschonenden Fertigung von Next-Generation-Mobility-Produkten (nexAMo) –** **Teilvorhaben: automatisierte Endbearbeitung von AM-Bauteilen**		
Projektleiter:	E-Mail:	Tel.:
Herr Martin Geppert	**m.geppert@supfina.com**	**07834/866245**
Herr Rainer Bell	**r.bell@supfina.com**	**07834/866236**
Laufzeit des Vorhabens: von: **01.01.2024**	bis: **30.06.2026**	
Berichtszeitraum des Vorhabens: von: **01.01.2024**	bis: **30.06.2026**	

Projektpartner:
ZF Friedrichshafen AG, ERLAS Erlanger Lasertechnik GmbH, Fehrmann Materials GmbH & Co. KG, Grenzebach Maschinenbau GmbH, Forschungsinstitut für Rationalisierung FIR e.V., Nikon SLM Solutions AG, Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG, WENZEL Metrology GmbH, VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH, Fraunhofer-Einrichtung für Additive Produktionstechnologien IAPT

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlich-technischer Stand

Die Fahrzeug- und Zulieferindustrie steht vor der Herausforderung, eine zunehmende Variantenvielfalt, kleinere Losgrößen sowie kürzere Innovations- und Entwicklungszyklen wirtschaftlich zu beherrschen. Klassische, liniengebundene Produktionssysteme stoßen hierbei aufgrund ihrer geringen Flexibilität zunehmend an ihre Grenzen. Parallel gewinnt die additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM) als Schlüsseltechnologie für die Produktion komplexer und individualisierter Bauteile an Bedeutung. Die industrielle Nutzung additiver Fertigungsverfahren wird jedoch bislang durch einen hohen manuellen Aufwand, geringe Automatisierung sowie fehlende durchgängige Daten- und Materialflüsse begrenzt.

Ziel des Verbundprojektes nexAMo war daher die Entwicklung einer freiverketteten Matrixproduktion zur modularen, hochflexiblen und ressourcenschonenden Fertigung von Next-Generation-Mobility-Produkten. Hierfür sollten additive Fertigungsverfahren, Automatisierungstechnik, autonome Transportsysteme sowie digitale IT-Plattformen zu einer durchgängigen Produktionsumgebung zusammengeführt werden. Der Fokus lag auf der Erforschung und Demonstration einer flexiblen Produktionsarchitektur, welche sich dynamisch an wechselnde Produkte, Stückzahlen und Prozessketten anpassen kann.

Ziel des Teilvorhabens war es, die Prozesskette der additiven Fertigungstechnologien bezüglich der Oberflächenfeinbearbeitung zu analysieren und weiterzuentwickeln, damit die Technologien wirtschaftlich nutzbar werden und der Nachbearbeitungsprozess von additiv hergestellten Werkstücken mittels Roboter sowie Schleif-, Bürst- & Polierwerkzeugen automatisiert werden kann. Ein wesentlicher Aspekt in diesem Teilvorhaben war zudem die Erfassung der Rohteilgeometrie sowie die Werkstückaufnahme auf dem Roboter zur Erzielung der qualitativen Bauteil-Anforderungen bzgl. Geometrie und Oberfläche. Des Weiteren wurden die Möglichkeiten zur rüstoptimierten Bearbeitung von Kleinst- und Kleinserien in der hochflexiblen und freiverketten Matrixproduktion untersucht.

Im Anfang des Projektverlaufes ergab sich aufgrund von wirtschaftlichen und technologischen Betrachtungen die Erkenntnis, dass insbesondere die automatisierte Entfernung von Stützstrukturen (Supportstrukturen) in einer freiverketteten Matrixproduktion zur Herstellung additiv bzw. 3D-gedruckter Bauteile, einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Industrialisierung additiver Fertigungsprozesse besitzt. Daher wurde in Abstimmung mit den Verbundpartnern der Schwerpunkt des Teilvorhabens von der ursprünglich geplanten Oberflächenfeinbearbeitung auf die automatisierte Supportentfernung verlagert.

2. Ablauf des Vorhabens

Die Firma Supfina war in den in Abbildung 1 dargestellten Arbeitspaketen beteiligt.

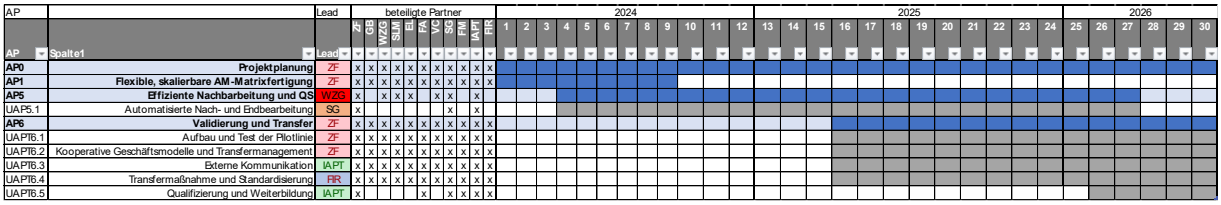

Abbildung 1: Überblick zu Arbeitspaketen mit Beteiligung Firma Supfina

AP 0: Projektplanung

Im Konsortium waren Regelmeetings im 2-wöchigen Rhythmus fest eingeplant, die online oder in Präsenz stattfinden. Weiterhin gab es im 2-wöchigen Rhythmus Regelmeetings zu allen beteiligten Arbeitspaketen mit dem Konsortialführer (ZF) sowie arbeitspaketspezifische Regelmeetings im wöchentlichen Rhythmus zu AP5 mit dem Arbeitspaket-Leader Fraunhofer Institut IAPT. Zusätzlich fanden im regelmäßigen Abstand aufgabenspezifische Meetings mit den entsprechenden Projektpartnern statt. Supfina führte zum Projektmanagement zudem anfänglich monatliche und im späteren Projektverlauf 2-wöchentliche internen Abstimmungen zum Forschungsprojekt durch.

Zur Erreichung der Projektziele hat sich Supfina an den folgenden externen und internen Veranstaltungen beteiligt.

Nr.	Datum	Veranstaltung	Ort
1	02.2024	Projekt Kick-off nexAMo	Friedrichshafen
2	04.2024	Verbund-Workshop Arbeitspaket 1&2 Kick-off	Donauwörth
3	07.2024	Arbeitstreffen (Workshop) Definition der Werkstückaufnahme	Schweinfurt
4	07.2024	Arbeitstreffen AP5 am IAPT Hamburg	Hamburg
5	10.2024	Konsortialtreffen (Teil I) beim Partner IAPT	Hamburg
6	10.2024	Konsortialtreffen (Teil II) beim Partner Nikon SLM	Lübeck
7	11.2024	Messebesuch Formnext	Frankfurt
8	03.2025	Konsortialtreffen beim Partner FIR	Aachen
9	10.2025	Konsortialtreffen beim Partner ERLAS	Erlangen
10	03.2026	Konsortialtreffen bei ZF	Friedrichshafen
11	06.2026	Arbeitsgespräche an Demonstrator-Linie bei ZF	Friedrichshafen
12	06.2026	Projektabschlusstreffen inkl. Live-Demonstration	Friedrichshafen

Tabelle 1: Zusammenfassung von Veranstaltungen, an denen Supfina beteiligt war

AP 1: Flexible, skalierbare AM-Matrixfertigung

Das AP 1 wurde von ZF geführt, Supfina hat an organisatorischen Entscheidungsgremien teilgenommen und bei der Projektplanung unterstützend mitgewirkt. Die wichtigsten Ergebnisse sind die Definition der Matrixstationen, den Schnittstellen zwischen den Stationen, die damit verbundene Werkstückübergabe und die Definition der Pilotbauteile. Aus einem Bauteilkatalog wurden 3 Pilotbauteile definiert, die die Pilotlinie durchlaufen sollen.

AP 5: Effiziente Nachbearbeitung und QS

AP 5.1 Automatisierte Nach- und Endbearbeitung

Im Rahmen des Arbeitspakets wurde eine automatisierte Nachbearbeitungsstrategie für additiv gefertigte Bauteile entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Ausgehend vom ursprünglichen Ziel des Supfina-Teilvorhabens, der Entwicklung eines vollautomatisierten Nachbearbeitungsprozesses von additiv hergestellten Werkstücken mittels Roboter und Schleif-, Bürst- & Polierwerkzeugen, wurden zunächst Vorversuche zur mechanischen Schleif- und Polierbearbeitung durchgeführt. Dies wurde anhand vom IAPT und von ZF zur Verfügung gestellten Probe-Werkstücke auf einer Probe-Roboter-Anlage im Hause Supfina durchgeführt. Die hieraus gewonnen Erkenntnisse bzgl. Bearbeitungsstrategien und Wirtschaftlichkeit brachten in gemeinsamer Diskussion zwischen IAPT, ZF und Supfina hervor, dass die sich hieraus ergebenden Definitions-Umfänge, Planungsinhalte und mechanisch/elektrischen Maschinen-Komponenten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht darstellbar waren. Die Definition der einzelnen Bearbeitungskomponenten mitsamt Freiheitsgraden bei der mechanischen Schleif- und Polierbearbeitung hätten eine schwer abzuschätzenden Arbeitsumfang beinhaltet.
Auf dieser Basis wurde zunächst im Rahmen der im Unterarbeitspaket 5.1 beteiligten Partner, ZF, IAPT und Supfina, auf einem Arbeits-Treffen im Juli 2024 eine gering, vom Ursprungsziel abweichende Teilvorhabens-Definition besprochen. Diese Abweichung wurde dann im Rahmen des Gesamt-Konsortionaltreffens im Oktober 2024 allen Konsortionalpartnern vorgestellt und einheitlich beschlossen.

Basis der Teilvorhabens-Abweichung bleibt jedoch die ursprüngliche Teilvorhabens-Definition mit Bau einer vollautomatischen Roboterzelle zur mannlosen und rüstfreien Nachbearbeitung von Werkstücken aus additiven Herstellungsverfahren. Diese Bearbeitungszelle galt es so zu definieren und designen, dass sie in einer freiverketteten Matrixproduktion zur modularen, hochflexiblen und ressourcenschonenden Fertigung von Next-Generation-Mobility-Produkten Anwendung findet. Abweichung bestand bei der Neudefinition des Teilvorhabens nur im Bereich der mechanischen Nachbearbeitung der Werkstücke. Hier zeigte sich, dass insbesondere die automatisierte Entfernung von Stützstrukturen (Supportstrukturen) einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Industrialisierung additiver Fertigungsprozesse besitzt, somit wurden die Entwicklungs- und Forschungsarbeiten im Rahmen dieses Teilvorhabens in Bezug auf die mechanische Nachbearbeitung maßgeblich auf den Bereich der Support-Entfernung fokussiert.

Als Versuchsanlage wurde eine sich im Supfina-Besitz befindliche Roboter-Testanlage in der Art modifiziert, dass sowohl händische als auch roboter-geführte Entstützungsvorgänge entwickelt und getestet werden konnten. Diese Roboteranlage wurde hierzu aus einem produktiven Bereich der Supfina herausgenommen und eigens für das Forschungsvorhaben über einen Zeitraum von einem Jahr (Januar – Dezember 2025) reserviert und verwendet.

Die Definition der mechanischen Handlings Schnittstellen erfolgte im Projekt in enger Abstimmung zwischen allen Arbeitspaket-Partnern, maßgebliche Organisation und Entwicklung oblag hierbei dem Fraunhofer IAPT. Hierbei wurde das korrespondierend zu den Toolingpoints entwickelte Greifsystem (siehe Schlussbericht Fraunhofer IAPT) so weiterentwickelt, dass es Bauteile auch im geöffneten Zustand passiv aufnehmen kann. Dies ermöglicht ein sicheres, energieloses Einlegen und Entnehmen von Bauteilen zwischen unabhängigen Systemen – etwa zwischen Cobottisch und der Supfina-Nachbearbeitungszelle – ohne dass das Zielsystem aktiv sein muss. Dieser Ansatz vermeidet eine aufwändige Gesamt-CE-Zertifizierung und erlaubt die unabhängige Zertifizierung der Einzelsysteme.

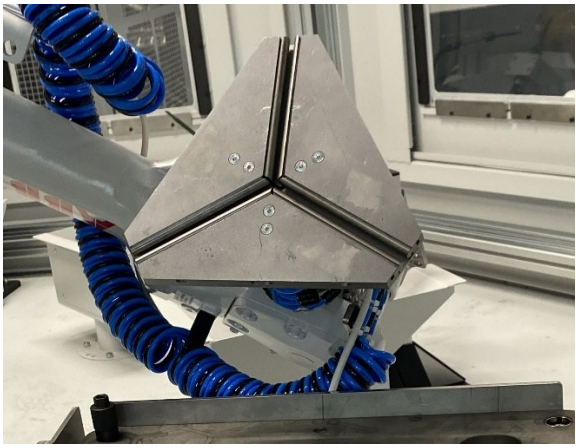

Abbildung 2: Greifsystem montiert auf Supfina-Roboter

Die prozessseitige Entwicklung des als primär definierten robotergestützten Nachbearbeitungsprozess der automatisierten Stutzstrukturentfernung wurde in beidseitiger Entwicklungsarbeit zwischen Fraunhofer IPAT als Arbeitspaket-Leader sowie Supfina als Verantwortlicher im Bereich der Hardwareumsetzung einer Roboterzelle verantwortet und durchgeführt. Als Werkzeugkonzept wurde grundsätzlich ein feststehender, oszillierender Meißel festgelegt, dem das Bauteil durch den Roboter gezielt zugeführt wird. In der finalen Auslegung der Roboterzelle wurden drei Bearbeitungsstationen mit je einem Meißel und jeweils unterschiedlicher Orientierung der Meißel im geometrischen Raum ausgeführt. Durch diese Tatsache konnte eine deutliche Erhöhung des Freiheitsgrades zur Bearbeitung schwer erreichbarer Stellen erreicht.

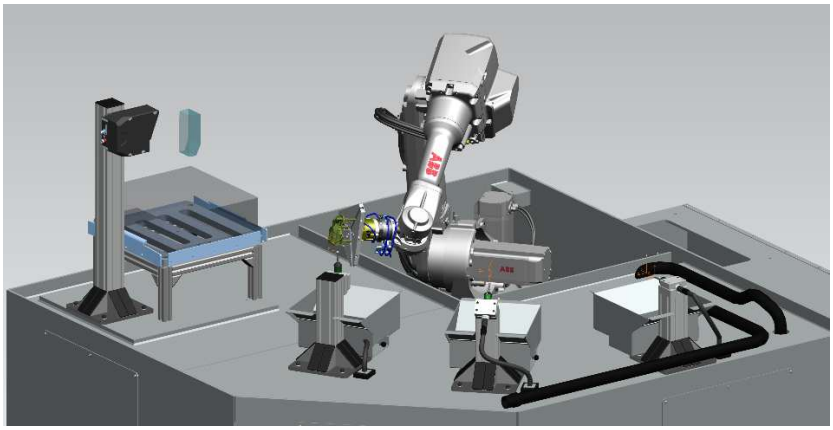

Abbildung 3: Gesamtansicht Zelle mit 3 Stationen

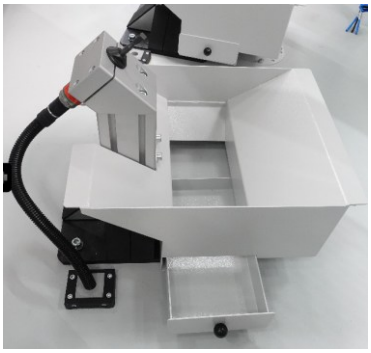

Abbildung 4: Bearbeitungsstation mittels Pneumatik-Meißel

Ergänzend zum eigentlichen Entstützungsprozess muss zuerst eine exakte geometrische Erfassung des Werkstückes auf der Roboterhand erfolgen. Hierbei erfasst eine 3D Laser Kamera im Beladebereich der Anlage die Geometrie des Werkstückes unmittelbar nach Beladung der Werkstückes durch den von ZF entwickelten Cobottisch. Anhand von Vergleichsdaten zum Sollgeometrie des Werkstückes wird die exakte Lage des Werkstückes auf der Roboterhand berechnet. Diese Offset-Verschiebung zwischen theoretischer Lage-Geometrie des Werkstückes und der ermittelten Lage-Ist-Geometrie erfolgt eine automatische Bahnanpassung der Roboterbahn.

Weiterführend wird die 3D-Laser-Kamera zur Qualitätsprüfung der Supportentfernung hinzugezogen. Mit der Kamera ist es möglich, gekennzeichnete Flächen auf Vorhandensein von Supports zu überprüfen, um im Anschluss an einen Entstützungsprozess dem Werkstück eine Qualitätsprüfung zu unterziehen und Prozesse an vereinzelten Bearbeitungsflächen wiederholen zu können.

Für die Roboterbahnplanung wurde gemeinsam mit dem Projektpartner Fraunhofer IAPT in der Softwareumgebung RoboDK ein Konzept erarbeitet, das anhand der Supportpositionen Skizzen mit den jeweiligen Richtungsvektoren für den Entstützungsprozess erzeugt (Abbildung 14). Supfina stellte hierfür ein Template bereit, in das die am IAPT erarbeiteten Bahnplanungsergebnisse direkt integriert werden konnten. Das neue Greifsystem wurde zudem digital in die Bahnplanungsumgebung eingebunden.

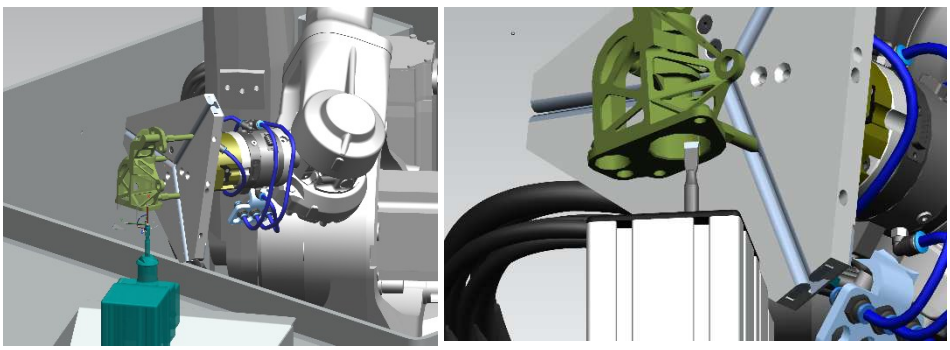

Abbildung 5: Roboterbahnplanung für den Supportentfernungsprozess.

Parallel dazu wurden die Stützstrukturen hinsichtlich Werkzeugzugänglichkeit und Abbruchverhalten optimiert: Kegel- bzw. Pin-Stützstrukturen wurden mit einer definierten Sollbruchstelle an der Bauteilkontur ausgelegt, um eine prozesssichere und reproduzierbare Entfernung zu gewährleisten und die Roboterbahnen zu vereinfachen.

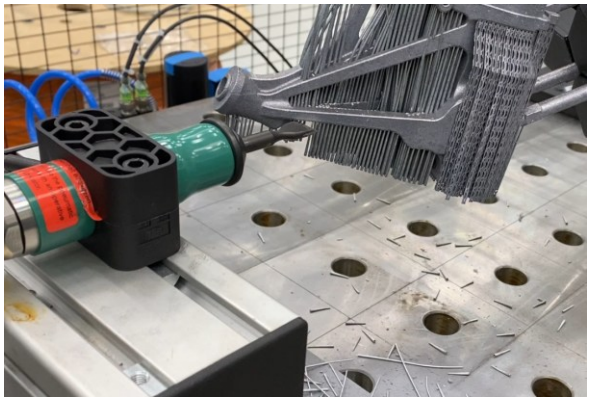

Abbildung 6: meißelnder Prozess zur Supportentfernung

Die aus der Fertigungsplanung generierten und prozessrelevanten Werkstückinformationen sowie der oben beschriebenen, automatisch generierten Roboterbahnen werden in diesem Projekt über eine IT-Systemlandschaft der Anlagensteuerung zur Verfügung gestellt. Diese modulare IT-Landschaft wurde seitens der zuständigen Projektpartner im Arbeitspaket AP3 definiert und entwickelt. Im Rahmen der Anlagen-Software-Entwicklung seitens Supfina galt es, die Vorgaben seitens der im AP3 entwickelten Softwarearchitektur auch in der Roboteranlage umzusetzen.

AP 6: Validierung und Transfer

Die Tätigkeiten von AP 6 umfassen alle Aktivitäten zum Aufbau, Inbetriebnahme, Test und Validierung der Pilotlinie bei ZF in Friedrichshafen sowie Weiterbildungs-, Transfer- und Kommunikationsmaßnahmen.
Im Rahmen von AP 6.1 wurde die fertige Anlage in der Pilotlinie am Standort ZF Friedrichshafen eingebracht und in Betrieb genommen. Die Automations-Anbindung zur vollautomatischen Be/Entladung der Werkstücke mittels ZF-seitigem Cobottisch wurde durch mehrerer Vorort-Einsätze durch Supfina-Personal realisiert. Hierbei erfolgte auch die Anbindung an die modulare IT-Landschaft aus Arbeitspaket AP3.
Zum Test der gesamten Matrixproduktion wurden seitens der Partner ZF und IAPT Bauteildemonstratoren für Tests in der Pilotlinie hergestellt, mit besonderem Fokus auf die Nachbearbeitungsstation. Dabei wurden offene Punkte und Optimierungspotenziale identifiziert, die u. a. als Grundlage für ein öffentlich gefördertes Nachfolgeprojekt dienen. Hierzu zählen die vollautomatisierte, intelligente Prozessteuerung und KI-gestützte Erzeugung der Roboterbahnen für individuelle AM-Bauteile.

Kommunikations- und Veröffentlichungsaktivitäten (AP 6.3) wurden seitens Supfina nicht erbracht.

Im Bereich Qualifizierung und Weiterbildung (AP 6.5) wurden Mitarbeiter des Verbundkoordinators ZF Friedrichshafen in der Bedienung der Anlage sowie Vornahme notwendiger Parameter-Anpassungen trainiert.

3. Wesentliche Ergebnisse

Im Rahmen von nexAMo konnte erstmals eine modular aufgebaute und freiverkettete Produktionsumgebung für additive Fertigungsprozesse in einem industriellen Anwendungsumfeld realisiert und erprobt werden. Im Bereich des Teilvorhabens Supfina konnte zudem die automatisierte Nachbearbeitung in Form von mechanischen Entstützungsprozessen der Supportstrukturen realisiert werden. Die entwickelte Matrixfertigung kombiniert additive Fertigungstechnologien mit automatisierten Material- und Informationsflüssen und ermöglicht dadurch eine deutlich höhere Flexibilität gegenüber klassischen Produktionskonzepten.

Zu den wesentlichen Ergebnissen gehören:

- Entwicklung und Demonstration einer modularen Matrixproduktionsarchitektur für additive Fertigungsprozesse.
- Integration von AGVs/AMRs, Cobots sowie automatisierten Handhabungssystemen zur Realisierung eines hochautomatisierten Materialflusses.
- Aufbau einer durchgängigen digitalen Datenstruktur zur Vernetzung der beteiligten Produktionssysteme.
- Realisierung einer automatisierten Nachbearbeitung additiv hergestellter Produkte
- Integration unterschiedlicher Qualitätsprüf- und Überwachungssysteme in die Prozesskette.
- Validierung der entwickelten Konzepte in einer Demonstratorlinie am Standort Friedrichshafen.
- Gewinnung wichtiger Erkenntnisse für die industrielle Skalierung additiver Fertigungssysteme im Mobilitätsumfeld.

Darüber hinaus wurden seitens der Projektpartner Ergebnisse auf Fachveranstaltungen, Messen und in industrienahen Netzwerken präsentiert und mit relevanten Akteuren diskutiert. Die Projektergebnisse bilden eine wesentliche Grundlage für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der automatisierten additiven Fertigung und der flexiblen Matrixproduktion.

Die enge Zusammenarbeit zwischen Industriepartnern und Forschungseinrichtungen erwies sich dabei als wesentlicher Erfolgsfaktor. Durch die Bündelung von Kompetenzen aus den Bereichen Additive Manufacturing, Automatisierung, Qualitätssicherung, IT-Systeme und Produktionsplanung konnten innovative Lösungsansätze entwickelt und unter industriellen Randbedingungen validiert werden.

4. Anhang

A1: Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises (> 1000 €)

Artikel	Preis in €	Nutzung
Roboter	50.000	Ausführung der Prozess-Bewegungs-Kinematik in Roboterzelle, Aufnahme Werkstücke für Prozess
3D-Laser-Kamera	42.000	Werkstück-Geometrieerfassung sowie Supporterkennung auf Werkstück
Maschinenständer + Schutzhaube + Werkstück-Ablage + Verrohrung Absaugung	28.000	Aufnahme aller mechanischen Komponenten
Steuerungskomponenten	16.500	Schaltschrank inkl. Steuerungskomponenten, Verkabelung etc.
Bearbeitungseinheiten	1.500	Pneumatische Meißeleinheiten
Naßabsaugung	14.000	Externe Absaugung mit Wirbel-Nassabscheider

Tabelle 2: Zusammenfassung der wichtigsten Positionen

A2: Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten
Aus dem vorrangehenden Bericht wird ersichtlich, dass die geleisteten, risikobehafteten Projektarbeiten direkt zum Erfolg des Forschungsprojekts sowie zur Entwicklung einer vollautomatischen Nachbearbeitungs-Roboterzelle beigetragen haben. Demnach ist sowohl die Notwendigkeit und als auch die Angemessenheit der Projektarbeiten gewährleistet.

A3: Nutzen und Verwertbarkeit
Die im abgeschlossenen FuE-Projekt entwickelte Roboter-Bearbeitungszelle mitsamt Steuerungskomponenten, 3D-Laser-Kamera sowie Software-Einheiten wird zukünftig bei Supfina zur weiteren, kundenspezifischen Prozessentwicklung von Nachbearbeitungs-prozessen an additiv hergestellten Komponenten eingesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt. In diesem Rahmen sind auf der Roboterzelle weitere Entwicklungen von Schleif- und Polierprozessen an 3D-Druck-Komponenten geplant.

Die nach Prozessabschluss bei Supfina stehende Anlage wird für zukünftige Kundenanfragen im Bereich der Prozessentwicklungen und Auftragsgenerierung einen maßgeblichen Anteil haben.

A4: Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Nachfolgend wird der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik durch parallel veröffentlichte Inhalte je Themenbereich zusammengefasst:

- Automatisiertes Handling: Es sieht keine relevanten Veröffentlichungen auf dem Themenbereich bekannt.
- Automatisierte Nachbearbeitung: Der Ansatz der alternativen Trockeneis-basierten Stützstrukturentfernung wurde kommerziell als halb-automatisches System veröffentlicht. Die Vollautomatisierung steht aus und die Nutzbarkeit ist stark Material und Geometrie-abhängig.

A5: Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Titel	**Autoren**	**Medium**	**Link**
13IK038H_nexAMo_ Abschlussbericht_Teil2	Rainer Bell	PDF	https://oa.tib.eu/renate/home
Geplante Veröffentlichungen			
keine			

Tabelle 3: Erfolgte und geplante Veröffentlichungen