AdaProQ

Abschlussbericht

Teil 1

Kurzbericht

Zuwendungsempfänger	PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH
Förderkennzeichen	13IK006I
Vorhabensbezeichnung	Adaptive Prozessketten zur Steigerung der Produktionsqualität und -effizienz (AdaProQ)
Teilvorhaben	Integrierte Prozessmesstechnik und Prozessanpassung
Laufzeit des Vorhabens	01.10.2021 – 30.09.2024
Berichtszeitraum	01.10.2021 – 30.09.2024

Der derzeitige industrielle Wandel stellt die deutsche Automobilindustrie vor besondere Herausforderungen. Der digitale Transformationsprozess, zunehmendes Umweltbewusstsein und neue technische Möglichkeiten führen dazu, dass die Industrie sich auf neue Antriebs- und Produktkonzepte und damit auf neue Produktionstechnologien einstellen muss. Neue Produktlinien müssen in kürzester Zeit aufgebaut werden – über die gesamte Lieferkette eines Produktes. Das steigende Umweltbewusstsein sowie gesellschaftliche Aspekte führen dazu, dass System- und Produktionskonzepte in der Automobilindustrie zukünftig deutlich stärker hinterfragt werden. Wirtschaftliche Krisen und innovative Neuanbieter sorgen für einen dynamischen Wandel von Technologien und Produkten und setzen etablierte Unternehmen unter Druck. Zur dauerhaften Standhaltung in dieser neuen Marktlage müssen deutsche Unternehmen ihre Anpassungsmöglichkeiten erweitern und resiliente Produktionstechnologien etablieren. Neue Technologien, Werkstoffe und steigende Bauteilkomplexitäten in der Automobilindustrie führen zu speziellen Anforderungen in der Fertigungstechnik. Die Qualitätssicherung erfolgt häufig stichprobenartig. Fehlerursachen werden oft heuristisch und mit viel Erfahrungswissen ermittelt, was aufgrund der Komplexität der Fertigung schwierig ist. Die Beurteilung findet meist in einzelnen Bearbeitungsstufen statt, was zu engen Toleranzen und hohem Anpassungsaufwand führt, der die Wirtschaftlichkeit der Produktion beeinträchtigt. Dies

erschwert auch die Anpassung der Prozesslinien an neue Anforderungen, wie den Einsatz neuer Materialien oder Änderungen der Bauteilgeometrien. Die Betrachtung komplexer Bearbeitungsprozesse über Unternehmensgrenzen hinweg wird durch Datensilos erschwert, die durch unterschiedliche Entwicklungsstände in der Digitalisierung, Sorgen um Datenhoheit und Schnittstellenprobleme entstehen. Auch die unzureichende Bauteilidentifikation vom Rohmaterial bis zum Recycling sowie fehlende Flexibilität und Einbindung der Mitarbeiter in digitale Prozesse tragen dazu bei. In einem geplanten Vorhaben sollen Unternehmen mit hoher Sicherheitsrelevanz, Maßhaltigkeitsanforderungen und Materialabhängigkeit zusammenarbeiten, um komplexe Zusammenhänge in der Qualitätssicherung besser zu handhaben. Die ausgewählten Prozessketten in diesem Projekt sind komplex und typisch für die meisten Fertigungsprozesse in der Automobilindustrie. Diese Komplexität erschwert die Handhabung von Abweichungen und führt zu einem erfahrungsbasierten, kostenintensiven Betrieb. Eine systematische Beeinflussung der Einzelprozesse sowie die Einbeziehung von Bauteil- und Materialinformationen der Lieferanten könnte die Prozessqualität und Robustheit der Produktion erheblich verbessern. Die Entwicklung dieser Ansätze bietet großes Potenzial für die Anwendung auf andere Bereiche.

Die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH partizipiert als Methodenpartner in dem Verbundprojekt „Adaptive Prozessketten zur Steigerung der Produktionsqualität und -effizienz“ (kurz: AdaProQ). Die Teilhabe der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH erfolgt im Teilvorhaben „Integrierte Prozessmesstechnik und Prozessanpassung“. Das Teilprojekt legt den Schwerpunkt auf die Entwicklung von sensorischen und aktorischen Prozesskomponenten, die entscheidend für das Erreichen des Gesamtziels sind. Ohne geeignete prozessnahe Informationsquellen können Zusammenhänge nicht abgeleitet und keine Prozessoptimierung erreicht werden. Daher ist eine kompetente Entwicklung der Komponenten erforderlich, um ihre zuverlässige Funktion und den angestrebten Mehrwert sicherzustellen. Die Sensorierung und Aktorierung von Spannelementen und Werkzeugkomponenten sind eine wichtige Grundlage für die Erfassung qualitätsrelevanter Prozesskenngrößen. Durch diese Komponenten ergeben sich neue Möglichkeiten, sowohl Einzelprozesse als auch die gesamte Prozesskette hinsichtlich ihrer Leistung zu quantifizieren. Im Rahmen des Teilvorhabens ergeben sich somit zwei wesentliche Teilziele für die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Im ersten Projektabschnitt lag der Fokus auf der Prozesssensorik. Neben virtuellen Sensoren sind vor allem real integrierte Prozesssensoren notwendig, um Modelle mit echten Realdaten zu unterstützen. Dies umfasst die Nutzung bestehender Sensorik sowie die Implementierung zusätzlicher Sensoren. Wichtige prozessrelevante Messgrößen sind zum Beispiel Verlagerungen in Spannvorrichtungen, Kräfte und deren Verteilung sowie Wärmeströme in thermischen Fügevorgängen. Grundlage für die Identifikation und Lokalisierung der relevanten Messstellen stellen die Prozesssimulationen dar. Des Weiteren waren umfangreiche Vorversuche Bestandteil der Projektarbeit. Zielsetzung war die Auslegung und Integration von Sensorik direkt an der Spannstelle, die Identifikation von geeigneten Sensorprinzipien, die Entwicklung der mechanischen und elektrischen Peripherie sowie die Erprobung in der Anwendungsumgebung. Der zweite Fokus lag auf der Prozessaktorik. Auf Grundlage von Handlungsempfehlungen zur Adaption der

Prozesskette erfolgt die autonome Beeinflussung durch die Anpassung von Prozessparametern oder durch den Einsatz von Aktorik. Durch Kenntnisse aus den Prozesssimulationen und den sensorierten Vorversuchen wurden für die betrachtete Prozesskette anwendungsspezifische Ansätze zur aktiven Prozessbeeinflussung durch zusätzliche Aktorik umgesetzt. Die Entwicklung und Implementierung aktiver Spannvorrichtungen im Karosseriebau zielt darauf ab, Maßhaltigkeitsabweichungen zu kompensieren, sowie Feinpositioniersysteme bei der Zustellung von Werkstücken einzusetzen. Zielsetzung im Rahmen der Aktorentwicklung lag auf einer konstruktiv optimierten Lösung, welche in Bestandsanlagen integrierbar ist. Darüber hinaus mussten die sensorischen und aktorischen Komponenten zusammengeführt werden. Letztlich wurde die mechatronische Gesamtlösung in umfangreichen Versuchsreihen in der Anwendungsumgebung erprobt.

Im Rahmen der Verbundprojektes AdaProQ wurden insgesamt fünf Anwendungsfälle betrachtet. Nach Abstimmung mit allen Praxispartnern und der Darlegung der angestrebten Entwicklungsarbeit wurde das Mitwirken der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH auf den Anwendungsfall der Fa. Autotech/Gestamp fokussiert. Der Anwendungsfall steht charakteristisch für eine Vielzahl von vergleichbaren Prozessen in der Automobilindustrie. Es handelt sich um eine komplexe Schweißbaugruppe, deren Einzelkomponenten in einer Rahmenkonstruktion positioniert und fixiert werden. Durch die Fixierung sowie das nachfolgende Fügen durch Schweißen (u.a. Wärmeeintrag) erhält die Baugruppe ihre Gestalt. Die Auswirkungen unterschiedlichster Parameter auf die Ergebnisgüte können durch innovative Sensorik ermittelt werden. Mittels Nachbetrachtung werden die Einflussparameter untersucht und klassifiziert. Durch komplexe Datenverarbeitung und Nutzung modernster KI-Methodik können Adaptionsmöglichkeiten der Spannposition und -kraft vorgeschlagen und mittels automatisierter Aktorik umgesetzt werden. Anpassungen in der Prozesskette können den Ausschuss von Fehlteilen reduzieren sowie die Verarbeitbarkeit unterschiedlicher Qualitäten zu einer funktionalen und maßgültigen Baugruppe ermöglichen.

Im Rahmen des Projektes startete die Bearbeitung des Anwendungsfalls der Fa. Autotech/Gestamp mit gemeinsamen Vorversuchen der Projektpartner Fraunhofer IWU und der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Dazu wurden existierende Spannpunkte im Prototypenbau sensoriert und die Ergebnisse mehrere Parametervariationen genutzt, um die Range der zu erwarteten Reaktionskräfte aus dem Schweißprozess abzuschätzen. Auf Grundlage der Vorversuche startete die Entwicklung der sensorischen Komponente und der dazugehörigen Peripherie. Dabei wurde auf analytische und numerische Berechnung sowie auf fachspezifische Methodik zurückgegriffen. In einer weiteren Versuchsreihe konnte die aufgestellte elektrische Peripherie mit der initialen Sensorik getestet werden. Die Versuche liefen äußerst zufriedenstellend und die Ergebnisse der konnten manuell ausgewertet werden und dem Konsortium zur Weiterverarbeitung übergeben werden. Durch die Zuarbeit anderer Teilvorhaben konnte die zu erwartende Range der Positionsadaption einzelner Spannpunkte simulativ bestimmt werden. Dies setzte die Ausgangslage für die Entwicklung einer geeigneten Aktorik durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Während des Entwicklungsprozesses wurden

analytische Berechnungen, numerische Simulationen und experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Zielsetzung war es, die aktive Komponente für den allgemeinen Anwendungsfall in einer Produktionslinie zu entwickeln. Spezifische Betrachtungen aufgrund spezieller Umgebungseinflüsse wurden bedacht, teilweise aber noch nicht abschließend im Entwicklungsprozess finalisiert. Das Zusammenspiel der sensorischen Komponente und der regelbaren Positionsadaption konnte in einer finalen Messreihe untersucht werden. Die eingesetzte Parametervariation in dieser Messreihe stammt aus der Zuarbeit des Teilvorhabens „Simulation“. Die Messreihe konnte erfolgreich durchgeführt werden und die Datenpakete wurden zur weiteren Verarbeitung bereitgestellt. Die Zielstellung der Projektbeteiligung konnte somit erreicht werden. Die Ergebnisse und Erkenntnisse konnten in guter Zusammenarbeit mit den beteiligten Projektpartnern erlangt und verarbeitet werden. Nach erfolgreicher Testung der Entwicklungen wurden langfristige Lebensdaueruntersuchungen der aktiven Komponente angestoßen. Diese Untersuchungen waren zum Ende des Förderzeitraums noch nicht vollständig abgeschlossen. Im Rahmen weiterführender Entwicklungsarbeit plant die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH den Abschluss der Lebensdaueruntersuchung. Des Weiteren werden zusätzliche Arbeiten zur gesteigerten Resilienz der Entwicklung in Schweiß- und Schmutzumgebung angestrebt.

AdaProQ

Abschlussbericht

Teil 2

Eingehende Darstellung

Zuwendungsempfänger	PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH
Förderkennzeichen	13IK006I
Vorhabensbezeichnung	Adaptive Prozessketten zur Steigerung der Produktions-qualität und -effizienz (AdaProQ)
Teilvorhaben	Integrierte Prozessmesstechnik und Prozessanpassung
Laufzeit des Vorhabens	01.10.2021 – 30.09.2024
Berichtszeitraum	01.10.2021 – 30.09.2024

Im nachfolgenden Bericht erfolgt die eingehende Darstellung der durchgeführten Arbeiten des Methodenpartners PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH im Verbundprojekt „Adaptive Prozessketten zur Steigerung der Produktionsqualität und -effizienz“ (kurz: AdaProQ) – Teilvorhaben „Integrierte Prozessmesstechnik und Prozessanpassung“. Die Gesamtsituation der deutschen Automobilindustrie sowie die Motivation zur Durchführung des Verbundprojektes werden im „Abschlussbericht – Teil 1: Kurzbericht“ der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH eingehend dargestellt. Des Weiteren findet sich im „Abschlussbericht – Teil 1: Kurzbericht“ der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH eine Konkretisierung der Aufgabenstellung des Teilvorhabens sowie die Spezifikation der konkreten Aufgaben der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Auf eine Wiederholung dieser Abschnitte wird im nachfolgenden Bericht verzichtet. Der administrative und abstimmungstechnische Aufwand mit weiteren Methodenpartnern und Anwendungspartnern ist ebenso nicht Teil der Berichterstattung. Als Ergebnis der Abstimmungsarbeit erfolgt die Partizipation der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH am Anwendungsfall der Fa. Autotech/Gestamp. Die durchgeführten Arbeiten zur Integration einer sensorischen Komponente zur Erfassung von Prozesskräften während Montage- und Schweißprozessen sowie zur Entwicklung einer aktiven Komponente zur flexiblen Positionsanpassung zur Optimierung der Produktprozesse im Prototypenbau einer

Schweißbaugruppe werden nachfolgend beschrieben. Die detaillierte Vorstellung des Anwendungsfalles obliegt dem Anwendungspartner.

Im Rahmen eines Anwendertreffens beim Methodenpartner wurde der Anwendungsfall detailliert vorgestellt. Es erfolgt dabei auch die Begehung des Prototypenbaus und eine Besichtigung der Schweißstation, auf welcher die Schweißbaugruppe gefertigt wird und welche im Rahmen des Projektes durch entsprechende Erweiterung von Sensorik und Aktorik durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH adaptiert wird (Abbildung 1).

Abbildung 1: Schweißstation im Prototypenbau

In dieser Phase der Projektbearbeitung wurden bereits erste Annahmen und Überlegungen zur zu entwickelnden Sensorlösung getroffen. Die Zielsetzung zur Bestimmung der auftretenden Prozesskräfte durch Montage- und Schweißprozess wurde für die Spannpunkte, die Distanzhülsen und die Verschraubungen definiert.

Abbildung 2: Überprüfung der Kalibrierungswerte

Einen konkreten quantitativen Wert konnte man in dieser Phase noch nicht bestimmen. Zur Auslegung und Dimensionierung der sensorischen und aktorischen Komponenten ist die Größenordnung der auftretenden Reaktionskräfte wesentlich entscheidend. Daher wurden Vorversuche vereinbart, die zeitnah Aufschluss über die benötigten Informationen schaffen sollten. Der Projektpartner Fraunhofer IWU hat die im Prototypenbau verwendeten Handspanner zur Bauteilfixierung mittels DMS-Applizierung sensoriert. Die Sensorierung und nachfolgende Kalibrierung wurde durch fachlich qualifizierte Mitarbeiter der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH überprüft und validiert (Abbildung 2).

Abbildung 3: Installation Vorversuche

Bei einem weiteren Vor-Ort-Termin wurden die sensorierten Handspanner, Distanzhülsen und Verschraubungen auf dem Montagerahmen der Schweißstation installiert. Mitarbeiter der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH haben die Installation sowie die Durchführung der anschließenden Schweißversuche begleitet.

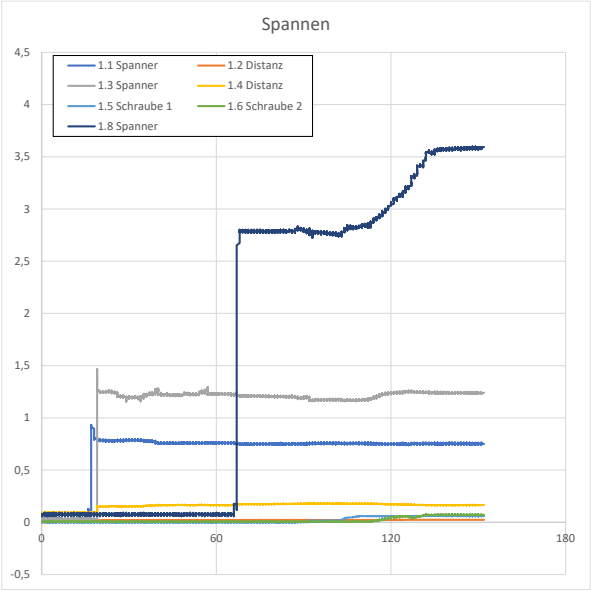

Abbildung 4: Reaktionskräfte beim Spannen

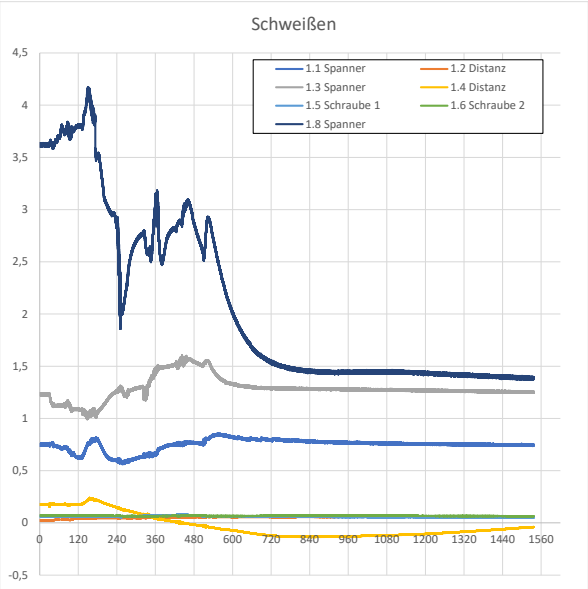

Abbildung 5: Reaktionskräfte beim Schweißen

Zielsetzung der Vorversuche war es, die Reaktionskräfte während des Spann- und Schweißprozesses zu untersuchen und eine quantitative Abschätzung zu erhalten. Dazu wurden beide Prozesse separat untersucht (Abbildung 4 und Abbildung 5).

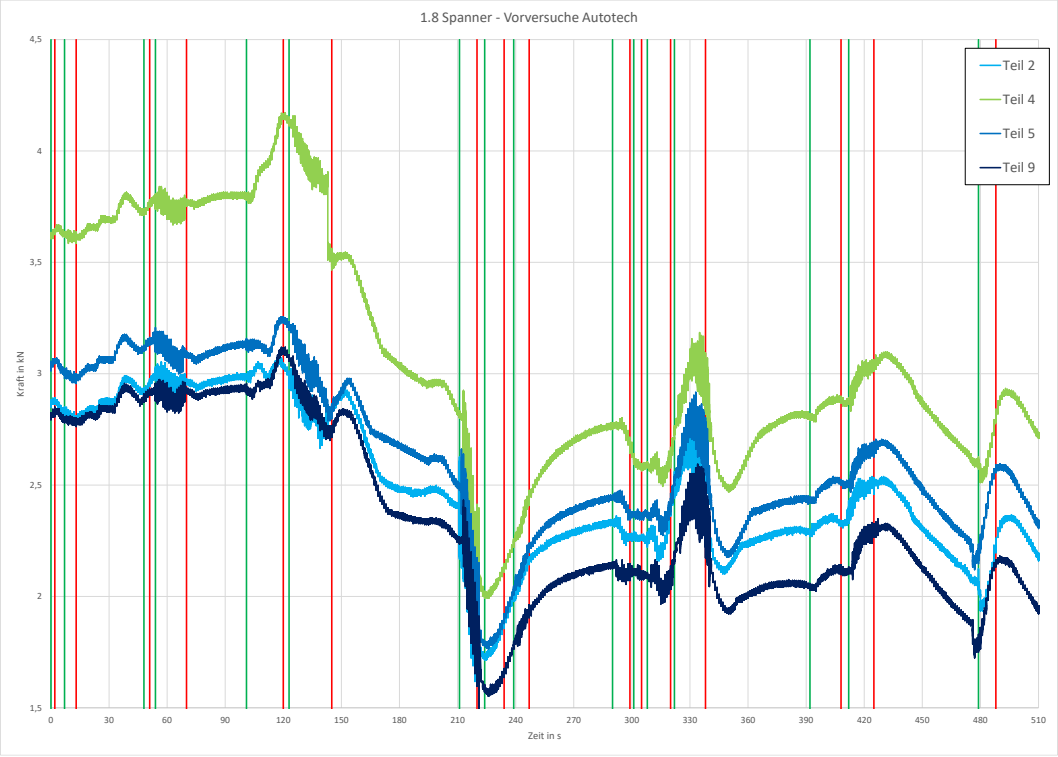

Abbildung 6: Reaktionskräfte beim Schweißen mit Parametervariation

Jeder Spannpunkt sowie jede Distanzhülse sind separat bewertbar. Um die Funktion der installierten Sensorik zu prüfen, wurden mehrere Versuche mit gleichen Versuchsparametern durchgeführt. Um den Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die auftretenden Prozesskräfte während der Montage- und Schweißprozesse abschätzen zu können, wurden geometrische Veränderungen an den Distanzhülsen eingebracht. Abbildung 6 zeigt die Visualisierung der

Prozesskräfte. Dabei kann auch das Verhalten in Schweißpausen analysiert werden. Die Darstellung wurden in Eigenregie von Mitarbeitern der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH generiert. Sie lieferten einen direkten visuellen Eindruck für den Anwendungspartner. Die Weiterführende Verarbeitung der Versuchsdaten erfolgte durch die Methodenpartner. Die Versuchsergebnisse bilden die Grundlage zur Auslegung und Dimensionierung der Sensor-Komponente durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH.

Zielsetzung des Projektes ist die automatisierte Aufnahme der Messdaten bei jedem Produktionsschritt. Im Rahmen der Vorversuche wurde noch eine simple Datenaufzeichnung genutzt. Im nächsten Versuchszeitraum sollte bereits eine branchenübliche Datenerfassung mittels IPC erfolgen (Abbildung 7).

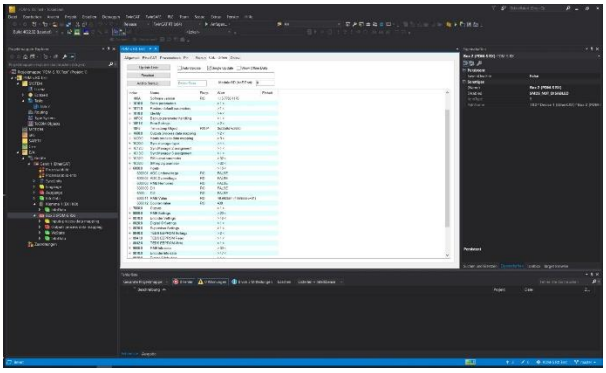

Abbildung 7: Einbindung in Beckhoff-System

Um die notwendigen Schnittstellen zu bedienen hat die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH die elektrische Peripherie zur Datenaufnahme konzipiert und bereitgestellt. Zum Aufbau der Messkette sowie der Anbindung über eine EtherCAT-Schnittstelle waren Mitarbeiter der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH beim Anwendungspartner. In dieser Versuchsreihe wurden erneut die DMS-sensorierten Handspanner der Vorversuche genutzt. Diese erzielten bei den Vorversuchen gute Ergebnisse. So konnten die Messungen bereits vor der Fertigstellung der sensorischen Komponente durchgeführt werden und zur Weiterverarbeitung an die Methodenpartner übergeben werden.

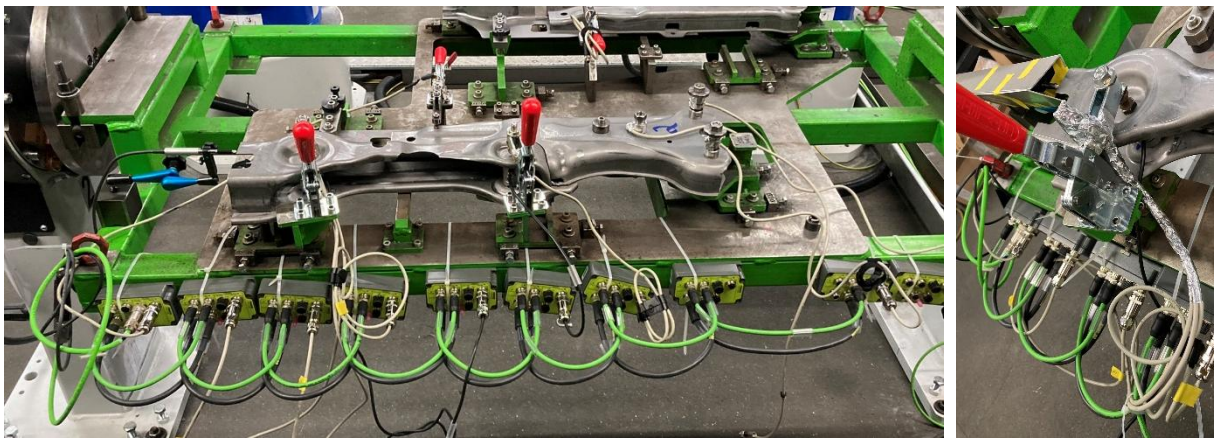

Abbildung 8: Installierte Messkette

Die neue Messreihe bot auch die Gelegenheit die digitalen Messverstärker der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH auf Eignung zum Einsatz in Schweißumgebung zu testen. Zusätzlich wurden auch mehrere inkrementale Messtaster eingesetzt, um die Positionsverschiebung der Bauteile infolge des Wärmeeintrags des Schweißprozesses zu bestimmen. Die Messtaster konnten problemlos in die Messkette integriert werden (Abbildung 8).

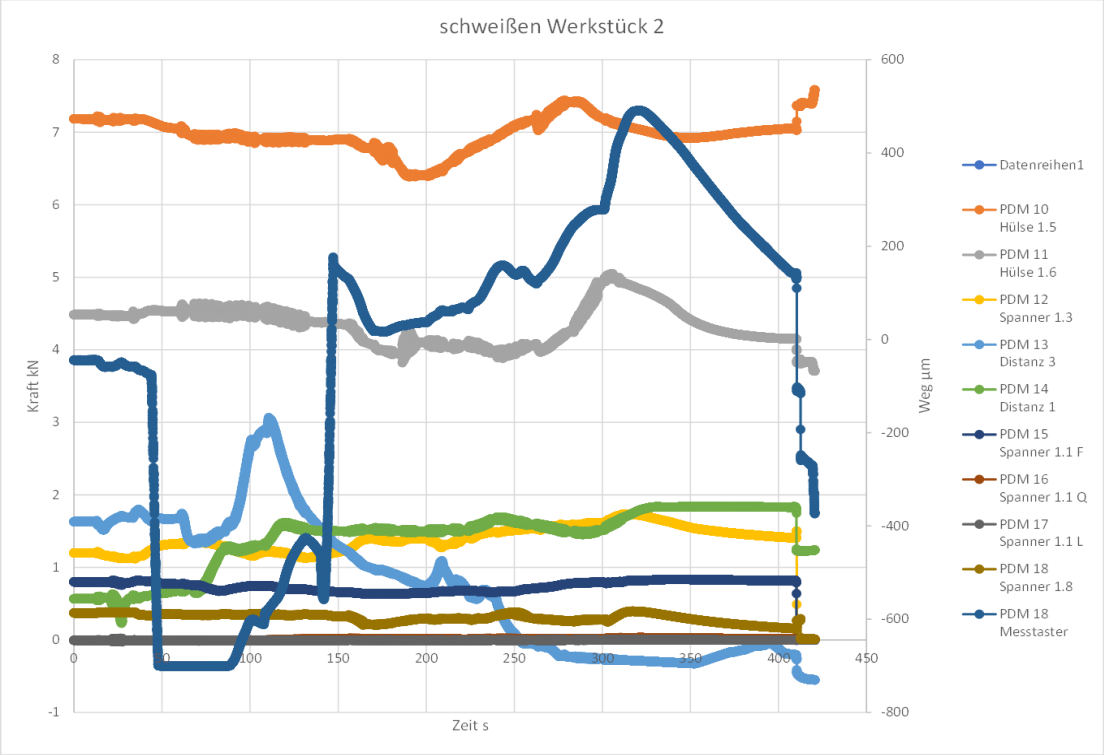

Abbildung 9: Auswertung Messdaten

Zur internen Auswertung der Messdaten wurde eine teilautomatisierte Methode entwickelt, die gleichzeitig eine Visualisierung der Ergebnisse bereitstellt (Abbildung 9). So konnten in dieser Versuchsreihe mehrere Einflussparameter untersucht werden. Durch Variation der Randbedingungen konnte die Kenntnis über das Reaktionsverhalten weiter ausgebaut werden. Diese Erfahrungen dienten den Methodenpartnern später zur Validierung der Schweißsimulationen. Die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH konnte die Anforderungen an die Sensorik und Aktorik weiter spezifizieren und diese Erkenntnisse in die Entwicklung einfließen lassen.

Zur Entwicklung der sensorischen Komponenten wurden unterschiedliche Konzepte erstellt und bewertet. Die Messung der Prozesskräfte direkt an der Spannstelle bringt viele Vorteile. Der mögliche Fehlereinfluss der nachgelagerten Komponenten ist vermutlich am geringsten. Allerdings ist die Messstelle auch unmittelbar neben den Schweißstellen. Dadurch können Störungen aufgrund elektromagnetischer Verträglichkeit das Messergebnis erheblich beeinflussen. Ein weiteres Konzept verfolgt die Installation der sensorischen Komponente direkt am Sockel des Spanners. Hier bietet sich auf die Möglichkeit eine spätere Aktorik direkt anzuschließen. Auch die Kabelführung in komplexen Anlagen wird bei diesem Konzept als realisierbar eingestuft. Auf Verwendung geeigneter Kabel wurde beim Entwicklungsprozess geachtet.

Daher wird nachfolgend das Konzept des Sensors am Spannsockel im Projektverlauf realisiert. Beide Konzepte sind in Abbildung 10 dargestellt.

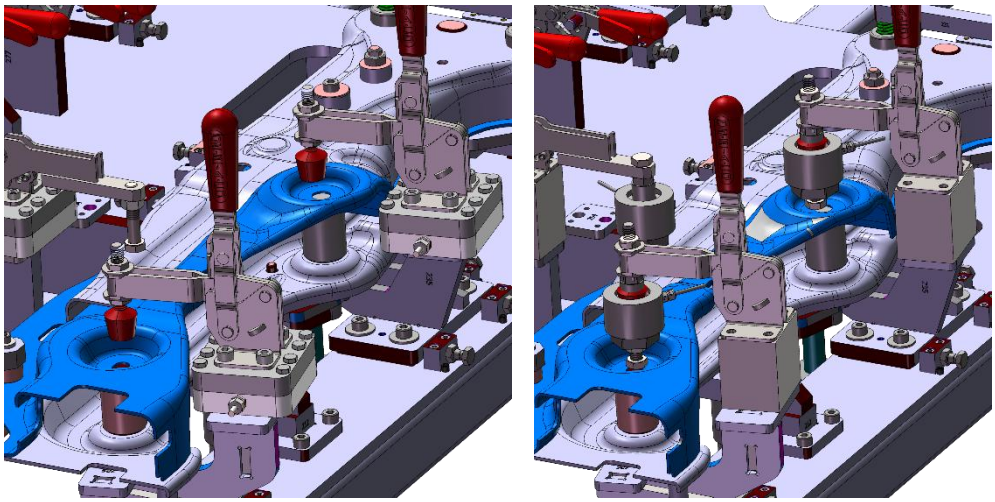

Abbildung 10: Konzepte Sensorik

Die Auslegung und Dimensionierung der sensorischen Komponente erfolgten mittels analytischer Berechnung sowie dem Einsatz von FEM-Simulationen (Abbildung 11). Die Randbedingungen für die Berechnungen wurden den Vorversuchen sowie der ersten Messreihe entnommen.

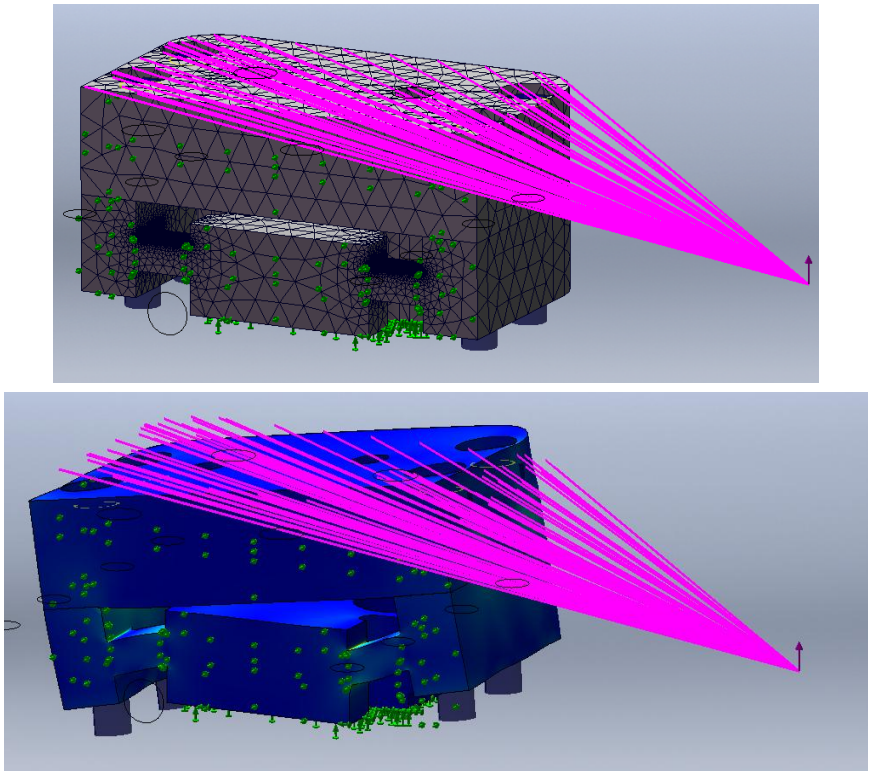

Abbildung 11: FEM-Analyse Sensorentwicklung

Abbildung 12 zeigt die applizierten DMS zur Kraftmessung im Gehäuse des Kraftaufnehmers. Durch Messung der resultierenden Kraft wird die Entwicklung fortlaufend als Biegemomentaufnehmer bezeichnet. Zur Integration in die Vorrichtung wurde ein entsprechendes

Bohrbild realisiert. Zusätzlich wurde auch die Schnittstelle zwischen Sensor und späterer aktiver Komponente vorgesehen (Abbildung 12).

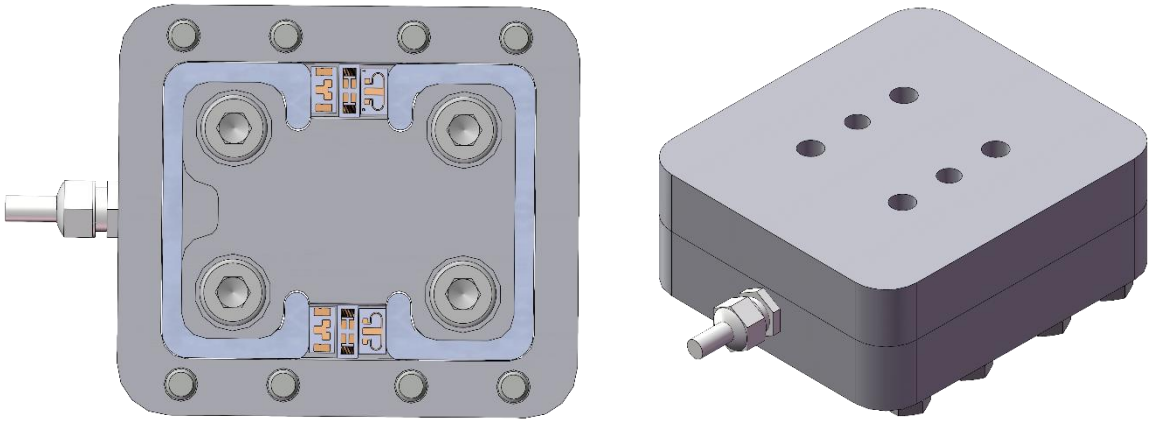

Abbildung 12: DMS-Applizierung und finale Darstellung

Im Rahmen der Entwicklung wurde die theoretische Auslegung auch durch interne Versuche bei der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH validiert. Zudem erfolgte die Kalibrierung des Kraftaufnehmers durch Fachpersonal der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Die Erprobung im industriellen Umfeld sollte bei der nächsten Versuchsreihe umgesetzt werden.

Die sensorische Komponente stellt einen wesentlichen Teil der Messtechnik dar. Zur Umsetzung der bauteilspezifischen Zustellung erfolgt die Entwicklung einer aktiven Komponente. Die allgemeinen Anforderungen an die zu entwickelnde Aktorik lauten:

- Verstellung der Spanner- bzw. Bauteilposition (abhängig vom Einsatzort),
- Berücksichtigung des Einsatzortes in unmittelbarer Nähe des Schweißprozesses,
- Integration in den vorhandenen Bauraum,
- Schnittstelle zum Industrie-PC.

Die bisherige Lösung sieht die manuelle Positionsänderung durch Abstandsbleche vor. Dazu muss die Anlage händisch von geschultem Fachpersonal angepasst werden. Dieser Prozess ist zeitaufwändig und gefahrenanfällig. Die angestrebte Entwicklung zielt auf eine automatisier- und steuerbare Zustellung ab.

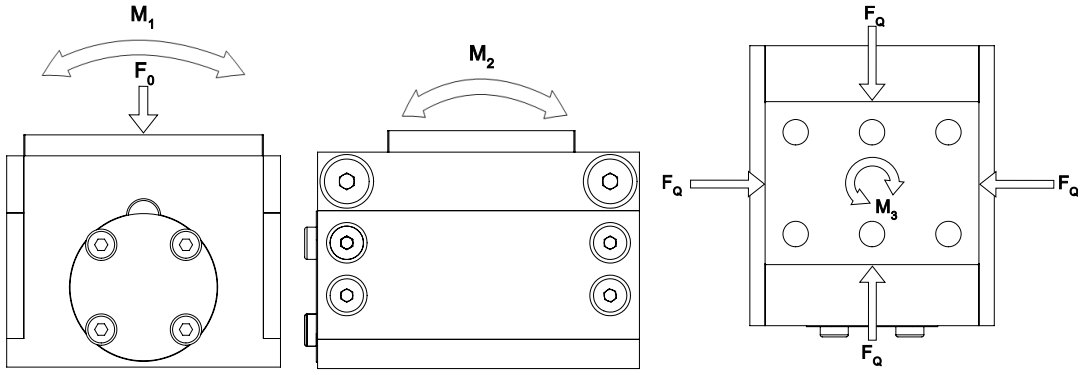

Abbildung 13: Belastungsszenarien

Im Verlauf der Projektbearbeitung wurde überprüft, ob die mechanische Konstruktion der Positioniervorrichtung die ermittelten Rahmenbedingungen erfüllen kann. Dabei kam die analytische Berechnung, die numerische Simulation mittels FEM und die experimentelle Untersuchung zu Einsatz. Je nach Einbausituation der aktorischen Komponente können unterschiedliche externe Belastungen auf die Konstruktion einwirken. Abbildung 13 zeigt die definierten Belastungsszenarien anhand der Hauptachsen. Eine Kombination der Belastungen ist in der Realität wahrscheinlich. Die wissenschaftliche Betrachtung erfolgt auf Grundlage der Vergleichbarkeit ausschließlich anhand dieser Szenarien.

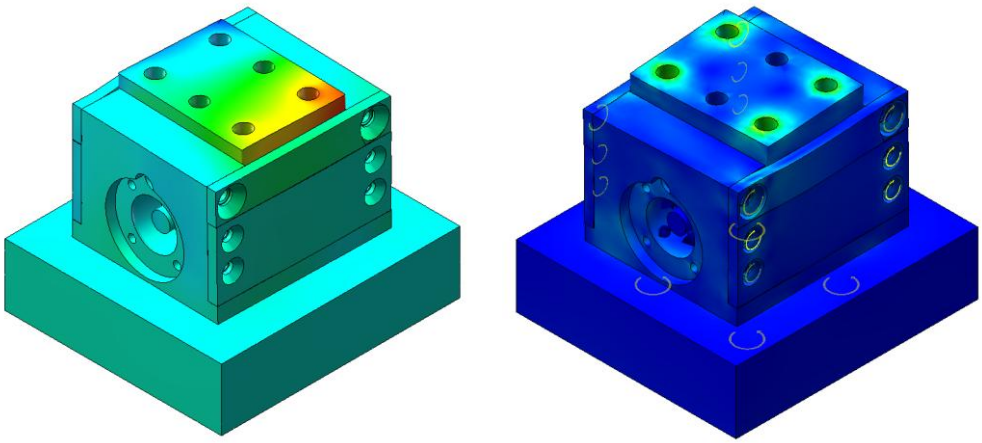

Abbildung 14: Beanspruchungsanalyse mittels FEM

Zur Detektion wesentlicher Schwachstellen der Konstruktion wurde eine numerische Simulation mittels FEM durchgeführt (Abbildung 14). Konstruktive Änderungen konnten Beanspruchungsspitzen verringern. Zusätzlich konnte die Lagerbeanspruchung sowie die Verschiebung der Anbaufläche infolge der Belastung überprüft werden.

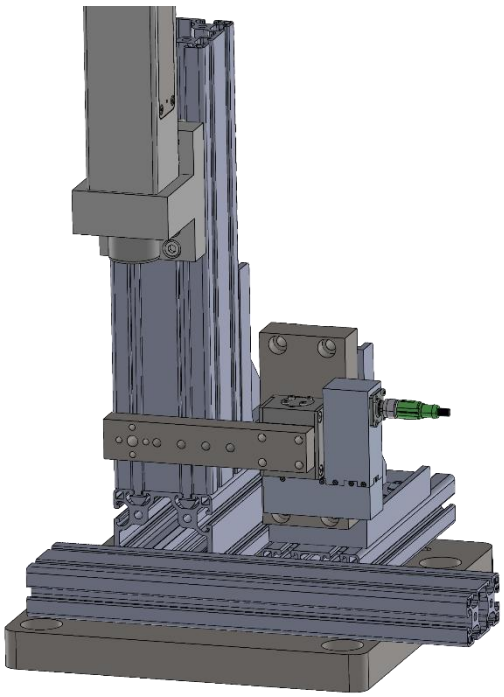

Abbildung 15: Prüfstand für mechanische Belastbarkeit

Die berechneten Einsatzszenarien wurden numerisch überprüft. Die Randbedingungen dieser Untersuchungen sollten auch experimentell untersucht werden. Dazu wurde ein individueller Versuchsstand konzipiert und umgesetzt (Abbildung 15). Zur definierten Kraftaufbringung wurde eine Presse der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH genutzt.

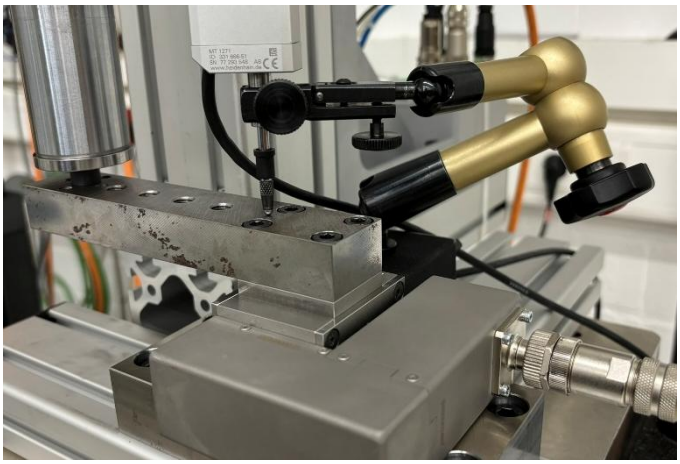

Abbildung 16: Versuchsaufbau

Am Versuchsstand wurden alle definierten Lastszenarien betrachtet (Abbildung 16). Zielsetzung der Experimente war die Erlangung spezifischer Kenntnisse über das Kippverhalten der mechanischen Konstruktion unter externer Belastung. Der Weiteren waren Wiederholgenauigkeit, Positionstreue und Verschleißmessung Gegenstand der Untersuchungen. Alle Untersuchungen konnten zufriedenstellend durchgeführt und abgeschlossen werden. Deshalb wurde nun die praxisnahe Erprobung beim Anwendungspartner angestrebt.

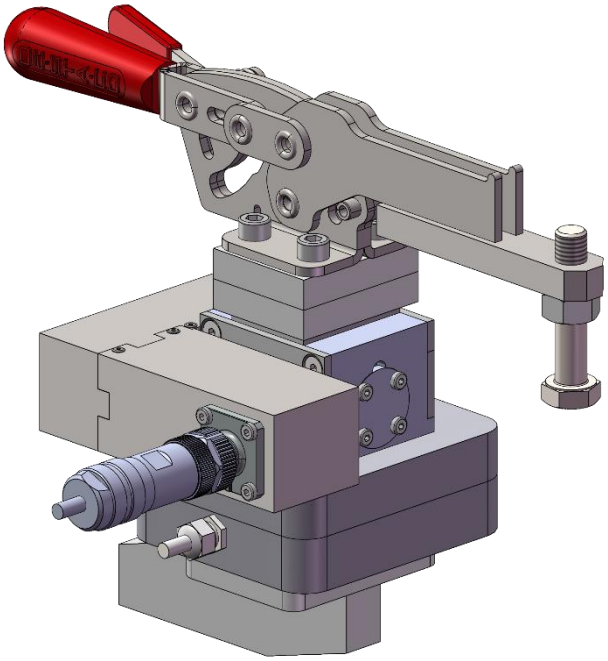

Abbildung 17: Kombination Sensor/Aktor/Spanner

Abbildung 17 zeigt den Aufbau der Kombination aus Anlagenanbindung, Sensor, Aktor und Spanner. Abbildung 18 zeigt die Integration der Sensor-Aktor-Kombination am Schweißtisch

der Prototypen-Entwicklung der Fa. Autotech/Gestamp. In einer weiteren Versuchsreihe sollte u.a. diese Entwicklung in industrieller Umgebung getestet werden. Dabei kamen erneute die digitalen Messverstärker der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH aus den vorherigen Versuchen zum Einsatz. Zur Ermittlung der Positionsverschiebung und der Materialausdehnung aufgrund des Wärmeeintrages wurden erneut die inkrementalen Messtaster in die Messkette integriert.

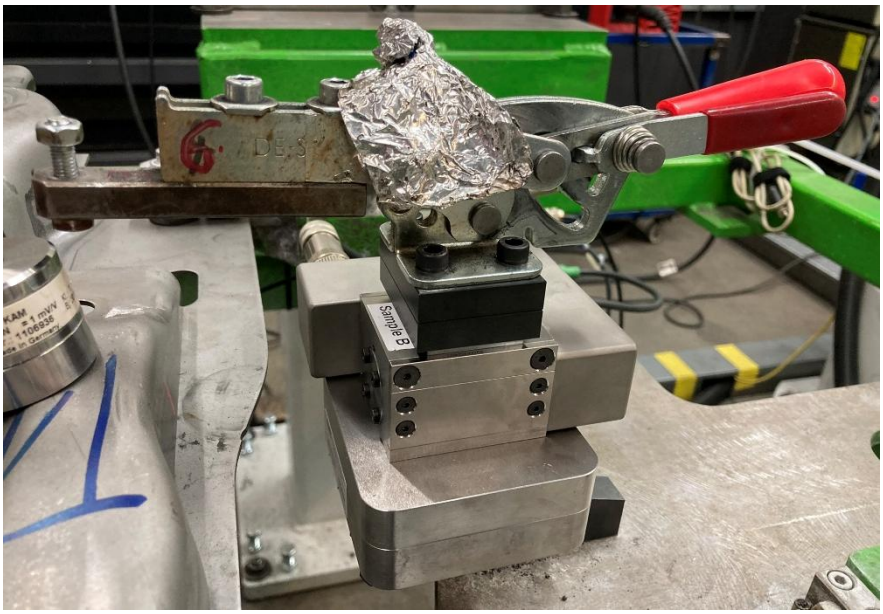

Abbildung 18: Integration in Anlage

Die Änderungsparameter wurden durch die weiteren Methodenpartner definiert. Die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH war diesbezüglich für die messtechnische Umsetzung sowie die aktive Positionsänderung verantwortlich.

Abbildung 19: Gesamtaufbau und Schutzmaßnahmen

Die Erfahrung der vorangehenden Versuchsreihen zeigte, dass die Versuchsumgebung zur Verschmutzung der eingesetzten Technik führen kann. Prinzipiell wurde auf die Resilienz der Technik geachtet. Da aber sichergestellt werden musste, dass die Versuchsreihe erfolgreich durchgeführt werden kann und die generierten Daten wichtig für die weiterverarbeitenden

Methodenpartner waren, wurde die Messtechnik mittels Abdeckung vor Schweißspritzern geschützt (Abbildung 19). Zusätzlich wurde eine Analyse durchgeführt, ob sensornahe Schweißnähte einen Einfluss auf das Messergebnis haben. Aufgrund der Anzahl der Messungen ist keine statistische Auswertung möglich. Allerdings wird die Güte der Ergebnisse so eingeschätzt, dass die getroffenen Maßnahmen, u.a. abgeschirmte Kabel, ausreichend waren.

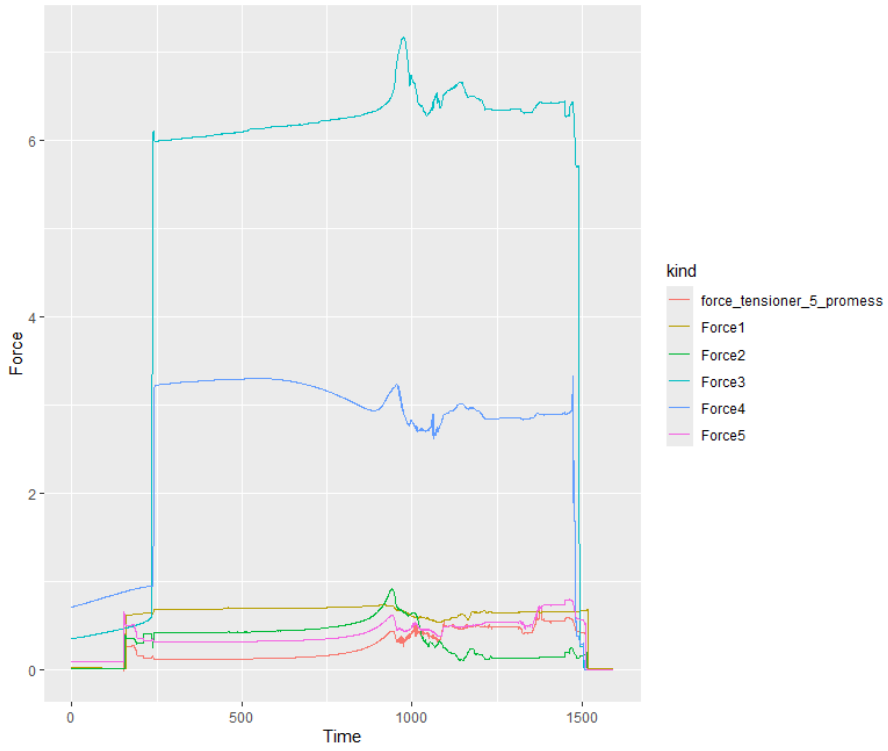

Abbildung 20: Visualisierte Messdaten

Die ermittelten Daten wurden intern durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH ausgewertet. Dazu wurde eine automatisierte Auswertung entwickelt, die den Verlauf der resultierenden Prozesskräfte visualisiert (Abbildung 20). Die projektbezogene Auswertung und Weiterverarbeitung erfolgte durch die Methodenpartner.

Abbildung 21: Verschmutzungen

Im Rahmen der letzten Versuchsreihe wurde bewusst auf die Abdeckung der sensorischen und aktorischen Komponente verzichtet. Ziel war es, eine realistische Verschmutzung zu erzielen, um zu prüfen, ob diese Verschmutzung Einfluss auf die Funktionalität hat. Abbildung 21 zeigt

die Rückstände von Schweißspritzern auf den Komponenten. Die Funktionalität wurde dadurch nicht eingeschränkt. Allerdings ist der Einsatzzeitraum ohne Schutz nur kurz gewesen. Die Betrachtung dieser Herausforderung sowie die mögliche Lösungsfindungen werden außerhalb des Förderzeitraums fortgesetzt. Die letzte Versuchsreihe konnte erfolgreich durchgeführt werden. Die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH ist mit den Ergebnissen zufrieden und schätzt das eigene Projektziel als erfolgreich abgeschlossen ein.

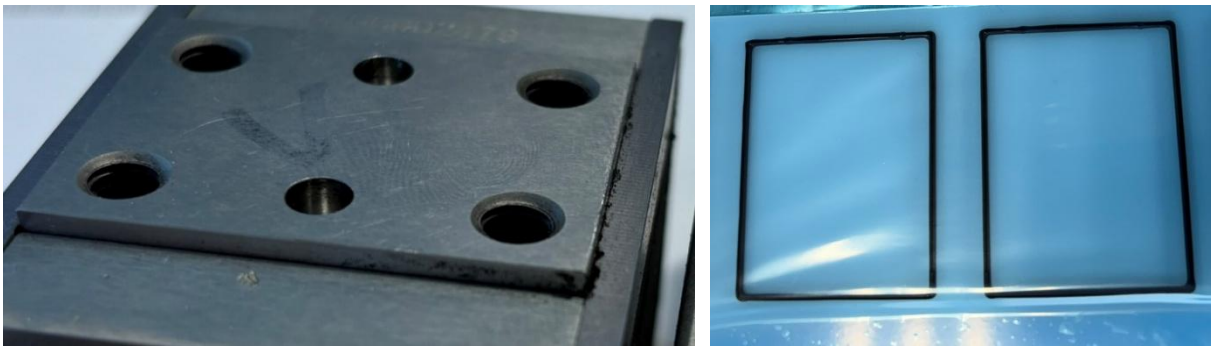

Abbildung 22: Dichtungen

Die Betrachtung der Herausforderung, welche eine raue Betriebsumgebung mit sich bringt, ist nur eine weiterführende Aufgabe für die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH. Diesbezüglich wird der Ansatz einer zusätzlichen Beschichtung der Komponenten verfolgt. Des Weiteren wird der Schutz von Verunreinigungen durch eine Dichtung nach Ende der Projektlaufzeit verfolgt (Abbildung 22). Die Verlässlichkeit der aktiven Komponente soll durch umfangreiche Lebensdaueruntersuchungen nachgewiesen werden. Diese Untersuchungen sind zum Zeitpunkt des Endes der Projektlaufzeit noch nicht abschlossen und werden durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH fortgeführt.

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um die gesetzten Ziele im Teilvorhaben zu erreichen. Die Erfüllung der Zielstellungen des Teilvorhabens unter Mitwirkung der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH waren notwendig, um den Erfolg des Gesamtvorhabens zu sichern. Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde auf einen effizienten und zielgerichteten Einsatz von Zuwendungen und Ressourcen geachtet. Die nachhaltige Arbeit ist ein wesentlicher Grundsatz der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH.

Während der Durchführung des Vorhabens sind dem Zuwendungsempfänger PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden. Die stetige Weiterentwicklung von Ansätzen und Lösungen wird im Zuge der nachhaltigen Arbeit der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH stets beobachtet. Das Fachgebiet der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH bezieht sich auf sensorische und aktorische Komponenten. Die KI-Themen des Verbundprojektes bewegen sich außerhalb des Kompetenzbereiches der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH und werden durch die weiteren Methodenpartner sowie teilweise durch die Anwendungspartner abgedeckt.

Die Ergebnisse der geleisteten Arbeit im Teilvorhaben durch die PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH werden mit der Veröffentlich des Abschlussberichtes zugänglich gemacht. Darüber hinaus werden die fachlich interessierten Unternehmen über die Forschungstätigkeit der PROMESS Montage- und Prüfsysteme GmbH informiert. Eine Veröffentlichung in einem wissenschaftlichen Journal ist nicht geplant.