

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BMBF – Fördermaßnahme

Verbundvorhaben: ProMuPower- Elektronisches
Low-Volt-Antriebsmodul multifunktionalem
Hochstrom-Schaltungsträge

Projektlaufzeit: 01.10.2021 bis 30.11.2024

Berichtszeitraum: 01.10.2021 bis 30.11.2024

Förderkennzeichen: 03ETE036D

Zuwendungsempfänger: Tresky GmbH
Neuendorfstr. 18 B
16761 Hennigsdorf**Teilvorhaben:** GreifZuGUIProjektleitung: Daniel Schultze
Jan-Peter Vorwerk

Inhalt

1	<u>Aufgabenstellung</u>	4
2	<u>Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde</u>	4
3	Planung und Ablauf des Vorhabens	6
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde insbesondere	8
4.1	Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden	8
4.2	Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste	8
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
6	Eingehende Darstellung.....	9
6.1	der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	9
6.2	Arbeitsinhalte, -pakete und Personal der Tresky GmbH	9
6.2.1	<u>AP 1 Spezifikation, Layout, Komponenten, Schnittstellen</u>	9
6.2.2	<u>AP 2 Konzept, Herstellung eines laminierbarer Shunts, Dokumentation der Projektergebnisse, Prozessbeschreibungen</u>	10
6.2.3	<u>AP 3 Spezifikationen der Demonstratoren</u>	11
6.2.4	<u>AP4 Entwicklung und Herstellung isolierender TIM-Folien</u>	11
6.2.5	<u>AP5 Konzepte zur Prozess- und Anlagenoptimierung</u>	12
6.2.6	Entwicklungsschwerpunkt: Multifunktionale Bauteil-Zuführsysteme	16
6.2.6.1	Tape & Reel Feeder	16
6.2.6.2	Tape Streifen	18
6.2.6.3	Vibrationsplattform	19
6.3	Entwicklungsschwerpunkt: Testaufbau zur Untersuchung geeigneter Wirkprinzipien.....	20
6.3.1	Teststation zur Validierung der Wirkprinzipien	20
6.3.2	Anpassung der Toolaufnahmen an große und schwere Bauteile.....	21
6.4	Entwicklungsschwerpunkt: Software.....	22
6.4.1	<u>AP6 Prozess-Validierung – Prüflinge und Charakterisierung</u>	25
6.4.2	<u>AP 7 Demonstratorenbau</u>	25
6.5	der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	26
6.6	des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	26

6.7	des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	26
6.8	der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.....	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Werkzeugbank.....	13
Abbildung 2: Werkzeughalter	13
Abbildung 3: Werkzeugschnittstelle	13
Abbildung 4: Platziergenauigkeit in μm	14
Abbildung 5: Konzept Inlinestation für Folienauftrag auf Substrat	15
Abbildung 6: SMD Bauteil auf Rolle/Reel.....	16
Abbildung 7: SMD Bauteil Feeder	17
Abbildung 8: SMD Bauteil Feeder eingebaut in Die-Bonder	17
Abbildung 9: elektrischer SMD Bauteil Feeder inkl. Tresky Prototyp Basis	18
Abbildung 10: Verarbeitung von Feeder-Streifen im der Tresky Anlage.....	19
Abbildung 11: Integration einer Vibrationsplattform.....	19
Abbildung 12: Testaufbau Im Labor bei Tresky.....	21
Abbildung 13: XL Tool Bank	21
Abbildung 14: Montagebereich in der T-6000L bei FH-Kiel	23
Abbildung 15: Preeflow xs Dosierventil der Fa. Viscotec in Tresky Anlage	24
Abbildung 16: mit SQ-Nozzle dosiertes Sinterpad 40mm x 40 mm	24
Abbildung 17: Höhenscan dosiertes Sinterpad	25
Abbildung 18: DIE-Bonder T-6000L	26
Abbildung 19: ProMuPwer Display auf PCIM 2024 auf dem Stand der Tresky GmbH	27

1 Aufgabenstellung

Hochleistungsschaltelemente in der Leistungselektronik sind bestimmendes Element für die Leistungsfähigkeit von Umrichtern und Steuerelementen in der Elektromobilität und bei Systemen der regenerativen Energie. Die hierfür notwendige Aufbau- und Verbindungstechnik muss dabei sowohl die hohen Ströme als auch ein effizientes Thermomanagement beherrschen, um Langzeitstabilität und hohe Performance gewährleisten zu können. Das Verbundprojekt ProMuPower zielt mit einer Neuentwicklung von laminierten Shunts und einer eigens entwickelten Laminierfolie für effiziente Wärmeabfuhr auf die Erhöhung der Leistungs- und Integrationsdichte von Leistungshalbleiterbaugruppen ab.

Das Ziel des Vorhabens war, durch eine innovative Aufbau- und Verbindungstechnologie eine großflächige, temperaturbeständige, niederinduktive und temperaturleitfähige Verbindung von elektronischen Schaltungsträgern, z.B. für E-Antriebe, zu entwickeln. Insbesondere die 48V-Antriebstechnik erfordert eine sehr hohe Stromtragfähigkeit (1000A-Peak-Leistung) im Substratbereich.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Tresky GmbH ist ein Unternehmen spezialisiert auf die Entwicklung, Produktion und den weltweiten Vertrieb von hochpräzisen und innovativen Die-Bonding-Plattformen und Modulen. Die Neu- und Weiterentwicklung der bestehenden automatischen Die Bonder wird, durch die Tresky GmbH, strategisch und konsequent ausgebaut und verfolgt, um sich somit mittel- und langfristig im Segment der flexiblen Bonding-Plattformen weiter zu etablieren. Durch das umfangreiche Knowhow hat die Tresky GmbH eine stabile Position auf dem nationalen und internationalen Markt. Die Bonder der Tresky GmbH kommen in den verschiedensten Branchen zum Einsatz. Zu nennen wären hier die Halbleiterindustrie, Automobile und Elektromobilität, Medizintechnik, Luft und Raumfahrttechnik und Kommunikationselektronik. Die innovativen und flexiblen Lösungen der Tresky GmbH geben den Kunden einen technologischen Vorsprung gegenüber Wettbewerbsprodukten, so dass die Tresky GmbH erfolgreich in der Vermarktung ist. Die Tresky GmbH verfügt über langjährige und umfassende Erfahrung im Die Bonden von unterschiedlichen Materialien und Bauteilen, weit über die klassischen Bondanwendungen in der Halbleitertechnik

hinaus.. Daher liefern wir zum Die Bonder die gesamte Peripherie sowie unser umfangreiches Prozess-Know-how. Die Tresky GmbH verfügt außerdem über einen sehr weitreichende Vertriebs- und Servicestruktur und stellt damit ein Rundumpakt für den Anwender und dessen Bedürfnisse bereit.

In den letzten Jahren hat die Tresky GmbH bereits erfolgreich einige Die Bonder mit kundenspezifischen Modulen für das Sintern von Bauelementen der Leistungselektronik entwickelt. Im speziellen für Ag Sinterpaste und DTF Anwendungen, zum Beispiel für die ZF Friedrichshafen AG.

Hardware Planung

Im Teilprojekt der Tresky GmbH lag der Fokus zum einen auf der Entwicklung exakt auf die Bauelemente angepasste Greifwerkzeuge (sog. Pick-Tools) zur sicheren und zuverlässigen Aufnahme und Ablage der Bauelemente, entweder mittels Vakuums, Klemmung oder ggf. mit Bernoulli-Effekt, unter Berücksichtigung der Recherche zu bisherigen Möglichkeiten und Anforderungen. Ein Experimentieraufbau zum Testen geeigneter Wirkprinzipien (Temperatur, Kraft, u.a.) sollte erstellt werden.

Mehrere Zuführsysteme zur einfachen und schnellen Zuführung unterschiedlichster Bauteile waren zu entwickeln und in das bestehende Konzept des Die Bonders zu integrieren. Es sollte unter anderem eine Vibrationsplattform zur Ausrichtung und Vereinzelung von beliebigen Bauelementen und Komponenten integriert werden. Damit sollte eine Kompatibilität sämtlicher Bauteilgeometrien, kürzeste Rüst- und Produktwechselzeiten für eine flexible Automatisierung sichergestellt werden. Des Weiteren war ein Feedingsystem für gegurtete Bauteile zu entwickeln, zum einen für Rollenware zum anderen aber auch für Streifenware. Hierbei musste insbesondere die Kompatibilität der unterschiedlichen Gurtbreiten (8, 16, 32, 48 mm) berücksichtigt und sichergestellt werden. Bauteilpräsentationen für Waffle-, Gelpacks und Trays sollten ebenso ein Bestandteil der Zuführung sein.

Software Planung

Die Software sollte in der Lage sein, einen definierten Prozess Schritt für Schritt in der bestimmten Sequenz und unter Berücksichtigung der konfigurierten Parameter (Positionen, Geschwindigkeiten, Temperaturen, Delays, u.a.) abzuarbeiten. Als Basis für die

Abarbeitung des Prozesses dient die Rezept-Definition. Diese muss bestimmen, welche verschiedenen Aktionen und Tasks ausgeführt werden und in welcher Reihenfolge diese Ausführung stattfindet. Die Software muss dem Benutzer die Möglichkeit bieten, im manuellen- als auch im automatischen Betrieb, ein Rezept (Ablauf) erstellen zu können. Hintergrund dieser Anforderung ist der Wunsch, in Zukunft einfache Erweiterungen bzw. Änderungen des Prozessablaufs mit ebenfalls einfachen Mitteln durchführen zu können, ohne dafür den Code anpassen zu müssen (Beispiele: zusätzliche Wartezeit, nachdem eine bestimmte Position erreicht wurde; Ansteuerung eines zusätzlichen Ventils; Teachen einer neuen Zwischenposition). Die graphischen Oberflächen (GUI) müssen übersichtlich, einheitlich strukturiert und robust sein und die geforderte Funktionalität anbieten. Sie müssen intuitiv bedienbar sein, das heißt der Anwender muss ohne Schulung, also nur mit der angebotenen Hilfefunktion, fähig sein mit dem System umzugehen. Bei der Erstellung der grafischen Oberflächen sind des Weiteren die gängigen Normen und Richtlinien der Softwareergonomie zu berücksichtigen.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt war in 8 Aufgabenpakete unterteilt die wie folgt definiert waren:

AP 1: Spezifikation, Layout, Komponenten, Schnittstellen

Leitung: FuE-GmbH

Die im Projekt zu erfolgenden Arbeiten werden in Form eines Lastenheftes festgehalten. Es werden die spezifischen Anforderungen der Materialsysteme, Demonstratoren, Herstellprozesse, Erprobungen und Untersuchungen definiert und die wesentlichen Eigenschaften, Herstellbedingungen und -Zeitschienen für die Entwicklungsstufen der

Systemvarianten sowie Evaluierungs- und Demonstrationsszenarien werden im Detail spezifiziert.

AP 2: Konzept, Herstellung eines laminierbarer Shunts, Dokumentation der Projektergebnisse, Prozessbeschreibungen

Leitung: Isabellenhütte

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Entwicklung eines Shunts mit besonderer Geometrie und Ebenheit, der die speziellen Anforderungen, insbesondere des Laminierens, dieser neuen Aufbau- und Verbindungstechnologie unterstützt.

AP 3: Konzept, Herstellung laminierbarer Temperatursensor

Leitung: VISHAY

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Entwicklung eines Temperatursensors für die Montage mittels einer flächigen Laminier- oder Sintertechnologie auf der Bauelementunterseite sowie der elektrischen Kontaktierung mittels Bonddrähten auf der Oberseite.

AP 4: Entwicklung und Herstellung isolierender TIM-Folien

Leitung: tesa

Entwicklung und Pilotfertigung einer dünnen, thermisch leitfähigen und gleichzeitig elektrisch isolierenden Klebfolie (TIM-Folie) zur strukturellen Verklebung von Kupfer-Funktionsinseln zu einem Leistungssubstrat.

AP 5: Konzepte zur Prozess- und Anlagenoptimierung

Leitung: Tresky

Dieses Arbeitspaket beschäftigte sich mit der Erarbeitung aller für die Fertigung dieser Demonstratoren benötigten Fertigungswerkzeuge sowie mit den Prozessen der Fertigung. Dabei wurden ausgiebige Optimierungsarbeiten an den vorhandenen Maschinenparks der Projektpartner vorgenommen, um den hohen Anforderungen gerecht zu werden. Zur Fertigung der benötigten Demonstratoren sind ausgearbeitete und konkrete Prozessschritte erforderlich.

AP 6: Prozess-Validierung – Prüflinge und Charakterisierung

Leitung: FuE-GmbH

Ziel dieses Arbeitspaketes war die zerstörungsfreie wie auch zerstörende Fehleranalyse, Charakterisierung bzw. Validierung der erarbeiteten bzw. erzeugten Prozesse,

Verbindungen und Materialien. Es sollten mit unterschiedlichsten Prüfmöglichkeiten wie Schertest, Peeltest, Auslagerungsprüfungen oder ähnlichen die erarbeiteten Teilsysteme untersucht werden, um mit den festgestellten Ergebnissen Optimierungsarbeiten bzw. Finalisierungen durchführen zu können.

AP 7: Demonstratorenbau

Leitung: FuE-GmbH

Für die unterschiedlichen Problemstellungen werden im Projekt eine Vielzahl an Aufbauten, Prüflingen und Demonstratoren benötigt. Dabei werden Prüflinge benötigt, mit deren Hilfe grundlegende Prüfungen wie die Prozesstauglichkeit an Oberflächen oder Materialien untersucht werden können. Weiterhin werden Demonstratoren auf einfacher Ebene benötigt, mit deren Hilfe Systemteilgebiete wie z.B. die Funktionsprüfung oder Langlebigkeit von Halbleiter mit DTS und Kupfer-Bonddraht (oder -bändchen) untersucht werden sollen. Final werden vollständige Halbleiterleistungsmodule benötigt, mit deren Hilfe das gesamte System geprüft und auf seine Tauglichkeit untersucht werden kann. Dieses AP befasst sich mit dem Aufbau und der Auslieferung aller für das Projekt benötigten Aufbauten.

AP 8: Dokumentation Projektergebnisse, Prozessbeschreibungen

Leitung: FuE-GmbH mit allen Partnern

Für die im Projekt erarbeiteten und Bestätigten Projektergebnisse wie auch Prozesseigenschaften soll eine Dokumentation erstellt werden. Mit diesen Dokumenten sind die Projektpartner während wie auch nach dem Projekt in der Lage alle Ergebnisse nachzuvollziehen und einzusetzen.

4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde insbesondere

4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Die Firma Tresky GmbH fertigt am Standort Hennigsdorf seit über 10 Jahren DIE-Bond Maschinen und hat in dieser Zeit zahlreiche Lösungen für Kundenanforderungen entwickelt. Dieser Fundus an Ideen gepaart mit einer aus hohen Prozesskompetenz bildeten die Basis für dieses Projekt.

4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Dies trifft nicht zu.

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die durchgeführten Arbeiten wurden ausschließlich mit den Projektpartnern getätigt.

6 Eingehende Darstellung

6.1 der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Die Durchgeführten Arbeiten werden separat in den folgenden Aufzählungen AP spezifisch benannt.

6.2 Arbeitsinhalte, -pakete und Personal der Tresky GmbH

Alle erarbeiteten Eigenschaften sind in den folgenden APs aufgelisteten Thematiken zu entnehmen.

6.2.1 AP 1 Spezifikation, Layout, Komponenten, Schnittstellen

AP 1.1 Spezifikation der Verbindungswerkstoffe – Materialentwicklung

[alle Partner]

AP 1.2 Spezifikationen für die Prozessentwicklung

Siehe AP 1.3, da dies stark mit der Maschinenentwicklung verzahnt ist.

AP 1.3 Spezifikation für die Maschinenentwicklung

Für die Maschinenentwicklung und Anpassung war es von entscheidender Bedeutung, die grundlegenden Erzeugungsprozesse der Komponenten zu verstehen, insbesondere da diese teilweise auf den Bestückungsprozessen der Tresky-Maschine basieren. Daher wurden im ersten Ansatz in Zusammenarbeit mit der FH-Kiel umfassende Prüfungen und Verfahrensabläufe entwickelt, die sich auf den Pick-and-Place-Prozess konzentrieren.

Ein zentraler Aspekt dieser Entwicklung ist das präzise Erkennen (Bilderkennung) und Picken (Anheben) von verschiedenen Bauteilen in Größe, Form und Gewicht, darunter Kupferteile, Halbleiter, Sensoren sowie Folien. Diese Komponenten müssen mit höchster Genauigkeit behandelt werden, um sicherzustellen, dass sie während des Bestückungsprozesses nicht beschädigt werden. Hierzu wurden insbesondere Tool bzw. deren Handling angepasst und die Software hierfür erweitert.

Darüber hinaus spielt das Placement (Ablegen) der Bauteile mit einer definierten Temperatur oder Temperaturkurve eine wesentliche Rolle. Es ist wichtig, dass die Komponenten kraftkontrolliert auf die vorgesehenen Positionen abgelegt werden, um eine optimale Performance dieser zu gewährleisten.

Um potenzielle Probleme oder Einschränkungen frühzeitig zu identifizieren und zu beheben, wurden testweise Prüflinge sowie unterschiedliche Formationen aufgebaut und bestückt.

Diese Tests ermöglichten es, die Effizienz und Zuverlässigkeit des Bestückungsprozesses zu evaluieren und schnell Anpassungen vorzunehmen.

Ein besonders kritischer Punkt ist das „Tacking“ oder auch „Fixieren“ der Bauteile während des gesamten Bestückungsprozesses. Erschütterungen, Bewegungen oder sonstige äußere Einflüsse die beim Transport vom Bestücker zur Laminierpresse auftreten können, können erhebliche qualitative Mängel an der Baugruppe hervorrufen. Daher ist es unerlässlich, dass die Bauteile während des gesamten Prozesses stabil und sicher gehalten werden, um die Integrität des Endprodukts zu gewährleisten. Auch diese Anforderung floß in die Anpassung der Tools (XL-Tool) sowie der bewegungstechnischen Abläufe welche hierfür neu programmiert werden mussten, z.B. herunternetzte Fahrgeschwindigkeit bei schweren Bauteilen statt einer globalen Geschwindigkeitsfestlegung für den ganzen Prozess.

Insgesamt zielte die Spezifikation darauf ab, die Effizienz und Qualität der Maschinenentwicklung zu maximieren, indem alle relevanten Aspekte des Bestückungsprozesses sorgfältig berücksichtigt und optimiert wurden.

6.2.2 AP 2 Konzept, Herstellung eines laminierbarer Shunts, Dokumentation der Projektergebnisse, Prozessbeschreibungen

AP 2.1: Anforderungserhebung

Die Tresky GmbH konnte die FH Kiel dabei unterstützen, mit dem Tresky Die Bonder T-6000L Bestückungsprüfungen und Systemtests zur Planung und Strategieentwicklung durchführen, bei denen die Handhabung der Teile näher zu definiert und spezifiziert wurden.

AP 2.2: Materialauswahl & Design des Shunts

Dieses Aufgabenpaket wird von Isabellenhütte durchgeführt.

AP 2.3: Festlegung der Prozessabläufe & Herstellung erster Muster

Dieses Aufgabenpaket wird von Isabellenhütte durchgeführt.

AP 2.4: Erprobung von Erstmustern durch das Technische Labor

Dieses Aufgabenpaket wird von Isabellenhütte durchgeführt.

AP 2.5: Optimierung & Fertigung finaler Demonstratoren

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch Isabellenhütte und F&E GmbH

6.2.3 AP 3 Spezifikationen der Demonstratoren

AP 3.1: Designoptimierung Thermosensoren

Die von Vishay gelieferten Sensorenmuster wurden hinsichtlich ihres Handlings innerhalb des Die Bonders durch Tresky untersucht. Es wurden unterschiedliche Vakuumtools erprobt. Es ließen sich alle Proben problemlos und gut verarbeiten.

AP 3.2: Aufbau Prüftechnik für Labor- bzw. Pilotmuster

Dieses Aufgabenpaket wird von Vishay durchgeführt.

AP 3.3: Materialcharakterisierung und Simulation

Dieses Aufgabenpaket wird von Vishay durchgeführt.

AP 3.4: Entwicklung und Erprobung der Herstellprozesse

Dieses Aufgabenpaket wird von Vishay durchgeführt.

AP 3.5: Qualifikation Thermosensoren (Funktionalität, Aufbau- und Verbindungstechnik - AVT)

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch Vishay sowie der F&E GmbH

6.2.4 AP4 Entwicklung und Herstellung isolierender TIM-Folien

AP 4.1: Konzeptentwicklung- und Erprobung für Materialien und Herstellprozesse

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch Tesa sowie der F&E GmbH

AP 4.2: Aufbau Labor- und Prüftechnik sowie eines Prüfkonzepts für die Volumenproduktion

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch Tesa

AP 4.3: Entwicklung hochtemperaturhärtende dünne TIM-Folie

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch tesa

AP 4.4: Entwicklung niedrigtemperaturhärtende dünne TIM-Folie

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch tesa sowie der F&E GmbH

AP 4.5: Anpassung Handlingfestigkeit und Härtungskinetik an Verarbeitungsprozesse

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch tesa

AP 4.6: Erprobung und Implementierung Dispergier- und Beschichtungstechnologie für die Herstellung

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch tesa

AP 4.7: Test Dauerfestigkeit der TIM-Folie

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch tesa, Danfoss sowie der F&E GmbH

6.2.5 AP5 Konzepte zur Prozess- und Anlagenoptimierung

Entwicklungsschwerpunkt: Bauelemente angepasste Greifwerkzeuge

In diesem Arbeitspaket wurde ein Konzept für einen automatischen Werkzeugwechsel sowie die dazugehörige Werkzeugschnittstelle entwickelt. Der Prozess begann mit einer detaillierten Analyse der Anforderungen an das Toolwechselsystem.

Zunächst wurden die spezifischen Anforderungen an die Toolbank und die Toolhalter definiert. Dazu gehörten Aspekte wie die Kompatibilität mit verschiedenen Werkzeugaufnahmen (beheizt und unbeheizt) und die Notwendigkeit einer schnellen und präzisen Werkzeugwechselzeit.

Anschließend wurde das Konzept ausgelegt, um die mechanischen und dynamischen Eigenschaften der Toolbank zu optimieren. Hierbei wurden verschiedene Szenarien simuliert, um sicherzustellen, dass das System unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen stabil und leistungsfähig bleibt.

Die Konstruktion des automatischen Werkzeugwechselsystems wurde dann in einem CAD-Programm (SolidWorks) umgesetzt. Dabei wurden alle Komponenten, einschließlich der Toolhalter, der Mechanik für den Werkzeugwechsel und der Schnittstellen, präzise modelliert. Die CAD-Zeichnungen ermöglichten eine visuelle Überprüfung des Designs und erleichterten die Identifizierung potenzieller Probleme vor der Fertigung.

Nach Abschluss der Konstruktionsphase wurden die ersten Prüflinge gefertigt. Diese Prototypen dienten dazu, das entwickelte Konzept in der Praxis zu testen. Die Fertigung umfasste die Auswahl geeigneter Materialien, um die gewünschten Eigenschaften und die erforderliche Präzision zu gewährleisten.

Die ersten Tests der Prüflinge ermöglichten es, die Funktionalität des automatischen Werkzeugwechsels zu evaluieren und Anpassungen vorzunehmen. Diese Tests sind

entscheidend, um sicherzustellen, dass das System den Anforderungen der Anwendung gerecht wird und eine reibungslose Integration in bestehende Maschinen ermöglicht.

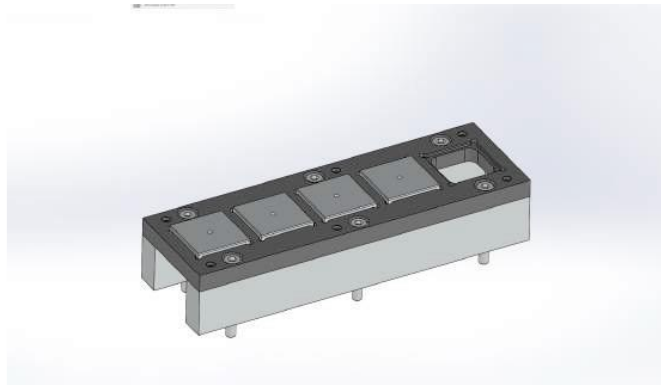


Abbildung 1: Werkzeugbank



Abbildung 2: Werkzeughalter

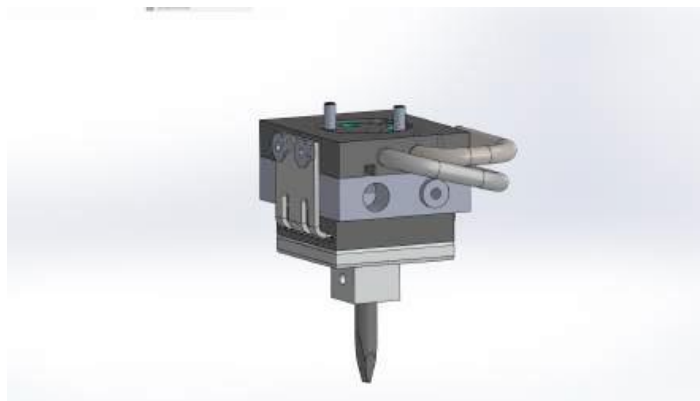


Abbildung 3: Werkzeugschnittstelle

Es wurden Versuchsreihen zur Genauigkeit und Wiederholgenauigkeit unter Berücksichtigung des Granitgantrys, der Zustellachsen (Linearantriebe), der Werkzeugschnittstelle und der Werkzeugaufnahme durchgeführt.

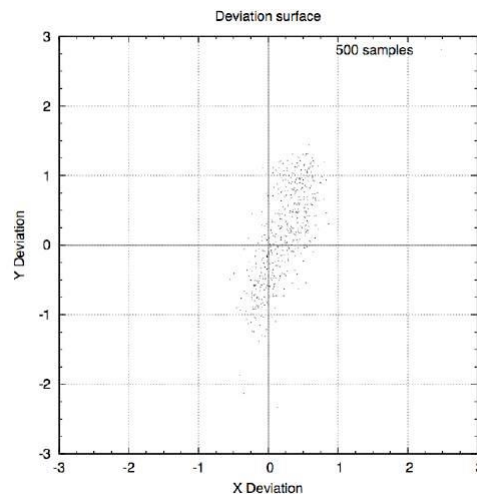


Abbildung 4: Platziergenauigkeit in μm

Die Messergebnisse lagen im Rahmen der zu erwartende Genauigkeit $\leq 2,5 \mu\text{m}@3\text{S}$.

Entwicklungsschwerpunkt: Zuführungssysteme

Mehrere Zuführungssysteme zur einfachen und schnellen Zuführung unterschiedlichster Bauteile wurden (weiter-) entwickelt und in das bestehende Konzept des Die Bonders integriert.

Es sollte unter anderem eine Vibrationsplattform zur Ausrichtung und Vereinzelung von beliebigen Bauelementen und Komponenten integriert werden. Damit soll eine Komptabilität sämtlicher Bauteilgeometrien, kürzeste Rüst- und Produktwechselzeiten für eine flexible Automatisierung sichergestellt werden.

Des Weiteren sollte ein Feedingsystem für gegurtete Bauteile weitentwickelt werden, zum einen für Rollenware zum anderen aber auch für Streifenware. Hierbei musste insbesondere die Kompatibilität der unterschiedlichen Gurtbreiten (8, 16, 32, 48 mm) berücksichtigt und sichergestellt werden. Bauteilpräsentationen für Waffle- Gelpacks und Trays sollten ebenso ein Bestandteil der Zuführung sein.

Die Software sollte in der Lage sein, einen definierten Prozess Schritt für Schritt in der bestimmten Sequenz und unter Berücksichtigung der konfigurierten Parameter (Positionen, Geschwindigkeiten, Temperaturen, Delays, u.a.) abzarbeiten. Als Basis für die Abarbeitung des Prozesses dient die Rezept-Definition. Diese bestimmt, welche verschiedenen Aktionen und Tasks ausgeführt werden und in welcher Reihenfolge diese Ausführung stattfindet. Die Software muss dem Benutzer die Möglichkeit bieten, im

manuellen- als auch im automatischen Betrieb, ein Rezept (Ablauf) erstellen zu können. Hintergrund dieser Anforderung war der Wunsch, in Zukunft einfache Erweiterungen bzw. Änderungen des Prozessablaufs mit ebenfalls einfachen Mitteln durchführen zu können, ohne dafür den Code anpassen zu müssen (Beispiele: zusätzliche Wartezeit, nachdem eine bestimmte Position erreicht wurde; Ansteuerung eines zusätzlichen Ventils; Teachen einer neuen Zwischenposition).

Die graphischen Oberflächen (GUI) sollten übersichtlich, einheitlich strukturiert und robust sein und die geforderte Funktionalität anbieten. Sie sollten intuitiv bedienbar sein, das heißt der Anwender muss ohne Schulung, also nur mit der angebotenen Hilfefunktion, fähig sein mit dem System umzugehen. Bei der Erstellung der grafischen Oberflächen waren des Weiteren die gängigen Normen und Richtlinien der Softwareergonomie zu berücksichtigen.

AP 5.1: Konzept- und Strategieentwicklung der Prozesse und Werkzeuge

Da die Tesa-Folie zu instabil und zu groß für die in der Pick and Place Anlage verwendbaren Tools ist, wurde dieser Prozess vom eigentlichen Bestücker entkoppelt. Gemeinschaftlich mit Tesa wurde ein Konzept für eine vorgelagert Station konzipiert.

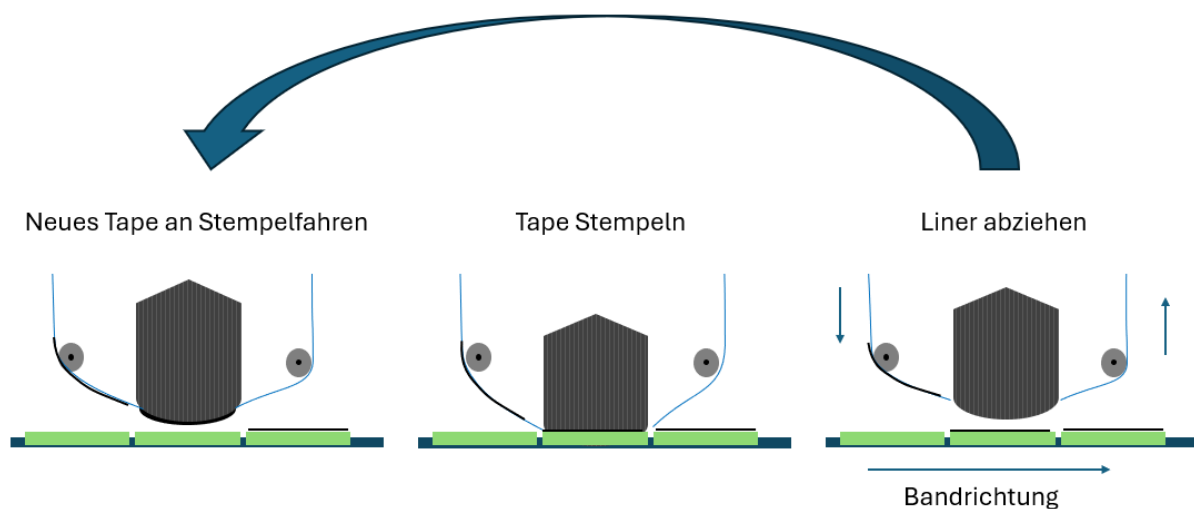


Abbildung 5: Konzept Inlinestation für Folienauftrag auf Substrat

Um den notwendigen Sinterschritt nach dem Folienaufbringen zu umgehen, wurde neben dieser Option die Möglichkeit eine UV-Härtung der Folie angedacht. Auch für diese Option wurde seitens Tresky eine Lösung entwickelt, welche ein dem Pick and Place vorgelagerte flächige UV-Härtung ermöglicht.

6.2.6 Entwicklungsschwerpunkt: Multifunktionale Bauteil-Zuführsysteme

6.2.6.1 Tape & Reel Feeder

Zielstellung war die Möglichkeit der Anlage Teile zuzuführen (auch zu ‚präsentieren‘ genannt), welche wie im klassischen SMD-Bereich üblich in sog. Rollen/Reels aufbewahrt werden. Die Bauteile sitzen in dieser Zuführform in einem Kunststoffgurt mit kleinen Taschen, welche mit einer durchsichtigen Klebefolie verschlossen sind. Die Gurte werden auf Kunststoffspulen mit einem Durchmesser von ca. 180mm ausgeliefert. Die Rollenbreite variiert je nach Bauteilgröße und reicht von 8mm über 12mm, 16mm, 24mm, 32mm bis zu 44mm, in seltenen Fällen auch noch darüber hinaus. Dieses Packformat erlaubt eine kompakte und preisgünstige Lagerung und Verarbeitung von Bauteilen, welche je nach Größe ein Fassungsvermögen von bis zu 10.000 Bauteilen pro Rolle ermöglichen.

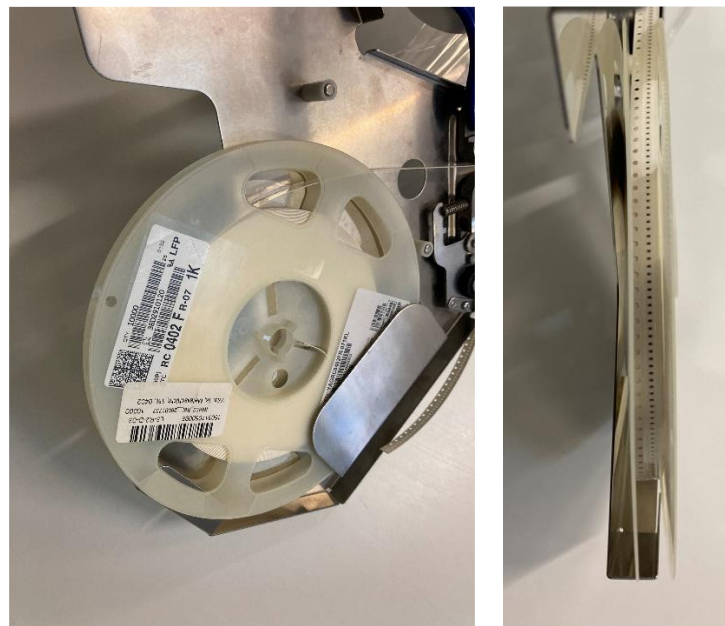


Abbildung 6: SMD Bauteil auf Rolle/Reel

Um die Bauteile der Rolle entnehmen zu können bedient man sich sog. Feeder. In diesen Feedern werden die Rollen eingelegt und der Gurt in eine Mechanik eingespannt. Diese ermöglicht ein automatisiertes Fördern des Gurtes, so dass an der Spitze des Feeders immer an der gleichen Position in der Anlage eine Tasche einem frischen Bauteil zum Picken zur Verfügung steht.

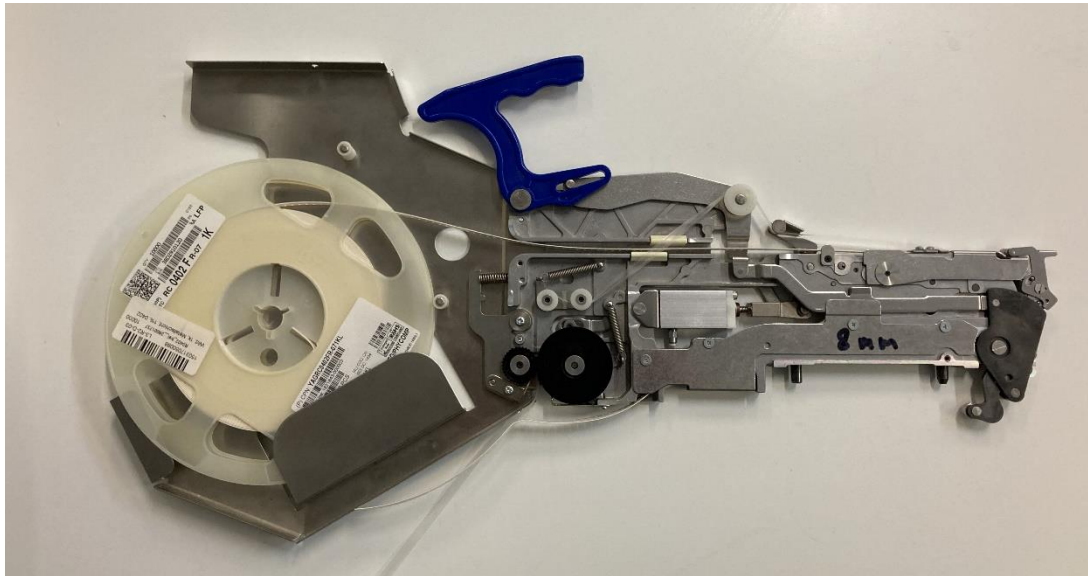


Abbildung 7: SMD Bauteil Feeder

Um ein Maximum an Flexibilität zu wahren, ermöglicht Tresky den Einbau einer Feederaufnahme, welche unterschiedlich Breitenkombinationen von Feedern ermöglicht. So können z.B. fünf 8mm Feeder gleichzeitig in der Anlage gerüstet sein, aber auch Mischbestückungen (2x8mm+2x12m etc.) sind mit der Feeder-Aufnahme möglich.



Abbildung 8: SMD Bauteil Feeder eingebaut in Die-Bonder

Diese Bauweise ist jahrelang im Feld erprobt und am Markt etabliert. Jedoch ergeben sich bauartbedingt Nachteile. Zu erwähnen ist z.B. ist die Notwendigkeit, jede mögliche Feeder Position in der Aufnahme mit einem ansteuerbaren Druckluftventil auszustatten, was die Kosten der Integration steigen lässt. Des Weiteren kann der Gurtförderprozess weder in Schrittweite noch in Geschwindigkeit angepasst werden, was bei modernen, elektrisch betriebenen Feedern der Fall ist. Nicht zuletzt auch aus Nachhaltigkeitsgründen versucht man heutzutage im Maschinenbau, den Verbrauch von energieintensiv erzeugter Druckluft zu minimieren. Das Projekt ermöglichte die Evaluierung verschiedener elektrisch betriebener Feeder welche am Markt verfügbar sind. Nach dem Festlegen des zu verwendenden Feeder Typs erfolgte die mechanisch-elektrische Integration in das Tresky System. Eine Mehrfachbasis zur Aufnahme der Feeder wurde konstruiert und gebaut. Auch wurde die Ansteuerung in die Software integriert inkl. neuer Funktionen die elektrische Feeder gegenüber pneumatische Feeder ermöglichen wie z.B. eine variablen Stepweite .

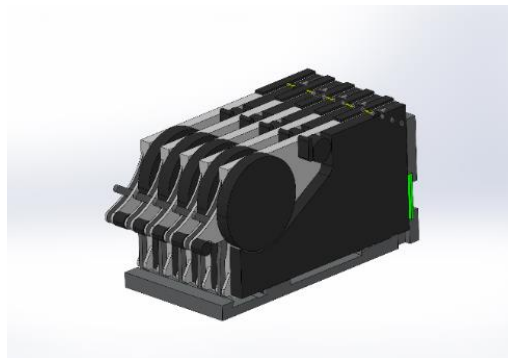


Abbildung 9: elektrischer SMD Bauteil Feeder inkl. Tresky Prototyp Basis

6.2.6.2 Tape Streifen

Gerade im Prototypenbau bzw. Kleinststückzahlen ergibt sich die Notwendigkeit, Bauteile aus kurzen Reel-Streifen verarbeiten zu wollen. Insbesondere im Musterbau oder bei Reparaturarbeiten ist diese Form der Bauteillagerung bzw. Verarbeitung beliebt. Daher hat Tresky eine einfache Basisplatte entworfen, welche diese Streifen in der Anlage fixiert und so ein zuverlässiges Picken der BT ermöglicht.

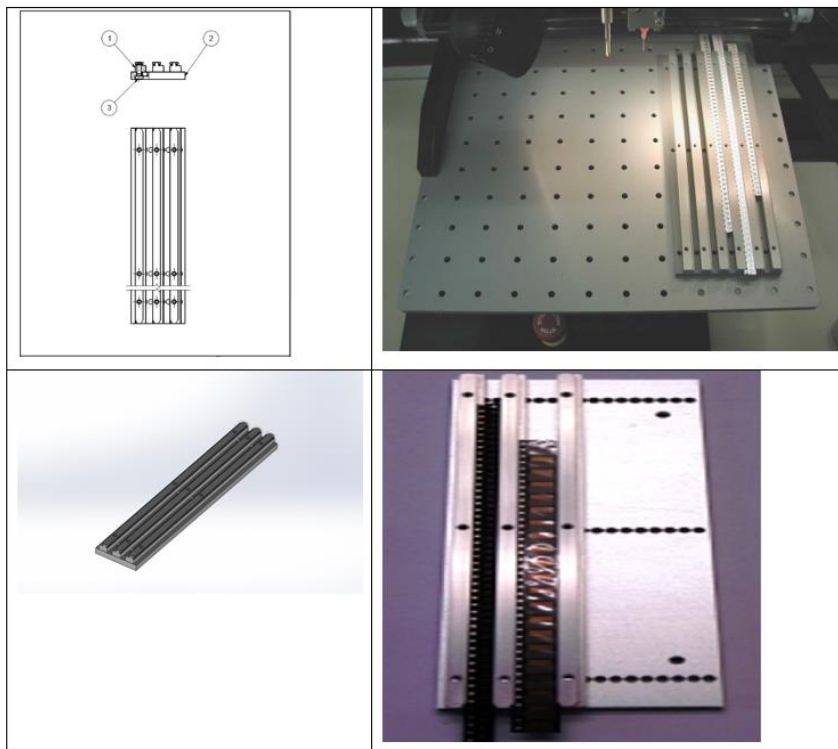


Abbildung 10: Verarbeitung von Feeder-Streifen im der Tresky Anlage

6.2.6.3 Vibrationsplattform



Abbildung 11: Integration einer Vibrationsplattform

Eine Anforderung, welche aus der Industrie immer wieder gestellt wird, ist die automatisierte Verarbeitung loser Bauelemente als sog. Schüttgut. Die Verarbeitung von Schüttgut ermöglicht eine größere Vielseitigkeit bei der Handhabung verschiedener Komponenten. Da Schüttgut aus einer Vielzahl von Formen und Größen vorkommt, kann die Vibrationsplattform so konfiguriert werden, dass sie unterschiedliche Arten und Formen von Schüttgut verarbeiten können. Dies erhöht die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Maschine. Eine Probeaufbau wurde zu Testzwecken in einen Die Bonder integriert. Ein zuverlässiger Pick&Place von der hinterleuchteten Rüttelplatte konnte realisiert werden. Das Projekt ermöglichte der Tresky GmbH neben der mechanischen Integration insbesondere die den heutzutage immer aufwändiger werdenden Part der Softwareintegration des Rüttlers in die Tresky GUI umzusetzen.

6.3 Entwicklungsschwerpunkt: Testaufbau zur Untersuchung geeigneter Wirkprinzipien

6.3.1 Teststation zur Validierung der Wirkprinzipien

Zielstellung war ein Experimentieraufbau zum Testen geeigneter Wirkprinzipien. Hierzu wurde eine vorhandene Teststation erweitert, um mit einem kompletten Bondkopf, Toolheizung, Achskontrollern und allen weiteren notwendigen Komponenten die Prozesse abbilden und analysieren zu können.

Innerhalb dieses Aufbaus ist es nun möglich Messgrößen wie beispielsweise Bondkraft, Temperaturen und Geschwindigkeiten zu erfassen. Nach Abschluss der Testphase wurden die gesammelten Daten analysiert und ausgewertet, um festzustellen, ob das getestete Wirkprinzip die gewünschten Effekte erzielt hat.

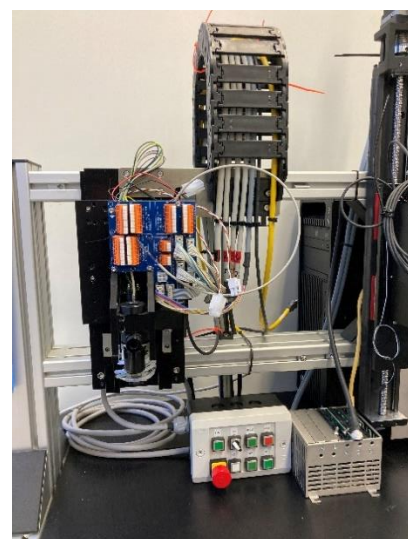
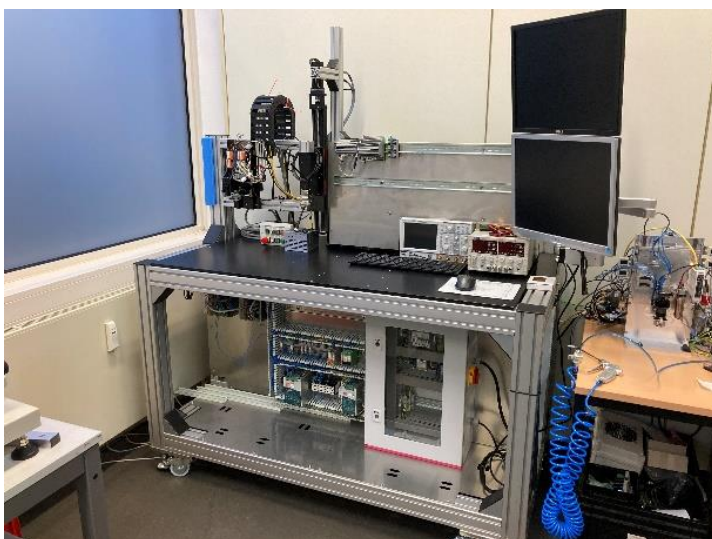




Abbildung 12: Testaufbau Im Labor bei Tresky

6.3.2 Anpassung der Toolaufnahmen an große und schwere Bauteile

Um die in diesem Projekt notwendigen Kupfer Bauteile mit einer Kantenlänge deutlich über den üblichen Kantengrößen auch sicher bewegen zu können mussten zwei Prozessschritte angepasst werden:

- Tools mit größerer Ansaugfläche, inkl. automatischen Wechselmöglichkeit im Prozess
- DIE spezifische Geschwindigkeits- bzw. Beschleunigungsanpassungen in der Software

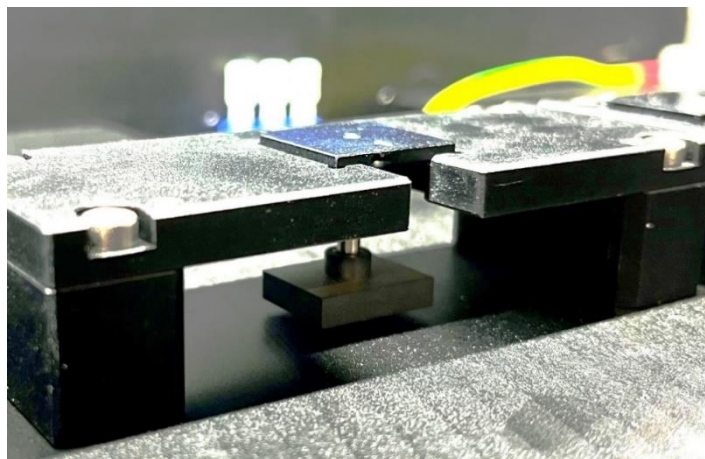


Abbildung 13: XL Tool Bank

Um diese Tools in der Tresky einsetzen zu können, musste neben der mechanischen Entwicklung und Anpassung (extra große Tool-Halter) für die XL-Toolbank auch die Software um einen neuen Algorithmus erweitert werden, der ein nach vorn gerichtetes, automatisiertes Entnehmen ermöglicht im Vergleich zur sonst direkt nach ob hin möglichen Entnahme.

6.4 Entwicklungsschwerpunkt: Software

GUI und Softwareprogrammierung:

Die notwendigen Fertigungsprozesse wurden identifiziert und die einzelnen Schritte definiert. Die den Prozess beeinflussenden relevanten Parameter wurden bestimmt, wie beispielsweise Positionen, Geschwindigkeiten, Temperaturen, Delays und andere. Die Maschinensoftware wurde so erweitert, dass diese in der Lage ist, die definierten Schritte des Prozesses in der vorgegebenen Reihenfolge (Prozessesequenz vom Operator jetzt modifizierbar) auszuführen, unter Berücksichtigung der konfigurierten Parameter (erweiterte Parameterauswahl).

AP 5.3: Entwicklung, Optimierung und Anpassung der Fügeprozesse

Unterstützt durch die Tresky GmbH erfolgte die Bestückung der ProMuPower Versuchsaufbauten und Demonstratoren mittels der der FH-Kiel zur Verfügung gestellten T-6000L. Mit diesen Werkzeugen ist es möglich, den von der FuE FH Kiel GmbH etablierten warmen Bestückungsprozess mit Einwirkung von Anpresskräften durchzuführen.

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Bauteile bestückt werden:

- Shunt des Projektpartners Isabellenhütte
- Diverse Kupferplättchen
- Halbleiter
- Temperatursensoren

Die Bibliothek des Bestückers wurde mit folgenden Systemprogrammen ergänzt, um die Bestückung der benötigten Komponente zu gewährleisten:

- Bauteil- und Bilderkennungseigenschaften zu den Bauteilen
- Bauteil- und Bilderkennungseigenschaften zum Bauteil Kupferplättchen
- Anzahl, Position, Bilderkennung zu allen Bauteilen auf dem Kupferlayout

Folgender Abbildung ist der optimierte Bestückungsbauraum zu entnehmen. Auf der im Bild unten rechts zu sehenden Heizplatte, werden die zu Bestückenden Kupferteile aufgelegt.

Der Tresky Bestücker montiert die benötigten Komponenten. Folgend wird der bestückte Verbund wieder entnommen. Die weiteren im Bild zu sehen 5 Aufnahmen dienen der Zuführung der zu bestückenden Materialien.



Abbildung 14: Montagebereich in der T-6000L bei FH-Kiel

AP 5.4: Erarbeitung von zusätzlichen Fertigungsprozessen

Neben dem hochpräzisen Bestücken von Bauteilen ist das direkte Applizieren von flüssigen Medien aller Art ein Kernprozess der AVT, welcher direkt in den Treskyanlagen erfolgen kann. Bekannteste und einfachste Dosiertechnik ist das sog. Druck/Zeit verfahren. Hierbei wird ein definierter Druck (in der Regel zwischen 0,2 bar bis 2,0 bar) für einer definierten Zeit (z.B. 0,1 s) gegeben. Dadurch tritt eine spezifische Materialmenge aus der Kartusche durch eine angesetzte Nadelspitze aus. Bei höherviskosen Medien empfiehlt es sich, ein Dosiertechnik zu verwenden bei der der Materialfluss mechanisch unterstützt wird, sog. Schraubendispenser. Hierbei wird das zu dosierende Material nach dem Prinzip einer Archimedischen Schraube gefördert. Die Fördermenge ist hierbei von der Umdrehungszahl der der Schraube sowie dem Luftdruck auf die Materialkartusche abhängig.

Die neueste Technologie der Schraubendispenser bedient sich der sog. Exzentrerschneckenpumpe. Bei diesem System erfolgt die Materialförderung nicht über eine offene Schraube (somit also auch Förderdruckabhängig) sondern über eine Exzentrerschraube. Dieses Rotor-Stator Prinzip erlaubt einen echt volumetrischen Dosierfluss nur noch abhängig von der Umdrehungszahl des Rotors.

Diese Technologie wurde in größeren Dosierapplikationen bereits seit Jahren eingesetzt, war jedoch für den Bauraum eine Tresky Anlage immer zu hoch bauend. Erst die Entwicklung einer stark verkleinerten Variante der Preeflow Dosierventile der Fa. Viscotec ermöglichte es Tresky, ein derartiges Ventil in einen Bestückungsanlage einzubauen und zu erproben.



Abbildung 15: Preeflow xs Dosierventil der Fa. Viscotec in Tresky Anlage

Dieser sehr konstante Materialfluß während des Dosiervorgangs ermöglichte es Tresky, seine neu designte Breitschlitzdüse, genannt Sequential Nozzle oder kurz SQ-Nozzle, zum direkten flächigen Auftrag von Dosiermaterialien wie Sinterpasten innerhalb der Treskyanlage einzusetzen.

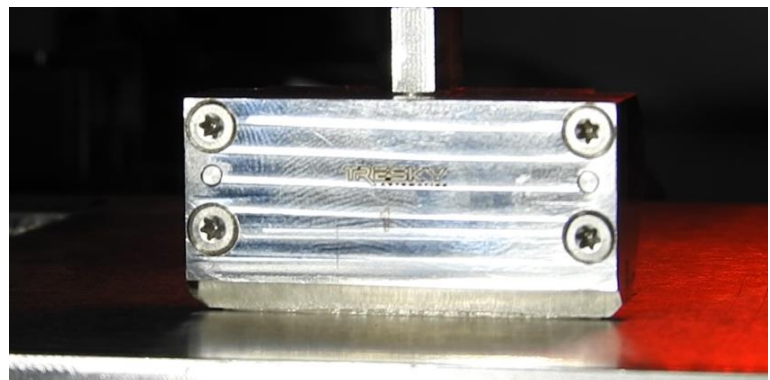
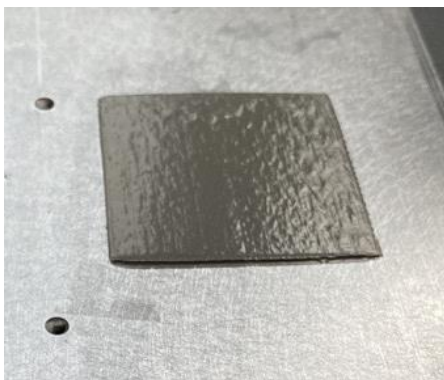


Abbildung 16: mit SQ-Nozzle dosiertes Sinterpad 40mm x 40 mm

Die Bewertung der so generierten Sinterpads erfolgte mittels Höhengscan eines in die Treskyanlage integrierten chromatisch konfokalen Weißlichtsensors.

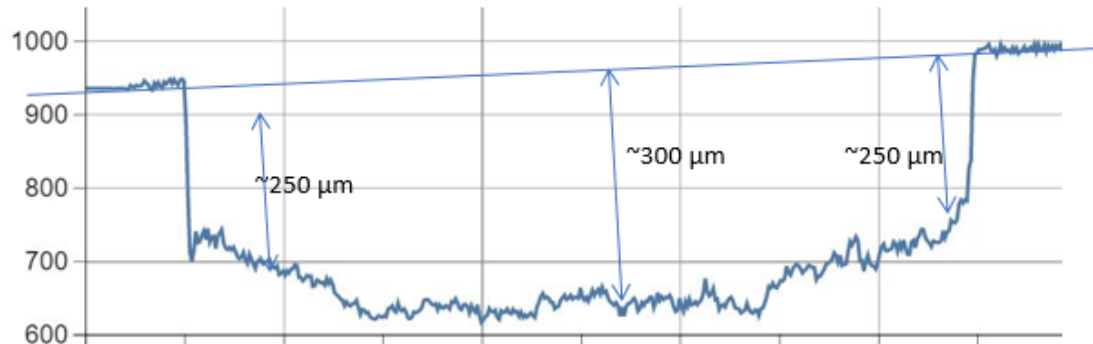


Abbildung 17: Höhengscan dosiertes Sinterpad

Die Messergebnisse zeigen mittig eine leichte Überhöhung. Dies ist bei Sinterprozessen jedoch von großem Vorteil, da beim Bestücken das Bauteil das Pad zuerst mittig berührt und somit beim weiteren Absetzen die unter dem Bauteil vorhandene Luft nach Außen abgeleitet wird.

6.4.1 AP6 Prozess-Validierung – Prüflinge und Charakterisierung

AP 6.1: Mechanische und thermomechanische Charakterisierung

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch F&E GmbH

AP 6.2: Thermomechanische Wechselbelastungen

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch F&E GmbH

AP 6.3: Zerstörende und Zerstörungsfreie Fehleranalysen

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch F&E GmbH

6.4.2 AP 7 Demonstratorenbau

AP 7.1: Entwurf und Planung der Demonstratoren

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch F&E GmbH

AP 7.2: Fertigung und Bestellung der benötigten Komponenten

Dieses Aufgabenpaket erfolgte durch F&E GmbH und tesa

AP 7.3: Fertigung der Demonstratoren

Unterstützt durch die Tresky GmbH erfolgte die Bestückung der ProMuPower Versuchsaufbauten und Demonstratoren mittels der an der FH-Kiel zur Verfügung gestellten T-6000L.

Folgende Abbildung zeigt den DIE-Bonder T6000, welcher der FH Kiel zur Verfügung steht.



Abbildung 18: DIE-Bonder T-6000L

6.5 der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die in AP5 von der Tresky GmbH geleistete Arbeit hat für das Projekt großen Effekt und Wirksamkeit, da in dieser AP die Prozessanpassung sowie neu entwickelte Features eingeflossen sind.

6.6 des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die im Projekt gewonnenen Kenntnisse werden, in die nächste Generation der Tresky Die Bonder einfließen.

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

Dies trifft nicht zu.

6.8 der erfolgten oder geplanten
Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.

Die Tresky GmbH stellte während der Laufzeit des Projekts, das Projekt und dessen
Ergebnisse auch diverse Messen, z.B. PCIM 2024, vor.



Abbildung 19: ProMuPwer Display auf PCIM 2024 auf dem Stand der Tresky GmbH