GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Kaiser Ingenieurbüro GmbH

iRotation - Molekularer Nachweis wirtschaftlich relevanter Pflanzenpathogene auf einem universellen Lab-on-a-Chip-System mittels Mediator-Displacement-LAMP

Holger Ebin, Nikolas Dörflinger, Lorenz Langer, Baltasar Busch

Fkz.: 031B0845B

„Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 031B0845B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/ dem Autor.“

TEIL I / KURZBERICHT 3

PROJEKTBESCHREIBUNG 3
WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE ERGEBNISSE 3
VERGLEICH MIT DER URSPRÜNGLICHEN PLANUNG 4
ÄNDERUNGEN IN DEN ZIELEN ODER AUSSICHTEN 4
FE-ERGEBNISSE VON DRITTANBIETERN 4
ÄNDERUNGEN IN DER ZIELSETZUNG 4
FORTSCHREIBUNG DES VERWERTUNGSPLANS 4

TEIL II / SACHBERICHT 5

WICHTIGSTE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES 5
VORAUSSICHTLICHE NUTZEN, INSBESONDERE DIE VERWERTBARKEIT DES ERGEBNISSES 6
BEKANNT GEWORDENE FORTSCHRITTE AUF DEM GEBIET DES VORHABENS BEI ANDEREN STELLEN 7
ERFOLGTE ODER GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN DES ERGEBNISSES NACH NR. 5 DER NKBF 8
PROJEKTVORSTELLUNG 10
PROJEKTVERANTWORTLICHKEITEN KAISER INGENIEURBÜRO GMBH 10
Firmenvorstellung 10
Ablauf 10
Konzeption und Design 11
Materialvorbereitung und Fräsen des Aufbaus 12
Vorfräsen und Feinbearbeitung der Formeinsätze 12
Aufbau auf der Spritzgussmaschine 12
Anmischen des Materials 12
Bemustern und Testläufe 12
Abbau des Werkzeugs 12
Anpassungen und Feinabstimmung 12

QUELLENVERZEICHNIS 13

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 13

Teil I / Kurzbericht

Projektbeschreibung

- Das zentrale Anliegen des iRotation-Projekts besteht in der Entwicklung eines effektiven diagnostischen Nachweissystems für pflanzliche Erkrankungen. Der entwickelte Nachweis zielt darauf ab, Winzern, Obstbauern und Baumschulen die eigenständige Durchführung von präzisen Tests auf spezifische Pflanzenpathogene zu ermöglichen. Hierdurch soll eine verbesserte Früherkennung von Krankheiten und eine zielgerichtete Bekämpfung gewährleistet werden, wodurch die Gesundheit und Produktivität der Pflanzen optimiert wird.
- Im Rahmen dieses Vorhabens übernimmt die Firma Kaiser Ingenieurbüro GmbH die Verantwortung für die Konstruktion und den Bau eines Spritzgusswerkzeuges, das zur Herstellung des Trägers für das Lab-on-a-Chip dient. Ein entscheidender Fokus liegt dabei auf den Kanälen, welche durch Kapillarwirkung die zu testende Lösung sowie die Substanzen zur Erkennung eines spezifischen Krankheitserregers in die vorgesehenen Kammern transportieren. Ein weiterer signifikanter Aspekt ist die Gewährleistung der Ebenheit der oberen Seite der sogenannten Siegelfläche des Lab-on-a-Chip, um eine dichte Versiegelung zu ermöglichen. Diese Maßnahmen sind von essentieller Bedeutung für die präzise Funktionalität und Zuverlässigkeit des Lab-on-a-Chip-Systems.

Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die Fortschritte in der Entwicklungsphase eines universellen Lab-on-a-Chip-Systems wurden durch eine umfassende Gestaltung des Formaufbaus initiiert, welcher dazu konzipiert ist, die zukünftigen Formeinsätze aufzunehmen. Dieser Formaufbau bildet die grundlegende Struktur, in der die anschließende Realisierung des Lab-on-a-Chip-Systems stattfindet.

Um die Effektivität und Präzision der entworfenen Strukturen zu gewährleisten, wurden Simulationen eingesetzt. Diese simulierten nicht nur den Fertigungsprozess, sondern dienten auch der Verifikation der Designs. Ziel war es, Verformungen in den späteren Kunststoffteilen zu verhindern. Zusätzlich wurde die optimale Position für den Anspritzpunkt, also den Ort der Materialzufuhr, bestimmt.

Im Rahmen dieser Entwicklung wurde eine Versuchsplatte konstruiert, die verschiedene Kanalgrößen umfasste. Diese diente als Testplattform, um Erkenntnisse über die verschiedenen Fertigungsarten zu gewinnen und insbesondere deren Genauigkeit bei der Abbildung der komplexen Kanalgeometrie zu beurteilen.

Die Herstellung von Versuchsplatten erfolgte unter Anwendung unterschiedlicher Bearbeitungsmethoden, darunter Fräsen, Erodieren und Lasern. Die detaillierte Analyse der Ergebnisse zeigte, dass das Lasern die präzisesten Resultate in Bezug auf geometrische und dimensionale Eigenschaften lieferte. Daher wurde diese Methode als besonders geeignet für die Herstellung von Lab-on-a-Chip-Komponenten identifiziert.

Besonderes Augenmerk lag auch auf der Auswahl des Herstellungsverfahrens für Fluidkanäle. In diesem Kontext erwies sich das Lasern als überlegen, da es die besten Ergebnisse hinsichtlich Präzision und Funktionalität der Kanäle erzielte.

Der Formeinsatz, als zentrales Element des Lab-on-a-Chip-Systems, wurde daher zunächst mit einem Sicherheitsaufmaß vorgefräst und anschließend extern mittels Lasertechnologie bearbeitet. Diese externe Vergabe war notwendig, da interne Ressourcen keinen Laser mit der geforderten Genauigkeit bereitstellen konnten. Diese strategische Entscheidung trug wesentlich zur Gewährleistung der Qualitätsstandards bei der Fertigung des Lab-on-a-Chip-Systems bei.

Vergleich mit der ursprünglichen Planung

In Bezug auf die ursprüngliche Projektplanung lässt sich feststellen, dass es zu einer kostenneutralen Verlängerung des Projekts um 6 Monate kam, bedingt durch eine Verschiebung im ursprünglich festgelegten Zeitrahmen. Trotz dieser zeitlichen Anpassung blieben die definierten Ziele für die Projektplanung unverändert. Als letztes Glied in der Entwicklungs- und Produktionskette sind wir weiterhin maßgeblich von den Ergebnissen unserer Projektpartner abhängig. Diese partnerschaftliche Zusammenarbeit bildet nach wie vor eine essenzielle Komponente für die erfolgreiche Umsetzung der gesamten Projektaufgaben.

Änderungen in den Zielen oder Aussichten

- Wie zuvor unter Punkt zwei erläutert, erfolgte eine zeitliche Anpassung der Projektziele, ohne jedoch den funktionellen Rahmen des Projekts zu verändern. Die ursprünglichen Zielsetzungen bleiben unverändert bestehen.

FE-Ergebnisse von Drittanbietern

- Es sind keine neuen relevanten Ergebnisse aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen bekannt, die das Vorhaben beeinflussen würden. Derzeit liegen keine Informationen vor, die die Entwicklung des Lab-on-a-Chip-Projekts durch externe wissenschaftliche Erkenntnisse beeinträchtigen. Der funktionelle Rahmen und die Zielsetzungen des Projekts bleiben unberührt von externen wissenschaftlichen Berichten oder Veröffentlichungen.

Änderungen in der Zielsetzung

- Es bedarf keiner inhaltlichen Anpassungen der Zielsetzung. Das übergeordnete Ziel, ein Spritzgusswerkzeug für das Lab-on-a-Chip zu entwickeln, bleibt konstant und unverändert bestehen.

Fortschreibung des Verwertungsplans

- Im Berichtszeitraum wurden keine neuen Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen verzeichnet. Potenzielle wirtschaftliche Erfolgsaussichten liegen in der Lieferung von Kartuschen nach Projektabschluss, abhängig von einer Kooperation mit einem Vermarktungspartner.
- Die resultierenden Erkenntnisse sollen in ein firmeneigenes Wiki integriert werden, um zukünftige Projekte zu unterstützen und die Optimierung von Prozessabläufen zu fördern. Des Weiteren werden die gewonnenen Erkenntnisse zu Bearbeitungsverfahren als Grundlage für zukünftige Arbeitsvorbereitung und Werkzeugkonstruktion genutzt.
  Die im Verlauf des Projekts erlangten Erkenntnisse eröffnen neue Perspektiven für die Feinbearbeitung von Konturen sowie die Auswahl geeigneter Bearbeitungsverfahren und tragen somit zur Weiterentwicklung der Firma Kaiser bei.

Teil II / Sachbericht

wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Projektierung des iRotation-Systems für die Vor-Ort Qualitätskontrolle bei Obstgehölzen reflektiert eine klare Verteilung der Projektkosten. Von den Gesamtausgaben entfallen 10% auf Material und 90% auf Personalkosten. Während des Projektablaufs wurden insgesamt 24.500 € für Material und 220.000 € für Personalkosten aufgewendet.

Das iRotation-System wird speziell auf die Anforderungen der Qualitätskontrolle bei Obstgehölzen zugeschnitten sein und verfügt über eine Reihe von Alleinstellungsmerkmalen. Zu diesen herausragenden Eigenschaften gehören die individuelle Anpassung auf verschiedene Pflanzenpathogene, zur Ergebnisfindung wird eine Im Rahmen des Projekts ein innovatives iRotation-System entwickelt, das speziell auf die Anforderungen der Qualitätskontrolle von Obstgehölzen vor Ort zugeschnitten ist. Dieses System bietet eine Reihe von einzigartigen Merkmalen, die es von bestehenden Technologien abheben:

- Schnelle und robuste Pathogenidentifikation mittels Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP):
  Die Pathogenidentifikation erfolgt effizient und zuverlässig durch die Anwendung der LAMP-Technologie, die eine schnelle Amplifikation von DNA ermöglicht.

- Vor Ort einsetzbar durch die Anwendung zentrifugaler Mikrofluidik:
  Das System ermöglicht den Einsatz vor Ort durch die Anwendung von zentrifugaler Mikrofluidik, was eine präzise Handhabung von Proben und Reagenzien gewährleistet.

- Automatisierter Ablauf der Analyse mit Vorlagerung der benötigten Reagenzien und einfacher integrierter mechanischer Lyse mithilfe des Deckels:
  Die Analyse erfolgt automatisiert, und die benötigten Reagenzien werden vorab gelagert. Eine integrierte mechanische Lyse mittels des Deckels vereinfacht den Prozess zusätzlich.

- Kostengünstige Herstellung der Kartusche mittels Spritzgusstechnologie:
  Die Herstellung der Kartuschen erfolgt kostengünstig durch den Einsatz der Spritzgusstechnologie, was eine breite Verfügbarkeit und Anwendbarkeit fördert.

- Anpassung einer universellen Kartusche auf den Bedarf des Nutzers durch die Kombination mit der Mediator-Displacement-Technologie:
  Die Kartusche kann universell angepasst werden, um den spezifischen Anforderungen des Nutzers gerecht zu werden, durch die Integration der Mediator-Displacement-Technologie.

- Verbesserte Werterhaltung der Produktionsflächen:
  Das iRotation-System trägt zur Verbesserung der Werterhaltung von Produktionsflächen bei, indem es eine präzise und effiziente Qualitätskontrolle ermöglicht.

- Ressourcenschonendes Konzept der iRotation-Kartusche aus homogenem Material:
  Die iRotation-Kartusche wird ressourcenschonend aus homogenem Material hergestellt, was Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit fördert.

- Die Aktivitäten im Rahmen des Projekts sind in fünf Arbeitspakete unterteilt:

die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Im Rahmen des fortlaufenden Obstbaummonitorings des Deutschen Obst- und Gartenbau e.V. wurden beunruhigende Zahlen ermittelt: Jährlich müssen in Deutschland etwa 1 Million Obstbäume aufgrund von Krankheiten gefällt werden, wie aus einer Pressemeldung vom 20. Juli 2020 hervorgeht. Diese alarmierenden Daten verdeutlichen nicht nur die ökologischen Auswirkungen, sondern haben auch erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen, die sich auf rund 100 Millionen Euro belaufen.

Insbesondere in der Baumschul- und Obstbauwirtschaft sind die Verluste beträchtlich, da Phytoplasmen, Viren und Bakterien jährlich für erhebliche Ernteeinbußen verantwortlich sind. Die schnelle Verbreitung von Infektionen nach dem Einschleppen der Pathogene stellt eine ernsthafte Gefahr dar. Ohne eine umgehende Erkennung des Erregers und entsprechende Quarantänemaßnahmen sind ganze Bestände gefährdet.

Vor diesem Hintergrund zeigt sich ein dringender Bedarf an fortschrittlichen Lösungen, insbesondere an einer Pathogendiagnostik, die einfach zu handhaben, hochsensitiv und spezifisch ist. Dies ist nicht nur entscheidend für die Sicherung der Qualität von pflanzlichem Vermehrungsmaterial, sondern auch für die umfassende Überwachung von Obstanlagen. Die aktuelle Problematik in der Landwirtschaft erfordert innovative Ansätze, um den Herausforderungen der Krankheitsprävention zu begegnen und damit die ökonomischen Verluste zu minimieren. Daher sind gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung von Diagnosewerkzeugen von entscheidender Bedeutung, um die langfristige Gesundheit und Produktivität der Obstbauindustrie zu sichern.

voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Baumschul- und Obstbauwirtschaft sieht sich jährlich erheblichen Verlusten durch Krankheitsbefall bei Obstpflanzen durch Phytoplasmen, Viren und Bakterien ausgesetzt. Die rasche Ausbreitung von Infektionen gefährdet gesamte Bestände, wenn Erreger nicht umgehend erkannt und geeignete Quarantänemaßnahmen eingeleitet werden. Daher besteht ein dringender Bedarf an effektiven Diagnosewerkzeugen, die einfach zu handhaben, hochsensitiv und spezifisch sind.

Das im beantragten Vorhaben entwickelte iRotation-System soll ein an die Vor-Ort-Qualitätskontrolle bei Obstgehölzen angepasstes Werkzeug darstellen. Hierbei stehen folgende Alleinstellungsmerkmale im Fokus:

- Schnelle und robuste Pathogenidentifikation: Durch Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) ermöglicht das System eine rasche und zuverlässige Identifikation von Krankheitserregern.
- Vor Ort einsetzbar: Dank zentraler Mikrofluidik kann das System direkt am Ort des Geschehens verwendet werden. Dies bedeutet, dass die Diagnose vor Ort durchgeführt werden kann, ohne dass Proben zu teuren Laboren gesendet werden müssen.
- Automatisierter Ablauf der Analyse: Das System automatisiert den gesamten Analyseprozess. Eine einfache mechanische Lyse durch ein Probeeingabemodul wird integriert, was die Handhabung weiter vereinfacht.
- Kostengünstige Herstellung: Die Kartusche des Systems wird kosteneffizient mittels Spritzgusstechnologie hergestellt. Dies trägt zur erleichterten Verbreitung und Anwendung bei.

- Anpassungsfähige universelle Kartusche: Die Kombination mit der Mediator-Displacement-Technologie ermöglicht die Anpassung der Kartusche an die individuellen Bedürfnisse des Nutzers. Das System ist somit vielseitig einsetzbar.
- Verbesserte Werterhaltung der Produktionsflächen: Das iRotation-System trägt zur nachhaltigen Bewirtschaftung bei, indem es durch die frühzeitige Krankheitsdetektion die Werterhaltung der Produktionsflächen fördert.
- Ressourcenschonendes Kartuschenkonzept: Die iRotation-Kartusche wird aus homogenem Material hergestellt, was ein ressourcenschonendes Konzept unterstützt.

Die innovative Technologie des iRotation-Systems ist darauf ausgerichtet, den Herausforderungen in der Baumschul- und Obstbauwirtschaft effektiv zu begegnen und die Qualitätssicherung vor Ort zu verbessern. In diesem Zusammenhang führen das renommierte Unternehmen Hahn & Schickard und MAST Diagnostica aktuell experimentelle Untersuchungen durch, während die Firma Kaiser die Produktion der Disks für das "Lab-on-a-Chip" übernimmt.

Die vorliegende Forschungsarbeit präsentiert eine vielversprechende Lösung zur Verhinderung wirtschaftlicher Schäden in Baumschulen und landwirtschaftlichen Betrieben. Dabei liegt ein zentraler Fokus auf der frühzeitigen Erkennung von Pflanzenpathogenen durch die Analyse des Wurzelwerks. Dieser Ansatz erlaubt es, erkrankte Pflanzen frühzeitig von gesunden zu isolieren und somit einen umfassenden Befall des gesamten Bestands zu verhindern.

Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf die Anwendung von Pathogenen von Obstbäumen, wobei auch Rebstöcke als vielversprechender Markt für diese innovative Methode identifiziert wurden. Ein entscheidender Vorteil besteht darin, dass Obstbauern und Winzer in der Lage sind, Proben eigenständig zu entnehmen und die Untersuchung selbst durchzuführen. Hierbei ist eine Zentrifuge erforderlich, um die Analyse vor Ort durchführen zu können. Dies verkürzt nicht nur die Zeit bis zur Diagnose, sondern eliminiert auch die Notwendigkeit, Proben an kostspielige Labore zu senden.

Die Anwendbarkeit des Konzepts erstreckt sich über verschiedene Krankheitserreger, wobei die Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) individuell auf die nachzuweisenden Pathogene angepasst wird. Dies gewährleistet eine hohe Flexibilität.

bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Die Studie der Dublin City University (DCU) untersucht die Anwendung eines Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP)-basierten LoaD-Systems zur Identifizierung von Pflanzenpathogenen an Tomatenpflanzen.

In der Studie wurden verschiedene Pflanzenpathogene an Tomatenpflanzen verwendet, darunter Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici und Xanthomonas campestris pv. vesicatoria.

Die Ergebnisse zeigen, dass das LoaD-System in der Lage ist, diese Pathogene zuverlässig zu identifizieren. Die Nachweiszeiten lagen zwischen 30 und 60 Minuten.

Die Studie wurde im Jahr 2023 durchgeführt und die Ergebnisse wurden im März 2023 veröffentlicht.

Die Studie ist noch in der Anfangsphase, aber die Ergebnisse sind vielversprechend. Das LoaD-System könnte in Zukunft eine nützliche Methode zur Früherkennung von Pflanzenpathogenen an Tomatenpflanzen sein.

Die Studie wurde von einem Team von Wissenschaftlern der DCU unter der Leitung von Dr. Ciara Murphy durchgeführt. Die Studie wurde mit Mitteln der irischen Regierung finanziert.

Es ist wahrscheinlich, dass das LoaD-System in Zukunft weiterentwickelt wird, um die Anwendung auf weitere Pflanzenarten und Pathogene zu ermöglichen.

erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF

Entwicklung eines Lab-on-a-Chip-Systems zur Diagnose von Pflanzenpathogenen

Das Projekt iRotation verfolgt das Ziel, ein Lab-on-a-Chip-System zu entwickeln, das Landwirten und Baumschulen ermöglicht, selbstständig spezifische Pflanzenpathogene zu diagnostizieren. Die Kaiser Ingenieurbüro GmbH (KIB) ist verantwortlich für die Konstruktion und den Bau eines Spritzgusswerkzeugs zur Produktion des Lab-on-a-Chip. Der Chip nutzt Kapillarwirkung, um Lösungen und Substanzen zur Erkennung von Krankheitserregern über Kanäle zu transportieren.

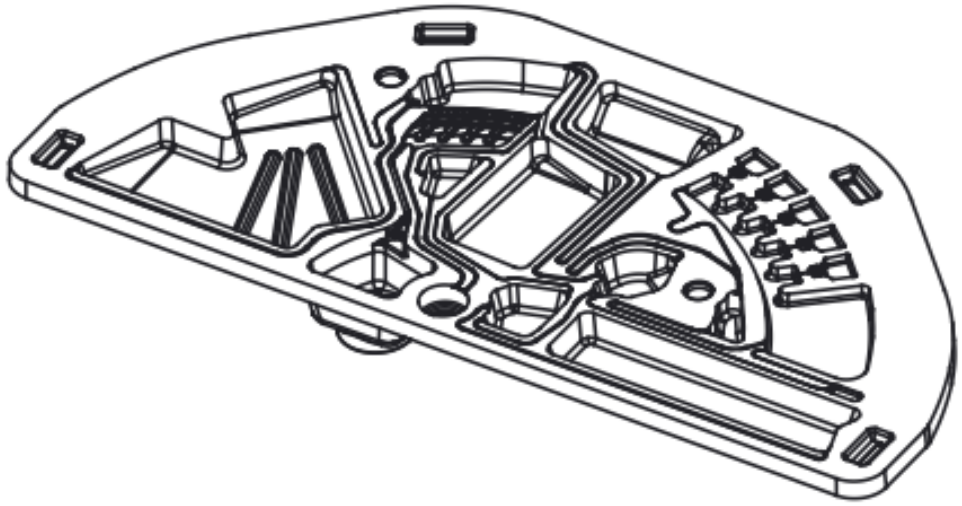

Abbildung 1

Die Kaiser Ingenieurbüro GmbH, langjährig auf die Entwicklung anspruchsvoller Werkzeuglösungen und thermoplastischer Kunststoffprodukte spezialisiert, strebt im Rahmen dieses Projekts die Etablierung als Partner für die Herstellung mikrofluidischer Spritzgussteile an. Die erzielten Ergebnisse sollen das technologische Know-how erweitern, die Produktpalette strategisch diversifizieren und die Wettbewerbsfähigkeit steigern.

Der Projektstart umfasste die Herstellung von Probeeinsätzen, die mittels Fräsen, Senkerodieren und Lasern unterschiedliche Kanalgrößen abbildeten. Das Lasern erwies sich als präzisestes Verfahren mit einer Toleranz von +-8%. Ein initiales Design einer ebenen Platte mit eingelassenen Kanälen wurde durch Flowsimulation validiert, um Verzugserscheinungen vorzubeugen. Die Auswahl der Herstellungsverfahren für die Fluidkanäle und Werkzeugbauteile erfolgte nach Tests von Fräsen, Schleifen, Erodieren und Lasern.

Während der Tests zur Herstellung der Kanäle im Spritzgusswerkzeug wurde festgestellt, dass das Lasern die besten Ergebnisse erzielte. Neue Versuchsplatten, teilweise erodiert und teilweise gefräst, wiesen Abweichungen in Kanalgeometrie und Siegeloberflächenqualität auf. Lasern erwies sich erneut als überlegen in Bezug auf Genauigkeit und Qualität der Kanalgeometrie.

Im Berichtszeitraum 2022 wurde der Werkzeugaufbau für das Spritzgusswerkzeug realisiert, das als Heißkanalsystem konzipiert ist. Dieses Konzept ermöglicht es, den Kunststoff auf Schmelztemperatur zu halten, bevor er in die Kavität eintritt. Verschiedene Bearbeitungsverfahren wie Fräsen, Schleifen und Tieflochbohrungen wurden für den Werkzeugaufbau angewandt.

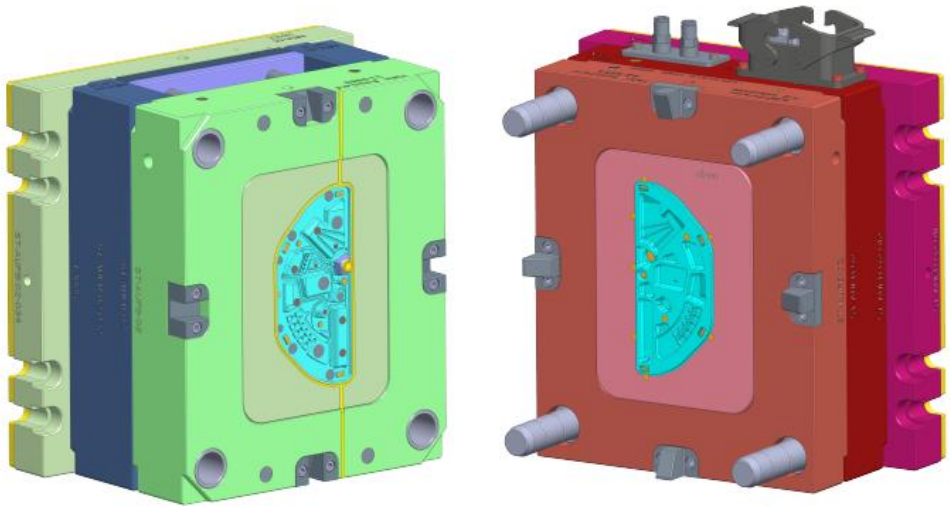

Abbildung 2

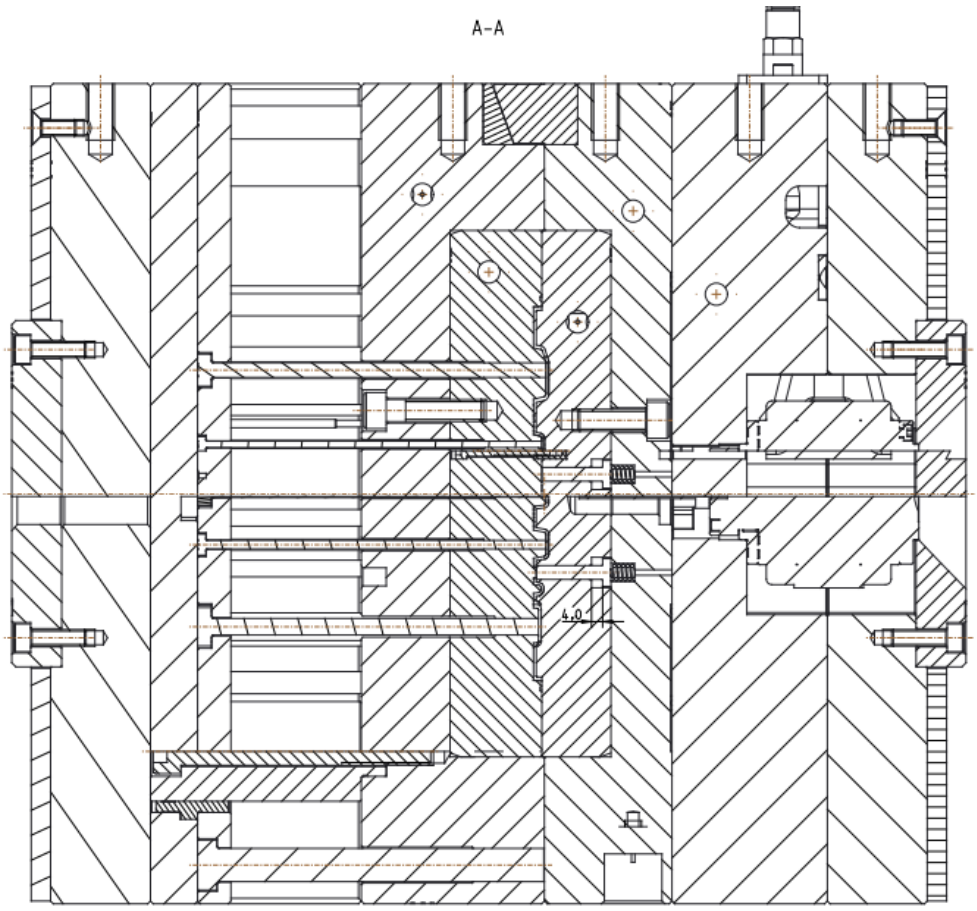

Abbildung 3

Obwohl das Laserverfahren als führend bei der Herstellung präziser Kanäle und hochwertiger Siegeloberflächen identifiziert wurde, könnte die Integration weiterer Bearbeitungsverfahren wie 3D-Druck oder spezifischer Nanotechnologien die Fertigungsmöglichkeiten erweitern. Zukünftige Arbeiten könnten sich auf die Integration solcher Verfahren konzentrieren, um die Effizienz und Präzision weiter zu verbessern.

Projektvorstellung

Das Vorhaben des iRotation Projekts ist es einen Nachweis für pflanzliche Erkrankungen zu entwickeln, der dem Winzer, dem Obstbauern oder der Baumschule ermöglicht selbst auf bestimmte Pflanzenpathogene zu testen.

Projektverantwortlichkeiten Kaiser Ingenieurbüro GmbH

Die Firma Kaiser Ingenieurbüro GmbH ist hierbei für die Konstruktion und den Bau eines Spritzgusswerkzeuges verantwortlich, dass den Träger des Lab-on-a-Chip produziert. Die wichtigsten Aspekte für das Lab-on-a-Chip sind die Kanäle, welche die zu testende Lösung und die Substanzen zum Nachweis eines bestimmten Krankheitserregers durch Kapillarwirkung in die vorgesehenen Kammern befördern. Ein Weiterer wichtiger Aspekt ist die Ebenheit der oberen Seite der sogenannten Siegelfläche des Lab-on-a-Chip um dieses dicht versiegeln zu können.

Firmenvorstellung

Kaiser Ingenieurbüro GmbH (KIB) verfügt über eine langjährige Expertise in der Entwicklung hochkomplexer Werkzeuglösungen und der Realisierung erstklassiger Produkte im Bereich thermoplastischer Kunststoffspritzguss. Unsere Tätigkeitsfelder erstrecken sich dabei über die Medizintechnik, Fahrzeugtechnik und Industrietechnik. Im Fokus unserer aktuellen Projekte steht die Etablierung von KIB als führender Partner in der Herstellung mikrofluidischer Spritzgussteile.

Unsere Zielsetzung ist es, durch innovative Projektergebnisse nicht nur technologisch herausragende Prototypen zu produzieren, sondern auch maßgeschneiderte Fertigungsmethoden zu entwickeln. Diese sollen nicht nur eine reibungslose Prototypenproduktion gewährleisten, sondern auch die Grundlage für die Technologien schaffen, die eine zuverlässige Serienfertigung der iRotation-Kartuschen ermöglichen.

Die im Rahmen dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekts erzielten Ergebnisse werden nicht nur unser Know-how erweitern, sondern auch strategisch die Produktpalette unseres Unternehmens stärken. Dies trägt dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit von KIB entscheidend zu steigern. Darüber hinaus wird die direkte Belieferung des späteren Vertriebs mit hochwertigen Spritzguss-Rohlingen für die iRotation-Kartusche einen bedeutenden Beitrag zu unserem geschäftlichen Erfolg leisten. Als Ihr zuverlässiger Partner setzen wir auf Innovation und höchste Qualität, um die Anforderungen der modernen Industrie erfolgreich zu erfüllen.

Ablauf

In der Anfangsphase des Projekts wurden Prototypeneinsätze für den Stammaufbau unserer kleinsten Spritzgussmaschine entworfen und hergestellt. Diese Probeeinsätze enthielten unterschiedlich große Kanäle in einer Kammer. Drei Sätze dieser Probeeinsätze wurden produziert, um das präziseste Fertigungsverfahren für die gewünschte Geometrie zu bestimmen. Die angewandten Verfahren umfassten Fräsen, Senkerodieren und Lasern. Bei den letzten beiden

Verfahren wurden die Einsätze vorgefräst und anschließend entsprechend gefertigt. Die Auswertungen ergaben, dass das Lasern das präziseste Fertigungsverfahren darstellt.

Der Forschungsansatz von Kaiser Ingenieurbüro begann mit der Entwicklung eines potenziellen Designs unter Berücksichtigung erforderlicher Eigenschaften und zu verwendender Geräte. Das anfängliche Design umfasste eine ebene Platte mit eingelassenen Kanälen, variierender geometrischer Formen. Eine Flowsimulation wurde durchgeführt, um das Design theoretisch zu validieren und einen ungewollten Verzug des Kunststoffteils zu verhindern.

Die Koordination der Fluidkanäle erfolgte in Abstimmung mit Fachexperten, um ein geeignetes Herstellungsverfahren zu wählen. Ebenso wurden Herstellungsverfahren für den Werkzeugaufbau und formbedingte Werkzeugbauteile in verschiedenen Tests evaluiert und ausgewählt. Mehrere Stähle wurden mittels unterschiedlicher Verfahren getestet, um eine homogene Oberfläche der Fluidkanäle zu gewährleisten.

In einer weiteren Testphase wurden verschiedene Herstellungsverfahren für die Kanäle in einem Spritzgusswerkzeug intensiv getestet. Beim Fräsen wiesen die Ecken Unregelmäßigkeiten auf, während beim Erodieren keine scharfen Ecken erreicht wurden. Lasern erzielte die besten Ergebnisse mit einer Toleranz von +-8%.

In der jüngsten Testperiode wurden zusätzliche Versuche zur Herstellung der Kanäle im Spritzgusswerkzeug durchgeführt. Die Versuchsplatten, die mit unterschiedlichen Bearbeitungsarten hergestellt wurden, dienen als Grundlage für Versuche zur Kapillarwirkung. Die Auswertung ergab unterschiedliche Ergebnisse für erodierte und gefräste Teile hinsichtlich Kanalbreite, Ecken und Siegeloberfläche.

Gelasertes Teil:

Beste Ergebnisse durchs Lasern erreicht, die höchste Genauigkeit bezüglich der Siegeloberfläche Die Siegeloberfläche neben den Kanälen sieht eben aus. Siehe Anhang Messergebnisse Versuchsteil.

Im Berichtszeitraum 2022 haben wir den Werkzeugaufbau hergestellt, in welchem die späteren Formeinsätze eingebaut werden. Dieser ist als Heißkanalsystem konzipiert, das Konzept wird in Abbildung 4 dargestellt. Unterschied zum Kaltkanalsystem ist, dass der Kunststoff auf Schmelztemperatur gehalten wird bis dieser in die Kavität eindringt. Die Kavität bezeichnet den Bereich der die negativ Form des Spritzteils abbildet. Der Aufbau des Spritzgusswerkzeugs ist in Abbildung 4 dargestellt. Hierbei unterscheidet sich zu unserem Aufbau, dass die Formkontur nicht direkt in den Formplatten (Position 6 & 8) eingebracht wird. Bei uns wird die Formkontur in den Formeinsätzen eingebracht, welche in der Formplatte eingelassen sind und mit Schrauben an der Formplatte befestigt sind. Da wir ein Heißkanalsystem besitzen ist statt der Angussbuchse (Punkt12) eine Heiße Düse verbaut. Für den Werkzeugaufbau waren verschiedene Bearbeitungsverfahren notwendig. Zum einen wurden die Platten gefräst und geschliffen, die Kühlbohrungen wurden Tieflochgebohrt.

Konzeption und Design

Die Planung des Werkzeugs umfasst nicht nur das Entwerfen am Computer, sondern auch die Entscheidung darüber, welche Teile individuell gefertigt werden müssen oder ob standardisierte Bauteile (Normteile) verwendet werden können. Normteile sind bereits standardisierte Bauteile, die oft in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden. Die Konzeption legt fest, welche Teile des Werkzeugs speziell hergestellt werden müssen, um den individuellen Anforderungen zu genügen.

Materialvorbereitung und Fräsen des Aufbaus

Für den Werkzeugaufbau wird hochwertiger Stahl, wie beispielsweise 1.2343 (X37CrMoV5-1), verwendet. Diese Werkzeugstahllegierung besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff, Chrom, Molybdän und Vanadium. Dieser Stahl ist bekannt für seine Härte, Verschleißfestigkeit, Zähigkeit und ausgezeichnete Wärmebeständigkeit. Mit CNC-Fräsmaschinen wird der Stahl in die gewünschte Form gebracht, wobei die äußeren Formen und Befestigungspunkte für die späteren Einsätze exakt herausgearbeitet werden.

Vorfräsen und Feinbearbeitung der Formeinsätze

Die Formeinsätze, welche später spezifische Teile des Endprodukts formen, werden zunächst grob vorgefräst, um die Grundformen zu erhalten. Anschließend durchlaufen sie einen Härteprozess, bei dem sie erhitzt und dann schnell abgekühlt werden, um ihre Härte zu erhöhen. Diese Einsätze werden widerstandsfähiger, was ihre Haltbarkeit verbessert. Danach erfolgt die Feinbearbeitung, bei der die exakten Formen, Kavitäten und Oberflächen gemäß dem Design erzeugt werden. Für besonders präzise Formen kann auch das Senkerodieren eingesetzt werden: Dabei werden Elektroden genutzt, um Material von den Einsätzen zu entfernen, indem elektrische Entladungen präzise gesteuert werden.

Aufbau auf der Spritzgussmaschine

Die gehärteten Formeinsätze werden in den Werkzeugaufbau eingesetzt, welcher dann auf die Spritzgussmaschine montiert wird. Bei einem Heißkanalwerkzeug beinhaltet dies auch den Anschluss des Regelgeräts für die Temperaturkontrolle sowie das Koppeln des Auswerfers mit der Maschine, um sicherzustellen, dass die Teile nach dem Formen richtig ausgeworfen werden.

Anmischen des Materials

Das Material für den Spritzguss, besteht aus einem Compound zweier Materialen, dieses wurde im Auftrag nach unserem Wunsch von dem Kunststoff-Zentrum in Leipzig GmbH zusammengestellt. Da die verschiedenen Kunststoffe, verschieden mechanische und chemische Eigenschaften mitbringen ist ein Compound eine gute Möglichkeit sich die jeweiligen Materialeigenschaften zu Nutzen zu machen.

Bemustern und Testläufe

Die Spritzgussmaschine wird in Betrieb genommen, um die Herstellung der gewünschten Teile zu starten. Es werden Probeläufe durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Werkzeug richtig funktioniert und die hergestellten Teile den gewünschten Standards entsprechen. Hierbei wird überprüft, ob die gehärteten Formeinsätze die gewünschte Härte und Haltbarkeit bieten und ob die hergestellten Teile die richtige Form und Qualität haben.

Abbau des Werkzeugs

Nach den Testläufen wird das Werkzeug von der Spritzgussmaschine entfernt. Die einzelnen Formeinsätze werden aus der Maschine genommen, um weitere Anpassungen vorzunehmen oder die Produktion anzupassen.

Anpassungen und Feinabstimmung

Der Spritzgussprozess an sich ist mit seinen vielen Variablen ein Prozess welcher, viel Anpassung bedarf bis ein gutes Produkt produziert werden kann. Nach den Ergebnissen der Testläufe wurden Anpassungen am Werkzeug vorgenommen. Um die Entformung zu verbessern wurden die Berieche der Reservoirs strichpoliert um ein leichteres Entformen der Teile zu gewährleisten.

Quellenverzeichnis

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000326702300291X

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000326702300291X#fig5

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 8
Abbildung 2 9
Abbildung 3 9