



Bachelorarbeiten 2023
**Bachelor of Science in
Maschinentechnik**



Preisstifter für den Studiengang
Maschinentechnik | Innovation



Ewellix, Göteborg, Sweden



Geberit Verwaltungs AG, Jona SG



Simcon Kunststofftechnische Software GmbH,
Würselen DE



Swiss Engineering STV – der Berufsverband der
Ingenieure und Architekten, Zürich



thyssenkrupp Presta AG, Eschen FL



Verein Deutscher Ingenieure im Namen des
Bodensee-Bezirksverein e. V., Friedrichshafen DE

Vorwort



Prof. Hanspeter Keel
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

*Geschätzte Industriepartner und Interessenten,
Liebe Diplomandinnen und Diplomanden,
Sehr geehrte Damen und Herren*

Es ist mir eine grosse Freude, Ihnen heute die Diplom-arbeitsbroschüre der Abschlussklasse Maschinentechnik präsentieren zu dürfen. Diese Broschüre ist das Resultat monatelanger harter Arbeit, Hingabe und Kreativität unserer Studierenden. Sie dient als Schaufenster für die herausragenden Projekte und Innovationen, die in enger Zusammenarbeit mit der Industrie und den Forschern entstanden sind.

Die Diplomarbeitsbroschüre bietet Ihnen einen faszinierenden Einblick in die Vielfalt der Projekte, die unsere Studierenden erfolgreich abgeschlossen haben. Von der Konzeption und Entwicklung hochmoderner Maschinen und Anlagen bis hin zur Optimierung bestehender Prozesse – die Bandbreite der Themen ist beeindruckend. Dabei steht nicht nur die technische Kompetenz im Fokus, sondern auch die Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte – einem Schwerpunkt unserer Schule.

Die enge Zusammenarbeit mit der Industrie spielt eine zentrale Rolle in unserem Ausbildungsansatz. Durch Praktika, Kooperationen und Projekte mit namhaften Unternehmen haben unsere Studierenden wertvolle Erfahrungen gesammelt und ihre Fähigkeiten weiterentwickelt. Die Diplomarbeitsbroschüre zeigt daher nicht nur die exzellente Leistung unserer Absolventinnen und Absolventen, sondern auch die Bedeutung der praxisorientierten Ausbildung.

Ich möchte den Studierenden meinen Dank aussprechen. Sie haben mit Leidenschaft und Beharrlichkeit an ihren Projekten gearbeitet, innovative Ideen vorangetrieben und technische Lösungen geschaffen. Ein weiterer Dank gilt unseren engagierten Dozierenden und dem Industriepartner, die ihre fachliche Expertise und ihr Engagement eingebracht haben, um unsere Studierenden auf diesem Weg zu begleiten und zu unterstützen. Ohne ihre Unterstützung wäre die Umsetzung dieser beeindruckenden Projekte nicht möglich gewesen.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Durchblättern der Diplomarbeitsbroschüre und hoffe, dass Sie von den innovativen Ideen und technischen Lösungen ebenso begeistert sein werden wie wir. Die vorgestellten Arbeiten bieten einen inspirierenden Einblick in die Zukunft der Maschinentechnik und unterstreichen die Relevanz dieses Fachgebiets für die Industrie und die Gesellschaft.

Rapperswil, im September 2023

Prof. Hanspeter Keel
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

Rückblick 2022/2023

Innovationen, die bewegen

Namhafte Industriepartner, anspruchsvolle Projekte und innovative Lösungen: Der Studiengang Maschinentechnik | Innovation blickt auf ein erfolgreiches Studienjahr 2022/2023 mit grossen Emotionen zurück.

Absolventinnen und Absolventen für die Industrie gerüstet

Das neue Studienjahr beginnt immer auch mit einem Abschluss: An der Diplomfeier im September hat der Studiengang den diesjährigen Absolventinnen und Absolventen in feierlichem Rahmen das Bachelordiplom Maschinentechnik überreicht. Zusammen mit den Absolventinnen und Absolventen vom März sind so 2023 rund 60 bestens für die Industrie ausgebildete Maschineningenieurinnen und Maschineningenieure in den Markt getreten. Ein Teil von ihnen setzt die Ausbildung in einem Masterstudium an der OST fort.

«Innovation Partner» an der Unihockey-Weltmeisterschaft

Als «Innovation Partner» war die OST an der Unihockey-Weltmeisterschaft 2022 in Zürich an vorderster Front mit dabei. In der Swiss Life Arena in Zürich konnten Fans ihren eigenen «Funball» gestalten und mit nach Hause nehmen. Ähnlich wie eine Serienproduktion, fast ununterbrochen neun Tage lang, hat die Anlage bunte Ballhälften zusammengeschweisst. Mit einem Beschriftungslaser konnten die Bälle mit dem eigenen Namen oder einer kurzen Botschaft personalisiert werden. Die Nachfrage hat alle Erwartungen übertroffen und auch das Interesse an der technischen Umsetzung in der Schweissanlage war gross. Auch auf dem Spielfeld war die OST präsent: Der Award für Nachhaltigkeit sowie die All Star Team Awards wurden in Rapperswil aus Recyclingmaterial von ausgedienten Unihockey-Bällen und -Schaufeln produziert. Am Viertelfinale war die OST zudem im Publikum stark vertreten: Im Fansektor haben Studierende, Mitarbeitende sowie Industriepartner und Freunde das Schweizer Nationalteam angefeuert und den Sieg gefeiert.

Pokale für Nachwuchstalente hergestellt

Für eine Ehre auszeichnung der anderen Art war die OST bei den SwissSkills verantwortlich. Am nationalen Lehrlingswettbewerb, wo sich die besten Nachwuchstalente jeder Branche messen, hatte die OST die Ehre, die Pokale für die Siegerinnen und Sieger aus den technischen Berufen herzustellen. Der «Chocoformer», ein 3D-Drucker für Schokolade, war vor Ort im Einsatz und hat viel Aufmerksamkeit erhalten. Er wurde am IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung gebaut und wird von Studierenden und Mitarbeitenden laufend weiterentwickelt.



3D-Drucker für Schokolade an der SwissSkills 2022.



Als «Innovation Partner» an der Unihockey-Weltmeisterschaft 2022.

Auszeichnung erhalten

2022/2023 hat die Maschinenteknik nicht nur Auszeichnungen produziert, sondern auch erhalten. Unter anderem wurde das IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung mit dem Swiss Plastic Expo Award in der Kategorie Nachhaltigkeit für das Projekt «Aus alten Skischuhen werden Handyhüllen» ausgezeichnet. Das IWK stellt aus alten Skischuhen, die von der Integrationswerkstätte ARGO in Davos gesammelt und zerlegt werden, Granulat her, welches der Zürcher Taschen- und Accessoireshersteller FREITAG für die iPhone-Hülle «F385 Circ-Case» verwendet. Wechselt der Benutzer das Telefon, kann die Hülle zurückgegeben werden und kommt so wieder in den Kreislauf. Die Nachrichtensendung «10vor10» hat dem Projekt einen Beitrag gewidmet.



FREITAG-iPhone-Hülle «F385 Circ-Case»

Erneuter Sieg an den Cybathlon Challenges

An den Cybathlon Challenges vom Mai in Winterthur hat das Robility-enhanced-Team des Medtech Lab seine Erfolgsserie fortgesetzt. Im Rollstuhlrennen hat Pilot Rolf Schoch gegen den Konkurrenten aus Deutschland gewonnen. Das Team ist damit auf dem besten Weg für den grossen Cybathlon 2024. Zudem wurde dieses Jahr mit dem Bau des neuen enhanced-Hybrid begonnen und erste Tests haben bereits stattgefunden. Die Kombination aus manuellem Rollstuhl und Exoskelett wird für Rollstuhlfahrer bisher unzugängliche Lebensbereiche zugänglich machen.



Cybathlon-Challenges-Gewinnerteam

Den Studiengang vorgestellt

An Infoevents, bei Schulbesuchen und Messen über das ganze Jahr verteilt wurde das Studium Maschinenteknik mit interessanten Projekten und Exponaten vorgestellt und bei jungen Menschen die Begeisterung für Technik geweckt. Auf besonderes Interesse ist die Einladung «Student for a Day» gestossen, bei der Lehrlinge oder Schüler einen Tag lang OST-Luft schnuppern können und Studierende durch ihren Tag begleiten.

Besonders in Erinnerung geblieben ist auch der Besuch der ersten Abschlussklasse Maschinen-

technik, die fünfzig Jahre nach ihrem Studienstart für einen Besuch nach Rapperswil zurückkehrte. Die Gruppe zeigte sich beeindruckt, wie gut die heutigen Studierenden präsentieren. Auch die interdisziplinäre Ausrichtung des Studiengangs, die es so zu ihrer Zeit noch nicht gegeben hat, ist positiv aufgefallen. Gleich geblieben sei – «zum Glück» – die Nähe zur Industrie. Diese Praxisnähe wollen wir auch weiterhin behalten und suchen einen guten Draht zur Industrie. Wir freuen uns immer über einen Austausch an den Veranstaltungen oder auch über die direkte Zusammenarbeit.

Überblick

Referentinnen und Referenten

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 12 15 | Manuel Altmeyer |
| 31 | Prof. Dr. Gion Andrea Barandun |
| 47 | Prof. Dr. Christian Bodmer |
| 57 | Prof. Dr. Felix Nyffenegger |
| 35 44 | Prof. Dr. Frank Ehrig |
| 59 62 | Peter Eichenberger |
| 65 | Prof. Stefan Grätzer |
| 23 24 | Prof. Dr. Andre Heel |
| 55 68 | Prof. Dr. Markus Henne |
| 11 | Prof. Michael Hubatka |
| 27 36 41 71 | Prof. Dr. Pierre Jousset |
| 54 63 64 72 73 | Prof. Hanspeter Keel |
| 13 16 | Prof. Dr. Agathe Koller |
| 66 67 73 | Prof. Dr. Albert Loichinger |
| 20 21 22 56 60 61 70 | Prof. Dr. Elmar Nestle |
| 33 50 69 | Daniel Omidvarkarjan |
| 25 26 28 58 | Prof. Dr. Mohammad Rabiey |
| 51 | Prof. Nicolas Rouvé |
| 14 18 49 53 | Prof. Dr. Dario Schafroth |
| 34 38 39 42 48 | Prof. Daniel Schwendemann |
| 17 19 52 65 | Prof. Dr. Dejan Šeatović |
| 29 32 43 | Dominik Stapf |
| 30 37 45 46 | Prof. Dr. Mario Studer |
| 40 | Curdin Wick |

Überblick

Korreferentinnen und Korreferenten

| | |
|--|-------------------------------|
| 13 | Dr. Codourey Alain |
| 26 | Stefano Capparelli |
| 12 15 16 | Dr. Alain Codourey |
| 66 67 | Dr. Fabian Eckermann |
| 51 | Christophe Emmenegger |
| 33 50 69 | Florian Gschwend |
| 23 | Dr. Christian Haverkamp |
| 14 18 49 53 | Prof. Dr. Marco Hutter |
| 17 19 52 | Pavel Jelinek |
| 38 48 | Martin Klein |
| 28 | Dr. Wolfgang Knapp |
| 54 59 62 63 64 72 | Dr. Jürg Krauer |
| 35 40 44 | Christian Kruse |
| 25 58 | Dr. Fredy Kuster |
| 34 39 42 | Frank Mack |
| 65 | Nik Marty |
| 30 37 45 46 | Daniel Marty |
| 27 29 31 32 36 41 43 55 68 71 | Prof. Dr. Michael Niedermeier |
| 57 | Marco Egli |
| 11 | Dr. Antje Rey |
| 20 21 22 56 60 61 70 | Robert Spasov |
| 24 | Dominik Wlodarczak |
| 47 | Dr. Claudia Wohlfahrtstätter |

Überblick

Themen

Automation & Robotics, Mechatronics and Automation Technology, Sensorics

- 11 Low-Cost Underwater Localisation

Automation & Robotik

- 12 Automatisierung eines Polierprozesses
- 13 Entwicklung eines Interface Moduls für die Smart Factory Anlage
- 14 Evaluierung & Implementierung optischer Algorithmen zur Unterstützung der GNSS-Navigation
- 15 PCB-Bestückung
- 16 Rennrollstuhl ZED-Weiterentwicklung für das Hindernis «Uplift»

Automation & Robotik, Maschinenbau-Informatik, Mechatronik und Automatisierungstechnik

- 17 Cooperative Unmanned Vehicle System

Automation & Robotik, Maschinenbau-Informatik, Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

- 18 Crawling Robot

Automation & Robotik, Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung

- 19 Differential Drive Vehicle

Betriebsführung & Instandhaltung, Maschinenbau-Informatik, Sensorik

- 20 Schwingungsanalyse mittels Motion Amplification

Betriebsführung & Instandhaltung, Sensorik

- 21 Condition-Monitoring-Systeme für Wälzlager
- 22 Evaluation eines Systems zur Motion Magnification

Energie- und Umwelttechnik, Konstruktion und Systemtechnik

- 23 Mobiler Teststand für schadstoffbelastete Industrieabluft

Energie- und Umwelttechnik, Konstruktion und Systemtechnik, Produktentwicklung

- 24 Carbon Capture via Liquid Metals

Fertigungstechnik

- 25 Eis-Spannsystem für komplexe Werkstückegeometrien
- 26 Ultraschallunterstütztes Laserauftragsschweißen

Fertigungstechnik, Kunststofftechnik, Simulationstechnik

- 27 Realisierung eines Teststands zur kombinierten Druck-Biegeprüfung von Sandwichstrukturen

Fertigungstechnik, Produktentwicklung

- 28 Rührreibschweißen von Aluminium

Fertigungstechnik, Produktentwicklung, Kunststofftechnik

- 29 Entwicklung carbonfaserverstärkte Mountainbike-Nabe

Information Technology for Mechanical Engineering, Automation & Robotics, Operation & Maintenance, Manufacturing Technology

- 30 Software Package for Monitoring Cyclical Processes with Machine Learning

Konstruktion und Systemtechnik, Kunststofftechnik

- 31 Entwicklung einer einfachen Laboranlage für Wickel- oder Tape-Laying-Prozesse

Konstruktion und Systemtechnik, Produktentwicklung

- 32 Prüfstand für Sporthelme und Protektoren

Kunststofftechnik

- 33 Additiv gefertigte Kerne für Faserverbund-Bauteile
- 34 Analyse- und Sortierprozess für Skischuhrecycling
- 35 Aufspritzen von Funktionselementen aus recyceltem PET auf Textilien
- 36 Auslegung und Konstruktion eines lasergeschweissten Kunststoff-DCB-Versuchs
- 37 Initiale Schädigungsdehnung von Kunststoffen
- 38 Inline Rheometer für gasbeladene Kunststoffschmelzen
- 39 Mikroalgen-Kunststoffe
- 40 Nachhaltige Strukturbauteile durch Hinterspritzen von UD-Tapes mit rPET
- 41 Untersuchung der Rissausbreitung in einer Klebschicht mithilfe von akustischer Emission

Kunststofftechnik, Automation & Robotik

- 42 Roboterassistierte Anlage zur Herstellung eines Verbisschutzes

Kunststofftechnik, Fertigungstechnik

- 43 Entwicklung einer Faser-Wickelmaschine zur Herstellung von Drucktanks

Kunststofftechnik, Produktentwicklung

- 44 Entwicklung eines Demobauteils mit zugehörigem Spritzgiesswerkzeug

Kunststofftechnik, Simulationstechnik

- 45 Rechnergestützte Optimierung von Faserverbundbauteilen
- 46 Simulation des Entformungsvorgangs und Bestimmung anisotroper Schwindungen

Kunststofftechnik, Simulationstechnik, Mechatronik und Automatisierungstechnik, Konstruktion und Systemtechnik

- 47 Entwicklung eines Werkzeugs zum Umspritzen von RFID-Chips im Spritzgussverfahren

Kunststofftechnik, Simulationstechnik, Sensorik

- 48 Fluid-Temperierung von additiv gefertigten Extrusionswerkzeugen

Maschinenbau-Informatik, Automation & Robotik

- 49 Low-Cost Multipurpose Tracking Gimbal

Maschinenbau-Informatik, Automation & Robotik, Produktentwicklung

- 50 Automatischer Workflow zur Konstruktion von Vakuumgreifern

Mechatronics and Automation Technology, Automation & Robotics, Construction and System Technology

- 51 Model for practical works, Virtual Commissioning

Mechatronik und Automatisierungstechnik

- 52 Vision Based Local Positioning System LPS

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Maschinenbau-Informatik, Produktentwicklung

- 53 Entwicklung und Implementierung einer Katzenerkennungsoftware

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

- 54 Ingenieurskunst auf Eis: Entwicklung einer fortschrittlichen Puckschussmaschine

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung, Maschinenbau-Informatik

- 55 Mechatronisches Giveaway für Berufsschüler

Produktentwicklung

- 56 Akustikmesszelle für Projektionslampen
- 57 Engineering design collaboration
- 58 Integration und Entwicklung einer Drehachse für Beschichtungen mit High-Speed-LMD (HS-LMD)
- 59 Lastmomentsperre für Drehantriebe
- 60 Leistungsprüfstand für Motorsägen
- 61 Modulare Prüfeinrichtung Jumper-Systeme
- 62 Puckschussmaschine
- 63 Recoverysystem
- 64 Recoverysystem

Produktentwicklung, Automation & Robotik

- 65 Automatic Stretcher for Air Rescue

Produktentwicklung, Energie- und Umwelttechnik

- 66 Staubbrenner zur thermischen Nutzung zerbrochener Holzpellets mit hohem Staubanteil

Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

- 67 Entwicklung einer Saugstation für den Schneetransport in Rohrleitungen
- 68 Entwurf, Konstruktion und Strukturanalyse für ein Kleinfahrzeug

Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik, Fertigungstechnik

- 69 Entwicklung eines 5-Achsen 3D-Druckers

Produktentwicklung, Simulationstechnik, Fertigungstechnik

- 70 Leichtbaukonzept für Lastenaufzüge

Simulationstechnik

- 71 FE-Modellbildung und Sensitivitätsanalyse eines 3-Punkt-Biegeversuchs

Simulationstechnik, Produktentwicklung

- 72 CFD-Simulation eines Raketen-Fallschirmsystems

Produktentwicklung

- 73 Elektrifizierung von Baumaschinen

Überblick

Bachelors, Diplomandinnen und Diplomanden

| | | | |
|----|---------------------|----|-------------------------|
| 69 | Aeschbacher Daniel | 21 | Krämer Damian |
| 54 | Auf der Maur Andre | 43 | Küpfer Emmanuel |
| 57 | Baltisberger Joel | 47 | Kuhn Michael |
| 55 | Baumann Micha | 71 | Kuster Max |
| 36 | Blattmann Samuel | 51 | Langsam Gonzalez André |
| 41 | Bleiker Jonathan | 53 | Lehnert Philipp |
| 49 | Blöchlinger Rafael | 52 | Madi Waleed |
| 31 | Bollhalder Simon | 38 | Mazzoleni Dario |
| 32 | Boner Nicolas | 23 | McLaughlin Ian |
| 65 | Brand Manuel | 45 | Meienberger Jonas |
| 66 | Brugger Jan | 34 | Meier Fabienne |
| 63 | Böhi Roman | 18 | Meier Joel |
| 28 | Camenisch Dario | 17 | Meier Tobias |
| 59 | Collet Curdin | 44 | Meili Dylan |
| 56 | Derungs Lisa | 67 | Miele Simone |
| 14 | Duft Fabian | 20 | Monsch Yanik |
| 39 | Ehrler Michael | 64 | Niederöst Simeon |
| 26 | Fliri Lukas | 30 | Novotny Rafael James |
| 19 | Fluri Noah | 16 | Ochsenbein Pascal |
| 33 | Gehrig Tim | 60 | Piffaretti Luca |
| 48 | Geosits André | 70 | Rüegg Simon |
| 50 | Grünenfelder Philip | 11 | Scherrer Michael |
| 61 | Habegger Michael | 37 | Schlittler Marco Werner |
| 72 | Hadorn Fabio | 68 | Schöb Silvio |
| 46 | Haltiner Raphael | 12 | Scholz Sandro |
| 22 | Hollender Clara | 24 | Sieber Mirco |
| 25 | Huwiler Jan | 62 | Vetter Manuel |
| 42 | Hühn Ann-Kathrin | 58 | Wanek Adrian |
| 13 | Kälin Marius | 29 | Zäch Simon |
| 40 | Kleinstein Victoria | 27 | Zehnder Joel |
| 35 | Koch Nicola | | |
| 15 | Korevaar Sven Niels | | |

Low-Cost Underwater Localisation

Design and development of a device for the dynamic acquisition of SONAR measurements

Graduate Candidate



Michael Scherrer

Problem: The project aims to develop a robot that can navigate and move around underwater. With an IMU, an attempt is made to measure the displacement of the robot in space and to localise its position on the basis of the measured values. However, since an IMU always involves a certain drift, an additional measurement system is needed to support the IMU. SONAR is a measuring method that can measure the distance to other solid bodies using the travel time of sound waves in water. Such a specific sensor is available at the beginning of this thesis. However, in order to integrate it into the system, the knowledge of how its measurement behaviour is exactly and what contribution it can make is not yet available.

Approach: In order to characterise the given sensor, a setup should be developed that allows measurements to be taken in a pool. The sensor will be mounted 1 m under water on a floater that simulates the robot and has the necessary equipment to record the sensor's measurements. This floater is now to be set in motion at a constant speed so that the distance to the pool wall can be measured at the same time. In parallel, there is an optical distance sensor on the floater, which is mounted above the water surface and is used as a ground-truth reference. The resulting measurement series are to be processed and interpreted. The measurement is successful if the measurement series have a linear course corresponding to the movement and the difference to the measurement series of the optical distance sensor is small.

First, the Rope-Pulley-Machine is modelled and then manufactured. It contains a stepper motor that drives a pulley. A rope can now be wound on this pulley, which is tied to the rig and thus sets it in motion. An Arduino Uno is used for control so that a constant speed is achieved. This will be used to execute the first experiment and record the measured values. The next step is to improve the stability of the movement. For this purpose, the system is extended with another rope, which is directed at a pulley at the other side of the pool and guides the rig from the other side at the same time. With this, the second experiment is carried out and the measured values are processed with Python.

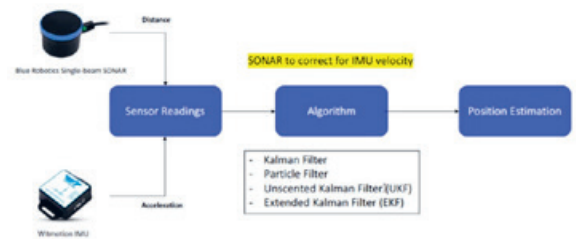
Result: Localisation is possible with the SONAR sensor. The course of the measured values of the SONAR mainly corresponds to the TOF values. However, individual measurement errors are detected, the cause of which is not fully known. In addition, the measured values are output by the sensor with a delay. The resulting error can be reduced by reducing the ping time, but cannot be completely eliminated. The

developed measuring setup achieves an accuracy of 4.28% and a reproducibility of 3.82%.

In order to pursue the goals of the project, two of the SONAR sensors should next be tried simultaneously. The data obtained can then be used to simulate the localisation. To achieve this, a pragmatic approach is recommended. It is not absolutely necessary to know the exact cause of the recorded measurement errors.

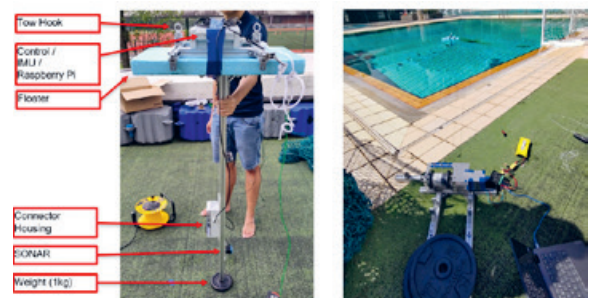
Acquisition of position data

Own presentation



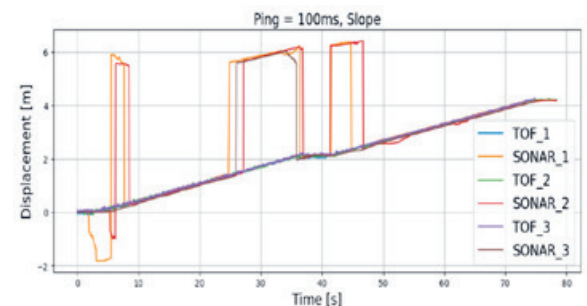
Rig and experimental setup

Own presentation



Data analysis, systematic error

Own presentation



Advisor

Prof. Michael Hubatka

Co-Examiner

Dr. Antje Rey, Zürich, ZH

Subject Area

Automation & Robotics, Mechatronics and Automation Technology, Sensors

Project Partner

Nanyang Technological University, Singapore

Automatisierung eines Polierprozesses

Diplomand



Sandro Scholz

Ausgangslage: Für die Übertragung von optischen Signalen zwischen Lichtwellenleitern werden die Leiterenden mit Stecker konfektioniert. Durch Berührung der Leiterendstücke lassen sich optische Signale zwischen zwei Leitern weiterleiten. Für eine hohe Signalqualität müssen die Oberflächen der Endstücke frei von Kratzern sein. Zu diesem Zweck werden die Oberflächen der Kabelendstücke in einem Polierprozess bearbeitet. Der Polierprozess läuft in mehreren Durchgängen nach einem definierten Ablauf ab, der sich je nach Leiter- und Steckertyp unterscheidet. Die Bearbeitung der Oberflächen erfolgt auf einer Poliermaschine. Der Prozess erfordert eine Person, welche die einzelnen Zwischenschritte durchführt.

Ziel der Arbeit: Um die Prozessqualität und die Arbeitsproduktivität zu erhöhen, soll der gesamte Prozess automatisiert werden. Mit der Entwicklung eines Gesamtkonzeptes und dem Aufbau eines Funktionsmusters sollen die Möglichkeiten sowie die Vor- und Nachteile einer automatisierten Produktionsanlage aufgezeigt werden.

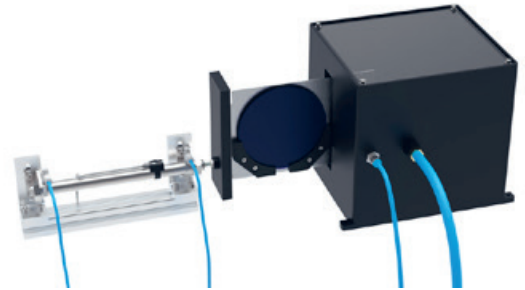
Vorgehen/Technologien: Durch eine Analyse des bestehenden Polierprozesses werden verschiedene Teilkonzepte erstellt und zu einem Gesamtkonzept kombiniert. Die einzelnen Stationen und die Steuerung der Produktionsanlage werden gemäss den erstellten Konzepten entworfen und mit einem Funktionsmuster umgesetzt. Für die Bewegung der Teile zwischen den einzelnen Stationen und die Steuerung der Anlage wird ein kollaborativer Roboter eingesetzt. Durch den Einsatz eines kollaborativen Roboters lassen sich Prozesse einfach automatisieren

Aufbau Funktionsmuster
Eigene Darstellung

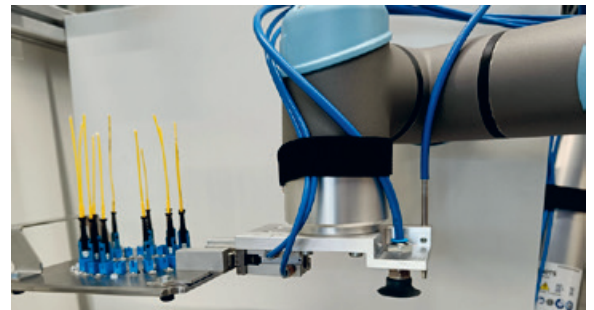


und in bisherige Arbeitsstrukturen integrieren. Mittels erweiterter Sicherheits- und Steuerungsfunktion ist eine Kooperation zwischen Mensch und Roboter ohne zusätzliche Sicherheitszelle möglich. Die Funktionstests innerhalb eines «Proof of Concept» zeigen die Möglichkeiten einer Automatisierung des Polierprozesses auf. Zudem legen diese Funktionstests weitere Optimierungsmöglichkeiten des Konzepts bezüglich Konstruktion und Steuerung dar.

Waschstation für Polierpads
Eigene Darstellung



Endeffektor mit integrierten Funktionen
Eigene Darstellung



Referent
Manuel Altmeyer

Korreferent
Dr. Alain Codourey,
Asyrl SA, Villaz-
St-Pierre, FR

Themengebiet
Automation & Robotik

Projektpartner
Huber+Suhner AG,
Herisau, AR

Entwicklung eines Interface Moduls für die Smart Factory Anlage

Diplomand



Marius Kälin

Ausgangslage: Die aktuellen Entwicklungen in der Fabrikautomation im Rahmen der Industrie 4.0 stellen neue Anforderungen an die Flexibilität und somit an die Modularität verschiedener Teilsysteme und ihrer Schnittstellen. Ein wichtiger Punkt in der Flexibilität von Prozessen sind variable Wege. In der Intralogistik bieten sich autonome, mobile Roboter an, um den Materialfluss bedarfsorientiert abzuwickeln. Diese Aufgabe erfordert nicht nur korrekte Prozessdaten und durchgängige Informationsflüsse, sondern auch geeignete Schnittstellen zu den Anlagen.

Ziel der Arbeit: Die Aufgabe umfasst die Entwicklung und Umsetzung einer Schnittstelle zwischen einem autonomen, mobilen Roboter und einer Fertigungszelle einer Smart Factory. Die Schnittstelle soll Kleinladungsträger in einer definierten Position verriegeln und so eine autonome Interaktion der beiden Einzelsysteme ermöglichen. Weiter sollen ein Zwischenspeicher und eine geeignete Schnittstelle geschaffen werden, welche einen geordneten Transport von Unihockeyballhälften ermöglicht und die nachfolgende manuelle Arbeit reduziert.

Ergebnis: Die entwickelte Lösung ist funktionstüchtig und erfüllt die gestellten Anforderungen. Die Testergebnisse zeigen, dass die Abweichungen des mobilen Roboters im definierten Toleranzbereich ausnahmslos ausgeglichen werden können. Weitere Tests mit dem mobilen Roboter werden durchgeführt, um das Resultat zu bestätigen. Weiter ist es möglich, mithilfe der Zwischenspeicher die Ballhälften geordnet zu transportieren und die mobile Fertigungszelle in der geforderten Zeit zu befüllen. Probleme zeigen sich hinsichtlich des kollaborativen Betriebs, wel-

cher aufgrund der kleinen Stirnfläche der Stäbe der Zwischenspeicher nicht mehr möglich ist. Hier kann eine mögliche Lösung die Abgrenzung des kritischen Bereichs sein. Dies ist für die Weiterentwicklung der Anlage wichtig und muss daher unbedingt beachtet werden.

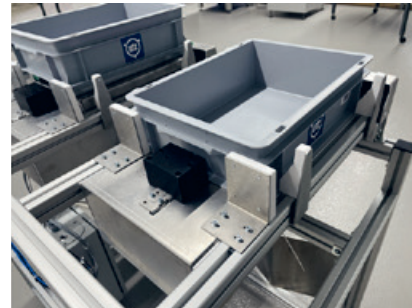
Schaltschrank

Eigene Darstellung



Interface Modul (Rückseite)

Eigene Darstellung



Interface Modul (Vorderseite)

Eigene Darstellung



Referentin

Prof. Dr. Agathe Koller

Korreferent

Dr. Codourey Alain ,
Asyrl SA, Villaz-St-
Pierre, FR

Themengebiet

Automation & Robotik

Evaluierung & Implementierung optischer Algorithmen zur Unterstützung der GNSS-Navigation

Diplomand



Fabian Duft

Einleitung: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), umgangssprachlich auch bekannt als Drohnen, sind eine schnell wachsende Technologie, die in einer Vielzahl von Einsatzgebieten Anwendung findet. Die Navigation bei UAVs erfolgt nach wie vor hauptsächlich über das globale Navigationssatellitensystem (GNSS). Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Verbindung zum GNSS unterbricht. Dies führt zu einem unkontrolliertem Drift und somit zu einer Orientierungslosigkeit. Im schlimmsten Fall kann es sogar zum Abstürzen des UAV führen. Systeme, welche in Abwesenheit der Signalverbindung zum GNSS die Navigation übernehmen, sind daher für einen reibungsfreien Betrieb unerlässlich. Daher werden stets neue Navigationssysteme und -algorithmen entwickelt. Von diesem Thema handelt auch diese Bachelorarbeit.

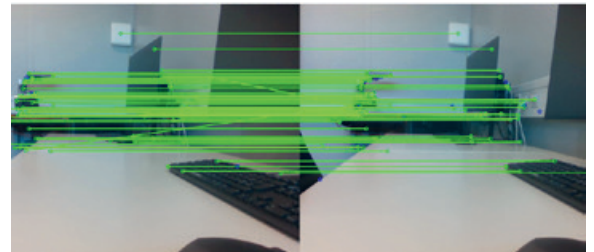
Vorgehen: Der aktuelle Stand der Technik und der Forschung wird bezüglich unterschiedlicher Navigationsansätze in GNSS-signalloser Umgebung mittels einer Literaturrecherche aufgezeigt. Auf Basis der Literaturrecherche findet eine Evaluation eines geeigneten Ansatzes statt und daraufhin erfolgt die Implementation des Algorithmus. Zur Überprüfung der Funktionstauglichkeit werden anschließend unterschiedliche Offboard-Tests durchgeführt. Neben der Überprüfung des Algorithmus dienen die Versuche auch zur weiteren Optimierung des Algorithmus.

Ergebnis: Die Literaturrecherche zeigt, dass die optischen Navigationsansätze grundsätzlich in drei Kategorien eingeteilt werden können. Die Kategorien sind dabei kartenlos, kartenbauend oder kartenbasiert.

Die kartenbasierten und kartenbauenden Ansätze haben dabei oft einen kartenlosen Ansatz als Grundlage. Um eine solide Basis für eine Weiterentwicklung zu einem kartenbasierenden oder kartenbauenden Algorithmus zu liefern, basiert der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz auf einem kartenlosen Visual-Odometry-Ansatz. Der Algorithmus stellt die Bewegungsschätzung je nach Umgebung auf zwei Arten auf:

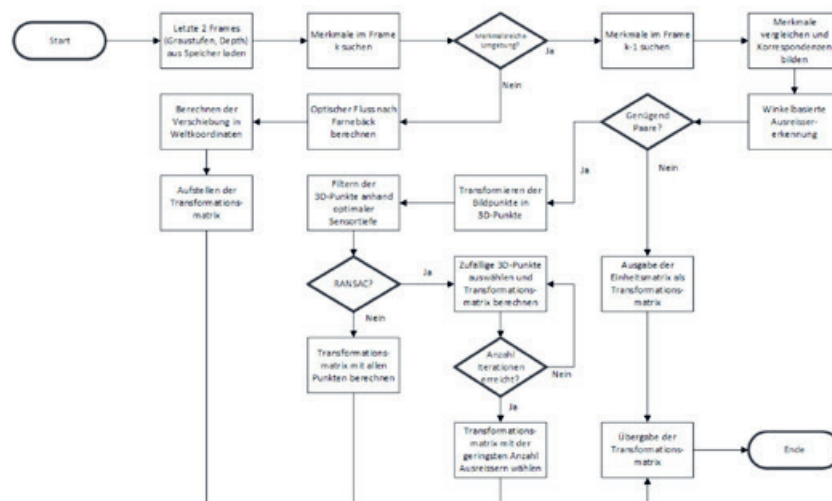
- In einer merkmalsreichen Umgebung über die Merkmalsextraktion und den Merkmalsvergleich
- In einer Umgebung mit einer spärlichen Anzahl von Merkmalen über den optischen Fluss

Beispiel von gebildeten Korrespondenzpaaren zwischen den Kameraframes k und $k-1$ (ohne Ausreissererkennung)
Eigene Darstellung



Ablaufdiagramm der Bewegungsschätzung

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent
Prof. Dr. Marco Hutter,
ETH Zürich, Niederwil
SG, SG

Themengebiet
Automation & Robotik

PCB-Bestückung

Bestückungsroboter für Leiterplatten

Diplomand



Sven Niels Korevaar

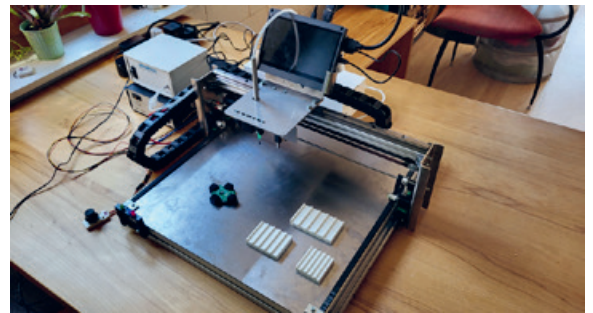
Ausgangslage: Am Institute für Lab Automation and Mechatronik (ILT) an der Fachhochschule OST werden vermehrt eigene Leiterplatten (PCBs) entwickelt. Auf den PCBs befinden sich Elektronikkomponenten wie Transistoren, Widerstände, Kondensatoren, Mikroprozessoren etc. Unbestückte PCBs können unterdessen schnell und kostengünstig bei diversen Lieferanten bestellt werden. Die PCBs können auch direkt mit den dazugehörigen Elektronikkomponenten bestückt bestellt werden, allerdings steigt die Lieferfrist dann von wenigen Tagen auf 4-7 Wochen. Daher werden momentan die meisten PCBs von Hand bestückt.

Problemstellung: Moderne Elektronikkomponenten, die auf die PCBs platziert werden, werden im Laufe der Zeit immer kleiner und sind so auch schwieriger von Hand zu platzieren. Dies verursacht einen hohen Zeitaufwand und ist auch fehleranfällig. Es soll nun ein Gerät entwickelt werden, das in einem einfachen, schnellen und präzisen Arbeitsprozess einzelne PCBs bestückt, also sowohl den Flüssiglötzinn applizieren kann als auch die Elektronikkomponenten auf dem PCB positioniert. Dieser Prozess muss nicht zwingend vollautomatisch sein.

Ergebnis: Das Bestückungsgerät ist einsatzbereit und kann zur Bestückung verwendet werden. Die Motoren können den Roboterkopf zehntelmillimetergenau steuern und das Kamerasystem hilft dem Bediener bei der genauen Platzierung. Die Vakuumpinzette kann eine sehr grosse Varianz an Elektronikkomponenten aufheben und platzieren. Die Lötzinnapplikation konnte aus Zeitgründen noch nicht implementiert werden.

Bestückungsgerät Seitenansicht

Eigene Darstellung



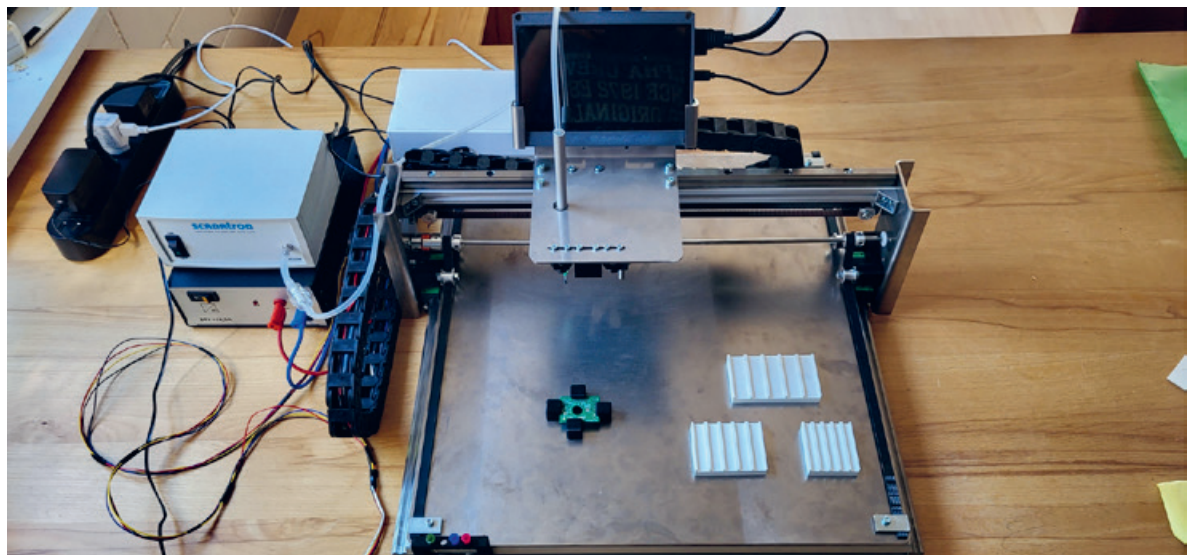
Roboterkopf

Eigene Darstellung



Bestückungsgerät Vorderansicht

Eigene Darstellung



Referent

Manuel Altmeyer

Korreferent

Dr. Alain Codourey,
Asyrl SA, Villaz-St-
Pierre, FR

Themengebiet

Automation & Robotik

Rennrollstuhl ZED-Weiterentwicklung für das Hindernis «Uplift»

Diplomand



Pascal Ochsenbein

Ausgangslage: Da im Jahr 2024 der neue Cybathlon stattfindet, sollte auch der «ZED-Rennrollstuhl» den neuen Hindernissen angepasst werden. Für den Cybathlon 2024 wurde ein neues Hindernis namens «Uplift» hinzugefügt. Dabei muss der Pilot mit dem Rollstuhl unter drei Toren hindurchfahren. Das erste und das letzte Tor sind auf die Ausgangshöhe des Piloten ausgerichtet, sodass dieser gerade noch hindurchfahren kann. Das mittlere Tor wird 35 cm höher montiert und es wird ein 5 cm breiter Stoffstreifen darunter befestigt. Beim Hindurchfahren muss der Pilot in der Lage sein, den Stoffstreifen mit dem Kopf/Helm zu berühren. Dabei darf sich der Pilot nicht aktiv in die Höhe recken. Damit dieses Hindernis überwunden werden kann, muss am bestehenden «ZED Rollstuhl» ein Uplift-System eingebaut werden. In dieser Arbeit soll ein Prototyp dieses Systems gebaut und getestet werden.

Vorgehen: Es wurde zuerst ein Pflichtenheft erstellt. Danach wurden verschiedene Konzepte erstellt und bewertet. Es wurde vor allem darauf geachtet, dass alle anderen Hindernisse weiterhin absolviert werden können. Das vielversprechendste Konzept war der Scherenlift. Dieser ist sehr kompakt und lässt sich leicht in den bestehenden Rollstuhl integrieren. Bei der mechanischen Auslegung wurde festgestellt, dass der bestehende Antrieb der Sitzverstellung ausreichen sollte, um den Scherenlift anzutreiben. Das Uplift-System benötigt jedoch deutlich mehr Antriebsleistung als bisher. Ein geeigneter Drehzahlregler konnte leider nicht rechtzeitig beschafft werden. Daher wurde alternativ der bereits vorhandene Roboteq-Regler verwendet, um den Prototyp zu realisieren. Dieser kann jedoch nicht die benötigte Leistung erbringen, um das gewünschte Gewicht anzuhoben. Als Funktionstest sollte er trotzdem ausreichen, danach kann die benötigte Leistung hochgerechnet werden.

Ergebnis: Der Prototyp konnte zusammengebaut und getestet werden. Die Steuerung mittels Potentiometer und Endschalter funktionierte wie geplant. Der aufgebaute Prototyp funktionierte prinzipiell, aber war leider nicht in der Lage, von der Ausgangshöhe hochzufahren, da sich die Führungen unter den einwirkenden Kräften verklemmen. Dies lässt sich auf unzureichende Führungslängen zurückführen. Um das Scherenlift-Konzept weiterzuentwickeln, ist es somit zwingend notwendig, die Führungen auf dem Chassis zu vergrößern, sodass die entstehenden Kräfte nicht zu einem Verklemmen führen können.

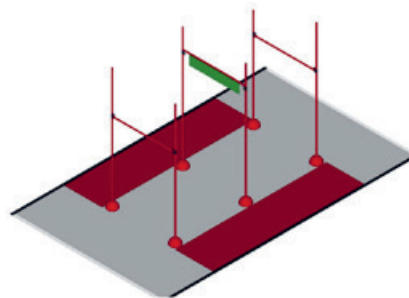
Referentin
Prof. Dr. Agathe Koller

Korreferent
Dr. Alain Codourey,
Asyri SA, Villaz-
St-Pierre, FR

Themengebiet
Automation & Robotik

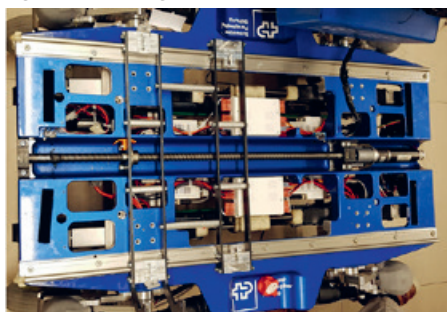
Cybathlon Uplift Hindernis

Cybathlon 2021-2024 | Races & Rules | Version 3.0.3



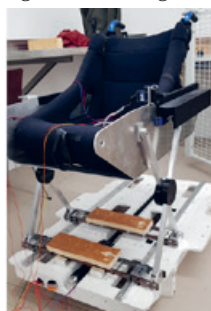
Bestehende Sitzverstellung ohne Sitz

Eigene Darstellung



Uplift System mit angehobenem Sitz

Eigene Darstellung



Cooperative Unmanned Vehicle System

Diplomand



Tobias Meier

Ausgangslage: Landwirtschaftliche Arbeiten bieten durch ihr breites Aufgabengebiet und die räumlich ausgedehnten Einsatzorte ein hohes Potenzial für autonome Prozess-Automatisierungslösungen. Das Institute for Lab Automation and Mechatronics (ILT) entwickelt derzeit ein autonomes System zur Unkrautbekämpfung auf agraren Nutzflächen. Die Schädlinge werden dabei mithilfe von Luftaufnahmen einer Drohne identifiziert und können anschließend gezielt von einem Bodenfahrzeug mit einer Heisswasser-Hochdruckdüse bekämpft werden. Auf diese Weise kann der Einsatz von Pestiziden erheblich reduziert werden. Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, einen globalen Pfadplanungsalgorithmus für das Bodenfahrzeug zu entwerfen sowie eine Kooperation mit der eingesetzten Drohne zu ermöglichen. Als Bodenfahrzeug können der vierbeinige Laufroboter Spot von Boston Dynamics sowie das Raupenfahrzeug ROVO von HAWE Mattro verwendet werden. Als Drohne wird eine Mavic Air von SZ DJI Technology eingesetzt.

Ergebnis: Der globale Pfadplanungsalgorithmus erarbeitet mittels einer mehrstufigen Suchstrategie eine Route, die sowohl den Energieverbrauch als auch den verursachten Landschafts schaden minimiert. Letzterer wird beim Einsatz eines Raupenfahrzeuges massgebend durch enge Wendemanöver verursacht, weshalb nebst der Distanz auch die Krümmung der Route in die Optimierung miteinbezogen wird. Darüber hinaus kann die begrenzte Wassertankkapazität berücksichtigt werden, die ein Auftanken an einer Basis-Station erfordert. Unter diesen Nebenbedingungen ist der Pfadplanungsalgorithmus in der Lage, Datensätze mit bis zu 5000 Pflanzen zu verarbeiten.

Kooperativer Einsatz von Bodenfahrzeug und Drohne.

Eigene Darstellung



Für die Kommunikation mit der Drohne ist ein DJI-ROS-Gateway entwickelt worden, das die Funktionalität des DJI-SDK dem ROS-Netzwerk zur Verfügung stellt. Um den Laufroboter Spot zu einer GPS-Koordinate navigieren zu lassen, wurde dieser mit einem Real-Time-Kinematic-Modul ausgerüstet, das eine globale Positionsbestimmung erlaubt.

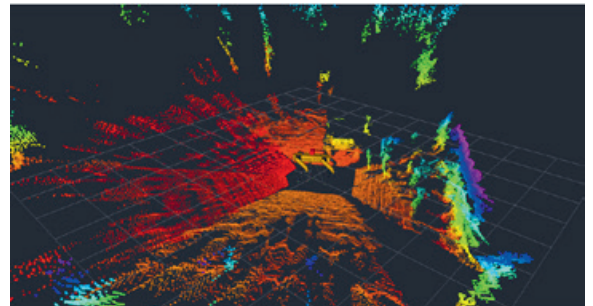
Berechnete Route durch ein Feld mit 500 abzuarbeitenden Pflanzen inkl. Rückkehr zur Basis-Station.

Eigene Darstellung



3D-Sensordaten des Laufroboters Spot, die zur Positionsbestimmung eingesetzt werden.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Pavel Jelínek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik,
Maschinenbau-
Informatik,
Mechatronik und Auto-
matisierungstechnik

Crawling Robot

Entwicklung eines intelligenten vierbeinigen Roboters für das ICAI

Diplomand



Joel Meier

Ziel der Arbeit: Als Showcase-Projekt für die Info-Tage wird im Rahmen dieser Arbeit ein intelligenter Roboter entwickelt, der die interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Kompetenzen innerhalb der OST veranschaulicht. Der Roboter soll technisch versierte Menschen ansprechen und seine Bedienung soll intuitiv und einfach bleiben, sodass die Präsentatoren am Infostand nicht geschult werden müssen.

Vorgehen: Dazu wird die komplette Mechanik, Elektronik und Software eines «Crawling Robot» entwickelt. Der «Crawling Robot» soll in der Lage sein, sich auch in schwierigem Gelände zu bewegen. Insbesondere sollen schräge Flächen, unebene Oberflächen sowie Treppenstufen überwunden werden können.

Features des Crawling Robot:

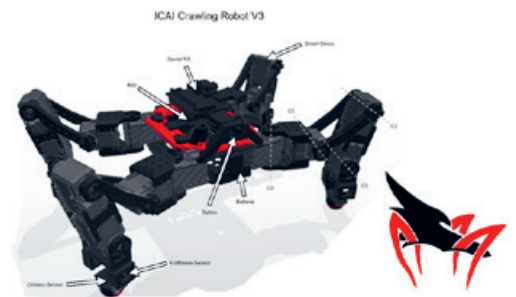
- Drahtlose Kommunikation
- Batteriebetriebene Fortbewegung
- Flexible Ansteuerung der Aktuatoren
- Modulares Design
- Optisch und akustisch ansprechend

Ergebnis: In dieser Bachelorarbeit ist es gelungen, einen zuverlässigen, drahtlosen, intelligenten Roboter zu entwickeln. Dieser kann sich mit vier Beinen fortbewegen. Jedes Bein verfügt über vier Servomotoren, einen Gewichtssensor sowie einen Abstandssensor. Die Servomotoren können ihre Position, ihre Temperatur und ihren Stromverbrauch messen. Alle diese Daten werden in Echtzeit über ein eigenes Webinterface abgerufen oder in Zukunft direkt als Input für die Regelung des Roboters verwendet. Darüber hinaus wurden zahlreiche Optimierungen wie

eine eigene inverse Kinematik und eine Erweiterung des Arbeitsraumes umgesetzt.

CAD des Crawling Robot mit Legende und Logo

Eigene Darstellung



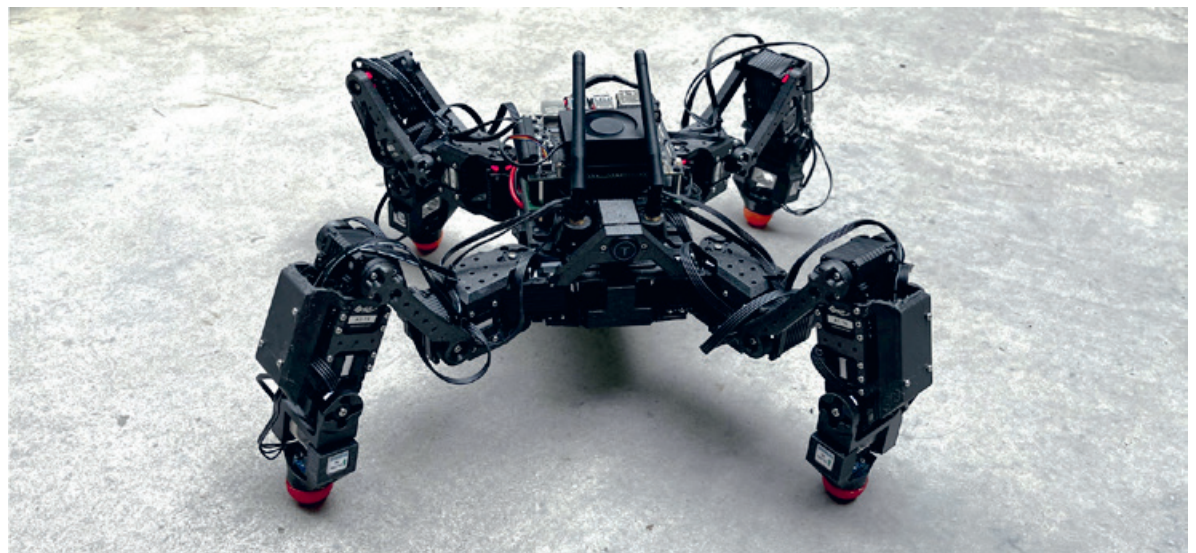
Ansicht des Crawling Robot von oben

Eigene Darstellung



Ansicht des Crawling Robot von vorne

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

Prof. Dr. Marco Hutter, ETH Zürich, Inst. f. Robotik u. Intell. Syst., Zürich

Themengebiet

Automation & Robotik, Maschinenbau-Informatik, Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

Projektpartner

Hannes Badertescher, Inst. ICAI, Rapperswil, St. Gallen

Differential Drive Vehicle

ORAV

Diplomand



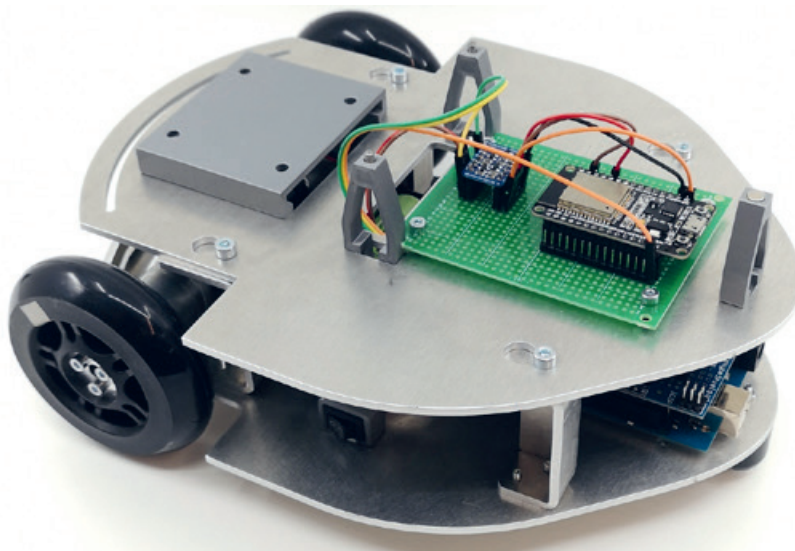
Noah Fluri

Problemstellung: Für MJI Studierende in Rapperswil wurde das KITT-Fahrzeug als Laborfahrzeug, auf Basis der Ackermannkinematik für praktische Übungen entwickelt und eingesetzt. Leider ist das KITT-Fahrzeug nicht mehr verfügbar, sodass ein neues Fahrzeug gekauft oder erstellt werden muss. Darüber hinaus erfordert die Ackermann-Kinematik ein tiefes Verständnis mehrerer kritischer Komponenten des Systems, um zuverlässig navigieren zu können. Daher benötigen die meisten Studierenden Hilfe bei der Bedienung und Programmierung des KITT-Fahrzeugs. Systeme mit differentieller Kinematik sind in der Programmierung und Berechnung des Fahrzeugmittelpunkts im Vergleich zu Ackermann-basierten Systemen deutlich einfacher.

Ziel der Arbeit: Das Ziel der Arbeit besteht darin, ein robustes und modulares Fahrzeug auf Grundlage der differentiellen Antriebskinematik zu entwerfen, zu realisieren und zu testen, sodass es im Laborumfeld eingesetzt werden kann. Das Fahrzeugdesign muss der Aussenkontur des OST-Logos entsprechen, eine Nutzlast von 300 g bewegen können und eine effiziente Serienproduktion von 10 Stk. ermöglichen.

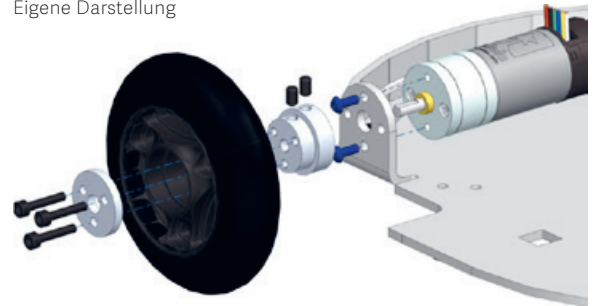
Ergebnis: Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde ein robustes und modulares Fahrzeug für den Einsatz im Labor und für Praktika an der OST entwickelt. Das Chassis besteht aus 3 mm dickem Aluminiumblech. Es ist mit einem Antriebssystem aus zwei 6-V-DC-Getriebemotoren mit integrierten Encodern ausgestattet. Die Implementierung einer Drehzahl- und Positionsregelung auf einem Arduino Mega ermöglichte die Steuerung des Fahrzeugs. Ein Data-Logger zeichnet Geschwindigkeits- und Positionsdaten auf.

Ausgearbeitetes ORAV auf Basis der differentiellen Antriebskinematik.
Eigene Darstellung

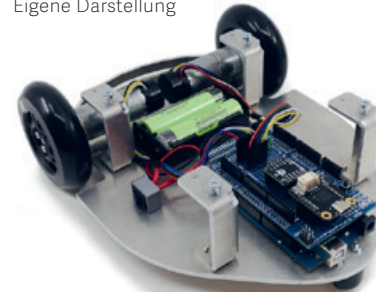


Zudem wurde eine I2C-Kommunikation implementiert, um den Power-Layer mithilfe eines weiteren Mikrocontrollers als Leader anzusteuern. Das entwickelte Antriebssystem verfügt über ausreichend Leistung, um eine Nutzlast von bis zu 800 g zu befördern. Das Fahrzeug wurde mit Schnittstellen zur Befestigung von Sensoren und eines Zusatzmoduls ausgestattet. Bei der Fertigung des Fahrzeugs wurden durchgängig standardisierte und vorgefertigte Komponenten verwendet, um den Fertigungsaufwand gering, die Kosten niedrig und die Lieferkette kurz zu halten.

Detailansicht einer Antriebseinheit des ORAV.
Eigene Darstellung



Blick auf den Power-Layer des ORAV.
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent
Pavel Jelínek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet
Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungstechnik,
Produktentwicklung

Schwingungsanalyse mittels Motion Amplification

Schwingungs- und Schalluntersuchung eines Wäschetrockners

Diplomand



Yanik Monsch

Einleitung: Das Condition-Monitoring von Anlagen und Maschinen spielt in der Industrie eine wichtige Rolle, da dadurch Wartungsarbeiten und Reparaturen besser planbar und vorhersehbar werden. Durch die Überwachung wird der Zustand der Anlage ersichtlich und schadhafte Teile bzw. Teile, welche in näherer Zukunft das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, können frühzeitig ersetzt werden. Damit der Zustand einer Anlage gemessen werden kann, können unterschiedliche Messmittel verwendet werden. Eine Möglichkeit bietet die Motion Amplification (Bewegungsverstärkung). Mit Hilfe von Motion Amplification, abgekürzt MA, können Schwingungen einer Anlage optisch durch ein Kamera-System gemessen und verstärkt dargestellt werden. Dabei agiert jedes Pixel des Bildsensors der Kamera als individueller Beschleunigungssensor. Die Messpunkte können in der Bediensoftware nachträglich definiert werden. Zu jedem definierten Messpunkt werden das Frequenzspektrum, die Orbit-Bewegungen und das Zeitsignal ausgewertet. Aufgrund der Neuheit von MA und der damit verbundenen Vorteile wie z.B. des berührungslosen Messens und die Visualisierung der Schwingungen wurde 2022 das Iris-M-MA-System der Firma RDI Technologies durch die OST erworben.

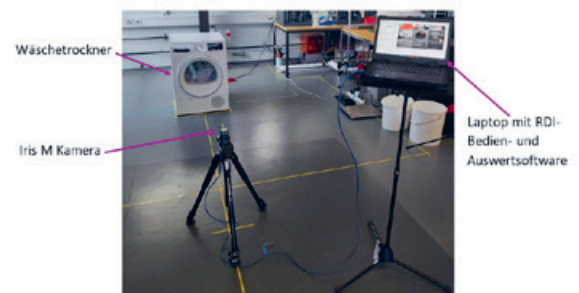
Ziel der Arbeit: Im Rahmen der Arbeit sollen die Grenzen und die Potentiale von MA genauer untersucht werden. Weiter soll ein Wäschetrockner auf dessen Schwingungen und Schallemissionen untersucht werden. Dazu werden MA sowie weitere, andere Messmittel verwendet. Durch die Analyse des Wäschetrockners soll die Korrelation zwischen mechanischen Schwingungen und Schall sichtbar gemacht werden, sodass mit MA auf die Schallemitierung eines Objektes geschlossen werden kann. Anhand der erlangten Erkenntnisse soll die Schallemission des Wäschetrockners minimiert werden.

Ergebnis: Mit Iris M sind Schwingungsmessungen nur in der Bildebene und unter 640Hz möglich, was für den Vergleich mit Schallmessungen (höhere Frequenzen) nicht optimal ist. Der Wäschetrockner besitzt Schwingungen, welche mit den Drehzahlen der Antriebskomponenten korrelieren. Zusätzlich sind korrelationslose Schwingungen vorhanden, welche auf Eigenfrequenzen und Schwingungsüberlagerungen zurückzuführen sind. Dadurch, dass sich die Bauteile in ihren Schwingungen gegenseitig beeinflussen und viele verschiedene Bauteile vorhanden sind, ist eine Zuordnung des gemessenen Schalls zu einer bestimmten Komponente, auch unter Verwendung weiterer Messmittel, in diesem Fall nicht möglich (zu komplexes System). Deshalb wird als vereinfachtes System die Membran eines Lautsprechers gemessen, welcher einen definierten Ton (Frequenz)

abspielt. Die Messungen weisen die zu erwartende Korrelation zwischen Schall und Schwingungen auf. Im Vergleich zwischen der Schall- und der MA-Messung wird sichtbar, dass durch die MA-Messung zwar die Schallfrequenzen als mechanische Schwingungen der Membran erkennt, aber keine Aussage zur «Lautstärke» des Schalls gemacht werden kann. Dadurch kann nicht ausgesagt werden, ob die durch eine MA-Messung gemessene Schwingung eines Objektes auch einen für den Menschen wahrnehmbaren Schall aussendet. Mit Iris M kann daher begrenzt (stark vereinfachte Systeme) bzw. nicht (komplexe Systeme) auf die Schallemission eines Messobjektes geschlossen werden.

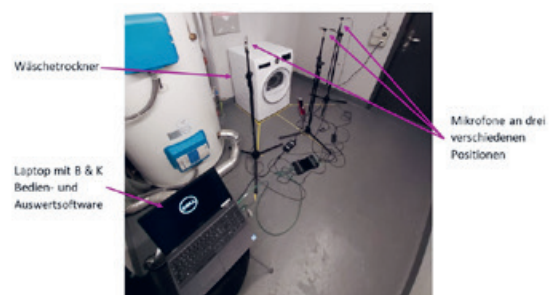
Schwingungsmessung des Wäschetrockners mit dem Iris M Kamera-System

Eigene Darstellung



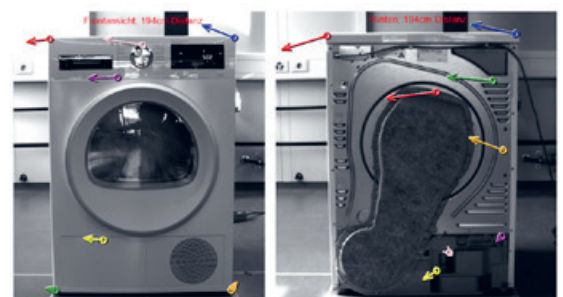
Schallmessung des Wäschetrockners durch drei Mikrofone an verschiedenen Positionen

Eigene Darstellung



MA-Aufnahme durch Iris M der Front- und Rückansicht des Wäschetrockners mit eingefügten Messpunkten

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumentile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Betriebsführung
& Instandhaltung,
Maschinenbau-
Informatik, Sensorik

Condition-Monitoring-Systeme für Wälzlager

Diplomand



Damian Krämer

Einleitung: Die Zustandsüberwachung, auch Condition Monitoring genannt, hat in der Instandhaltungsbranche eine immer grössere Bedeutung. Hierbei geht es vor allem um Kenntnisse des Anlagezustands, um den Abnutzungsvorrat einer Anlage optimal auszunutzen. Zudem kann man aus den Schadensmustern herauslesen, was den Schaden verursacht hat, um wiederkehrende Schäden zu vermeiden. Bei Condition Monitoring von Wälzlagern kommen Schwingungssensoren zum Einsatz, um aus dem Frequenzspektrum den Zustand des Wälzlagers festzustellen. Bei Wälzlerschäden fallen mit der Zeit kleine Ausbrüche, auch Pittings genannt, an Aussenring, Innenring oder Wälzkörper an. Sobald ein Wälzkörper über diese Pittings rollt, entstehen Erschütterungen, welche im Frequenzspektrum sichtbar werden. Anhand der Frequenz der Lagergeometrie und der eingestellten Drehzahl kann festgestellt werden, ob es sich um einen Aussenring-, Innenring- oder Kugelschaden handelt.

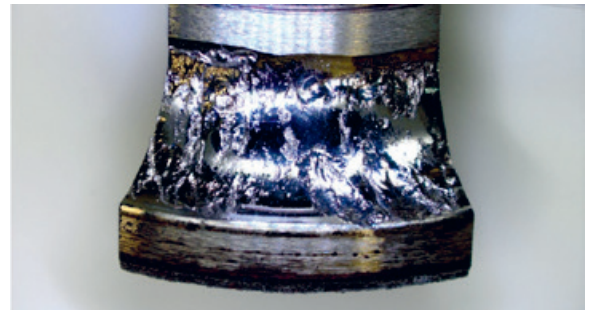
Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist es, anhand eines Prüfstands verschiedene Lagerschäden zu analysieren und sie dem jeweiligen Schadensmuster zuzuordnen. Der Prüfstand soll für Unterrichtszwecke genutzt werden können, um den Studenten in einer kurzen Zeit die Möglichkeiten einer Zustandsüberwachung näherzubringen. Die Studenten sollen den Zusammenhang zwischen der Kinematik des Lagers und den dazugehörigen Frequenzbildern verstehen.

Ergebnis: Aus der Aufgabenstellung heraus entstand ein möglichst einfacher Prüfaufbau, um mögliche Störsignale zu unterbinden. Mit einem Drehstrommotor wird die Drehbewegung auf das Testlager über-

tragen. An das Testlager können bis zu drei Schwingungssensoren gleichzeitig angebracht werden, um die Schwingungen zweimal in radialer und einmal in axialer Richtung aufzunehmen. Um eine Prüflast auf das Lager aufzubringen, wurde eine Unwuchtscheibe verwendet, welche eine dynamische Last generiert. Mit dem Prüfstand ist es gelungen, alle drei Schadensmuster zu reproduzieren und klar erkennbar zu machen.

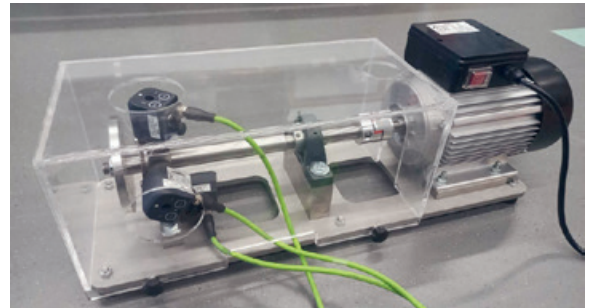
Pitting am Innenring eines Wälzlers

<https://de.wikipedia.org/wiki/Pitting>



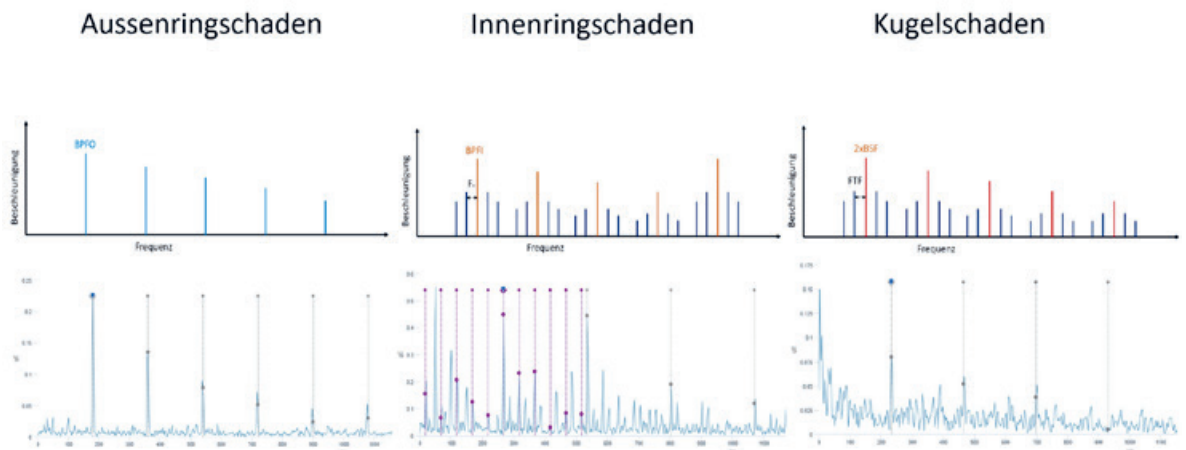
Wälzlager-Prüfstand mit Schaeffler-SmartCheck-Sensoren

Eigene Darstellung



Hüllkurvenbeschleunigung: oben theoretisches Schadensbild, unten gemessenes Schadensbild mit Prüfstand

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumventile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Betriebsführung
& Instandhaltung,
Sensorik

Evaluation eines Systems zur Motion Magnification

Diplomandin



Clara Hollender

Ausgangslage: Die Technologie der «Motion Amplification» bzw. «Motion Magnification» dient der berührungslosen Messung und Visualisierung von Schwingungen von Objekten. Anhand von Slow-Motion-Videos können Vibrationen analysiert und durch vergrösserte Darstellung sichtbar gemacht werden. Dies ist aufgrund der gesteigerten Leistungsfähigkeit der Bildverarbeitung sowie neuartiger Algorithmen zur Bewegungsanalyse möglich. Durch diese Messtechnik lässt sich das Schwingungsverhalten von Konstruktionen bewerten. Zudem kann diese Technologie hilfreich bei der Schadensanalyse und der Verifikation von FEM-Berechnungen sein.

Mit Hilfe der Software Dragon Vision soll diese Technologie eingesetzt und das Potenzial evaluiert werden. Dazu sollen verschiedene Anwendungsbeispiele getestet werden, um die Funktionalität und deren Grenzen aufzuzeigen. Schliesslich soll ein Tutorial zur Bedienung der Software erstellt werden, in welchem die optimale Vorgehensweise zur Erzeugung von qualitativ hochwertigen Aufnahmen erklärt wird.

Ergebnis: Die Software Dragon Vision hat grosses Potenzial. Innerhalb von kurzer Zeit können nicht sichtbare Bewegungen anhand eines Videos sichtbar gemacht und die dazugehörigen Schwingungen an verschiedenen Punkten einzeln analysiert werden. Dies kann vor allem zur Schadensanalyse und Maschinenanalyse eingesetzt werden. Jedoch ist diese noch kein Ersatz, da sie noch einige Grenzen und Ungenauigkeiten aufweist. Die Grenzen beziehen sich vor allem auf die maximale Frequenz und die maximal zu erkennende Bewegung. Die maximale Frequenz wird durch die Anzahl der von der Kamera aufgenommenen Bilder pro Sekunde bestimmt. Die erkennbaren Bewegungen sind abhängig von der Auflösung der Kamera, dem Abstand zum Objekt und dem verfügbaren Licht. Ein gut ausgeleuchtetes Objekt ist essenziell. Bei eingeschränkten Lichtverhältnissen wird die Analyse ungenauer, da die Software einen gewissen Kontrast benötigt. Dazu kommt, dass die Qualität der Aufnahme schlechter wird, vor allem durch die nicht vorhandene Schärfentiefe.

Ein grosses Problem bereitet die Kalibration, welche durch eine gemessene Distanz gemacht wird. Dies ist sehr ungenau, sodass keine korrekten Aussagen über die absoluten Verschiebungen bzw. Auslenkungen gemacht werden können, wie es in den Anwendungen festgestellt wurde.

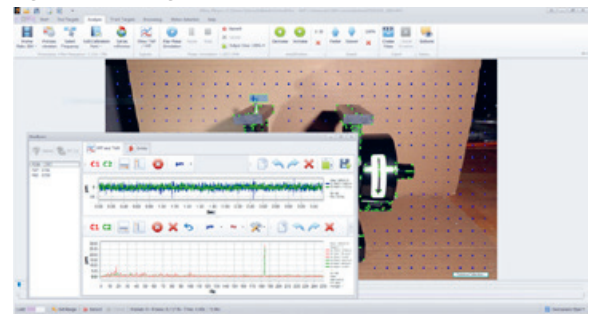
Die Verstärkung der Bewegung liefert gute Videos, wodurch aussagekräftige Bewegungsformen auf-

gezeigt werden können. Zum Beispiel konnte beim Kupplungsprüfstand der Ortlinghaus bildlich die Drehschwingung aufgezeigt und somit die These bestätigt werden.

Fazit: In einem weiteren Schritt ist es sinnvoll, weitere Kalibrationstechnologien von Dragon Vision auszutesten. Die Software könnte ausserdem mit anderen Messsystemen zur Schwingungsanalyse, welche bereits an der Hochschule vorhanden sind, verglichen bzw. kombiniert werden, um dadurch die bestmögliche Auswertung zu erreichen. Ausserdem wäre es sinnvoll, eine genauere Auswertung bezüglich der nötigen Lichtintensität zu machen.

Überblick über die Software Dragon Vision

Eigene Darstellung



Analyse der Aufnahme des Doppelschleifers

Eigene Darstellung



Analyse der Aufnahme des Kupplungsprüfstands

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumentile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Betriebsführung
& Instandhaltung,
Sensorik

Mobiler Teststand für schadstoffbelastete Industrieabluft

Diplomand



Ian McLaughlin

Ausgangslage: In vielen industriellen Prozessen entstehen Abgase, die flüchtige organische Verbindungen enthalten, sogenannte VOCs (volatile organic compounds). Diese sind schädlich für Mensch und Umwelt und unterliegen einer Lenkungsabgabe, die den Ausstoss solcher Emissionen reduzieren soll. Stand der Technik ist zurzeit die thermische Nachverbrennung. Dabei werden mit einer Erdgasflamme hohe Temperaturen erzeugt, die die VOCs mehrheitlich zu weniger schädlichen Stoffen zersetzen. Heute wird versucht, die Nachverbrennung mit elektrischen Alternativen zu ersetzen und somit die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren.

Vorgehen/Technologien: In Zusammenarbeit mit der oxytec AG wird ein Konzept für eine mobile Versuchsanlage entwickelt. Diese Anlage soll dazu dienen, die Effektivität verschiedener Technologien bei verschiedenen Emissionszusammensetzungen testen zu können. Sie soll auch an den entsprechenden Industriestandorten genutzt werden können, um Daten zur Auslegung von grossindustriellen Anlagen zu gewinnen.

Basierend auf bestehenden Anlagen und Arbeiten wurden Systemanforderungen und Komponenten bestimmt. Die Anlage beinhaltet ein Niedertemperaturplasma-Modul, ein UVC/Ozon-Modul sowie einen Gaswäscher und einen Katalysator. Zwei wichtige Anforderungen sind ein Volumenstrom von 2000 m³/h und der Einbau genormter Messstrecken für die Messung des Gesamtkohlenstoffgehalts mittels Flammenionisationsdetektoren (FID).

Mit diesen Anforderungen wurden mögliche Formfaktoren untersucht, Auslegungen berechnet und der Betrieb der Anlage evaluiert.

Fazit: Die entwickelte Anlage basiert auf einer BGL-Wechselbrücke, die mit einem LKW transportiert werden kann. Dies ergibt sich vorwiegend durch das Gewicht und die zukünftigen Ausbaumöglichkeiten der Anlage. Mit den ausgewählten Komponenten wurden verschiedene Layoutoptionen evaluiert und visualisiert. Dabei zeigte sich, dass die Minimierung der Rohrleitungswege am sinnvollsten ist, da die Reinigung der Anlage mit grossem Aufwand verbunden sein kann. Zur Berechnung des Druckverlustes und der thermischen und elektrischen Leistung des Systems wurden Auslegungstools erstellt. Diese können auch in Zukunft bei allfälligen Rekonfigurationen genutzt werden.

Referent

Prof. Dr. Andre Heel

Korreferent

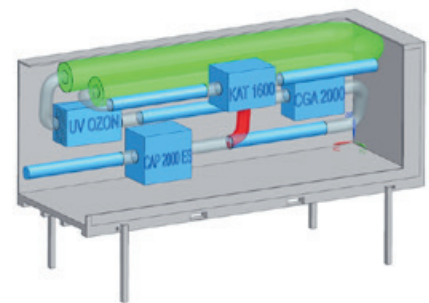
Dr. Christian Haverkamp, oxytec AG, Geroldswil, ZH

Themengebiet

Energie- und Umwelttechnik, Konstruktion und Systemtechnik

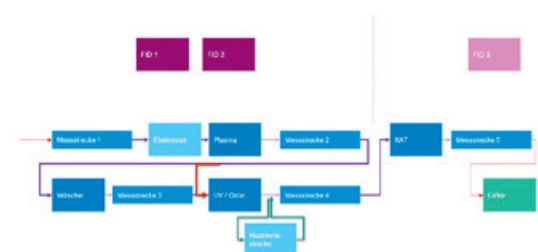
Visualisierung der Anlage

Eigene Darstellung



Schematischer Aufbau

Eigene Darstellung



Carbon Capture via Liquid Metals

Diplomand



Mirco Sieber

Ausgangslage: Verschiedenste Prozesse, wie das Brennen von Kalk zur Zementherstellung, setzen heutzutage grosse Mengen an klimaschädlichem CO_2 frei. Es gibt bereits Verfahren, die es ermöglichen, CO_2 aus Abgasemissionen oder der Atmosphäre zu entfernen. Beispielsweise kann CO_2 mit «Carbon Capture and Storage»-Verfahren abgeschieden und in Speicherstätten gelagert werden. Eine alternative Möglichkeit bietet «Power-to-X», bei dem CO_2 unter Zugabe von Wasserstoff aufbereitet wird, um daraus verschiedene Kohlenwasserstoff-Produkte wie Energieträger und Treibstoffe zu gewinnen. Diese Verfahren sind jedoch entweder sehr aufwändig oder nicht nachhaltig. Daher ist eine eingehende Analyse alternativer Verfahren erforderlich. So kann z.B. mit Hilfe einer Flüssigmetalllegierung CO_2 in Kohlenstoff und Sauerstoff umgewandelt werden. Diese innovative Form des Carbon Capture kann direkt in den CO_2 -produzierenden Prozess integriert werden, um die Umweltbelastung zu verringern.

Aufgabenstellung: Um am UMTEC mit diesem neuen Verfahren Projekte und Versuche durchführen zu können, sind die Konzeption, Konstruktion und Testung eines Laborreaktors erforderlich. Die zentrale Aufgabe besteht in der Auswahl eines geeigneten Reaktormaterials, das hohen Temperaturen standhalten kann, da es sich um einen thermisch aktivierten Prozess handelt. Bei Temperaturen ab 400°C entsteht aufgrund des Boudouard-Gleichgewichts Kohlenstoffmonoxid, was nicht erwünscht ist. Zusätzlich muss das gewählte Material beständig gegenüber den verschiedenen Legierungselementen sein. Der Reaktor selbst sollte keinen Einfluss auf die Reaktion mit CO_2 haben. Die Blasenbildung des CO_2 in der Flüssigmetalllegierung wird zum Teil durch die Form und Grösse des Reaktors beeinflusst und kann auch durch die Temperaturveränderung reguliert werden.

Ergebnis: In dieser Arbeit wurde sich für einen Blasensäulenreaktor aus Borosilikatglas entschieden. Diese Glasart ist chemisch gegenüber allen Legierungselementen beständig und kann Temperaturen von bis zu 500°C standhalten. Da Tests ohnehin nicht über 400°C durchgeführt werden, bietet die Verwendung von Quarzglas keinen zusätzlichen Nutzen. Zudem traten bei Verträglichkeitsversuchen mit Metallen (Aluminium, Kupfer und Stahl) «Veränderungen am Metall» auf, wahrscheinlich aufgrund von Oxidationen oder Reaktionen. Um Kontaminationen zu vermeiden, wird auf die Verwendung von Metallen verzichtet.

Referent

Prof. Dr. Andre Heel

Korreferent

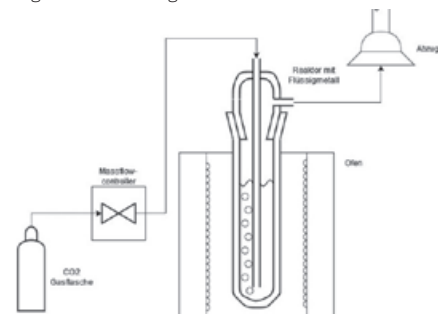
Dominik Wlodarczak

Themengebiet

Energie- und Umwelttechnik, Konstruktion und Systemtechnik, Produktentwicklung

Diagramm Aufbau

Eigene Darstellung



Aufbau im Labor

Eigene Darstellung



Probe vor und nach der Reaktion

Eigene Darstellung



Eis-Spannsystem für komplexe Werkstückgeometrien

Diplomand



Jan Huwiler

Einleitung: Bei der Serienbearbeitung von Werkstücken mit Rohlingen, die Freiformflächen oder komplexe Formen (z.B. Turbinenschaufeln) enthalten, ist die Werkstückspannung eine wesentliche Problemstellung. Die Geometrie der Rohlinge ist häufig unregelmässig und sie weisen zudem recht grosse Toleranzen auf. Für das Spannen komplexer Werkstück-Geometrien werden Systeme eingesetzt, die nach bekannten Funktionsprinzipien arbeiten (Befestigungen: mechanisch, mit Klebstoff, Vakuum, Magnet oder durch Verschmelzen des Werkstücks). Ein anderes, in der Branche noch wenig angewendetes Verfahren sind Eisspannsysteme. Hier werden die Teile über einer dünnen Wasserschicht auf einer gekühlten Platte eingefroren, wobei sich die Grösse der Kontaktfläche auf die Haltekraft auswirkt. Dies ist der Hauptgrund, warum diese Technik zur Befestigung flacher Bauteile eingesetzt wird. Ziel der Bachelorarbeit ist es, die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen der Verwendung eines Eisspannmechanismus zur Befestigung einer Turbinenschaufel zu evaluieren. Ein Fazit soll gezogen werden, ob ein Eisspannsystem zum Spannen von Turbinenschaufeln eingesetzt werden kann und ob weitere Problemstellungen bestehen.

Vorgehen: Die Arbeit basiert auf einer Literatur-/ Internet-Recherche zum Stand der Technik beim Spannen von Turbinenschaufeln sowie für einen Vergleich verschiedener Verfahren mit der Vertiefung des Spannverfahren mittels Eis. Die Ermittlung der Vor- und Nachteile sowie der Grenzen des Eisspannsystems erfolgt durch Versuche. Als Grundlage für die Versuche besteht ein Testkonzept mit einem Testkörper, welches den Einfluss von thermodynamischen Prozessen berücksichtigt. Der gewählte Testkörper ist in Würfelform ($70 \times 70 \times 70 \text{ mm}^3$), da diese die Möglichkeit gibt, die Auswirkungen verschiedener Oberflächen-Rauheiten (poliert Ra 1,04, gefräst Ra 1,33, roh ab Werk Ra 13,00) zu testen. Die Einwirkungen des Bearbeitungsprozesses werden mittels Spannungsversuchen (Zug, Scher, Biegung) abgedeckt. Zusätzlich wird der Einfluss der Bearbeitungskühlung mittels Kühlmittelschmierstoff beobachtet, um Erkenntnisse zu erhalten, wie die Eisschicht beeinflusst wird. Die Eisspannplatte funktioniert auf dem Prinzip eines Druckluftwärmetauschers.

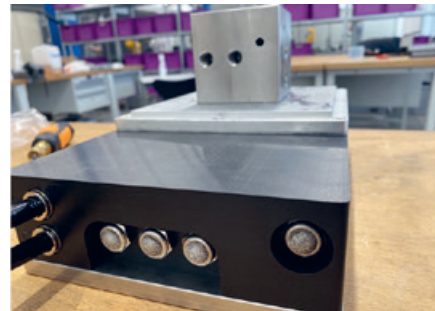
Ergebnis: Nach den ersten Versuchsreihen ergab sich, dass der Testkörper auf der Eisspannplatte gefriert. Die Haltekräfte erreichen jedoch nicht die erforderlichen Werte für die Bearbeitungsprozesse. Die Testergebnisse der Versuchsreihen ergaben:

- Bei einem vorgekühlten Testkörper ($\sim 0 \text{ }^\circ\text{C}$) betragen die Anfrierzeiten 2-3 Minuten.
- Ein Systemdruck von 5,4 bar ergibt eine Kühlung von $-4 \text{ }^\circ\text{C}$.

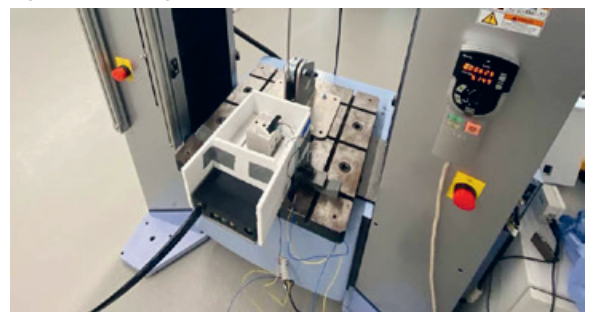
c) Die höchste Haltekraft in Zugrichtung wurde bei der rauhen Oberfläche mit 280 N (Mittelwert) erreicht – dies entspricht einer Zugfestigkeit von $\sim 6 \text{ N/cm}^2$.
d) Kühlmittelschmierstoff beeinflusst die Haltekraft negativ um den Faktor 2.

Bei einer weiteren Versuchsreihe, bei welcher der Abstand zwischen Testkörper und Eisspannplatte erhöht wurde, konnte der Einfluss von Luftblasen auf die Haltekräfte verifiziert werden. Die Schlussfolgerung ist, dass die Kohäsionskraft des Eises höher ist als die Adhäsionskraft zwischen dem Eis und dem Testkörper.

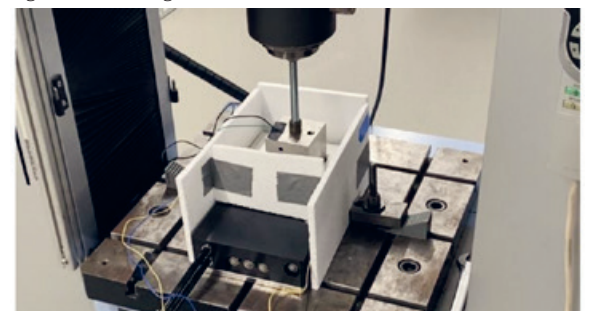
Eisspannplatte
Eigene Darstellung



Eisspannplatte in Zugprüfmaschine (Scherversuch)
Eigene Darstellung



Eisspannplatte in Zugprüfmaschine (Zugversuch)
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent

Dr. Fredy Kuster,
Neuhaus SG, SG

Themengebiet
Fertigungstechnik

Ultraschallunterstütztes Laserauftragsschweissen

Entwicklung des Anregungssystems und Untersuchung bezüglich Eigenspannungen, Gefüge und Härte

Diplomand



Lukas Fliri

Einleitung: Laser Metal Deposition (LMD) ist ein additives Fertigungsverfahren für Metallteile, welches sich auszeichnet für grosse und komplexe Bauteile oder für die Bauteilreparatur eignet. Die schnelle Plastifizierung des Schmelzbades und das rasche Abkühlen führen jedoch zu hohen Eigenspannungen. Es soll deshalb untersucht werden, ob die Anregung des Bauteils mittels Ultraschallschwingung einen positiven Effekt auf die Eigenspannungen hat und welche anderen Änderungen im Bauteil auftreten können. Diese Erkenntnisse können unmittelbar zur Weiterentwicklung des LMD-Prozesses beitragen.

Ziel der Arbeit ist es, ein System zu entwickeln, welches es ermöglicht, ein Werkstück während der Fertigung mit Ultraschallschwingung anzuregen und den Einfluss der Ultraschallanregung am Bauteil auf die Eigenschaften des Werkstückes zu untersuchen.

Vorgehen/Technologien: Das Anregungssystem wird in der herkömmlichen Methodik der Produktentwicklung ausgearbeitet. Das System verfügt über einen Ultraschallgenerator, welcher einen Ultraschallkonverter steuert. Der Ultraschallkonverter ist über einen Titan-Resonanzkörper mit einem Waveguide verbunden. Die Ultraschallschwingung wird durch den Waveguide an die Substratplatte geleitet, wo das Bauteil aufgeschweisst wird.

Die Substratplatte weist eine Grundschwingung und eine Oberschwingung auf. Die gesamte Schwingungsbreite beträgt $16 \mu\text{m}$. Die Schwingungseigenschaften und die Eigenmodi des Vibrationskörpers verändern sich während des Aufschweisens der Probengeometrie. Somit muss die Masse der aufgeschweissten Probe so gering wie möglich sein, ohne die darauf folgenden Untersuchungen zu behindern.

Ergebnis: Alle Proben werden mit denselben vorgängig definierten Prozessparametern gefertigt und weisen ausgezeichnete Schweissraupen und äusserst wenige Lunker und Poren auf.

Nach der Fertigung weisen die ultraschallbehandelten Proben einen um ca. 5% geringeren Verzug auf als die Kontrollgruppe ohne Ultraschall. Dies weist bereits auf geringere Eigenspannungen hin.

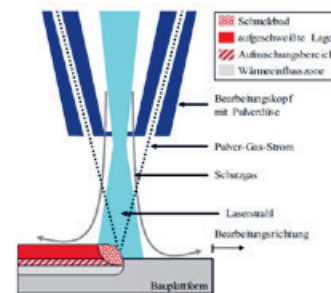
Mittels Dehnmessstreifenrosette kann die Dehnung bzw. die Relaxation des Bauteils während des Bohrens eines Lochs in die Probenoberfläche gemessen werden. Das Ausmass der Entspannung kann als Quantifizierung der Eigenspannungen verwendet werden und ist international standardisiert. Wird der Mittelwert der Kontrollgruppe als Referenz betrachtet, so weist die ultraschallangeregte Probe eine um 14% geringere mittlere Dehnung der Dehnmessstreifenrosette auf.

Zusätzlich kann ein Effekt auf das Gefüge erkannt werden. Die ultraschallangeregte Probe weist ein verfeinertes Gefüge mit geringerer Korngrösse auf. Eine Kornverfeinerung führt in der Regel zu härterem Gefüge mit höherer Festigkeit, was durch die Durchführung einer Vickers-Härteprüfung bestätigt werden kann. Die ultraschallangeregte Probe weist eine um 4% höhere Härte auf.

Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen Indizien dafür auf, dass die Ultraschallanregung einen positiven Effekt auf die Bauteileigenschaften haben kann. Zum Erreichen einer statistischen Signifikanz wird empfohlen, eine grössere Anzahl Versuche durchzuführen.

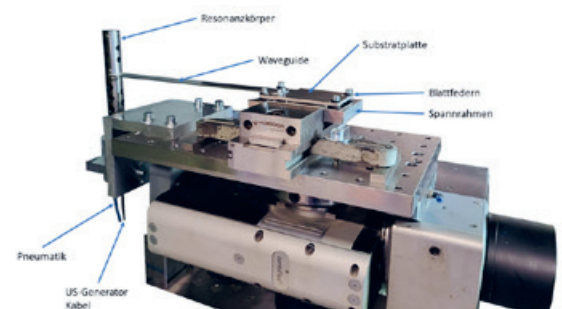
Schematische Darstellung des LMD-Prozesses

M. L. B. Miller, Prozessmanagement Laser-Pulverauftragschweissen



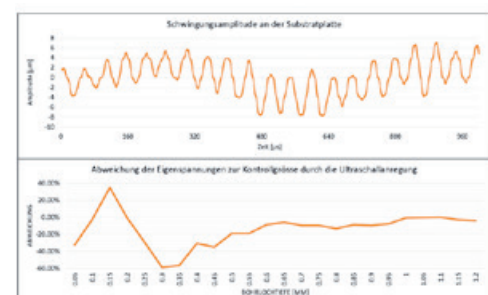
Aufbau des Apparates zur Ultraschallanregung des LMD-Substrates

Eigene Darstellung



Schwingungsamplitude & Eigenspannungen

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent

Stefano Capparelli, Luzern, LU

Themengebiet
Fertigungstechnik

Projektpartner
MPI Ultrasonics, Le Locle, Neuchâtel

Realisierung eines Teststands zur kombinierten Druck-Biegeprüfung von Sandwichstrukturen

Untersuchung der strukturellen Eigenschaften von verklebten Sandwichstrukturen unter Temperatureinfluss

Diplomand



Joel Zehnder

Ausgangslage: Im Rahmen eines Innosuisse-Projekts wird von der Firma Kisling AG ein leistungsfähiges Klebstoffsystem mit der 3A Composites Mobility AG entwickelt. Das Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung unterstützt das Projekt zur Auslegung und Validierung. Mit dem Klebstoff werden Leichtbauanwendungen aus strukturellen und temperaturbeständigeren Sandwichmaterialien entwickelt, die für neue Fahrzeuge und Komponenten in der Personenmobilität von Strassen- und Schienenfahrzeugen zum Einsatz kommen. Ziel des Projekts ist es, die strukturellen Eigenschaften des Verbunds über weitere Temperaturbereiche experimentell zu bestimmen und hinsichtlich der Materialmodelle zu entwickeln.

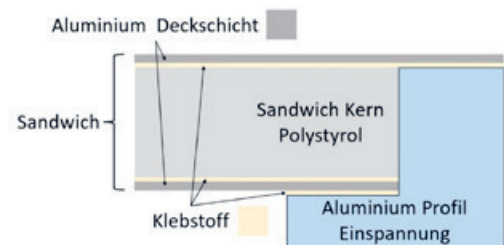
Problemstellung: Eine Auslegung und eine Validierung von komplexeren Belastungsfällen im Fahrzeugbau mit Temperaturanforderungen an die geklebte Sandwichkonstruktion erfordern im Projekt die Konzeption und die Erprobung mit einer anwendungsspezifischen Prüfvorrichtung. In dieser soll das Belastungsversagen der Sandwichstruktur auf kombinierte Zug- oder Druck-Biegebelastung im Grenztemperaturbereich untersucht werden können.

Ergebnis: Im Rahmen der Arbeit wurden der Prüfstand und die Sandwichproben ausgelegt, konstruiert und gefertigt. Mit einem Hebelelement kann der Biegeanteil im Vergleich zur Zug- oder Druckkraft eingestellt werden. Durch die Verwendung der Vorrichtung in einer bestehenden Klimakammer können Versuche bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt werden. Für das Sandwichdesign der Prüfelemente aus tragenden Deckschichten und Kernmate-

rial werden diese in die Montageelemente eingeklebt. Diese Kräfteinleitungselemente sind mit den Hebelelementen der Prüfvorrichtung verschraubt. Mit variablen Montageelementen können Proben in der Grösse des Kerns, der Deckschicht oder der Kleblänge für verschiedene Steifigkeitsverhältnisse getestet werden. Praktische Messungen zur Validierung der Prüfvorrichtung werden folgen. Zur Überprüfung wird der Lastfall in einer FEM Simulation abgebildet und mit den Messwerten ausgewertet.

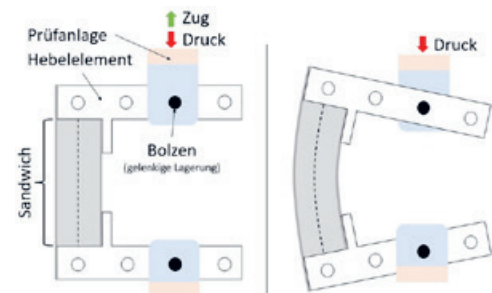
Aufbau und Bestandteile der Sandwichstruktur

Eigene Darstellung



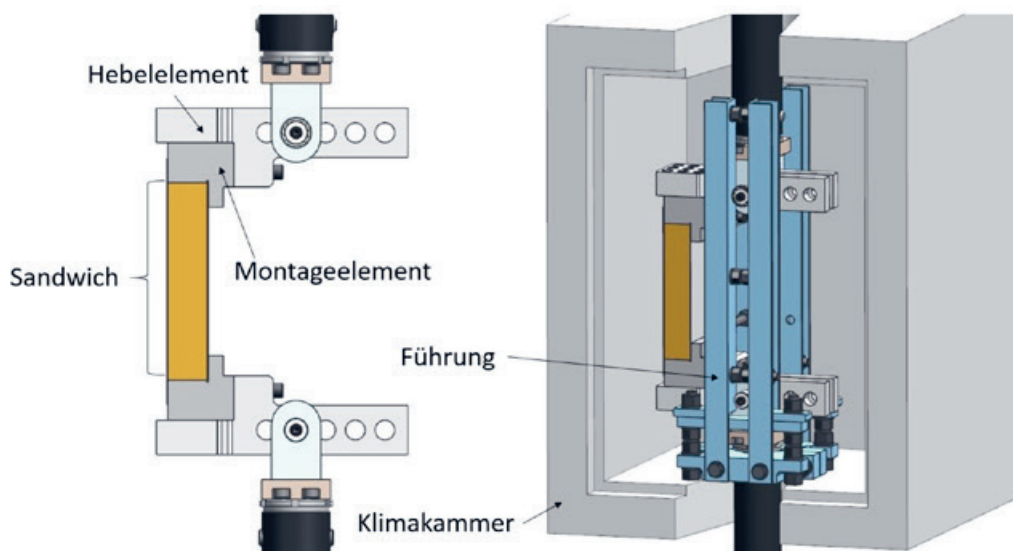
Schematischer Aufbau der kombinierten Zug/Druck-Biegeprüfung und schliessendem Lastfall auf Druck

Eigene Darstellung



Ausgearbeiteter Prüfstand mit Klimakammer und Führung zur Reduktion von Querkräften auf die Messdose der Prüfanlage

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, BW

Themengebiet

Fertigungstechnik, Kunststofftechnik, Simulationstechnik

Projektpartner

3A Composites Mobility AG, 9423 Altenrhein / Kisling AG, 8620 Wetzikon

Rührreibschweissen von Aluminium

Pilotversuche mit additiv gefertigten sowie handelsüblichen FSW-Werkzeugen

Diplomand



Dario Camenisch

Ziel der Arbeit: Grundlegendes Ziel dieser Bachelor- und einer parallel laufenden Masterarbeit ist es, einen funktionierenden Prototyp zu entwickeln, welcher durch Rührreibschweissen eine Aluminiumlegierung verschweisst. Dabei liegt der Fokus dieser Bachelorarbeit auf dem Werkzeug, welches durch Reibung Wärme erzeugt und die Metalle zu einer Schweißnaht verrührt (Englisch für Rührreibschweissen: FSW – Friction Stir Welding). Es soll ein FSW-Werkzeug hergestellt und es sollen die damit geschweissten Proben auf ihre mechanischen Eigenschaften geprüft werden. Diese Ergebnisse werden mit den Ergebnissen eines handelsüblichen FSW-Werkzeugs (später «Default-Versuche» genannt) verglichen. Das damit verbundene Know-how soll an das Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) gebracht werden.

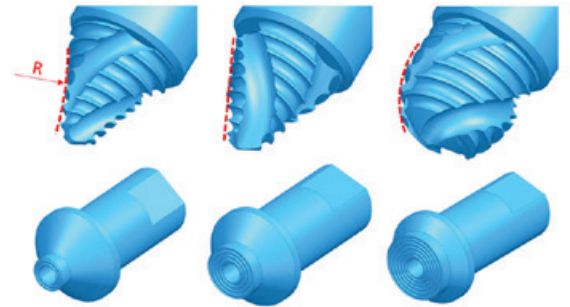
Vorgehen: Nach Stand der Technik bekannt und dokumentiert ist, werden verschiedene FSW-Werkzeuge entwickelt. Parallel wird eine OST-interne Werkzeugmaschine mit entsprechenden Spann- und Messmitteln organisiert. Das handelsübliche FSW-Werkzeug sowie die Probebleche werden bestellt. Die geplanten Werkzeuge werden zweiteilig entwickelt: Mit drei Schweisstift-Typen (siehe rechts oben) und drei Schulter-Typen (siehe rechts unten) können neun verschiedene Werkzeug-Typen kombiniert werden. Die Schweisstifte werden additiv gefertigt (Metall FFF-3D-Druck), die Schultern werden konventionell gefertigt. Beide bestehen aus H13-Werkzeugstahl (1.2344).

Ergebnis: Die Vorversuche mit dem gekauften FSW-Werkzeug zeigen, dass die vom Hersteller angegebenen Standard-Parameter für diese Anwendung angepasst werden müssen (Schweisstiftlänge und Axialkraft). Sobald diese mittels Schweiss- und anschließender Zugversuche ermittelt sind, können die Default-Versuche durchgeführt werden. Dabei werden die Schweißnähte auf ihre Festigkeit sowie ihre Härte geprüft und das Gefüge wird analysiert. Diese Default-Ergebnisse dienen dieser und weiteren Arbeiten an der OST als Vergleichswerte für Aluminium-Rührreibschweißnähte. Die entwickelten Werkzeuge (siehe Foto rechts) können aufgrund des Verzugs der Schweisstifte während des Sinterns im 3D-Druck-Prozess schlecht bis nicht verbunden werden. Die grossen Schweisstift-Spitzen (oberstes Bild rechts) brechen beim Gebrauch instantan ab, die schmaleren Spitzen werden in der Länge ca. 30% abgesichert, bei weiterem Gebrauch bleibt die restliche Schweisstift-Länge beibehalten. Das Ergebnis der Versuche mit verschiedenen Schulter- \varnothing ist unten rechts abgebildet.

Fazit: Erstes Know-how sowie die Ergebnisse der Default-Versuche wurden an das IWK gebracht. Die zweiteilige Konfiguration und die additive Fertigung von FSW-Werkzeugen zeigen keine fertigungs- oder prozesstechnischen Vorteile. Die Vermeidung der Gratbildung durch grosse Schulter- \varnothing bildet einen interessanten Ansatz für weitere Arbeiten.

Übersicht Werkzeugtypen

Eigene Darstellung



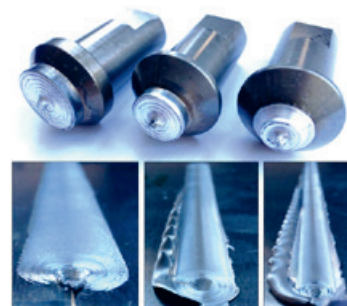
Gefertigte FSW-Werkzeuge

Eigene Darstellung



Übersicht Schweissschultern

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent

Dr. Wolfgang Knapp,
Ingenieurbüro Dr. W. Knapp, Schleithem, SH

Themengebiet

Fertigungstechnik,
Produktentwicklung

Entwicklung carbonfaserverstärkte Mountainbike-Nabe

Lastgerechte Konstruktion für den Gravity-Bereich

Diplomand



Simon Zäch

Einleitung: Carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK) und der Mountainbike-Sport sind eine Erfolgsgeschichte. Seit den frühen Jahren des Mountainbike-Sports werden die Materialeigenschaften von CFK geschätzt. Der hochwertige Werkstoff überzeugt vor allem mit seinem geringen spezifischen Gewicht und seiner hohen Steifigkeit. Aus diesem Grund setzt auch der Gravity-Bereich (DH, Enduro, Trail) vermehrt darauf. In den vergangenen Jahren wurde fast jedes Bauteil aus CFK gefertigt. Trotz einer Vielzahl verfügbarer CFK-Felgen ist kein publiziertes oder umgesetztes Konzept einer CFK-Nabe im Gravity-Bereich bekannt. Im Strassen- und Cross-Country-Bereich gibt es einige CFK-Naben oder sogar ganze Räder aus CFK. Diese konnten sich aber nur bedingt durchsetzen. Durch den lastgerechten Einsatz von CFK kann eine hochsteife Nabe entwickelt werden. Die hohe Kaufkraft der Kunden und der Wunsch nach Individualisierung erlaubten die Entwicklung einer MTB-CFK-Nabe.

Vorgehen: Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob und wie es möglich ist, eine Gravity-MTB-Nabe hauptsächlich aus CFK herzustellen. Zunächst werden die verschiedenen Belastungssituationen der Nabe analysiert und bewertet. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird mit Hilfe verschiedener Innovationstools eine bevorzugte Lösung für den Herstellungsprozess und den Aufbau der Nabe erarbeitet. Anschliessend werden die einzelnen Bauteile der besten Lösung mit Hilfe des Computer-Simulationstools Ansys ACP auf mögliche Versagensarten überprüft.

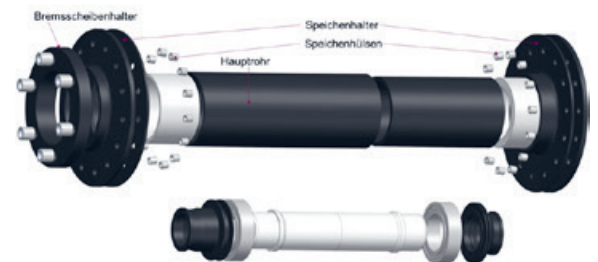
Anfangs sollte der Speichenhalter ohne Aluminiumhülsen hergestellt werden. Aufgrund der hohen Spannungskonzentration der einzelnen Speichen besteht jedoch die Gefahr eines lokalen Matrixbruchs. Durch den Einsatz von Aluminiumhülsen wird die Linienlast der Speichen besser auf das CFK-Teil übertragen, wodurch die Belastung nicht weiter kritisch ist. Eine weitere Herausforderung liegt im Übergang zwischen Speichenhalter und Hauptrohr. Hier entsteht aufgrund des Radius eine Schwachstelle. Es wird wohl ein Matrixversagen angezeigt, allerdings genau an dem Umfang, wo Singularitäten sehr wahrscheinlich sind. An dieser Stelle entsteht aufgrund der vereinfachten Lagerung in der Simulation ein Spannungssprung. Darüber hinaus wird der Klebstoff in der Simulation nicht berücksichtigt.

Ergebnis: Um die Unklarheiten der Simulation und die zentrale Frage der Arbeit zu beantworten, wird die Nabe hergestellt und getestet. Dazu werden zunächst die erforderlichen Werkzeuge für das Drapieren der Einzelteile und die Aluminiumkomponenten der Nabe entwickelt. Die zugeschnittenen

Prepregs (vorimprägnierte Fasergelege) werden in diese Formen drapiert und unter Druck im Ofen ausgehärtet. Im Gegensatz zur Simulation konnte die Anzahl der Lagen nochmals deutlich erhöht werden, wodurch auch die zuvor kritischen Stellen unproblematisch werden. Nach dem Entformen werden die Einzelteile für den Zusammenbau vorbereitet. Anschliessend werden sie zur finalen Nabe verklebt, geschliffen und lackiert. Das nicht auf Gewicht optimierte Funktionsmuster ist aktuell 18 Gramm schwerer als eine vergleichbare Aluminiumnabe. Abschliessend werden die Simulationsergebnisse an der eingespeicherten Nabe auf dem Zugprüfstand verifiziert. Die Ergebnisse dieser Tests stehen zu diesem Zeitpunkt noch aus.

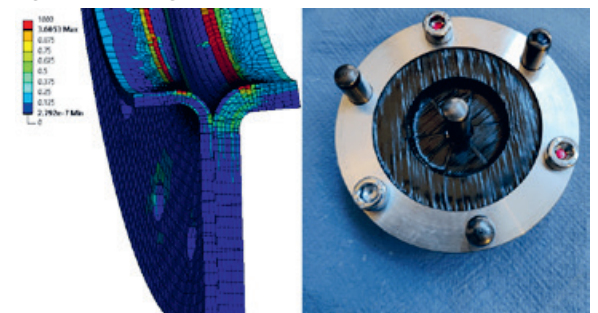
Einzelteile der Nabe

Eigene Darstellung



Kritische Stelle des Speichenhalters bezüglich Hashin und fertig drapierter Bremsscheibenhalter vor dem Aushärten

Eigene Darstellung



Fertige Nabe

Eigene Darstellung



Referent

Dominik Stapf

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, BW

Themengebiet

Fertigungstechnik, Produktentwicklung, Kunststofftechnik

Software Package for Monitoring Cyclical Processes with Machine Learning

Development of a modular and scalable system including AI model training, live process surveillance and a web app

Graduate Candidate



Rafael James Novotny

Introduction: Industrial processes have reached a degree of complexity which makes it difficult to monitor them without the assistance of digital solutions. These systems process and respond to substantial amounts of data, both from the industrial process and any machinery involved, as well as from sample analyses of the resulting products. While conventional methods of control engineering are widely adopted for such applications, machine learning (ML), and more broadly artificial intelligence (AI), show the potential to provide more adaptive and user-friendly control systems.

Although solutions employing machine learning to this effect may already exist on a small scale, with individual products tailored to a specific process, the operation of these products requires trained professionals, and commercial platforms and services to support these systems are not yet widely available.

Approach: A software ecosystem is designed which consists of modular components, separated by function. The primary separation is between IT and OT, where IT encompasses the high-powered computers required for data processing and model training, and OT encompasses the IT on the shop floor, including the industrial process.

This separation allows for the flexible deployment and usage of the ecosystem, where data and processing power are consolidated in the server infrastructure, and the processed, real-time information is available where it is needed on the shop floor. Three user stereotypes are defined, based on the required expertise and access level to fulfil certain tasks.

Operators have minimal training, and can observe the current state of the industrial process, as well as predictions from the selected AI model, through a user-friendly web app.

Maintainers have access to the underlying database through an administrator web app, allowing them to modify the underlying data, set up new monitoring jobs, and create new AI models.

Developers implement additional modules, allowing them to easily expand the supported functionality across all systems wherever desired.

Result: The resulting ecosystem is called Meercat (Mechanical Error Categorisation), and consists of a software for bulk data processing (Burrow), and another for monitoring and displaying information on real-time events (Lookout).

Burrow is responsible for all the data processing, and can be modularly expanded to include different data processing steps and data from different industrial processes without downtime. It can use data from any static source, such as a database or CSV file, and will work continuously in the background once started.

Lookout runs on demand and live, monitoring and analysing live processes in the background while presenting its results in a web app.

The 3D data used for training, labeled by desirability (deviation from ideal quality).

Own presentation

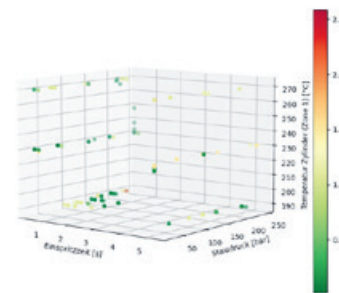
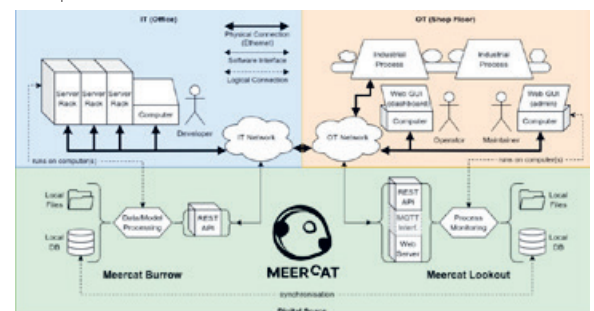


Diagram of the various components of the system, and the technologies they employ.

Own presentation



Screenshot of the prototype running on Meercat Lookout, showing the dashboard of one of the monitored processes.

Own presentation



Advisor
Prof. Dr. Mario Studer

Co-Examiner
Daniel Marty,
Rapperswil, SG

Subject Area
Information Technology
for Mechanical
Engineering,
Automation &
Robotics, Operation
& Maintenance,
Manufacturing
Technology

Entwicklung einer einfachen Laboranlage für Wickel- oder Tape-Laying-Prozesse

Bachelorarbeit Herbstsemester 2022

Diplomand



Simon Bollhalder

Problemstellung: Am IWK wird mit unterschiedlichen Verarbeitungsprozessen beim Herstellen von Faserverbundbauteilen gearbeitet – ein Prozess, der allerdings noch nicht abgedeckt werden kann, ist das Wickeln (auch Filament Winding genannt) sowie das Tape Laying.

In dieser Bachelorarbeit sollen der Stand der Technik aufgezeigt, die verfügbare Anlagentechnik abgeklärt sowie die Konzeption und die Konstruktion einer einfachen, zielführenden Laboranlage umgesetzt werden. Dazu gehören die Auswahl von Komponenten, das Erstellen von Fertigungszeichnungen sowie die vollständige Konstruktion einer Anlage.

Vorgehen/Technologien: Basierend auf dem Stand der Technik wird mit dem Erstellen des Pflichtenhefts begonnen. Es folgt eine Ideensammlung mit einer systematischen Bewertung, um schliesslich das vielversprechendste Konzept auszuwählen. In der Entwicklungsphase wird nach passenden Komponenten gesucht oder, falls notwendig, eigene Lösungen konstruiert. Die Anlage wird Schritt für Schritt aufgebaut sowie laufend angepasst und verbessert, bis alle Anforderungen abgedeckt werden können. Die Konstruktion der Anlage schliesst auch das Erstellen von sämtlichen Fertigungsunterlagen mit ein.

Die Anlage ist so flexibel, dass unterschiedliche Prozesse gefahren werden können:

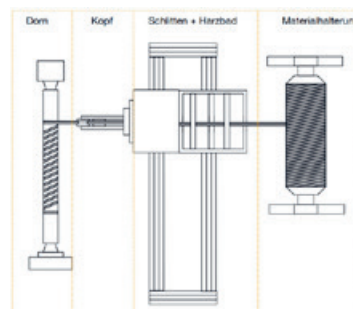
FilamentWinding: Bei diesem Fertigungsprozess werden Endlosfasern in einem Harzbad imprägniert und auf dem Kern abgelegt und ausgehärtet.

Tape Laying: In diesem Fall wird mit vorimprägnierten Tapes anstelle von trockenen Rovings gearbeitet. Die Ablage der Tapes wird meist mittels komplexer, robotergesteuerter Anlagen mit integriertem Vorspann- und Heizsystem realisiert.

Ergebnis: Im Verlauf der Bachelorarbeit ist eine vollständige Anlage konzipiert, entworfen und ausgearbeitet worden. Während dieser Arbeit ist versucht worden, den Prozess des Tape Laying mit dem Prozess des Filament Winding zu kombinieren. Dabei ist eine Wickelanlage mit modularem Aufbau entstanden. Die Anlage, die nach dem Funktionsprinzip einer Filament-Wickelanlage entwickelt wurde, kann mittels Modulen so ausgestattet werden, dass das Wickeln von Tapes ermöglicht wird. Dafür werden ein spezieller Tape-Kopf sowie eine Infrarot-Wärmequelle und ein Vorspannmechanismus benötigt. Das Tape kann erhitzt und knickungsfrei auf dem Kern abgelegt werden. Indem der Ablagekopf getauscht und der Vorspannmechanismus durch ein Harzbad

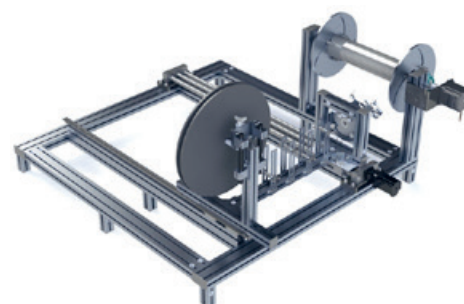
ersetzt wird, kann vom Tape-Wickelprozess auf den Filament-Winding-Prozess gewechselt werden. Angetrieben wird die Anlage durch eine Linearachse, die mittels Wi-Fi-Verbindung angesteuert werden kann. Für die stufenlose Einspannung wird ein sogenanntes «Longworth Chuck» verwendet.

Abstraktion der Funktionsweise einer Filament-Wickelanlage.
Eigene Darstellung



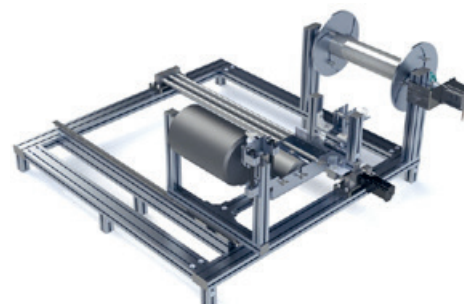
Fertige Wickelanlage für den Tape-Wickelprozess, erkennbar an den Vorspannrollen und dem Tape-Kopf.

Eigene Darstellung



Fertige Wickelanlage für den Filament-Wickelprozess, erkennbar an dem Harzbad und dem Filament-Kopf.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet

Konstruktion und Systemtechnik,
Kunststofftechnik

Prüfstand für Sporthelme und Protektoren

Entwicklung, Aufbau und Inbetriebnahme

Diplomand



Nicolas Boner

Ausgangslage: Hersteller von Schutzausrüstung wie Sporthelmen, Protektoren oder Boulderermatten sehen sich ähnlichen Sicherheitsanforderungen hinsichtlich Crashverhalten ihrer Produkte konfrontiert. Für Zulassung und Marktakzeptanz müssen diese Produktgruppen genormte Prüfverfahren bestehen. Dadurch wird geprüft, ob die Produkte die sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen. Durch eine frühzeitige Charakterisierung der Materialien, Komponenten und Bauweisen im Entwicklungsprozess können die Entwicklungskosten und die Entwicklungszeiten reduziert werden. Die Verfügbarkeit von Testcentern in der Schweiz ist stark eingeschränkt und die Beschaffung von normgerechten Prüfständen ist mit grossen finanziellen Investitionen verbunden. Aus diesem Grund wurde an der OST im Herbst 2022 ein Konzept eines universellen Prüfstands entwickelt und im Rahmen dieser Bachelorarbeit optimiert, aufgebaut und umgesetzt.

Das Ziel des Prüfstands ist die Messung der übertragenen gedämpften Kraft von Bergsteigerhelmen sowie die Ermittlung der kritischen Fallhöhe von Boulderermatten mittels Messung der Bremsbeschleunigung. Zudem muss der Prüfstand für den Test von Sandwich-Composite-Bauteilen nachrüstbar sein.

Vorgehen/Technologien: Zu Beginn wurde das bestehende Konzept analysiert und für das Sicherheitsmanagement eine FMEA-Analyse durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde ein Sicherheitskonzept entwickelt und anschliessend eine Kostenkalkulation erstellt. Da die Kosten das Budget überstiegen, wurde das Konzept überarbeitet. Dadurch konnten die Investitionskosten um 40 % gesenkt werden. Der Prüfstand, welcher aus einem Beton-Fundament, einem Aluminiumgestell und verschiedenen mechanischen sowie elektronischen Komponenten besteht, ist rund 6,5 Meter hoch und 1,1 Tonnen schwer. Der Fallkörper wird vom Bediener mittels elektrischer Seilwinde auf die geforderte Höhe angehoben. Dabei wird die Höhe durch einen Inkrementalgeber gemessen und in Echtzeit auf einem Notebook angezeigt. Anschliessend wird der Fallprozess durch den Bediener ferngesteuert ausgelöst. Dadurch wird die Entkopplung durch einen elektrisch angetriebenen Hubmagnet betätigt. Unmittelbar vor dem Aufprall wird die Geschwindigkeit des Fallkörpers gemessen und die Kraftmessung aktiviert. Während des Aufpralls zeichnen vier piezoelektrische Messelemente mit einer Frequenz von 20 kHz den Kraftverlauf auf (Abbildung 1).

Zur Bestimmung der kritischen Fallhöhe war ein triaxialer Beschleunigungssensor vorgesehen, der aufgrund der Chipkrise zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht lieferbar war.

Ergebnis: Durch den Prüfstand können das Stossdämpfungsvermögen und die Durchdringungsfestigkeit von Bergsteigerhelmen zuverlässig und reproduzierbar ermittelt werden. Die Ergebnisse aus den Helmprüfungen entsprechen den Anforderungen des Auftraggebers und sind vergleichbar mit den Ergebnissen von zertifizierten Prüfständen. Es werden eine Genauigkeit der Fallhöhe von ± 1 cm und eine maximale Abweichung von 5 % der Geschwindigkeit eines theoretisch freien Falls erreicht. Zudem kann der Prüfstand zur Ermittlung der kritischen Fallhöhe von Boulderermatten nachgerüstet werden. Somit bietet der Prüfstand Unternehmen wie der Mammut Sports Group eine dynamische und flexible Alternative zur Charakterisierung ihrer Produktentwicklungen.

Abbildung 1: Auszug aus «Test Protocol – Crag Sender»
Eigene Darstellung

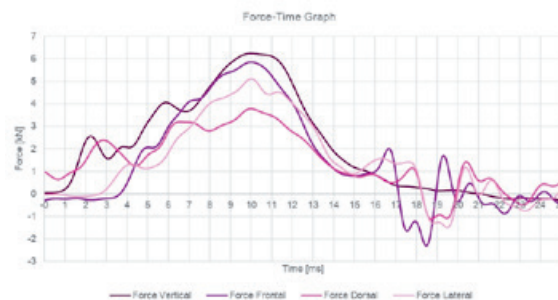


Abbildung 2: Visualisierung Prüfstand
Eigene Darstellung

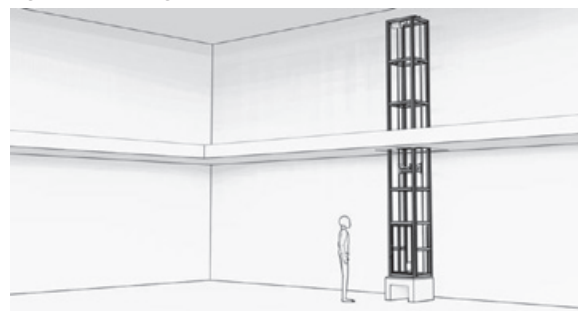


Abbildung 3: Nullpunktaufnahme am Helm
Eigene Darstellung



Referent

Dominik Stapf

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet

Konstruktion und Systemtechnik,
Produktentwicklung

Additiv gefertigte Kerne für Faserverbund-Bauteile

Hergestellt mit dem Arburg Kunststoff Freiformen (AKF)

Diplomand



Tim Gehrig

Einleitung: Die Bedeutung des Leichtbaus für die Energieeffizienz in der Automobil- und Luftfahrtindustrie der Zukunft ist enorm. Ein grosser Vorteil ergibt sich durch den Einsatz additiver Fertigungsverfahren und moderner Verbundwerkstoffe, die bedeutendes Potential in Bezug auf Leichtbaustrukturen bieten. Dieser Hybridansatz ist noch weitgehend unerforscht und noch nicht in der Industrie implementiert. Ein entscheidender Aspekt dieser Technologie ist die Verbindung zwischen den Faserverbundbauteilen und dem additiven Kern. Daher ist eine Untersuchung der Porenstruktur und ihrem Einfluss auf die Anbindung zwischen dem Strukturkern und dem Faserverbundkunststoff geplant, die mit dem AFK-Drucker durchgeführt werden soll. Der AFK-Drucker ist ein Spezialdrucker, der mit Granulat arbeitet. Darüber hinaus soll das Potential dieser Technologie bewertet werden. Ein weiterer Schritt wird die Erstellung eines Demonstrationsobjekts sein.

Vorgehen: Das Verfahren bestand darin, bestimmte Strukturen auszuwählen, die mit Hilfe von nTopology konstruiert wurden. Die Strukturen haben folgende Einstellparameter: Typ der Struktur, Grösse, Dicke und Tiefe. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 2. Um die beste Struktur zu ermitteln, wurden Drucktests durchgeführt, da aufgrund minimaler Schichtdicken und anderer Faktoren das Druckergebnis nicht immer den in nTopology modellierten Strukturen entsprach. Insgesamt wurden 22 verschiedene Strukturen gedruckt, die je aus 6 unterschiedlichen Ansätzen bestanden. Die insgesamt 110 gedruckten Teile wurden mit vier Schichten des CPO03 Prepregs laminiert und im Ofen ausgehärtet. Die Teststücke wurden anschliessend mit einem ILSS-Test untersucht und unter dem Mikroskop ausgewertet. Die ILSS-Test Daten wurden mit einem Design of Experiments untersucht, um die Zusammenhänge verschiedener Faktoren zu finden. Als Demonstrationsobjekt wurde eine Unihockeyschaukel ausgewählt. Die Aussengeometrie der Schaufel wurde mittels CAD erstellt und anschliessend mit nTopology topologieoptimiert. Da eine 2-Material- und anisotrope Topologieoptimierung nicht möglich war, musste dies manuell erfolgen. Die Optimierung wurde mittels einer 3-Komponenten-FE-Validierung überprüft. Die FE Simulation ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Schaufel wurde gedruckt und laminiert. Ein Test der Schaufel konnte jedoch nicht durchgeführt werden, da der Bauraum des Druckers zu klein ist, um sie in Originalgrösse zu drucken.

Ergebnis: Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kleine Strukturen durch die grössere Oberfläche eine bessere Adhäsion haben als grosse Strukturen.

Die ILSS-Ergebnisse sind in Abbildung 3 zu finden. Die durch additive Fertigung hergestellten Kerne für Faserverbundbauteile besitzen ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial, insbesondere im Kontext der fortschreitenden Entwicklung der Industrie 4.0. Sie ermöglichen eine hohe Flexibilität, kurze Entwicklungszyklen und ein grosses Innovationspotenzial, was zahlreiche Wettbewerbsvorteile mit sich bringen kann. Allerdings stellen der begrenzte Bauraum des AFK-Druckers und das Fehlen von Softwarelösungen für Hybridstrukturen noch starke Einschränkungen dar. Dennoch könnte die Kombination von additiv gefertigten Kernen in Druckern mit grösserem Bauraum Potenzial bieten. Mit Fortschritten bei 3D-Druckern und der Erforschung von thermoplastischen Matrix-Prepregs wird diese Hybridtechnologie voraussichtlich wachsen, parallel zur Softwareentwicklung.

Abb.1 Struktur: Strukturtyp Gyroid, Grösse der Zelle 4 mm, Wanddicke 0,8 mm, 1,6 mm Tiefe im nTopology und gedruckt
Eigene Darstellung



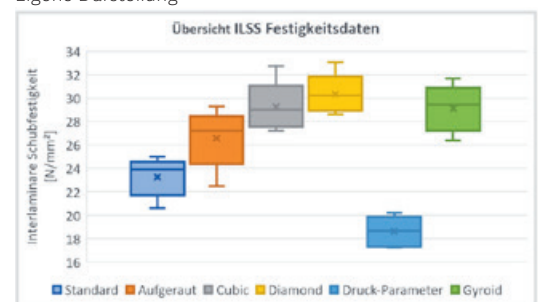
Abb.2: Demonstrationsobjekt, FE-Validierung der Unihockey Schaufel

Eigene Darstellung



Abb.3: ILSS Ergebnisse, Übersicht der besten Varianten der verschiedenen Ansätze

Eigene Darstellung



Referent

Daniel Omidvarkarjan

Korreferent

Florian Gschwend,
Geberit, Rapperswil, SG

Themengebiet
Kunststofftechnik

Analyse- und Sortierprozess für Skischuhrecycling

Optimierung der Eigenschaften und grössere Ausbeute

Diplomandin



Fabienne Meier

Ausgangslage: Seit etwa zehn Jahren recycelt das IWK zusammen mit der ARGO Stiftung für Integration von Menschen mit Behinderung in Davos Aussenschalen von Skischuhen. Das gewonnene thermoplastische Polyurethan (TPU) wird am IWK entweder zu Granulat oder 3D-Druck Filament weiterverarbeitet. Gemäss ARGO müssen momentan ca. 50% aller Materialien der Aussenschalen aussortiert werden, da es sich nicht um TPU handelt. Ziel der Arbeit ist es, den aktuellen Analyse- und Sortierprozess der Aussenschalen zu verbessern. Dabei soll der Anteil an nicht definierten Materialien auf ein Minimum reduziert werden. Im Vordergrund stehen mechanische Trennverfahren der Materialien. Mithilfe der FTIR-Spektrometrie soll betrachtet werden, ob die TPUs in Ester (TPU-ARES) und Ether (TPU-ARET) basierte Weichsegmente unterteilt werden können. So können die Anteile im aktuelle Kreislauf bestimmt und die Materialien separat charakterisiert werden.

Vorgehen: Um die Materialzusammensetzung zu bestimmen, sind 41 verschiedene Aussenschalen von Skischuhen sowie deren Einzelteile mittels FTIR-Spektrometrie untersucht worden. Die Materialzuweisung erfolgte über die Aufnahme von FTIR-Spektren von diversen Neuwarmaterialien. Die Daten dieser Untersuchungen sind ausgewertet worden und dienen als Grundlage für das weitere Vorgehen. Die analysierten Skischuhe sind von der ARGO zerlegt und am IWK sortiert, gemahlen und mehrheitlich compoundingiert oder zu 3D-Druck Filament extrudiert worden. Mit dem gewonnenen Granulat/Filament konnten Zugstäbe spritzgegossen oder mittels 3D-Drucker gedruckt werden. Anhand der Zugstäbe sind Zugprüfungen sowie Schlag- und Kerbschlagzähigkeitsversuche durchgeführt worden.

Ergebnis: Es ist festgestellt worden, dass bei den untersuchten Aussenschalen ausschliesslich TPU mit aromatischen Hartsegmenten verwendet wurde. Mithilfe der Neuwarmaterialien konnten die TPUs weiter in TPU-ARES und TPU-ARET unterteilt werden. TPU-AREE enthält sowohl Ester als auch Ether basierte Weichsegmente. Insgesamt sind 56,8 kg Skischuhteile aus den untersuchten Aussenschalen gewonnen worden. Davon konnten 78,2 % für die Weiterverarbeitung genutzt werden. Der grösste Ausschussanteil macht mit 19 % die meist angespritzte Sohle bei Tourenskischuhen aus. Da beim Recyclingprozess rein mechanisch getrennt wird, muss die Sohle mit der Bandsäge von der Aussenschale abgetrennt werden. Die restlichen 2,8 % gehören entweder zu weiteren nicht trennbaren Teilen oder konnten aufgrund des Materials nicht weiterverwendet werden. Das am häufigsten vorkommende nutzbare Material ist TPU mit einem Anteil von insgesamt

49,9 %. Danach kommen mit einem Anteil von 19,9 % TPE-A und Polypropylen (PP) (16 %). Mit Anteilen von jeweils unter 10% kommen verschiedene Polyamide (PA) dazu. Aufgrund der geringen PA-12-Menge ist ein 3D-Druck-Filament hergestellt worden. Die übrigen Polyamide sind zusammengemischt worden, da es sich um eine zu geringe Menge für die separate Weiterverarbeitung handelte.

Insgesamt konnte mithilfe der detaillierten Analyse der Materialien der nutzbare Anteil auf etwa 80% gesteigert werden.

Vorgehen für die Charakterisierung der recycelten Materialien und die Konzeptausarbeitung

Eigene Darstellung



Zerlegte Teile der Aussenschale

Eigene Darstellung



Auswertung des Gesamtgewichts

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent
Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Projektpartner
ARGO Werkstätte Davos, Davos, GR

Aufspritzen von Funktionselementen aus recyceltem PET auf Textilien

Diplomand



Nicola Koch

Einleitung: Ausrangierte Kleidungsstücke gehen in die Altkleidersammlung. Ein Teil davon wird wiederverwendet und nicht verwendbare Kleidungsstücke werden entsorgt. Eine sinnvolle Alternative wäre das Wiederaufbereiten der Grundmaterialien der für den Weiterverkauf ungeeigneten Kleidungsstücke. Viele Kleidungsstücke enthalten einen hohen Polyesteranteil. Eine Rückgewinnung von rPET wäre daher eine Möglichkeit. Grundsätzlich ist das machbar, störend sind aber z.B. Knöpfe oder deren Befestigungsfäden, die meist aus einem anderen Kunststoff sind als PET. Um eine möglichst einfache Rückgewinnung zu gewährleisten, wäre es hilfreich, wenn das komplette Kleidungsstück aus einem Monomaterial (z.B. PET) bestehen würde. Das direkte Anspritzen von Funktionselementen an die Textilien würde dies möglich machen.

Vorgehen: Um die Haftung zwischen angespritztem Kunststoff und Textil zu untersuchen, wurden verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. Dazu wurden Proben für eine Zug- und eine Abschälprüfung hergestellt. Weiter wurde das Haftungsverhalten mittels Simulationen untersucht, um den Einfluss der Spritzgiessprozessparameter auf die Haftung zu ermitteln. Mithilfe der Erkenntnisse der Vorversuche wurde ein Werkzeug zur Herstellung von auf Textil aufgespritzten Druckknöpfen konstruiert und gefertigt.

Mit dem gefertigten Werkzeug wurden Proben hergestellt, welche auf ihre Haftung und Funktion getestet und mit klassischen Druckknöpfen (gepresst) verglichen wurden.

Ergebnis: Das Aufspritzen der Druckknöpfe mittels Spritzgiessen konnte umgesetzt werden. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die Verbindung zwischen Textil und Kunststoff besonders anfällig auf Schälbelastung ist. Die Kraft, welche für das Öffnen der Druckknöpfe benötigt wird, hat in den Tests die Abschälkräfte deutlich überschritten. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Verbindung zusätzliche geometrische Optimierungen benötigt, um die Funktionstüchtigkeit der Druckknöpfe sicherstellen zu können.

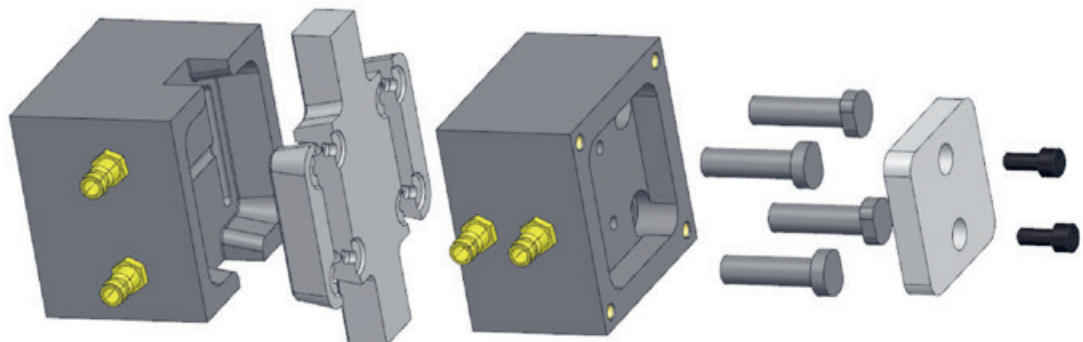
Abschälversuch für Haftungsuntersuchung
Eigene Darstellung



Aufgespritzter Tubus für Haftungsuntersuchungen (Zugversuch)
Eigene Darstellung



Explosionszeichnung Spritzgusswerkzeug für die Druckknopfherstellung
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

Christian Kruse, EMS-
Chemie AG, Domat/
EMS, GR

Themengebiet
Kunststofftechnik

Auslegung und Konstruktion eines lasergeschweissten Kunststoff-DCB-Versuchs

und Auswertung des Bruchverhaltens der Schweissnaht

Diplomand



Samuel Blattmann

Einleitung: Der DCB-Versuch (Double Cantilever Beam) ist ein bekanntes Prüfverfahren für das Bruchverhalten von geklebten Bauteilen. Analog dazu wird in dieser Arbeit untersucht, ob der Versuch auch für ein anderes Fügeverfahren geeignet ist. Anstelle von geklebten Proben werden lasergeschweisste Kunststoffproben auf dieselbe Weise getestet. Konkret handelt es sich um Laserdurchstrahlschweissen. Ein Verfahren, bei dem der eine Fügepartner für den Laserstrahl transparent ist und erst der zweite Fügepartner vom Laserstrahl aufgeschmolzen wird. Für ein besseres Verständnis des DCB-Versuchs ist dieser in der ersten Abbildung symbolisch dargestellt. Die verwendete Probe besteht aus zwei Substraten, die an der Grenzfläche miteinander verbunden sind (in dieser Arbeit durch Laserschweissen, traditionell wird für die Verbindung ein zu untersuchender Klebstoff verwendet). Im Versuch werden die Substrate in einer Zugprüfmaschine eingespannt, damit sie auseinandergezogen werden können. Die Belastungsart ist der sogenannte Mode 1. Die Kraft wirkt dabei normal zur Verbindungsfläche und verursacht eine Durchbiegung der beiden Substrate. Mit zunehmender Durchbiegung nimmt die Belastung an der Schweissnaht immer stärker zu und sie beginnt zu reißen. Der entstandene Riss propagiert weiter entlang der Schweissnaht, bis die beiden Substrate vollständig voneinander getrennt sind. Während des Versuchs werden die auftretende Kraft und der Verfahrweg von der Zugprüfmaschine ermittelt. Zeitgleich ermöglicht ein optisches System die Aufnahme weiterer Verschiebungen an zu untersuchenden Stellen.

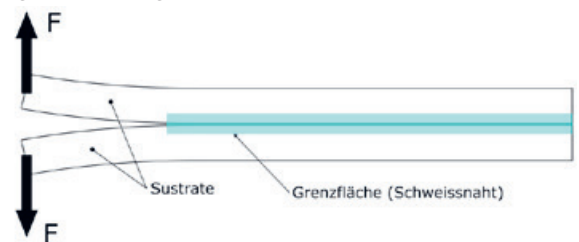
Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Versuche ist es, eine zuverlässige Methode für das DCB-Prüfverfahren von lasergeschweissten Kunststoffbauteilen zu entwickeln. Die Ergebnisse des DCB-Versuchs helfen dabei, die Leistung von Schweissverbindungen zu bewerten und zu quantifizieren. Mit diesen Informationen können Simulationen von Bauteilen und Strukturen durchgeführt werden, um das Verhalten in der Realität zu prognostizieren.

Ergebnis: Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung der Ergebnisse ist das Verformungsverhalten von Kunststoffen. Da die Kräfte während des Versuchs relativ klein sind, wurde vereinfachend angenommen, dass sich die beiden Substrate rein elastisch verhalten. Dies ermöglicht einfachere Berechnungen und Simulationen des Versuchs. Die Validierung der Ergebnisse mit der FE-Simulation ist von grosser Bedeutung, da sie die Annahme des elastischen Verhaltens des Kunststoffs unterstützt. Der DCB-Versuch und die Validierung durch FE-Simulationen haben für die lasergeschweisste Verbindung funktioniert. Es hat sich gezeigt, dass diese Untersuchung in

Zukunft bei der Beurteilung von lasergeschweissten Schweissnähten hilfreich ist.

Symbolische Darstellung des DCB-Versuchs (Seitenansicht)

Eigene Darstellung



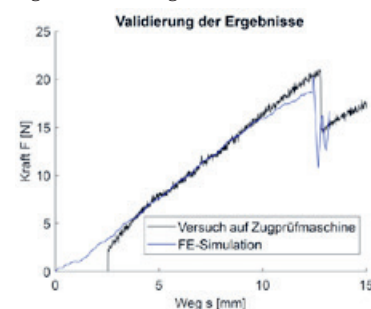
Versuchsdurchführung

Eigene Darstellung



Validierung der Ergebnisse mithilfe einer FE-Simulation

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg-Weingarten, Weingarten, BW

Themengebiet

Kunststofftechnik

Projektpartner

Leister Technologies AG, Sarnen, OW

Initiale Schädigungsdehnung von Kunststoffen

Diplomand



Marco Werner Schlittler

Ausgangslage: Das komplexe Materialverhalten von Kunststoffen erschwert eine Vorhersage der Lebensdauer und damit die Auslegung mechanisch zyklisch belasteter Bauteile. Ein möglicher Lösungsansatz für dieses Problem ist eine Auslegung bezogen auf die initiale Schädigungsdehnung. Wird diese Dehnung nie überschritten, kann theoretisch eine unendlich lange Lebensdauer erreicht werden. Die bekannten Verfahren zur Messung der initialen Schädigungsdehnung sind nicht standardisiert. Die vielversprechendsten Ansätze sind das Hysterese- und das Volumendilatations-Verfahren.

Vorgehen: Diese beiden Verfahren sollen analysiert, geeignete Prüfparameter gefunden und allfällige Störeffekte beschrieben werden. Die Versuche werden mit Prüfkörpern aus Polycarbonat (PC) und Polyethylen (PE-HD) durchgeführt. Die Ergebnisse werden analysiert und in Bezug auf Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit und Aussagekraft miteinander verglichen.

Ergebnis: Das Einrichten des Messaufbaus sowie die Kalibrierung für das optische Messsystem (Abb. 1), welches für das Volumendilatations-Verfahren notwendig ist, erfordert eine hohe Genauigkeit. Zudem konnten bei diesem Verfahren keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielt werden. Beim Hysterese-Verfahren (Abb. 2) konnten hingegen bessere Resultate erzielt werden. Aus diesem Grund wurde dieses im Laufe der Arbeit genauer analysiert. Eine anfängliche Streuung der Messergebnisse von bis zu 100% konnte eliminiert werden, indem die Proben über den gesamten Messablauf, d.h. auch während der notwendigen Pausenzeiten zwischen zwei Messzyklen eingespannt blieben. Weiter hat die thermische Vorbehandlung der Proben zum Abbau von allfälligen

Eigenspannungen, die bei der Herstellung der Proben entstanden sind, zu aussagekräftigeren Ergebnissen geführt. Eine Wärmeentwicklung während des Prüfablaufs, welche als Ursache für die Streuungen vermutet wurde und einen Einfluss auf den spezifischen Energieverlust hätte, konnte nicht nachgewiesen werden. Aus den ersten Versuchen geht hervor, dass bei Polycarbonat eine initiale Schädigungsdehnung bei ca. 1,2 % zu erwarten ist (Abb. 3).

Abb. 1: Messaufbau des Volumendilatations-Verfahrens
Eigene Darstellung

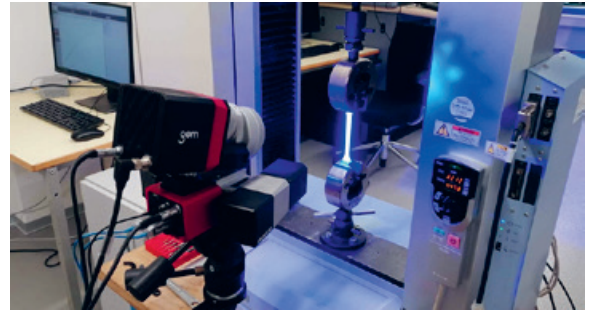


Abb. 2: Eingespannter Prüfkörper aus Polycarbonat für die Durchführung des Hysterese-Verfahrens
Eigene Darstellung

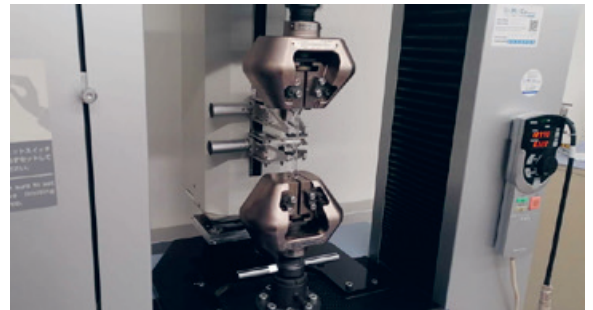
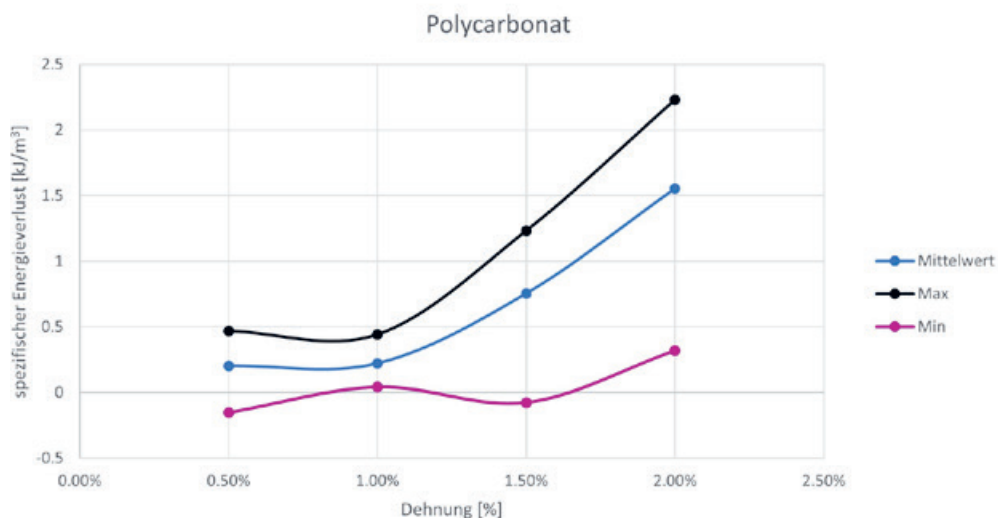


Abb. 3: Spez. Energieverlust von PC-Proben (bis zu 100% Streuung bei den Messergebnissen, Anz. Proben: 3 pro Dehnwert)
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Daniel Marty,
Rapperswil, SG

Themengebiet
Kunststofftechnik

Inline Rheometer für gasbeladene Kunststoffschmelzen

Konzeption, Konstruktion und Umsetzung

Diplomand



Dario Mazzoleni

Aufgabenstellung: Die Sulzer Chemtech AG ist ein führender Entwickler und Anlagenhersteller im Fluid-Engineering für Misch-, Trenn- und Reinigungstechnologien für Flüssigkeiten aller Art sowie auch auf Polymer-Produktionstechnik. Um genau diese Polymer-Produktionsanlagen korrekt auszulegen, sind umfassende Kenntnisse über die zu verarbeitenden Polymere erforderlich. Dabei spielt die Kenntnis über das genaue Verhalten der Viskosität der Polymer-schmelzen unter verschiedenen Temperaturen und Mischungen eine wesentliche Rolle. Insbesondere bei lösungsmittelbeladenen Polymerschäumen sind noch wenige Daten vorhanden, denn die Zumischung des Lösungsmittels kann die rheologischen Eigenschaften stark verändern.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein Inline-Rheometer für lösungsmittelbeladene Polymerschäume auszulegen und herzustellen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass ein möglichst grosser Schergeschwindigkeitsbereich abgedeckt wird. Weiter darf sich die Polymerschmelze nicht im Messbereich vom Lösungsmittel trennen oder gar aufschäumen, denn dies würde die Messergebnisse beeinflussen.

Vorgehen: In der Konzeptphase konnten einige konstruktive Entscheidungen aus vorhergehenden Bachelorarbeiten entnommen werden. Es bestehen aber zwei wesentliche Änderungen: es ist kein Durchflusssensor notwendig, denn der Schmelzestrom kann mittels der gravimetrischen Dosierung genau ermittelt werden, und es ist ein Gegendruck von ca. 50 bar erforderlich, um ein Auftrennen der Schmelze und des Lösungsmittels zu verhindern. Hierfür wird das Konzept eines Schraubventils verwendet. Es wird dabei so konstruiert, dass es später bei Bedarf geändert oder ersetzt werden kann.

Um das Rheometer detaillierter auslegen zu können, werden die Materialdaten des Schäummittels benötigt. Mittels dieser Daten kann in einem erstellten Matlab-Programm die optimale Dimensionierung der Messkapillare ermittelt werden.

Ergebnis: Das Ergebnis der Berechnung ist, dass theoretisch für jede Temperaturstufe ein eigener Querschnitt verwendet werden müsste. Jedoch liegen diese so nahe beisammen, dass in einer vertretbaren Näherung nur zwei Abmasse gebaut werden. Eine schmalere Kapillare für hohe Schergeschwindigkeiten, welche aber für die tieferen Temperaturen einen höheren Druckaufbau bedeuten, und eine grössere Kapillare für niedrigere Schergeschwindigkeiten. Diese hat den Hauptnutzen, dem anfänglich sehr schnellen Druckanstieg bei kleinen Schergeschwindigkeiten entgegenzuwirken und dadurch den

Messbereich besser aufzulösen. Mit Hilfe der Strömungssimulation konnten im gesamten Kanal einige Totstellen, in denen das Material mit der Zeit thermisch geschädigt werden würde, optimiert werden. Auch die Positionierung der Temperatursensoren wird so festgelegt, dass sie möglichst gut umströmt werden, ohne dabei den Fluss in die Kapillare zu stören.

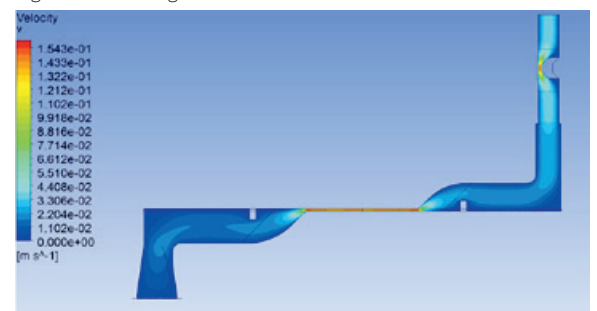
Rendering des Rheometers

Eigene Darstellung



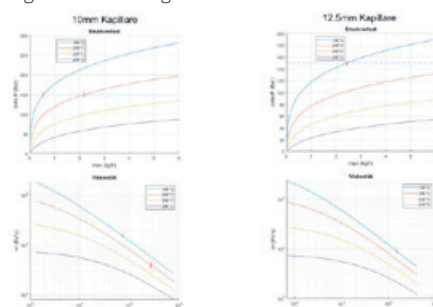
Fließgeschwindigkeit der Strömung in der Mittelebene

Eigene Darstellung



Virtuelle Messung der beiden Kapillaren 10 mm und 12,5 mm Messbereich bis 150 bar, bis zu den roten Linien

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet

Kunststofftechnik

Projektpartner

Sulzer Chemtech AG, Winterthur, ZH

Mikroalgen-Kunststoffe

Recherche, Experiment und Bewertung

Diplomand



Michael Ehrler

Einleitung: Diese wissenschaftliche Analyse zeigt, dass weitere Forschung erforderlich ist, um die Produktion von Biokunststoffen aus Mikroalgen und ihre potenziellen Anwendungen zu verbessern. Der Entwicklung biobasierter, biologisch abbaubarer Kunststoffe wird grosse Aufmerksamkeit geschenkt, die Nutzung ist im Vergleich zu konventionellen Materialien jedoch noch gering, insbesondere aufgrund der spezifischen Anforderungen und des Preises. In dieser Arbeit werden innovative Methoden, welche in Abb. 1 abstrahiert dargestellt sind, für die Herstellung von Mikroalgenkunststoff bewertet und die Durchführbarkeit der Kommerzialisierung auf der Grundlage der technisch-wirtschaftlichen und ökologischen Eigenschaften beurteilt und pragmatisch evaluiert.

Vorgehen/Technologien: Es wurden Biokomposite aus Restbiomasse der Mikroalge *Haematococcus pluvialis* (RHP), eines Nebenprodukts der Astaxanthin-Pigmentextraktion, und PBAT (Poly(butylendipat-co-terephthalat)), einem biologisch abbaubaren Biokunststoff, hergestellt. Die Restbiomasse (RBM) wurde durch Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FT-IR) charakterisiert und die thermischen Eigenschaften wurden durch thermogravimetrische Analyse (TGA) bestimmt. Es wurde aufgezeigt, dass die chemische Zusammensetzung aus Proteinen und Kohlenhydraten zu einer geringen thermischen Stabilität führt, sodass es nur mit Polymeren compoundingiert werden kann, die einen niedrigen Schmelzpunkt besitzen.

PBAT-RBM-Zugstäbe wurden durch Compoundierung und Spritzguss hergestellt. Die Beimischung von 10, 20 und 30 % RBM zu den Biokompositen wurde untersucht und mit Maleinsäureanhydrid-gepfropften PBAT (PBAT-g-MA) synthetisiert und als Haftvermittler in einigen Kompositen verwendet. Die Biokomposite wurden mittels FT-IR, TGA, Differential-Scanning-Kalorimetrie (DSC) und Schmelzindex (MVI) charakterisiert und die mechanischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Elastizitätsmodul wurden, wie in Abb. 2 ersichtlich, verglichen. Die Auswirkung von RBM auf die Morphologie der Polymermatrix wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie (SEM) ermittelt.

Ergebnis: Es zeigt sich, dass RBM zur Herstellung von Biokompositen mit PBAT bei Verschlechterung der mech. Eigenschaften als Füllstoff verwendet werden kann, wobei die besten Ergebnisse mit einem RBM-Gehalt von 20 % und ohne Maleinsäure erzielt wurden.

Der Röstgeruch, welcher bei der Verarbeitung bei über 130–150 °C auftritt, schränkt die Anwendungen

drastisch ein, wobei Mulch-Folien einen möglichen Bereich darstellen, sofern Dispersion und Agglomeration der RBM wie auch die schlechte Grenzflächeninteraktion, welche in Abb. 3 abgebildet ist, mit dem Polymer optimiert werden können. Der Haftvermittler hat die mechanischen Eigenschaften der Verbundwerkstoffe nicht verbessert und es sind weiterführende Studien zur Optimierung der Pfropfung erforderlich, die auch die Anwendungsmöglichkeiten erweitern werden. Die Verwendung von RBM zur Herstellung von Biokompositen kann deren Gesamtkosten senken und stellt eine nachhaltige Möglichkeit dar, Produkte aus Mikroalgen unter vollständiger Nutzung der Biomasse herzustellen.

Abb. 1 Mikroalgen-Kunststoffe, abstrahierte Herstellverfahren
Eigene Darstellung

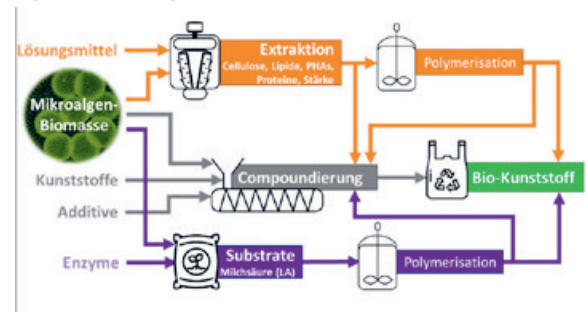


Abb. 2 Zugfestigkeit der RHP-Komposite und der Nannochloropsis gaditana-(RNG)-Komposite (Vergleichsstudie)
Eigene Darstellung

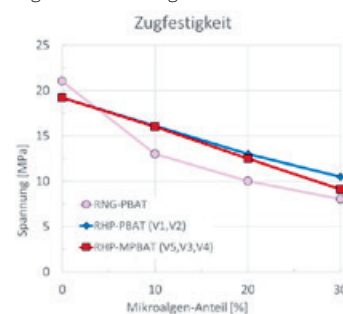
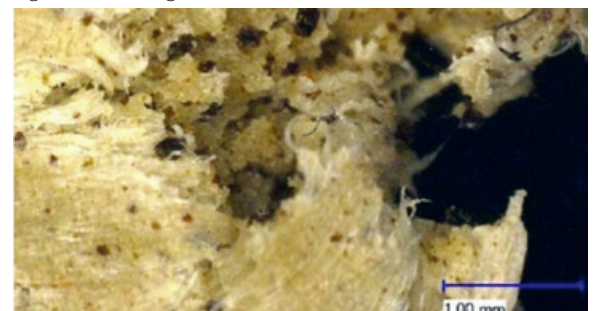


Abb. 3 V3_RBM-MPBAT Zugstab Bruchfläche
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Nachhaltige Strukturbauteile durch Hinterspritzen von UD-Tapes mit rPET

Diplomandin



Victoria Kleinstein

Ausgangslage: Die Nachfrage nach fortschrittlichen und nachhaltigen Materialien steigt, da die Industrie bestrebt ist, ihren CO₂-Fussabdruck zu verringern. Ein vorbildliches Beispiel dafür ist das PET-Flaschen-Recycling in der Schweiz, welches die Kreislaufwirtschaft im Bereich der Kunststoffprodukte erfolgreich umsetzt und das Potenzial zur CO₂-Emissionsreduzierung aufzeigt. Allerdings entstehen im Recyclingprozess häufig Materialien, die nicht den erforderlichen Spezifikationen entsprechen und daher nicht wiederverwendet werden können. Eine weitere Quelle für rPET ist ozeangebundener Kunststoff, der aus dem Meer gesammelt wird. In der Spritzgiessverarbeitung gibt es ein grosses Potenzial für den Einsatz solcher Materialien, da sich der Trend zur Verwendung von Post-Consumer-Recycling-Materialien verstärkt. Durch die Zugabe geeigneter Additive kann PET auch für technische Bauteile eingesetzt werden, die derzeit aus Materialien wie Polyamid (PA) hergestellt werden. Die zusätzliche Kombination mit endlosfaserverstärkten Tapes (UD-Tapes) könnte eine interessante Möglichkeit zur Herstellung nachhaltiger und gleichzeitig hochsteifer Bauteile bieten. Dieser Ansatz bietet Potential in verschiedenen Branchen, wie Automobile, Energie und Sport/Freizeit.

Vorgehen: Im Rahmen dieser Arbeit soll die Machbarkeit dieser Technologie durch das Hinterspritzen von UD-Tapes mit rPET untersucht werden. Dafür wurden die Materialien für das Hinterspritzen sowie die UD-Tapes ausgewählt und ein Versuchsplan für experimentelle Spritzgiessversuche erstellt. Hergestellt wurden Bauteile zur Bestimmung der Tapehaftung mittels Schälprüfverfahren und Sandwich-Plattenbauteile zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften in einem Drei-Punkte-Biegeversuch. Die hergestellten Bauteile wurden ausgewertet und Prozessrichtlinien erarbeitet. Anhand eines Demonstratorbauteils, einer Composite-Surffinne, wurden die möglichen Eigenschaften im Vergleich zu PA dargestellt (Bild 3).

Ergebnis: Die Schälprüfung misst die Tapehaftung zwischen rPET-Material und UD-Tapes mittels eines abgeänderten Vier-Punkt-Biegeversuchs. Die Haftung der rPET-Teile ist aber so hoch, dass die Proben vor dem Ablösen des Tapes versagen. Die Schälprüfbedingungen sind nicht optimal für die rPET-Bauteile. Allerdings konnte festgestellt werden, dass die Tapehaftung der rPET-Teile extrem gut ist und besser im Vergleich zu PA.

Mit dem Drei-Punkt-Biegeversuch werden die Biegeeigenschaften der Sandwichbauteile untersucht. Mit diesem Prüfverfahren konnte festgestellt werden, dass vor allem der Nachdruck einen wesentlichen

Einfluss auf die Biegeeigenschaften hat. Zudem zeigt sich, dass die nachhaltigen Materialkombinationen mechanische Eigenschaften aufweisen, die den derzeit favorisierten Materialien wie PA ebenbürtig oder sogar leicht überlegen sind (Bild 1).

Für die Composite-Surffinnen werden jeweils vier spezifische Punkte mit 75 N auf Biegung belastet. Die Steifigkeit der rPET-Surffinnen liegt noch deutlich unter der Referenz der PA-Surffinnen (Bild 2). Dieses Ergebnis stellt nur einen groben Vergleich dar, da das Grundmaterial der PA-Finnen dreimal mehr Glasfasern enthält. Untersuchungen mit einem rPET-Grundmaterial mit höherem Faseranteil sind noch ausstehend.

Bild 1: Kraft bei einer Auslenkung von 1 mm für die verschied. Plattengeometrie-Varianten anhand des Versuchsplans
Eigene Darstellung



Bild 2: Lokale Steifigkeit an den vier definierten Messpunkten der verschiedenen Composite-Surffinnen Varianten
Eigene Darstellung

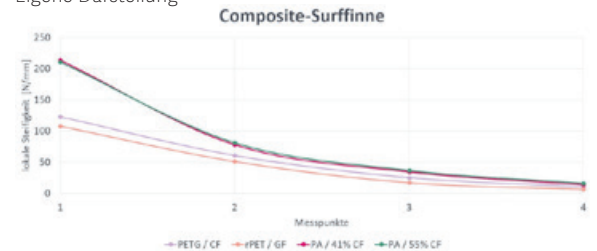
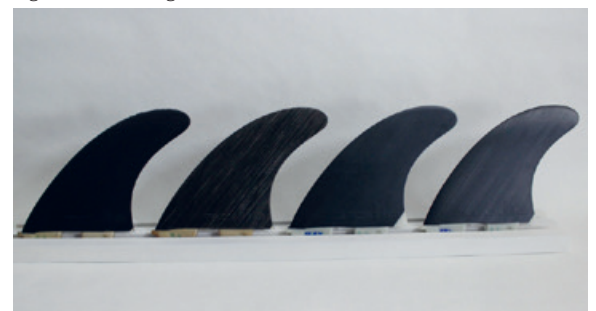


Bild 3: Composite-Surffinnen, von links nach rechts: rPET mit PETG-CF und rPET-GF, PA12 mit PA-CF (41%) und PA-CF (55%)
Eigene Darstellung



Referent
Curdin Wick

Korreferent
Christian Kruse, EMS-CHEMIE AG, Domat/Ems, GR

Themengebiet
Kunststofftechnik

Untersuchung der Rissausbreitung in einer Klebschicht mithilfe von akustischer Emission

Diplomand



Jonathan Bleiker

Ausgangslage: Prüfkörper in Form von Double Cantilever Beams (DCB) werden oft eingesetzt, um die Festigkeit von Klebstoffen zu testen. Dabei tritt ein Riss innerhalb des Klebstoffs auf. Die dafür erforderliche Bruchenergie kann mit verschiedenen Methoden ermittelt werden. Einige dieser Methoden benötigen die Lokalisierung der Rissfront während der Rissausbreitung. Allerdings kann diese mit der eingesetzten digitalen Bildkorrelation nur ungenau bestimmt werden. Grund dafür sind die subjektive Auswertung und die Form der Rissfront: Diese entspricht nicht einer geraden Linie, sondern hat eine elliptische Form. Akustische Emission ist ein Phänomen, welches die Erzeugung elastischer Wellen beschreibt. Gründe für die Entstehung der elastischen Wellen sind unter anderem Deformation, Rissinitiierung und -fortschritt. Mithilfe eines Acoustic Emission System (AE-System) können die entstandenen Schallwellen über AE-Sensoren erfasst und deren Ursprungsort lokalisiert werden. Dadurch kann auf die Position der Rissfront im Klebstoff geschlossen werden.

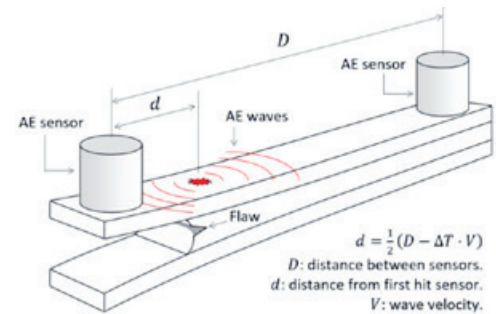
Ziel der Arbeit: Im Rahmen dieser Arbeit wird das Potenzial des AE-Systems beleuchtet, die Rissfront genauer zu lokalisieren als mit der digitalen Bildkorrelation. Zu diesem Zweck werden DCB-Proben mit einem kombinierten Versuchsaufbau aus AE-System, Kraftmessung und digitaler Bildkorrelation untersucht. Dabei soll die fortlaufende Position der Rissfront mit einer möglichst hohen Genauigkeit ermittelt werden. Als Basis für die eigene Versuchsdurchführung und die nachfolgende Weiterverwendung des Messsystems müssen die relevanten Grundlagen erarbeitet, interpretiert und in Form von Schulungsunterlagen zur Verfügung gestellt werden.

Ergebnis: Die durchgeführten Versuche zeigen, dass die Nachverfolgung des Risses grundsätzlich möglich ist, wie in der unteren Darstellung zu sehen ist. Die Quellen der AE-Wellen zeigen tendenziell denselben Verlauf wie die visuell bestimmte Risslänge. Um ein solches Resultat zu erhalten, sind passende Auswertungskriterien auf die AE-Messdaten anzuwenden. Da verschiedene Mechanismen zu unterschiedlichen AE-Wellen führen, sind nicht alle AE-Daten mit dem Rissfortschritt zu assoziieren. Somit weisen die AE-Daten eine breite Streuung auf. Die Signalamplitude beim Rissbeginn hat sich als geeignetes Kriterium für die Auswertung gezeigt.

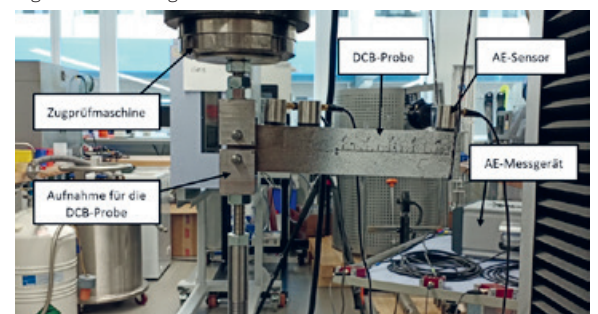
Verschiedene Faktoren haben Einfluss auf die Genauigkeit der AE-Messungen. Dazu gehören unter anderem ein passender Wert für die Schallausbreitungsgeschwindigkeit, die Grösse der Sensoren, der Abstand zwischen ebendiesen und die Abtastfrequenz des Messgeräts. Ausserdem besteht aufgrund der Dicke

der Proben ein Bereich, in welchem die Genauigkeit höher ist als ausserhalb. Um die abgerundete Gestalt der Rissfront abzubilden, wird mit einer berechneten korrigierten Risslänge gearbeitet. Sie beträgt 6,6 mm. Somit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der Riss im Inneren der Klebschicht weiter fortgeschritten ist als am Rand und dass dem Riss eine plastische Deformationszone vorausgeht. Die AE-Front liegt durchschnittlich 11 mm vor der visuellen Rissfront. Dies liegt nahe an der korrigierten Risslänge, was den Schluss zulässt, dass die ausgewerteten AE-Signale mit der Front der plastischen Deformationszone übereinstimmen.

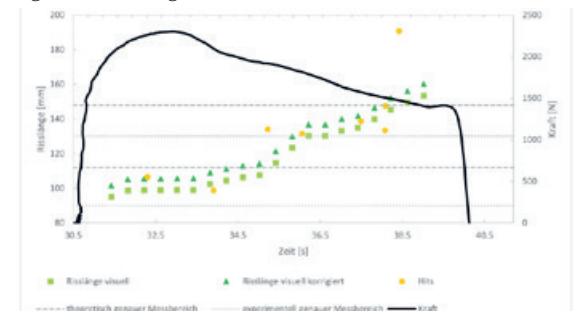
Messung akustischer Emission an einer DCB-Probe und Gleichung für den Algorithmus zur Positionsbestimmung.
Ikerlan Technology Research Centre, 2020.



Kombinierter Versuchsaufbau mit Zugprüfmaschine, AE-System und visueller Messung.
Eigene Darstellung



Ergebnis der fortlaufenden Risslokalisierung mit der visuellen Messung (grün) und dem AE-System (Hits, gelb).
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent
Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Entwicklung einer Faser-Wickelmaschine zur Herstellung von Drucktanks

Konstruktion und Fertigung

Diplomand



Emmanuel Küpfer

Ausgangslage: Mit dem Projekt Odyssey plant die Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz (ARIS ETH), als erstes Schweizer Team eine Rakete in das Weltall zu befördern. Für dieses Vorhaben werden Treibstofftanks benötigt, in denen unter hohem Druck Sauerstoff aufbewahrt werden kann. Um den Gewichts- und Festigkeitsanforderungen gerecht zu werden, können faserverstärkte Drucktanks eingesetzt werden. Der faserverstärkte Kunststoff wird anhand eines vorgegebenen Musters in einem Wickelprozess auf eine Liner-Struktur abgelegt. In dieser Arbeit wurde eine Faserwickelmaschine entworfen, um solche Drucktanks zu wickeln.

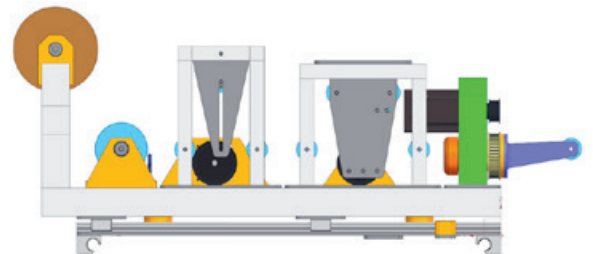
Problemstellung: Da verschiedene Ansätze für das Wickeln eines Drucktanks existieren, wurde zu Beginn ein geeigneter Prozesspfad ausgewählt. Daraus resultierend sollte das Fasernasswickelverfahren weiterverfolgt werden. Hier werden die Fasern trocken zugeführt und während des Wickelprozesses mit der flüssigen Kunststoffmatrix imprägniert. Der Prozess erfolgt über die Ansteuerung von vier unabhängigen Achsen, mit denen die Kunststofffasern auf der Liner-Struktur abgelegt werden. Es werden die Rotation des Liners, die Linearbewegung in Längs- und Querrichtung zum Tank und die Rotation des Fadenauges für die genaue Positionierung angesteuert. Abgeleitet von diesem Verfahren wurden verschiedene Konzepte für die Teilkomponenten erarbeitet. Das Gesamtkonzept setzt sich aus den jeweils bestbewerteten Teilkonzepten zusammen. Anschließend wurde dieses Konzept im CAD umgesetzt.

Ergebnis: Die konstruierte Faserwickelmaschine konnte aufgebaut werden. In einem nächsten Schritt

erfolgt die Inbetriebnahme. Mit Hilfe einer externen Wickelsoftware erfolgt die Auslegung des Drucktanks und das daraus errechnete Wickelmuster. Dieses wird von einem CNC-Programm ausgeführt, indem die vier Achsen angesteuert werden.

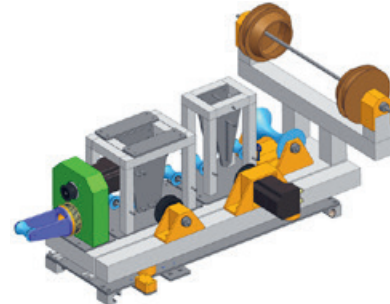
Schlitten der Faserwickelmaschine

Eigene Darstellung



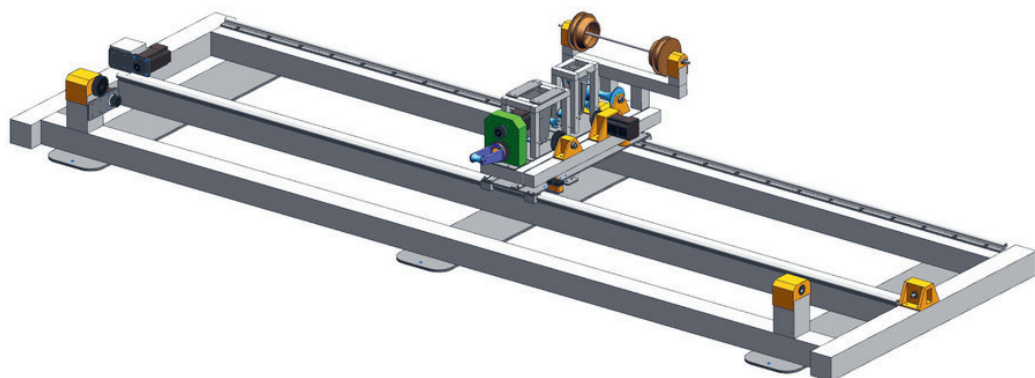
Schlitten der Faserwickelmaschine

Eigene Darstellung



Gesamte Faserwickelmaschine

Eigene Darstellung



Referent

Dominik Stapf

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet

Kunststofftechnik,
Fertigungstechnik

Projektpartner

ARIS, Dübendorf, ZH

Entwicklung eines Demobauteils mit zugehörigem Spritzgiesswerkzeug

für den Einsatz in der Fertigungszelle des IWK

Diplomand



Dylan Meili

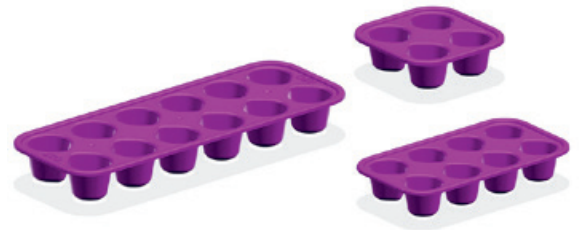
Ausgangslage: In den letzten Jahren wurde am IWK eine Fertigungszelle aufgebaut, mit der umfangreiche Erfahrungen im Bereich angewandte Digitalisierung in der Industrie erarbeitet werden konnten. Hierbei stellt sich immer die Frage, wie es mit der Übertragbarkeit der erarbeiteten Zusammenhänge auf andere Bauteile, Materialien oder Spritzgiessmaschinen aussieht. Das Ziel dieser Bachelorarbeit besteht in der Konstruktion eines Demobauteils in verschiedenen Varianten, welche sich für die Anwendung des Transfer Learning eignen. Das zugehörige Spritzgiesswerkzeug soll einen einfachen Wechsel zwischen den Varianten ermöglichen, um Untersuchungen im Bereich des Transfer Learning durchführen zu können.

Vorgehen: Zu Beginn wird eine Literaturrecherche zum Thema Transfer Learning im Rahmen der Digitalisierung und in den Bau von Spritzgiesswerkzeugen durchgeführt. In einem nächsten Schritt wurde mittels einer Nutzwertanalyse ein geeignetes Bauteil in Form einer Eiswürfelschale definiert. Anhand der ausgearbeiteten Varianten der Eiswürfelschalen wurde in einem letzten Schritt die Auslegung und Konstruktion des Spritzgiesswerkzeugs mit Wechseleinsätzen vorgenommen. Um einen optimalen Betrieb des Spritzgiesswerkzeugs zu erreichen, wurde das Angusssystem mittels rheologischer Simulationen und das Temperiersystem mittels thermischer Simulationen in CADmould V16.0 ausgelegt.

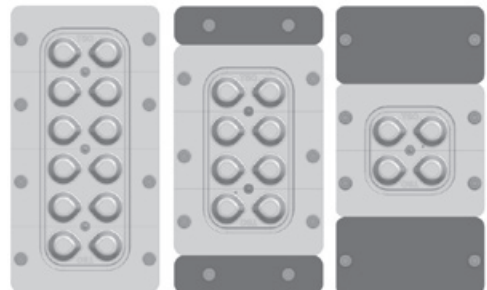
Ergebnis: Das Spritzgiesswerkzeug ist als Dreiplattenwerkzeug mit Wechseleinsätzen für die verschiedenen Eiswürfelschalen aufgebaut. Durch den Abreiss-Dreipunktanguss werden die fertigen Eiswürfelschalen ohne Angusssystem ausgeworfen. Mit den

Einsätzen können drei Varianten der OST-Eiswürfelschale in den Konfigurationen 4, 8 und 12 einfach und ohne Demontage des Spritzgusswerkzeugs von der Spritzgussmaschine abgedeckt werden. Zur Prozessüberwachung ist ein p-T-Sensor im Wechseleinsatz eingebaut. Das Ziel, ein fertig konstruiertes Demobauteil und ein dazugehöriges Spritzgiesswerkzeug zu konstruieren, wurde erfolgreich umgesetzt.

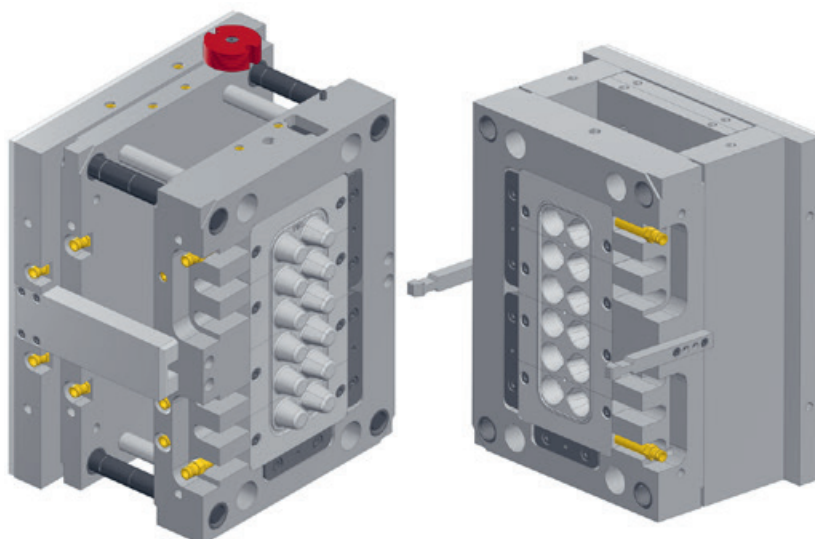
Demobauteil Eiswürfelschale in den Varianten 12, 8, 4
Eigene Darstellung



Wechseleinsätze Düsenseite für die Varianten 12, 8, 4
Eigene Darstellung



Spritzgiesswerkzeug als Dreiplattenwerkzeug mit Wechseleinsätzen
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent
Christian Kruse, EMS-CHEMIE AG, Domat/Ems, GR

Themengebiet
Kunststofftechnik,
Produktentwicklung

Rechnergestützte Optimierung von Faserverbundbauteilen

Entwicklung eines standardisierten Ablaufs für eine automatisierte Optimierung von Faserverbundbauteilen

Diplomand



Jonas Meienberger

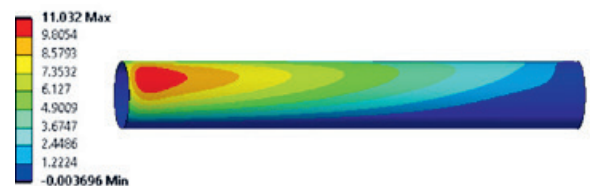
Einleitung: Faserverbundkunststoffe sind anisotrope Verbundwerkstoffe bestehend aus Fasern und Matrix und bieten eine hohe spezifische Festigkeit und vielseitige Anwendungsmöglichkeiten. Für langfaserverstärkte Faserverbundbauteile bestehen im Vergleich zu isotropen Werkstoffen mehrere Optimierungsmöglichkeiten. Beispiele dafür sind Faservolumengehalt, Faserwinkelausrichtung und Anzahl Lagen. Das durch die Faserorientierung bedingte anisotrope Verhalten in einer einzelnen Lage erschwert die Gestaltung eines optimalen Laminataufbaus. Mithilfe der rechnergestützten Optimierung können verschiedene Laminataufbauten in FE-Programmen generiert und berechnet werden. Die Netztheorie ermöglicht erste Abschätzungen zum Laminataufbau, die anschliessend in der FEA analysiert und eventuell optimiert werden können. Eine weitere Möglichkeit der rechnergestützten Optimierung bieten evolutionäre Algorithmen. Basierend auf der Evolutionstheorie nach Charles Darwin, wird eine Population bestehend aus unterschiedlich parametrisierten Individuen erzeugt, welche laufend Selektions-, Rekombinations- und Mutationsprozesse durchlaufen, bis ein im Bezug auf eine gewählte Zielfunktion möglichst optimales Individuum (d.h. eine Lösung) entsteht.

Ziel der Arbeit: Das Hauptziel der Arbeit besteht darin, einen möglichst standardisierten Ablauf für eine automatisierte, rechnergestützte Optimierung von Faserverbundkunststoffen zu entwickeln. Ein weiteres Ziel ist die Erstellung von einfachen Geometrien, an welchen händische und automatisierte Optimierungsversuche durchgeführt werden. Die beiden Optimierungsvarianten sollen anschliessend miteinander verglichen werden. Anhand des Vergleichs kann bewertet werden, ob durch den evolutionären Algorithmus die optimalen Lösungen gefunden werden. Die Erkenntnisse daraus können für die Erstellung eines verallgemeinerten Ablaufs behilflich sein. Der erarbeitete Ablauf soll an einem komplexen Bauteil angewendet und verifiziert werden.

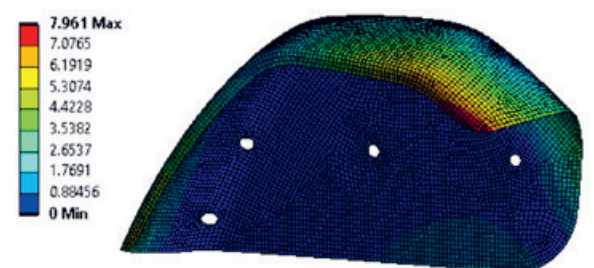
Ergebnis: Es wurden insgesamt drei verschiedene Bauteile optimiert: ein Rohr mit fünf verschiedenen Lastfällen, ein Radkasten und ein Composite-Bremshebel, welcher aus Geheimhaltungsgründen nicht veröffentlicht werden darf. Die grosse Anzahl an möglichen Inputparametern (z. B. Faserwinkel pro Lage, Anzahl Lagen und Ablageort) stellt in der Simulation eine Herausforderung dar, da dadurch unzählige potenzielle Lösungen generiert werden können. Durch Einschränkung der Parameter wie beispielsweise mit einer Symmetrievorgabe des Laminataufbaus wird die Anzahl an potenziellen Lösungen signifikant reduziert und Berechnungszeit gespart. Je nach Komplexität der Geometrie, Lastfall oder Ziel-

funktion wird eine händische Lösungsfindung sehr aufwändig und eine automatisierte, rechnergestützte Optimierung kann von grossem Nutzen sein. Wie aus der Arbeit hervorgeht, können mit dem erarbeiteten Workflow einfache Geometrien und Lastfälle mit einer klaren Zielfunktion automatisiert optimiert werden und die Lösungen fallen identisch zur händischen Optimierung aus. Bei komplexeren Geometrien stösst die händische Optimierung an ihre Grenzen. Durch die automatisierte Optimierung werden grundsätzlich bessere Lösungen gefunden.

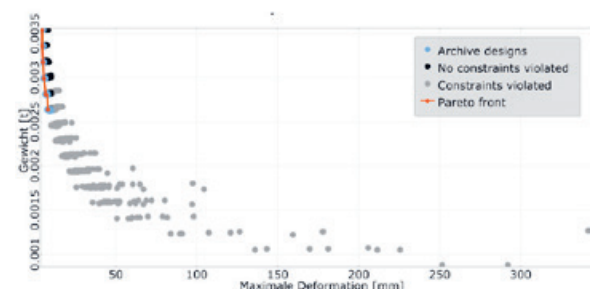
Erste Hauptspannung in MPa an einem biegebelasteten Rohr mit abwechselnden Faserwinkelausrichtungen von 10° und -10°
Eigene Darstellung



Gewichtsoptimierter Radkasten mit einer reduzierten totalen Deformation in mm im Vergleich zur händischen Optimierung
Eigene Darstellung



Output-Werte der Lösungsfindung am Radkasten durch evolutionären Algorithmus
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Daniel Marty,
Rapperswil, SG

Themengebiet
Kunststofftechnik,
Simulationstechnik

Simulation des Entformungsvorgangs und Bestimmung anisotroper Schwindungen

Diplomand



Raphael Haltiner

Ausgangslage: Im Spritzgiessprozess wird im letzten Arbeitsschritt das Bauteil entformt. Durch den Abkühlvorgang im Werkzeug schwindet das Bauteil auf von ihm umschlossene Geometrieelemente. Je nach Auflagefläche entstehen so Reibungskräfte, welche mit Entformungstiften überwunden werden müssen. Die einwirkenden Kräfte dieser Stifte, die Reibkräfte und der innere Aufbau des Kunststoffes beeinflussen die Schwindung des Bauteils. Die Unregelmässigkeiten dieser Einflüsse machen es oft schwierig, das Schwindungsverhalten eines Bauteiles abzuschätzen. Treten solche unerwarteten Schwindungen beim Einsatz eines neuen Werkzeuges auf, muss dieses nachbearbeitet oder sogar ersetzt werden. Wenn die Schwindungen im Voraus besser abgeschätzt werden könnten, würde so viel Zeit und Geld gespart.

Vorgehen: Im Verlauf dieser Arbeit sollen Schwindungs-, Reibungs- und Entformungsmessungen durchgeführt werden, um das reale Verhalten der Bauteile abzubilden. Zeitgleich zu diesen Messungen sollen eine Schwindungs- und eine Entformungssimulation erstellt werden.

Für die Schwindungsmessung werden als Erstes die zu messenden Bauteile hergestellt. So können die Prozessparameter in der Herstellung direkt erfasst und in die Simulation übertragen werden. Die Ergebnisse der Simulation werden durch die Ergebnisse der Schwindungsmessung validiert.

Der Ablauf für die Entformungssimulation ist sehr ähnlich, allerdings wird die Entformungskraft während der Herstellung gemessen. Damit sind die Prozessparameter und die Messungen zur Validierung in einem Schritt erfasst. Zusätzlich benötigt die Entformungssimulation die Reibungskoeffizienten der Kerne, auf welche das Bauteil schwinden soll. Anschliessend sollen beide Simulationen optimiert werden, um den Rechenaufwand und den Zeitbedarf zu minimieren sowie die Genauigkeit und die Benutzerfreundlichkeit zu steigern.

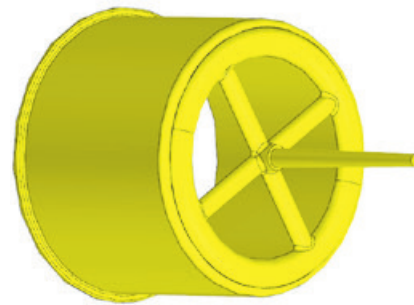
Fazit: Die geplanten Messungen konnten vollständig durchgeführt und ausgewertet werden. Die anschliessende Validierung der Simulationen konnte teilweise durchgeführt werden und bei der Optimierung konnten die Massnahmen die gewünschten Verbesserungen nicht erzielen.

Die Abweichungen zwischen der Schwindungssimulation und der Realität sind noch zu gross, daher sollte die Optimierung der Schwindungssimulation im Vordergrund stehen. Denn die Entformungssimulation kann nicht optimiert werden, solange sie auf

ungenauen Schwindungswerten aufbaut. Die Entformungssimulation muss angepasst werden, um über die gesamte Entformungslänge zuverlässige Daten auszugeben. Ein Problem, welches zu tiefe Entformungskräfte generiert, konnte noch nicht lokalisiert werden. Dieses muss gefunden und behoben werden. Anschliessend kann die Validierung anhand der realen Entformungswerte durchgeführt werden.

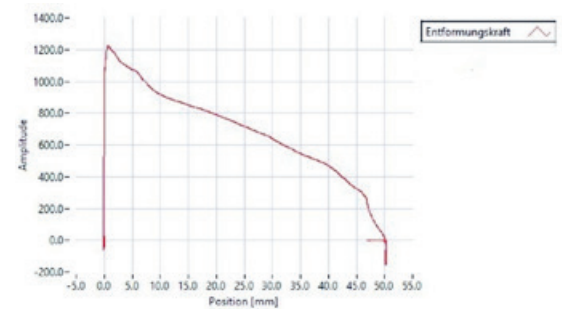
Becherformteil zur Messung der Entformungskräfte

Eigene Darstellung



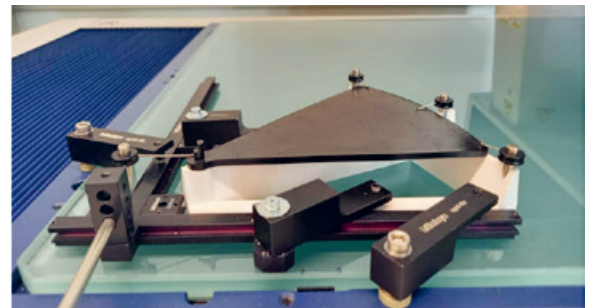
Entformungskraftverlauf [in N] des Becherformteils aus ASA mit einem strichpolierten Werkzeugkern und 600 bar Nachdruck

Eigene Darstellung



Aufgespanntes Bauteil zur visuellen Schwindungsmessung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent

Daniel Marty,
Rapperswil, SG

Themengebiet

Kunststofftechnik,
Simulationstechnik

Entwicklung eines Werkzeugs zum Umspritzen von RFID-Chips im Spritzgussverfahren

mit Optimierung des dazugehörigen Entwicklungsprozesses

Diplomand

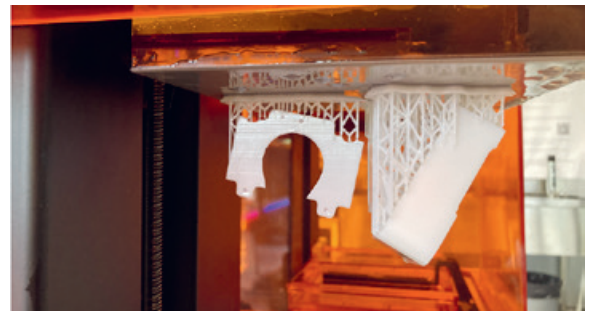


Michael Kuhn

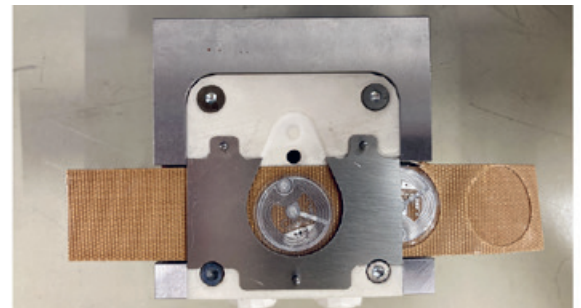
Ausgangslage: Die Novoplast AG produziert seit über 75 Jahren Spritzgussteile und Extrusionsprofile für viele Branchen wie Sanitär, Medizin und Bauwesen. Um auch weiterhin die innovativsten Lösungen für ihre Kunden anbieten zu können, wurden 2022 im Rahmen einer Bachelorarbeit grundlegende Versuche zur Integrierung von RFID-Chips in Spritzgussbauteile durchgeführt. In solchen Chips können z.B. die Kenndaten der Bauteile gespeichert werden. Nun soll in dieser weiterführenden Arbeit ein Prototypen-Werkzeug für eine automatisierbare Produktion von Bauteilen mit RFID-Chips entwickelt werden. Dabei soll der gesamte Entwicklungsprozess mit Tools von PTC Creo bewältigt und mit geeigneten Simulationstechniken ein Erfolg der Idee schon in frühen Phasen sichergestellt werden.

Ergebnis: Das Prototypen-Werkzeug wurde für ein kleines Giveaway-Produkt mit einem 3D-gedruckten Formeinsatz auf einer Babyplast-Maschine realisiert. Die Einsätze mit konturnahen Flächenkühlungen wurden auf einem Form-2-SLA-Drucker gefertigt. Für die automatisierte Fertigung wurde ein Konzept ähnlich des In-Mould-Decoration-Verfahrens gewählt. Die RFID-Chips werden dabei auf ein spezielles Teflon-Band geklebt, welches mit einer Rollenführung durch das Werkzeug geleitet wird. Beim Einspritzvorgang verbindet sich der RFID-Chip mit der Schmelze und verbleibt nach dem Ausstossen auf dem Bauteil. Durch Rollenhebelschalter und Infrarotsensoren werden dabei die Lage des Werkzeugs und die genaue Positionierung des Chips überwacht und stellen so einen vollautomatischen Betrieb sicher.

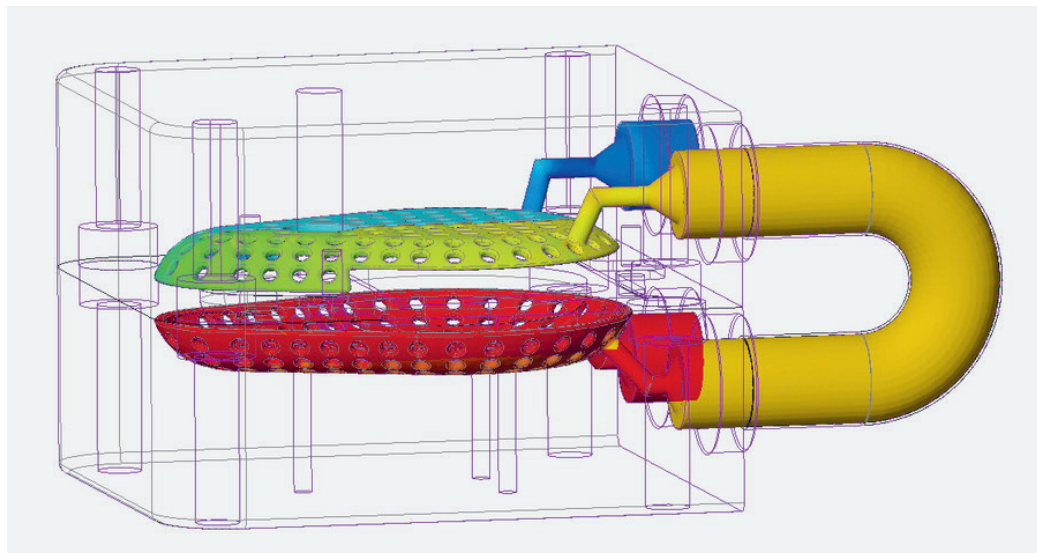
Fertig gedruckter, zweiteiliger Werkzeugeinsatz in einem Formlabs-Form-2-SLA-Drucker
Eigene Darstellung



SLA-gedruckter Einsatz in Stammform, montiert mit Teflonband und RFID-Chip.
Eigene Darstellung



Druckanalyse der Kühlflächen mit Creo Simulation Live
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Christian Bodmer

Korreferentin

Dr. Claudia Wohlfahrtstätter

Themengebiet

Kunststofftechnik, Simulationstechnik, Mechatronik und Automatisierungstechnik, Konstruktion und Systemtechnik

Projektpartner

Novoplast AG, Wallbach, AG

Fluid-Temperierung von additiv gefertigten Extrusionswerkzeugen

Auslegung, Konstruktion und Umsetzung

Diplomand



André Geosits

Ziel der Arbeit: Das IWK arbeitet an einem digitalen Zwilling einer Unterwassergranulierung. Die Granulierung ist ein Prozess, um Kunststoffgranulat herzustellen. Die Düse wird mit Öl beheizt und mit Wasser gekühlt. Um die Kanalführungen für die Heiz- und Kühlkanäle vorzeitig optimieren zu können und eine unzureichende Qualität des produzierten Granulates zu verhindern, wird die Düse vor der Herstellung detailliert simuliert. Ziel dieser Arbeit ist es nicht, eine optimale Düse zu entwickeln, sondern die Düse so mit Sensoren zu versehen, dass alle Versuche mit einer Simulation nachgestellt werden können, um anschliessend Annahmen in der Simulation genauer definieren zu können. Die Arbeit baut auf einer vorherigen Studienarbeit auf. Die Düse soll mittels selektivem Laserschmelzen hergestellt werden. Die Herstellung und die Inbetriebnahme des Versuchsaufbaus und ein anschliessender Vergleich der Versuchsdaten mit den Simulationsergebnissen sind die Vorgaben für dieses Projekt.

Vorgehen: Obwohl die Konzeptauswahl in der Vorarbeit schon getroffen wurde, wird in dieser Arbeit konsequent nach dem Prinzip Klären – Konzipieren – Entwerfen – Ausarbeiten vorgegangen. Nach dem Klären der zu verwendenden Technologien, technischen Hintergründe der Düse und auftretenden thermodynamischen Prozesse wurde das Grobkonzept entschieden. Es wurde abgewogen, wie konstruktiv die Düse gestaltet werden kann, um möglichst viele Temperaturzonen zu erzeugen. In einem weiteren Schritt wurden die Kanäle der Düse ausgelegt und das Konzept verfeinert.

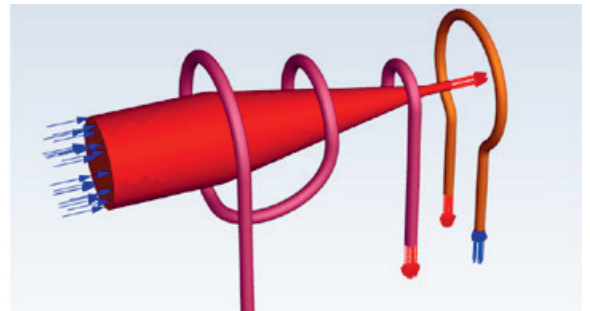
Die Nacharbeiten an der 3D-gedruckten Düse wurden in der OST-Werkstatt durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt war die Sensorauswahl, deren Montage sowie die Auslegung der Düse mit den Schnittstellen von Extruder, Öl- und Wassertemperiergerät.

Ergebnis: Der Versuchsaufbau umfasst die Düse mit zehn Temperatursensoren. Neun der Sensoren messen in unterschiedlichen Wärmezonen der Düse und ein Sensor misst innerhalb der Kunststoffschmelze. Die Versuchsdurchführung umfasst 13 Experimente, wobei unterschiedliche Temperatur-Kombinationen von Öl, Wasser und Kunststoff in einem Bauteil untersucht werden. Parallel hierzu werden die Versuche in Fluent simuliert. Die Messresultate der Sensoren werden mit den errechneten Werten verglichen und analysiert.

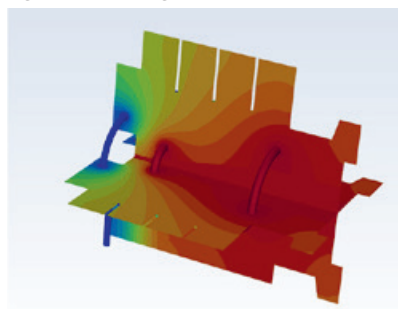
Aus den gemessenen Werten geht hervor, dass die Sensoren nicht nur mit der Oberfläche messen, sondern auch die Temperatur an deren Mantelflächen grossen Einfluss auf das Resultat hat. Dies ist auch

ersichtlich, wenn die Temperatur der Schmelze aus dem Extruder mit der Temperatur des Sensors in der Düse, der sich in der Schmelze befindet, verglichen wird. Dies macht den Vergleich von Realität und Simulation sehr schwierig, da zusätzliche Parameter einen Einfluss auf das Ergebnis haben. Im Rahmen der Arbeit konnten die Messergebnisse simulativ in einer guten Näherung simuliert werden. Die Annahmen für die Simulation müssen noch validiert werden.

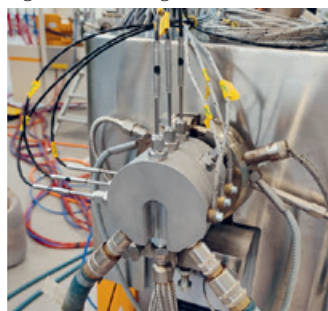
Medienströme innerhalb der Düse, Kunststoffkanal (gross), Ölkanal (3 Umschlingungen) und Wasserkanal (rechts) in Fluent
Eigene Darstellung



Simulation der Wärmezonen innerhalb der Düse. Im oberen Bereich sieht man die Bohrungen für die Temperaturfühler
Eigene Darstellung



Montierte Düse mit angeschlossenen Kühl- und Heizmedien (unterhalb) und den Temperatursensoren
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent
Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik, Simulationstechnik, Sensorik

Low-Cost Multipurpose Tracking Gimbal

Diplomand



Rafael Blöchlinger

Einleitung: Die steigende Beliebtheit von Drohnen sowohl bei Privatpersonen als auch bei Unternehmen stellt eine Herausforderung dar, insbesondere wenn sie in Flugverbotszonen wie Flughäfen eingesetzt werden. Um die Sicherheit in solchen Zonen zu gewährleisten, können Gegenmassnahmen wie Counter-Drohnen eingesetzt werden. Diese speziellen Drohnen sind mit einem Netzwurfmechanismus ausgestattet, um unerwünschte Drohnen einzufangen und sicher auf den Boden zu transportieren. Obwohl diese Drohnen einfach einsetzbar sind, bestehen Probleme, wenn der Netzwurfer direkt an der Drohne angebracht ist. Es erschwert somit ein Zielen des Netzwurfers, wenn sich die Drohne durch Neigen fortbewegt.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, einen Gimbal zu entwickeln und zu konstruieren, der für den Einsatz von Netzwurfern oder auch Sensoren bei Drohnen geeignet ist. Der Gimbal soll es ermöglichen, die Zusätze auszurichten, ohne dass die Drohne ihren gesamten Körper auf das Ziel richten muss. Um eine vielseitige Anwendung zu ermöglichen, wird angestrebt, den Gimbal in der Grösse anpassbar zu gestalten. Darüber hinaus soll der Gimbal in der Lage sein, ein Gewicht von bis zu 1,5 kg zu tragen. Weiter soll der Gimbal mit einer Kamera ausgestattet sein, welche ein Verfolgen von Drohnen ermöglicht.

Ergebnis: Im Verlauf der Arbeit wurde ein Prototyp eines Gimbals mit 3D-gedruckten Komponenten gebaut. Die Arme des Gimbals sind als ineinandergreifende Führungen konstruiert, die durch Lösen und Anziehen von Stellschrauben die Länge und Position der Arme verstellen können. Dies ermöglicht die Ausrichtung des Schwerpunkts des angebrachten Zubehörs auf die Achsen der Motoren. Durch diese Ausrichtung wird das erforderliche Drehmoment der Motoren minimiert.

Die Führungen bestehen hauptsächlich aus PLA-Kunststoff, der eine gewisse Biegsamkeit aufweist. Um die Biegung unter Last zu reduzieren, wurden die Führungen an einigen Stellen mit Aluminiumblech verstärkt.

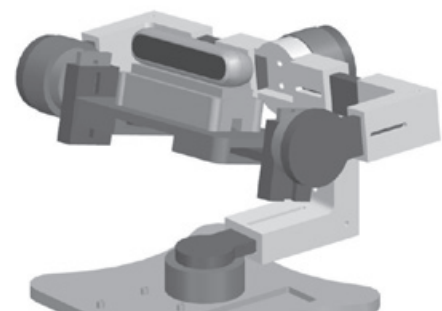
Um den Prototyp zu testen, wird ein Bild mit einer Tiefenkamera aufgenommen. Auf diesem Bild wird nach einer Hand gesucht und anschliessend wird die Distanz zum Zentrum der Hand bestimmt. Basierend auf diesem Punkt drehen die Motoren des Gimbals die Achsen, bis sich die Hand in der Mitte des Bildes befindet. Dadurch kann sich der Prototyp nach einem festgelegten Punkt ausrichten und das Zubehör horizontal halten, falls dies erforderlich ist.

Es gibt jedoch noch einige Verbesserungsmöglichkeiten, die weiterhin bearbeitet werden müssen. Dazu gehören die Reaktion auf starke Vibrationen, die zu Schwingungen führen können, und die Verbesserung der Stabilität der Führungen.

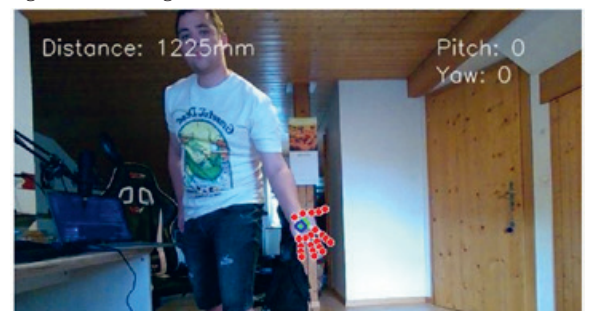
Counter-Drohne mit einem Netzwurfer
DelftDynamics DroneCatcher



CAD eines verstellbaren Gimbals mit einer Tiefenkamera
Eigene Darstellung



Hand-Tracking mit Tiefenkamera für Distanz und Winkelausrichtung
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

Prof. Dr. Marco Hutter,
ETH Zürich, Niederwil
SG, SG

Themengebiet

Maschinenbau-
Informatik, Automation
& Robotik

Automatischer Workflow zur Konstruktion von Vakuumgreifern

Zeit- und Kostenersparnis durch automatisierte Workflows in der additiven Fertigung

Diplomand



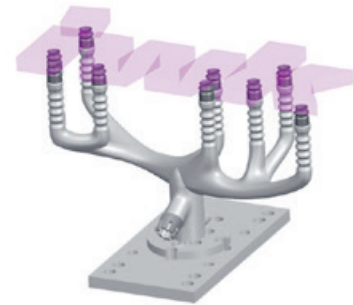
Philip Grünenfelder

Ausgangslage: Im Bereich der additiven Fertigung (AM) stellt aktuell vor allem der zeitaufwändige Designprozess eine Herausforderung dar. Mit dieser Arbeit soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, den Designprozess zu verkürzen, indem grosse Teile davon automatisiert werden. Als Demonstrator dient die Konstruktion von Vakuumgreifern, wie sie in Handhabungssystemen an Spritzgussmaschinen eingesetzt werden. Diese werden eingesetzt, um die gefertigten Bauteile aus der Form zu entnehmen. Aufgrund der komplexen Geometrien und der geringen Stückzahlen sind Vakuumgreifer eine ausgezeichnete Wahl für die additive Fertigung.

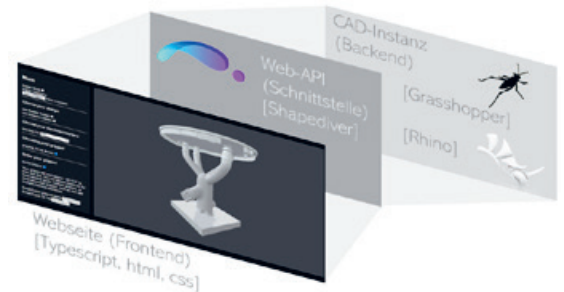
Vorgehen: Im entwickelten Workflow (Abbildung 3) erfolgt die automatische Erkennung geeigneter Flächen, auf denen die erforderliche Anzahl von Sauggreifern mit maximalem Abstand zueinander platziert wird. Basierend auf diesen Positionen und den Oberflächennormalen werden die Vakuumleitungen konstruiert und zusammen mit anderen Funktionselementen wie der Anbauplatte oder den Anschlüssen für die Vakuumleitungen zu einem Bauteil zusammengesetzt. Die Greiferarme werden optimiert, um ein geringes inneres Volumen aufzuweisen, was zu schnellen Evakuierungszeiten führt und einen effizienten Betrieb ermöglicht. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, verschiedene konstruktive Ausführungen zu wählen, sodass beispielsweise der Greifer (wie in Abbildung 1 dargestellt) grössere Positionierungsfehler aufgrund flexibler Segmente ausgleichen kann. Die Anschlussmasse der Maschinen sind hinterlegt, sodass der Benutzer lediglich die kompatiblen Maschinen angeben muss. Abschliessend wird das Bauteil in einem CAD-Austauschformat exportiert.

Ergebnis: Das Ergebnis der Arbeit ist ein Werkzeug, das sowohl im CAD-System als auch webbasiert funktioniert. Zudem kann dieses Werkzeug bereits den Preis des Greifers bestimmen und druckfertige Dateien liefern. In Zukunft können durch dieses Konstruktionswerkzeug beträchtlich viel Zeit und Geld in der Entwicklung eingespart werden. Eine tiefere Integration der nachgelagerten Prozesse würde eine automatische Bestellungsabwicklung ermöglichen.

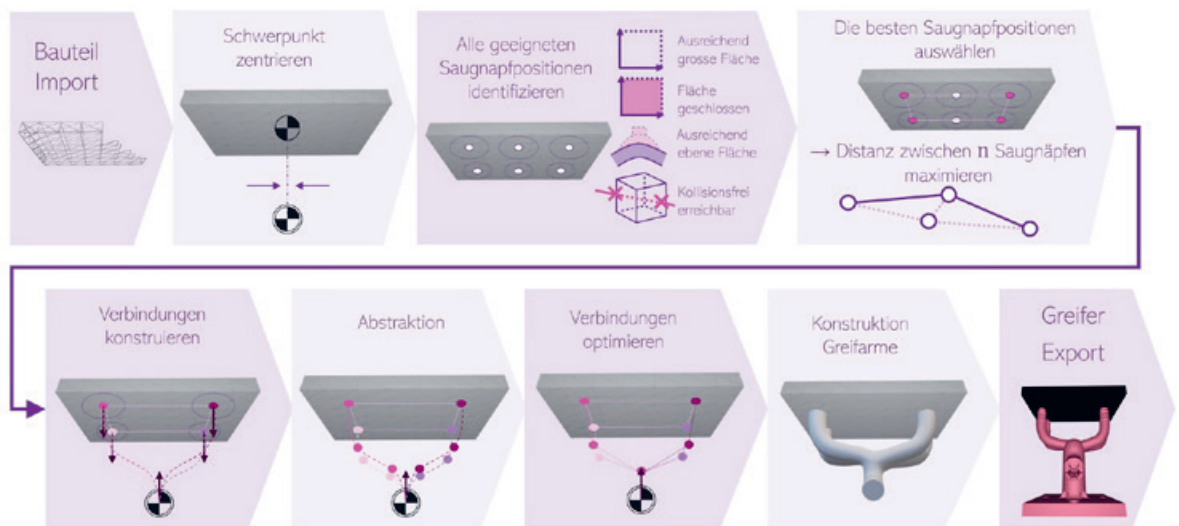
1) Beispiel eines konstruierten Vakuumgreifers: Jeder Volumenkörper des Bauteils (Pink) wird einzeln berücksichtigt.
Eigene Darstellung



2) Das Online-Werkzeug: Auf einer Serverinstanz läuft das CAD, auf das mithilfe der Shapediver-API zugegriffen wird.
Eigene Darstellung, shapediver.com, rhino3d.com



3) Algorithmus zur Konstruktion eines Vakuumgreifers: Grundsätzlich ist keine menschliche Intervention notwendig.
Eigene Darstellung



Referent

Daniel Omidvarkarjan

Korreferent

Florian Gschwend,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet

Maschinenbau-
Informatik,
Automation & Robotik,
Produktentwicklung

Model for practical works, Virtual Commissioning

Graduate Candidate



André Langsam
Gonzalez

Introduction: This bachelor thesis continues the work to create a practical work in the area of «Virtual Commissioning». With a digital twin, forces, movements and linkages of actuators and sensors can be simulated. This has the advantage that the program can be tested before the assembly and errors as well as collisions can be eliminated.

Definition of Task: The design is made in the CAD program NX. With the additional tool «Mechanical Concept Designer» properties are given to selected parts, such as contact surfaces, degrees of freedom of movements, commands for controlled movements and also sensors for the detection of positions and collisions. The inputs and outputs are processed by the virtual PLC via mapped signals. The virtual PLC is connected to the program «TIA Portal», where the values of the signals are read and written in the code.

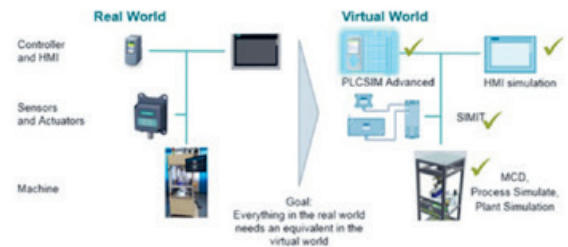
One challenge is to simulate runtime behavior that is as close to reality as possible. To achieve good runtime behavior, the computing capacity must be utilized as little as possible. It can be done by simplifying the model and the collisions. At the same time, the model must represent reality as detailed as possible.

This results in a conflict of goals: The more detailed the model is, the more accurately reality can be displayed. The more detailed the model is, the more delayed the runtime behavior in relation to reality.

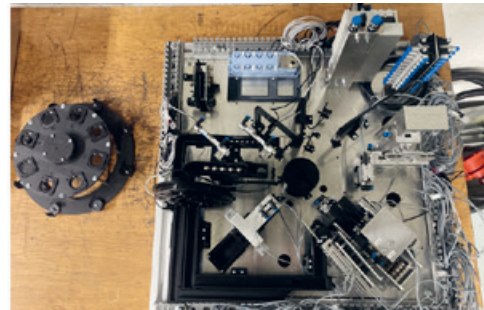
Result: During the future practical works, students can use this model to test and modify processes in the virtual environment.

Finally, the virtual twin can be compared with the real built plant. Thus, different behaviors will be recognizable, which shows how realistic and credible the simulation works.

Virtual World Siemens

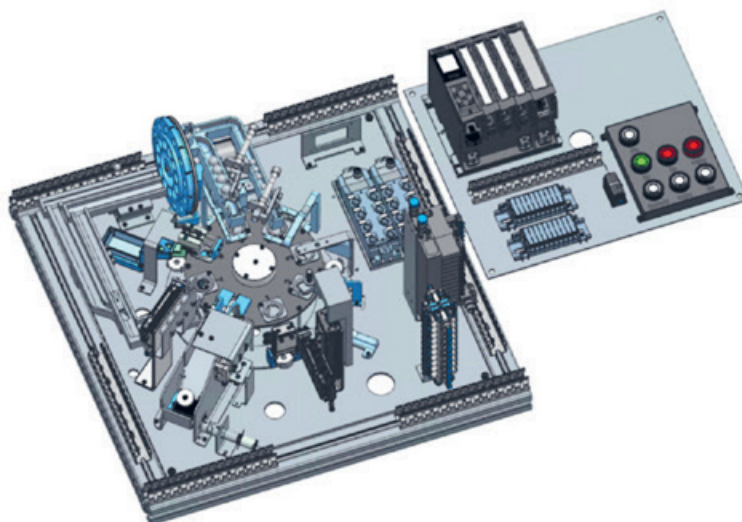


Mounted assembly Own presentation



Digital twin

Own presentation



Advisor

Prof. Nicolas Rouvé

Co-Examiner

Christophe
Emmenegger, R.
Montavon SA,
Boécourt, Jura

Subject Area

Mechatronics
and Automation
Technology,
Automation &
Robotics, Construction
and System Technology

Project Partner

Haute école
d'ingénierie et
d'architecture Fribourg,
Fribourg, FR

Vision Based Local Positioning System LPS

Positions- und Orientierungsberechnung von Aruco Markern mithilfe von Computer Vision

Diplomand



Waleed Madi

Ziel der Arbeit: LPS steht für Local Positioning System. Dabei handelt es sich um ein System, welches Sensordaten misst und mit diesen Daten die Positionierung und die Orientierung (Pose) eines Objektes innerhalb eines lokalen Referenzsystems bestimmt.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Vision-Based-LPS zu erarbeiten, welches genutzt werden soll, um die Pose (3D-Position und Orientierung) von mobilen Robotern in Bezug auf eine Fläche zu erfassen. Zuerst wird die gewünschte Fläche durch vier Aruco-Marker definiert. Die Roboter werden ebenfalls mit Aruco-Markern versehen. Das System soll die Positionen dieser Marker auf den mobilen Robotern mit einer Kamera (in Echtzeit) aufnehmen können und die Positionen innerhalb der Fläche berechnen. Das System soll simpel und kostengünstig gehalten werden.

Vorgehen / Technologien:

Die Hardware besteht aus dem Einplatinencomputer Banana PI M2 Zero, einer Kamera, einem Akku und einem Gehäuse inklusive 2,9-Zoll-E-Ink-Touch-Display. Als Software Library zur Bildverarbeitung wird OpenCV in C++ verwendet. Um ein effizientes Zusammenspiel zwischen Bildaufnahme und Bildverarbeitung zu gewährleisten, wird QT (Threading) verwendet.

Die Berechnung der Positionen wird mit der PnP (Perspective-n-Point) Methode realisiert. Die 3D-Positionen der Marker werden zuerst in das Kamerakoordinatensystem berechnet und anschliessend auf das Weltkoordinatensystem transformiert.

Ergebnis: Die Software des LPS wird in der vorgegebenen Zeit fertiggestellt. Tests haben gezeigt, dass die Aruco-Marker zuverlässig, mit bis zu 20 Hz, erkannt werden. Bei der Posebestimmung gibt es jedoch Probleme. Die Transformation vom Kamerakoordinatensystem in das Weltkoordinatensystem ist noch nicht korrekt, was dazu führt, dass die gemessenen Positionen nicht stimmen. Somit sind die Positionen im Weltkoordinaten-System noch nicht verwendbar.

Für eine genaue und zuverlässige Auslegung der LPS müssen weitere Messdaten gesammelt werden. Ausserdem wird empfohlen, das gesamte System Langzeittests zu unterziehen, um den Drift und die Robustheit des LPS festzustellen.

Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

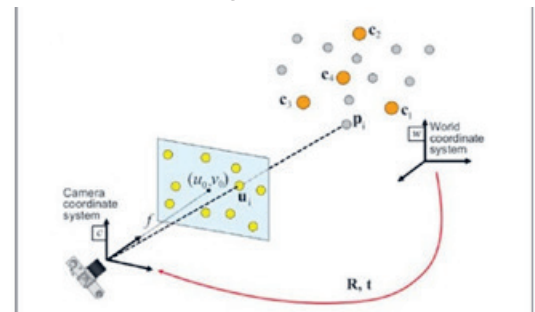
Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Mechatronik und
Automatisierungstechnik

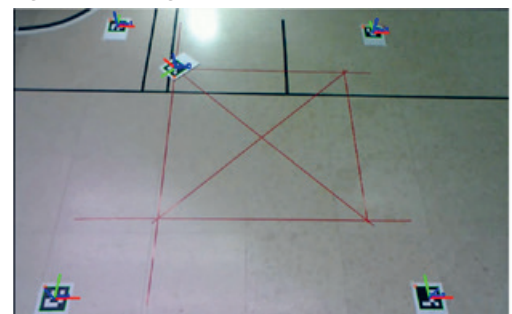
PnP (Perspective-n-Point) Methode

[OpenCV \(docs.opencv.org/3.4/d5/d1f/calib3d_solvePnP.html\)](https://docs.opencv.org/3.4/d5/d1f/calib3d_solvePnP.html)



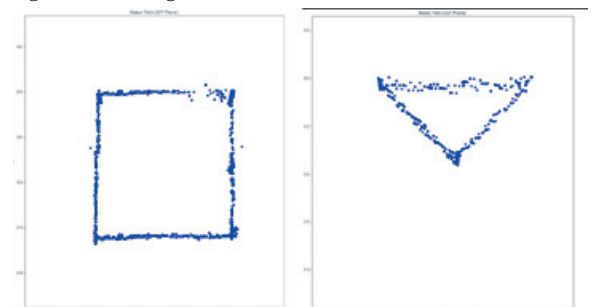
Erkennung der einzelnen Marker in Echtzeit.

Eigene Darstellung



Auswertung von getrackten Daten.

Eigene Darstellung



Entwicklung und Implementierung einer Katzenerkennungssoftware

für eine smarte Katzenfutterstation

Diplomand



Philipp Lehnert

Ziel der Arbeit: Ziel der Bachelorarbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer innovativen Trockenfutterstation für Mehrkatzenhaushalte, die durch den Einsatz von Machine Learning individuell auf den Gesundheitszustand jeder Katze reagieren kann. Im Rahmen einer vorangegangenen Semesterarbeit wurde die Hardware der Futterstation entwickelt. Im Fokus der Bachelorarbeit stehen die Implementierung eines automatisierten Identifizierungssystems für Katzen sowie die Entwicklung einer Katzenwaage und dessen Integration in das bestehende System.

Vorgehen / Technologien: Sobald die Katze auf die Waage tritt, startet die Kamera eine Aufnahme und die Katze wird mithilfe von LEDs beleuchtet. Das Deep-Learning-Modell analysiert zeitgleich die einzelnen Frames und macht nach wenigen Sekunden eine Vorhersage, um welche Katze es sich handelt. Anhand dieser Daten kann die Futtermenge berechnet und dosiert werden.

Um das Modell selbständig zu trainieren, werden dem Besitzer die Videos der Katzen über einen Telegram-Bot gesendet. Dieser Bot leitet den Benutzer durch den Prozess und fordert ihn auf, die Videos den jeweiligen Katzen zuzuordnen. Sobald genug Aufnahmen der Katzen verfügbar sind, wird ein Modell trainiert, welches erkennt, ob eine Katze in einem bestimmten Bild sichtbar ist oder nicht. Daraufhin erfolgt die Sortierung der Bilder nach Katzen und leeren Bildern, gefolgt vom Trainieren des Modells für die Katzenidentifizierung.

Ergebnis: Die Modelle für die Katzenerkennung und die Identifizierung werden mittels Transfer Learning

erstellt. Durch den Einsatz eines Wahrscheinlichkeitsgrenzwertes ist das Katzenerkennungs-Modell in der Lage, beinahe 100% der leeren Bilder auszusortieren. Mit einer kategorischen Genauigkeit von 94% bietet das Katzenidentifikations-Modell eine verlässliche Identifizierung der einzelnen Katzen. Dies ermöglicht es der Futterstation, gezielt auf die spezifischen Bedürfnisse der Katzen einzugehen.

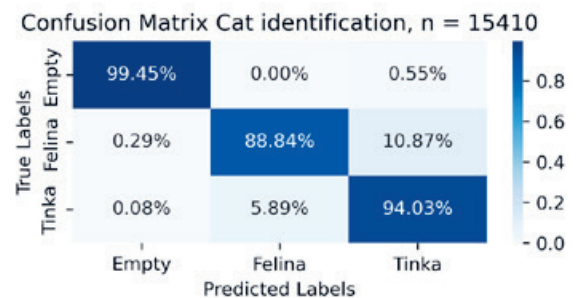
Beispiele der Katzenidentifizierung

Eigene Darstellung



Konfusionsmatrix des Katzenidentifizierungs-Modells (Felina, Tinka = Katzennamen, n = Anzahl Bilder für Berechnung)

Eigene Darstellung



Smarte Katzenfutterstation im Betrieb

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

Prof. Dr. Marco Hutter, ETH Zürich, Niederwil SG, SG

Themengebiet

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Maschinenbau-Informatik, Produktentwicklung

Ingenieurskunst auf Eis: Entwicklung einer fortschrittlichen Puckschussmaschine

Ausarbeitung eines Zielmechanismus sowie das Konzipieren der Bedienung und Energieversorgung

Diplomand



Andre Auf der Maur

Aufgabenstellung: Für das Training von Eishockey-Torhütern werden zielgenaue Schüsse benötigt, welche die instinktive Reaktion trainieren. Aus diesem Grund wurde an der OST ein Puck-Schussmodul entwickelt. Für die Funktionsfähigkeit der Gesamtmaschine werden weitere Module benötigt. Dazu gehören das Magazin mit Vereinzelnung, die Energieversorgung, das Bedienungsinterface, der Zielmechanismus und die Hülle mit Gerüst und Transportmöglichkeit. Die Problemstellung dieser Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung der Zieleinheit und den Zusammenschluss mit dem Puck-Schussmodul zu einem Prototyp. Weiter sollen die Module «Bedienungsinterface» und «Energieversorgung» innerhalb der Arbeit konzipiert werden.

Vorgehen: Zur Erfüllung der definierten Aufgabenstellung dient die systematische Vorgehensweise aus dem Innovationsmodul mit den Phasen Klären, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten. Als Erstes wird dafür die bestehende Schusseinheit auf die zu erfüllenden Anforderungen getestet. Nachfolgend wird der oben genannte Innovationsprozess zur Entwicklung der dazugehörigen Zieleinheit verwendet. Während der Entwicklung wird dabei ein besonderes Augenmerk auf Serientauglichkeit, Gewichtsreduktion, Preisminimierung und Schnittstellenverträglichkeit zwischen den Modulen gelegt.

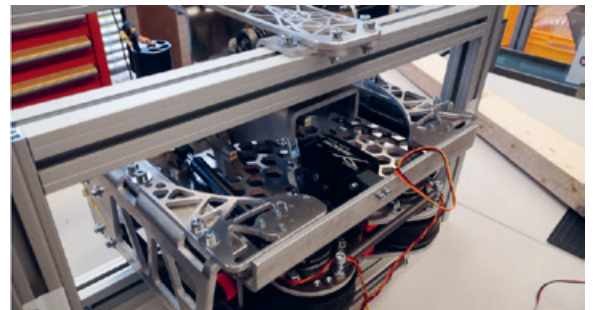
Ergebnis: Die Zieleinheit lässt sich in drei Teilbereiche aufteilen (Elevation, Azimut, Dämpfung). Die Elevation ermöglicht die vertikale Einstellung der Schusshöhe. Der Abschusswinkel (vertikal) wird dabei von einem Servomotor mit Exzenter gesteuert. Das Azimut wird von einem Schrittmotor über

ein Schneckenradgetriebe angesteuert. Die Steuerung beider Antriebe erfolgt durch einen Arduino-Mikrocontroller. Die Dämpfung der Schussenergie übernehmen Gasdruckdämpfer. Als Eingaben kann der Benutzer die Schussgeschwindigkeit und die Trefferposition definieren. Die anschliessende Schussabgabe erfolgt automatisch. Zusammen mit dem Magazin und der Ladeinheit (BA von Manuel Vetter) ergibt sich der Prototyp der Puck-Schussmaschine.

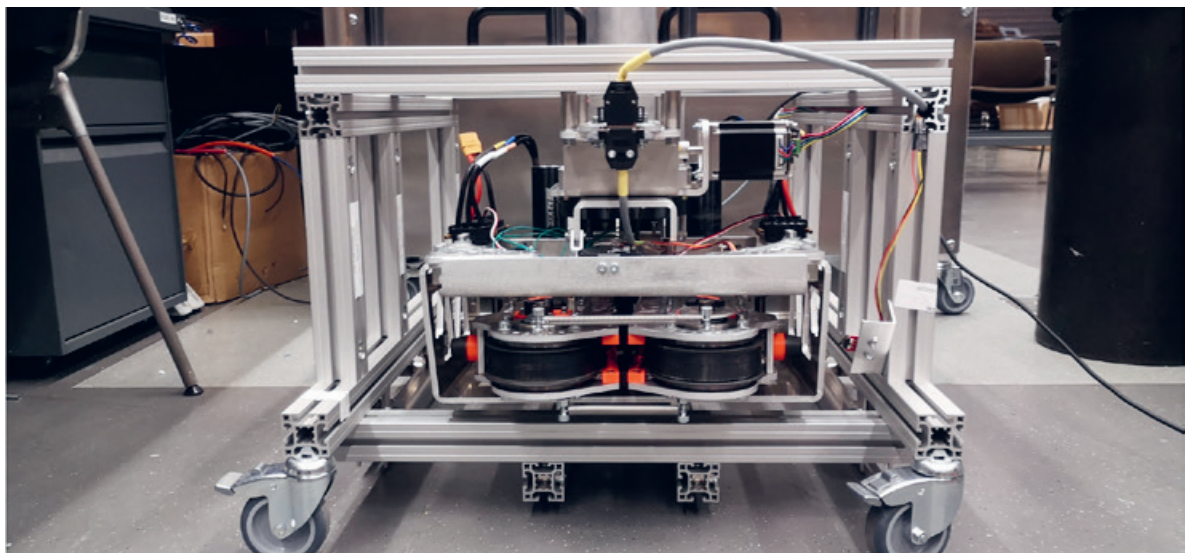
Stücklistenansicht aller Teile für den Zielmechanismus
Eigene Darstellung



Zusammengebaute Zieleinheit mit bestehender Schusseinheit
Eigene Darstellung



Komplette Puck-Schussmaschine ohne Abdeckung
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

Projektpartner

SCRJ Lakers, Rapperswil-Jona, St. Gallen

Mechatronisches Giveaway für Berufsschüler

Diplomand



Micha Baumann

Einleitung: Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein mechatronisches Giveaway zu entwickeln, welches an potentielle Studierende abgegeben werden kann. Das Giveaway soll auf eine spielerische Art und Weise den Jugendlichen die Themenbereiche des Maschinentechnikstudiums an der OST näherbringen. Das Gadget soll kostengünstig und ohne grossen Aufwand in den benötigten Stückzahlen hergestellt werden können.

Vorgehen/Technologien: Die einzigen Vorgaben für das Giveaway waren Kosten, Verkörperung des Studienganges und eine Zusammenbauzeit von ca. 10 Min. Beim Ausarbeiten der Konzepte hat sich dann zusätzlich herauskristallisiert, dass die Vielseitigkeit, die Erweiterbarkeit und ein gewisser spielerischer Aspekt auch einen hohen Stellenwert haben sollen, um die Schüler eine gewisse Zeit mit dem Giveaway zu beschäftigen. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wurde der Entscheid für einen fernsteuerbaren Zweirad-Balancierroboter gefällt. Dieses Konzept ermöglicht es, mit nur zwei Aktoren einen bewegungstauglichen Roboter zu erstellen.

In einem ersten Schritte wurde mittels FDM-3D-Druck, und einer gelöteten Leiterplatte und einem ESP32 ein Funktionsmuster erstellt. Bei der finalen Variante des Roboters wird dieselbe Elektronik verwendet wie bei dem Funktionsmuster. Die Schnittstelle zum Chassis und die Montage der Komponenten erfolgt jedoch neu auf einem gerätespezifischen PCB. Das Chassis besteht aus gelaserten Sperrholzplatten, welche mit drei Gewindestangen und FDM-gedruckten Muttern verschraubt werden. Auf der Software-Seite wurde auf dem ESP32 ein Webserver implementiert. Die Fernsteuerung ermöglichte das Bedienen der verschiedenen Betriebsmodi, wie z.B. Kalibrieren des MPU, Ausgeben der Sensordaten auf dem Display des ESP oder Bewegungssteuerung mittels Joystick während des Balancierens.

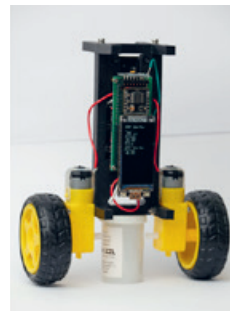
Ergebnis: Der Roboter in seiner Endform kann aufgrund der Fertigung schnell und ohne Werkzeuge zusammengesetzt werden. Ebenfalls kann er balancieren sowie sich in jegliche Richtungen fortbewegen. Durch die Implementierung des Webserver ist er sogar via Geräte, welche über einen Touchscreen und WLAN verfügen, fernsteuerbar.

Durch die Flexibilität, welche die Kombination von ESP32 und modernen Smartphones bietet, kann die Funktionalität der Software beinahe beliebig erweitert werden. Die Erweiterungen können z.B. in Form eines Spiels (Wettrennen oder Fussballspiel) oder einer «Lern-Website», welche die einzelnen Aspekte des Designs (Regelungstechnik, Fertigungstechnik,

Programmieren, etc.) näherbringt, erstellt werden. Dies ermöglicht den Jugendlichen eine spielerische Wissenserweiterung und könnte auch neue Interessen wecken. Die hier präsentierte Arbeit ist also eine solide Basis für kreative und interaktive Weiterentwicklungen eines mechatronischen Giveaways für Berufsschüler.

Funktionsmuster des Giveaways.

Eigene Darstellung



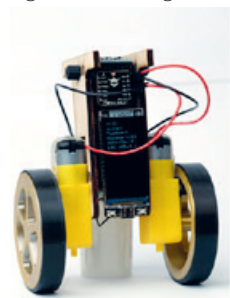
Userinterface auf der Website.

Eigene Darstellung



Finale Version des Giveaways.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Markus Henne

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet

Mechatronik und Automatisierungstechnik,
Produktentwicklung, Maschinenbau-
Informatik

Akustikmesszelle für Projektionslampen

Diplomandin



Lisa Derungs

Einleitung: Die Firma Abusizz AG bietet ein Gesamtsystem für interaktive Face-to-Face-Meetings an, das aus einer Projektionslampe und einer spezifischen Softwarelösung besteht. Die Differenzierung dieses Systems besteht in der besonderen User Experience. Die derzeitige Lösung erzeugt jedoch Geräusche, welche die User Experience stören.

Ziel dieser Aufgabe ist es, aktuelle und modifizierte Konstruktionen der Lampe hinsichtlich der Geräuschentwicklung vergleichend messen und bewerten zu können. Dafür ist eine Messzelle mit entsprechendem Messkonzept zu entwickeln und umzusetzen. Des Weiteren sind Änderungen zur Reduktion der Geräuschemissionen zu erarbeiten und zu quantifizieren.

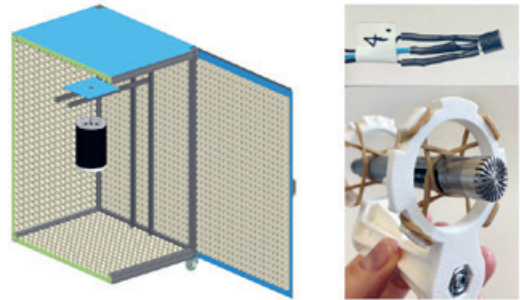
Vorgehen: Als Grundlage zur Erstellung der Messzelle wird die Lampe mit ihren Komponenten und deren Wechselwirkung mit der Umgebung analysiert und es wird eine Normenrecherche im Bereich Schallmessungen durchgeführt. Aus den relevanten Normen werden die wichtigsten Voraussetzungen für eine optimale Messumgebung extrahiert. Diese sind: Eine möglichst konstante Messumgebung, eine möglichst geringe und schwankungsfreie Fremdschalleinwirkung und keine Wind- und/oder Gasströmungen mit Geschwindigkeiten grösser als 4 m/s. Für das vorliegende Problem ist eine gegen aussen physikalisch abgegrenzte Messzelle, welche innen mit schallabsorbierenden Matten ausgekleidet ist, am besten geeignet. Zur Auslegung der Matten wird eine Frequenzanalyse der Geräusche der Lampe durchgeführt.

Um die Geräuschemissionen zu quantifizieren, werden sie den herrschenden Temperaturen gegenübergestellt. So können die Geräuschemissionen im Bezug auf die Kühlwirkung bei unterschiedlichen Konfigurationen verglichen werden. Für die Messungen kommen vier 1/2-inch-free-field-Mikrofone von der Firma Brüel & Kjær und TMP-36-GZ-Sensoren zum Einsatz. Es wird ein Programm zur Auswertung der Temperatursensoren erstellt, welches auf einem Arduino UNO läuft.

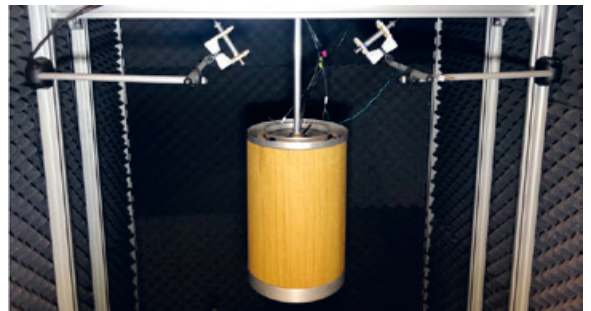
Ergebnis: Im Inneren der Messzelle herrscht eine sich kaum ändernde Messumgebung, welche nur minimal mit Fremdschall von ausserhalb belastet wird. Zur Überprüfung der Fremdschalleinwirkung werden verschiedene Töne mit definierten Schallpegeln und Frequenzen ausserhalb der Messzelle abgespielt und die verbleibende Anregung im Inneren gemessen. Messungen der Temperaturentwicklung und Geräuschemissionen der aktuellen Konstruktion werden als Referenz für weitere Messungen durchgeführt.

Um den Zusammenhang zwischen Kühlwirkung und Geräuschemissionen zu ermitteln, werden zwei unterschiedliche Lüfter mit mehreren verschiedenen Drehzahlen getestet. Es wird darauf abgezielt, die Lüftereinstellung mit der geringsten Geräuschemission zu finden, bei welcher die Kühlwirkung noch ausreichend ist. Diese Messungen zeigen, dass jeweils 20–25 Min. nach Start im System ein thermisch stabiler Zustand erreicht wird. Konstruktive Änderungen mit dem Ziel der Geräuschreduktion werden erarbeitet und getestet. Die Messungen zeigen, dass die Auswirkungen auf die Geräuschemissionen verlässlich nachgewiesen und mit anderen Versionen verglichen werden können.

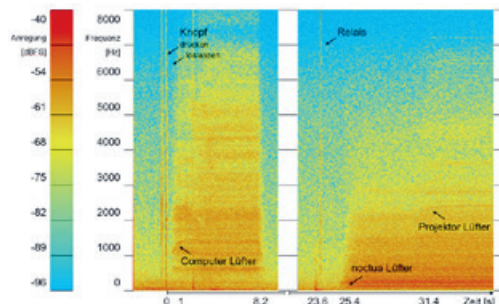
Messaufbau, Temperatursensor und Mikrofon in schockabsorbierender Halterung
Eigene Darstellung



Projektionslampe im Inneren der Messzelle mit installierter Sensorik
Eigene Darstellung



Aufzeichnung der Geräuschemissionen der unveränderten Projektionslampe
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent
Robert Spasov, Vat
Vakuumventile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet
Produktentwicklung

Projektpartner
ABUSIZZ AG, Zermatt,
VS

Engineering design collaboration

Welche IT Tools unterstützen eine erfolgreiche kollaborative Teamarbeit?

Diplomand

Joel Baltisberger

Ausgangslage: Mittlerweile gehören PLM-Systeme zu zentralen Bestandteilen in vielen Unternehmen. In diesen Systemen werden alle möglichen Daten, Dokumente und Produktinformationen zentral gespeichert.

Als sich PLM-Systeme vor zwei Jahrzehnten zu etablieren begannen, hoffte man, dass sie auch die Prozesse und die Zusammenarbeit in Entwicklungsteams verbessern würden. Dies war jedoch nicht der Fall. Ingenieure arbeiteten weiterhin mithilfe anderer Programme zusammen. Es gibt Studien, die zeigen, dass der Grossteil der Kommunikation zwischen Entwicklern immer noch per Mail stattfindet. PLM-Systeme werden insbesondere als hinderlich für den kreativen Arbeitsprozess wahrgenommen.

Vorgehen: Es wurden Themen und Faktoren recherchiert, die eine erfolgreiche Remote-Teamarbeit in einem interdisziplinären Team ausmachen, das die Absicht hat, ein physisches Produkt zu entwickeln. Sobald die Faktoren gesammelt waren, wurden geeignete IT-Lösungen auf dem Markt evaluiert und bewertet. Die Programme mit der besten Bewertung wurden in zwei Versuche einbezogen.

Die Versuche wurden anhand von drei Kategorien ausgewertet. Einerseits anhand der Lösung, die die beiden Teams entwickelt haben, andererseits durch das Feedback der Probanden und schliesslich wurde während der Versuche ein Shadowing durchgeführt.

Ergebnis: Die Auswertung der Versuche zeigte, dass Slack die in der Recherche identifizierten Faktoren gut abdeckt, aber es auf dem Markt auch ähnliche Programme wie zum Beispiel MS Teams gibt, die die gleichen Funktionen bieten. Wonder.me eignet sich eher für Konferenzen oder den Einsatz im Klassenzimmer als für Teamarbeit. Simple Poll ist leicht zu bedienen, aber nur geeignet, um schnelles Feedback mit wenigen Fragen einzuholen. Soll herausgefunden werden, wie es den Mitarbeitenden geht und welche Arbeiten sie gerade bearbeiten, ist Simple Poll gut. Für andere Problemstellungen ist das Programm nicht geeignet.

Loom stellt eine produktive Ergänzung zu E-Mails dar. Mit Loom können Bildschirmvideos aufgenommen werden. Statt lange E-Mails mit Screenshots zu schreiben, wird das Problem oder die Frage anhand von geöffneten Dokumenten, Bildern oder CAD-Modellen beschrieben. Anschliessend wird ein Link zum Video an den Empfänger gesendet. Miro ist ein sehr leistungsfähiges Whiteboard und dieses Programm hebt sich mit der integrierten Videotelefonfunktion von anderen IT-Lösungen ab. Notion eignet

sich nicht als Ersatz von Serverstrukturen oder PLM-Systemen.

Die VR-Technologie ist im Bereich der technisch-kreativen Problemlösung noch zu unausgereift, um nützlich zu sein. Damit solche Programme in der technischen Entwicklung Fuss fassen können, müssen mehr physikalische Grundprinzipien in die Programme implementiert werden. Es wäre auch wichtig, dass sie mehr Funktionen haben, die ein herkömmliches CAD-Programm besitzt, wie zum Beispiel die Möglichkeit, Objekte zu vermessen oder ein Objekt nachträglich zu bearbeiten und Bohrungen oder Nuten hinzuzufügen.

Der Proband bedient das Menu in Gravity Sketch, um ein anderes Werkzeug auszuwählen.

Eigene Darstellung



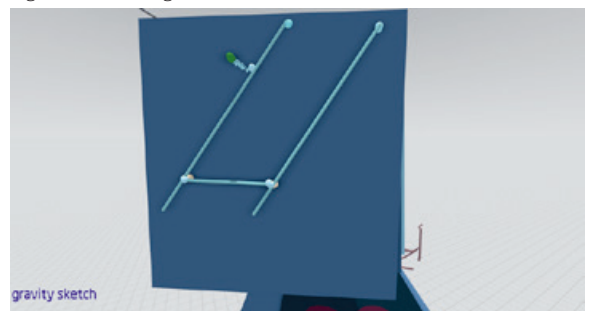
Der Proband modelliert den von der Aufgabenstellung geforderten Küchenaufbau.

Eigene Darstellung



3D-Modell erstellt in Gravity Sketch.

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Felix
Nyffenegger

Korreferent
Marco Egli,
Intelliact AG, Zürich

Themengebiet
Produktentwicklung

Integration und Entwicklung einer Drehachse für Beschichtungen mit High-Speed-LMD (HS-LMD)

Diplomand



Adrian Wanek

Aufgabenstellung: Laserauftragsschweißen (LMD) ist ein innovatives Verfahren zur additiven Fertigung metallischer Bauteile, das auf der Nutzung eines hochenergetischen Lasers basiert. Dieses Verfahren ermöglicht die gezielte Erwärmung des Substrats durch den Laserstrahl, während unter einer lokalen Schutzgasatmosphäre das gewünschte Metallpulver eingeschmolzen wird. Dadurch entsteht eine aufgeschweisste Kontur. Die sehr gute Haftung zwischen dem Substrat und der aufgetragenen Beschichtung macht LMD für Beschichtungsanwendungen im Vergleich zu konventionellen Methoden besonders geeignet. Infolgedessen wird dieses Verfahren zunehmend zur Beschichtung von Brems scheiben eingesetzt, da es eine verringerte Verschleissrate und eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit der Brems scheiben gewährleistet. Die Aufgabe der Bachelorarbeit bestand darin, eine zusätzliche Drehachse in die LMD-Maschine am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) zu integrieren. Durch diese Erweiterung soll die Beschichtung gross er Brems scheiben ermöglicht werden.

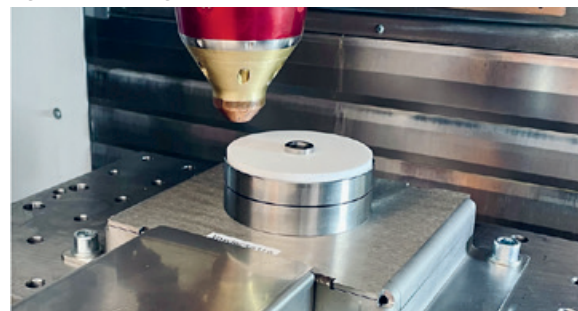
Vorgehen/Technologien: Zu Beginn der Arbeit wurden die erforderlichen Anforderungen an die Drehachse sorgfältig recherchiert und festgelegt. Darauf aufbauend wurden verschiedene Konzepte zur Realisierung dieser Anforderungen entworfen. Bei der Auswahl des Lösungskonzepts wurden kosteneffiziente Fertigungsmöglichkeiten für den Prototyp sowie eine einfache Integration in die bestehende LMD-Maschine als zentrale Entscheidungskriterien berücksichtigt. Die Entwicklungsarbeit umfasste die detaillierte Konstruktion der Drehachse sowie die präzise Auslegung des Elektromotors und der mechatronischen Komponenten. Aufgrund der fehlenden direkten Kompatibilität mit der bestehenden Maschinensteuerung musste zusätzlich eine eigenständige Steuerung entwickelt und programmiert werden.

Das grundlegende Prinzip des Beschichtungsvorgangs basiert auf einer linearen Verschiebung des Laserstrahls in Kombination mit einem rotierenden Substrat. Dabei ist es von grosser Bedeutung, eine konstante Vorschubgeschwindigkeit während des gesamten Prozesses sicherzustellen. Zu diesem Zweck muss die Rotationsgeschwindigkeit des Substrats entsprechend der Position des Laserstrahls angepasst werden. Dies wird erreicht, indem die Position des Lasers kontinuierlich mittels eines Distanzmessensors erfasst wird und auf Grundlage dieser Informationen die erforderliche Rotationsgeschwindigkeit berechnet wird. Anschliessend wird die Drehgeschwindigkeit des Substrats auf die erforderliche Geschwindigkeit geregelt.

Ergebnis: Die implementierte Drehachse erwies sich gemäss den angestrebten Zielen als funktionsfähig, was durch die erfolgreiche Beschichtung eines Probeteils bestätigt wurde. Dennoch sind weitere Anpassungen erforderlich, um die Beschichtung von Brems scheiben im Bereich eines industriellen Standards zu ermöglichen. Derzeit ist die Drehgeschwindigkeit der Drehachse aufgrund der begrenzten Laserleistung nicht im Bereich des High-Speed-LMD angesiedelt. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Erhöhung der Laserleistung der LMD-Maschine erforderlich. Darüber hinaus besteht ein vielversprechendes Potenzial zur weiteren Optimierung des mechatronischen Systems, um die Prozesssicherheit weiter zu steigern.

Integrierte Drehachse in der LMD-Maschine

Eigene Darstellung



Steuerung

Eigene Darstellung



Beschichtung des Testsubstrats

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent

Dr. Fredy Kuster,
Neuhaus SG, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Lastmomentsperre für Drehantriebe

Diplomand



Curdin Collet

Ausgangslage: Die Belimo Automation AG stellt elektrische Antriebslösungen für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik her. Die Antriebe werden an verschiedenen Abtrieben, wie z.B. Klappen oder Ventilen angebaut, um diese zu drehen. Bei einem Energieausfall muss gewährleistet werden, dass die Antriebe auch bei Krafteinwirkung auf die Klappen/Ventile blockieren. Der Grund dafür ist, eine unkontrollierte und unbekannte Stellung der Abtriebe zu vermeiden. Für diese Aufgabe wird in den Drehantrieben eine Lastmomentsperre eingesetzt. Die Lastmomentsperre kann ein Drehmoment vom Antrieb in Richtung Abtrieb zulassen, sperrt jedoch ein Drehmoment in die entgegengesetzte Richtung. Für einen spezifischen Antrieb soll eine neue Lastmomentsperre entwickelt werden, welche in der Herstellung sowie im Betrieb einen Vorteil gegenüber der zurzeit eingebauten Lastmomentsperre bietet.

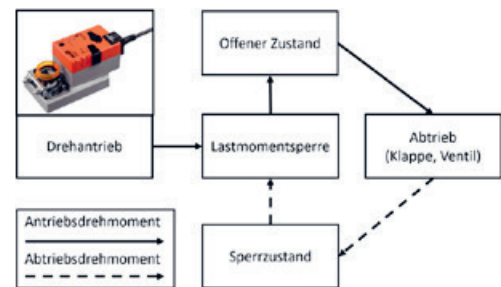
Vorgehen: In der ersten Phase werden alle nötigen Informationen beschafft sowie die Randbedingungen und Anforderungen an das Produkt klar definiert. In einer zweiten Phase werden verschiedene Konzepte erarbeitet. In diesem Schritt werden unter anderem mit einem Kreativitätsworkshop möglichst innovative Ideen für die Konzepte gefunden. Zusammen mit der Belimo Automation AG werden aus den vier Konzepten zwei für die Weiterentwicklung ausgewählt. Das Funktionsprinzip dieser Lösungen kann aufgrund patentrechtlicher Einschränkungen nicht aufgezeigt werden. In der dritten und letzten Phase des Projektes werden die zwei Konzepte unabhängig voneinander ausgearbeitet. Beim ersten Konzept handelt es sich um ein System, das zurzeit in anderen Bereichen eingesetzt wird, jedoch mit Anpassungen durchaus Potenzial als Lastmomentsperre in einem Stellantrieb hat. Beim zweiten Konzept handelt es sich um ein neuartiges Prinzip im Bereich der Lastmomentsperren. Um die Systeme auf ihre Machbarkeit zu untersuchen, wurden bereits in der konzeptionellen Phase Proof-of-Concepts der beiden Konzepte hergestellt. Um das zweite bzw. neuartige Konzept weiterzuentwickeln, wird dieses mit einem grössenskalierenden Testmodell und einem dafür konstruierten Teststand untersucht. Hierfür werden am Testmodell verschiedene einstellbare Parameter konstruiert, um bei den Tests eine optimale Einstellung dieser Parameter zu finden.

Ergebnis: Die wichtigste Anforderung der Lastmomentsperre ist das Blockieren des abtriebsseitigen Drehmoments. Eine weitere Anforderung an die Lastmomentsperre ist ihre Effizienz. Um die optimale Einstellung zu finden, werden die Parameter schrittweise angepasst. Die Effizienz der Lastmomentsperre wird mit einer Strommessung am Getriebemotor durch-

geführt. Hierfür wird das Verhältnis zwischen der aufgenommenen Leistung mit ein- und ausgekoppelter Lastmomentsperre ermittelt. Das Verhältnis zwischen den beiden Leistungen stellt den Wirkungsgrad des Systems dar. Im Graphen ist eine Wirkungsgradzunahme mit steigender Parametergrösse bis 44 mm ersichtlich. Wird der Parameter grösser, so blockiert das System wieder. Bei höherer Belastung, was einem grösseren Gegenmoment entspricht, nimmt der Wirkungsgrad des Systems ab. Mit den Erkenntnissen aus dem Teststand konnte ein fertiges Funktionsmuster beider Konzepte im Massstab 1:1 hergestellt werden, welches nach Projektabschluss bei dem Auftraggeber in dem vorgegebenen Antrieb getestet werden kann.

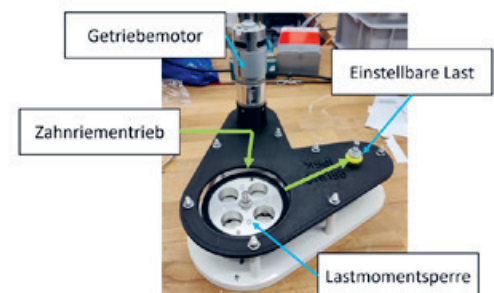
Funktionsprinzip Lastmomentsperre

belimo.com



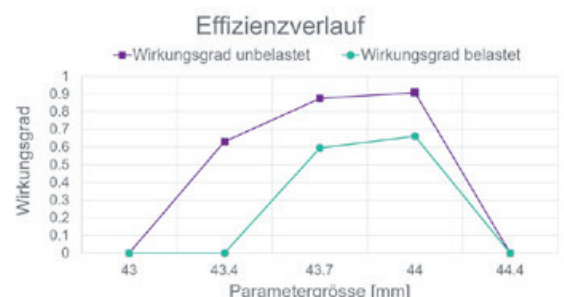
Grössenskalierter Teststand

Eigene Darstellung



Effizienzverlauf Testmodell

Eigene Darstellung



Referent

Peter Eichenberger

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Belimo Automation AG, Hinwil, ZH

Leistungsprüfstand für Motorsägen

Diplomand



Luca Piffaretti

Aufgabenstellung: Die einzige Möglichkeit, die Leistung einer Kettensäge zu testen, besteht normalerweise darin, in den Wald zu gehen und ein paar Bäume zu sägen. Aus diesem Grund benötigen Motorsägenhändler ein Instrument, welches exakte Daten über die Leistung der Kettensäge in diversen Betriebszuständen ermöglicht und in ihre Werkstatt liefert.

Unter diesen Rahmenbedingungen kann die Wartung von Motorsägen in einer sicheren, kontrollierten und effizienten Umgebung durchgeführt werden.

Ziel der Arbeit: Ziel dieses Projektes ist es, den Prototyp eines Leistungsprüfstands für Motorsägen zu realisieren, der die Leistung und die Drehzahl aller gängigen Motorsägen ohne Hilfe eines separaten PCs messen kann. Darüber hinaus müssen alle erforderlichen Unterlagen erstellt werden, um die Maschine verkaufen zu können. Der Leistungsprüfstand muss leicht transportierbar sein und darf nicht von externen Energiequellen abhängen.

Ergebnis: Eine LKW-Lichtmaschine kann als Belastungseinrichtung verwendet werden, um ein Bremsmoment auf die Kettensäge auszuüben. Dieses Moment wird mit einem Pronyschen Zaum und einer Wägezelle gemessen. Die Drehzahl kann mit einem Hallsensor und einem Magneten, der auf die Welle der Lichtmaschine geklebt wird, erfasst werden. Die von der Lichtmaschine erzeugte Leistung wird mit Leistungswiderständen vernichtet. Durch eine Regelung der Spannung, mit der der Stator der Lichtmaschine versorgt wird, sowie mit Hilfe eines Potentiometers, eines Mikrocontrollers, eines Relais (SSR)

und zweier 12-V-Batterien in Serienschaltung ist es möglich, das Bremsmoment gezielt einzustellen. Die Funktionsfähigkeit des Prüfstands konnte im Rahmen der Arbeit erfolgreich nachgewiesen werden. Für die Serienreife sind an der Regelungseinrichtung des Bremsmoments noch Optimierungen durchzuführen.

Bild 1 - Systemgrenze

Eigene Darstellung

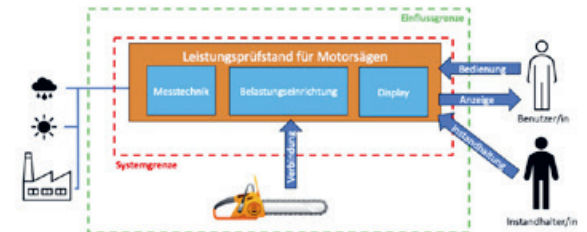


Bild 2 - Funktionsfähiger Prototyp

Eigene Darstellung



Bild 3 - Prozess (von der Idee zum Prototyp)

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumventile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Landolt Engineering
AG, Reichenburg, SZ /
Bärtsch Forst & Garten
GmbH, Jenaz, GR

Modulare Prüfeinrichtung Jumper-Systeme

Diplomand



Michael Habegger

Ausgangslage: Die Firma Huber + Suhner AG ist ein Produzent von Verkabelungslösungen, unter anderem auch im Schienenverkehr. Verbindungskabel, die Schienenfahrzeuge verbinden, unterliegen komplexen Beanspruchungsbedingungen und müssen hohe Sicherheitsanforderungen erfüllen. Um dies zu gewährleisten, werden diese sogenannten Jumper-Systeme mit einem Funktionsnachweis geprüft. Dafür werden die Systeme im Labor nachgebaut und mithilfe eines Roboters für den geforderten Zeitraum bewegt, wodurch die Belastungen simuliert und für den Einsatz validiert werden können.

Problemstellung: Aufgrund der typenspezifischen Verkabelungslösungen werden die Laboraufbauten bisher projektspezifisch entwickelt, was einen hohen Aufwand in der Konstruktion, beim Bau und in der Montage zur Folge hat. Zusätzlich werden mit dem Anspruch des originalgetreuen Nachbaus Bauteile aus der Serienproduktion übernommen, deren späte Verfügbarkeit im Projektverlauf zu einer Verzögerung der Dauertests führt.

Ergebnis: In der Bachelorarbeit «Modulare Prüfeinrichtung für Jumper Systeme» wurde ein Aufbau ausgearbeitet, der die Initialaufwände für die Konstruktion und den Bau der individuellen Teststationen vermindert und standardisiert.

Dies wurde durch ein modulares Befestigungssystem mit hoher Flexibilität bei gleichzeitig guter Reproduzierbarkeit und hoher Rüstfreundlichkeit ermöglicht. Zudem konnte die Abhängigkeit zur Serienproduktion durch einen modularen Bausatz beseitigt werden.

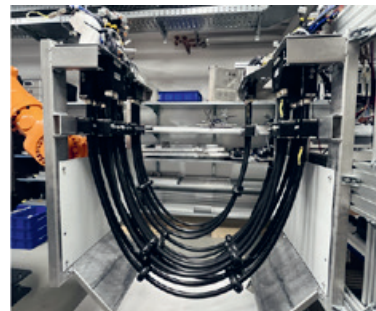
Mithilfe eines Baukastensystems sind die Stecker und Kabel nun positionsunabhängig montierbar. Die entsprechenden Positionen werden aus den Massangaben des Jumpersystems ausgelesen und in einem Tool eingegeben. Dieses berechnet die Positionen der einzelnen modularen Elemente.

Zudem können allfällige externe Berührungsflächen wie z.B. Wände individuell um die Kabel positioniert werden, um belastende Kontaktstellen zu simulieren. Die spezifischen Positionen der Bauteile können stufenlos verstellt und mithilfe von fest fixierten Messlinealen ausgerichtet werden.

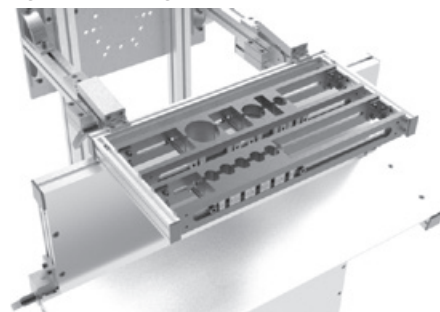
Die Initialaufwände für einen Test werden durch diese Modularisierung stark reduziert. Eine pro-

jektspezifische Konstruktion für das Testlabor muss nicht mehr durchgeführt werden und die Produktvalidierung kann, sobald die Konstruktion für das Jumper-System erfolgt ist, unmittelbar gestartet werden. Zudem können Materialkosten eingespart werden, da der Aufbau wiederverwendbar ist. Der praktische Nutzen des modularen Systems muss sich im Feldeinsatz noch bewähren. Es verspricht eine Optimierung der Testprozesse und kann durch die Reduzierung der Aufwände Ressourcen einsparen.

Projektspezifischer Testaufbau im Labor von Huber + Suhner
Eigene Darstellung



Modularer Klemmblock zur Fixierung von Kabeln
Eigene Darstellung



Modularer Testaufbau
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumventile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Huber & Suhner AG,
Pfäffikon, ZH

Puckschussmaschine

Trainingsgerät im Eishockey

Diplomand



Manuel Vetter

Aufgabenstellung: Im Bereich Sport und Entwicklung pflegen die OST - Ostschweizer Fachhochschule und das Eishockeyteam aus Rapperswil (Rapperswil-Jona Lakers) eine Partnerschaft. Es besteht Bedarf an einer zuverlässig funktionierenden Puckschussmaschine, welche vorzugsweise im Goalie-Training eingesetzt werden soll. Bereits bestehende Produkte weisen Mängel auf und sind nicht weiter erhältlich. Zudem befindet sich aktuell kein Gerät auf dem Markt, welches den Anforderungen gerecht wird. Ein zentrales Modul der Puckschussmaschine, die Schusseinheit, wurde bereits im Rahmen einer Semesterarbeit realisiert. Ebenfalls zur Verfügung steht eine Vorstudie, welche von Wirtschaftsingenieurstudenten der OST in Rapperswil durchgeführt wurde.

Ziel der Arbeit ist es, die Puckschussmaschine als mechanisch komplettes Funktionsmuster zu bauen. Dabei soll das Gerät auf wie auch neben dem Eisfeld eingesetzt werden können.

Vorgehen: Nach Inbetriebnahme der Schusseinheit wurden Module und ihre Schnittstellen zueinander für die Realisierung der Gesamtmaschine definiert. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Module «Befestigung und Transport», «Magazin und Vereinzlung», wie auch «Chassis und Design» bearbeitet. Die Module Energieversorgung, Bedienungsinterface und Zielmechanismus werden in der Bachelorarbeit von Andre Auf der Maur erstellt.

Für die Realisierung wird für jedes Modul nach der «VDI-2221-Richtlinie» vorgegangen. Dabei sind die Phasen Klären, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten zu durchlaufen.

Die Module wurden einzeln aufgebaut, getestet und allenfalls optimiert. Anschliessend erfolgte der gesamte Zusammenbau mit dem abschliessenden Testdurchlauf.

Ergebnis: Das Magazin fasst 40 Pucks, welche aufeinander gestapelt werden. Durch einen Federmechanismus wird der unterste Puck fixiert. Wird das Magazin in die dafür vorgesehene Vorrichtung gedrückt, öffnet der Federmechanismus und die Pucks liegen gestapelt auf der Ablage, auf welcher die Spielgeräte einzeln mithilfe einer Spindel und eines Schrittmotors in die Schusseinheit geschoben werden.

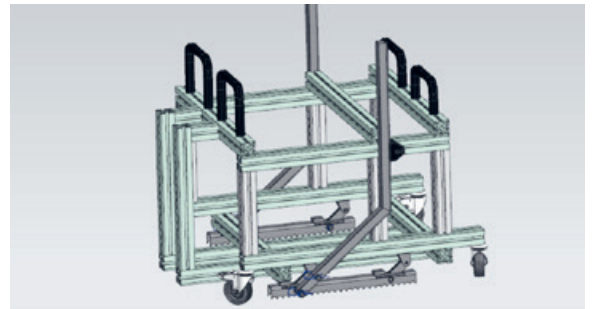
Um die gesamte Puckschussmaschine auf dem Untergrund zu transportieren, sind vier gelenkige Räder mit Feststeller verbaut. Auf der Oberseite des Chassis befinden sich Griffe, welche den Transport über grobe Unebenheiten ermöglichen. Die Befesti-

gung auf dem Eisfeld wird durch einen Hebelmechanismus ausgelöst, welcher ein gezacktes Blech in das festförmige Wasser drückt. Dadurch entsteht eine formschlüssige Verbindung, die ein unerwünschtes Verschieben der Maschine auf dem Eisfeld verhindert.

Das Chassis besteht aus Aluminiumprofilen, um das Gewicht möglichst zu reduzieren. Es ist optimal auf die wirkenden Kräfte in der Maschine ausgelegt, erfüllt alle Anforderungen der Schnittstellen und besitzt definierte Platzhalter für allfällige Anbaumodule. Für die Abdeckung sind verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, jedoch noch nicht realisiert.

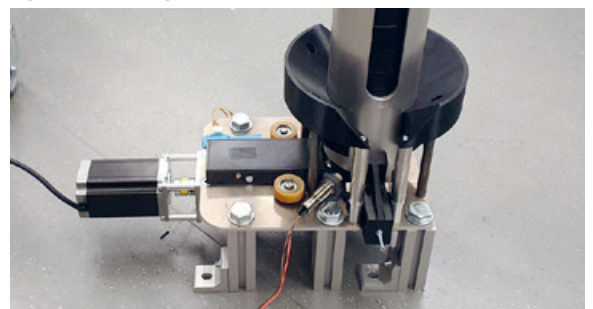
CAD-Modell des Chassis und des Moduls Befestigung und Transport

Eigene Darstellung



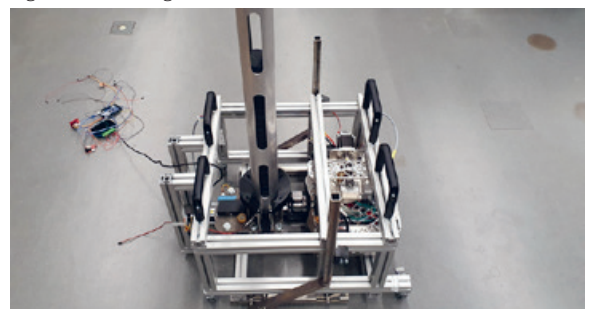
Endlösung des Moduls Magazin und Vereinzlung

Eigene Darstellung



Funktionsmuster Puckschussmaschine

Eigene Darstellung



Referent

Peter Eichenberger

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

SC Rapperswil-Jona Lakers, Rapperswil, SG

Recoveryssystem

Verbesserung des Fallschirms und der Entfaltung für die Höhenforschungsrakete EULER

Diplomand



Roman Böhi

Ausgangslage: Die Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz, kurz ARIS, nimmt am jährlichen Spaceport America Cup teil. Dazu wird eine Sounding Rocket konzipiert, gebaut und getestet. Diese soll nach Erreichen der gewünschten Höhe von 30'000 ft (9,15 km) durch ein Recoverysystem abgebremst und sicher auf der Erdoberfläche gelandet werden, damit eine Wiederverwendung sichergestellt ist. Bei der momentanen Lösung des Fallschirmsystems treten bei der Auslösung hohe Öffnungskräfte in Form von Schockkräften auf, welche sich negativ auf das Gesamtsystem auswirken. Weiter spielt die Sinkgeschwindigkeit eine grosse Rolle. Um einen übermässigen Drift zu vermeiden, muss die Rakete schnell sinken. Sie soll jedoch mit einer Endgeschwindigkeit von 6 m/s auf die Erdoberfläche aufsetzen.

Vorgehen: In der Arbeit wurden nach einer umfangreichen Literaturrecherche diverse Möglichkeiten von Recoverysystemen zusammengestellt. Diese beinhalten unter anderem auch Lösungsvarianten, die Rakete nicht mit einem Fallschirm zu landen, sondern mithilfe anderer Recoveryvarianten, wie beispielsweise einem Ballon. Mit der Auswertung der Ideen wurde die Auswahl des bisher eingesetzten Fallschirms, ein Ringsail Parachute, kritisch hinterfragt und verifiziert. Ein neuer Fallschirm wurde auf Basis von Design-Richtlinien und Normen für Fallschirme grundlegend neu berechnet und entworfen. Der Prototyp in Form eines Modells soll anschliessend in einem Feldtest sowie im Windkanal getestet werden.

Ergebnis: In dieser Arbeit wurde ein neuer Fallschirm konzipiert, entworfen, ausgearbeitet und getestet. Dabei wurde ein verbesserter Ringsail Parachute hergestellt, welcher im Vergleich zum ursprünglichen aus einem flexibleren Material besteht, um bei den hohen Öffnungskräften eine Verformung zu erlauben. Zusätzlich wurde mithilfe einer Gummileine die Anbindung an die Rakete schockabsorbierend gestaltet. Mit diversen Anpassungen in den Berechnungen des neuen Fallschirms konnten bestehende Elemente, meistens in Form von Grössenverhältnissen, für geringere Schockkräfte optimiert werden. Weiterhin wird die Methode des Reefing eingesetzt, bei welcher der Fallschirm beim Auswurf vorerst nicht komplett geöffnet wird. Somit werden die Öffnungskräfte auf zwei Teilöffnungen verteilt und ein schnelles Absinken kann gewährleistet werden, damit das Gesamtsystem möglichst wenig vom Kurs abdriftet. Um beim Auswurf tiefe Öffnungskräfte sicherzustellen, wird der Fallschirm im gepackten Zustand mit den Lines umwickelt, damit er sich erst öffnen kann, wenn diese vollständig gestreckt sind (Abbildung: gepackter Fallschirm).

Eine Woche nach Einreichung des Abstracts fand der Feldtest mit einer Modellrakete statt, daher sind dessen Resultate hier nicht enthalten. Der Windkanaltest ist aufgrund hoher Auslastungen im August 2023 geplant.

Skizze des neuen Ringsails: Das Gore besteht aus 2 Ringen und 6 Sails und ist in Umfangsrichtung 14-mal angeordnet.

Eigene Darstellung



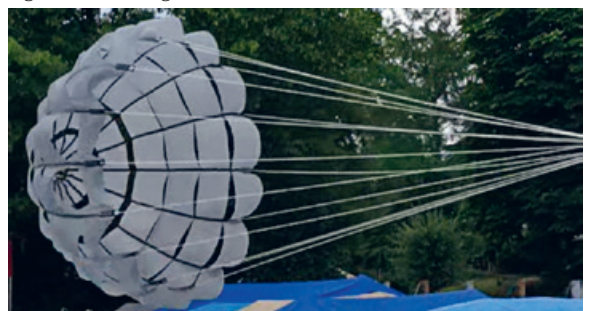
Gepackter Fallschirm: Der Ringsail wurde gefaltet und mit den Lines umwickelt, damit er in die Rakete passt.

Eigene Darstellung



Geöffneter Fallschirm: Um den offenen Ringsail abzubilden, wurde er am See in Rapperswil gegen den Wind gehalten.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

ARIS - Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz, Dübendorf, ZH

Recoverysystem

Entwicklung eines Separationssystems und Drehmechanismus für die Forschungsrakete EULER

Diplomand



Simeon Niederöst

Ausgangslage: Das Recoverysystem der Höhenforschungsrakete EULER der Akademischen Raumfahrt Initiative Schweiz (ARIS) dient dazu, die Raketen spitze und den Antriebskörper nach ihrer Separation mithilfe eines gereiften Fallschirmes auf eine konstante, definierte Fallgeschwindigkeit abzubrem sen. Dadurch wird eine sanfte Landung ermöglicht und die Rakete kann innert kurzer Zeit für einen weiteren Start vorbereitet werden.

Ziel der Arbeit: Ein Ziel dieser Arbeit besteht darin, kritische Einflüsse auf das Recoverysystem zu identifizieren und konzeptionelle Vorschläge zur Verbesserung der Zuverlässigkeit zu erarbeiten. Es soll ein massgeschneidertes System, welches den zuverlässigen Einsatz des Fallschirmes gewährleistet, mittels Rapid Prototyping entwickelt und hergestellt werden. Im Anschluss wird das System im Large Wind Tunnel Emmen (LWTE) der Firma RUAG getestet, um seine Funktionalität und Leistungsfähigkeit zu überprüfen.

Um den Prototyp im LWTE testen zu können, soll eine Montagevorrichtung konzipiert und hergestellt werden, die es erlaubt, den Prototyp in unterschiedlicher horizontaler Ausrichtung zur Strömungsrichtung zu testen. Als Randbedingungen gilt dabei eine zuverlässige und definierte horizontale Ausrichtung mit gleichzeitig ausreichender Stabilität der Vorrichtung gegenüber den beim Test auftretenden Belastungen.

Ergebnis: Ein innovatives System wurde entwickelt, um die Trennung der Rakete zu umgehen, indem der Fallschirm seitlich aus einem speziellen Fach ausgeworfen wird. Das System besteht aus einem Hohlraum und einer Abdeckung, die durch einen Servo-Arm sicher verschlossen gehalten wird. Bei Aktivierung des Systems schwenkt der Servo-Arm und entsichert die Abdeckung, die sich von der Rakete löst. Die Konstruktion der Hohlraumabdeckung ermöglicht eine zuverlässige und unterstützte Extraktion des Fallschirms.

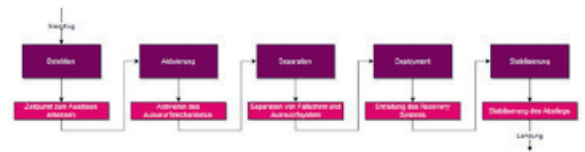
Es wurde eine Montagevorrichtung entwickelt und hergestellt, die es ermöglicht, den Prototyp im LWTE sicher zu befestigen und eine präzise horizontale Ausrichtung zu gewährleisten. Um die Drehbewegung zu ermöglichen und den Belastungen im LWTE standzuhalten, wurden zwei Kegelrollenlager verwendet. Die Positionierung und die Sicherung erfolgen über einen Rastbolzen, der mit einer Scheibe mit 24 Positionierbohrungen als Gegenstück interagiert.

Die erfolgreiche und zuverlässige Separation von Abdeckung und Rakete konnte in Vorversuchen bestätigt werden. Ein Feldtest zur Bestätigung der Funktionalität des Gesamtsystems mittels einer

Modellrakete fand eine Woche nach Abgabe dieses Abstracts statt, weshalb die Resultate hier nicht aufgeführt sind. Der Test im LWTE erfolgt aufgrund hoher Auslastungen erst im August 2023.

Für den Auswurfmechanismus relevante Teilfunktionen der Funktionsstruktur

Eigene Darstellung



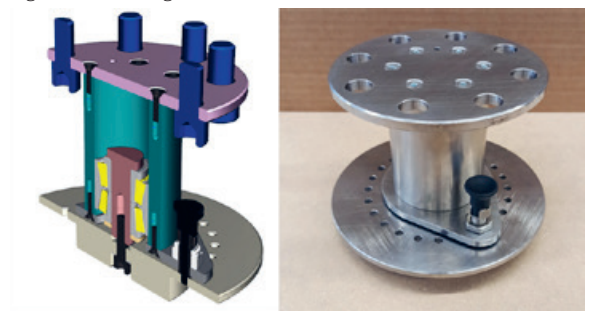
Massgeschneidertes System für seitlichen Fallschirmauswurf, gefertigt mit Rapid-Prototyping-Methoden (CAD, 3D-Druck)

Eigene Darstellung



Entwickelte und konventionell gefertigte Montagevorrichtung mit drehbarer und einstellbarer Befestigung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

ARIS - Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz, Dübendorf, ZH

Automatic Stretcher for Air Rescue

Kraftunterstützung von Rettungspersonal durch Automatisierung

Diplomand



Manuel Brand

Ausgangslage: Im Luftrettungsdienst gibt es verschiedene Wege, um Patienten zu transportieren. Darunter auch fahrbare Rettungsliegen. Das so genannte Roll-In-System von Aerolite ist dafür ausgelegt, in einem Helikopter untergebracht zu werden (Bild 3). Beim aktuellen System wird der Trolley (1) mit dem Stretcher (2) manuell in den Helikopter geschoben und wieder herausgezogen. Die bedienende Person betätigt dabei zusätzlich verschiedene Hebel und Knöpfe, um beispielsweise die Verriegelung der Fahrwerke zu lösen, damit diese einklappen können. Der gesamte Vorgang, bedeutet aufgrund der schrägen Ebene im Helikopter, einen erheblichen Kraftaufwand für die Bedienenden.

Aufgabenstellung: Ziel der Arbeit ist es, das bestehende System zu analysieren und die Möglichkeiten der Automatisierung aufzuzeigen und so weit wie möglich auszulegen. Wichtige Faktoren sind nebst der technischen Machbarkeit das Gewicht der Lösung, die Platzverhältnisse (vgl. Bild 1), die Sicherheit, die Komplexität, der Umfang nötiger Anpassungen am System, die Kosten und die Bedienerfreundlichkeit.

Fazit: Eine komplette Automatisierung ist nur mit mehreren sehr leistungsstarken Antrieben möglich. Neben dem Gewicht einer solchen Lösung wird dadurch der Preis des Roll-In-Systems im Vergleich zur Ausgangslage in die Höhe getrieben. Nicht zuletzt ist es mit sehr umfassenden Anpassungen verbunden. Doch auch bei geringem Automatisierungsgrad kann das Rettungspersonal bereits stark entlastet werden. Empfohlen wird daher ein Zusammenspiel verschiedenster Komponenten, welche

in Anbetracht der Anforderungen als plausibel und sinnvoll erscheinen (vgl. Bild 2). Die Arbeit bildet den Grundstein für weitere Schritte, bietet verschiedene Lösungsansätze und dient dem Projektpartner Aerolite einen Überblick über die Komplexität und die unterschiedlichen Herausforderungen des Systems.

Bild 1: Platzverhältnisse zwischen Plattform und Trolley.
Eigene Darstellung

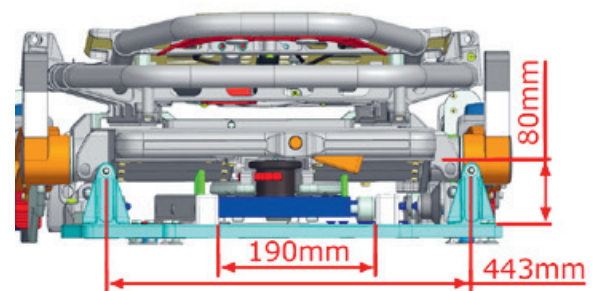


Bild 2: Teil der empfohlenen Lösung mit Zahnstange/Zahnrad-Antrieb, Führungskette, Getriebe, Motor und Abdeckung.
Eigene Darstellung

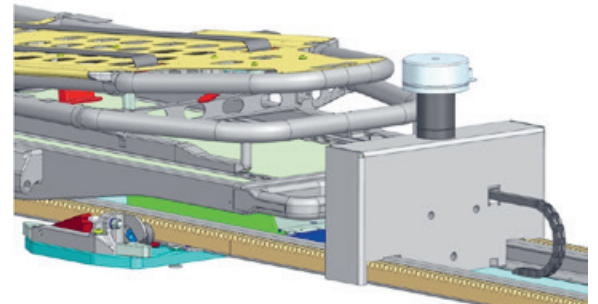


Bild 3: Manuelles System. Trolley (1) mit darauf befestigtem Stretcher (2) auf halber Strecke auf der Plattform (3).
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Stefan Grätzer,
Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Nik Marty, Zaugg
Maschinenbau AG,
Boniswil, AG

Themengebiet

Produktentwicklung,
Automation & Robotik

Projektpartner

Aerolite, Ennetbürgen,
NW

Staubbrenner zur thermischen Nutzung zerbrochener Holzpellets mit hohem Staubanteil

für die Beheizung von Ein- und Mehrfamilienhäusern

Diplomand



Jan Brugger

Aufgabenstellung: Werden Holzpellets über lange Distanzen pneumatisch gefördert, zerbrechen die Pellets in Einzelteile und die genormte maximale Staubkonzentration wird überschritten. Diese Pellets lassen sich mit handelsüblichen Pelletsbrennern nicht zuverlässig verbrennen. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Brenner zu entwickeln, mit welchem sich zerbrochene Holzpellets mit einem hohen Staubanteil verbrennen lassen. Dieser ist für den Einsatz in Heizkesseln zur Beheizung von Ein- und Mehrfamilienhäusern zu dimensionieren. Die Verbrennung des Brennstoffes hat möglichst vollständig zu erfolgen und der Brenner kann idealerweise ohne zusätzlichen Brennstoff gezündet und betrieben werden.

Vorgehen: Die Verbrennung von Biomasse läuft in vier Teilschritten ab. Beim Aufheizen verdampft das Wasser. Bei der pyrolytischen Zersetzung entweichen Pyrolyseprodukte. Durch begrenzte Sauerstoffzufuhr wird das Pyrolysekoks im Vergasungsschritt zu Produktgas umgesetzt, welches bei zusätzlicher Sauerstoffzufuhr im letzten Schritt verbrennt. Für eine zuverlässige, komplette Oxidation müssen für die ersten drei Schritte genügend Zeit (time) und genügend hohe Temperaturen (temperature) zur Verfügung stehen. Im vierten Schritt ist zusätzlich für genügend Turbulenzen (turbulence) zu sorgen. Diese drei Forderungen werden als die 3-T-Kriterien der Verbrennung bezeichnet. Aufgrund der pneumatischen Förderung über lange Strecken liegt der Brennstoff mit breiter Volumengrößenverteilung vor. Dies führt zu einer grossen Streuung der notwendigen Reaktionszeiten der ersten drei Verbrennungsstufen. Folglich muss der Brenner so gestaltet sein, dass die Verweildauern des noch feststoffförmigen Brennstoffes in den ersten drei Verbrennungsstufen volumenabhängig sind. Es ist sicherzustellen, dass die notwendigen Temperaturen beim Anfahren in die Brennkammer eingebracht werden können, und beim Beimischen der Sekundärluft ist für eine gute Durchmischung zu sorgen. Zudem ist die Luftmenge für eine optimale Verbrennung abzustimmen. In der Konzeptphase werden verschiedene Ansätze zur Erfüllung dieser Forderungen erstellt. Ab der Ausarbeitungsphase wird ein Konzept, welches eine pneumatische Brennstoffförderung nutzt, weiterverfolgt. Das Trennverfahren, um eine volumenabhängige Aufenthaltszeit in den Zonen der ersten drei Verbrennungsstufen zu gewährleisten, wird an einem Kartonmodell validiert. Um zu prüfen, ob die 3-T-Kriterien erfüllt werden, werden Fluidsimulationen der Luftströmung, thermische Berechnungen und Versuche an Prototypen durchgeführt. Die Versuche beinhalten Strömungsvisualisierungen mit Rauch an einem transparenten und Zündversuche an einem keramischen Prototyp. Beide sind mittels additivem

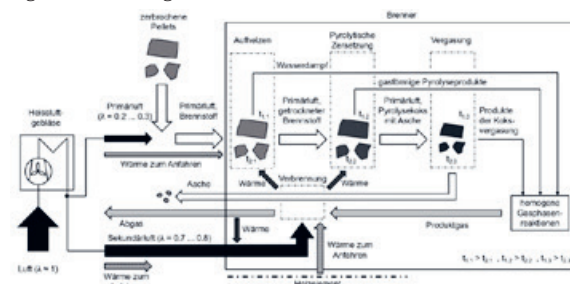
Fertigungsverfahren hergestellt und letzterer ist zusätzlich gesintert.

Ergebnis: Es wird eine Brennergeometrie entwickelt, welche für eine volumenabhängige Verweildauer der Partikel in den ersten drei Verbrennungsstufen sorgt, den Energieaustausch zwischen exo- und endothermen Prozessschritten ermöglicht und für eine gute Durchmischung der brennstoffführenden Primärluft und der Sekundärluft sorgt. Die Geometrie erlaubt massliche Änderungen, um die Partikelverweildauer zu manipulieren, und die Herstellbarkeit der Keramikbauteile mit herkömmlichen Fertigungsverfahren ist gewährleistet. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um ein zuverlässiges Zünden zu ermöglichen und um zu verhindern, dass unverbrannte Holzpartikel aus dem Brenner austreten.

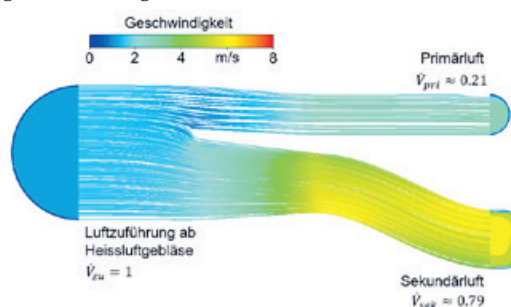
Partikelgrößen der pneumatisch geförderten Holzpellets
Eigene Darstellung



Schematischer Stufenprozess der Verbrennung
Eigene Darstellung



Strömungsgeschwindigkeiten im Luftzuführungsstutzen zur Aufteilung der Primär- und Sekundärluft
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent
Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Energie- und
Umwelttechnik

Entwicklung einer Saugstation für den Schneetransport in Rohrleitungen

zur optimierten Nutzung von Snowfarming

Diplomand



Simone Miele

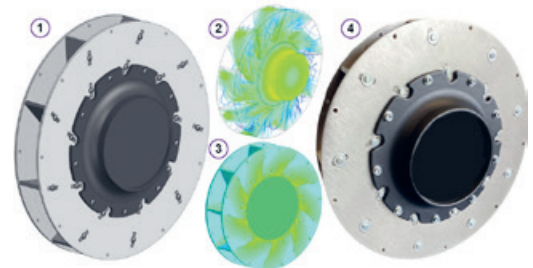
Ausgangslage: Wintersportgebiete setzen vermehrt auf Snowfarming, um schneearme Winter zu bewältigen. Dabei wird im Frühling Schnee in isolierten Haufen gelagert und zusammen mit Kunstschnee im Herbst als Pistenfundament wiederverwendet. Der Schneetransport erfolgt heute per Lastwagen, was einen hohen Aufwand und Umweltbelastung bedeutet. Es wurde in einer vorangegangenen Semesterarbeit gezeigt, dass die Flugförderung von Pulverschnee (90 kg/m^3) in einem Rohr stabil funktioniert, solange der geforderte Luftstrom im Rohr aufrechterhalten bleibt.

Vorgehen: Frischer Pulverschnee entspricht aber nicht den Eigenschaften von Schnee, welcher über einen Sommer gelagert worden ist. Daher wurde in einem ersten Schritt ein neuer Satz von Designparametern kalkuliert, aus dem diverse Lösungskonzepte abgeleitet wurden. Unter diesen Konzepten konnte ein innovativer Ansatz entwickelt werden, der das schonende Austragen des Schnees ermöglicht (ohne Verklumpen) und gleichzeitig das Gesamtsystem robuster und energieeffizienter gestaltet (genauer Lösungsansatz aufgrund möglicher Patentansprüche nicht weiter detailliert). Im Folgenden wurde die Entwicklung des Laufrades mit dem genannten Lösungsansatz verfolgt. Aus verschiedenen Laufradkonzepten wurde schliesslich eine modulare Bauweise umgesetzt, die das Testen verschiedener Varianten auf gleicher Basis ermöglicht.

Ergebnis: Der entwickelte Prototyp wurde mithilfe eines eigens erstellten Prüfstands getestet. Das Laufrad, das einen Aussendurchmesser von 250 mm aufweist, wurde bei Drehzahlen von bis zu 4000 U/min

betrieben. In Tests mit dichtem Sulzschnee (500 kg pro m^3) konnte durch kontrollierte Zuführung des Schnees in die Rohrleitung eine gute Flugförderung erzielt werden. Dabei wurde auch die Funktionalität des neu implementierten Lösungsansatzes nachgewiesen. Es zeigte sich, dass für eine zuverlässige Förderung nicht nur eine ausreichend hohe Luftstromgeschwindigkeit im Rohr erforderlich ist, sondern auch der Schnee in vorgängig zerkleinerten Flocken zugeführt werden muss.

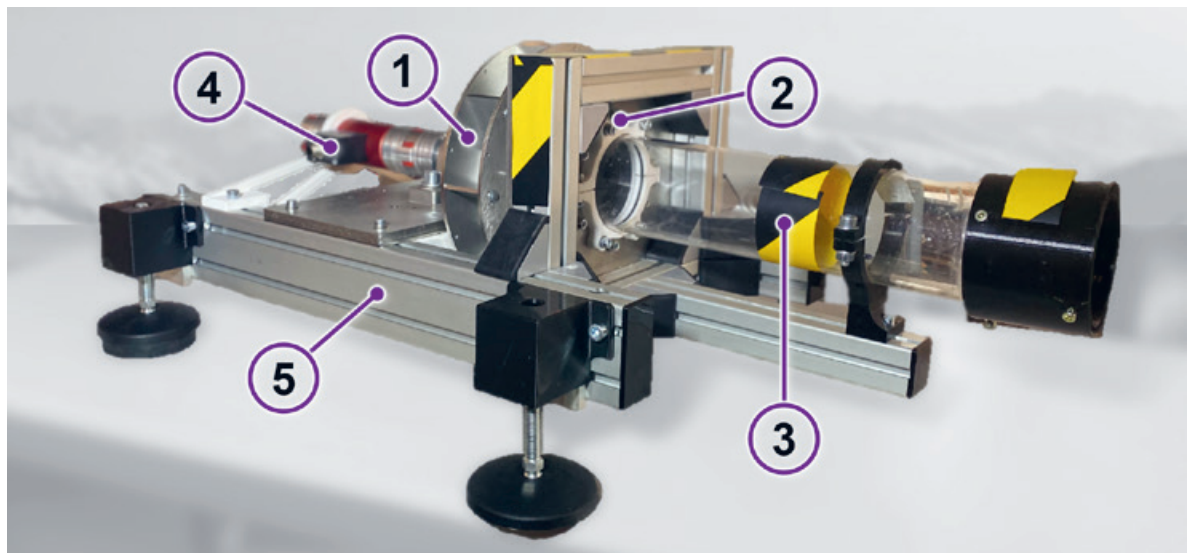
Designstadien: 1: CAD-Baugruppe, 2: Strömungssimulation, 3: Belastungssimulation, 4: montiertes Laufrad
Strömungssimulation: S. Niederöst, Kommilitone



Testvorbereitung auf Flüelapass (2384 m ü. M.), Mitte Juni
Drohnaufnahme: A. Loichinger, Referent



Prüfstand: 1: Laufrad, 2: Lager- und Dichtungsbaugruppe, 3: Ansaugrohr, 4: Messsonde mit Motorkupplung, 5: Grundgestell
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Albert
Loichinger

Korreferent
Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Entwurf, Konstruktion und Strukturanalyse für ein Kleinfahrzeug

Diplomand



Silvio Schöb

Ausgangslage: Die Demographie der Bevölkerung und die Veränderung in der Alterskultur gewinnen in den nächsten Jahrzehnten an Bedeutung und stellen grosse Herausforderungen an die Gesellschaft. Ein Teil dieser Veränderung ist unter anderem die Mobilität der älteren Generation, welche sichergestellt werden muss. Elektromobilität im Strassenverkehr ist in aller Munde und neue Technologien bieten viele Möglichkeiten. Die heute auf dem Markt erhältlichen Seniorenfahrzeuge sind teuer und vom Designaspekt wenig ansprechend. Gerade das auffällige Design bringt eine Stigmatisierung mit sich, welche viele Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen davon abhält, ein «Behindertenfahrzeug» zu beschaffen. Aus diesem Grund soll mit dieser Arbeit ein Fahrzeugkonzept für eine Person entwickelt werden, welches einen einfachen Ein- und Ausstieg gewährleistet, einen Witterungsschutz bietet und in Bezug auf das Design trotzdem sportlich und ansprechend ausfällt.

Vorgehen: Das Konzept wird mittels Produktentwicklungsprozess erstellt, welcher den Entwurf, die Konstruktion und dessen Strukturanalyse beinhaltet. Die Grundlage für den Entwurf- und Konstruktionsprozess des Fahrzeuges liegt in der Einhaltung zahlreicher Normen der Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS). Festigkeitsnachweise der Strukturanalyse werden auf Basis von Handrechnungen mittels statischer Ersatzlastfälle dargelegt.

Ergebnis: Das Resultat beruht auf drei Grundbausteinen und ist sehr zufriedenstellend. Zum einen beinhaltet das Kleinfahrzeug ein Aluminiumchassis,

welches aus Gründen der Gewichtseinsparnis und der Einfachheit als starre Struktur mittels Achsschenkellenkung nach Ackermann und integrierter Radnabenmotoren an der Hinterachse konstruiert wurde. Weiter gewährleisten die Reihenschaltung des Dämpfers und der Linearmotor zur Höhenverstellung der Sitzposition gleichzeitig Fahrkomfort und einen angenehmen Ein- und Ausstieg. Das abschliessende Designkonzept des Witterungsschutzes ist zeitnah sowie ansprechend und soll mit dem urbanen Gelände der digitalen Zeit fusionieren.

Achsschenkellenkung und Sitzmechanismus

Eigene Darstellung



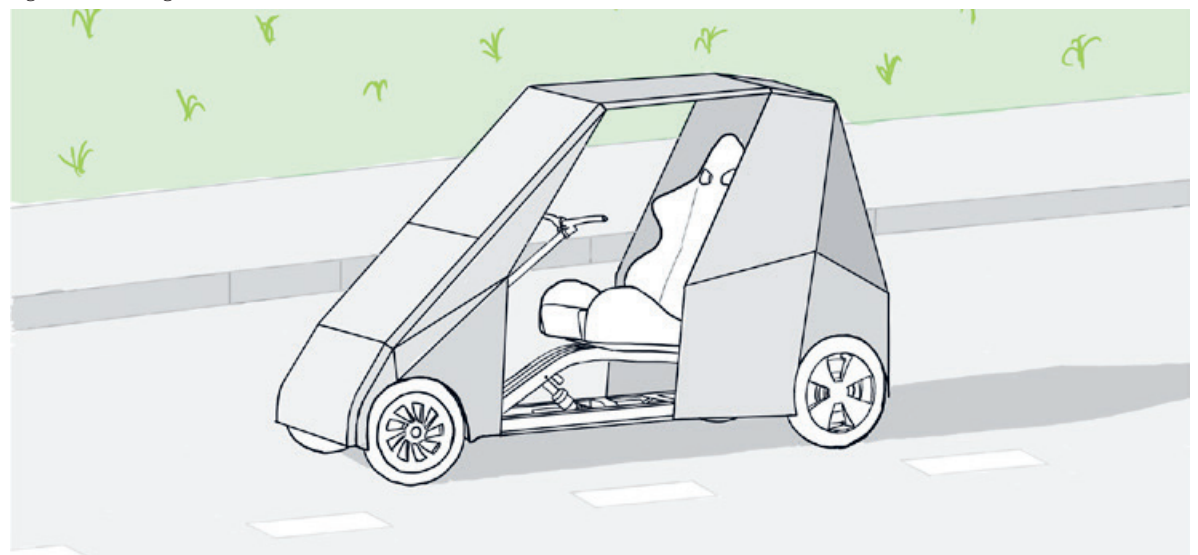
CAD-Konstruktion

Eigene Darstellung



Designkonzept Witterungsschutz

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Markus Henne

Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,
Hochschule Ravensburg-Weingarten,
Weingarten, BW

Themengebiet

Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Entwicklung eines 5-Achsen 3D-Druckers

Fused Filament Fabrication zur Funktionalisierung von konventionell gefertigten Kunststoffbauteilen

Diplomand



Daniel Aeschbacher

Ausgangslage: Durch den Einsatz von additiver Fertigung ist es möglich, Bauteile mit einem hohen Grad an Funktionsintegration herzustellen. Der FFF-Prozess (Fused Filament Fabrication, auch FDM) nutzt dabei verschiedene thermoplastische Kunststoffe in Form von Filamenten, wie z.B. kurzfaserverstärkte Werkstoffe, elektrisch leitende Werkstoffe oder thermoplastische Elastomere (TPE). Ein interessantes Anwendungsfeld ist deshalb das nachträgliche Bedrucken von konventionell gefertigten Kunststoffbauteilen, welche z.B. durch Spritzguss hergestellt wurden. Das Bedrucken solcher Bauteile mithilfe von herkömmlichen 3D-Druckern ist jedoch aufgrund der geometrischen Gegebenheiten nur in Einzelfällen möglich. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein 5-Achsen 3D-Drucker entwickelt und realisiert werden, welcher das Aufdrucken von thermoplastischen Werkstoffen in Form von Filament auf konventionell gefertigte Kunststoffbauteile mit z.T. komplexer Geometrie ermöglicht. Durch die 5-Achsen-Kinematik soll ein flächennormales Bedrucken von konkav und konvex geformten Bauteilen ermöglicht werden.

Vorgehen: Vergleichbare industrielle Anwendungen nutzen einen 6-Achsen Roboterarm mit angebautem Extruder. Aufgrund der dafür nötigen finanziellen Ressourcen wurde auf diesen Ansatz verzichtet. Stattdessen wurde ein open-source Bausatz eines herkömmlichen 3D-Druckers als Grundlage für einen 5-achsigen Aufbau verwendet. Konkret wurde ein «Voron 2.4r2 350 mm» ausgewählt, um durch das zusätzliche Hinzufügen von zwei Drehachsen die benötigte Kinematik zu erreichen. Folgende Modifikationen wurden erarbeitet:

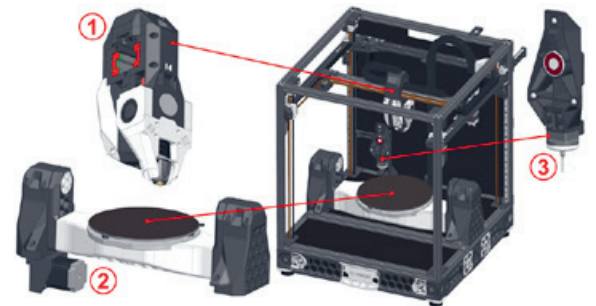
- Zwei zusätzliche Drehachsen
- Modularer Druckkopf mit hoher geometrischer Bewegungsfreiheit
- 3D-Tastsystem zur Lagebestimmung der zu bedruckenden Teile im Bauraum
- Überarbeitung der kompletten Betriebselektronik zur Ermöglichung der 5-achsigen Kinematik

Ergebnis: Zur maximierten Nutzung des vorgegebenen Bauraumes und der visuellen Zugänglichkeit wurde der Drucker mit der Hauptdrehachse parallel zur X-Achse (AC-Konfiguration) konzipiert. Durch die Kombination der beiden Drehachsen ist somit eine Zugänglichkeit der Oberseite sowie sämtlicher Seitenflächen eines Objektes möglich. Der bewegliche Bauraum beläuft sich auf $\varnothing 220 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$, wobei die A-Achse (Schwenkbrücke) von -90° bis 110° und die C-Achse (Drehtisch) 360° kontinuierlich rotieren können. Der Drehtisch ermöglicht durch ein gleichmässiges Lochbild den Aufbau verschiedener Spannungsmöglichkeiten, um Bauteile zu fixieren. Für reinen 5-achsigen 3D-Druck kann dank einer Drehdurchfüh-

rung eine beheizte Bauplattform montiert werden. Das 3D-Tastsystem kann als zusätzliches Werkzeug automatisch aus dem Lagerplatz an den Druckkopf gekoppelt werden, um mit verschiedenen Tastzyklen die entsprechenden Koordinaten zu ermitteln. Die Firmware der Druckersteuerung wurde für eine möglichst effiziente und sichere Nutzung entsprechend konfiguriert und mit diversen Makro-Programmen versehen. Erste Testdrucke im 3- und 5-achsigen Bereich verifizierten die mechanische und elektronische Funktionsfähigkeit des Systems. In weiteren Schritten kann durch die Nutzung von open-source oder kommerziell erhältlicher 5-Achs-Slicing Software das Knowhow im Bereich des 5-achsigen 3D-Drucks weiter ausgebaut werden.

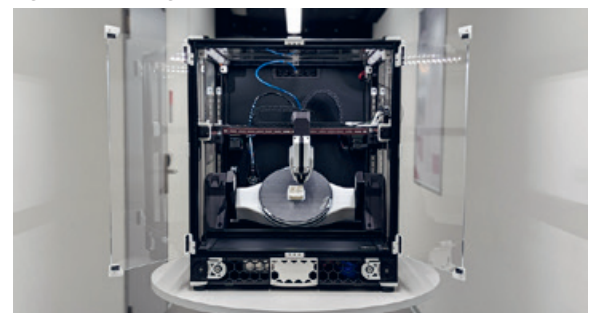
CAD-Modell Drucker inkl. entwickelter Komponenten:
1: Druckkopf, 2: AC-Trunnion, 3: 3D-Taster

Eigene Darstellung



5-Achsen 3D-Drucker in ausgearbeiteter Form

Eigene Darstellung



Einfacher Demodruck anhand bedruckter Zylindermantelfläche

Eigene Darstellung



Referent

Daniel Omidvarkarjan

Korreferent

Florian Gschwend,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik,
Fertigungstechnik

Leichtbaukonzept für Lastenaufzüge

Konzipieren, Auslegen und Bewerten

Diplomand



Simon Rüegg

Problemstellung: Der Markt für Aufzugssysteme kann grundsätzlich in Personen- und Lastenaufzüge unterteilt werden. Während der Markt für Personenaufzüge bis 1,6 t und Lastenaufzüge bis 5 t durch Modularisierung und Standardisierung weitgehend optimiert wurde, sind die Konstruktionen von Lastenaufzügen über 5 t Nutzlast eher Nischenprodukte und somit von Sonderkonstruktionen geprägt. Als ein wesentliches Differenzierungspotenzial am Markt vorwiegend für hydraulische Aufzüge wird eine möglichst hohe Nutzlast im Vergleich zum Eigengewicht der Kabine gesehen. Das Ziel der Bachelorarbeit besteht darin, das Nutzlastverhältnis im Vergleich zu bestehenden Referenzaufzügen zu verbessern.

Vorgehen: In einer ersten Phase wurde der aktuelle Stand der Technik erfasst. Dazu wurden Referenzaufzüge sowie geltende Normen und Richtlinien betrachtet. Anhand eines vorliegenden Festigkeitsnachweises wurden die Lastfälle, die ein Aufzugssystem erfährt, analysiert. Nachfolgend wurden Lösungen aufgezeigt, die durch ein alternatives Führungs- bzw. Antriebskonzept eine leichtere Bauweise versprechen. Die Lösungen erlauben es allerdings nicht, sie nach geltenden Normen zu entwerfen. Dies führt zu erheblichen Mehrkosten beim Konformitätsbewertungsverfahren eines Aufzuges. Deshalb wurde der Fokus der Arbeit auf einen gewichtsoptimierten Aufzug gesetzt, der weitestgehend den Normen entspricht. Dazu wurden Ansätze entwickelt, die sich in Form- oder Funktionsleichtbau, Stoffleichtbau sowie Fertigungsleichtbau gliedern lassen. Anhand des Formleichtbau-Ansatzes wurde eine Topologieoptimierung durchgeführt. Sie erlaubt es, eine Form zu generieren, die sich durch eine optimale Werkstoffausnutzung auszeichnet. Anhand der gesammelten Teillösungen wurden drei Gesamtkonzepte entwickelt. Die Konzepte verfolgen über den ganzen Aufzug die gleichen Ansätze. Ziel ist es jedoch, für jede einzelne Aufzugskomponente die Best-Lösung zu finden. Folglich wurden die Teillösungsansätze für die jeweiligen Komponenten evaluiert. Anhand der ermittelten Best-Lösungen wurde ein finaler Entwurf erarbeitet. Der finale Entwurf wurde mittels Finite-Element-Methode untersucht.

Ergebnis: Die angewendeten Verbesserungen am Aufzug versprechen eine Gewichtsreduktion von ca. 30 %. Vor allem fallen durch Versteifungsmassnahmen die resultierenden Verschiebungen geringer als beim Vergleichsaufzug aus. Die Fertigungskosten steigen zunächst aufgrund der komplexeren Gestaltung des Aufzuges. Allerdings belaufen sich die Gesamtkosten aufgrund massiver Werkstoffeinsparungen auf das gleiche Level wie beim Referenzaufzug.

Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Vat
Vakuumentile AG,
Haag (Rheintal), SG

Themengebiet

Produktentwicklung,
Simulationstechnik,
Fertigungstechnik

Projektpartner

Brand Engineering
GmbH, Niederuzwil, SG

Topologieoptimierung eines Aufzugsfangrahmens

Eigene Darstellung



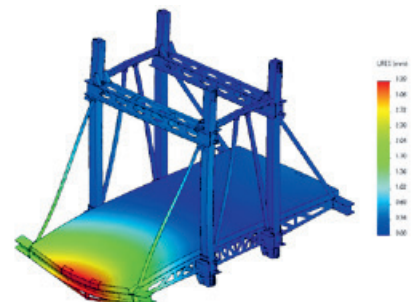
Finales Fangrahmenkonzept

Eigene Darstellung



FEM-Simulation (resultierende Verschiebungen)

Eigene Darstellung



FE-Modellbildung und Sensitivitätsanalyse eines 3-Punkt-Biegeversuchs

Anwendung auf lasergeschweisste metallische Blechstreifen

Diplomand



Max Kuster

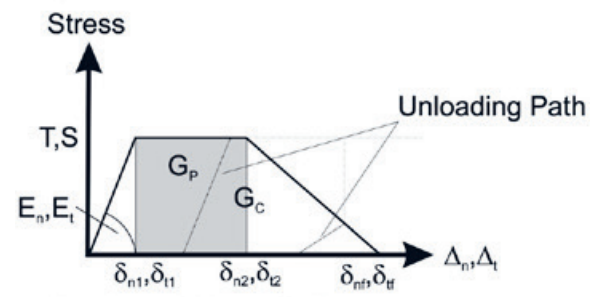
Problemstellung: In der Automobilindustrie spielt das Thema Simulation eine zentrale Rolle für die virtuelle Entwicklung von Bauteilen. Die Darstellung von Schweißnähten in der Finite-Elemente-Analyse (FEA) eines Gesamtfahrzeuges, das über eine Million Elemente besitzt, war beschränkt aussagefähig, da nicht bis zum Versagen simuliert wurde. Ihre korrekte Darstellung hat einen erheblichen Einfluss auf die Prognose der Verformung von Bauteilen und Strukturen und darf nicht mehr vernachlässigt werden. Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, das Laserschweißen von Metallsubstraten mithilfe einer trilinearen elastoplastischen Spannungs-Rissöffnungs-Beziehung zu simulieren, um die Prognosegüte des FE-Modells zu erhöhen. Dafür werden Kohäsivelemente eingesetzt, die in der Vergangenheit für die Modellierung von Klebeverbindungen verwendet wurden.

Vorgehen: Die Tests zur Identifikation der Parameter werden mit der Software LS-Dyna modelliert. Die geeignete Netzgröße, die Art der kohäsiven Elemente und deren Verbindung mit den zu verwendenden Schalenelementen der Substrate werden erforscht. Die Geometrie der Schweißnaht wird auf Schlibilder abgestimmt. Mit Hilfe der Optimierungsoftware LS-OPT werden die Materialparameter unter mehrachsiger Belastung kalibriert. Dafür werden metallische, geschweisste Dünnschicht-KS-2-Probekörper unter Zug- und Scherbelastung verwendet, die den mehrachsigen Spannungszustand in der Schweißnaht abbilden können. Eine Validierung mit 3-Punkt-Biegeversuchen wird durchgeführt und eine Sensitivitätsanalyse der KS-2 Simulationsergebnisse wird für die variierenden Materialparameter vorgenommen.

Fazit: Das FE-Modell liefert vorhersagbare Ergebnisse der Realität. Die maximalen Kraft- und Bruchdehnungswerte sowie die Deformationen im Probekörper spiegeln die experimentellen Tests wider. Das Materialmodell ist in der Lage, das Verhalten der Schweißnähte von lasergeschweißten Metallblechen richtig zu beschreiben.

LS-Dyna MAT_240: Trilineare Spannungs-Rissöffnungs-Beziehung für Mode I und II.

Marzi Et al., 2009

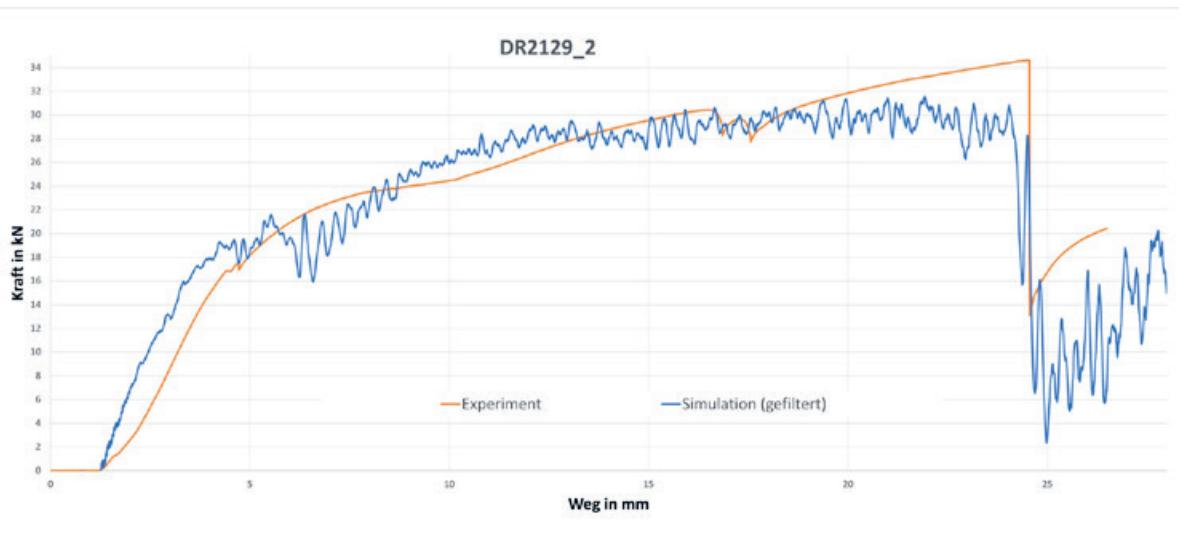


Deformationen in Versuch und Simulation für einen lasergeschweißten Blechstreifen unter 3-Punkt-Biegebelastung.



Übereinstimmung der experimentellen und numerischen Kraft-Weg-Antwort für den 3-Punkt-Biegeversuch.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

Prof. Dr. Michael
Niedermeier,
Weingarten, BW

Themengebiet
Simulationstechnik

Projektpartner
Porsche AG, Stuttgart,
Deutschland

CFD-Simulation eines Raketen-Fallschirmsystems

Akademische Raumfahrtinitiative Schweiz

Diplomand



Fabio Hadorn

Problemstellung: Der Verein ARIS – Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz – nimmt am «Spaceport America Cup 2024» teil. Eine gebaute «Sounding Rocket» soll bis auf eine Höhe von 30'000 ft fliegen. Im Wettbewerb wird die Rakete separiert und muss mit einem Fallschirmsystem geborgen werden.

Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist es, die Möglichkeiten für Fallschirmsimulationen anzuwenden. Es gilt, einen Windkanaltest aus der vergangenen Bachelorarbeit [Senn 2022] virtuell abzubilden. Es sollen Erkenntnisse gesammelt und Empfehlungen abgegeben werden.

Es wird nach «Systems Engineering» für die Betrachtung der Gesamtmision gearbeitet. Eine Ablauforganisation wird als Unterstützung erstellt. Während der CFD-Simulation wird nach den erlernten Schritten in dem Modul «Virtuelles Entwickeln 7» vorgegangen.

Ergebnis: Das Erstellen des virtuellen Modells teilt sich in die folgenden vier Schritte auf:

1. Vermessung des Fallschirmmusters
2. Anwendung von Normen
3. Mögliche Bildmessungen
4. Erstellung des Simulationsmodells

Es werden sechs unterschiedliche Simulationsmodelle im Programm ANSYS-CFX erstellt und miteinander verglichen. Simuliert wird der Fallschirm in einem bestimmten vollständig geöffneten Bereich.

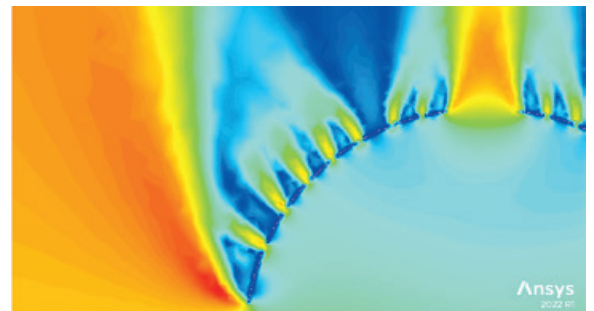
Das erste Fallschirmmodell wird mit dem vergangenen Windkanaltest (Testfall 3) aus der BA [Senn 2022], mit einer Abweichung von 0,26 % angenähert. Die vollständig wirkende Kraft auf den Fallschirm wird als Vergleichswert angewandt.

Die Mittelstütze befestigt den Fallschirm im Windkanal von RUAG. Diese wird in den Simulationsmodellen entfernt, um den Unterschied beurteilen zu können. Die Kraft auf den Durchmesser 1,5 m Fallschirm erhöht sich um 7,49 %.

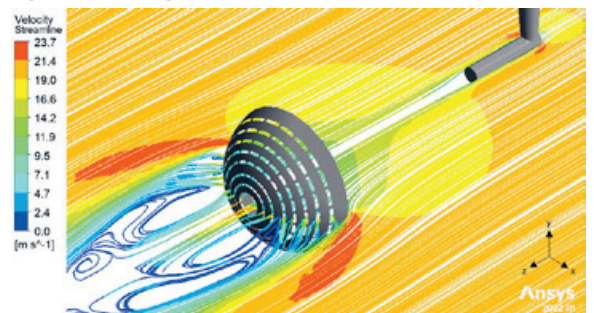
Ein grösserer Fallschirm mit einem Durchmesser von 3 m wird geplant. Dieser wird simuliert und mit dem kleineren Modell verglichen. Der Windkanal besitzt Wandbedingungen, welche im Freien entfallen. Im Vergleich dieser Unterschiede, besitzt der Fallschirm mit d 1,5 m eine Abweichung von -5,79 % und der d 3,0 m - 25,26%. Es wird empfohlen, den grösseren Fallschirm unter realen Bedingungen zu testen.

Eine Studie zur Erhöhung der Windgeschwindigkeit bis zum Versagen des Fallschirms sowie eine Geometrieanpassung ohne Entlüftung werden simuliert.

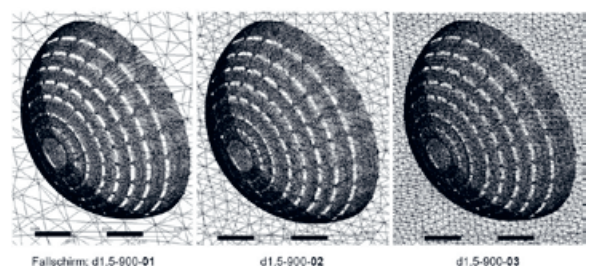
Fallschirm d1.5-900-03, Velocity plane 2 (ZX), 70 km/h, lokal, ANSYS 2022 R1, CFX-Post
Eigene Darstellung



Fallschirm d1.5-900-03, Velocity plane 2 (ZX), mit Befestigung, 70 km/h, lokal, ANSYS 2022 R1, CFX-Post
Eigene Darstellung



Netzstudie Fallschirm d1.5-900-01-02-03
ANSYS 2022 R1, Meshing
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Simulationstechnik, Produktentwicklung

Projektpartner

ARIS, Dübendorf, ZH

Elektrifizierung von Baumaschinen

Von der Idee zum funktionierenden Prototyp

Innovation 3 und 4 –
2021/2022

Ausgangslage: Die Elektrifizierungswelle erfasst auch den Antrieb von mobilen Baumaschinen. Wenn es aber um hohe Kraft und Robustheit gegen Stösse geht, bleibt die Hydraulik das Mass aller Dinge. Den Projektpartner EWELLIX, einen weltweit agierenden Entwickler und Hersteller von elektrischen Linearantrieben, stellt das vor bisher ungewohnte Herausforderungen. Das Entwicklungsprojekt mit der OST zeigt nun sehr grosses Zukunftspotenzial auf.

Vorgehen: Der Herausforderung, mit der sich EWELLIX konfrontiert sieht, stellten sich die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure des Studiengangs Maschinentechnik | Innovation im Rahmen des Entwicklungsprojektes.

In 10 Teams erarbeiteten die 70 Studierenden über zwei Semester zehn verschiedene Prototypen, welche auf unterschiedlichsten physikalischen Prinzipien zur Stossabsorption beruhen. Die geforderte Robustheit gegen Stösse bei gleichbleibender Steifigkeit wurde auf einem Prüfstand oder direkt auf einem von VOLVO zur Verfügung gestellten E-Bagger getestet.

Ergebnis: Die Verschiedenartigkeit der Ideen, Konzepte und Prototypen begeisterte die projektbegleitenden, sehr erfahrenen Ingenieure von EWELLIX sowie VOLVO ausserordentlich. Aus den 10 Prototypen konnten konkrete Ergebnisse für den Betrieb gewonnen werden. Der Bagger mit dem verbauten OST-Prototyp wurde in den folgenden zwei Semestern von einem ETH-Studierendenteam mit einer Steuerung und einer Augmented-Reality-Brille erweitert und mit drei Elektromotoren vollständig elektrifiziert.

Die ersten Tests von VOLVO und SUNCAR verliefen durchwegs positiv – zum Beispiel konnte ein Graben in einen stark verdichteten Untergrund gerissen werden, ohne Nachteile zum hydraulischen Antrieb zu erkennen. Erfahrungen zum Dauerbetrieb stehen noch aus. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass sich aus dem Projekt ein neuer, elektrischer Antriebsmechanismus bei Baumaschinen etabliert.

Auch wenn nicht alle Konzepte eine vollständige Machbarkeit vorweisen konnten, haben doch alle Gruppen ein beachtliches Ergebnis erreicht.

Referenten
Prof. Hanspeter Keel,
Prof. Dr. Albert
Loichinger

Themengebiet
Produktentwicklung

Projektpartner
EWELLIX, Liestal (CH),
Hauptsitz Göteborg
(SWE)

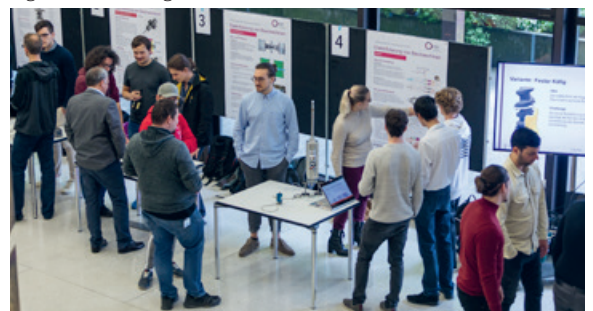
Abbildung 1: Zusammenbau der Prototypen
Eigene Darstellung



Abbildung 2: Erstmontage Prototyp noch ohne Motoreinheit
Eigene Darstellung



Abbildung 3: Abschlussevent mit Marktständen
Eigene Darstellung



Unsere Institute am Campus Rapperswil-Jona

IBU | Institut für
Bau und Umwelt
IBU Institut für Bau und Umwelt
ibu@ost.ch, www.ost.ch/ibu

INS | Institut für
Netzwerke und Sicherheit
INS Institut für Netzwerke und Sicherheit
laurent.metzger@ost.ch, www.ost.ch/ins

ICOM | INSTITUT FÜR
KOMMUNIKATIONSSYSTEME
ICOM Institut für Kommunikationssysteme
icom@ost.ch, www.ost.ch/icom

IPEK | Institut für Produktdesign,
Entwicklung und Konstruktion
IPEK Institut für Produktdesign,
Entwicklung und Konstruktion
elmar.nestle@ost.ch, www.ost.ch/ipek

IET | Institut für
Energietechnik
IET Institut für Energietechnik
iet@ost.ch, www.ost.ch/iet

IRAP | Institut für
Raumentwicklung
IRAP Institut für Raumentwicklung
gunnar.heipp@ost.ch, www.irap.ch

IFS | Institut für
Software
IFS Institut für Software
stefan.keller@ost.ch, www.ost.ch/ifs

iwk | INSTITUT FÜR WERKSTOFFTECHNIK
UND KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
IWK Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung
frank.ehrig@ost.ch, www.ost.ch/iwk

ikik | Institut für Kommunikation
und interkulturelle Kompetenz
IKIK Institut für Kommunikation und
Interkulturelle Kompetenz
stefan.kammhuber@ost.ch, www.ikik.ch

SPF | INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK
SPF Institut für Solartechnik
andreas.haeberle@ost.ch, www.ost.ch/spf

ilf | INSTITUT FÜR
LANDSCHAFT UND FREIRAUM
ILF Institut für Landschaft und Freiraum
ilf@ost.ch, www.ost.ch/ilf

UMTEC | INSTITUT FÜR UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK
UMTEC Institut für Umwelt- und
Verfahrenstechnik
umtec@ost.ch, www.ost.ch/umtec

ILT | Institute for Lab Automation
and Mechatronics
ILT Institut für Laborautomation
und Mechatronik
agathe.koller@ost.ch, www.ost.ch/ilt

werz | INSTITUT FÜR WISSEN
ENERGIE UND ROHSTOFFE ZUG
WERZ Institut für Wissen,
Energie und Rohstoffe Zug
werz@ost.ch, www.ost.ch/werz

IMES | Institut für Mikroelektronik
und Embedded Systems
IMES Institut für Mikroelektronik und
Embedded Systems
imes@ost.ch, www.ost.ch/imes

OST – Ostschweizer Fachhochschule
Studiengang Maschinentechnik | Innovation
Oberseestrasse 10
8640 Rapperswil
Switzerland

T +41 58 257 41 11
ost.ch/maschinentechnik



Rapperswil-Jona

