



Bachelorarbeiten 2022

Bachelor of Science in Maschinentechnik



Preisstifter für den Studiengang
Maschinentchnik | Innovation

AVAG, Thun

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. Dr. Hanspeter Gysin
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Diplomandinnen und Diplomanden,
geschätzte Industriepartner

Voller Stolz präsentieren wir Ihnen die Diplombroschüre des Studiengangs Maschinentechnik | Innovation. Die hier dargestellten Bachelorarbeiten stellen den Abschluss des Studiums dar und zeigen, welche komplexe und vielfältige Aufgabenstellungen unsere Studienabgänger nach nur drei Jahren Ausbildungszeit erfolgreich bearbeiten. Sowohl die Studierenden selbst als auch die Dozierenden, welche die Aufgaben stellten, waren äusserst froh, dass die Bachelorarbeiten wieder im normalen Modus ohne Corona-Einschränkungen durchgeführt werden konnten. Auf dem Weg zum Abschluss mussten die Studierenden hingegen mit vielen pandemiebedingten Einschränkungen umgehen, welche sie aber bravourös gemeistert haben. Diese Leistung verlangt höchsten Respekt.

Wir Dozierende freuen uns sehr, Ihnen alle Bachelorarbeiten 2022 des Studiengangs Maschinentechnik | Innovation in einem attraktiven Format zu präsentieren.

Die vorliegenden Ergebnisse der Arbeiten zeigen, dass

- die Ausbildung sehr praxisbezogen ist, sind doch die meisten Arbeiten an konkreten Fragestellungen aus der Industrie oder im Rahmen von Forschungsprojekten mit industriellen Partnern erstellt worden.
- die Diplomierten bewiesen haben, dass sie das Entscheidende gelernt haben: eine Aufgabe ingenieurmässig methodisch anzupacken und zum Erfolg zu führen. Kurz: aus Problemen Lösungen machen.

- die Diplomierten als gut ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure mit innovativen Lösungen einen Wettbewerbsvorteil in den Unternehmen schaffen können. Sie gehören zu den Wertschöpfern, die unserer Gesellschaft nachhaltig Arbeitsplätze und Wohlstand schaffen.

Die Studienabgänger können stolz auf ihren Abschluss sein. Gerade die Ausbildung an der Fachhochschule befähigt die Ingenieurinnen und Ingenieure, zielgerichtet Theorie und Praxis zu verbinden und so neue und tragfähige Lösungen zu erarbeiten. Dieser Jahrgang hat dies beim grossen Entwicklungsprojekt «Entfernung von Störstoffen aus Biomasse», bei dem verschiedenste physikalische Prinzipien angewandt und in funktionierende Prototypen umgesetzt wurden, beeindruckend bewiesen.

Wir können unsere Absolventen mit Genugtuung und voller Zuversicht in eine aussichtsreiche und vielfältige Berufswelt entlassen. Wir sind uns sicher, dass sie dort im wahrsten Sinne des Wortes einen konstruktiven Beitrag zu einer erfolgreichen Wirtschaft leisten werden.

Im Namen aller Dozentinnen und Dozenten wünsche ich unseren Diplomierten für ihre berufliche und private Zukunft alles Gute!

Rapperswil, im September 2022

Prof. Dr. Hanspeter Gysin
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

Überblick

Referentinnen und Referenten

- 19 | 27 | 28 | 34 | 35 Prof. Dr. Gion Andrea Barandun
- 61 Prof. Dr. Benno Bucher
- 16 Prof. Ulrich Büse
- 20 | 24 | 26 | 32 | 33 Prof. Dr. Frank Ehrig
- 17 Prof. Dr. Markus Friedl
- 14 Prof. Stefan Grätzer
- 49 Prof. Dr. Hanspeter Gysin
- 12 | 41 Prof. Michael Hubatka
- 21 | 23 | 42 | 63 Prof. Dr. Pierre Jousset
- 45 | 50 | 55 | 65 Prof. Hanspeter Keel
- 10 | 39 Prof. Dr. Agathe Koller
- 43 | 46 | 47 | 52 | 65 Prof. Dr. Albert Loichinger
- 15 | 48 | 51 | 54 | 57 Prof. Dr. Elmar Nestle
- 36 | 44 | 56 | 60 | 64 Prof. Dr. Felix Nyffenegger
- 18 | 53 Prof. Dr. Mohammad Rabiey
- 22 | 25 | 29 | 58 | 59 Prof. Daniel Schwendemann
- 9 | 11 | 13 | 37 | 38 | 40 Prof. Dr. Dejan Šeatović
- 30 | 31 | 62 Prof. Dr. Mario Studer

Überblick

Korreferentinnen und Korreferenten

53	Stefano Capparelli
10 39	Dr. Alain Codourey
17	Lutz Decker
43 46 47 52	Dr. Fabian Eckermann
36 44 56 60 64	Marco Egli
49	Prof. Dr. Hans Gut
9 11 13 37 38 40	Pavel Jelinek
58 59	Martin Klein
45 50 55	Dr. Jürg Krauer
20 24 26 32 33	Christian Kruse
18	Dr. Fredy Kuster
22 25 29	Frank Mack
30 31 62	Daniel Marty
14 41	Nik Marty
61	Dr. Jürg Neuenschwander
19 21 23 27 28 34 35 42 63	Prof. Dr. Michael Niedermeier
12	Dr. Antje Rey
15 48 51 54 57	Robert Spasov
16	Silvio Waldmeier

Überblick

Themen

Automation & Robotik

- 9 Eagle Eye II, a RGB Camera System for an UAV
- 10 Einsatz der Bildverarbeitung im Pipettier-roboter
- 11 High-Speed & High-Resolution Tunnel Surveying System
- 12 Identification and Control of Permanent Magnet Synchronous Motors

Automation & Robotik, Mechatronik und Automatisierungstechnik, Produktentwicklung

- 13 Entwicklung einer Messmaschine
- 14 Tangram-Assembler

Betriebsführung & Instandhaltung

- 15 Zustandsanalyse eines Brückenkrans im Stahlwerk
- 16 Schmelzetemperatur-Messung an einem SLS-System und Korrelation der gemessenen Werte

Energie- und Umwelttechnik

- 17 Saisonale Energiespeicherung

Fertigungstechnik, Kunststofftechnik

- 18 Vergleich von Kühl- und Schmiersystemen bei der Zerspanung von CFK

Konstruktion und Systemtechnik, Kunststofftechnik

- 19 Kopplung eines autonomen Ultraschall-Inspektionsroboters an Flugzeugstrukturen

Kunststofftechnik

- 20 3D-gedruckte Werkzeugeinsätze für das Umspritzen von Kabelsteckern
- 21 Automatisierung des Herstellprozesses von Schutzmasken
- 22 Entwicklung einer Messmethode zur Charakterisierung der Schmelzestabilität

- 23 Entwicklung einer Rotationsschweissanlage für thermoplastische Kunststoffe

- 24 Entwicklung einer Sektorscheibe

- 25 Entwicklung eines Inline-Rheometers für Schmelzklebstoffe

- 26 Konstruktion eines 4fach-Heisskanalwerkzeugs zur Heisskanal-Balancierung

- 27 Konstruktion und Materialisierung eines Bootsrumpfes zur Teilnahme am 1001VELACup

- 28 Leichtbau-Hüftmodul Enhanced Hybrid

- 29 Oberflächenevaluation von Profilen

- 30 Validierung eines Prozessmodells für die Schwindungsprognose beim Spritzgiessen

- 31 Werkzeugtemperaturregelung beim Spritzgiessen mittels Engel e-Flomo

Kunststofftechnik, Energie- und Umwelttechnik

- 32 Nachhaltige Alternativkunststoffe zu Polystyrol für das Nestable Tip Rack

Kunststofftechnik, Fertigungstechnik

- 33 Im Spritzgiesswerkzeug aufgebrauchte individuelle Wasserzeichen für Kunststoffbauteile
- 34 Fahrrad-Kurbel mit Leichtbaupotential

Manufacturing Technology, Plastics Technology

- 35 Optimization of Prepreg Manufacturing with Inflatable Bladder Process

Maschinenbau-Informatik, Simulationstechnik, Produktentwicklung

- 36 Smart Boating Plattform

- 37 Sensor System for Excavator Tasks Monitoring

Mechatronik und Automatisierungstechnik

- 38 Messzelle Industrie 4.0

- 39 Reinigungs- & Trocknungsmodul für Glaskanten-Inspektion

Mechatronik und Automatisierungstechnik,
Konstruktion und Systemtechnik

- 40 Prüfstand für Führungssysteme

Mechatronik und Automatisierungstechnik,
Simulationstechnik

- 41 Laborversuch für digitale Regler

Plastics Technology, Product Development

- 42 Yarn connections in knitting

Produktentwicklung

- 43 Abgabestation für die Schneeförderung

- 44 Auslegung vom laufenden Gut eines
Segelbootes zur Teilnahme am
1001VELACup

- 45 Digitalisiertes Nachrüst-Kit für
Fitnessgeräte

- 46 Energieeffizientes Klärwerk

- 47 Glasfasereinzug zur erleichterten Verle-
gung von Glasfaserkabeln

- 48 Konzeptentwicklung Absaugung
Giessanlage

- 49 Kraftmessvorrichtung für eine Dosen-
schweissmaschine

- 50 Leitfaden für Bergungssystem eines
Raumflugkörpers

- 51 Leitwalzen in der Textilindustrie

- 52 Vela Cup 2022: Schwert und Ruder

- 53 Verbesserung Masshaltigkeit in der LMD
Fertigung

Produktentwicklung, Betriebsführung &
Instandhaltung

- 54 Entwicklung eines Rapid-Assessment-
Tools für TPM

Produktentwicklung, Energie- und Umwelttechnik

- 55 Hydraulischer Mikrogenerator für IoT
Anwendung

Produktentwicklung, Konstruktion und
Systemtechnik

- 56 Aufbau von Konfigurationswissen anhand
des Sortier Legoroboter

- 57 Automatisierung eines Depalettierers für
Dosen

- 58 Einrichtung zum Dosieren und Nachfüllen
von Schokoladenpellets

- 59 Biege- und Knickverhalten von mehr-
schichtigen Rohren

- 60 Nachhaltigkeit und Innovation im
Bootsbau

Sensorics, Construction and System Technology

- 61 Conceptualization and realization of thin
film thermocouples

Simulationstechnik

- 62 Modellierung des thermomechanischen
Verhaltens einer Leiterplatte

Simulationstechnik, Fertigungstechnik

- 63 Auslegung einer Sonotrode zum Ultra-
schallschweißen von Kunststoffbauteilen

Simulationstechnik, Maschinenbau-
Informatik

- 64 Simulationsbasiertes Machine Learning

Produktentwicklung

- 65 Entfernung von Störstoffen aus dem
Kompost

Überblick

Bachelors, Diplomandinnen und Diplomanden

20	Agner Dario	17	Jenni Elia
47	Akkaya Semih	24	Jäger Fabian
54	Andri Nico	28	Keller Luca
53	Bachmann Simon	57	Kühne Marc
55	Barelli Nicola	27	Lechmann Andri
41	Betschart Marco	44	Linganesan Sanjayan
22	Biedermann Raffael	36	Megert Yvo
23	Dubravac Josip	61	Meili Kevin
38	Eberhart Samuel	64	Merville Carl Christopher
26	Eicher Silvan	35	Mörgeli Camil
31	Errico Danilo	45	Müller Chris
63	Fasser Tim	62	Müller Dominik Moritz
11	Federer Ivo	13	Müller Silas
42	Funk Tobias	39	Niklaus Cédric
58	Furrer Yannick	40	Plüss Florian
48	Giordanetto Fabio	16	Reichlin Ramon
60	Grigoli Ivo	14	Ruoss Toni
9	Grob Gian	12	Schilter Lorenz
46	Güpfert Manuel	56	Schwarzenbach Benedikt
52	Hagen Cyrill	50	Senn Adrian
37	Hartman Robin	25	Strickler Gian
59	Haug Sven	29	Tuzzolino Giuliano
19	Heimo Philip	32	Tönz Silvio
34	Hensler René	51	Voser Lenny
43	Hermann Andreas	21	Wanner Remo
30	Hofer Lukas	10	Wüthrich Marc
18	Huber Tom	49	Yurtsever Ethem Melik
33	Hunziker Marc	15	Zweifel Hansruedi

Eagle Eye II, a RGB Camera System for an UAV

Diplomand



Gian Grob

Problemstellung: Mit wachsender Bevölkerung steigt auch die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten. Eine Hürde für die reibungslose Bewirtschaftung eines Feldes ist zum Beispiel die Unkrautbekämpfung. Der wirtschaftlichste Ansatz heutzutage für die Behandlung von Unkraut ist der Einsatz von Herbiziden in grossen Mengen.

Um dem Trend von Umweltbewusstsein und Effizienzsteigerungen gerecht zu werden, bietet sich als Lösung die Automation und Robotik bestens an. Damit soll erreicht werden, dass Herbizid nur an mit Unkraut behafteten Stellen mit einer genau definierten Dosis angewendet wird.

Aufgabenstellung: Damit das Unkraut lokalisiert werden kann, muss eine Kamera zuerst ein Bild von dem Feldabschnitt machen, in dem man das Unkraut behandeln will. Danach kann mithilfe von Deep Learning und speziellen Algorithmen Unkraut mit hoher Sicherheit auf dem Bild identifiziert werden. Die Aufgabe ist, eine Plattform zu erstellen, die es ermöglicht, mit der Kamera Abschnitte des Feldes aus einer Höhe von etwa 18 Metern zu fotografieren. Dabei soll auf dem Bild die Position der Kamera mit GPS-Koordinaten vermerkt werden. Dies dient dazu, das Unkraut zu lokalisieren und nachfolgend die Behandlungsmaschine an entsprechende Stelle zu schicken. Zusätzlich soll die Kamera mehrere Feldabschnitte innert kürzerer Zeit fotografieren können. Der ganze Ablauf vom Starten des Systems mit Fotografieren des Feldes bis zur Behandlung mit der Maschine soll automatisierbar sein.

Vorgehen/Technologien: Als Plattform für die Kamera eignet sich bei dieser Aufgabe eine Drohne bestens. Eine Drohne ist flexibel, kann autonom fliegen und dennoch genügend Gewicht tragen.

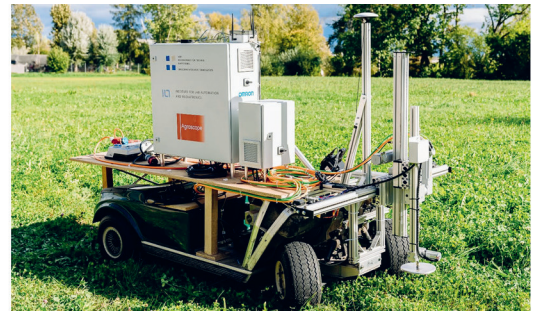
In diesem Projekt kommt ein Drohnen-Frame zum Einsatz, auf dem die Komponenten modular aufgebaut werden können. Dieser Ansatz begünstigt auch die Einbettung der Drohne in den Automatisierungsprozess, da die Komponenten, wie zum Beispiel ein Microcontroller, selbst gewählt werden können. Der Flightcontroller ist mit der Software PX4 ausgerüstet, einem Open-Source-Autopilotensystem für jegliche RC/Drohnen-Anwendungen.

Damit eine zusätzliche Payload von etwa acht Kilogramm möglich ist, wird ein Hexacopter von 1,2 Metern Durchmesser mit sechs bürstenlosen Gleichstrom-Motoren verwendet. Das GPS-System besteht aus zwei Antennen, einer für die Satelliten- und einer für die Bodenstation-Verbindung (für höhere Genauigkeiten). Die Genauigkeit beträgt ungefähr ein bis zwei Zentimeter. Ein 3-Achsen-Gimbal stabilisiert die Kamera, damit diese immer senkrecht nach unten schaut. Als Kamera wird eine Canon EOS M6 II mit

dem Objektiv Canon EF-M eingesetzt. Zur Energieversorgung stehen zwei grosse LiPo-Akkumulatoren mit je 22 000 mAh zur Verfügung, die die Drohne für etwa eine halbe Stunde in der Luft halten können.

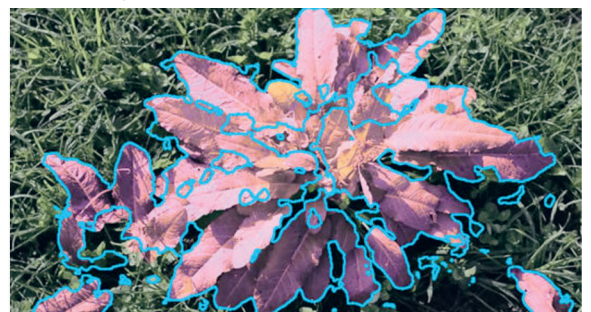
Behandlungsmaschine für Unkrautbekämpfung [ILT - Robotik in der Landwirtschaft]

ost.ch/de/projekt/robotik-in-der-landwirtschaft-939 [Bild 2]



U-Netz-basierter Segmentierungsalgorithmus zur Erkennung von Unkraut [ILT - Robotik in der Landwirtschaft]

ost.ch/de/projekt/robotik-in-der-landwirtschaft-939 [Bild 3]



CAD-Modell der Drohne [Eigenkreation]

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik

Einsatz der Bildverarbeitung im Pipettierroboter

Diplomand



Marc Wüthrich

Einleitung: Zur automatisierten Probenverarbeitung in Life Science werden häufig Pipettierroboter eingesetzt. Zur definierten Zusammenführung unterschiedlicher Flüssigkeiten, werden Platten mit Vertiefungen («Wells») verwendet. Diese Platten werden aufgrund der Geometrie und Abmasse der Wells in Mikrotiterplatten, PCR-Platten und Deepwellplatten unterteilt. Aktuell werden Platten mit 96 Wells von Pipettierrobotern verarbeitet. Da der Markt der «Life Science»-Branche zu immer kleineren Flüssigkeitsmengen tendiert, wird die Verarbeitung von Platten mit höheren, kleineren Kavitäten bei schnelleren Verarbeitungsgeschwindigkeiten des Pipettierroboters gefordert. Die Flüssigkeiten werden dabei «on the fly», das heisst während der Bewegung des Roboters, abgegeben. Dieser Prozess erfordert eine hohe Treffsicherheit der Pipettiereinheiten gegenüber den Platten.

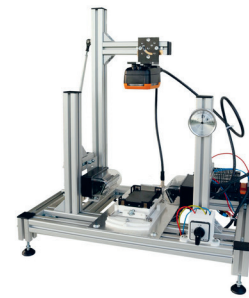
Problemstellung: Die Platten werden mit mechanischen Vorrichtungen in Position gehalten. Die mangelnde Genauigkeit dieser Träger führt zu Schwierigkeiten, wenn es darum geht, Platten mit hoher Dichte (384 und 1536 Wells) zu befüllen. Ebenfalls problematisch ist bei hohen Kavitäten die Referenzierung der Roboterachsen zum Arbeitstisch. Ein Ansatz, um die geforderten Genauigkeiten zu erreichen, ist die Korrektur der Position mittels Bildverarbeitung. Im «Closed Loop» bietet dieser Ansatz ebenfalls die Möglichkeit, Fehler beim Pipettieren und erforderliche Positionsänderungen der Pipettierkanäle zu erkennen und zu korrigieren. Ziel dieser Arbeit ist, mit einem Bildverarbeitungssystem einen separaten Testaufbau und die dazugehörige Software zur Erkennung von Plattentypen, Flüssigkeiten, Barcodes und der Koordinaten und Ausrichtung der Well-Kavitäten zu entwickeln und zu realisieren. Am Testaufbau sollen ebenfalls mögliche Störeinflüsse, welche auf den Bildverarbeitungsprozess wirken können, untersucht werden.

Ergebnis: Erste Ergebnisse zeigen, dass die Anforderungen durch die Einbindung vorprogrammierter Algorithmen zur Bildanalyse, sogenannter «Vision Functions», in die Software grösstenteils erfüllt werden können. Die Mehrheit der Plattentypen, Barcodes sowie die Wells zur Bestimmung der Koordinaten und Ausrichtung lassen sich mit der erforderlichen Genauigkeit zuverlässig erkennen. Problematisch beim Verarbeiten schwarzer, weisser, transparenter und milchig transparenter Platten ist die Unterscheidung von Platten derselben Farbe mit ähnlichen Well-Kavitäten. Eine weitere Herausforderung stellt die Erkennung von transparenten Flüssigkeiten auf transparenten Platten trotz Infrarotbeleuchtung dar. Der Bildverarbeitungsprozess ist

dank der sehr hellen Beleuchtung und deren präzisen Auslösung während des Bildeinzugs relativ resistent gegen Störlicht. Zudem werden durch schnelle Verarbeitungszeiten der «Vision Functions» kurze Taktzeiten ermöglicht.

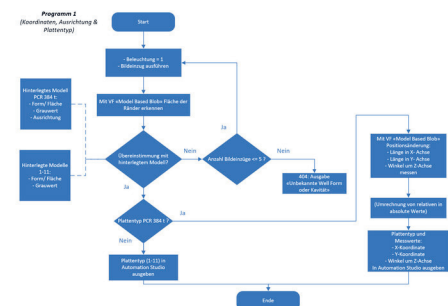
Testaufbau

Eigene Darstellung



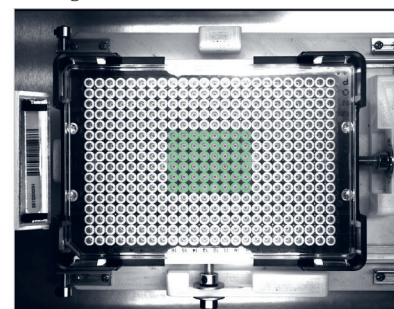
Programmablaufplan Teilprogramm «Koordinaten, Ausrichtung und Plattentyp»

Eigene Darstellung



Bildeinzug der Plattenerkennung

Eigene Darstellung



Referentin

Prof. Dr. Agathe Koller

Korreferent

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

Themengebiet

Automation & Robotik

Projektpartner

Hamilton Bonaduz AG,
Rapperswil, SG

High-Speed & High-Resolution Tunnel Surveying System

Diplomand

Ivo Federer

Ausgangslage: Im Tunnelunterhalt müssen regelmäßige Inspektionen zur Erkennung möglicher Schäden an der Tunnelstruktur vorgenommen werden. Dies geschieht bisher manuell oder mit Laserscannern. Um den Arbeitsaufwand zu verringern und hochauflösende RGB-Bilder der Tunneloberfläche zu erhalten, soll in Zusammenarbeit mit der Firma Amberg Technologies AG ein Kamerasystem entwickelt werden. Dieses soll mithilfe einer Zeilenkamera eine hochauflösende 360-Grad-RGB-Aufnahme der Tunneloberfläche machen. Das System soll bis zu einer Aufnahmegeschwindigkeit von 80 km/h funktionieren. Es soll ein Versuchsaufbau erstellt werden, um die Machbarkeit einer Tunnelinspektionsvorrichtung aufzuzeigen. Weiter soll dieser Versuchsaufbau in Betrieb genommen sowie getestet werden

Vorgehen: Es wird ein Kamerasystem, welches Beleuchtung, Kamera, Objektiv, Steuerung sowie Bildauswertung umfasst, ausgelegt und aufgebaut. Weiter wird ein Versuchsaufbau mit einem rotierenden Muster zum Testen gebaut. Der Versuchsaufbau wird so vereinfacht, dass der Aufnahmewinkel statt 360 Grad nur noch ca. 30 Grad beträgt. Die geforderte Aufnahmegeschwindigkeit wird jedoch erreicht. Wegen der fehlenden Produkteverfügbarkeit kann die Anforderung der RGB-Aufnahme im Versuchsaufbau nicht umgesetzt werden.

Durchgeführte Versuche mit dem Versuchsaufbau:

- Aufnahmen mit verschiedenen Testmustern auf Papier normal zur Testoberfläche mit verschiedenen Drehzahlen, Blenden- und Kameraeinstellungen
- Vergleich der Intensität der Reflexion an der Testvorrichtung in verschiedenen Aufnahmewinkeln
- Vergleich der Reflexion der Testmuster auf Papier mit einer Steinoberfläche
- Untersuchung des Abstrahlverhalten der Beleuchtung
- Vergleich der Messungen mit der Berechnung aus der Auslegung des Kamerasystems

Ergebnis: Mit den gemachten Versuchen kann gezeigt werden, dass es möglich ist, bei der geforderten Geschwindigkeit brauchbare monochrome Aufnahmen zu machen. Jedoch haben die Bilder noch einen relativ geringen Kontrast. Die Machbarkeit mit einem RGB-Sensor kann aus Gründen der fehlenden Produkteverfügbarkeit nicht direkt aufgezeigt werden. Die Messungen können jedoch als gute Vergleichsgrösse für weitere Entwicklungsschritte gebraucht werden. Eine Optimierung der Beleuchtung scheint die beste und einfachste Lösung zu sein, um die Leistung des Kamerasystems signifikant zu verbessern.

Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik

Projektpartner

Amberg Technologies
AG, Regensdorf-Watt,
ZH

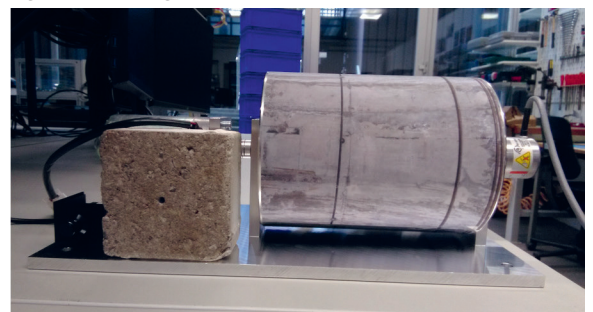
Versuchsaufbau

Eigene Darstellung



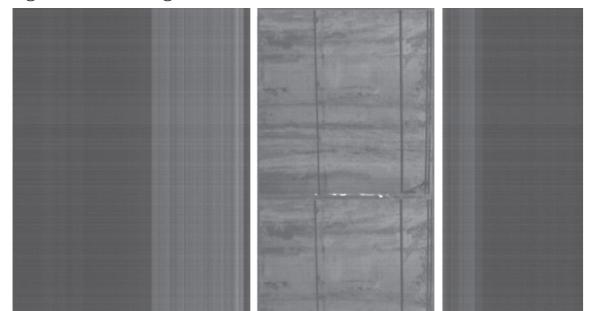
Testmuster

Eigene Darstellung



Aufnahme des Testmusters bei 3200 U/min

Eigene Darstellung



Identification and Control of Permanent Magnet Synchronous Motors

Hardware-in-the-Loop implementation and testing of FOC and PMSM parameter identification

Diplomand



Lorenz Schilter

Einleitung: Diese Bachelorarbeit wurde im Rahmen eines Auslandssemesters in Aalborg, Dänemark, in Englisch geschrieben.

Damit PMSM (=Permanentmagnet-Synchronmotor) richtig betrieben werden können, müssen die Parameter des Motors bekannt sein. Deshalb sollen zum Identifizieren keine externen Messmittel benutzt werden und soll nichts an der Verdrahtung des Hardware-in-the-Loop-Setups der dortigen Schule geändert werden.

Ergebnis: Mit einem DC-Test wird versucht, den Widerstand zu ermitteln. Mit einem Pseudo-Random-Binary-Signal wird das System angeregt, um die Induktivität und den Widerstand zu schätzen. Ausgewertet wird mit Recursive Least Square und Levenberg-Marquardt. Mit einem backEMF-Test wird die magnetische Flusskonstante berechnet. Die geschätzten Werte sind ungenau.

Es wird vermutet, dass bessere Werte erreicht werden, wenn nur ein Parameter auf einmal geschätzt wird.

Effekte, welche nicht durch das Modell abgebildet werden, könnten zusätzliche Fehler verursachen. Weiter wurden feldorientierte PI-Regler ausgelegt. Zwei für die Ströme und einer für die Geschwindigkeit. Diese wurden mit der Simulation verglichen. Das Hardware-in-the-Loop-Setup konnte nicht mit denselben Parametern betrieben werden.

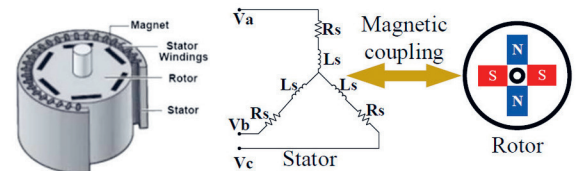
Hardware-in-the-Loop-Setup

Eigene Darstellung



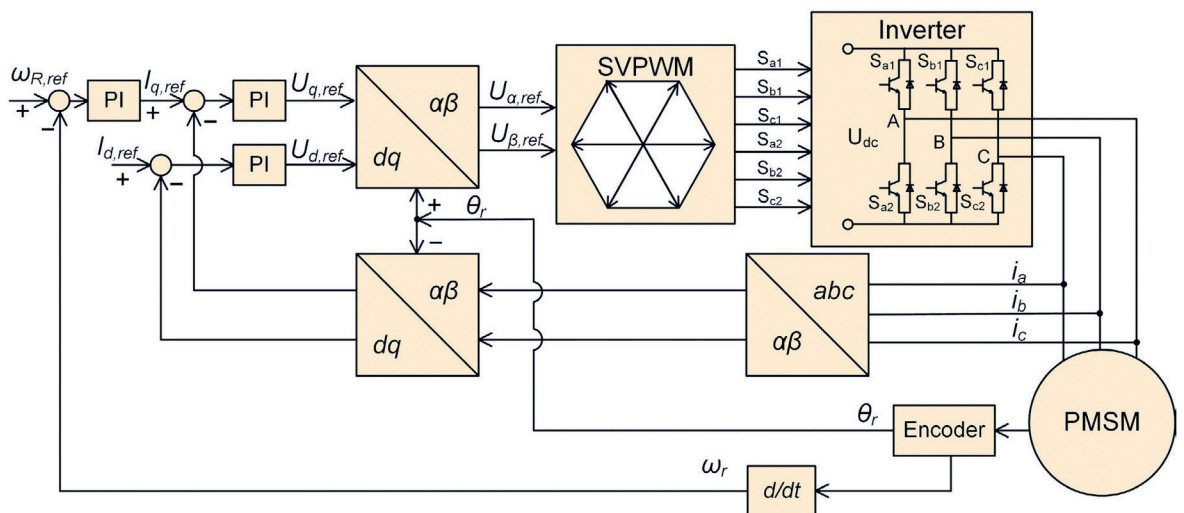
Permanentmagnet-Synchronmotor

N. Kongchoo et al., Mathematical Model of PMSM



Schema FOC (=Field Oriented Control)

Z. Q. Zhu et al., Online Parameter Estimation for PMSM



Referent

Prof. Michael Hubatka

Korreferentin

Dr. Antje Rey, E. Blum & Co. AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik

Projektpartner

University College of Northern Denmark, Aalborg, Dänemark

Entwicklung einer Messmaschine

zur Ermittlung der Radialkraft von Klemmen im Low-Force Bereich

Diplomand



Silas Müller

Einleitung: Die Firma Oetiker Schweiz AG in Horgen ZH stellt Verbindungselemente wie Klemmen, Schellen und Ringe für diverse Anwendungen her. Diese Verbindungselemente werden mit spezifischen Messmethoden getestet. Anhand der ermittelten Daten können Kunden die passende Lösung für ihre Anwendung auswählen. Für zukünftige Produkte soll eine zusätzliche Messmaschine entwickelt werden, welche die Messmöglichkeiten im Low-Force-Bereich erweitert.

Ziel der Arbeit: Es soll eine Messmaschine geplant, konstruiert und programmiert werden, welche es ermöglicht, die wirkende Radialkraft einer Klemme auf ein Abbindegut zu ermitteln. Dabei soll die wirkende Kraft bei unterschiedlichen Klemmengrößen unter spezifizierten Bedingungen ermittelt werden.

Vorgehen: Als Erstes mussten die Anforderungen und Rahmenbedingungen des Projekts vereinbart werden. Anschliessend konnten anhand einer Literaturrecherche diverse Sensortechnologien ausfindig gemacht werden, welche es ermöglichen, die Messdaten zu erheben. Um sowohl die Kraft- als auch die Deformationsmessung durchzuführen, wurden die verschiedenen Sensortechnologien paarweise zu vier Konzepten kombiniert. Diese Konzepte wurden anhand einer Nutzwertanalyse gegeneinander verglichen, und somit konnte die passendste Lösung für die Problemstellung ermittelt werden. Anschliessend musste eine Konstruktion erstellt werden, welche es ermöglicht, die gewünschten Daten zu erfassen. Diese erfassten Daten wurden anschliessend in einer SPS-Steuerung verarbeitet.

Diverse Spannschellen

www.oetiker.com



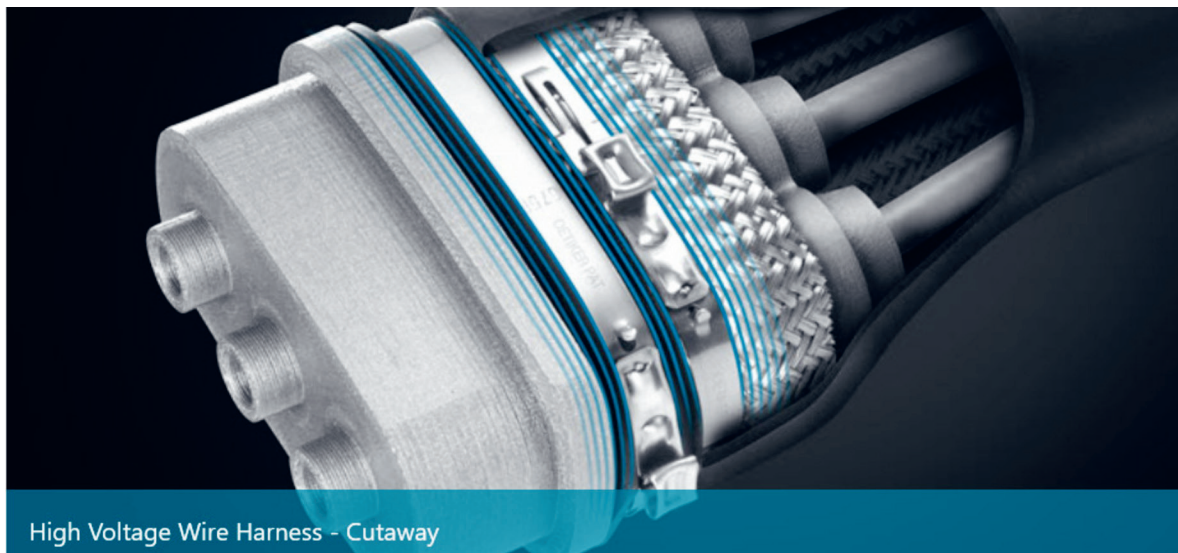
Pneumatische Zange Oetiker ME mit Pistolengriff

www.oetiker.com



Klemmen von Oetiker im Einsatz

www.oetiker.com



High Voltage Wire Harness - Cutaway

Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungstechnik,
Produktentwicklung

Projektpartner

Oetiker Schweiz AG,
Horgen, ZH

Tangram-Assembler

Entwicklung und Realisierung eines automatischen Pick & Place Systems

Diplomand



Toni Ruoss

Einleitung: Um den Studierenden der OST am Standort Rapperswil die Möglichkeit zu bieten, Erfahrungen im Bereich Automatisierung und Industrie 4.0 zu sammeln, wird die Plattform Tangram-Assembler ins Leben gerufen. Ziel der Anlage ist es, Tangramfiguren aus den einzelnen Teilen vollautomatisch zu platzieren. Dabei gibt es diverse Erweiterungsmöglichkeiten, zum Beispiel eine automatische Zuführung, ein automatisches Verpacken der fertigen Bauteile, eine Qualitätssicherung mittels Bilderkennungssoftware, eine Anbindung an ein ERP-System, Optimierungen der Verfahrenswege mit Machine Learning sowie viele weitere.

Vorgehen / Technologien: Das Projekt erstreckt sich von der Projektplanung über die Klärung der Aufgabenstellung, die Konstruktion und Beschaffung aller Bauteile, die Fertigung und Montage der einzelnen Komponenten bis hin zur Softwareerstellung und Inbetriebnahme der Anlage. Dabei werden Entwicklungsumgebungen eingesetzt, die auf dem neuesten Stand der Technik sind, um die Kompatibilität auch bei zukünftigen Erweiterungsprojekten zu gewährleisten.

Die Pick-and-Place-Aufgabe wird von einem Raumportalsystem mit Servomotoren bewältigt. Die Steuerung der Anlage wird mit einem Beckhoff-PC und mehreren Servoantriebsreglern realisiert.

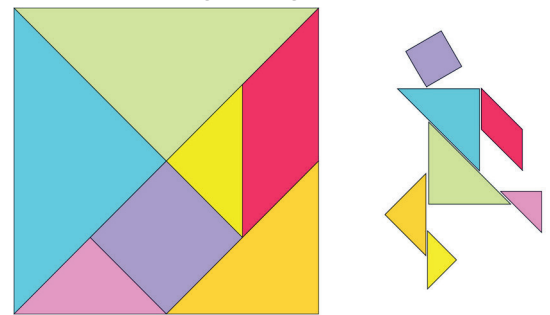
Ergebnis: Da im Frühjahr 2022 die Situation auf den Beschaffungsmärkten sehr angespannt ist, kann das Raumportal nicht termingerecht geliefert werden. Aus diesem Grund erfolgt die Inbetriebnahme anhand eines Digital Twin. Dies ermöglicht das ausführliche Testen des Zusammenspiels von Visualisie-

rung, Software und der Anlage ohne das Risiko einer Kollision oder sonstiger Schäden.

Das Ergebnis ist eine funktionierende und verständliche Software mit einem intuitiven User-Interface, welches die virtuelle Anlage betreibt und diverse Tangramfiguren der Reihe nach positionieren kann.

Tangram und gelegte Figur

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



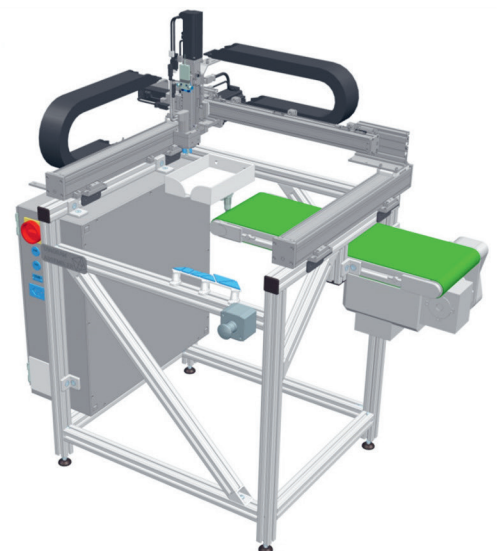
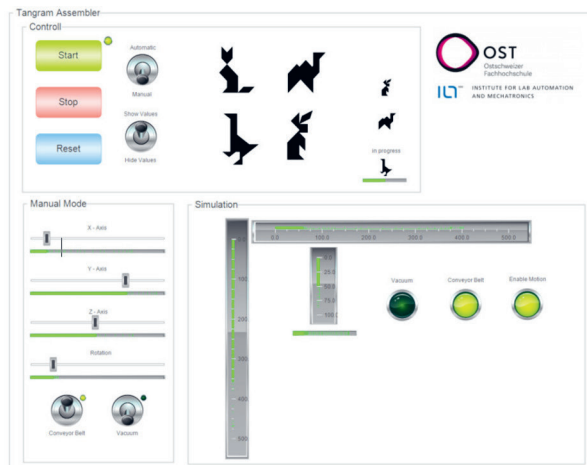
Schaltschrank im CAD und montiert am Gestell

Eigene Darstellung



Digital Twin mit User-Interface und 3-D-Modell

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Stefan Grätzer

Korreferent

Nik Marty, Zaugg
Maschinenbau AG,
Boniswil, AG

Themengebiet

Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungstechnik,
Produktentwicklung

Zustandsanalyse eines Brückenkrans im Stahlwerk

Diplomand



Hansruedi Zweifel

Problemstellung: Die Steeltec AG betreibt in ihrem Stahlwerk in Emmenbrücke mehrere Krananlagen aus dem letzten Jahrhundert. Darunter befindet sich auch ein 100t-Brückenkran aus dem Jahre 1968, welcher mehrmals täglich zur Befüllung des Ofens mit Stahlschrott verwendet wird.

Aufgrund der Relevanz der Anlage für den Produktionsbetrieb wünscht sich der Betreiber eine Risikobewertung anhand des aktuellen Stands der Technik. Ziel der Arbeit ist es nun, auf Basis von systematischen Analysen eine Abschätzung der Restlebensdauer durchzuführen und Handlungsempfehlungen für den weiteren Instandhaltungs- und Wartungsbetrieb der Krananlagen zu erarbeiten.

Vorgehen: Zu Beginn sollen die durchlaufenen Lastzyklen über die Einsatzdauer der Krananlage ermittelt und die daraus resultierenden Lastkollektive abgeleitet werden.

Danach wird ein CAD-Modell des Brückenkrans erstellt, welches anschliessend in einer FEM-Analyse auf dessen Belastungen sowie Schwachstellen geprüft wird.

Um die FEM-Ergebnisse zu validieren, werden Messungen am realen Objekt mit Dehnmessstreifen zur Bestimmung der in der Stahlkonstruktion auftretenden Verformungen durchgeführt. Unterstützend dazu werden Messungen mit einer robotischen Totalstation zur Validierung der Durchbiegung getätigt.

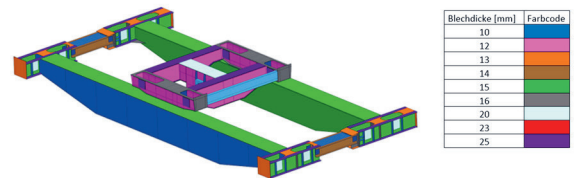
Aus den überarbeiteten Simulationsergebnissen wird dann die Restlebensdauer abgeschätzt und werden Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Ergebnis: Durch die FEM-Analyse konnten die Schwachstellen identifiziert und konnte die Restle-

bensdauer abgeschätzt werden. Diese befindet sich in einem unkritischen Bereich, und mit regelmäßigen Kontrollen der Schwachstellen kann der Brückenkran weiterhin betrieben werden.

CAD-Modell

Eigene Darstellung



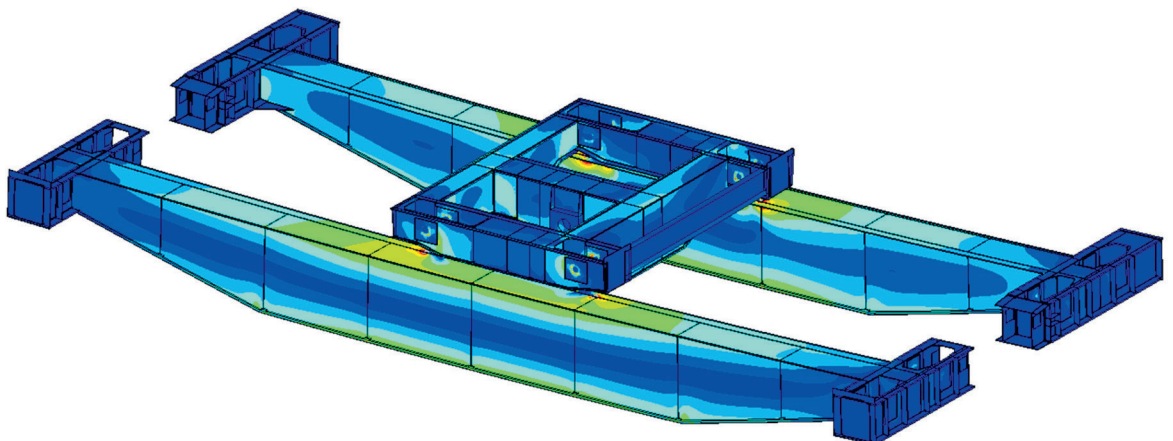
Eindrücke von den Messungen vor Ort

Eigene Darstellung



FEM-Simulation (Von-Mises-Vergleichsspannung)

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

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

Themengebiet

Betriebsführung &
Instandhaltung

Projektpartner

Steeltec AG,
Emmenbrücke, LU

Schmelzetemperatur-Messung an einem SLS-System und Korrelation der gemessenen Werte

mit der Schmelzviskosität per MVR- und Rotations-Viskosimeter-Messung

Diplomand



Ramon Reichlin

Ausgangslage: Das selektive Lasersinter (SLS) ist ein additives Fertigungsverfahren für Kunststoffe, bei dem der Werkstoff in Pulverform in Schichten aufgetragen wird. In jeder Schicht wird die jeweilige Schnittfläche des Bauteils durch den Laser aufgeschmolzen, so entsteht Schicht für Schicht ein Bauteil. Für die Bauteilqualität ist die Temperatur der Schmelze ein relevanter Parameter. Im Moment ist für die Herstellung von SLS-Bauteilen viel Erfahrung nötig, da der Prozess nicht ausreichend erforscht ist. Um genauer zu verstehen, wie sich die Eingabeparameter auf die Bauteile auswirken, wurden in dieser Arbeit die Schmelzetemperatur im SLS-Prozess und ihre Korrelation zu Schmelzeviskositätswerten untersucht. Mit den Erkenntnissen soll eine höhere Prozesssicherheit erreicht werden. Zu diesem Zweck wurde bereits eine Bachelorarbeit durchgeführt, die dieser Arbeit teilweise als Grundlage dient («Entwicklung einer Temperaturverteilung und Schmelzetemperatur-Messung für ein SLS-System mittels integriertem IR-Messgerät» von Jonas Burkhardt).

Vorgehen: Für diese Arbeit wurde im Fachbereich additive Fertigung des IWK eine Infrarotkamera des Modells Optris PI640 angeschafft. Mit dieser Kamera sollen die Schmelzetemperaturen im Bauprozess einer EOS-Formiga-P110-Velocis-SLS-Anlage gemessen werden. Für die Umsetzung konnten die Grundlagen aus der Bachelorarbeit von Jonas Burkhardt verwendet werden, es musste jedoch eine komplett neue Kamerahalterung (Bild oben) entwickelt werden. Mit der Messvorrichtung konnten die Schmelzetemperaturen bei unterschiedlichen Belichtungsparametern gemessen werden. Die Messwerte sollten in Korrelation mit den Materialeigenschaften des Bauteils und der MVR-Werte der Schmelze betrachtet werden. Zu diesem Zweck wurden Zugstäbe nach ISO 527-1 hergestellt und geprüft. Im mittleren Bild ist zu sehen, wie die das Belichten der Zugstäbe mittels Infrarotkamera betrachtet werden kann. Auf diese Weise konnten die Zugfestigkeiten der unterschiedlich belichteten Bauteile festgestellt werden. Mittels Kapillarrheometrie wurden die MVR-Werte ermittelt. Des Weiteren werden dynamische Differenzkalorimetrie(DSC)-Analysen durchgeführt. Mit dieser Methode wird das Aufschmelzverhalten von Neu-, Alt- und Mischpulver verglichen.

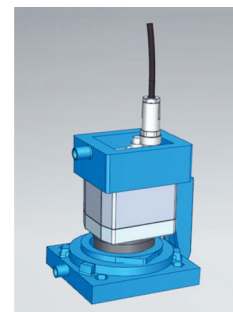
Ergebnis: Die Temperaturmessungen in der SLS-Anlage haben gezeigt, dass eine Abhängigkeit zwischen der Länge der gefahrenen Hatchlinien und der Temperatur der Schmelze besteht. Kürzere Hatch-Linien bedeuten, dass der Laser den Bereich mit einer höheren Frequenz belichtet und so eine höhere Schmelzetemperatur erzeugt, da die Temperatur nicht so schnell abfließen kann. Im Diagramm

(Bild 3) ist zu sehen, wie Messpunkte, die auf unterschiedlich langen Hatchlinien positioniert sind, stark unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Dieser Effekt wurde an Zugstäben, die entsprechend unterschiedlich belichtet wurden, untersucht. Mittels der Zugprüfung konnte festgestellt werden, dass die Schmelzetemperatur einen signifikanten Einfluss auf die Zugfestigkeit und Reissdehnung eines Bauteils hat.

Die MVR-Messungen und die DSC-Analyse weisen beide darauf hin, dass während des Bauprozesses eine weitere Vernetzung der Moleküle im PA-12-Pulver stattfindet. Dies führt zu einer höheren Schmelzeviskosität.

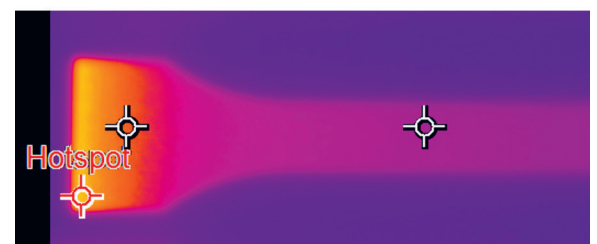
Infrarotkamera mit Halterung

Eigene Darstellung



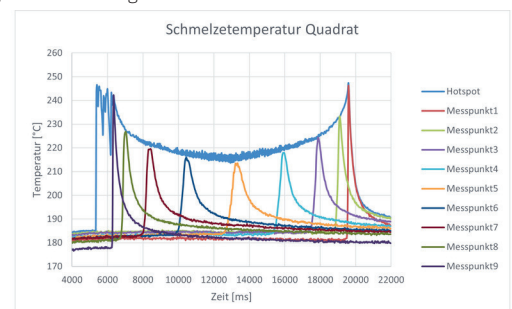
Temperaturmessung an einem Zugstab

Eigene Darstellung



Zeit-Temperaturverlauf der Messpunkte mit unterschiedlichen Temperaturen

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Ulrich Büse

Korreferent
Silvio Waldmeier,
BioStruct GmbH,
Wetzikon, ZH

Themengebiet
Betriebsführung & Instandhaltung, Sensorik, Kunststofftechnik, Fertigungstechnik

Saisonale Energiespeicherung

Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Hürden bei der saisonalen Energiespeicherung mit Wasserstoff oder Methanol

Diplomand



Elia Jenni

Ausgangslage: Der Ausstieg aus der Atomenergie und das Ersetzen von fossilen Energieträgern führen zu einer tiefgreifenden Veränderung der Schweizer Energiewirtschaft. Dabei sollen die umweltschädlichen Energiequellen durch erneuerbare Energien ersetzt werden, welche aufgrund der hohen Abhängigkeit von Umwelteinflüssen auch neue Herausforderungen mit sich bringen. Zentral ist der Einsatz von geeigneten Speichertechnologien, welche einerseits die kurzzeitigen Schwankungen nivellieren und andererseits dem saisonalen Effekt eines Überschusses im Sommer und eines Strommangels im Winter entgegenwirken. Dabei gewinnt insbesondere die saisonale Stromversorgung deutlich an Relevanz. Der bisherige Ansatz eines Stromhandels mit dem Ausland wird aufgrund politischer Unruhen (EU-Rahmenabkommen, Ukraine Krise) zunehmend unsicherer.

Vorgehen: Die Modellierung einer zentralen saisonalen Energiespeicherung basiert auf dem Zukunftsszenario von Boris Meier, IET. Sie umfasst einen Anstieg der PV-Nennleistung auf 100 GW sowie eine Winterstromlücke von 9 TWh. Das Szenario zeigt die nutzbaren Stromüberschüsse sowie die abzudeckenden Stromlücken auf und ermöglicht die Implementierung einer Energiespeicherung mit flüssigem Wasserstoff beziehungsweise erneuerbarem Methanol. Dabei wird die Winterstromlücke in neun Speichereinheiten à 1 TWh unterteilt. Somit werden die Einordnung der Grössen und eine zeitnahe Umsetzung erleichtert.

Fazit: Die Ähnlichkeit der beiden Ansätze widerspiegelt die Uneinigkeit unter Experten. Leichte Vorteile liegen bei flüssigem Wasserstoff, da ein intelligenter

Umgang mit den Abdampfverlusten eine Effizienzsteigerung ermöglicht. Zusammen mit der höheren Umweltfreundlichkeit lassen sich so die hohen Kosten besser rechtfertigen. Damit die Methanolwirtschaft bezüglich Effizienz mithalten kann, braucht es für die CO₂-Gewinnung Wärmequellen. Somit muss das CO₂ dezentral gewonnen werden und erschwert durch die Abhängigkeit von Wärmequellen die Skalierbarkeit dieses Ansatzes.

Erkenntnisse zur Wasserstoffwirtschaft

Eigene Darstellung

Wasserstoffwirtschaft (1 TWh _{el} , zentral)	
Round-Trip-Efficiency	28 % (Strom zu Strom)
Wirtschaftlichkeit	Investitionen: 7.7 Mia. CHF Unterhalt höher als bei Methanol
Hauptproblematik	Kryotechnik: Umgang mit Abdampfverlusten, hohe Anforderung an Kontinuität bei der Verflüssigung (Zwischenspeicher).
Umwelteinfluss	Platzbedarf: 0.5 km ² Risiko: Extrem leicht entzündbar
Skalierbarkeit (1 TWh _{el} zu 9 TWh _{el})	Eingeschränkt durch die Wirtschaftlichkeit bei hohem Bedarf an Zwischenspeicher

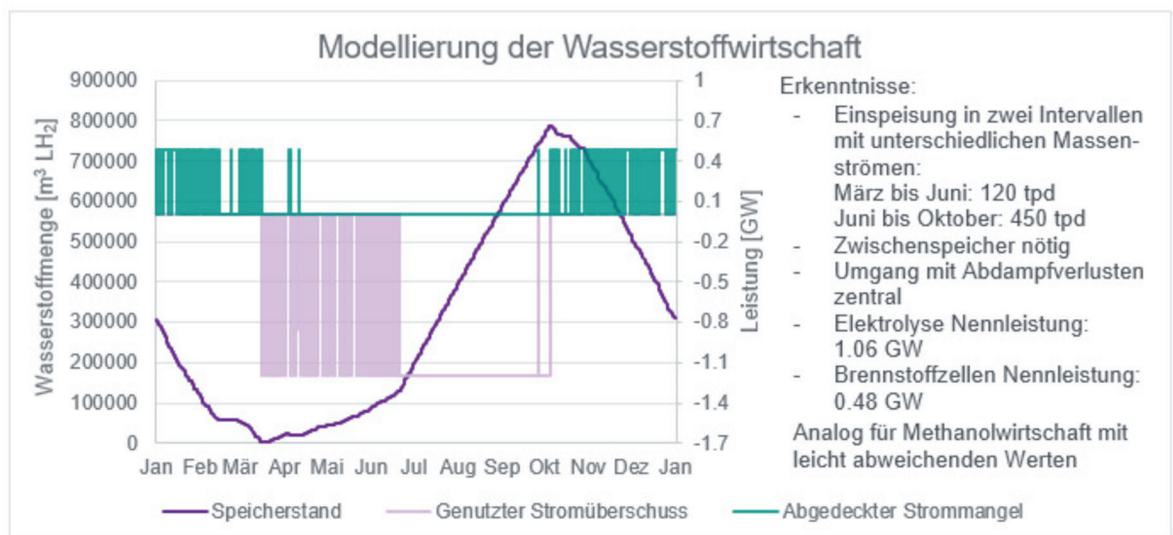
Erkenntnisse zur Methanolwirtschaft

Eigene Darstellung

Methanolwirtschaft (1 TWh _{el} , CO ₂ Produktion dezentral)	
Round-Trip-Efficiency	28 % (Strom zu Strom)
Wirtschaftlichkeit	Investitionen: 8.8 Mia. CHF
Hauptproblematik	CO ₂ -Kreislauf: Kostenschwerpunkt und entscheidend für die Effizienz der Energiespeicherung.
Umwelteinfluss	Platzbedarf: 2.0 km ² Risiko: Entzündbar, toxisch, Kontamination von Wasser, CO ₂ als Treibhausgas
Skalierbarkeit (1 TWh _{el} zu 9 TWh _{el})	Eingeschränkt durch den Wärmebedarf für die CO ₂ Produktion

Jahreszyklus der Wasserstoffwirtschaft und die daraus folgenden Erkenntnisse.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Markus Friedl

Korreferent

Lutz Decker, Linde
Kryotechnik AG

Themengebiet

Energie- und
Umwelttechnik

Vergleich von Kühl- und Schmiersystemen bei der Zerspanung von CFK

Vergleich anhand der entstehenden Prozesskräfte, der Oberflächengüte und des Werkzeugverschleisses

Diplomand



Tom Huber

Problemstellung: In der heutigen Zeit gewinnt der Leichtbau aus energetischen und wirtschaftlichen Gründen immer mehr an Bedeutung. Ein Material, welches sich für diesen Trend besonders gut eignet und auch immer häufiger eingesetzt wird, ist kohlenstoffaserverstärkter Kunststoff, kurz CFK. CFK ist ein Verbundwerkstoff, welcher aus harten Kohlefasern und einer weicheren Matrix besteht. Diese Inhomogenität des Werkstoffes schafft neue Herausforderungen, wenn es um die Zerspanung des Materials geht.

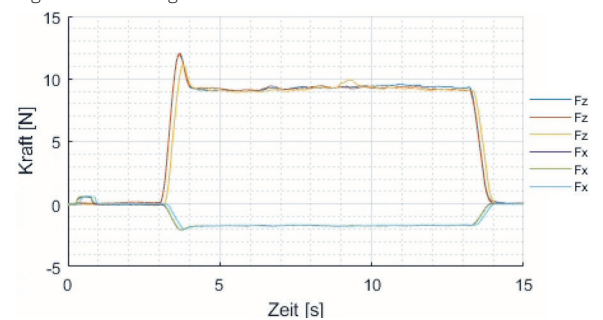
Eine Möglichkeit, das Material zu bearbeiten, ist durch die Zerspanung mit geometrisch unbestimmter Schneide. In diesem Fall durch das Verwenden von Schleifstiften. Aufgrund der hohen Schnittgeschwindigkeiten, die bei diesem Verfahren verwendet werden, und der unbestimmten Geometrie der Schleifkörner entsteht während der Zerspanung viel Wärme. Diese Wärme muss durch geeignete Kühl- und Schmiersysteme abtransportiert werden. Welches der bereits existierenden Kühl- und Schmiersysteme sich am besten für die genannte Aufgabe eignet, ist nicht bekannt.

Ziel der Arbeit: In der nachfolgenden Bachelorarbeit werden vier unterschiedliche Kühl- und Schmiersysteme (Minimalmengenschmierung – MMS, Überflutungsschmierung mit zwei unterschiedlichen Düsen und Trockenbearbeitung) auf ihre Eignung zur Kühlung des Schleifprozesses bei der Bearbeitung von CFK-Werkstoffen untersucht. Ziel ist es, die Kühlmethoden bezüglich entstehender Prozesskräfte und weiterer Qualitätsmerkmale wie Oberflächengüte, Spanabtransport und Verschleiss am verwendeten Werkzeug zu vergleichen und ihre Eignung zu beurteilen.

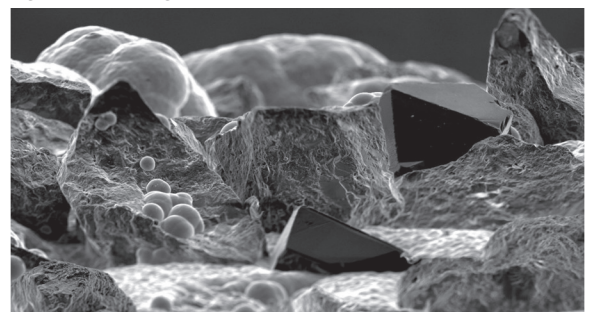
Vorgehen / Technologien: Um die Kühlsysteme miteinander vergleichen zu können, werden als Erstes die bei der Zerspanung auftretenden Prozesskräfte im Zusammenhang mit dem jeweils verwendeten Kühlsystem ermittelt. Dafür werden CFK-Probplatten mit einem galvanisch gebundenen Diamantschleifstift, ein CBN-Schleifstift mit ebenfalls einer galvanischen Bindung und ein CBN-Schleifstift mit einer keramischen Bindung auf einer Schleifmaschine bearbeitet. Während der Bearbeitung werden mithilfe eines Dynamometers die entstehenden Prozesskräfte für das jeweilige Kühlsystem und den verwendeten Schleifstift aufgezeichnet. Die erhaltenen Daten werden mit dem Programm Matlab ausgewertet und in einem Diagramm zum Vergleich dargestellt. Neben den Prozesskräften werden die bearbeiteten Proben des Weiteren auf ihre Oberflächenqualität untersucht. Mithilfe eines Rauheitsmessgerätes werden zu jedem Schleifstift und dem dazu verwendeten

Kühlsystem die Rauheitswerte R_a und R_z ermittelt. Die Werte der jeweiligen Oberflächenqualitäten werden ebenfalls grafisch dargestellt und die Kühlsysteme so miteinander verglichen. Um den Verschleiss der Schleifstifte zu ermitteln und aufzuzeigen, mit welchem Kühlsystem die längste Werkzeugstandzeit erreicht werden kann, werden vor und nach der Bearbeitung der CFK-Proben Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen der Schleifstiftkörner gemacht. Die Aufnahmen geben Aufschluss über den bei der Bearbeitung entstandenen Verschleiss.

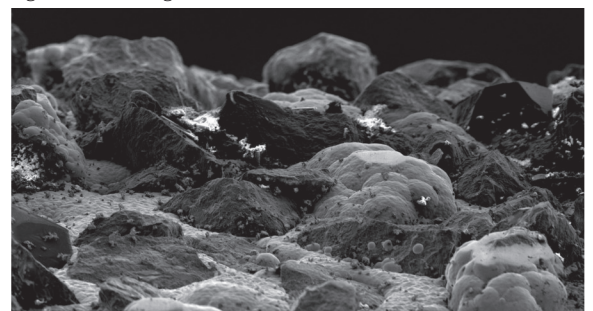
Zerspankräfte bei einem galvanisch gebundenem Diamantschleifstift und einem MMS-Schmiersystem
Eigene Darstellung



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines galvanisch gebundenen CBN-Schleifstifts vor der Bearbeitung
Eigene Darstellung



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines galvanisch gebundenen CBN-Schleifstifts nach der Bearbeitung
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent
Dr. Fredy Kuster,
Neuhaus, SG

Themengebiet
Fertigungstechnik,
Kunststofftechnik

Kopplung eines autonomen Ultraschall-Inspektionsroboters an Flugzeugstrukturen

Automatisierte Ultraschallprüfung

Diplomand



Philip Heimo

Ausgangslage: In der Luftfahrt werden seit geraumer Zeit vermehrt Faserverbundwerkstoffe für tragende Strukturen eingesetzt. Die Schädigung von Faserverbundwerkstoffen ist oft schwierig zu beurteilen. Bei diesen Materialien ist die Ermittlung der Schadenszone von Auge nicht möglich, da die Komponenten durch mehrere Lagen von Fasern aufgebaut und somit für interne Schäden anfällig sind. Die Ultraschallprüfmethode stellt die wichtigste zerstörungsfreie Prüfung von Faserverbundwerkstoffen dar. Um die Analysen der Komponenten effizienter und mit reproduzierbaren Messergebnissen durchzuführen, soll die manuelle Führung der Ultraschallsonden eliminiert werden.

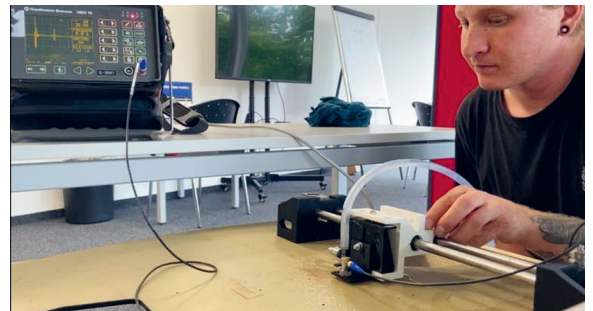
Aufgabenstellung: Flugzeugstrukturen müssen routinemässig oder aufgrund von Schadensfällen zerstörungsfrei geprüft werden. Um auch Faserverbundwerkstoffe autonom zu untersuchen, wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein automatisierter Prozess basierend auf der Ultraschall-Technik erarbeitet: Es wird die mechanische Kopplung der Ultraschallsonde an die Flugzeugstruktur für einen Roboter, der autonom die Struktur kontrolliert, entwickelt und getestet.

Ergebnis: Zu Beginn wird mit der Ermittlung von möglichen Lösungsansätzen angefangen, aus denen die erfolgversprechendsten Konzepte mittels Nutzwertanalyse evaluiert werden. Anschliessend wird ein konkreter Aufbau für Versuche umgesetzt, wobei eine Rumpfkomponekte eines Airbus A220 für möglichst realitätsnahe Tests verwendet wird. Die Testergebnisse haben gezeigt, dass sich das Kopplungssystem mit getakteter Wasserzufuhr und

der neu entwickelten Sonden-Halterung im betrachteten Aufbau bewährt haben. Die Versuchsreihe hat eine hohe Signalgenauigkeit ergeben, und auch die Kopplung hat sich als zuverlässig erwiesen.

Manueller Konzept-Funktionstest

Eigene Darstellung



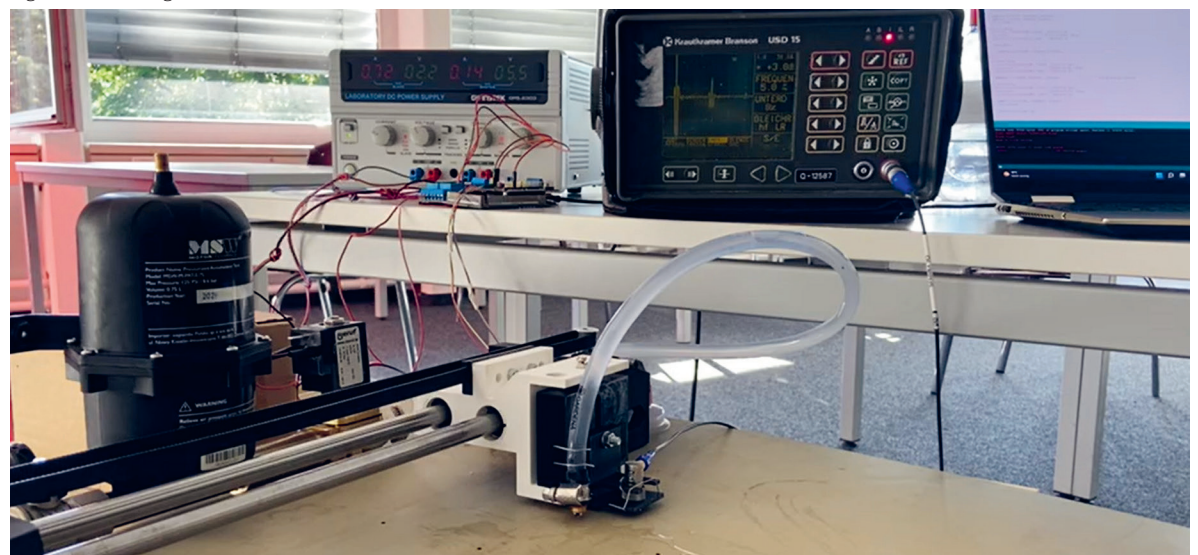
Manuelle Kalibrierung der Ultraschallsonde

Eigene Darstellung



Versuchsaufbau der automatischen Ultraschallmaterialprüfung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

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

Themengebiet

Konstruktion und Systemtechnik, Kunststofftechnik

3D-gedruckte Werkzeugeinsätze für das Umspritzen von Kabelsteckern

Diplomand



Dario Agner

Aufgabenstellung: Der Einsatz von additiv gefertigten Werkzeugeinsätzen aus Kunststoff im Spritzgiessen bietet vor allem für seriennahe Prototypen und kleine Stückzahlen (< 100 Stk.) neue und interessante Möglichkeiten. Jedoch stellen die hohen Temperaturen und Drücke beim Spritzgiessen eine grosse Herausforderung dar. Ziel dieser Arbeit ist es, mögliche additive Herstellungsverfahren und Materialien zu evaluieren. Aufbauend auf einer Recherche wird für eine heute im Einsatz befindliche Sonderlösung für einen aus einem zusätzlichen FDM-Bauteil und Füllharz bestehenden Kabelstecker, eine Lösung im Spritzgiessen erarbeitet. Für das Anspritzen des Steckers sollen Werkzeugeinsätze konstruiert, gedruckt und evaluiert werden, um den aktuellen Herstellungsprozess zu optimieren.

Vorgehen: Basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche im Bereich der additiven Herstellungsverfahren und Materialien werden diverse mögliche Lösungsvarianten konstruiert und hergestellt. Die hergestellten Werkzeugeinsätze werden verschiedenen Tests unterzogen. Die daraus resultierenden Kenntnisse werden genutzt, um die Lösungsvarianten weiter zu optimieren. Somit werden die Phasen Entwerfen und Ausarbeiten/Versuchsdurchführung iterativ durchgeführt.

Ergebnis: Der Stecker wird mit der Stützkappe und dem Dichtband in den Werkzeugeinsatz gelegt. Alles wird von der Kunststoffschmelze komplett umspritzt. Der Werkzeugeinsatz ist aus dem SLS-Verfahren mit dem Material PA 12. Die besten Resultate erzielt ein PA-Spritzgiessmaterial. Das gespritzte Bauteil macht eine wasserdichte Verbindung mit dem Steckergehäuse, und das Dichtband dichtet die Schnittstelle zwischen Kabel und gespritztem Bauteil ab. Die Kühlzeit des gespritzten Bauteils beträgt 85 Sekunden, und die Zykluszeit pro fertiges Bauteil beträgt ungefähr zwei Minuten. Der Werkzeugeinsatz ist nach 25 Versuchen, auch mit unterschiedlichen Materialien und Temperaturen, immer noch unbeschädigt. Ebenfalls werden Versuche mit einem Werkzeugeinsatz aus einem SLA-Verfahren durchgeführt. Speziell an diesem Werkzeug ist die konturnahe Kühlung, welche das SLA-Verfahren ermöglicht. Das Material des Werkzeugeinsatzes ist jedoch sehr spröde und brach während der Versuche. Somit ist eine Umsetzung der konturnahen Kühlung für den Serienbereich eher schwierig. Durch den Einsatz des Spritzgiessverfahrens, und die additiv gefertigten Werkzeugeinsätze aus SLS kann die Lösung für den Kabelstecker deutlich optimiert werden.

Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

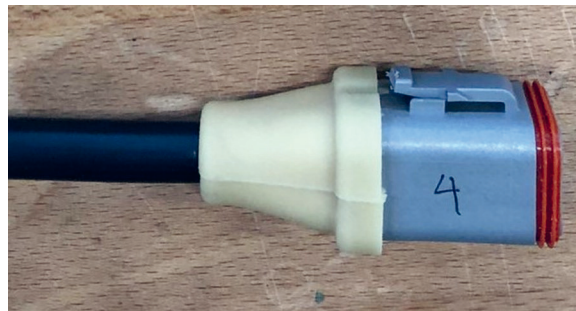
Aktuelle Lösung des Steckers mit Abdeckung und Giessharz
Eigene Darstellung



Werkzeugeinsatz aus dem SLS-Verfahren aus PA 12
Eigene Darstellung



Umspritzter Kabelstecker
Eigene Darstellung



Automatisierung des Herstellprozesses von Schutzmasken

Diplomand



Remo Wanner

Ausgangslage: Der Bedarf an Schutzmasken nahm aufgrund der Corona-Pandemie schlagartig zu. Schutzmasken sind Textilprodukte, welche durch Schweißen zusammengefügt werden. Der Fachbereich Verbindungstechnik des IWK möchte im Textilbereich mehr Forschung betreiben, um neue Projekte zu generieren.

In einer Semesterarbeit wurde bereits eine teilautomatisierte Vorrichtung fürs Laserschweißen der Schutzmaske entwickelt. Diese soll getestet und Optimierungspotenzial soll eruiert werden. Dazu gehören der Falzprozess des mittleren Falzes und die Laschen der Vorrichtung.

Zusätzlich werden die Bündel mit Ultraschallschweißen an die Maske verschweisst, wofür eine weitere teilautomatisierte Vorrichtung konstruiert werden soll.

Vorgehen: Als Erstes wurde die bestehende Laser-vorrichtung getestet. Dabei wurden 3 Optimierungspunkte evaluiert: Mittleres Blech, die Laschen und Niederhalterung des Stoffes.

Damit die weichen Stofflaschen in der gewünschten Position bleiben, verharren neu die Laschen der Vorrichtung während des gesamten Schweißprozesses in der gefalteten Position. Um die Schweißnähte erstellen zu können, wurden neu Langlöcher in den Laschen erstellt. Der Laser kann neu durch diese hindurch die Schweißung vornehmen. Die Supportplatte wurde neu mit 2 Niederhaltern konstruiert, damit der Stoff während des Herunterfahrens fixiert ist. Um die Maske nach der Schweißung besser vom Blech entfernen zu können, wurde das mittlere Blech auf der Supportplatte neu konstruiert. Das mittlere Blech besteht neu aus einem dünnen Blech und 3 Querstreben. Diese lassen sich nach der Schweißung abdrehen, wodurch die Schutzmaske wesentlich einfacher entnommen werden kann. Durch all diese Optimierungen musste das Laser- und Arduino-Programm angepasst werden.

Um das Anschweißen der Bündel zu optimieren, wurde eine komplett neue Ultraschallschweißvorrichtung konstruiert. Diese ermöglicht neu eine genaue Ausrichtung von Bündel und Schutzmaske für das Verschweißen. Das Hauptelement dieser Vorrichtung ist ein Drehteller, welcher durch einen Push-Push-Mechanismus in die gewünschte Position gedreht werden kann.

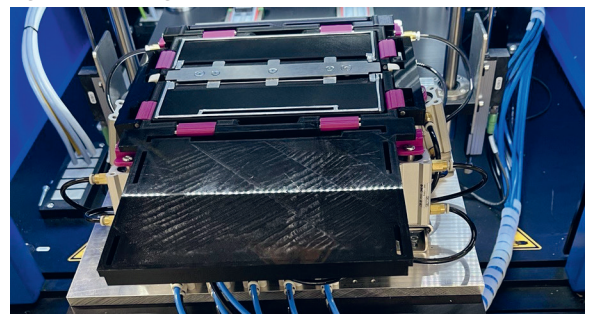
Ergebnis: Durch diese Optimierungen konnte die Teilautomatisierung der Schutzmaskenherstellung weiter vorangetrieben werden. Eine Schutzmaske kann nun mit wenigen Handgriffen hergestellt werden, die Qualität der Schweißung wurde verbessert, und die Zykluszeit konnte verkürzt werden.

In einem nächsten Schritt sind folgende 3 Punkte weiter zu optimieren:

- die Auflage des Drehtellers bei der Ultraschallschweißvorrichtung
- der Bewegungsablauf der seitlichen Laschen bei der Laserschweißvorrichtung
- die Fixierung der Schutzmaske während des Falzens

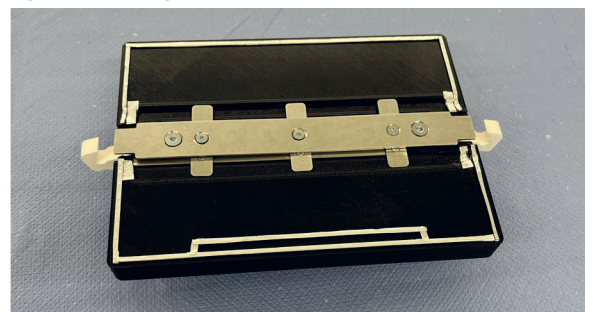
Vorrichtung Laserschweißen

Eigene Darstellung



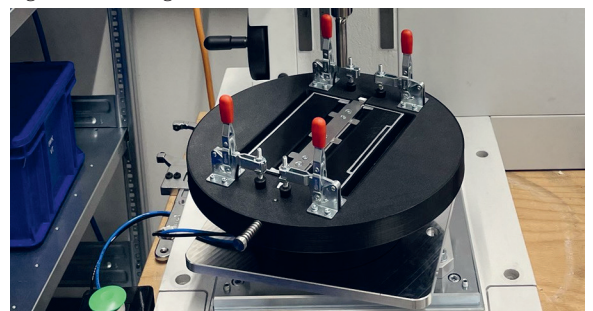
Supportplatte

Eigene Darstellung



Vorrichtung Ultraschallschweißen

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

Entwicklung einer Messmethode zur Charakterisierung der Schmelzestabilität

Diplomand



Raffael Biedermann

Ausgangslage: Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Messmethode zur Charakterisierung der Schmelzestabilität ab Düsenaustritt der Extrusion. Diese Messmethode soll eine Vorauswahl von Materialien für Extrusionsverfahren, bei denen eine gewisse Schmelzestabilität vorausgesetzt wird, im Labormassstab ermöglichen.

Vorgehen: Der Begriff Schmelzestabilität ist eine sehr allgemeine Definition in der Kunststoffverarbeitung, welcher von einem sehr komplexen Zusammenspiel von Werkstoff und Verarbeitungsparametern abhängig ist.

Deshalb wurde zu Beginn der Arbeit eine Literaturrecherche zur Abstraktion der Teilgebiete und der Teilfunktionen durchgeführt, welche in Abb. 1 dargestellt sind.

Basierend auf den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurden Messkonzepte für die Charakterisierung der einzelnen Teilgebiete evaluiert und ausgearbeitet. Daraus entstanden erste Vorversuche (siehe Abb. 2), welche mit verschiedenen Materialien durchgeführt werden konnten. Ziel dabei war es, mithilfe der gewonnenen Ergebnisse eine zusammengeführte Aussage über die Schmelzestabilität der getesteten Materialien zu ermöglichen. Dafür wurden abschließend Korrelationen in den Messdaten der Vorversuche evaluiert und zusammengeführt.

Ergebnis: Es wurde eine Messmethode gefunden, welche einen relativen Vergleich der unterschiedlichen Materialien bezüglich ihrer Schmelzestabilität ermöglicht. Anhand der Dehnviskosität und der dazugehörigen Relativgeschwindigkeit (Geschwindigkeitserhöhung zwischen Düsenaustritt und einem definierten senkrechten Abstand zur Düse) lassen sich die verschiedenen Materialien bezüglich ihrer Schmelzestabilität vergleichen. In der Abb. 3 sind die Relativgeschwindigkeit und die Dehnviskosität von verschiedenen biologisch abbaubaren Kunststoffen untereinander abgebildet.

Zu sehen ist, dass je tiefer die Relativgeschwindigkeit der gemessenen Materialien ist desto höher ist die dazugehörige relative Dehnviskosität.

Basierend auf ersten Erkenntnissen aus der Extrusionslinie konnten ebenso erste Vergleiche zwischen den erzielten Messergebnissen und dem Schmelzeverhalten durchgeführt werden. Daraus resultierend konnten zwei Materialien für das geplante Extrusionsverfahren selektiert werden. Damit konnte das Ziel einer Messmethode zur Vorauswahl von Materialien im Labormassstab erreicht werden. Um jedoch eine klare Eignungsgrenze, wie sie in der Abb. 3 mit m/min dargestellt ist, zu definieren, sind in Zukunft noch weitere Messungen sowie dazugehörige Verifikationsversuche auf der Extrusionslinie nötig.

Referent
Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent
Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Abb. 1: Teilbereiche der Schmelzestabilität
Eigene Darstellung

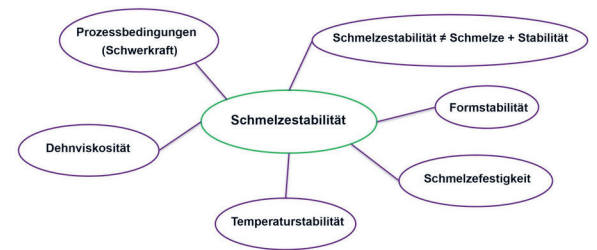
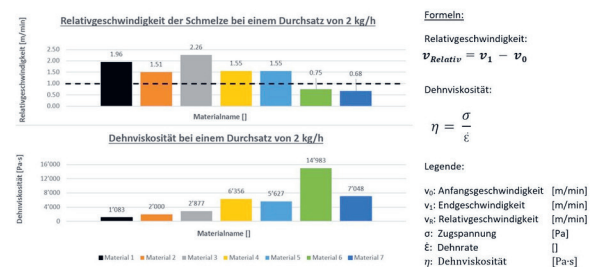


Abb. 2: Messung der Durchbiegung unter Eigengewicht bei Veränderung der Abzugsgeschwindigkeit
Eigene Darstellung



Abb. 3: Vergleich der Relativgeschwindigkeit zur dazugehörigen Dehnviskosität
Eigene Darstellung



Entwicklung einer Rotationsschweissanlage für thermoplastische Kunststoffe

Diplomand



Josip Dubravac

Ausgangslage: Der Fachbereich Verbindungstechnik des IWK befasst sich unter anderem mit verschiedenen Schweißverfahren für Kunststoffe. Es stehen unterschiedliche Schweissanlagen wie Ultraschall-, Laser- oder Heisselementschweissanlagen zum Schweißen von Thermoplasten zur Verfügung. Diese Anlagen werden unter anderem für Praktika, Semester- und Bachelorarbeiten eingesetzt. Um die Kompetenzen des Fachbereichs zu erweitern, soll eine Anlage zum Rotationsreißschweißen entwickelt, gebaut und getestet werden.

Ziel der Arbeit: Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung, Herstellung und Prüfung einer Rotationsschweissanlage zum Schweißen von Thermoplasten. Um dieses Ziel zu erreichen, soll mithilfe einer Literaturrecherche Know-how aufgebaut werden. Anschliessend soll eine modulare Anlage konstruiert werden, die es ermöglicht, Bauteile variierend in Durchmesser und Geometrie zu verschweißen.

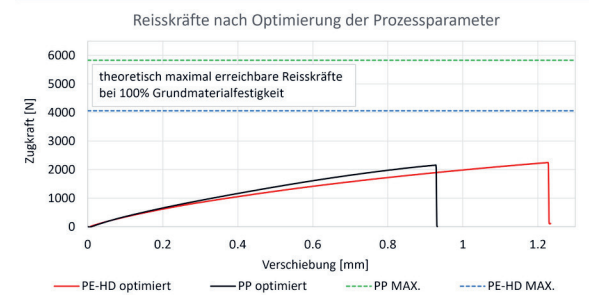
Ergebnis: Das Resultat ist eine zweiteilige Anlage, die einerseits in Kombination mit einer CNC-Fräsmaschine und andererseits als eigenständig agierende Anlage verwendet werden kann. Die Anlage in Kombination mit einer CNC bietet den Vorteil einer hohen Variabilität der zu schweisenden Bauteile bezüglich Durchmesser und Schweißfläche, da hohe Drehzahlen- und -momente mit der CNC-Spindel erreicht werden können. Die Anlage eigenständig (mit eigenem Motor) zu verwenden, bietet Flexibilität, da die Anlage portabel ist. Durch entsprechende Regelung des Motors und der Druckaufbringung kann zudem eine winkelgenaue Schweißung der Bauteile erzielt und die Zykluszeit minimiert werden. Physisch umgesetzt wurde in dieser

Arbeit die CNC-Variante. Die eigenständige Variante wurde fertigungsgerecht ausgelegt und ist ein Vorschlag für eine zukünftige Arbeit. Neben der Entwicklung werden bereits erste Versuche mit den Materialien PP und PE-HD aufgezeigt. Die Schweißnahtfestigkeiten betragen 37% (PP) und 56% (PE-HD) der Grundmaterialfestigkeiten. Durch zusätzliche Optimierung von Schweißdruck und -geschwindigkeit werden noch höhere Werte erwartet.

Zugprobe aus Polypropylen, geschweisst auf der CNC-Variante
Eigene Darstellung



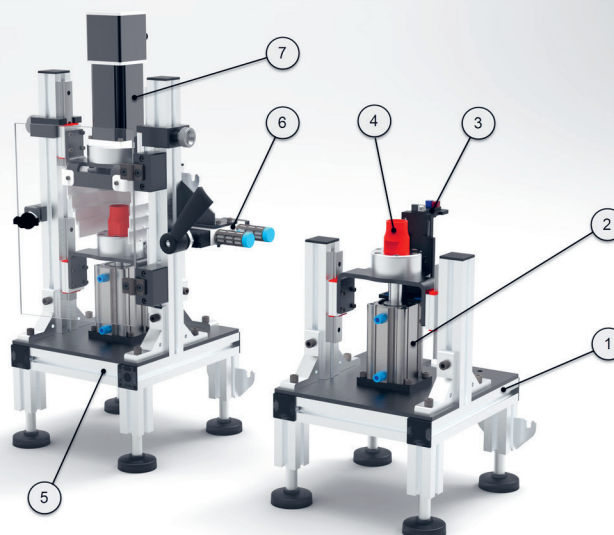
Verläufe der max. Reisskräfte nach der Optimierung der Schweißprozess-Parameter, hergestellt auf der CNC-Variante
Eigene Darstellung



Links: eigenständige Variante, rechts: CNC-Variante
Eigene Darstellung

Legende:

- 1: Grundgestell
- 2: Pneumatikzylinder (Druckaufbringung)
- 3: Sensoreinheit
- 4: Versuchsbauteil (Zugstabhälfte)
- 5: Grundgestell (CNC-Variante)
- 6: Pneumatikeinheit (Höhenverstellung der Antriebseinheit)
- 7: Antriebseinheit



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

Entwicklung einer Sektorscheibe

Schwindungsbestimmung zur Optimierung der Füllsimulationsergebnisse

Diplomand



Fabian Jäger

Ausgangslage: In der Industrie werden die meisten hergestellten Kunststoffbauteile zuerst hinsichtlich der rheologischen Auslegung simuliert, bevor sie effektiv produziert werden. Dabei ist die Vorhersage von Schwindung und Verzug ein wichtiges Ergebnis dieser Füllsimulation und dient oftmals als Grundlage für die Werkzeugauslegung. Als Schwindung wird die Volumenverringerung eines Materials bezeichnet, ohne dass Material entfernt oder Druck ausgeübt wird. Als Schwindung wird das Abkühlen der Bauteile von Verarbeitungs- auf Raumtemperatur bezeichnet. Die Qualität dieser Berechnungsergebnisse der Schwindungswerte schwankt allerdings stark und ist vom verwendeten Kunststoff (teilkristallin/amorph, unverstärkt/verstärkt) abhängig. Durch experimentelle Untersuchungen kann ein besseres Verständnis des Materialverhaltens besonders betreffend Längs- und Querschwindung zur Strömungsrichtung erarbeitet werden. Im Sinne von Reverse Engineering sollen diese Erkenntnisse anschliessend in die Füllsimulation zurückfliessen.

Vorgehen: Im Rahmen dieser Arbeit gilt es, eine Sektorscheibe zu entwickeln und die dazugehörigen Werkzeugeinsätze auszuarbeiten. Die Sektorscheibe dient als beispielhaftes Bauteil zur Bestimmung der Längs- und Querschwindung. Mit den hergestellten Werkzeugeinsätzen sind anschliessend Bauteile aus zwei verschiedenen Kunststoffen zu fertigen. Dies geschieht auf einer der Spritzgiessmaschinen am IWK. Die bei der Herstellung verwendeten Parameter werden nachfolgend in die Füllsimulation übertragen. Parallel dazu erfolgt die Entwicklung und Validierung eines Messkonzepts für die Ermittlung der Schwindungswerte der Sektorscheibe. Nach dem erfolgten Ausmessen der spritzgegossenen Bauteile können Realität und Simulation miteinander verglichen werden. Abschliessend gilt es, allfällige Abweichungen durch Anpassung der Materialparameter (Prozessparameter müssen unverändert bleiben) in der Füllsimulation zu kompensieren.

Ergebnis: Nach Modellierung der Sektorscheibe (Abbildung 1) wird das Spritzgiesswerkzeug konstruiert und in Auftrag gegeben. Mit diesem Werkzeug werden vier verschiedene Typen von Sektorscheiben hergestellt. Die Typen unterscheiden sich betreffend Material (PS - amorph, oder PE, - teilkristallin) und Dicke (2 mm oder 4 mm). Die auf der Spritzgiessmaschine verwendeten Prozessparameter werden in die Simulationen (Abbildung 2) überführt. Nach der optischen Ausmessung der Sektorscheiben (Abbildung 3) werden die verschiedenen Simulationsparameter variiert. Dabei konnten zwei Materialparameter eruiert werden, welche die Schwindungswerte in der Simulation wesentlich beeinflussen. Durch Anpas-

sung dieser Parameter konnten die Berechnungsergebnisse der Realität angenähert werden. Als nächster Schritt könnten zum Beispiel diese Erkenntnisse an einem realen Bauteil getestet und überprüft werden.

Abbildung 1: 3-D-Modell der Sektorscheibe inklusive Messpunkten

Eigene Darstellung

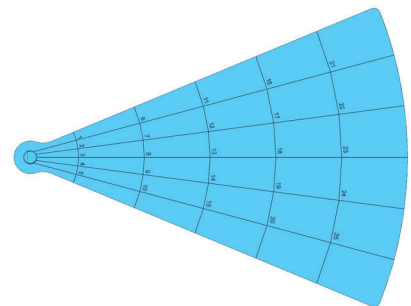


Abbildung 2: Simulationsergebnis in CADMOULD mitsamt Kühlkanälen (grau) und Messpunkten (blau)

Eigene Darstellung

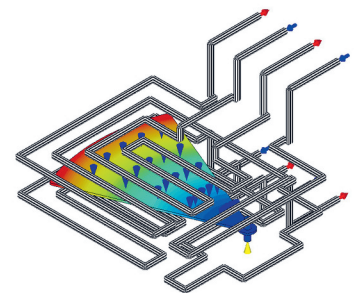
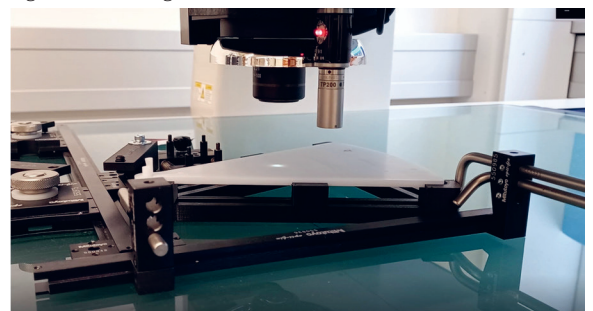


Abbildung 3: Optische Ausmessung der Sektorscheibe

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

Entwicklung eines Inline-Rheometers für Schmelzklebstoffe

Auslegung, Konstruktion und Umsetzung

Diplomand



Gian Strickler

Ausgangslage: Die Robatech AG beschäftigt sich mit der Entwicklung sowie der Produktion von innovativen Produkten und Systemlösungen für den industriellen Klebstoffauftrag. Die unterschiedlichen Systeme kommen in diversen Industriesektoren zum Tragen. Dabei unterscheiden sie sich in der Technologie, den unterschiedlichen Auftragsmethoden, aber auch in den Klebstofftypen.

Für den Klebstoffauftrag werden thermoplastische Klebstoffe, reaktive Klebstoffe oder auch wasserbasierte Kaltleime eingesetzt.

Mittels CFD-Simulationen lassen sich die klebstoffführenden Teile wie Drosselventile und Auftragsdüsen auslegen und simulieren. Um die Simulationen der Systeme durchzuführen, werden passende rheologische Materialmodelle der Klebstoffe benötigt. Meist sind diese Materialmodelle von Herstellern nicht vollumfänglich erhältlich und einsehbar.

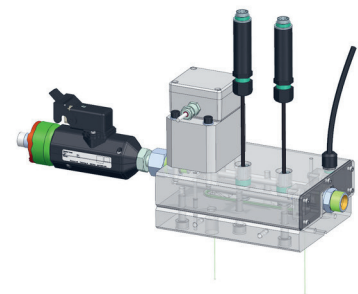
Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist die Einarbeitung in die Thematiken «Rheologie» sowie der «Rheometrie». Mit der grundlegenden Theorie wird dann ein Inline-Rheometer konzipiert, ausgelegt und umgesetzt. Mit dem Endprodukt werden die benötigten Materialeigenschaften der niederviskosen Schmelzklebstoffe für Simulationen möglichst prozessnahe ermittelt. Mit den Messungen der ausgewählten Klebstoffsysteme verbunden ist als ein mittelfristiges Ziel der Aufbau von Datenbanken der Viskositätskurven mit den für die Firma Robatech wichtigsten Klebstoffen.

Ergebnis: Mit dem entwickelten, ausgelegten und simulierten Inline-Rheometer lassen sich verschiedene Schmelzklebstoffe der Firma Robatech messen. Dabei wird der entstehende Druckverlust mit ein-

gebauter Sensorik in einer Schlitzkapillare gemessen. Anhand unterschiedlicher Volumenströmer und resultierender Schergeschwindigkeiten lässt sich der Viskositätsverlauf im Material aufzeigen. Der modulare Aufbau des Rheometers ermöglicht die Messung von nieder- sowie hochviskosen Schmelzklebstoffen.

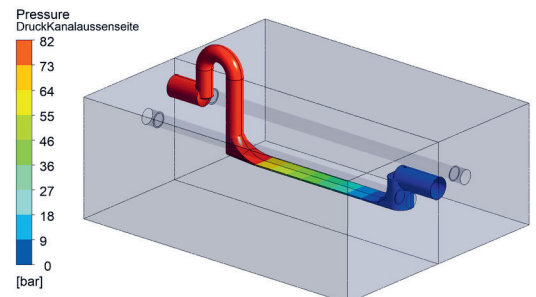
Konstruktion Inline-Rheometer

Eigene Darstellung



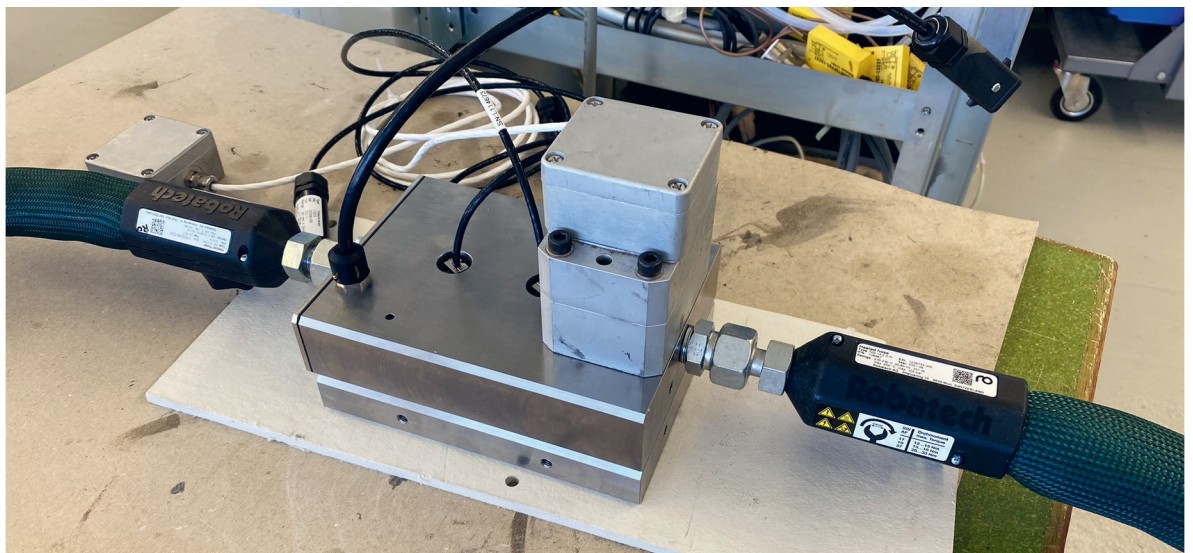
Vereinfachte CFX-Fluidsimulation des Klebstoffkanals; Druckverlust über das Gesamtsystem

Eigene Darstellung



Inbetriebnahme des Inline-Rheometers

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet

Kunststofftechnik

Projektpartner

Robatech AG, Muri, AG

Konstruktion eines 4fach-Heisskanalwerkzeugs zur Heisskanal-Balancierung

Diplomand



Silvan Eicher

Aufgabenstellung: Die Vision von Industrie 4.0 hat in der Spritzgussproduktion bereits konkrete Formen angenommen. Dabei werden die Schwerpunkte auf die Prozessregelung und -überwachung gelegt. Bei hohen Stückzahlen in Mehrfachwerkzeugen und auch bei Familien- sowie Etagenwerkzeugen werden Heisskanalverteiler eingesetzt. Damit trotz den vielen Kavitäten qualitative Bauteile entstehen, ist die Balancierung des Heisskanalsystems essenziell.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit besteht in der Auslegung und Konstruktion eines 4-fach-Heisskanalwerkzeugs, mit welchem Untersuchungen zur angewandten Digitalisierung durchgeführt werden können. Dazu ist das Werkzeug mit der entsprechenden Sensorik auszustatten.

Vorgehen: Mittels eines Brainstormings wurde in einem ersten Schritt eine geeignete Bauteilgeometrie definiert. Die Wahl fiel auf einen Reifenheber, welcher für das Wechseln von Fahrradreifen verwendet wird. Eine Marktanalyse sowie ein Anwendungstest bestehender Reifenheber legten den Grundstein für das Design sowie die Dimensionierung und Materialwahl. Durch eine erste Füllsimulation wurde das Bauteil spritzgiesstechnisch optimiert und der Verzug minimiert.

Nach Abschluss der Bauteilentwicklung erfolgte die Konstruktion des Spritzgiesswerkzeugs. Dieses wurde kunststoff- und fertigungsgerecht entwickelt und mithilfe von Füllbildsimulationen rheologisch und thermisch ausgelegt.

Ergebnis: Das Spritzgiesswerkzeug ist als Wechselformwerkzeug aufgebaut, damit auf einfache Weise weitere Bauteilgeometrien untersucht werden können. Ebenso besteht somit die Möglichkeit, das Werkzeug auch als Familienwerkzeug zu betreiben.

Um die Untersuchungen zur angewandten Digitalisierung optimal durchzuführen, ist das Werkzeug mit folgenden Komponenten / Funktionen ausgestattet:

- zwei p-T-Sensoren je Formnest zur Erfassung von Werkzeuginnendruck und Kontakttemperatur
- einzeln gekühlte Formnester zur Untersuchung des Temperatureinflusses
- Heisskanal mit Nadelverschluss zur individuellen Steuerung der Füllmenge

Das Entformen des Reifenhebers erfolgt mithilfe von Auswerferstiften.

Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

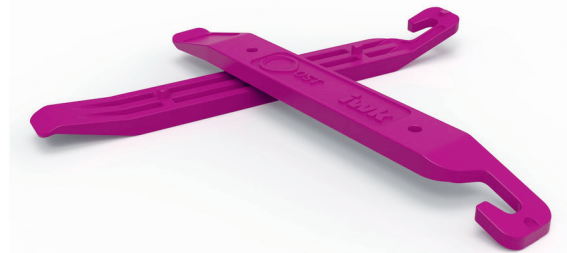
Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

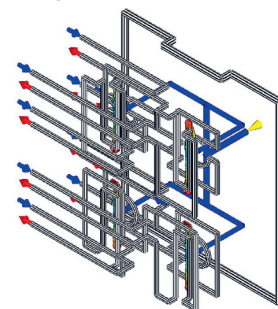
3-D-Modell des Reifenhebers

Eigene Darstellung



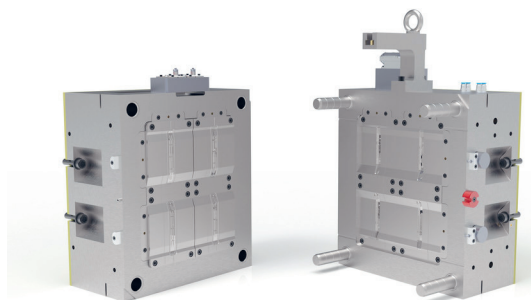
Füllbildsimulation in CADMOULD

Eigene Darstellung



4-fach-Heisskanalwerkzeug zur Heisskanal-Balancierung

Eigene Darstellung



Konstruktion und Materialisierung eines Bootsrumpfes zur Teilnahme am 1001VELACup

Diplomand



Andri Lechmann

Ausgangslage: Der 1001VELACUP ist ein Wettbewerb unter Universitäten, bei welchem sich Segelboote in einer dreitägigen Regatta messen. Die Segelboote werden vollständig durch Studierende konzipiert, entwickelt, gebaut und gesegelt. Die Bootsklasse ist so definiert, dass es einen fairen und vergleichbaren Wettbewerb gibt, aber genügend Freiraum vorhanden ist, um innovative Konzepte zu realisieren. Ein zentraler Aspekt der Klassenregeln ist die Nachhaltigkeit. Die Boote müssen so gebaut sein, dass 75 % des Gewichtes aus natürlichen, biologischen oder recycelbaren Materialien bestehen. Ein natürliches Material oder eine Naturfaser ist jedes Material, welches von Pflanzen oder Tieren stammt und nicht chemisch synthetisiert wurde. Ein biologischer Werkstoff beschreibt ein Material, welches durch biologische Prozesse abgebaut werden kann. Ein recycelbares Material ist jedes Material, welches aus Abfällen gewonnen wird oder das wiederaufbereitet wurde, um die ursprünglichen chemischen und physikalischen Eigenschaften wiederzuerlangen.

Vorgehen: Das Segelboot wird im Frühlingsemester 2022 in einer Gruppe von vier Bachelor-Absolventen ausgearbeitet. In der vorliegenden Arbeit wird der Aufbau des Rumpfes zusammen mit dem Deck und dem Auslegersystem genauer betrachtet. Zu Beginn ist eine Einarbeitung in den Segelbootsbau sowie in die Materialisierung notwendig. Anschliessend wird in der Gruppe eine Konzeptvariante des Segelbootes ausgearbeitet. Dabei müssen alle Aspekte der Teilaufgaben zu einem Gesamtkonzept vereinigt werden, damit die Funktionalität des Segelbootes schliesslich gewährleistet werden kann. Aus den definierten Anforderungen und den ermittelten Belastungsfällen kann das Materialisierungskonzept abgeleitet sowie die Realisierung im CAD vorgenommen werden. Abgeschlossen wird die Arbeit durch die Bereitstellung aller notwendigen Daten für eine anschließende mechanische Auslegung.

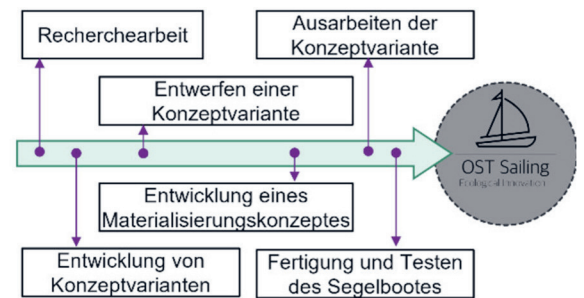
Ergebnis: Entstanden ist ein Segelbootumpf, welcher formlos aus Sandwichstrukturen aufgebaut wird. Die Deckschichten bestehen jeweils aus einem Flachsfaserlaminat, wobei das Kernmaterial in der Rumpfhülle aus Kork und im Deck und in den Schottwänden aus Balsaholz besteht. Das verwendete Matrixsystem wird mit 38 % Kohlenstoff pflanzlichen Ursprungs hergestellt. Mangels Alternativen stellt in der gesamten Materialisierung des Decks und des Rumpfes der Klebstoff für die strukturellen Verbindungen das einzige nicht nachhaltige Material dar. Durch das gewählte Fertigungskonzept der formlosen Herstellung wird die Nachhaltigkeit nicht nur in der Materialisierung, sondern auch in der Fertigung des Segelbootes berücksichtigt. Positiv-Kerne

oder Negativ-Formen sind als Sondermüll zu behandeln und werden erst ab grösseren Stückzahlen wirtschaftlich. Somit können durch das erarbeitete Fertigungskonzept zum einen Ressourcen, zum anderen auch finanzielle Mittel eingespart werden.

In einem nächsten Schritt erfolgte die mechanische Auslegung des Segelbootes mithilfe rechnerischer Methoden. Dazu wurden die fehlenden Materialeigenschaften durch selbst entwickelte Ansätze berechnet, ein komplettes CAD-Modell entworfen sowie die dimensionierenden Belastungsfälle identifiziert.

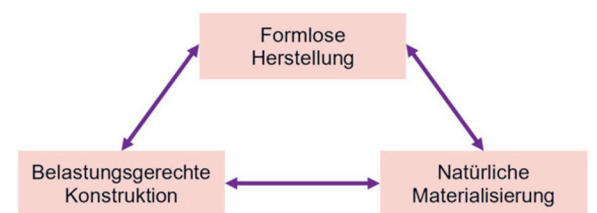
Ablaufplan für die Entwicklung des Segelbootes

Eigene Darstellung



Bestimmende Faktoren für die Ausarbeitung des Segelbootumpfes

Eigene Darstellung



CAD-Konstruktion des Segelbootes

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

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

Themengebiet Kunststofftechnik

Leichtbau-Hüftmodul Enhanced Hybrid

Diplomand



Luca Keller

Ausgangslage: Patienten mit Rückenmarksverletzungen sind heutzutage primär auf Rollstühle als wichtigstes Hilfsmittel für ihre tägliche Mobilität angewiesen. Obwohl es sich dabei um ein zuverlässiges, gesellschaftlich akzeptiertes Hilfsmittel handelt, sind die Benutzer im Alltag oft mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert. Exoskelette könnten einige dieser Probleme lösen, indem sie dem Nutzer das Gehen und die Kommunikation auf Augenhöhe ermöglichen, während er zusätzlich von bewegungsbedingten Gesundheitsvorteilen profitiert. Die meisten der heute verfügbaren Geräte sind jedoch nur eingeschränkt im Alltag nutzbar, weshalb sich die Exoskelette bisher nicht als Mobilitätshilfen für den Heimgebrauch etabliert haben. Eine Kombination aus beiden Systemen könnte somit den Alltag vieler betroffener Personen erleichtern. Aus diesem Grund beschäftigt sich das MedTech Lab der OST mit der Entwicklung einer Hybridlösung. Der sogenannte Enhanced Hybrid baut auf den Erfahrungen der beiden Cybathlon-Teams HSR enhanced und VariLeg enhanced auf.

Ziel der Arbeit: Das Hüftmodul des Exoskeletts verbindet das linke und das rechte Oberschenkelmodul und fungiert als eine der wichtigsten Schnittstellen zwischen Mensch und Exoskelett. Die Steifigkeit des Hüftmoduls ist von entscheidender Bedeutung, da bereits kleine Auslenkungen an der Hüfte Einfluss auf unterschiedliche Bewegungsabläufe haben können. Gleichzeitig wirken während des Einsatzes einige der grössten Belastungen auf die Hüfte. Das Hüftmodul des neuen Konzeptes bleibt in den Anforderungen gegenüber dem Exoskelett VariLeg enhanced relativ unverändert. Das bestehende Hüftmodul ist jedoch sehr gross und sperrig, was für das neue Modul nicht mehr erwünscht ist.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines neuen Composite-Hüftmoduls, das platzsparend und leicht ist und dabei den Belastungen im Einsatz standhält. Durch eine lastgerechte Bauteilauslegung mit Berücksichtigung der Faserausrichtung sollen Platz und Gewicht gespart werden.

Ergebnis: Durch methodische Lösungsfindung konnte eine Vielzahl an Konzeptvarianten generiert werden. Weiterverfolgt wurde ein neuartiges Multi-materialdesign, bei der die CFK-Anteile aus elliptischen Hohlstrukturen bestehen. Die Struktur wurde anhand von FE-Analysen iterativ ausgelegt. Dabei wurden die Parameter Gewicht, Steifigkeit und Festigkeit gegeneinander gewichtet und optimiert. Unter Berücksichtigung der lastgerechten Faserausrichtung und des überarbeiteten Designs konnten die geforderte Ziele ohne Einbussen in der Funktionssicherheit erfüllt werden. Das Ergebnis ist ein aufge-

bauter Prototyp inklusive zugehörigen Fertigungswerkzeugs.

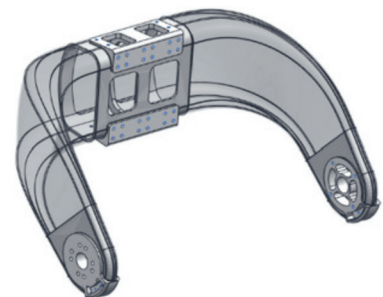
Konzept Enhanced Hybrid

Vertiefungsprojekt D. Mezger



Hüftmodul VariLeg

ILT Confluence



Finales Lösungskonzept

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

Oberflächenevaluation von Profilen

hergestellt mittels additiv gefertigter Extrusionswerkzeuge

Diplomand



Giuliano Tuzzolino

Ausgangslage: Additive Fertigungsverfahren erlauben die Herstellung von komplexen Extrusionsdüsen als monolithische Bauteile. Dadurch werden gleichzeitig eine Reduktion der Fertigungskosten und eine Verkürzung der Herstellungs- sowie Lieferzeiten ermöglicht.

Erste additiv gefertigte Werkzeuge sind am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung vor Ort bereits umgesetzt und getestet worden. Die Oberfläche dieser im selektiven Laserschmelzen hergestellten Werkzeuge ist verfahrensbedingt eher rauer als bei konventionellen Extrusionswerkzeugen. Zurzeit ist unklar, ob und wie die raue Werkzeugoberfläche im industriellen Einsatz einen Einfluss auf den Extrusionsprozess hat. Zur Evaluation ist dazu ein für die Oberflächenanalyse geeignetes Werkzeug (Abb. 1) ausgelegt und ein Messverfahren vorgängig ermittelt worden.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der Fließkanalrauheit und die Wahl des Materials auf die Extrudatoberfläche zu untersuchen. Mittels der gewonnenen Erkenntnisse sollen danach Optimierungsmöglichkeiten evaluiert und überprüft werden.

Vorgehen: Die zu untersuchenden Profile sind mittels dreier verschiedener Extrusionsdüsen, Materialien und Abzugsgeschwindigkeiten hergestellt worden. Der Unterschied zwischen den Extrusionsdüsen liegt im Herstellungsprozess. Diese sind konventionell durch Drahterodieren und additiv gefertigt worden. Verarbeitet worden sind amorphe und teilkristalline Thermoplaste.

Die Oberflächenrauheit der Profile ist nach der Herstellung mit einem Tastschnittgerät (Abb. 2) gemessen worden.

Bei der Auswertung ist nicht nur eine Korrelation zwischen der Fließkanalrauheit und der Rauheit der Profile erkannt worden, sondern auch zwischen der Wahl des Materials und der Rauheit der Profile. Aus allen Ergebnissen sind Hypothesen zur weiteren Untersuchung aufgestellt worden. Eine davon basiert auf dem Materialverhalten der amorphen und teilkristallinen Thermoplaste, die sich beim Werkzeugaustritt und Einzug in die Kalibrierung (Abb. 3) unterschiedlich verhalten. Eine zweite Versuchsdurchführung zur Validierung der Hypothesen hat diese aufgrund neuer Effekte nur teilweise bestätigt. Aufgrund dessen konnte kein abschliessendes Ergebnis erzielt werden.

Mit dieser Arbeit bestehen nun erste Erkenntnisse für weitere Untersuchungen, sei es für die Auslegung neuer additiv gefertigter Werkzeuge oder die Oberflächenuntersuchung selbst.

Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Abb. 1: Extrusionswerkzeug

Eigene Darstellung

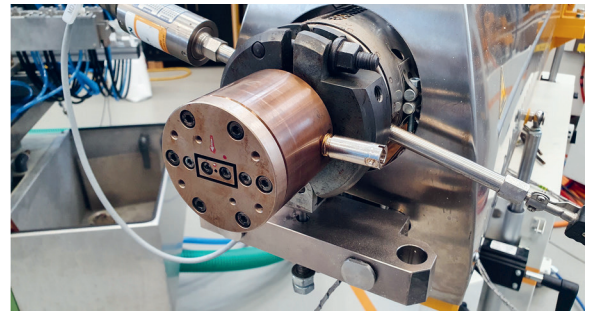


Abb. 2: Oberflächenmessung

Eigene Darstellung



Abb. 3: Einzug des extrudierten Profils in die Kalibrierung

Eigene Darstellung



Validierung eines Prozessmodells für die Schwindungsprognose beim Spritzgiessen

Diplomand



Lukas Hofer

Ausgangslage: Das Spritzgiessen ist eines der wichtigsten Verarbeitungsverfahren, um Kunststoffbauteile in hohen Stückzahlen herzustellen. Damit die Bauteile mit den geforderten Massen produziert werden können, benötigt es möglichst konstante Prozessbedingungen. Zur Sicherstellung der Masshaltigkeit in der Produktion werden entweder periodische Messungen (Stichproben) in der laufenden Produktion durchgeführt oder zu Beginn der Produktion ein Versuchsplan (DOE) mit unterschiedlichen Prozesspunkten abgefahren, um daraus ein rein mathematisches Prozessmodell zu erzeugen, welches die wesentlichen physikalischen Vorgänge der Bauteilentstehungsgeschichte abzubilden vermag. Diese beiden Verfahren sind meist zeitaufwendig und umständlich in der Durchführung, weshalb das Prozessmodell einen grossen Vorteil mit sich bringen würde. Dadurch könnte man sich einen Grossteil des Versuchsaufwands sowie die Kontrollen in der laufenden Produktion ersparen.

Vorgehen: Ein bereits vorliegendes und an einem Kunststofftyp erfolgreich erprobtes Prozessmodell wird an verschiedenen Werkzeugen (Eiskratzer und OST-Gadget) und zwei unterschiedlichen Kunststoffen (Polypropylen und ABS PC Blend) validiert und optimiert. Dazu wurden Spritzgiessversuche mit variierenden Prozessparametern (Schmelze Temperatur, Werkzeug Temperatur, Nachdruckhöhe, Nachdruckzeit) durchgeführt, die Daten der Versuche festgehalten und analysiert. Die realen Schwindungswerte wurden den vom Modell prognostizierten Schwindungswerten gegenübergestellt und mit ihnen verglichen. Zur Steigerung der Prognosegenauigkeit wurde in einem ersten Schritt eine Skalierung bezüglich der Zentraleinstellung vorgenommen. Anschliessend wurde versucht, die Modellparameter hinsichtlich besserer Korrelation zu optimieren.

Ergebnis: Beim Eiskratzer (Diagramm 1) resultierte für den Kunststoff PP (HF955 MO) mit den Grundeinstellungen des Prozessmodells keine zufriedenstellende Korrelation, weshalb eine Skalierung des Prozessmodells nötig war. Danach ist bei acht von neun Einstellungen eine bessere oder vergleichbare Übereinstimmung zustande gekommen. Die Standardabweichung der Modellwerte beträgt dann +/- 0.15 %. Beim OST-Gadget (Diagramm 2) resultierte für das skalierte Prozessmodell eine deutlich geringere Standardabweichung von +/- 0.07 %.

Bei der Auswertung des DOE wurde zudem festgestellt, welche Parameter einen positiven Effekt (Erhöhung der Einflussgrösse führt zu einer Vergrösserung des Qualitätsmerkmals) und welche einen negativen Effekt (Erhöhung der Einflussgrösse führt zu einer Verkleinerung des Qualitätsmerkmals) haben.

Es wurde festgestellt, dass der Effekt des Nachdrucks rund 90% ausmacht, was sich gut mit der Theorie deckt.

Abbildung 1: Erstellen eines Versuchsplans (DOE)
Eigene Darstellung

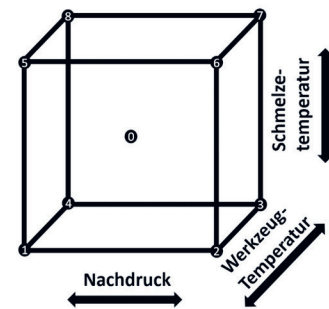


Diagramm 1: Gegenüberstellung IST-Werte mit Prozessmodell (Eiskratzer; HF955 MO)
Eigene Darstellung

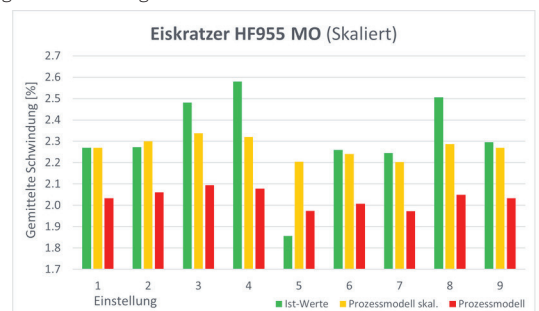
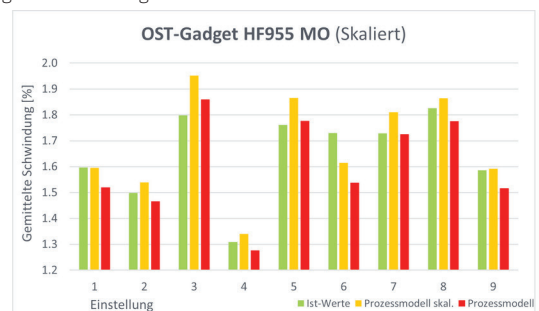


Diagramm 2: Gegenüberstellung IST-Werte mit Prozessmodell (OST-Gadget; HF955 MO)
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Daniel Marty,
Weidmann Medical
Technology AG,
Rapperswil, SG

Themengebiet
Kunststofftechnik

Werkzeugtemperaturregelung beim Spritzgiessen mittels Engel e-Flomo

Diplomand



Danilo Errico

Ausgangslage: Bei der Geberit Produktions AG in Jona sind neuere ENGEL-Spritzgiessmaschinen im Einsatz, welche zum Grossteil mit dem ENGEL e-flomo ausgestattet sind. Mit dem e-flomo kann der Durchfluss der einzelnen Temperierkanäle des Spritzgiesswerkzeuges in Abhängigkeit verschiedener Parameter hinsichtlich optimaler Prozessstabilität bei minimalem Energiebedarf geregelt werden. Aktuell wird das System lediglich zur Durchflussüberwachung eingesetzt, obschon gemäss Theorie die Regelung des Durchflusses je nach Bauteilgeometrie und Prozesszustand ein erhebliches Potenzial in Bezug auf Kosten- und Energieeinsparung haben kann.

Ziel der Arbeit: Das Ziel der Bachelorarbeit besteht darin, das wirtschaftliche Potenzial und die sich daraus ergebenden Randbedingungen für den Einsatz der Werkzeugtemperaturregelung ENGEL mittels e-flomo zu ermitteln. An einem bestehenden Produktionsprozess soll die Anwendung in folgenden Punkten genauer untersucht werden:

- thermische Stabilität der Werkzeuoberflächentemperaturen beim Anfahren und im Betrieb (e-flomo vs. Standard) für unterschiedliche Regelbetriebe
- Einfluss der Regelbetriebe auf relevante Bauteileigenschaften (Abmasse)
- mögliche Energie- und Kosteneinsparungen

Eine einfache und aussagekräftige Quantifizierung der genannten Kriterien muss auf Basis von Messungen gewährleistet sein. Des Weiteren soll das Verhalten mittels transientser Spritzgiesssimulation nachgestellt werden. Mögliches Einsparpotenzial, «ideale» Regeleinstellungen und das Verhalten am Werkzeug sollen so zukünftig für beliebige Produktionsprozesse abgeschätzt werden können.

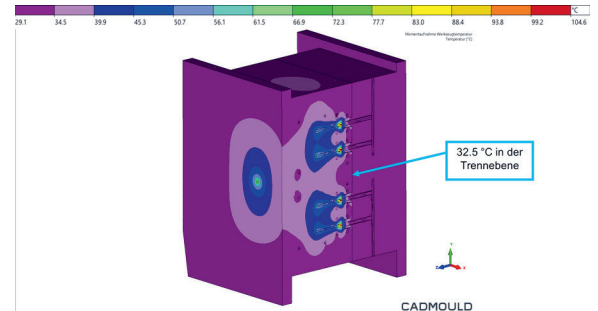
Ergebnis: Mit einer vorgängigen Spritzgiesssimulation kann ein umfassender Überblick der zyklischen Temperaturentwicklung im Spritzgiesswerkzeug gewonnen werden. Hieraus gehen wichtige Erkenntnisse in Bezug auf Homogenität der Temperaturverteilung und zeitliche Konstanz der maximalen Temperatur hervor.

Anhand von verschiedenen Spritzgiessversuchen mit diversen Reglereinstellungen und Einsatz verschiedener Messmittel konnte das Potenzial des ENGEL e-flomo für eine gezielte Anwendung im gegebenen Produktionsumfeld identifiziert und aufgezeigt werden.

Mit der Temperaturdifferenzregelung zwischen Werkzeugkühlwasservor- und -rücklauf konnte eine gute thermische Stabilität der Werkzeuoberflächentemperaturen erreicht werden. Durch die Kombination der Temperaturdifferenzregelung mit einem Tem-

periergerät, welches den Kühlkreislauf anhand der effektiven kavitätsnahen Werkzeuoberflächentemperaturen regelt, können die Prozessstabilität und die Qualität gesteigert werden. Zudem wird sichergestellt, dass die für die Formgebung relevante Werkzeuoberflächentemperatur den festgelegten Zielwert erreicht, was in Bezug auf die Bauteilqualität konstante Schwindungswerte zur Folge hat. Eine mögliche Energie- und Kosteneinsparung von knapp 6% konnte nur in Kombination der Werkzeuoberflächentemperaturregelung mit einem drehzahlregulierten Temperiergerät detektiert werden. Hierbei regelt das Gerät die Pumpendrehzahl, um die festgelegten Werkzeugtemperaturen zu erreichen.

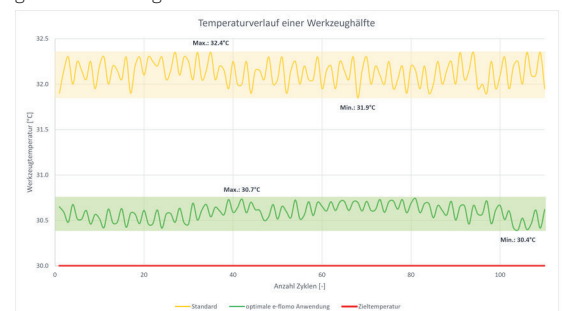
Werkzeugtemperaturverlauf der Spritzgiesssimulation nach 110 Spritzzyklen
Eigene Darstellung



ENGEL e-flomo
<https://www.engelglobal.com>



Werkzeuoberflächentemperaturverlauf; Standardbetrieb vs. optimale e-flomo-Anwendung
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Daniel Marty,
Weidmann Medical
Technology AG,
Rapperswil, SG

Themengebiet
Kunststofftechnik

Projektpartner
Geberit Produktions
AG, Jona, SG

Nachhaltige Alternativkunststoffe zu Polystyrol für das Nestable Tip Rack

Machbarkeitsanalyse zum Einsatz von nachhaltigen Materialien für das Nestable Tip Rack als Pilotbauteil

Diplomand



Silvio Tönz

Ausgangslage: Das Nestable Tip Rack (NTR) wird von der Firma Hamilton in der Laborautomation für die Lagerung und den Transport von Pipettenspitzen verwendet und besteht aus hochschlagfestem Polystyrol (HIPS). Für das kurzlebige NTR sollen nachhaltige Alternativwerkstoffe gesucht und bewertet werden. Ein Konzept zur mehrmaligen Wiederverwendung der NTR wäre auf jeden Fall nachhaltig, jedoch liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Werkstoffauswahl.

Vorgehen / Technologien: In der Kreislaufwirtschaft, einem zentralen Bestandteil der Nachhaltigkeit, werden Rezyklate als sinnvollste Ansatz eingestuft. Biobasierten Werkstoffen wird die Vermeidung von fossilen Rohstoffen als positiver Aspekt der Nachhaltigkeit angerechnet. Jedoch ist dabei besonders auf die Herkunft der Basismaterialien zu achten. Nach umfassender Materialrecherche werden fehlende Daten durch Versuche mit vier potenziellen Werkstoffen ermittelt und mit dem aktuell verwendeten HIPS verglichen.

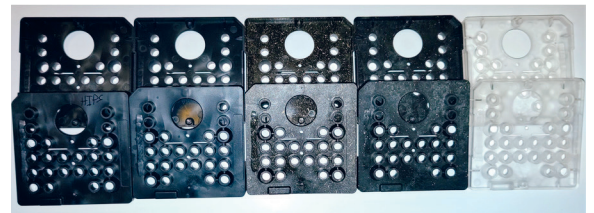
Ergebnis: Ein Vergleich der technischen, nachhaltigen und preislichen Aspekte der Werkstoffe ist in Tabellenform aufgeführt. Der Schwund liegt dabei bei allen Werkstoffen in einem ähnlichen Rahmen, und die Zykluszeit betreffend werden keine Mehraufwände im Spritzgiessprozess erwartet. Die Naturfaserprodukte Agriplast 3070 und FlaxPP 5050, sowie das Rezyklat PS3300 werden für das NTR empfohlen. Es wird erwartet, dass eine Substitution durch das PS 3300 einfacher realisierbar ist, dafür heben sich die beiden Naturfaserprodukte optisch ab, und das FlaxPP 5050 besticht ausserdem mit einem sehr guten Preis.

Der Falltest des verpackten NTR muss mit dem definitiven Werkstoff noch durchgeführt werden. Ein weiterer Schritt zur Kreislaufwirtschaft wird das Ausarbeiten eines End-of-Life-Konzeptes sein.





Nestable Tip Rack (NTR) mit Tips
Eigene Darstellung



Versuchsbauteil ALP Caddy, spritzgegossen aus HIPS 495F, PS3300, Agriplast 3070, FlaxPP 5050 und PLI 005 (v. l. n. r.)
Eigene Darstellung



Vergleich technischer, nachhaltiger und preislicher Aspekte potenzieller Alternativwerkstoffe gegenüber HIPS
Eigene Darstellung

	Technische Aspekte	Nachhaltigkeit	Materialpreis
HIPS 495F (bisher)	Setzt Massstab für Anforderungen	Basiert auf fossilen Rohstoffen	1.87CHF/kg
PS 3300 	- Erfüllt mechanische Anforderungen - Sterilisation möglich - Quellung akzeptabel	100% Rezyklat - 6 – 10-mal kleinerer Umwelteinfluss als PS als Neuware - 4mal kleinerer Umwelteinfluss als thermisches verwerten	1.56EUR/kg
Agriplast 3070 	- Erfüllt mechanische Anforderungen - Sterilisation möglich - Quellung akzeptabel	30% Grasfasern, 70% PP-Rezyklat - Firma lebt Kreislaufwirtschaft, wo es nur geht - Umwelteinfluss ca. 4-mal kleiner als bei herkömmlichem HDPE	2.53CHF/kg
FlaxPP 5050 	- Erfüllt mechanische Anforderungen - Sterilisation möglich - Quellung akzeptabel	50% Flachfasern, 50% PP-Rezyklat - Firma lebt Kreislaufwirtschaft, wo es nur geht	1CHF/kg
PLI 005 	- Erfüllt mechanische Anforderungen - Nicht sterilisierbar - Quellung akzeptabel	Zuckerbasiert (Mais & Zuckerrohr) - knapp 7-mal weniger CO ₂ -Ausstoss als PS - Energieaufwand der Herstellung ca. 15% kleiner als bei PS - 20% höhere Dichte als die obigen Werkstoffe	4.15EUR/kg

Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

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

Themengebiet

Kunststofftechnik, Energie- und Umwelttechnik

Projektpartner

Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, GR

Im Spritzgiesswerkzeug aufgebrachte individuelle Wasserzeichen für Kunststoffbauteile

Diplomand



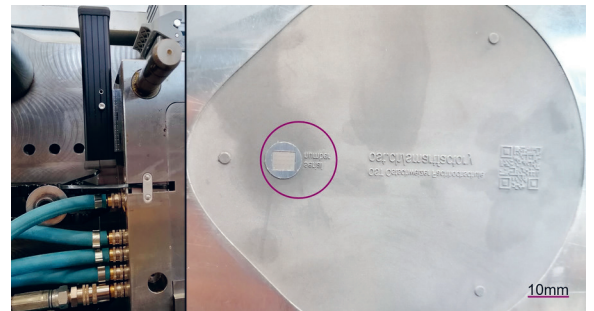
Marc Hunziker

Ausgangslage: Die eindeutige Identifizierung von Kunststoffbauteilen spielt vor allem bei sicherheitskritischen Einsatzgebieten, Medizinaltechnik und Automobilbau eine zunehmend wichtige Rolle. Zudem ist es im Zeitalter von Industrie 4.0 unerlässlich, dass jedes Bauteil auch eine digitale Identität besitzt. Für die eindeutige Codierung der Bauteile existieren bereits verschiedene Lösungen, wie Lasermarkieren, Bedrucken oder Klebeetiketten. Die Firma matriq bietet eine Markierlösung, welche als Form-einsatz ins Spritzgiesswerkzeug des Kunststoffbauteils eingebaut wird. Diese Lösung basiert auf der DynamicMold-Technologie und kann zusätzlich zur Teilemarkierung auch direkt in den Herstellungsprozess integriert werden. Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die Möglichkeiten dieser neuen Technologie untersucht und bewertet.

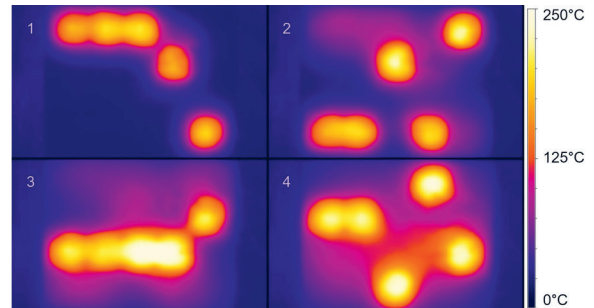
Vorgehen: Nach einer Marktrecherche zu Markierlösungen für Kunststoffbauteile wurde das matriq-System analysiert und studiert. Zudem wurden einige Tests durchgeführt, um die Bedienung des Systems zu erlernen und eine fachgerechte Bedienung für spätere Versuche zu gewährleisten. In einem weiteren Schritt wurden Materialien und Farben für die Versuche definiert und priorisiert sowie erste Spritzgiessversuche geplant. Nach der Durchführung und Auswertung dieser Versuche wurde aufgrund des mangelnden Informationsgehalts der Ergebnisse eine andere Herangehensweise gewählt. Dabei wurden die Aktivitäten des Einsatzes beim Markiervorgang mit einer Wärmebildkamera aufgezeichnet und analysiert. Mithilfe dieser Informationen konnten schlussendlich strukturierte Versuche mit verschiedenen Materialien an der Spritzgiessmaschine durchgeführt werden.

Ergebnis: Alle gefertigten Bauteile wurden unter dem Mikroskop analysiert und überprüft. Es konnten optimale Verarbeitungsdaten gefunden und mit allen getesteten Materialien und Farben gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Der Code ist unabhängig von Material und Farbe von Auge sowie auch unter dem Mikroskop gut bis sehr gut sichtbar.

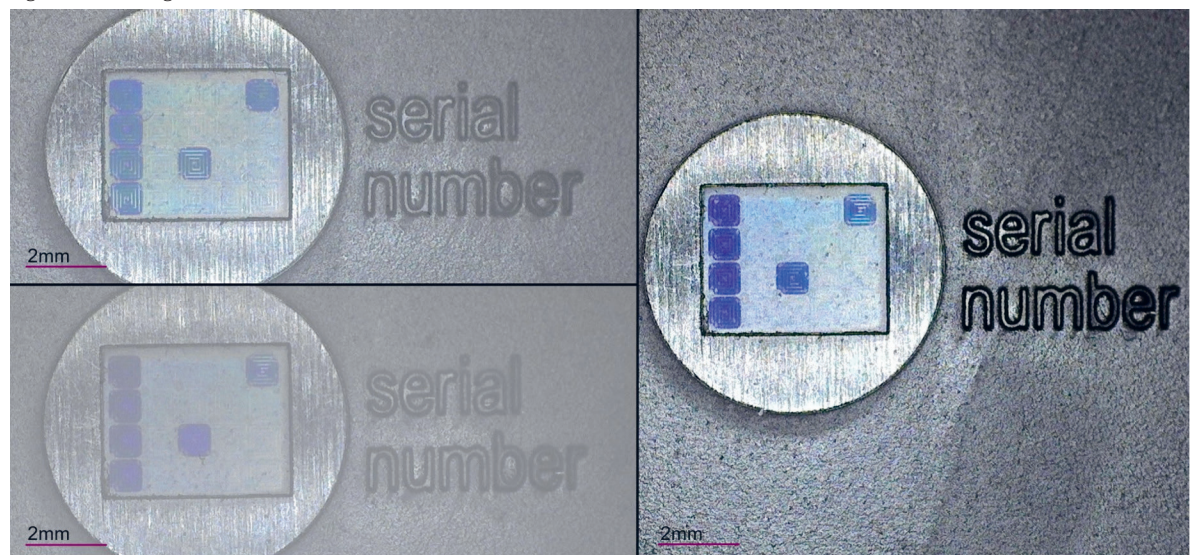
Rechts: matriq-Einsatz (im Kreis), verbaut im Spritzgiesswerkzeug; links: Steuerkasten für den matriq-Einsatz
Eigene Darstellung



Wärmebildaufnahmen der Heizabfolge des matriq-Einsatzes
Eigene Darstellung



Mit Code markierte Bauteile unter dem Digitalmikroskop: Oben links: ohne Farbzugabe; unten links: weiss; rechts: schwarz
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

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

Themengebiet

Kunststofftechnik, Fertigungstechnik

Fahrrad-Kurbel mit Leichtbaupotential

Konzeptentwicklung zur Verfahrenskombination von UD-Tapes und Spritzgiessen bis zur Vorstufe eines Prototyps

Diplomand



René Hensler

Aufgabenstellung: Die Kombination aus besten mechanischen Eigenschaften und effizientem Herstellungsprozess ist bei Composite-Bauteilen nur sehr schwierig zu realisieren. Aufgrund der oft komplexen und langsamen Prozesse können viele Komponenten nur im Ausland zu konkurrenzfähigen Preisen hergestellt werden. Mittels UD (unidirektionaler) Tapeverstärkung und der Kombination mit dem Spritzgiessprozess resultieren sehr gute mechanische Eigenschaften, die Kosten halten sich aber trotzdem in Grenzen, da auf ein bekanntes Verfahren mit sehr kurzen Zykluszeiten gesetzt werden kann. Damit bietet sich die Chance, gewisse Composite-Bauteile nicht nur in der Schweiz zu entwickeln, sondern auch hier zu produzieren. Zu den interessantesten Bauteilen in diesem Feld gehört die Fahrrad-Kurbel, aufgrund des Lastfalls und der Geometrie ist gut vorstellbar, eine solche als UD-tapeverstärktes Spritzgiessbauteil umzusetzen. In dieser Bachelorarbeit soll die Machbarkeit geklärt, sollen verschiedene Designs eruiert und berechnet, soll ein Konzept erarbeitet sowie, falls zeitlich im Rahmen, ein Prototyp umgesetzt werden.

Vorgehen / Technologien: Als Herangehensweise wurde die bewährte Form der vier Phasen Klären, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten gewählt. In der Phase Klären wurden die Aufgabenstellung, die Anwendung und der Markt analysiert, wobei eine handelsübliche Composite-Kurbel mittels Computertomografie (CT) eingescannt und untersucht werden konnte. Im nächsten Schritt, dem Konzipieren, konnte über eine Ideenfindung der morphologische Kasten erstellt und konnten die Konzepte erarbeitet werden, welche dann verfeinert und zu Entwürfen ausgearbeitet wurden, um sie schliesslich als 3-D-Modell in Siemens NX zu zeichnen. Anschliessend konnte die Baugruppe als Ganzes in ANSYS ACP aufgebaut und simuliert werden, um sie dann iterativ zu optimieren.

Ergebnis: Das Resultat ist ein neuartiges Konzept einer Bike-Kurbel inklusive notwendiger Fertigungsunterlagen. Gemäss Simulation kann gegenüber einer Aluminiumvariante eine Gewichtsersparnis von ca. 60 Gramm erreicht werden, wobei die Verschiebung bei Höchstbelastung nur um ca. 1,3 mm höher ausfällt. Das Konzept beinhaltet die Aluminium-Einlege-teile (Inserts), den Tapeaufbau und die Spritzgiessform als physisch herstellbare Komponenten, wobei die in der untersten Abbildung dargestellte Geometrie resultiert. Die Simulationen wurden mit laufenden Optimierungen am 3-D-Modell gemacht, wobei die Geometrie ebenfalls laufend angepasst wurde, um auch das Zielgewicht von unter 200 Gramm pro Kurbel zu erreichen. Um eine optimale Produktion

eines Prototyps zu gewährleisten, erfolgten weitere Änderungen an der Geometrie, beeinflusst durch die Auslegung des Spritzgiess-Werkzeugs. Ein weiterer Pluspunkt des vorgeschlagenen Konzepts ist dessen Nachhaltigkeit: Da eine Produktion in Kundennähe gewährleistet werden kann, stellen sich positive Effekte bezüglich Transportkosten und Emissionen ein.

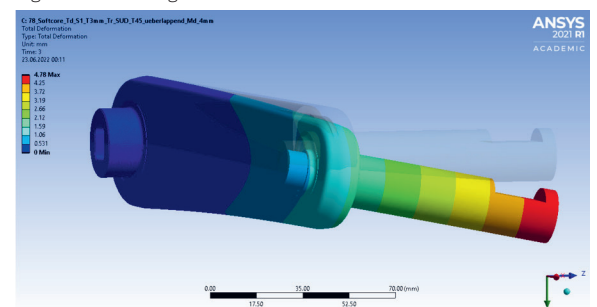
Computertomografie, handelsübliche Carbon-Kurbel (SRAM XX1) durchleuchtet

Eigene Darstellung



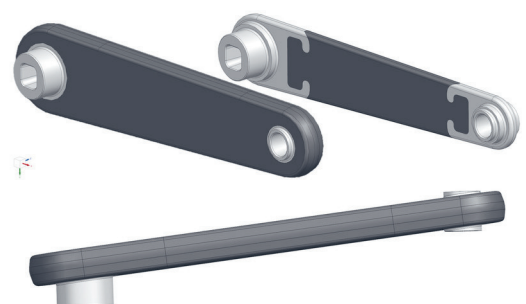
Kurbel komplett mit Pedal-Dummy, Darstellung der Gesamtverschiebung, Überhöhungsfaktor 5

Eigene Darstellung



Collage der Kurbel: komplett, ohne Hülle (Schaumkern ersichtlich), Draufsicht, um Offset darzustellen (v.o.l.n.u.r.)

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

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

Themengebiet

Kunststofftechnik, Produktentwicklung, Fertigungstechnik

Projektpartner

KWB Kunststoffwerk AG Buchs, Buchs, SG

Optimization of Prepreg Manufacturing with Inflatable Bladder Process

Graduate Candidate



Camil Mörgeli

Problem: To manufacture hollow composite parts, inflatable bladders can be used. Some types are hard at room temperature and become elastic in the autoclave at elevated temperatures to transfer the pressure during the autoclave process to the prepreg. At room temperature, the prepreg is placed on the core, which is then inserted into a solid mold.

The problem with this configuration is that expansion of the wrapped core might be prevented by the surrounding preform and thus consolidation is not sufficient: although the prepreg was placed on the core with overlaps to allow expansion, the friction between the overlaps might be too high, preventing the prepreg from sliding against each other.

Objective: The aim of the thesis was to investigate the friction between two overlapped plies and to suggest improvements from the gained results. In addition, it had to be investigated whether the overlap can also be shortened without reducing the mechanical properties of the components.

Result: Using a simplified model, the minimum overlap length was determined mathematically and then validated with tests. The calculation showed that the critical overlap length is about half as long as the standard. However, the tests have shown that real effects such as peak stresses and occurring momentum reduce the strength of an overlap, which is why a reduction of the overlap length is not recommended. In order to measure the friction in the overlap, a test rig was constructed with which the friction could be measured under autoclave conditions, i.e. at different temperatures and variable pressure. Based on the

measurement results and suitable friction models, it was possible to show what the problem in the inflatable bladder process is based on and how it can be eliminated.

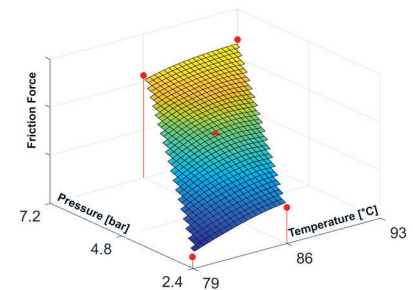
Pilatus PC-24 with composite spoilers.

Picture by Pilatus Flugzeugwerke AG



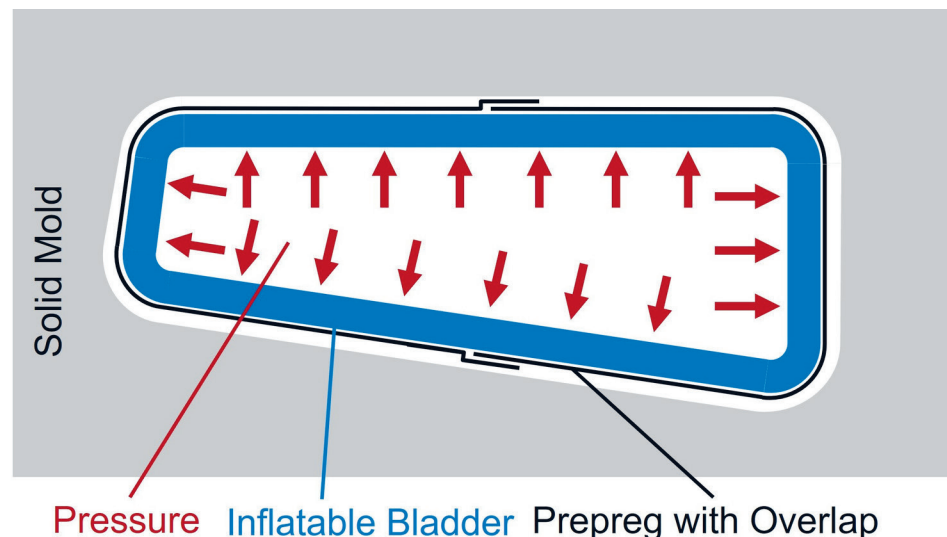
Friction force during autoclave process, depending on temperature and pressure.

Own presentment



Schematic illustration of inflatable bladder process.

Own presentment



Advisor

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Co-Examiner

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

Subject Area

Manufacturing Technology, Plastics Technology

Project Partner

Pilatus, Stans, NW

Smart Boating Plattform

Simulationsgestütztes Machine Learning für die Zustandsüberwachung von Booten

Diplomand



Yvo Megert

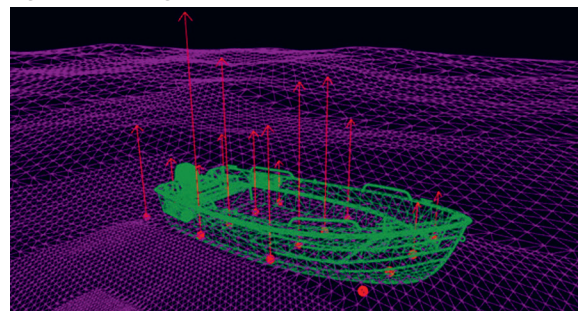
Problemstellung: In einer vorangehenden Arbeit wurde eine Smart-Boating-Plattform entwickelt, welche die Fernüberwachung von Sensordaten eines Freizeitbootes ermöglicht. Die Sensordaten werden lediglich auf eine Online-Plattform weitergeleitet und nicht ausgewertet. Als Bootsbesitzer möchte man jedoch genau dann benachrichtigt werden, wenn gewisse Ereignisse auftreten oder Handlungsbedarf besteht. Dafür soll die bestehende Plattform so ergänzt werden, dass diese eigenständig auf gewisse Ereignisse reagieren kann.

Ziel der Arbeit: Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Abklärung der Eignung von Simulationsumgebungen für die autonome Zustandsüberwachung von Booten. Dafür wird eine Simulation entwickelt, welche möglichst realitätsnahe Ereignisse widerspiegeln kann. Dadurch können Zustände erfasst werden, welche eine Alarmierung auslösen sollen, ohne diese vorgängig in der Realität nachzustellen. Die beiden Technologien Simulation und Machine Learning sollen kombiniert werden, um die autonome Zustandsüberwachung zu ermöglichen.

Ergebnis: Es konnte ein funktionierender Prototyp des Zusammenspiels von Simulation und Machine Learning realisiert werden. Die Simulation wird verwendet, um ein Machine-Learning-Modell zu trainieren. Anschliessend wurde das Modell auf dem Mikrocontroller der Smart-Boating-Plattform installiert und ist imstande, Livedaten aus der Simulation zu klassifizieren. Dadurch ist es möglich, die aktuelle Wellengrösse aus der Simulation zuverlässig zu detektieren.

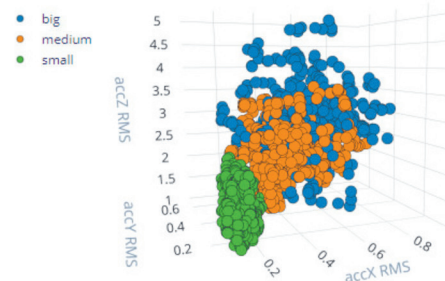
Wellen- und Bootsimulation

Eigene Darstellung



Machine-Learning-Klassifikation

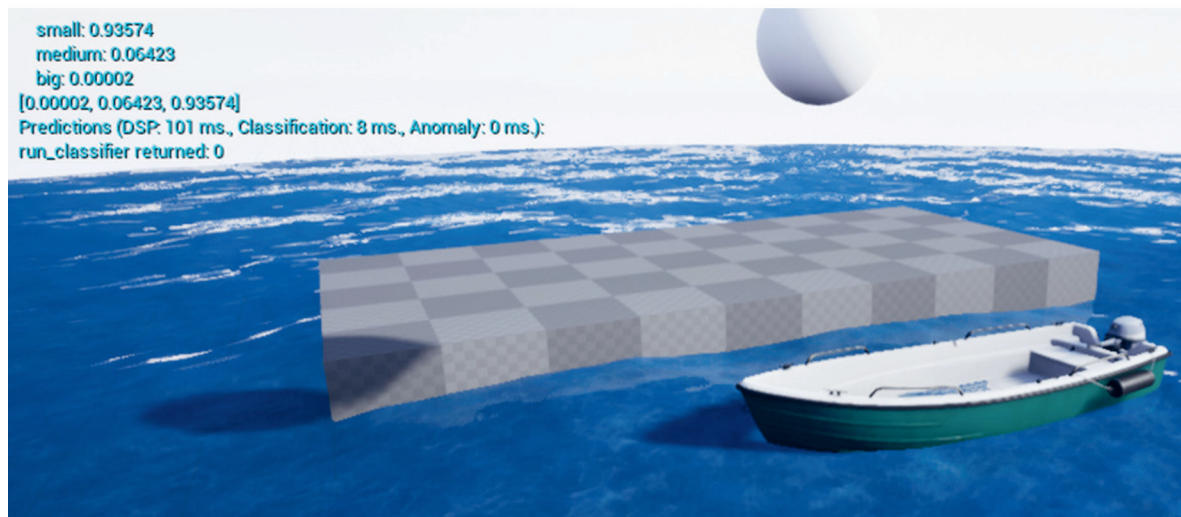
Eigene Darstellung



Simulation mit klassifizierten Livedaten

Eigene Darstellung

```
small: 0.93574  
medium: 0.06423  
big: 0.00002  
[0.00002, 0.06423, 0.93574]  
Predictions (DSP: 101 ms., Classification: 8 ms., Anomaly: 0 ms.):  
run_classifier returned: 0
```



Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Maschinenbau-Informatik, Simulationstechnik, Produktentwicklung

Sensor System for Excavator Tasks Monitoring

Graduate Candidate



Robin Hartman

Introduction: Sersa Group AG offers a wide variety of products and services for railway infrastructure. To ensure reliable and high-quality order fulfilment, a manufacturer-independent sensor-based solution should be designed and implemented which monitors the efficiency and productivity of the machine fleet. The positioning data and execution information of various construction or earth-moving activities must be acquired by sensors. The logged data is subsequently available and accessible via a web application. The information obtained can be used to analyse and, if necessary, improve the operating strategies of various construction machines involved in the construction process. The monitoring system developed in the context of this thesis is intended to be fitted on an excavator. The sensor system should be capable of measuring the following:

- position and orientation of the excavator
- excavator-centred video footage of the tasks performed

Approach / Technology: To provide precise location positioning, a technique called real time kinematic (RTK) is being used. This involves two GNSS receivers. The first module configured as a «rover» is mounted to a moving vehicle. Paired with a second module, the so-called base module, which is stationary at a known location, the rover module can calculate its position with a precision up to one centimetre. This is accomplished by using the signals it receives from satellites and the correction data being received via radio link by the base station.

Result: The outcome of this thesis consists of two portable modules. Both modules are configured as a rover. The first module, which will be mounted near the cabin of the excavator, is fitted with a GNSS receiver, a Jetson Nano for data processing, a camera and the antennas needed to receive the correction and satellite signals. The second module will be mounted on the arm of the excavator and consists of a GNSS receiver, a Bluetooth module and the required antennas.

The raw GPS data strings received by the second module are being sent to the main module via Bluetooth. The received data via Bluetooth and the local data parsed by the module placed on the cabin are being stored and processed on the Jetson nano with a script written in Python.

On the web application the parsed data, the distance and heading between both modules, a map with the plotted data and the camera feed can be accessed.

Advisor

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Co-Examiner

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Subject Area

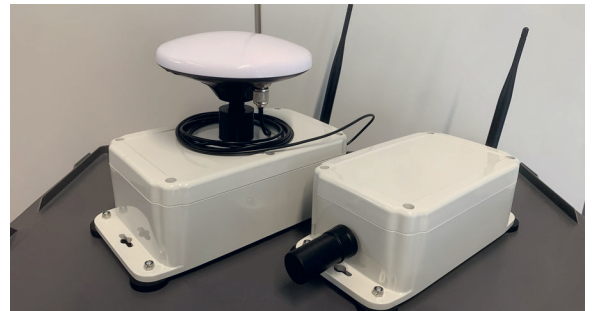
Mechatronics and
Automation Technology,
Sensorics

Project Partner

Sersa Group AG,
Zürich, ZH

Hardware

Own presentation



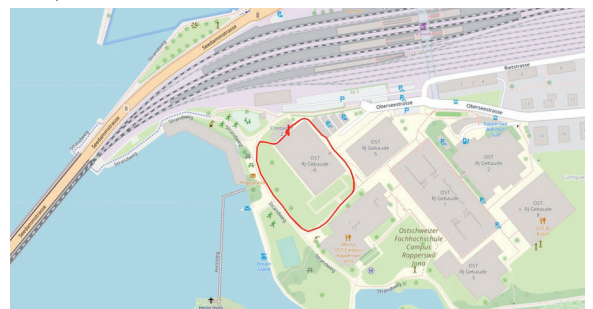
Landing page of the web application

Own presentation



GPS data visualization

Own presentation



Messzelle Industrie 4.0

Mechanische und antriebstechnische Optimierung der Messzelle

Diplomand



Samuel Eberhart

Ausgangslage: Zu Forschungs- und Demonstrationszwecken verfügt die Ostschweizer Fachhochschule (OST) über eine vollautomatisierte Fertigungsanlage. Diese Anlage besteht aus einer Spritzgussmaschine zur Bauteilherstellung, einer Montagezelle sowie einer Messzelle. Mit der Gesamtanlage lassen sich Bauteile vollautomatisch herstellen, prüfen und montieren. Der gesamte Prozess wird mit den Möglichkeiten der Industrie 4.0 überwacht und optimiert. Diese Arbeit befasst sich mit der mechanischen und antriebstechnischen Optimierung der Messzelle.

Problemstellung: Zur Vermessung der Bauteile werden zwei Lasersensoren, die an einem Messarm befestigt sind, über das Bauteil geschwenkt. Zwei Kameras erstellen eine Punktwolke des Bauteils und generieren damit ein digitales Modell. Dieses Modell kann mit dem 3-D-Modell des Bauteiles verglichen und so eine Qualitätsprüfung durchgeführt werden. Der Antrieb des Messarms verursacht im Betrieb Störungen und ist unzuverlässig. Aus diesem Grund soll für den Messarm eine neue Antriebslösung entworfen und umgesetzt werden. Um den hohen Anforderungen einer Messeinrichtung gerecht zu werden, muss der neue Antrieb eine hohe Präzision und Steifigkeit aufweisen. Die Steuerung des Antriebs soll in die bestehende Software der Messzelle integriert werden. Zudem sollen die Kameras, welche zum jetzigen Zeitpunkt starr mit dem Arm verschraubt sind, in translatorischer sowie rotatorischer Richtung justiert werden können. Durch die Justierung sollen die Kameras für den Messvorgang ausgerichtet werden können.

Ergebnis: Die Schwenkbewegung des Messarms wird neu von einem Direktantrieb der Firma Harmonic Drive ausgeführt. Dieser spielfreie Antrieb bringt die notwendige Präzision und Steifigkeit mit sich und lässt sich über eine EtherCAT-Schnittstelle nahtlos in die bereits vorhandene Beckhoff-Steuerung einbinden. Der Rotationswinkel lässt sich neu stufenlos einstellen. Die Halterungen der Kameras sind überarbeitet und lassen sich nun manuell in ihrem Winkel einstellen. Die Kameras sind auf Führungsschienen montiert und lassen sich mit einem spielfreien Spindeltrieb, der von einem Schrittmotor angetrieben wird, justieren. Während sich der Antrieb des Messarms mit einer Testsoftware ansteuern lässt, ist die Integration in die bestehende Software der Messzelle noch nicht vollständig abgeschlossen. Für die Justierung der Kameras besteht erst ein Softwarekonzept. Die Kameras können zwar manuell justiert werden, die automatisierte Lösung muss allerdings noch ausgearbeitet werden.

Referent

Prof. Dr. Dejan Šeatović

Korreferent

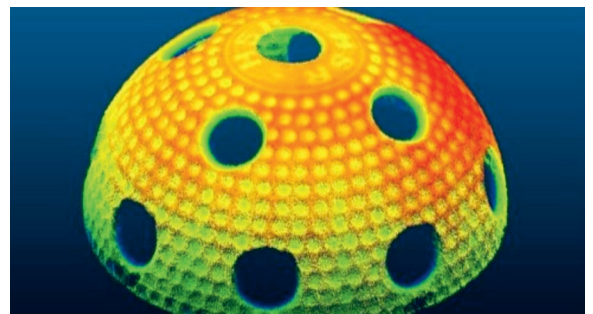
Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Mechatronik und Auto-
matisierungstechnik

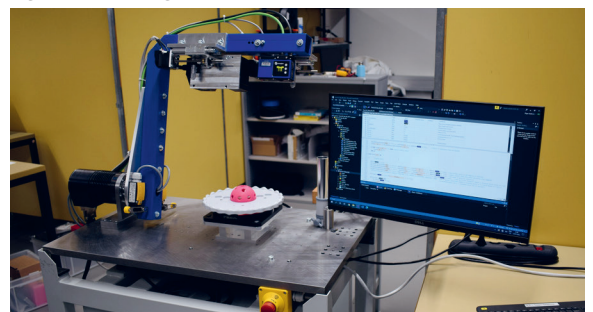
Ausgemessenes Bauteil

Y. Fuster, «Messzelle in einem Industrie 4.0 Umfeld», 2020



Schwenkbewegung des Messarms

Eigene Darstellung



Reinigungs- & Trocknungsmodul für Glaskanten-Inspektion

Diplomand



Cédric Niklaus

Ausgangslage: Die Firma Glaston Switzerland AG entwickelt eine Lösung zur automatisierten Prozesskontrolle bei der Glasverarbeitung. Für eine zuverlässige Beurteilung der Produkteigenschaften wird eine Vorreinigung vorausgesetzt. Diese hat zum Ziel, die Produkt-Rohlinge zwischen einzelnen Fertigungsprozessen für eine nachfolgende automatische Inspektion aufzubereiten. Dabei werden hohe Anforderungen an die Sauberkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse gestellt.

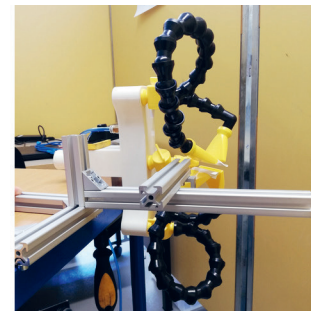
Aufgabenstellung: Für die Erfüllung der Aufgabe soll einerseits ein Reinigungs- und andererseits ein Trocknungsmodul parallel und unabhängig voneinander entwickelt werden. Die Aufgabenstellung umfasst folgende Punkte:

- Klärung der Aufgabenstellung und Identifikation der System-Anforderungen
- Entwicklung und Bewertung von Lösungskonzepten
- Entwurfskonstruktion
- Prototypenfertigung, Inbetriebnahme und Funktionstests

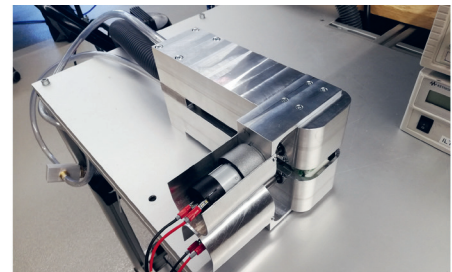
Ergebnis: Zusammen mit dem Industriepartner sind detaillierte Lösungskonzepte ausgearbeitet worden. Diese sind schliesslich als funktionsfähige Prototypen gebaut worden. Die Trocknungseinheit wurde gezielt in einem frühen Entwicklungsstadium umgesetzt. Diese Form erlaubt umfangreiche Grundlagentests mit einer Vielzahl an möglichen Variationen. Die Reinigungseinheit ist bereits als komplexeres und realitätsnahes Konstrukt mit mehreren integrierten Einzelsystemen umgesetzt. Die Funktionalitäten beider Module wurden expe-

perimentell geprüft. Mit den erlangten Erkenntnissen konnten erfolgreich optimale Konfigurationen, wichtige Systemeigenschaften, Schwachstellen und Optimierungspotenziale für die Weiterentwicklung beider Module identifiziert werden.

Trocknungsmodul
Eigene Darstellung



Reinigungsmodul
Eigene Darstellung



Referentin
Prof. Dr. Agathe Koller

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

Themengebiet
Mechatronik und
Automatisierungs-
technik

Projektpartner
Glaston Switzerland
AG, Thunstetten,
Bern / ILT Institute
for Lab Automation
and Mechatronics,
Rapperswil, St. Gallen

Prüfstand für Führungssysteme

Dauerbelastungsprüfung durch mechanisch-dynamische Schwingprüfung

Diplomand



Florian Plüss

Problemstellung: Der Industriepartner Agathon AG arbeitet in Zusammenarbeit mit dem Institut für Laborautomation und Mechatronik an einer Weiterentwicklung seiner bewährten Führungssysteme für Stanzwerkzeuge. Besonders geschätzt werden diese hochpräzisen und langlebigen Führungssysteme bei Hochleistungswerkzeugen. Diese werden auf entsprechenden Pressen mit bis zu 2300 Hüben pro Minute betrieben. Dadurch ist das Führungssystem hohen dynamischen Belastungen ausgesetzt. Verstärkend dazu wirken durch die Eigenheiten des Stanzprozesses auf das Führungssystem zudem folgende Belastungsfälle:

- Beschleunigung durch den Schnittschlag: Durch die schlagartige Entspannung der aufgebauten Druckspannung beim Herausbrechen des Stanzbutzens entstehen im Werkzeugoberteil starke, kurzzeitige Beschleunigungen.
- Verformung der Führungssäule: Eine aussermittig wirkende resultierende Stanzkraft führt zu einer Neigung des Werkzeugoberteils. Durch diese Neigung werden die Führungssäulen dynamisch schwellend verformt.

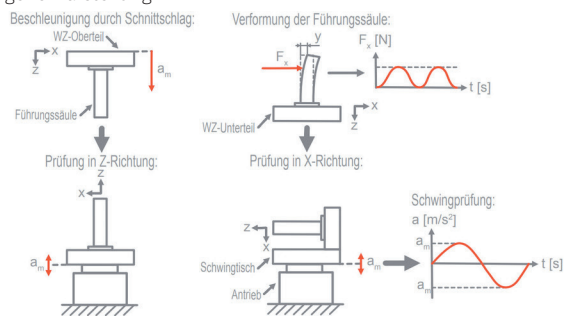
Ziel der Arbeit: Für die Weiterentwicklung der Führungssysteme ist es notwendig, eine möglichst realitätsgetreue Belastungsprüfung durchzuführen. Als Versagenskriterium wurde dafür die maximale wirkende Beschleunigung an der Führungssäule gewählt, welche bis zu 1000 m/s^2 beträgt. Dabei sollen beide oben beschriebenen Belastungsfälle berücksichtigt werden. Auch muss die Prüfung die gesamte Lebensdauer eines Stanzwerkzeuges von bis zu 200 Mio. Hüben abdecken können. Als geeignetes Prüfverfahren wurde dafür eine mechanisch-dynamische Schwingprüfung eruiert. Um die Prüfdauer in einem vernünftigen Rahmen von vier Wochen zu halten, soll dabei die Prüffrequenz möglichst hoch sein.

Ergebnis: Die oben genannten Anforderungen können durch eine erzwungene Schwingung an einem Feder-Masse-System erfüllt werden. Das System wird dabei durch einen Druckluftkolbenvibrator über die Fliehkraft des Kolbens in Schwingung versetzt. Die maximal mögliche Prüffrequenz beträgt dabei 100 Hz. Aufgrund der hohen Prüflingsmasse und des Eigengewichts des schwingfähigen Systems, wird zum Erreichen der notwendigen Wegamplituden und somit zur Beschleunigung die Resonanz des Systems ausgenutzt. Dafür wurde die Federkonstante des Systems so ausgelegt, dass bei der Nennbetriebsfrequenz die Resonanzfrequenz nur ca. 3 Hz höher liegt. Somit können mit einem schwachen, aber dadurch

auch leichten Schwingantrieb die geforderten Beschleunigungswerte erreicht werden. Diese hängen im Resonanzbereich stark von der Dämpfung des Systems ab. Die Dämpfungskonstante ist bei der Auslegung unbekannt und muss durch Versuche ermittelt werden. Daher wurde ein Prototyp konstruiert und umgesetzt, welcher alle fundamentalen Funktionen für eine Schwingprüfung der Führungssysteme umfasst. Der Wert der realen Dämpfung und der daraus resultierende Einfluss auf die Beschleunigungswerte wurden im in einem Proof of Concept untersucht und dokumentiert.

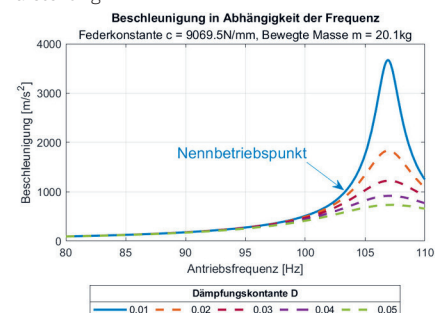
Belastungsfälle und daraus abgeleitete Prüfungen

Eigene Darstellung



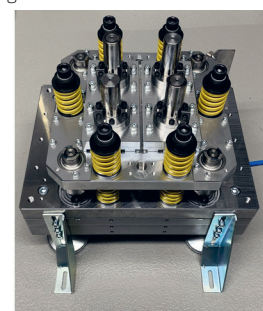
Nennbetriebspunkt des Feder-Masse-Systems und Einfluss der Dämpfung

Eigene Darstellung



Prototyp der Schwingprüfanlage

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šećtović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter Maschinenfabrik AG, Winterthur, ZH

Themengebiet

Mechatronik und Automatisierungstechnik, Konstruktion und Systemtechnik

Projektpartner

Agathon AG, Bellach, SO

Laborversuch für digitale Regler

Diplomand



Marco Betschart

Ausgangslage: Der Unterricht für den Kurs Regelungstechnik des Moduls Automation ab dem 4. Semester basiert zurzeit sehr stark auf der Auslegung von Reglern für kontinuierliche Systeme. Diskrete Systeme werden zwar in den Grundlagen der Signale und Systeme sowie in Regelungstechnik 3 behandelt, deren Anwendung wird in der Praxis aber nicht geübt oder vertieft.

Die Infrastruktur im Labor basiert auf vorkonfigurierten Aufbauten, die entweder mit analogen Reglern, mit Simulink oder mit LabView betrieben werden. Kein Aufbau unterstützt die Möglichkeit, den Entwurf und die Implementation von digitalen Reglern zu üben.

Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist es, einen Laborversuch zu konzipieren und aufzubauen, mit dessen Hilfe die Konzepte der digitalen Regelung veranschaulicht und geübt werden können. Der entsprechende Versuch soll sich für den Einsatz in einer Laborumgebung eignen und auf den bestehenden Kenntnissen der Studierenden im Bereich Regelungstechnik und Programmieren aufbauen.

Ergebnis: Zu Beginn wurden verschiedene Varianten von Laborversuchen mithilfe verschiedener Kriterien miteinander verglichen. Durch diese Bewertung wurde ein sogenanntes «Aeropendulum» als optimales Konzept befunden. Nach dem Aufbau des Prototyps wurden erste Programme für eine Inbetriebnahme geschrieben, um danach weitere Programme für diverse Regler und Regelstrukturen auszuprobieren.

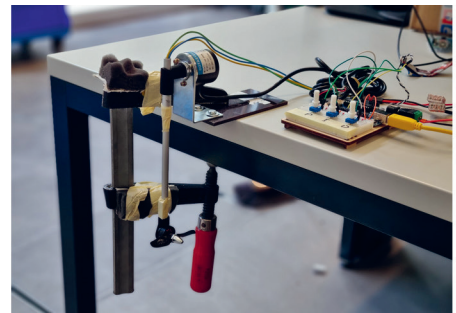
Das funktionierende System konnte dann als Simulation in Matlab/Simulink erfolgreich aufgebaut und

durch die automatische Code-Generierung auf einem Mikrocontroller getestet werden.

Das Ergebnis ist ein neuer Laborversuch für Studierende, welcher verschiedene Möglichkeiten bietet, sich mit digitalen Reglern auseinanderzusetzen.

Erster Versuch eines Prototyps

Eigene Darstellung



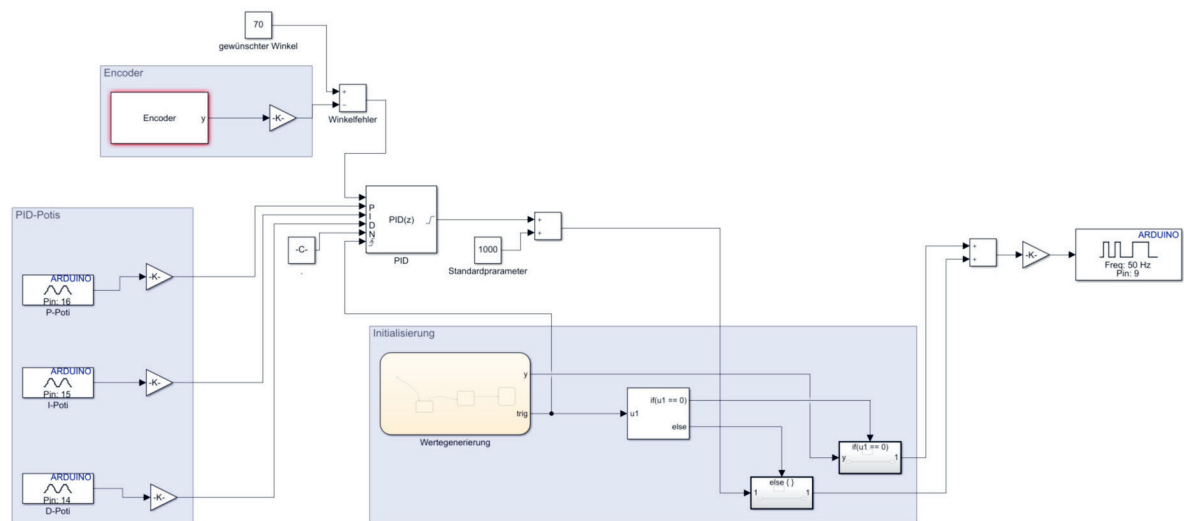
Visualisierung der Endversion

Eigene Darstellung



Das physische System aufgebaut in Matlab Simulink

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Michael Hubatka

Korreferent

Nik Marty, Zaugg
Maschinenbau AG,
Boniswil, AG

Themengebiet

Mechatronik und
Automatisierungstechnik,
Simulationstechnik

Yarn connections in knitting

Development of concepts and solutions to tie yarns together

Graduate Candidate



Tobias Funk

Initial Situation: The knitting process for the production of garments must become more efficient. For the knitting process, yarn bobbins need to be replaced regularly. The new bobbins are tied by hand to the existing bobbins. The tying process is labour-intensive and must be automated. In this study, new solutions are investigated for tying 2 yarns together.

Approach: Literature research and state of the art procedures to tie yarns together have been performed. In addition, new tying concepts have been proposed. The elongation at break and the flexibility of each type of connections have been tested and evaluated. The tying concepts were evaluated according to technical and economic criteria. For the most promising solution, a Minimum Viable Product (MVP) has been developed with which the feasibility of the process was tested in laboratory. Important process parameters such as welding time, temperature and pressure force have been investigated.

Result: Preliminary tests have shown that the desired elongation at break can be achieved with different tying methods. Hot plate welding has shown the best potential in terms of process costs and simplicity and was developed further.

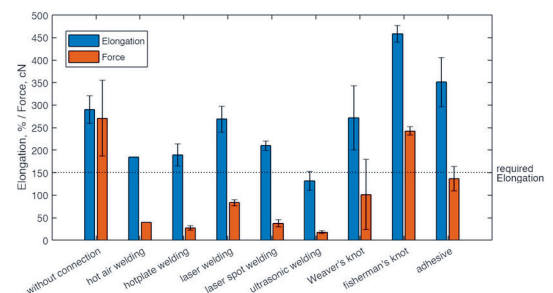
4 out of 6 types of yarns could be sufficiently welded with the MVP. Elongation at break and flexibility met the specifications. With one of the yarns, the specified elongation at break could not be achieved, but the strength was still sufficient for the knitting process.

Problems occur for yarns covered with cotton: the required elongation at break could be achieved for

individual samples, but the process was not reproducible in that case. The feasibility of the process has been demonstrated. Further improvements were proposed, and can be performed after having tested the developed MVP directly on the knitting machine.

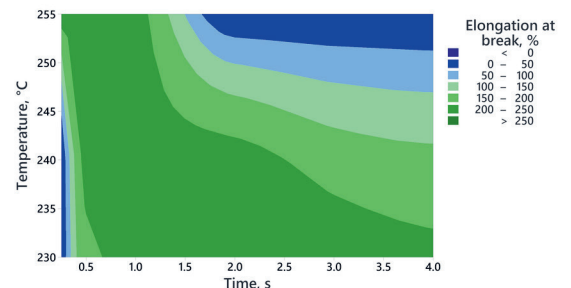
Preliminary tests: maximum force and elongation at break.

Own presentation



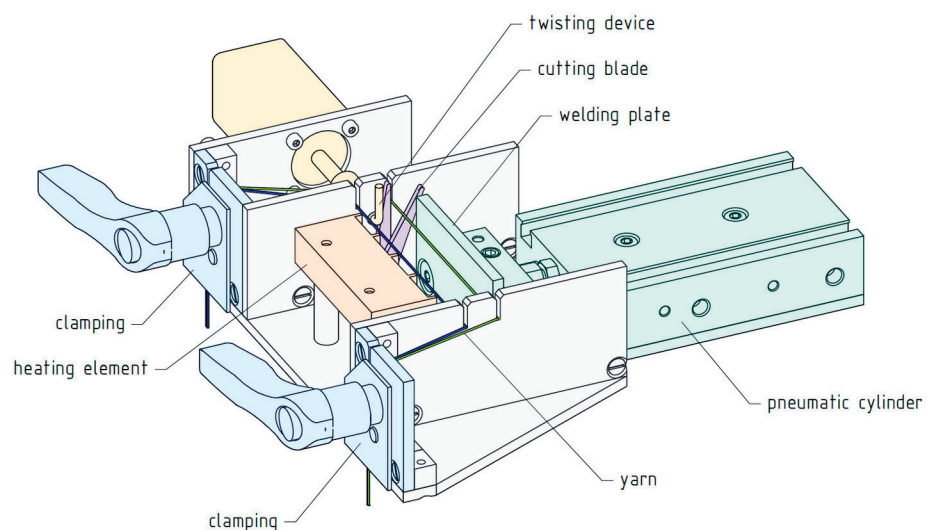
Elongation at break as a function of welding time and temperature.

Own presentation



Sketch of the MVP developed to weld yarns together.

Own presentation



Advisor

Prof. Dr. Pierre Jousset

Co-Examiner

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

Subject Area

Plastics Technology, Product Development

Abgabestation für die Schneeförderung

Diplomand



Andreas Hermann

Ausgangslage: Für Skigebiete wird das Erzeugen und Verteilen von Schnee künftig immer wichtiger. Heute sind Schneekanonen und -lanzen im ganzen Skigebiet verteilt. Eine zentrale Schneeproduktion wäre an vielen Stellen von Vorteil, da weniger Installationen im Gelände notwendig sind (z.B. Snow-Farming). Das IPEK forscht daher mit dem SLF Davos an der Förderung von Schnee durch Rohrleitungen. Die speziellen mechanischen Eigenschaften des Schnees sind dabei die Herausforderungen. Für eine Schnee-Ansaugung soll nun eine Zielstation entwickelt werden, in der der geförderte Schnee aus dem Unterdruckbereich in die Umgebung abgegeben wird.

Vorgehen: Das Projekt wird in vier Phasen gegliedert. In der Phase « Klären » werden die Aufgabenstellung, theoretische Hintergründe und Anforderungen recherchiert. Das « Konzipieren » dient der Findung von Lösungsvarianten. Mit Brainstorming und anderen Kreativmethoden werden Konzepte entwickelt und ihr technisches und kommerzielles Erfolgspotenzial bewertet. Eines der Konzepte wird in der Phase « Entwerfen » mit groben Versuchen geprüft, weiterentwickelt und daraus ein Entwurfskonzept vordimensioniert. In der Phase « Ausarbeiten » wird das Konzept mit einem CAD-Modell, einem Fertigungskonzept und einer Kostenschätzung im Detail aufgebaut.

Ergebnis: Der Schnee wird in einer Abscheideglocke gesammelt. Der Boden der Glocke wird mit einem Mechanismus aus hydraulischen Zylindern geöffnet und der Schnee batchweise ausgetragen. Dabei ist die Dichtheit der Öffnungen der Abgabestation kritisch für die Förderdistanz der gesamten Anlage, weshalb dies eine der Hauptherausforderungen ist. Die

ganze Station wurde mit dem Gedanken ausgearbeitet, in Versuchen eine hohe Flexibilität zu haben. Dies ermöglicht es, weitere Erkenntnisse zu sammeln und damit das Konzept weiter zu optimieren. So sind unter anderem die Anschlüsse für die Saug- und Förderleitungen mehrfach in unterschiedlicher Anordnung und offene Schnittstellen für diverse Sensorik vorhanden.

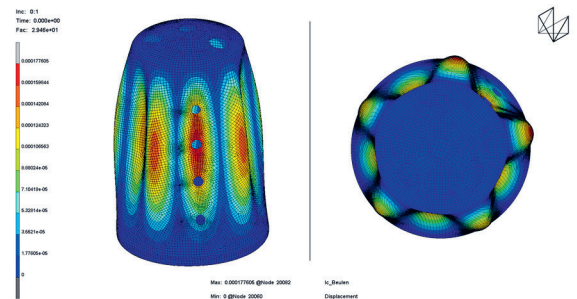
Versuche mit Schnee

Eigene Darstellung



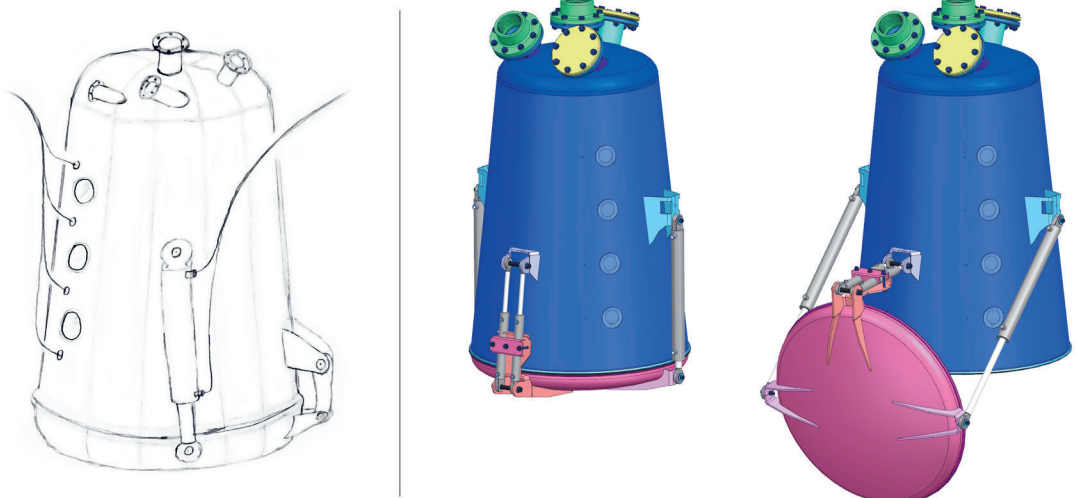
Stabilitätsüberprüfung mittels FE-Methode [Verschiebung in m] (200-fach überhöht)

Eigene Darstellung



Von der Handskizze zum detaillierten Konzept

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Auslegung vom laufenden Gut eines Segelbootes zur Teilnahme am 1001VELACup

Diplomand



Sanjayan Linganesan

Ausgangslage: 1001VELACUP ist ein Wettbewerb unter Universitäten, in dem sie mit Segelbooten der Klasse R3 in dreitägiger Regatta gegeneinander antreten. Die R3-Segelboote werden vollständig von Studenten konzipiert, entwickelt, gebaut und gesegelt. Die definierte Bootsklasse ermöglicht genügend Freiraum für innovative Konzepte und zugleich auch einen fairen Wettbewerb. Ein zentraler Aspekt ist die Nachhaltigkeit. 75% des Gewichtes vom Boot sollen aus natürlichen und/oder aus rezyklierbaren Materialien bestehen.

Im Rahmen der Bachelorarbeit FS 2022 wird das Segelboot von vier Studierenden ausgearbeitet. Jeder der vier Studierenden bekommt bestimmte Baugruppen bzw. Teilaufgaben zugeteilt, welche bearbeitet und anschliessend zusammen integriert werden müssen.

Vorgehen: In der vorliegenden Arbeit wird die Auslegung des laufenden Gutes genauer betrachtet. Am Anfang ist eine Einarbeitung in der Auslegung des laufenden Gutes notwendig. Dazu müssen Recherchen durchgeführt werden sowie Erfahrungen von regattaerprobten Seglern berücksichtigt werden. Anschliessend können Konzeptvarianten ausgearbeitet werden, welche auch auf die Konzeptvarianten und die Funktionalität der anderen Teilaufgaben im Team abgestimmt sind. Abgeschlossen wird die Arbeit durch die Bereitstellung von notwendigen Daten für den Aufbau des laufenden Gutes.

Ergebnis: Das laufende Gut ist an sich sehr komplex, und um ein genaueres Bild zu haben, welche Seile welche Funktionen besitzen, hat man das laufende Gut in mehrere Teilgebiete eingeteilt. Die Teilgebiete sind:

- Baumniederholer
- Fallschot für Grossegegel
- Vorliekstrecker von Grossegegel
- Achterliekstrecker von Grossegegel
- Fallschot von Vorsegel
- Vorschot von Vorsegel
- Trapezesystem
- Schote für Gennaker

Das laufende Gut wurde mit Fokus auf Ergonomie ausgelegt. Um diese zu gewährleisten, wurde ein kompaktes Decklayout als Konzept erstellt. Die Rollen und Klemmen sind recht nahe zueinander angeordnet, damit die Segler schneller und einfacher die Seile erreichen. Ebenfalls sind die Rollen und Klemmen viel weiter vorne, also in der Nähe des Schwertkastens und des Masts befestigt. Dadurch haben die Segler im hinteren Teil des Boots ausreichend Platz für schnelle Seitenwechsel.

Um mit geringem Kraftaufwand die jeweiligen Funk-

tionen wie Segel setzen, einziehen, strecken usw. zu gewährleisten, wurden ins Konzept des laufenden Gutes Flaschenzugsysteme integriert.

Um die Nachhaltigkeit des gesamten Bootes zu verbessern, wurde für die Befestigung der Rollen und Klemmen Platten aus Eichenholz verwendet.

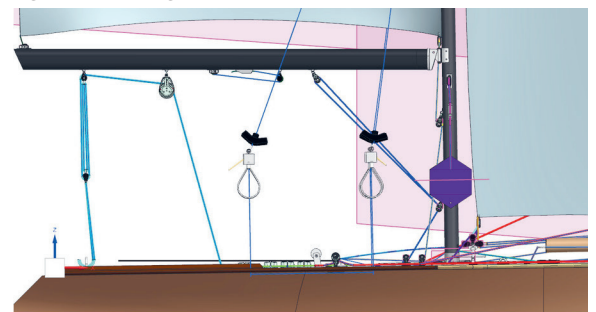
CAD-Konstruktion des Segelbootes

Eigene Darstellung



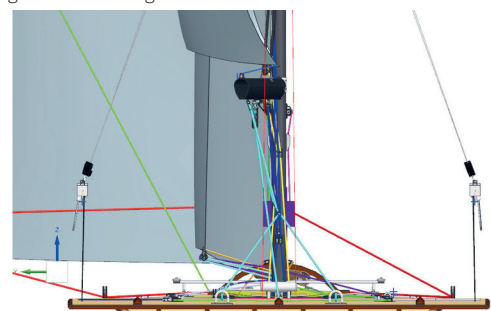
CAD-Ansicht von vorne

Eigene Darstellung



CAD-Ansicht von links

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Digitalisiertes Nachrüst-Kit für Fitnessgeräte

Diplomand



Chris Müller

Ausgangslage: Die Firma FNH, die in der Fitnessbranche tätig ist, hat sich zum Ziel gesetzt, ihre Kundinnen und Kunden in den Bereichen Bewegung, Ernährung, Regeneration und mentaler Stärke bestmöglich zu betreuen. Somit orientiert sich FNH am brancheninternen technischen Fortschritt, der unter anderem beinhaltet, dass klassische Kraftmaschinen mit Gewichtssteinen durch Maschinen mit elektromechanischen Prinzipien ersetzt werden können. Dies ermöglicht, die Trainings noch präziser auf das Individuum abzustimmen.

Ziel der Arbeit: Es soll ein digitales Gerät (eWeight) analysiert und auf mögliche Optimierungen überprüft werden. Weiter soll das Gerät als Nachrüst-Kit in klassische Kraftmaschinen eingebaut werden können, um diese zu digitalisieren. Dafür soll eine einfache modulare Befestigung entwickelt werden, welche für möglichst viele Hersteller kompatibel ist. Das Ganze soll schlussendlich an einem Funktionsmuster getestet werden. Zusätzlich wird ein Daten- und Logistikkonzept erarbeitet, um die Kosten für den Datenspeicher und die Selbstkosten für das Nachrüsten aufzeigen zu können.

Ergebnis: Es wurden verschiedenste Messungen durchgeführt, welche gewisse Schwächen des eWeights hervorgebracht haben. Das Gewicht, welches eingestellt wird, entspricht nur zu zwei Dritteln dem Gewicht, welches tatsächlich bewegt wird. Weiter zeigte sich, dass der durch das Trainieren entstandene Strom über einen Widerstand in Wärme umgewandelt wird. Zur Optimierung wurde untersucht, ob es sich lohnen würde, einen Akku einzubauen. So bräuchte das Gerät keinen Netzanschluss mehr, und der produzierte Strom könnte gespeichert werden. Die Berechnungen zeigten jedoch auf, dass sich die Änderung nicht lohnen würde.

Für die Entwicklung der Befestigung wurde ein Winkel gewählt. Dieser wurde so konstruiert, dass er einfach montiert werden und einem Trainingsgewicht von 185 kg standhalten kann. Für den Winkel wurden eine Handrechnung und eine FE-Analyse durchgeführt, um einen Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis liefern zu können.

Im Bereich der Datengenerierung wurde analysiert, welche Daten interessant sind, in welcher Frequenz diese generiert werden und wie viel Speicher dafür benötigt wird. Hochgerechnet auf ein Jahr generiert man mit einem Gerät 7,5 GB an Daten.

Beim Logistikkonzept wurden die Selbstkosten für das Digitalisieren ermittelt, diese bestehen unter anderem aus den Transport-, Material- und Montagekosten. Die Selbstkosten wurden anschliessend mit denjenigen aus dem Businessplan verglichen, um sie auf ihre Plausibilität zu prüfen.

Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

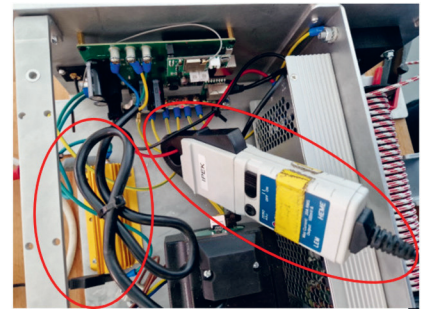
Produktentwicklung

Projektpartner

FNH AG, Tuggen, SZ

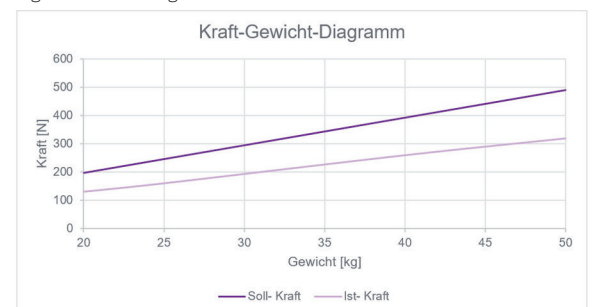
Messung der Spannungen über dem Widerstand und dem Strom vom Netzteil

Eigene Darstellung



Messung zur Ermittlung der Soll- und Ist-Kraft

Eigene Darstellung



Studio von FNH

FNH Homepage



Energieeffizientes Klärwerk

Kompakte Wasseraufbereitung für kolloidale Gemische

Diplomand



Manuel Güpfert

Ausgangslage: In Schweizer Haushalten entstehen täglich diverse Verschmutzungen, die wiederholt gereinigt werden müssen. Unternehmen bieten dafür unterschiedliche Haushaltsgeräte an. Der dafür angewandte Reinigungsprozess basiert meistens auf der Verwendung von heissem Wasser und der Zugabe eines Reinigungsmittels. Das Erhitzen des Wassers nimmt dabei einen grossen Teil des Energieverbrauches ein. Ebenfalls entsteht eine grosse Menge an Schmutzwasser. Dieses Schmutzwasser enthält kolloidalen Substanzen wie Fette, Öle und Feststoffpartikel. Um dem Kunden attraktive Geräte anzubieten, sind die Unternehmen daran interessiert, einen tiefen Energieverbrauch zu erzielen.

Aufgabenstellung: Die Aufgabenstellung betrifft die Senkung des Energieverbrauches. Hierfür soll das anfallende Schmutzwasser während des Reinigungsprozesses aufbereitet und erneut verwendet werden. Dadurch reduziert sich der Verbrauch von heissem Wasser und folglich auch der Energieverbrauch. Dieser Prozess muss über mehrere Jahre ohne jegliche Fremdeinwirkung betrieben werden können. Die Umsetzung der Aufgabenstellung umfasst die Konzeption und Entwicklung eines dafür geeigneten Verfahrens. Anschliessend wird dieses Verfahren als kompakter Prototyp realisiert und getestet.

Ergebnis: Durch eine umfassende Ideengenerierung und eine nachfolgende Versuchsreihe konnte ein vielversprechendes Verfahren evaluiert werden. Die kolloidalen Substanzen und Feststoffpartikel können damit weitestgehend konzentriert und abgeschieden werden. Für den Prozess wird eine geringe Menge an Energie benötigt, welche aber zu einem Teil direkt als nutzbare Wärme in den Prozess übergeht. Dies steigert die Effizienz und trägt zur Energiesenkung bei. Des Weiteren kann durch die kontinuierliche Aufbereitung der Verbrauch des Reinigungsmittels reduziert werden. Der entwickelte Prototyp erzielt eine überzeugende Reinigung, und durch die kompakte Bauweise erscheint eine Adaption in ein Haushaltsgerät als realistisch. In wenigen Minuten können so mehrere Liter Schmutzwasser gereinigt werden. Als nächster Schritt wird die Durchführung eines Dauertests empfohlen, um die Langlebigkeit genauer zu untersuchen.

Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Schmutzwasser

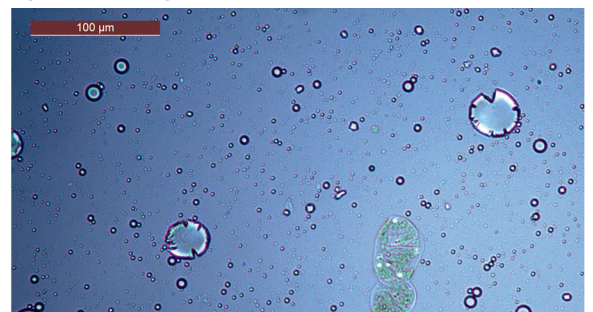
Eigene Darstellung



Schmutzwasser unter dem Mikroskop:

Kolloidale Lösung mit diversen Feststoffpartikeln

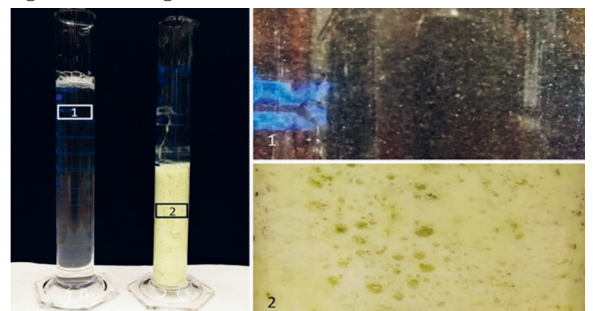
Eigene Darstellung



Vorher-Nachher-Vergleich:

1 aufbereitetes Schmutzwasser, 2 Schmutzkonzentrat

Eigene Darstellung



Glasfasereinzug zur erleichterten Verlegung von Glasfaserkabeln

Diplomand



Semih Akkaya

Ausgangslage: Das Glasfasernetz der Schweiz wird seit einigen Jahren fortlaufend ausgebaut. Zur Verlegung von neuen Glasfaserleitungen werden die in der Vergangenheit verlegten Kabelschutzrohre, welche bereits Strom- und Kommunikationskabel beinhalten, verwendet. Durch das unterirdische Kabelschutzrohr wird zunächst eine Rute mit maschineller Kraft bis zum nächsten Kabelschacht durchgestossen. Mithilfe der Rute wird anschliessend ein Zugseil durchgezogen. Mit der Seilwinde wird schliesslich das Riefenrohr, in welches die Glasfaserkabel eingeblasen werden, durch das Rohr gezogen.

Problemstellung: Das Durchstossen der Rute gestaltet sich als eine Herausforderung, da zwischen ihr und dem Kabelstrang die Reibung entgegenwirkt. Zusätzlich kann sich das Kabel im Kabelstrang verfangen. Ungünstige Situationen wie Kurven oder Verschmutzungen erhöhen die Reibung und verhindern das Durchstossen. Als Folge müssen dann alle Kabel ausgebaut und miteinander erneut verlegt werden. Dies erhöht den Arbeitsaufwand erheblich. Die Aufgabe besteht darin, ein Konzept zu entwickeln und zu testen, mit dem das Rohr für das Glasfaserkabel mühelos verlegt werden kann.

Ergebnis: Durch Anwendung der geeigneten Entwicklungsmethoden ist ein Konzept entstanden, welches das Verlegen der Kabel erleichtern soll. Das Konzept wurde schliesslich entworfen und im CAD ausgearbeitet. Mittels additiver Fertigungsverfahren wurde ein Prototyp hergestellt und ausführlich an einem Rohrbogen getestet. Die erreichte Fortbewegungsgeschwindigkeit liegt bei 1,2 m/min und die Zugkraft bei 20 N. Kurven können nun überwun-

den werden, und ein Verfangen zwischen dem Kabelstrang ist nicht mehr möglich. Es wird empfohlen, die Konstruktion fertigungsgerecht anzupassen, die Kräfte zu erhöhen, weitere Erkenntnisse umzusetzen und das Konzept weiterzuentwickeln.

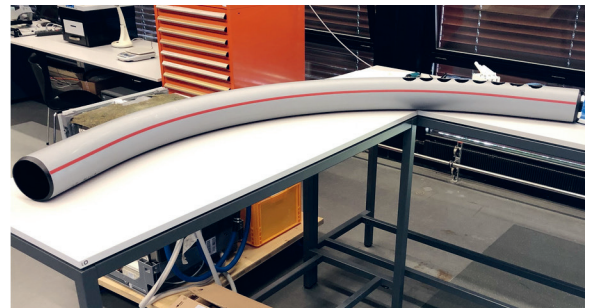
Kabelschacht

Eigene Darstellung



Testaufbau mit einem Kabelschutzrohrbogen

Eigene Darstellung



Der entwickelte Prototyp im Testaufbau

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Konzeptentwicklung Absaugung Giessanlage

Optimiertes Fassen und Abführen der Rauchgase

Diplomand



Fabio Giordanetto

Problemstellung: In einem Stahlwerk entsteht an der Giessanlage bei gewissen Prozessschritten eine grosse Rauchentwicklung. Mit den bisherigen Ansätzen zur Absaugung der Rauchgase konnten keine befriedigenden Resultate erzielt werden. Enorme Hitze, räumliche Restriktionen aufgrund der Anlagenkonstruktion und der im Prozess bewegten Teile stellen grosse Herausforderungen dar.

Damit die Luftqualität im Stahlwerk weiter verbessert werden kann, soll ein Konzept erarbeitet werden, um die Rauchgase zu fassen und abzuführen. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen in einer Handlungsempfehlung dem Projektpartner die Basis für das weitere Vorgehen liefern.

Vorgehen / Technologien: Zur Analyse der Absaugung wurden vor Ort Messungen der verschiedenen Betriebszustände durchgeführt. Die gesammelten Daten bilden die Basis für die CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics). Die erarbeiteten Varianten der Inlets wurden im CFD mit den gegebenen Daten aus den Messungen ergänzt und simuliert. Damit die CFD-Simulationen verifiziert werden konnten, wurden die Varianten der Inlets im FDM-Verfahren auf einem 3-D-Drucker gedruckt und auf einer Rohrströmungsanlage getestet. Anschliessend wurden die Ergebnisse der CFD-Simulationen mit den Ergebnissen aus den praktischen Versuchen verglichen. Durch die gute Übereinstimmung der beiden Ergebnisse konnten die CFD-Simulationen verifiziert werden.

Die Resultate aus den Simulationen sowie aus der Literaturrecherche wurden in einem Konzept zusammengefasst, welches dem Projektpartner vorgestellt wurde.

Ergebnis: Es wurde ein Konzept erarbeitet, welches sowohl geometrische Lösungsansätze als auch physikalische Wirkprinzipien enthält.

Wichtigste Ergebnisse aus dem Projekt:

- Der Abstand der Inlets zur Rauchquelle.
- Anwendung physikalischer Wirkprinzipien zur gleichmässigen Ansaugung von mehreren Inlets.
- Geometrie der Inlets.
- Einstellung der Leistungsparameter der Absauganlage bei den verschiedenen Prozessschritten.

Der Projektpartner wird das erarbeitete Konzept analysieren und die Umsetzung prüfen.

Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

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

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Steeltec AG, Emmen-
brücke, LU

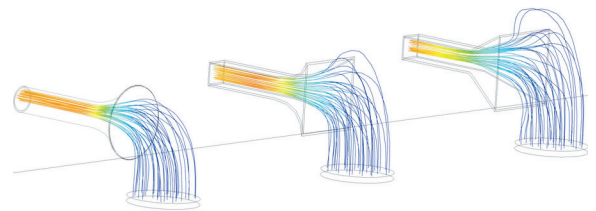
Verarbeitung des gegossenen Stahls

Steeltec AG



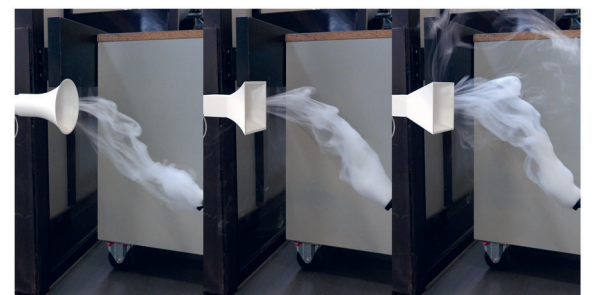
CFD-Simulation von drei der insgesamt sechs Inletvarianten

Eigene Darstellung



Praktische Versuche mit den 3-D-gedruckten Inlets

Eigene Darstellung



Kraftmessvorrichtung für eine Dossenschweissmaschine

Entwicklung einer Vorrichtung zur reproduzierbaren Einstellung eines Dosen-Kalibrierwerkzeuges

Diplomand



Ethem Melik Yurtsever

Ausgangslage: Die Firma Soudronic AG ist Weltmarktführer für Rollnaht-Schweissautomaten zur Herstellung von Dosen aller Art. Die Güte der erreichbaren Schweissverbindung ist von sehr vielen Faktoren abhängig. Ein massgebendes Element um die Schweissung herum ist das sogenannte Kalibrierwerkzeug. Die Aufgaben des Kalibrierwerkzeuges sind es, den Durchmesser der Dose sicherzustellen und die Zarge kontrolliert in die Schweissstation zu führen. Durch die Kalibrierung entsteht eine Reibkraft an der Zarge, welche wiederum einen Einfluss auf den Zargenabstand hat, was ebenfalls ein sehr wichtiges Qualitätsmerkmal für den Anfang der Schweissnaht darstellt. Die Einstellung, wie fest die Zarge geführt werden soll, hängt von der Erfahrung und dem «Gefühl» des Maschinenbedieners ab.

Problemstellung: Die grundlegende Einstellung des Kalibrierwerkzeuges wird von den Prüfstandtechnikern intern vorgenommen und kann für die jeweilige Dosengrösse mithilfe einer Betriebsanleitung angepasst werden. Der spätere Zargenabstand und die damit verbundene Schweissqualität wird insbesondere durch den Reibwiderstand in der Vorkalibrierung beeinflusst. Aktuell erfolgt diese Feinjustierung des Reibwiderstands «nach Gefühl» des Bedieners. Dies erschwert es, reproduzierbare Werte zu erzielen. Daher ist die Erfahrung des Bedieners von enormer Bedeutung.

Die Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung zu entwickeln, mit der ein experimentell ermittelter Zusammenhang zwischen Reibkraft und Einstellung des Werkzeuges, allenfalls dem Zargenabstand, hergestellt werden kann.

Diese Vorrichtung dient einerseits als «Forschungswerkzeug», welches der Soudronic weitere Erkenntnisse zum Zargenabstand liefert und die Einstellung weniger zufällig macht. Andererseits könnte sie dem Kunden auch als Option angeboten werden, die ihm hilft, die Qualität der Produktion weiter zu steigern.

Ergebnis: Um möglichst eine Vielfalt an diversen Lösungsansätzen zu generieren, wird das Problem zu Beginn gründlich abstrahiert. Die Hauptaufgaben der Vorrichtung beinhalten sowohl das Messen der Widerstandskraft als auch das aktive Weiterbefördern der Zargen im Werkzeug. Aus messtechnischer Sicht soll das Produkt möglichst einfach aufgebaut und bedienbar sein.

Das ausgewählte Konzept ist eine Inline-Vorrichtung, welche eine aktuelle Förderkomponente aus dem gesamten System durch eine Neukonstruktion mit integrierter Messeinheit ersetzt. Bei der Neukonstruktion werden funktionsrelevante Formen und Abmasse beibehalten, sodass die Schnittstelle zur Maschine und der Schweissprozess selbst

unverändert bleiben. Durch eine feste Inline-Vorrichtung wird die Funktion der aktuellen Förderkomponente übernommen und bietet zusätzlich bei einem Kalibriervorgang die Möglichkeit, die Reibkraft reproduzierbar zu messen. Mit der Vorrichtung lässt sich ebenfalls Condition Monitoring betreiben, was zur Erhöhung der Prozesssicherheit beitragen kann. Diverse Schrauben dienen als Überlastschutz der Sensoren oder können diese bei Nichtgebrauch vollständig entlasten.

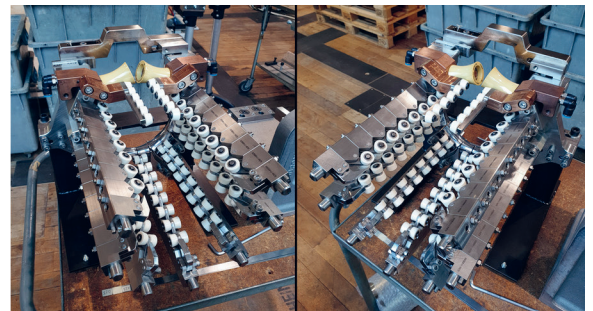
Zarge und Dose

<https://www.soudronic.com/>



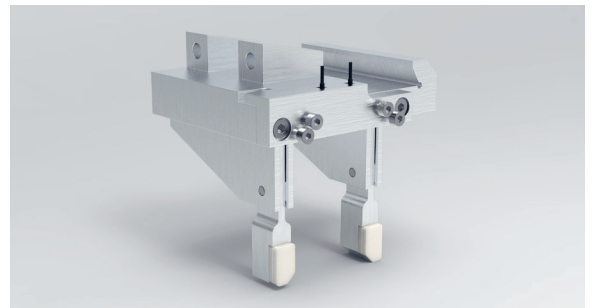
Ausgebautes Kalibrierwerkzeug mit Keramikrollen, Schweissebene bei den beiden grossen Keramikrollen.

Eigene Darstellung



Ausgewähltes Konzept mit integrierter Sensorik im Förderelement

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Hanspeter Gysin

Korreferent

Prof. Dr. Hans Gut, Güdel AG, Langenthal, BE

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Soudronic AG, Bergdietikon, AG

Leitfaden für Bergungssystem eines Raumflugkörpers

Diplomand



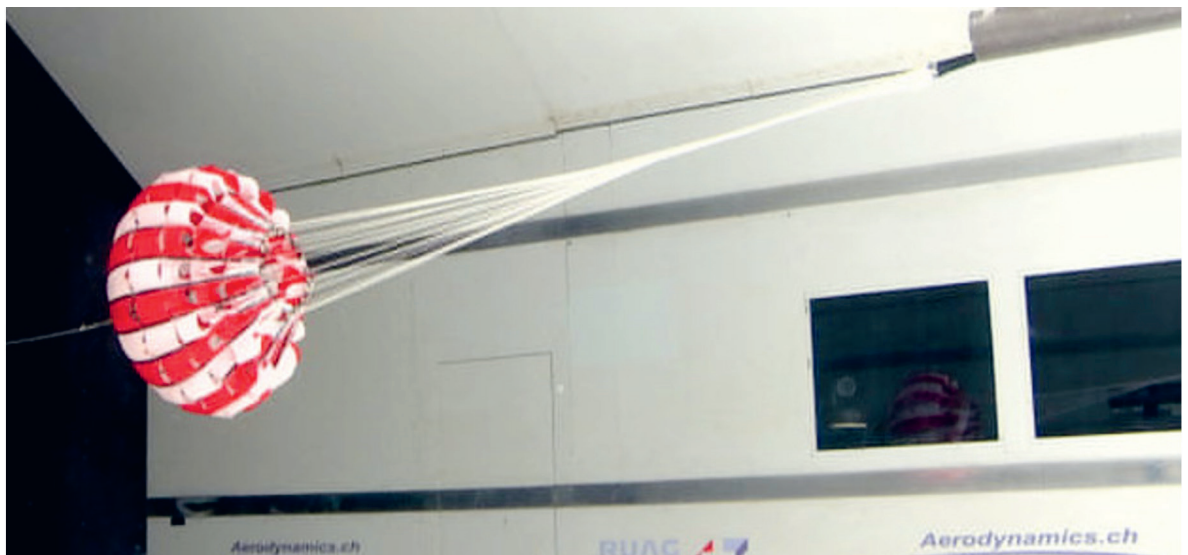
Adrian Senn

Problemstellung: Der Verein Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz (ARIS) nimmt alljährlich am weltgrössten Wettbewerb und an der zugleich interkollegialen Konferenz für Raketentechnik teil und setzt sich das Ziel, im Jahr 2024 in der anspruchsvollsten Kategorie zu gewinnen. Die dazu benötigte Höhenforschungsrakete wird seit der Gründung des Vereins im Jahr 2017 stetig verbessert und getestet. Ihre Aufgabe ist es, auf eine Höhe von bis zu 9,1 km (30 000 ft) zu gelangen und anschliessend unversehrt am Boden zu landen. Die Landung geschieht durch mehrere Fallschirme, welche einerseits zum Bremsen der Rakete und andererseits zum Senken der Fallgeschwindigkeit dienen. Die Auslösung, die entstehenden Schocklasten, die Stabilität der Fallschirme sowie noch weitere Kriterien werden immer relevanter, da ein Entwicklungstrend besteht, wodurch die Höhenforschungsrakete immer länger und schwerer wird.

Ziel der Arbeit: Das erste Ziel besteht darin, einen Leitfaden zum geeigneten Bergungssystem (recovery system) anhand der Anwendung zu erstellen, welcher eine Grundlage dafür schaffen soll, wie man ein solches System definiert. Daraufhin wird das zweite Ziel bearbeitet, welches vorsieht, dass der erarbeitete Leitfaden auf die Anwendung von ARIS angewendet wird. Daraus soll eine möglichst geeignete Bergungsvariante entstehen, welche den Problemen der bisherigen Varianten entgegenwirkt oder sie sogar vermeidet.

Ergebnis: Für die Anwendung von ARIS wird ein semi-kontrolliertes Bergungssystem mit einem einzigen gerefften Hauptfallschirm gewählt. Die spezielle Form des Fallschirms sowie das System an sich begünstigen jegliche Kriterien. Durch einen Systemtest im Wind-

Abbildung 2: Gerefftes Fallschirm-System im Windkanal
Eigene Darstellung



kanal wird die übliche Stabilitätsförderung des semi-kontrollierten Auswurfs bei dieser Anwendung infrage gestellt. Die dabei gemessenen Schocklasten des Systems, welche im Diagramm 1 aufgezeigt werden, stehen für den grossen Vorteil des Skirt-Reefings, nämlich die Minderung der Öffnungskraft auf ein Minimum. In Kombination mit der speziellen Form des Main-Fallschirms ergibt sich eine geringe Fehleranfälligkeit bei hoher Stabilität, und das bei maximaler Einschränkung der Bezugsfläche.

Abbildung 1: Kontextdiagramm Schwerpunkt Recovery
Eigene Darstellung, ARIS Helvetia 2022 System

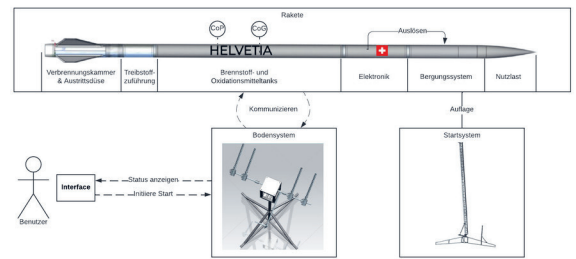
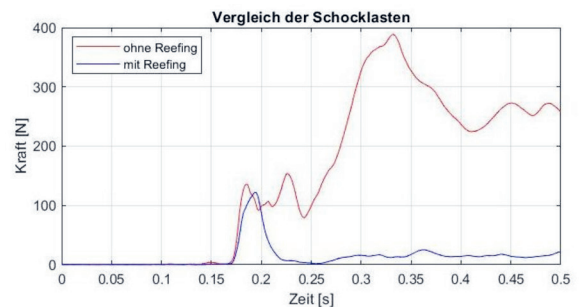


Diagramm 1: Gemessene Schocklasten gerefft und ungerefft
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

ETH Zürich, Zürich, ZH

Leitwalzen in der Textilindustrie

Design To Cost

Diplomand



Lenny Voser

Ausgangslage: Die Benninger AG bedient in erster Linie die Textilveredelungsbranche. In diesen Veredelungsanlagen kommen unterschiedlichste Walzen zum Einsatz. Dabei stehen vor allem die Leitwalzen hervor, welche einen erheblichen Anteil der Gesamtherstellungskosten ausmachen. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Einsparpotenziale aus dem konstruktiven Aufbau und den entsprechenden Fertigungstechnologien ermittelt und ein neues, kostengünstigeres Konzept erarbeitet werden. Die heutige Funktionalität und der wahrgenommene Kundennutzen dürfen dabei nicht eingeschränkt werden.

Vorgehen: Zuerst wird der aktuelle Stand der Technik ermittelt sowie eine Markt- und Patentrecherche durchgeführt. Im Anschluss werden die aktuell verwendeten Walzen der Benninger AG in ihre Einzelteile zerlegt, um für jede Komponente eine Teilfunktion zu identifizieren. Eine grosse Rolle spielt dabei die Analyse der zugehörigen Kostenstrukturen, um die grössten Kostenträger der Walzen zu eruieren. Hierbei machen die Materialkosten den grössten Anteil aus. Um also mögliche Werkstoffeinsparungen zu identifizieren, werden Berechnungen und Finite-Elemente-Analysen durchgeführt. Dabei werden nicht nur die auftretenden Spannungen durch die Schrupfverbindungen und die Biegebelastung, sondern auch die maximal zulässige Durchbiegung des tragenden Walzenrohrs untersucht. Des Weiteren sind Lagersimulationen durchzuführen, um zu prüfen, ob die verwendeten Pendelkugellager durch deutlich günstigere Rillenkugellager ersetzt werden könnten. Um einen komplett neuen Walzenaufbau zu untersuchen, werden zudem diverse alternative Fertigungstechnologien untersucht und auf ihre Machbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit geprüft.

Ergebnis: Trotz bereits sehr geringen Kosten können in der Theorie dennoch einige Einsparungen vorgenommen werden. Aus den Simulationen und FE-Analysen geht hervor, dass die Substitution der teuren Pendellager durch Rillenkugellager möglich wäre. Ausserdem können an den tragenden Rohren der Walzen deutliche Werkstoffeinsparungen vorgenommen und so die Konstruktionen näher an ihre Belastungsgrenze gebracht werden. Ob diese Einsparungen so in der Praxis umsetzbar sind, muss weiter untersucht werden. Durch die Untersuchung von alternativen Fertigungstechnologien konnten keine signifikanten Kostenvorteile identifiziert werden. Die durch einen Technologiewechsel möglichen Einsparungen sind sehr gering und mit zusätzlich grossen kalkulatorischen Unsicherheiten behaftet. Deshalb wird eine Optimierung der Walzen auf Basis des bestehenden Grundkonzepts empfohlen.

Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

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

Themengebiet

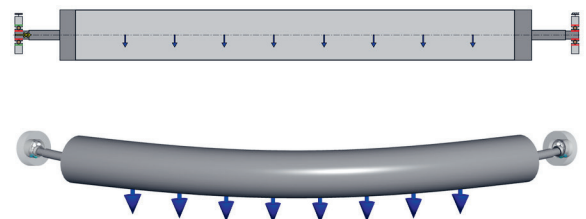
Produktentwicklung

Projektpartner

Benninger AG, Uzwil,
SG

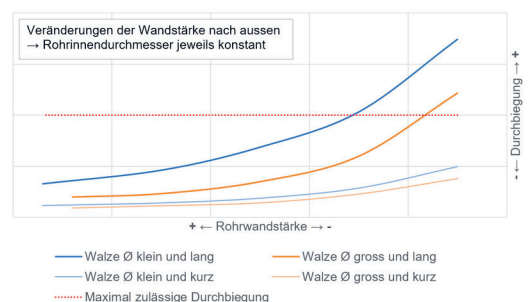
Simulation der Lagersitze mit SimPro Quick

Eigene Darstellung



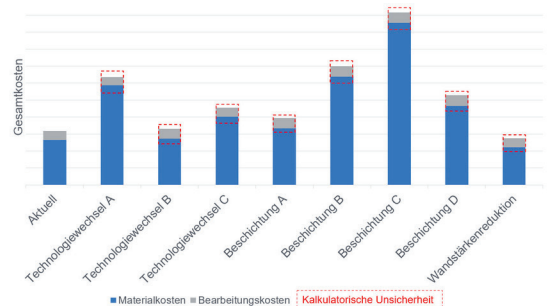
Simulationsergebnisse des Verlaufs der Walzendurchbiegung mit abnehmender Rohrwandstärke

Eigene Darstellung



Kostenvergleich der Technologiewechsel, der Beschichtungen und der Wandstärkenreduktion mit dem aktuellen Konzept

Eigene Darstellung



Vela Cup 2022: Schwert und Ruder

Steileres Segeln am Wind durch Auftrieb am Schwert

Diplomand



Cyrill Hagen

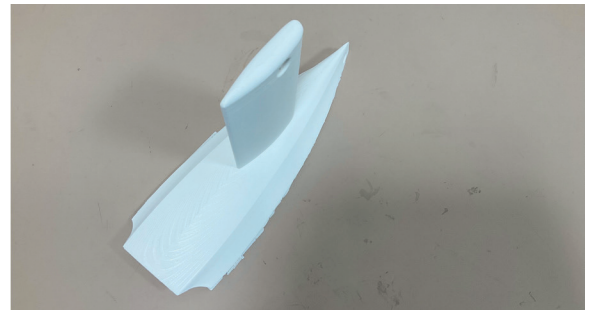
Aufgabenstellung: Im Rahmen des 1001 Vela Cup, welcher das Ziel hat, die Innovation und Nachhaltigkeit im Segelsport voranzutreiben, werden Universitäten aufgefordert eine Segeljolle zu bauen und an einer Regatta teilzunehmen. Das Ziel war es, eine möglichst nachhaltige und innovative Segeljolle zu entwickeln. Die Entwicklung wurde von 4 Studierenden durchgeführt. Hierbei wurden die Komponenten des Segelboots auf die Teammitglieder aufgeteilt. In dieser Arbeit wird der Entwicklungsprozess des Schwertes und des Ruders beschrieben.

Vorgehen: Durch enge Zusammenarbeit der Gruppenmitglieder wurden mit verschiedenen Entwicklungsmethoden die innovativsten Lösungen in den Bereichen gesucht und so weit wie möglich umgesetzt. Bei der Auslegung des Bootes wurde sich an der 49er-Klasse orientiert. Während des Projekts wurde entschieden, sich auf die Entwicklung des Schwertes zu konzentrieren und das Ruder aussen vor zu lassen. Das Ziel des neu entwickelten Schwertes ist es, durch bewegliche Seitenflanken Auftrieb zur Seite zu generieren und so ein steileres Segeln am Wind zu ermöglichen. Beim Prinzip der Lösung liess man sich vom Bernoulli-Effekt, der beim Flugzeugflügel für Auftrieb sorgt, inspirieren. Die Flanken werden über gefederte Druckstücke, die per Hand mit einem Hebel angesteuert werden, bewegt.

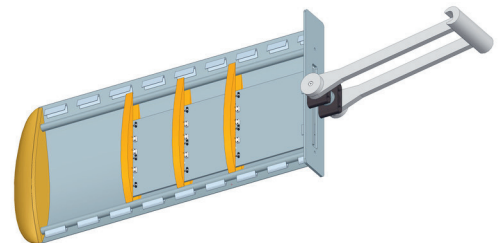
Fazit: Durch den straffen Zeitplan war es nicht möglich, die Bauteile komplett fertig auszugestalten, somit wird ein Prototyp gemischt aus 3-D-Druck-Bauteilen und konventionell hergestellten Komponenten angefertigt. Zum jetzigen Zeitpunkt sind die Komponenten zum Bau des Prototyps noch in Produk-

tion, weshalb nicht auf die Funktionsfähigkeit eingegangen wird. Durch weitere Ausarbeitung könnte die Funktion sicherlich noch verbessert werden. Der Rahmen der Arbeit war sehr weit gesteckt, was es schwierig machte, die Arbeitszeit auf die richtigen Komponenten aufzuteilen. Ein Fokus auf das Schwert schon früher im Semester hätte zu ausgereifteren Lösungen führen können.

Asymmetrischer Querschnitt des Schwertes an Versuchsteil
Eigene Darstellung



Innenleben des Schwertes ohne Seile
Eigene Darstellung



CAD-Modell gesamtes Segelboot
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Albert
Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Verbesserung Masshaltigkeit in der LMD Fertigung

Ermittlung Prozessparameter zur Minimierung der Geometrieabweichungen im LMD Fertigungsprozess

Diplomand



Simon Bachmann

Ausgangslage: Das additive Fertigungsverfahren, Laser Metal Deposition, wird häufig zur Reparatur von hochwertigen Bauteilen oder zur Beschichtung eingesetzt. Der Geometrieaufbau erfolgt durch Metallpulver, welches mittels Schutzgas in den Prozess befördert und von einem Laser auf das Substrat geschweisst wird. Eine Schwierigkeit besteht in der Masshaltigkeit der aufgeschweissten Bauteile. Aufgrund der grossen Massabweichungen ($\pm 2,5$ mm), wird die Schweissgeometrie mit genügend Aufmass versehen. Dieses überschüssige Material muss im Anschluss aufwendig durch subtraktive Verfahren auf die Endkontur bearbeitet werden. Die Genauigkeit wird hauptsächlich durch die Energiedichte und die Pulverrate beeinflusst. Die eingebrachte Wärmeenergie setzt sich aus der Laserleistung, dem Vorschub und dem Laserspotdurchmesser zusammen.

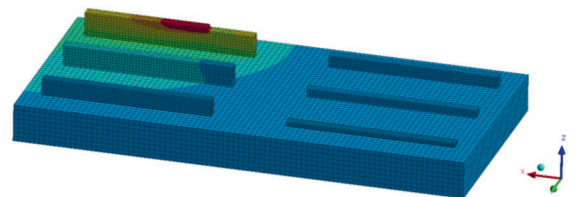
Ziel der Arbeit: Um die Nacharbeit nach dem Schweiessen zu reduzieren, soll ein Konzept zur Masshaltigkeitsverbesserung der Schweissprofile erstellt werden. Insbesondere soll der Einfluss der Laserleistung auf die Schweissnaht und die genannte Problematik untersucht werden. Damit entsprechende Massnahmen zur Steigerung der Genauigkeit definiert werden können, soll ein besseres Verständnis des Prozesses anhand einer Recherchearbeit sowie einer Schweissimulation in «Ansys DED Simulations» erarbeitet werden. Da die Geometrieabweichung grösstenteils zu Beginn und am Ende einer Layerbearbeitung zum Vorschein kommt, soll die Laserleistung in diesen Bereichen durch Versuche angepasst werden. Bei den Versuchen an der LMD-Maschine stehen das Metallpulver 316 l, sowie eine Wärmebildkamera zur Prozessüberwachung zur Verfügung. Entsprechende Parameter des Schmelzbades können somit in die Simulation einfließen, und eine Validierung der angepassten Laserleistung kann vorgenommen werden.

Ergebnis: Damit die Effekte der Geometrieabweichung zu Beginn und am Ende eines Layers quantifiziert werden können, wurden sechs Stege mit aufsteigender Anzahl Layer konstruiert. Bei einem Referenzversuch wurde festgestellt, dass zu Beginn eines Layers zu viel Material aufgeschweisst wird und am Ende eine lineare Rampe in Richtung Substrat verläuft. Als Massnahme wurden im Weiteren Leistungsrampen mit unterschiedlichen Steigungen im NC-Programm implementiert. Damit wird der Pulverwirkungsgrad entsprechend angepasst. Bedingt durch die Datenverarbeitungsrate des Lasers wurde bei jeder Leistungsabstufung der Vorschub zurückgefahren. Die daraus resultierende erhöhte Wärmeenergie führte zu einem starken Materialaufbau an den beiden Enden der Stege. Aufgrund der ungewünschten Effekte wurde anstatt einer Leistungsrampe eine Stufenfunktion des

Vorschubs programmiert und die Energiedichte analog zu den Leistungsrampen auf demselben Niveau gehalten. Bei der Analyse der Stegprofile wurde jene Vorschubfunktion mit einer Massabweichung von 0,02 mm bezüglich der regulären Steghöhe ausgewählt. Am jeweiligen Layerende werden für weitere Versuche keine Anpassungen bezüglich Vorschub vorgenommen. Die Geometrierampe am Ende eines Layers konnte auf der Grundlage der simulierten Wärmeeinflusszonen der Pulverzuführung zugeordnet werden. Ausserdem wurde in einem weiteren Versuch bei aussagekräftigen Prozessbedingungen eine Korrelation zwischen der Höchsttemperatur des Schmelzbades und der Laserleistung gefunden.

Prozesssimulation

Eigene Darstellung



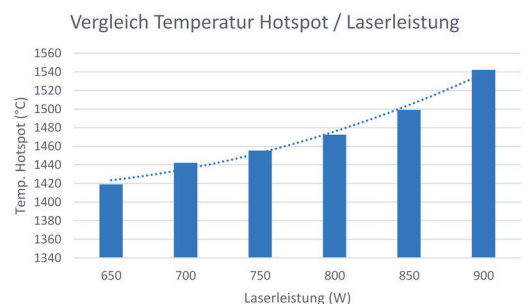
Stegprofil

Eigene Darstellung



Korrelation Temperatur / Laserleistung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent

Stefano Capparelli,
Roche Diagnostics
International AG,
Rotkreuz, ZG

Themengebiet

Produktentwicklung

Entwicklung eines Rapid-Assessment-Tools für TPM

Diplomand



Nico Andri

Ausgangslage: Die Instandhaltung wird von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich organisiert und umgesetzt und ist stark von der Branche und der Unternehmensgrösse abhängig. Um nötige Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge abgeben zu können, ist es wichtig, dass die Ist-Situation im Voraus systematisch untersucht und bewertet wird.

Für diesen Zweck soll ein Analysetool entwickelt werden, mit welchem es möglich ist, schnell und effektiv eine Statusbeurteilung für Betriebe unterschiedlicher Branchen vorzunehmen. Dabei soll vor allem auf eine pragmatische Anwendbarkeit in KMU geachtet werden. Das Tool soll auf den Grundlagen von «Total Productive Maintenance» (TPM) aufgebaut werden.

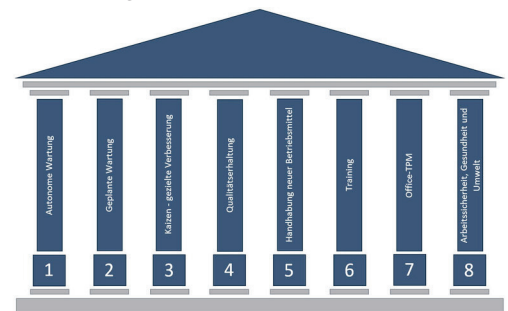
Vorgehen: Anhand einer vertieften Literaturrecherche wurden wichtige Punkte und Ideen in einem Mindmap strukturiert. Aus diesem wurde anschliessend der für die Befragung anzuwendende Fragenkatalog entwickelt. Damit das Tool die nötige Übersicht erhält, wurden die verschiedenen Themengebiete des Kataloges in einer fünfstufigen Pyramide strukturiert. Danach wurde das Tool in Excel unter Verwendung von vier Seiten (Startseite, Eingabe, Auswertung und Empfehlungen) aufgebaut. Um das Tool übersichtlich zu gestalten und eine möglichst fehlerfreie Durchführung der Analyse zu unterstützen, wurden entsprechende Funktionalitäten und Hilfestellungen integriert. Die Praktikabilität des Fragenkatalogs wird abschliessend noch in einem Industriebetrieb verifiziert.

Ergebnis: Es wurde ein kompaktes, aus wenigen Seiten bestehendes Tool in Excel erstellt. Anhand dessen ist es möglich, durch 42 zielgerichtete Fragen

die Ist-Situation einer Firma schnell und einfach zu bewerten. Dem Fragensteller wird die Durchführung mithilfe von Hinweisen, Erklärungen und anzusprechenden Punkten erleichtert. Nach der Durchführung können die Ergebnisse durch das Tool visualisiert und passende Empfehlungen abgegeben werden.

TPM-Haus mit den acht Säulen

Eigene Darstellung



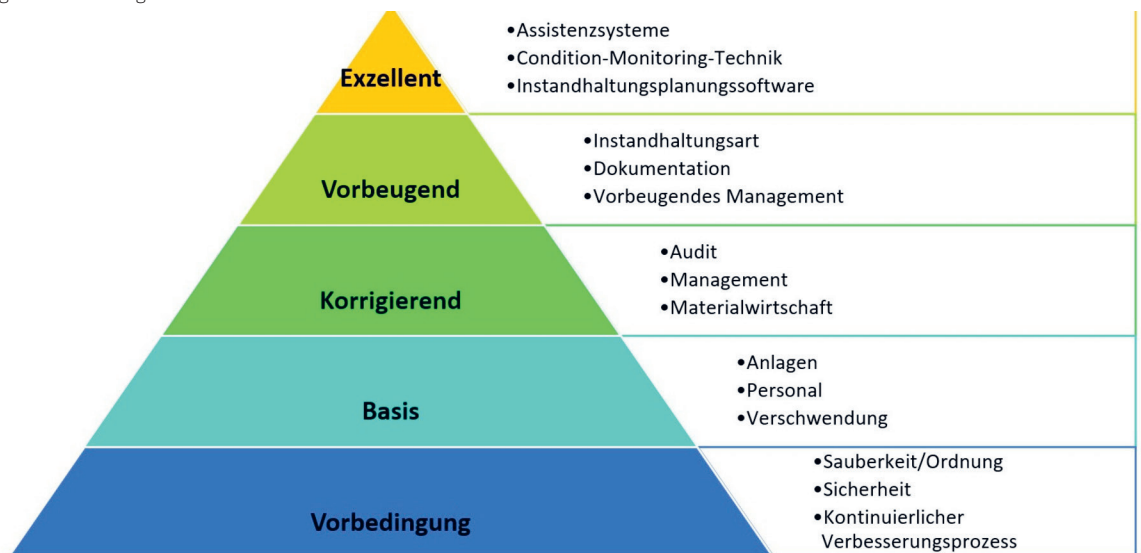
Für die Ideensammlung erstelltes Mindmap

Eigene Darstellung



Pyramide mit den zugewiesenen Themengebieten

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

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

Themengebiet

Produktentwicklung,
Betriebsführung &
Instandhaltung

Hydraulischer Mikrogenerator für IoT Anwendung

Diplomand



Nicola Barelli

Ausgangslage: Baumaschinen werden mit immer mehr Sensoren ausgestattet, um den Zustand der Maschine sowie der Umgebung besser überwachen zu können. Damit diese mit der benötigten Energie versorgt werden können, soll für die Hydremag AG ein Prinzip zur Energiegewinnung eines hydraulischen Generators überprüft werden. Die Hydremag AG ist zuständig für die Wartung und Vermietung von Baumaschinen wie Abbruchzangen, Abbauhämmern und Fräsen, welche auf Baumaschinen montiert werden können. Das Unternehmen möchte herausfinden, wie die Geräte verwendet werden und insbesondere, ob die Geräte mit dem vom Hersteller empfohlenen Betriebsdruck und den empfohlenen Öldurchflusseinstellungen genutzt werden. Im Falle einer Störung kann sofortige Hilfe geleistet und festgestellt werden, ob es sich um ein Nutzungs- oder ein Herstellungsproblem handelt.

Problemstellung: Es wurde ein Modul bestehend aus Turbine und Generator gebaut, welches eine Sensorbox (Druck-, Durchfluss- und Temperatursensoren) mit Strom versorgt. Diese Sensoren sind mit einem IoT-Modul verbunden, das die Daten in Echtzeit an die Hydremag AG sendet. Die Turbine wird schlussendlich an den Hydraulikkreislauf des Baggers angeschlossen. Damit wird gewährleistet, dass die Energie an der gewünschten Stelle zur Verfügung steht und keine unnötige Verkabelung erforderlich ist. Der Hydraulikkreislauf hat einen Betriebsdruck von ca. 300 / 400 bar und einen Durchfluss von 200 l / min. Damit der angeschlossene Bagger funktionieren kann, ist eine Druckdifferenz von max. 3,5 bar erforderlich und muss der Ölstrom bei der Turbine in beide Richtungen fließen können.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein innovatives Konzept einer in den Hydraulikkreislauf integrierten Turbine zu entwickeln. Der Schwerpunkt liegt darauf, sicherzustellen, dass das entwickelte Prinzip funktioniert und in Zukunft weiterentwickelt werden kann. Ziel ist es, ein Konzept zu entwickeln und die Turbine sowie den Generator zu dimensionieren, damit sie den Anforderungen des Unternehmens entsprechen.

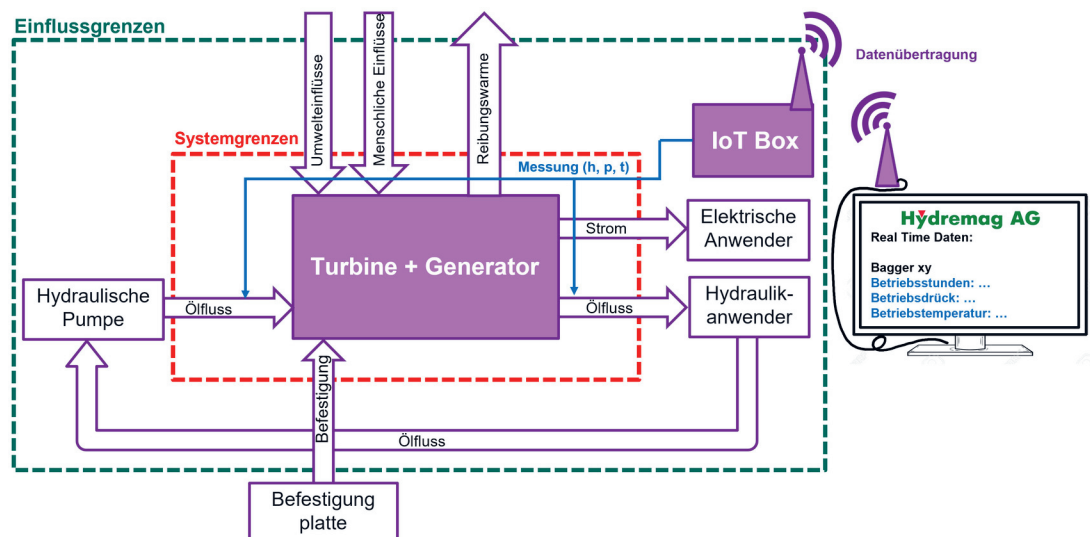
Greifer der Firma Hydremag in Aktion
hydremag.ch



Aggregate, welche für das entwickelte Gerät verwendet werden können
hydremag.ch



Systemgrenzen
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Hanspeter Keel

Korreferent
Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet
Produktentwicklung, Energie- und Umwelttechnik

Projektpartner
Hydremag AG, Waldstatt, AR

Aufbau von Konfigurationswissen anhand des Sortic Legoroboter

Erstellung von Produktkonfiguratoren im PDM-Programm CIM Database

Diplomand



Benedikt
Schwarzenbach

Ausgangslage: Ein einzelnes Produkt kann oft nicht allen spezifischen Kundenwünschen gerecht werden. Viele Anwender wollen Spezialanfertigungen oder sonstige zusätzliche Funktionen an ihren Produkten, damit diese ihren Funktionszweck optimal erfüllen können. Im internationalen Geschäft gibt es zudem zahlreiche unterschiedliche Gesetze und Normen, weswegen die Produkte zusätzlich noch in den einzelnen länderspezifischen Varianten produziert werden müssen. Diese zunehmende Produktkomplexität führt zu Mehraufwänden bei der Entwicklung, der Konstruktion, der Fertigung, aber auch in der Montage.

Konfigurierbare Produkte sind ein idealer Lösungsweg, um die Kosten in den oben genannten Bereichen konstant zu halten und trotzdem einer steigenden Variantenvielfalt der Produkte begegnen zu können. Durch eine Modularisierung kann mit geringem zusätzlichem Aufwand eine viel grössere Gestaltungsfreiheit der Produkte erreicht werden. Der Produktlebenszyklus wird zudem an die einzelnen Module gekoppelt, weswegen die Produkte bei auftretenden Problemen leichter gewartet werden können.

Die Konfiguration und das Erstellen eines Konfigurators sind allerdings vorerst mit zusätzlichen Aufwänden verbunden. Es muss sich zu jeder Produktfamilie ein umfassendes Konfigurationswissen angeeignet werden, um eine effiziente Konfigurierung durchführen zu können.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte daher anhand der Erstellung von zwei Produktkonfiguratoren (Legoroboter, zweifarbiger Unihockeyball) zusätzliches Konfigurationswissen generiert werden. Als IT-Tool für den Konfigurator wird das PDM-Programm CIM Database verwendet.

Vorgehen: Für das Ausarbeiten der Produktkonfiguratoren wird nach dem aus dem PLM bekannten sechs Phasen Modell vorgegangen. Bei diesem wird zuerst die Marktsicht des Produkts mit den möglichen Kundenwünschen definiert und danach nach den entsprechenden technischen Lösungen für die Erfüllung dieser gesucht. Die gefundenen technischen Lösungen werden modularisiert und Schnittstellen für die Funktionsfähigkeit der Module definiert.

Die Kompatibilität der verschiedenen Module wird mithilfe der K&V-Matrix überprüft und somit die technische Realisierbarkeit der einzelnen Produktvarianten festgelegt.

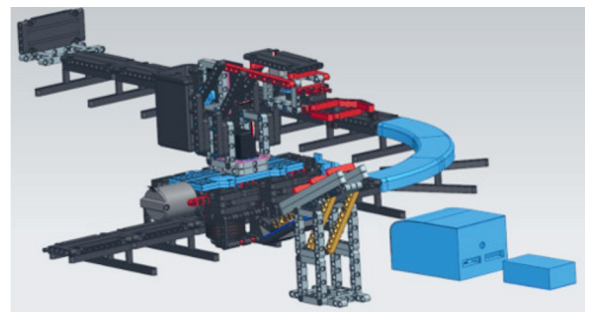
Anhand dieser Regeln kann der entsprechende Produktkonfigurator im CIM Database erstellt werden. In diesem wird dann nach Möglichkeiten gesucht, wie man beispielsweise eine Mengenvarianz von Modulen sinnvoll umsetzen kann.

Ergebnis: Durch die Erstellung der beiden Konfiguratoren konnte der komplette Prozess für ein konfigurierbares Produkt verfolgt und durchgeführt werden. Für auftretende Schwierigkeiten in der Abbildung gewisser Konfigurationsbedingungen wurden Möglichkeiten gefunden, diese im Konfigurator darzustellen.

Diese möglichen Konfigurationslösungen können bei der Erstellung zukünftiger Konfiguratoren hilfreich sein.

Eine mögliche Produktvariante des Sortic-Legoroboters

Eigene Darstellung



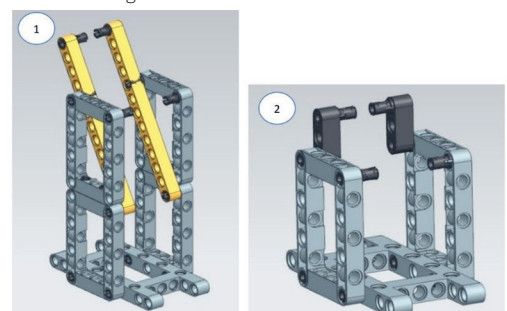
Sechs Phasen Modell

Eigene Darstellung



Modularisierungsbeispiel eines hohen (1) und eines tiefen Trägers (2) für die Zuführung der Objekte

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Felix
Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Inteliact
AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Automatisierung eines Depalettierers für Dosen

Diplomand



Marc Kühne

Ausgangslage: Die Swiss Can Machinery AG stellt Maschinen zum Füllen und Verschliessen von Dosen mit Pulver- und Trockenprodukten für die Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie her. Die leeren Dosen werden auf einer Palette gestapelt und durch Zwischenlagen getrennt beim Kunden angeliefert. Um die Dosen der Verpackungsanlage zuzuführen, wird ein Depalettierer eingesetzt. Der Anlagenteil, welcher die Dosen vereinzelt, sowie der Depalettierer befinden sich ausserhalb des Reinraums. Im Reinraum werden die Dosen befüllt und verschlossen. Der aktuell produzierte Depalettierer ist halb automatisch und erfordert eine durchgehende Bedienung von einer Person.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Depalettierer so weiterentwickelt werden, dass alle Lagen automatisch von der Palette entnommen und der Anlage zugeführt werden können. Für die Bedienung soll lediglich noch ein Wechsel der Paletten erforderlich sein. Dies verlangt eine hohe autonome Laufzeit, da ein Wechsel des Bedienpersonals aus und in den Reinraum sehr zeitaufwendig ist. Der Depalettierer soll universell für verschiedene Paletten- und Dosengrössen einsetzbar sein.

Vorgehen: Um den Stand der Technik zu ermitteln, erfolgt eine Analyse des bestehenden Systems und des Markts. Mittels der Kreativitätsmethoden Brainwriting und Morphologie wird nach Teillösungen für die entsprechenden Funktionsstrukturen gesucht. Aus den Teillösungen werden Gesamtlösungskonzepte erstellt und anhand verschiedener Kriterien bewertet. Eines dieser Kriterien sind die Lebenszykluskosten, die kundenseitig immer mehr an Bedeutung gewinnen und daher genauer untersucht werden. In der Gestaltungsphase wird dann das gewählte Konzept detailliert. Dieser Schritt umfasst die Gestaltung und Dimensionierung der Hauptfunktionsträger, die Lösungssuche für Nebenfunktionsträger, die Betrachtung von Störgrösseneinflüssen und die Durchführung einer Risikoanalyse. In der Ausarbeitungsphase folgt schliesslich noch das Prüfen und Vervollständigen der Konstruktionsunterlagen wie das Erstellen von Zeichnungen, Schaltplänen, Ablaufdiagrammen und die Dokumentation nach Maschinenrichtlinie.

Ergebnis: Aus den verschiedenen Konzeptideen wurde eine Lösung ausgewählt, von welcher eine Entwurfskonstruktion erstellt wurde. Bei dieser Lösung werden die Dosen durch Schieben auf das Förderband bewegt. Die Konstruktion für das Handling der Zwischenlagen wurde so umgesetzt, dass für diesen Nebenprozess kein zusätzlicher Platz benötigt wird. Dies mit der Absicht, den Footprint der Anlage möglichst klein zu halten. Die Zwischenlagen wer-

den, sobald alle Dosen depalettiert sind, vom Magazin auf die leere Palette geschoben. Dadurch kann eine hohe autonome Laufzeit sichergestellt werden, da der Bediener die Palette und die Zwischenlagen im selben Arbeitsschritt entfernt. Bei der Lösung wurde darauf geachtet, alle Teile möglichst definiert zu führen, um die geforderte Prozesssicherheit zu erreichen. Auf manuelle Rüstvorgänge konnte weitgehend verzichtet werden. Somit ist die Änderung der Paletten- und/oder Dosengrösse sehr effizient, denn nach Eingabe der aktuellen Grösse über das zentrale Touchpanel kann der Depalettierer direkt weiterbetrieben werden.

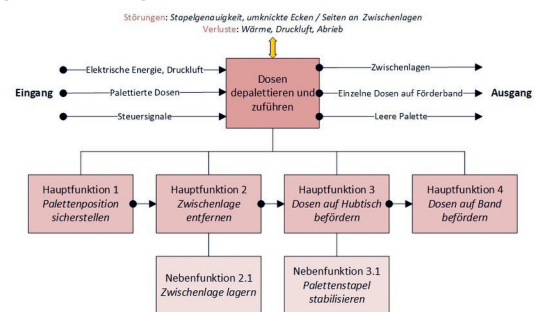
Bestehender Depalettierer mit Zufühdrehteller

<https://canmachinery.com/de/maschinen>



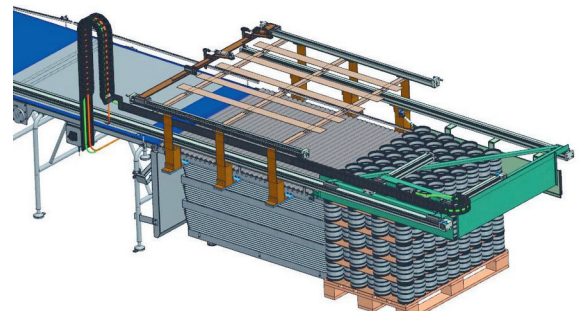
Eine der beiden Funktionsstrukturen

Eigene Darstellung



Entwurfskonstruktion Depalettierer (ohne Sicherheitseinrichtungen dargestellt)

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

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

Themengebiet

Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Projektpartner

Swiss Can Machinery
AG, Berneck, SG

Einrichtung zum Dosieren und Nachfüllen von Schokoladenpellets

Untersuchung und Umsetzung eines Nachfüllprozesses für Schokoladendrucker

Diplomand



Yannick Furrer

Ausgangslage: Das IWK der OST hat in den letzten Jahren einen Schokoladen-3-D-Drucker entwickelt. Der Chocoformer funktioniert nach dem FEM (Food Extrusion Modelling)-Prinzip und kann zur Erstellung von 2-D-Schriften und 3-D-Objekten genutzt werden. In der aktuellen Lösung muss die Schokolade extern aufgeschmolzen und in viskoser Form eingefüllt werden. Da der Füllstand nicht überwacht wird, ist das Timing für das Nachfüllen schwierig abzuschätzen und kann bei grösseren Druckobjekten auch zu Randzeiten erforderlich sein. Um das Herstellen grösserer Bauteile oder das Drucken im Dauerbetrieb zu ermöglichen, soll daher eine automatisierte Nachfüllstation entwickelt werden. Aufgrund der Kristallbildung kann jedoch nicht einfach feste Schokolade in den Druckkopf gegeben werden, da dies ansonsten zu einer «Überimpfung» führt und sich die Viskosität der geschmolzenen Schokolade ändert, was wiederum die Qualität des Bauteils beeinträchtigt.

Vorgehen: Die Nachfüllstation wird in einem strukturierten Vorgehen – Klären, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten – erstellt. Um eine Lösung zu finden, welche die geforderten Kriterien erfüllt, werden mithilfe eines morphologischen Kastens verschiedene Konzepte erstellt. Diese werden mittels Funktionsmustern mit verschiedenen Schokoladen getestet und validiert. Für die Erstellung der Funktionsmuster wurden diverse additive Fertigungsverfahren, wie FDM, SLS und SLA genutzt. Anhand der Vorversuche wird ein geeignetes Konzept gewählt, welches zu einem fertigen Prototyp ausgearbeitet wird.

Ergebnis: Durch Vorversuche wird bestätigt, dass ein direktes Nachfüllen aufgrund einer deutlichen Viskositätssteigerung über einen längeren Zeitraum ausgeschlossen werden kann, da das Bauteil aufgrund einer ausgeprägten Fettreibung optisch und qualitativ beeinträchtigt wird. Der Lösungsansatz des IWK wird jedoch so weit optimiert, dass ein Nachfüllen mit fester Schokolade grundsätzlich möglich ist. Mit dieser Voraussetzung kann eine Nachfüllstation entwickelt werden, welche direkt feste Schokolade dosiert.

Da das Grössenverhältnis zwischen Druckkopföffnung und Schokoladenpellet sehr gering ist, wird das Nachfüllen zur Vermeidung von Brückenbildung durch eine Einzelförderung realisiert. Dadurch kann auf eine vorgängige Zerkleinerung verzichtet werden, was den Prozess sowie die Handhabung vereinfacht. Durch den Einsatz einer rotierenden Scheibe mit seitlichen Öffnungen lässt sich mit einem Antrieb eine Separierung von einzelnen Pellets aus losem Schüttgut erreichen. Die separierten Pellets werden anschliessend durch Rohre in eine angepasste Druckkopföffnung geführt. Für eine genaue Dosie-

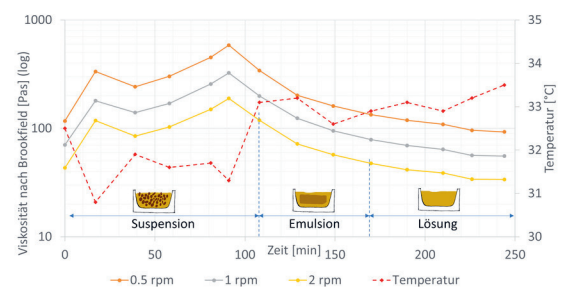
rung wird ein kapazitiver Sensor eingesetzt, welcher aus hygienischen Aspekten die Pellets kontaktlos durch das Rohr detektieren kann. Durch das Zählen der Pellets lassen sich beliebige Mengen mit hoher Dosiergenauigkeit bereitstellen. Die Konstruktion erlaubt, dass der komplette Behälter einfach entfernt und demontiert werden kann, was hinsichtlich Reinigung und Handhabung vorteilhaft ist.

Chocoformer®
Chocoformer.com



Viskositätsänderung flüssiger Milchschokolade bei Zugabe fester Pellets im Verhältnis 1:4

Eigene Darstellung



Prototyp Nachfüllstation (ohne Gehäuse, Schnittdarstellung rechts)

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent
Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik

Biege- und Knickverhalten von mehrschichtigen Rohren

Diplomand



Sven Haug

Ausgangslage: Beim Verlegen von Heizungs-, Sanitär- und Klimarohren sollten die Rohre mit sehr engen Biegeradien verlegt werden. Durch das Verlegen von Rohren mit zu kleinen Biegeradien ist es in der Vergangenheit zu Rohrversagen durch Knicken/Beulen gekommen, wodurch die Rohre ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Um dies zu verhindern und ein grösseres Verständnis über das Verhalten der Rohre zu bekommen, wird das Biege- und Knickverhalten von mehrschichtigen Rohren untersucht.

Ziel der Arbeit: Ein Ziel dieser Arbeit war, die bekannte methodische Vorgehensweise (Klären, Konzipieren und Ausarbeiten) zu verwenden. Es sollten zudem Erkenntnisse gewonnen werden, welche Materialparameter das Biegeverhalten am stärksten beeinflussen. Die wesentlichsten Faktoren sind die Biegekräfte, die minimalen Biegeradien und die Knickbedingungen. Zudem sollte eine zuverlässige Simulationsvorlage erarbeitet werden, mit der Knickungen und Ovalitäten von unterschiedlichen Rohraufbauten vorhersagbar werden. Mit der Simulationsvorlage sollten ebenfalls Sicherheitsfaktoren gegen Knicken in Abhängigkeit vom Biegeradius ermittelt werden können.

Vorgehen: Zuerst wurde eine Recherche zum Thema plastische Biegung von Verbundrohren durchgeführt, um den aktuellen Stand der Technik zu klären. Um sich mit dem Biegeprozess vertraut zu machen und Referenzmessungen zu haben, wurde eine Biegeprüfvorrichtung konstruiert und hergestellt. Bei den Versuchen wurden mehrere unterschiedliche Rohraufbauten und Rohrdimensionen einheitlich geprüft. Die Ausrichtung der Bindenaht von Mehrschichtrohren und die Biegegeschwindigkeit wurden berücksichtigt und ausgewertet. Die Rohre wurden bei den Versuchen mit 180° um einen definierten Biegeradius gebeugt. FEM-Berechnungen mit Kontaktbedingungen und Nichtlinearitäten wurden mit dem Ziel durchgeführt, die plastischen Verformungen von diversen Rohraufbauten vorhersagen zu können. Gewisse Annahmen wurden dazu getroffen, zum Beispiel: Das Zusammenspiel der verschiedenen Schichten des Rohres wird vernachlässigt, und die Zwischenschichthaftungen lösen sich bei Biegung oder Knickung nicht ab. Damit nicht-lineare FE-Berechnungen durchgeführt werden können, wird eine materialspezifische Fließkurve benötigt, welche vor allem für Mehrschichtrohre sehr schwierig herzuleiten ist. Für Monorohre konnte eine funktionierende Simulationsgrundlage erarbeitet werden, welche auch im Bereich Verbundrohre für weitere Untersuchungen verwendet werden kann.

Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

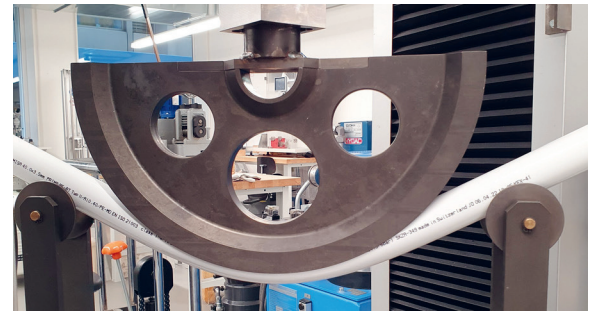
Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Produktentwicklung,
Simulationstechnik

Projektpartner
Jansen AG, Oberriet,
SG

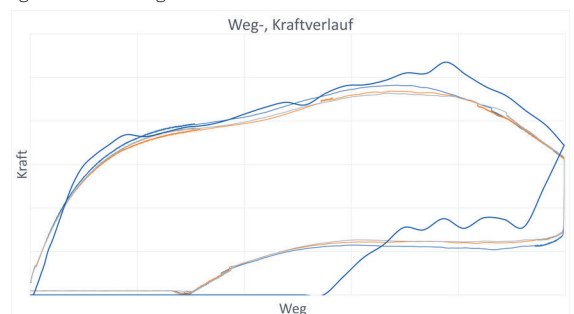
Biegeprüfung mit Mehrschichtrohr

Eigene Darstellung



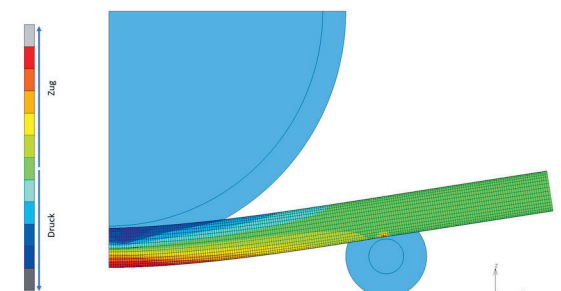
Weg-, Kraftverlauf einer Biegung des Rohrs – Vergleich durchgeführte Prüfung und Simulation (dunkelblaue Kurve)

Eigene Darstellung



Simulation der Biegung – Programm Marc/Mentat

Eigene Darstellung



Nachhaltigkeit und Innovation im Bootsbau

Auslegung von Mastfuss und Gennakerbaum

Diplomand



Ivo Grigoli

Ausgangslage: Um die Nachhaltigkeit im Bootsbau zu fördern, riefen zwei italienische Architekten im Jahr 2005 den 1001VelaCup ins Leben. An der dreitägigen Regatta in Italien sind lediglich Segelboote zugelassen, welche aus mindestens 75% natürlichen oder recycelbaren Werkstoffen gefertigt sind. Das Teilnehmerfeld besteht aus diversen Universitäten und Hochschulen mit ihren Studenten. Um möglichst ausgeglichene Bedingungen zu schaffen, wird ein Reglement zur Verfügung gestellt, welches diverse Aspekte eingrenzt.

Die OST – Ostschweizer Fachhochschule hat sich zum Ziel gesetzt, in den nächsten Jahren am VelaCup teilzunehmen. Dazu wird ein Team bestehend aus vier Studenten zusammengestellt, welches in Form von unterschiedlichen Bachelorarbeiten erste Entwürfe erarbeiten soll. Dabei werden den Studenten einzelne Baugruppen zugeteilt.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Auslegung des Mastfusses und des Gennakerbaums, wobei sich der Fokus auf die Nachhaltigkeit und die Innovation richtet.

Vorgehen: Die Bachelorarbeit wird mit den im Studium erlernten Methoden bearbeitet. Dazu gehören unter anderem die Phasen Klären, Konzipieren und Entwerfen, welche den groben Ablauf der Arbeit darstellen.

Die Phase Klären beinhaltet die Einarbeitung in das Themengebiet, welche aufgrund der nicht vorhandenen Segelerfahrung im Team eine wichtige Rolle einnimmt.

In der Phase Konzipieren werden erste Konzeptideen erarbeitet, mittels morphologischen Kastens dargestellt und teamintern analysiert. Zum Schluss werden CAD-Modelle erstellt und zu einem Gesamtmodell zusammengefügt.

Zudem werden die ausgearbeiteten Ideen bezüglich des Gennakerbaums in diversen Ansys-Simulationen überprüft und deren Resultate ausgewertet.

Ergebnis: Je nach Windstärke ist ein flaches oder ein bauchiges Segelprofil von Vorteil. Um dies möglichst einfach während des Segelns anpassen zu können, wird ein Mastfuss konstruiert, welcher eine Verschiebung des Mastes in Längsrichtung erlaubt. Dadurch wird die Mastbiegung verändert, was einen Einfluss auf das Segelprofil hat.

Bei einem Kurs vor dem Wind, spricht wenn der Wind von hinten kommt, wird ein sogenannter Gennaker eingesetzt, welcher die Segelfläche vergrössern soll. Damit dieser nicht im Windschatten des Hauptsegels liegt, wird ein Gennakerbaum montiert. Durch diverse Strömungssimulationen kann gezeigt werden, dass dessen Wirkungsgrad beinahe verdoppelt werden kann, wenn eine horizontal schwenkbare Variante

verbaut wird. Zudem wird für den Bau des Gennakerbaums der Einsatz von naturfaserverstärkten Kunststoffen vorgeschlagen. Diese haben im Vergleich zum standardmässig eingesetzten CFK Vorteile bezüglich der Nachhaltigkeit.

Als Endergebnis werden diverse Konzepte, deren Auslegungen sowie simulationstechnische Nachweise vorgelegt, welche als Grundlage für zukünftige Projekte dienen sollen.

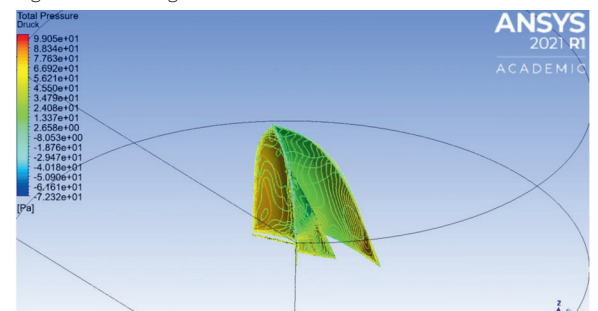
CAD-Konstruktion des Segelbootes

Eigene Darstellung



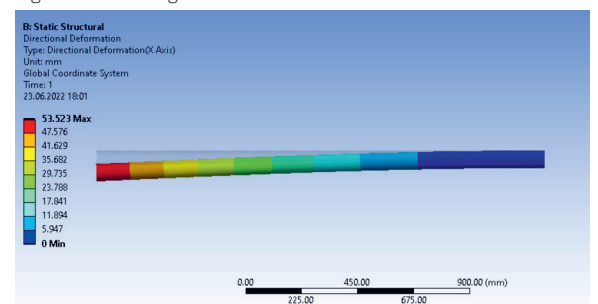
Fluidische Analyse der Segel bei geschwenktem Gennakerbaum

Eigene Darstellung



Mechanische Analyse des Gennakerbaums, aufgebaut aus flachfaserverstärktem Kunststoff

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung, Simulationstechnik, Kunststofftechnik

Conceptualization and realization of thin film thermocouples

Graduate Candidate



Kevin Meili

Introduction: Thermocouples are based on the thermo-electric phenomena called Seebeck effect. A temperature gradient gives rise to higher electron energies resulting in an electric field. The contact between two dissimilar metals, with their respective Fermi level and work function, reaches for energetic equilibrium. Using two junctions at different temperatures, will therefore generate a thermo-electric voltage which can be measured, as depicted in Figure 1. This effect is used to classify material properties in solid-state physics. Using a thin-film thermocouple, properties such as the heat capacity and lattice constant can be derived for tiny samples. The goal is to classify material behaviour at pressures up to 10 kbar at liquid nitrogen temperature (77,3 K).

Definition of Task: This bachelor thesis has the goal to develop an apparatus for successful thin-film thermocouple production. The process used is either thermal evaporation or sputtering, thus the apparatus has to be suitable for both. For precise adjustment, the stencil has to be adjustable by 0,1 mm. A mounting mechanism has to be developed to reliably secure differently formed substrates, with dimensions of 2 mm. Furthermore, thermocouple material pairings are classified and deposition techniques are studied.

Result: Experiments have shown that the generated electromotive force (emf) from heat exposure is dependent on the film thickness. 80 nm yields most stable and compliant results in regard to theoretical calculations. Sputtering has shown more consistent results than thermal evaporation. The apparatus guarantees reliable and efficient thermocouple produc-

tion. A sufficiently high vacuum is achieved quickly which ensures good quality of the deposition film. The process developed is therefore suitable for probe preparation, regarding material classification in the high pressure cell.

Fig. 1: Fermi energy significance resulting in a potential difference along a conductor exposed to temperature gradient.
S. Kasap, Principles of Electronic Materials and Devices

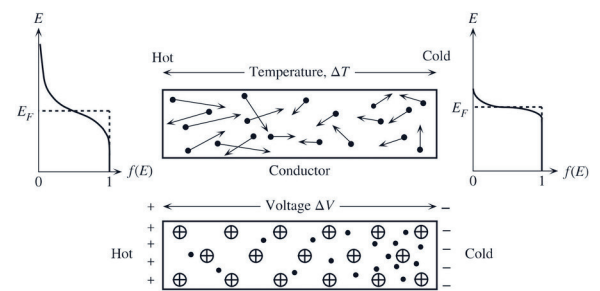


Fig. 2: Drawing of the assembly, with the tiny adjustment screw.
Diameter 32 mm, height 10 mm.
Own presentment

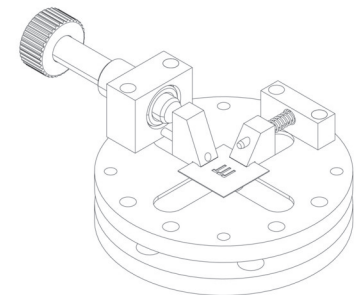
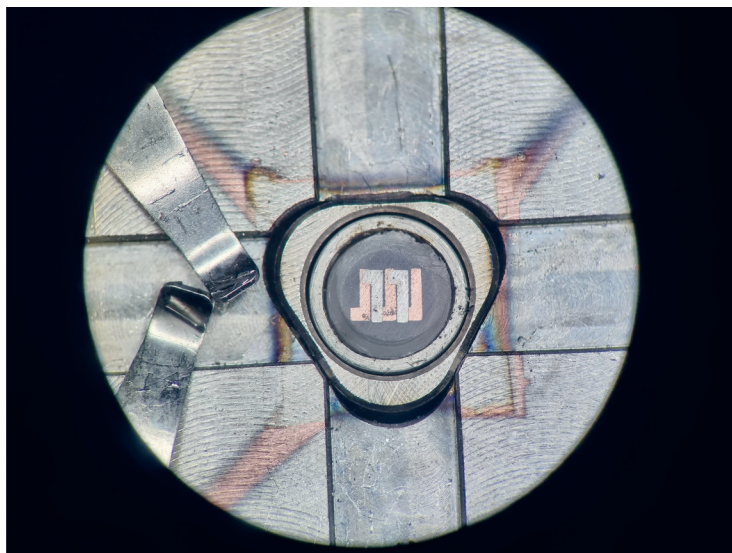


Fig. 3: Microscopic picture of a type T thermocouple deposited on a POM substrate. Length 1,2 mm, film thickness 80 nm.
Own presentment



Advisor
Prof. Dr. Benno Bucher

Co-Examiner
Dr. Jürg
Neuenschwander,
EMPA, Wetzikon ZH, ZH

Subject Area
Sensorics,
Construction and
System Technology

Modellierung des thermomechanischen Verhaltens einer Leiterplatte

Diplomand



Dominik Moritz Müller

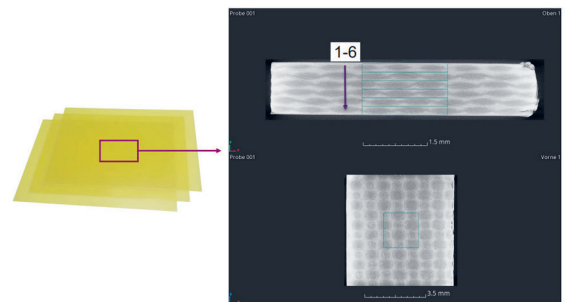
Ausgangslage: Hexagon entwickelt eine Vielzahl von Messgeräten und Sensoren für industrielle Anwendungen. Diese Komponenten sind meistens auf einer gedruckten Leiterplatte (PCB) angeordnet, welche aus einem Verbund aus Kupferschichten und einem Prepreg-Material aus glasfaserverstärktem Epoxidharz bestehen. Durch das direkte Verbauen der Komponenten auf der Leiterplatte wirken sich Deformationen, Temperaturschwankungen usw. direkt auf die Genauigkeit der Geräte aus. Aufgrund aktuell unbekannter Materialeigenschaften kann der Einfluss des thermo-mechanischen Verhaltens der Leiterplatte auf die Geräte erst am Ende des Entwicklungszyklus in aufwendigen experimentellen Tests ermittelt werden, was allfällige Optimierungen einschränkt. Mit Hilfe eines digitalen Zwillings könnten Änderungen am PCB-Stack-up bereits im Entwicklungsprozess optimiert und berücksichtigt werden.

Ziel der Arbeit: In dieser Arbeit soll das thermo-mechanische Verhalten einer beispielhaften Leiterplatte modelliert werden. In einem ersten Schritt sind dazu Aufbau, Zusammensetzung, thermisches und thermomechanisches Verhalten eines Prepreg-Layers experimentell zu quantifizieren und durch Anwendung richtungsabhängiger Materialmodelle in Marc/Mentat nachzubilden. Anschliessend soll der gesamte Plattenverbund generiert und anhand eines aussagekräftigen Lastfalles validiert werden.

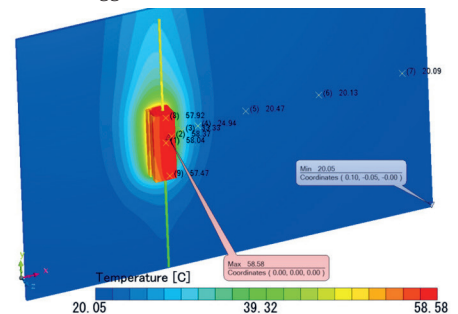
Ergebnis: Die richtungsabhängigen Materialeigenschaften liessen sich anhand von Messungen (CT-Scan, Zugversuch, CTE-Messung) und mikromechanischen Berechnungen ermitteln. Basierend auf den gewonnenen Materialparametern konnten FE-Modelle erzeugt werden, mit welchen sich das

Verhalten der Leiterplatte simulieren lässt. Die FE-Resultate wurden durch ein thermo-mechanisches Validierungsexperiment bestätigt. Dazu wurden PCBs mit beid- und einseitiger Kupferbeschichtung erwärmt und die relative Absenkung zwischen den zwei Platten gemessen. Die besten Simulationsergebnisse hinsichtlich Genauigkeit und Rechenzeit wurden mit einem Quad4-Schalenelement vom Elementtyp 75 erzielt.

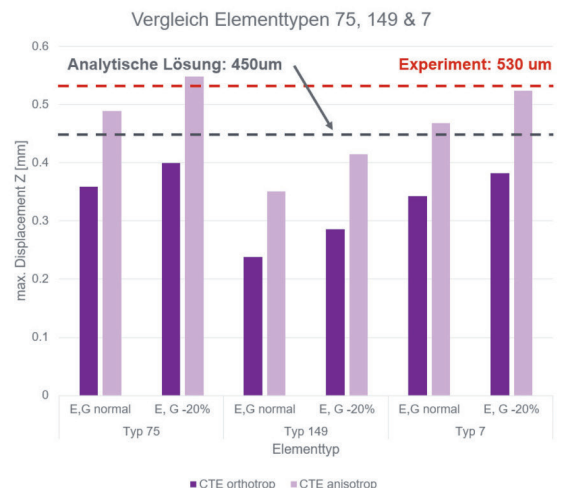
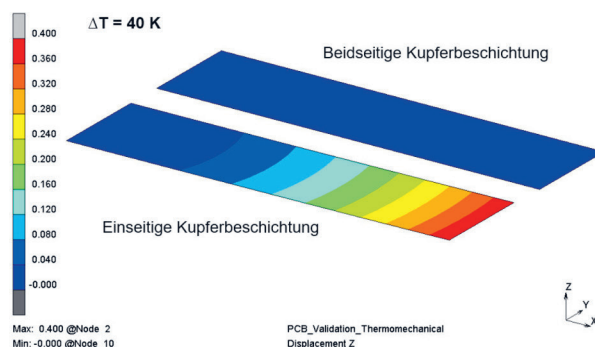
Aufnahmen CT-Scan zur Bestimmung des PCB-Stack-ups
www.multi-circuit-boards.eu; IWK, Philipp Zahner



Simulation zur Validierung der thermischen Materialparameter (punktuelle Erwärmung PCB durch elektrischen Widerstand)
Hexagon, Karl Plangger



Simulation zur Validierung des thermomechanischen Verhaltens (Erwärmung PCB im eingespannten Zustand)
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Daniel Marty,
Weidmann Medical
Technology AG,
Rapperswil SG, SG

Themengebiet
Simulationstechnik

Projektpartner
Hexagon AG,
Heerbrugg, SG

Auslegung einer Sonotrode zum Ultraschallschweissen von Kunststoffbauteilen

Diplomand



Tim Fasser

Aufgabenstellung: Durch die Umwandlung von elektrischen Ultraschallwellen in mechanische Schwingungen werden 2 Bauteile mittels Ultraschallschweissen (USS) durch innere Reibung zusammengeschweisst. Der Prozess bedingt eine spezifische Werkzeuggeometrie für jedes zu schweisende Bauteil. Dabei muss die Eigenfrequenz des Werkzeugs bei 20 kHz +/- 500 Hz liegen.

Das Ziel ist, die Auslegung von Sonotroden für das Schweißen von Thermoplasten zu beherrschen, sodass diese in Zukunft selbst hergestellt werden können.

Vorgehen: Nach einer Recherche des Stands der Forschung wird das Schwingverhalten von Sonotroden für unterschiedliche Parameter (Geometrie und Materialkennwerte) mittels Finite-Elemente(FE)-Simulationen untersucht (Abbildung 1). Daraus werden 3 Sonotroden konstruiert, simuliert und gefertigt. Eine Eigenfrequenzanalyse wird mittels Schwingungsmessgerät durchgeführt. Die gesuchte longitudinale Eigenfrequenz und kritische Nachbarmodi und Querschwingungen werden angezeigt (Ziel: 20 kHz +/- 500 Hz). Dabei hat sich gezeigt, dass das Material (Legierungstyp, Kornstruktur, Isotropie) entscheidend für das Schwingverhalten der Sonotrode ist.

Ergebnis: Es werden 2 funktionstüchtige Sonotroden hergestellt, mit welchen auf der USS-Anlage geschweisst werden kann. Eine Sonotrode hat eine klassische kreisförmige Kontaktfläche und dient als Verifikation des Herstellungsprozesses. Die andere hat eine kronenförmige Kontaktfläche und dient als Validierung des Herstellungsprozesses. Dafür wird ein Test-Bauteil aus PP geschweisst (Abbildung 3). Mit einem schwingungsfähigen Material und dessen Materialkennwerten können realitätsnahe Simulationen durchgeführt werden. Für ein Testbauteil

(Abbildung 2) werden Schweißungen durchgeführt. Schliffbilder der Schweißnaht werden durchgeführt, und die Schweißnaht wird bis zum Bruch gezogen. Der Bruch liegt neben der Schweißnaht, und die Zugfestigkeit ist gleich hoch wie jene des Materials.

Abbildung 1: FE-Simulation der gesamten longitudinalen Verformung (Frequenz=20 kHz; Schwingungsanregung=15 µm).
Eigene Darstellung

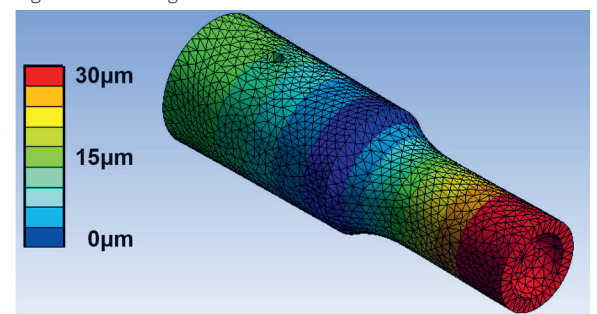


Abbildung 2 (v.l.): Sonotrode, geschweisstes PP-Bauteil, Schliffbild der Schweißnaht.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

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

Themengebiet

Simulationstechnik,
Fertigungstechnik

Simulationsbasiertes Machine Learning

Die Detektierung für ein Boot mit vordefinierten Use Cases

Diplomand



Carl Christopher Merville

Einleitung: Eine Simulation ist eine Nachbildung eines realen Ereignisses, deren Komplexität die Grenzen der Theorie übersteigt. Ziel und Zweck der Simulation ist es, durch eine Abstraktion (Vereinfachung) das reale Szenario nachzustellen, um aussagekräftige Informationen zum realen Fall zu ermitteln. Ein Beispiel dafür wäre die Simulation eines Bootes im Wasser. Das physikalische Verhalten eines Bootes ist von vielen Faktoren abhängig. Die Einflüsse lassen sich in drei Kategorien unterteilen: physikalische, chemische und menschliche Einflüsse. Mit den passenden Gegenmassnahmen kann der Besitzer (Anwender) die Folgen von schädlichen Einflüssen bei rechtzeitiger Anwendung verhindern. Es stellt sich nun die Frage, wie der Besitzer auf diese Einflüsse rechtzeitig reagieren soll, wenn sich das Boot am Steg befindet.

Das Ziel der Arbeit ist, aufgrund der Ausgangslage (Abbildung 1) drei vordefinierte Use Cases zu detektieren. Die Use Cases «Leine gerissen», «Anker nicht richtig gesetzt» und «Fremder auf dem Boot» müssen betrachtet werden. Die Detektion erfolgt mit einer Sensorenbox (Semesterarbeit: Yvo Megert) und einem simulationsbasierten Machine Learning (neuronaalem Netzwerk) auf der Plattform von Edge Impulse. Im Rahmen der Bachelorarbeit von Yvo Megert ist eine Machbarkeitsstudie entstanden.

Vorgehen / Technologien: Um die verschiedenen Use Cases zu detektieren, wurde eine Simulation (Level) in der Software Unreal Engine von Epic Games aufgesetzt.

Für die weiterführende Arbeit wurde der Fokus auf den Use Case 3 gerichtet. Beim Use Case 3 (Abbildung 2) handelt es sich um die Detektion von einem Eindringling auf dem Boot. Das Boot ist am Steg mit vier Seilen befestigt. Mittels eines in der Simulation eingebauten Codes (C++) können die Daten (Beschleunigung X, Y, Z) als Csv-File abgespeichert werden. Die Brauchbarkeit der Simulation und der Daten wurde in einer Analysephase betrachtet. Die Analyse erfolgt mit den statistischen Werkzeugen RMSD für die Annäherung des Zeitfensters und der Regression.

Anschliessend wird ein Machine Learning aufgesetzt. Das Machine Learning wird mit der Open-Source-Plattform von Edge Impulse erstellt. Bei der Erstellung des Machine Learning gibt es drei Phasen: «Generating, Training und Validation.»

Ergebnis: Die Validation des Machine Learning (Use Case 3: «Fremder auf dem Boot») ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Abbildung zeigt, wie gut die Simulation (Trainingsdaten) und das Experiment (Testdaten) übereinstimmen. Die grünen Punkte stehen für die korrekte Wiedererkennung, und die roten Punkte

stellen eine inkorrekte dar. Die Validation lieferte eine Übereinstimmung von 80%.

Abbildung 1: Skizze: Ausgangslage

Eigene Darstellung

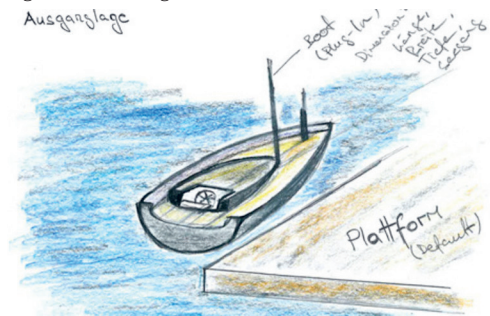


Abbildung 2: Simulation in Unreal: Aufbau eines Use Case (Boot und Befestigung)

Eigene Darstellung

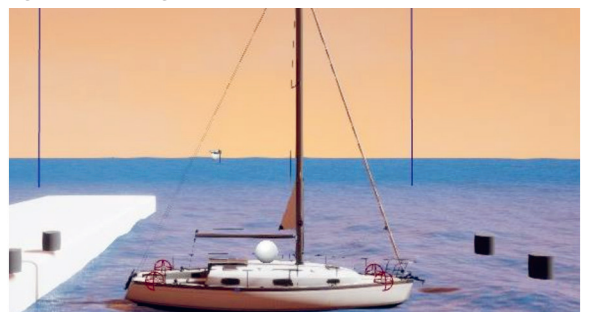
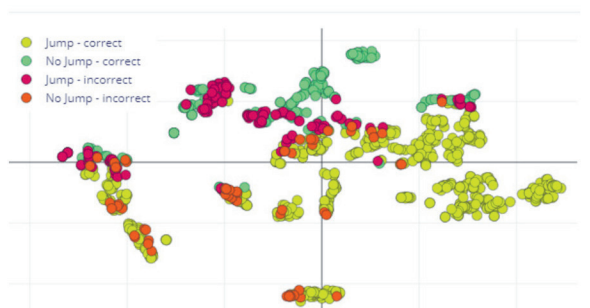


Abbildung 3: Resultat der Validation des Machine Learning: Übereinstimmung der Trainingsdaten und Testdaten

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent

Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Simulationstechnik, Maschinenbau-Informatik

Entfernung von Störstoffen aus dem Kompost

Von der Idee zum funktionierenden Prototyp

Innovation 3 und 4 –
2020/2021

Ausgangslage: Störstoffe wie Kunststoff, Glas oder Ähnliches sind heute ein grösser werdendes Problem für die Recyclingbetriebe. Die Stoffe gelangen über den Prozess in die Komposterde und verschmutzen so die Umwelt mit Mikroplastik.

Heute können die Stoffe nur manuell bei der Anlieferung der Bioabfälle aussortiert werden. Dies ist mühsam und teuer und hat eine sehr geringe Erfolgsquote. Ziel des Projektes ist es, die Fremdstoffe mit einer cleveren Lösung während des Prozesses herauszufiltern. Dabei soll möglichst ein gutes Ergebnis mit einem reinen Kompost erzielt werden.

Vorgehen: Über zwei Semester hatten die Studierenden in den Modulen Innovation 3 und 4 in 10 Projektgruppen die Gelegenheit, an dieser konkreten Aufgabe aus der Industrie das Motto des Studiengangs zu erleben: von der Idee zum funktionierenden Produkt. Eine Vielzahl von Lösungsansätzen wurde kreativ entwickelt, ausgearbeitet, konstruiert, gefertigt und getestet.

Die Studierenden konnten auf die Unterstützung der Werkstatt und vieler Dozierenden zählen. Die Infrastruktur in Rapperswil wurde für die Versuche und den Bau der Maschinen rege genutzt.

Ergebnis: Die Verschiedenartigkeit der Ideen und Prototypen erstaunte und begeisterte die projektbegleitenden, sehr erfahrenen Ingenieure der AVAG ausserordentlich. Aus den 10 Prototypen konnten für den Betrieb konkrete Ergebnisse gewonnen werden. 5 Ideen wurden zum Patent angemeldet und weiterentwickelt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich daraus ein Modellprozess für das Recycling von Komposterde ergibt.

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

Abbildung 1: Wärmestrahlung der verschiedenen Stoffe wird geprüft

Eigene Darstellung

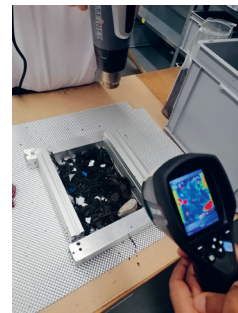


Abbildung 2: Separation von Kunststoffflaschen

Eigene Darstellung



Abbildung 3: Präsentation der Maschine und Ergebnisse

Eigene Darstellung



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

Themengebiet
Produktentwicklung

Projektpartner
AVAG, Thun

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 INSTITUTE FOR
NETWORKED SOLUTIONS
INS Institut für vernetzte Systeme
ins-support@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
rj-info-ipek@ost.ch, www.ost.ch/ipek

IET INSTITUTE FOR
ENERGY TECHNOLOGY
IET Institut für Energietechnik
iet@ost.ch, www.ost.ch/iet

irap INSTITUT FÜR
RAUMENTWICKLUNG
IRAP Institut für Raumentwicklung
irap@ost.ch, www.irap.ch

IFS INSTITUTE FOR
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
rj-iwk@ost.ch, www.ost.ch/iwk

ikik INSTITUT FÜR KOMMUNIKATION
UND INTERKULTURELLE KOMPETENZ
IKIK Institut für Kommunikation und
Interkulturelle Kompetenz
rj-ikik@ost.ch, www.ikik.ch

SPF INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK
SPF Institut für Solartechnik
info@spf.ch, www.spf.ch

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.umtec.ch

ILT INSTITUTE FOR LAB AUTOMATION
AND MECHATRONICS
ILT Institut für Laborautomation
und Mechatronik
rj-ilt@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

