

WO WISSEN WIRKT.



Bachelorarbeiten 2024
**Bachelor of Science in
Maschinentechnik**



Preisstifter für den Studiengang
Maschinentechnik | Innovation



Rhätische Bahn



Gebert 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-Bezirksvereins e. V., Friedrichshafen DE

Vorwort



Prof. Hanspeter Keel
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

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

Es ist mir wiederum eine grosse Freude, Ihnen heute die Diplomarbeitsbroschüre der Abschlussklasse Maschinentechnik präsentieren zu dürfen. Ich möchte die Gelegenheit dieses Vorworts nutzen, um Sie über die neusten Entwicklungen im Bereich des Studiengangs Maschinentechnik | Innovation zu informieren.

Der Studiengang hat im Rahmen der Neuaustrichtung auf die kommenden Jahre eine konsequente Modernisierung des Studieninhalts auf die Bedürfnisse für eine erfolgreiche Karriere gelegt. Dazu gehört nicht eine grosse Revolution, sondern eine aktuelle Pflege der Inhalte. So wurde zum Beispiel den Fähigkeiten in der Digitalisierung mehr Raum eingeräumt. Dies ist wichtig, weil sich Programme, die heute im Maschinenbau genutzt werden, vermehrt darauf abstützen. Das neue Studienprogramm wurde in engem Austausch mit der Industrie entwickelt und stösst bereits auf grosses Interesse. Auch den neuen Bedürfnissen der Studierenden wurde Rechnung getragen. Teilzeitmodelle ermöglichen eine gute Kombination von Beruf und Studium.

Wir sehen uns immer noch als Qualitätsstudiengang mit einer langjährigen Tradition. Mit der notwendigen Portion an Innovation ist es aber möglich, sich

als Ingenieurin oder Ingenieur an neue Herausforderungen und Aufgabenstellungen anzupassen. Genau das zeigen uns auch wieder die Arbeiten in dieser Broschüre.

Die Diplomandinnen und Diplomanden haben bewiesen, dass sie die fachlichen Qualifikationen haben, um die Ihnen gestellten Aufgaben zu lösen. Zudem sind sie bei uns auch persönlich gereift, so dass sie diese Aufgaben allein oder im Team lösen können.

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

Rapperswil, im September 2024

Prof. Hanspeter Keel
Studiengangleiter Maschinentechnik | Innovation

Rückblick 2023/2024

Maschinentechnik ist Innovation

Der Studiengang Maschinentechnik | Innovation entwickelt sich weiter und hat 2023/2024 erfolgreich gezeigt, wo für Maschinenbau an der OST steht: Fortschritt, Innovation, Nähe zur Industrie und einzigartige Projekte.

Tag der offenen Tür mit rund 2000 Gästen

Ein fulminanter Start ins neue Studienjahr: Im September 2023 lud die OST zu einem Tag der offenen Tür. Rund 2000 Besucherinnen und Besucher kamen an den Campus Rapperswil-Jona und lernten unsere Lehre und Forschung kennen. Auch der Techpark Eichwies öffnete seine Türen für Gross und Klein. Die Vielfalt und Innovationskraft der OST wurde spielerisch und in faszinierenden Experimenten für die breite Bevölkerung erlebbar gemacht. Der Event bot spannende Einblicke für die Gäste und war für uns ein Erfolg. Wir haben uns sehr gefreut über die vielen Gespräche und das grosse Interesse.



50 Absolventinnen und Absolventen diplomiert

Ein besonders schöner Anlass für einen Studiengang sind die Diplomfeiern. Wir sind stolz auf unsere 50 Absolventinnen und Absolventen, denen wir im Herbst 2023 und im Frühling 2024 ihr Bachelordiplom Maschinentechnik überreichen durften. Sie sind bestens vorbereitet für die Herausforderungen als

junge Ingenieurinnen und Ingenieure und werden dazu beitragen, die Industrie in der Schweiz entscheidend vorwärtszubringen.



IWK verleiht Schlittschuhläufern auf Kunststoff-Eis Tempo

Mit «Oceanice» wurde in Rapperswil eine innovative Kunststoff-Eisfläche eröffnet. Die «Sharkblades», die Besucherinnen und Besucher für die Fahrt auf dem synthetischen Eis ausleihen können, hat Green Hockey in Zusammenarbeit mit dem IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung der OST – Ostschweizer Fachhochschule entwickelt. Die Blades mit Rädern können anstelle von herkömmlichen Kufen an bestehenden Schlittschuhmodellen angebracht werden und verbessern die Gleit- und Stoppfähigkeiten auf Kunststoff-Eis wesentlich.



Bildquelle: Green Hockey

OST-Studierende machen die «Lamp+» von ABUSIZZ mobil

Die neue, mobile Version der Lamp+ von ABUSIZZ basiert auf Ideen von Maschinentechnik-Studierenden der OST. Die innovative Projektionslampe ersetzt an Meetings Bildschirme oder Tafeln, indem Präsentationen direkt auf den Tisch projiziert werden. Bisher wurde die Lampe fix an der Decke montiert. Auf-



Bildquelle: ABUSIZZ

gabe für die Studierenden war es, eine Halterung für mobile Einsätze zu entwickeln. Sechs Wochen lang haben zwölf Teams unter Anwendung strukturierter Kreativitätsmethoden an Lösungen gearbeitet. Sie mussten dabei Vorgaben betreffend Ergonomie, Bedienbarkeit, Sicherheit sowie Gestaltung von Form und Farbe einhalten und die Herstellbarkeit berücksichtigen.

Erneuter Sieg für das Robility Enhanced Team

Sie haben es wieder getan: Das Robility Enhanced Team der OST hat an den Cybathlon Challenges 2024 in der Kategorie Rollstuhl gegen den Gegner aus Japan gewonnen. Die «Challenges» dienen als Vorbereitung für den grossen Cybathlon, der im Oktober 2024 stattfinden wird. Auch die Enhanced-Teams werden teilnehmen. Highlight wird der erste Einsatz des Enhanced Hybrid in der Kategorie Exoskelett sein: Die Kombination aus Rollstuhl und Exoskelett wird dann zum ersten Mal der grossen Öffentlichkeit präsentiert.



Engineers' Day

Wie intelligent ist künstliche Intelligenz? Die OST hat den diesjährigen Engineers' Day, der jeweils am 4. März auf die Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren aufmerksam macht, ganz dem Thema künstliche Intelligenz (KI) gewidmet. Mehr als 100 Gäste haben die Veranstaltung mit Ausstellung und zwei Referaten am Campus Rapperswil-Jona besucht. Ein Vortrag wurde vom Studiengang Maschinentechnik | Innovation organisiert und führte die Anwesenden in die Nutzung von ChatGPT im Alltag ein.



Neues Curriculum und voller Studiengang für den Start im Herbst 2024

Die MEM-Branche hat mit dem Fachkräftemangel und der gestiegenen Marktdynamik im globalen Wettbewerb grosse Herausforderungen zu bewältigen. Vor diesem Hintergrund haben die Studiengang-verantwortlichen Maschinentechnik | Innovation das Curriculum grundlegend überarbeitet. Die neue Studienstruktur wurde zusammen mit der Industrie entwickelt und zielt auf eine Ausbildung ab, die Unternehmen bestmöglich bei der marktorientierten Personalentwicklung unterstützt und den Studierenden gleichzeitig eine zukunftssichere Ausbildungsperspektive bietet. Neu ist auch ein Teilzeitstudium möglich und das Studium ist stark modular aufgebaut. Zudem wurde die rasant steigende Bedeutung der Informatik in einer spezialisierten Maschinen-Informatik-Modulreihe abgebildet.

Das neue Curriculum wird mit dem Herbstsemester 2024 eingeführt. Erste Bestätigungen, dass wir uns mit dem Markt bewegen, konnten wir bereits verzeichnen: Wir starten mit über 80 Neueintretenen ins neue Studienjahr. Zum ersten Mal konnten wir nicht allen interessierten Studierenden einen Platz anbieten.

Studierende tüfteln an Lösungen für pünktliche Züge im Vereinatunnel

Das Entwicklungsprojekt ist eines der Highlights im Studiengang Maschinentechnik | Innovation an der OST – Ostschweizer Fachhochschule in Rapperswil. Ein Jahr lang entwickeln die Studierenden in Teams Lösungen für ein Problem aus der Industrie. Die Rhätische Bahn (RhB) stellte den Studierenden die Aufgabe, die Traktion im Vereinatunnel bei schlechten Schienenverhältnissen zu verbessern.

Im Winter verlangt das Einhalten der Fahrpläne Höchstleistungen von der Rhätischen Bahn (RhB). Schmutz und Salz von Tausenden Fahrzeugen im Autoverlad durch den Vereinatunnel machen die Schienen rutschig. Dadurch geht viel Haftung

verloren und die Lokomotiven können nicht mehr stark genug beschleunigen, was zu Verspätungen im Fahrplan und damit zu Verzögerungen im gesamten Netz der RhB führen kann.

Im Rahmen des Entwicklungsprojekts im Studiengang Maschinentechnik | Innovation haben sich elf Studierendenteams mit dem Problem auseinandergesetzt und während zweier Semester Lösungsvorschläge erarbeitet. Die entstandenen Konzepte sind sehr unterschiedlich und reichen von aussergewöhnlichen Reinigungsmethoden über besondere Schienenbeläge bis zu mechanischen Lösungen.

Testnacht unter realen Bedingungen

Aus den Konzepten entwickelten die Studierenden Prototypen, die anhand eigens dafür erstellter Testkonzepte auf ihre Tauglichkeit geprüft wurden. Vier Teams konnten ihren Prototyp sogar auf einen Wagen der RhB montieren und diesen in einer Testnacht auf einer gesperrten Strecke unter realen Bedingungen testen. Die Studierenden schossen zerstossenes Eis, Walnusschalengranulat oder Maisschrot auf die Schienen, um den Schmierfilm zu entfernen. Ein anderes Team reinigte das Gleis,



Der Slogan auf der Lok der RhB passt perfekt zum Entwicklungsprojekt, finden Hanspeter Keel und Albert Loichinger (v. l.).

indem es einen selbst entwickelten Natronblock auf die Schienen presste. Eine Gruppe gravierte mit Lichtbögen Profile in die sonst glatten Räder der Lokomotive, wieder andere entwickelten zusätzliche Antriebe, welche die Lok unterstützen.

RhB zeigte sich «tief beeindruckt»

Die Studierenden haben es geschafft, innerhalb eines Jahres eine breite Palette an Konzepten und Möglichkeiten zu prüfen und der Rhätischen Bahn am Ende des Projekts eine vielversprechende und auf Fakten basierte Aussage zu ihrer Lösung zu präsentieren. RhB-CEO Renato Fasciati zeigte sich «tief beein-

druckt vom Ideenreichtum genauso wie vom persönlichen Engagement der Studierenden». Einige Lösungsansätze werden von der RhB weiterentwickelt und hoffentlich in naher Zukunft im Einsatz sein.

Kurs/Modul:

Innovation 3 und 4 – 2022/2023

Examinatoren:

Prof. Hanspeter Keel, Prof. Dr. Albert Loichinger

Themengebiet:

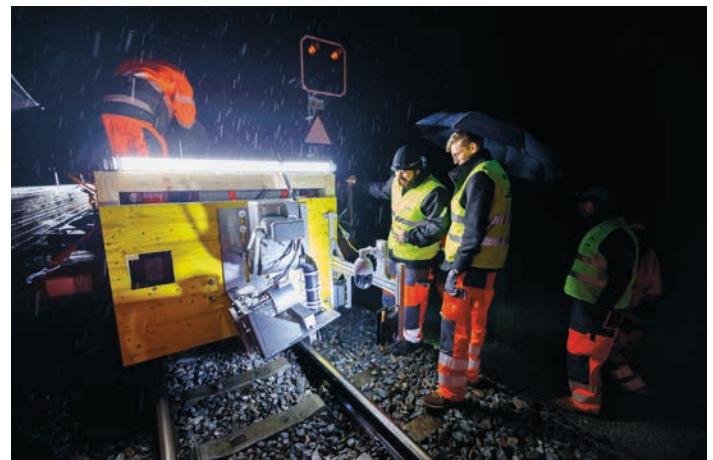
Produktentwicklung

Projektpartner:

RhB – Rhätische Bahn



Testdurchlauf mit angeschlossener Pneumatik.



Einsatz der Eisschleuder während der Testnacht.



Die Crew der Testnacht.

Überblick

Referentinnen und Referenten

- 20 | 40 Manuel Altmeyer
49 Prof. Dr. Gion Andrea Barandun
46 Prof. Dr. Christian Bodmer
45 Prof. Dr. Rainer Bunge
28 | 29 | 34 Prof. Dr. Frank Ehrig
35 Peter Eichenberger
19 | 26 Prof. Stefan Grätzer
48 Prof. Dr. Pierre Jousset
43 Prof. Hanspeter Keel
13 | 17 Prof. Dr. Agathe Koller
27 | 42 | 44 | 57 Prof. Dr. Albert Loichinger
22 | 36 | 39 | 41 Prof. Dr. Elmar Nestle
37 | 50 | 54 Prof. Dr. Felix Nyffenegger
30 | 47 | 51 Daniel Omidvarkarjan
14 | 23 | 24 | 38 Prof. Dr. Mohammad Rabiey
16 | 21 | 25 | 58 Prof. Dr. Dario Schafroth
31 | 32 | 33 Prof. Daniel Schwendemann
15 | 18 | 53 | 56 Prof. Dr. Dejan Šećović
52 Dominik Stapf
55 Prof. Dr. Mario Studer

Überblick

Korreferentinnen und Korreferenten

- 45 François Boone
23 | 38 Stefano Capparelli
13 | 17 | 20 | 40 Dr. Alain Codourey
27 | 42 | 44 | 57 Dr. Fabian Eckermann
37 | 54 Marco Egli
50 Prof. Benoît Eynard
52 Dr. Markus Gantenbein
30 | 47 | 51 Florian Gschwend
53 Steffen Hipp
16 | 21 | 25 | 58 Prof. Dr. Marco Hutter
15 | 18 | 56 Pavel Jelinek
31 | 32 Martin Klein
14 Dr. Wolfgang Knapp
43 Dr. Jürg Krauer
28 | 29 | 34 Christian Kruse
24 Dr. Fredy Kuster
33 Frank Mack
19 | 26 Nik Marty
55 Daniel Marty
48 | 49 Prof. Dr. Michael Niedermeier
22 | 36 | 39 | 41 Robert Spasov
46 Dr. Claudia Wohlfahrtstätter
35 Robert Zehnder

Überblick

Themen

Automation & Robotics

- 13 Design Tool for the Tip Over of Mobile Robots

Automation & Robotics, Manufacturing Technology, Construction and System Technology, Product Development

- 14 Development and Integration of a WAAM System

Automation & Robotics, Mechatronics and Automation Technology

- 15 Collaborative Underwater Robot Navigation

Automation & Robotik

- 16 Collaborative Underwater Robot Navigation

- 17 FlexHandling

Automation & Robotik, Mechatronik und Automatisierungstechnik, Sensorik

- 18 Automatische Sensorpositionierung auf dem Messarm
- 19 Optimierung Rohrbearbeitungsautomat

Automation & Robotik, Produktentwicklung

- 20 Automatisierte Volumenkalibrierspritz
- 21 Multidirektionaler Fahrantrieb

Betriebsführung & Instandhaltung, Maschinenbau-Informatik, Sensorik

- 22 Potenzialanalyse von High-Speed-Motion-Amplification im Entwicklungsprozess

Fertigungstechnik

- 23 Integration und Test eines Metallpulveraufbereitungssystems

- 24 Kinematikstudie

Fertigungstechnik, Produktentwicklung, Simulationstechnik

- 25 Inverterkühler Formula Student

Konstruktion und Systemtechnik, Automation & Robotik

- 26 Automatisierte Zuführung von leeren Spulhülsen für Nähgarn-Spulmaschinen

Konstruktion und Systemtechnik, Produktentwicklung, Sensorik

- 27 Sensorik für die Messung der Druckwelle in der Lawinenforschung

Kunststofftechnik

- 28 Analyse des Energieverbrauchs beim Spritzgießen

- 29 Herstellung einer Composite Bike-Kurbel im Spritzgiessverfahren

- 30 Herstellung und Charakterisierung von SLS-Pulvern am IWK

- 31 Oberflächenevaluation

- 32 Sortier- und Waschanlage für Kunststoffrezyklate am IWK

Kunststofftechnik, Fertigungstechnik, Simulationstechnik

- 33 Anlagenentwicklung für die Fertigung von Mikroschläuchen

- Kunststofftechnik, Produktentwicklung**
- 34 Entwicklung einer Reibmessvorrichtung zur Bestimmung von Reibkoeffizienten
- Produktentwicklung**
- 35 Automatisiertes Wägen von Patienten
 - 36 Designkonzept eCooker
 - 37 Druckmessung im Schnee
 - 38 Eis-Spannsystem für die Schaufelbearbeitung
 - 39 Entwicklung eines Messsystems für Cutter in der Augenchirurgie
 - 40 Hinterradaufhängung Enhanced Hybrid
 - 41 Lenkkonzept E-Velomobil
 - 42 Neukonzept Skistockgriff für Langlauf und Skitouren
 - 43 RDE - Rotating Detonation Engine
 - 44 Schneemikroskop
- Produktentwicklung, Energie- und Umwelttechnik**
- 45 Modifizierter Zick/Zack-Sichter
- Produktentwicklung, Fertigungstechnik**
- 46 Erstellung und Einführung eines Tools zur Vorkalkulation von Handschweißvorgängen
 - 47 Integration eines Flüssigkeitsdruckmoduls in den IWK 5-Achsendrucker
 - 48 Untersuchung mittels Prüfung und Simulation für ein innovatives Mobilitätskonzept
- Produktentwicklung, Fertigungstechnik, Kunststofftechnik**
- 49 Additive Manufacturing mit Endlosfaserverstärkung und duromeren Harzsystemen
- Produktentwicklung, Konstruktion und Systemtechnik**
- 50 Model Based Systems Engineering
 - 51 Weiterentwicklung eines Konfigurators für die automatische Konstruktion von Vakuumgreifern
- Produktentwicklung, Kunststofftechnik, Fertigungstechnik**
- 52 Umsetzungspotential innovatives Skikonzept
- Produktentwicklung, Mechatronik und Automatisierungstechnik**
- 53 Konzeptstudie für eine elektrooptische Vorrichtung
- Produktentwicklung, Sensorik**
- 54 AvaNode 2.0
- Produktentwicklung, Simulationstechnik**
- 55 Simulationsbasierte Entwicklung eines Knickschutzes für Spezialfaserkabel
- Sensorik**
- 56 Automatische Sensorsausrichtung mit Hilfe von TOF-Sensoren
- Sensorik, Produktentwicklung, Maschinenbau-Informatik**
- 57 Innovative Sensor-Entwicklung für den Liquid Water Content von Schnee
- Simulationstechnik, Fertigungstechnik, Produktentwicklung**
- 58 Simulationsgestützte Optimierung eines Inverterkühlers mit Gehäuse

Überblick

Bachelors, Diplomandinnen und Diplomanden

38	Baumann Noël	30	Marugg Lucas
22	Birchler Raphael	39	Meier Richard
13	Bossart Nico	31	Neuschütz Marc
27	Büchler Naomi	58	Paparo Luca
49	Cuccaro Alessandro	36	Paravicini Martin
43	Ebnöther Thomas	34	Rearte Andrea
48	Figini Silvio	26	Regling Nico
14	Fluor Andrin	37	Reichmuth Lars Eric
54	Franscioni Daniele	51	Rey Sascha
50	Frey Jöran	45	Rizzo Alfonso
21	Gasser Samuel	44	Romer Jonas
35	Gronowski Ralph	46	Ruckstuhl Fabian
23	Hartmann Andreas	25	Scholz Jonas
40	Heim Jan	29	Stocklin Jan
28	Hindermann Andreas	16	Tosuni Ardijan
41	Häfeli Oliver	55	Tremp Marco
17	Jezerniczky Jan-Mischa	42	Trüb Dominic
47	Koch Michel	15	Tsanas Aris
57	Kuhn Peter	52	Tschamper Dominik
53	Leuenberger Joel Silvio	56	Vogel Lucas
24	Lübbig Julian	18	Vucic Luka
20	Maritz Julian	32	Weibel Thomas
19	Marti Lukas	33	Zeynioglu Murat

Design Tool for the Tip Over of Mobile Robots

Graduate Candidate



Nico Bossart

Introduction: The project is part of an exchange programme between the University of Applied Sciences of Eastern Switzerland and Nanyang Technological University (NTU). The Robotics Research Centre (RRC) of NTU wants to develop an omnidirectional robot with a manipulator mounted on top. A commercial platform was purchased and ROS2 was implemented on it to control the whole system. During the first test, the whole robot tended to tip over. This was due to the small distance between the axes of the wheels.

The aim of the thesis is to create a design tool or design process for creating new omnidirectional robots that do not tip over. It should be possible to create different manipulator and platform configurations and simulate them statically and dynamically. Overall, the platform should be optimisable, i. e. with all input parameters of the manipulator and platform, and the recommended axis distance should be the output.

Result: The solution consists of three interrelated MATLAB scripts. The first is the manipulator script. The user can create different manipulators using the Robotics Toolbox by Peter Corke. The toolbox has a function to create different manipulators with Denavit-Hartenberg parameters. Newton-Euler Inverse Dynamics is used to calculate the forces and moments acting on the joints. This allows the influence of the manipulator on the whole system to be determined. This information is transferred to the second script, which is the Tip over script. The tip over moment method is used for the calculation. This makes it possible to determine whether a system is stable or not. The method calculates the negative moment acting around each pair of wheels to keep all the wheels on the ground.

Within the script, it is possible to create a platform with all the physical parameters and to mount various add-ons to it. The user has the option of running a simulation with their own axis distances or optimising them up to a certain safety value. The last script is the spherical analysis. It takes the data from the other two scripts and creates a sphere by rotating the first and second joints of the manipulator. At each position of the sphere, the stability value is calculated and plotted. This should give the user more information about the created model and show critical positions of the manipulator.

Conclusion: Various validation tests were carried out using a mobile robotic platform and a UR10e. A measurement setup was created to check the static functions of the scripts. The robot was placed on four

scales to calculate the corresponding tip-over value. There are some deviations, but these are due to the measurement setup of the built-in suspension. It can therefore be assumed that the design software is validated for static applications. The dynamic results were only compared with manual calculations as the measurement setup was not capable of it. A measurement setup for dynamic validation would be very complicated to set up. Overall, a versatile tool has been developed that simplifies the design of a wide range of manipulator/platform combinations, significantly reducing the time required to create new robots.

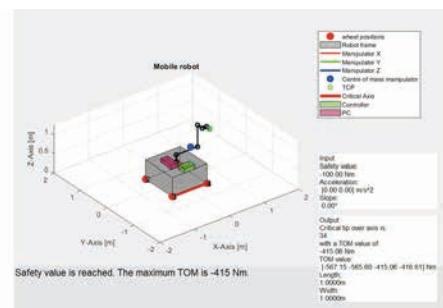
First version of the robotic system

Own presentment



Output Tip Over Script

Own presentment



Measurement setup

Own presentment



Advisor
Prof. Dr. Agathe Koller

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

Subject Area
Automation & Robotics

Project Partner
Nanyang Technological
University (NTU),
Singapore

Development and Integration of a WAAM System

Utilizing a collaborative articulating robot and a MIG/MAG welding power source

Graduate Candidate



Andrin Fluor

Introduction: Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) employs arc welding processes to deposit layers of material onto a substrate, providing an economical method for the additive manufacturing of metals. The IWK, Institute for Materials Technology and Plastics Processing is conducting research on the cladding of steel using WAAM. To enable this research, a WAAM system was set to be developed as part of this bachelor's thesis.

Approach: The design of the WAAM system is based around a collaborative articulating robot used at the IWK for multiple purposes. Thanks to its collaborative nature, the robot can be used without additional safety features. Mounting a welding torch to the robot, however, constitutes a modified machine whose safety must be reassessed. The WAAM system was developed in accordance with select type-C standards, such as ISO 10218-2, "Safety requirements for industrial robots".

A risk assessment concluded that welding fumes and radiation present the highest risks and require additional safety measures.

Result: Based on the health and safety requirements as well as the needs of the IWK, a cell design built around a fixture table was implemented. Welding curtains spanning the circumference of the cell allow easy access while reducing harmful radiation. The integration of the welding power source into the robot is facilitated by an additional device, which enables the robot controller to take control of the welding power source by use of digital signals. Five layers of a single bead width geometry were deposited in testing. The results show room for

improvement, both in the weld settings as well as the deposition strategy.

The WAAM system at hand is suitable for research purposes. If it is to be used long-term, safety features such as an emergency stop must be integrated into the welding power source and the conformity of the system with the European machinery directive must be assessed.

Fixture table and enclosure

Own presentment



Test setup (without enclosure)

Own presentment



Side and top view of demonstrator, NiCr22Mo9Nb deposited onto a plate of DC04 mild steel

Own presentment



Advisor

Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Co-Examiner

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

Subject Area

Automation & Robotics,
Manufacturing
Technology,
Construction and
System Technology,
Product Development

Collaborative Underwater Robot Navigation

Graduate Candidate



Aris Tsanas

Initial Situation: The Nanyang Technological University (NTU) is working on a research project in the field of underwater robotics. The aim is to develop methods that enable collaboration between a stationary observer / base station or two autonomous underwater vehicles. The main focus of the project is on navigation. Computer vision and sonar methods for localisation and mapping will be developed, whereby low cost single-beam sonars will replace the commonly used multi-beam sonars. Communication is supposed to be wireless. However, conventional methods of wireless communication do not work under water. An optical modem (LUMA X) is therefore being purchased, which can establish an underwater connection using LED light signals. The hardware of the underwater robot (UWR) already exists but has not yet been tested due to the missing communication interface and motion control.

This bachelor thesis focuses on two aspects. Firstly, the communication and secondly, the remote motion control.

Result: Before installing wireless communication in the UWR, the optical modem is assessed through an experiment. Transmission rates are analysed under water in a pool with different orientations of the optical modem. This experiment provides information on the modem's functionality and optimal installation position within the UWR. The results demonstrate that the optical communications modem is ineffective in the pool environment due to the interference of sunlight. Since the pool is also the primary testing ground for the UWR, it is necessary to switch to a different method of communication. As an alternative, the UWR is connected by cable to a floating access point. Thus a network is created to which a wireless connection can be made.

Two control systems are implemented in the area of remote motion control. On the one hand via keyboard and on the other hand via Xbox controller. Individual surge, sway and yaw movements can be carried out with the remote motion control. A feedback controller is not to be implemented. The thrusters of the UWR are controlled by changing the pulse width modulation (PWM) duty cycle. A PWM transceiver board developed by NTU itself has a serial interface to the computer (Raspberry Pi) in the UWR.

The implementation takes place via ROS, following the publisher-subscriber principle. A ROS package converts incoming commands for movement into PWM signals for the thrusters. These are sent from the Raspberry Pi to the PWM transceiver board via a serial interface.

The control system is set up in such a way that both, the UWR and the computer outside the water, a notebook, establish a connection to the access point. The notebook connects to the UWR via SSH. The main programme, the subscriber and the ROS master, are executed on the UWR and the publisher on the notebook.

Underwater robot

Own presentment



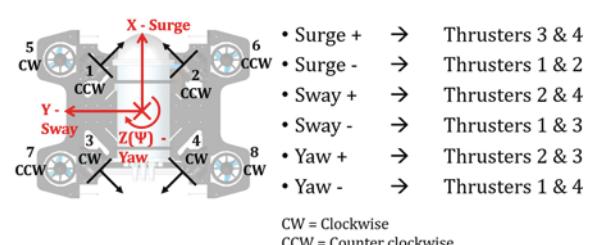
LUMA X optical communication modem

https://files.hydromea.com/luma/Hydromea_LUMA_X_datasheet



Thruster layout

Own presentment



Advisor

Prof. Dr. Dejan Šećović

Co-Examiner

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Subject Area

Automation &
Robotics, Mechatronics
and Automation
Technology

Project Partner

Nanyang Technological
University (NTU),
Singapore

Collaborative Underwater Robot Navigation

Anwendung von Sensorintegration und Filtertechniken

Diplomand



Ardijan Tosuni

Ausgangslage: Die Nanyang Technological University (NTU) führt in Zusammenarbeit mit Saab Forschungen an einem Unterwasserroboter (UWR) durch. Die Entwicklung, Herstellung sowie Montage des UWR wurden bereits erfolgreich abgeschlossen. Der Roboter ist mit Schubdüsen ausgestattet, um zukünftig eine geschickte Fortbewegung sicherzustellen. Der UWR verfügt derzeit nicht über Sensoren für die Lokalisierung. Bisher wurde kein Navigationssystem implementiert, wodurch der UWR nicht unter Wasser gesteuert werden kann. Für die Lokalisierung werden Einzelstrahl-SONARs (akustische Navigation und Entfernungsmessung) sowie ein Beschleunigungssensor eingesetzt. Die Steuerung des UWR erfolgt außerhalb des Wassers über Befehle am Computer.

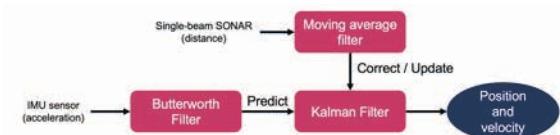
Ziel der Arbeit: Das Hauptziel dieses Projekts ist die Etablierung einer robusten Navigationsgrundlage durch die Nutzung von Messdaten, um anschließend eine effektive Bewegung und Koordination zu ermöglichen. Für eine präzise Zustandsbewertung wird ein Kalman-Filter implementiert, während zur Filterung der Beschleunigungsdaten ein Butterworth-Filter zum Einsatz kommt. Die Umsetzung erfordert das Bereitstellen der Programme für eine nahtlose Integration der Sensoren über das Robot Operating System (ROS).

Ergebnis: Die SONARs wurden erfolgreich am UWR gelötet und wasserdicht verbunden. Die Integration mit ROS verlief reibungslos und ermöglichte eine präzise Datensammlung bei Experimenten im Wasserbecken. Ein Kalman-Filter wurde für Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung verwendet, wobei Optimierungen in der Datenauswertung

und Parametrisierung erforderlich sind. Ein Butterworth-Filter wurde integriert, um hohe Frequenzen in den Beschleunigungsdaten zu filtern. Pragmatische Lösungen wurden für Hardwareprobleme erarbeitet, darunter die Behebung eines Spannungsverlusts bei mehreren elektronischen Komponenten. Das Organisationskonzept des UWR wurde verbessert, um elektronische Bauteile effizient im UWR zu platzieren und zu sichern. Für zukünftige Arbeiten wird die Behebung von Undichtigkeiten an der Kabine sowie die Implementierung der Bewegungssteuerung empfohlen.

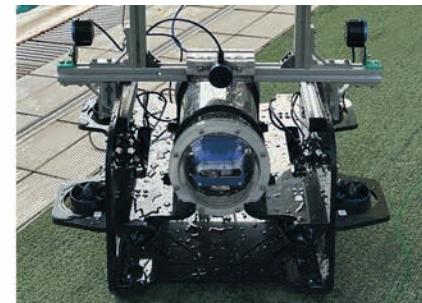
Übersicht der Datenverarbeitung mit Kalman-Filter

Eigene Darstellung



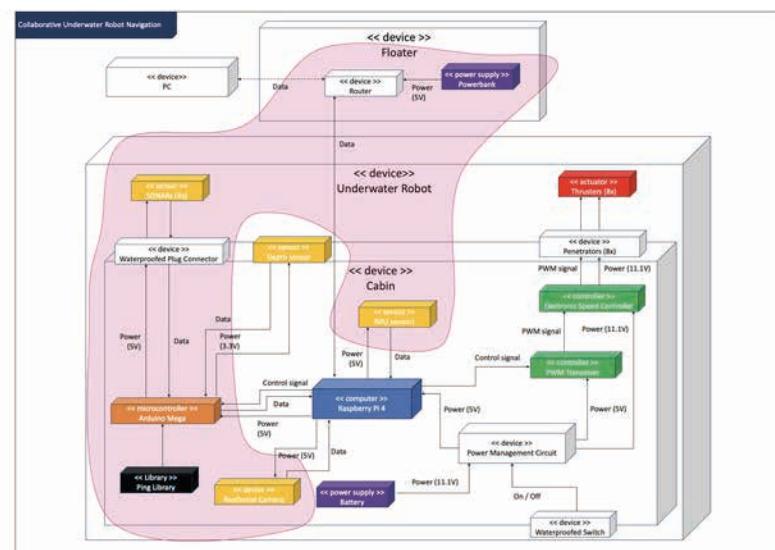
Unterwasserroboter mit SONARs

Eigene Darstellung



Verteilungsdiagramm des Unterwasserroboters

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

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

Themengebiet
Automation & Robotik

Projektpartner
Nanyang Technological
University NTU,
Singapur

FlexHandling

Automatisierte Anlage für die flexible Bereitstellung von kleinen Schüttgutteilen

Diplomand



Jan-Mischa Jezerniczky

Einleitung: In Produktionsumgebungen verschiedenster Branchen, wie etwa der Elektronik und der Medizintechnik, müssen häufig kleine, als Schüttgut vorliegende Teile weiterverarbeitet werden. Das Handling solcher Teile stellt für die Automationsindustrie nach wie vor eine erhebliche Herausforderung dar. Dank Fortschritten in Bilderkennungstechnologien und der Entwicklung neuer, innovativer Fördersysteme werden jedoch zunehmend schnellere, zuverlässigere und damit wirtschaftlichere Implementierungen solcher Handlingsysteme möglich.

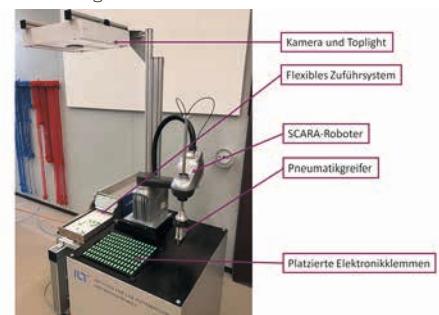
Aufgabenstellung: Am Ende der Bachelorarbeit soll eine funktionsfähige Demoanlage vorliegen, die einen möglichen Usecase für flexibles Kleinteilhandling darstellt. Die zu verarbeitenden Teile liegen dabei als sortenreines Schüttgut vor. Bereits vorhandene und vorgegebene Komponenten umfassen einen SCARA-Roboter, eine Cognex-Kamera und ein Anyfeed-Zuführsystem. Die Hauptinnovation der Anlage besteht darin, dass der Typ der zu verarbeitenden Teile in sehr kurzer Zeit gewechselt werden kann. Der Einlernprozess für neue Bauteile soll dabei so einfach gestaltet sein, dass er mithilfe einer entsprechenden Anleitung von beliebigen Personen ohne spezielle Schulung durchgeführt werden kann.

Ergebnis: Es wurde eine funktionsfähige Demoanlage entwickelt, die einen möglichen Usecase für flexibles Kleinteilhandling darstellt. Dabei werden kleine Elektronikklemmen, die als Schüttgut vorliegen, durch einen Roboter in einem Tray platziert. Die Hauptinnovation der Anlage, nämlich der schnelle Wechsel des Typs der zu verarbeitenden Teile, wurde erfolg-

reich umgesetzt. Über ein verständlich aufgebautes grafisches User-Interface können neben der normalen Anlagenbedienung auch neue Bauteile eingelernt werden. In Kombination mit dem zusätzlich erstellten Handbuch ist es auch unerfahrenen Benutzern ohne Einschulung möglich, die Anlage zu bedienen und neue Bauteile einzulernen.

Systemkomponenten

Eigene Darstellung



Prozessablauf Anlagenbetrieb

Eigene Darstellung



Grundbild des User-Interface

Eigene Darstellung



Referentin

Prof. Dr. Agathe Koller

Korreferent

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

Themengebiet
Automation & Robotik

Projektpartner
ILT Institute for Lab
Automation and
Mechatronics, OST

Automatische Sensorpositionierung auf dem Messarm

Diplomand



Luka Vucic

Ausgangslage: Das IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung und das ILT Institut für Laborautomation und Mechatronik arbeiten gemeinsam an der Entwicklung einer Messzelle, die eine automatische Dimensionsprüfung von Kunststoffspritzgussteilen durchführt. Hierbei wird das Laser-Lichtschnittverfahren angewendet, welches frisch gespritzte Kunststoffteile berührungslos auf ihre Masshaltigkeit überprüft. Eine Masterarbeit hat die Grundlagen für die Messzelle definiert. Anschließend wurden mehrere Iterationen von Bachelor- und Semesterarbeiten durchgeführt, um die Messzelle weiterzuentwickeln. Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Messzelle auf den nächsten Integrationsstand zu bringen. Dazu soll das Bewegungssystem der Lichtschnittsensoren in einer speicherprogrammierbaren Steuerung umgesetzt werden. Um das Ziel zu erreichen, müssen die beiden Sensoren absolut auf ihrer Linearachse positioniert werden können. Hierfür ist für jeden Sensor ein Schrittmotor mit einer dazugehörigen Linearachse verbaut. Ein weiteres Ziel besteht darin, den Lichtschnittsensor zu kalibrieren, um die absolute Position des Sensors im Raum automatisch bestimmen zu können. Anhand der Informationen des Höhenprofils wird der Lichtschnittsensor kalibriert.

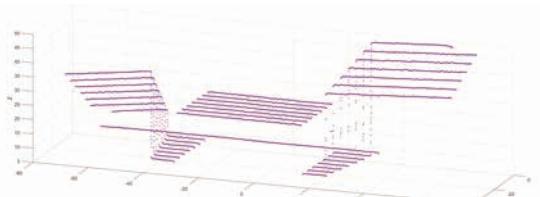
Ergebnis: Die Lichtschnittsensoren wurden auf der Linearachse absolut positioniert. Das System ist jedoch noch nicht einsatzbereit, da noch konstruktive Massnahmen umgesetzt werden müssen. Derzeit werden Singleturn-Encoder verwendet, was die Programmierung und Bedienung erschwert. Es wird empfohlen, auf Multiturn-Encoder umzusteigen. Die Kalibrierungsberechnungen wurden mit der Berechnungssoftware Matlab durchgeführt. Als

Ergebnis ergibt sich, dass bei Annahme des Systems als ideal die absolute Position berechnet werden kann, an der sich der Lichtschnittsensor befinden soll, um genau in der Mitte des Drehtellers zu stehen. Da das System in der Realität nicht ideal ist, muss eine Koordinatenkorrektur durchgeführt werden. Der erste Ansatz hat noch keine grossen Auswirkungen gezeigt und sollte weiterverfolgt werden.

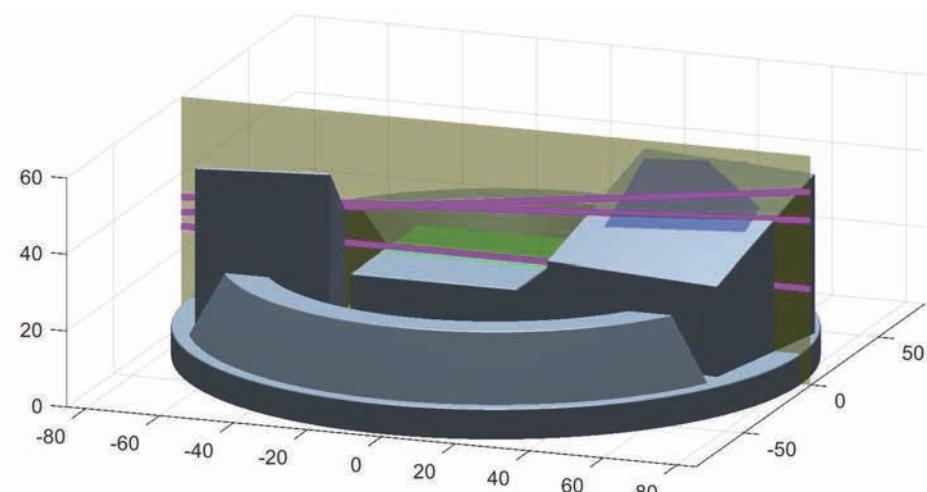
Messarm mit den beiden Lichtschnittsensoren und Linearachsen + Kalibrierkörper auf dem Drehteller
Eigene Darstellung



Darstellung einer Punktewolke aus den Messdaten des Kalibrierkörpers mithilfe des Wenglor-Sensors.
Eigene Darstellung



Visualisierung der gefitteten Ebenen zum Kalibrierkörper und der berechneten Schnittgeraden zur Lichtschnittebene
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šećović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet

Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungs-
technik, Sensorik

Optimierung Rohrbearbeitungsbearbeitungsautomat

Schweissnaht-Erkennung und Rohrorientierung

Diplomand



Lukas Marti

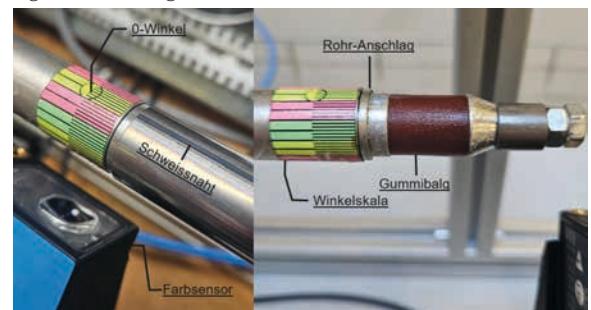
Einleitung: Die Firma marti engineering ag hat im Jahr 2016 eine Maschine für die Möbelindustrie entwickelt, welche 6 Meter lange Rohre ablängt und Schlitze in die Rohre stanzt. Für das Stanzen der Schlitze ist es wichtig, die Position der Schweissnaht am Rohr zu kennen, um die Schlitze genau dort zu stanzen. Bei der ersten Anlage wurde die Schweissnaht mit einem Kontrastsensor mittig am 6 Meter langen Rohr erkannt. Da die Qualitätsanforderungen des Kunden gestiegen sind und es neue Rohrlieferanten mit neuen Rohrtypen gibt, reicht dieses System nicht mehr aus, um die Rohre bei der neuen Anlage, die im Jahr 2026 ausgeliefert werden soll, zuverlässig zu erkennen.

Aufgabenstellung: Im Rahmen dieser Arbeit soll ein neues Schweissnaht-Erkennungs-System entwickelt werden, das in der Lage ist, alle Schweissnähte der verschiedenen Rohrtypen auf einer Länge von 6 Metern zu erkennen. Das System soll sowohl zuverlässiger als auch genauer arbeiten als das bisherige. Neben dieser Erneuerung muss auch ein neuer Rohrgreifer entwickelt werden, der die Rohre automatisch drehen kann. Die Rohrführung muss den geänderten Abläufen angepasst werden.

Ergebnis: Um verschiedene Messsysteme für die Schweissnaht qualitativ miteinander vergleichen zu können, wurde ein Testaufbau erstellt. Am Testaufbau wurde ebenfalls der neue Greifer für die Rohre integriert, welcher die Rohre über einen Gummibalg zerstörungsfrei greifen und um die eigenen Achse rotieren kann. Zudem wurde eine Führungswippe für die Rohre erstellt, welche zwischen axialer und radialer Führung wechselt kann. Preislich wie auch leistungstechnisch hat sich der CSS-Farbsensor der Firma Sick als klarer Favorit unter den verschiedenen Sensorsyste-

men erwiesen. Durch das Platzieren von jeweils einem Farbsensor am Ende des Rohrs kann durch das Rotieren des eingespannten Rohrs um 360° der genaue Verlauf der Schweissnaht am Rohr über das eigens für den Testaufbau entwickelte SPS-Programm berechnet werden. Der Servomotor, der für das Rotieren des Rohrs zuständig ist, erhält nach dem Lokalisieren der Schweissnaht-Position den Winkel-Wert, um die Schweissnaht korrekt auszurichten.

Schweissnaht-Erkennung mit Farbsensor | Balggreifer ohne Rohr
Eigene Darstellung

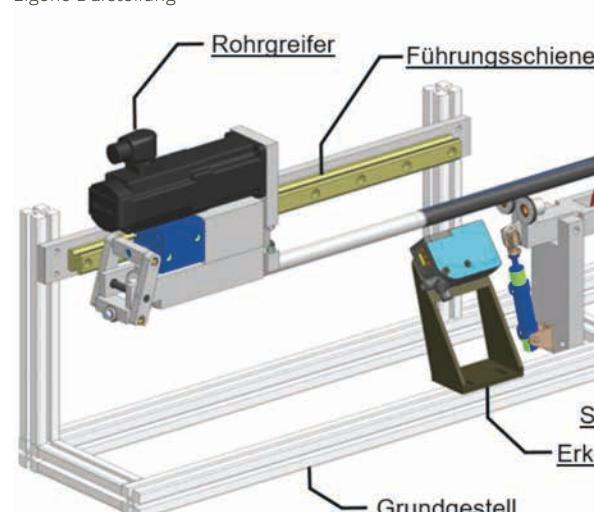


CSS-Sensor bei Schweissnaht-Erkennung mit Führungswippe
Eigene Darstellung



Testaufbau für Schweissnaht-Erkennung

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Stefan Grätzer

Korreferent

Nik Marty, Zaugg
Maschinenbau AG,
Schönenwerd, SO

Themengebiet

Automation & Robotik,
Mechatronik und
Automatisierungs-
technik, Sensorik

Projektpartner

marti engineering ag,

Mitlödi, GL

Automatisierte Volumenkalibrierspritze

Diplomand



Julian Maritz

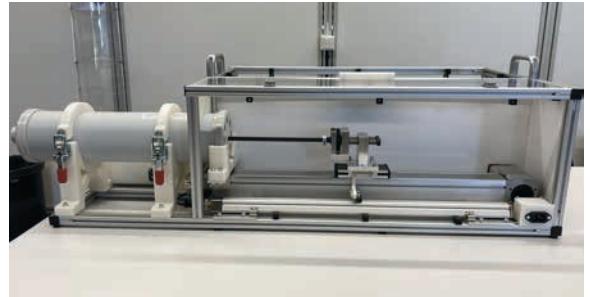
Ausgangslage: Das Unternehmen ndd Medizintechnik entwickelt innovative Geräte zur Lungendiagnostik, welche eigens entwickelte Sensoren zur Messung des Luftstroms nutzen. Im letzten Schritt der Produktion erfolgt ein Qualitätskontrolltest, bei dem ein bekanntes Luftvolumen mit einer Volumenkalibrierspritze bei unterschiedlichen Durchflussgeschwindigkeiten durch den Sensor geleitet wird. Die Ergebnisse müssen innerhalb festgelegter Grenzwerte für Mittelwert und Variabilität der Volumenmesswerte liegen. Für diese Tests wird derzeit die Volumenkalibrierspritze von Hand bewegt, was das Risiko von Bedienungsfehlern birgt und die Vergleichbarkeit der Messergebnisse einschränkt.

Ziel der Arbeit: Das Ziel des Projekts besteht im Bau einer Maschine, welche die Bedienung der Volumenkalibrierspritze «Hans Rudolph Serie 5530» automatisiert. Dadurch sollen die Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit der Qualitätskontrolle verbessert sowie die Effizienz des Prüfstands gesteigert werden.

Ergebnis: Es wurde eine Maschine entwickelt und in Betrieb genommen, die die Bedienung der Volumenkalibrierspritze automatisiert und in den Prüfprozess der Durchflusssensoren integriert werden kann. Die Bewegung des Kolbens der Volumenkalibrierspritze erfolgt dabei über eine elektrisch betriebene Zahnriemenachse. Die Steuerung wurde mit einer SIMATIC S7 SPS in Verbindung mit einem Frequenzumrichter umgesetzt. Über eine Benutzerschnittstelle können die Durchflussgeschwindigkeit, die Anzahl der Hübe und die Wartezeiten zwischen den Hüben eingestellt werden. Zudem können die variierenden Endlagen bei unterschiedlichen Volumenkalibrierspritzen erkannt werden. Ein Federpaket gewährleistet, dass die Endanschläge der Volumenkalibrierspritze zuverlässig erreicht werden. Bei der Konstruktion der Maschine wurde besonderer Wert auf die sichere Bedienung und einen geringen Wartungsaufwand gelegt. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass die Volumenkalibrierspritze einfach ausgetauscht und die Maschine durch eine Person transportiert werden kann.

Automatisierte Volumenkalibrierspritze von hinten (ohne Schutzwand)

Eigene Darstellung



Schaltschrank (ohne Schutzwände)

Eigene Darstellung



Automatisierte Volumenkalibrierspritze

Eigene Darstellung



Referent

Manuel Altmeyer

Korreferent

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

Themengebiet
Automation & Robotik,
Produktentwicklung

Projektpartner
ndd Medizintechnik
AG, Zürich, ZH

Multidirektonaler Fahrantrieb

Mechatronische Produktentwicklung eines multidirektonalen Transportsystems für die Mikrologistik

Diplomand



Samuel Gasser

Ausgangslage: Mobile Robotics-Systeme haben in der Industrie aufgrund der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten einen breiten Anwendungsbereich gefunden. Auch im Bereich der Mikrologistik lässt sich ein Anstieg der Nachfrage nach schnellen und agilen Transportsystemen beobachten.

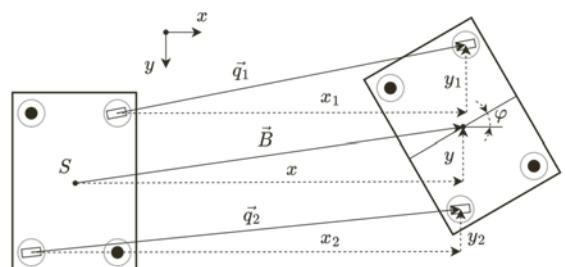
Aufgrund der volatilen Auslastungen und des steigenden Individualisierungsgrads der Endprodukte stossen konventionelle Fördersysteme an ihre Grenzen. Obgleich die am Markt erhältlichen mobilen Robotersysteme die genannten Anforderungen erfüllen können, zeigt sich eine signifikante Diskrepanz zwischen der Miniaturisierung, der Manövriergängigkeit und der Transportleistung der verfügbaren Systeme.

Ziel der Arbeit: Im Rahmen dieser Projektarbeit wird ein multidirektionales Fahrsystem entwickelt, welches den Anforderungen an ein schnelles, agiles und flexibel einsetzbares Produkt gerecht wird. Es wird aufgezeigt, wie ein Fahrwerk in realisierbare Subsysteme unterteilt werden kann und welche Parameter dessen Leistungsfähigkeit begrenzen. Der Fokus dieser Projektarbeit liegt dabei auf der Entwicklung eines modularen Systems, welches unabhängig von einer diskreten Anwendung eingesetzt und erweitert werden kann.

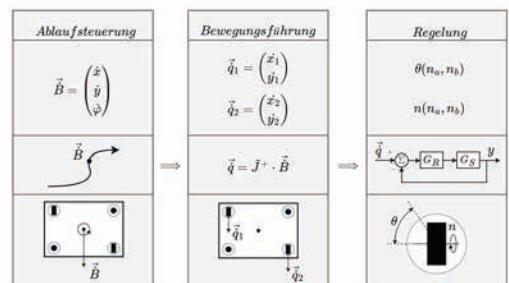
Ergebnis: Das zentrale Ergebnis der Projektarbeit ist die mechatronische Konzeption, Regelung und Fertigung eines autonomen Fahrwerks (66 x 230 x 330 mm). Im Rahmen dieser Projektarbeit wurden die zum Antrieb verwendeten Fahr-Dreh-Module hergestellt und deren Leistungsfähigkeit wurde verifiziert. Die Regelung der Fahreinheiten erweitert die

Freiheitsgrade des Fahrwerks und erlaubt sowohl die translatorische Bewegung des Fahrwerks in die Hauptrichtungen als auch die azimutale Drehung um dessen Hochachse. In Feldversuchen konnte das Fahrwerk (4,5 kg) mit einer Zuladung (2 kg) mit bis zu 2 m² auf eine maximale Geschwindigkeit von 3 m/s beschleunigt werden.

Freiheitsgrade des Fahrwerks in Abhängigkeit der Fahrtrajektorie B (translatorisch und azimutal)
Eigene Darstellung



Konzept der Bewegungssteuerung des Fahrwerks
Eigene Darstellung



Modulares Fahrwerk (links) zum Transport von Bauteilen in der Mikrologistik; Bsp. eines UTZ-Stapelbehälters (rechts)
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

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

Themengebiet

Automation & Robotik,
Produktentwicklung

Potenzialanalyse von High-Speed-Motion-Amplification im Entwicklungsprozess

Diplomand



Raphael Birchler

Einleitung: Die Motion Amplification ist ein Messverfahren, mit dem die Bewegungen von Objekten bestimmt, analysiert und verstärkt dargestellt werden können. Hierzu werden Aufnahmen eines Objekts mit einer Filmkamera erstellt. Dadurch werden Bewegungen von Objekten sichtbar, die mit dem menschlichen Auge nicht erkennbar wären. Weiter lassen sich eine Vielzahl an unterschiedlichen Punkten auswerten, was zu einer hohen räumlichen Informationsdichte führt. Da es sich um ein neues Verfahren handelt, sind noch nicht alle Grenzen bekannt und das Potenzial noch nicht ausgeschöpft. Die Motion Amplification wird noch nicht in allen möglichen Anwendungsfeldern eingesetzt.

In vorhergehenden Arbeiten wurde eine Gleitschleifmaschine (Trowalisiermaschine) entwickelt. Die Gleitschleifmaschine verfügt über mechanische Unstimmigkeiten, die angepasst werden müssen. Die Bewegungsmuster des Bearbeitungsbehälters sind nicht optimal und müssen verändert werden. Die akustischen Emissionen der Gleitschleifmaschine sind hoch.

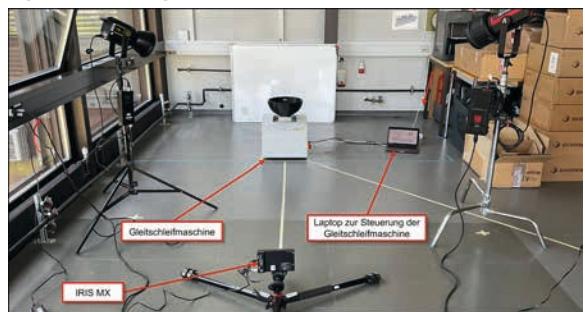
Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist es, die Grenzen der Motion Amplification zu ermitteln. Hierzu sollen fundierte Überlegungen und Untersuchungen durchgeführt werden. Primär soll eine Gleitschleifmaschine mit der Motion Amplification untersucht werden. Aus den Untersuchungen werden Problemstellen abgeleitet und anschliessend konstruktiv optimiert. Die Optimierungen an der Gleitschleifmaschine sollen mittels der Motion Amplification verifiziert werden. Zusätzlich sollen weitere Use Cases für Motion Amplification gefunden und evaluiert werden.

Ergebnis: Durch die Motion Amplification konnten Eigenschwingformen bis 212 Hz erkannt werden. Hierzu wurden unterschiedliche Objekte untersucht. Die Verschiebungen der Objekte konnten bei Frequenzen ab 3000 Hz nicht mehr bestimmt werden. Dies konnte auf die Messauflösung zurückgeführt werden, welche eine der relevantesten Grenzen der Motion Amplification darstellt. Der Abstand zum Objekt und die Brennweite beeinflussen die Auflösung. In weiteren Untersuchungen konnten teilweise Korrelationen zwischen den Bewegungen eines Objekts und dessen Akustik hergestellt werden.

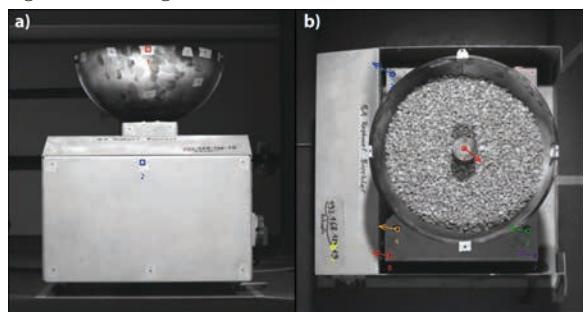
Mithilfe der Motion Amplification konnten verschiedene Problemstellen und die initialen Bewegungsmuster der Gleitschleifmaschine bestimmt werden. Um die Gleitschleifmaschine zu optimieren, wurden verschiedene Konzepte erarbeitet und eines ausgewählt. Dieses sieht unter anderem Federpaare an den Abstützpunkten vor. Die passende Federpaarung wurde mithilfe der Motion Amplification bestimmt.

Durch das Konzept konnten die Bewegungsmuster optimiert und Problemstellen reduziert werden. Weiter wurden Anwendungsgebiete und das Potenzial der Motion Amplification untersucht. Dabei wurden die Propellerhalter einer Drohne und die Austrittsgeschwindigkeit eines Nagels eines Akkusetzgeräts untersucht. Hierzu wurden Aufnahmen mit Abtastfrequenzen bis 16 kHz gemacht. Das Potenzial der Motion Amplification ist gross, jedoch muss die Motion Amplification mehr Bekanntheit in der Industrie gewinnen, um häufiger eingesetzt zu werden und ihr volles Potenzial auszuschöpfen.

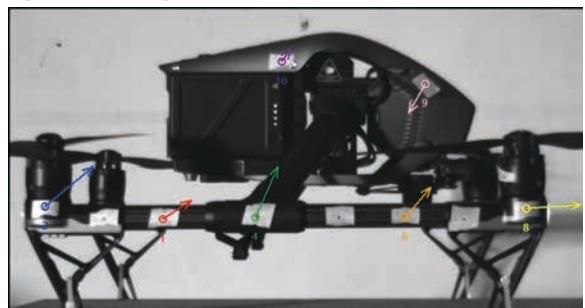
Messaufbau für die Aufnahmen der Gleitschleifmaschine
Eigene Darstellung



Motion-Amplification-Aufnahmen ohne Bewegungsverstärkung mit verschiedenen Auswertungspunkten: a) frontal, b) von oben
Eigene Darstellung



Ausschnitt aus der Untersuchung der Propellerhalterung einer Drohne mit verschiedenen Auswertungspunkten
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent
Robert Spasov, Graf + Cie AG, Rapperswil SG, SG

Themengebiet
Betriebsführung & Instandhaltung,
Maschinenbau-Informatik, Sensorik

Integration und Test eines Metallpulveraufbereitungssystems

Zur Herstellung einer Gradient-Schichtstruktur beim High Speed LMD (HS-LMD)

Diplomand



Andreas Hartmann

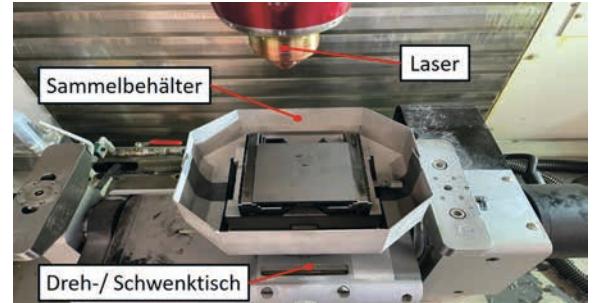
Ausgangslage: Der Prozess der High-Speed Laser Metal Deposition (HS-LMD) stellt eine bedeutende Weiterentwicklung im Bereich der additiven Fertigung dar. Diese Technik ermöglicht die präzise Herstellung und Reparatur komplexer metallischer Strukturen durch schichtweises Auftragen von Metallpulver mittels eines Laserstrahls. Der HS-LMD-Prozess bietet im Vergleich zu herkömmlichen Methoden wie dem Fräsen zahlreiche Vorteile, darunter eine höhere Materialeffizienz und die Fähigkeit komplexe Geometrien ohne zusätzliche Werkzeuge zu fertigen. Ein wesentliches Problem beim Einsatz des HS-LMD-Prozesses ist der Verbleib von überschüssigem Metallpulver in der Hybridmaschine der OST. Dieses unverwendete Pulver führt zu weiteren Betriebskosten und kann die Effizienz des Prozesses erheblich beeinträchtigen. Zudem kommt es durch die Kombination verschiedener Fertigungsverfahren auf derselben Maschine zur Kontaminierung des Pulvers. Ein weiteres Hindernis ist die fehlende Kenntnis der optimalen Prozessparameter für den HS-LMD-Prozess und eines geeigneten Mischverhältnisses zwischen den Materialien Inconel 625 und Stahl 316L. Die Untersuchung von Multimaterialstrukturen sowie die Entwicklung eines effektiven Pulverrückgewinnungssystems sind daher entscheidend, um die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des HS-LMD-Prozesses zu verbessern.

Vorgehen: Ziel dieser Arbeit ist es, eine Parameterstudie und Multimaterialstrukturen des HS-LMD-Prozesses durchzuführen. Des Weiteren soll ein Sammelsystem zur Rückgewinnung des Metallpulvers entwickelt werden. Die Arbeit umfasst eine umfangreiche Parameterstudie, bei der die besten Werte mittels Härte- und Gefügeanalyse bestimmt werden. Das optimale Mischverhältnis von Stahl 316L und Inconel 625 wird ebenfalls auf die Härte und das Gefüge analysiert, um eine optimale Balance zwischen Porosität und Härte zu finden. Ein effizientes Sammelsystem wird entwickelt und in die Hybridmaschine integriert, um überschüssiges Metallpulver während des Prozesses aufzusammeln. Abschliessend wird geprüft, wie viel Material wiederverwendet werden kann. Zusätzlich werden die Auswirkungen der Kontamination durch Schleifpartikel untersucht und Massnahmen zur Verhinderung solcher Kontaminationen getroffen.

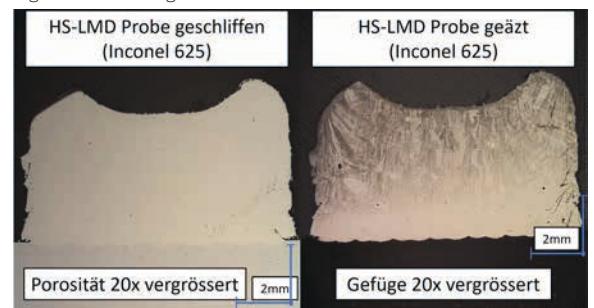
Ergebnis: Die Ergebnisse zeigen, dass der Sammelbehälter über 57% des verwendeten Pulvers wieder aufsammelt. Die Untersuchung der HS-LMD-Parameter ergibt, dass Proben mit 50% Überlappung und ohne Abheben des Lasers zwischen den Layern eine geringere Porosität und eine homogenere Mikrostruktur aufweisen. Die gewählten Schweißparama-

ter, darunter eine Vorschubgeschwindigkeit von 10 m/min, ermöglichen eine schnelle Verarbeitung mit den höchsten Härtewerten und dem feinsten Gefüge. Die Untersuchungen des Mischverhältnisses von Stahl 316L und Inconel 625 zeigen, dass 25% Stahl 316L und 75% Inconel 625 für den HS-LMD-Prozess die optimale Balance zwischen geringster Porosität und höchster Härte bieten. Des Weiteren kann durch die Entwicklung und Integration eines effizienten Sammelsystems eine signifikante Reduktion der Pulververluste erzielt werden, was zur Kostensenkung und Erhöhung der Prozessstabilität beiträgt. Diese Erkenntnisse tragen massgeblich zur Optimierung des HS-LMD-Prozesses bei und bieten wertvolle Einblicke für zukünftige Anwendungen und Forschungen im Bereich der additiven Fertigung.

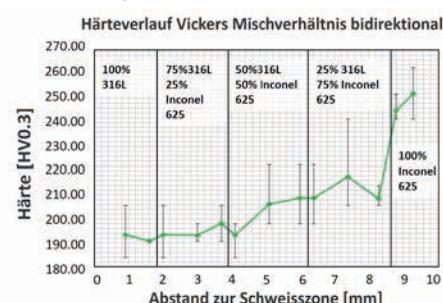
Hybridmaschine mit montiertem Sammelbehälter
Eigene Darstellung



Geschliffene und geätzte HS-LMD-Probe (20x vergrössert)
Eigene Darstellung



Vickers-Härteverlauf, Mischverhältnisversuch von Stahl 316L und Inconel 625
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mohammad Rabiey

Korreferent
Stefano Capparelli,
Accelleron Industries
(ABB Turbocharging),
Baden, AG

Themengebiet
Fertigungstechnik

Kinematikstudie

Kinematikstudie für HS-LMD-Prozess auf Rohrteilen

Diplomand



Julian Lübbig

Ausgangslage: In der Industrie wird Cladding verwendet, um Werkstücke mit einer zusätzlichen Metallschicht zu überziehen. Dies bietet Vorteile wie verbesserte Materialeigenschaften an den Oberflächen und Kosteneinsparungen bei teuren Werkstoffen. Das Cladding wird unter anderem mit dem CMT-Verfahren (Cold Metal Transfer) durchgeführt, einer abgewandelten Form des MIG-Schweissens.

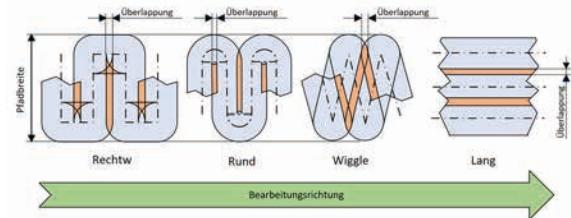
Im Vergleich dazu gibt es das LMD- bzw. HS-LMD-Verfahren (High-Speed Metal Deposition), das hauptsächlich für die additive Fertigung eingesetzt wird. Das LMD-Verfahren bietet Vorteile hinsichtlich der Flexibilität bei Materialkombinationen, was es als möglichen Ersatz für das CMT-Verfahren interessant macht. Beim HS-LMD-Verfahren wird Metallpulver mittels Schutzgas durch eine Düse in einen Brennpunkt geleitet, der ebenfalls durch die Düse erreicht wird. Der Laser schmilzt das Pulver und das geschmolzene Material landet auf dem Bauteil als Schweißschicht. Das IWK besitzt eine HS-LMD-Maschine mit einem theoretischen 5-Achsen-System, jedoch sind Kinematiken mit mehreren Achsen noch unerprobt. In dieser Arbeit werden mit der vorhandenen HS-LMD-Ausrüstung mehrere Versuche zum Beschichten durchgeführt, bevor ein komplexes Demonstratorbauteil beschichtet wird.

Ziel der Arbeit: Das Ziel der Arbeit ist es, ein komplexes Demonstratorbauteil mit dem HS-LMD-Verfahren zu beschichten und ähnliche bzw. gleichwertige Ergebnisse wie bei einem herkömmlichen Cladding-Verfahren zu erreichen.

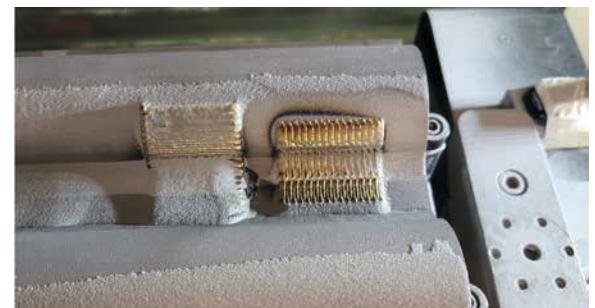
Ergebnis: In dieser Arbeit wurden mehrere verschiedene Versuche durchgeführt, die unterschiedliche Ergebnisse erzielt haben. Die Untersuchungen der Fertigungsparameter haben gezeigt, dass die Wahl der Parameter einen grossen Einfluss auf die Qualität der Schweißnaht sowie auch auf die Wirtschaftlichkeit hat. Werden die Kosten auf das Volumen normiert, werden die Auswirkungen der Pulvereffizienz merkbar und es können dadurch wirtschaftliche Entscheidungen getroffen werden. Bei der Überprüfung der Pulvereffizienz wurde untersucht, ob die Berechnungen der Fertigungsparameter stimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass es zwar Abweichungen von etwa 5% gibt, diese jedoch in einem vertretbaren Rahmen liegen. Die Pfadversuche zeigten anfangs eine Schichtdicke von nahezu 2 mm, jedoch hatten alle Pfade mit angepassten Fertigungsparametern Probleme mit der Adhäsion und wiesen häufig Lunker und poröse Stellen auf. Die Wirtschaftlichkeit der Pfade begünstigte die Pfadart Lang, da dieser Pfad keine Oszillation macht und somit einen kürzeren Weg mit konstanter Geschwindigkeit für die glei-

che Oberfläche benötigt. Besonders der Pfad Wiggle erwies sich wirtschaftlich als nachteilig, da die abrupten Richtungswechsel die schwere Maschine stark abbremsen. Die Ergebnisse der Beschichtung des Demonstratorbauteils mit den Pfaden Lang und Rund waren unterschiedlich. Der Pfad Lang konnte keine gute Adhäsion mit dem Substrat erreichen und löste sich aufgrund der Wärmespannung in einigen Bereichen vom Substrat. Allerdings zeigte sich dieser Pfad relativ robust gegen das Schwenken der Düse zur Oberfläche, wobei der erkannte Effekt nur eine geringe Abnahme der Schichtdicke war. Der Pfad Rund hingegen zeigte eine gute Adhäsion auf dem Demonstratorbauteil, was auf die Vorbereitung des Bauteils zurückgeführt wird. Jedoch führte das Schwenken der Düse zu grossen Schichtdickenabweichungen, mehr als beim Pfad Lang.

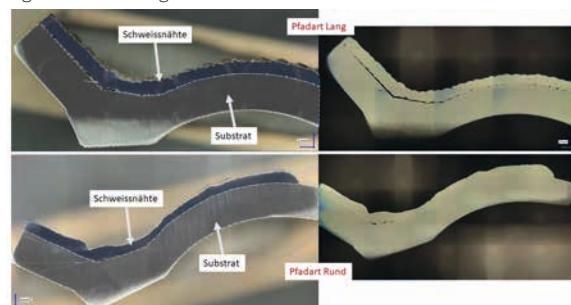
Getestete Pfadarten (Rechtw, Rund und Wiggle sind oszillierende Pfadarten wie beim CMT-Verfahren)
Eigene Darstellung



Beschichtetes Demonstratorbauteil mit der Pfadart Lang (links) und der Pfadart Rund (rechts)
Eigene Darstellung



Polierte Querschnittsfläche des beschichteten Demonstratorbauteils der Pfadarten Lang und Rund
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mohammad Rabey

Korreferent
Dr. Fredy Kuster,
Neuhaus SG, SG

Themengebiet
Fertigungstechnik

Inverterkühler Formula Student

Diplomand



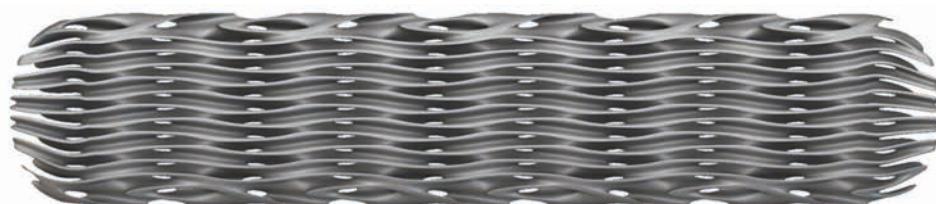
Jonas Scholz

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Wärmetauschers für den Inverter des Fahrzeugs des Formula-Student-Teams der Ostschweizer Fachhochschule. Mit innovativen Methoden und kreativem Denken soll ein Wärmetauscher entwickelt werden, der trotz kleinem Bauraum die Abwärme im hochbelasteten Rennbetrieb abführen kann.

Vorgehen/Technologien: Additive Fertigung verschiebt die Grenzen des Machbaren. Fertigungsprobleme werden vom Dreidimensionalen ins Zweidimensionale überführt. Dadurch ergeben sich neue Designrichtlinien, die ausgereizt werden können. Um die neuen Möglichkeiten auszureißen, wurde nTop verwendet. Alle Geometrien werden durch eine implizite Gleichung als Distanzfeld beschrieben. Distanzfelder können durch das Verrechnen mit anderen Feldern manipuliert werden. Dies eröffnet die Möglichkeit des feldgetriebenen Ansatzes. Im Wärmetauscher wurde aus Gyroidzellen eine Basisstruktur erzeugt, die strömungsoptimiert werden soll. Der Gyroid hat eine sich im Raum periodisch wiederholende Oberfläche. Um den Kühlfluss zu optimieren, wurden CAD-Flächen konstruiert, aus denen Fehler zur Manipulation der Gyroid-Struktur extrahiert werden können. Zusätzlich wurde die Wandstärke des Gyroids mit exportierten Temperatur-Skalarfeldern aus CFD-Simulationen so manipuliert, dass der Gyroid an heißen Stellen dicker ist und an kühleren Stellen dünner.

Ergebnis: Durch das Ausreizen der konstruktiven Möglichkeiten, welche durch die additive Fertigung möglich wurden, konnte die aktive Wärmetauscheroberfläche im Vergleich zu einem einfach mit Kühl-

Der Wärmetauscher weist eine bis zu 1 mm dünne Innenstruktur auf.
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

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

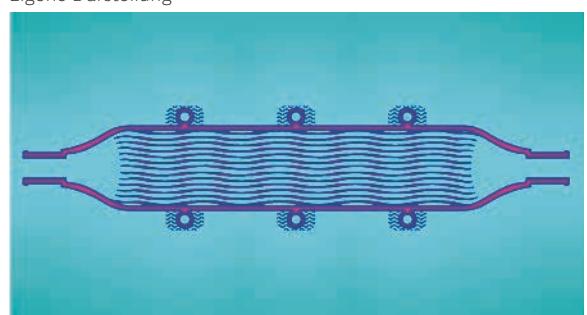
Themengebiet

Fertigungstechnik,
Produktentwicklung,
Simulationstechnik

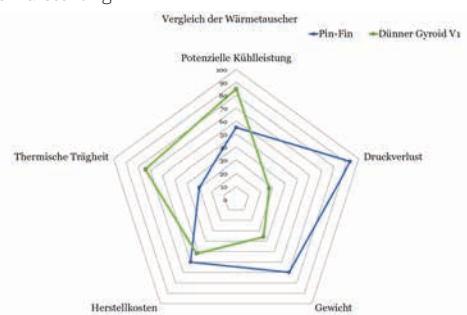
wasser durchströmten Wärmetauscher um 250% erhöht werden. In den Simulationen konnten die Temperaturen des Wärmetauschers im Vergleich zu einem konventionell gefertigten Wärmetauscher ohne Innenstruktur um bis zu 11 K gesenkt werden. Die verbesserte Wärmeabführung ermöglicht es, den Inverter im Rennbetrieb stärker und länger zu beladen, ohne dass eine Leistungsdroßelung nötig wird.

Dargestellt ist die implizite Gleichung des Wärmetauschers als Feld.

Eigene Darstellung



Der Plot zeigt den Vergleich des entwickelten Wärmetauschers, mit einem Pin-Fin-Wärmetauscher. 100 markiert den Bestwert.
Eigene Darstellung



Automatisierte Zuführung von leeren Spulhülsen für Nähgarn-Spulmaschinen

Diplomand



Nico Regling

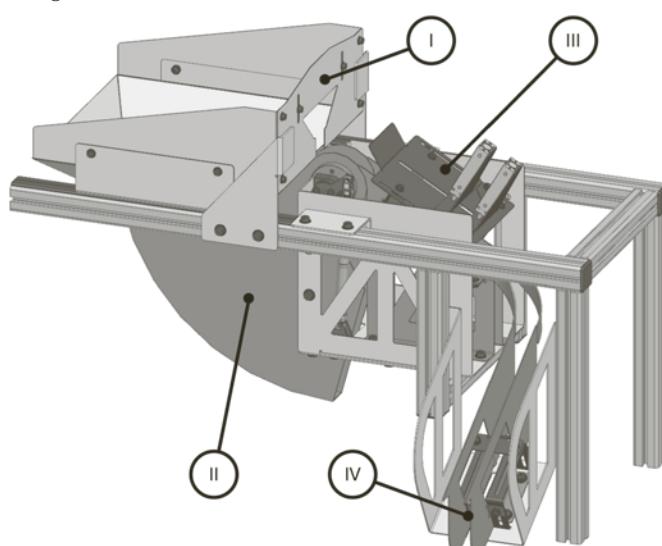
Problemstellung: Die SSM produziert Maschinen zum Aufwickeln von Nähgarn, die mit Magazinen für leere Hülsen ausgestattet sind.

Diese Maschinen greifen automatisch auf die Hülsen zu und ermöglichen einen kontinuierlichen Betrieb. Derzeit erfolgt das Nachfüllen der Magazine manuell per Hand, was erheblichen Zeitaufwand und die volle Aufmerksamkeit des Fachpersonals erfordert. Verzögerungen im Nachfüllprozess können zu Maschinenstillständen führen.

Ziel der Arbeit: Ziel dieser Arbeit war es, die Gesamtanlageneffektivität (OEE) zu erhöhen und die Anlagenautonomie zu verlängern. Der Schwerpunkt lag dabei auf dem vollautomatischen Nachfüllen von Leerhülsen für den Umspulprozess. Die Lösung sollte möglichst kostengünstig, flexibel und leistungsfähig sein.

Ergebnis: Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein Konzept, das sich durch dezentrale Lagervolumina und eine individuelle Ausrichtung der Leerspulen auszeichnet. Diese Lösung bietet ein außerordentliches Potenzial zur Optimierung der einzelnen Produktionsprozesse und zur Reduzierung des manuellen Handlings. Jedes Magazin ist mit einer separaten Ausrichtvorrichtung ausgestattet, die die leeren Hülsen über eine Klingenkonstruktion und eine separate Sammelvorrichtung ausrichtet und in das Magazin einlegt. Die Ausrichtvorrichtungen sind für alle Hülsengrößen ausgelegt. Die Anlage besteht aus Blechteilen und Aluminiumprofilen und ist modular aufgebaut, was eine einfache Wartung und Anpassungsfähigkeit gewährleistet.

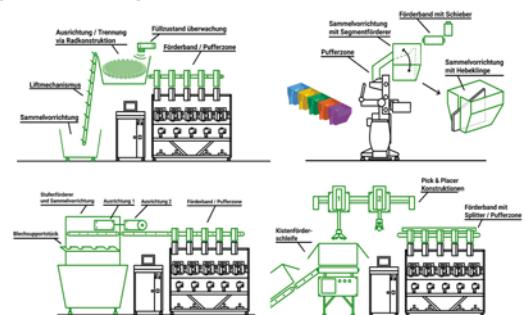
Sammelvorrichtung mit Klingenkonstruktion und Zuführbahn
Eigene Darstellung



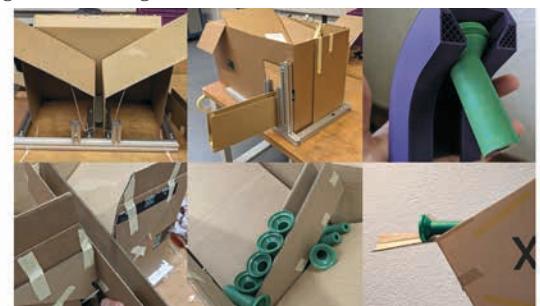
Legende:

- I: Sammelvorrichtung
- II: Klingenkonstruktion
- III: Pufferstrecke
- IV: Kippstrecke

Struktur und Varianten der Gesamtkonzepte Eigene Darstellung



Design Thinking: Fast Prototyping Eigene Darstellung



Referent
Prof. Stefan Grätzer

Korreferent
Nik Marty, Zaugg
Maschinenbau AG,
Schönenwerd, SO

Themengebiet
Konstruktion und
Systemtechnik,
Automation & Robotik

Projektpartner
SSM Schärer Schweiter
Mettler AG, Wädenswil,
ZH

Sensorik für die Messung der Druckwelle in der Lawinenforschung

Diplmandin



Naomi Büchler

Einleitung: Das Zentrum dieser Arbeit ist folgende Fragestellung: Welche Wirkung übt die Druckwelle in den verschiedenen Schneeschichten aus? Besonders relevant ist die Schwachscheschicht (ca. 10 cm bis 30 cm eingeschneit), deren Kollaps meist ein Schneebrett auslöst. Die Charakterisierung von Lawinensprengungen und deren Reichweite kann durch die Beantwortung dieser Frage verbessert werden, um zukünftig die Auswirkung einer Sprengung vor dem Auslösen antizipieren zu können und somit mehr Kontrolle im Vorgang zu bieten. Diese Frage soll durch die Entwicklung eines Prototyps beantwortet werden, der es ermöglicht, die Druckwelle und/oder deren Wirkung innerhalb der Schneemasse zu messen. Dieser Prototyp soll im Herbst 2024 in einer Schneeschicht platziert werden, um für den kommenden Winter Kennwerte zu liefern.

Ergebnis: Ein Urinbeutel, der in der Medizin verwendet wird, wird mit Stickstoff befüllt, sodass im Inneren ein messbarer Druckunterschied entsteht, wenn eine äussere Belastung – die Druckwelle – vorliegt. Dieser Aufbau kann den gesamten erwarteten Druckbereich der Druckwelle abdecken und resultiert in einem Druckunterschied im Beutel von 0 bar bis 0,55 bar. Die aufgenommene maximale Arbeit beträgt hierbei 0,104 J. Des Weiteren können Erkenntnisse bezüglich der Wechselwirkung von Feuchtigkeit und der Lagerung des Beutels mittels Ersatzmodellen gesammelt werden. Durch die Versuche im Schnee kann ausserdem eine Druckabnahme im Beutel von 0,002 bar alle 10 cm Eingrabungstiefe sowie eine Verdichtung des Schnees nach dem ersten Hammerschlag erkannt werden (siehe Diagramm).

Fazit: Für die Druckmessung im Beutel werden Gauge-Drucksensoren empfohlen, welche Überdruck messen. Der Druckbereich von 0 bar bis 0,6 bar soll von zwei Sensoren abgedeckt werden. Es wird die Speicherung von drei signifikanten Punkten empfohlen, um enorme Datenmengen vermeiden zu können. Durch die Erkenntnisse der Versuche dieser Arbeit wird ein Messaufbau für die Messungen im kommenden Winter empfohlen, wobei der Beutel auf die Schneoberfläche abgelegt und im Anschluss eingeschneit wird.

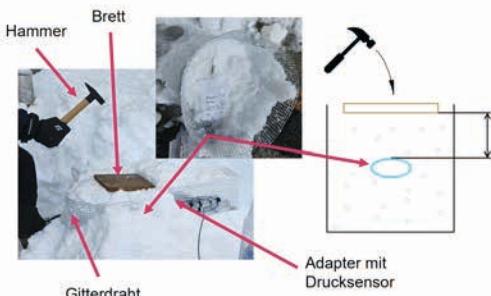
Urinbeutel

www.mcdrogerie.ch



Versuchsaufbau Hammerschlag

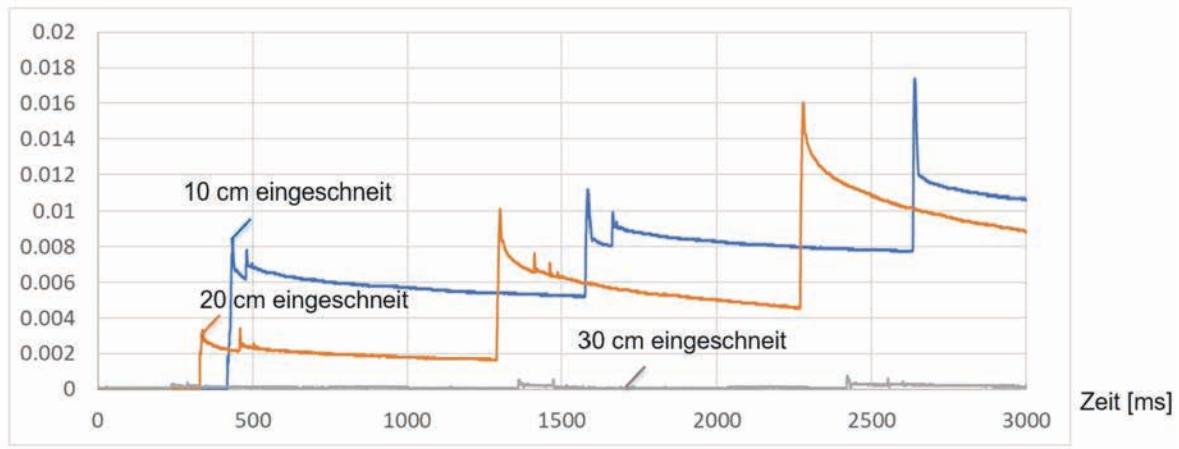
Eigene Darstellung



Drei Hammerschläge aus dem Handgelenk auf Brett (0,245 m x 0,22 m), Beutel schwimmend vergraben gemäss Versuchsaufbau
Eigene Darstellung

Druck [bar]

Drei Hammerschläge



Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Konstruktion und
Systemtechnik,
Produktentwicklung,
Sensorik

Analyse des Energieverbrauchs beim Spritzgiessen

Diplomand



Andreas Hindermann

Problemstellung: Das Thema der Energieeffizienz wird in den Spritzgussproduktionen immer wichtiger. Mit dem immer grösser werdenden Problem der Energiekrise und dem steigende Druck seitens der Gesellschaft und Politik zu einem schonenden Umgang mit Ressourcen wird die kunststoffverarbeitende Industrie vor neue Herausforderungen gestellt. Momentan fehlt es in der Industrie an Transparenz bezüglich des Gesamtenergiebedarfs bei der Herstellung der Produkte. Dadurch wird es für die Spritzgiessverarbeiter unmöglich, die Hauptverbraucher im Prozess zu identifizieren und zu optimieren.

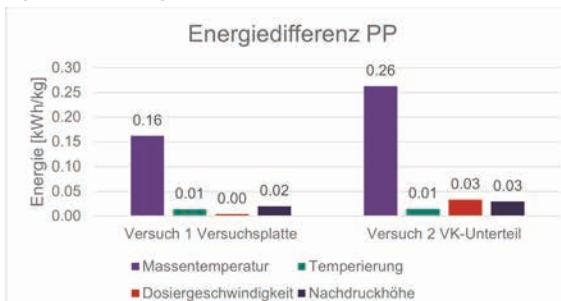
Vorgehen: Die Arbeit wurde in eine experimentelle Untersuchung und eine rechnerische Abschätzung des Energieverbrauchs beim Spritzgiessen unterteilt. In der experimentellen Untersuchung wurden zwei Kunststoffe, Polypropylen und Polyamid, mit zwei unterschiedlichen Werkzeugen auf ihren Energieverbrauch untersucht. Mittels DoE wurde der Energieverbrauch über vier Parameter mit drei Faktoren untersucht, um die Einflüsse der Parameter zu bestimmen. Mittels einer Literaturrecherche wurden Ansätze definiert, um den Energieverbrauch rechnerisch abzuschätzen. Diese Abschätzung wurde anschliessend mit den Versuchsergebnissen verglichen, um diese zu validieren.

Ergebnis: Die grössten Auswirkungen auf den Energieverbrauch des Spritzgiessprozesses hat die Massentemperatur. Die übrigen Parameter weisen signifikant kleinere Auswirkungen auf, die um den Faktor drei bis acht kleiner sind als bei der Massentemperatur. Bei Polypropylen konnte in den ersten Versuchen eine Einsparung von 0,16 kWh/kg und in den zweiten Versuchen von 0,26 kWh/kg, bei einer Verringerung

der Massentemperatur von 40 °C, erreicht werden. Das Polyamid erreichte Einsparungen von 0,09 kWh/kg und 0,15 kWh/kg mit der Verringerung der Massentemperatur um 30 °C. Die Gesamtabschätzungen des Energieverbrauchs erreichen plausible Werte mit Differenzen zwischen -11% und 8% zum gemessenen Energieverbrauch. Somit ist es mit einfachen Berechnungsformeln möglich, den Energieverbrauch im Spritzgiessprozess mit akzeptierbaren Abweichungen abzuschätzen.

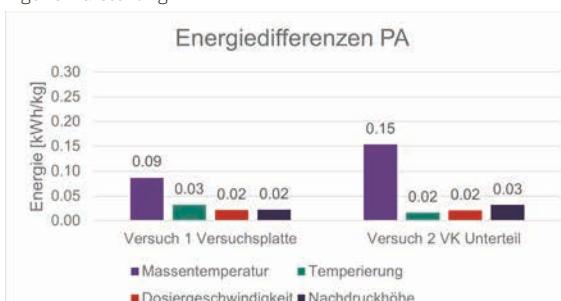
Experimentell erreichbare Energieeinsparungen bei Polypropylen

Eigene Darstellung



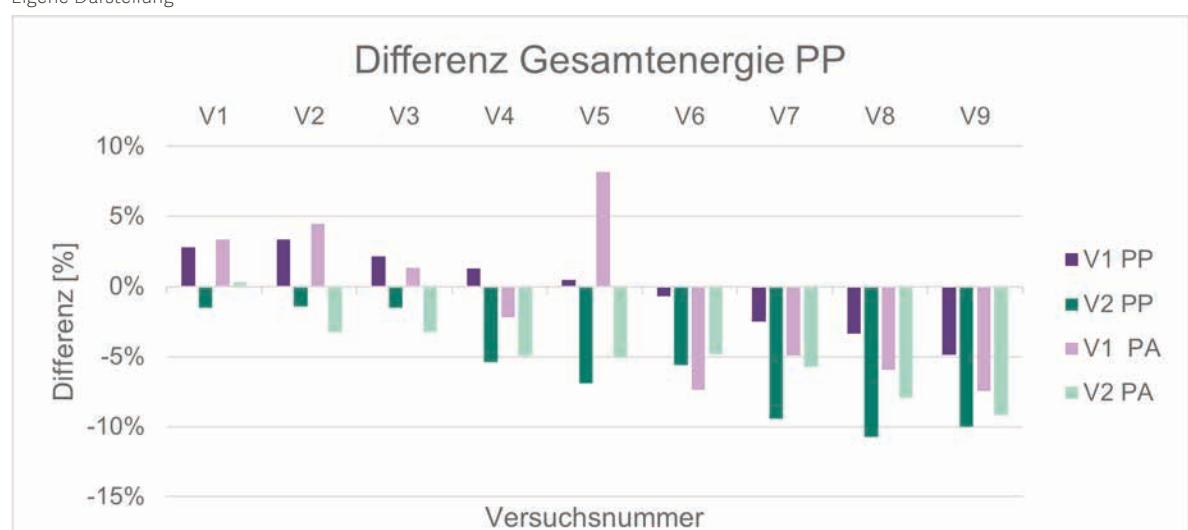
Experimentell erreichbare Energieeinsparungen bei Polyamid

Eigene Darstellung



Differenzen zwischen der rechnerischen Abschätzung und den realen Messungen der Gesamtenergie

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Frank Ehrig

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

Themengebiet
Kunststofftechnik

Herstellung einer Composite Bike-Kurbel im Spritzgiessverfahren

Diplomand

Jan Stocklin

Ausgangslage: In dieser Bachelorarbeit wird die Herstellung einer Composite-Fahrradkurbel im Spritzgiessverfahren in Kombination mit dem Tailored Fiber Placement untersucht. Die Tailored Fiber Placements (TFP) zeichnen sich dadurch aus, dass die Faserorientierung auf den Kräfteverlauf ausgelegt werden kann. Sie müssen zuerst konsolidiert, d. h. unter Druck und Temperatur verdichtet werden. Interessant für die Produktion wäre ein direktes Konsolidieren durch Hinterspritzen. Die Herausforderung besteht darin, optimale mechanische Eigenschaften mit einem effizienten Herstellungsprozess zu vereinen.

Ziel der Arbeit: Ziel der Arbeit ist es, ein bestehendes Kurbel-Design zu analysieren und zu optimieren, so dass dieses im Spritzgiessverfahren mit eingelegtem Tailored Fiber Placement produziert und wenn möglich direkt im Spritzvorgang konsolidiert werden kann.

Ergebnis: Im praktischen Teil werden verschiedene Konsolidierungsvorgänge der TFP getestet, um die besten Parameter für das weitere Vorgehen zu ermitteln. In einem weiteren Schritt werden konsolidierte und unkonsolidierte TFP hintspritzt, um Proben für den Biegeversuch zu erhalten. Dabei zeigte sich, dass unkonsolidierte TFP durch das Hinterspritzen in einem Spritzgiesswerkzeug nicht konsolidiert werden. Die mechanischen Eigenschaften der mit konsolidierten TFP hintspritzten Teile werden mittels 3-Punkt-Biegeversuch nach ISO 14125:1998 überprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass konsolidierte TFP die Eigenschaften der Probekörper deutlich steigern und hohe Werkzeugtemperaturen beim Hinterspritzen massgebend sind. Außerdem zeigte sich, dass die Kompatibilität der verwendeten Materialien ausschlaggebend ist.

Die Erkenntnisse aus den Versuchen sind in die Bauteilentwicklung und in die Konstruktion des Werkzeugs eingeflossen und haben neben Simulationen des Füllvorgangs und der Lastfälle zur Optimierung beigetragen.

Abschliessend werden Empfehlungen zur weiteren Optimierung des Spritzgusswerkzeuges abgegeben, um die Qualität und die Eigenschaften der Composite-Kurbeln weiter zu verbessern. Die Arbeit zeigt auf, dass durch den Einsatz von optimierten, modernen Technologien die Herstellung einer hochwertigen Composite-Bike-Kurbel mit hintspritztem Tailored Fiber Placement möglich, dass jedoch das Konsolidieren eines TFPs durch das Hinterspritzen in einem Spritzgiesswerkzeug nicht möglich ist.

Referent
Prof. Dr. Frank Ehrig

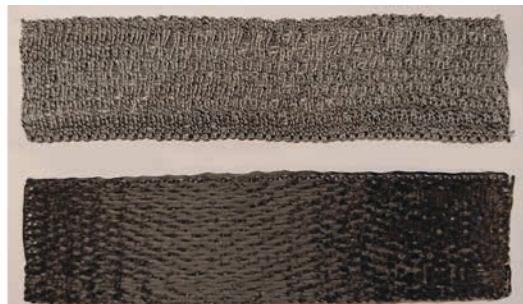
Korreferent
Christian Kruse, EMS-CHEMIE AG, Domat/Ems, GR

Themengebiet
Kunststofftechnik

Composite-Bike-Kurbel, Ansicht von vorne und hinten
Eigene Darstellung



TFP vor dem Konsolidieren (oben) und konsolidiert (unten)
Eigene Darstellung



Geöffnete Darstellung des fertigen Spritzgiesswerkzeuges
Eigene Darstellung



Herstellung und Charakterisierung von SLS-Pulvern am IWK

Aufbau und Optimierung einer Prozesskette: Pulverausfällung mit einem PA12-Ethanol-System

Diplomand



Lucas Marugg

Ziel der Arbeit: Das selektive Lasersintern (SLS) ist ein zentrales, industrielles Herstellungsverfahren im Bereich des 3D-Drucks. Die Materialauswahl ist beschränkt, weshalb das Interesse an neuen Materialien gross ist. Ziel dieser Arbeit ist der Aufbau einer Prozesskette zur Herstellung neuartiger Pulverwerkstoffe im Labormassstab. Durch den Prozess der Pulverausfällung über die nachfolgende Analyse und Charakterisierung bis hin zur Evaluierung auf einem SLS-Forschungsdrucker soll der gesamte Herstellungsprozess aufgebaut und optimiert werden. Die Inbetriebnahme erfolgt anhand der Herstellung von PA12-Pulver, wobei durch Charakterisierung des Pulvers (Korngrösse, Kornform, Fließeigenschaften usw.) die Prozessparameter stetig optimiert werden.

Vorgehen/Technologien: Der Prozess der Pulverherstellung und Optimierung wird durch fünf grundlegende Schritte definiert:

- Schritt 1: Auswahl Kunststoff
- Schritt 2: Lösemittelscreening
- Schritt 3: Trübungspunktversuche
- Schritt 4: Fällung im Reaktor / Nachbehandlung
- Schritt 5: Charakterisierung des Pulvers

Im Umfang dieser Arbeit wurden die Schritte 4–5 genauer untersucht. Die Pulvercharakteristik wird vor allem durch die Prozessparameter während der Pulverausfällung im Druckreaktor beeinflusst. Zu diesem Zweck werden die Parameter Polymerkonzentration, Rührgeschwindigkeit und Temperaturprofil genauer untersucht. Durch Anpassung dieser Parameter und anschliessende Analysen des Pulvers wird der Einfluss der Parameter auf die Pulvereigenschaften ermittelt. Dieser iterative Prozess ermöglicht die Optimierung des Pulvers. Werden die geforderten Pulvereigenschaften erreicht, kann das Pulver auf dem SLS-Drucker verarbeitet werden.

Ergebnis: Durch verschiedene Analysen, wie Messung der Korngrößenverteilung, REM-Aufnahmen, DSC sowie Schütt- und Stampfdichte, können direkt Rückschlüsse auf die Prozessparameter der Fällung gezogen werden. Als Referenzpulver und zum Vergleich wird das PA2200 (EOS) verwendet. Durch stetige Anpassung der Abkühlkurve und durch Verwendung isothermer Halteschritte ist ein Pulver hergestellt worden, das eine ähnliche Korngrößenverteilung aufweist wie das Referenzpulver (Abb. 1). Auch die REM-Aufnahmen zeigen eine deutliche Verbesserung der Kornform und der Oberflächenbeschaffenheit (Abb. 2), was die Fließeigenschaften massgebend beeinflusst. In Abb. 1 ist der positive Einfluss von isothermen Halteschritten auf die Pulvergrösse deutlich erkennbar. Durch Optimierung der

Halteschritte konnte die Verteilungsbreite um 26,5% reduziert werden, wodurch die Pulvereigenschaften verbessert werden konnten. Mit dem Pulver V6 konnten ebenfalls erfolgreich SLS-Druckversuche durchgeführt werden (Abb. 3). Durch weitere Optimierung des Prozesses, aber auch durch Verwendung von Additiven und Nanopartikeln könnte die Pulverqualität weiter gesteigert werden. Zudem könnten weitere Pulver aus anderen Kunststoffen oder sogar Copolymeren hergestellt werden, die auf spezifische Anforderungen des Marktes ausgelegt sind.

Abb. 1: Analyse des hergestellten Pulvers anhand der Korngrößenverteilung
Eigene Darstellung

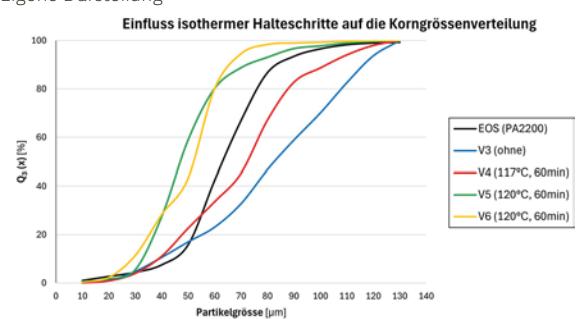


Abb. 2: Analyse der Kornform und der Oberflächenstruktur mittels REM-Aufnahmen
Eigene Darstellung

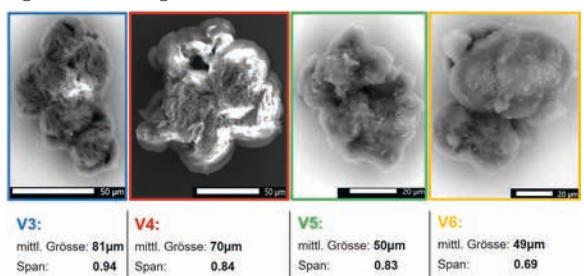
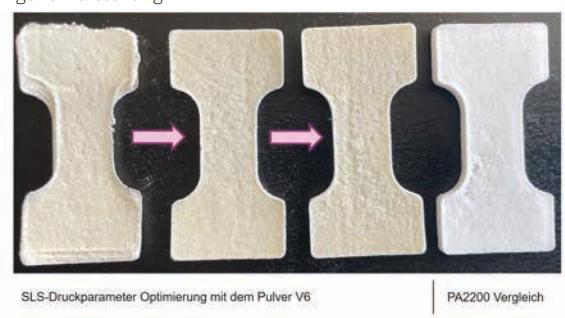


Abb. 3: Zugstäbe aus dem SLS-Forschungsdrucker, aus dem hergestellten PA12-Pulver
Eigene Darstellung



Oberflächenevaluation

Untersuchung des Einflusses additiv gefertigter Extrusionswerkzeuge auf die Extrudatoberfläche

Diplomand

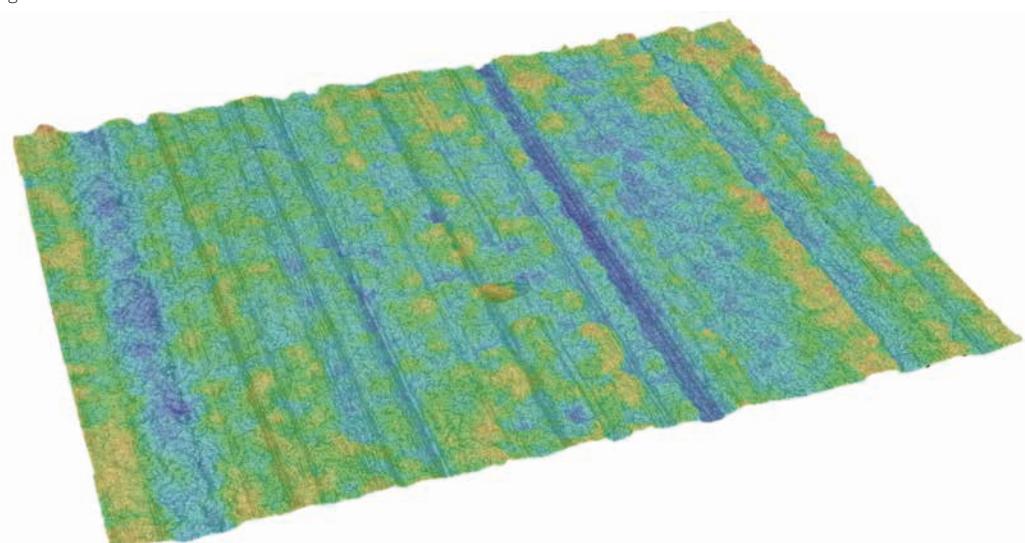
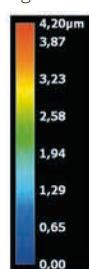


Marc Neuschütz

Ausgangslage: Die Extrusion ist ein formgebendes Verfahren zur Herstellung von Endlosbauteilen aus meist thermoplastischen Kunststoffen mit konstantem Querschnitt. Der Vorteil der Extrusion liegt in den hohen erreichbaren Durchsätzen und den somit sinkenden Herstellungskosten der Produkte. Mit Hilfe additiver Fertigungsverfahren lassen sich die Kosten weiter senken, indem ein Werkzeug statt als Plattenaufbau als monolithisches Bauteil ausgeführt wird. Verfahrensbedingt weisen solche additiv gefertigten Düsen rauere Fließkanäle auf. Ob und wie die erhöhte Rauheit einen Einfluss auf die Oberflächenqualität des Extrudates hat, ist unklar und soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit untersucht werden. Ferner wird durch Versuche untersucht, welchen Einfluss ausgewählte Prozessparameter auf die Oberflächenqualität haben. Dabei werden die Düsentemperatur, die Kalibrierungstemperatur und die Abzugsgeschwindigkeit untersucht. Verarbeitet werden die Thermoplaste ASA und PA12.

Vorgehen: Die Rauheitsmessung wird mit Hilfe des KEYENCE-Digitalmikroskops der Modellreihe VHX-7000 durchgeführt, welches mit dem sogenannten Autofokusverfahren Höhen in hoher vertikaler Auflösung misst. Die Eignung des Messgeräts wird diskutiert. Ein Einfluss des verarbeiteten Kunststoffes konnte nicht untersucht werden. Aufgrund von Reflexionseffekten des auftreffenden Lichtes bei verschiedenenfarbigen Kunststoffen konnten keine Messergebnisse generiert werden, welche einen Vergleich der verschiedenen Kunststoffgruppen zulassen. Es wird ein möglicher Ansatz gegeben, wie solche Vergleiche in weiterführenden Untersuchungen durchgeführt werden können.

Farbcodierte Darstellung einer Höhenmessung. Die Höhen sind verstärkt dargestellt.
Eigene Darstellung



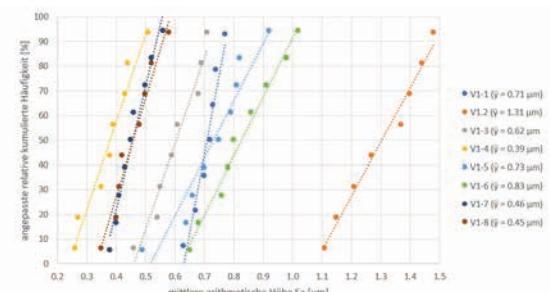
Referent
Prof. Daniel
Schwendemann

Korreferent
Martin Klein, Coperion
GmbH, Stuttgart, BW

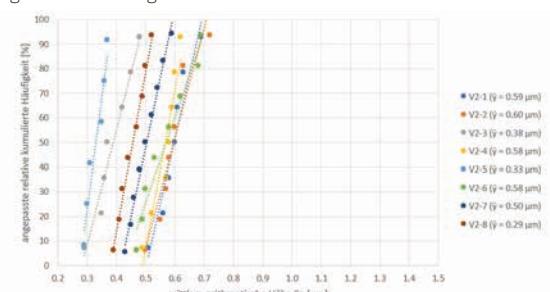
Themengebiet
Kunststofftechnik

Ergebnis: Die Auswertung des DOE hat gezeigt, dass ein glatterer Fließkanal in der Düse eine glattere Oberfläche des Extrudats zur Folge hat, unabhängig vom verarbeiteten Material. Jedoch wurden bei bestimmten Einstellungen vergleichbare und in einem Fall sogar bessere Rauheiten beim Verwenden einer additiv gefertigten und somit raueren Düse erreicht. Dies zeigt, dass je nach Anwendung Kosten in der Werkzeugfertigung eingespart werden können.

Zusammengetragene Einzelmesswerte der ASA-Versuchsreihe mit der additiv gefertigten (raueren) Düse
Eigene Darstellung



Zusammengetragene Einzelmesswerte der ASA-Versuchsreihen mit der drahterodierten (glatteren) Düse
Eigene Darstellung



Sortier- und Waschanlage für Kunststoffzyklate am IWK

Diplomand



Thomas Weibel

Einleitung: Durch die Sammlungsstrategie 2025 wird das Kunststoffrecycling von Post-Consumer-Plastics in der Schweiz zu einem sehr aktuellen Thema. Die Sortierung und die Reinigung stellen bei der Aufbereitung von Kunststoffzyklen die entscheidenden Schritte dar. Das benötigte Equipment ist am Markt vorhanden, allerdings nur im industriellen Massstab für die Verarbeitung von grossen Mengen. Am IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung sowie am UMETC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik ist bereits ein Teil der benötigten Infrastruktur für einen Laborprozess vorhanden.

Aufgabenstellung: Am Ende des Projektes sollen Konzepte für eine Sortier- und Waschanlage im Bereich des Kunststoffrecyclings vorliegen. Die Konzepte sollen am Stand der Technik orientiert sein und beziehen sich auf das Recycling von Post-Consumer-Plastics in einem Labormassstab bis zu einer Batchgrösse von ungefähr 100 kg. Die bereits vorhandene Infrastruktur an den Instituten soll geprüft und wenn möglich in die Konzepte miteinbezogen werden.

Ergebnis: Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass der Stand der Technik des Recyclings von Post-Consumer-Plastics im mechanischen Recycling liegt. Die Konzepte und Versuche sind daher auf das mechanische Recycling ausgelegt.

Die vorhandene Infrastruktur an den Instituten wurde geprüft und es wurde die Erkenntnis gewonnen, dass der Bottleneck des Kunststoffrecyclingprozesses am IWK beim Waschen der Kunststoffe liegt. Aus dieser Erkenntnis wurde eine Waschanlage für Kunststoffflakes entwickelt. Mit dem entwickelten Konzept eines Frikitionswäschers und der vor-

handenen Infrastruktur konnte ein Konzept für den Recyclingprozess am IWK erstellt werden. Der neue Recyclingprozess wurde auf die Kompatibilität verschiedener Recyclinggüter geprüft. Das Ergebnis davon ist, dass dieser nicht für alle Arten von Recyclinggüter, beispielsweise Gemischtbaugruppen verschiedener Kunststoffe, kompatibel ist. Der Prozess kann für den meist sortenreinen Abfallstrom am IWK verwendet werden.

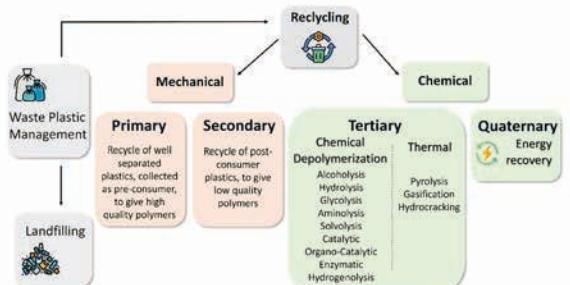
Frikitionswässcher

Eigene Darstellung



Übersicht Recyclingarten

Recent Advancements in Plastic Recycling; V. Beghetto et al.



Recyclingprozess am IWK – eigene Grafik mit Bildquellen
OST/IWK, www.tomra.com, OST/IWK, planet-beruf.de, OST/IWK



Referent
Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent
Martin Klein, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet
Kunststofftechnik

Anlagenentwicklung für die Fertigung von Mikroschläuchen

Schläuche mit sehr kleinen Dimensionen

Diplomand



Murat Zeynioglu

Einleitung: In dieser Bachelorarbeit an der OST – Ostschweizer Fachhochschule lag der Fokus auf der anlagentechnischen Konzeption zur Herstellung von Mikroschläuchen für medizinische Anwendungen. Die Arbeit folgte dem methodischen Ansatz der VDI-2221, wobei die Phasen «Klären» und «Konzipieren» behandelt wurden. Ein wesentlicher Teil war das Nutzen von Reverse-Engineering-Ansätzen zur Analyse des ursprünglichen Schlauchs eines früheren Anbieters. Dies ermöglichte wichtige Einblicke in den Schichtaufbau, Prozessmarkierungen und verwendete Polymerwerkstoffe, um dem Lieferengpass des Auftraggebers entgegenzuwirken.

Ergebnis: In dieser Arbeit wurden Recherchen über den aktuellen technischen Standard in der Kunststoffindustrie durchgeführt, ergänzt durch Untersuchungen der physikalischen Aspekte im Herstellungsprozess sowie relevanter Prozessparameter in der Extrusion. Ein zentraler Bestandteil der Bachelorarbeit war die Klärung aller benötigten Funktionen an Produkt, Anlage und Prozess, gefolgt von extern durchgeführten Experimenten, die aufgrund der kleinen und filigranen Dimensionen spezielles Equipment erforderten. Diese Versuche lieferten essenzielle Erkenntnisse über die Gestaltung der Anlage hinsichtlich der Verarbeitungsgeschwindigkeiten, der Drücke, der Werkstoffform, der Materialzufuhr und weiterem erforderlichem peripherem Equipment.

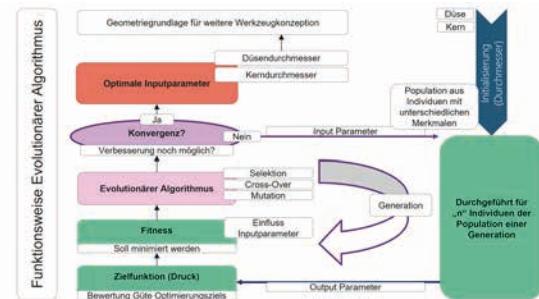
Ein weiterer Teil der Arbeit umfasste die erste Konzeption eines Extrusionswerkzeugs. Dabei wurden die erhaltenen Informationen aus den Versuchen und Grundlagen praktisch angewandt. Angesichts der Herausforderungen, die durch die aussergewöhnlich kleinen Dimensionen des Schlauchs verursacht wurden, war es nicht möglich, eine intuitive Lösung zu finden. Deshalb wurde auf evolutionäre Algorithmen zurückgegriffen. Diese Algorithmen, inspiriert durch natürliche evolutionäre Vorgänge, wie das Prinzip «Survival of the Fittest», unterstützten die Konzeption optimaler Werkzeugdimensionen für die vorderste Zone am Extrusionswerkzeug. Nach der Erstellung der ersten Werkzeugdimensionen wurden die weiteren Segmente konstruiert. Das konzipierte erste Design wurde daraufhin Strömungs- und mechanischen Struktursimulationen unterzogen, wobei neue Herausforderungen und weiter zu optimierende Punkte identifiziert wurden.

Fazit: Diese Bachelorarbeit markiert einen wichtigen Schritt in der Konzeption einer Anlage zur Herstellung von Mikroschläuchen. Die Komplexität des Projekts erlaubte es nicht, innerhalb des Zeitrahmens einen vollständigen Entwurf oder Prototyp zu erstellen. Dennoch wurde eine solide Grundlage geschaf-

fen und wichtige technische Empfehlungen konnten übermittelt werden. Die Zukunft des Projekts liegt nun in der Zusammenarbeit mit dem Industriepartner und möglicherweise weiteren Firmen, die auf die Erstellung von Extrusionsequipment spezialisiert sind. Gemeinsam kann auf der entwickelten Grundlage aufgebaut werden, um die weiteren Phasen des Entwurfs und der Ausarbeitung effektiv voranzutreiben.

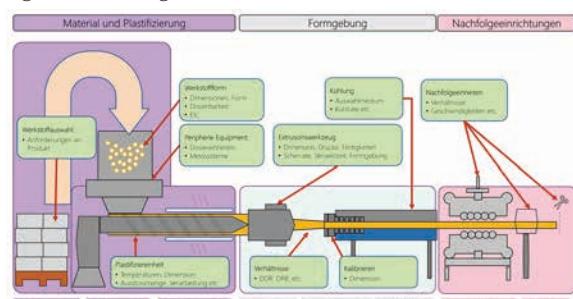
Darstellung des angewandten Evolutionären Algorithmus

Inspirationsquelle: Rechnergestützte Bauteilauslegung, KT5



Extrusionsprozess: Schematische Darstellung der zu konzipierenden Komponenten

Eigene Darstellung



Strömungssimulation: Darstellung des theoretischen polymeren Schmelzedrucks, im Inneren des Werkzeugs

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Daniel Schwendemann

Korreferent

Frank Mack, Coperion GmbH, Stuttgart, BW

Themengebiet

Kunststofftechnik,
Fertigungstechnik,
Simulationstechnik

Entwicklung einer Reibmessvorrichtung zur Bestimmung von Reibkoeffizienten

Messung der Reibungskräfte bei der Entformung im thermoplastischen Spritzguss

Diplomand



Andrea Rearte

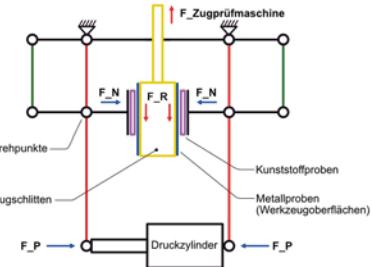
Ausgangslage: Das Kunststoff-Spritzgiessen ist aufgrund seiner Flexibilität, Präzision und der kurzen Zykluszeiten die bevorzugte Fertigungstechnologie für komplexe Bauteile mit grossen Stückzahlen. Die Abkühlzeit stellt zeitlich den längsten Abschnitt des Spritzgiess-Zyklus dar und bietet somit erhebliches Potenzial zur Verkürzung der gesamten Zykluszeit. Die Abkühlzeit muss jedoch lange genug sein, dass das Bauteil den Kräften beim Entformen ausreichend Stabilität entgegensetzen kann. Die Entformungskräfte sind direkt vom Reibwiderstand zwischen dem Bauteil und der Werkzeugoberfläche abhängig. Das IWK ist derzeit an einem Innosuisse-Projekt beteiligt, welches Möglichkeiten zur Reduktion der Reibungskräfte beim Entformen im Spritzgiessen untersucht. Hierbei werden die Einflüsse verschiedener Kunststoffe und unterschiedlicher Verarbeitungsparameter analysiert. Bestehende Reibungsmessvorrichtungen weisen zum Teil Bedingungen auf, die von den realen Spritzgiessbedingungen erheblich abweichen. Daher besteht ein Bedarf an einem Messaufbau, welcher die Bedingungen im Spritzgussprozess besser nachbildet.

Ziel der Arbeit: In dieser Arbeit soll ein Reibmessaufbau entwickelt werden, der die im Innosuisse-Projekt entstehenden Anforderungen für die Messung der Reibung bei der Entformung im Spritzgiessen erfüllt. Die Entwicklung soll so ausgerichtet und umgesetzt werden, dass innerhalb der Bachelorarbeit zur Verifizierung der Funktion des Konzeptes ein erster Test möglich ist.

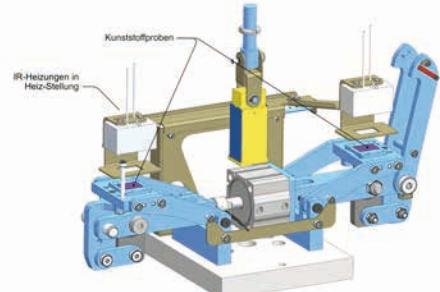
Ergebnis: Der entwickelte Reibmessaufbau erlaubt es, mittels vorgeschalteter Erwärmung von Kunststoff-

proben, separat temperierter Werkzeugoberflächen-Proben und kontrollierter Steuerung der Normalkraft die Reibungskraft in einer Zugprüfmaschine zu messen. Die vorgeschaltete Erwärmung wird durch in horizontale Lage aufklappbare Probenträger ermöglicht. Dies erlaubt die gezielte Erforschung verschiedener Parameter unter Bedingungen, die dem Spritzgiessen sehr ähnlich sind. Der Reibungsmessaufbau wurde innerhalb der Arbeit entwickelt, gefertigt und erfolgreich einer Reihe erster Tests unterzogen.

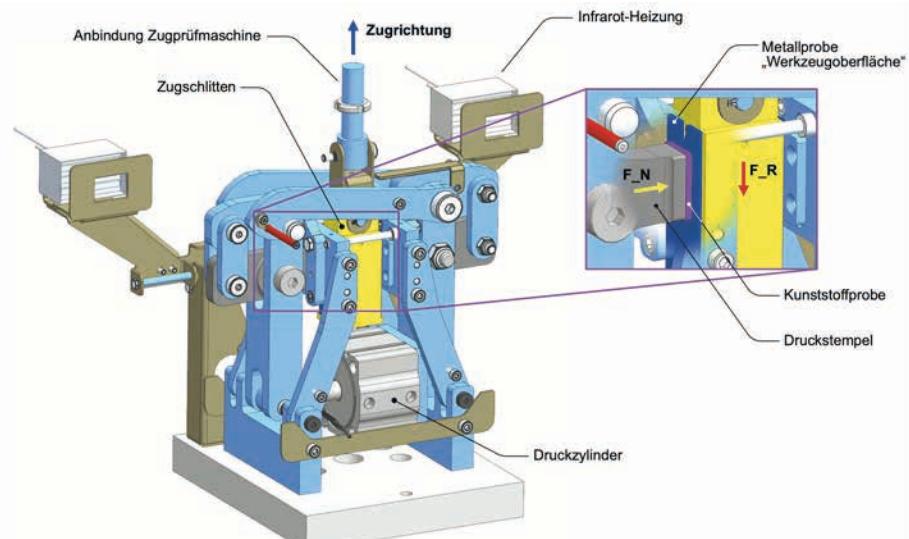
Illustration Hebelmechanismus mit Parallelogramm
Eigene Darstellung



Reibungsmessaufbau offen für Erwärmung der Kunststoffe
Eigene Darstellung



Reibungsmessaufbau geschlossen für Messung der Reibungskraft
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Frank Ehrig

Korreferent

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

Themengebiet
Kunststofftechnik,
Produktentwicklung

Automatisiertes Wägen von Patienten

Diplomand



Ralph Gronowski

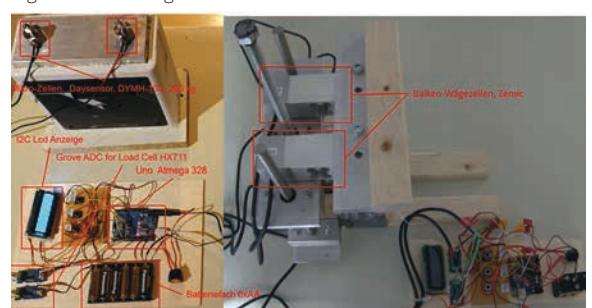
Einleitung: Die Gewichtserfassung von Patienten hat eine zentrale Bedeutung im medizinischen Kontext, da eine schnelle Veränderung des Körpergewichts auf verschiedene Krankheiten hinweisen kann. Der Prozess der Gewichtserfassung stellt jedoch eine grosse Belastung für das Pflegepersonal und die Patienten dar. Die Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, diesen Prozess in stationären Einrichtungen zu optimieren. Dazu wird in einem mehrstufigen Entwicklungsprozess eine Patientenwaage entwickelt. In einem ersten Schritt wurde der Stand der Technik durch eine umfangreiche Literatur-, Patent- und Marktrecherche erfasst. Anschliessend wurden Informationen zur Wägezellenmesstechnik und zum medizinischen Kontext gesammelt. Bei der Entwicklung der Patientenwaage standen die Benutzerfreundlichkeit und der Patientenkomfort im Fokus. Um die Benutzerfreundlichkeit bereits im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen, wurden Interviews mit Pflegestudierenden geführt und Usability-Tests in einer Testumgebung durchgeführt. Abschliessend wurde ein finales Funktionsmuster erstellt.

Ausgangslage: Aktuell erfolgt die Gewichtsmessung von Patienten mittels herkömmlicher Personen- oder Sitzwaagen. Insbesondere für schlecht mobilierte Patienten ist dies ein äusserst belastendes und unangenehmes Prozedere. Aber auch für das Pflegepersonal ist es sehr anstrengend und aufwändig. Zusätzlich müssen die Patienten in nüchternem Zustand gewogen werden, was die Belastung für sie weiter erhöht. Das Wägen erfolgt oft während des Schichtwechsels und bei der Patientenübergabe, was aufgrund der Vielzahl gleichzeitig zu erledigender Aufgaben sehr stressig ist. Die Herausforderung besteht darin, diesen Prozess zu verbessern, um Pflegepersonal und Patienten zu entlasten. Der Stand der Technik ist inzwischen weit fortgeschritten, aber noch sind nicht alle Produkte auf dem Markt verfügbar oder sie haben sich nicht durchgesetzt, da sie häufig Defizite im Komfort, in der Genauigkeit, im Preis oder im erforderlichen Aufwand aufweisen.

Ergebnis: Das Funktionsmuster funktioniert wie folgt: Zunächst wird die Waage auf der Seite des Patientenbettes unter dem absenkbaren Bettrahmen positioniert. Durch Absenken des Bettrahmens auf die Waage kann das Gewicht gemessen werden. Da lediglich die Einzellasten der Seiten gemessen werden, ist eine Messung auf beiden Seiten erforderlich. Die beiden Ergebnisse werden dann addiert. Anschliessend wird das gespeicherte Gewicht des Patientenbettes abgezogen, um das Gewicht des Patienten zu erhalten. Die Addition und Speicherung der Gewichte erfolgt durch die Wägeelektronik und die entsprechende Software. Aus den Tests mit dem

Funktionsmuster ergeben sich folgende Erkenntnisse zur Verbesserung: Die Genauigkeit der Messung soll durch qualitativ bessere Wägezellen verbessert werden. Zudem kann die Benutzerfreundlichkeit durch den Einsatz von zusätzlichen Sensoren und Touchscreens erhöht werden. Ein Sensor könnte beispielsweise die präzise Platzierung der Waage unter dem Bettrahmen unterstützen. Die entwickelte Patientenwaage weist ein grosses Potenzial auf, den Gewichtserfassungsprozess von Patienten zu optimieren, insbesondere im Hinblick auf Patientenkomfort, Benutzerfreundlichkeit und Zeitsparnis.

Die beiden Funktionsmuster, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurden
Eigene Darstellung



Das Pflegebett der SimDeC-Testumgebung, St. Gallen, und das erste Funktionsmuster
Eigene Darstellung



Die Zugprüfmaschine und das zweite Funktionsmuster, das geprüft und kalibriert wird
Eigene Darstellung



Referent
Peter Eichenberger

Korreferent
Ing. HTL (FH) Robert Zehnder, Griesser AG

Themengebiet
Produktentwicklung

Designkonzept eCooker

Entwicklung eines eCooker-Gehäuse Prototypen

Diplomand



Martin Paravicini

Ziel der Arbeit: In Entwicklungsländern wird auch heute noch häufig mit Holz gekocht. Dies führt jedoch zu einer starken Abholzung der Wälder. Der Umstieg auf solarbetriebene Elektrokokher (e-Cooker) bietet daher ein grosses Potenzial zur Reduktion von CO₂-Emissionen und zur Schonung der Wälder. Der Wechsel von Brennholzkochern auf Induktionsherde erfordert eine entsprechende Akzeptanz bei den lokalen Nutzenden, zum Beispiel in Madagaskar. Wichtig ist daher eine Entwicklung nach frugalen Innovationsaspekten, die von Anfang an die Nutzungsgewohnheiten der Nutzenden und die im Land verfügbaren Fertigungstechnologien berücksichtigt. Ziel ist die Entwicklung eines e-Cooker-Gehäuses, das die Nutzerbedürfnisse und technologischen Anforderungen optimal umsetzt.

Vorgehen/Technologien: Die Arbeit gliedert sich in vier Entwicklungsphasen. In der ersten Phase wird die Aufgabenstellung geklärt und der Stand der Technik analysiert. Der Fokus liegt dabei auf der frugalen Innovation und den verfügbaren Technologien. In der zweiten Phase (Konzipieren) werden die Funktionen des Systems analysiert, Teillösungen gesucht und daraus Konzepte entwickelt. In der dritten und vierten Phase (Entwerfen und Ausarbeiten) wird das beste Konzept zu einem fertigen Produkt ausgearbeitet. Im Anschluss wird der Prototyp gefertigt und montiert und erste Funktionstests werden durchgeführt. Zusätzlich zum Prototyp wird ein alternatives Gehäuse mit der Technologie des Metalldrückens entworfen.

Ergebnis: Entsprechend den Marktanforderungen wird ein runder Prototyp des eCooker-Gehäuses aus Stahlblech entwickelt und gefertigt. Die Blechkonstruktion kann mit lokal verfügbaren Fertigungstechnologien hergestellt werden. Das eingebaute Induktionskochfeld kann über ein Netzkabel oder in Zukunft über ein Solarmodul oder die Batterie mit Energie versorgt werden. Über einen Drehschalter kann der Herd bedient werden. Für den Transport sind seitlich zwei Schalengriffe angebracht. Auf der rechten Seite der Abbildung ist die alternative Gehäusevariante dargestellt. Bei diesem Entwurf spielt die Technologie des Metalldrückens zur Fertigung des Gehäuses eine zentrale Rolle.

Links: Entwickelter und gefertigter eCooker-Prototyp, rechts: Entwurf Gehäuse mit der Technologie des Metalldrückens
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, VAT
Vakuumventile AG,
Haag, SG

Themengebiet
Produktentwicklung

Projektpartner
Power-Blox AG, Frick,
AG

Druckmessung im Schnee

Teststand zur Druckmessung im Schnee

Diplomand



Lars Eric Reichmuth

Problemstellung: Das Verhalten einer Schneeschicht auf eine Druckwelle ausgelöst durch eine Sprengung ist für das bessere Verständnis eines Lawinenabgangs elementar. Schnee ist ein poröses Material, dadurch kann sich eine Druckwelle auf verschiedene Arten im Schnee ausbreiten. Einerseits kann eine Druckveränderung die Schneekristalle verformen und so durch das Schneekristallgerüst eine Druckwelle transportieren, andererseits kann sich im luftgefüllten, porösen Teil des Schnees eine Luftdruckwelle bzw. Schallwelle fortpflanzen.

Aufgabenstellung: Damit das Druckverhalten von Schnee in Bezug auf die Art und Weise einer Druckwellenausbreitung untersucht werden kann, soll ein Teststand entwickelt werden. Der Teststand soll Messungen in einem Schneelabor, aber auch Messungen im Feld ermöglichen. Im Rahmen dieser Arbeit ist das Messprinzip festzulegen und es soll ein Prototyp gebaut werden. Der Teststand soll eine Stosswelle in eine Schneeschicht einbringen und die Schneeantwort ermitteln.

Ergebnis: Der Teststand bringt durch ein Nagelsetzgerät eine Stosswelle in eine Schneeschicht ein. Der Stoss breitet sich als Druckwelle durch den Schnee aus, wobei die Schneeantwort dieser Welle am anderen Ende der Schneeschicht durch zwei Sensoren gemessen wird. Einer der Sensoren ist ein Membransensor, wobei die Schneedecke direkt auf der Membrane aufliegt. Der andere Sensor zeichnet geschützt vom Schneekristallgerüst die Luftdruckveränderung am unteren Ende der Schneeschicht auf. So kann der Teststand den Gesamtdruck und den reinen Luftdruck unterscheiden. Der Teststand tastet die Druckwelle mit einer Frequenz von 30 kHz simultan ab. Für Messungen auf dem Feld wird die Datenverarbeitung durch eine Batterie mit Strom versorgt.

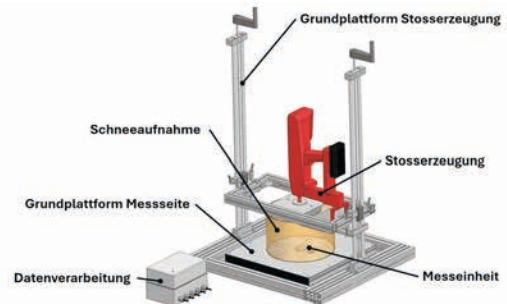
Referenzmessungen zeigen, dass das Messsignal des Membransensors eine grössere Druckveränderung wahrnimmt, was der Erwartung entspricht. Messungen in Sägemehl zeigen einen Anstieg von wenigen Millibar des Luftdrucksignals. Der Druck am Membransensor hingegen liegt bei rund 70 Millibar. Messungen in Schaumstoff zeigen ein ähnliches Verhalten. Die Messreihe in nassem Schnee zeigt, dass sich der Luftdruck nicht verändert, während der Membransensor eine Veränderung des Gesamtdrucks durch den Stoss wahrnimmt.

Durch die entwickelte Messmethode kann der reine Luftdruck vom Stossdruck durch das Schneekristallgerüst unterschieden werden. Die Grösse und Streuung der (durch das Nagelsetzgerät) eingebrachten Stosskraft ist nicht vollständig bekannt. Die Repro-

duzierbarkeit einer Messreihe wird von diversen äusseren Einflüssen wie Randeffekte und Schneebedingungen beeinflusst.

Grundaufbau Prototyp

Eigene Darstellung



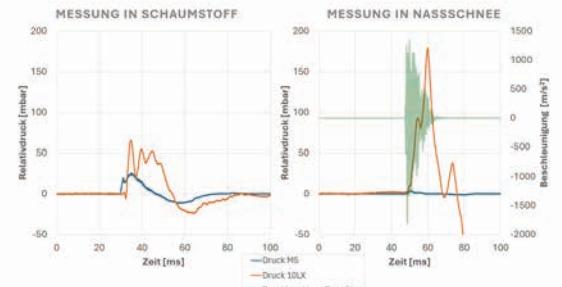
Messaufbau im Schnee, Oberalppass, 22. Mai 2024

Eigene Darstellung



Messdaten der Messungen (links Messung in Schaumstoff / rechts Messung in Nassschnee)

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent
Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Produktentwicklung

Eis-Spannsystem für die Schaufelbearbeitung

Diplomand



Noël Baumann

Einleitung: Das Spannen mit Eis ist eine innovative Lösung in der Spanntechnik. Das System nutzt die adhäsive Bindung von gefrorenem Wasser, um Bau teile spannungs- und schadensfrei zu spannen.

Vorgehen: An einem auf dem Markt erhältlichen System wurden folgende Einflussfaktoren untersucht:

- Menge des eingesetzten Mediums
- Grösse der angefrorenen Oberfläche
- Oberflächenrauigkeit des Prüfkörpers
- Material des Prüfkörpers
- Abstand des vertikalen Kontaktpunkts der Kraft
- Temperatur des Prüfkörpers
- Dicke der Eisschicht

Es wurden zudem Systemmodifikationen erforscht und getestet, um die Effizienz der Kühlung zu stei gern. Darüber hinaus wurde ein Spannkonzept für die Nachbearbeitung einer Turbinenschaufel entworfen.

Ergebnis: Es wurde festgestellt, dass die Klemmkraft mit steigender Wassermenge zunimmt. Gleichzeitig wurde erkannt, dass ab einem bestimmten Punkt die maximale wirksame Wassermenge erreicht ist und eine weitere Erhöhung dieser keinen Einfluss mehr auf die Klemmkraft besitzt. Des Weiteren führt auch die Zunahme der angefrorenen Fläche und die Ver ringerung des vertikalen Kontaktpunkts der Kraft zur Spannplatte zu einer Steigerung der Klemmkraft.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Oberflächen rauigkeit, zum Material und zur Temperatur waren unzureichend. Aufgrund dessen konnte keine sichere Relation zwischen diesen Faktoren und der Klemm kraft festgestellt werden.

Hinsichtlich der Eisschichtdicke wurde festgestellt, dass bei einer grösseren Eisschicht die Bruchstelle variieren kann. In nahezu allen Versuchen erfolgte der Bruch zwischen der Eisschicht und der Spann platte. Lediglich bei einer erhöhten Eisschichtdicke konnte es vorkommen, dass der Bruch zwischen der Eisschicht und dem Prüfkörper auftrat, was zu einem signifikanten Abfall der Klemmkraft führte.

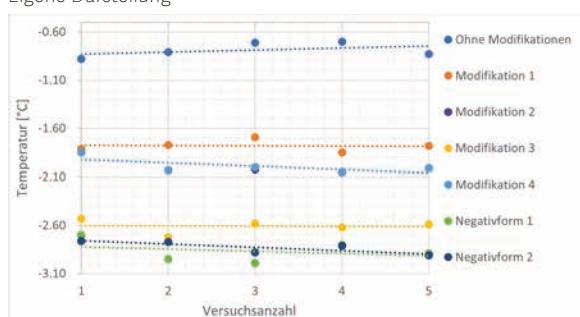
Insgesamt wurden vier Modifikationen am System vorgenommen, die ohne grössere Änderungen imple mentiert werden konnten. Jede dieser Modifikatio nen führte zu einer Steigerung der Kühlungseffizienz.

Für das Spannkonzept wurden zwei Negativformen, eine für jede Seite der Turbinenschaufel, als Spann platte entworfen. Obwohl die Kühlleistung aufgrund des geringen Volumens beider Formen deutlich ver bessert wurde, konnten im Versuch nur niedrige Klemmkräfte erreicht werden. Daher eignet sich die Verwendung einer Negativform als Spannkonzept für die Nachbearbeitung einer Turbinenschaufel nicht.

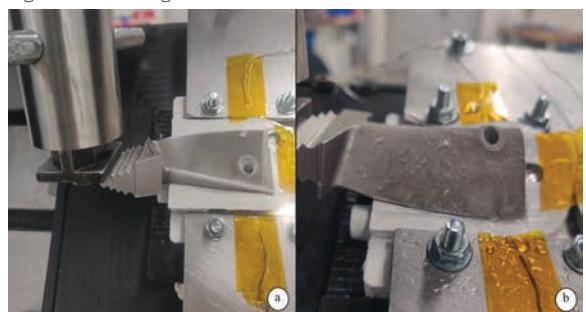
Angefrorener Prüfkörper auf Spannplatte mit befestigten Thermoelementen für die Temperaturüberwachung
Eigene Darstellung



Effizienzversuch der Modifikationen: Niedrigste gemessene Temperatur nach 300 Sekunden Kühlzeit
Eigene Darstellung



Spannkonzept für eine Turbinenschaufel: (a) Negativform 1; (b) Negativform 2
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Mohammad Rabey

Korreferent

Stefano Capparelli, Luzern, LU

Themengebiet
Produktentwicklung

Entwicklung eines Messsystems für Cutter in der Augenchirurgie

Diplomand



Richard Meier

Ausgangslage: Die Firma Oertli Instrumente AG stellt chirurgische Instrumente für die Augenchirurgie her. Eines dieser Instrumente ist der Continuous Flow Cutter. Der Cutter wird durch eine Führung zum Inneren des Auges bis zum Glaskörper geführt und bei Netzhautoperationen eingesetzt. Sowohl die Herstellung als auch die Prüfung erfolgt bei der Firma Oertli Instrumente AG. Eine dieser Prüfungen ist die Funktionsprüfung der Bewegung des inneren Schneidrohrs. Diese Prüfung wird derzeit noch manuell von einem Mitarbeiter durchgeführt, der den Cutter über einen längeren Zeitraum beobachtet. Es soll eine neue Messzelle konzipiert und entwickelt werden, die diese Aufgabe übernehmen und den Prozess zukünftig automatisieren kann. Für diese Messzelle soll in einem ersten Schritt untersucht werden, wie die Bewegung sichtbar gemacht werden kann und welche Möglichkeiten es gibt, den Prozess sowie die Auswertung des Cutters zu automatisieren.

Vorgehen/Technologien: Zu Beginn wird eine Recherche der am Markt verfügbaren Technologien und Produkte durchgeführt, um herauszufinden, welche zur Problemlösung beitragen können. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird in der Klärungsphase ein detailliertes Lastenheft erstellt und mit dem Industriepartner abgestimmt. In der Konzeptphase werden verschiedene Teillösungen entwickelt, von denen die besten ausgewählt werden. Diese Teillösungen werden an einem Modell getestet, um ihre Eignung zu überprüfen. Schliesslich wird ein CAD-Modell erstellt und ein Prototyp gebaut und getestet, um sowohl die Funktionalität als auch die Leistungsgrenzen zu ermitteln.

Fazit: Mit dem Prototyp konnten erste Tests durchgeführt werden. Allerdings war die Beleuchtungszeit der LED nicht kurz genug, um scharfe Bilder zu erzeugen. Für die Weiterentwicklung des Messaufbaus sollten zunächst weitere Tests mit der vorhandenen Kamera durchgeführt werden. Gegebenenfalls könnte auf eine weiterentwickelte Kamera eines spezialisierten Anbieters umgestiegen werden. Gleichzeitig soll der Messaufbau durch Austausch oder Modifikation einzelner Komponenten optimiert werden, insbesondere durch eine genaue Anpassung von Dauer, Intensität und Art der Erzeugung des Lichtblitzes, um die Qualität und Genauigkeit der Datenerfassung zu erhöhen.

Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

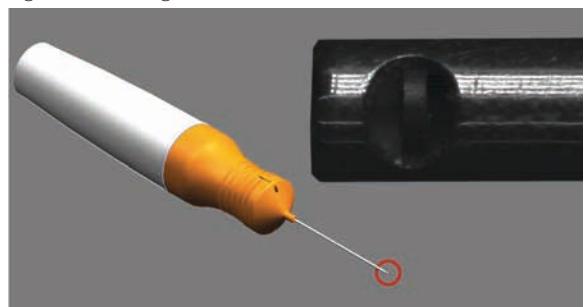
Korreferent

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

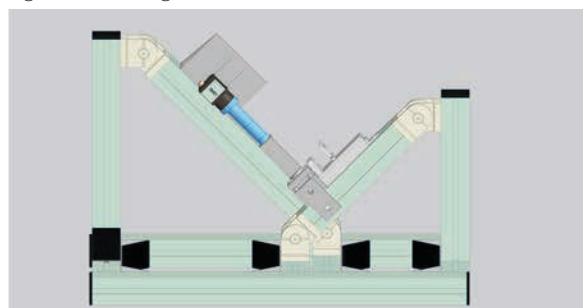
Themengebiet
Produktentwicklung

Projektpartner
Oertli Instrumente AG,
Berneck, SG

Continuous Flow Cutter mit Nahaufnahme von der Spitze
Eigene Darstellung



Messaufbau im CAD
Eigene Darstellung



Finaler Messaufbau
Eigene Darstellung



Hinterradaufhängung Enhanced Hybrid

Diplomand



Jan Heim

Einleitung: Seit 2016 nehmen die «Enhanced Teams» der OST regelmässig an sogenannten Cybathlon-Wettkämpfen teil. Zu den bereits etablierten Produkten, mit denen teilgenommen wird, gehören einerseits ein Rennrollstuhl für die Kategorie «Powered Wheelchair» und andererseits auch ein Exoskelett. Für die jeweiligen Disziplinen muss ein Hindernisparcours absolviert werden. Dabei steuert ein Pilot das jeweilige Assistenzgerät über einen Hindernisparcours, der mit möglichst alltagsnahen Hindernissen ausgestattet ist.

«Das Ziel der Enhanced Teams ist es, die Grenzen der Technologie zu erweitern – um das Leben von körperlich beeinträchtigten Menschen zu verbessern.» Mit diesem Motto entwickeln die Enhanced Teams der OST Produkte, um den Alltag von Menschen mit Beeinträchtigung zu verbessern. Durch Nutzer-Feedback wurde ein Bedarf an einer Kombination aus einem Exoskelett und einem Rollstuhl ermittelt. Dies führte zur Entwicklung des sogenannten Enhanced Hybrid, der diese Anforderungen erfüllen soll. Der Exoskelett-Teil des Enhanced Hybrid funktioniert derzeit grösstenteils. Für den Rollstuhl-Teil fehlt jedoch noch die konstruktive Grundlage. Das Hauptproblem beim Rollstuhl-Teil besteht darin, dass der verfügbare Platz für die Konstruktion begrenzt ist und die Elemente des Rollstuhl-Teils nicht mit denen des Exoskelett-Teils in Konflikt geraten dürfen.

In dieser Arbeit werden die konstruktive Gestaltung und die Herstellung eines Funktionsmusters für die Aufhängung der Hinterräder behandelt. Der Schwerpunkt der Konstruktion liegt auf der erforderlichen Transformierbarkeit des Enhanced Hybrid zwischen dem Rollstuhl- und dem Exoskelettmodus. Dabei dürfen die Hinterräder diese Umwandlung nicht beeinträchtigen. Zudem müssen die Hinterräder im Exoskelettmodus die Bewegungen des Nutzers uneingeschränkt zulassen. Die Entwicklung einer Lösung für die Befestigung der Vorderräder ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

Ergebnis: Durch die Nutzwertanalyse konnte das Schwenkradkonzept als vielversprechendste Lösung eruiert werden. Die Montage des Funktionsmusters liess sich gut durchführen. Die Befestigungselemente liessen sich am Enhanced Hybrid montieren. Auch die Radaufhängung selbst liess sich gut an den Befestigungselementen festmachen. Durch einen konstruktiven Fehler liessen sich die Rollstuhlräder allerdings nicht an den Achsen der Aufhängung befestigen. Somit konnte der Festigkeitsnachweis nicht durchgeführt werden. Da die fehlerhafte Achsposition durch geringfügige konstruktive Massnahmen schnell korrigiert ist und die ausführlichen Fes-

tigkeitsberechnungen ein Aushalten der Belastungen nahelegen, ist das Konzept grundsätzlich zielführend. Bei der Montage des Funktionsmusters zeigte sich bereits, dass die meisten der grundlegenden Funktionen der Radaufhängung funktionieren und in erster Linie die Positionen der Elemente nochmals überarbeitet werden müssen.

Fazit: Eine Anpassung der Konstruktion sollte auf jeden Fall durchgeführt werden. Dafür müssen unter anderem die Winkel der Atlanten so angepasst werden, dass sie weniger weit nach hinten reichen als aktuell. Zusätzlich sollten die Masse der Verstrebungen so optimiert werden, dass sich die Achsposition auf einer horizontalen Linie nach hinten verschiebt. Dies dürfte mit der aktuellen Radaufhängung kein Problem darstellen und ohne grosse Konsequenzen realisierbar sein.

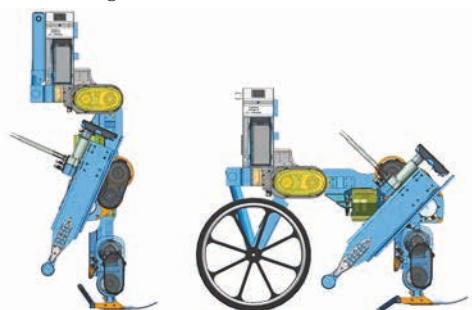
Exoskelett

Eigene Darstellung



Enhanced Hybrid im Exoskelett- und Rollstuhlmodus

Eigene Darstellung



Referent

Manuel Altmeyer

Korreferent

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

Themengebiet
Produktentwicklung

Lenkkonzept E-Velomobil

Projekt «CityFlow»

Diplomand



Oliver Häfeli

Ausgangslage: Neue Schweizer Gesetzgebungen im Bereich des Langsamverkehrs ermöglichen die Umsetzung neuer Fahrzeugkonfigurationen. Das hier entwickelte Konzept zielt darauf ab, den Zweitwagen durch ein muskelkraftbetriebenes Fahrzeug mit elektrischer Unterstützung auf kurzen Strecken im Alltag zu ersetzen. In Zusammenarbeit mit der Firma Kappeler IBI wurden an der OST bereits eine Marktanalyse und eine Designstudie durchgeführt.

Bei den Vorarbeiten stellte sich heraus, dass sich die zurzeit am Markt befindlichen Konzepte stark am klassischen Fahrrad orientieren oder sich direkt an Zweirad-Enthusiasten richten. Für die adressierte Anwendung ist heute kein wirklich attraktives Konzept am Markt zu finden. Des Weiteren hat die Designstudie gezeigt, dass die konventionellen Lenkkonzepte für die spezifischen Anforderungen beim E-Velomobil nicht zielführend sind.

Ziel der Arbeit: Im Rahmen der Bachelorarbeit wird ein Lenkkonzept entworfen, welches in der Lage ist, zwei Vorderräder bei einem möglichst geringen Bauraum unter der Sitz- bzw. Ladefläche sicher zu bewegen. Bei der Auslegung wird ein besonderes Augenmerk auf die Kosten, das Herstellungskonzept und die Sicherheit gelegt. Zudem werden die theoretischen Grundlagen der Kinematik einer Lenkung berücksichtigt, bei der Sturz, Spur und Nachlauf variabel einstellbar sind.

Ergebnis: Durch die Adaption eines Lenkungsdreiecks, welches schon vor über 130 Jahren von Carl Benz verwendet wurde, ist es in Kombination mit einem Zahnriemen möglich, das Ackermann-Prinzip (stärkeres Einschlagen des kurveninneren Rades)

Funktionsträger

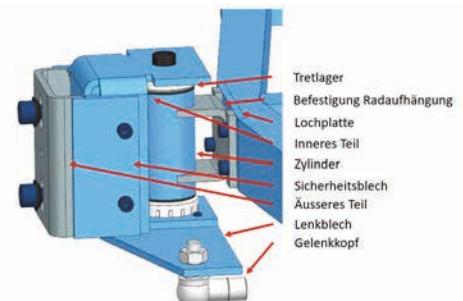
Eigene Darstellung



umzusetzen. Die durch handelsübliche Tretlager gelagerten Radaufhängungen erlauben es, mittels Rasterung den Sturz einzustellen. In Kombination mit Winkelgelenken mit Gewinden zum Einstellen der Spur entsteht so ein sicheres, leichtes und platzsparendes Konzept zum Lenken des E-Velomobils. Mit dem zusätzlich aufgebauten Funktionsträger lassen sich zudem die Einflüsse von verschiedenen Einstellungen direkt erproben.

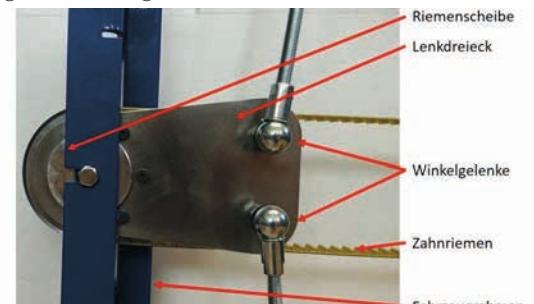
Radaufhängung (Screenshot Siemens NX)

Eigene Darstellung



Lenkungsdreieck am Funktionsträger

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Elmar Nestle

Korreferent

Robert Spasov, Graf + Cie AG, Rapperswil SG, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

Kappeler IBI, Wiezikon bei Sirnach, TG

Neukonzept Skistockgriff für Langlauf und Skitouren

Diplomand



Dominic Trüb

Ausgangslage: Schneesportarten wie Langlaufen oder Skitouren sind beliebte Sportarten, bei denen Kondition und Ausdauer gefragt sind. Die Sportarten werden in den Bergen oder auf schneedeckten Landschaften ausgeübt, wo die Temperaturen oftmals sehr tief sein können. Der Sportler oder die Sportlerin bewegt sich fort, indem mit den Skieren bestimmte Bewegungsabläufe durchlaufen werden. Unterstützt wird das durch den Einsatz von Skistöcken, mit denen man sich im Schnee abstützt. Dies erfordert Kraft aus dem Oberkörper, den Schultern und den Armen. Diese Kraft wird von Handgelenk und Griffkraft über den Griff auf den Skistock übertragen, um dann auf den Untergrund geleitet zu werden. Für eine gute Kraftübertragung muss der Griff des Skistocks festgehalten werden. Das Problem hierbei ist, dass bei diesem Akt durch das feste Schliessen der Finger deren Durchblutung ständig unterbrochen wird, was schnell zu kalten Fingern führen kann. Dieses Problem soll nun behoben werden, dazu wird der Skistock oder dessen Griff neu konzipiert.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Prototyps für einen Skistock, bei dem die Kraftübertragung aus den Armen in den Skistock das Handgelenk und die Griffkraft umgeht und diese somit entlastet, damit die Durchblutung der Finger nicht eingeschränkt wird. Anhand des Prototyps wird getestet, ob die Idee funktionstüchtig ist.

Vorgehen: In diesem Projekt wird nach den Methoden der Produktentwicklung vorgegangen. Die Schritte Klären, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten werden umfänglich ausgeführt und doku-

mentiert, damit nachvollziehbar ist, wie die Lösung zustande gekommen ist. Das Projekt wird bis hin zum Prototyp ausgeführt, der auf seine Funktion bewertet wird. Die Ergebnisse werden dokumentiert, ebenfalls werden Empfehlungen zu weiterführenden Entwicklungen gemacht.

Skistockgriffe

Eigene Darstellung



Skistockgriff von unten

Eigene Darstellung



Skistockgriff mit Stütze

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Albert Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung

RDE – Rotating Detonation Engine

Ein Überblick über die Forschung von RDE-Triebwerken in Zusammenarbeit mit ARIS der ETH Zürich

Diplomand



Thomas Ebnöther

Problemstellung: In der Raumfahrt werden zurzeit Antriebe mit einer Deflagration genutzt, um Raketen in den Orbit zu befördern sowie für den Antrieb bei Sonden und «Lander». Dabei werden die Treibstoffe in der Brennkammer mit einer Deflagration bzw. einer Flammengeschwindigkeit unter der Schallgeschwindigkeit verbrannt. Eine Alternative zeigen Antriebe mit einer Detonation, welche eine Flammengeschwindigkeit über der Schallgeschwindigkeit nutzen. Detonationstriebwerke sind bereits in den 1940er Jahren entdeckt, jedoch erst in der näheren Vergangenheit weiterentwickelt worden. Die wesentlichen Vorteile bestehen in einer Effizienzsteigerung, einer Verbrennung mit einer Drucksteigerung sowie kleineren Dimensionen bei gleichem Schub. Für diese Arbeit wird das RDE-Triebwerk (Rotating Detonation Engine) genauer untersucht. Es erzeugt einen kontinuierlichen Schub über eine rotierende Detonationswelle und ist zurzeit im Fokus der Forschung an verschiedenen Institutionen um den Globus. Das Hauptproblem für die Beteiligung neuer Institutionen an der RDE-Forschung liegt in den verschiedenen Informationen der dokumentierten Forschungsergebnisse, wodurch sich das Einarbeiten in die Thematik als zeitintensiv herausstellt.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, eine Grundlage für weiterführende Arbeiten im Bereich der RDE-Forschung zu schaffen. Dabei soll ein Überblick über die dokumentierten Forschungsergebnisse sowie den Aufbau und die Funktionsweise eines RDE-Triebwerks entstehen. Abschliessend wird ein theoretischer Ablauf für die Entwicklung und eine Adaption des vorhandenen ARIS-Teststands in Dübendorf beschrieben. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in einer Publikation zusammengefasst und veröffentlicht.

Ergebnis: Folgende Ergebnisse sind in Zusammenhang mit dieser Arbeit entstanden:

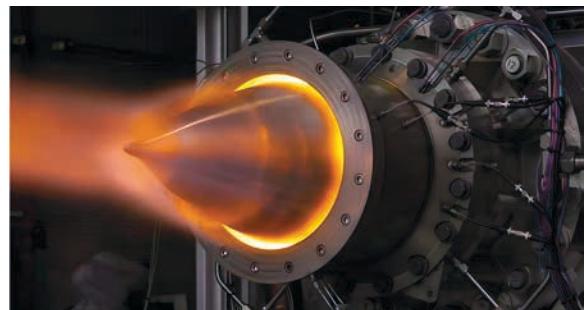
- Geschichtlicher Verlauf der RDE-Entwicklung und Stand der Technik
- RDE-Typen (Brennkammer in axialer/radialer Richtung)
- Grundlegender Aufbau eines RDE-Triebwerks
- Funktionsweise und Betrieb
- Thermodynamischer Ablauf
- Einzelne Komponenten und Vergleich ihrer Varianten
- Auflistung verschiedener Testaufbauten und Testabläufe
- Überblick über die verwendeten Treibstoffe

Zudem wird ein Ablauf für die Entwicklung mit den nötigen Vorgaben und Design-/Dimensionierungsschritten gezeigt und eine Adaption des vorhande-

nen ARIS-Teststands für den Betrieb eines RDE-Triebwerks mit H₂O₂-Treibstoffmix dokumentiert. Diese Erkenntnisse bilden zusammen eine Basis für weiterführende Projekte im Bereich der RDE-Technologie an der ETH und der OST im Rahmen der ARIS-Initiative.

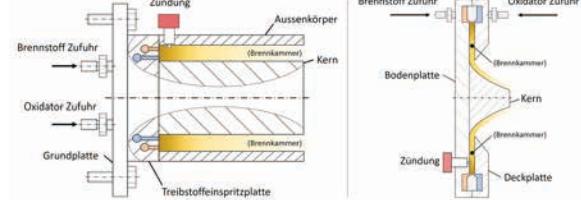
RDE-Triebwerk im Betrieb

en.defence-ua.com; Defense Express; New Hypersonic Engine



Konzeptioneller Aufbau eines RDE-Triebwerks anhand der zwei dokumentierten Typen (Annular links / Disk rechts)

Eigene Darstellung



ARIS-Triebwerksteststand

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Hanspeter Keel

Korreferent

Dr. Jürg Krauer, Büchi AG, Uster, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung

Projektpartner

ARIS (ETH), Dübendorf, ZH

Schneemikroskop

Automatisierte Darstellung der Schneekristalle innerhalb der Schneedecke

Diplomand



Jonas Romer

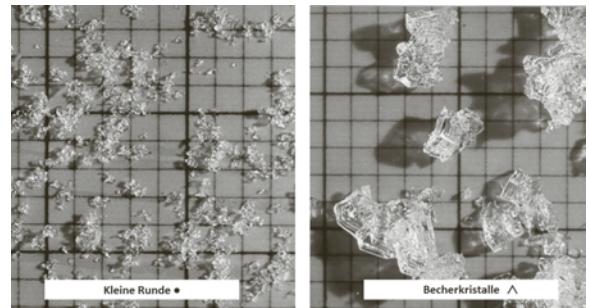
Ziel der Arbeit: Die Beurteilung der Schneedecke ist für die Lawinenforschung von entscheidender Bedeutung. Ein zentrales Untersuchungsmerkmal ist die manuelle Erstellung und Analyse von Schneeprofilen im Gelände, wobei die Erfassung von Kristallformen und -größen eine grundlegende Untersuchungsgröße darstellt. Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung eines Konzepts für die automatisierte optische Erfassung des Schneedeckenaufbaus, einschließlich der Darstellung von Schneekristallen in verschiedenen Stadien der Umwandlung, der sogenannten Metamorphose. Durch die Eliminierung subjektiver Einflüsse soll die Vergleichbarkeit und Auswertung systematisch vereinfacht und verbessert werden. Das Ziel besteht darin, eine autonome Untersuchung der Schneedecke im Gefahrengebiet zu ermöglichen, um die Veränderungen und Prozesse innerhalb der Schneedecke zu untersuchen und zu beurteilen.

Ergebnis: Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurde eine Systemarchitektur ausgearbeitet, welche die Schnittstellen zwischen den Subsystemen aufzeigt. Das Subsystem Aufnahme Schneekristalle wurde über mehrere Entwicklungsschritte und Versuche zu einem Prototyp entwickelt. Das Subsystem umfasst ein Bildverarbeitungssystem mit einer CCD-Industriekamera, einem Festbrennweiten-Objektiv und einer ansteuerbaren LED-Belichtung, welche über ein Bildverarbeitungsprogramm gesteuert wird, sowie einem Gehäuse und einer schwimmend gelagerten Führung für die Schneedecke. Die Belichtung ermöglicht die Erstellung von Aufnahmen mit optimaler Beleuchtung sowie für die Strukturbilderstellung mittels Photometric Stereo. In Feld- und Laborversuchen konnte erfolgreich aufgezeigt werden, dass diverse Schneekristallformen charakterisiert werden können.

Fazit: Das Konzept bietet Potenzial und erleichtert die Datenerfassung für die Lawinenprognose erheblich. Die Erstellung von Profilen kann durch den Einsatz autonomer Anlagen und geeigneter Auswertungen vollständig automatisiert werden. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, den Prozess effizienter und objektiver zu gestalten, was einen bedeutenden Fortschritt in der Lawinenvorhersage darstellen würde.

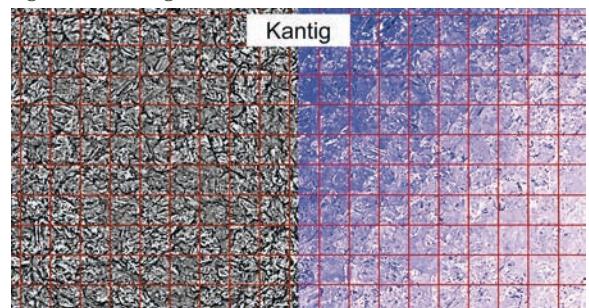
Unterschiedliche Schneekristalle im Verlauf der Metamorphose auf einem 2-x-2 mm Raster

WSL-Institut SLF, «SLF-Beobachterhandbuch» Davos, 2016



Aufnahme von Schneekristallart Kantig mit Strukturbild (links) und Farbaufnahme (rechts) auf einem 2-x-2 mm Raster

Eigene Darstellung



Visualisierung des Subsystems zur Aufnahme der Schneekristalle

Referent
Prof. Dr. Albert Loichinger

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

Themengebiet
Produktentwicklung



Modifizierter Zick/Zack-Sichter

Proof of Concept zur Verhinderung von Nassschlacke-Anbackungen im Klassierprozess

Diplomand



Alfonso Rizzo

Ausgangslage: In der Abfallwirtschaft werden im Bereich der Abfallaufbereitung diverse Aufbereitungstechniken unterschieden. Der Zick/Zack-Sichter ist eine davon und dient der Trennung von Schüttgütern nach Korngrösse, Kornform und Dichte. Das Gerät findet insbesondere in der Trockenklassierung von feinkörnigen, rieselfähigen Materialien Anwendung. Die Effektivität und die Trennschärfe des Verfahrens sind von unterschiedlichen Parametern abhängig:

- Anzahl der Sichtglieder
- Geometrische Abmessung des Zick/Zack-Sichters
- Aufgabeort des Trengutes
- Materialeigenschaften des Trengutes

Die meisten Parameter lassen sich nur indirekt verändern. Von den Materialeigenschaften ist insbesondere der Wassergehalt im Aufgabematerial von Relevanz. Ein zu hoher Wassergehalt kann zu Ablagerungen und Anbackungen im Zick/Zack-Sichter führen. Die Anbackungen können je nach Ausmass den Trennprozess erheblich beeinträchtigen oder sogar gänzlich verhindern.

Problemstellung: Die Verarbeitung von feuchtem Material im Zickzack-Sichter ist aus folgenden Gründen problematisch: Das zugeführte Aufgabematerial rutscht über die Dosiereinheit entlang der jeweiligen Kanalflächen nach unten und durchquert den freien Kanalquerschnitt. Beim Durchqueren bildet sich ein Materialvorhang, wobei leichtere Partikel vom Luftstrom nach oben hin mitgerissen werden. Diese Partikel treffen auf den Kanalboden der gegenüberliegenden Zacke auf und bleiben, sofern feucht, dort haften. Mit der Zeit bilden sich entlang der Kanalwände Anhäufungen von feinkörnigem Aufgabematerial bzw. Anbackungen. Ab einer bestimmten Dicke lösen sich diese Anbackungen von der Kanalwand und fallen in das Grobgut. Die an der Kanalwand verbliebenen Anbackungen lassen sich aufgrund ihrer hohen Adhäsionskräfte nur mit grossem manuellem Aufwand entfernen. Somit soll im Rahmen der Arbeit eine Möglichkeit geschaffen werden, die trotz Feuchte im Aufgabegut den einwandfreien Betrieb der Anlage ermöglicht.

Fazit: Dieser Effekt der Anbackungen reduziert graduell den freien Querschnitt des Zick/Zack-Kanals, was eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit in der Anlage zur Folge hat. Diese Erhöhung der Luftgeschwindigkeit verschiebt über die Betriebsdauer hinweg den Trennschnitt und erhöht die Grobkorn-Wahrscheinlichkeit im Feingut. Das im Rahmen dieser Arbeit gefundene Lösungskonzept unterliegt der Geheimhaltung, denn es wird eine Patentanmeldung angestrebt. Die erfindungsge-

mässige Vorrichtung reduziert das Risiko der Bildung von Anbackungen erheblich und erweitert damit den Betriebsbereich der Anlage auch auf feuchtes Material. Ein weiterer Vorteil ist die Integrationsfähigkeit der Lösung. Diese ist so konzipiert, dass eine nachträgliche Integration in bestehende Anlagen möglich ist (Retrofit). Dies generiert insbesondere aus wirtschaftlicher und verfahrenstechnischer Sicht einen Mehrwert.

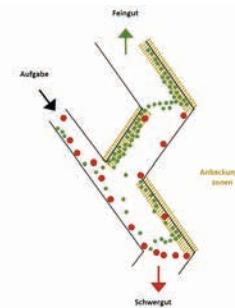
Konventioneller Zick/Zack-Sichter

Eigene Darstellung



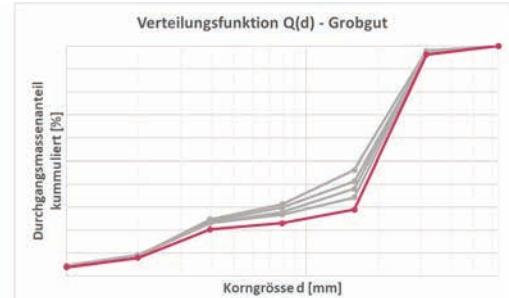
Schematische Darstellung der Problematik

Eigene Darstellung



Korngrößenverteilung des Grobgutes über die Versuchsreihe

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Rainer Bunge

Korreferent

François Boone, gevag
Energie aus Abfall,
Untervaz, GR

Themengebiet
Produktentwicklung,
Energie- und
Umwelttechnik

Erstellung und Einführung eines Tools zur Vorkalkulation von Handschweissvorgängen

Diplomand



Fabian Ruckstuhl

Ausgangslage: In einer Vorarbeit des Autors wurde ein Prototyp eines Tools zur Vorkalkulation von Handschweissvorgängen entwickelt. Dieses auf Excel basierende Tool berechnete anhand eingegebener Nahtparameter und Nebenzeiten die Fertigungszeit. Die Bewertung des finalen Prototyps ergab folgende Probleme:

- P1) Fehlende individuelle Schweissparameter
- P2) Keine Unterstützung für Autogennähte
- P3) Erhebung von auswertbaren Fertigungszeiten
- P4) Zweifel an der Reliabilität der Resultate
- P5) Mangelnde Usability

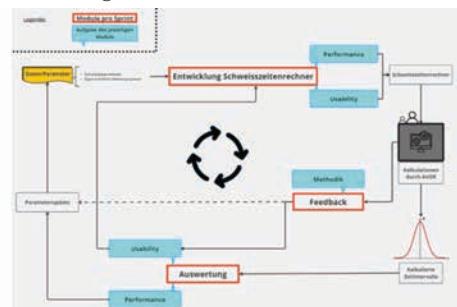
Vorgehen: Die Weiterentwicklung des Schweisszeitenrechners (agil) fokussiert sich auf die Lösung dieser Probleme. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner wurden folgende Ziele festgelegt:

- Z1) Individuelle Schweissparameter – Massnahmen: Systematische Datenerhebung zur Bestimmung benötigter Parameter
- Z2) Zusätzliche Schweissvorgänge – Massnahmen: Statistische Auswertung von Fertigungszeiten von Autogennähten
- Z3) Detaillierte Zeiterfassung – Massnahmen: Umstrukturierung der Zeiterhebung
- Z4) Statistische Signifikanz – Massnahmen: Periodische Auswertung von Kalkulationen und Fertigungszeiten zur Verbesserung der Parameter und Funktionen des Tools
- Z5) Zufriedenstellende Usability – Massnahmen: User-First-Ansatz bei der Entwicklung des Schweisszeitenrechners basierend auf Benutzer-Feedback

Ergebnis: Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- E1) Die eruierten Schweissparameter ermöglichen Kalkulationen. Einige Parameter konnten im Erhebungszeitraum nicht gemessen werden und müssen in Zukunft angepasst werden. Ein Modifizierungstool wurde implementiert.
- E2) Das Grundgerüst für zusätzliche Schweissvorgänge ist erstellt, es benötigt jedoch Finetuning, da zu viele Freiheitsgrade für die Anzahl vorhandener Messungen bestehen.
- E3) Die Unterteilung der Fertigungszeiten in Vor-, Schweiss- und Nachbearbeitungszeiten ermöglicht eine genauere Auswertung und verbessert die Qualifikation des Tools. Jedoch muss die Disziplin und Motivation beim Ausfüllen gesteigert werden.
- E4) Aufgrund mangelhafter Fertigungszeitenmessungen ist die Stichprobengröße zu klein, um statistische Signifikanz genügend zu gewährleisten.
- E5) Die Benutzerzufriedenheit ist mit jeder Version gestiegen. Komplementäre Wünsche erfordern Kompromisse.

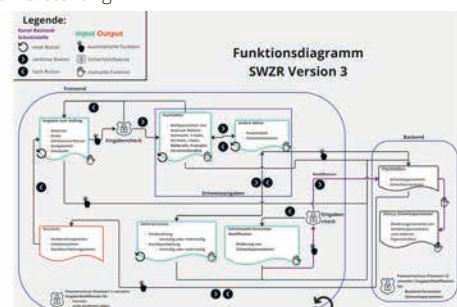
Iteration (Sprint) agile Entwicklung Schweisszeitenrechner
Eigene Darstellung



Nahterfassung mit Schweisszeitenrechner
Eigene Darstellung



Funktionsdiagramm finale Version Schweisszeitenrechner
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Christian Bodmer

Korreferentin
Dr. Claudia Wohlfahrtstätter, Sinnovec GmbH

Themengebiet
Produktentwicklung,
Fertigungstechnik

Projektpartner
LASRAG AG, Wetzikon,
ZH

Integration eines Flüssigkeitsdruckmoduls in den IWK 5-Achsendrucker

Diplomand



Michel Koch

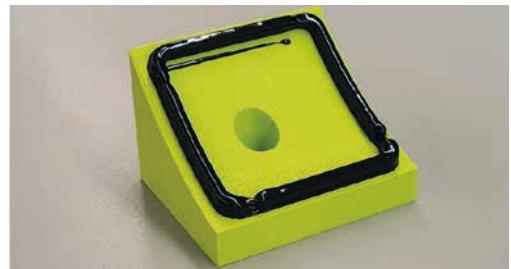
Ziel der Arbeit: In dieser Arbeit wird untersucht, wie die additive Fertigung durch die Verbindung zweier Technologien zu neuen Anwendungsmöglichkeiten weiterentwickelt werden kann. Dabei wird der im Vorjahr an der OST entwickelte 5-Achsendrucker mit einem Flüssigkeitsdruckkopf ausgestattet. Dieser Druckkopf ermöglicht die Extrusion von Zwei-Komponenten-Materialien mit unterschiedlich hoher Viskosität. Durch die Erweiterung des Druckers mit dem Flüssigdruckkopf sollen neue Anwendungsbereiche erschlossen und der Mehrwert der 5-Achsen-Flexibilität aufgezeigt werden.

Vorgehen: Zur erfolgreichen Implementierung ist das Sammeln und Erarbeiten aller erforderlichen Informationen notwendig, darunter der Umgang mit dem Material und dem Druckkopf, die Prüfung von Slicing- und Druckstrategien, die Identifikation von Anwendungsbereichen, die Konstruktion der Befestigung, die Anschliessung an die Elektronik sowie die Konfiguration der Firmware. Für die Untersuchung des Materialverhaltens werden zunächst im 3-Achsen-Bereich die Grundlagen für geeignete Druckparameter und -strategien geprüft. Anschliessend erfolgen im 5-Achsen-Bereich die Ermittlung der Machbarkeit und die Überprüfung der Grenzen der verwendeten Kombination. Abschliessend werden die Ergebnisse anhand zweier erarbeiteter Use Cases demonstriert.

Fazit: Die Kombination dieser Technologien eröffnet neue Anwendungsgebiete. Im ersten Use Case wird die Machbarkeit von variierten Schichthöhen und gekrümmten Geometrien untersucht, während beim zweiten Use Case das Aufdrucken auf beliebige Oberflächen im Zentrum steht. Silikon und Polyure-

than mit einer Shore-Härte von 60 A bis 70 A wurden erfolgreich mit dem Flüssigdruckkopf gedruckt. Trotz ihrer geringeren Viskosität konnten die Materialien auf schrägen und unebenen Flächen aufgetragen werden. Dabei erwies sich das Eigengewicht der Bauteile in Schräglagen als Herausforderung. Eine gleichmässige Extrusion mit konstantem Volumenstrom ist entscheidend, um Materialanhäufungen zu vermeiden. Die Druckqualität hängt daher stark von der Geometrie, den Materialeigenschaften und der gewählten Druckstrategie ab.

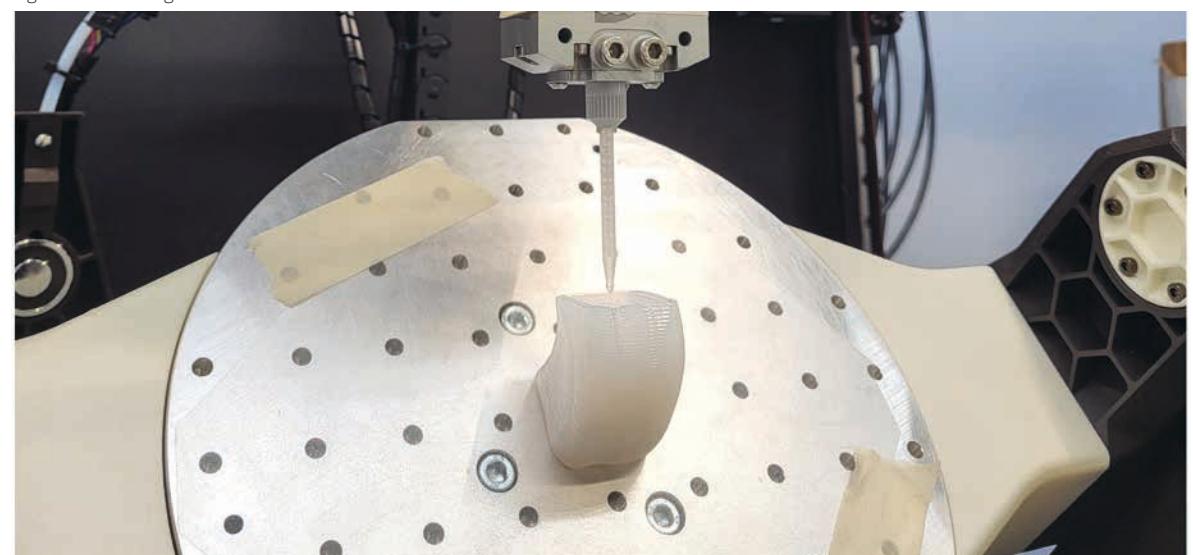
Bedrucken einer konkaven Oberfläche mit Polyurethan
Eigene Darstellung



Druck eines gekrümmten Vierkantrohrs mit Silikon
Eigene Darstellung



Vierkantrohr bei einer Neigung von 40°
Eigene Darstellung



Referent
Daniel Omidvarkarjan

Korreferent
Florian Gschwend,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Fertigungstechnik

Untersuchung mittels Prüfung und Simulation für ein innovatives Mobilitätskonzept

Tragverhalten temperierbarer Sandwich-Strukturauteile in der Micro-eMobilität

Diplomand



Silvio Figini

Ziel der Arbeit: Elektrofahrzeuge haben oft ein Problem, ein zu hohes Gewicht. Dieses erhöht den Energieverbrauch und verringert die maximale Reichweite. Um Gewicht zu sparen, kann man die Funktionen mehrerer Komponenten in einer kombinieren. In diesem Fall sollen die Batterien in ein Chassis für ein leichtes, vierrädriges Fahrzeug integriert werden. Das Chassis besteht aus einer einzigen geklebten Sandwichstruktur. Ziel ist es, den Einfluss dieser Integration auf die Eigenschaften der Struktur zu bestimmen.

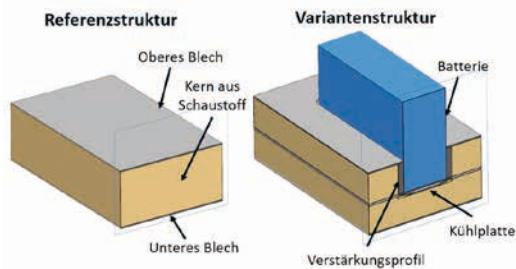
Ergebnis: Die beste Variante für die Integration teilt die Sandwichstruktur in zwei Teile: Der obere Teil beinhaltet Ausschnitte mit Verstärkungsprofilen und der Batterie. Eine Kühlplatte zwischen den Teilen leitet die Batteriewärme ab. Die gesamte Struktur wird mit einem neuartigen, hochtemperaturbeständigen Epoxidklebstoff geklebt. Die Variante wird mechanisch und thermisch getestet. Beim thermischen Test wird eine Batterieüberhitzung simuliert und analysiert, wie viel Wärme durch das Kühlsystem abgeführt werden kann, ohne dass die Batterietemperatur 50°C übersteigt. Das System kann eine Heizleistung der Batterie von bis zu 95 W abführen. Dies liegt weit über dem, was eine Batterie dieser Grösse im Normalbetrieb erzeugt. Bei der mechanischen Prüfung wird die Struktur einer kombinierten Biege- und Zugbeanspruchung ausgesetzt. Analysiert werden dabei die bei der Verformung der Struktur absorbierte Energie und das maximale Biegemoment, dem die Struktur standhalten kann. Die Prüfungen werden bei Raumtemperatur, 50°C und 80°C durchgeführt. Als Referenz dient eine nicht modifizierte Sandwichstruktur. Wie zu erwarten, weist die modifizierte Struktur schwächere mechanische Eigenschaften

auf. Sie kann aber immer noch mehr als die Hälfte der von der unmodifizierten Struktur getragenen Last aufnehmen. Dagegen ist die bei der Verformung absorbierte Energie deutlich geringer.

Fazit: Die Biegeweichigkeit der Variante wird bereits als sehr gut eingeschätzt. Dabei spielt die Performance des neuen Klebstoffes eine wesentliche Rolle. Die Ergebnisse sind für die zukünftige Integration des Sandwichelements in ein Fahrzeug vielversprechend.

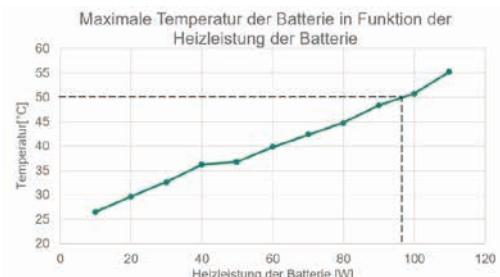
Darstellung der entwickelten Variante im Vergleich zur Referenzstruktur

Eigene Darstellung



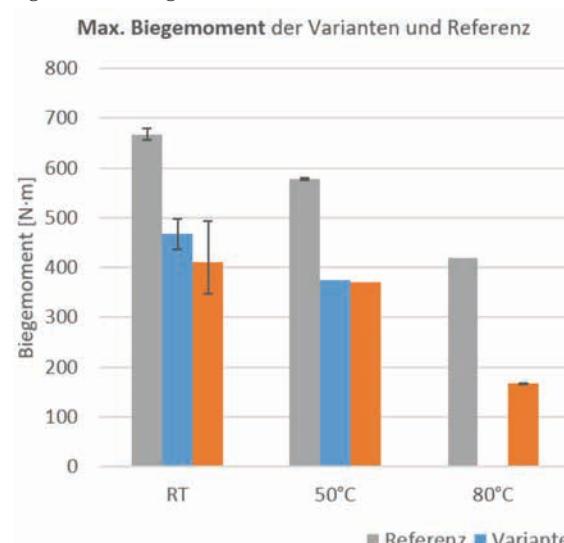
Maximale Batterietemperatur bei Kühlung in Abhängigkeit der Heizleistung der Batterie

Eigene Darstellung

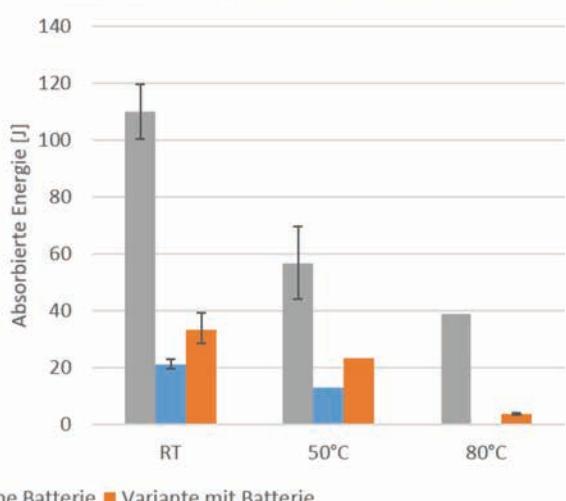


Durchschnittswerte von absorbiertener Energie und maximalem Biegemoment im Vergleich

Eigene Darstellung



Absorbierte Energie der Varianten und Referenz



Referent

Prof. Dr. Pierre Jousset

Korreferent

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

Themengebiet
Produktentwicklung,
Fertigungstechnik

Projektpartner
3A Composites
Mobility AG,
Altenrhein, SG / Kisling
AG, Wetzikon, ZH

Additive Manufacturing mit Endlosfaserverstärkung und duromeren Harzsystemen

Erarbeitung eines Druckkopfs zur additiven Fertigung von Bauteilen aus Endlosfasern und duromeren Harzsystemen

Diplomand



Alessandro Cuccaro

Ausgangslage: In den vergangenen zehn Jahren konnten im Bereich der additiven Fertigung mit Kunststoffen signifikante Fortschritte beobachtet werden. Dennoch weisen die mechanischen Eigenchaften im Vergleich zu konventionell hergestellten Kunststoffbauteilen nach wie vor schlechtere Kennwerte auf. Zur signifikanten Verbesserung der Eigenchaften kann die Integration von Faserverstärkungen, insbesondere Endlosfasern, welche lastgerecht abgelegt werden, als Lösungsansatz dienen. Die verfügbaren Systeme in diesem Bereich basieren grösstenteils auf thermoplastischen Materialien. Eine Marktlücke stellt jedoch die Herstellung von «echten» Composites mit Endlosfasern und duromeren Harzsystemen in der additiven Fertigung dar. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Druckkopf konzipiert und als Prototyp entwickelt werden, welcher die Herstellung von Endlosfaserbauteilen mit duromeren Harzsystemen ermöglicht.

Vorgehen: Die durchgeführte Literaturrecherche hat ergeben, dass sich das Themengebiet zum aktuellen Zeitpunkt im Fokus der Forschung befindet. Aus diesem Grund kann kein idealer Aufbau für ein solches System definiert werden. Daher wird entschieden, einen Druckkopf zu entwickeln, welcher an einen bereits bestehenden Fused-Filament-Fabrication-3D-Drucker montiert werden kann. Außerdem wird ein Harzsystem verwendet, welches durch UV-Licht aushärtet. In der Phase «Konzipieren» werden mehrere Lösungsansätze in Form von Teifunktionen erarbeitet, in einem Rapid Prototyping hergestellt, getestet und miteinander verglichen – das vielversprechendste Konzept wird in die nächste Phase überführt.

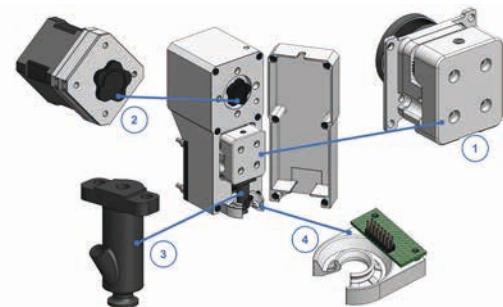
Konkret wurden vier Teifunktionen entworfen und ausgearbeitet. Folgende Teifunktionen werden für den Druckkopf benötigt:

- Ein Extruder zur schonungsarmen Förderung der Endlosfasern
- Ein Extruder zur berührungslosen Förderung des Harzsystems
- Ein Düsenkonzept zur Imprägnierung und Austragung von Endlosfasern und Harzsystem
- Eine Voraushärtungseinheit zur Aushärtung des Harzsystems

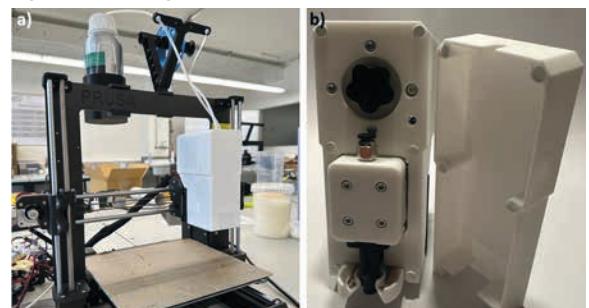
Ergebnis: Zur schonungsarmen Förderung der Endlosfasern wird ein Riemenextruder konzipiert. Des Weiteren erfolgt die berührungslose Förderung des Harzsystems mittels einer Peristaltikpumpe. Zur Imprägnierung und Austragung der Endlosfaser zusammen mit dem Harzsystem wird ein Verbindungsstück zwischen Riemenextruder und Peristaltikpumpe sowie eine demontierbare Düse mit

Luer-Lock-System erarbeitet. Als Harzsystem wird ein Kunsthars verwendet, welches aus dem Stereolithografie-Verfahren bekannt ist. Die Aushärtung kann durch Belichtung mit einer Wellenlänge von 405 nm erfolgen. Dazu wird ein UV-Lichtring als Voraushärtungseinheit konzipiert, in dem sechs UV-LEDs verbaut werden. Die zuvor genannten Teifunktionen werden schliesslich zu einer Einheit, dem Druckkopf, zusammengefügt. Der Druckkopf wird durch ein Schnellwerkzeugwechsel-System an einen modifizierten Prusa i3 MK3 montiert. Zusätzlich wurde eine entsprechende Firmware für den modifizierten Prusa i3 MK3 erstellt, in welcher der Druckkopf angesteuert werden kann. Zur Verifizierung der Funktionalität des Druckkopfs wurden Testdrucke durchgeführt, welche die Funktionsfähigkeit bestätigen.

Der Druckkopf mit den Teifunktionen. 1: Riemenextruder, 2: Peristaltikpumpe, 3: Düsenkonzept, 4: UV-Lichtring
Eigene Darstellung



Hergestellter Druckkopf: a) montierter Druckkopf am Prusa i3 MK3 und b) der Druckkopf ohne Abdeckung
Eigene Darstellung



Hergestellte Proben mit sieben Schichten bei einer Mix Ratio von E1:0,25 und einer Schichthöhe von 0,75 mm
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

Korreferent

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

Themengebiet
Produktentwicklung,
Fertigungstechnik,
Kunststofftechnik

Model Based Systems Engineering

Development of a system model for research and training purposes

Graduate Candidate



Jöran Frey

Introduction: Model-based systems engineering is a development approach invented in the early 2000s and has found widespread application in complex engineering disciplines such as aerospace engineering and the automotive industry. The basic principle is to build a model of a system consisting of diagrams. The benefit comes from a more transparent developmental process which significantly gains collaborative abilities and traceability in a project. Due to the significant effort required to create such a model, and given that currently the usability of model data outside of the MBSE platform is very limited, the widespread application of MBSE has yet to occur.

Proceeding: The goal is to develop a model for educational and research purposes that lets students interact and understand the MBSE approach in an applied manner. The exemplary model is supposed to be comprehensive and complete but still basic enough to be manageable and easy to understand.

In addition, a second version of the MBSE model is needed for a case study regarding the combination of MBSE and PLM systems to enhance the value created with the model data.

The research project to fill the gap between MBSE and PLM is a collaboration between UTC Compiègne, Skoltech Moscow, ISAE-SUPAERO (Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace, Toulouse) and the Eastern Switzerland University of Applied Sciences OST and is expected to produce a paper for the PLM Conference by February 2024.

Result: Many relevant insights were gained in dealing with model-based systems engineering, both in terms of the creation process and in how model data can be reused and implemented outside of the MBSE tool, thereby enhancing the benefits derived from adopting the MBSE approach.

A classic vending machine was selected for the example model because it is well-suited due to its diverse yet simple subsystems.

SysML, one of the most well-known modeling languages, was utilized to abstract the vending machine. Cameo was used to create the model. A cloud-based collaboration solution called Teamwork Cloud was implemented to enable collaborative modeling. Finally, recommendations and training materials were created that provide a novel way to teach MBSE.

Advisor
Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Co-Examiner
Prof. Benoît Eynard,
UTC Compiègne,
Compiègne, Hauts-de-France

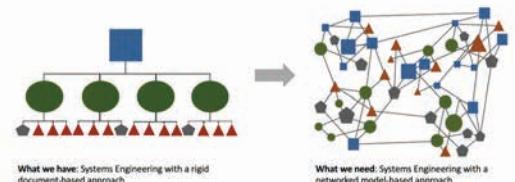
Subject Area
Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Projektpartner
Université de
technologie de
Compiègne (UTC),
Compiègne, hauts de
france, Frankreich

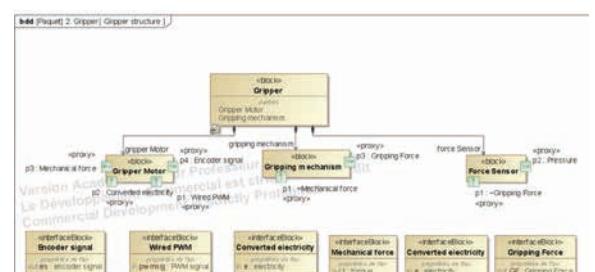
This thesis has been written at Université de Technologie de Compiègne
<https://roerval.utc.fr/recherche/>



Change from a document-based approach to a model-based approach
www.rite-solutions.com



Basic block diagram used in SysML
Own presentment



Weiterentwicklung eines Konfigurators für die automatische Konstruktion von Vakuumgreifern

Diplomand



Sascha Rey

Aufgabenstellung: Die additive Fertigung (AM) mit Kunststoffen hat sich mittlerweile in vielen industriellen Anwendungen etabliert. Da die aktuell verfügbaren AM-Maschinen sowie die Materialien für viele Anwendungen ausreichend ausgereift sind, verlagert sich der Flaschenhals zunehmend in den zeit- und kostenintensiven Konstruktionsprozess. Potenziale zur Reduzierung dieses Flaschenhalses liegen derzeit in automatisierten Konstruktionswerkzeugen, wie zum Beispiel Design-Konfiguratoren. Ein solcher Design-Konfigurator wurde im vergangenen Jahr am IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung am Beispiel eines SLS-gedruckten Vakuumgreifers entwickelt. Dieser Design-Konfigurator soll in einer weiteren Arbeit sowohl ergänzt als auch optimiert werden.

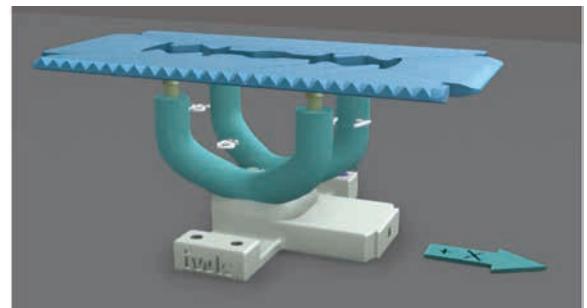
Ergebnis: Im Vergleich zur vorherigen Arbeit ermöglicht das neue System eine präzise Positionierung der Sauger durch Koordinateneinstellungen am Spritzgussbauteil. Die Nutzer sind nun in der Lage, exakte Positionen am Spritzgussbauteil zu definieren, wobei sie nicht mehr auf die vordefinierten Saugpositionen der bisherigen Berechnung beschränkt sind. Zusätzlich zu den variablen Positionen besteht die Möglichkeit, bei Bedarf einen Angusspicker sowie eine Bauteilführung zur Unterstützung grösserer Bauteile hinzuzufügen. Die Position des Angusspickers kann ebenso durch Koordinateneingaben festgelegt werden, während sich die Bauteilführung automatisch am Spritzgussbauteil ausrichtet. Dadurch werden überflüssige Prozessschritte vermieden und das Programm benutzerfreundlicher gestaltet.

Fazit: Durch den Design-Konfigurator können Vakuumgreifer individuell auf beliebige Bauteile im Spritz-

gussbereich angepasst werden. Mit dem Werkzeug ist es möglich, Vakuumgreifer mit einer massgeblichen Zeitersparnis druckbereit zu erstellen. Dadurch kann an Zeit und Kosten im Konstruktionsprozess gespart werden, was einen Mehrwert im Spritzgussprozess bietet.

Beispiel eines Vakuumgreifers konstruiert durch den Design-Konfigurator

Eigene Darstellung



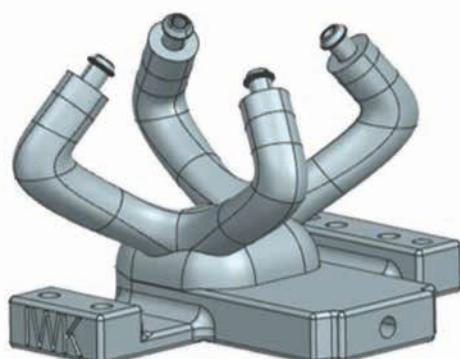
Gedruckter Vakuumgreifer mit Angusspicker und Bauteilführung

Eigene Darstellung



Spritzgussteil mit zugehörigem Vakuumgreifer

Eigene Darstellung



Referent

Daniel Omidvarkarjan

Korreferent

Florian Gschwend,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet

Produktentwicklung,
Konstruktion und
Systemtechnik

Projektpartner
Huber Kunststoff AG,
Gossau, SG

Umsetzungspotential innovatives Skikonzept

Neue Materialisierungen für Alpinski

Diplomand



Dominik Tschamper

Ausgangslage: Alpinski werden seit Jahrzehnten ohne wesentliche disruptive Technologieänderungen produziert. Die Basis bilden jeweils ein Holzkern sowie ein Ober- und Untergurt, welche mit Verstärkungslagen aus duroplastischen Verbundwerkstoffen die Steifigkeit des Skis erhöhen. Diese werden in der Sandwich- oder Schalenbauweise aus diversen Materiallagen in einem Werkzeug gestapelt und anschließend im Heisspressverfahren miteinander verpresst. In Bezug auf das Kreislaufdenken und die Ressourcenschonung bei neuen Produkten werden die heutigen Verbundwerkstoffe mit duroplastischen Matrizen sowie der Duroplastklebstoff hinsichtlich Recyclingfähigkeit, Toxizität und Energieaufwand bei der Fertigung/Weiterverarbeitung hinterfragt.

Ziel der Bachelorarbeit ist, Skikonzepte mit neuen Materialisierungen für die Verstärkungslagen sowie für das Klebstoffsystem auszuarbeiten und mit vereinfachten Prototypen in einer Vorstudie deren Umsetzungspotential zu betrachten. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Entscheidungshilfe zur Weiterverfolgung der Technologie beim Industriepartner.

Vorgehen/Technologien: Nach Patent- und Marktrecherchen wurden acht Konzepte für den Aufbau sowie den Fertigungsprozess von Alpinski erstellt. Beim weiterverfolgten Konzept wird eine Sandwichbauweise umgesetzt, wobei neue Verstärkungslagen eingesetzt werden sowie ein neues Klebstoffsystem mit einem Vorprozess auf die Materiallagen aufgetragen wird. Zur Integration in den bestehenden Herstellungsprozess des Industriepartners erfolgt das Verbinden der Materiallagen im bisherigen Stacking und Heisspressverfahren.

In der Vorstudie mit vereinfachten Prototypen wurde die Haftung des Klebstoffs betrachtet. Daneben wurden vier verschiedene Optionen für die Verstärkungslagen weiterverfolgt.

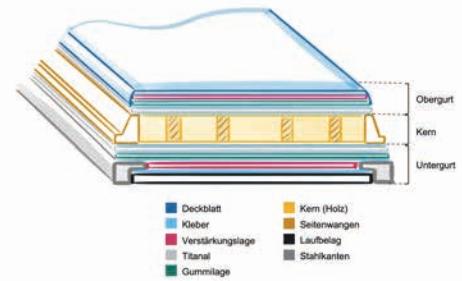
Durch spezifische 3-Punkt-Biegeversuche konnte die mechanische Performance im Hinblick auf Delamination im Verbund sowie Biegefestigkeit und -steifigkeit bewertet werden.

Ergebnis: Die ersten Versuche zeigen, dass die Prototypen ähnlich grosse Lasten auf Biegung aushalten wie ein getesterter Probekörper mit dem bisherigen Duroplastklebstoff. Das Versagen trat in Form eines kohäsiven Bruchs des Holzkerns am Obergurt auf, wobei an der Grenzfläche zum Kleber einzelne Holzfasern ausgerissen sind. Die geforderten Qualitätsansprüche für die Haftung im Verbund konnten bedingt durch limitierte Verarbeitungstemperatur noch nicht

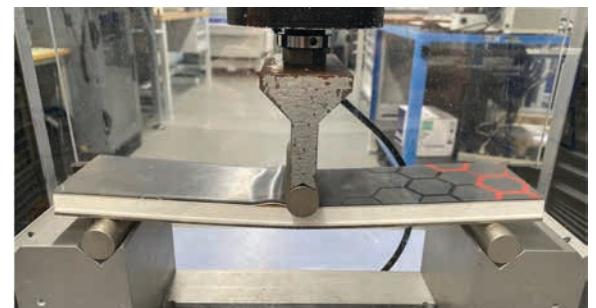
erreicht werden. Dies muss bei weiteren Versuchen optimiert werden.

Die neue Technologie für das Klebstoffsystem aus dem Vorprozess hat ein grosses Potential zur Verbesserung der Performance, der Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und der Möglichkeit zum Recycling der Alpinski. In einer weiterführenden Ausarbeitung soll die präzise Auslegung des Lagenaufbaus mittels FEM-Simulation unterstützt werden.

Lagenaufbau eines Alpinski nach klassischer Sandwichbauweise
Eigene Darstellung



3-Punkt-Biegeversuch an vereinfachten Prototypen
Eigene Darstellung



Design des finalen Skikonzepts
Eigene Darstellung



Referent
Dominik Stapf

Korreferent

Dr. Markus Gantenbein,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Kunststofftechnik,
Fertigungstechnik

Projektpartner
Stöckli Ski AG, Malters,
LU

Konzeptstudie für eine elektrooptische Vorrichtung

Diplomand



Joel Silvio Leuenberger

Einleitung: In dieser Bachelorarbeit wurde die V-Methode im Entwicklungsprozess eines neuen Produkts und ihre umfangreiche Dokumentation angewandt. Die V-Methode, auch bekannt als V-Modell, ist ein etabliertes Vorgehensmodell in der Systementwicklung, das durch eine klare Struktur und systematische Vorgehensweise die Qualität und Nachvollziehbarkeit des Entwicklungsprozesses erhöht.

Ergebnis: Zunächst wurde das zu entwickelnde System abstrahiert und daraus eine Funktionsstruktur erstellt. Auf Basis dieser Funktionsstruktur stand ein morphologischer Kasten, der wiederum als Grundlage für die Erstellung von Konzepten diente. In einem iterativen Prozess wurden die Konzepte detailliert und weiterentwickelt.

Die entwickelten Konzepte wurden ausgewertet und bewertet. Das ausgewählte Konzept wurde in einem nachfolgenden Schritt bis zum geforderten Technologie-Reifegrad ausgearbeitet. Dabei wurden verschiedene mechanische und elektrische Teillösungen entwickelt, welche in einem Gesamtkonzept zusammengefasst wurden.

Ein zentraler Fokus der Arbeit lag auf dem konstruktiven Konzept, welches als Basis für die Weiterverwendung des Produkts dient. Als Hilfsmittel für eine vereinfachte Projektübergabe wurde der Prozess mittels einer Dokumentation beschrieben.

Referent

Prof. Dr. Dejan Šećović

Korreferent

Steffen Hipp,
Rheinmetall Air
Defence AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Produktentwicklung,
Mechatronik und
Automatisierungs-
technik

Projektpartner

Rheinmetall Air
Defence AG, Zürich, ZH

AvaNode 2.0

Gerät zur Überwachung der Schneedeckenbewegung und zur Lawinenverfolgung

Diplomand



Daniele Franscioni

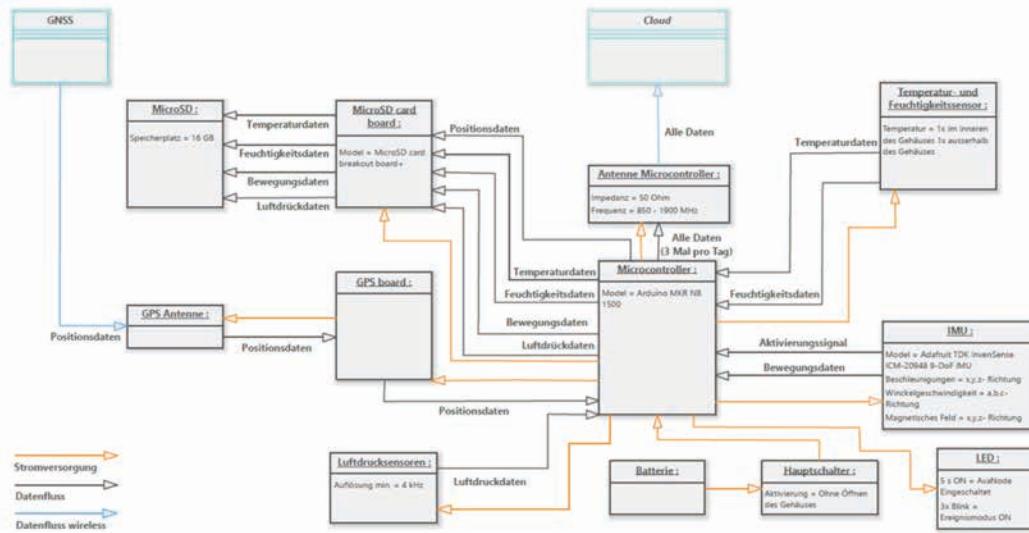
Ausgangslage: Um das Verhalten der Schneedecke vor und während eines Lawinenabgangs besser zu verstehen, entwickelt das OST eine Sensorplattform. Im Gegensatz zu herkömmlichen Ansätzen sollen möglichst viele Messpunkte an verschiedenen Orten und in unterschiedlichen Schneehöhen mit kostengünstigen Sensoren gesammelt werden, die in grosser Zahl über ein Testgebiet verteilt werden können. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem SLF, der ETH und der Universität Innsbruck durchgeführt. Derzeit gibt es bereits zwei Versionen von AvaNode, eine wurde von der Universität Innsbruck und die andere vom IPEK Institut für Produktdesign, Entwicklung und Konstruktion entwickelt. Diese Versionen sind jedoch nicht in der Lage, den Luftdruck außerhalb des Gehäuses und die Temperatur zu messen. Ausserdem muss die Geometrie noch verbessert werden.

Vorgehen: In der ersten Phase der Arbeit werden aktuelle Geräte analysiert, dann wird ein Funktionsmuster entwickelt, das als erste Referenz für eine erste Bewertung dient und auf dem die Entwicklung des endgültigen Prototyps basiert. In der zweiten Phase des Projekts wird auf Basis der im Funktionsmuster gefundenen Stärken und Schwächen der Prototyp AvaNode 2.0 entwickelt. Die letzte Phase der Arbeit konzentriert sich auf das Testen des Prototyps, um seine Funktionalität zu bewerten und die Vollständigkeit der Aufgabe zu beurteilen.

Ergebnis: Das Ergebnis ist ein Gerät, das sieben Grössen messen kann, nämlich Beschleunigung in x-, y-, z-Richtung; Winkelgeschwindigkeit in a-, b-, c-Richtung; Magnetfeld in x-, y-, z-Richtung; Position;

Objektdiagramm AvaNode 2.0

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Felix Nyffenegger

Korreferent
Marco Egli, Intelliact AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Produktentwicklung,
Sensorik

Temperatur; Luftfeuchtigkeit; Luftdruck an sechs Punkten. Die Form des Gehäuses ist vom Seeigel inspiriert, was zu einer symmetrischen Form führt, die dennoch einen guten Rollwiderstand und ein gutes Verhalten in einer sich bewegenden Flüssigkeit (wie einer Lawine) aufweist.

Tests haben bestätigt, dass alle Sensoren funktionsfähig sind und die Daten genau verarbeiten können.

AvaNode 2.0

Eigene Darstellung



(Halb) Funktionsmuster von AvaNode 2.0

Eigene Darstellung



Simulationsbasierte Entwicklung eines Knickschutzes für Spezialfaserkabel

Diplomand



Marco Tremp

Ausgangslage: In der optischen Signalübertragung gewinnen Spezialfasern vermehrt an Bedeutung. Diese Fasern weisen unterschiedliche Anforderungen betreffend mechanische Schutzvorkehrungen wie zum Beispiel die Biegeradiusbegrenzung auf. Im Anbetracht der verschiedenen Ausprägungen von Fasern war es ein Wunsch von Huber + Suhner, ein konfigurierbares Konzept für einen Stecker-Boot zu entwickeln, welcher schnell auf ändernde Bedürfnisse angepasst werden kann. So kann schnell auf ändernde Kundenbedürfnisse reagiert werden. Aus diesem Grund zielt diese Bachelorarbeit darauf ab, einen serientauglichen Stecker-Boot mit Biegeradiusbegrenzung zu entwickeln, der unter äußerer mechanischer Krafteinwirkung den vorgeschriebenen Biegeradius nicht unterschreitet. Mögliche Lösungsansätze sollen unter Berücksichtigung eines maximalen Aussendurchmessers von 6 mm aufgezeigt und mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (kurz FEM) auf ihre mechanische Eignung bewertet werden.

Vorgehen: Eine erste Wissensbasis wurde durch Analysen der auf dem Markt erhältlichen Knickschutzprodukte aufgebaut. Die experimentellen Untersuchungen ermöglichen die Verhaltensanalyse des Spezialfaserkabels und dessen Abbildung in der FEM-Simulation. Auf Basis der erarbeiteten Lösungsansätze wurden die weiter zu verfolgenden Konzepte methodisch bestimmt. Potentielle Konzeptvarianten wurden unter Einhaltung herstellungsbedingter Richtlinien durch FEM-Simulationen oder experimentelle Tests untersucht.

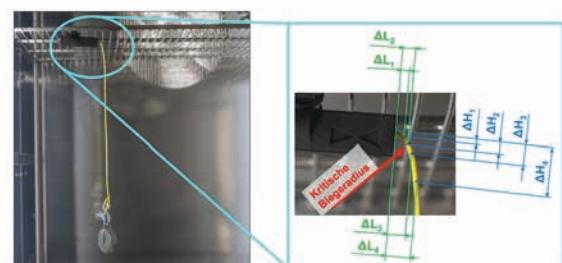
Ergebnis: Mittels einer statischen FEM-Simulation wurde der eigenständig durchgeführte Biegeversuch unter Berücksichtigung der unbekannten Materialeigenschaften des Spezial-Glasfaserkabels nachgebildet. Im iterativen Prozess wurden Materialkennwerte für das definierte einschichtige, isotrope, linearelastische Materialmodell ermittelt, welches nun den Biegelastfall möglichst realitätsnah abbildet. Es wurden acht mögliche Lösungsansätze entwickelt, wobei drei anhand einer multikriteriellen Bewertung zur weiteren Ausarbeitung bestimmt wurden.

Das in Anlehnung an einen Kühlmittelschlauch entwickelte Konzept wurde infolge des gemäss Literatur herstellungsbedingten, materialabhängigen Hinterschnitts mit einer vereinfachten statischen FEM-Simulation analysiert. Die FEM-Simulation hat ergeben, dass infolge des (Temperatur-)steifigkeitsabhängigen Verdrehwinkels die Gefahr von sich lösenden Segmenten besteht, was gegen die Funktionsfähigkeit dieses Konzepts spricht.

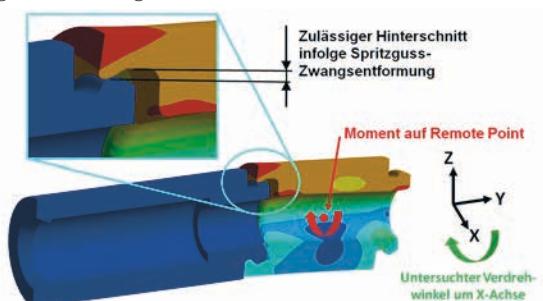
Die im Konzept «Mehrteiliger Faltenbalg» entwickelten Varianten mit Kombination von steifem und biegsamem Material waren aufgrund funktionaler Mängel oder herstellungstechnischer Beschränkungen nicht umsetzbar.

Das auf einem Duschschlauch basierte Konzept wurde in einer vereinfachten Geometrie und einer statischen FEM-Simulation auf seine Funktionsgewährleistung untersucht. Ein degressiver Biegeradius-Kraft-Verlauf deutet auf ein funktionsfähiges Konzept hin, welches es in einem nächsten Schritt in einem serientauglichen Produkt umzusetzen gilt.

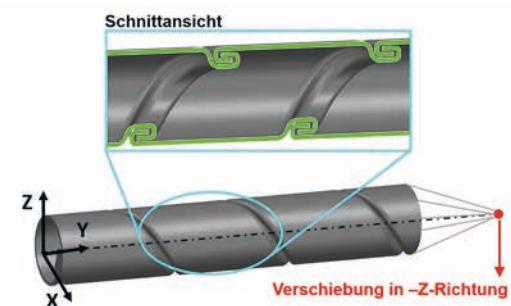
Eigendefinierter Biegeversuch mit Darstellung der Ausmessungen sowie des kritischen Biegeradii
Eigene Darstellung



Statische FEM-Simulation zur Evaluierung des Verdrehwinkels des Kühlmittelschlauch-Konzepts
Eigene Darstellung



Statische FEM-Simulation zur Ermittlung des Biegeradius-Kraft-Verlaufs des von einem Duschschlauch inspirierten Konzepts
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent

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

Themengebiet
Produktentwicklung,
Simulationstechnik

Projektpartner
Huber+Suhner AG,
Herisau, AR

Automatische Sensorsausrichtung mit Hilfe TOF Sensoren

Anwendung am UAV zur Bodenerkennung

Diplomand



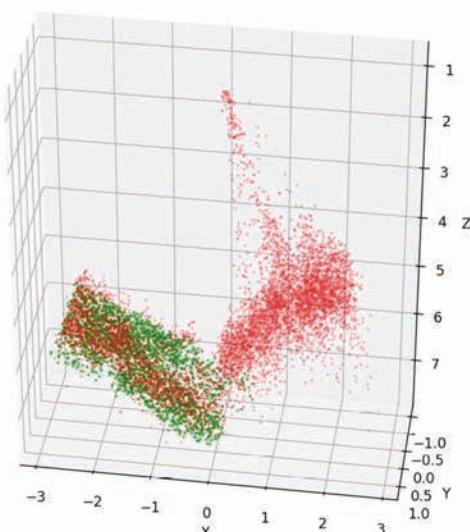
Lucas Vogel

Ausgangslage: Das ILT plant, einen bestehenden Hexacopter zur Untersuchung technologischer Möglichkeiten in der Landwirtschaft einzusetzen. Das Hauptziel besteht darin, autonom in geringer Flughöhe ein definiertes Suchgebiet zu überfliegen, um beispielsweise Schädlinge zu identifizieren. Ein wichtiges Feature dabei ist die Anpassungsfähigkeit des Gimbal, der die Kamera trägt. Dieser soll sich automatisch an die Geländeneigung anpassen, um optimale Aufnahmen zu erhalten.

Vorgehen/Technologien: Das Ziel ist eine präzise Höhen- und Neigungsmessung mittels TOF-Kamera sowie die Integration dieser Daten in die Steuerung. Es wurden zwei passende Methoden zur Datenauswertung gefunden und umgesetzt. Bei der Raster-Methode werden die 3D-Daten in Kacheln unterteilt und ihr Z-Median ermittelt. Anschliessend wird mittels der Kovarianzmatrix der Normalenvektor des Kachelfeldes bestimmt. Die zweite Methode verwendet den RANSAC-Algorithmus zur modellbasierten Suche des Bodens als geometrische Ebene. Das Abbruchkriterium wurde in Form einer Zeitüberwachung implementiert.

Ergebnis: Die Raster-Methode erwies sich als äusserst schnell und mit niedrigem Rechenbedarf. Ein Nachteil ist die Anfälligkeit gegenüber Störreinflüssen. Der RANSAC-Algorithmus hingegen erwies sich als sehr robust, jedoch wurde im Gegenzug ein Vielfaches an Rechenleistung benötigt. Mit Optimierungen nach Vorbild des USAC-Frameworks besteht hohes Potenzial zur Reduktion des Rechenaufwands und damit auch für eine bessere Echtzeit-Tauglichkeit. Es wurde festgestellt, dass nicht wie angenommen die

Distanz- und Neigungserkennung mittels RANSAC-Algorithmus
Eigene Darstellung



Verarbeitung, sondern die Erfassung der Daten und deren Qualität die grösste Herausforderung darstellt.

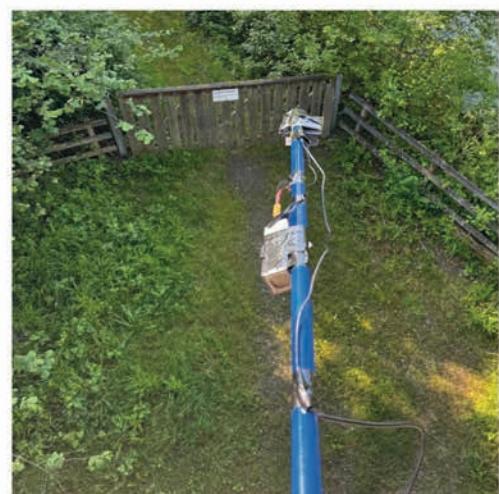
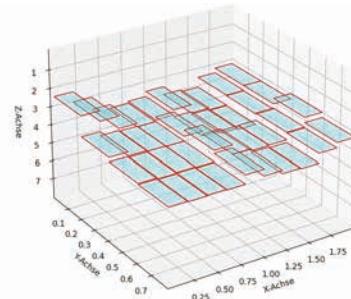
Hexacopter ILT

Eigene Darstellung



Distanzkacheln der Raster-Methode

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dejan Šećović

Korreferent

Pavel Jelinek, Rieter
Maschinenfabrik AG,
Winterthur, ZH

Themengebiet
Sensorik

Innovative Sensor-Entwicklung für den Liquid Water Content von Schnee

Diplomand



Peter Kuhn

Aufgabenstellung: Die Arbeit befasst sich damit, den Anteil von flüssigem Wasser im Schnee, Liquid Water Content (LWC) genannt, direkt im Schnee zu messen. Der LWC ist ein Parameter, der die physikalischen Eigenschaften von Schnee und damit das Verhalten von Schneedecken massgeblich beeinflusst. Durch ein genaues Verständnis dieses Parameters wird die Vorhersage von Lawinen verbessert, besonders von seltenen und bisher ungenügend prognostizierbaren Gleitschneelawinen.

Ziel ist, eine Methode zur Bestimmung des LWC zu entwickeln, die über die Möglichkeiten derzeitiger kommerzieller Produkte hinausgeht.

Vorgehen: In der Vorstudie wurde systematisch die vielversprechendste Messtechnik aus sechs Prinzipien ermittelt, darunter Vibration, elektrischer Widerstand, Refraktion mit einem Laser. Water Indicator Tape wurde im Elektronik-Bereich für Feuchtigkeits-Nachweise entwickelt.

Das Tape erwies sich als hervorragend geeignet, da es eine direkte Interaktion mit dem flüssigen Wasser im Schnee abbildet und die Ergebnisse quantitativ auswertbar sind. Mittels agiler Hardware-Entwicklung wurde das Tape unter Feldforschungsbedingungen zu einem funktionierenden System weiterentwickelt und eine Datenbank wurde erstellt. Dieser Prozess umfasste fünf Iterationen, der Messablauf wurde optimiert, als Endprodukt wurde eine tragbare Messeinheit gefertigt.

Ergebnis: Das Water Indicator Tape ermöglicht nicht nur eine Messung des LWC, sondern liefert zusätzliche Daten über die geometrischen Eigenschaften des Schnees. Diese erweiterten Messmöglichkeiten eröffnen neue Perspektiven für die Analyse und das

Verständnis von Schneemetamorphose, LWC und damit Lawinengefahr bei Gleitschneelawinen.

Die Arbeit zeigt, dass das entwickelte Messsystem mit Water Indicator Tape ein innovatives Werkzeug zur Bestimmung des LWC darstellt, das einfach zu handhaben ist und weiter erforscht und optimiert werden kann.

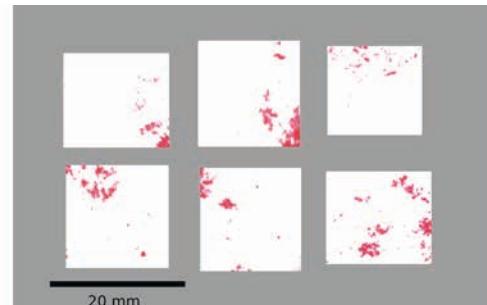
Messdurchführung in natürlichem Schnee.

Eigene Darstellung



Zweidimensionale Messergebnisse von flüssigem Wasser im Schnee

Eigene Darstellung



Endprodukt: Mobile Messeinheit für die Feldforschung.

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Albert
Loichinger

Korreferent

Dr. Fabian Eckermann,
HSE AG, Jona, SG

Themengebiet

Sensorik,
Produktentwicklung,
Maschinenbau-
Informatik

Simulationsgestützte Optimierung eines Inverterkühlers mit Gehäuse

Diplomand



Luca Paparo

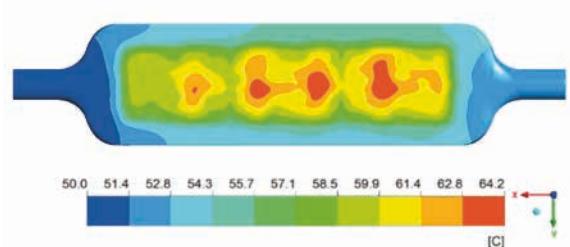
Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Konzepts für einen Inverterkühler mit zugehörigem Gehäuse, das innovative Lösungen zur Optimierung der Kühlleistung und des Druckverlustes bietet. Dabei werden effiziente Gestaltungsprinzipien unter Einbeziehung additiver Fertigungsmethoden berücksichtigt. Die Kontaktfläche zwischen dem Kühler und der zu kühlenden Elektronikkomponente darf bei zwei in Serie geschalteten Kühlern den Maximalwert von 80 °C nicht übersteigen. Das Projekt ist Teil des Formula-Student-Rennwagens der Ostschweizer Fachhochschule.

Vorgehen: Das Vorgehen beinhaltet eine umfassende Literatur- und Patentrecherche, die Erstellung und Bewertung verschiedener Kühlkonzepte sowie die Durchführung von Simulationen und Vorversuchen zur Strukturfindung. Der Fokus liegt dabei auf TPMS-Strukturen (Triply Periodic Minimal Surface) im Inneren des Kühlers, um die Wärmeabfuhr sowie die Temperatur der Kontaktflächen zwischen den Inverterkomponenten und dem Kühler zu optimieren. Um mehrere Szenarien abzudecken, werden die Simulationen jeweils mit 20 °C und 50 °C Eintrittsfluid durchgeführt.

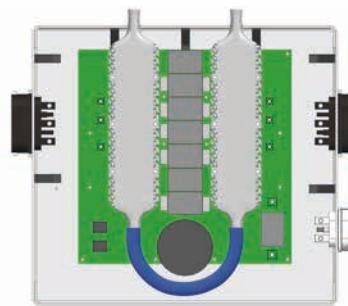
Ergebnis: Die Vorstudie zeigte durch Tests von drei verschiedenen TPMS-Strukturen zur Identifizierung der optimalen Küllerinnenstruktur, dass die Lidinoid-Struktur die besten Ergebnisse liefert. Durch mehrere Iterationen zur Druckverlustreduzierung und Temperaturoptimierung konnte ein optimierter Kühler entwickelt werden. Bei Einlasstemperaturen von 20 °C und 50 °C reduzierte dieser dabei die maximale Kontaktflächentemperatur um bis zu 40% mehr im Vergleich zu herkömmlichen Kühlern. Bei 50 °C Einlasstemperatur erreichten die in Serie geschalteten,

optimierten Kühler eine maximale Kontaktflächentemperatur von 66,8 °C, eine Ausgangstemperatur des Fluids von 55,2 °C und einen gesamten Druckverlust von 23598 Pascal. Dies entspricht einer zu überwindenden Pumpenleistung von 3,1 Watt. Es wird empfohlen, die Elektronikkomponenten unterschiedlich stark auszulasten, um eine gleichmässigere Temperaturverteilung der in Serie geschalteten Kühler zu erreichen.

Maximale Kontaktflächentemperatur des optimierten Kühlers bei 50 °C Einlasstemperatur
Eigene Darstellung



Offenes Gehäuse mit beiden Kühln, PCB und den vorgegebenen Komponenten
Eigene Darstellung



Optimierter Kühler, produktionsbereit und im Höhenschnitt
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Dario Schafroth

Korreferent

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

Themengebiet
Simulationstechnik,
Fertigungstechnik,
Produktentwicklung

Projektpartner
Racing OST,
Rapperswil-Jona,
St. Gallen

Unsere Institute am Campus Rapperswil-Jona

IBU Institut für
Bau und Umwelt

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

INS Institut für
Netzwerke und Sicherheit

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

ICOM

INSTITUT FÜR
KOMMUNIKATIONSSYSTEME

ICOM Institut für Kommunikationssysteme
icom@ost.ch, www.ost.ch/icom

IPEK

Institut für Produktdesign,
Entwicklung und Konstruktion

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

IET

Institut für
Energietechnik

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

IRAP

Institut für
Raumentwicklung

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

IFS

Institut für
Software

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

iwk

INSTITUT FÜR WERKSTOFFTECHNIK
UND KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

IWK Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung
frank.ehrig@ost.ch, www.ost.ch/iwk

ikik

Institut für Kommunikation
und interkulturelle Kompetenz

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

SPF

INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

SPF Institut für Solartechnik
andreas.haeberle@ost.ch, www.ost.ch/spf

ilf

INSTITUT FÜR
LANDSCHAFT UND FREIRAUM

ILF Institut für Landschaft und Freiraum
ilf@ost.ch, www.ost.ch/ilf

UMTEC

INSTITUT FÜR UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK

UMTEC Institut für Umwelt- und
Verfahrenstechnik
umtec@ost.ch, www.ost.ch/umtec

ILT

Institute for Lab Automation
and Mechatronics

ILT Institut für Laborautomation
und Mechatronik
agathe.koller@ost.ch, www.ost.ch/ilt

WERZ

INSTITUT FÜR WISSEN
ENERGIE UND ROHSTOFFE ZUG

WERZ Institut für Wissen,
Energie und Rohstoffe Zug
werz@ost.ch, www.ost.ch/werz

IMES

Institut für Mikroelektronik,
Embedded Systems und Sensorik

IMES Institut für Mikroelektronik, Embedded
Systems und Sensorik
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

