



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences



2022  
Abschlussarbeiten  
Travaux de fin d'études  
Graduation Theses

**BSc in Maschinenteknik**  
**BSc en Mécanique**  
**BSc in Mechanical Engineering**

- ▶ Technik und Informatik
- ▶ Technique et informatique
- ▶ Engineering and Computer Science

# Inhalt

## Table des matières

## Contents

### Titel

2	Editorial
3	Maschinentechnik an der BFH
5	Steckbrief
6	Interviews mit Studierenden
8	Zusammenarbeitsformen
10	Industriepartner
12	Liste der Studierenden
13	Abschlussarbeiten
38	Infoveranstaltungen
39	Alumni*ae BFH

### Titre

2	Éditorial
3	La mécanique à la BFH
5	Fiche signalétique
6	Interviews d'étudiant-e-s
8	Formes de collaboration
10	Partenaires industriels
12	Liste des étudiant-e-s
13	Travaux de fin d'études
38	Séances d'information
39	Alumni BFH

### Title

2	Editorial
3	Mechanical Engineering at BFH
5	Fact Sheet
6	Interviews with students
8	Collaboration
10	Industry partners
12	List of students
13	Graduation theses
38	Information events
39	Alumni BFH

### Impressum

Berner Fachhochschule  
Technik und Informatik  
kommunikation.ahb-ti@bfh.ch

### Online

[bfh.ch/ti/book](http://bfh.ch/ti/book)

### Inserate

[bfh.ch/ti/book](http://bfh.ch/ti/book)

### Layout

Hot's Design Communication SA

### Druck

[staempfli.com](http://staempfli.com)

### Impressum

Haute école spécialisée bernoise  
Technique et informatique  
communication.ahb-ti@bfh.ch

### Online

[bfh.ch/ti/book-fr](http://bfh.ch/ti/book-fr)

### Annonces

[bfh.ch/ti/book-fr](http://bfh.ch/ti/book-fr)

### Mise en page

Hot's Design Communication SA

### Impression

[staempfli.com](http://staempfli.com)

### Imprint

Bern University of Applied Sciences  
Engineering and Information Technology  
communication.ahb-ti@bfh.ch

### Online

[bfh.ch/ti/book-en](http://bfh.ch/ti/book-en)

### Advertisements

[bfh.ch/ti/book-en](http://bfh.ch/ti/book-en)

### Layout

Hot's Design Communication SA

### Printing

[staempfli.com](http://staempfli.com)



**Prof. Dr. Axel Fuerst**  
**Leiter Maschinentechnik**  
**Responsable du domaine Mécanique**  
**Head of Mechanical Engineering Division**

#### **Liebe Leserin, lieber Leser**

Ein weiteres Schuljahr mit aussergewöhnlichen Randbedingungen liegt hinter uns. Diesmal konnte der Unterricht vor Ort praktisch durchgehend angeboten werden. Es gab nur wenige Ausfälle, die mit online oder hybridem Unterricht ausgeglichen werden konnten. Dank der letzten beiden Jahre sind wir inzwischen auch gut auf die Online-Unterrichtsformen eingestellt.

Mit einem Blick auf die verschiedenen Fächer fällt positiv auf, dass der Lernerfolg im Allgemeinen nicht gelitten hat. Allerdings ist zu bemerken, dass die ersten Semester weniger Chancen zur Teambildung hatten, was in den höheren Semestern weniger relevant war, da die Lerngruppen bereits gebildet waren.

So ist es in diesem Jahr den Studierenden wieder gelungen, hervorragende Arbeiten für die mehrheitlich industriellen Auftraggeber und zu einem etwas kleineren Teil auch aus der kompetitiven Forschung zu erstellen. Lassen Sie sich die spannenden Arbeiten an unserem Techday, der Thesis-Ausstellung, persönlich vorstellen.

Ich gratuliere den diesjährigen Absolvent\*innen zum erfolgreichen Abschluss!

#### **Chère lectrice, cher lecteur,**

Une nouvelle année académique marquée par des contraintes aussi nombreuses qu'exceptionnelles est derrière nous. Une année au cours de laquelle l'enseignement présentiel a pu être proposé pratiquement sans interruption, et qui n'a été marquée que par de rares interruptions compensées intégralement par l'enseignement hybride ou à distance. À l'issue de ces deux années, nous sommes aujourd'hui en mesure de proposer un enseignement en ligne de qualité.

Fait réjouissant : un coup d'œil aux différentes disciplines fait en outre apparaître que, de manière générale, l'acquisition des connaissances et des compétences n'a pas pâti de la situation. Il convient néanmoins de relever que les conditions offertes aux étudiant-e-s des premiers semestres se prêtaient assez difficilement à la constitution d'équipes, un facteur de moindre importance pour les étudiant-e-s des semestres supérieurs, pour lesquels les groupes d'études sont déjà formés.

Envers et contre tout, cette année encore, les étudiant-e-s se sont distingués par d'excellents travaux pour des clients majoritairement industriels et, dans une moindre mesure, issus de la recherche compétitive. Pour découvrir en personne ces travaux passionnants, ne manquez pas notre Techday, au cours duquel les mémoires sont exposés.

Je saisis cette opportunité pour féliciter les étudiant-e-s pour l'obtention de leur diplôme.

#### **Dear Reader**

Another academic year under extraordinary circumstances has passed. This time, we were able to offer in-person tuition throughout almost the entire year. There were only a few short periods that had to be bridged with online or hybrid teaching. With our experience of the past two years, we are now well versed in online forms of teaching.

Looking at the various subjects, it is encouraging to see that learning progress in general has not suffered. However, it should be noted that the students in the first few semesters had fewer opportunities for team building, which was less relevant for the higher semesters because the study groups had already been formed.

This year, the students have once again succeeded in producing outstanding theses for the predominantly industrial clients, as well as a smaller proportion from competitive research. Come and see the exciting theses presented on our Techday, the thesis exhibition.

Congratulations to this year's graduates on successfully completing their degree!

# Maschinentechnik an der BFH

## La mécanique à la BFH

### Mechanical Engineering at BFH

An der Berner Fachhochschule BFH wird anwendungsorientiert gelehrt und geforscht. Das Zusammenspiel von Lehre, Forschung und Entwicklung sowie Weiterbildung gewährleistet am Departement Technik und Informatik Praxisnähe, innovative und zukunftsgerichtete Lösungen, gepaart mit unternehmerischem Spirit. Der Fachbereich Maschinentechnik ist einer der sieben Fachbereiche des Departements, der Studiengänge und Vertiefungen auf Bachelor- und Masterstufe anbietet. Wer hier studiert, kann dies interdisziplinär, mit viel Nähe zur Wirtschaft und im internationalen Kontext tun.

Das Bachelor-Studium der Maschinentechnik fördert die von der Industrie benötigten interdisziplinären Fach- und Projektleitungskompetenzen, dank derer Absolvent\*innen national wie auch international gesuchte Fachkräfte werden. Dies beinhaltet einerseits fundierte Grundkenntnisse der Maschinentechnik und Digitalisierung, andererseits Praxiserfahrung, die durch verschiedene Projekte erworben wird. Die Fähigkeiten, erfolgreich zu kommunizieren, kreativ und kritisch zu denken sowie im Team zielorientiert zu arbeiten, ergänzen dieses Rüstzeug.

Das Maschinentechnik-Studium bietet maximalen Praxisbezug. Die Studieninhalte orientieren sich am technischen Fortschritt. Im Abschlussjahr wählen die Studierenden eine von drei Vertiefungen: Digitalisierung im Maschinenbau, Produktentwicklung oder Prozesstechnik. Den Schwerpunkt bildet die digitale Entwicklung von Produkten und Prozessen. Das Gelernte wird in die Praxis umgesetzt, die Studierenden arbeiten zum Beispiel an modernen Mikrofertigungsmaschinen oder erproben ihre selbst entwickelten Fertigungsprozesse an Hightech-Lasern oder an der Lithium-Ionen-Batterieherstellung.

Die Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (MEM-Industrie) erbringt rund die Hälfte der industriellen Wertschöpfung, was mehr

L'enseignement et la recherche à la Haute école spécialisée bernoise BFH sont axés sur les applications. Au sein du département Technique et informatique, l'interaction entre la formation, la recherche et le développement garantit une formation continue axée sur la pratique, des solutions innovantes et orientées vers l'avenir, le tout couplé à l'esprit d'entreprise. Le domaine Mécanique est l'un des sept domaines de spécialité du département à proposer des filières d'études et des orientations aux niveaux bachelor et master. Les personnes qui choisissent d'y étudier peuvent suivre un cursus interdisciplinaire, offrant une grande proximité avec les milieux économiques et dans un contexte international.

Le cursus de bachelor en Mécanique développe l'expertise professionnelle et les compétences de gestion des projets requises par l'industrie – qui plus est dans diverses disciplines –, et qui font de nos diplômé-e-s des spécialistes recherchés en Suisse comme à l'étranger. Il permet d'acquérir de solides connaissances de base en mécanique, que les étudiant-e-s mettent en pratique dans le cadre de divers projets. Ce bagage est complété par l'enseignement de l'art de la communication, de la pensée créative et critique, et du travail en équipe en vue d'atteindre un but commun.

Les études en Mécanique assurent un ancrage optimal dans la pratique. Les contenus de la formation sont orientés vers le progrès technique. En dernière année, les étudiant-e-s optent pour l'une des trois orientations suivantes : numérisation et construction mécanique, développement de produits et technique des processus. L'accent est mis sur le développement numérique de produits et processus. Les connaissances sont mises en pratique par les étudiant-e-s, qui travaillent sur des machines de microfabrication modernes, des lasers de haute technologie ou encore des installations de production de batteries

Teaching and research activities at Bern University of Applied Sciences BFH place a strong focus on application. At the School of Engineering and Computer Science, the fusion of teaching, research and development and continuing education – coupled with an entrepreneurial spirit – guarantees practice-driven, innovative and future-oriented solutions. The Medical Informatics Division is one of the school's seven divisions and offers degree programmes and specialisations at bachelor and master's level. Studying here offers you an interdisciplinary approach, close links with industry and an international environment.

The bachelor's degree programme in Mechanical Engineering promotes the interdisciplinary technical and project management skills required by industry, which means its graduates are highly sought-after specialists both in Switzerland and around the world. This includes in-depth basic knowledge of mechanical engineering and digitalisation, but also practical experience acquired through various projects. The ability to communicate successfully, think creatively and critically, and work in a target-oriented way as part of a team complements these skills.

The Mechanical Engineering degree programme offers maximum practical application. The course content is geared towards the latest technical advancements. Students select one of three specialisations in the final year: digitalisation in mechanical engineering, product development and process technology. Here, the focus is on the digital development of products and processes. Students put what they learn into practice, working on state-of-the-art micro-manufacturing machines, high-tech lasers or lithium-ion battery manufacturing plants to test the production processes they have developed.



4 als sieben Prozent des Bruttoinlandproduktes entspricht. Sie ist mit etwa 320'000 Beschäftigten die grösste industrielle Arbeitgeberin der Schweiz. Grundlage für diesen enormen Erfolg sind die gut ausgebildeten Ingenieur\*innen.

Aufbauend auf dem Bachelor-Studium können Absolvent\*innen ein Master-Studium zur weiteren Spezialisierung im eigenen Fachgebiet absolvieren. Das Weiterbildungsangebot richtet sich an Ingenieur\*innen und angehende Manager\*innen, die ihre Kompetenzen erweitern oder ergänzen wollen. Nebst den Tätigkeiten in den Bereichen Lehre und Weiterbildung wird anwendungs- und marktorientierte Forschung betrieben, um den Wissenstransfer in die Wirtschaft und die Nähe zur Industrie zu gewährleisten.

#### **Erfahren Sie über diese nützlichen Links mehr über**

- › den Fachbereich Maschinentechnik: [bfh.ch/maschinen](http://bfh.ch/maschinen)
- › das Departement Technik und Informatik: [bfh.ch/ti](http://bfh.ch/ti)
- › Forschung an der BFH: [bfh.ch/forschung](http://bfh.ch/forschung)
- › Weiterbildungsangebote am Departement Technik und Informatik: [bfh.ch/ti/weiterbildung](http://bfh.ch/ti/weiterbildung)
- › ein Bachelor-Studium: [bfh.ch/ti/bachelor](http://bfh.ch/ti/bachelor)
- › ein Master-Studium: [bme.master.unibe.ch](http://bme.master.unibe.ch)  
[bfh.ch/mse](http://bfh.ch/mse)  
[precision-engineering.unibe.ch](http://precision-engineering.unibe.ch)
- › die Zusammenarbeit mit der Industrie: [bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)
- › Entrepreneurship an der BFH-TI: [bfh.ch/ti/entrepreneurship](http://bfh.ch/ti/entrepreneurship)

lithium-ion, notamment pour y tester des processus de production développés par leurs soins.

L'industrie des machines, des équipements électriques et des métaux (industrie MEM), qui compte quelque 320 000 employé-e-s, est le plus grand employeur industriel de Suisse. Elle pèse plus de la moitié de la valeur ajoutée industrielle, ce qui représente plus de 7 % du PIB. Cet énorme succès repose sur la bonne formation des ingénieur-e-s.

À l'issue de leur cursus de bachelor, les étudiant-e-s peuvent se spécialiser dans leur domaine en effectuant un master. L'offre de formation continue s'adresse aux ingénieur-e-s et aux futur-e-s managers qui souhaitent étendre ou enrichir leurs compétences. Outre les activités dans la formation et la formation continue, ce domaine de spécialité propose des activités de recherche axées sur le marché et les applications, garantissant ainsi le transfert des connaissances dans le monde de l'économie et la proximité avec l'industrie.

#### **Quelques liens vers des informations utiles sur**

- › le domaine Mécanique: [bfh.ch/ti/mecanique](http://bfh.ch/ti/mecanique)
- › le département Technique et informatique: [bfh.ch/ti](http://bfh.ch/ti)
- › la recherche à la BFH: [bfh.ch/recherche](http://bfh.ch/recherche)
- › l'offre de formation continue du département Technique et informatique: [bfh.ch/ti/formationcontinue](http://bfh.ch/ti/formationcontinue)
- › les études de bachelor: [bfh.ch/ti/bachelor](http://bfh.ch/ti/bachelor)
- › les études de master: [bme.master.unibe.ch](http://bme.master.unibe.ch)  
[bfh.ch/fr-mse](http://bfh.ch/fr-mse)  
[precision-engineering.unibe.ch](http://precision-engineering.unibe.ch)
- › la collaboration avec l'industrie: [bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)
- › l'entrepreneuriat à la BFH-TI: [bfh.ch/ti/entrepreneurship](http://bfh.ch/ti/entrepreneurship)

The mechanical and electrical engineering (MEM) industries account for around half of industrial value creation, which equates to over 7% of GDP; they are also the biggest industrial employer in Switzerland with a 320,000-strong workforce. This remarkable success is founded on highly qualified engineers.

Bachelor's degree graduates can undertake a master's programme to pursue in-depth specialisation in their particular field. The continuing-education programmes are aimed at engineers and prospective managers who wish to extend or enhance their skills. In addition to our activities in teaching and continuing education, we conduct application-led, market-oriented research to ensure an efficient knowledge transfer and close ties to industry.

#### **Here are some useful links to learn more about**

- › the Mechanical Engineering Division: [bfh.ch/mechanical](http://bfh.ch/mechanical)
- › the School of Engineering and Computer Science: [bfh.ch/ti/en](http://bfh.ch/ti/en)
- › research at BFH: [bfh.ch/research](http://bfh.ch/research)
- › continuing education courses at the School of Engineering and Computer Science: [bfh.ch/ti/continuingeducation](http://bfh.ch/ti/continuingeducation)
- › Bachelor studies: [bfh.ch/ti/bachelor](http://bfh.ch/ti/bachelor)
- › Master studies: [bme.master.unibe.ch](http://bme.master.unibe.ch)  
[bfh.ch/en-mse](http://bfh.ch/en-mse)  
[precision-engineering.unibe.ch](http://precision-engineering.unibe.ch)
- › cooperation with the industry: [bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)
- › entrepreneurship at BFH-TI: [bfh.ch/ti/entrepreneurship](http://bfh.ch/ti/entrepreneurship)

# Steckbrief

## Fiche signalétique

### Fact Sheet

5

#### Titel/Abschluss

Bachelor of Science (BSc)

#### Studienform

Vollzeitstudium (6 Semester), berufs begleitendes Studium (9 Semester, Unterricht an zwei vollen Tagen), Teilzeit (nach individuellem Plan) oder praxisintegriertes Bachelor-Studium für Inhaber\*innen einer gymnasialen Maturität (8 Semester).

#### Unterrichtssprache

Deutsch

#### Vertiefungen

Nach dem Grundstudium wählen die Studierenden für das Abschlussjahr eine von drei möglichen Vertiefungen.

- **Digitalisierung im Maschinenbau**
  - Zusammenspiel von Mechanik, Elektronik und Informatik in komplexen Maschinen und Anlagen
  - Behandlung von Beispielen aus den Bereichen Industrie und Werkzeugmaschinen
  - Roboter in der Rehabilitationstechnik
- **Produktentwicklung**
  - Entwicklung innovativer Produkte von der Ideensuche bis zum Recycling
  - Einsatz von Berechnungen und Simulationswerkzeugen
  - Leichtbau, Leichtbauwerkstoffe und Industrie-Design
- **Prozesstechnik**
  - Subtraktive und additive Fertigungsverfahren
  - Wechselwirkung Energie-Materie am Beispiel von Laser-Prozessen
  - Gestaltung von lasergestützten, additiven Verfahren

#### Bachelor-Arbeit

Schon während des Studiums beschäftigen sich die Studierenden mit Projekten aus der Praxis. Praktisch alle Abschlussarbeiten werden für Partner aus der Wirtschaft oder für aktuelle Forschungsprojekte verfasst.

#### Kontakt

Haben Sie Fragen zum Studium? Können Sie sich vorstellen, dass Studierende im Rahmen von Projekt- und Bachelor-Arbeiten für Ihre Firma forschen und entwickeln?

+41 34 426 43 48 (Sekretariat)  
maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/maschinen

#### Titre/Diplôme

Bachelor of Science (BSc)

#### Forme des études

Études à plein temps (6 semestres), en cours d'emploi (9 semestres, deux journées complètes de cours), à temps partiel (selon plan individuel) ou bachelor intégrant la pratique pour les titulaires d'une maturité gymnasiale (8 semestres).

#### Langue d'enseignement

Allemand

#### Orientations

Après les études de base, les étudiant-e-s choisissent une orientation parmi trois pour la dernière année.

- **Numérisation et construction mécanique**
  - Interaction de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique dans des machines et installations complexes
  - Traitement d'exemples des domaines des machines industrielles et des machines-outils
  - Robotique de réhabilitation
- **Développement de produit**
  - Développement de produits innovants, de la recherche d'idée au recyclage
  - Utilisation d'outils de calcul et de simulation
  - Construction légère, matériaux légers et conception industrielle
- **Technique des processus**
  - Procédés de fabrication soustractive et additive
  - Interaction matériau-énergie sur l'exemple des processus laser
  - Conception de processus additifs assistés par laser

#### Mémoire de bachelor

Pendant leur formation, les étudiant-e-s traitent des projets issus de la pratique. Presque tous les mémoires portent sur l'activité de partenaires industriels ou sur des projets de recherche en cours.

#### Contact

Avez-vous des questions sur les études? Pouvez-vous concevoir que des étudiant-e-s s'adonnent à la recherche et au développement pour votre entreprise dans le cadre de travaux de projet ou de leur mémoire de bachelor?

+41 34 426 43 48 (secrétariat)  
maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/mecanique

#### Title/degree

Bachelor of Science (BSc)

#### Mode of study

Full-time (6 semesters), work-study (9 semesters, courses on two full days), part-time (based on individual schedule) or work-study bachelor's degree programme for holders of a general baccalaureate (8 semesters).

#### Language of instruction

German

#### Specialisations

After completing the foundation courses, students select one of three specialisation options for the final year.

- **Digitalisation in mechanical engineering**
  - Interaction of mechanics, electronics and IT in complex machines and systems
  - Getting to grips with examples involving industrial and tooling machinery
  - Robots in rehabilitation technology
- **Product development**
  - Development of innovative products from the search for ideas to recycling
  - Use of calculation and simulation tools
  - Lightweight construction, lightweight materials and industrial design
- **Process technology**
  - Subtractive and additive manufacturing processes
  - Interaction between energy and matter using the example of laser processes
  - Design of laser-supported additive processes

#### Bachelor's thesis

Students tackle application-based projects during the programme. Practically all theses are written for partners from industry or for current research projects.

#### Contact

Do you have any questions about the degree programme? Could you imagine students carrying out research and development tasks for your company as part of project assignments and bachelor's theses?

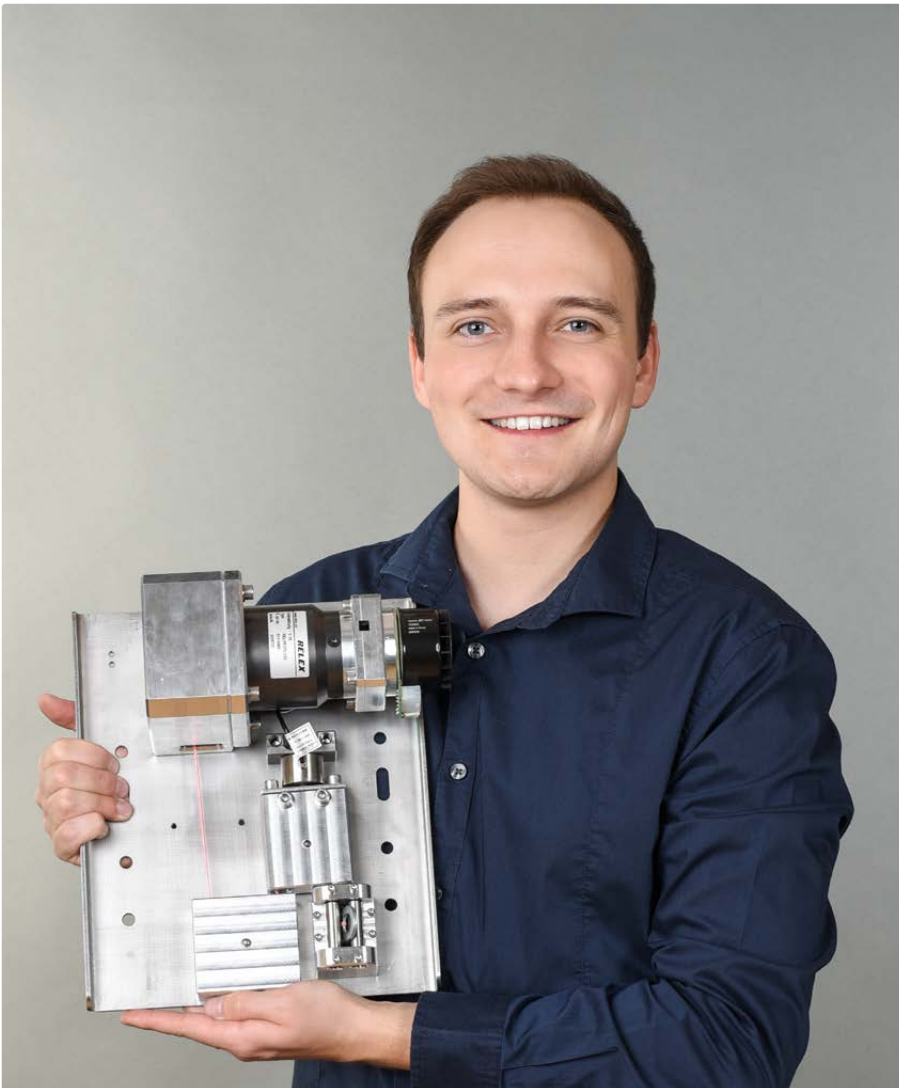
+41 34 426 43 48 (faculty office)  
maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/mechanical

# Interviews mit Studierenden

## Interviews d'étudiant-e-s

### Interviews with students

6



Yannic Röthlisberger

#### Warum haben Sie sich für dieses Studium entschieden?

Ich war schon immer sehr an Technik interessiert. Aus diesem Grund entschied ich mich nach der obligatorischen Schulzeit zu einer Lehre als Automatiker. Es war jedoch schon damals mein Traum, später als Ingenieur zu arbeiten, mich noch mehr mit Technik zu beschäftigen, viele dieser spannenden technischen Systeme zu verstehen und diese selbst zu entwickeln.

Daher lag es bei mir schon früh auf der Hand, dass ich mich nach der Lehre noch weiterbilden werde.

Nach erfolgreichem Lehrabschluss und einem Zwischenjahr war es schliesslich so weit und ich konnte mein Studium zum BSc Maschinentechnik beginnen. Ich entschied mich für dieses Studium, da es sich mit der Entwicklung technischer Systeme befasst,

ohne zu fest auf eine Richtung fixiert zu sein.

Jetzt, knapp drei Jahre später, stehe ich kurz vor meinem Abschluss und kann dank der breiten Basis des Maschinentechnik Studiums zwischen vielen verschiedenen Arbeitsbereichen auswählen.

#### Wie sah der Studienalltag aus? Was gefiel Ihnen besonders gut an diesem Studium?

Ich habe mich für ein Vollzeitstudium entschieden, um mich voll auf das Studium zu konzentrieren. In den ersten beiden Jahren haben wir uns die mathematischen, technischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse angeeignet, welche wir später benötigten. Zu Beginn des Studiums geschah dies noch vor Ort in kleinen

Klassen. Ab Ausbruch des Coronavirus fand das Studium schliesslich online von zu Hause aus statt.

Das letzte Studienjahr war mein Lieblingsjahr. In vielen kleinen und grösseren Projekten in der Vertiefung konnte das zuvor angeeignete Wissen praktisch angewendet und erweitert werden. Dies erlaubte einen ersten Einstieg in das Ingenieursdasein. Dies hat mir besonders gut gefallen.

#### Arbeiteten Sie nebenher (während des Semesters/während der Ferien)?

In meinem Zwischenjahr, zwischen Lehre und Beginn des Studiums, genoss ich die Ausbildung zum Tauchlehrer. Diese Ausbildung erwies sich als sehr praktisch, da ich gelegentlich während des Semesters, aber vor allem in den Semesterferien, als Tauchlehrer arbeiten konnte. So erhielt ich eine spannende Abwechslung zum Studienalltag. Das Studium hatte jedoch immer Vorrang.

#### Was möchten Sie nach dem Studium machen? Inwiefern können Sie von Ihrem Studium profitieren?

Im Studium erkannte ich mein grosses Interesse an Mechatronik, dem Zusammenspiel zwischen Mechanik, Elektronik und Software. Dies konnte ich auch in meiner Vertiefung Mechatronik ausleben. Nach dem Studium möchte ich nun in diesem Bereich arbeiten und mein Wissen weiter vertiefen.

#### Welchen Tipp haben Sie für jemanden, der dieses Studium in Betracht zieht?

Ich empfehle das Studium allen Technikinteressierten. Das Maschinentechnik Studium ist super, da es Einblicke in viele verschiedene Bereiche wie klassische Mechanik, Materialwissenschaften, Elektrotechnik, Software und viele weitere Teilgebiete ermöglicht. Somit fällt den Studienabgänger\*innen die Wahl, in welchem Bereich sie später Arbeiten möchten, massiv leichter.







# Zusammenarbeitsformen

## Formes de collaboration

### Collaboration

8 Neue Erkenntnisse gewinnen, Synergien schaffen, Praxisnähe erfahren: Die Berner Fachhochschule arbeitet in der angewandten Forschung und Entwicklung eng mit der Wirtschaft und der Industrie zusammen. Dadurch wird die Verknüpfung von Forschung und Lehre gestärkt, und es fließt neues Wissen in den Unterricht ein. Dies führt zu einer qualitativ hochwertigen und praxisnahen Lehre. Damit Unternehmen bereits heute die Spezialistinnen und Spezialisten von morgen kennenlernen oder sich an eine Thematik herantasten können, besteht die Möglichkeit, Projekt- oder Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit mit Studierenden durchzuführen. Als Wirtschaftspartner können Sie Themen vorschlagen. Werden Themen gewählt, bearbeiten Studierende diese alleine oder in kleinen Gruppen in dafür vorgesehenen Zeitfenstern selbstständig. Dabei werden die Studierenden von ihrer Fachperson sowie einer Dozentin oder einem Dozenten der Berner Fachhochschule betreut. Die Rechte und Pflichten der beteiligten Parteien werden in einer Vereinbarung geregelt.

Möchten Sie Themen für studentische Arbeiten vorschlagen und mehr über eine mögliche Zusammenarbeit erfahren? Kontaktieren Sie uns und überzeugen Sie sich vom Innovationspotenzial unserer Studierenden.

[bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)

Acquérir de nouvelles connaissances, créer des synergies, découvrir la pertinence pratique : dans le domaine de la recherche appliquée et du développement, la Haute école spécialisée bernoise travaille en étroite collaboration avec l'économie et l'industrie. Le lien entre la recherche et la formation est ainsi renforcé et l'enseignement profite des nouvelles connaissances. Il en résulte une formation de grande qualité, axée sur la pratique. Pour que les entreprises puissent faire aujourd'hui déjà la connaissance des spécialistes de demain ou aborder un sujet particulier, elles ont la possibilité de réaliser des projets ou des travaux de fin d'études en collaboration avec des étudiant-e-s. En tant que partenaire économique, vous pouvez proposer des thèmes. S'ils sont choisis, les étudiant-e-s les traitent ensuite de manière autonome, seul-e-s ou en petits groupes, dans les créneaux horaires prévus à cet effet. Ils et elles sont encadré-e-s par votre spécialiste ainsi que par un-e enseignant-e de la Haute école spécialisée bernoise. Une convention régit les droits et obligations des parties au projet.

Souhaitez-vous proposer des thèmes pour des travaux d'étudiant-e-s et en savoir plus sur une éventuelle collaboration? Contactez-nous et laissez-vous convaincre par le potentiel d'innovation de nos étudiant-e-s.

[bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)

Gain new insights, create synergies, experience practical relevance: Bern University of Applied Sciences BFH works closely with business and industry in areas of applied research and development. This strengthens the link between research and education, allowing new knowledge to flow into our teaching, which leads to high-quality and practice-oriented degree programmes. In order for companies to meet our future specialists or to explore a topic, they can carry out projects or theses in cooperation with our students. As a business partner, you can suggest topics. Once these topics are selected, the students work on the projects independently, either individually or in small groups, within designated time frames. They are supervised by both your specialist and a BFH lecturer. The rights and obligations of the parties involved are set out in a written agreement.

Would you like to suggest topics for student projects and find out more about a possible cooperation? Contact us and convince yourself of the innovation potential of our students.

[bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)

### Studentische Arbeiten | Travaux d'étudiant-e-s | Student projects

Das Modell einer flexiblen Zusammenarbeit mit Industrie und Wirtschaft wird in studentischen Arbeiten erfolgreich umgesetzt:  
La flexibilité du modèle de collaboration avec l'industrie et l'économie se concrétise avec succès dans les travaux d'étudiant-e-s:  
The model of flexible cooperation with industry and business is successfully implemented in student projects:



Semesterarbeiten, Bachelor-Thesis, Master-Thesis  
Travaux de semestre, travail de bachelor, mémoire de master  
Semester projects, bachelor thesis, master thesis



Wochen bis Monate  
De quelques semaines à plusieurs mois  
Several weeks or months



Kostenbeitrag zulasten des Auftraggebers  
Frais à charge du donneur d'ordre  
Costs are at the expense of the client

### Auftragsforschung und Dienstleistungen | Recherche sous contrat et prestations de service | Contract Research and Services

Wir bieten Auftragsforschung und erbringen vielfältige Dienstleistungen für unsere Kundinnen und Kunden (inkl. Nutzung der BFH-Infrastruktur sowie des Forschungsnetzwerkes). | Nous effectuons des recherches sous contrat et fournissons une vaste palette de prestations de services à nos clientes et clients – y compris l'utilisation des infrastructures BFH et du réseau de recherche. | We carry out contract research and provide a wide range of services for our clients, such as exclusive use of the BFH infrastructure and the research network.



Planung, Coaching, Tests, Expertisen, Analysen;  
durchgeführt von Expertinnen und Experten  
Planification, coaching, tests, expertises, analyses par des expert-e-s  
Planning, Coaching, Tests, Expertise, Analysis: done by experts



Wochen bis Monate  
De quelques semaines à plusieurs mois  
Several weeks or months



Marktbüchliche Preise  
Prix du marché  
Prevailing prices

### F&E-Kooperationen | Coopérations R&D | R & D Collaboration

Die BFH-TI erbringt Leistungen im Bereich der angewandten Forschung und Entwicklung:  
La BFH-TI fournit des prestations de service dans le domaine de la recherche appliquée et du développement:  
The BFH-TI provides services in Applied Research and Development:



Kooperationen mit Fördermitteln – mittlere und  
grössere Projekte mit:  
Coopérations bénéficiant de subventions – projets de moyenne  
et grande envergure avec:  
Public Aid – medium and large-sized projects with:  
Innosuisse, SNF / FNS, EU / UE



Monate bis Jahre  
De quelques mois à plusieurs années  
Several months or years



Teilfinanziert durch  
öffentliche Fördergelder  
Financement partiel par  
des subventions publiques  
Partly public funding

# Industriepartner

## Partenaires industriels

## Industry partners

10 Eine enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern ist uns äusserst wichtig. Zahlreiche Abschlussarbeiten sind in Kooperation mit Firmen aus der ganzen Schweiz entstanden. Wir bedanken uns bei diesen Firmen für die fruchtbare Zusammenarbeit!

[bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)

À nos yeux, une collaboration étroite avec des partenaires industriels est extrêmement importante. De nombreux mémoires se font en partenariat avec des entreprises de toute la Suisse. Nous remercions ces entreprises pour cette fructueuse collaboration!

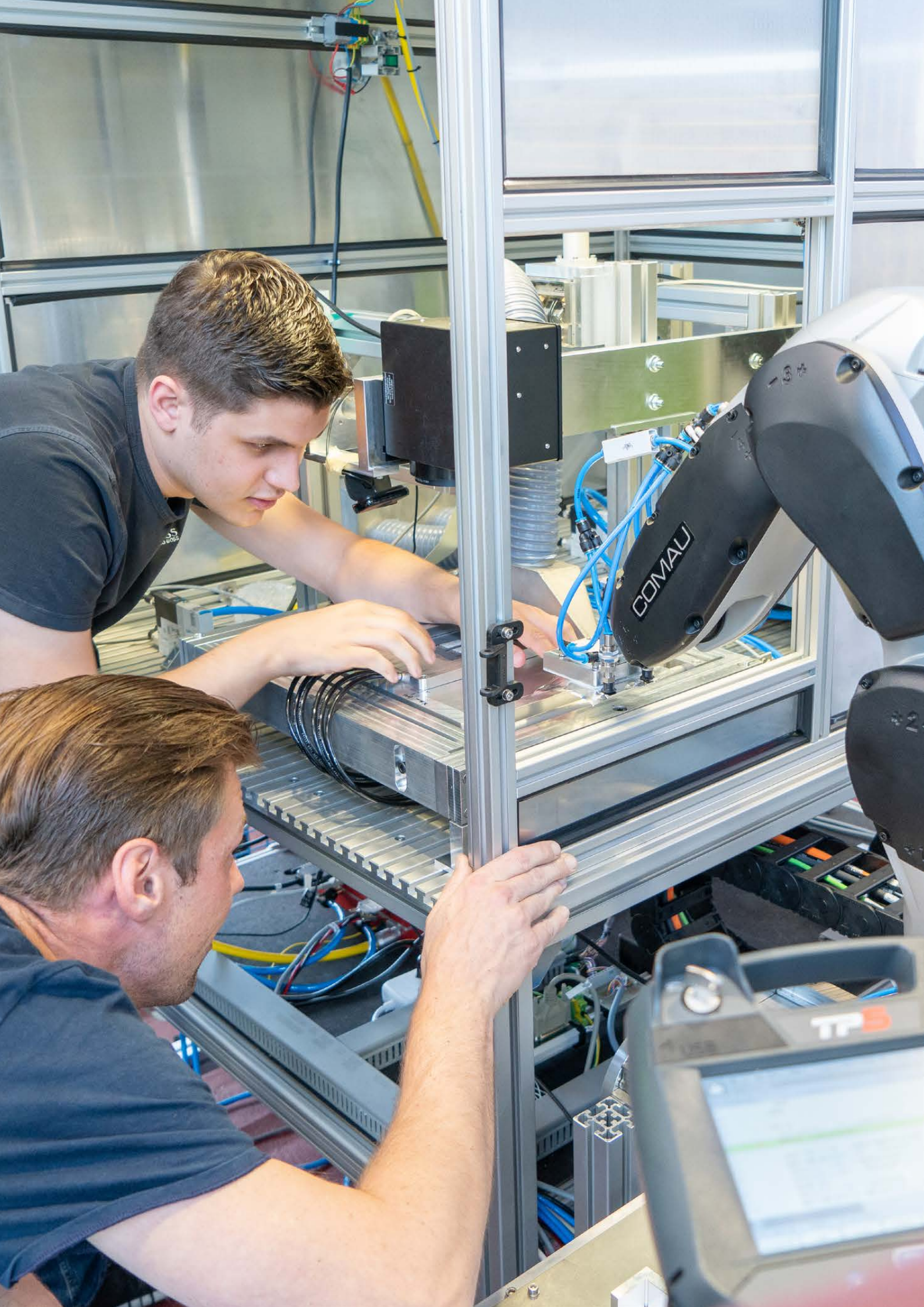
[bfh.ch/ti/industrie](http://bfh.ch/ti/industrie)

A close cooperation with industrial partners is very important to us. Numerous bachelor's theses have been produced in cooperation with companies from Switzerland. We thank these companies for the fruitful collaboration!

[bfh.ch/ti/industry](http://bfh.ch/ti/industry)

ALPS Institut (Abt MNG Allgemeinbildung), Biel  
Blackstone Resources AG, Baar  
Bunorm AG, Aarwangen  
Bystronic Laser AG, Niederönz  
Güdel AG, Langenthal  
Institut für Intelligente Industrielle Systeme – I3S, Burgdorf  
Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen  
Liberty MedTech Sagl, Lamone  
Mollet AG, Egerkingen  
RONDO Burgdorf AG, Burgdorf  
Rychiger AG, Steffisburg  
SCHNEEBERGER AG Lineartechnik, Roggwil  
Sensopro AG, Münsigen  
Swiss m4m Center AG, Bettlach  
Wolfram Industrie GmbH, Winterthur





# Liste der Studierenden

## Liste des étudiant-e-s

### List of students

12 Im Folgenden präsentieren wir Ihnen die Zusammenfassungen der Abschlussarbeiten\* des Jahres 2022.

Die Studierenden haben die Texte – teils mit Unterstützung der betreuenden Dozierenden – selbst verfasst. Die Texte wurden vor Publikation nicht systematisch redigiert und korrigiert.

\*Der Begriff «Abschlussarbeiten» ist mit Bedacht gewählt. Zum Zeitpunkt des Druckes handelt es sich um die Abschlussarbeiten von noch nicht diplomierten Studierenden. Nach Erhalt des Diploms entspricht die Abschlussarbeit der Diplomarbeit.

Ci-après, nous vous présentons les résumés des travaux de fin d'études de l'année 2022.

Les étudiant-e-s ont rédigé les textes de façon autonome, parfois avec l'aide des enseignant-e-s qui les encadrent. Les textes n'ont pas systématiquement été relus ou corrigés avant publication.

On the next pages, we present the summaries of the graduation theses of the year 2022.

The texts were written by the students themselves, with some support from their lecturers. They were not systematically edited or corrected before publication.

Bieri Alex David Adrian .....	13	Rohrer Joshua .....	23	Walker Simon.....	33
Ess Lukas Raphael .....	14	Röthlisberger Yannic Noël.....	24	Widmer Stephan Michael .....	30
Fritschi Raphael.....	15	Schimmer Florian Noah.....	25	Wittwer Cédric.....	26
Gamero Schertenleib Simon Javier.....	16	Schlage Jan Arthur Erich.....	26	Wyss Julian Silvio .....	34
Glarner Adrian .....	17	Schneider Reto .....	28	Zimmermann Yves .....	35
Graf Roman Silas .....	18	Somasundaram Luxshan .....	29	Zumthurm Frank .....	36
Küng Oliver Sebastian .....	19	Spatz Yannick .....	30	Üstün Abdülmecit.....	37
Mathis Marc-Alain René .....	20	Sperisen Jonas Tim .....	21		
Pfeiffer Yannic Kilian .....	21	von Raumer Patrick .....	31		
Reichenbach Fabian .....	22	von Weissenfluh Jonas.....	32		



# Hochleistungsbeschichtungen mit geringer Aufmischung

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuerin: Prof. Dr. Annette Kipka  
Experte: Felix Scheuter  
Industriepartner: Wolfram Industrie GmbH, Winterthur

13

Hochleistungsbeschichtungen, z.B. aus Inconel®625 (Nickelbasislegierung) oder Triamet®A12 (Wolframbasislegierung) auf Baustahl, können mit Hilfe des Wolfram-Inertgas-Auftragschweissens (WIG) erzeugt werden. Dabei kommt es zur Vermischung von Grund- und Beschichtungswerkstoff. Das ist die sog. „Aufmischung“. Der Aufmischgrad soll möglichst gering sein. Es soll ein zerstörungsfreies Verfahren entwickelt werden, mit welchem der Aufmischgrad bestimmt werden kann.

## Ausgangslage

Die Firma Wolfram Industrie GmbH ist neben der Herstellung von Produkten aus Wolfram oder Molybdän für das WIG-Schweissen auch in der Beratung und Entwicklung für Kunden tätig, welche ihren Schweißprozess optimieren wollen. Dazu gehören Beschichtungsverfahren mittels WIG-Schweissens. Diese erlauben die Herstellung von kostengünstigen Werkstoffen mit guter Dauerfestigkeit, Duktilität und Dämpfungsvermögen bei gleichzeitig hoher Verschleiss- und Korrosionsbeständigkeit. Die Qualität der Beschichtung hängt vom Aufmischgrad ab, der so klein wie möglich sein sollte. Die Optimierung des Beschichtungsprozesses erfordert geeignete Verfahren, mit denen der Aufmischgrad einfach und schnell beurteilt werden kann. Zurzeit kann die Aufmischung nur durch zerstörende Untersuchungsverfahren bestimmt werden.

## Ziel

Entwicklung eines Verfahrens, mit welchem der Aufmischgrad von Beschichtungen, die durch WIG-Auftragschweissen erzeugt wurden, beurteilt werden kann. Die Eignung des Verfahrens ist an nicht-ferritischen Beschichtungen aus Inconel®625 und Triamet®A12 auf einem ferritischen Stahl (S235) nachzuweisen. Mit Hilfe des Beurteilungsverfahrens sind Aussagen zum Zusammenhang zwischen Prozessparametern und Aufmischgrad abzuleiten.

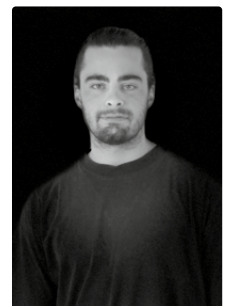
## Vorgehen

In orientierenden Versuchen wurde die Aufmischung an Proben aus dem allgemeinen Baustahl S235 mit Inconel®625- und Triamet®A12-Beschichtungen untersucht. Dazu kamen aufwändige lichtmikroskopische und REM-Untersuchungen, einschliesslich EDX-Analysen, an metallographischen Schliffen zur Anwendung. Anschliessend wurden Beschichtungsversuche mit gezielt variierten Schweißparametern, u.a. der Anzahl übereinander geschweisster Beschichtungslagen, durchgeführt. Die Aufmischung dieser

Proben wurde ebenfalls lichtmikroskopisch und im REM beurteilt. Für die zerstörungsfreie Beurteilung der Aufmischung wurden die Messung des Ferritgehaltes in den Schichten sowie die Wirbelstromprüfung ausgewählt. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich Korrelationen zwischen den Ergebnissen der zerstörenden und der zerstörungsfreien Prüfung sowie der Schweißparameter beurteilt.

## Ergebnisse

Die EDX-Analysen gestatten genaue und aufschlussreiche Aussagen zum Grad der Aufmischung in den Schichten (s. Abb. 1: Verlauf der Elementkonzentrationen an Fe, Ni, Cr und Mo in einer Beschichtung aus 2 Lagen Inconel®625). Die Anzahl Schweißlagen wurde als entscheidender Parameter für den Aufmischgrad und den Verlauf der Elementkonzentrationen ermittelt. Weder die Messung des Ferritgehaltes noch die Wirbelstromprüfung liefern Ergebnisse, die sich mit denen der EDX-Analysen in Korrelation bringen lassen. Die Messung des Ferritgehaltes in der Triamet®A12-Beschichtung lässt jedoch auf interessante metallurgische Effekte während des Auftragschweissens schliessen. Das kann die Grundlage für weiterführende Untersuchungen bilden.



Alex David Adrian Bieri  
079 378 51 15  
alex.bieri98@outlook.com

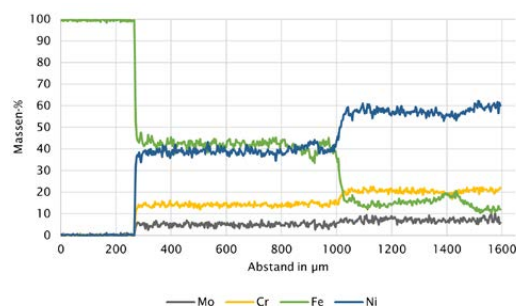


Abb. 1: Ausgewertetes Linienprofil EDX-Analyse, links Grundwerkstoff S235, rechts zwei Schichten Inconel®625



# Laborprüfstand zur Strömungsvisualisierung

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Lukas Moser  
Experte: Dr. Armin Heger

14

Strömungsanalysen benötigen meistens leistungsstarke Windkanäle oder Berechnungsprogramme. Das Turbulenzverhalten bei der Umströmung von Modellen ist dabei beeindruckend und zugleich lehrreich. Damit diese Strömungsphänomene in einem einfachen Rahmen untersucht werden können, wird in dieser Bachelorarbeit dazu ein Laborprüfstand weiterentwickelt und zur Inbetriebnahme vorbereitet.



Lukas Raphael Ess  
ess.lukas@gmail.com

## Ausgangslage

In einer vorgängigen Projektarbeit wurde die Anlage von Grund auf neu konzipiert und ausgelegt. Dabei entstand eine stabile Grundlage des zukünftigen Prüfstandes. Die Hauptaufgabe dieser Arbeit besteht also darin, die Bauteile in ihrer Funktion und Stabilität zu validieren sowie, wenn nötig, zu überarbeiten und verbessern. Wichtig war dabei, dass später möglichst alle Komponenten in der Werkstatt Berner Fachhochschule in Burgdorf hergestellt werden können.

Zeitgleich wird ein Modul entwickelt, womit der Strömungswiderstand von Modellen, in längs und normaler Richtung zur Strömung, gemessen werden kann.

## Vorgehensweise

Durch das breite Aufgabenspektrum des Projekts, mussten gewisse Arbeitsbereiche parallel ablaufen. Bauteile wurden prioritätsgerecht bearbeitet und dementsprechend zur Produktion weitergeleitet. Die Herstellung des Prüfstands musste so geplant werden, dass dessen Betreuung und Dokumentation parallel dazu laufen konnten. Durch die vorhandene Produktionszeit besteht die Möglichkeit, dass die Anlage in dieser Thesis nicht vollständig hergestellt, geschweige denn in Betrieb genommen werden kann. Durch einen sauberen Leitfaden kann dies jedoch in weiterführenden Projekten erreicht werden.



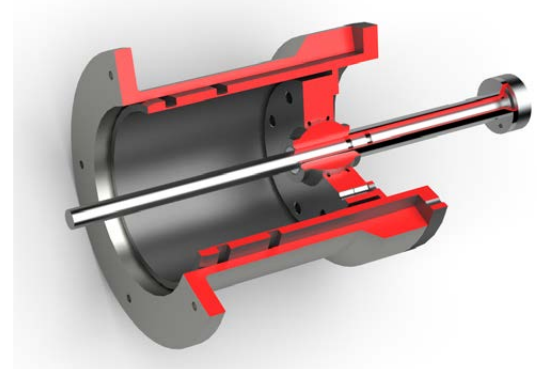
CAD-Rendering der gesamten Baugruppe

Gleichzeitig zur Herstellung lief die Entwicklung des Widerstandsmoduls. Dabei wurden verschiedene mögliche Lösungsansätze in Betracht gezogen und die Beste davon weitergeführt.

## Ergebnis

Sämtliche Bauteile wurden der Werkstatt zur Herstellung abgegeben und es wird auf kontinuierliches Feedback und Verbesserungsvorschläge eingegangen. Sobald alle Teile vorhanden bzw. hergestellt sind, kann die Anlage mithilfe der Dokumentation fertiggestellt und in Betrieb genommen werden. Die spezifisch dazu erstellte Betriebsanleitung dient zum gesamten Verständnis und korrekten Gebrauchs des Prüfstands.

Das Modul zur Widerstandsmessung wurde mit einer mechanischen Übersetzung konzipiert. Die Idee stellt eine praktische Möglichkeit zur Lösung des Problems dar. Eine Schwierigkeit kann die momentan tiefe Strömungsgeschwindigkeit im Kanal bereiten, muss jedoch bei einem praktischen Versuch genau eruiert werden.



Schnittansicht des Konzepts der Widerstandsmessung

# In-situ Messstand für Laser-Mikrobearbeitung

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer\*innen: Prof. Dr. Annette Kipka, Prof. Dr. Beat Neuenschwander  
Experte: Armin Heger

15

Am „Institute for Applied Laser, Photonics and Surface Technologies“ (ALPS) werden Oberflächen verschiedener Materialien mit ultrakurzgepulsten Laser (UKP) bearbeitet. Der Prozess soll mit einem In-situ-Messstand mit einer Kamera, einem Mikroskop und einem Abstandssensor automatisiert werden.

## Ausgangslage

Am ALPS werden Oberflächenbearbeitungen wie z.B. die Mikrostrukturierung von Oberflächen bisher teilautomatisiert durchgeführt. Damit verbunden sind Nachteile für die Praxis, z.B. für die serielle Fertigung. Mit einer automatisierten Bearbeitung können Prozessstabilität und -effizienz gesteigert werden.

## Ziel

Im Rahmen der Bachelor-Arbeit soll ein mobiler und modularer In-situ-Messstand, bestehend aus einem Mikroskop, einer Kamera und einem Abstandssensor, entwickelt werden, der die automatisierte UKP-Bearbeitung von Oberflächen ermöglicht. Die erwähnten Komponenten sind so aufeinander abzustimmen, dass wichtige Prozessparameter wie Fokusslage oder Orientierungen der Körner des Werkstoffgefüges ermittelt werden können. Die Polarisation des UKP-Laser soll entsprechend dieser Parameter angepasst werden können.

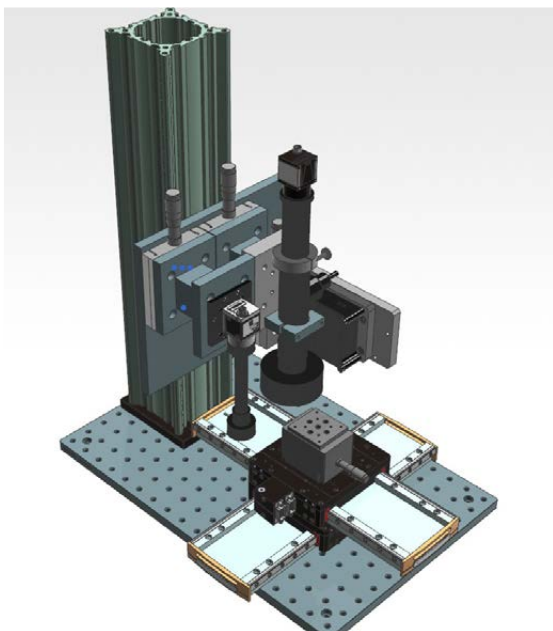


Abb. 1: In-situ Messstand mit Kamera (links), Mikroskop (Mitte), Abstandssensor (rechts), zwei Schlitzen und z-Tisch

## Vorgehen

Ein bestehender Entwurf des Aufbaus wurde mit den genannten Komponenten ergänzt. In Versuchsreihen und durch Anwendung statistischer Methoden wurde die Eignung der ausgewählten optischen Komponenten beurteilt, insbesondere der Abstandssensor. Die Positionierung in der Höhe wird durch Verstellen des Halters entlang der Säule sowie durch Feinjustieren mittels Einstellschrauben realisiert. Die Einstellung der Fokusslage erfolgt über einen höhenverstellbaren Tisch (z-Tisch), die Positionierung des Tisches mit zwei orthogonal angeordneten Präzisionsschlitzen. Die optischen Komponenten sind mit Software der Hersteller in Betrieb genommen worden.

## Ergebnis

Der Prozess wird mit Aufnahmen der Kamera und Daten des Abstandssensors dokumentiert. Mit dem Mikroskop wird die Ausrichtung der Körner im Gefüge erfasst. Die Effizienz der Abtragsleistung kann in Zukunft durch einen optionalen Drehtisch durch Anpassung der Ausrichtung der Polarisierung zur Orientierung der Körner des Werkstoffgefüges gesteigert werden. Die Bedienung der Anlage kann in weiteren Schritten über ein Graphic User Interface (GUI) realisiert werden.



Raphael Fritschi

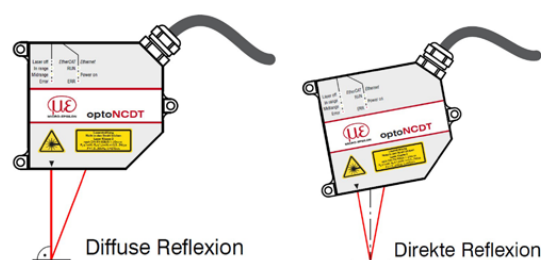


Abb. 2: Optischer Abstandssensor, der bei sowohl diffus als auch direkt reflektierenden Materialien geeignet ist

# Teilautomatisierung Montagelinie für Planetengetriebe

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Dr. Axel Fuerst, Thorsten Kramer  
Industriepartner: Güdel AG, Langenthal

16

Die Güdel AG baut eine neue Montagelinie für Hochpräzisionsplanetengetriebe in Langenthal auf. Die heutigen Montageprozesse sollen hinsichtlich Automatisierungspotenzial und Wertschöpfung analysiert und bewertet werden. Auf Basis der Evaluation soll eine Empfehlung erstellt werden, welche Montagetätigkeiten optimiert und in welchem Grad automatisiert werden können.



Simon Javier Gamero  
Schertenleib  
sjgamero@hotmail.com

## Ausgangslage

Die Güdel AG stellt Planetengetriebe an ihrem Standort in Frankreich her. Aufgrund von Kapazitätsengpässen ist eine neue Montagelinie am Standort Langenthal von Grund auf neu aufgebaut worden. Zurzeit werden alle Montagetätigkeiten manuell ausgeführt. Bei der Montage handelt es sich vorwiegend um Einpress- und Verschraubungsprozesse. Einige Arbeitsschritte erfordern zusätzlich Einfetten oder Aufbringen von Rostschutz sowie Aufschrumpfen von Bauteilen. Im Rahmen der Qualitätssicherung werden alle montierten Getriebe auf einem Prüfstand ausgemessen und getestet.

## Ziel

Ziel der Arbeit ist es, eine Empfehlung zu erstellen, welche Montagetätigkeiten optimiert und in welchem Grad automatisiert werden können. Als Basis dienen eine detaillierte Analyse und eine Evaluation der heutigen Montagetätigkeiten. Geeignete Technologien sollen beschrieben und durch eine Kostenrechnung bewertet werden.

## Vorgehen

### Analyse der bestehenden Montagelinie

Mit Monteuren des Auftraggebers werden alle Montageschritte durchgesprochen, um sich mit den Prozessen vertraut zu machen. Im Rahmen der Bestandsaufnahme werden bereits erste Ineffizienzen erkannt und dokumentiert. Die Durchlaufzeiten der einzelnen Arbeitsschritte werden erfasst und in wertschöpfende, notwendige und verschwenderische Tätigkeiten unterteilt.

### Evaluierung für die Automatisierung von einzelnen Arbeitspaketen

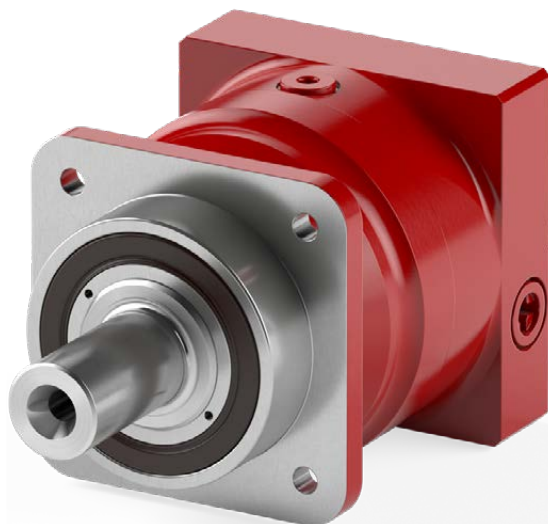
Für jeden Arbeitsschritt wird abgeschätzt, wie gross der Aufwand für eine Automatisierung wäre. Anhand der gemessenen Durchlaufzeit kann eine Prioritätenliste der Arbeitsschritte erstellt werden. Je länger ein Arbeitsschritt dauert und je kleiner dessen Aufwand für eine Automatisierung abgeschätzt wird, umso höher ist das Potenzial und die Priorisierung für eine Automatisierung.

### Automatisierung

Die Anforderungen an eine Automatisierung werden dokumentiert und bei einigen Tätigkeiten werden die Kräfte bei der Montage, z.B. beim Einpressen, gemessen, damit beispielsweise ein Roboter dimensioniert werden kann. Auf Basis von Literatur- und Internetrecherchen werden mehrere Lösungen für eine entsprechende Automatisierung vorgestellt und bewertet.

### Ergebnisse

Das grösste Einsparpotential bietet der Reinigungsprozess am Anfang der Montagelinie, welcher durch eine Reinigungsanlage automatisiert werden kann. Bei der Beschriftung der Toleranzklassen bei den Planetenrädern werden weitere Verbesserungen vorgeschlagen. Zum Aufbau der Montagelinie werden Alternativen empfohlen. Eine Kostenrechnung auf Basis der Rechercheergebnisse ermöglicht eine erste Abschätzung der Amortisationszeit.



Rendering eines Planetengetriebes



# Dämpfungsbestimmung von Profilschienenführungen

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Roland Rombach,  
Experte: Urs Friedli  
Industriepartner: SCHNEEBERGER AG Lineartechnik, Roggwil

17

Die Firma SCHNEEBERGER AG Lineartechnik entwickelt modernste Komplettlösungen für hochdynamische Positioniersysteme. In Zukunft will das Unternehmen bereits in der Entwicklungsphase Aussagen zum Einschwingverhalten und somit zur Produktivität des Systems treffen können. Dazu sind exakte Kenntnisse zur Dämpfung der verbauten Profilschienenführungen nötig. Im Rahmen der Bachelorthesis soll das Vorgehen zur Bestimmung der Dämpfungsparameter entwickelt werden.

## Ausgangslage

In der vorhergehenden Projektarbeit wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt und verschiedene Methoden zur Bestimmung der Dämpfungsparameter geprüft und bewertet. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde der Versuchsaufbau (Abbildung 1) entwickelt, dimensioniert und konstruiert. Der Versuchsaufbau ermöglicht die Durchführung von experimentellen Modalanalysen durch Ausschwingversuche sowie eine Vorspannung der Profilschienenführung während der Versuche. Die Vorspannung kann in drei unterschiedliche Richtungen und mit bis zu 1000N Vorspannkraft vorgenommen werden.

## Ziel

Das Ziel der Bachelorthesis ist, mit der Referenz-Dummy-Methode die Dämpfungsparameter für einen bestimmten Typ von Profilschienenführungen zu ermitteln. Dazu soll ein allgemeingültiger Arbeitsablauf entwickelt und umgesetzt werden.

## Vorgehen

Im ersten Schritt werden dazu die Referenzkörper mit der Response-Surface-Optimization ausgelegt. Diese müssen die Profilschienenführung in der Massen- und Steifigkeitsverteilung exakt abbilden, jedoch eine deutlich kleinere Dämpfung aufweisen. Anschliessend werden die Profilschienenführung und die Referenzkörper im Versuchsaufbau mittels Ausschwingversuchen vermessen. Die Messdaten werden ausgewertet (Abbildung 2) und die Dämpfungsparameter bestimmt.



Adrian Glarner

## Ergebnisse

Die ausgelegten Referenzkörper bilden die Profilschienenführung betreffend Masse und Steifigkeiten gut ab. Zudem liegt eine strukturierte und robuste Methode vor, um die Ausschwingversuche durchzuführen, die Messdaten auszuwerten und die Dämpfungsparameter zu ermitteln. Die ermittelten Dämpfungskennwerte können somit in die ANSYS-Simulation integriert werden.

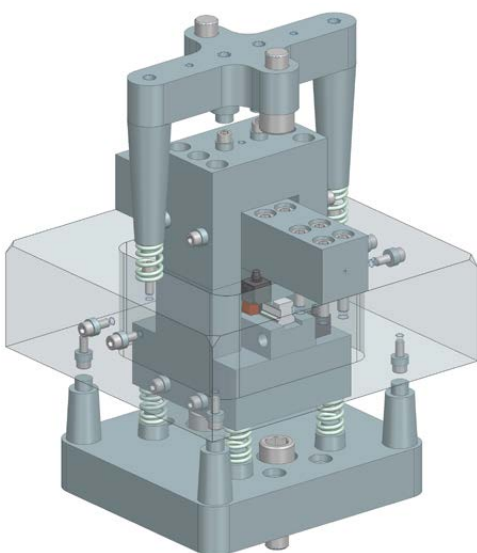


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Dämpfungsbestimmung von Profilschienenführungen

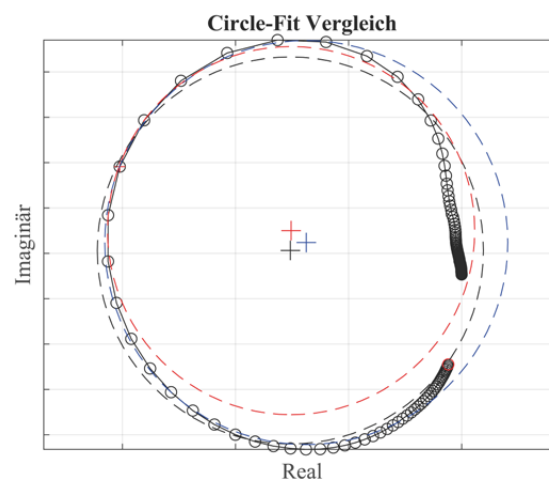


Abbildung 2: Auswertung der Resonanzstelle mit der Circle-Fit-Methode

# Vormontagestation Batterie-Tab

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer: Dozent Toni Glaser

18 Experte: Dr. Armin Heger

Industriepartner: Institut für Intelligente Industrielle Systeme – I3S, Burgdorf

Um bei der Lithium-Ionen-Batterieproduktion auf der BFH Pilotanlage eine grössere Flexibilität zu erreichen, sollen die Batterieanschluss-Tabs selbst hergestellt werden können. Der Fertigungsprozess soll analysiert werden und eine Montagestation zum Herstellen der Tabs mit reproduzierbarer Qualität entwickelt werden.



Roman Silas Graf

076 823 44 72

romansilasgraf@gmail.com

## Ausgangslage

An der BFH Burgdorf wird eine Pilotanlage zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien betrieben, auf welcher Pouch-Zellen in Kleinserien produziert werden können. Dabei werden Batterie-Tabs verwendet, welche die Schnittstelle zwischen dem Innern der Zelle und dem Batteriepaket bilden. Diese werden aktuell in einer beschränkten Anzahl Dimensionen bei Lieferanten aus dem Ausland eingekauft. Um in den Dimensionen und der Lieferzeit unabhängig zu sein, sollen sie zukünftig selbst produziert werden, wodurch die Pilotanlage flexibler eingesetzt werden kann.

## Ziel

Ein Verfahren zur Herstellung der Tabs soll in dieser Arbeit ermittelt und validiert werden. Die Pouch-Zellen müssen mit dem selbst gefertigten Produkt dieselbe Dichtheit erreichen, wie mit dem gekauften, da eine Undichtheit zum Defekt der Batterie führt. Anschliessend sollen die benötigten Geräte und Komponenten definiert werden. Ein Prototyp einer Montageeinrichtung soll entwickelt werden.

## Vorgehen und Schwierigkeiten

Um die getesteten Verfahren zu validieren wurde ein Dichtheitsprüfstand für Blasentests mit einer Vakuumkammer entwickelt, in welcher Pouch-Zellen getestet werden können.

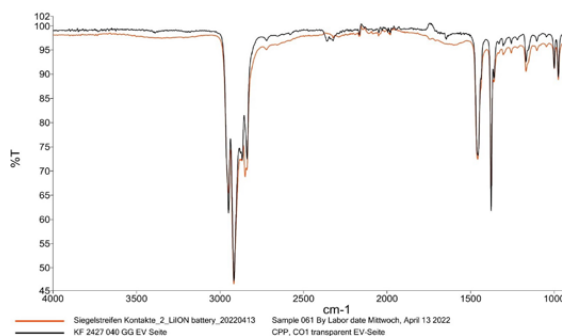


Abb. 1: ATR-FTIR-Spektroskopie der Dichtung

Das Verbinden der vom Industriepartner vorgeschlagenen Dichtung mit dem Stromabnehmer erwies sich als deutlich schwieriger als erwartet. Deshalb wurde zu diesem Arbeitsschritt umfangreiche Materialanalysen und Versuche durchgeführt um einen Prozess zu finden, welcher die benötigte Qualität garantiert (Abb. 1). Ebenfalls wurden Alternativen zu den vorgeschlagenen Materialien gesucht und geprüft. Die an diesen Schritt angrenzenden Abläufe wurden ebenfalls betrachtet und in Versuchen erprobt.

## Ergebnisse und Ausblick

Durch die Verwendung eines dauerbeheizten Siegelgeräts und einer Handsiegelhalterung konnten gute Ergebnisse erzielt werden. Das Siegelgerät erzeugt genügend Wärme um die heiss schmelzende Dichtung aufzuschmelzen und mit dem Stromabnehmer zu verbinden.

Die Auswahl eines Siegelgeräts und die Entwicklung einer Vorrichtung, mit welcher der Prozess reproduzierbar ist, bildete den Abschluss der Arbeit (Abb. 2). In einem weiteren Schritt muss das Siegelgerät eingekauft und die Vorrichtung gefertigt und montiert werden.

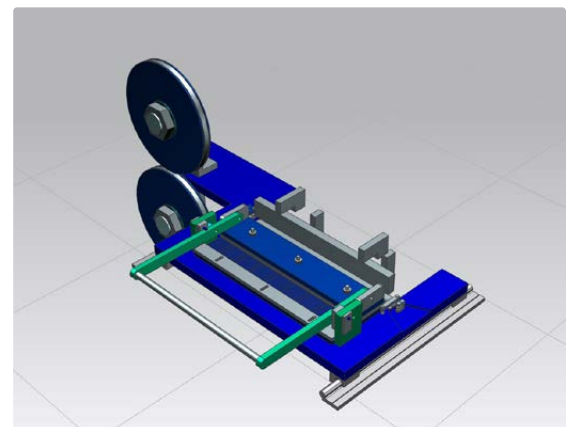


Abb. 2: Siegelvorrichtung

# Automation of a Turbojet Engine Model

Degree programme : BSc in Mechanical Engineering  
Thesis advisors : Prof. Danilo Engelmann, Prof. Dr. Kenneth James Hunt  
Expert : Stefan Brandenberger

19

Centrepiece of this project is a KJ-66 turbojet turbine whose primary application is in model aviation. In this project it is intended to lay out and develop the required sensory, actuation and data processing systems to operate the turbine automatically.

## Problem Definition

Previously, the Engine was run with a rather rudimentary setup without any control loops and only a few state parameters that were sensed. Therefore, the engine was operated purely manually while providing only limited information for the operator.

## Goal

The final product of this project should be a mechatronic system that automates the operation of the engine including start-up, normal operation and shutdown while supervising all critical parameters and enforcing their limits if necessary.

## Methodology

Starting from the engine and the tasks aimed to be performed the necessary systems were defined first roughly in theory and then more and more in detail. After all components were defined they were ordered and assembled along which tests were continuously performed first on a components level then on a sub-system level and finally on a full system level.

## Results

### Hardware

During the theoretical thought process 11 subsystems were identified. First a system that interacts with the operator, second a central computer unit, then there are five sensory systems and finally four actuation

systems. Parameters measured by the sensory systems are rotational speed, compressor discharge pressure, oil pressure, thrust force and exhaust temperature. The required actuation systems are a kerosene supply (Jet A-1), a gas supply (mix of butane and propane), a starting system (electric motor) and a ignition system whereas the kerosene supply is the only actuation system running during normal operation and all the others are only used during start-up.

### Software

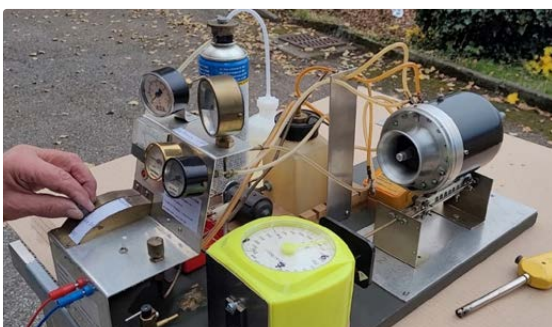
Analogous to the hardware, five subsystems were identified for the software. A system that handles all the reading and conversion of sensory data, a control system that adapts actuation to maintain or change the operating point, a safety system that handles the supervision of critical parameters, a system that handles all the commands and feedback for the HMI and finally a system that coordinates the previously mentioned systems and to handle the execution of procedures.

### Assembly and development

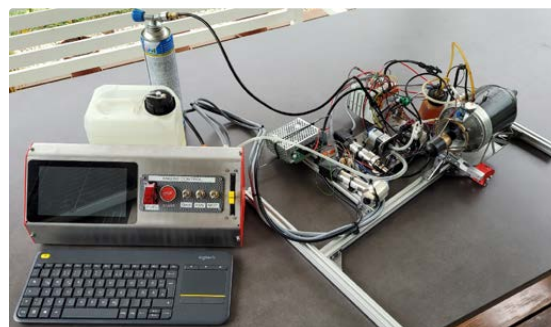
With exception of a few component specifications that were not met all subsystems could be brought to full functionality. However, while commissioning the full system multiple component failures occurred and in addition to time intensive software complications the project goals could not be met in time. Automation could be achieved for ignition and warmup with gas which gave a brief glimps at the degree of optimization such a system would allow for.



Oliver Sebastian Küng  
oliverkueng@gmx.ch



Previous Test Setup



New Test Setup



# Optimierung Medizinalgriff für den metallischen 3D-Druck

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Thorsten Kramer, Prof. Roland Rombach  
Experte: Felix Scheuter

20

Die Nachbearbeitung von additiv hergestellten Bauteilen durch selektives Laserschmelzen bietet ein hohes Optimierungspotenzial. Die Entwicklung eines Medizinalgriffes für den metallischen 3D-Druck soll aufzeigen, wie eine nacharbeitskonforme Konstruktion mit prozessübergreifender Bauteilhandhabung ausgelegt und durchgeführt werden kann.



Marc-Alain René Mathis

## Ausgangslage

Der als Optimierungsgrundlage gewählte Medizinalgriff besteht zurzeit aus einer Vielzahl an Einzelteilen, welche in unterschiedlichen Prozessen gefertigt werden und dadurch eine hohe Durchlaufzeit entsteht. Die Neuentwicklung soll die Anzahl der Komponenten und Prozessschritte reduzieren. Den Grundstein für die Optimierung legt das AM-Lock Nullpunktspannsystem. Es garantiert eine einheitliche, prozessübergreifende Schnittstelle von der additiven Fertigung bis hin zur Nachbearbeitung.

## Vorgehen

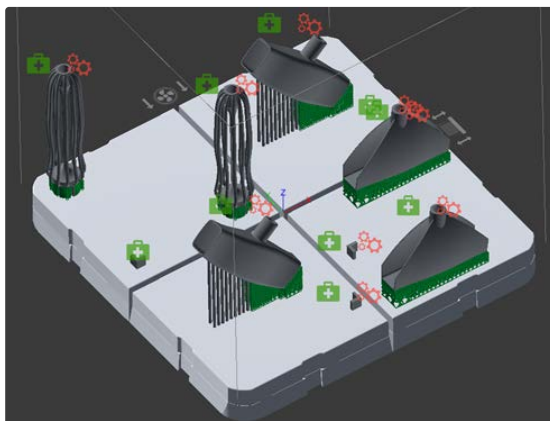
In der Entwurfsphase wurden drei Griff-Varianten unter Berücksichtigung des „Design for Additive Manufacturing“ konstruiert. Für die Dimensionierung der Griffe erfolgte ein 3D-Druck aus Kunststoff. Zur Auslegung der Stützstruktur wurden einfache Säulen-Elemente konstruiert. Diese verbinden den Griff starr mit der Bauplattform und dienen der Prozesssicherheit während der Nachbearbeitung. Mithilfe von vereinfachten FEM-Berechnungen wurden Spannungen und Verformungen der Bauteilkonstruktion (Griff + Stützstruktur) analysiert, die Fertigungsprozesse ausgelegt und angepasst. Anschließend erfolgte die additive Herstellung der Bauteile, die Nachbearbeitung sowie die Auswertung der Prozesse.

## Ergebnis

Bezüglich des 3D-Druckes, wurden selbsttragende Modelle mit einem Gewicht unter 100[g] konstruiert und hergestellt, welche keine inneren Stützstrukturen benötigen. Die Anzahl der Prozessschritte konnte reduziert werden. Die Nachbearbeitung kann durch Bohren und Reiben der Anschlussfläche für eine AO-Schnellkupplung, die als Befestigungselement an einem Arbeitsgerät dient durchgeführt werden. Die Entfernung der Stützstruktur erfolgt mittels Fräsverfahren. Die FEM-Analyse hat gezeigt, dass die Stabilität der Stützstrukturen das Hauptproblem in der Nachbearbeitung darstellt.

## Ausblick

In einem nächsten Schritt werden die Bauteile nachbearbeitet. Die Nachbearbeitung wird zeigen, wie die Auslegung der Stützstruktur optimiert werden kann. Ein Messaufbau zur Bestimmung der Kräfte und Beanspruchungen während der Nachbearbeitung, würde zukünftig eine genauere Auslegung der Stützstrukturen mittels FEM-Simulation ermöglichen. Alternativ können die Stützstrukturen durch einen iterativen Prozess ausgelegt werden. Durch die Erkenntnisse der Nachbearbeitung können die Stützstrukturen angepasst und optimiert werden.



3D-Druck Ausrichtung der Modelle mit Stützstruktur auf dem AM-Lock Spannsystem



Optimierte Griff-Variante mit Handmodell

# Skimesstation

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Roland Rombach, Prof. Sebastian Siep  
Experte: Fabian Rüegg

21

Beim Skikauf lassen sich die unterschiedlichen Modelle kaum mit Leistungsdaten vergleichen, welche den Kaufentscheid vereinfachen. Um die Möglichkeit einer unabhängigen Messung zu bieten, wurde eine Messtation zur Messung der Biege- und Torsionssteifigkeit entwickelt.

## Ausgangslage:

Beim Skikauf stehen oft kaum Daten zum Fahrverhalten zur Verfügung, wodurch beim Skikauf unterschiedliche Modelle kaum verglichen werden können. Mit Testfahrten und den daraus resultierenden Testberichten stehen zwar Beschreibungen zur Verfügung, diese sind aber sehr stark durch die Testpersonen geprägt und können nicht unabhängig reproduziert werden.

## Ziel:

Im Rahmen der Thesis soll eine Skimesstation entwickelt werden, mit der die Biege- und Torsionssteifigkeiten des Skis ausgewertet werden können. Der Fokus liegt auf der Vermessung und dem Generieren von Daten zu Abfahrt- sowie Tourenskis, wobei gleichzeitig die Untersuchung des Einflusses der Bindung sowie des Skischuhs möglich sein soll. Mit einem Messprogramm soll die Messung überwacht und die Daten zur Weiterverarbeitung ausgegeben werden können.

## Vorgehen:

Im Rahmen einer Recherche wurde eine Marktanalyse zu bestehenden Vorrichtungen durchgeführt, wobei die Norm ISO 5902 als Richtwert identifiziert wurde. Diese beschreibt den Messvorgang von sieben über den Ski verteilten Biege- und Torsionssteifigkeiten. Somit wurde der Aufbau der Skimesstation nach dem Vorbild der Norm, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Anforderungen, gestaltet und ausgearbeitet.

## Ergebnisse:

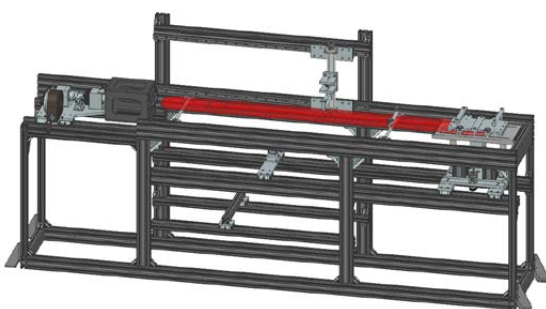
Als Endergebnis steht das ausgearbeitete Konzept zur Messung aller geforderten Daten für verschiedene Skiarten zwischen 1.5 - 2 Meter mit und ohne Bindung sowie zur Verfügung. Zusätzlich ist ebenfalls die Messung mit einem Bildkorrelationssystem möglich, um die Verformung des Skis über die gesamte Länge und Belastungszeit genauer auswerten zu können. Die Sensordaten werden durch das Messprogramm erfasst, ausgewertet und in Form von Diagrammen und Tabellen ausgegeben.



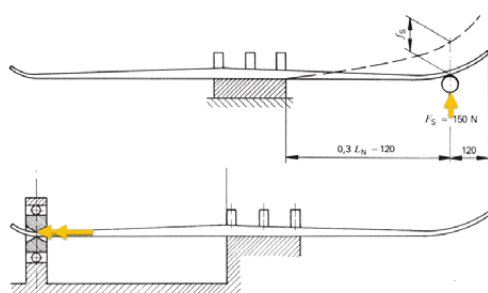
Yannic Kilian Pfeiffer  
079 108 07 49  
[yannic.pfeiffer@hotmail.com](mailto:yannic.pfeiffer@hotmail.com)



Jonas Tim Sperisen  
079 621 24 38  
[jonas.sperisen@bluewin.ch](mailto:jonas.sperisen@bluewin.ch)



Ausgearbeitete Skimesstation



Schematische Darstellung der Biege- und Torsionssteifigkeitsmessung nach ISO 5902

# Optische Spektroskopie des Lichtbogens beim WIG-Schweissen

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuerin: Prof. Dr. Annette Kipka

Experte: Felix Scheuter

Industriepartner: Wolfram Industrie GmbH, Winterthur

22

Der Abbrand von Legierungselementen aus dem Grundwerkstoff während des Wolfram-Inertgas-Schweissens (WIG) ist bekannt und i.d.R. unerwünscht. Um den Abbrand zu minimieren, müssen die Schweissparameter optimal eingestellt werden. Mit dem Verändern der Parameter ändert sich auch die Farbe des Lichtbogens. In dieser Bachelorthesis wird untersucht, ob aus dem optischen Spektrum des Lichtbogens Rückschlüsse auf den Abbrand gezogen werden können.



Fabian Reichenbach

## Ausgangslage

Während des WIG-Schweissens können die hohen Temperaturen dazu führen, dass Legierungselemente aus dem geschweissten Werkstoff verdampfen. Dies wird als Abbrand bezeichnet. Abbrand kann lokal die Eigenschaften des Werkstoffs unerwünscht verändern. Die verdampften Partikel können ausserdem auf der Oberfläche des Bauteils kondensieren und sich dort festsetzen. Beim Schweissen von Rohrleitungen kann das Verschmutzen des geförderten Mediums zur Folge haben.

## Ziel

Wenn bereits während des Schweissprozesses ein Rückschluss auf den Abbrand gemacht werden kann, könnten die Schweissparameter und damit der Schweissprozess laufend optimiert werden. Eine Möglichkeit zur Beurteilung des Abbrandes könnte eine Analyse der farblichen Zusammensetzung des Lichtbogens sein. In dieser Bachelorthesis soll festgestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem optischen Spektrum des Lichtbogens und dem Abbrand besteht.

## Vorgehen

Da unterschiedliche Schweissparameter erfahrungsgemäss zu unterschiedlichem Abbrandverhalten führen, wurden Schweissversuche mit variierten Schweissparametern durchgeführt. Beim Abbrand bestimmter Elemente wird deren Kondensation und damit verstärkte Konzentration auf der Oberfläche erwartet. Zur Untersuchung des Abbrandes wurde die chemische Zusammensetzung des zu schweisenden Grundwerkstoffes (austenitischer rostfreier Edelstahl 1.4404, X2CrNiMo17-12-2) mit den Elementkonzentrationen auf der Oberflächen im Bereich der Schweissnähte verglichen werden. Dabei kam die energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) zur Anwendung. Wesentlicher Teil der Versuche ist die Beurteilung des Lichtbogenspektrums mit einem optischen Spektroskop während des Schweissens. Untersucht werden

muss, ob Korrelationen zwischen den Ergebnissen der EDX-Analysen und den Lichtbogenspektren hergestellt werden können.

## Ergebnisse

Abb. 1 vergleicht die Elementkonzentrationen im Grundwerkstoff mit denen auf der Oberfläche im Bereich der Schweissnaht. Die Konzentrationen an Mangan und Silizium sind im Vergleich zum Grundwerkstoff deutlich erhöht, was auf den Abbrand dieser Elemente aus dem Grundwerkstoff schliessen lässt. Diese Verdampfen während dem Schweissprozess und Kondensieren an der Werkstückoberfläche. In den optischen Spektren kann der Abbrand von Silizium und Mangan leider nicht direkt erkannt werden. Es kann jedoch ermittelt werden, welche Gase im Schutzgas vorhanden sind. Da das Schutzgas einen grossen Einfluss auf den Schweissprozess hat, kann die Qualität der Schweissnaht anhand des Lichtbogenspektrums trotzdem beurteilt werden.

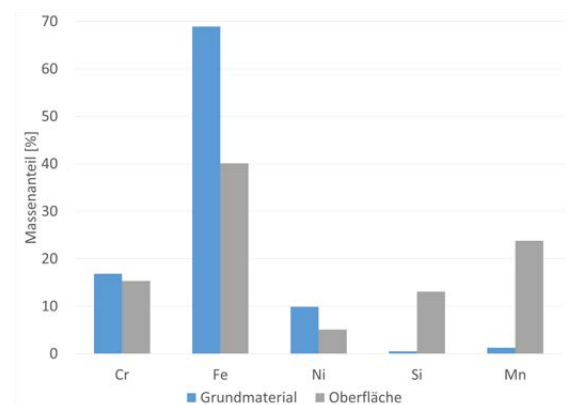


Abb. 1: Werkstoffzusammensetzung der Schweissprobe Nr.8

# Dämpfungsbestimmung einer Linearführung

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer: Prof. Roland Rombach

Industriepartner: SCHNEEBERGER AG Lineartechnik, Roggwil

23

Die Firma SCHNEEBERGER AG stellt hochpräzise Linearführungen und komplette Systeme für eine Vielzahl von Anwendungen her. Bereits in der Entwicklung wird versucht, das dynamische Verhalten der Positioniersysteme möglichst genau zu beschreiben und zu optimieren. In der Bachelorthesis geht es darum, die Dämpfungsgrößen für verschiedene Führungen zu ermitteln.

## Methode

Um die erforderlichen Parameter der Führung zu bestimmen wird die «Referenz-Dummy-Methode» verwendet. Dabei werden an der Führung zwei Massen befestigt (eine am Führungsschuh, eine an der Führung). Die gesamte Konstruktion wird auf Federn gelagert und kann statisch vorgespannt werden (Abb. 1). Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, wie das System schwingen kann. Der Gesamtaufbau kann sich durch die Federung bewegen (Aufstellerschwingungen). Die zwei Massen schwingen um die Führung (relevante Schwingung). Die Massen schwingen in ihren Eigenschwingungen (Strukturschwingung). Die Schwierigkeit an der Methode ist, die Massen so zu konstruieren, dass die relevanten Schwingmodi nicht die gleichen Frequenzen aufweisen und auch nicht in den Bereich der Aufstell- oder Strukturschwingung geraten. Durch die erfolgreiche Separierung kann nun für jeden Mode die Dämpfung bestimmt werden. Diese wird durch Anschlagen des Prüfstandes und Auswerten der Systemantwort umgesetzt (Abb. 2). In einem zweiten Schritt wird die Linearführung durch ein Stahlteil (mit ähnlichen Steifigkeiten und Dimension, jedoch deutlich weniger Dämpfung, da aus einem Stück gefertigt) ersetzt und die Messung erneut durchgeführt. Die Differenz

der beiden Messungen bildet die Dämpfung der Linearführung ab.

## Resultate

Der Messablauf und die Auswertung laufen vollständig über Matlab-Skripts und sind weitestgehend automatisiert. Für die gewünschten Führungen konnte die viskose Dämpfung der verschiedenen Schwingmodi ermittelt werden. Zusätzlich können durch die Messungen auch die effektiven Steifigkeiten der Führungen genauer bestimmt werden.



Joshua Rohrer

## Diskussion

Die Ermittlung der Dämpfungsparameter stellt sich als nicht ganz einfache Aufgabe dar, da die Parameter nur schwer zu isolieren sind. Die «Referenz-Dummy-Methode» ist jedoch gut umsetzbar und führt zu den gewünschten Resultaten. Mit dem Versuchsaufbau können zudem auch neue Führungen mit ähnlichen Dimensionen vermessen werden.

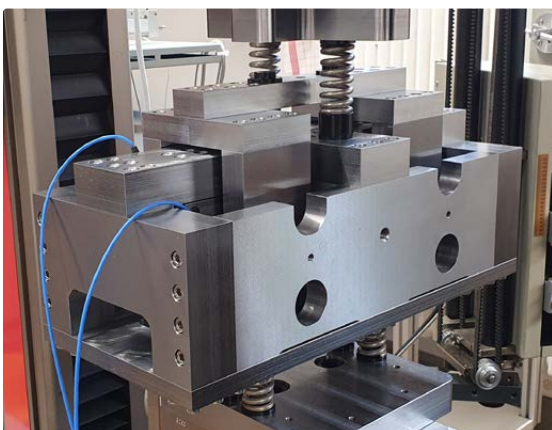


Abb. 1: Versuchsaufbau in der Zugprüfmaschine eingespannt

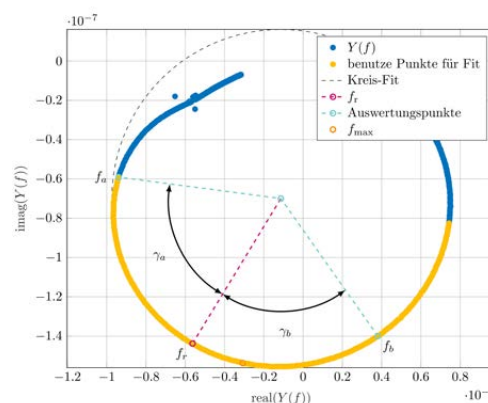


Abb. 2: Nyquistplot einer Resonanzfrequenz



# Liberty Robotic Rehabilitation Platform

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuerin: Juan Fang

Experte: Benedict Simlinger

Industriepartner: Liberty MedTech Sagl, Lamone

24

Die Liberty Robotic Rehabilitation Platform ermöglicht die Ganzkörperrehabilitation von Patienten mit schwergradigen funktionellen Behinderungen. Ein Rahmen mit siebzehn Seilwinden ermöglicht dabei den Platzwechsel vom Rollstuhl auf das Therapiebett und die Durchführung verschiedenster therapeutischen Arm- und Beinbewegungen. Dazu werden die Seile der Seilwinden an den Armen und Beinen befestigt.



Yannic Noël Röthlisberger  
yannic.roethlisberger@gmail.com

## Ausgangslage

Schlaganfälle und die Therapie der infolge auftretenden schwergradigen funktionellen Behinderungen sind ein Problem der heutigen Gesellschaft. Forschungen zu diesem Themengebiet haben gezeigt, dass eine frühzeitige Ganzkörperrehabilitation einen grossen positiven Effekt auf die Therapie dieser Einschränkungen hat. Aus diesem Grund ermöglicht die Liberty Robotic Rehabilitation Platform die Therapie bereits bei Personen zu starten, welche das Spitalbett noch nicht verlassen können. In vorherigen Projekten der BFH Studierenden sind der Rahmen und sechs Seilwinden mit einer grundlegenden Ansteuerung bereits erarbeitet worden. Die Thesis baut nun auf diesen Arbeiten auf.

## Ziel

Ziel der Thesis ist die Überarbeitung der bestehenden Seilwinden und die Erweiterung von sechs auf sechzehn Seilwinden. Weiter wird die therapeutische Bewegung für ein Bein implementiert und getestet, bei der sich der Patient in Rückenlage befindet. Zusätzlich wird ein Hebemechanismus konstruiert und programmiert, welcher es ermöglicht, eine Person aus einem Rollstuhl in das Spitalbett zu heben. Um die Anlage zu steuern, wird ein Benutzerinterface implementiert. Alle neuen Programmteile müssen in das bereits bestehende Programm integriert werden.

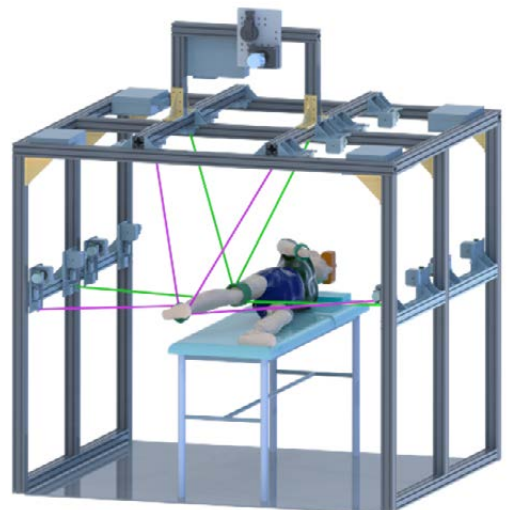
## Methodik

In einem ersten Schritt wird das mechanische Konzept der bestehenden Seilwinden optimiert und angepasst. Weiter wird die Konstruktion des Hebemechanismus erstellt. Ein grundlegender Festigkeitsnachweis des Rahmens zeigt die Schwachpunkte auf. Da der Rahmen das Gewicht einer ganzen Person tragen muss, sind einige Anpassungen von Nöten. Nach erfolgreicher mechanischer und elektrischer Installation des Systems werden die Beinbewegungen, bei denen der Patient auf dem Rücken oder der Seite liegt, realisiert. Hier wird zusätzlich ein BIO-Feedback eingebaut, welches

dem Patienten eine Rückmeldung über seine eigene erbrachte Leistung gibt. Damit das System gesteuert werden kann, wird schliesslich das Benutzerinterface erstellt. Zuletzt wird ein Anwendungstest durchgeführt, welcher die Funktion aller in der Thesis erarbeiteten Komponenten und Programme prüft.

## Resultate

Die Einbaugrösse der bestehenden Seilwinden kann um 26 % reduziert werden. Weiter sind nun kleinere mechanische Probleme behoben. Der Hebemechanismus kann ohne Probleme montiert und in Betrieb genommen werden. Trotz frühzeitiger Bestellung kann aufgrund von Lieferengpässen bei Motoren und Fertigungsteilen nur eine Erweiterung auf neun statt siebzehn Seilwinden erzielt werden. Alle fehlenden Teile sind jedoch bestellt und müssen nur noch montiert werden. Die Implementationen der Beinbewegungen sind erfolgreich, dies bestätigt der Anwendungstest. Als Zusatz ist hier sogar ein BIO-Feedback vorhanden. Auch das Benutzerinterface kann leicht von einem Therapeuten bedient werden.



Konzept Kniebewegung, Patient liegt auf der Seite

# Zweiteilige Formierung von Lithium-Ionen-Batterien

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Roland Fischer  
Experte: Dr. Armin Heger  
Industriepartner: Blackstone Resources AG, Baar

25

Die Firma Blackstone Resources AG entwickelt ein neues Fertigungsverfahren für Lithium-Ionen-Batterien, welches die Herstellung von Batteriezellen mit sehr hoher Energiedichte ermöglicht. Im Rahmen der Bachelorthesis soll ein zweiteiliges Formierprotokoll für die Batteriezellen definiert und anschließend validiert werden.

## Ziel

Am Ende der Herstellungskette einer Lithium-Ionen-Batterie wird der sogenannte Formierungsschritt durchgeführt. In diesem Schritt wird die Batteriezelle mit einem genau definierten Protokoll (Stromstärke, Spannungsfenster, Ruhephasen) mehrfach geladen und entladen. Während diesem Prozess bildet sich eine Schutzschicht innerhalb der Batteriezelle welche wichtig für die Langlebigkeit der Batteriezelle ist. Das Ziel dieser Arbeit ist, ein zweiteiliges Formierprotokoll für die Blackstone Resources AG zu entwickeln. Die Batteriezellen sollen vorerst nur kurz geladen werden und erst mehrere Tage später vollständig formiert werden. Dies würde ermöglichen, die Assemblierung und die Formierung an unterschiedlichen Standorten durchzuführen. Aufgrund der begrenzten Zeit soll eine einfache Möglichkeit entwickelt werden, um die Lebensdauer einer Batteriezelle anhand von wenigen Lade- und Entladezyklen abschätzen zu können. So können dann auch die unterschiedlich formierten Zellen verglichen werden.

## Vorgehen

Um die Forschungsfrage, ob eine zweiteilige Formierung ohne Leistungseinbußen möglich ist, zu beantworten, werden in einem ersten Schritt drei Zellen hergestellt und mit einem Standardprotokoll formiert.

Die Performance dieser Referenzzellen wird dann für den Vergleich der alternativ formierten Batteriezellen verwendet. Gleichzeitig werden weitere Batteriezellen eine zweiteilige Formierung durchlaufen. Anschließend werden alle Batteriezellen der zyklischen Alterung ausgesetzt und regelmässig mittels Elektrochemischer Impedanz-Spektroskopie (EIS) ausgemessen. (Abbildung 1)

Mithilfe der von den Referenzzellen generierten Daten kann dann ein Modell entwickelt werden, welches den Vergleich von verschiedenen Batteriezellen nach nur wenigen Zyklen ermöglicht.

## Ergebnisse

Die Batteriezellen, welche das neu entwickelte Protokoll mit einem zeitlichen Unterbruch durchlaufen haben, zeigten eine sehr ähnliche Performance wie die Referenzzellen. (Abbildung 2) Die alternativ formierten Batteriezellen konnten ihre Leistung teilweise sogar über eine längere Zeit aufrechterhalten als die Referenzzellen. Auch beim Vergleich der EIS-Messungen zeigten die alternativ formierten Zellen kaum Abweichungen zu den Referenzzellen. Das neue Formierprotokoll mit einem zeitlichen Unterbruch hat somit keinen negativen Einfluss auf die Leistung der Zellen und könnte in Zukunft eingesetzt werden.



Florian Noah Schimmer

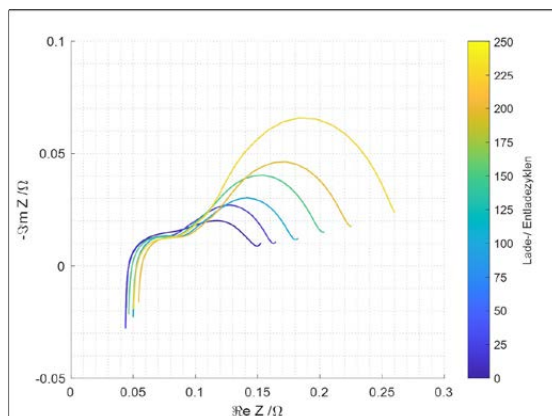


Abbildung 1: Nyquist-Diagramm der Impedanz einer Referenzzelle während der zyklischen Alterung (EIS-Messung)

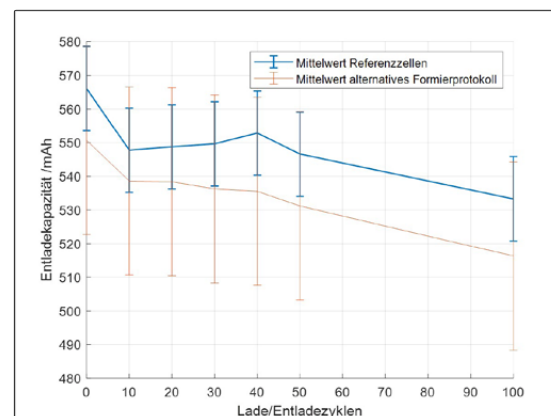


Abbildung 2: Kapazitätsverlauf der Batteriezellen während der zyklischen Alterung mit dargestellter Standardabweichung

# Antriebskonzept für S-Pedelects

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Roland Fischer, Prof. Dr. Kenneth James Hunt  
Experte: Urs Friedli

26

Um die Effizienz beim Fahren und der Rekuperation zu erhöhen, sowie mehr Drehmoment für Lastentransport und Bergfahrten zu bieten wird ein neuer S-Pedelec Antrieb entwickelt. Das Antriebskonzept verfügt über zwei Motorgeneratoren deren Leistungen über ein Planetengetriebe zusammengeführt werden. Um herauszufinden, ob und welche Vorteile bei dieser Antriebsvariante entstehen, wird ein Laboraufbau konzipiert und erste Messungen werden durchgeführt.



Jan Arthur Erich Schlage  
jan.schlage@bluewin.ch

## Ausgangslage

Zurzeit sind zwei Antriebsvarianten für E-Bikes und S-Pedelecs gebräuchlich: Nabenmotor und Mittelmotor. Der Nabenmotor ist direkt am Rad verbaut, durch den Mangel eines Schaltgetriebes ist er primär auf Geschwindigkeit ausgelegt. Der Mittelmotor hingegen speist seine Leistung vor dem Schaltgetriebe ein, dadurch kann bei kleiner Geschwindigkeit mehr Drehmoment generiert werden, jedoch entsteht zusätzlicher Verschleiss am Schaltgetriebe. Modelle mit Kettenschaltung ermöglichen keine Energierückgewinnung. Diese Ausgangslage führt dazu, in einer Projektarbeit ein neues Antriebskonzept für S-Pedelecs zu erarbeiten.



Cédric Wittwer  
cedric.wittwer@hotmail.com

## Ziel

Die Effizienz von S-Pedelecs beim Fahren und der Rekuperation zu erhöhen, sowie mehr Drehmoment für Lastentransporte und Bergfahrten zu bieten. Die neue Antriebsvariante in einem Laboraufbau zu realisieren und erste Messungen daran durchzuführen. Die verschiedenen Betriebsmodi wie Einzelmotorbetrieb, synchron Betrieb und Gegenlauf sollen vermessen und ausgewertet werden. Welche Vor- und Nachteile bringt das neue Antriebskonzept gegenüber den gebräuchlichen Systemen mit sich.

## Durchführung

Als wichtigstes Bauteil für den Aufbau gilt es ein Planetengetriebe mit zwei An- und einem Abtrieb zu konstruieren, da auf dem Markt keine Summiergetriebe in dieser Grösse erhältlich sind. In einer vorhergehenden Projektarbeit wurde das Getriebe bereits für diese Anwendung ausgelegt und ein Grobkonzept des neuen Antriebs erstellt. Der Laboraufbau kann nicht wie ursprünglich geplant mit einer SPS Steuerung und regelbaren Industriemotoren realisiert werden. Aufgrund der aktuell langen Lieferfristen für elektrische Komponenten, daher muss auf verfügbare Komponenten ausgewichen werden. Neu werden einfache DC-Motoren als Antriebe eingesetzt und die Messpunkte werden über die Eingangsgrössen an den Motoren eingestellt. Am Abtrieb des Planetengetriebes wird ein Drehmomentsensor und einer Hysteresebremse angehängt, um die Ausgangsleistung zu erfassen, sowie das Lastmoment variieren zu können. Zum Vermessen des Antriebskonzepts wird auch die Eingangsleistung auf der Antriebsseite benötigt, durch vorhergehende Kalibrierung der Antriebe mit dem Drehmomentsensor wird deren Leistung anhand der elektrischen Eingangsgrössen erschlossen. Die Erfassung und Auswertung der Sensordaten findet in Matlab/Simulink statt.

## Ergebnisse

Das neue Antriebskonzept zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Motoren im Einzelbetrieb sowie im synchronen Betrieb den kompletten Geschwindigkeitsbereich eines S-Pedelec bei besseren Betriebspunkten der Motoren abdecken. Im gegenläufigen Betrieb der beiden Motoren kann beispielsweise beim Anfahren das Drehmoment auch bei ganz niedrigen Geschwindigkeiten auf dem maximal zulässigen Ausgangsdrehmoment der Motoren gehalten werden. In diesem Punkt wird ein maximaler Wirkungsgrad von ca. 20 % erreicht, dies ist aber nur für eine kurze Zeit, zum Beispiel während des Anfahrens der Fall.



Laboraufbau







# Herzratenregelung mit einem robotischen Kipptisch

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Dr. Kenneth James Hunt  
Experte: Benedict Simlinger

28

Um die Rehabilitation von gehbehinderten Patienten möglichst effektiv zu gestalten, soll eine Herzratenregelung auf dem Erigo, einem robotischen Kipptisch der Firma Hocoma, implementiert werden. Um dies umzusetzen, wird dem Patienten eine Leistung vorgegeben, die dieser einhalten soll. Als Resultat wird damit die Herzrate geregelt.



Reto Schneider  
schneider.reto@hispeed.ch

## Ausgangslage

Mit dem Erigo kann eine zyklische Beinbewegung durchgeführt werden und zusätzlich kann der Winkel des Patienten von liegend zu stehend variiert werden. Dies wird zur Frühmobilisierung von neurologischen Patienten mit sensomotorischen Beeinträchtigungen angewandt. Der vorhandene Erigo wurde mit Kraftsensoren bestückt, welche für diese Arbeit benötigt werden. Es wurden bereits mehrere Herzratenregelungen am Institut für Rehabilitations- und Leistungstechnologie (IRPT) mit dem Erigo gemacht, jedoch wurden diese mit anderen Programmen umgesetzt oder die Leistung wurde unterschiedlich berechnet.

## Ziel

Ziel dieser Thesis ist für das IRPT eine Herzratenregelung auf dem Erigo umzusetzen. Die Regelung soll an gesunden Personen getestet und mittels quantitativen Werten analysiert werden.

## Vorgehen

Der Erigo hat keine integrierte Leistungsberechnung. Aus diesem Grund wird mit Hilfe von Sensordaten die Ist-Leistung berechnet. Die Herzratenregelung

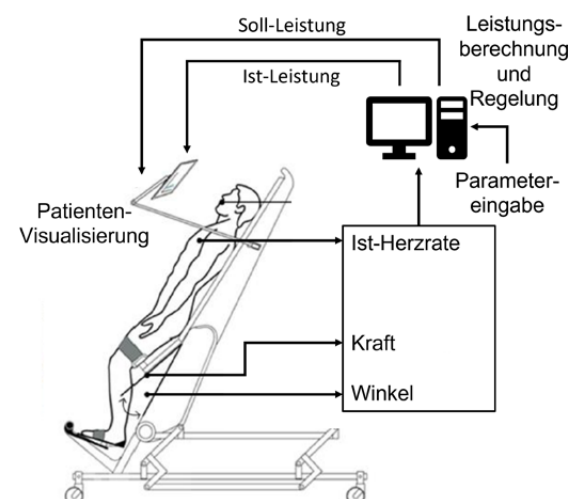
wird anhand von aktueller Literatur, welche vom IRPT erarbeitet wurde, umgesetzt und ausgelegt. Der erste Schritt vor der Herzratenregelung ist eine Identifikationsmessung. Dabei wird dem Probanden eine Soll-Leistung vorgegeben, welche dieser einhalten muss. Während der Messung wird die Herzrate gemessen und daraus können Parameter für die Regelung berechnet werden. Im nächsten Schritt kann die Herzratenregelung durchgeführt werden, d. h. der Regler passt die Soll-Leistung so an, dass die Herzrate des Probanden möglichst der vorgegebenen Herzrate entspricht. Mit dem Matlab App Designer wurde eine App programmiert, welche die Messungen und Auswertungen per Knopfdruck ausführt.

## Ergebnis

Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein Simulink-Modell, welches die Systemidentifikation und die Herzratenregelung umsetzt. Es wurde eine Matlab-App programmiert, welche die Bedienung dieses Modells und die Datenauswertung vereinfacht. Mehrere Versuche zeigen, dass die Herzrate von gesunden Personen erfolgreich geregelt werden konnte.



Erigo mit einem Probanden



Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

# Composite Sputter-Targets für Hochleistungsschichten

Studiengang : BSc in Maschinentechnik  
Betreuer\*innen : Prof. Dr. Annette Kipka, Dr. Sylvain David Le Coultre  
Experte : Benno Bitterli  
Industriepartner : ALPS Institut (Abt MNG Allgemeinbildung), Biel

29

Die Vereisung von Oberflächen kann für bestimmte technische Anwendungen problematisch und unerwünscht sein . Das Eis kann grosse Schäden an Geräten und Anlagen verursachen. Deshalb ist es von grösstem Interesse, nach Möglichkeiten zu suchen, die Vereisung zu verhindern. Die Berner Fachhochschule und das ALPS-Institut haben sich deshalb zum Ziel gesetzt, mit selbst hergestellten Sputtertargets eine Beschichtung herzustellen, die eine hydrophobe Eigenschaft aufweist.

## Ziel der Arbeit

Erzeugen einer hydrophoben Beschichtung im nm-Bereich auf verschiedenen Substraten durch Sputtern. Dafür sind Sputtertargets aus Mischungen aus PTFE und Kupfer zu entwickeln

## Vorgehen

Die Sputtertargets werden pulvermetallurgisch hergestellt. Nach Auswahl und Qualifizierung geeigneter Pulver wurden eine Vorrichtung (Stempel und Matrize) zum Pressen der Pulver zusammengestellt. Ziel ist die Herstellung von zylinderförmigen Sputtertargets mit einer Höhe von ca. 6mm und einem Durchmesser von 50.8mm

Das Pressen der Sputtertargets umfasst folgende Schritte:

1. Kupfer- und PTFE-Pulver mischen
2. Einbringen der Mischung in die Vorrichtung
3. Erhitzen der Vorrichtung mit der Mischung im Ofen
4. Heisspressen auf der Pressmaschine
5. Langsam den Pressdruck und die Temperatur reduzieren

Mit dem so hergestellte Sputtertargets werden Beschichtungsversuche auf Glas-, Stahl- und Silikon substraten durchgeführt. Die Beschichtungen werden mit Hilfe von z.B. Kontaktwinkelmessungen, REM und Ellipsometrie charakterisiert. (s.Abb. 1 und 2)

## Ergebnis

Das Sputtertarget wurde nach mehreren Fehlversuchen erfolgreich hergestellt. Faktoren wie die Abkühlungsgeschwindigkeit des Targets aufgrund der Außentemperatur, der Pressdruck und die Pressgeschwindigkeit der Heißpresse oder die Endladung sind entscheidende Prozessparameter. Die Sputterfähigkeit mit diesem Sputtertarget am ALPS-Institut war nicht optimal, da das Sputtertarget noch Poren aufwies.



Luxshan Somasundaram  
s.luxshan50@gmail.com

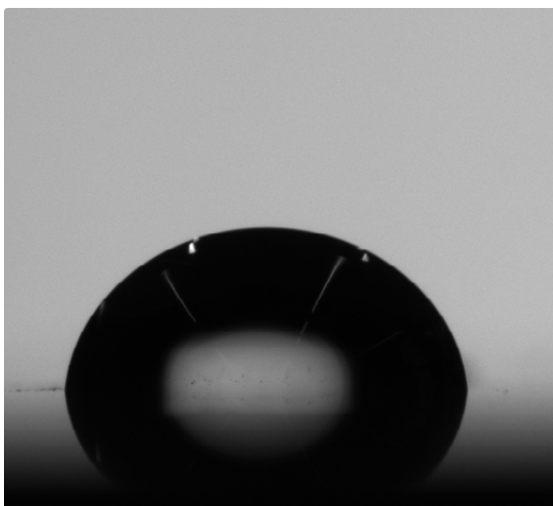


Abb.1 : Kontaktwinkelmessung mit destilliertes Wasser

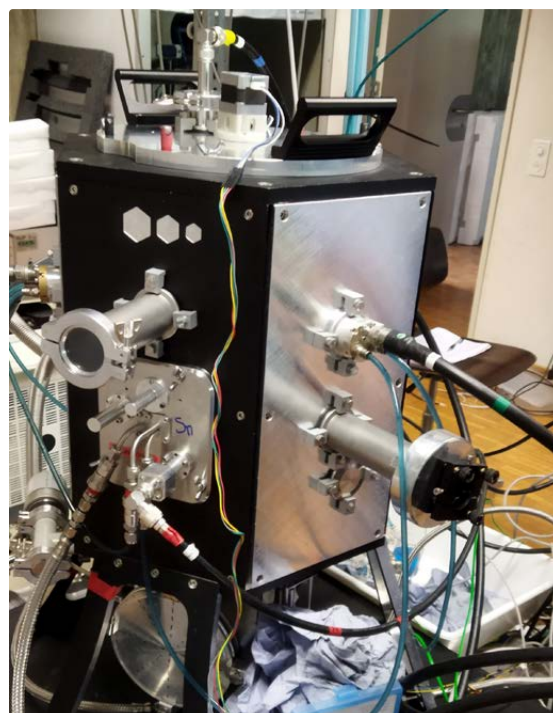


Abb. 2: Sputter- Anlage am Institut ALPS

# Co-Montage - Mensch und Maschine

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer\*innen: Juan Fang, Prof. Dr. Gabriel Gruener, Prof. Dr. Kenneth James Hunt

Experte: Felix Scheuter

Industriepartner: RONDO Burgdorf AG, Burgdorf

30

Die Globalisierung schreitet unaufhaltsam voran. Deshalb werden effiziente Prozesse gefordert. Eine Mensch-Maschine Kollaboration verbindet die Fähigkeiten der beiden Parteien: die Kreativität und Flexibilität des Menschen mit der Wiederholgenauigkeit und Geschwindigkeit der Maschine. Für die RONDO Burgdorf AG wurde in Zusammenarbeit mit dem Institute for Human Centered Engineering (HuCE) ein kollaboratives Montagesystem erarbeitet.



Yannick Spatz  
yannick.spatz@gmail.com

## Ausgangslage

KMU's in der Schweiz setzen derzeit noch wenig auf Mensch-Maschine-Kollaborationen. Arbeitsplatzoptimierungen werden im Montagebereich kaum durch Anbindungen von Robotern durchgeführt. Durch Lean-Management werden die Fundamente für kontinuierliche Verbesserungsprozesse geschaffen. Das Ziel: immer besser werden.

In Zusammenarbeit mit dem Institute for Human Centered Engineering (HuCE) in Biel wird für die RONDO Burgdorf AG der Einsatz eines kollaborativen Montagesystems getestet und umgesetzt. Eine Mensch-Maschine-Kollaboration verbindet dabei die Stärken der beiden Parteien: die Kreativität und Flexibilität des Menschen mit der Wiederholgenauigkeit und Geschwindigkeit der Maschine. Das kollaborative Montagesystem soll dabei die Montage von Baugruppen platzsparend erleichtern.

## Ziel

Ein kollaboratives Montagesystem wird für reale Baugruppen umgesetzt. Die Bachelorthesis umfasst das Software-Konzept sowie die Umsetzung der realen Maschine.

## Vorgehen

Um das Konzept realisieren zu können, wurde es in drei Teilbereiche unterteilt: Mechanik/Hardware, Logik und Software. Bei der Mechanik werden alle Aspekte der Hardware erarbeitet: der Aufbau der Prozesszelle, die Sensoren und das Kamerasystem. Die Logik bildet die Grundlage der Software: Durch Petri-Netze und Zustandsdiagramme werden alle möglichen Prozesszustände abgebildet. Die Software wird in Funktionsblöcke unterteilt: Code-Erkennung, Sensorauswertung, Roboteransteuerung, Kistenansteuerung sowie Baugruppen- und Einzelteilhandling. Dadurch wird sichergestellt, dass die einzelnen Teilelemente wunschgemäss funktionieren. Die Teilfunktionen werden anschliessend im Gesamtprozess verbunden und implementiert.

## Herausforderungen

Bei einem Projekt aus einer eigenen Idee, ist es schwierig den Umfang im Vorfeld abzuschätzen. Da die Arbeit viele Teilbereiche umfasst, war es zudem herausfordernd die Tiefe der Ausarbeitung festzulegen, da das Hauptziel war, die Gesamtanlage funktionsfähig umzusetzen. Das Verbinden der Teilelemente im Hauptprozess stellt zudem eine grosse Herausforderung dar, da immer exakt bedacht werden muss, welche Teilfunktionen miteinander korrelieren.

## Ergebnis

Das Endprodukt dieser Thesis ist eine Montagezelle, welche selbstständig das Lagermanagement übernimmt. Die einzelnen Kisten werden eingescannt und in einer SQL-Datenbank hinterlegt. Nachgefüllte oder leere Kisten können auf den dafür vorgesehenen Plätzen abgelegt werden. Durch Sensoren weiss das System, wo Kisten abgelegt wurden und bringt sie dabei selbstständig an den vorgesehenen Platz im Lagersystem. Durch eine Signalleuchte wird der aktuelle Betriebszustand angezeigt. Am Gestell wurden Rollen montiert, damit die Einheit einfach verschoben werden kann. Der Arbeiter hat durch den Montage-tisch genügend Platz zum montieren der Baugruppe. Auf einem Bildschirm kann er die benötigten Montageschritte einsehen.



Kollaboratives Montagesystem im Betrieb



Stephan Michael Widmer  
stephanwidmer@gmail.com



# Treadmill Position Control Unit

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Dr. Kenneth James Hunt  
Experte: Benedict Simlinger

31

Das Trainingsprogramm eines Laufbandes kann meist durch manuelle Einstellungen oder vorprogrammierte Profile gewählt werden. Falls ein Nutzer das Tempo nicht selbstständig halten kann, führt dies während des Trainings zu Problemen. Mit Hilfe des, in dieser Bachelor Arbeit entwickelten Gerätes, wird die Position auf dem Laufband automatisch reguliert. Das Laufband passt sich der Geschwindigkeit des Nutzers an und seine Leistungen werden ihm auf einem Interface vorgegeben.

## Ausgangslage

Für das Training und zur Beurteilung der Fitness werden im Sport und in der Rehabilitation Laufbänder eingesetzt. Die Bewegungsabläufe von Nutzern kann unregelmässig oder unsicher sein. Daher können die manuell oder mittels vorprogrammierten Profils gewählten Einstellungen die Sicherheit und die therapeutische Wirksamkeit beeinträchtigen. Aus diesem Grund soll die Position über die Geschwindigkeitseinstellung geregelt werden. Ein Prototyp wurde mittels Matlab/Simulink auf einem Computer im Labor des Forschungsinstitutes implementiert.

## Ziel

Der Prototyp wird analysiert und eine eigenständige Steuereinheit entwickelt. Diese soll mobil an ein Laufband angebracht werden können. Die Steuereinheit wird über einen Microcontroller laufen. Die Messung funktioniert über einen Seilzugsensor und währenddessen wird die Geschwindigkeit über eine RS232 Verbindung an das Laufband gesendet. Über ein Portable oder ein Display wird dem Nutzer eine visuelle Rückmeldung ermöglicht. Zudem wird für eine zukünftige Herzratenregelung eine Verbindung zu einem Pulsmessgerät mit eingebaut.

## Vorgehen

Neben dem Analysieren des Prototyps wurden die recherchierten und erhaltenen Informationen zum Thema gesichtet. Nach der Evaluation des zu benutzenden Microcontrollers, einem Raspberry Pi, konnte das Konzept darauf aufgebaut und die Komponenten ausgewählt werden. Gleichzeitig wurde die konstruktive Planung des Gerätes durchgeführt. Nach der abgeschlossenen Planung wurde das Programm geschrieben und die Komponenten zusammengebaut. Als Abschluss wurde das fertige Produkt getestet und einige Optimierungen vorgenommen.



Patrick von Raumer

## Ergebnis

Für die Laufband-Positionsregelungseinheit wurde ein Konzept ausgearbeitet. Dafür wurden die Komponenten ausgewählt und eingekauft. Es wurde ein CAD Modell erstellt und gemäss diesem wurde das Gehäuse 3D-gedruckt. Die Programmierung der Einheit wurde in Python umgesetzt, während das User-Interface HTML basiert aufgebaut wurde (siehe Abb. 1). Das zusammengebaute Produkt wurde im Labor an das Laufband montiert und angeschlossen. Die durchgeführten Evaluationen zeigten kleinere Optimierungsmöglichkeiten auf.



Abb. 1: User-Interface des Gerätes

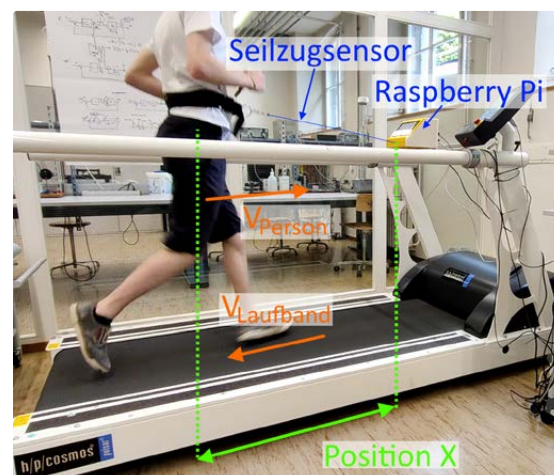


Abb. 2: Konzeptbild



# Optimierung der Einläufe Maschinengruppe 1 & 2 Trift, Kraftwerk Hopflauenen

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer: Lukas Moser

Experte: Benno Bitterli

Industriepartner: Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen

32

Im Rahmen des Retrofits des Kraftwerks Hopflauenen Ende 2022 werden die Einläufe der Maschinengruppen 1 & 2 überarbeitet und auf den Stand der Technik gebracht. Die hydraulische Form der Einläufe soll optimiert und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Dies kann durch eine Erhöhung des Drucks im hydraulischen Antrieb (Hydraulikzylinder) des Einlaufes erreicht werden.



Jonas von Weissenfluh

077 449 98 24

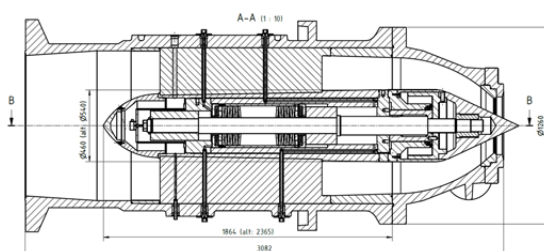
jonasvwfluh@gmx.ch

## Ausgangslage

Das Kraftwerk Hopflauenen der Kraftwerke Oberhasli AG besteht aus drei Maschinengruppen. Die Maschinengruppen 1 & 2, ziehen Wasser aus dem Triftgebiet. Sie enthalten jeweils eine Doppel-Peltonturbine, die aus zwei Peltonrädern mit einem Generator besteht. Die letzten hydraulischen Organe vor den Turbinenrädern sind die Einläufe, die sowohl die Wassermenge regulieren als auch als Absperrorgan dienen. Reguliert wird durch die Düsenadel, welche durch einen hydraulischen Antrieb entlang der Einlaufachse verschoben wird. Der hydraulische Druck im bestehenden Antrieb beträgt 28 bar, was nicht mehr dem Stand der Technik entspricht.

## Ziel

Ziel dieser Arbeit ist ein weitestmöglich ausgearbeitetes Konzept eines modernisierten Einlaufes. Hierbei soll ein Hydraulikzylinder mit einem deutlich höheren Betriebsdruck und somit deutlich kleineren Abmassen verwendet werden. Dieser Hydraulikzylinder soll ausgelegt und konzipiert werden. Weiter soll die hydraulische Form aller Teile, die vom Wasser umflossen werden, mit Hilfe des Turboinstituts in Slowenien optimiert werden, um schliesslich den Wirkungsgrad des Einlaufs zu steigern. Dabei soll beachtet werden, dass der Hydraulikzylinder einfach ein- und ausgebaut werden kann. Auch die Messung der Nadelposition soll modernisiert werden.



Schnitt der Konstruktion des optimierten Einlaufs

## Ergebnis

Es wurde ein Konzept für einen Hydraulikzylinder entwickelt, welcher die gegebenen Anforderungen erfüllt. Der Hydraulikzylinder besitzt sowohl einen Entlastungskolben, welcher die Schliesskraft verkleinert, als auch eine elektronische Wegmessung. Weiter ist im Zylinder ein integriertes Tellerfederpaket eingebaut. Dieses wird in beiden Endlagen komprimiert, um näher an die optimale Kraftkurve zu kommen. Der Hydraulikzylinder wird ausgeschrieben und von einem Zylinderhersteller ausdetailliert und geliefert.

Der Hydraulikzylinder wird in ein neu entworfenes Führungskreuz eingebaut, welches im bestehenden Einlaufrohr sitzt. Die Hydraulikanschlüsse des bestehenden Einlaufrohres können wiederverwendet werden. Das Konzept der Nadelfestigung kann kaum verbessert werden und fällt ähnlich wie beim bestehenden Einlauf aus. Die für den Umlauf des Wassers relevanten Masse konnten deutlich verringert werden und die Hydraulischen Verluste des Einlaufes konnten gemäss Turboinstitut von 1.2% auf 1.03% verringert werden.



Einlauf im Kraftwerk Hopflauenen

# Laserstrukturierte Elektroden für Batterieproduktion

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Prof. Dr. Axel Fuerst, Prof. Dr. Beat Neuenschwander

33

Batteriezellen mit Laserstrukturierten Elektroden haben das Potential, das Verhalten von Lithium-Ionen-Batterien zu verbessern. Die Institute ALPS und I3S der Berner Fachhochschule besitzen die Möglichkeiten, in einer Pilotanlage Batteriezellen herzustellen und die dafür verwendeten Elektroden mit Ultrakurzpuls-Laserbearbeitung zu strukturieren.

## Ausgangslage

Der Stand der Technik zeigt, dass in der Strukturierung der Elektrodenbeschichtungen von Batteriezellen das Potential steckt, die Batterien nachhaltig zu verbessern. Dieses Potential soll auch an der BFH untersucht werden, indem die Fähigkeiten von zwei Instituten kombiniert werden.

Das Institut für applied Laser, Photonics and Surface Technologies (ALPS) verfügt über ein Labor mit mehreren Ultrakurzpuls-Lasersystemen. Dies erlaubt schnelle und hochpräzise Oberflächenbearbeitungen für viele Materialien.

Das Institut für Intelligente Industrielle Systeme (I3S) hat eine Pilotanlage zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt. Diese ist in der Lage, Batteriezellen verschiedener Grösse herzustellen und zu testen.

## Ziel

Das Ziel dieser Thesis ist die Abklärung der Möglichkeiten der Berner Fachhochschule, Lithium-Ionen-Batterien mit laserstrukturierten Elektroden herzustellen und deren Vorteile nachzuweisen.

Der aktuelle Stand der Technik soll zusammengefasst werden und in eigenen Versuchen sollen die Laserstrukturierung der Elektroden erstellt und die Eigenschaften der Batterien analysiert werden.

## Methodik

Als erster Schritt wird der Stand der Technik durch eine Literaturrecherche, insbesondere zum Thema Strukturierung von Elektroden erarbeitet. Daraus können einige Möglichkeiten der Strukturierung abgeleitet werden.

Damit eine Strukturierung in den Elektrodenbeschichtungen erstellt werden kann, muss das Verhalten der Beschichtungsmaterialien bei Bearbeitung mit dem Ultrakurzpuls-Laser untersucht werden. Daraus können mögliche Parameter zur Erstellung der gewünschten Struktur abgeleitet werden.

Es folgt die Festlegung der zu untersuchenden Struktur sowie die Menge und Eigenschaften der herzu-

stellenden Batterien. Als erstes sollen vier mit einem Lochmuster strukturierte Zellen hergestellt werden und im Anschluss Zellen mit zwei weiteren Mustern analysiert werden. Als Vergleich werden vier Referenzzellen hergestellt.

Der Strukturierprozess wird definiert, getestet und anschliessend zur Produktion von genügend Elektroden für die gewählte Menge Batterien angewendet. Alle Hergestellten Batteriezellen werden gleich formiert und getestet.

## Ergebnisse

Das Resultat der Untersuchung der Beschichtungseigenschaften für Laserbearbeitung zeigt ein unerwartetes Verhalten und ist schwer auszuwerten, aufgrund der Porosität der Materialien.

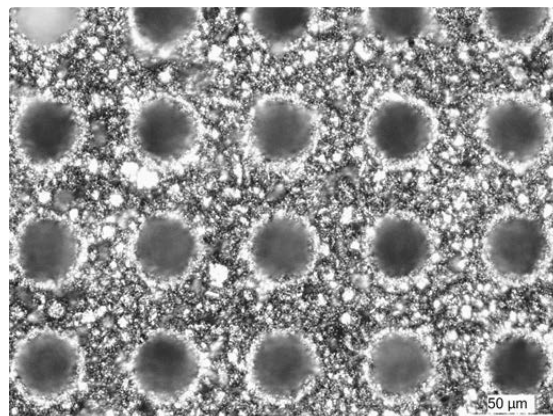
Die Parameter für die Strukturierung der Kathoden wurden festgelegt und ein funktionierender Strukturierprozess für die gewählte Lochstruktur erstellt und optimiert.

Die strukturierten, sowie die Referenzzellen wurden hergestellt und an der Pilotanlage getestet.

Der Vergleich der Zellen zeigt nur eine kleine Veränderung durch die Strukturierung, das Potential ist aber dennoch erkennbar.



Simon Walker  
simwalk97@gmail.com



Mit UKP-Laser erstellte Lochstruktur in Kathode

# Skitourenschuhmessung

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer\*innen: Juan Fang, Prof. Sebastian Siep

34

Skitourenschuhe werden mit nicht unabhängigen abgenommen Leistungsdaten vertrieben. Die SkitourengehängerInnen verlassen sich bei der Auswahl von Schuhe auf die Erfahrung und die Einschätzungen von Experten. Ein unabhängig objektiver Produktvergleich der Schuhe ist noch ausstehend. Zurzeit kann der Kunde lediglich an Testtagen des Herstellers oder der Vertreiber teilnehmen, um die Modelle miteinander zu vergleichen.



Julian Silvio Wyss

## Einleitung

In dieser Bachelorthesis geht es darum ein Prototyp für ein unabhängiges Messsystem von Skischuhen zu entwickeln. Das Vorgänger Konzept läuft nur im Labor der BFH und diente während der Projektarbeit zur Messung der Hysteresekurve. Auf der Grundlage dieses Wissenstands soll ein validiertes Produktkonzept entstehen, dass zur mobilen Messung im Labor und Schneefeld geeignet ist, um die Skitourenschuhe in ihrer Kinematik zu vergleichen.

## Vorgehen

Anhand einer ausführlichen Recherche und Patentrecherche zu biophysischen Messungen von Schuh-Sportprodukten wird die Messeinheit entworfen. Durch Erstellen einer Messstrategie werden die geeigneten Sensoren für Produkt und Probanden ausgewählt. Eine Validierung des Produktkonzeptes ist dazu unerlässlich. Indem man die Sensoren und Anbauteile miteinander montiert, entsteht ein erster Prototyp zur Messung der Steifigkeit, Schaftrotation und Schrittweite von Skitourenschuhen. In einem weiteren Schritt wird ein Validierungsprogramm für Skischuhe entworfen und eine Fehlerrechnung erstellt, um die Korrelation von Feld- zu Labormessung zu untersuchen. Mithilfe dieser Rechnung und der Ergebnisse der Messung wird das Messmodell validiert.

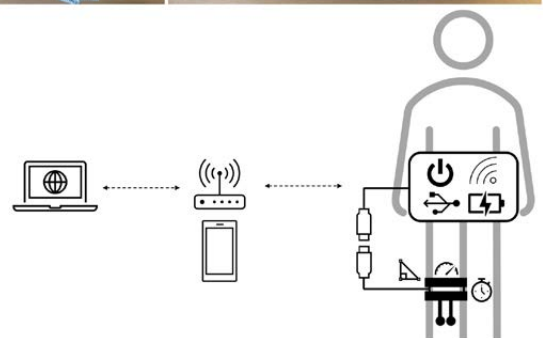
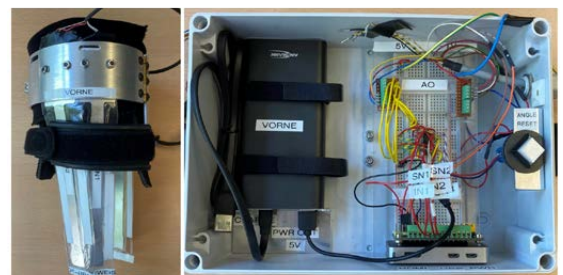
## Konzept

Die Elektronik der Einheit muss im Niederspannungsbereich (max. 12V) betrieben werden um eine mobile Messung zu ermöglichen. Daher wird ein Rasperry Pi Zero verwendet um die fünf Analog Signale der Sensoren auszulesen. Das Raspy wird mit einer Powerbank gespeisen. Am Schienbein und der Wade sind jeweils zwei Druckdünnfilmsensoren angebracht. Diese messen die injizierte Kraft bei der Schaftrotation an vier Punkten, zwei vorne und zwei hinten. Das fünfte Signal ist der Winkelsensor, welcher den Winkel zwischen der neutralen des Unterbeins und der Vertikalen detektiert. Die Messeinheit ist damit losgelöst von äußere

ren Abhängigkeiten und ermöglicht einen schnellen Skischuhwechsel, ohne Umbau oder Neuansbringung der Sensoren. Die Anbringung der Sensoren und Kabel wird Prototypengerecht mittels 0.5mm Aluminiumblechen und einer handelsüblichen Knieschiene realisiert. Außerdem garantiert die Schiene bei wiederholtem Anziehen der Einheit die Wiederholgenauigkeit bei der Positionierung der Sensoren.

## Ergebnis

Das Endergebnis dieser Arbeit ist ein Prototyp, welcher zur mobilen Messung von Skitourenschuhen genutzt werden kann. Bis zur Marktreife des Produktes müssen im Bereich der Elektronik und vor allen der Handhabung mit der Software noch Überarbeitungen gemacht werden. Die Konstruktion sollte so überarbeitet werden, dass die Einheit in einen Socken integriert werden kann und die Einheit ebenfalls im Gelände mit Bergsteigungen genutzt werden kann.



Prototyp (oben); schematischer Konzeptaufbau (unten)

# Trainingsgerät für Koordinations- und Rehabilitationsübungen

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuerin: Juan Fang  
Industriepartner: Sensopro AG, Münsigen

35

Damit die Brücke zwischen Muskel-, Koordinations- und Rehabilitationstraining des Fussgelenkes geschlossen werden kann, wird ein Prototyp gebaut, welcher mit verschiedenen Elektromotoren sowohl ein Bremsmoment gegen eine Fusskraft aufbringen kann, als auch aktiv das Fussgelenk eines Patienten bewegen kann.

## Ausgangslage

In früheren Arbeiten wurde ein Prototyp gebaut welcher zunächst mit Gummiseilen, danach mit verschiedenen Sensoren und später auch mit Elektromotoren auf einer Fussplattform betrieben werden konnte. Die Ausgangslage dieses Systems war jedoch nur teilweise ausgereift und lediglich auf einer der beiden Fussplatten realisiert.

Im Rahmen dieser Bachelorthesis wird gemeinsam mit dem Institut für Rehabilitation und Leistungstechnologie (IRPT) und der Firma Sensopro AG diese Vorarbeit neu aufgegriffen, weiterentwickelt und dupliziert. Ziel ist es, das mechanische Grundkonzept zu verbessern und die Motorsteuerung neu zu konzipieren, auszuarbeiten und zu programmieren.

## Vorgehensweise

Grundpfeiler einer soliden Motorsteuerung ist ein mechanisches Konzept welches präzise funktioniert und eine dynamische Regelung überhaupt erst zulässt. Daher wird in einem ersten Schritt die Kraftübertragung der Antriebswellen im Kern der Fussplatte von Kraft- auf Formschluss geändert. So kann garantiert werden, dass die vorhandenen Kräfte ohne Schlupf auf die Motoren, respektive auf die Fussplatte übertragen werden können.

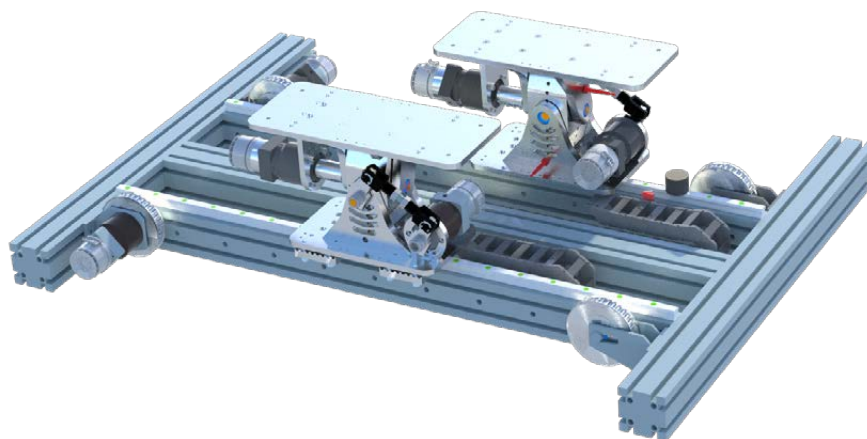
In einem zweiten Schritt wird die Motorsteuerung ausgelegt. Hierfür werden die autonom funktionierenden Motorsteuerkarten MiniMACS6 des Herstellers Maxon verwendet. Ziel während der Überarbeitung ist es, teure Spezialanfertigungen zu vermeiden, Anpassungen der bestehenden Teile gering zu halten und somit die schuleigene Werkstatt zu schonen und die Kosten gering zu halten.

## Resultate

Das Endprodukt der Arbeit ist ein funktionstüchtiger Prototyp, welcher mit total sechs Elektromotoren, vier Näherungssensoren und zwei Mikrokontaktschaltern betrieben wird. Durch die Verwendung von hochpräzisen Encodern kennt jeder Elektromotor zu jedem Zeitpunkt seine genaue Position und kann so auf einen tausendstel Grad genau positioniert werden. Durch die Verwendung von verschiedenen Betriebsmodi kann zwischen Positions-, Geschwindigkeits- oder Drehmomentregelung variiert werden. Dadurch kann in einem späteren Schritt ein Human-Machine-Interface (HMI) implementiert werden, welches dem Benutzer verschiedenste Trainingsprogramme zur Verfügung stellt.



Yves Zimmermann  
079 828 95 05  
yves.zimmermann93@gmail.com



CAD-Rendering des Gesamtsystems



# Konzept- und Integrationsüberarbeitung eines Filterformprozesses

Studiengang: BSc in Maschinentechnik

Betreuer: Prof. Sebastian Siep

Experte: Fabian Rüegg

Industriepartner: Rychiger AG, Steffisburg

36

Ein essenzieller Teil einer Kaffee Füll- und Siegelmaschine ist das Formen und Einbringen des Filters in die Kapsel. Die heute bei der Firma Rychiger zur Verwendung kommenden zwei Konstruktionen sind technisch sehr aufwändig. Demzufolge wird ein neues Filterformkonzept benötigt.



Frank Zumthurn

## Ausgangslage

Die Rychiger AG gehört zu den international führenden Anbieterinnen im Bereich kundenspezifischen Füll- und Siegelmaschinen von Kapseln aller Art. Ein essenzieller Teil der Maschine ist das Filterformen und Filtereinlegen in die Kapsel. Dies bereitet derzeit bei zwei Konstruktionen grosse Probleme. Um diese Probleme beheben zu können, wird ein neues Filterformkonzept benötigt.

## Ziel

Das Ziel der Thesis besteht darin, ein Konzept und eine Grobkonstruktion für das Stanzen ab Filterrolle, dem Filterformen und das Einbringen in die Kaffee-kapsel zu erarbeiten. Dabei muss der Filter unverrückbar in der Kapselposition verbleiben oder direkt beim Einbringen (an-) gesiegelt werden.

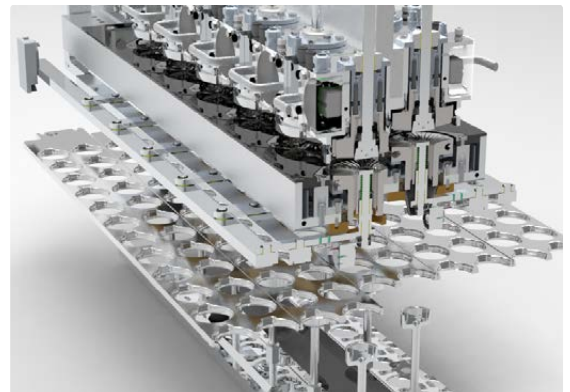
## Vorgehen

Die bestehenden Konstruktionen und die Implementierung auf der Maschine wurde vollumfänglich erfasst und analysiert. Gestützt auf den Funktions- und Konstruktionsanalysen wurden die Fehler der Konstruktionen beurteilt und entsprechend eingestuft. Die Analyse ergab, dass die Problemstelle beim Filterhandling liegt. Hierzu wurden diverse Einfluss-

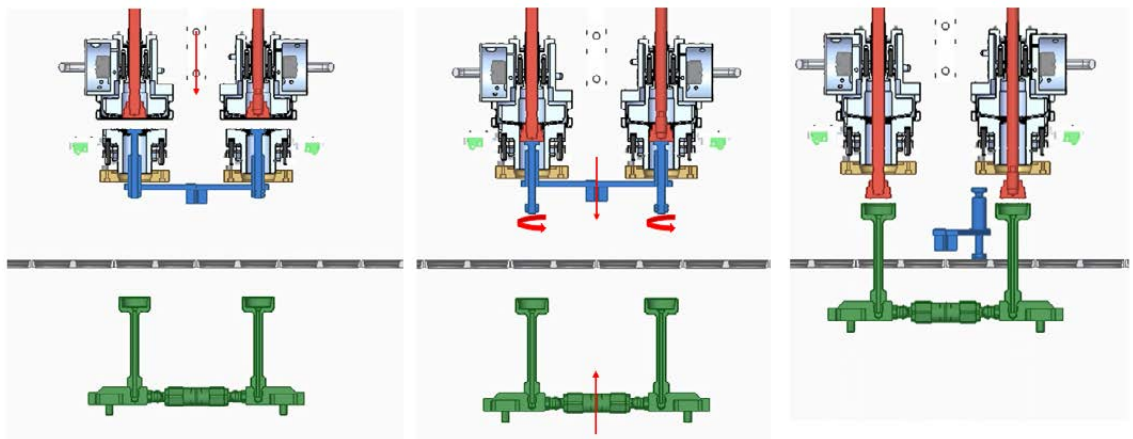
parameter gefunden und geprüft. Anhand dieser Verbesserungspotenzialen wurde fünf unterschiedliche Filterformkonzepte erstellt und bewertet.

## Ergebnis und Ausblick

Als Resultat der Thesis liegt eine bewertete und Grobkonstruktion eines neuen Filterformprozesses vor. Zusätzlich wurde das Konzept bezüglich Kosten beurteilt und mit den ursprünglichen Konstruktionen verglichen. In einem weiteren Schritt kann das Grobkonzept mit einem Prototypen getestet werden.



Konzeptkonstruktion Federstössel



Bewegungsablauf Formprozess Konzept Federstössel

# Strömungssimulation Schneidkopf

Studiengang: BSc in Maschinentechnik  
Betreuer: Thorsten Kramer, Lukas Moser  
Experte: Dr. Armin Heger

37

Die Laserbearbeitung von Werkstücken führt zu Verunreinigungen an den Produktionsanlagen. An optischen Komponenten sind diese kritisch, weil dadurch die Qualität der Bearbeitung beeinflusst wird. Computersimulationen erlauben es, die Strömungsvorgänge zu analysieren, welche für diese Ablagerungen ursächlich sind. Kombiniert mit additiven Fertigungsverfahren lassen sich so Komponenten entwickeln, in denen Gegenmassnahmen in Form von Strömungsgeometrien direkt integriert sind.

## Fragestellung

Das Laserschneiden von Blechen geschieht mit Hilfe eines Prozessgases, welches das geschmolzene Metall mit hoher Geschwindigkeit aus dem Schnittspalt treibt. Bei diesem Vorgang entstehen auch feinste Partikel, die auf Dauer die optischen Komponenten der Schneidanlage verschmutzen und das Schnittergebnis verschlechtern. Es stellt sich die Frage, welche Strömungsmechanismen für den Schmutzeintrag verantwortlich sind und mit welchen Lösungen diesen begegnet werden kann.

## Methodik

Für einen bestehenden Schneidkopf wurden numerische Strömungssimulationen (CFD) durchgeführt, um die Fließverhältnisse des Prozessgases aufzuzeigen. Ausgehend von den Betriebsbedingungen wurden insbesondere die Vorgänge nach dem Stoppen der Gaszufuhr betrachtet. Hier wird ein Auslöser für die Verschmutzung innerhalb der Baugruppe vermutet.

## Herausforderungen

Das Prozessgas erreicht an der Austrittsdüse Schallgeschwindigkeit, wodurch sich eine anspruchsvolle Strömungsphysik ergibt. Eine genaue Abbildung dieser erfordert geeignete Algorithmen und ein umfangreiches Rechenetz, welche zu Simulationsdauern von mehreren Tagen bis Wochen führen können. Es galt einen Ausgleich in Form von Idealisierungen zu finden, um trotz des zeitlichen Rahmens zu aussagekräftigen und physikalisch korrekten Ergebnissen zu gelangen.

## Ergebnisse

Mit den Simulationen konnte gezeigt werden, dass ein abrupter Unterbruch der Gaszufuhr zu einer Rückschwingung in den Schneidkopf führt. Diese konnte in Bezug auf Amplitude und Frequenz beschrieben werden. Auf dieser Grundlage wurde im Anschluss ein Lösungsvorschlag erarbeitet, der in Analogie zu einem Tesla-Ventil die Energie der Rückströmung nutzt, um ebendiese zu unterbinden. Dieses Konzept, welches vollständig passiv wirkt, wurde innerhalb der Systemgrenzen in ein Modell umgesetzt und wiederum mit CFD-Simulationen auf seine Effektivität und Limitierungen hin untersucht.

## Ausblick

Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit schaffen die Basis, um in weiteren Schritten mit Hilfe von Detailuntersuchungen von Strömung und Festigkeit ein versuchsfertiges Bauteil zu konstruieren. Dieses kann mit additivem Metall-3D-Druck hergestellt und in den vorhandenen Schneidkopf eingebaut werden. Mit Messungen im realen Schneidbetrieb können zuletzt die Simulationen validiert und die Effektivität der Lösung in Bezug auf das Reduzieren des Partikeleintrags nachgewiesen werden.



Abdülmeçit Üstün

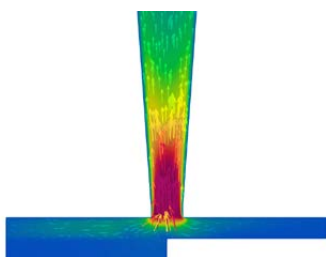
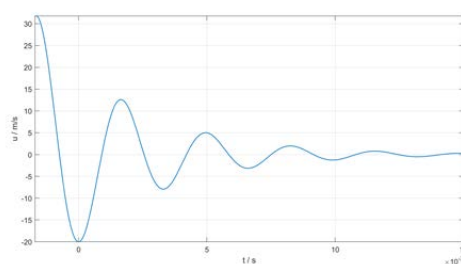


Illustration der Rückströmung aus CFD-Simulation



Rückströmung als gedämpfte harmonische Schwingung

# Infoveranstaltungen

## Séances d'information

### Information events

38 Interessiert Sie ein Studium an der Berner Fachhochschule?

Wir öffnen unsere Türen: Erfahren Sie alles zu unseren Bachelor- und Master-Studiengängen, Zulassungsbedingungen, Studienbedingungen und unserer Schule. Führen Sie persönliche Gespräche mit Studierenden und Dozierenden und besuchen Sie unsere Labors in Biel und Burgdorf. Mit einer Weiterbildung auf Master-Stufe gehen Sie in Ihrer Karriere einen Schritt weiter. Unsere umfassende, interdisziplinäre Palette von Modulen ermöglicht Ihnen, Ihre Kompetenzen auf verschiedensten Gebieten zu erweitern und zu ergänzen. Informieren Sie sich in einem persönlichen Beratungsgespräch.

Jetzt informieren und anmelden:  
[bfh.ch/ti/infoveranstaltungen](http://bfh.ch/ti/infoveranstaltungen)

Vous intéressez-vous à des études à la Haute école spécialisée bernoise ? Nous vous ouvrons nos portes : obtenez des informations exhaustives sur nos filières de bachelor et de master, sur les conditions d'admission et d'études, et sur notre école. Discutez avec des étudiant-e-s et des enseignant-e-s et visitez nos laboratoires à Bienne et à Berthoud. Avec des études de master, vous posez un nouveau jalon dans votre carrière. Notre vaste gamme de modules dans diverses disciplines vous permet d'étendre vos compétences dans les domaines les plus variés. Informez-vous dans le cadre d'un entretien de conseil personnel.

Informations et inscription :  
[bfh.ch/ti/seances-information](http://bfh.ch/ti/seances-information)

Are you interested in studying at Bern University of Applied Sciences? If so, we invite you to attend our open house events. They will give you insights into our bachelor's and master's degree programmes, our admission requirements, our study regulations and our university. You will have the opportunity to talk with students and professors and to visit our laboratories in Biel and Burgdorf. Completing your continuing education with a master's degree takes your career one step further. Our comprehensive, interdisciplinary range of modules allows you to expand and complement your skills in a wide variety of areas. Find out more in a personal counselling interview.

Further information and link to register:  
[bfh.ch/ti/information-events](http://bfh.ch/ti/information-events)





# Alumni\*ae BFH

## Alumni BFH

## Alumni BFH

Alumni BFH vereint die ehemaligen Student\*innen sowie die Alumni-Organisationen der BFH unter einem Dach. Als Alumni\*ae sind Sie Teil eines lebendigen Netzwerkes und profitieren von attraktiven Leistungen und Benefits. Sie erhalten regelmässig den Newsletter «Alumni aktuell» und können der Community von Ehemaligen auf Facebook und LinkedIn beitreten und sich so aktiv vernetzen.

### Ihr Mehrwert als Alumni\*ae der BFH

Als ehemalige Student\*innen sind Sie wichtige Botschafter\*innen für die Berner Fachhochschule. Nach Abschluss Ihres Studiums werden Sie (kostenlos) ins fachübergreifende Alumni-Netzwerk des Dachverbands Alumni BFH aufgenommen. Wir bieten Ihnen:

- Newsletter «Alumni aktuell» (4x jährlich)
- Attraktive Angebote und Vergünstigungen
- Vielfältige Veranstaltungen der Alumni-Organisationen
- Alumni-BFH-Community auf LinkedIn und Facebook
- Karriereportal mit Jobplattform und Kursangebote rund ums Thema «Bewerben»

Als Alumni\*ae sind Sie exklusiv zum grossen Netzwerk-Abend Alumni BFH eingeladen, welcher jährlich mit über 300 Ehemaligen in Bern stattfindet. Ausserdem können Sie an vielseitigen Events der Alumni-Organisationen und am Sportangebot der Universität Bern teilnehmen. Daneben erhalten Sie Vergünstigungen und Rabatte auf ausgewählte Dienstleistungen und profitieren vom attraktiven FH-Schweiz-Leistungsangebot sowie vom Weiterbildungsangebot der BFH.

Mehr Informationen zu Alumni BFH und den attraktiven Leistungen unter: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)

Alumni BFH réunit sous un même toit tous les ancien-ne-s étudiant-e-s et les organisations d'alumni de la BFH. Membre d'Alumni BFH, vous faites partie d'un réseau dynamique et profitez de prestations attrayantes. Vous recevez régulièrement l'infolettre «alumni à l'heure actuelle» et avez la possibilité de rejoindre la communauté sur Facebook et LinkedIn.

### Vos avantages

En tant qu'ancien-ne étudiant-e, vous êtes une ambassadrice ou un ambassadeur important-e de la Haute école spécialisée bernoise. Une fois vos études achevées, vous rejoignez (gratuitement) le réseau interdisciplinaire de l'association faitière Alumni BFH et bénéficiez de précieux avantages:

- Infolettre «alumni à l'heure actuelle» (4 fois par année)
- Offres attrayantes et prix préférentiels
- Vaste palette de manifestations proposées par les diverses associations d'alumni
- Alumni BFH Community sur LinkedIn et Facebook
- Portail Carrière, plateforme d'emplois et offre de formations pour vous aider à postuler à un emploi

En outre, vous recevez en exclusivité une invitation à la grande soirée de réseautage qui se tient une fois par année à Berne, réunissant quelque 300 ancien-ne-s étudiant-e-s. Vous pouvez également participer aux différents événements des associations d'alumni et profiter de l'offre sportive de l'Université de Berne. De plus, vous bénéficiez de prix préférentiels et de rabais pour certaines prestations et avez accès à l'offre intéressante de FH Suisse ainsi qu'aux formations continues de la BFH.

Plus d'informations sur Alumni BFH et l'offre de prestations: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)

Alumni BFH unites former students and BFH alumni organisations under one roof. As a member, you are part of a lively network and benefit from attractive services. You regularly receive the informative newsletter "Alumni aktuell" and can join the community on Facebook and LinkedIn

### Your benefits as a BFH alum

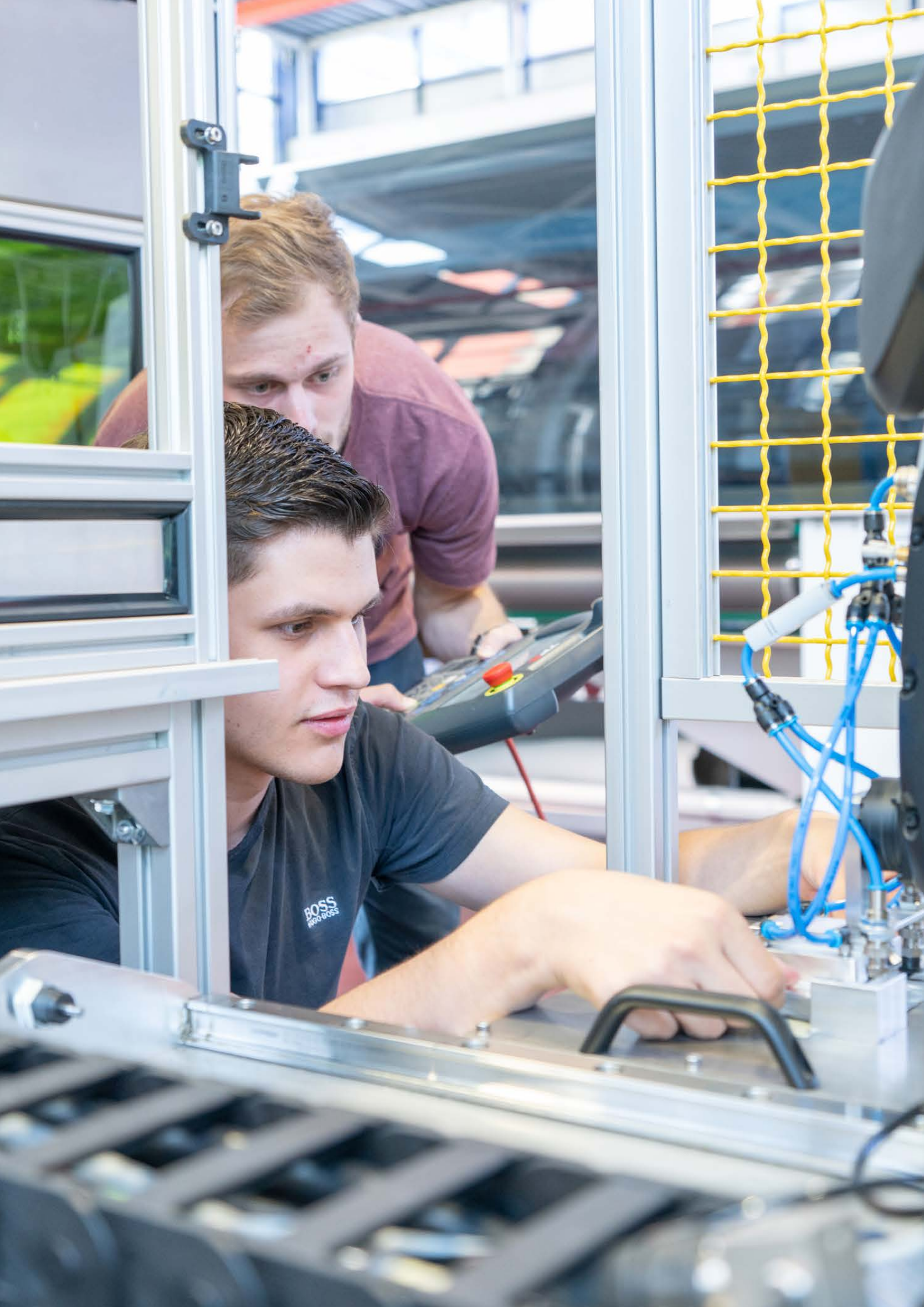
As a former student, you are an important ambassador of Bern University of Applied Sciences. After completing your studies, you are admitted (free of charge) in the multidisciplinary umbrella organisation Alumni BFH. Our offer:

- Newsletter "Alumni aktuell" (quarterly)
- Attractive offers and discounts
- A wide range of events set up by the alumni organisations
- The Alumni BFH community on LinkedIn and Facebook
- A career portal with a job platform and courses to help you with your job applications

As an alum, you will be exclusively invited to the great Alumni BFH networking night, which takes place annually in Bern with over 300 former students. In addition, you can participate in the many events offered by the alumni organisations and make use of the sports facilities of the University of Bern. You also receive discounts and special offers on selected services and can benefit from the attractive offers of FH Schweiz and the BFH continuing education programme.

More information on Alumni BFH and its attractive services: [bfh.ch/alumni](http://bfh.ch/alumni)





**Berner Fachhochschule**

Maschinentechnik  
Pestalozzistrasse 20  
3400 Burgdorf

Telefon +41 34 426 43 48

maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/maschinen

**Haute école spécialisée bernoise**

Mécanique  
Pestalozzistrasse 20  
3400 Berthoud

Téléphone +41 34 426 43 48

maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/mecanique

**Bern University of Applied Sciences**

Mechanical Engineering  
Pestalozzistrasse 20  
3400 Burgdorf

Telephone +41 34 426 43 48

maschinentech@bfh.ch  
bfh.ch/mechanical