



School of
Engineering

**Ausgewählte Bachelor-
und Masterarbeiten 2017**



Impressum

Herausgeberin/Redaktion: ZHAW School of Engineering
Titelsujet: Kinderhandprothese (Masterarbeit auf Seite 60)
Fotografie: Marcel Grubenmann, Stephan Knecht
Druck: Druckerei Peter Gehring AG, Winterthur
07.2017 – 1'000

Die Zukunft mitgestalten

Rund 500 Absolventinnen und Absolventen schliessen dieses Jahr an der ZHAW School of Engineering ihr Studium ab. Sie haben solide Grundlagen und vertieftes Fachwissen erworben. Seit dem ersten Studienjahr haben sie praktische Arbeiten umgesetzt, teils in enger Zusammenarbeit mit Industrie- und Dienstleistungsunternehmen. In ihrer Bachelor- oder Masterarbeit am Ende des Studiums entwickeln sie Lösungen für konkrete Problemstellungen aus den Bereichen Energie, Mobilität, Information und Gesundheit und beweisen damit, dass sie in der Lage sind, als Ingenieurinnen und Ingenieure die Zukunft aktiv mitzugestalten.

Die Herausforderungen, die auf die jungen Fachkräfte warten, sind vielfältig. Die Energiewende, der Bedarf an nachhaltigen Verkehrskonzepten, der Umgang mit grossen Datenmengen, die intelligente Vernetzung in der Produktion, aber auch in der Städteplanung oder im alltäglichen Leben sind nur einige davon. Nie war Technik so allgegenwärtig, wie sie es heute ist. Und nie war der Beruf des Ingenieurs anspruchsvoller angesichts der immer kürzer werdenden Innovationszyklen.

Die vorliegende Publikation umfasst eine kleine Auswahl von Abschlussarbeiten aus allen acht Bachelorstudiengängen der ZHAW School of Engineering und dem Master of Science in Engineering. Sie behandeln aktuelle Fragestellungen aus der industriellen Praxis und sind zum Grossteil in Kooperation mit Wirtschaftspartnern entstanden. Eine Übersicht sämtlicher Arbeiten finden Sie online unter www.zhaw.ch/engineering/abschlussarbeiten.

Wir wünschen den diesjährigen Absolventinnen und Absolventen viel Glück und Erfolg für die Zukunft und hoffen, mit diesem Einblick in aktuelle Problemstellungen weitere junge Frauen und Männer für ein technisches Studium zu begeistern.



Prof. Dr. Martina Hirayama
Direktorin ZHAW School of Engineering

Aviatic

Wie werden Drohnen in den Flugverkehr integriert?	10
Hilfe, wenn die Thermik fehlt	12
Wissen, woher der Wind weht	14

Elektrotechnik

Den Scheibenläufer verstehen	16
Den Sauerstoffgehalt mit Licht messen	18
Mehr sehen als mit den eigenen Augen	20

Energie- und Umwelttechnik

Der Messstand und sein «kleiner Bruder»	22
---	----

Informatik

«What are you?» – «I'm a bot.»	24
Für den Durchblick auf dem Campus	26
Sitzungen im virtuellen Raum.....	28
Über Blockchains kommunizieren	30
Mit der Datenbrille alles im Blick	32

Maschinentechnik

Das Manometer automatisch kalibrieren	34
Aus Abwärme Strom machen	36
Mit neuem Konzept zum perfekten Finish	38
Ohne fremde Hilfe ins Unterstützungssystem schlüpfen	40
Den Zug effizienter warten	42

Material- und Verfahrenstechnik

Das Gas für die Brennstoffzelle reinigen	44
--	----

Systemtechnik

E-Bike, Moped und Ergometer in einem	46
Dicht am perfekten Ton	48

Verkehrssysteme

Dank Tweets zu einem zügigeren Bahnbetrieb	50
--	----

Wirtschaftsingenieurwesen

Sicherheitsbestände optimal halten.....	52
Dem Fahrverhalten auf der Spur	54
Den Wechselkurs am Finanzmarkt voraussagen	56

Master of Science in Engineering (MSE)

Kinderhandprothese aus dem 3D-Drucker	60
Mit Petri-Netzen die richtige Entscheidung treffen	62
Eine neue Empfängerarchitektur für Satellitennavigationssysteme	64



Studiengänge im Überblick

Das Studienangebot der ZHAW School of Engineering orientiert sich an den Bedürfnissen der Wirtschaft und vermittelt eine wissenschaftlich fundierte Ingenieurausbildung mit starkem Praxisbezug und interdisziplinärem Ansatz. Acht Bachelorstudiengänge bieten ideale Voraussetzungen für eine erfolgreiche Karriere als Ingenieurin oder Ingenieur.

Aviatic

In der Luftfahrt gilt es, innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben zu bewältigen. Das erfordert von allen Beteiligten umfangreiche Fachkenntnisse, eine vernetzte Denkweise, Team- und Kommunikationsfähigkeit sowie Selbstständigkeit bei der Arbeit im Spannungsfeld von Mensch, Technik und Umwelt. Das Bachelorstudium Aviatic vermittelt dafür fundierte naturwissenschaftliche und fachspezifische Grundlagen.

Elektrotechnik

Ingenieurinnen und Ingenieure der Elektrotechnik erarbeiten optimale Lösungen für technisch anspruchsvolle Aufgaben. Eine breite naturwissenschaftliche Grundausbildung sowie die vertiefende Fachausbildung u.a. in Elektrizitätslehre, Elektronik, Regelungstechnik, Signale und Systeme, Informatik sowie Kommunikationstechnik bieten dafür die besten Voraussetzungen.

Energie- und Umwelttechnik

Das Studium der Energie- und Umwelttechnik vermittelt Fachkenntnisse und Methoden, um energietechnische Anlagen entwickeln, planen, bewerten und betreiben zu können. Effizienz in industriellen, thermischen und elektrischen Prozessen, Photovoltaik, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zählen zu den Kernthemen des jüngsten Studiengangs.

Informatik

Die Informatik verändert sich rasant. Ständig entstehen neue Technologien und Anwendungsgebiete. Ebenso schnell ändern und erweitern sich die Berufsbilder. Im Studiengang Informatik werden neben aktuellen Trends primär Konzepte und Methoden vermittelt, die über aktuelle Hypes hinaus Bestand haben. Die umfassenden Wahlmöglichkeiten im Fachstudium tragen der Breite des Berufsfelds Rechnung und erlauben eine individuelle Profilierung und Vertiefung.

Maschinentechnik

Die Maschinentechnik als Motor der technischen Innovation ist Spitzenreiter der Schweizer Exportindustrie und zählt zu den wichtigsten Produktionszweigen. An fast jedem Produkt, das neu entwickelt und produziert wird, sind Maschineningenieurinnen und -ingenieure beteiligt. Das Spektrum an Berufsmöglichkeiten ist sehr breit. Studierende wählen deshalb bei Studienbeginn zwischen den Vertiefungen Allgemeine Maschinentechnik und Material- und Verfahrenstechnik.

Systemtechnik

Diese junge Ingenieurdisziplin basiert auf der wachsenden Komplexität technischer Produkte, die heute mechanische, elektronische und softwaretechnische Komponenten vereinen. Systemtechnik-Ingenieurinnen und -Ingenieure sind Generalisten komplexer Systeme und erarbeiten Lösungen für anspruchsvolle Aufgaben in Robotik, Medizintechnik oder Automatisierungstechnik.

Verkehrssysteme

Die Schweiz besitzt eines der dichtesten Schienen- und Strassennetze Europas. Sie ist international ein Vorzeigeland im öffentlichen und nachhaltigen alpenquerenden Verkehr. Mit dem Studiengang Verkehrssysteme wurde für die Lösung zukunftsweisender Fragen ein schweizweit einzigartiges Angebot konzipiert. Es befasst sich mit dem Gesamtsystem Verkehr auf Schiene und Strasse und stellt sich dabei den komplexen Anforderungen der mobilen Welt von morgen.

Wirtschaftsingenieurwesen

Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure kombinieren mathematische, technische und wirtschaftswissenschaftliche Kompetenzen. Sie gehen komplexe betriebliche Problemstellungen systematisch an, beschreiben sie quantitativ und optimieren sie mittels computergestützter Methoden. Sie analysieren Unternehmensprozesse, gestalten Produkte oder Dienstleistungen kundengerecht und setzen Ressourcen ebenso zweckmässig wie effizient ein.

Wie werden Drohnen in den Flugverkehr integriert?



In naher Zukunft sollen Drohnen ganz selbstverständlich Pakete liefern oder auch für Inspektionen und Rettungsmassnahmen eingesetzt werden. Allerdings fehlt dafür bisher ein einheitliches Flug-Management-System mit international gültigen Richtlinien. Aviatic-Absolvent Pascal Galo zeigt mögliche Entwicklungsschritte in einer Studie auf.

Das Potenzial der Drohnen-Technologie steigt mit dem technischen Fortschritt, zu welchem längst nicht mehr nur das Militär, sondern vermehrt Konzerne mit zivilen und kommerziellen Absichten beitragen. Mit ihren vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten stösst die Drohne in immer mehr Bereiche der Wirtschaft und der Gesellschaft vor. In seiner Bachelorarbeit im Studiengang Aviatic hat Pascal Galo eine umfassende internationale Recherche zum Stand der Dinge in dieser zukunftsweisenden Technologie betrieben und daraus folgernd die nächsten Entwicklungsschritte prognostiziert. «Die Frage nach der besten Regulierung des rasant wachsenden Marktes hat einen weltweiten Wettlauf entfacht, der sich unlängst in Bemühungen um internationale Kooperation gezeigt hat», erklärt Pascal Galo. «Einheitlichkeit und Interoperabilität sind für die Entwicklung der Technologie von zentraler Bedeutung.»

Schweiz in Vorreiterrolle

In seiner Bachelorarbeit hat Pascal Galo das Thema Drohnen in der dynamischen Umgebung der Aviatic eingeordnet und die Rahmenbedingungen für ein Unmanned Air Traffic Management (UTM) untersucht. Dazu hat der Absolvent neben der technologischen Komponente auch die geltenden Richtlinien in Europa und den USA recherchiert. Denn für Drohnen bis zu einem Gewicht von 150 kg gelten jeweils nationale Bestimmungen. Während beispielsweise in Frankreich die gesetzlichen Vorschriften sehr streng sind, hat die Schweiz vergleichsweise liberale Regelungen für den Drohnenbetrieb. «Das liegt wohl auch daran, dass hierzulande die Technologie aktiv gefördert wird», erklärt Pascal Galo. «Im Tessin werden schon sehr bald Laborproben zwischen zwei Spitälern durch autonom fliegende Drohnen der Post transportiert werden. Weitere innovative Projekte sind nur eine Frage der Zeit.»

«Von einem internationalen UTM würden alle Seiten nur profitieren.»

Pascal Galo

Zunächst fixe Korridore

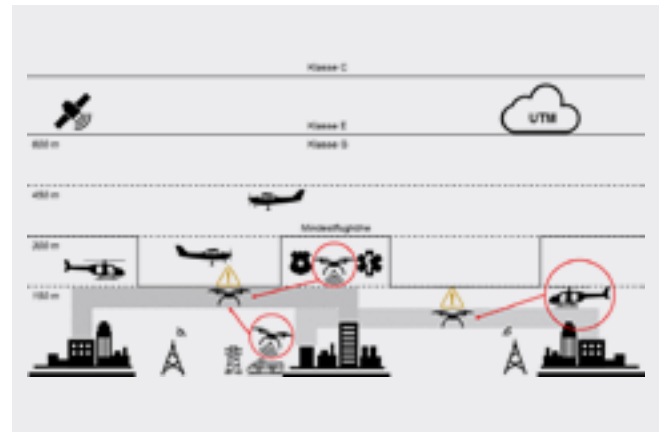
Pascal Galo hat die technische, operationelle und rechtliche Sicherheit der Drohnen analytisch betrachtet und auf dieser Basis ein dreistufiges Entwicklungsszenario prognostiziert, das aus seiner Sicht in den kommenden fünf bis zehn Jahren umgesetzt werden könnte. Projekte wie die Spitaldrohnen im Tessin läuten dabei die erste Stufe ein, wie Pascal Galo sagt: «Fixe Routen für den Drohnenverkehr zwischen zwei Standorten sind vergleichbar mit einer Seilbahn. Die wird als statisches Hindernis in der Luftfahrtkarte eingezeichnet – genau so könnte man auch Korridore für den Drohnenflug kennzeichnen.»

Dynamisches UTM wird notwendig

Als nächste Stufe geht der Absolvent davon aus, dass auch Behörden vermehrt Drohnen einsetzen werden, beispielsweise für Inspektionen, Überwachungen oder Suchaktionen. «Dafür werden logischerweise keine statischen Routen mehr ausreichen, sondern wir brauchen dynamische Korridore», so Pascal Galo. «Und für diese Dynamik brauchen wir ein UTM, das die Flugverkehrsdaten auf einem System vereint und für alle verfügbar macht.» Als dritte Stufe sieht der Absolvent die Integration des UTMs ins bestehende Air Traffic Management (ATM) System, welches in den kommenden Jahren ohnehin grundlegend modernisiert wird: Der Zeitpunkt sei also ideal, um bei der Neukonzipierung des ATMs das UTM miteinzubeziehen. Seine Studie hat Pascal Galo sowohl Skyguide wie auch dem Schweizerischen Verband Ziviler Drohnen vorgestellt. «Von einem internationalen UTM würden alle Seiten nur profitieren», ist der Absolvent überzeugt.

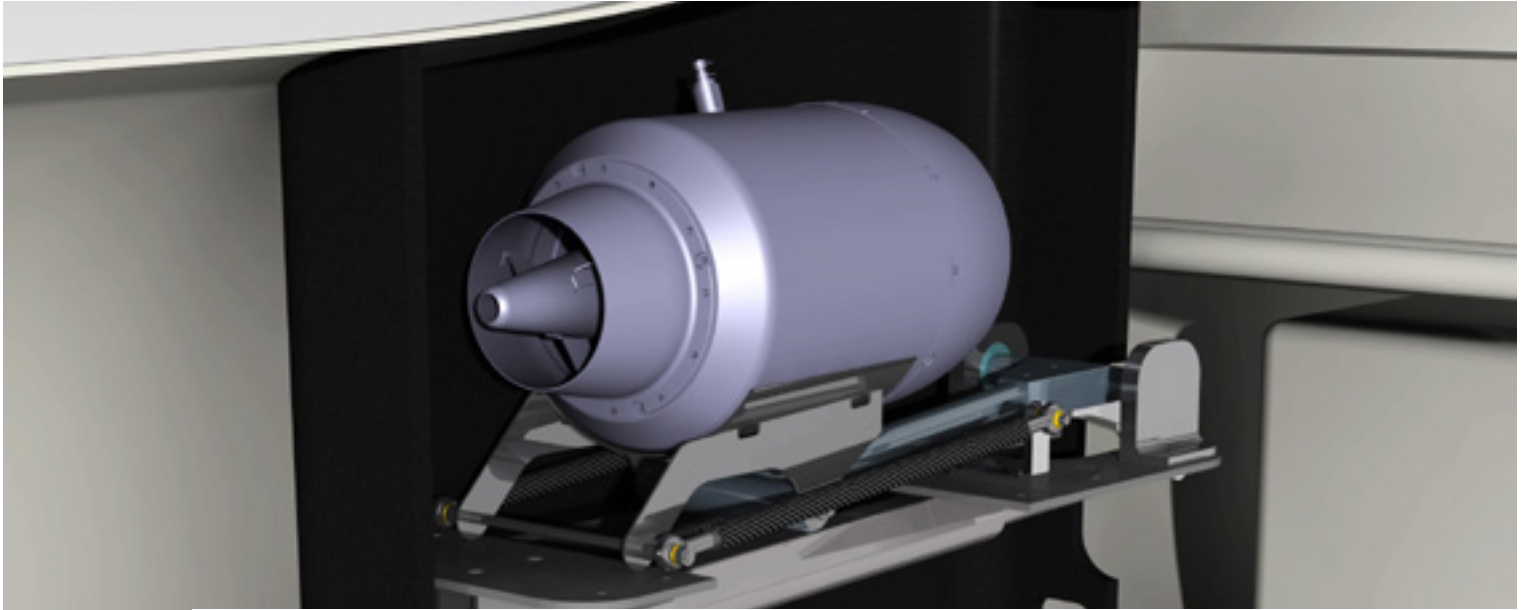


Pascal Galo hat sich überlegt, wie man den Drohnenflugverkehr künftig organisieren könnte.



Mit der Zunahme an Drohneneinsätzen steigt auch der Bedarf für ein dynamisches Management-System.

Hilfe, wenn die Thermik fehlt



Segelflieger sind für gewöhnlich ohne Motor unterwegs. Wenn die natürlichen Bedingungen nicht ausreichen, ist ein Hilfsmotor als Heimkehrhilfe aber durchaus sinnvoll. Die Aviatick-Absolventen Stefan Fluck und Luca Scheuchzer haben eine Mechanik entwickelt, um ein ausfahrbares Hilfstriebwerk in einem bestehenden Segelflugzeug zu integrieren.

Lautlos gleiten sie durch die Lüfte – vom Auftrieb getragen. Auch die Aviatick-Absolventen Stefan Fluck und Luca Scheuchzer sassen schon in einem Segelflugzeug hoch am Himmel. Deshalb kennen sie das Problem, das mit dem idyllischen motorlosen Fliegen einhergeht: «Wenn die Thermik fehlt, dann wird's zum Teil sehr schwer, wieder heimzukommen und man muss stattdessen irgendwo nach einer alternativen Landemöglichkeit suchen», so Stefan Fluck. «Das ist nicht nur mühsam, sondern zuweilen auch nicht ganz ungefährlich.» Aus diesem Grund erfreuen sich Hilfsmotoren bei Pilotinnen und Piloten von Segelflugzeugen wachsender Beliebtheit. Während bereits Modelle mit eingebautem Hilfsmotor in Umlauf sind, haben sich die beiden Absolventen überlegt, wie man ein bestehendes Segelflugzeug mit einem Strahltriebwerk als Hilfsmotor nachrüsten könnte.

Von Projektarbeit zum Prototyp

Für das Modell DG-300 ELAN haben Stefan Fluck und Luca Scheuchzer einen Klappmechanismus entwickelt, der – im Rumpf hinter dem Flügel platziert – ein Strahltriebwerk nach oben hin ausfahren kann. Bereits ihre Projektarbeit im fünften Semester des Aviatick-Studiums hatten die beiden diesem Problem gewidmet. «In der Projektarbeit hatten wir das Design für die Mechanik bereits als CAD-Modell am Computer konzipiert», so Luca Scheuchzer. «In der Bachelorarbeit ging es nun um die konkrete Umsetzung unseres Konzepts zu einem Prototyp.» Dazu haben die Absolventen ihr CAD-Modell zunächst auf ein neues, schon zertifiziertes Triebwerksmuster angepasst – ein vorausschauender Schachzug, wie Stefan Fluck erklärt: «Mit der Anpassung erhöhen wir die Chancen auf eine spätere Zertifizierung der gesamten Installation.»

«Wenn die Thermik fehlt,
dann wird's zum Teil sehr schwer,
wieder heimzukommen.»

Stefan Fluck

Leichtere und stabilere Bauteile

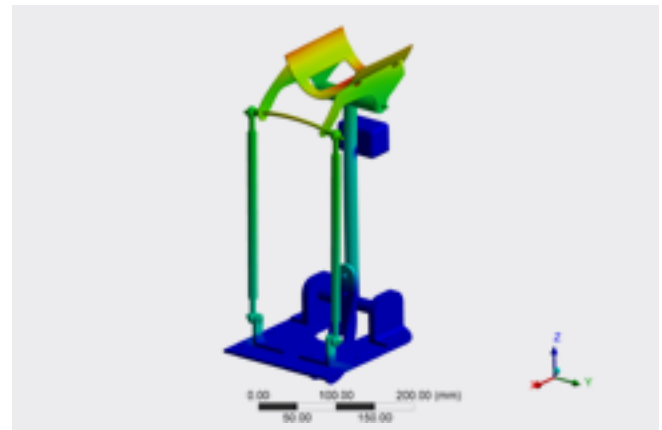
Nachdem die Absolventen alle relevanten Regulationen eingängig studiert hatten, mussten sie allerdings beinahe alle Teile des Mechanismus neu zeichnen und optimieren. «Wir haben dabei dann auch auf ein niedriges Gewicht, die benötigte Festigkeit und die Machbarkeit geachtet, was in der Projektarbeit noch nicht so entscheidend gewesen war», erklärt Luca Scheuchzer. In einem nächsten Schritt haben die Absolventen alle benötigten Teile produziert und die Mechanik montiert, um dann den Festigkeitsnachweis zu liefern. Stefan Fluck erläutert: «Zum einen haben wir die Festigkeit mit der Simulationssoftware Ansys analysiert, zum anderen haben wir die Mechanik einem Statiktest unterzogen, wobei wir mit der sogenannten 'ultimate load', also der höchsten anzunehmenden Belastung, rechneten.»

Einbau als nächster Schritt

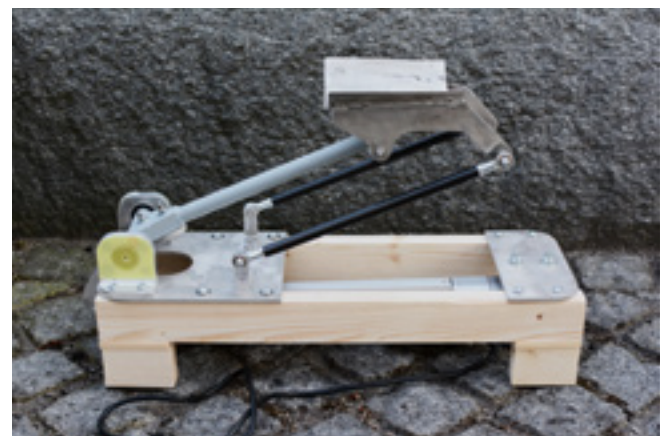
Die erfolgreichen Stabilitätstests haben aufgezeigt, dass sich die Optimierung der Teile gelohnt hat. Weiter haben die Absolventen auch das Treibstoffsystem evaluiert. «Das Triebwerk kann mit Kerosin, aber auch mit Diesel betrieben werden», so Luca Scheuchzer. «Die Reichweite beträgt rund 200 Kilometer.» Im nächsten Schritt stünde nun der Einbau des Klappmechanismus in einer DG-300 ELAN an. Obwohl noch nicht alle Subsysteme abschliessend evaluiert wurden, sind die Absolventen zufrieden mit dem aktuellen Stand der Dinge: «Wir mussten bei der Entwicklung des Mechanismus sehr viele Faktoren berücksichtigen, insbesondere die geltenden Gesetze in Bezug auf die Sicherheit», so Stefan Fluck. «Herausgekommen ist ein erster funktionierender Prototyp des Klappmechanismus, aber das Projekt bietet auf jeden Fall noch Stoff für weitere Bachelorarbeiten.»



Stefan Fluck (links) und Luca Scheuchzer haben einen Klappmechanismus für das Hilfstriebwerk an einem Segelflugezeug entwickelt.



Die Simulationssoftware zeigt die Belastungen am Modell auf.



Der Prototyp hat den Statiktest dank verbesserter Bauteile bestanden.

Wissen, woher der Wind weht



Der Landeanflug auf die Blumeninsel Madeira ist nicht ohne: Die böigen und wechselhaften Winde führen dazu, dass Landungen nicht immer möglich sind. Lorenz Lüdi und Jasmin Mühlematter haben dieses Phänomen in ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Aviatic genauer untersucht.

Mitten im Atlantik, mehr als 700 Kilometer vom portugiesischen Festland entfernt, liegt die Insel Madeira, bekannt für Süsswein, Blumen und mildes Klima. Weniger idyllisch sind die Windverhältnisse rund um den Flughafen des Hauptorts Funchal: Er gilt als einer der anspruchsvollsten Flughäfen überhaupt und darf nur von Besatzungen mit besonderer Schulung angefliegen werden. Hinzu kommt, dass Böen oder Seitenwinde immer wieder dazu führen, dass Flugzeuge nicht landen können und auf die Nebeninsel Porto Santo ausweichen müssen. Nicht nur für Passagiere, auch für Fluggesellschaften ist das umständlich. Darum haben sich Lorenz Lüdi und Jasmin Mühlematter im Rahmen ihrer Aviatic-Bachelorarbeit daran gemacht, die Windverhältnisse rund um den Flughafen genauer zu untersuchen. Als Wirtschaftspartnerin stand ihnen dabei die Fluggesellschaft Edelweiss zur Seite.

Drei verschiedene Quellen

Um die Windverhältnisse genauer zu verstehen, haben der Absolvent und die Absolventin verschiedene meteorologische Parameter untersucht. Dazu gehören Luftdruckveränderungen und Windgeschwindigkeit, aber auch die Stabilität von Luftschichten und die Beziehung von Stabilität und Geschwindigkeit. Letzteres wird in der sogenannten Froude-Zahl angegeben. Die Informationen gewannen Lorenz Lüdi und Jasmin Mühlematter aus drei Quellen: Flugplatzwetterprognosen, die alle sechs Stunden aufdatiert werden; die halbstündlich aufdatierten Flugplatzwettermeldungen, welche auch während des Fluges empfangen werden können; und die aktuellen Messungen – 2-Minuten-Mittelwerte aus 10-Sekunden-Messungen – welche auch Böen enthalten und massgebend dafür sind, ob sich die Besatzung für eine Landung entscheidet oder nicht. Weitere Informationen erhielten sie von frei verfügbaren Archivdaten des Wettermodelles GFS (USA) sowie im Rahmen von Gesprächen mit Verantwortlichen vor Ort.

«Die Froude-Zahl, welche die anströmende Luftmasse dynamisch charakterisiert, bietet einen zusätzlichen Anhaltspunkt, um die besten Start- und Landezeiten in Funchal zu planen.»

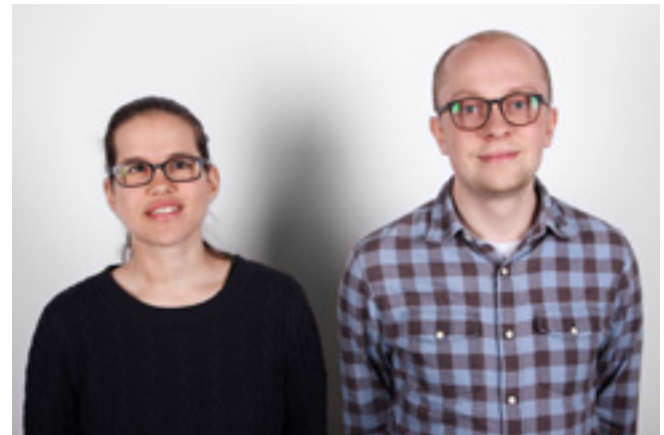
Lorenz Lüdi

Bessere Windkenntnisse

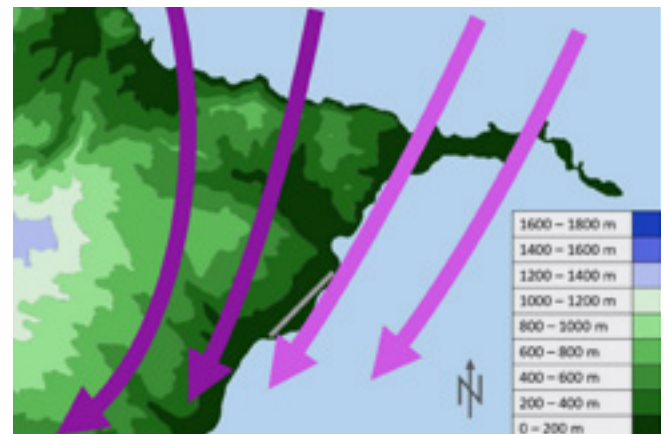
Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die Froude-Zahl, welche die anströmende Luftmasse dynamisch charakterisiert, einen zusätzlichen Anhaltspunkt bietet, um die besten Start- und Landezeiten in Funchal zu planen – wobei beim dichten Flugverkehr klar ist, dass nur wenig Spielraum besteht. Immerhin können sich Fluggesellschaften damit eine Zweitmeinung im Vergleich zur Flugplatzwetterprognose bilden. Ein weiterer Nutzen besteht darin, dass die Wirtschaftspartnerin Edelweiss durch die Untersuchung im Rahmen der Bachelorarbeit die Windverhältnisse der Insel nun viel besser kennt – unter anderem auch die Häufigkeit und die Dauer von Phasen, während derer eine Landung nicht möglich ist. Wesentlich ist auch die Erkenntnis, dass die vom portugiesischen Wetterdienst gelieferten Produkte grundsätzlich State-of-the-Art sind und es wenig Raum für Verbesserungen gibt.

Überschrittene Limits

Zu einer spannenden Erkenntnis gelangten Lorenz Lüdi und Jasmin Mühlematter schliesslich auch, indem sie die Winddaten zusätzlich mit den Daten von ankommenden Flugzeugen verglichen. Es gibt Limits, was die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung oder die Kombination von beidem betrifft. Rechtlich bindend sind diese Limits nicht, eine Überschreitung wirkt sich allerdings auf die Landewahrscheinlichkeit aus – doch auf eher überraschende Weise. Erwartungsgemäss verringert sich die Wahrscheinlichkeit einer Landung um bis zu 41 Prozent, wenn die Messdaten das Limit überschreiten. Liegen die Prognosen, welche mehrere Stunden vor der Landung erstellt werden, allerdings über dem Limit, steigt die Landewahrscheinlichkeit erstaunlicherweise um bis zu 16 Prozent. Dozent Bruno Neiningen vermutet, dass das damit zu tun haben könnte, dass vor der Starkwindphase noch möglichst viele Landungen durchgeführt werden.

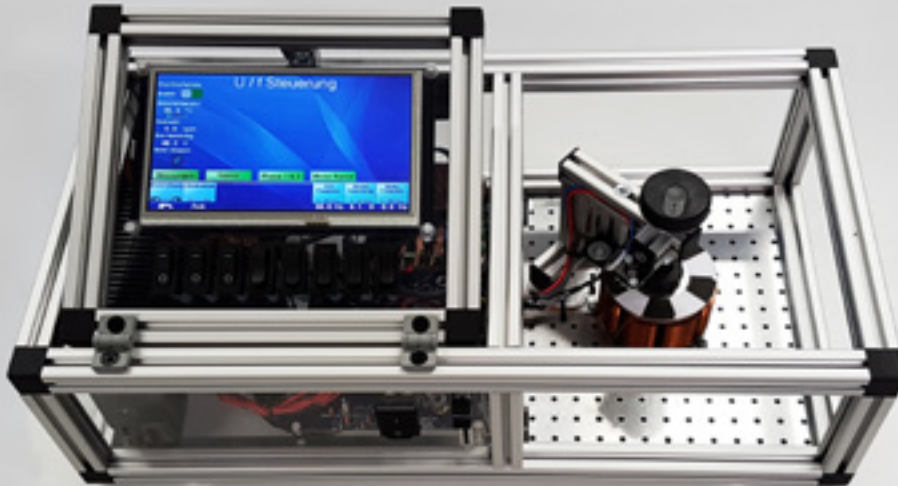


Jasmin Mühlematter und Lorenz Lüdi haben die Windverhältnisse am Flughafen Madeira untersucht.



Stabilität der Luftschichten und Windgeschwindigkeiten sind ausschlaggebend dafür, ob die Luft über einen Hügel oder darum herum strömt.

Den Scheibenläufer verstehen



Die Elektrotechnik-Absolventen Sandro Büchi und Stephan Hegetschweiler haben ein Vorführmodell eines Scheibenläufermotors konzipiert und aufgebaut. Der Demonstrator soll künftigen Studierenden im Unterricht dabei helfen, den Motor besser zu verstehen.

Ein Scheibenläufer ist ein Elektromotor, dessen Rotor die Form einer Scheibe hat. Dieser Motortyp eignet sich besonders gut, um die Bewegung des Motors gut sichtbar darzustellen. Sein Rotor besteht aus zwei aufeinander geklebten Scheiben – eine aus Kupfer und eine aus Stahl. Am darunterliegenden Stator sind Wicklungen angebracht, durch die der Strom fließt. In ihrer Bachelorarbeit haben die Elektrotechnik-Absolventen Sandro Büchi und Stephan Hegetschweiler das Vorführmodell eines drehzahlvariablen zwei-phasigen Asynchron-Scheibenläufers konzipiert und aufgebaut.

Hardware erweitert

Als Grundlage stand den Absolventen ein bestehender Scheibenläufer zur Verfügung, der am Institut für Mechatronische Systeme (IMS) im Rahmen einer früheren Projektarbeit entwickelt worden war. In einer ersten Konzeptphase haben Sandro Büchi und Stephan Hegetschweiler festgelegt, welche Hardware-Erweiterungen notwendig sind, um den gestellten Anforderungen zu entsprechen, und wie der Aufbau des Modells aussehen soll. In einem nächsten Schritt haben sie eine Kostenschätzung aufgestellt. Nach der detaillierten Planung machten sich die Absolventen dann an die Umsetzung: «Wir haben die Hardware so erweitert, dass sie zur Speisung, Ausmessung und Steuerung des Modells eingesetzt werden kann», so Stephan Hegetschweiler.

«Über das Touch-Display steuern wird den Motor an.»

Sandro Büchi

Software programmiert

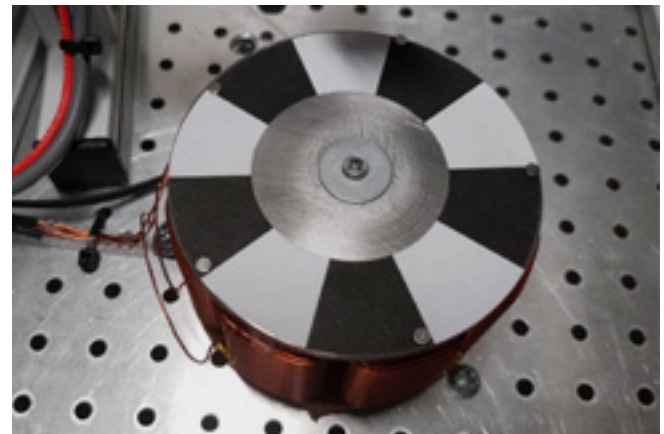
Während die Absolventen zum einen mit der Hardware beschäftigt waren, haben sie zum anderen parallel dazu die Software entwickelt und programmiert. «Wir brauchten sowohl für das Touch-Display als auch für die Ansteuerung und Messung des Antriebs eine eigene Software», erklärt Sandro Büchi. Zusätzlich zu den gestellten Anforderungen an das Modell haben die beiden Absolventen noch einen sogenannten Tiefsetzsteller entworfen. «Damit verfügt der Scheibenläufer nun über eine variable Zwischenkreisspannung, so dass der Motor mit unterschiedlicher, frei wählbarer Spannung betrieben werden kann», sagt Stephan Hegetschweiler. Die Absolventen haben zunächst alle Komponenten einzeln geprüft, dann das gesamte System zusammengebaut und schliesslich auf die Funktionen getestet. Abschliessend haben sie in weiteren Tests die Bedien- und Benutzerfreundlichkeit des Modells verbessert.

Einsatz im Unterricht

Den Absolventen ist es gelungen, einen eigenständigen Demonstrator zu entwickeln, der das Betriebsverhalten des Scheibenläufers mit Steuerungs- und Messfunktionen visualisiert. «Über das Touch-Display steuern wir den Motor an», sagt Sandro Büchi. «Mit Visualisierungen auf dem Display können wir ausserdem zusätzliche Messungen und theoretische Aspekte des Antriebs demonstrieren.» Darüber hinaus ist der Demonstrator kompakt und tragbar sowie einfach in der Bedienung. Dadurch sollen künftige Studierende vom Vorführmodell profitieren können, findet Stephan Hegetschweiler: «Die Idee war von Anfang an, dass das Vorführmodell im Unterricht als Lehrmittel eingesetzt werden kann, um das Verhalten eines drehzahlvariablen Antriebes zu demonstrieren.»



Sandro Büchi (links) und Stephan Hegetschweiler haben einen Demonstrator eines Scheibenläufers entwickelt.

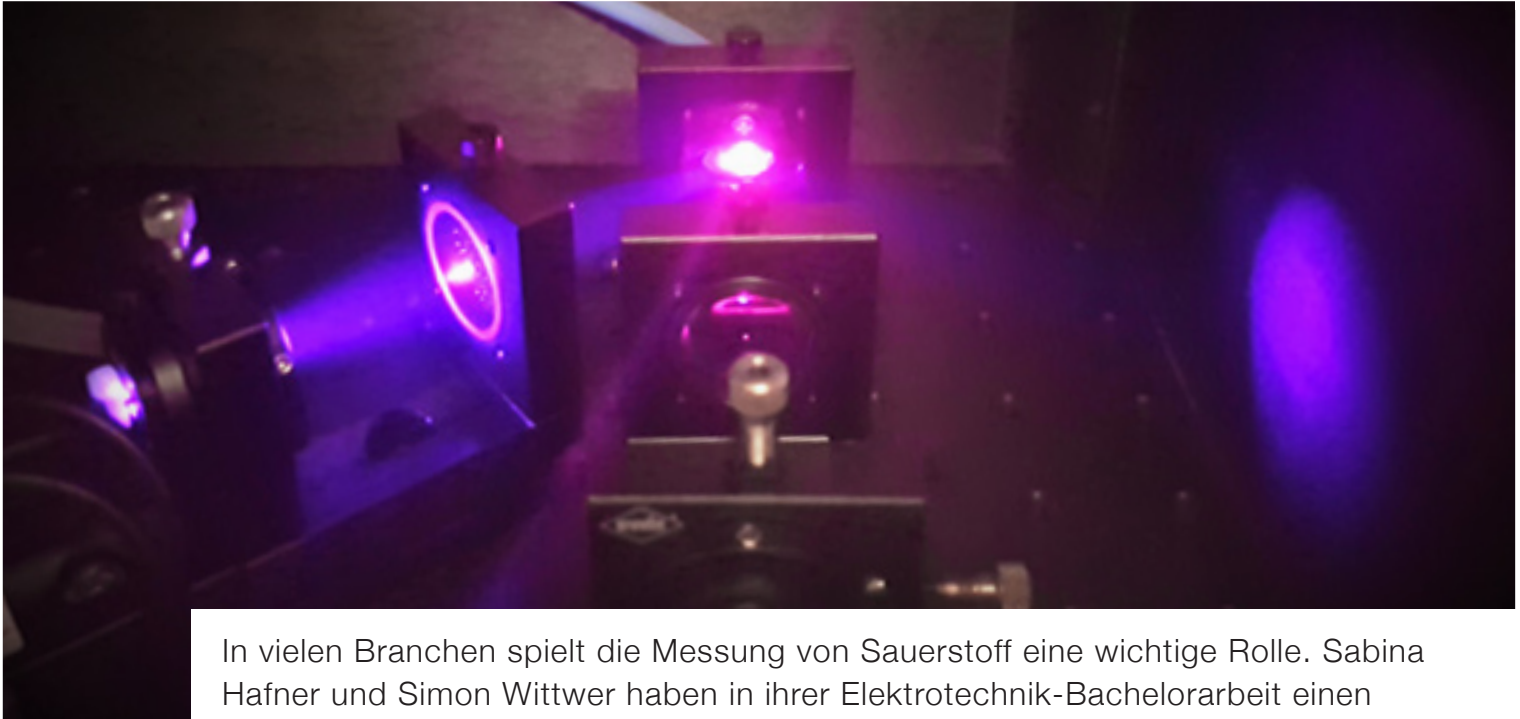


Ein Scheibenläufer ist ein Elektromotor, dessen Rotor die Form einer Scheibe hat.



Die Steuerung erfolgt über ein Touch-Display.

Den Sauerstoffgehalt mit Licht messen



In vielen Branchen spielt die Messung von Sauerstoff eine wichtige Rolle. Sabina Hafner und Simon Wittwer haben in ihrer Elektrotechnik-Bachelorarbeit einen universell einsetzbaren Prototyp entwickelt, der den Sauerstoffgehalt eines Gases oder eines flüssigen Stoffes schnell und präzise messen kann, indem er die zeitliche Veränderung der Lichtintensität misst.

Ob Kläranlage, Pharmaindustrie oder Lebensmittelverarbeitung – Sauerstoffmessgeräte finden in vielen Bereichen Anwendung. Sie müssen nicht nur kompakt gebaut sein, sondern auch schnell präzise Ergebnisse liefern. In ihrer Bachelorarbeit haben Sabina Hafner und Simon Wittwer einen Prototyp eines optischen Sauerstoffmessgerätes entwickelt, das mit dem Verfahren der Lumineszenzlöschung arbeitet. «Wir nehmen eine sogenannte Lumineszenzprobe und messen, wie lange die Probe noch Licht abstrahlt, während sie ein flüssiges oder gasförmiges, mit Sauerstoff versetztes Medium berührt», erklärt Sabina Hafner. Die Probe wird dazu mit einem LED-Lichtsignal angeregt, so dass sie selber luminesziert, also Licht abstrahlt. «Je mehr Sauerstoff die Probe berührt, umso weniger luminesziert die Probe», ergänzt Simon Wittwer. «Das geschieht, weil der Sauerstoff eine Lumineszenzlöschung verursacht.»

Phasenverschiebung messen

Als Lumineszenzlöschung bezeichnet man die Abnahme der Intensität der Lumineszenz eines Fluorophors durch ein Löscher-Molekül – in diesem Fall ist das der Sauerstoff. In ihrem Prototyp regen Sabina Hafner und Simon Wittwer die Probe mit einem Sinus-Lichtsignal an. Die Probe wird also von einer wellenförmigen Lichtquelle quasi pulsierend angestrahlt. Abhängig von der Lumineszenzlebensdauer emittiert die Probe das Licht um eine bestimmte Zeit verzögert. Um nun den Sauerstoffgehalt des Mediums zu berechnen, muss die Zeitverzögerung als Phasenverschiebung gemessen und algorithmisch umgerechnet werden. «Für die Verarbeitung dieser Messdaten könnte man einen Microcontroller verwenden», erklärt Sabina Hafner. «Diese sind zwar günstig, aber langsam und weniger leistungsfähig als unsere Lösung.» Sabina Hafner und Simon Wittwer setzen in ihrer Arbeit deshalb ein Field-Programmable Gate-Array – kurz FPGA – ein.

«Je mehr Sauerstoff die Probe berührt, umso weniger luminesziert die Probe.»

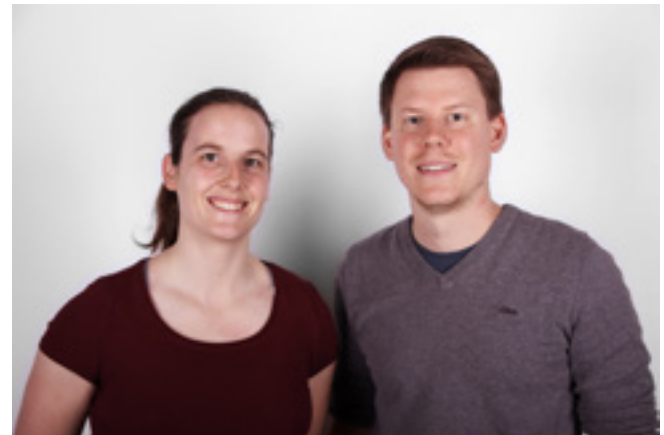
Simon Wittwer

Schnell und sehr präzise

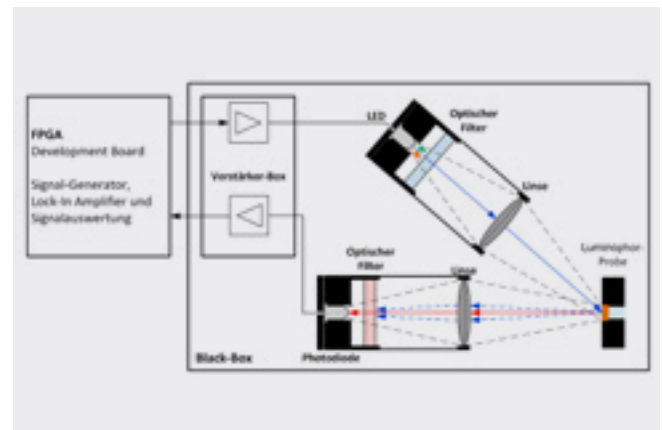
Das FPGA ist ein integrierter Schaltkreis aus der Digitaltechnik. Gerade weil der Platz bei Sensoren sehr beschränkt ist, bietet ein FPGA viele neue Möglichkeiten. Im Prototyp führt das FPGA die Messung der Phasenverschiebung und die Umrechnung in einen Sauerstoffwert aus. «Das empfangene Lichtsignal filtern wir mittels Lock-in-Verstärker sowie digitalen Filtermethoden und ermitteln auf diese Weise die Phasenverschiebung sehr genau», sagt Simon Wittwer. Die komplette Signalgenerierung, Filterung und Auswertung haben Sabina Hafner und Simon Wittwer mit der Hardwarebeschreibungssprache VHDL für das FPGA programmiert. Die Signalverstärkung und -umwandlung wird hingegen analog gelöst. Dieser Ansatz erlaubt eine flexible Software- und Hardwarearchitektur. «Der Prototyp ermöglicht eine Sauerstoffmessung mit einer Reproduzierbarkeit von nur 0,1 Prozent», sagt Sabina Hafner. «Ein grosser Vorteil unserer Lösung mit FPGA ist ausserdem die schnelle Umwandlung der Phasenverschiebung in den dazugehörigen Sauerstoffgehalt.»

Ansätze für weitere Entwicklung

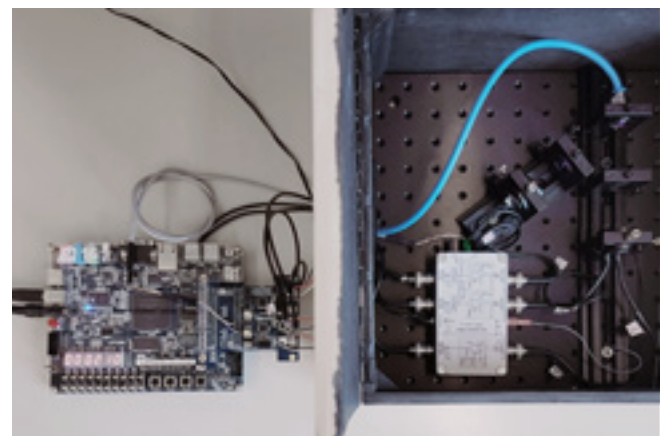
Speziell an dem in der Bachelorarbeit entwickelten Prototyp ist neben seinem schlanken analogen Design auch die periodische Referenzphasenmessung. «Die periodische Referenzphasenmessung kompensiert die nicht lineare Phasenverschiebung des Analogteils», erläutert Sabina Hafner. Dozent Matthias Rosenthal ist sehr zufrieden mit der Arbeit: «Die Entwicklung dieses Prototyps hat die Vielseitigkeit eines FPGAs für Sensoren klar aufgezeigt und mehrere neue Ansatzpunkte für weitere Entwicklungen geliefert.»



Sabina Hafner und Simon Wittwer können mit ihrem Prototyp den Sauerstoffgehalt schnell und präzise messen.



Die Grafik zeigt den Hardware-Aufbau des Messgeräts.



Der entwickelte Prototyp liefert Ansatzpunkte für weitere Entwicklungen.

Mehr sehen als mit den eigenen Augen



Damit sich Autos dereinst ohne menschliches Zutun im Strassenverkehr bewegen können, wird intensiv an Radaren zur Objekterkennung geforscht. Auch die Elektrotechnik-Absolventen Beat Käfer und Simon Vogel haben sich in ihrer Bachelorarbeit diesem Thema angenommen.

Er wird bereits heute in modernen Luxuskarossen eingesetzt: Die Rede ist vom frequency modulated continuous wave (FMCW) Radar. Bei diesem Radar wird die Frequenz der Funkwellen moduliert. Das Verfahren kann angewandt werden, um die Distanz zu einem Ziel und dessen Dopplerfrequenz zu messen; das heisst, das Radar kann andere bewegliche Objekte erkennen, lokalisieren und sogar deren Geschwindigkeit messen. FMCW-Radare eignen sich also ideal, um beim Autofahren als Assistenzsysteme zu dienen oder teilweise gar das autonome Fahren zu ermöglichen. Die Herausforderung: Die Radare müssen zuverlässig und schnell erkennen, was sich rund um das Fahrzeug abspielt, damit das System gegebenenfalls – in Echtzeit – darauf reagieren kann. Diesem Ziel sind die Elektrotechnik-Absolventen Beat Käfer und Simon Vogel in ihrer Bachelorarbeit ein kleines Stück näher gekommen.

Verarbeitungsprozess beschleunigen

In ihrer Bachelorarbeit haben die beiden Elektrotechnik-Absolventen digitale Signalverarbeitungs-algorithmen auf einem FMCW-Radar implementiert. Als Hardware diente ihnen dazu ein 24-GHz-Radarmodul der Firma RFbeam Microwave in St.Gallen, einem führenden Hersteller von Radar-Sensoren. Das Radarmodul besitzt eine Send- und drei Empfangsantennen. «Wir haben die Hardware so programmiert, dass wir bis zu 60 Mal pro Sekunde eine Info bekommen, wo und wie schnell sich ein Objekt bewegt», sagt Simon Vogel. Um die dazu notwendige Rechenleistung zu erreichen, haben die beiden Absolventen die Signalverarbeitung in einem programmierbaren Logikbaustein implementiert. «Auf diese Weise können mehrere Berechnungen parallel gemacht werden, was den Prozess beschleunigt», so Beat Käfer.

«Wir haben die Hardware so bespielt, dass wir 60 Mal pro Sekunde eine Info bekommen, wo und wie schnell sich ein Objekt bewegt.»

Simon Vogel

Erfasste Daten auswerten

Das Implementieren der Signalverarbeitungs-algorithmen in der Radar-Hardware war der eine Teil der Arbeit. Weiter ging es für Beat Käfer und Simon Vogel darum, die Daten nach dem Erfassen schnellstmöglich auszuwerten.

«Ein Ethernet Interface ermöglicht das Lesen der erfassten Daten am PC und erlaubt gleichzeitig auch das Konfigurieren des Radars», so Simon Vogel. Für die weitere Datenverarbeitung haben die Absolventen ein Programm mit der Software Matlab erstellt, das die Daten einerseits in Echtzeit darstellt und andererseits für die spätere Analyse aufzeichnet. «Auf unserer Karte ist eine sich bewegende Person auf bis zu 140 Meter Entfernung erkennbar; ein fahrendes Auto sogar bis zu einer Distanz von 340 Meter», sagt Beat Käfer. «Ausserdem konnten wir Geschwindigkeiten bis zu 180 km/h detektieren.»

Stoff für das Masterstudium

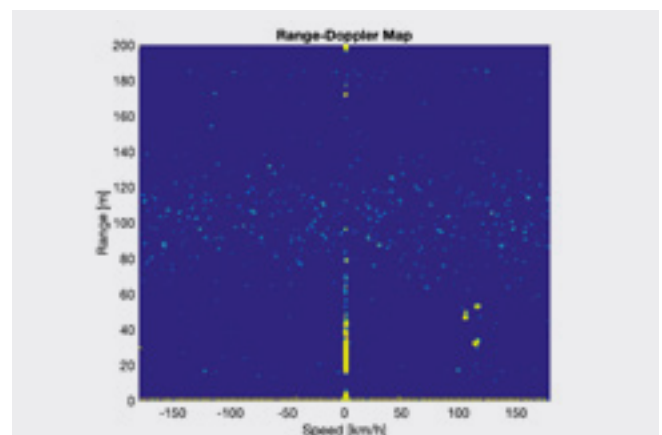
Ihre eigenen hochgesteckten Ziele haben die Absolventen aber dennoch nicht ganz erreicht, wie Beat Käfer sagt: «Obwohl das Ethernet Interface eine Bandbreite von einem Gigabit zur Verfügung stellt, war es nicht möglich, eine genügend schnelle Verbindung zu erstellen, um jedes erfasste Frame senden zu können.» Und Simon Vogel ergänzt: «Stand jetzt ist es so, dass wir quasi 60 Punkte pro Sekunde auf der Karte haben; wir lokalisieren also die Objekte, können aber noch nicht mit Bestimmtheit sagen, um was für Objekte es sich handelt.» Darin sehen die Absolventen Potenzial für die weitere Entwicklung, wie Beat Käfer ergänzt: «Die Grundlagen sind gelegt. Im Folgenden wird es darum gehen, beispielsweise einen LKW von einem Menschen unterscheiden zu können.» Auch diese Herausforderung nehmen die Absolventen an. Denn Beat Käfer und Simon Vogel werden das Projekt im Rahmen ihres Masterstudiums an der ZHAW School of Engineering weiterverfolgen.



Beat Käfer (links) und Simon Vogel haben ein Radar so konfiguriert, dass es bewegliche Objekte und deren Geschwindigkeit erkennt.



Auf diesem Radarmodul haben die Absolventen Signalverarbeitungs-algorithmen implementiert.



Die Absolventen konnten mit ihrem Radar Objekte in bis zu 340 Metern Entfernung und Geschwindigkeit von bis zu 180 km/h detektieren.

Der Messstand und sein «kleiner Bruder»



Photovoltaiksysteme mit bifazialen Modulen können von beiden Seiten das Licht in Strom konvertieren. Mit ihrer Bachelorarbeit haben die beiden Energie- und Umwelttechnik-Absolventen Remo Käslin und Dominic Heller einen Beitrag dazu geleistet, dass der Ertrag solcher Photovoltaiksysteme besser vorausgesagt werden kann.

Noch ist ihr Marktanteil relativ gering. Doch Remo Käslin und Dominic Heller sind sicher, dass sich sogenannte bifaziale Photovoltaikanlagen bewähren werden. Der Clou: Anstatt wie herkömmliche Anlagen nur auf der Vorderseite, können bifaziale Systeme beidseitig Licht aufnehmen und in Strom umwandeln. «Das ermöglicht mehr Ertrag bei gleicher Fläche», erklärt Dominic Heller. «Wird eine bifaziale Anlage optimal platziert, kann der Mehrertrag bei 20-30 Prozent liegen.» Mit dem BIFROT-Messstand (Bifacial Outdoor Rotor Tester) verfügt die ZHAW School of Engineering über eine eigene Anlage, mit der die neue Technologie erforscht wird. Um unterschiedliche Messkonfigurationen dieser Anlage zeitsparend und mit verhältnismässig geringem Aufwand zu untersuchen, gibt es eine Miniaturoversion davon: den BPRP-Messstand (Bifacial Photovoltaic Rotary Prototype) im Massstab 1:13.

Korrelationen untersuchen

In vorangehenden Projekt- und Bachelorarbeiten entwickelten ZHAW-Studierende diese Miniaturoversion. Allerdings fehlten bisher Untersuchungen dazu, wie vergleichbar der BIFROT-Messstand und sein «kleiner Bruder» tatsächlich sind. Hier kommt die Bachelorarbeit von Remo Käslin und Dominic Heller ins Spiel: «Wir haben nun erstmals über einen längeren Zeitraum untersucht, wie die beiden Anlagen miteinander korrelieren», berichtet Remo Käslin. Hierfür liessen sie beide Anlagen während zweier Monate im Parallelbetrieb laufen und führten durchgehend Messungen durch. Die Daten werteten sie anschliessend mit einem selbstentwickelten Matlab-Programm aus. «Wir berechneten die Stromerträge über den Tagesverlauf und konnten so Skalierungsfaktoren definieren, die dem Verhältnis der beiden Messstände entsprechen», erklärt Dominic Heller.

«Wir haben erstmals über einen längeren Zeitraum untersucht, wie die beiden Anlagen miteinander korrelieren.»

Remo Käslin

Unterschiedliches Verschattungsverhalten

Allerdings gibt es nicht einfach einen Faktor, mit dem man vom Ertrag der kleinen zum Ertrag der grossen Anlage gelangt. Ob das Licht zum Beispiel eher diffus ist oder direkt auftrifft, macht einen Unterschied, denn der Aufbau der Photovoltaikmodule ist unterschiedlich – zum Beispiel hinsichtlich der Verglasung. Darum untersuchten die Absolventen ebenfalls, wie sich Reflexionsverhalten, Verschattungsverhalten und Temperaturcharakteristik der beiden Anlagen unterscheiden. Dominic Heller fasst zusammen: «Das Temperaturverhalten der Anlagen ist nahezu identisch. Allerdings unterscheiden sie sich hinsichtlich des Verschattungsverhaltens – vor allem bei kleinflächigen Verschattungen.» Mit entsprechenden Skalierungsfaktoren konnten die beiden Absolventen diese Differenzen jedoch kompensieren. So gelang es ihnen im Rahmen der Arbeit mit einer Genauigkeit von 99,9 Prozent von den Erträgen der einen auf die Erträge der anderen Anlage zu schliessen.

Anforderungen für das Nachfolgemodell

Die Erkenntnisse von Remo Käslin und Dominic Heller kommen nun einer Weiterentwicklung des Miniaturmessstands zugute. «Wir haben Anforderungen an das Nachfolgemodell des BPRP-Messstands zusammengetragen», so Remo Käslin. Der MTA 2.0 (Miniaturised Test Array) soll der-einst unter anderem über einen verlässlicheren Antrieb verfügen, über eine mit der grossen Anlage vergleichbare Zellaufteilung und über eine identische Verglasung. Zudem soll der MTA 2.0 autark funktionieren. So könnte er künftig dazu eingesetzt werden, potenzielle Standorte für bifaziale Photovoltaikanlagen zu untersuchen und Prognosen über künftige Erträge zu ermöglichen.

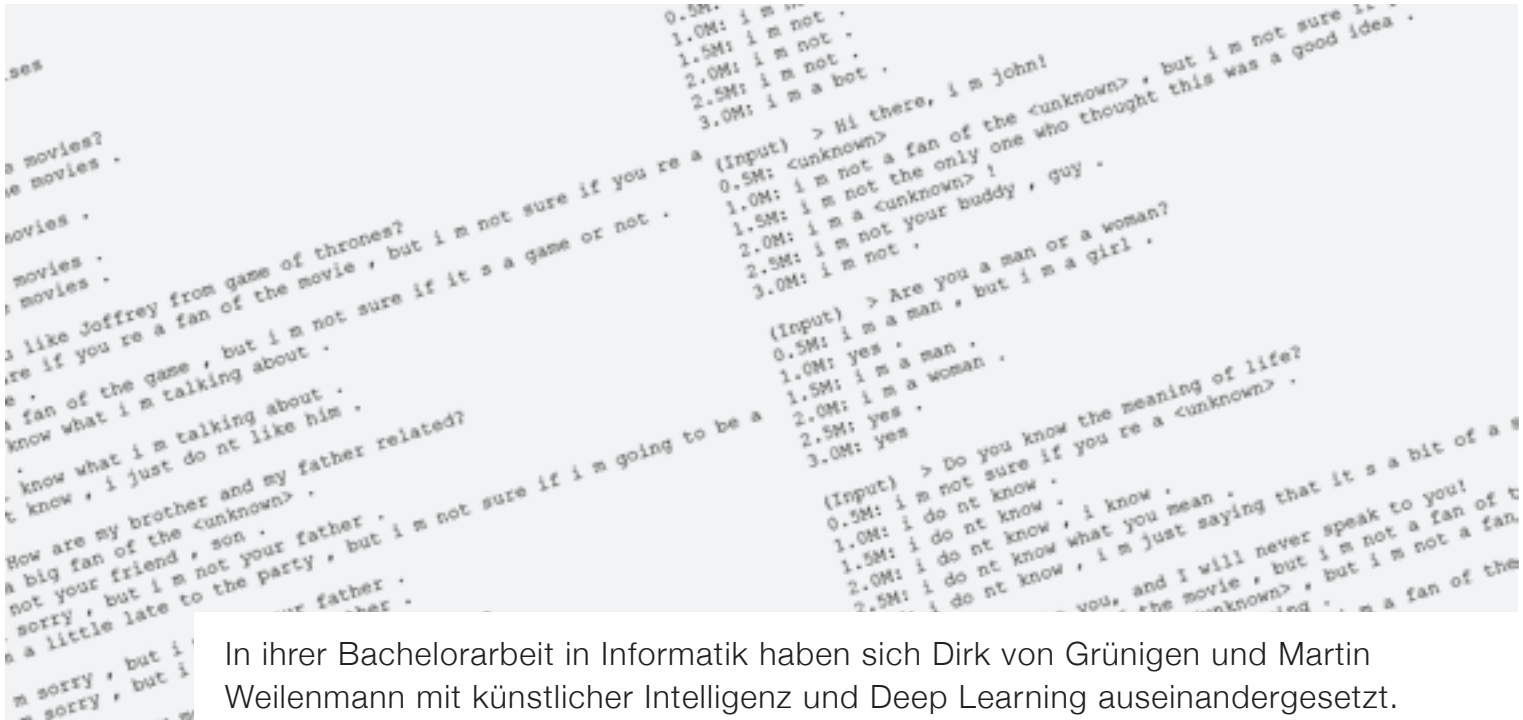


Dominic Heller (links) und Remo Käslin haben in ihrer Bachelorarbeit bifaziale Photovoltaikanlagen untersucht.



Der Miniaturmessstand BPRP stand im Zentrum der Bachelorarbeit. Die Absolventen untersuchten, wie er mit der grossen Anlage korreliert.

«What are you?» – «I'm a bot.»



In ihrer Bachelorarbeit in Informatik haben sich Dirk von Grünigen und Martin Weilenmann mit künstlicher Intelligenz und Deep Learning auseinandergesetzt. Sie haben ein Dialogsystem – einen sogenannten Chatbot – aufgebaut. Über grosse philosophische Fragen diskutieren kann man mit ihm nicht, ein bisschen plaudern aber schon.

Mit einem Computer gemütlich über Filme fachsimpeln: Was vor ein paar Jahren noch als ferne Zukunftsmusik galt, liegt heute im Bereich des Möglichen. Die beiden Informatik-Absolventen Dirk von Grünigen und Martin Weilenmann haben sich genau mit dieser Thematik auseinandergesetzt. Die beiden haben es sich in ihrer Bachelorarbeit zum Ziel gesetzt, ein Dialogsystem – einen sogenannten Chatbot – aufzubauen. Dabei haben sie Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt, sogenannte Recurrent Neural Networks. Dabei legt sich der Computer anhand von Trainingsdaten quasi selbstständig Strategien zur Lösung von Aufgaben zu-recht und kann diese später auf neue Daten anwenden. Dirk von Grünigen erklärt: «Neuronale Netze werden bereits bei verschiedensten Aufgaben im Alltag eingesetzt, etwa wenn ein Computer ein Gesicht auf einem Foto automatisch erkennen soll. Recurrent Neural Networks eignen sich speziell zur Verarbeitung und Generierung von Text, da diese aufgrund ihrer Architektur die Möglichkeit besitzen mit der unterschiedlichen Länge und Form von Sprache klar zu kommen.»

Reddit-Kommentare und Untertitel

Den Chatbot fütterten die beiden Absolventen mit Daten aus zwei verschiedenen Quellen: zum einen Kommentare der Internetplattform Reddit mit Bezug zu den Themen Film und Fernsehen, zum anderen Untertitel von Filmen. Allein aus letzterer kamen insgesamt 350 Millionen Sätze zusammen. Dabei hat sich gezeigt, dass der Bot nicht mit beiden Quellen gleich gut umgehen konnte. Martin Weilenmann erklärt: «Der Chatbot lernte mit den Reddit-Daten besser als mit den Untertiteln und lieferte schneller sinnvolle Resultate. Die Ursachen dafür müssen in den Unterschieden der Trainingsdaten zu finden sein. Einerseits handelt es sich bei den Reddit-Daten um geschriebene, bei den Untertiteln um gesprochene Sprache. Andererseits sind die Reddit-Daten wesentlich besser strukturiert und es ist ersichtlich, dass es sich beispielsweise bei einem Kommentar um eine Replik auf einen anderen Kommentar handelt.»

«Je länger wir den Bot trainierten, desto besser und vielfältiger wurden auch die Antworten.»

Dirk von Grünigen

Drei Wochen Training

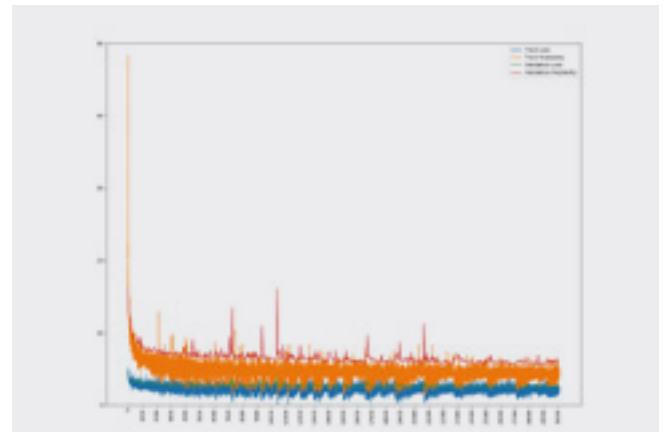
Drei Wochen dauerte das Training, dabei wurde der Lernfortschritt laufend überprüft. In regelmässigen Abständen stellten die beiden Absolventen dem Chatbot die gleichen Fragen: «What are you?» «Is 5 greater than 3?» «What color is the sky?» Die Antworten auf diese und viele weitere Fragen analysierten Dirk von Grünigen und Martin Weilenmann anschliessend mit einem mathematischen Modell, das die Ähnlichkeit der Chatbot-Antwort mit einer erwarteten Musterantwort vergleicht und entsprechend bewertet. Dirk von Grünigen berichtet: «Zu Beginn des Trainingsprozesses gab uns der Chatbot noch viele generische Antworten wie «I don't know». Das führte zu eher schlechten Messwerten. Je länger wir den Bot trainierten, desto besser und vielfältiger wurden auch die Antworten, so dass er zum Schluss etwa auch die Frage «What are you?» korrekt mit «I'm a bot» beantwortete.»

Resultate mit anderen Chatbots vergleichbar

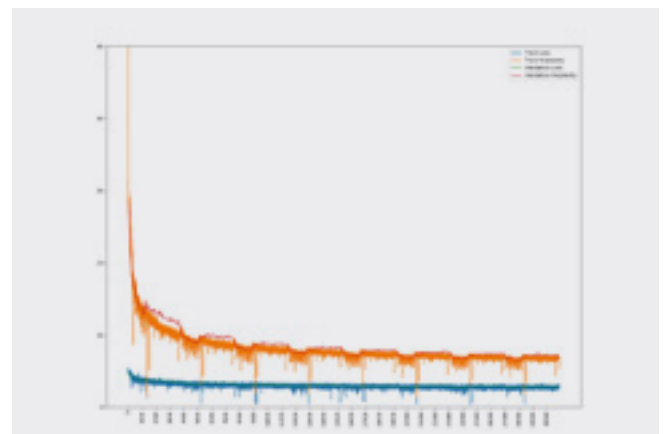
Ihre Ergebnisse verglichen die Absolventen dann mit denjenigen des Online-Chatbots Cleverbot und den Resultaten einer Studie zum Thema Chatbots. «Dabei zeigte sich, dass unsere Modelle vergleichbar gute Ergebnisse wie die anderen Systeme liefern – vorausgesetzt, die Dialoge sind nicht zu komplex», sagt Martin Weilenmann. «Das liegt vor allem daran, dass unser System deutlich kleiner konzipiert wurde als andere», ergänzt Dirk von Grünigen. Schliesslich hätten die Chatbots in der erwähnten Studie zum Beispiel sogar brauchbare Antworten auf so komplexe und abstrakte Fragen wie derjenigen nach dem Sinn des Lebens gefunden. «Die anderen Systeme konnten mit grösseren Datenmengen arbeiten und hatten viel mehr Zeit für das Training ihrer Chatbots. Unser System ist dafür ressourcensparender. Darum können wir mit unseren Ergebnissen dennoch sehr zufrieden sein.»



Dirk von Grünigen (links) und Martin Weilenmann haben einen digitalen Gesprächspartner entwickelt, einen sogenannten Chatbot.



Die Resultate mit den Unterstitel-Daten zeigen eine höhere Varianz...



...während die Resultate mit den Reddit-Daten geringere Schwankungen aufweisen.

Für den Durchblick auf dem Campus



Wenn es nach Kevin Brunner und Charles Chojnowski geht, soll niemand mehr auf dem ZHAW-Campus nach Gebäuden oder Räumen fragen müssen. Die Informatik-Absolventen haben als Bachelorarbeit den Kartenservice «Atlas» entwickelt, der den Erstsemestern künftig den Weg in die Vorlesung weisen wird.

Die beiden Absolventen Kevin Brunner und Charles Chojnowski kennen das Problem: Vor Jahren waren sie selbst Erstsemester an der ZHAW School of Engineering und suchten auf dem Campus Technikum in Winterthur nach dem richtigen Gebäude. So wie ihnen geht es vielen neuen Studierenden, Mitarbeitenden oder Besucherinnen und Besuchern, die sich das erste Mal an einem der ZHAW-Standorte zu orientieren versuchen. «Jeder Standort umfasst mehrere Gebäude, die unterschiedliche Namen, Zimmerbezeichnungen und Verwendungszwecke haben», erläutert Kevin Brunner. «Einen bestimmten Vorlesungssaal am Anfang eines Semesters zu finden, ist daher gar nicht so einfach, da diese Informationen nicht mobil verfügbar sind.» Zwar gibt es bereits seit längerem eine ZHAW-App, doch dynamische Standortpläne fehlen auf dieser bisher.

Kartenservice entwickelt

Die Informatik-Absolventen haben nun im Auftrag der ZHAW einen Kartenserver entwickelt, dessen digitale Karten in einer mobilen Applikation und auf einer Website eingebunden werden können. «Wir haben unsere Bachelorarbeit basierend auf dem agilen SCRUM-Entwicklungsprozess durchgeführt», sagt Charles Chojnowski. «Auf Basis der gesammelten Anforderungen haben wir zunächst die Architektur konzipiert, dann die notwendigen Softwarekomponenten evaluiert und darauf aufbauend schliesslich den Kartenservice entwickelt.» Herausgekommen ist der Kartenservice «Atlas», der auf der Basis von OpenStreetMap-Karten arbeitet. «Die Informationen über die Campus- und Gebäudedaten der ZHAW werden aus internen Datenquellen geladen und mit den Geodaten verknüpft», so Kevin Brunner. «Die aufgearbeiteten Gebäudedaten werden so auf einer Karte übersichtlich dargestellt.»

«Die Informationen über die Campus- und Gebäudedaten werden mit den Geodaten verknüpft.»

Kevin Brunner

Zusammenführen der Datenquellen

Digitale Karten für verschiedene Anwendungszwecke sind heute ganz alltäglich. Für die Absolventen bestand die Herausforderung jedoch darin, die unterschiedlichen Quellen zu einem Kartenservice zusammenzuführen, so Kevin Brunner: «Wir mussten die Standortdaten aus den ZHAW-Systemen erst aufwändig aufbereiten, um sie mit den Geodaten verbinden zu können.» Charles Chojnowski ergänzt, dass ausserdem die Verarbeitung der riesigen Datenmengen des Kartenmaterials ein Problem darstellte, das es zu lösen galt: «Der Kartenservice war zunächst extrem langsam. Es dauerte trotz leistungsfähiger Hardware eine halbe Minute, bis ein Kartenausschnitt angezeigt wurde. Wir konnten den Prozess mit verschiedenen Massnahmen beschleunigen, indem zum Beispiel ein Cache im Hintergrund die Kartendaten speichert.»

Kartenservice für Campus-App

Die wichtigsten Anwendungsfälle wie die Gebäude- und die Raumsuche haben die Absolventen erfolgreich in der Software implementiert. Ganz zufrieden sind die beiden dennoch nicht: «Wir haben es aus zeitlichen Gründen leider nicht mehr geschafft, Stockwerkpläne einzubinden», sagt Kevin Brunner. «Somit kann die App derzeit den Weg ins gesuchte Gebäude weisen, aber noch nicht ins richtige Zimmer.» Da der Kartenserver aber erweiterungs- und zukunftsfähig aufgebaut wurde, kann das Projekt am Institut für angewandte Informationstechnologie (InIT) fortgesetzt werden. Dozent Hans-Peter Hutter ist zuversichtlich: «Der von den Absolventen entwickelte Kartenservice wird in Zukunft sicherlich in die bestehende Campus-App der ZHAW eingebunden werden.»



Kevin Brunner (links) und Charles Chojnowski haben den mobilen Kartenservice «Atlas» entwickelt.



Durchblick: Die App zeigt die Namen der Gebäude an.

Sitzungen im virtuellen Raum



In ihrer Bachelorarbeit in Informatik setzten sich Manuel Loth, Marcus Petschel und Mario Ravasio mit Virtual und Augmented Reality auseinander. Sie untersuchten für ihren Wirtschaftspartner, ob sich die neue Technologie nicht nur für Spiele und Unterhaltung, sondern auch fürs Berufsleben eignet.

Seit einigen Jahren mischen sie die Spiele- und Unterhaltungselektronik auf: Augmented Reality (AR) und Virtual Reality-Systeme (VR). Diese Geräte – als Interface dient in der Regel eine Brille – zeigen im Blickfeld zusätzliche Informationen, Figuren oder weitere Elemente an oder erzeugen sogar ganze Welten, in die Nutzerinnen und Nutzer vollständig eintauchen können. Die Leistungsfähigkeit solcher Systeme nimmt laufend zu, Geschwindigkeit, Genauigkeit und Darstellung werden immer besser. Die Frage steht daher im Raum, ob Augmented und Virtual Reality sich auch in den Alltag und das Berufsleben integrieren lassen. In ihrer Bachelorarbeit in Informatik haben sich Manuel Loth, Marcus Petschel und Mario Ravasio mit dieser Frage auseinandergesetzt. Die Firma Simplificator AG unterstützte sie dabei als Industriepartner.

Sitzungszimmer am Strand

In einem ersten Schritt analysierten und verglichen die Absolventen die am Markt verfügbaren AR- und VR-Systeme. «Als effizienteste Lösung für die Aufgabe, die uns vorschwebte, erwies sich das System von HTC: das Tracking ist sehr genau, die Leistung passt, Entwicklung und Support sind vergleichsweise einfach», erklärt Marcus Petschel. Mit diesem System und basierend auf der Unity-Entwicklungsplattform machten sie sich daran, den Prototyp eines virtuellen Kollaborationsraums zu erschaffen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer müssen sich dafür nicht mehr physisch treffen, sondern können ihre VR-Brille aufsetzen und so von ihrem PC aus an einer Besprechung teilnehmen. Das Setting ist dabei natürlich frei wählbar, so dass sich die Absolventen auch den Spass eines virtuellen Sitzungszimmers am – natürlich ebenfalls virtuellen – Strand erlaubten.

«Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer können sich sehen und miteinander unterhalten; sie können auf Dinge verweisen, Skizzen anfertigen oder Präsentationen abrufen.»

Manuel Loth

Resonanzanalyse bei Nutzerinnen und Nutzern

Neben dem Setting umfasst der virtuelle Meetingraum die zentralen Aspekte, die für eine Kollaboration nötig sind, wie Manuel Loth erläutert: «Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer können sich sehen und sich miteinander unterhalten; sie können auf Dinge verweisen, Skizzen anfertigen oder Präsentationen abrufen.» Ihren Prototyp liessen die Absolventen anschliessend von potenziellen Nutzerinnen und Nutzern testen, um herauszufinden, ob diese sich Meetings im virtuellen Raum überhaupt vorstellen können. Ganz mehrheitsfähig ist die Technologie noch nicht: «Computer-affine Personen können sich zwar recht schnell für den virtuellen Kollaborationsraum begeistern», berichtet Mario Ravasio. «Viele andere sind noch recht zurückhaltend und es wird weitere Verbesserungen brauchen, damit sich die Idee durchsetzt.»

Bedingungen für den Durchbruch

Wie lange es noch dauert, bis sich Sitzungen im virtuellen Raum etabliert haben, können die Absolventen nur schwer sagen. Die Bedingungen dafür haben sie in ihrer Arbeit aber schon umrissen. «Es braucht natürlich verschiedene Um Systeme, damit so etwas praktisch anwendbar ist», sagt Marcus Petschel – Login-Systeme zum Beispiel oder Sicherheitssysteme, damit wirklich nur diejenigen Personen an einer Sitzung teilnehmen, die auch wirklich dazu eingeladen sind. «Weiter müssen die Systeme auch noch etwas günstiger werden, damit sich ihr Einsatz lohnt. Wobei es eigentlich jetzt schon sinnvoller wäre, mit einem Geschäftspartner aus den USA virtuell zusammenzukommen als für viel Geld über den Atlantik zu fliegen.»



Manuel Loth, Marcus Petschel und Mario Ravasio (v.l.n.r.) entwickelten den Prototyp eines virtuellen Besprechungszimmers.



Im virtuellen Raum kann eine Sitzung schon mal am Strand stattfinden.



Ihren Prototyp liessen die Absolventen von potenziellen Nutzern testen, um herauszufinden, ob diese sich Meetings im virtuellen Raum überhaupt vorstellen können.

Über Blockchains kommunizieren



Seit Bitcoins ganz offiziell als Zahlungsmittel gelten, sind auch Blockchains in aller Munde. Patrick Fritschi und Thomas Sutter haben in ihrer Bachelorarbeit untersucht, ob sich die Technologie auch für das Senden und Empfangen von Instant-Nachrichten eignet.

Unter Blockchain versteht man eine Datenbank, die dezentral funktioniert. Jedes zu speichernde Element – im Falle von Bitcoins wäre das eine Gruppe von Transaktionen – stellt einen neuen Block dar. Dieser wird chronologisch an die vorangehenden Blocks gehängt – mit der Folge, dass eine Kette von gespeicherten Inhalten entsteht. Um die Sicherheit zu gewährleisten, enthält jeder Block gewisse Elemente des vorangehenden Blocks. So ist es unmöglich, nachträglich Elemente zu ändern, weil dann nämlich auch alle folgenden Elemente geändert werden müssten. Weil es keine zentrale Stelle gibt, welche neue Blocks autorisiert, sondern Änderungen die Zustimmung der Mehrheit des Netzwerks benötigen, gelten Blockchains als frei von jeglicher Zensur.

«Ethereum» als Basis

In ihrer Bachelorarbeit in Informatik haben Patrick Fritschi und Thomas Sutter nun eine neue Anwendung von Blockchains untersucht: Dabei geht es nicht mehr um das Verschieben von digitaler Währung von einer Person zur anderen, sondern um einen Instant Messenger-Dienst namens «Zendr.io». Patrick Fritschi erklärt: «Es gibt bereits eine Reihe von dezentralen Peer-to-Peer-Applikationen – sogenannte DApps – die mit Blockchains funktionieren. Wir haben nun auf Basis der Blockchain 'Ethereum' versucht herauszufinden, wie weit die Technologie diesbezüglich schon ist und inwiefern sie sich für weitere Anwendungen eignet.» Als Unterstützung stand den beiden Absolventen mit Marc Degen ein externer Experte zur Seite.

«Verliert oder vergisst ein Nutzer sein Passwort, gibt es keine Möglichkeit, es wiederherzustellen.»

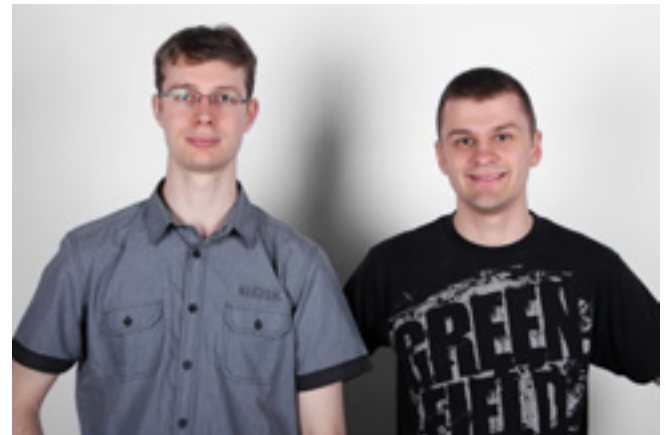
Patrick Fritschi

Vollkommen anonym

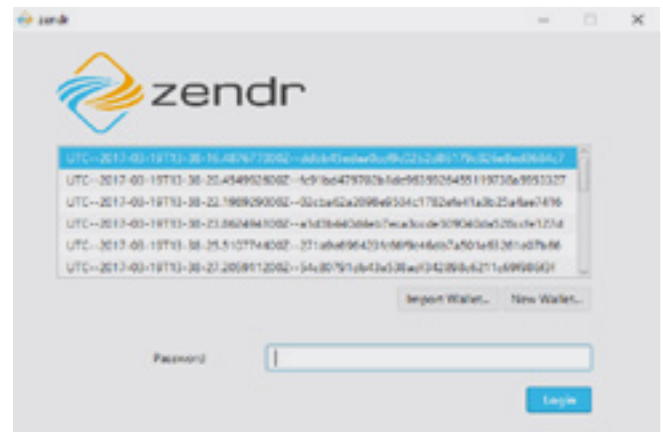
Die ursprüngliche Idee war, dass «Zendr.io» über Transaktionen kommuniziert. Allerdings erwies sich das als nicht so geeignet, wie Thomas Sutter erklärt: «Zwar ist es möglich, Transaktionen für das Senden von Nachrichten zu verwenden. Allerdings müssen Transaktionen vom Netzwerk autorisiert werden, was rund 15 Sekunden dauern kann. Für einen Instant Messenger-Dienst ist das zu lange.» Darum setzen die Absolventen das sogenannte Whisper-Protokoll für die Nachrichtenübermittlung ein, das dem Datenaustausch zwischen Blockchain-Knotenpunkten dient. Zur Registrierung werden ausser einem Passwort keine persönlichen Daten benötigt. Dass der Dienst vollkommen anonym funktioniert, hat allerdings nicht nur Vorteile: «Verliert oder vergisst ein Nutzer sein Passwort, gibt es keine Möglichkeit, es wiederherzustellen. Er kann dann nicht mehr auf seinen Account zugreifen», erklärt Patrick Fritschi.

Blockchain als Service

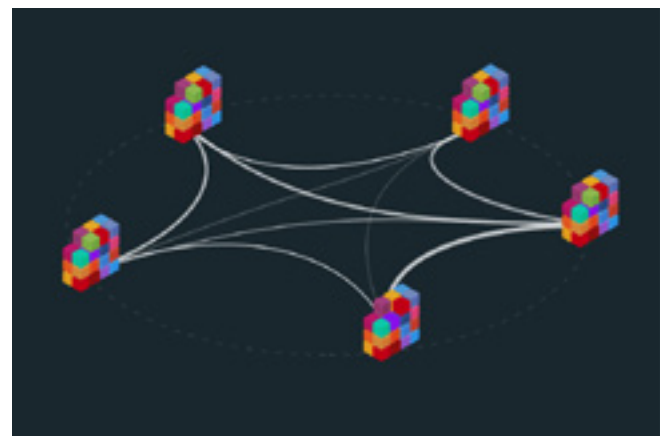
Auch die rechtliche Situation ist ungeklärt: Da Blockchains nachträglich nicht verändert werden können, könnten Nutzer das System missbrauchen und strafbare Inhalte unlöschar speichern. Ohnehin glauben die beiden Absolventen nicht, dass der Messenger dereinst in dieser Form verwendet wird. «Denn um 'Zendr.io' effektiv nutzen zu können, müsste ein Anwender Knotenpunkt des Netzwerks werden und erst einmal die gesamte Blockchain herunterladen, was derzeit rund 41 GigaByte Speicherplatz benötigt. Auch nach jeder längeren Abwesenheit müsste er die Blockchain auf seinem PC synchronisieren», so Thomas Sutter. Eine Möglichkeit wäre, dass Anbieter als Knotenpunkt agieren und den Zugang zur Blockchain als Service zur Verfügung stellen. Die Benutzer müssten dann allerdings einen Teil ihrer Anonymität aufgeben und wären nicht mehr autonome Teilnehmer – und das macht Blockchain derzeit ja gerade so spannend.



Patrick Fritschi (links) und Thomas Sutter haben sich mit der brandaktuellen Blockchain-Technologie auseinandergesetzt.



So sieht das Anmeldefenster von «Zendr.io» aus.



Mittels Whisper-Protokoll können Nachrichten zwischen verschiedenen Knotenpunkten der Blockchain verschickt werden.

Mit der Datenbrille alles im Blick



Mit einer Augmented Reality-Brille lässt sich die reale mit der virtuellen Welt direkt verknüpfen – nicht nur für Spiele, sondern auch in der Wartung von Maschinen. Die beiden Informatik-Absolventen Martin Bürge und Marco Malaguti haben eine Software entwickelt, um sie in der Verpackungsindustrie einsetzen zu können.

Augmented Reality (AR) steht für erweiterte Realität – gemeint ist die computergestützte Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung. Die Unterhaltungsindustrie hat AR längst für sich entdeckt und mit Apps auf dem Smartphone – beispielsweise «Pokemon Go» – die Massen erreicht. Mit der HoloLens hat Microsoft ein Werkzeug entwickelt, mit dem Anwender vollständig in die AR eintauchen können: lebensgroße dreidimensionale Gegenstände lassen sich ins Sichtfeld einblenden. Dass AR auch ernsthaft im Bereich von Produktionsanlagen zum Einsatz kommen kann, zeigt die Bachelorarbeit von Martin Bürge und Marco Malaguti. Die beiden Informatik-Absolventen haben die Software für einen prototypischen Anwendungsfall von AR bei der Wartung von Maschinen konzipiert und auf der HoloLens implementiert.

Bestehende Systemdaten integrieren

Für ihren Anwendungsfall haben die Absolventen zusammen mit Bosch Packaging Systems AG als Industriepartner untersucht, wie bestehende vernetzte Live-Dienste in die Software einbezogen werden könnten. «Bei Bosch gibt es bereits ein System mit Live-Daten der Maschinen sowie geführten Arbeitsanweisungen, sogenannten Standard Operating Procedures – oder kurz SOPs», so Marco Malaguti. «Diese Systemdaten aus einer bestehenden Architektur in unsere Software zu integrieren, stand im Fokus unserer Arbeit.» Dazu haben die Absolventen mögliche Frameworks und Dateiformate verglichen und evaluiert. Auch die Entwicklungsumgebung haben sie im Rahmen einer Vorstudie eingängig analysiert.

«Die Live-Daten sowie Fehlerzustände der Maschine können mittels HoloLens abgefragt werden.»

Marco Malaguti

Vom Tablet auf die HoloLens

Das übergeordnete Ziel des Projekts war es, mit der Anwendung von AR die Stillstände der Maschinen zu verkürzen. Einerseits könnten Arbeitende in der Produktionsanlage via HoloLens die SOPs schneller umsetzen, andererseits könnten Mechaniker die Live-Daten für Reparatur und Wartung verwenden. Zunächst konzipierten die Absolventen ihr Programm mit einem Industrie Tablet Computer. Den eigentlichen Prototyp haben sie dann mit der HoloLens entwickelt, die eine optimale 3D-Einbindung der Daten ermöglicht.

Virtuelle Hilfestellung

Um die Blickrichtung zu bestimmen und die Maschinentypen zu erkennen, haben Martin Bürge und Marco Malaguti auf ein altbewährtes Mittel zurückgegriffen: «Mit QR-Tags können wir die Informationen der Maschine wie Alarm-, Warn- und Informationsmeldungen zuordnen und anzeigen», so Martin Bürge. Als Hilfestellung für die Arbeitenden werden diesen Meldungen entsprechende SOPs zugeordnet. Diese SOPs und die Live-Daten werden mit zusätzlichen AR-Informationen über eine Wi-Fi-Verbindung direkt zur HoloLens gesendet.

Projekt geht weiter

Das Resultat der Bachelorarbeit ist ein funktionsfähiger Prototyp, der die Möglichkeiten von Augmented Reality in der industriellen Anwendung demonstriert. «Die Live-Daten sowie Fehlerzustände der Maschine können mittels HoloLens abgefragt werden», so Marco Malaguti. «Durch das Anzeigen der fehlerbehafteten Bauteile wird der Anwender dabei unterstützt, die Arbeitsanweisung schnell und effizient auszuführen.» Martin Bürge und Marco Malaguti werden das Projekt nach ihrem Studiumsabschluss weiterhin begleiten und vorantreiben – bei der Bosch Packaging Systems AG.



Martin Bürge (links) und Marco Malaguti sehen die HoloLens als Hilfsmittel bei der Wartung von Maschinen.



Die Software zeigt das fehlerhafte Bauteil in der Maschine an.



User erhalten durch die HoloLens Arbeitsanweisungen.

Das Manometer automatisch kalibrieren



Das manuelle Kalibrieren von Manometern ist eine mühsame und unattraktive Arbeit. Damit dies künftig nicht mehr von Menschenhand gemacht werden muss, haben Melanie Lienhard und Sergio Magaldi im Rahmen ihrer Maschinentechnik-Bachelorarbeit eine Anlage für das automatische Kalibrieren entwickelt.

Manometer kommen überall dort zum Einsatz, wo der physikalische Druck von Flüssigkeit oder Gas gemessen werden soll. Weil sich Nutzer von Manometern auf deren Genauigkeit verlassen müssen, wird der Zeigerausschlag mithilfe einer Dreipunktmessung gemessen. Danach wird das Manometer über einen biegbaren Bügel kalibriert, der nur wenige Zehntel Millimeter zusammen- oder auseinandergedrückt werden muss. Weil dazu Fingerspitzengefühl und Übung gefordert ist, wird das auch heutzutage noch immer von Hand gemacht – aber vielleicht nicht mehr lange: In Zusammenarbeit mit der Firma Bourdon – einem Hersteller von Druck- und Temperatursensoren – haben Melanie Lienhard und Sergio Magaldi den Prototyp einer automatisierten Kalibrieranlage entwickelt.

Vollständige Anlage gebaut

Das Konzept für ihren Prototyp hatten Melanie Lienhard und Sergio Magaldi bereits in der vorhergehenden Projektarbeit erarbeitet. «Eine automatisierte Kalibrieranlage macht Sinn, weil die Attraktivität dieser Arbeit sinkt und geeignete Arbeiter nur schwer zu finden sind», so Sergio Magaldi. «Zudem könnte mit einer automatisierten Anlage neues Personal schneller eingearbeitet werden.» Die Absolventin und der Absolvent haben die Kalibrierungsanlage für einen bestimmten Typ von mechanischen Manometern im Sortiment von Bourdon aufgebaut. Mit dieser können sie die Fehler bestimmen, den Druck regeln sowie die Umformung des Bügels einrichten. Das Messsystem zur Fehlerbestimmung konnten Melanie Lienhard und Sergio Magaldi dabei mehrheitlich aus einer vorausgegangenen Bachelorarbeit übernehmen.

«Der Toleranzbereich des Zeigers liegt bei gerade einmal 1,6 Prozent Abweichung bei voller Druckbelastung.»

Melanie Lienhard

Präzision ist gefragt

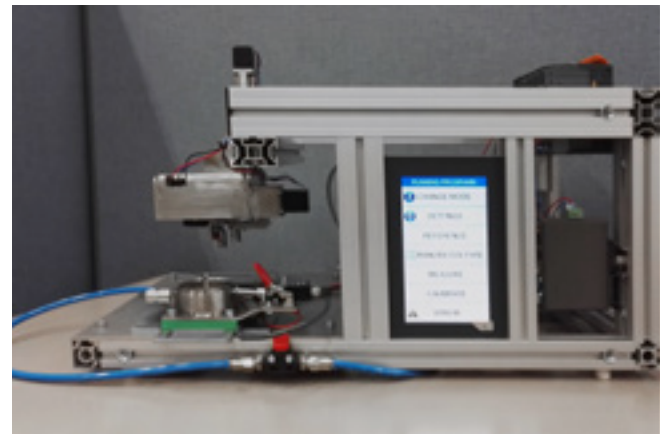
Für die Umformung des Bügels sowie die Ausrichtung der Anlage kommen Schrittmotoren zum Einsatz. «Die Schrittmotoren erlauben es, sehr kleine Wege zu fahren, wodurch wir die nötige Präzision erreichen», so Melanie Lienhard. «Denn der Toleranzbereich des Zeigers liegt bei gerade einmal 1,6 Prozent Abweichung bei voller Druckbelastung.» Eine weitere Herausforderung stellte die Ansteuerung der Anlage dar: Die speicherprogrammierbare Steuerung haben Melanie Lienhard und Sergio Magaldi selbständig konzipiert und programmiert. Bedienen lässt sich die gesamte Anlage bequem über einen Touchscreen.

Prinzip muss getestet werden

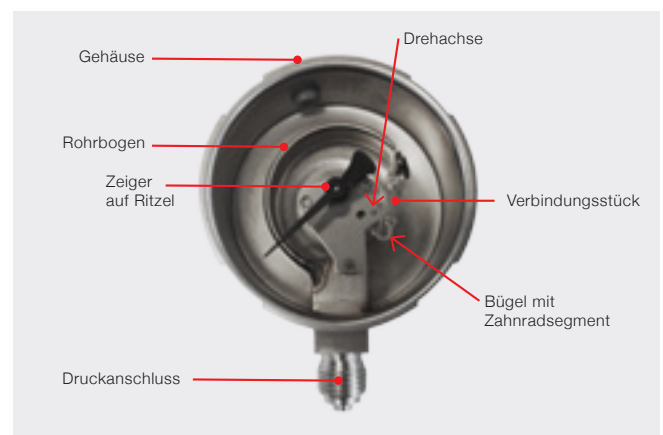
Das Programm ist nun in der Lage einen gesamten Kalibriervorgang durchzuführen – bestehend aus dem Messen des Fehlers, dem Referenzieren der Achsen, dem Kalibrieren und dem erneuten Messen. Ausgereift ist dieser Prototyp allerdings noch nicht, wie Sergio Magaldi einräumt: «Die genauen Distanzen, welche von den Schrittmotoren zurückgelegt werden müssen, gilt es noch zu bestimmen. Ausserdem muss bewiesen werden, dass mit diesem Mechanismus das Manometer genügend genau kalibriert werden kann.» Falls dies der Fall ist, könnte Bourdon das mechanische Prinzip für die definitive Anlage übernehmen. «Bei der definitiven Anlage müsste allerdings ein Druckregelungssystem entwickelt werden, mit dem sich der ganze Druckbereich von -1 bis 1000 bar abdecken lässt», so Melanie Lienhard. Ihr persönlich hat die Entwicklung des Prototyps zudem beim Berufseinstieg geholfen. Sie hat auch dank der Bachelorarbeit eine Anstellung in der Automatisierungstechnik gefunden.



Melanie Lienhard und Sergio Magaldi haben den Prototyp einer Kalibrierungsanlage entwickelt.

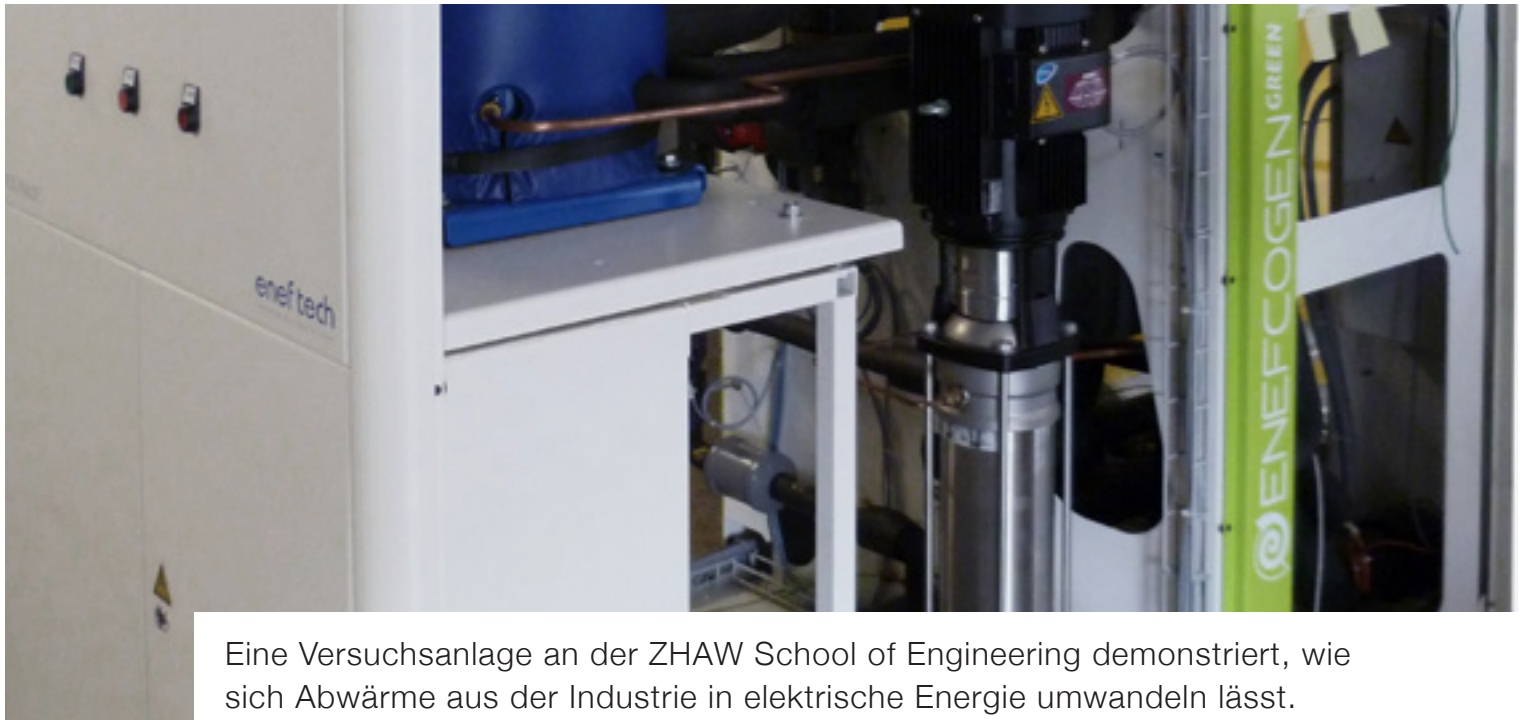


Die Anlage lässt sich über einen Touchscreen steuern.



So sieht das Manometer im Detail aus.

Aus Abwärme Strom machen



Eine Versuchsanlage an der ZHAW School of Engineering demonstriert, wie sich Abwärme aus der Industrie in elektrische Energie umwandeln lässt. Die Maschinentechnik-Absolventen Stefan Schenk und Beat Schwendener haben die Anlage im Rahmen ihrer Bachelorarbeit untersucht.

Wo Maschinen laufen, dort wird's warm. Bei industriellen Betrieben fällt also eine grosse Menge an Abwärme an. Diese thermische Energie will genutzt sein. Eine Möglichkeit ist, sie ins Fernwärmenetz einzuspeisen und somit Wohnhäuser zu beheizen. Liegt die Wärmequelle jedoch weit entfernt vom Siedlungsgebiet, bietet sich die Umwandlung der Abwärme in elektrische Energie an. Der sogenannte Organic Rankine Cycle (ORC) stellt eine Technologie dar, mit der sich thermische Energie auch bei relativ niedrigen Temperaturen von 100 bis 350 °C in mechanische und folglich elektrische Energie umwandeln lässt. ORC basiert auf dem herkömmlichen Dampfkraftprozess – mit dem Unterschied, dass anstelle von Wasser ein organisches Arbeitsmittel eingesetzt wird. Organische Arbeitsmittel besitzen tiefere Siedetemperaturen, was für die Nutzung von Abwärme mit Temperaturen unter 350 °C entscheidend ist.

Betriebsverhalten untersucht

Die ZHAW School of Engineering verfügt am Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering (IEFE) über eine ORC-Versuchsanlage. Diese erlaubt es, die Kühl- und Heizlast variabel einzustellen sowie die Drehzahl der Arbeitsmittelpumpe zu variieren. Auf diese Weise lassen sich verschiedene Betriebszustände realisieren und testen. Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit haben Stefan Schenk und Beat Schwendener experimentelle Untersuchungen durchgeführt: «Wir wollten herausfinden, wie sich die Variation verschiedener Parameter auf das Betriebsverhalten der Anlage auswirkt», sagt Beat Schwendener. «Damit die Anlage auch während der Veränderung von Heiz- und Kühltemperaturen stabil läuft, haben wir den elektronischen Regler besser eingestellt und auch die Temperaturverteilung im Kühlwasser-Pufferspeicher untersucht.»

«Wir wollten herausfinden, wie sich die Variation verschiedener Parameter auf das Betriebsverhalten der Anlage auswirkt.»

Beat Schwendener

Wo geht Energie verloren?

Einen Schwerpunkt der Arbeit bildete die thermodynamische Analyse der experimentell ermittelten Daten. Dabei haben die Absolventen die Energieverluste im Inneren der Anlage lokalisiert und untersucht: «Die wesentlichen Verluste treten dort auf, wo die Wärme übertragen wird, aber auch der zur Stromgewinnung eingesetzte Expander hat einen geringeren Wirkungsgrad als erwartet», so Stefan Schenk. Und Beat Schwendener ergänzt: «Der Expander arbeitet volumetrisch mit einem durch die Konstruktion vorgegebenen Expansionsverhältnis. Daraus resultiert bei davon abweichenden Betriebsbedingungen ein schlechterer Wirkungsgrad der Gesamtanlage.» Durch ihre Recherchen und Messungen konnten die Absolventen die optimalen Parameter und Kennlinien der Arbeitsmittelpumpe und des Expanders finden.

Programm visualisiert Messdaten

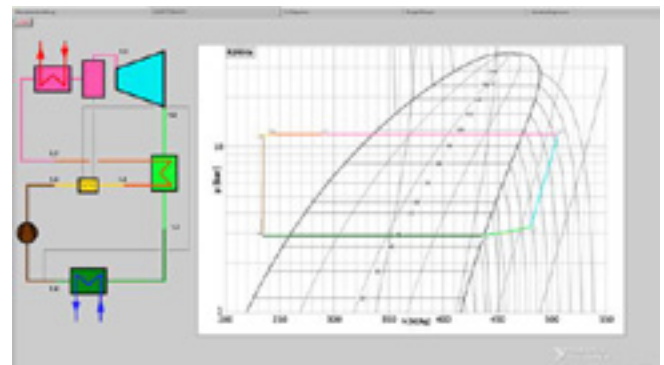
Basierend auf ihren thermodynamischen Untersuchungen haben die beiden Absolventen die mit der Software LabVIEW programmierte Messdatenerfassung erweitert. «Der ORC-Prozess wird jetzt in verschiedenen grafischen Darstellungen in Echtzeit am Bildschirm visualisiert», so Stefan Schenk. «Dazu werden simultan zum Anlagenbetrieb thermodynamische Kenngrößen wie Energieverluste und Wirkungsgrade berechnet.» Der betreuende Dozent Thomas Bergmann findet, dass die Prozessvisualisierung die ORC-Versuchsanlage aufwertet: «Künftig profitieren sowohl Studierende wie auch externe Partner von der Erweiterung, denn der interne Kreisprozess der Anlage ist dank der grafischen Darstellungen noch besser nachvollziehbar», so Thomas Bergmann.



Stefan Schenk (links) und Beat Schwendener haben die ORC-Versuchsanlage untersucht.



Die ORC-Versuchsanlage kann Abwärme in elektrische Energie umwandeln.



Der ORC-Prozess wird mit grafischen Darstellungen am Bildschirm visualisiert.

Mit neuem Konzept zum perfekten Finish



Um metallene Werkstücke nach dem Fertigen zu perfektionieren, kommt eine sogenannte Finishstation zum Einsatz. Die beiden Maschinentechnik-Absolventen Silvan Ammann und Lorenz Züllig haben es sich zur Aufgabe gemacht, die bestehenden Technologien zu verbessern. Resultat ihrer Bachelorarbeit ist der Prototyp einer völlig neu konzipierten Anlage.

Werden Werkstücke aus Metall hergestellt – zum Beispiel in der Automobilindustrie – können an den Schneide- oder Fräskanten sogenannte Grate entstehen. Das sind scharfe Aufwerfungen, Splitter oder ausgefranzte Stellen, die in der Weiterverarbeitung stören. Darum müssen die Werkstücke entgratet werden. Dazu wird eine Finishstation eingesetzt, welche die Grate mit rotierenden Bürsten entfernt. Ein Roboterarm greift dabei das Werkstück und führt es den Bürsten der Finishstation zu. Damit auch bei unterschiedlich geformten Stücken oder bei solchen, die mehr oder weniger Druck benötigen, gleichbleibend gute Resultate erzielt werden können, ist die Finishstation beweglich und kann sich auf den Roboterarm, der das Werkstück hält, zubewegen oder sich von ihm entfernen.

Auslenkbewegung fein einstellen

Allerdings, so erklärt Silvan Ammann, gibt es bei bestehenden Finishstations Verbesserungspotenzial: «Weil der bewegliche Teil der Finishstation auch den Antriebsmotor umfasst und ein entsprechendes Gewicht hat, ist es schwierig, die Bewegung fein einzustellen.» Zu viel oder zu wenig Reibung zwischen Werkstück und Bürste sind die Folge. Darum haben es sich die beiden Maschinentechnik-Absolventen zur Aufgabe gemacht, eine neuartige Finishstation zu entwickeln. Damit haben sie bereits im zweitletzten Semester ihres Studiums begonnen. Lorenz Züllig berichtet: «Im Rahmen der Projektarbeit haben wir zusammen mit unserem Industriepartner eruiert, welche Anforderungen die Finishstation erfüllen muss. Die Feineinstellung der Auslenkbewegung war dabei ein ganz zentrales Kriterium.» Nach der Klärungs- und Konzeptionsphase machten sie sich daran, ihr Produkt auf die Anforderungen des Wirtschaftspartners auszulegen und auszuarbeiten.

«Rund acht Monate haben wir an der Finishstation gearbeitet. Schliesslich handelt es sich dabei um etwas komplett Neues. Und das braucht seine Zeit.»

Lorenz Züllig

Schwenkarm als Herzstück

Die Lösung, die sie dabei entwickelten, umfasst als Herzstück einen Schwenkarm, an dem die Schleifscheibenwelle befestigt ist. Diese wird mit einem Elektromotor über einen Zahnriemen angetrieben. Zwei Druckluftzylinder sorgen dafür, dass der Schwenkarm sich nach vorne und wieder zurückbewegen kann. Die Schleifscheiben drehen sich 1500 Mal pro Minute, der Arm kann mit Kräften von 30 bis 120 Newton gegen das Werkstück drücken. Die beiden Absolventen haben die Finishstation nicht nur im CAD gezeichnet, sondern bereits einen Prototyp gebaut. Den Prototyp testeten sie, indem sie Getriebe von zwei verschiedenen Autoherstellern bearbeiteten. «Das waren noch keine elaborierten Testläufe: Wir haben die Werkstücke der Finishstation von Hand zugeführt und liessen die Getriebe entgraten», berichtet Silvan Ammann. Die Resultate dieser ersten Testmessungen, welche für eine Weiterentwicklung von Bedeutung sind, stellten die Absolventen zufrieden.

Test in automatisierter Umgebung

Weitere Tests für die neue Finishstation sind bereits in Planung. Denn solche Geräte werden in der Regel in automatisierten Fertigungsstrassen eingesetzt, in denen die Werkstücke von Roboterarm zu Roboterarm weitergereicht und den verschiedenen Maschinen zugeführt werden. Darum wollen Silvan Ammann und Lorenz Züllig ihre Entwicklung in einem nächsten Schritt unter realen Bedingungen in einem automatisierten Umfeld testen. Dann wird sich zeigen, ob sich die Arbeit, welche die beiden Absolventen in Konzept und Umsetzung gesteckt haben, auch wirklich gelohnt hat. Lorenz Züllig resümiert: «Rund acht Monate haben wir an der Finishstation gearbeitet. Schliesslich handelt es sich dabei um etwas komplett Neues. Und das braucht seine Zeit.»



Silvan Ammann (links) und Lorenz Züllig haben im Rahmen ihrer Bachelorarbeit eine neuartige Finishstation entwickelt.



Die Bilderserie zeigt die Entwicklung von sehr einfachen Entgratvorrichtungen bis hin zur Finishstation, welche die beiden Absolventen entwickelt haben.



Den Prototyp testeten die Absolventen, indem sie Getriebe von zwei verschiedenen Autoherstellern bearbeiteten.

Ohne fremde Hilfe ins Unterstützungssystem schlüpfen



An der ZHAW School of Engineering entwickeln Forschende eine mechanische Unterstützung für Schulterpatienten. Damit die Betroffenen dieses System künftig selbständig anziehen können, haben Michaela Wenger und Martin Kraft im Rahmen ihrer Maschinentechnik-Bachelorarbeit eine praktische Anziehhilfe entworfen und realisiert.

Wer von Schulterbeschwerden betroffen ist, kann viele Tätigkeiten des täglichen Lebens nur eingeschränkt oder gar nicht ausüben. Beim Kochen, Putzen oder auch bei der Körperpflege sind die Funktionen der Schulter unerlässlich. Um Menschen nach Schulterverletzungen möglichst rasch die Rückkehr in einen selbständigen Alltag zu ermöglichen, entwickeln Forschende am Institut für Mechanische Systeme (IMES) der ZHAW School of Engineering ein sogenanntes patientenassistives System (PAS). Mit einem Elektrozyylinder unterstützt das PAS den Benutzer beim Anheben des Armes gegen die Schwerkraft, ohne dabei die vorhandene Muskelkraft zu ersetzen. Das System wird mittels Hüftgurt am Körper getragen. Der Oberarm der betroffenen Schulter wird über eine Armschiene mit dem PAS verbunden.

Konkrete Anforderungsliste

Für das «PAS Mono», die gegenwärtige PAS-Version, haben Michaela Wenger und Martin Kraft nun eine zugehörige Dockingstation entwickelt. Dank dieser sollen Patienten das PAS künftig ohne fremde Hilfe anziehen können. Das sei bisher nicht möglich gewesen, sagt Michaela Wenger: «Wer schon einmal versucht hat, einen Gürtel mit einer Hand anzuziehen, kann das Problem nachvollziehen.» Und Martin Kraft ergänzt: «Ausserdem muss das PAS zwar einerseits starr befestigt sein, um in die Armschiene hineinzuschlüpfen, sich aber andererseits auch leicht von der Dockingstation lösen lassen.» Als Grundlage für die Entwicklung einer Lösung diente eine konkrete Anforderungsliste. Diese hatten die Forschenden am IMES basierend auf Erkenntnissen aus der laufenden Entwicklung sowie Rückmeldungen von Fachpersonen erstellt.

«Wer schon einmal versucht hat, einen Gürtel mit einer Hand anzuziehen, kann das Problem nachvollziehen.»

Michaela Wenger

Einhändig zu bedienen

Anhand der Anforderungsliste haben Michaela Wenger und Martin Kraft eine Sitzmöglichkeit und Halterungslösungen für das PAS und dessen Hüftgurt gesucht – und gefunden. Aus zwei möglichen Funktionsmodellen wählten sie schliesslich eines zur konkreten Umsetzung aus. Konstruiert haben sie die Dockingstation hauptsächlich mit einem Aufbau aus Aluminiumteilen, in den eine Stehbank aus Holz integriert ist. Der Hüftgurt des PAS ist mit Magneten befestigt. «Über einen Zahnradmechanismus wird der Hüftgurt beim Hinsetzen automatisch in eine nutzerfreundliche, einhändig zu bedienende Position gebracht», erklärt Michaela Wenger. «Wenn der Patient auf der Stehbank leicht nach hinten rutscht, schmiegt sich der Hüftgurt an den Körper, so dass er sich leicht mit dem Klettverschluss schliessen lässt.»

Prototyp erfüllt Anforderungsprofil

Das PAS selber wird mit einem Schiebersystem gehalten und kann über einen einfachen Mechanismus gelöst werden: «Der Patient kann den Mechanismus mit dem gesunden Arm einhändig mit einem Fahrradbremshebel bedienen», erklärt Martin Kraft. «Zieht er an der Bremse, wird der Schieber zurückgezogen und das PAS löst sich aus der Verankerung.» Die Dockingstation lässt sich dabei auf den Benutzer einstellen. Die mobile Stehbank kann in der Höhe angepasst werden und die Gurthalterung an die Körperbreite. Die Halterung des PAS lässt sich der Höhe und dem Winkel des Armes anpassen. Zwar handelt es sich bei der Dockingstation nur um einen ersten Prototyp, jedoch erfüllt er bereits das Anforderungsprofil. «In weiteren Tests könnte man die optimalen Einstellungen evaluieren und diese dann in die Entwicklung einer kompakteren Serienlösung einfließen lassen», sagt Michaela Wenger. Gut möglich, dass sie sogar selbst am Projekt weiterforschen wird. Denn nach ihrem Abschluss tritt sie eine Stelle als wissenschaftliche Assistentin am IMES an.



Martin Kraft und Michaela Wenger haben den Prototyp einer Dockingstation entwickelt.



Mit der Dockingstation können Patienten das PAS ohne fremde Hilfe anlegen.

Den Zug effizienter warten



Wartungsarbeiten an Schienenfahrzeugen sind mit grossem Aufwand verbunden, aber für die Sicherheit unentbehrlich. Die Maschinentechnik-Absolventen Denis Idrizovic und Valbon Shabani haben im Rahmen ihrer Bachelorarbeit eine Hilfsvorrichtung entwickelt, die eine effizientere Wartung ermöglicht.

Die Sicherheit der Fahrgäste steht im Schienenverkehr an erster Stelle. Aus diesem Grund werden die Fahrzeuge einer regelmässigen Wartung unterzogen. Insbesondere die Drehgestelle von Schienenfahrzeugen sind dabei sicherheitsrelevante Komponenten. Ein Drehgestell ist ein Laufwerk, in dem die Radsätze in einem gegenüber dem Wagenkasten drehbaren Rahmen über Federn und Dämpfer gelagert werden. Bei angetriebenen Drehgestellen sind meist auch die Motoren und Getriebe im Drehgestell untergebracht. Denis Idrizovic und Valbon Shabani haben eine Hilfsvorrichtung konzipiert, mit der die Drehgestelle der von den SBB betriebenen Gelenktriebzüge (GTW) zur Wartung ausgebaut werden können. Der GTW ist ein niederfluriger, einstöckiger Regionalzug, bei dem die Antriebseinheit zwischen den Wagen angeordnet ist.

Komposition wird getrennt

In der Regel besteht ein GTW aus einer zwei- bis vierteiligen Komposition. Das Antriebsdrehgestell befindet sich zwischen den Fahrzeugen. Diese Drehgestelle müssen in regelmässigen zeitlichen Intervallen gewartet werden. «Die Problematik besteht darin, dass so eine GTW-Komposition zur grossen Revision getrennt werden muss», erklärt Denis Idrizovic. «Somit fehlt an einem Ende des Fahrzeugs ein Drehgestell, weil dieses Ende im normalen Fahrbetrieb auf dem Gelenk des Nachbarfahrzeuges aufliegt.» Aus diesem Grund ist eine Hilfsvorrichtung nötig, auf der dieses Fahrzeugende abgelegt werden kann. Dieses Problem haben die beiden Maschinentechnik-Absolventen in ihrer Bachelorarbeit gelöst. Ihr Entwurf eines Hilfsdrehgestells könnte eine wirtschaftlichere und effizientere Wartung ermöglichen.

«Das abzustützende Fahrzeug hat ein sehr hohes Gewicht.»

Valbon Shabani

Anspruchsvolle Rahmenbedingungen

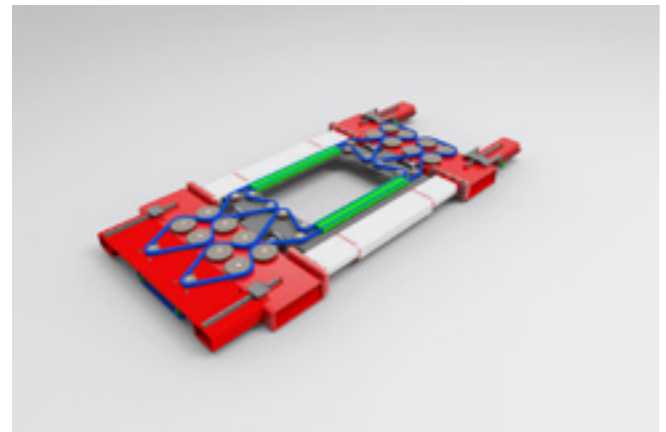
Bei ihren Berechnungen mussten Denis Idrizovic und Valbon Shabani die besonderen Rahmenbedingungen berücksichtigen. Diese machten die Anforderungen an die Hilfsvorrichtung entsprechend anspruchsvoll: «Zum einen hat das abzustützende Fahrzeug ein sehr hohes Gewicht», so Valbon Shabani. «Zum anderen sind die Platzverhältnisse unter dem Fahrzeug aufgrund der Niederflerbauweise extrem eingeschränkt.» Folglich haben die beiden Absolventen zunächst Ideen gesammelt und konzipiert sowie erste Vordimensionierungen vorgenommen. Danach haben sie in einer ausführlichen Analyse die möglichen Varianten bewertet und die umsetzbaren Konzepte identifiziert. «Wir haben uns schliesslich für das Konzept entschieden, welches uns am belastbarsten schien», sagt Denis Idrizovic.

Umsetzung möglich

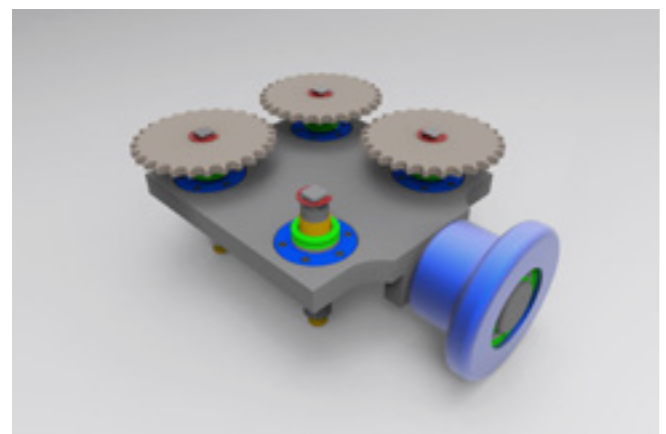
Anschliessend machten sich Denis Idrizovic und Valbon Shabani an die Ausarbeitung eines detaillierten Entwurfs. Ob das gewählte Konzept tatsächlich der hohen Belastung standhält, haben die Absolventen in einer Simulation getestet: «Um zu prüfen, ob unsere Vorrichtung die geforderte Festigkeit erreicht, haben wir strukturmechanische Nachweise mit dem Finite-Elemente-Programm ANSYS durchgeführt», so Valbon Shabani. Auf diese Weise konnten die Absolventen ihren Entwurf des Hilfsdrehgestells so weit optimieren, dass für die SBB nun die konkrete Umsetzung eines Prototyps möglich wäre. Dieser könnte dann versuchsweise in der Werkstatt eingesetzt werden.



Denis Idrizovic (links) und Valbon Shabani haben ein Hilfsdrehgestell für die Wartung von Zügen entworfen.



Das Hilfsdrehgestell soll das Anheben des Zuges ermöglichen.



Der Hubmechanismus erlaubt einen Hub von 78 Millimetern.

Das Gas für die Brennstoffzelle reinigen



© Hexis AG

Brennstoffzellen produzieren aus Erdgas gleichzeitig Strom und Wärme. Allerdings muss das Erdgas von Schwefelverbindungen befreit werden, da es sonst die Brennstoffzelle beschädigt. Wie dieser Prozess optimiert werden kann, haben Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder in ihrer Bachelorarbeit untersucht.

Die Stromversorgung erfolgt in den meisten Schweizer Ein- oder Mehrfamilienhäusern aus der Ferne – von den Kraftwerken über die Stromleitungen zum Verbraucher. Wärme hingegen wird in den meisten Häusern über eine eigene Heizung produziert. Die Winterthurer Firma Hexis AG bietet eine effiziente und nachhaltige Alternative: Sie hat in Zusammenarbeit mit der ZHAW School of Engineering eine Brennstoffzelle für Privathaushalte entwickelt, die Strom und Wärme gleichzeitig erzeugt. Diese sogenannte Festoxid-Brennstoffzelle wird mit Erdgas betrieben und wandelt die chemische Energie direkt in elektrische Energie um. Durch Wärme-Kraft-Kopplung wird neben der elektrischen Energie auch Wärme erzeugt, die für das Beheizen des Hauses verwendet werden kann.

Schwefelverbindungen entfernen

Das in der Brennstoffzelle verwendete Erdgas enthält allerdings Schwefelverbindungen. Diese Schwefelverbindungen müssen entfernt werden, da sie Komponenten wie beispielsweise Katalysatoren in der Brennstoffzelle schädigen können. Bisher werden die Schwefelverbindungen bei Raumtemperatur über einen Adsorptionsprozess entfernt, was aber hinsichtlich der Kosten nicht optimal ist. Mit der sogenannten Hydrierung soll künftig ein neuer Prozess zum Einsatz kommen – Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder haben in ihrer Bachelorarbeit dazu beigetragen. «Erdgas enthält einerseits von Natur aus Schwefelverbindungen», so Tabea D'Anna. «Andererseits wird es künstlich mit einer zusätzlichen Schwefelverbindung namens Tetrahydrothiophen versetzt, um einen Geruch zu erzeugen.» Der Geruch ist eine reine Sicherheitsmassnahme, damit ein Leck in einer Erdgasleitung schnell bemerkt wird. Mithilfe der Hydrierung – der Reaktion von Schwefelverbindungen mit Wasserstoff – können erstere zu Schwefelwasserstoff umgewandelt werden.

«Wie gut sich die Schwefelverbindungen entfernen lassen, hängt stark von der Verweilzeit ab.»

Tabea D'Anna

Verschiedene Einflussfaktoren

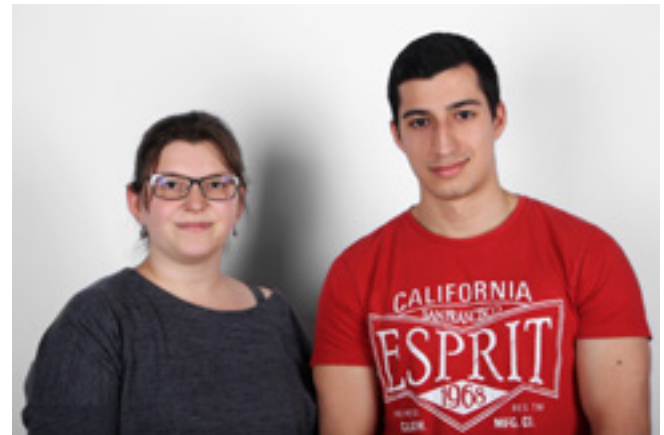
Der gasförmige Schwefelwasserstoff kann mittels einer chemischen Reaktion mit Zinkoxid in festes Zinksulfid überführt und somit aus dem Erdgas entfernt werden. In ihrer Arbeit haben Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder untersucht, wie der Prozess der Hydrierung so optimiert werden kann, dass möglichst viele Schwefelverbindungen zu Schwefelwasserstoff umgewandelt werden. Dazu haben die Absolventin und der Absolvent zum einen den Einfluss der Temperatur sowie den Wasserstoffgehalt in den Gasgemischen untersucht und zum anderen die Verweilzeit getestet, also wieviel Zeit ein Molekül braucht, um durch den Reaktor zu strömen.

Katalysatoren getestet

Dabei haben Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder verschiedene Katalysatortypen experimentell untersucht. «Das Verhalten des ersten Katalysators haben wir auf traditionelle Art ermittelt», sagt Ian Erick Oloarte Mäder. «Das bedeutet, dass zur Bestimmung sehr viele Messungen durchgeführt werden mussten.» Für alle darauffolgenden Katalysatoren haben die Absolventin und der Absolvent eine Software zur statistischen Versuchsplanung angewandt. «Dank der Software konnten wir das Verhalten der Katalysatoren mit deutlich weniger Messungen untersuchen und vergleichen», so Tabea D'Anna.

Auswertung eindeutig

Nach Auswertung ihrer Untersuchungen können Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder resümierend von einem klaren Trend sprechen: «Wie gut sich das auftretende Tetrahydrothiophen entfernen lässt, hängt stark von der Verweilzeit ab», sagt Tabea D'Anna. «Das haben wir bei allen betrachteten Katalysatoren beobachten können.» Die Auswertungen zeigen aber auch, welcher Katalysatortyp sich am besten eignet und deshalb weiterentwickelt werden sollte. Somit bringt die Bachelorarbeit der Firma Hexis wichtige Erkenntnisse.



Tabea D'Anna und Ian Erick Oloarte Mäder haben eine mögliche Optimierung der Brennstoffzelle untersucht.



So sieht die Brennstoffzelle «Galileo 1000N» der Firma Hexis aus.



Die untersuchten Katalysatoren ermöglichen die vollständige Entschwefelung.

E-Bike, Moped und Ergometer in einem



Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit konstruierten Damian Haak und Steffen Helfenberger ein kettenloses E-Bike. Das Fahrzeug, das die Systemtechnik-Absolventen bis zum Prototyp entwickelten, soll unter anderem im Spitzensport und für Therapiezwecke eingesetzt werden können.

E-Bikes gehören mittlerweile wie selbstverständlich zum Stadtbild. In der Regel unterscheidet sie nur der Elektromotor und die zugehörige Batterie von herkömmlichen Velos. Eine Bachelorarbeit im Studiengang Systemtechnik verfolgt nun einen etwas anderen Ansatz: Die beiden Absolventen Damian Haak und Steffen Helfenberger haben zusammen mit ihrem Wirtschaftspartner ein E-Bike entwickelt, das ohne Kette auskommt. Steffen Helfenberger erklärt, wie das funktioniert: «Die Energie für den Antrieb wird durch einen Pedal-Generator erzeugt, die Räder werden durch zwei Nabenmotoren angetrieben.» Damit die Energie dann verfügbar ist, wenn sie auch wirklich gebraucht wird, kann das kettenlose E-Bike zusätzlich auf einen herkömmlichen Akku zugreifen.

Drei Betriebsmodi

Das etwas andere Fahrrad hat zwei hauptsächliche Zwecke: Zum einen soll es im Bereich des Spitzensports eingesetzt werden. «Eine professionelle Velofahrerin könnte dann zum Beispiel einem malerischen See entlang fahren, das E-Bike simuliert aber eine anstrengende Bergstrecke mit einem entsprechenden Trainingseffekt für die Athletin», so Damian Haak. Auch zu Therapiezwecken kann das E-Bike genutzt werden. Rekonvaleszente Patienten könnten dann zum Beispiel langsam wieder lernen, sich zu bewegen und Velo zu fahren. Falls das nach einer Weile zu anstrengend werden sollte, verfügt das E-Bike über einen Moped-Modus, der keine Pedalumdrehungen benötigt. «Daneben gibt es zwei weitere Modi: den Pedelec-Modus, den man von jedem anderen E-Bike auch kennt, und den Ergometer-Modus, bei dem gemütlich in der eigenen Stube trainiert werden kann, ohne dass sich die E-Bike-Räder drehen», berichtet Steffen Helfenberger.

«Die Energie für den Antrieb wird durch einen Pedal-Generator erzeugt, die Räder werden durch zwei Nabenmotoren angetrieben.»

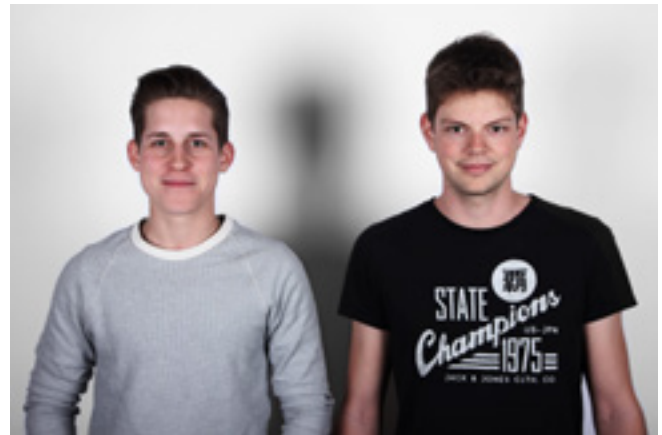
Steffen Helfenberger

Gehäuse aus Aluminium

Mit der Entwicklung des kettenlosen E-Bikes begannen die beiden Absolventen bereits im Rahmen einer Projektarbeit im fünften Semester – damals stand die Steuerung im Zentrum. Mit der Bachelorarbeit erweiterten sie nun die Software- und Elektronikkonzepte des Fahrzeugs, stellten sämtliche Komponenten zusammen, kümmerten sich um eine benutzerfreundliche Bedienung und fassten alles in einem wetterfesten Gehäuse zusammen. «Das Gehäuse wurde aus beständigem, aber leichtem Aluminium gefräst. Ein befreundetes Unternehmen unseres Wirtschaftspartners hat uns dabei unterstützt», so Damian Haak. Das Resultat ist ein funktionsfähiger Prototyp, der ansprechend aussieht und sich – trotz einiger kleiner Verbesserungsmöglichkeiten – so bedienen lässt, wie sich die Absolventen das vorgestellt hatten.

Ideale Abschlussarbeit für Systemtechnik

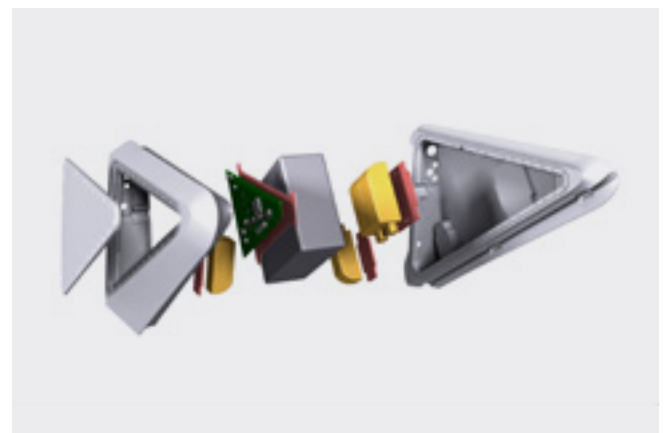
Die verschiedenen Modi können über ein Display an der Lenkstange angewählt werden. Dort können die Nutzerinnen und Nutzer auch weitere Einstellungen tätigen oder sich die wichtigsten Fahrdaten anzeigen lassen. Die Elektronik des E-Bikes umfasst eine Anzeige für den Akkustand, eine Temperaturüberwachung des Hinterradmotors und die komplette Kommunikation mit den Peripheriegeräten. «Zudem haben wir ein Bluetooth-Modul eingebaut, das zum Beispiel mit einem Smartphone oder Tablet gekoppelt werden und Fahrdaten übertragen kann», erklärt Steffen Helfenberger. Insgesamt flossen in die Entwicklung Aspekte aus Elektronik, Informatik, Regelungstechnik und Mechanik zusammen. «Das macht unser Projekt zu einer idealen Abschlussarbeit für den Studiengang Systemtechnik.»



Damian Haak (links) und Steffen Helfenberger haben einen Prototyp eines kettenlosen E-Bikes gebaut.

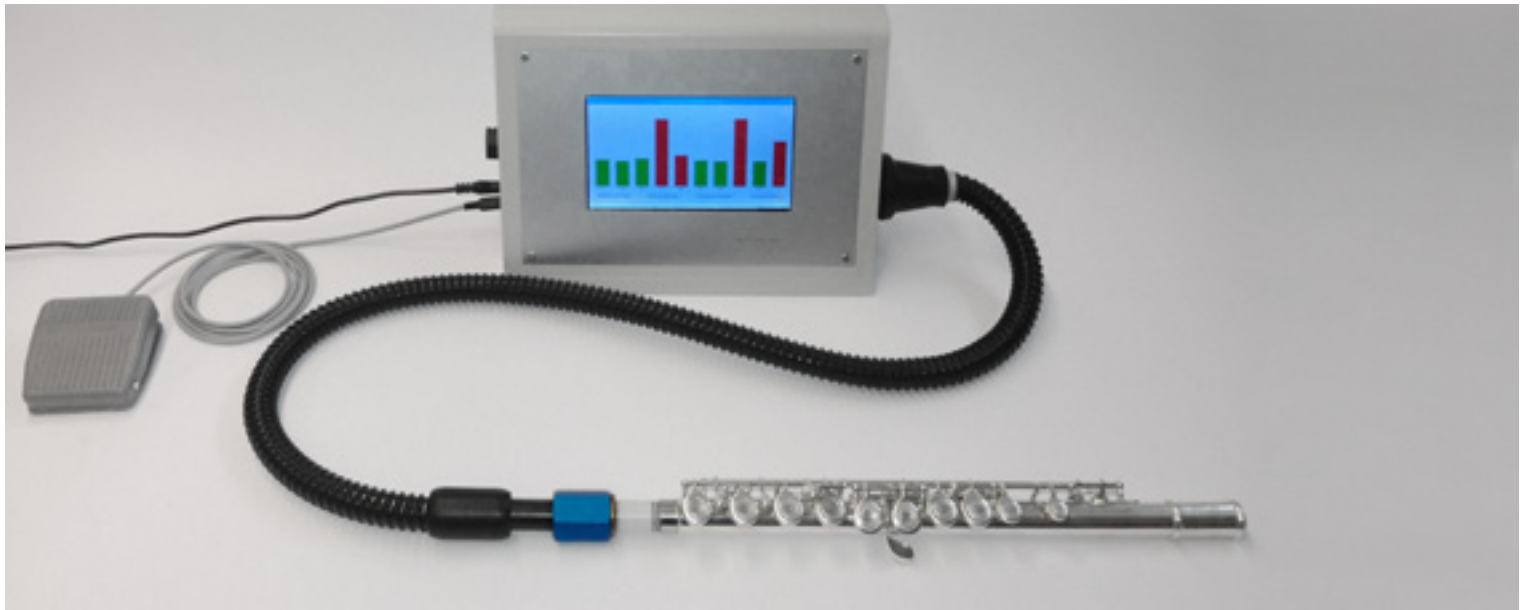


Das Display des E-Bikes zeigt die wichtigsten Fahrdaten an und dient auch zum Auswählen der verschiedenen Modi.



Sämtliche Komponenten sind in einem Aluminiumgehäuse zusammengefasst, wie die CAD-Darstellung zeigt.

Dicht am perfekten Ton



Um einen sauberen Klang zu erzeugen, müssen die Klappen einer Querflöte ganz dicht sein. Die Systemtechnik-Absolventen Fabian Rechsteiner und Simon Thalmann haben ein Messgerät entwickelt, das genau dies prüfen kann. Für Instrumentenbauer ist das ein wertvolles Tool, um qualitativ hochwertige Querflöten herzustellen und diese fachmännisch zu warten.

Die Grundlage für grossartige Musik ist ein eben solches Instrument – das weiss auch der Winterthurer Instrumentenbauer Spiri. Deshalb hat das KMU in Eigenregie ein Messgerät entwickelt, um die Dichtigkeit der Klappen einer Querflöte zu prüfen. Diese Eigenentwicklung funktioniert rein mechanisch mit Flüssigkeitssäulen als Druckanzeigen. Der Aufbau ist aber aufwändig und mit hohen Produktionskosten verbunden. Um eine bessere Alternative zu finden, wandte sich Spiri an die ZHAW School of Engineering. Dort haben sich Fabian Rechsteiner und Simon Thalmann im Studiengang Systemtechnik dem Problem angenommen und während zwei Semestern an einer Lösung gearbeitet – zunächst in einer Projektarbeit und schliesslich auch in der Bachelorarbeit. Das Ziel war es, ein einfaches und robustes Gerät bei gleichzeitig niedrigen Herstellungskosten zu entwickeln.

Prototyp bereits in Projektarbeit entwickelt

In ihrer Bachelorarbeit knüpften die beiden Systemtechnik-Absolventen nahtlos an ihre Projektarbeit im fünften Semester an. Darin hatten sie bereits einen ersten Prototyp des Prüfgeräts entwickelt. «Die Firma Spiri hat den Prototyp getestet; aufgrund des Feedbacks konnten wir in der Bachelorarbeit an einer neuen, optimierten Version arbeiten», sagt Fabian Rechsteiner. In einem ersten Schritt haben die Absolventen Simulationen der Druckmessungen durchgeführt. Auf diese Weise konnten sie überprüfen, welche physikalischen Einflüsse die im Messsystem vorhandenen Bauteile auf das Messresultat haben. Auf Basis des bestehenden Prototyps haben die Absolventen dann ihre Modelle validiert. Die Ergebnisse bildeten so die Grundlage für die Entwicklung eines verbesserten Messgeräts.

«Das ist eine mustergültige
Ingenieursarbeit in Zusammenarbeit
mit einem Winterthurer KMU.»

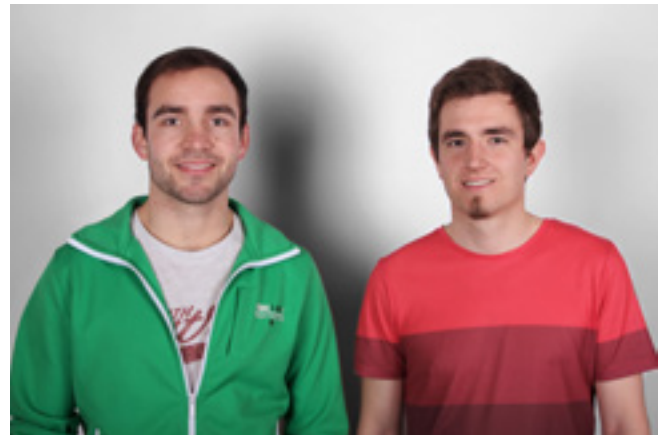
Christoph Stamm

Messung in weniger als einer Sekunde

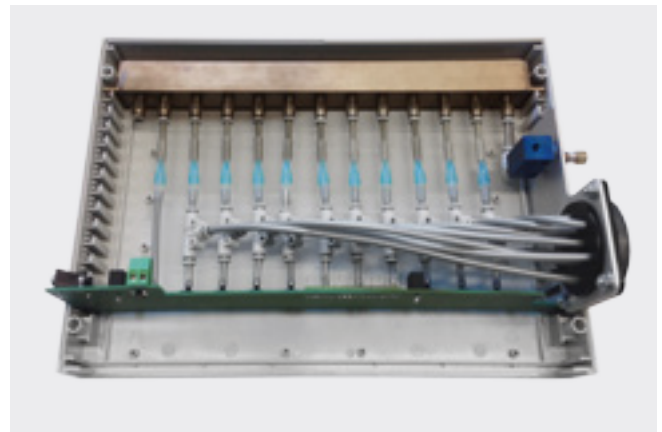
Im Gegensatz zum ursprünglichen Messgerät der Firma Spiri kommen nun Drucksensoren anstelle von Flüssigkeitssäulen zum Einsatz. Um die Dichtigkeit zu messen, wird eine Art Lanze in die Querflöte gesteckt und verschraubt. Diese Lanze ist in zehn Sektoren unterteilt, die jeweils einzeln mit einem Schlauch angeschlossen sind. Über eine angeschlossene Vakuumpumpe wird ein Unterdruck erzeugt und gleichmässig auf alle Sektoren verteilt. «Ein wichtiger Punkt bei dieser Methode ist die Reduktion des sogenannten Cross-Talks zwischen den Druckmessungen der einzelnen Klappen», so Fabian Rechsteiner. «Denn der Einfluss der Klappen muss untereinander möglichst gering sein, um die Messwerte nicht zu verfälschen.» Mit ihrem System können die Absolventen in weniger als einer Sekunde detektieren, welche der zehn Klappen der Querflöte undicht sind. «Eine Herausforderung ist es dabei, nicht zu viel Unterdruck zu erzeugen, da die Klappen sonst einfach angesaugt werden», ergänzt Simon Thalmann. Dazu haben die Absolventen eine digitale Filterung und eine implementierte Regelung der Druckerzeugung im Gerät verbaut. Die Messwerte der Drucksensoren werden digitalisiert und mittels Mikrocontroller abgespeichert. Auf dem Touchscreen ist die Visualisierung der Werte sichtbar.

Serienproduktion kann kommen

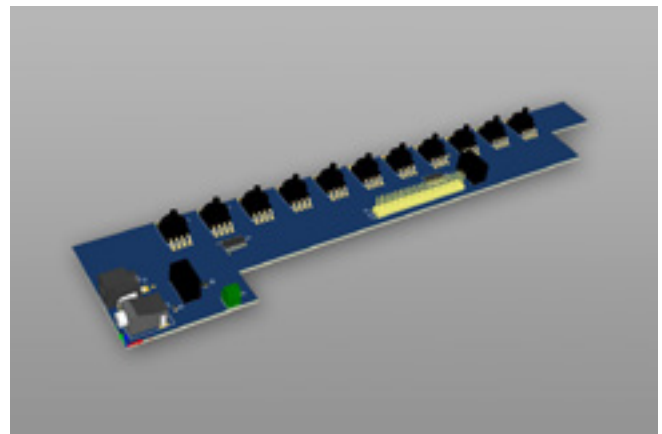
Die beiden Absolventen haben in ihrer Bachelorarbeit das Prüfgerät komplett neu bis zur Vorserienreife entwickelt. «Mit dem neuen Gerät erfüllen wir alle Ansprüche eines Instrumentenbauers an ein solches Prüfsystem, ohne dabei hohe Produktionskosten zu erzeugen», so Simon Thalmann. Die betreuenden Dozenten Christoph Stamm und Roland Büchi sind mehr als zufrieden: «Das ist eine mustergültige Ingenieursarbeit in Zusammenarbeit mit einem Winterthurer KMU», so Christoph Stamm. Und Roland Büchi ergänzt: «Die theoretische Durchdringung eines Systems hat hier zur Optimierung eines realen Produkts geführt.» Wenn es nach den Absolventen geht, kann das Messgerät in Serie gehen. «Wir haben bereits eine detaillierte Konstruktions- und Montageanleitung angefertigt sowie eine Bestellliste für die Bauteile erstellt», so Fabian Rechsteiner. Instrumentenbauer Werner Spiri bestätigt: «Die ZHAW hat meine Erwartungen in die Zusammenarbeit vollumfänglich erfüllt – wir werden die Serienproduktion angehen.»



Fabian Rechsteiner (links) und Simon Thalmann haben ein Prüfgerät für Querflöten entwickelt.



So sieht das Gehäuse des Messgeräts von innen aus.



Die Messwerte der Drucksensoren werden digitalisiert und mittels Mikrocontroller abgespeichert.

Dank Tweets zu einem zügigeren Bahnbetrieb



Robert Schuler und Benjamin Steiner wollen die Kundeninformation der SBB verbessern. Die beiden Verkehrssysteme-Absolventen haben hierfür eine Software geschrieben, die es ermöglicht, Social Media zu analysieren, den zuständigen Stellen zugänglich zu machen und in den Informationsprozess miteinzubeziehen.

Für Passagierinnen und Passagiere sind Störungen im Bahnverkehr eine lästige Sache. Besonders mühsam sind Zugsausfälle, Streckensperrungen und grosse Verspätungen dann, wenn die Informationen dazu nicht oder nur mangelhaft bei den Reisenden ankommen – auf einem unbedienten kleinen Bahnhof zum Beispiel. Mit ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Verkehrssysteme wollen die beiden Absolventen Robert Schuler und Benjamin Steiner etwas dagegen unternehmen. Mit der SBB als Wirtschaftspartnerin haben sie untersucht, wie man Social Media einsetzen könnte, um den operativen Betrieb und die Kundeninformation zu verbessern. «Das tolle an Social Media ist ja, dass sie für fast alle zugänglich sind – das wollen wir nutzen», sagt Robert Schuler.

Social Media als Zweiweg-Kommunikation

«Ein weiterer Vorteil der Social Media besteht darin, dass sie eine breite Zweiweg-Kommunikation ermöglichen», ergänzt Benjamin Steiner. Bislang gibt es bei der SBB nur einen permanent aktiven Zweiweg-Kommunikationskanal: den telefonischen RailService. Dieser kann bei Problemen zwar oft weiterhelfen, allerdings gibt es keine Möglichkeit, auch andere betroffene Passagiere zu erreichen. Andere Stellen – etwa die Disponenten im Bereich Kundeninformation, die für die Lautsprecherdurchsagen und Anzeigen zuständig sind – erfahren oft erst später, dass etwas nicht geklappt hat. Hier setzt die Arbeit der beiden Absolventen an: «Die Social-Media-Kanäle, welche die SBB ohnehin schon betreibt, sollen es möglich machen, dass die Passagiere quasi als Partner selber einen Beitrag zu einem besseren Betrieb leisten können und die Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort ankommen», erklärt Robert Schuler.

«Das tolle an Social Media ist ja, dass sie für fast alle zugänglich sind – das wollen wir nutzen.»

Robert Schuler

Test in der Betriebszentrale Ost

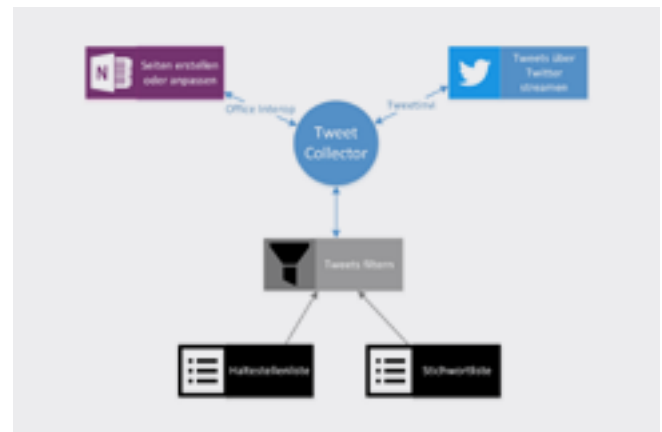
Recherchen der beiden Absolventen ergaben, dass sich der Kanal Twitter am besten für die Einbindung in die Kundeninformation eignet. In einem ersten Schritt werteten sie bestehende Tweets aus, die Passagiere an die SBB richteten. In einem zweiten Schritt schrieben sie in der Programmiersprache C# selber eine Software, die dann in einem dritten Schritt in der Betriebszentrale Ost der SBB getestet wurde. Die Software analysiert und filtert Twitter-Meldungen anhand bestimmter Stichwörter und Haltestellennamen der SBB. Die ausgewählten Tweets werden anschliessend direkt am Arbeitsplatz des zuständigen Disponenten im Bereich Kundeninformation angezeigt. So wird die Kommunikationslücke zwischen Social-Media-Team und Betriebszentrale automatisch geschlossen.

Positive Erfahrungen

Die ersten Erfahrungen, die die Betriebszentrale Ost mit der neuartigen Software gemacht hat, sind durchaus positiv. Denn das Konzept baut auf vorhandenen Ressourcen auf und ist entsprechend kostengünstig umsetzbar. «Natürlich gibt es noch Verbesserungspotenzial», sagt Benjamin Steiner. «Im Moment treffen zum Beispiel noch zu wenige relevante Tweets bei der SBB ein – oder solche, die nicht eindeutig einem Bahnhof oder einem Ereignis zugeordnet werden können.» Ein intelligentes Textmining und ein lernender Algorithmus, für deren Entwicklung während der kurzen Bachelorarbeitsphase schlicht die Zeit fehlte, könnten das ebenso verbessern wie vorgegebene Hashtags, die Nutzerinnen und Nutzer verwenden können, um auf Störungen hinzuweisen.



Robert Schuler (links) und Benjamin Steiner untersuchten, wie Social Media die Kundeninformation der SBB verbessern könnten.



Die Grafik zeigt den Aufbau der Software, welche die Verkehrssysteme-Absolventen für die Auswertung der Tweets geschrieben haben.

Sicherheitsbestände optimal halten



Silvio Affolter hat sich für seine Bachelorarbeit im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen in internationale Gefilde begeben. Für ein weltweit tätiges Unternehmen aus den USA hat der Absolvent in Zusammenarbeit mit dessen Planungszentrum in den Niederlanden das Distributionsnetzwerk für den chinesischen Markt untersucht.

Mit der Fachhochschule Windesheim im niederländischen Zwolle unterhält die ZHAW School of Engineering eine enge Partnerschaft, die den Studierendenaustausch fördert. Silvio Affolter durfte ein Jahr in den Niederlanden verbringen und dort auch seine Bachelorarbeit schreiben – in Zusammenarbeit mit einem lokalen Wirtschaftspartner. Dieses Unternehmen aus dem Gesundheitswesen vertreibt seine Produkte weltweit. Um nicht in Lieferschwierigkeiten zu geraten, unterhält man in den Lagern sogenannte Sicherheitsbestände. In seiner Bachelorarbeit hat Silvio Affolter nach Methoden gesucht, um die Sicherheitsbestände zu reduzieren ohne die Lieferbereitschaft gegenüber den Kunden zu verschlechtern. Denn grosse Sicherheitsbestände binden – wie Lagerbestände generell – unnötigerweise Kapital.

Gesamthaft statt individuell

Im Distributionsnetzwerk wird der Sicherheitsbestand bislang für jedes Warenlager individuell berechnet, wie Silvio Affolter erklärt: «Die Zentrallager unterliegen der unternehmenseigenen Logistikorganisation; die Lagerhäuser auf tieferen Ebenen der Lieferkette werden hingegen von den einzelnen Verkaufsorganisationen unterhalten.» Der Absolvent hat im Rahmen seiner Bachelorarbeit untersucht, ob ein gesamthafter Ansatz bei der Planung zu insgesamt niedrigeren systemweiten Sicherheitsbeständen führt – und somit weniger Kapital bindet. «Normalerweise ist es ineffizient, wenn unterschiedliche Personen unabhängig voneinander im gleichen System planen», so Silvio Affolter. «Ich habe sogenannte Multi Echelon-Methoden untersucht, um anwendbare Berechnungsmöglichkeiten zu finden.» Ein Echelon bezeichnet dabei eine Stufe von Warenhäusern innerhalb eines Netzwerks.

«Die Simulationen haben gezeigt, dass der gesamte Sicherheitsbestand mit der Verwendung einer Multi Echelon-Berechnungsmethode reduziert werden kann.»

Silvio Affolter

Reale Szenarien simuliert

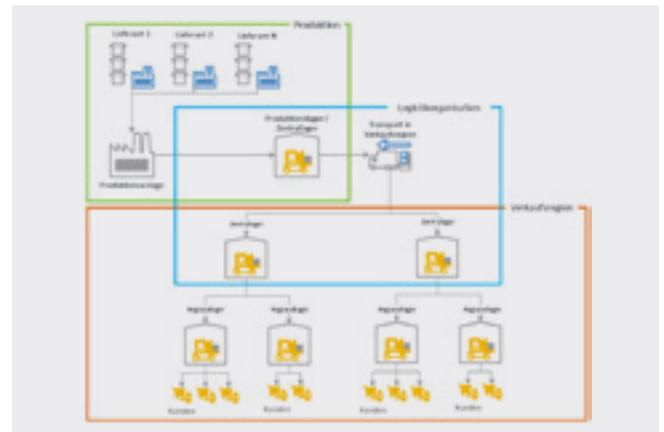
Im Rahmen seiner Untersuchungen hat Silvio Affolter zwei Echelons betrachtet, nämlich die zentralen und regionalen Lagerhäuser im chinesischen Liefernetz. «Um die Sicherheitsbestände zu berechnen, habe ich zunächst ein theoretisches Modell erstellt», sagt Silvio Affolter. Die Evaluation hat er dann mit einem realistischeren Simulationsmodell durchgeführt. Auf diese Weise konnte er die theoretisch berechneten Sicherheitsbestände mit den realen Beständen vergleichen. «Die Simulationen haben gezeigt, dass der gesamte Sicherheitsbestand mit der Verwendung einer Multi Echelon-Berechnungsmethode reduziert werden kann», so Silvio Affolter. «Eine Erkenntnis ist, dass möglichst viel Sicherheitsbestand in den Regionallagern und nicht im Zentrallager lagern sollte, falls das physisch und finanziell möglich ist.»

China als Herausforderung

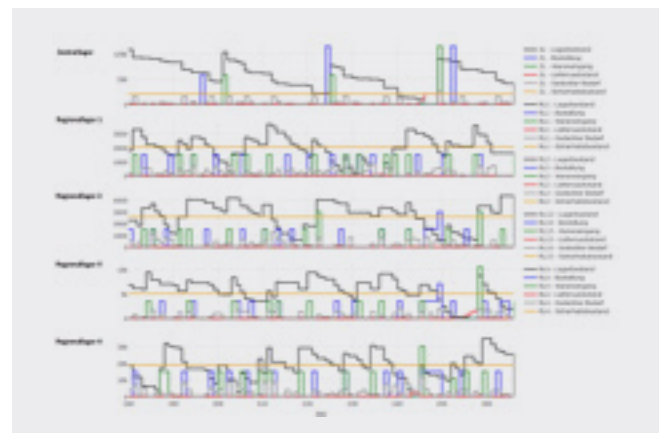
Silvio Affolter ist es gelungen, ein dynamisches System mathematisch zu modellieren. So hat er aufgezeigt, dass ein gesamthafter Ansatz über das zweistufige Distributionsnetzwerk erfolgsversprechender ist als individuelle Berechnungen. Als Berechnungsgrundlage hat der chinesische Markt die Aufgabe aber zusätzlich erschwert, wie Silvio Affolter erläutert: «Für möglichst realistische Simulationen müssen genügend Daten erfasst sein und extreme Marktverwerfungen sind nicht modellierbar. In China können diese durch regulatorische Änderungen von Importbedingungen vergleichsweise häufig auftreten.» Mit seiner erfolgreichen Bachelorarbeit an der Fachhochschule Windesheim in Zwolle hat Silvio Affolter übrigens einen schweizerisch-niederländischen Doppelabschluss erworben.



Silvio Affolter hat seine Bachelorarbeit im Rahmen eines Auslandsaufenthalts in den Niederlanden verfasst.



Das Schema zeigt die Zuständigkeitsbereiche innerhalb der Lieferkette des Firmenpartners.



Die Simulation zeigt die Lagerbestände und Bestellungen im zeitlichen Verlauf.

Dem Fahrverhalten auf der Spur



Raffael Pfister und Robin Jezler haben in ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Telematik-Daten von Drive Recordern untersucht. Dabei haben sie nicht nur Lenkerinnen und Lenker in Clustern zusammengefasst, sondern auch Erkenntnisse zu Schadenfällen gewonnen.

Zum Glück sinkt die Zahl der Autounfälle mit schwerverletzten oder getöteten Personen seit den 70er-Jahren. Doch jeder Unfall ist einer zu viel. Gerade junge Autofahrerinnen und Autofahrer mit wenig Erfahrung sind dem erhöhten Risiko ausgesetzt, mit ihrem Fahrzeug einen Schaden zu verursachen. Darum setzte die Versicherung AXA in den vergangenen Jahren auf einen freiwilligen Drive Recorder für Junglenkerinnen und Junglenker. Der Recorder zeichnete das Fahrverhalten auf, Kundinnen und Kunden konnten im Gegenzug von verbilligten Prämien profitieren. Doch welche Informationen lassen sich aus den Daten der Drive Recorder herauslesen? Die beiden Absolventen Robin Jezler und Raffael Pfister haben sich in ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen genau damit auseinandergesetzt.

Daten von 6200 Drive Recordern

Den Absolventen standen Daten von rund 6200 Drive Recordern aus den letzten beiden Jahren zur Verfügung. Das primäre Ziel der Bachelorarbeit bestand darin, die Daten zu verwenden, um die Lenkenden hinsichtlich ihrer Fahrzeugnutzung zu gruppieren. Um bekannte Strecken – zum Beispiel die tägliche Fahrt zur Arbeit – von nur unregelmässig oder einmalig gefahren Strecken – zum Beispiel Wochenendausflügen – zu unterscheiden, bestimmten die Absolventen zunächst, welche Strecken ein bestimmter Kunde wie häufig fährt. Robin Jezler erklärt: «Dazu verwendeten wir einen Geocustering-Algorithmus, der die Start- und Endpunkte sämtlicher Fahrten eines Kunden räumlich gruppiert. Anschliessend zählten wir die Anzahl der Fahrten von und in die verschiedenen Cluster. In Kombination mit der Laufzeit des Drive Recorders zeigte sich anschliessend, ob Verbindungen täglich, wöchentlich, monatlich oder noch seltener gefahren werden.»

«Uns interessierte, welches Bild sich bei einer Verknüpfung der Cluster mit den Schaden-
daten der Kunden ergibt.»

Robin Jezler

Zwei Cluster-Algorithmen

Um nun einzelne Kunden in Clustern zusammenzuführen, setzten Robin Jezler und Raffael Pfister als zusätzliche Variablen die total gefahrene Distanz, die Startzeit der einzelnen Fahrten und die Unterscheidung zwischen Wochentag und Wochenende ein. «Diese Variablen berechneten wir dabei anteilmässig pro Häufigkeit, so dass wir zum Beispiel tägliche Nachtfahrten oder wöchentliche Wochenendfahrten identifizieren konnten», sagt Raffael Pfister. Für die Auswertung benutzten sie zwei Cluster-Algorithmen mit unterschiedlichem Ansatz: Das partitionierende Verfahren erstellt explizit getrennte Cluster, während beim hierarchische Algorithmus verschachtelte Cluster resultieren. Der erste Ansatz lieferte zwölf Clustergruppen, der zweite erzielte bei zehn Gruppen optimale Resultate.

Viele Kilometer = hohe Schadenssumme

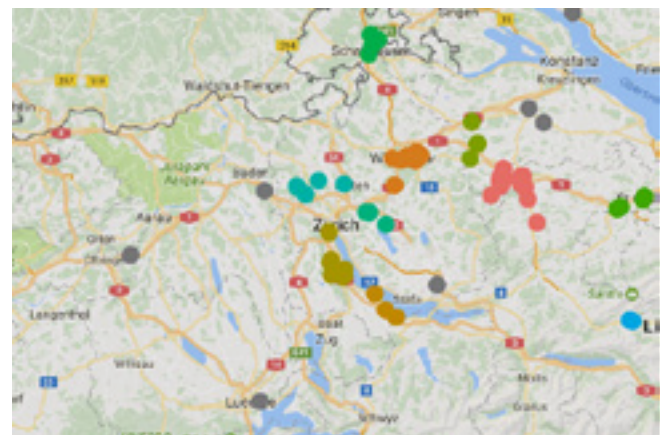
«Eigentlich war damit unsere Aufgabe erfüllt. Uns interessierte dann aber noch, welches Bild sich bei einer Verknüpfung der Cluster mit den Schaden-
daten der Kunden ergibt», berichtet Robin Jezler. Dabei zeigt sich, dass sich Routine im Strassenverkehr nicht in jedem Fall auszahlt. Denn Lenkende, welche viele Kilometer, insbesondere am Wochenende oder während der Nacht, fahren, haben eine tendenziell höhere durchschnittliche Schadenssumme pro Jahr. Kunden, welche hingegen gesamthaft wenig fahren und ihr Fahrzeug weniger auf unbekannten Strecken benützen, verursachen eine tiefere durchschnittliche Schadenssumme pro Jahr. Die Ergebnisse seien aber mit Vorsicht zu geniessen, wie Raffael Pfister einschränkt: «Für detailliertere Aussagen ist der Beobachtungszeitraum der Drive Recorder Daten jedoch zu kurz, da nur wenige hundert Schadenfälle vorliegen.»



Robin Jezler (links) und Raffael Pfister untersuchten Daten von Drive Recordern und gruppieren die Lenkerinnen und Lenker in Clustern.



Die Karte zeigt die Rohdaten der Start- und Endpunkte – aus Datenschutzgründen handelt es sich bei der Darstellung nicht um echte Kundendaten.



Nach der Bearbeitung mit dem Algorithmus zeigen die verschiedenen Farben nun die einzelnen Cluster.

Den Wechselkurs am Finanzmarkt voraussagen



Wer steigende und fallende Kurse am Finanzmarkt rechtzeitig kommen sieht, kann mit dem Kauf und Verkauf von Währungen Gewinne erzielen. Janick Rohrbach und Silvan Suremann, Absolventen im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen, haben durchgerechnet, ob und wie sich dabei die weit verbreitete Momentum-Strategie auszahlt.

Wer auf dem Finanzmarkt nach der sogenannten Momentum-Strategie vorgeht, der folgt vereinfacht ausgedrückt den bestehenden Trends. Sind die Kurse in der Vergangenheit mehrheitlich gestiegen, so ist es wahrscheinlich, dass die Kurse auch weiterhin steigen werden. Sind sie gefallen, geht man davon aus, dass sie auch weiterhin fallen werden. Wohl dem, der dieser Strategie folgend zur rechten Zeit die entsprechenden Währungen kauft und verkauft. Doch geht sie wirklich auf? Janick Rohrbach und Silvan Suremann haben im Rahmen ihrer Bachelorarbeit einen Algorithmus entwickelt und die Momentum-Strategie rückwirkend auf drei verschiedene Kategorien von Währungen angewendet. Zum einen haben die Absolventen die Währungskurse der G10 und die Währungskurse aus aufstrebenden Märkten untersucht. Zum anderen haben sie ihre Berechnungen auf die Preisentwicklung der noch jungen Kryptowährungen des Internetzeitalters angewendet.

App ermöglicht individuelle Aussagen

«Wir haben das Ganze als Backtest angelegt und dazu die Währungskurse von 1975 bis heute analysiert», erklärt Janick Rohrbach bezugnehmend auf den G10-Markt. «Anstatt nur ein Paper zu erstellen, haben wir dafür eine Applikation entwickelt», ergänzt Silvan Suremann. Im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen wird die Programmiersprache R vermittelt, da sie sich besonders gut für statistische Auswertungen eignet. In der von den Absolventen programmierten App können diverse Variablen beliebig angepasst werden – beispielsweise das Währungsportfolio, die Parameter des Algorithmus sowie Start und Ende des zu untersuchenden Zeitraums. «Die Dynamik der App erlaubt individuelle Aussagen über Währungen und bestimmte Zeiträume, was mit einem starren Paper nicht möglich wäre», so Janick Rohrbach. «Der Erfolg der Momentum-Strategie ist je nach gewählten Variablen mal mehr und mal weniger gross.»

«Wir können unser Berechnungstool mit den tagesaktuellen Kursen füttern und so ein Kauf- oder Verkaufssignal generieren.»

Silvan Suremann

Mit Kryptowährungen Vermögen verdoppelt

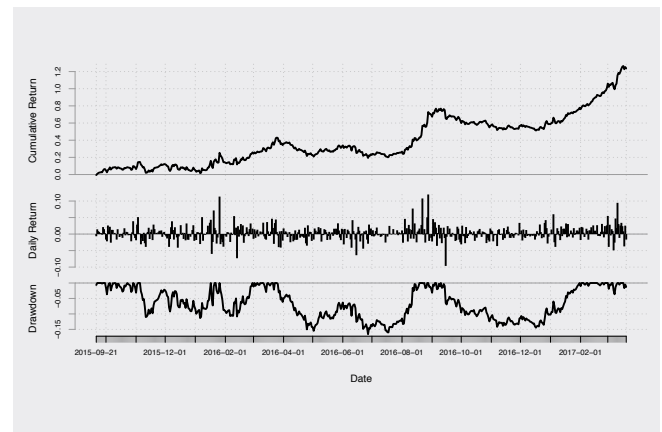
Innerhalb der Momentum-Strategie haben die Absolventen zwei Methoden unterschieden: 'time series' und 'cross-sectional'. Die Methode 'time series' berücksichtigt alle Währungen und die jeweilige Stärke des Momentums. Gekauft und verkauft wird dann im entsprechenden Ausmass. Bei der Methode 'cross-sectional' werden nur die drei besten und die drei schlechtesten Entwicklungen berücksichtigt. «Wir haben festgestellt, dass sich für den traditionellen Währungsmarkt 'time series' bewähren, hingegen zahlt sich bei den Kryptowährungen die Methode 'cross-sectional' mehr aus», so Janick Rohrbach. Bei der Anwendung des Algorithmus auf historische Daten zeigt sich bei den Kryptowährungen für den Zeitraum von September 2015 bis Februar 2017 ein Gewinn von 120 Prozent. «Das heisst, unser anfängliches Investment hätten wir mit der Momentum-Strategie in diesen anderthalb Jahren mehr als verdoppelt», so Janick Rohrbach.

Auch Prognosen sind möglich

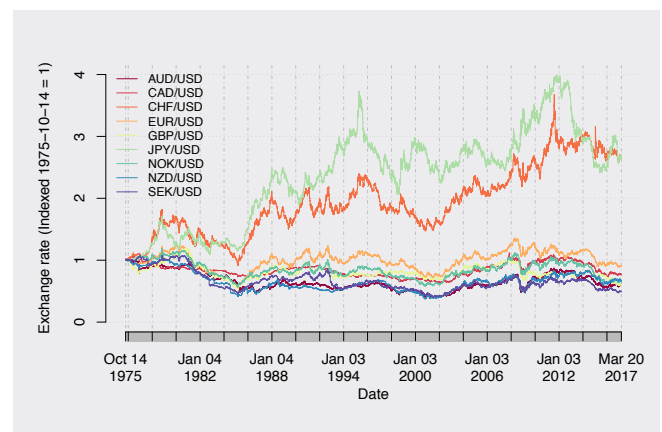
Mit ihrer App können die Absolventen aber nicht nur rückblickend berechnen, ob und wie die Momentum-Strategie am Währungsmarkt erfolgsversprechend gewesen wäre; sie können auf deren Grundlage auch einen Blick in die Zukunft wagen. «Wir können unser Berechnungstool mit den tagesaktuellen Kursen füttern und so ein Kauf- oder Verkaufssignal generieren», sagt Silvan Suremann. «Für Unternehmen in der Vermögensverwaltung ist unser Tool vielleicht interessant.» Selber aber wollen die beiden Absolventen beruflich nicht in den Finanzsektor einsteigen, so Janick Rohrbach: «Das Wirtschaftsingenieurwesen bietet uns ja eine Fülle an beruflichen Möglichkeiten ausserhalb dieser Branche.»



Janick Rohrbach (links) und Silvan Suremann haben sich intensiv mit den Währungskursen auseinandergesetzt.



Beim Handel von Kryptowährungen liess sich mit der Momentum-Strategie ein deutlicher Gewinn erzielen.



Die Grafik zeigt die Kursentwicklung der G10-Währungen von 1975 bis heute.



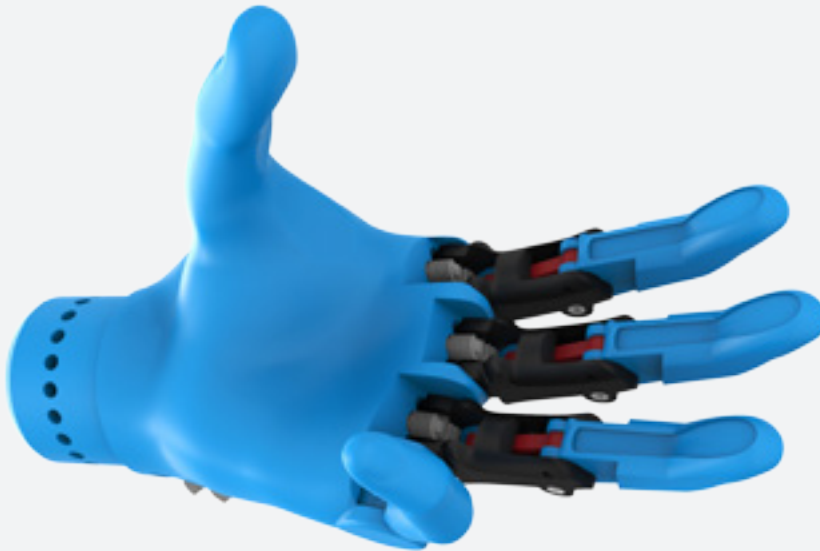
TECHNIKUM

zhaw

Master of Science in Engineering

Den besten Bachelorstudierenden mit einem Bachelorabschluss Grade A oder B steht die Ausbildung zum Master of Science in Engineering (MSE) offen. Das Masterstudium ist der höchste akademische Fachhochschulabschluss und eröffnet anspruchsvolle Karrieremöglichkeiten sowie eine Weiterführung der akademischen Laufbahn. Die fachliche Vertiefung findet an einem der 13 Institute und Zentren der ZHAW School of Engineering statt, wo die Studierenden an konkreten Industrieprojekten arbeiten.

Kinderhandprothese aus dem 3D-Drucker



Wenn Kinder auf eine Prothese angewiesen sind, ist das eine Situation, die an sich schon belastend genug ist. Da sollten nicht auch noch hohe Kosten anfallen – findet Fabian Schollenberger. In seiner Masterarbeit in Industrial Technologies hat er eine Alltagsprothese entwickelt, die einfach zu bedienen ist und dank 3D-Druck günstig produziert werden kann.

Die Stiftung appsocial.org hat ausgerechnet: Mehr als elf Millionen Menschen auf der Welt sind auf Handprothesen angewiesen – viele davon sind Kinder und Jugendliche. Die kommerziell erhältlichen Prothesen entsprechen in ihrem Funktionsumfang oft nicht den Anforderungen und sind darüber hinaus sehr teuer und schwer. Das ist gerade bei Kindern, die sich noch im Wachstum befinden und daher immer wieder angepasste Prothesen benötigen, eine hohe finanzielle Belastung und verringert die Akzeptanz der Prothese. Zusammen mit der ZHAW School of Engineering entwickelt appsocial.org daher eine neuartige Handprothese: Sie ist robust, kostengünstig in der Herstellung und modular. Mit seiner Masterarbeit in Industrial Technologies hat Absolvent Fabian Schollenberger einen Beitrag dazu geleistet.

Eine Hand für den Alltag

Der springende Punkt ist die Modularität. Es gibt nicht eine einzige Handprothese, die alles können muss, sondern verschiedene spezialisierte Prothesen, die je nach Verwendungszweck ausgewechselt werden können: zum Beispiel zum Halten und Springenlassens des Balls beim Tennisspielen, zum Bremsen beim Fahrradfahren, zum Halten und Führen der Stöcke beim Langlaufen oder beim Skifahren. Mit der Masterarbeit von Fabian Schollenberger ist eine Alltagshand hinzugekommen, deren Hauptaufgabe das Greifen von Gegenständen ist. Der Absolvent erklärt: «Die entwickelte Handprothese ermöglicht es dem Träger, zylindrische Objekte wie zum Beispiel Gläser zu greifen und mit vorgegebener Griffkraft zu halten.»

«Ich habe mich um die gesamte Produktentwicklung gekümmert: Das umfasst zum einen die Konstruktion der Hand, zum anderen aber auch die eines passenden Armbands, das für die Ansteuerung der Hand zuständig ist.»

Fabian Schollenberger

Schnelle und günstige Produktion

Im Rahmen seiner Masterarbeit hat Fabian Schollenberger einen Prototypen dieser Alltagshandprothese entwickelt: «Ich habe mich um die gesamte Produktentwicklung gekümmert: Das umfasst zum einen die Konstruktion der Hand, zum anderen aber auch die eines passenden Armbands, das für die Ansteuerung der Hand zuständig ist.» Die meisten Teile der Hand wurden dabei im 3D-Druckverfahren hergestellt. Das erlaubt die genaue Anpassung an den späteren Prothesenträger und ist dazu auch noch vergleichsweise schnell und kostengünstig. Beim Material, das Fabian Schollenberger dafür verwendet hat, handelt es sich um Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS). Es ist leicht und dabei beständig gegen Temperaturschwankungen sowie andere Witterungseinflüsse.

Ansteuerung mit dem Armband

Eine besondere Herausforderung stellte die Ansteuerung der Hand dar. Bei herkömmlichen Prothesen erfolgt diese mittels Myoelektrik – Sensoren also, welche auf vorhandenen Muskel-signalen basieren und die künstliche Hand entsprechend bewegen. Für die kostengünstige Kinderhandprothese kam das nicht infrage. «Stattdessen arbeiten wir mit einem Armband. Darin sind Beschleunigungs- und Winkelsensoren eingebaut. Die Greifbewegung wird dann ausgelöst, wenn die Sensoren eine entsprechende Armbe-wegung registrieren», erklärt Fabian Schollenberger. Die Bewegungen der Prothesehand werden dabei so ausgelegt, dass sie dem zeitlichen Ablauf des Zugreifens einer natürlichen Hand entsprechen. Wie fest die Prothese zugreift, kann der Benutzer selber über das Armband einstellen.

Projekt geht weiter

Noch handelt es sich bei den verschiedenen Prothesen – auch bei der Alltagshand von Fabian Schollenberger – um Prototypen. Das Ziel von appsocial.org und der ZHAW School of Engineering ist aber klar: das Produkt bis zur Serienreife und zur Zertifizierung bringen. Der Absolvent arbeitet weiterhin engagiert mit: «Seit meinem Abschluss arbeite ich als wissenschaftlicher Assistent am ZHAW-Institut für Mechatronische Systeme und bin weiter in das Handprothesen-Projekt involviert. Derzeit bin ich dabei, den Schaft der Prothese zu optimieren.»



Fabian Schollenberger hat eine Alltagshandprothese für Kinder entwickelt.



Die Hauptfunktion der Alltagshandprothese ist das Ergreifen von zylindrischen Objekten.



Das Armband misst Winkel und Beschleunigungen und steuert die Prothese an.

Mit Petri-Netzen die richtige Entscheidung treffen



Instandhaltungen sind teuer – umso wichtiger ist es, dabei auf die richtige Strategie zu setzen. Dániel Eisenberger hat für die SBB als Wirtschaftspartnerin ein Werkzeug entwickelt, das sie bei der Entscheidung für eine Strategie unterstützt. Mit seiner Diplomarbeit hat er den Master of Science in Engineering in der Vertiefung Business Engineering & Production abgeschlossen.

Heute legt die Bahn in der Schweiz pro Jahr rund 50 Prozent mehr Kilometer zurück als noch vor 20 Jahren. Die Fahrpläne werden immer dichter, die Anzahl der Eisenbahnfahrzeuge hat insbesondere in den letzten Jahren stark zugenommen. Bei diesen Beanspruchungen muss das Rollmaterial regelmässig gewartet oder ersetzt werden. Für die Bahnunternehmungen ist die Wahl einer geeigneten Instandhaltungsstrategie entscheidend: Weil Eisenbahnfahrzeuge währenddessen nicht zur Verfügung stehen und Kosten verursachen, sollten Wartungen beziehungsweise Beschaffungen nur dann durchgeführt werden, wenn sie wirklich nötig sind. Wartungen und Beschaffungen sollten auf der anderen Seite aber auch nicht so lange hinausgezögert werden, bis die alten Fahrzeuge ausfallen – denn auch das kostet das Unternehmen Geld.

Petri-Netz als hilfreiches Tool

Instandhaltungsstrategien müssen laufend optimiert, verglichen und mathematisch analysiert werden. Masterabsolvent Dániel Eisenberger hat sich in seiner Masterarbeit mit Tools befasst, die für die Bewertung von Instandhaltungsstrategien herangezogen werden können: «Für die Bewertung dieser Strategien ist das Petri-Netz ein hilfreiches Tool und wird immer häufiger verwendet», sagt er. Mit dem Netz wird der Ablauf von Prozessketten modelliert und simuliert; dabei gibt es mehrere Arten von Petri-Netzen mit unterschiedlichen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten. Dániel Eisenberger erklärt: «Eines davon heisst APN, was für «Abridged Petri-Net» steht. Es ist für die Modellierung der stochastischen Ausfallraten und Instandhaltungsprozesse geeignet, darum habe ich es für meine Arbeit benutzt.»

«Basierend auf der Methode können auch weitere neue Instandhaltungsstrategien gebaut und verglichen werden. Und es können auch noch andere Aspekte als die bisher untersuchten in die Berechnung einbezogen werden.»

Dániel Eisenberger

Acht verschiedene Varianten

Der Masterabsolvent hat mit in diesem Werkzeug acht verschiedene Instandhaltungsvarianten modelliert, darunter sowohl klassische als auch zustandsorientierte. Letztere gehen nicht von fixen Instandhaltungsintervallen aus, sondern ändern sie je nach Alterung des Fahrzeugs. «Prozesse und Daten der SBB, die als Wirtschaftspartnerin am Projekt beteiligt ist, flossen in diese Modellierung mit ein, darunter Ausfallraten von Schienenfahrzeugen, Revisionsintervalle und Kosten.» Die im APN-Programm gebauten Petri-Netz-Modelle hat Dániel Eisenberger anschliessend mithilfe der Monte-Carlo-Methode simuliert. Die acht mit Petri-Netz modellierten Strategien wurden anschliessend anhand von gegebenen Parametern und Einstellungen bewertet und basierend auf den jährlichen Instandhaltungskosten verglichen.

Werkzeug für den Wirtschaftspartner

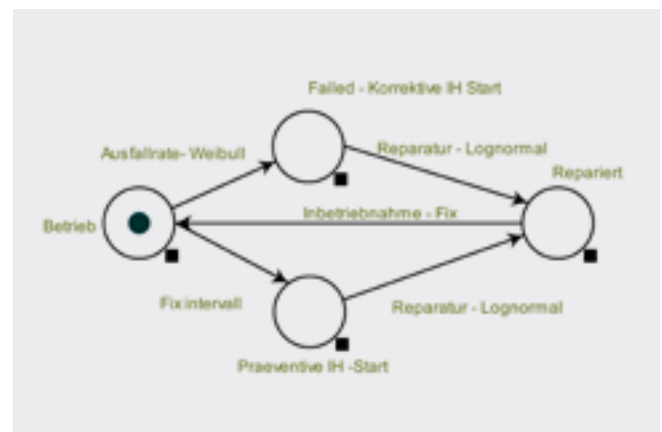
Als Ergebnis der Arbeit stellt Dániel Eisenberger dem Wirtschaftspartner SBB nicht nur die Resultate der Untersuchung, sondern ein eigentliches Werkzeug und ein Konzept für die Entscheidungsunterstützung zur Verfügung. Denn das Tool kann nicht nur mit den acht bereits bekannten Instandhaltungsstrategien arbeiten, wie der Absolvent erklärt: «Basierend auf der Methode können auch weitere neue Instandhaltungsstrategien gebaut und verglichen werden. Und es können auch noch andere Aspekte als die bisher untersuchten in die Berechnung einbezogen werden.»

Weitere Entwicklungsmöglichkeiten

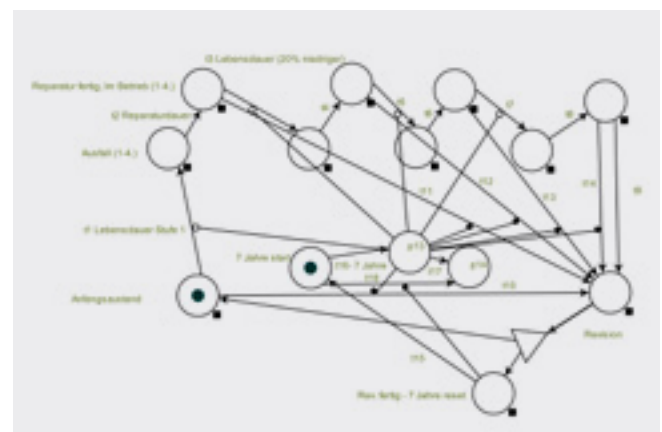
Darüber hinaus hat der Absolvent weitere Ausbau-möglichkeiten definiert: Das Tool vergleicht im Moment noch die Strategien anhand von Daten einzelner Komponenten. Es könnte aber auch ein übergeordnetes Petri-Netz, das die Netze von jeder Komponente eines Fahrzeugs beinhaltet, angelegt werden. Dieses könnte dann das Verhalten des ganzen Fahrzeugs bezüglich Ausfallrate und Verfügbarkeit modellieren. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten liegen zudem in der Automatisierung der gesamten Berechnungsverfahren.



Dániel Eisenberger hat das Tool zur Instandhaltungsoptimierung für die SBB entwickelt.

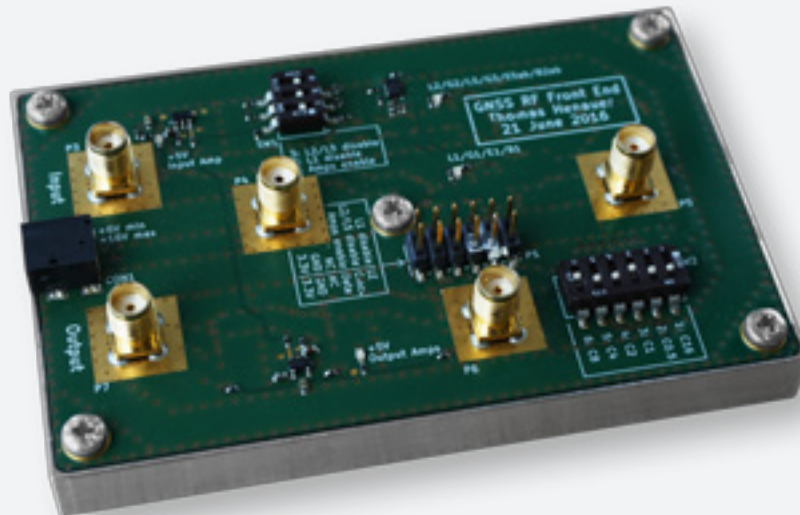


Die Grafik zeigt das APN-Modell eines klassischen Instandhaltungsmodells.



Dieses APN-Modell eines Instandhaltungsmodells berücksichtigt den Alterungsprozess einer Komponente und hat deshalb vier Reparaturstufen.

Eine neue Empfängerarchitektur für Satellitennavigationssysteme



Verschiedene globale Satellitennavigationssysteme werden derzeit modernisiert und ausgebaut. In seiner Masterarbeit in der Vertiefung Information & Communication Technologies entwickelte Thomas Henauer eine neuartige Empfängerarchitektur, bei der er auf Radio Frequency Bandpass Sampling setzt. Die Resultate zeigen, dass sich dadurch verschiedene Vorteile für Spezialanwendungen ergeben, wo maximale Genauigkeit und Zuverlässigkeit gefordert sind.

Das Navigationsgerät im Auto, die Geotagging-Technologie in der modernen Kamera, Vermessungsequipment oder Landwirtschaftsanwendungen: Sie alle arbeiten mit den Globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS). Dazu gehören zum Beispiel GPS aus Amerika, GLONASS aus Russland oder Galileo aus Europa. Die Modernisierung und Erneuerung dieser Systeme erlaubt es vermehrt auch Privaten, die verfügbaren Signale und Satelliten für verschiedene Zwecke zu nutzen. In seiner Masterarbeit hat Thomas Henauer eine neue Empfängerarchitektur hierfür untersucht: Radio Frequency (RF) Bandpass Sampling. Diese Technologie hat verschiedene Vorteile: So ermöglicht Radio Frequency Bandpass Sampling den Empfang von allen neuen zivilen GNSS Signalen mit nur einem Signalpfad. Klassische Empfänger benötigen mehrere Signalpfade um alle Signale zu empfangen. Dies steigert den Elektronikaufwand signifikant und kann neue Messfehler verursachen.

Eine günstigere Alternative

Thomas Henauer erklärt: «Die Funktionsweise eines solchen Empfängers ist schon verschiedentlich in wissenschaftlichen Artikeln untersucht und beschrieben worden. Mir aber ging es darum, praktisch zu zeigen, dass diese Empfängerarchitektur umsetzbar ist und für gewisse Anwendung eine attraktive Alternative zu heutigen Empfängern sein könnte.» Herkömmliche Empfänger, wie sie zum Beispiel im Bereich der Vermessungstechnik oder Landwirtschaft eingesetzt werden, funktionieren zwar mit sehr hoher Genauigkeit, verwenden darum aber auch entsprechend kostspielige Technologien. «Die hohen Kosten lassen sich auch rechtfertigen, schliesslich sorgt zum Beispiel ein Traktor dank der ausserordentlichen Präzision auch für entsprechend hohe Wertschöpfung.» Die Entwicklung von Thomas Henauer soll eine ebenso zuverlässige, aber günstigere Alternative dafür sein.

Das Ziel meiner Arbeit war nicht, eine perfekte, marktreife Technologie zu entwickeln, sondern die Machbarkeit eines solchen Empfängers zu belegen und weitere Untersuchungen und Entwicklungen zu erlauben.»

Thomas Henauer

Drei Entwicklungsschritte

Die Entwicklung erfolgte in drei Schritten: In einem ersten Schritt designte Thomas Henauer den gesamten Bereich der Signalerfassung und Datenaufbereitung. In einem zweiten Schritt evaluierte er verschiedene RF-Prototypen, die zum RF-Front-End kombiniert wurden. Der dritte Schritt umfasste die Kanalisierung der GNSS-Informationen aus den empfangenen Daten. Die anschließenden Tests zeigten, dass die Empfängerarchitektur in der Tat funktioniert: «Der Empfänger, den ich im Rahmen der Masterarbeit konstruiert und gebaut habe, ist in der Lage, alle erforderlichen Satellitensignale gleichzeitig zu empfangen – alle drei GPS-Signaltypen, Galileo, GLONASS und BeiDou», berichtet Thomas Henauer. Der Empfänger ist zudem mit einem Computer verbunden, der die Rohdaten auslesen und weiterverarbeiten kann.

Potenzial für Optimierungen

Thomas Henauer ist überzeugt: «Die Resultate und die Erkenntnisse aus meiner Masterarbeit haben sich als wertvoller erwiesen als ich ursprünglich gedacht hätte.» Allerdings gebe es noch zahlreiche offene Punkte und Potenzial für Optimierungen – wie das bei einem Prototypen auch zu erwarten ist. Da die Masterarbeit die gesamte Signalkette umfasste, sind deren einzelne Bestandteile noch eingehender zu erforschen und wo nötig zu optimieren. Für Thomas Henauer ist das kein Problem: «Denn das Ziel meiner Arbeit war ja nicht, eine perfekte, marktreife Technologie zu entwickeln, sondern die Machbarkeit eines solchen Empfängers zu belegen und weitere Untersuchungen und Entwicklungen zu erlauben.»



Thomas Henauer hat eine neuartige GNSS-Empfängerarchitektur entwickelt.



Masterabsolvent Thomas Henauer hat den gesamten GNSS-Empfänger selber konstruiert und gebaut.



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

School of Engineering

Technikumstrasse 9
CH-8400 Winterthur

Telefon +41 58 934 73 33
info-sg.engineering@zhaw.ch
www.zhaw.ch/engineering
facebook.com/engineering.zhaw