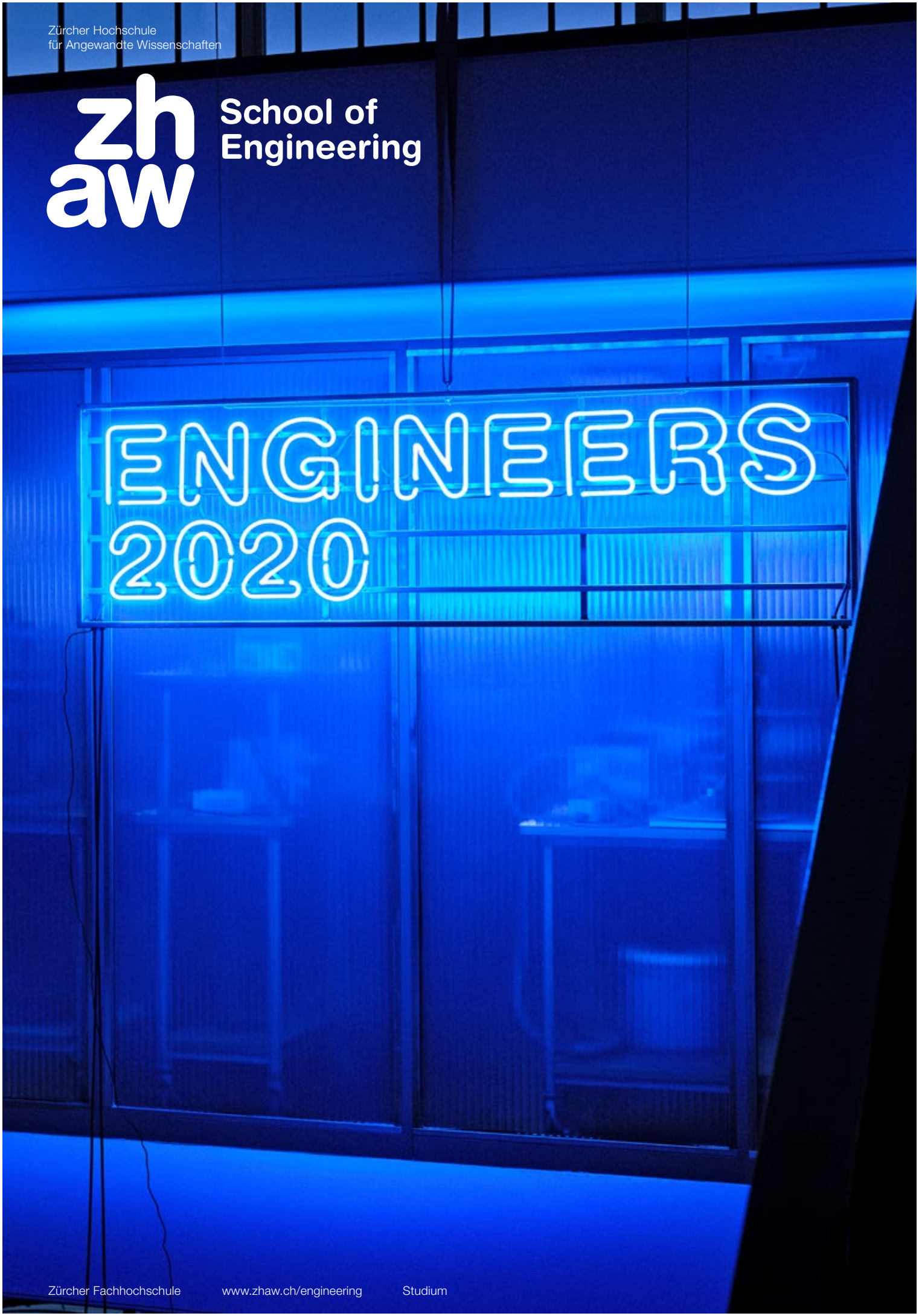
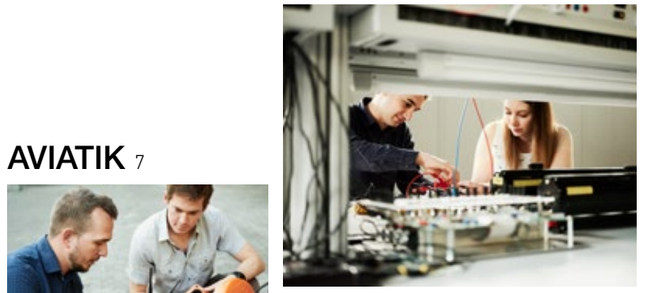
Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zh
aw

School of Engineering

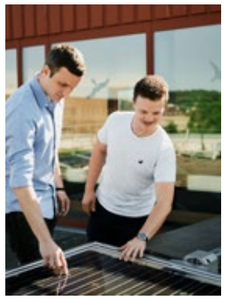


AVIATIK 7



ELEKTROTECHNIK 19

ENERGIE- UND UMWELT-TECHNIK 31



INFORMATIK 43

MASCHINEN-TECHNIK 57

SYSTEM-TECHNIK 69

VERKEHRSSYSTEME 83

WIRTSCHAFTS-INGENIEURWESEN 93

TRADITIONEN 118

ALUMNI 120

MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING 105

AUSGEZEICHNET 124

STARTUPS 128

Praxiserfahrung vom ersten Semester an

Unsere diesjährigen Absolventinnen und Absolventen haben eine besondere Herausforderung gemeistert. Sie haben ihr Studium und ihre Bachelorarbeit trotz der Einschränkungen im Zusammenhang mit COVID-19 erfolgreich zum Abschluss gebracht. Den Unterricht im letzten Studiensemester haben sie ebenso wie ihre Diplomprüfungen grossenteils online absolviert. Diejenigen, die für ihre Bachelorarbeiten auf eine Laborinfrastruktur angewiesen waren, mussten ihre Versuche oder Messungen für mehrere Wochen unterbrechen. Umso mehr freue ich mich, Ihnen in dieser Publikation einige der diesjährigen Abschlussarbeiten vorzustellen.

Energieversorgung, Elektro- und Mikromobilität, Drohnen und VR-Lösungen, Industrie 4.0 und IT-Security zählen zu den Themen, mit denen sich die Studierenden in ihren Bachelor- und Masterarbeiten beschäftigt haben. Sie haben eigene Lösungen für reale Problemstellungen entwickelt, teils in enger Zusammenarbeit mit einem Industrie- oder Dienstleistungsunternehmen. Darauf haben wir sie vom ersten Semester an vorbereitet. Im Rahmen des Projektunterrichts haben sie gelernt, das erworbene Fachwissen in unterschiedlichen Aufgabenstellungen anzuwenden.

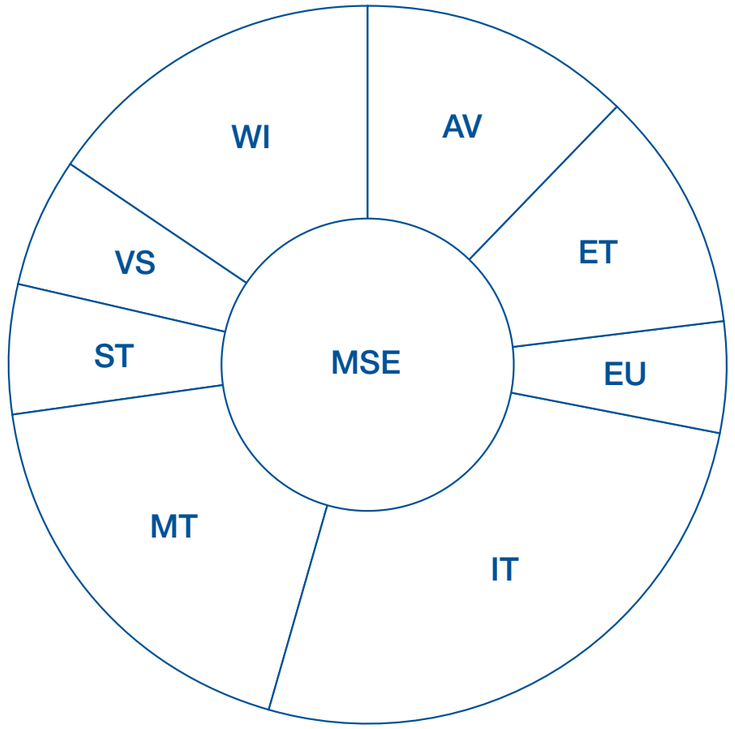
Insgesamt haben rund 500 junge Frauen und Männer ihr Studium im Sommer 2020 an der ZHAW School of Engineering abgeschlossen. Ich wünsche ihnen viel Glück und Erfolg für die Zukunft und hoffe, mit diesem Einblick in die Arbeiten angehender Ingenieurinnen und Ingenieuren weitere junge Leute für ein technisches Studium zu begeistern.

Prof. Dr. Dirk Wilhelm
Direktor ZHAW School of Engineering

Studiengänge im Überblick

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

ZHAW School of Engineering
Abschlussjahrgang 2020
Total 569 Studierende



AV Aviatik
61 (52M/9F)

ET Elektrotechnik
54 (51M/3F)

EU Energie- und Umwelttechnik
25 (23M/2F)

IT Informatik
131 (120M/11F)

MT Maschinentechnik
91 (84M/7F)

ST Systemtechnik
29 (24M/5F)

VS Verkehrssysteme
29 (22M/7F)

WI Wirtschafts-ingenieurwesen
76 (66M/10F)

MSE Master of Science in Engineering
73 (71M/2F)

AVIATIK

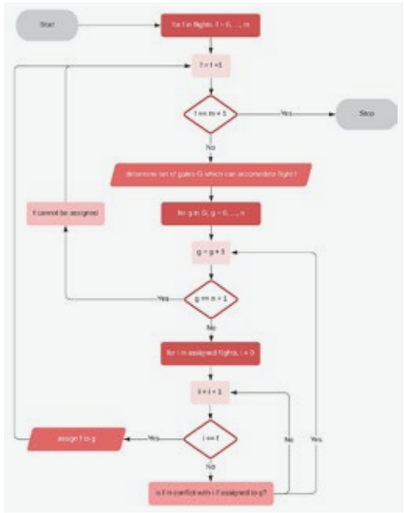
In der Luftfahrt gilt es, innerhalb kurzer Zeit eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben zu bewältigen. Das erfordert von allen Beteiligten umfangreiche Fachkenntnisse, eine vernetzte Denkweise, Team- und Kommunikationsfähigkeit sowie Selbstständigkeit bei der Arbeit im Spannungsfeld von Mensch, Technik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

Ein Algorithmus für kürzere Fusswege

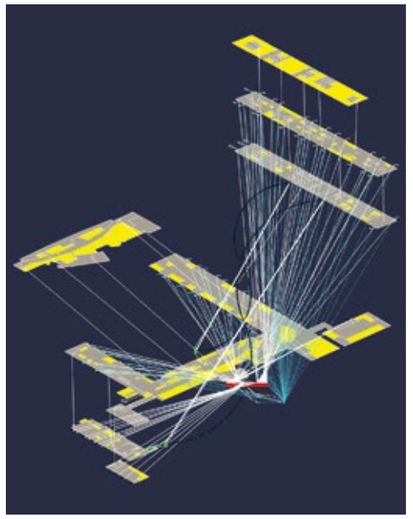
Die Abfertigung von Passagieren an Flughäfen bietet Potenzial für Optimierungen. Kurze Wege zahlen sich dabei aus. Belhassen Ghoul und Julia Usher haben deshalb berechnet, wie man die Gehdistanzen am Flughafen Zürich minimieren könnte.

Julia Usher und Belhassen Ghoul waren hochmotiviert, ein reales Problem anzupacken.

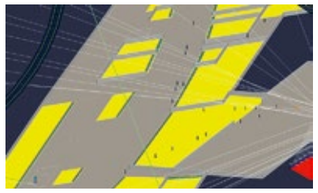
«Unsere Ergebnisse zeigen das Optimierungspotenzial deutlich auf.» **Julia Usher**



1



2



3

1 Die Darstellung zeigt die Umsetzung des Algorithmus und beschreibt die Folge von Operationen zur Lösung der Aufgabe.

2 So sieht der Flughafen Zürich im Simulationsprogramm aus.

3 In der Simulation werden die Passagiere auf die Gates verteilt.

Das «Airport Gate Assignment Problem» bezeichnet in der Luftfahrt ein schwer zu lösendes, mathematisches Problem. Gemeint ist die Zuweisung der Flugzeuge an die Passagiergates. Es gibt mehrere Ansätze zur Optimierung dieser Aufgabe. In ihrer Aviatik-Bachelorarbeit verfolgten Belhassen Ghoul und Julia Usher das Ziel, die durchschnittliche Gehdistanz der Passagiere am Flughafen Zürich zu minimieren.

Kurze Wege für alle gut

Die Absolventin und der Absolvent haben zwei Methoden entwickelt: einen heuristischen Algorithmus und ein Simulationsmodell. «Als Futter standen uns Flugplandaten des Flughafens Zürich aus dem Jahr 2017 zur Verfügung», so Julia Usher. Und Belhassen Ghoul ergänzt: «Zum einen haben wir die Low Season mit Daten von Mitte Januar simuliert und zum anderen auch die High Season mit Daten aus dem Juli.» Die berechneten Lösungen für das Problem haben sie dann untereinander und mit den reellen Daten verglichen. Es zeigte sich, dass das Simulationsmodell die durchschnittliche Gehdistanz um 18 Prozent und der entwickelte Algorithmus sogar um 21 Prozent verkürzen konnte. «Unsere Ergebnisse zeigen das Optimierungspotenzial deutlich auf», sagt Julia Usher. «Mit den richtigen technologischen Mitteln und Prozessen könnten grosse Einsparungen erzielt werden.» Die kürzeren Fusswege kommen nicht nur den Passagieren zugute, sondern zahlen sich auch für den Flughafen aus, wie Belhassen Ghoul erklärt: «Passagiere haben mehr Zeit zum Einkaufen und nehmen weniger Platz in Anspruch. Gleichzeitig können die Gates optimal genutzt werden.» Zudem ist eine verkürzte Transitzeit für die Wettbewerbsfähigkeit des Flughafens relevant, da sie die Zahl der erreichbaren Anschlussflüge erhöht und somit die Hub-Struktur des Flughafens stärkt.

Umsetzung wäre spannend

«Wir haben Lösungen für ein reales Problem erarbeitet», sagt Belhassen Ghoul. «Nun wäre es spannend, den Algorithmus mit Realtime-Daten zu verwenden, um so spontan auf Engpässe am Flughafen reagieren zu können.» An die Vorstellungen und Prioritäten des Flughafens Zürich angepasst, könnte man mit dem Algorithmus künftig operationelle und somit finanzielle Einsparungen erzielen.

«Diese hervorragende Bachelorarbeit bringt nicht nur neue Erkenntnisse, sondern zeigt auch auf eindrückliche Weise, wie nah das Studium an der Praxis ist.»

David Hangartner, Head Flight OPS Analytics am Flughafen Zürich

Hilfe aus der Luft

Die Verwendung von Drohnen in Krisengebieten muss nicht nur negativ behaftet sein. Vielmehr können sie helfen, Menschenleben zu retten. Zu diesem Zweck haben Ian Binggeli und Stanislas Finaud Drohnen auf ihre Nutzbarkeit bei der Detektion von Landminen analysiert.

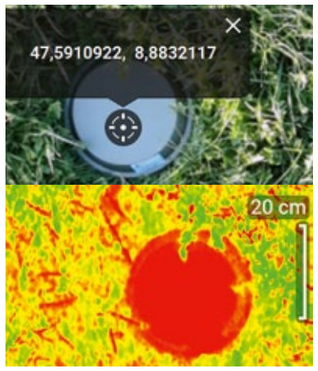
Stanislas Finaud und Ian Binggeli haben untersucht, wie Drohnen bei der Landminen-Detektion helfen können.

«Es gibt schlichtweg zu viele verschiedene Arten von Minen.» Stanislas Finaud

1

1 Mit professionellen Drohnen kann das Gelände genau kartographiert werden.

2 Mithilfe einer speziellen Software könnten Drohnen künftig Landminen detektieren.



2

Landminen und andere explosive Munitionsrückstände, sowohl aus vergangenen Kriegen als auch aus aktuellen Konflikten, kosten jährlich unzählige Menschenleben. Insbesondere in Entwicklungsländern versuchen sogenannte Mine Action Teams, diese Gefahr zu beseitigen. In ihrer Aviatik-Bachelorarbeit haben Ian Binggeli und Stanislas Finaud den Einsatz von Unmanned Aerial Vehicles (UAV), also Drohnen, für diese Aufgabe untersucht.

Zwei Drohnen zur Aufklärung

«Ursprünglich wollten wir herausfinden, wie man mit Drohnen Landminen detektieren kann», so Ian Binggeli. Aber schon früh stellte sich heraus, dass das mit der aktuellen Technologie nicht möglich ist. «Es gibt schlichtweg zu viele verschiedene Arten von Minen», sagt Stanislas Finaud und ergänzt weiter: «Ein weiteres Problem sind diverse Landschaftsformen, die die Detektion erschweren.» Nach Interviews mit Experten konzentrierten sich die beiden Absolventen stattdessen darauf, UAVs für ihren Einsatz zur Informationsgewinnung zu analysieren. Dafür wählten sie zwei verschiedene Drohnenmodelle. Zum einen konnten sie mit einem professionellen UAV arbeiten, das in der Kartographierung von grossen Gebieten eingesetzt werden kann. Diese haben sie mit einer einfachen Drohne ergänzt, die mit einer normalen und einer Infrarot-Kamera besetzt ist. «Es gibt es heutzutage eine Vielzahl erschwinglicher und einfach zu bedienender Drohnen», sagt Ian Binggeli. «Daher sind diese optimal für den Einsatz in Entwicklungsländern geeignet.» Beide Drohnen zusammen können die Mine Action Teams dabei unterstützen, vor dem direkten Einsatz Informationen über die Landschaft zu erhalten und zu sehen, ob sich eventuell Menschen im betroffenen Gebiet aufhalten.

Neue Technologien im Blickfeld

An echten Landminen konnten die Aviatiker ihre Drohnen nicht testen. «Da hat uns Corona einen Strich durch die Rechnung gemacht», sagt Stanislas Finaud. Dennoch machten sie mehrere Testflüge, um Objekte im Gelände zu erkennen. Für die beiden Absolventen steht aber fest, dass die Technologie zwar für die Informationsgewinnung geeignet, aber noch nicht ausgereift genug ist, um bei der Minendetektion nur darauf zurückzugreifen. «Vielleicht sollte man die Untersuchung in fünf Jahren nochmal durchführen», sagt Ian Binggeli und erklärt: «Künstliche Intelligenz könnte dabei die entscheidende Technologie sein, Landminen oder Munition zu entdecken.»

Allein zwischen 1914 und 1990 wurden mehr als 600 verschiedene Arten von Landminen entwickelt. Da ihre Produktion zuweilen sehr günstig ist, werden sie oft in afrikanischen und nahöstlichen Konflikten eingesetzt. Seit Jahren steigt die Zahl an Menschen, die durch diese Waffen getötet oder verletzt werden. Zuletzt wurden für das Jahr 2018 6'897 Fälle verzeichnet.

Quelle: Landmine Monitor

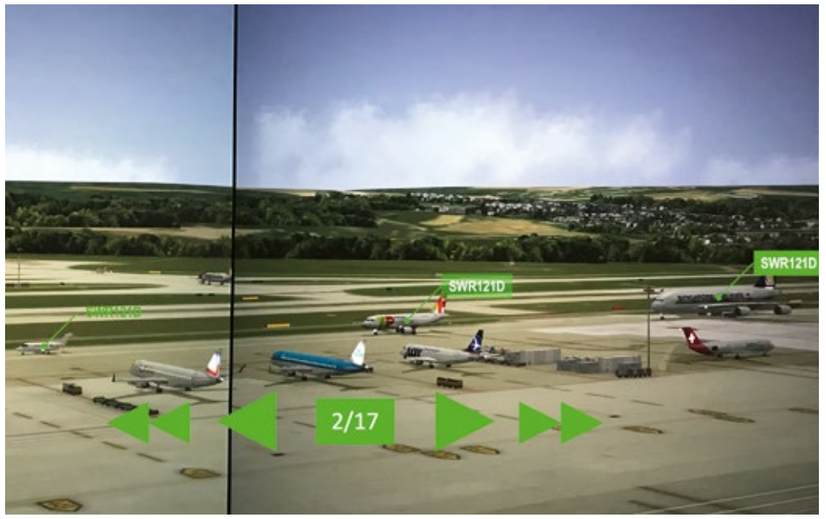
Ian Binggeli, Stanislas Finaud **Betreuung: Christoph Regli**
UAV for Mine Action Operations

Mit Augmented Reality den Überblick behalten

Die Aufgabe von Tower-Lotsen ist essenziell für einen sicheren Flugbetrieb. Die mentale Beanspruchung ist gross. Mit einer Augmented Reality Datenbrille soll ihnen die Arbeit erleichtert werden. Dhemerson Santos und Jeannine Villiger haben Versuche entwickelt, um die Gebrauchstauglichkeit einer solchen Brille im Towersimulator der Skyguide zu untersuchen.

Jeannine Villiger und Dhemerson Santos wollen mit einer AR-Anwendung die Arbeit der Fluglotsen von Skyguide erleichtern.

«Die Versuche sollen im Towersimulator von Skyguide durchgeführt werden.» Dhemerson Santos



1

1 Im Vorversuch werden den Lotsen verschiedene Darstellungen der Anzeigeformate ins Sichtfeld projiziert.

2 Dhemerson Santos und Jeannine Villiger haben ihre Anwendung für die HoloLens 2 von Microsoft entwickelt.

2

An- und abfliegende Flugzeuge, Verkehr auf dem Vorfeld und eine Flut an Echtzeit-Informationen auf mehreren Bildschirmen – der Arbeitsalltag von Tower-Lotsen erfordert höchste Konzentration und ein ausgeprägtes Situationsbewusstsein. Augmented Reality (AR) könnte künftig die Informationsaufnahme erleichtern und die Arbeitsbelastung senken. Dhemerson Santos und Jeannine Villiger haben schon in ihrer Projektarbeit eine AR-Anwendung für die Flugsicherungsgesellschaft Skyguide entwickelt. Mit der AR-Brille HoloLens 2 werden wichtige Informationen direkt ins Sichtfeld der Lotsen projiziert. Das Ziel ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Aviatik war ein ausführlicher Praxistest dieser Anwendung. Die Einschränkungen durch die Covid-19-Pandemie machten den beiden jedoch einen Strich durch die Rechnung. Stattdessen konzentrierten sie sich auf die Versuchsplanung.

Schrittweise zu den Versuchen

«Durch den neuen Fokus unserer Arbeit konnten wir uns viel intensiver mit den Lotsen am Flughafen Zürich absprechen und die Anforderungen besser evaluieren», so Dhemerson Santos. In der Versuchsplanung definierten er und Jeannine Villiger einen Vorversuch und vier Hauptversuche. Im Vorversuch wählten freiwillige Probanden die besten Darstellungsvarianten für die Anzeigeformate aus. «Damit sollte sichergestellt werden, dass das Design keinen negativen Einfluss auf die Hauptversuche hat», erklärt Jeannine Villiger. Die Versuchsszenarien für die Hauptversuche suchten Jeannine Villiger und Dhemerson Santos aus einem von Skyguide zur Verfügung gestellten Demo-Run des Flughafens Zürich aus. Im Anschluss erstellten sie die Hauptversuche für die Effektivität der Anzeigeformate, die Lokalisierungsfähigkeit, das Situationsbewusstsein und die sogenannte Head-Up- beziehungsweise Head-Down-Time. Letztere misst, wie lange die Lotsen jeweils aus dem Tower oder auf den Bildschirm schauen. «Die Versuche sollen im Towersimulator von Skyguide durchgeführt werden», sagt Dhemerson Santos. «Um sicherzustellen, dass die Hauptversuche aussagekräftig sind, haben wir daher Inhalt, Schweregrad, Zeitlimit und Machbarkeit mit zwei Ausbildungsverantwortlichen der Skyguide abgesprochen», schliesst Jeannine Villiger ab.

2019 gab es am Flughafen pro Tag im Durchschnitt 754 Flugbewegungen, also Starts und Landungen. Bei diesem hohen Verkehrsaufkommen sind Tower-Lotsen unverzichtbar für die Sicherheit. Damit sie bei ihrer Arbeit konzentriert bleiben, arbeiten sie in drei Schichten, die höchstens zwei Stunden dauern. Dazwischen müssen sie Pausen einlegen.

Jeannine Villiger und Dhemerson Santos im Interview

Was macht die Arbeit von Tower-Lotsen für Sie so spannend, dass Sie Ihre Bachelorarbeit dazu geschrieben haben?

DS: Tower-Lotsen tragen täglich eine enorme Verantwortung gegenüber Passagieren und Besatzungsmitgliedern. Sie sind Multitasking-Profis, denn es gibt so viel zu beachten, und das in einer sehr kurzen Zeitspanne. Das erfordert eine kontinuierliche Konzentration für bis zu zwei Stunden. Nicht jeder kann das leisten. Ihre Arbeit zählt für mich zu einem der härtesten Jobs, die es gibt. Eine meiner Beweggründe, eine Bachelorarbeit zu diesem Thema zu schreiben war, dass ich vielleicht später als Tower-Lotse selbst von dieser Technologie profitieren könnte.

«Mit der Reduktion der Head-Down-Time versprechen wir uns einerseits eine Verminderung der Arbeitsbelastung und andererseits eine Senkung der Fehlerquote.» Jeannine Villiger

Was war Ihre Grundannahme für die Versuche mit Augmented Reality-Brillen (AR) für Tower-Lotsen?

JV: Mit der Reduktion der Head-Down-Time versprechen wir uns einerseits eine Verminderung der Arbeitsbelastung und andererseits eine Senkung der Fehlerquote. Durch die Projektion der Informationen ins Sichtfeld soll die Zeit, in der die Lotsen auf die Bildschirme schauen, reduziert werden. Damit können sie das Rollfeld durchgängig im Blick behalten.

DS: Das Situationsbewusstsein soll ebenfalls durch die AR-Technologie verbessert werden. Mit Zusatzinformationen sowie Warnungen zu kritischen Ereignissen sollen weniger Vorfälle im Alltag der Tower-Lotsen passieren.

Gab es schon Arbeiten dazu, wie diese Technologie das Situationsbewusstsein beeinflusst?

DS: Wir haben Berichte gefunden, die eine deutliche Verbesserung des Situationsbewusstseins durch den Einsatz von AR-Technologien versprechen. Es hat in der Vergangenheit auch Forschungsprojekte gegeben, die AR-Brillen für Tower-Lotsen untersucht haben und teilweise von Luftfahrtinstituten wie EUROCONTROL unterstützt wurden. Bislang wurden jedoch noch keine Experimente in einer realen Tower-Umgebung durchgeführt. Es kann also nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die Verwendung einer AR-Brille in einem realen Turm auch das Situationsbewusstsein fördert.

Wie haben Sie das Arbeiten mit AR empfunden?

JV: Die Arbeit mit AR war total interessant, denn sie bietet enorm viele Einsatzmöglichkeiten. Ich kann mir vorstellen, dass durch die Kombination aus der realen und der virtuellen Welt in Zukunft viele Prozesse erleichtert werden können. Jedoch ist an dieser Stelle zu sagen, dass wir die Versuche für den Simulator geplant haben und es noch ein weiter Weg sein wird, diese Technologie in einer realen Tower-Umgebung einzusetzen.

Was waren für Sie die Herausforderungen an dieser Arbeit?

DS: Es war sehr anspruchsvoll, Versuche zu planen, die genau das untersuchen sollten, was wir herausfinden wollten, und gleichzeitig die Anforderungen an die Arbeit eines Tower-Lotsen erfüllten. Um diese Herausforderung zu lösen, haben wir die Versuche mit zwei Ausbildungsverantwortlichen der Skyguide abgesprochen.

JV: Auch war das Verstehen der Definition der Gebrauchstauglichkeit eine grosse Herausforderung. Denn mit den von uns geplanten Versuchen sollte diese möglichst umfänglich evaluiert werden.

Wie wird diese Arbeit weiterverfolgt?

JV: Ich hoffe sehr, dass diese Arbeit weiterverfolgt wird. Nach Fertigstellung der Programmierung sollten noch dieses Jahr erste Probandenversuche im Towersimulator der Skyguide in Dübendorf durchgeführt werden. Ich hoffe, dass sich interessierte Studierende finden lassen, welche die Versuche durchführen und die Ergebnisse auswerten.

ELEKTRO-TECHNIK

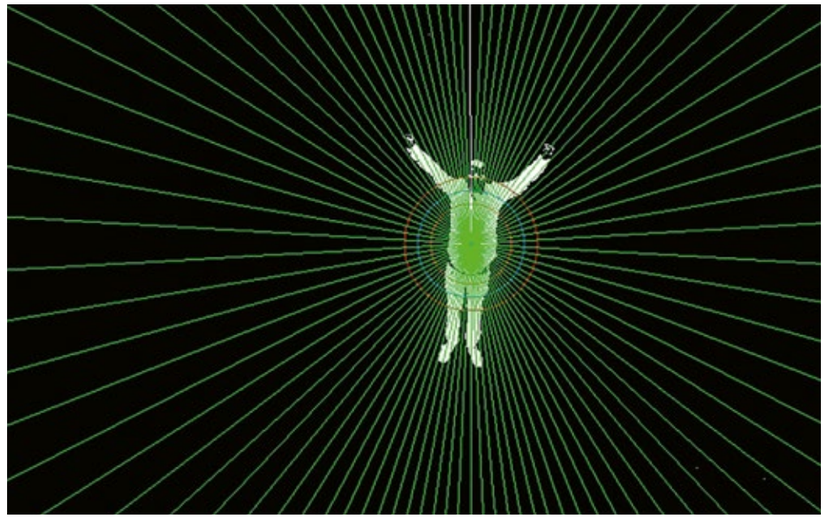
Ingenieurinnen und Ingenieure der Elektrotechnik erarbeiten optimale Lösungen für technisch anspruchsvolle Aufgaben, unter anderem in den Bereichen Energie- und Antriebstechnik, Mikroelektronik, Digitaltechnik, Informations- und Kommunikationstechnologie, Sensorik und Computer Engineering.

Befehle erkennen mit wenig Rechenleistung

Autonom fliegende Drohnen könnten schon bald ein fester Bestandteil unseres Alltags werden. Voraussetzung dafür ist aber deren sicherer Betrieb. Marco Oehler und Curdin Stöhr haben sich deshalb mit dem möglichen Zusammenspiel von Mensch und Drohne beschäftigt.

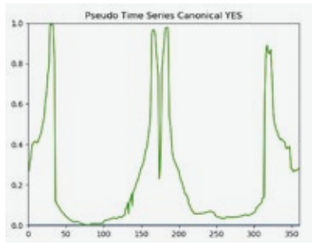
Dank ihnen erkennt die Drohne Befehle durch Körperzeichen: Curdin Stöhr und Marco Oehler.

«Wir mussten für die Drohnenanwendung eine Lösung finden, die kompakt und leicht ist.» Marco Oehler



1 Von der Körpermitte aus wird der Umriss mithilfe von vier Grad breiten Winkeln gescannt.

2 So sieht ein Ja aus: Das Signal zeigt die hochgestreckten Arme am Anfang und Ende sowie die Beine in der Mitte.



1 2

Vielleicht liefern sie unsere Bestellungen schon bald direkt vor die Haustür: Die Rede ist von autonom fliegenden Drohnen. Damit sie auch dort eingesetzt werden können, wo sich Menschen befinden, sollen sie Personen nicht nur erkennen, sondern sogar mit ihnen kommunizieren können. Im letzten Jahr ihres Elektrotechnik-Studiums haben sich Marco Oehler und Curdin Stöhr zunächst in der Projektarbeit und schliesslich auch in der Bachelorarbeit damit auseinandergesetzt. Herausgekommen ist eine Applikation zur Erkennung von «Embodied Communication Elements» – man kommuniziert mit der Drohne durch bestimmte Körperhaltungen, die sie mit der integrierten Kamera erfasst.

Körperbefehle einwandfrei erkennen

«Wenn ich beide Arme nach oben strecke, ist das ein Ja», erklärt Curdin Stöhr. «Ein Arm oben und ein Arm unten heisst nein.» Auf diese Weise soll die Drohne Befehle empfangen können – beispielsweise, ob sie landen darf oder nicht. Diese Kommunikationsform hatten die Absolventen bereits in der Projektarbeit entwickelt. In der Bachelorarbeit wollten sie nun dafür sorgen, dass die Körperzeichen einwandfrei erkannt werden. Marco Oehler schildert die Herausforderung: «Moderne Algorithmen zur Merkmalerkennung nehmen viel Rechenleistung in Anspruch und benötigen daher leistungsstarke Hardware. Wir mussten für die Drohnenanwendung eine Lösung finden, die kompakt und leicht ist.»

Lösung mit wenig Rechenleistung

Die Absolventen haben einen rechenleistungsarmen Algorithmus entwickelt, der auf «Symbolic Aggregate Approximation» (SAX) beruht. Das SAX wird aus dem Bildmaterial eines günstigen Kameramoduls erstellt und repräsentiert das «Embodied Communication»-Signal. «Der Algorithmus arbeitet nur mit dem Umriss des Körpers, dazu reichen uns Schwarz-Weiss-Bilder», erklärt Marco Oehler. Und Curdin Stöhr ergänzt: «Wir haben den Algorithmus mit Fotoaufnahmen erfolgreich getestet. Voraussetzung für das Erkennen der Befehle ist aber, dass sich der Mensch in Richtung der Drohne richtet und nicht seitlich abwendet.» Mit ihrer Anwendung haben die Absolventen somit eine Möglichkeit der Kommunikation zwischen Mensch und Drohne geschaffen, die in künftigen Arbeiten vertieft werden könnte.

Autonom fliegende Drohnen werden bereits für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt: Beispielsweise transportieren sie Blutproben zwischen Spital und Labor, messen Strahlungswerte von Funksendern oder machen auf Grossplantagen den Schädlingsbefall ausfindig.

Marco Stefan Oehler, Curdin Stöhr Betreuung: Hans Doran, Monika Ulrike Reif

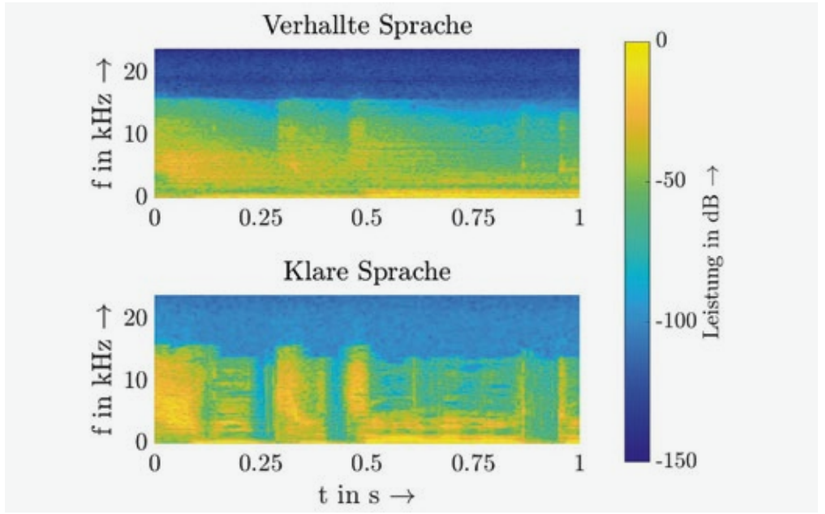
Drone Safety

Besser hören ohne Hall

Hall kann die Verständlichkeit von Sprache beeinträchtigen. Bei Geräten wie Hörhilfen müssen die Audiosignale deshalb enthallt werden. Moritz Oppliger und Hannes Stoll haben untersucht, welche Algorithmen sich dafür eignen.

Hannes Stoll und Moritz Oppliger haben untersucht, wie man Audiosignale enthallen kann.

«Da man in Hörgeräten keinen rechenintensiven Algorithmus verwenden kann, wird man stets den besten Kompromiss suchen.» Moritz Oppliger

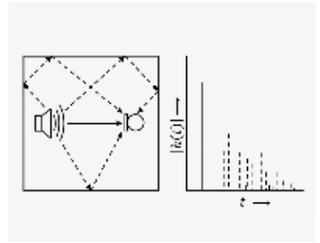


1

1 Die Gegenüberstellung der Audiosignale auf der Zeitachse zeigt die Unterschiede deutlich auf.

2 Die Skizze links zeigt die Schallwege im Raum. Rechts auf der Zeitachse sind der Direktschall (erster Strich) und der Nachhall (gestrichelt) zu sehen.

3 Mit dieser Benutzeroberfläche liessen sich die Algorithmen testen und vergleichen.



2

3

Durch Enthallung sollen Sprach- und Audiosignale für Menschen verständlicher werden. Konkret wird der Nachhall entfernt oder unterdrückt. Anwendungen dafür sind beispielsweise Hörgeräte oder automatische Spracherkennungssysteme. «Für die Enthallung eignen sich je nach Einsatzbereich Algorithmen von verschiedener Rechenintensität», erklärt Elektrotechnik-Absolvent Moritz Oppliger. «In einem Hörgerät soll das Signal in Echtzeit, also innert weniger Millisekunden, enthallt werden.» Für dieses Szenario haben er und Hannes Stoll in ihrer Bachelorarbeit mehrere Möglichkeiten umgesetzt, getestet sowie subjektiv und objektiv bewertet.

Künstlich Hall erzeugt

Als Grundlage verwendeten die Absolventen sogenannte trockene Audiosignale. So bezeichnet man Signale ganz ohne Hall, wie sie beispielsweise im Radiostudio aufgenommen werden. Hannes Stoll erläutert: «Wir haben dann den Hall künstlich erzeugt, um herauszufinden, wie man ihn am besten entfernen kann.» Die Absolventen haben mit unterschiedlichen Methoden die Raumimpulsantwort (RIR) generiert. Das mit der simulierten RIR verhallte Sprachsignal sollte dabei möglichst natürlich klingen. Dazu haben sie Spektrogramme der generierten RIR und der gemessenen RIR visuell verglichen. Zusätzlich haben sie ein trockenes Sprachsignal mit der generierten RIR und der gemessenen RIR verhallt und akustisch überprüft.

Bester Kompromiss gesucht

Schliesslich haben die beiden Absolventen fünf mögliche Enthallungsalgorithmen erarbeitet. «Da Räume und Sprache individuell variieren, beruht das Enthallungssignal auf statistischen Annahmen», sagt Moritz Oppliger. Für die fünf Algorithmen haben die Absolventen dann eine Art Eignungsrangliste aus objektiver, mathematischer Sicht erstellt. «Keine der angewandten Methoden konnte den Hall korrekt beschreiben», so Hannes Stoll. Aus diesem Grund wurde zusätzlich eine Umfrage mit Hörbeispielen durchgeführt. «Die subjektive Bewertung der Testpersonen zeigt kaum Übereinstimmungen mit unserer objektiven Rangliste», sagt Moritz Oppliger. «Da man in Hörgeräten keinen rechenintensiven Algorithmus verwenden kann, wird man stets den besten Kompromiss suchen.» Die Bachelorarbeit dient der ZHAW nun als Vorstudie für die weitere Forschungsarbeit.

«Mit ihren umfangreichen Analysen haben die Absolventen die Grenzen des State-of-the-Art aufgezeigt. Beispielsweise zeigte sich, wie enorm rechenaufwändig eine genaue RIR-Simulation werden kann. In einem aktuellen Innosuisse-Projekt können wir nun auf der hervorragenden Vorarbeit aufbauen.»

Dr. Sigisbert Wyrsch, Dozent für digitale Signalverarbeitung

Der richtige Strom fürs ePedelec

Heute muss kaum jemand mehr so fest in die Pedale treten wie früher. Elektrisch angetriebene Fahrräder und Kleinfahrzeuge sind auf dem Vormarsch. Charlotte Kröpfli und Nicolas Kraft haben das Innenleben eines solchen Elektromobils neu konzipiert.

Haben auch persönlich Interesse an Elektromobilität: Nicolas Kraft und Charlotte Kröpfli.

«Am meisten gefordert waren wir damit, unser Konzept bei null zu starten und uns dafür viel neues Fachwissen anzueignen.» Nicolas Kraft

1

1 Das KYBURZ ePedelec eignet sich als Lastenfahrrad für die Postverteilung.

2 Ergebnis der Bachelorarbeit ist diese belastbare Hardware mit neuem Schutzkonzept.

2

Das ePedelec von KYBURZ wird durch einen Permanentmagnet-Synchronmotor elektrisch angetrieben. Damit dieser Motor funktioniert, muss der Gleichstrom aus der Batterie in Drehstrom gewandelt werden. Diese Aufgabe soll künftig ein neuer, leistungsstarker Inverter übernehmen. Konzipiert haben ihn Charlotte Kröpfli und Nicolas Kraft im letzten Jahr ihres Elektrotechnikstudiums. Zunächst hatten die beiden in ihrer Projektarbeit im fünften Semester die Komponenten für den Inverter evaluiert. In ihrer Bachelorarbeit konnten sie schliesslich die Konzeption der Hardware abschliessen und ein Regelverfahren für den Motor entwickeln.

Simulationen für Leistung und Sicherheit

Die Vorgabe lautete, dass der Inverter mit Spannungen bis zu 48 Volt und mit bis zu 200 Ampere Maximalstrom betrieben werden kann. «Mit einer Design-Software haben wir dafür ein Schutzkonzept entworfen», sagt Charlotte Kröpfli. «Damit die Leiterplatte der hohen Belastung standhält, haben wir sie mit neuen Schaltungen erweitert.» Aber auch für den Fall der Fälle haben die beiden vorgesorgt: «Sollte es dennoch zu einer Überlastung oder einem Kurzschluss kommen, schaltet sich der Motor sofort aus.» Mittels Simulationen und Berechnungen haben sie dann die Motorregelung ausgelegt. «Sie sorgt unter anderem dafür, dass die Kraft, die man auf die Pedale gibt, auch entsprechend umgesetzt wird, um den Motor zu aktivieren», erklärt die Absolventin. Die Regelung haben sie mitsamt Konfigurationen des Mikrokontrollers programmiert und am Ende auf einem realen System in Betrieb genommen.

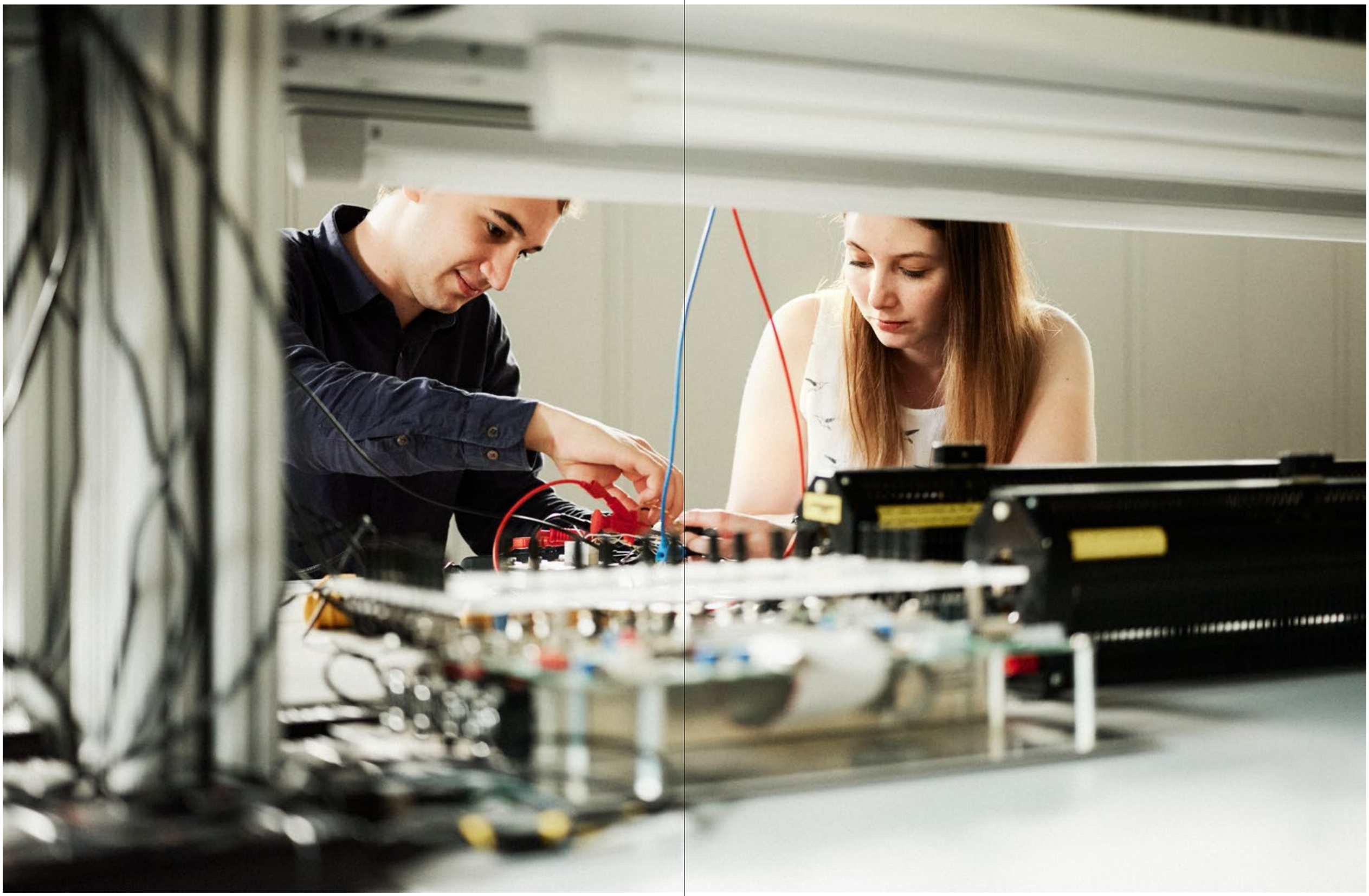
Von Grund auf neues Konzept

«Aufgrund der Corona-Pandemie konnten wir leider nur mit einem Ersatzmotor arbeiten anstatt mit dem richtigen ePedelec», sagt Nicolas Kraft. Dies sei zwar ein Wehrmutstropfen, aber nicht die grösste Herausforderung gewesen, erklärt der Absolvent weiter: «Am meisten gefordert waren wir damit, unser Konzept bei null zu starten und uns dafür viel neues Fachwissen anzueignen.» Dies sei aber auch eine Chance gewesen und das persönliche Interesse an der Elektromobilität habe sie dabei zusätzlich motiviert – ein Themenfeld, in dem die Absolventin und der Absolvent nun auch beruflich Fuss fassen wollen.

«Wir sind begeistert von der hervorragenden Bachelorarbeit. Diese liefert den nächsten passenden Baustein, auf dem sich die Weiterentwicklung zu einer Servolenkung durch die beiden Direktantriebsmotoren an den Vorderrädern abstützen kann.»

Rolf Menzi, Projektleiter bei KYBURZ Switzerland

Nicolas Kraft, Charlotte Kröpfli Betreuung: Alberto Colotti
Inverter für Elektrokleinfahrzeug



ENERGIE- UND UMWELTTECHNIK

Die Energieversorgung steht vor einem Umbruch, der nach engagierten Fachleuten verlangt. Das Studium der Energie- und Umwelttechnik vermittelt technisches Wissen von industriellen thermischen Prozessen bis hin zu elektrischen Systemen sowie ein Verständnis für Wirtschaftsprozesse und nachhaltige Entwicklung.

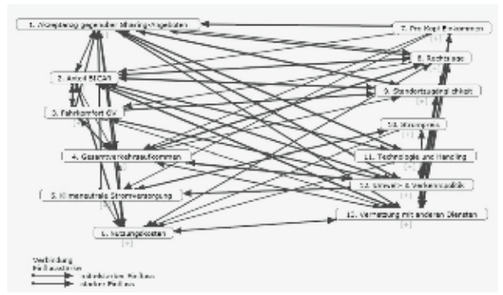
120 BICARs für Basel

Durch die Zunahme des Verkehrsaufkommens in den Städten reicht die Verkehrsinfrastruktur bald nicht mehr aus. Es braucht neue Mobilitätslösungen. Sandro Angst und Cyril Keller haben sich mit der Frage beschäftigt, wie das Mobilitätssystem in Basel-Stadt mit der Integration des BICARS im Jahr 2025 aussehen könnte.

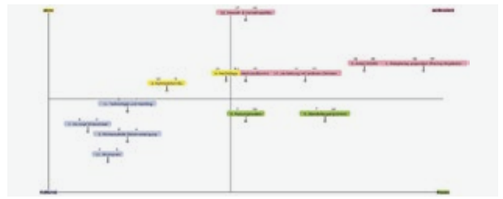
Sandro Angst und Cyril Keller setzen sich für eine nachhaltige Mobilität ein.

«Die Erarbeitung der Szenarien und die Durchführung der Expertenworkshops stellte für uns einen spannenden Lernprozess dar.» Cyril Keller

1



2



3

1 Das BICAR ist aus nachhaltigen Materialien hergestellt und fährt emissionsfrei.

2 Die einzelnen Einflussvariablen sind in einem komplexen Wirkungsgefüge miteinander vernetzt.

3 Mit einem System Grid können die relevanten Einflussvariablen identifiziert werden.

Das Bedürfnis nach Mobilität steigt stetig. In den Städten kommt es dadurch zu mehr Staus, Platzmangel und erhöhten CO2-Emissionen. Um den Verkehr künftig zu entlasten, braucht es alternative, ökologischere Mobilitätslösungen in Form von neuen Fahrzeugtypen, Sharing- und Geschäftsmodellen. Mit dem neuen BICAR 3.0 bietet das Spin-off der ZHAW School of Engineering einen Lösungsansatz für die Verkehrsprobleme grösserer Städte. Dank seines elektrischen Antriebs und seiner kompakten Grösse ist das BICAR eine ernsthafte Alternative zu Elektrovelos und -autos innerhalb der Last-Mile-Mobilität – also auf der Strecke, die die Pendlerinnen und Pendler nach dem öffentlichen Verkehr noch individuell zurücklegen.

Basel als Ausgangspunkt

Wie das Umfeld für den Betrieb eines Sharing-Modells mit BICARs im Kanton Basel-Stadt im Jahr 2025 aussehen könnte, haben Sandro Angst und Cyril Keller anhand einer Szenarioanalyse untersucht. «Wir interessieren uns beide für das Thema Elektro- und nachhaltige Mobilität», sagt Sandro Angst. «Das BICAR als Projekt zu wählen, lag auf der Hand, da das Gefährt seinen Ursprung an der ZHAW hat.» Die Stadt Basel wählten die Absolventen zusammen mit den Dozenten und dem Industriepartner ‹Share your Bicar AG› aus, der bereits Kontakte zu einem Sharing-Anbieter in Basel pflegte.

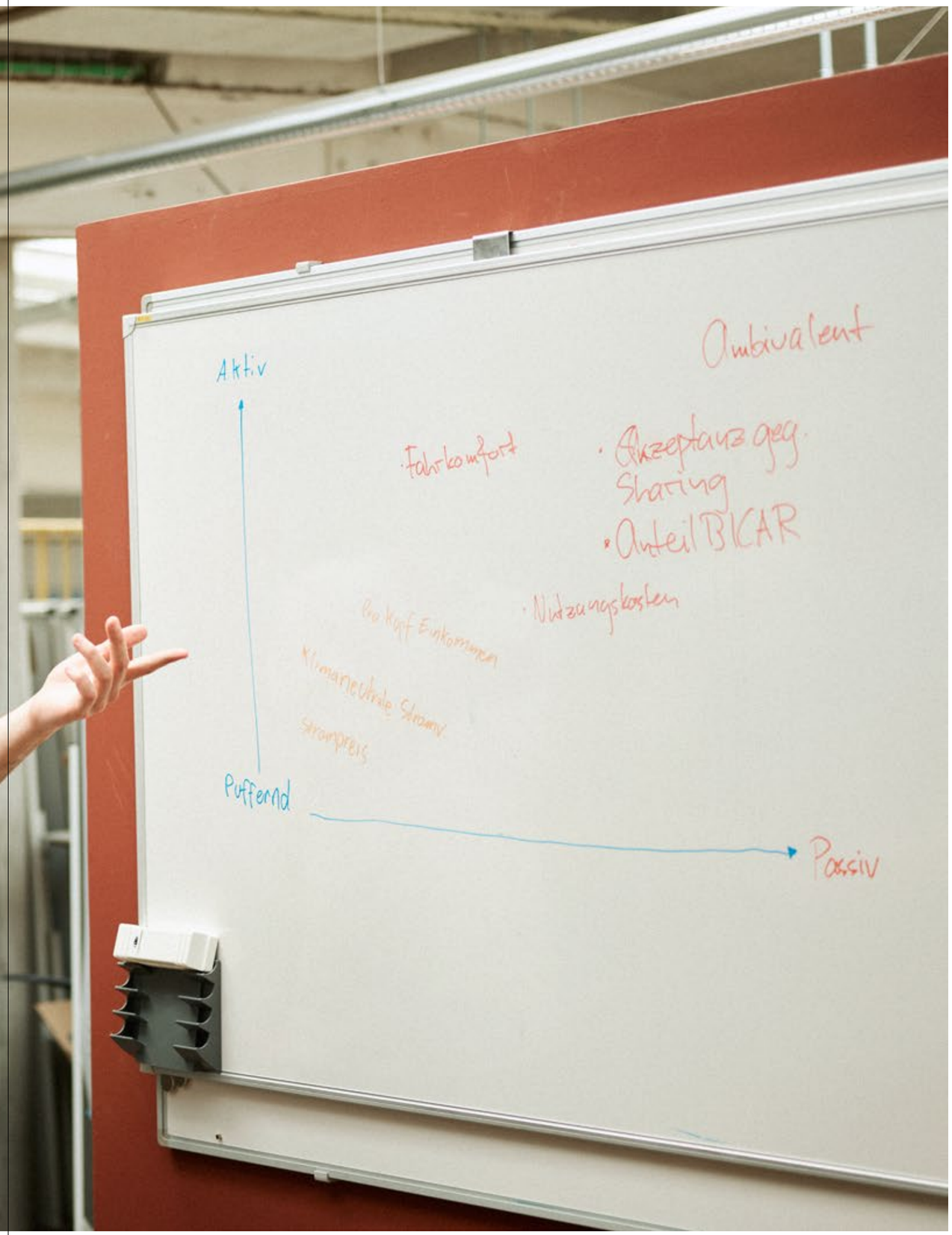
Verkehrsszenario für Sharing-Zukunft

In einem ersten Schritt untersuchten die Studenten das Mobilitätssystem Basel-Stadt auf relevante Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Nachfrage nach Sharing-Angeboten, Fahrkomfort des ÖVs oder Nutzungskosten. In Online-Expertenworkshops wurden diese auf ihre gegenseitigen Einflüsse untersucht und nach ihrer Relevanz für die verschiedenen möglichen Szenarien bewertet. Mit Hilfe einer Software wurden unterschiedliche Szenarien generiert, wobei sich eines der Szenarien als sehr erfolgsversprechend rausstellte. Dieses Zukunftsszenario umfasst eine Flotte von 120 BICARs, eine Steigerung der Nachfrage und Akzeptanz der Sharing-Angebote, eine schnelle Erreichbarkeit der BICAR-Standorte sowie eine Steigerung des Verkehrsaufkommens um zehn Prozent. «Die Erarbeitung der Szenarien und die Durchführung der Expertenworkshops stellte für uns einen spannenden Lernprozess dar. Eine Strategieplanung zur Markteinführung des BICARS, welche in Zukunft als Projekt- oder Bachelorarbeit durchgeführt werden könnte, dürfte sicherlich von den Ergebnissen und Experteninputs dieser Arbeit profitieren», fasst Cyril Keller zusammen.

In der Schweiz ist zwischen den Jahren 2000 und 2019 der Bestand an Strassenmotorfahrzeugen (ohne Motorräder) um 34 Prozent auf 6,2 Millionen angestiegen. Drei Viertel davon sind Personenwagen. Der Trend geht in Richtung Diesel- und Allradfahrzeuge. Im Jahr 2019 waren insgesamt 28'716 reine Elektroautos immatrikuliert.

Quelle: Bundesamt für Statistik

Sandro Angst, Cyril Keller Betreuung: Harry Spiess, Hans-Jörg Dennig
Szenarien für BICAR 2025



Fernwärmenetze besser nutzen

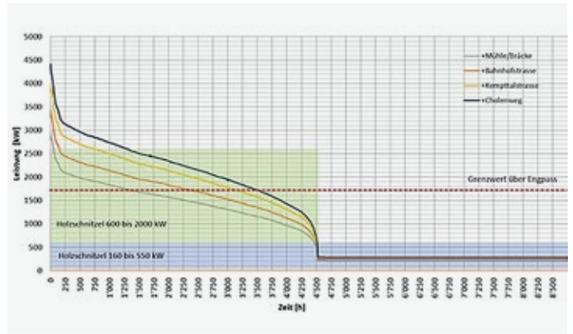
Statt mit Öl und Gas zu heizen, setzen immer mehr Haushalte auf einen Anschluss in Fernwärmenetzen. Deren Effizienz und Kapazität zu steigern, ist heute und in Zukunft eine wichtige Aufgabe für Ingenieurinnen und Ingenieure. Gian-Marco Meier hat sich dieser in seiner Bachelorarbeit angenommen.

Fernwärmenetze waren neu für Gian-Marco Meier. Künftig werden sie ihn auch beruflich beschäftigen.

«Mit den Messdaten kann man die Effizienz kontrollieren und Verluste früh erkennen.» **Gian-Marco Meier**

1

2



3

Fernwärmenetze basieren auf dem Prinzip einer zentralen Wärmeversorgung. Die Gemeindewerke Pfäffikon im Kanton Zürich betreiben drei solcher Wärmeverbundnetze. Holzhackschnitzel und Wärmepumpen erzeugen die Wärme, die dann unterirdisch an die Haushalte und Industriebetriebe in Pfäffikon verteilt wird. Die Netze sind noch nicht vollständig ausgelastet und die Nachfrage ist gross. Wie viel freie Kapazität aber tatsächlich für Neuanschliessungen bleibt und wie diese gesteigert werden kann, wollten die Gemeindewerke mit der ausgeschriebenen Bachelorarbeit in Erfahrung bringen. Gian-Marco Meier, Absolvent des Studiengangs Energie- und Umwelttechnik, hat die Wärmeverbundnetze deshalb genauer betrachtet.

Bessere Auslastung möglich

Berechnungen haben ergeben, dass das grösste der drei Fernwärmenetze von Zeit zu Zeit an seine Grenzen stösst; es entsteht ein Engpass. Zwar befindet sich nach dem Engpass ein zuschaltbarer Gasheizkessel, um die betroffene Stelle zu entlasten. «Um aber künftig weitere Haushalte am Fernwärmenetz anschliessen zu können, muss der bisherige Notgasheizkessel durch einen leistungsstärkeren ersetzt werden», stellt Meier klar. Nur so seien mehrere Neuanschliessungen möglich. Um den zentralen Grundlastkessel des Netzes besser auszulasten, empfiehlt er zudem, weitere Wärmeverbraucher vor dem Engpass anzuschliessen. «Diese Art von Neuanschliessung belastet den Engpass nicht und ist sogar möglich, ohne den Notgasheizkessel zu ersetzen», so der Absolvent.

Erkenntnisse aus Daten gewinnen

Um das Fernwärmenetz fit für die Zukunft zu machen, schlägt Gian-Marco Meier ausserdem vor, Messdaten aufzuzeichnen. Gespeicherte Messungen von Vor- und Rücklauftemperaturen oder Volumenströmen können miteinander verknüpft werden. Daraus lassen sich Lastgang- sowie Jahresdauerlinien erstellen. «So kann man die Effizienz kontrollieren und Verluste oder Fehler früh erkennen», so der Absolvent über die Vorteile der Datenspeicherung. Seine aufschlussreiche Bachelorarbeit hat ihm prompt ein Jobangebot eingebracht. Im zuständigen Planungsbüro wird sich Gian-Marco Meier neben anderen Projekten auch weiterhin mit der Entwicklung der Fernwärmenetze in Pfäffikon beschäftigen.

1 In Pfäffikon ZH sind drei unterirdische Fernwärmenetze in Betrieb.
Bildquelle: Gemeinde Pfäffikon ZH

2 Die blauen Linien zeigen das grösste der drei Fernwärmenetze in Pfäffikon. Die farbig markierten Quartiere kommen für Neuanschliessungen in Frage.

3 Die Grafik zeigt für vier Standorte, welche Leistung wie viele Stunden im Jahr benötigt wird.

Die Schweiz verfolgt in der «Energiestrategie 2050» das nationale Ziel, sich von fossilen Energieträgern zu trennen. Allerdings wird hierzulande immer noch mehr als die Hälfte aller Haushalte mit Öl oder Gas beheizt. Effiziente und kostengünstige Alternativen sind gefragt. Fernwärmenetze stellen eine nachhaltige Lösung dar.

Patrick Böhni, David Wicki Betreuung: Andreas Heinzelmann

Mit Sonnenstrom heizen

Photovoltaikanlagen produzieren nicht nur dann Strom, wenn er auch gebraucht wird. Um den überschüssigen Solarstrom zu speichern, nutzen ihn Patrick Böhni und David Wicki zum Heizen eines Gebäudes. Dafür haben sie eine Steuerung für die Lastverschiebung einer Wärmepumpe entwickelt.

Speichern Energie im Haus: David Wicki und Patrick Böhni.

«Unsere Steuerung hat den Vorteil, dass sie die Lasten mittels Wetterprognosen gezielt verschiebt.»

David Wicki

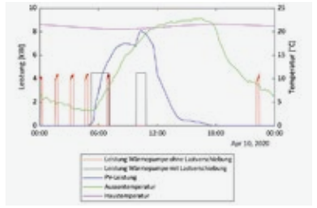
Patrick Böhni, David Wicki Betreuung: Andreas Heinzelmann

1

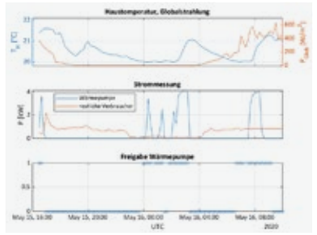
1 An diesem Haus haben die Absolventen die Ansteuerung ausprobiert und Messungen gemacht.

2 Die Grafik zeigt, wie die Steuerung das Einschalten der Wärmepumpe zeitlich in den Bereich der PV-Leistung verschiebt.

3 Prototyp der Steuerung im realen Objekt: Ist die Globalstrahlung (oben) am höchsten, wird die Wärmepumpe freigegeben und eingeschaltet. Die Leistungsaufnahme (Mitte) der Wärmepumpe folgt der Freigabe (unten).



2



3

Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien wie Sonne und Wind schwankt je nach Witterung. Das Energieangebot entspricht somit nicht immer der Nachfrage. Mit sogenannten Lastverschiebungen können Gebäude als Energiespeicher erschlossen werden. «Das bedeutet konkret, dass wir das Haus nicht zu festgelegten Zeiten heizen, sondern innerhalb eines Zeithorizonts erst dann, wenn der Solarstrom vom Dach verfügbar ist», erklärt Patrick Böhni. Er und David Wicki entwickelten das thermische Modell des Gebäudes bereits in der vorangegangenen Projektarbeit. In ihrer Bachelorarbeit haben sie es verbessert, mit Messungen validiert und den Prototyp der Steuerung im Gebäude getestet.

Optimale Lastverschiebung

Mit der gezielten Lastverschiebung der Wärmepumpe soll sich der Eigenverbrauchsanteil des produzierten Solarstroms erhöhen und gleichzeitig die Effizienz der Wärmepumpe steigen. «Die Lastverschiebungen müssen natürlich ohne Komforteinbussen, sprich unbemerkt erfolgen», so David Wicki. «Voraussetzung dafür ist, dass das System die thermischen Parameter des Hauses kennt.» Deshalb haben die Absolventen für die Steuerung einen Machine Learning-Algorithmus entwickelt, der die Parameter aus den Messwerten der Haustemperatur und des Stromverbrauchs stets genauer annähert. Ergänzt man diese Parameter zusätzlich mit der Wettervorhersage, lassen sich die bestmöglichen Betriebszeiten der Wärmepumpe prognostizieren. Die Steuerung verschiebt also die Ein- und Ausschaltzeitpunkte so, dass ein möglichst hoher solarer Eigenverbrauch erreicht wird. «Unsere Steuerung hat den Vorteil, dass sie die Lasten mittels Wetterprognosen gezielt verschiebt», sagt David Wicki. Mit den Wetterdaten lasse sich der zu erwartende Wärmebedarf des Hauses berechnen. Dass der Einschaltzeitpunkt und die Einschaltdauer der Wärmepumpe für die nahe Zukunft bekannt sind, kann auch dem Netzbetreiber als Information dienen.

Erfolgreich getestet

«Messungen mit unserer Testanlage bestätigen, dass der Wärmepumpenbetrieb in den Bereich der Solarstromerzeugung verschoben werden konnte», sagt Patrick Böhni. «Die Temperatur im Haus blieb trotz der Verschiebungen stets über den geforderten 20 Grad.» Zudem wurde in der Simulation ersichtlich, dass durch die gezielte Lastverschiebung der solare Eigenverbrauch zwischen Januar und April 2020 von 27 auf 37 Prozent gesteigert werden konnte.

«Das Zusammenspiel von thermischer und elektrischer Energiewelt ist von zentraler Bedeutung. Die Absolventen haben mit der Entwicklung dieser intelligenten Steuerung unter Beweis gestellt, dass sie es verstanden haben, diese Welten zu einem funktionierenden System zu verknüpfen, um fossile Energien zu vermeiden.»

Prof. Dr. Franz Baumgartner, Studiengangleiter Energie- und Umwelttechnik

David Wicki und Patrick Böhni im Interview

Überschüssigen Strom fürs Heizen zu verwenden klingt irgendwie logisch. Wie sind Sie darauf gekommen?

PB: Die Produktion des Solarstroms schwankt halt je nach Witterung. Deshalb ist das Einspeisen ins Netz auch nicht optimal. Den erzeugten Solarstrom selbst zu verwenden oder eben in Wärme umzuwandeln macht Sinn. Den Strom zu verbrauchen, wenn er entsteht, ist ein Teil der Lösung, um künftig mehr Solaranlagen installieren zu können, ohne das Stromnetz zu überlasten.

DW: Ein Haus kann relativ viel Energie in Form von Wärme aufnehmen. Man muss es sich als grossen Speicher aus Luft und Beton vorstellen. So kann man also den überschüssigen Solarstrom als Wärme ins Haus pumpen, anstatt damit das Netz zu belasten oder eine teure Batterie zu installieren. Dafür braucht man dann zu einem späteren Zeitpunkt weniger Strom zum Heizen.

«Den Strom zu verbrauchen, wenn er entsteht, ist ein Teil der Lösung, um künftig mehr Solaranlagen installieren zu können, ohne das Stromnetz zu überlasten.» Patrick Böhni

Aber heizt man nicht ohnehin weniger, wenn die Sonne viel scheint?

PB: Der Eindruck täuscht. In der Schweiz werden rund 36 Prozent des Endenergieverbrauchs fürs Heizen aufgewendet. Ab Aussentemperaturen unter 17 Grad muss die Wärmepumpe eingeschaltet werden. Wenn also nicht gerade Hochsommer ist, lohnt es sich dann zu heizen, wenn der Solarstrom vorhanden ist.

DW: Man muss dazu sagen, dass die Wärmepumpe ja nicht ununterbrochen läuft, sondern immer wieder für eine bestimmte Zeit eingeschaltet wird – je nach Aussentemperatur. Das sind aber keine festen Zeiten. Das heisst, man kann diese Einschaltzeiten so verschieben, dass sie sich mit der Produktion des Solarstroms vom Dach decken. Auf diese Weise wird der Eigenverbrauch gesteigert und man braucht weniger Strom aus dem Netz zu beziehen.

Woher kommen die notwendigen Daten?

DW: Man kann aufgrund des gemessenen Temperaturverlaufs im Haus auf die thermischen Parameter des Gebäudes schliessen. Wie gross ist beispielsweise der Wärmewiderstand nach aussen? Wie viel Wärme kann ich speichern? Neben der gemessenen Haustemperatur liest das System aus den Wetterdaten im Internet die Aussentemperatur und die Sonneneinstrahlung aus. Das Programm steuert nun je nach Berechnung der Lastverschiebung ein Relais an, das die Wärmepumpe freigibt oder sperrt.

Sperrt man die Wärmepumpe, fällt doch die Temperatur im Haus?

PB: Wichtig ist, dass sie nicht unter den Schwellwert von 20 Grad fällt. Die Steuerung weiss, wie lange die Temperatur im Haus ausreicht und wann somit die Wärmepumpe spätestens wieder zum Einsatz kommen muss – also die Sperre aufgehoben wird.

Was war die grösste Herausforderung?

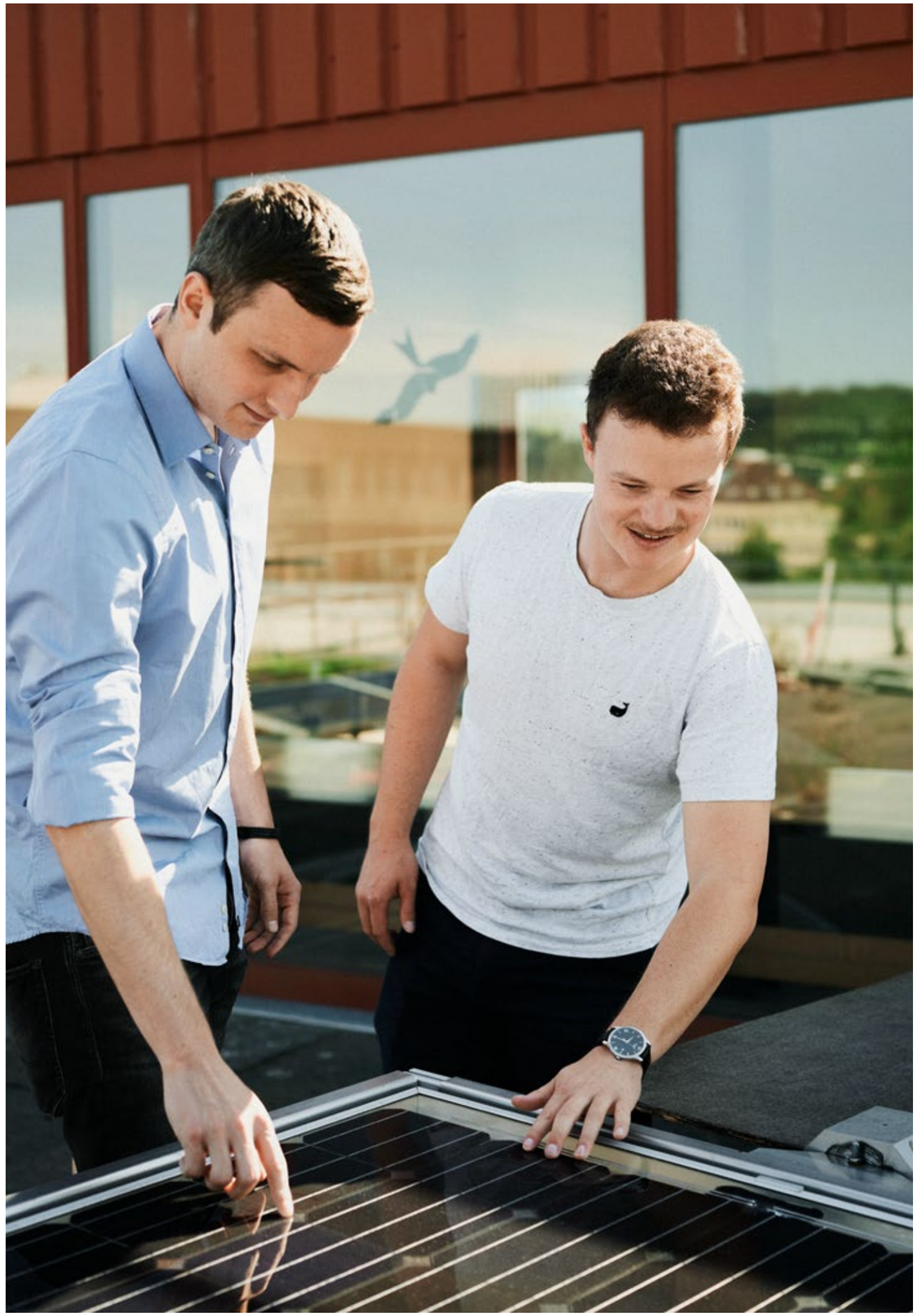
PB: Die Datenverarbeitung hat uns viel Zeit gekostet. Fehlerhafte Messgeräte haben uns anfangs zusätzlich das Leben schwer gemacht. Es sind Lücken in den Datensätzen entstanden. Und weil es so viele Daten waren, mussten wir das irgendwie automatisieren. Also haben wir dafür die Programmiersprache Python erlernt.

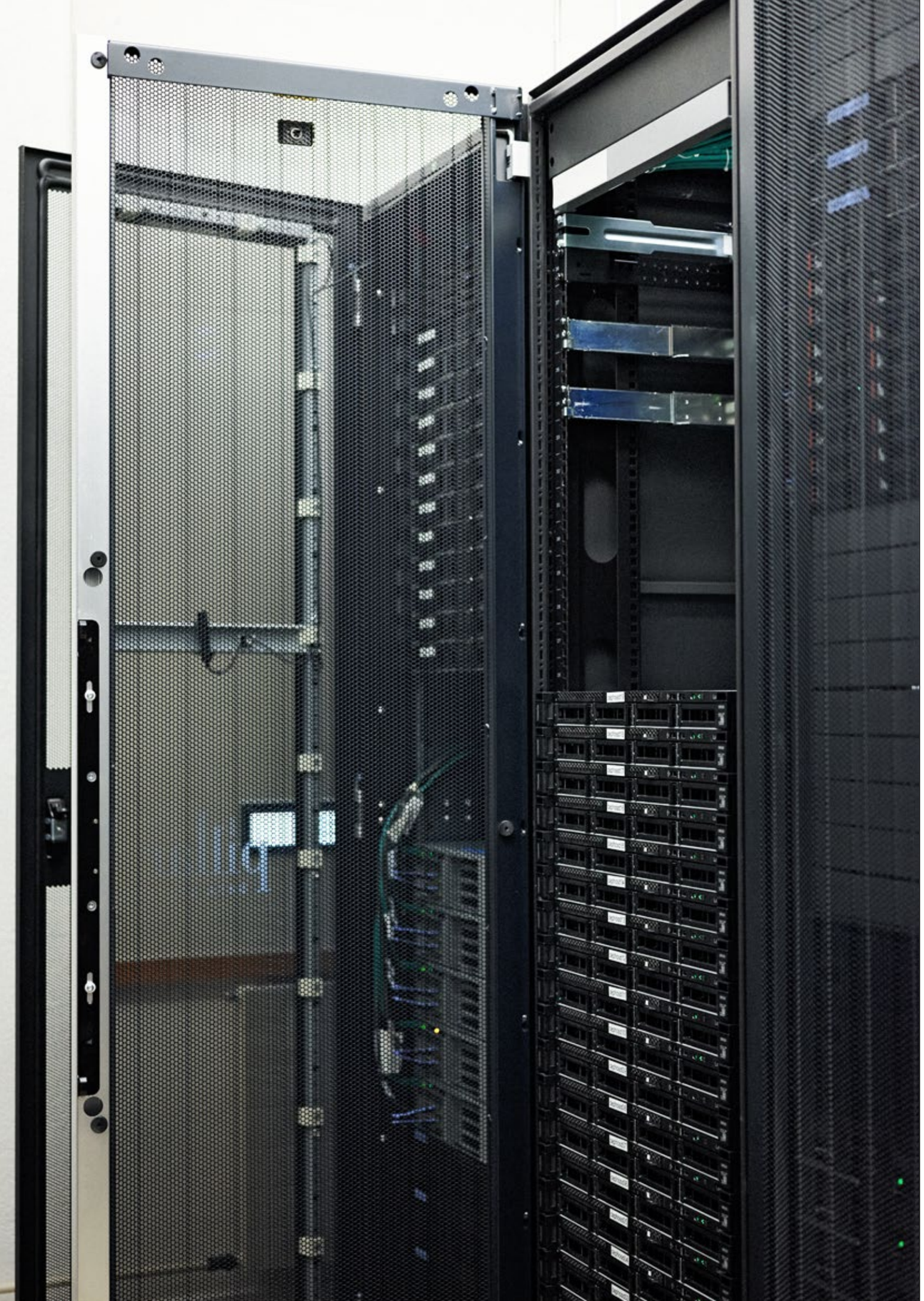
DW: Auch die reale Umsetzung in einen Prototyp war eine grosse Herausforderung. In der Simulation kann vieles funktionieren und dann merkt man bei den realen Tests, dass auf einmal Faktoren eine Rolle spielen, an die man gar nicht gedacht hatte.

Wie hat das mit der Umsetzung geklappt?

PB: Wir konnten die Lösung in meinem Elternhaus umsetzen. Wir haben vor allem die Ansteuerung ausprobiert und Messungen gemacht. Über eine längere Zeit konnten wir das System noch nicht testen.

DW: Es ist zwar nur ein Prototyp, aber wir sind überzeugt von der Idee, eine solche Steuerung ins Haus einzubauen, die dann selbständig das Haus 'kennenlernt'. Da der Installationsaufwand überschaubar ist und sich die Kosten im Rahmen halten, sehe ich reelle Chancen, dass solche Lösungen Zukunft haben.





INFORMATIK

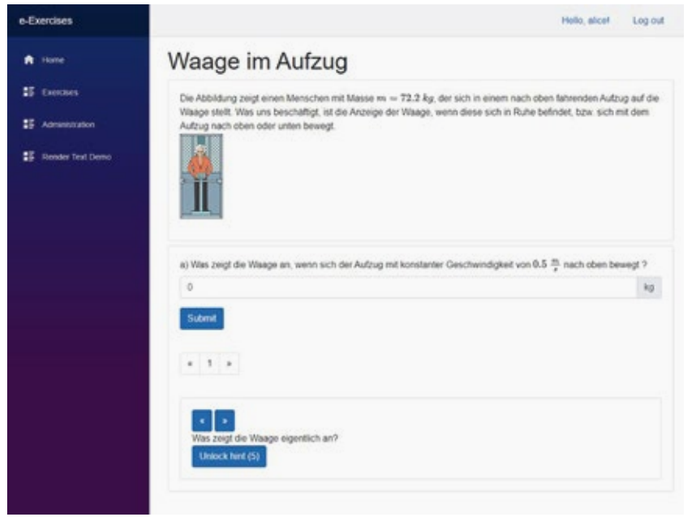
Die Informatik verändert sich rasant und durchdringt inzwischen fast alle Lebensbereiche. Nahezu täglich entstehen neue Technologien und Anwendungsgebiete. Ebenso schnell ändern und erweitern sich die sehr vielfältigen Berufsbilder. Heute sind hochqualifizierte, kommunikative Ingenieurinnen und Ingenieure gefragt, die im Team innovative Lösungen entwickeln.

Spielend zum Lernerfolg

Auch im Studium schreitet die Digitalisierung voran. An der ZHAW School of Engineering wird unter anderem eine Gamification-App für Übungsaufgaben eingesetzt. Jan Albert und Kreshnik Sadriu haben das Programm neu geschrieben.

Jan Albert und Kreshnik Sadriu haben eine Programmiersprache verwendet, die sie künftig auch im Berufsleben einsetzen werden.

«Unsere Code-Struktur ist einfach und kompakt gehalten.» **Jan Albert**



1

1 Gamification-Ansatz: Wer in der Web-App «eEx» Übungsaufgaben löst, sammelt dafür Punkte.

2 «eEx» steht für die an der ZHAW entwickelte Web-Applikation e-Exercices.

2

Am klassischen Frontalunterricht führt im Studium kein Weg vorbei. Zur Unterstützung halten aber längst auch digitale Tools Einzug in den Lehrbetrieb. Ein Ansatz für das digitale Lösen von Übungsaufgaben ist die an der ZHAW entwickelte Web-Applikation e-Exercises – kurz eEx. Die Onlineplattform für Studierende und Lehrpersonen bereichert die Übungen mit Elementen aus Computerspielen. ZHAW-Dozent Kurt Pernstich hat den Prototyp von eEx bereits in einem realen Unterrichtsszenario getestet. Das hat ihm unter anderem die Erkenntnis gebracht, dass die bislang verwendete Programmiersprache nicht ideal ist. Die Informatik-Absolventen Jan Albert und Kreshnik Sadriu haben das Programm von Grund auf überarbeitet.

Einfach und kompakt gehalten

Die Absolventen haben eEx unter Verwendung von ASP.NET und Blazor, einem erstklassigen Framework für Web-Entwicklung, neu erstellt. In der Gestaltung hatten sie dabei viel Spielraum, wie Jan Albert schildert: «Wir haben uns in der Architektur daran orientiert, wie die fertige Anwendung aussehen soll. Ein paar Rahmenbedingungen waren vorgegeben, ansonsten waren wir sehr frei in der Umsetzung.» Und Kreshnik Sadriu ergänzt: «Wir haben dabei auch von den Erfahrungen unseres Dozenten profitiert, der ja bereits den Prototyp mitentwickelt hatte.» In der von ihnen entwickelten Webanwendung haben die Absolventen einige der grundlegenden Funktionalitäten des ursprünglichen Prototyps implementiert und sich gleichzeitig auf gut dokumentierten sowie leicht erweiterbaren Code konzentriert. «Unsere Code-Struktur ist einfach und kompakt gehalten», sagt Jan Albert. «Für die künftige Weiterentwicklung können nun unsere Komponenten verwendet werden.»

Weg für Weiterentwicklung geebnet

In der neuen Version von eEx können sich alle Nutzenden mit Hilfe der professionellen Identitäts-Programmierschnittstelle von Microsoft sicher registrieren und auf der Website anmelden. Dozierende können Übungen erstellen und für Studierende freischalten. Die Studierenden können die Übungsaufgaben mit oder ohne Hilfe von Hinweisen lösen. Die Neuerstellung des Projekts in einer modernen Programmiersprache beseitigte nicht nur die Nachteile des alten Prototyps, sondern ebnet auch den Weg für zukünftige Entwicklungen.

«Ich bin überzeugt vom Gamification-Ansatz in der Lehre. Auf Basis der Bachelorarbeit werden wir das Programm eEx weiterentwickeln, damit es künftig fester Bestandteil der fortschreitenden Digitalisierung des Unterrichts wird.»

Dr. Kurt Pernstich, Dozent für Physik

Jan Albert, Kreshnik Sadriu Betreuung: Kurt Pernstich, Walter Eich

Digitalisierung der Lehre mittels Gamification-App

Spielzeug oder doch Lebensretter?

In ihrer Bachelorarbeit haben die Absolventen David Gaudlitz und Andrej Luchsinger eine Virtual Reality-Umgebung entwickelt, mit der sich ein Roboterauto steuern lässt. Damit ergänzen sie die Abschlussarbeit zweier Absolventen aus der Systemtechnik.

Hatten Spass an ihrer Bachelorarbeit: David Gaudlitz und Andrej Luchsinger.

«Es ist gut vorstellbar, dass so ein Fahrzeug in Katastrophengebieten zum Einsatz kommen kann.»

David Gaudlitz

1

1 Die Absolventen haben auch das Interieur gestaltet.

2 Das Roboterauto macht nicht nur Spass, sondern könnte auch ernsthafte Anwendungen finden.

2

«Unsere Arbeit hatte definitiv Spassfaktor», findet David Gaudlitz. Schon im letzten Semester ihres Informatikstudiums belegten er und Andrej Luchsinger das Modul Gamedevelopment und arbeiteten mit der Entwicklungsumgebung Unity. Für beide war klar, dass sie diese Erfahrungen in ihrer Bachelorarbeit nutzen wollten. Die Möglichkeit dazu ergab sich aus der Freundschaft zu zwei Absolventen des Studiengangs Systemtechnik. Gemeinsam entwickelte die Gruppe ein durch Virtual Reality (VR) gesteuertes Roboterauto.

Kleine Kameras, grosse Herausforderung

Beide Teams hatten natürlich ihre eigenen Aufgabenbereiche. Während die Systemtechniker das Auto bauten, waren David Gaudlitz und Andrej Luchsinger für die Übertragung der Daten und die 3D-Visualisierung im VR-Programm zuständig. Neben den Sensordaten für Geschwindigkeit, Abstand oder Akkustand, mussten auch die Bilder zweier Kameras übertragen werden. Dies entpuppte sich als Herausforderung. «Wir haben Drohnenkameras verwendet, die eine recht geringe Auflösung haben», so David Gaudlitz. «VR-Anwendungen brauchen aber hohe Auflösungen.» Ausserdem sind diese Kameras und deren Empfänger geschlossene Systeme, die keine Sensordaten senden können. «Das Problem haben wir mit Arduino-Mikrocontroller behoben, die die Sensordaten über ein eigenes Netzwerk schicken», erklärt Andrej Luchsinger.

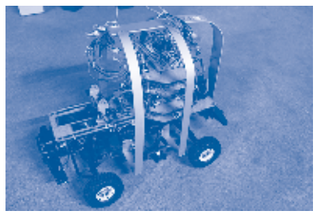
Echtes Fahrgefühl

Als Ergebnis konnten die beiden Informatik-Absolventen eine VR-Umgebung zum Projekt beisteuern, die ein Echtzeit-Fahrgefühl ermöglicht. Durch die im Computer übereinander gelegten Kamerabilder entsteht ein dreidimensionales Bild. Wie real die Erfahrung ist, erlebte einer der Systemtechnikkollegen in der Testphase. «Beim Bremsen wäre er fast vom Stuhl gefallen, weil er mit der üblichen Krafteinwirkung gerechnet hatte», erzählt David Gaudlitz.

Mehr als ein Spielzeug

So ein VR-Roboterauto macht in der Entwicklung und vor allem beim Testen Spass. Die Arbeit der Absolventen leistet darüber hinaus einen wertvollen Beitrag für weitere Anwendungsbereiche. «Es ist gut vorstellbar, dass so ein Fahrzeug in Katastrophengebieten zum Einsatz kommen kann», sagt David Gaudlitz und Andrej Luchsinger erläutert: «Zum Beispiel könnte man damit in eingestürzten Gebäuden nach verschütteten Menschen suchen.».

In der Partnerbachelorarbeit haben Marco Krizanac und Daniel Wyder den Racing Robot entwickelt, das ein Fahrverhalten wie ein echtes Auto hat. Ein Assistenzsystem unterstützt den Fahrer und soll Unfällen vorbeugen. Das kleine Elektrofahrzeug ist dank eines 4×4-Differentialgetriebes sogar geländegängig.



David Gaudlitz, Andrej Luchsinger Betreuung: Reto Knaack

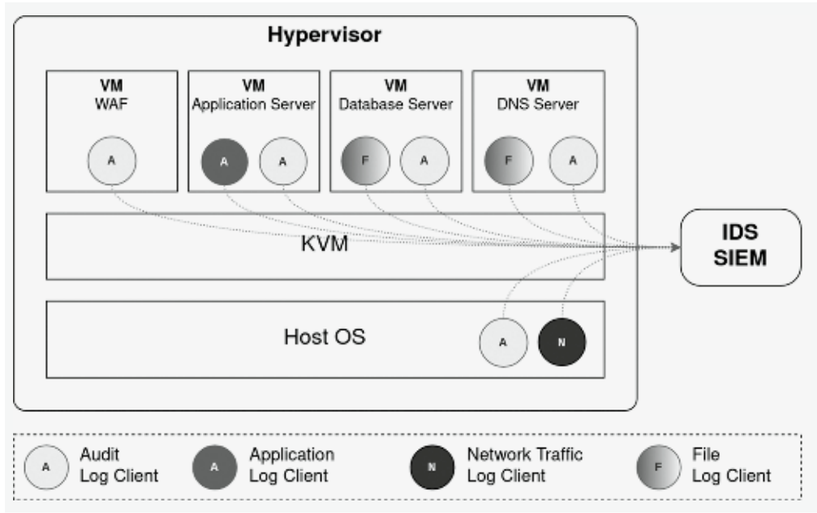
VR Racing Robot

Unwiderstehliche Fallen stellen

Cyberkriminelle können hohe Schäden bei Unternehmen verursachen. Honeypots locken sie jedoch auf eine falsche Fährte und sammeln Daten zu den Angriffen. Rémy Keil und Benjamin Pereto haben für einen Industriepartner ein solches Honeynet entwickelt, mit dem Angreifer in die Falle gehen sollen.

Benjamin Pereto und Rémy Keil haben sich für ihre Arbeit auf neues Terrain begeben.

«Wir haben eine Architektur entwickelt, die eine möglichst identische Nachbildung der produktiven Umgebung des Industriepartners ist.» Benjamin Pereto

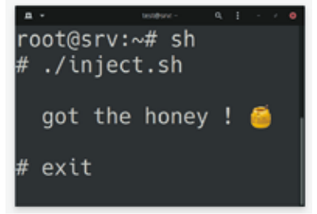


1

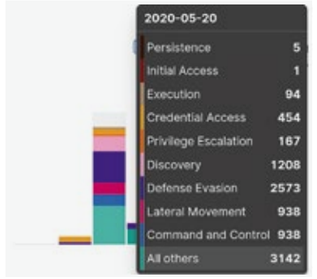
1 So sieht die Architektur der Honeynet-Lösung aus.

2 Der Angreifer ist in die Falle getappt.

3 Mit der Honeynet-Lösung können die Attacken nach verschiedenen Angriffstaktiken kategorisiert werden.



2



3

Immer mehr Unternehmen setzen in der Bekämpfung von Cyberattacken sogenannte Honeypots ein. Zum einen sollen diese «Honigtöpfe» die Angreifer vom eigentlichen System ablenken. Zum anderen sammeln sie die Daten aus dem Angriff, um sie für den Aufbau eines sicheren Systems zu nutzen. Auch der Industriepartner für die Abschlussarbeit von Rémy Keil und Benjamin Pereto hatte bereits einen Honeypot implementiert, war aber mit der eigenen Lösung noch nicht zufrieden. «Das System hatte eine zu hohe False-Positive-Rate», erklärt Rémy Keil. «Es hat also Zugriffe als Angriffe erkannt, die keine waren.»

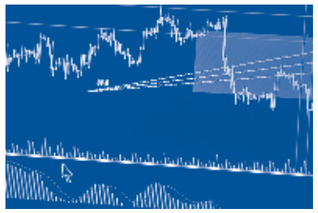
Nachbildungen locken auf die falsche Fährte

Die Absolventen des Studiengangs Informatik hatten die Aufgabe, eine umfassende Lösung zu entwickeln, die neue Angriffstechniken erkennt und eine optimierte False-Positive-Rate aufweist. Dafür analysierten sie zuerst die Umgebung des Industriepartners und erstellten ein Angreifer- und Bedrohungsmodell. Dementsprechend erarbeiteten sie eine Lösung aus mehreren High-Interaction-Honeypots, ein sogenanntes Honeynet. «Wir haben damit eine Architektur entwickelt, die eine möglichst identische Nachbildung der produktiven Umgebung des Industriepartners ist», sagt Benjamin Pereto.

Mit der klassischen Lösung zum Ziel

Um Angriffe sicher erkennen zu können, implementierten die Absolventen Detection Rules und experimentierten mit einer durch Machine Learning gestützten Anomalieerkennung. Dadurch sollte nicht nur der Wartungsaufwand für das System reduziert, sondern auch dessen Wiederverwendbarkeit gewährleistet werden. «In dieses Thema mussten wir uns einarbeiten, da es sich für uns um eine neue Technologie handelt», erklärt Benjamin Pereto und Remy Keil ergänzt: «Eine wirklich umfassende Anwendung davon hätte auch den Umfang der Arbeit gesprengt.» Der Machine Learning-Ansatz konnte die beiden Absolventen in den durchgeführten Tests nicht in allen Fällen überzeugen. Die False-Positive-Rate liess sich auf diese Weise nicht genügend reduzieren. «Die klassischen Detection-Rules funktionieren dagegen sehr gut», findet Benjamin Pereto. So bietet die Bachelorarbeit dem Industriepartner eine gute Basis, um seine IT-Umgebung künftig noch besser abzusichern.

Die Meldungen über Cyberattacken gegen Unternehmen häufen sich. Diese haben oft Betriebsstörungen und -ausfälle zur Folge. Damit verbunden sind hohe Kosten für die Aufklärung und den Wiederaufbau der IT-Systeme. Gleichzeitig erfahren die Firmen Reputationsverluste und umfassende Untersuchungen, wenn sensible Daten gestohlen werden.



Rémy Keil, Benjamin Pereto Betreuung: Peter Berlich
Angriffserkennung auf einer abgesicherten Plattform mit Hilfe von Honeypots

MASCHINEN-TECHNIK

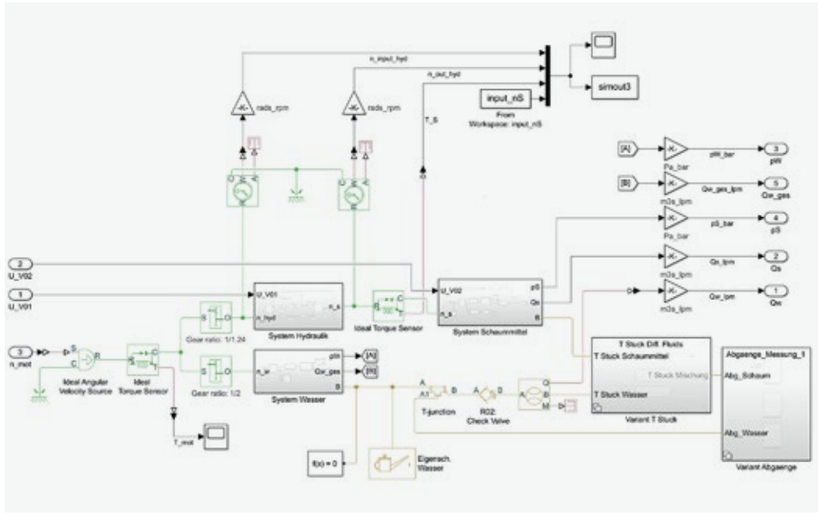
Die Maschinentechnik als Motor der technischen Innovation ist Spitzenreiter der Schweizer Exportindustrie und zählt zu den wichtigsten Produktionszweigen mit spannenden Aufgaben. An fast jedem Produkt, das neu entwickelt und produziert wird, sind Maschineningenieurinnen und -ingenieure beteiligt.

Die richtige Dosis macht’s

Um die Umwelt beim Löschen von Bränden zu schonen, hat ein Schaummittelhersteller seine Dosierungsvorgaben angepasst. Viele Tanklöschfahrzeuge müssen deshalb die Zumischung genauer regeln. François Fust und Sara Lehmann haben dafür eine Lösung erarbeitet.

Mit ihrer Bachelorarbeit leisten François Fust und Sara Lehmann wichtige Arbeit für eine ganze Branche und auch für die Umwelt.

«Wir konnten das Modell mit ausführlichen Messungen am Fahrzeug validieren.» **François Fust**



1

1 Die Simulation zeigt, wie komplex das Innere eines Tanklöschfahrzeugs ist.

2 Auch die Feuerwehr möchte möglichst umweltschonend agieren.

3 Das mathematische Modell konnte mit Messungen an einem realen Fahrzeug validiert werden.

2

3

Neben Wasser nutzen Feuerwehren auch Löschschaum, zum Beispiel beim Löschen von Flüssigkeitsbränden. Dafür wird Wasser mit einem Schaummittel verschäumt. Obwohl diese Schaummittel nur in sehr geringen Mengen zur Anwendung kommen, belasten sie die Umwelt stark. Deswegen wurde der Anteil zugemischter Schaummittel von acht auf maximal drei Prozent reduziert. Für Hersteller von Tanklöschfahrzeugen wie die Firma Carrosserie Rusterholz AG ergibt sich daraus eine neue Herausforderung, da die Schaummittelregelung genauer arbeiten muss. «Die höchste Anforderung an dem Regelsystem geschieht vor allem bei sehr kurzen Löscheinsätzen», erklärt Sara Lehmann. Die Maschinentechnikabsolventin ist selbst Mitglied einer Feuerwehr und hat sich zusammen mit François Fust des Themas angenommen. In ihrer Bachelorarbeit haben sie eine präzisiere Zumischratenregelung für den Industriepartner entwickelt.

Neue Komponenten für das System

In einem ersten Schritt haben sie dafür das bestehende System untersucht. Dabei stellten die Absolventin und der Absolvent Optimierungsbedarf für einige der verwendeten Komponenten fest. Anschliessend erstellten sie ein mathematisches Modell der relevanten Teile in Simulink® und Simscape®. «Wir konnten das Modell mit ausführlichen Messungen am Fahrzeug validieren», sagt François Fust. Damit hatten sie eine gute Basis für die komplette Neuauslegung der Zumischregelung. «Zum Auftrag der Carrosserie Rusterholz AG gehörte auch, dass wir Vorschläge für neue Komponenten machen», führt Sara Lehmann aus. «Diese Empfehlungen und deren Vorteile gegenüber herkömmlichen Lösungen konnten wir in der Simulation modellieren», ergänzt François Fust. Sie empfahlen dem Industriepartner ein neues Regelventil sowie einen kleineren Durchflusssensor, um dessen Auflösung an die kleineren Schaummittelflüsse anzupassen.

Eine gute Ausgangslage

Implementieren konnten die Absolventin und der Absolvent ihre Lösungsvorschläge nicht. «Das hätte den Rahmen der Bachelorarbeit gesprengt; wir hatten schlichtweg zu wenig Zeit», sagt Sara Lehmann. «Das könnte aber Inhalt folgender studentischer Arbeiten sein», findet François Fust. Auf jeden Fall bietet sich dem Industriepartner nun eine gute Ausgangslage, um Tanklöschfahrzeuge mit einer umweltschonenderen Schaummittelregelung auszustatten.

«Mit ihrer Bachelorarbeit haben Sara Lehmann und François Fust einen Lösungsansatz geschaffen, welchen wir weiterverfolgen werden zugunsten der Einsatzsicherheit und des Umweltschutzes.»

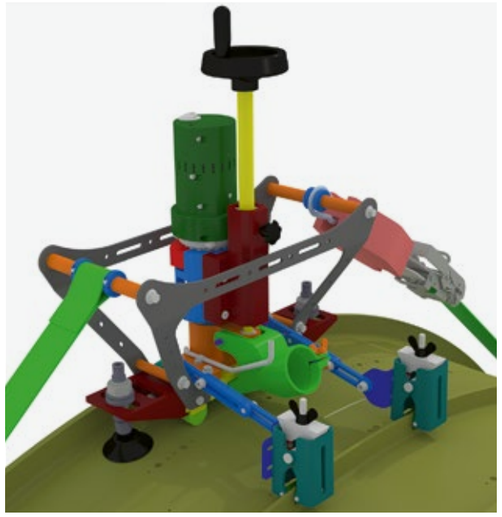
Karl Rusterholz, Mitinhaber und Geschäftsleitung Carrosserie Rusterholz AG

Reparieren mit weniger Aufwand

Die Reparatur von korrodierten Bohrungen an einem Triebwerk gestaltet sich äusserst aufwändig. Dank der Vorarbeit von Adrian Abegglen und Lukas Wick könnte sich das künftig ändern. Die beiden Absolventen haben detaillierte Pläne für ein mobiles Reparatursystem entwickelt.

Adrian Abegglen und Lukas Wick haben ein mobiles Reparatursystem entwickelt.

«Es geht darum, die Reparatur künftig mithilfe einer mobilen Apparatur lokal durchführen zu können, ohne das Triebwerk zu zerlegen.» **Lukas Wick**



1

2

1 Die finale Lösung haben die Absolventen als CAD-Modell ausgearbeitet.

2 Das Funktionsmuster wurde mit einem Akkubohrer aufgebaut.

3 So sieht die Bohrung vor und nach der Reparatur aus.

3

Das Downstream Fan Case ist ein Gehäuseelement an Mantelstromtriebwerken. An diesem Bauteil aus Aluminium gibt es Bohrungen, die von Korrosion betroffen sein können. Ist das der Fall, muss das Triebwerk aufwändig repariert werden. «Bisher hat man dafür das ganz Triebwerk auseinandernehmen müssen», weiss Adrian Abegglen. «Dafür sind spezielle Maschinen notwendig. Die Reparatur kann dann mehrere Wochen in Anspruch nehmen.» Er hat zusammen mit Lukas Wick diesen Prozess bereits in der Projektarbeit analysiert und Lösungsvorschläge erarbeitet. «Es geht darum, die Reparatur künftig mithilfe einer mobilen Apparatur lokal durchführen zu können, ohne das Triebwerk zu zerlegen», erklärt Lukas Wick. In Kooperation mit SR Technics haben die Maschinentechnik-Absolventen eine Lösung für einen bestimmten Triebwerktyp ausgearbeitet und getestet.

Fehler gefunden und behoben

Ihr Konzept haben die beiden Absolventen mit einem Funktionsmuster überprüft. «Dabei haben wir das System mit einer Akkubohrmaschine getestet», erläutert Adrian Abegglen. «So liessen sich Fehler eruieren, die wir im CAD-Modell noch nicht feststellen konnten.» In der Konsequenz mussten die Absolventen grundlegende Funktionen neu überdenken und bearbeiten. Die Resultate aus den Versuchen flossen direkt in die Konstruktion ein. Gleichzeitig haben sie von der engen Zusammenarbeit mit dem Wirtschaftspartner profitiert.

System bereit zur Umsetzung

Durch die Einschränkungen des Lockdowns wurde eine praktische Umsetzung der finalen Lösung unmöglich. Deshalb lag der Fokus auf der detaillierten Konstruktion im CAD-Modell, wie Lukas Wick erklärt: «Wir haben alle Fertigungsunterlagen so ausgearbeitet, dass der Kunde die Teile kaufen oder herstellen lassen kann. Jedes Teil hat eine Fertigungszeichnung. Dazu gibt es auch noch eine Anwenderanleitung.» Die Ergebnisse ihrer Bachelorarbeit präsentierten die Absolventen der Geschäftsleitung der SR Technics. Das künftige Einsparpotenzial im Reparaturprozess schätzen die Absolventen als gross genug ein, dass sich die Umsetzung der Lösung für das Unternehmen lohnen würde. Adrian Abegglen: «Wir sind überzeugt, dass sich die Instandstellung der korrodierten Bohrungen mit unserem Reparatursystem auf wenige Tage verkürzen wird.»

«Derzeit muss der gesamte vordere Motorbereich des CFM56-Triebwerks zerlegt werden, um die Reparatur durchzuführen. Mit dem Konzept, die Zerspanungsmaschine zum Bauteil kommen zu lassen, können wir das ändern. Wir sehen den Verbesserungen in Reparaturgeschwindigkeit und Kostenaufwand freudig entgegen.»

Dr. Stefan Czerner, Innovation Manager, R&D bei SR Technics

Adrian Abegglen, Lukas Wick Betreuung: Andreas Kirchheim, Hanspeter Sautter
Mobiles Reparatursystem an Flugzeugtriebwerken

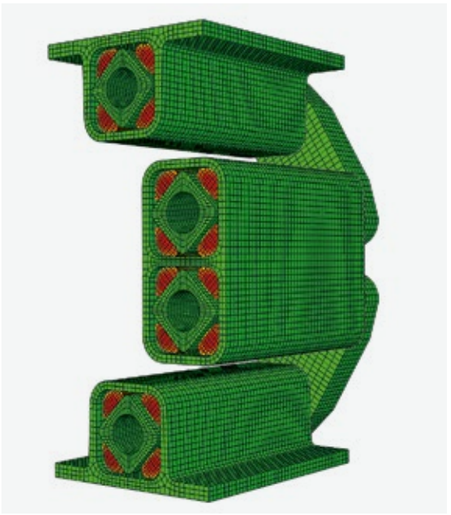
Simulation mit Schwung

Bianca Egli und Philipp Kramser haben Materialproben eines Schwingelements intensiv getestet. Mit den daraus gewonnenen Daten haben sie in ihrer Bachelorarbeit den Grundstein für einen digitalen Zwilling des Bauteils gelegt. Dieser könnte künftig bei der Produktentwicklung eine Rolle spielen.

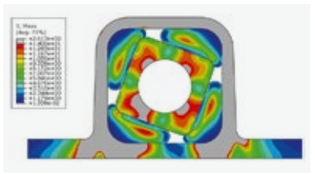
Bianca Egli und Philipp Kramser machten ausführliche Materialtests, bevor sie ihre Simulation programmierten.

«Zur Validierung der Daten des Materialmodells empfehlen wir zusätzliche experimentelle Versuche mit den Schwingungsdämpfern im Labor.» **Philipp Kramser**

1



2



3

1 Die Daten für das Materialmodell wurden in experimentellen Versuchen ermittelt. Auf dieser Basis konnte die Genauigkeit der Simulationen verbessert werden.

2 Auch der komplette Schwingungsdämpfer wurde dreidimensional modelliert.

3 Die Simulation zeigt den Spannungszustand im Dämpferelement.

Die ROSTA AG entwickelt und fertigt seit über siebzig Jahren Gummifeder- und Dämpfungssysteme. Ihr Kerngeschäft ist dabei die Schwingförder-Technologie, die beispielsweise für Schüttgut oder in Minen zum Einsatz kommt. So dienen Schwingungsdämpfer der Firma dazu, dass sich die Vibrationen der Schwingförderer nicht auf die Umgebung ausbreiten. Die dämpfenden Elemente bestehen dabei aus Gummi. In ihrer Maschinentechnik-Bachelorarbeit haben Bianca Egli und Philipp Kramser das mechanische Veralten des Gummi-Schwingelements simuliert, um die Basis für einen digitalen Zwilling zu schaffen. Dieser kann künftig zusätzlichen Kundennutzen für den Anwender schaffen.

Gummi auf der Streckbank

Die Absolventin und der Absolvent unterzogen den verwendeten Gummi ausführlichen Materialtests, um an die Daten für ihre Materialmodelle zu kommen. «Das Labor des Instituts für Mechanische Systeme ist unglaublich gut ausgestattet», sagt Philipp Kramser. «Dort konnten wir alle wichtigen Zug- und Drucktests am Material durchführen.» Die aus den Tests abgeleiteten Materialmodelle beschreiben das mechanische Verhalten des Gummis als Kernstück der Schwingungsdämpfer. Bianca Egli und Philipp Kramser pflegten das Modell in ihre Finite-Elemente-Simulation ein, um die Verformung und Belastung des mechanischen Bauteils zu berechnen. Die Simulation des mechanischen Verhaltens von Gummi ist jedoch sehr anspruchsvoll. «Im Gegensatz zu Materialien wie Stahl verhält sich Gummi nicht linear», so Bianca Egli. «Das fordert eine sorgfältige Modellierung.» In verschiedenen Simulationsansätzen erstellten sie eine detaillierte Simulation des kompletten Schwingungsdämpfers in 2D und 3D.

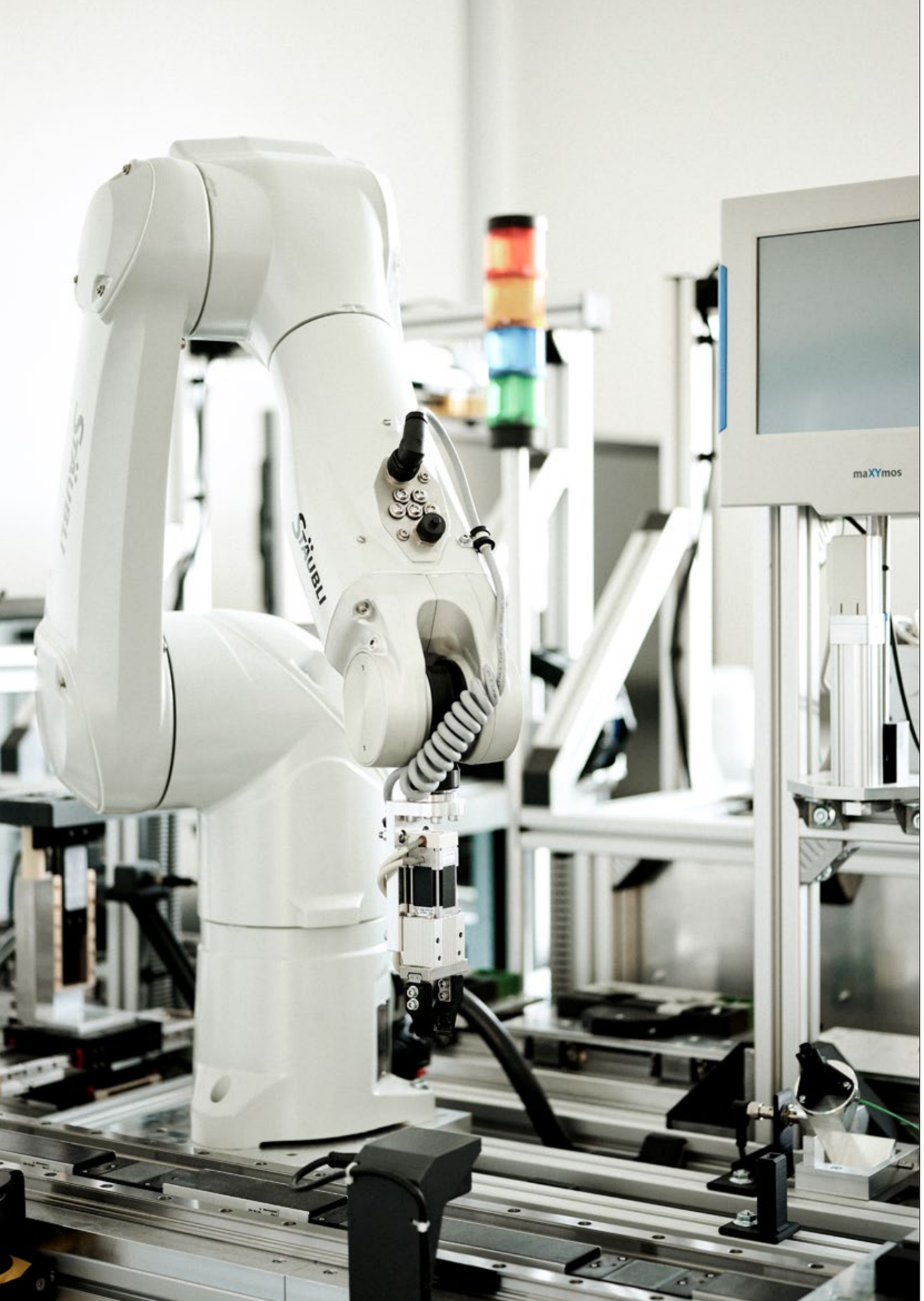
Validierung durch experimentelle Versuche

Mit diesen Modellen lassen sich nun das Kraft-Verschiebungsverhalten und die Eigenfrequenz rein rechnerisch vorhersagen. «Zur Validierung der Daten des Materialmodells empfehlen wir zusätzliche experimentelle Versuche mit den Schwingungsdämpfern im Labor», erklärt Philipp Kramser. Auf dieser Basis kann die ROSTA AG ihre Produktentwicklung in Zukunft durch Simulationen unterstützen und für ihre Kunden einen digitalen Zwilling erstellen, der Änderungen im Fördersystem oder im Schwingungsdämpfer selbst erkennt. Damit kann zusätzlicher Kundennutzen geschaffen werden, indem beispielsweise die Betriebsparameter optimiert oder automatisch Ersatzteile bestellt werden können.

«Die Arbeit ist ein wichtiger Schritt in Richtung Prozess-Monitoring – nicht nur für ROSTA, sondern auch für unsere Industrien. Gelingt das Vorhaben, Prozessdaten mit einem digitalen Zwilling des ROSTA-Elements zu generieren, dann hätte das definitiv Game-Changing-Charakter und würde die marktführende Position von ROSTA weiter ausbauen.»

Patrick Baumann, Development Engineer ROSTA AG

Bianca Egli, Philipp Kramser Betreuung: Thomas Mayer, Robert Eberlein
Modellierung eines Schwingelements aus Gummi



SYSTEMTECHNIK

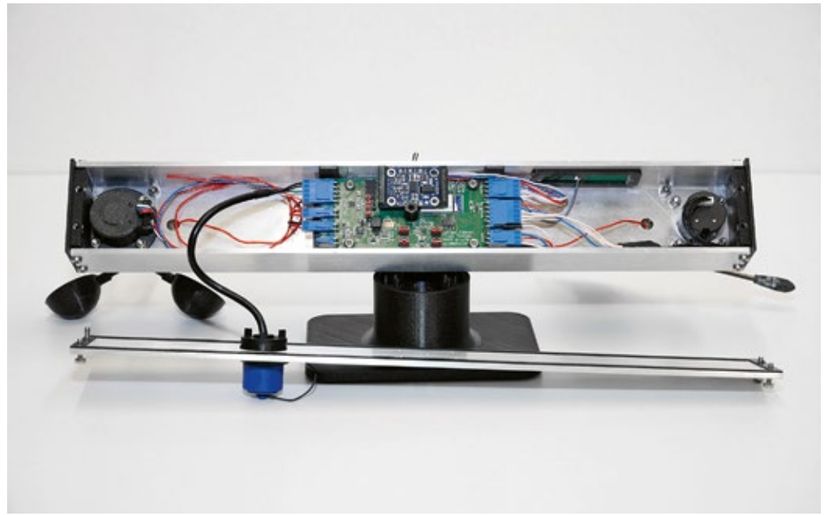
Mit der wachsenden Komplexität technischer Produkte gewinnt auch die Systemtechnik an Bedeutung. Diese Ingenieursdisziplin vereint die mechanischen, elektronischen, optischen und softwaretechnischen Komponenten, um innovative Lösungen in Robotik, Medizintechnik, Automatisierungstechnik oder Sensorik zu schaffen.

Wissen, woher der Wind weht

Michael Fluck und Fabian Wenger haben in ihrer Systemtechnik-Bachelorarbeit ein mobiles Windmessgerät entwickelt. Es könnte als Hilfsmittel an Segelregatten zum Einsatz kommen, um den zu fahrenden Kurs zu bestimmen.

Fabian Wenger und Michael Fluck haben ein Windmessgerät von Grund auf entwickelt.

«Wir haben alle Komponenten für den Einsatz bei rauen Wetterbedingungen ausgelegt.» Fabian Wenger

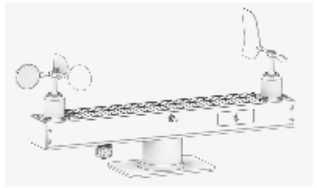


1

1 Vier Leiterplatten wurden in einem wetterfesten Gehäuse verbaut.

2 Aus dem gezeichneten Modell des Windessgeräts wurde…

3 …schliesslich ein funktionstüchtiger Prototyp.



2

3

Die Windmessung an einer Segelregatta erfolgt häufig in Handarbeit. Mit dem von Michael Fluck und Fabian Wenger entwickelten Windmessgerät lässt sich hingegen automatisch ein Verlauf von Windrichtung und Windgeschwindigkeit über einen bestimmten Zeitraum erstellen. Die Rennleitung kann sich so ein genaueres Bild der Windverhältnisse machen, um dann die Bojen auf der Strecke gezielt zu positionieren.

Wetterfeste Elektronik
Die notwendige Elektronik, um die Signale von Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitssensor zu verarbeiten, haben die Absolventen auf vier Leiterplatten verteilt. Diese haben sie in einem eigens konstruierten Gehäuse verbaut. «Wir haben alle Komponenten für den Einsatz bei rauen Wetterbedingungen ausgelegt», sagt Fabian Wenger, der selbst ein begeisterter Segler ist. «Die Elektronik sollte Wasserspritzern oder leichten Regengüssen standhalten.» Für den Prototyp haben die Absolventen aus Kostengründen die meisten Bauteile mit dem 3D-Drucker gefertigt.

Solarzellen und Handy-App
Damit das Messgerät nicht manuell aufgeladen werden muss, haben die Absolventen eine energieautarke Lösung erarbeitet. Solarzellen sorgen für die nötige Energie. In einem Akku wird sie zwischengespeichert. Zusätzlich steht eine USB-Ladebuchse zum schnellen Aufladen zur Verfügung. Die vom Gerät gemessenen Winddaten werden mittels Bluetooth Low Energy übertragen und in einer eigens entwickelten App auf dem Smartphone dargestellt. Nebst der Darstellung der aktuellen Messwerte kann zudem der Verlauf der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung angezeigt und sogar als Datei exportiert werden. Um während der Fahrt mit dem Boot den wahren Wind zu berechnen, können über das Smartphone zusätzlich die aktuelle GPS-Position und die eigene Geschwindigkeit ausgelesen werden.

Viel dazugelernt
Das Erstellen der Software sei für sie neu gewesen und habe sie somit auch vor eine grosse Herausforderung gestellt, sind sich die Absolventen einig. «Aber wir haben uns nicht davor gescheut und darum viel dazugelernt», sagt Michael Fluck. In den realen Tests hat sich schliesslich gezeigt, dass der Prototyp in der Lage ist, die Windverhältnisse zu messen und zu dokumentieren – nicht immer ganz fehlerfrei, aber automatisch und energieautark.

Bei einer Regatta werden die abzusegelnden Bahnen häufig mit schwimmenden Bojen markiert. Wartet man damit bis kurz vor dem Start, können sie unter Berücksichtigung der aktuellen Windverhältnisse positioniert werden. Die Bojen werden dann meist so ausgerichtet, dass eine der Verbindungslinien in Windrichtung liegt.

Michael Fluck, Fabian Wenger Betreuung: Juan-Mario Gruber

Energieautarker Windmonitor mit Bluetooth Low Energy

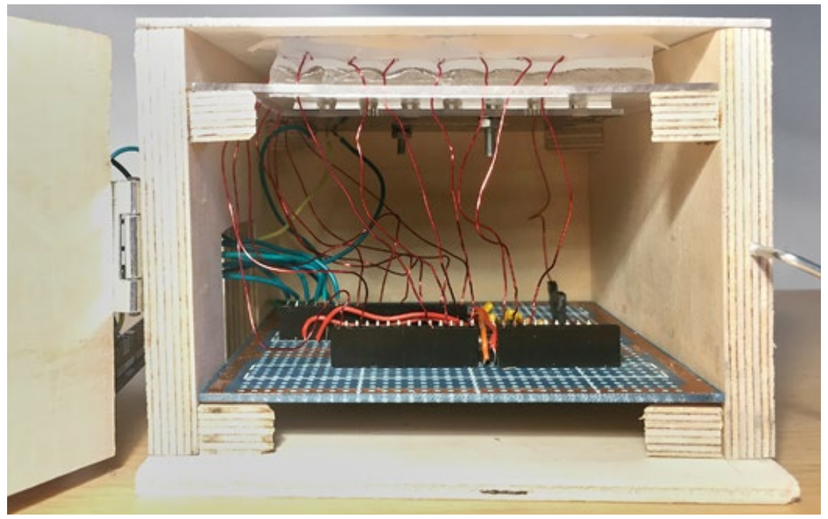
Künstliche Haut, die fühlt

Eine der vielen Eigenschaften menschlicher Haut ist das Wahrnehmen von Berührungen und Druck. Dieses Empfinden soll in Zukunft technisch imitiert werden. Jacqueline Blunschi und Renske Sassenburg haben in ihrer Bachelorarbeit eine solche künstliche Haut entwickelt.

Renske Sassenburg und Jacqueline Blunschi haben ein Modell entwickelt, das die taktile Wahrnehmung von Haut imitiert.

«Zukünftig könnten Kollisionen zwischen Menschen und Robotern verhindert werden, wenn Roboter Berührungen wahrnehmen und entsprechend reagieren könnten.»

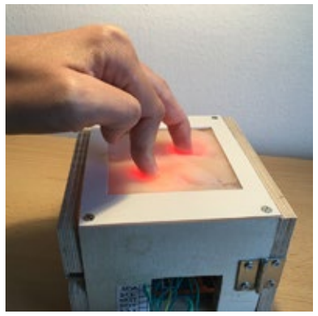
Jacqueline Blunschi



1

1 Eine Matrix aus Kupferdrähten in der mittleren Hautschicht (Dermis) nimmt den Druck wahr.

2 Das Modell zeigt mittels LEDs die wahrgenommene Berührung an.



2

Die Haut ist das grösste Sinnesorgan des Menschen. Vor allem die taktile Wahrnehmung ist eine ihrer wichtigsten Funktionen. Dieser Tast- und Empfindungssinn soll in Zukunft auch technisch nachgebildet werden. Jacqueline Blunschi und Renske Sassenburg haben in ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Systemtechnik ein künstliches Hautmodell entwickelt, das Druck wahrnehmen kann. «Zukünftig könnten Kollisionen zwischen Menschen und Robotern verhindert werden, wenn Roboter Berührungen wahrnehmen und entsprechend reagieren könnten», erklärt Jacqueline Blunschi. «Und auch Menschen mit Prothesen oder schweren Verbrennungen könnten dank künstlicher Haut wieder fühlen», so Renske Sassenburg.

Haut aus Silikon und Draht

Den Prototyp des Hautmodells haben die beiden Absolventinnen aus Silikon hergestellt. «Wir haben versucht, die drei einzelnen Hautschichten – Epidermis, Dermis und Subcutis – nachzubilden», sagt Jacqueline Blunschi. «Die Epidermis, also die oberste Schicht grösstenteils aus Hornschicht, ist beispielsweise widerstandsfähiger als die Subcutis, die Fett- und Bindegewebe enthält.» Um die taktile Wahrnehmung echter Haut zu imitieren, wendeten sie das Funktionsprinzip von projiziert-kapazitiven Touchscreens an, einer Technologie, wie sie bei Smartphones und Tablets genutzt wird. Dafür integrierten sie eine Matrix aus Kupferdrähten in die mittlere Schicht, die Dermis. «Eine Annäherung oder Berührung bewirkt eine Kapazitätsänderung zwischen den Drähten der Matrix, die gemessen und lokalisiert werden kann», sagt Renske Sassenburg. «Die Position der Berührung wird anschliessend durch eine LED-Matrix auf der künstlichen Haut angezeigt.» Je nachdem, wie stark der Druck auf die künstliche Haut ist, leuchten die LEDs in unterschiedlichen Farben.

Erweiterungen für mehr Authentizität

Jacqueline Blunschi und Renske Sassenburg haben auch noch weitere Ideen für das Hautmodell, die über ihre Bachelorarbeit hinaus gehen. «Es sind noch einige Erweiterungen möglich, damit die künstliche taktile Haut menschlicher Haut nahekommt», so Jacqueline Blunschi. So könnten nicht nur Schweissdrüsen in das Modell eingearbeitet werden, sondern auch Sensoren, die Wärme oder sogar Schmerz wahrnehmen können. Renske Sassenburg ergänzt dazu: «Es ist aber wichtig, dass dabei flexible Elektronik verwendet wird, damit die Flexibilität des Hautmodels bewahrt wird.»

Die Haut hat als Sinnesorgan kommunikative Aufgaben. Dazu nehmen verschiedene Rezeptoren Reize auf, beispielsweise Druck, Schmerz oder Wärme. Diese sind über den ganzen Körper unterschiedlich verteilt. So sind Tastrezeptoren beispielweise an den Fingerspitzen dichter verteilt als auf dem Handrücken.

Renske Sassenburg und Jacqueline Blunschi im Interview

Wie kommt man auf die Idee, sich mit künstlicher Haut zu beschäftigen?

JB: Bereits im fünften Semester durften wir in einer Projektarbeit mit künstlicher Haut arbeiten. Sie war unser Einstieg in diese Thematik.

RS: Unser Bachelorarbeit-Betreuer, Fabrizio Spano, arbeitet an verschiedenen Projekten in diesem Bereich und hat uns auf dieses Projekt aufmerksam gemacht. Durch die Erfahrung mit der Projektarbeit, die Jacqueline erwähnt hat, war unser Interesse von Anfang an gross.

«In der Prothetik könnte man die künstlichen Gliedmassen mit taktiler Wahrnehmung erweitern und der betroffenen Person wieder mehr Funktionen und damit Lebensqualität zurückgeben.»

Renske Sassenburg

Wie stellt man so ein Hautmodell her?

RS: Die drei Hautschichten Epidermis, Dermis und Subcutis werden aus verschiedenen Silikonen hergestellt, da dieses Material ähnliche mechanische Eigenschaften wie menschliche Haut hat. Die Rezeptoren für den Berührungssinn werden mittels dem Funktionsprinzip von projiziert-kapazitiven Touchscreens nachgebildet. Hierzu wird in der Dermis eine Matrix aus flexiblen Kupferdrähten integriert. Bei einer Berührung ändert sich die Kapazität zwischen den Drähten, welche gemessen und lokalisiert werden kann.

Wie fühlt sich diese Haut aus Silikon an?

JB: Die künstliche Haut fühlt sich sehr wie die echte an, da sie auch die Struktur und Form echter Haut aufweist. Sie unterscheidet sich in der Temperatur jedoch von echter Haut, weil sie kälter als die Körpertemperatur ist.

RS: Sie gibt auch keine Feuchtigkeit ab, was dazu beiträgt, dass sie sich weniger wie eine echte Haut anfühlt.

Ihr Modell hat eine etwa Handteller grosse Fläche. Würde sich diese Art künstliche Haut auch für grössere Flächen eignen?

RS: Mit dem Prinzip kann eine beliebig grosse Fläche hergestellt werden. Für die Umsetzung müssten jedoch einige Elemente der Elektronik ausgetauscht werden.

Ihr Modell kann Druck wahrnehmen und lokalisieren. Welche Funktionen sind noch vorstellbar?

JB: Durch die Integration von Schweissdrüsen in das Modell wäre es möglich, dass die künstliche Haut schwitzt.

RS: Die taktile Wahrnehmung der Haut beinhaltet nebst den Mechanorezeptoren, welche Druck, Berührung und Vibration wahrnehmen, auch die Thermo- und Schmerzrezeptoren. Diese könnten mittels entsprechender Sensoren ebenfalls in die künstliche Haut integriert werden.

Würden dann die neuen Funktionen in anderen Hautschichten liegen?

JB: Nein, die Schweissdrüsen befinden sich auch in der Dermis und müssten auch dort integriert werden.

RS: Und auch die Nerven für den Tastsinn liegen in der Dermis.

Welche zukünftigen Einsatzbereiche können Sie sich vorstellen?

JB: Möglicherweise im Medizinbereich, um Personal zu entlasten. Dort könnten Roboter, die mit künstlicher taktiler Haut versehen sind, körperlich anstrengende Arbeiten übernehmen.

RS: In der Prothetik könnte man die künstlichen Gliedmassen mit taktiler Wahrnehmung erweitern und der betroffenen Person wieder mehr Funktionen und damit Lebensqualität zurückgeben.

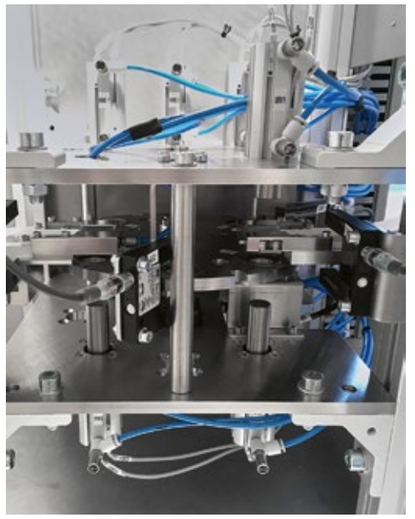
Geprüft Druck ablassen

Die Systemtechnik-Absolventen Patrick Rüsi und Severin Wülser haben einen Prüfautomaten entwickelt, der Ventile für Lebensmittelverpackungen auf ihre Funktionstüchtigkeit testet. Das Gerät könnte schon bald bei einem Verpackungshersteller eingesetzt werden.

Severin Wülser und Patrick Rüsi haben viel Arbeit in ihren Prüfautomaten gesteckt.

«Der Wirtschaftspartner hat sich mit unserer Arbeit zufrieden gezeigt.» Severin Wülser

1



2

1 So sieht das Pneumatikabteil im Inneren des Automaten aus.

2 In der Prüfkammer werden die Ventile vollautomatisch in den Rundtakttisch eingesetzt.

3 Das Resultat der Bachelorarbeit ist ein Prüfstand zur Qualitätssicherung der Ventileigenschaften.

3

Wenn das Einwegüberdruckventil an einer Lebensmittelverpackung nicht einwandfrei funktioniert, kann die Ware Schaden nehmen. Aus diesem Grund prüfen führende Verpackungshersteller wie die Wipf AG stichprobenartig ihre Ventile. Dafür sind dort mehrere einzelne Prüfstände im Einsatz, da pro Ventil fünf unterschiedliche Kennwerte gemessen werden müssen. «Ein Kennwert ist beispielsweise, ab wieviel Millibar Überdruck das Ventil die Gase entweichen lässt», erklärt Severin Wülser. In ihrer Bachelorarbeit haben er und Patrick Rüsi einen Automaten entwickelt, der alle fünf Kennwerte effizient in einem Vorgang prüfen kann.

Aus fünf mach eins

Zunächst haben die Absolventen die Funktionen als CAD-Modell am Computer entworfen, um danach mit Teilen aus dem 3D-Drucker einen Prototyp zu bauen. Diesen Prototyp testeten sie dann auf Herz und Nieren. Erst als sie Gewissheit hatten, dass alle Teilfunktionen den Anforderungen standhalten, haben die Absolventen alle Schemata gezeichnet, die notwendigen Einzelteile beschafft und zu einem fertigen Prüfstand zusammengebaut. Damit der Prüfstand vollautomatisch funktioniert, setzten die beiden Systemtechnik-Absolventen eine Softwarestruktur auf und implementierten die nötigen Messfunktionen. «Bei den Ventilen können der Öffnungs- und Schliessdruck, der Durchfluss, die Dichtigkeit bei einem angelegten Sperrdruck sowie die Schaltzuverlässigkeit anhand einer Zyklusmessung identifiziert werden», erklärt Patrick Rüsi.

Praktisch und effizient

Damit das Testen noch effizienter abläuft, steckt man ein Magazin bestückt mit bis zu 23 Ventilen in den Automaten und gibt die zu prüfenden, spezifischen Kennwerte für jedes Ventil manuell ein. Über eine Schiene liest der Automat die Ventile aus dem Magazin ein. Nach den erfolgten Tests lassen sich die Ventile wieder kompakt als Magazin herausnehmen. Diese vollautomatischen Tests kann der Prüfstand für Ventile mit unterschiedlichen Geometrien und Spezifikationen durchführen. «Das Prädikat 'industriefähig' haben wir nicht ganz erreicht, denn dafür müsste der Automat garantiert fehlerfrei funktionieren», sagt Severin Wülser. «Aber dazu fehlt nicht mehr viel und der Wirtschaftspartner hat sich mit unserer Arbeit zufrieden gezeigt.»

Einwegüberdruckventile an Verpackungen lassen die von Lebensmitteln freigesetzten Gase kontrolliert entweichen, ohne dass Luft von aussen eindringt. Ein Aufblasen oder gar Platzen der Verpackung wird damit verhindert und die Qualität des Inhalts geschützt. Ein typischer Anwendungsbereich ist beispielsweise die Verpackung von Kaffeebohnen.

Patrick Rüsi, Severin Wülser Betreuung: Christian Abegglen

Vollautomatischer Prüfstand für Einwegventile

VERKEHRS-SYSTEME

Der Studiengang Verkehrssysteme befasst sich mit dem Gesamtsystem Verkehr auf Schiene und Strasse, sowohl mit dem öffentlichen als auch mit dem motorisierten Individualverkehr. Mit der nachhaltigen Entwicklung von Personen- und Güterverkehr sowie der Optimierung der Beschaffungs-, Produktions- und Verteilungskonzepte gestalten Ingenieurinnen und Ingenieure die Zukunft massgeblich mit.

Mit dem E-Bus zur Schule

Melanie Binder und Erich Dahinden haben sich mit der Frage beschäftigt, ob elektrisch betriebene Schulbusse nachhaltiger sind als solche mit Dieselmotoren. Die Ergebnisse ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Verkehrssysteme bilden die Grundlage für eine wichtige Entscheidung.

Erich Dahinden und Melanie Binder haben eine Ökobilanz aufgestellt.

«Wir hätten nicht gedacht, dass eine Elektroschulbusflotte so viel weniger CO2-Emissionen verursacht.» Melanie Binder

1

1 Einer der Schulbusse steht vor dem Schulhaus in Neukirch.

2 Die Darstellung zeigt die einzelnen Routen der Schulbusse.

3 Die Aufstellung zeigt die prozentualen Unterschiede der Umweltbelastungspunkte pro Personenkilometer jeder Umweltbelastungskategorie.

2

3

Die Volksschulgemeinde Nollen im Thurgau hat sich zum Ziel gesetzt, beim Thema Klimaschutz eine Vorbildfunktion einzunehmen. Deshalb spielt sie mit dem Gedanken, ihre dieselbetriebene Schulbusflotte auf Elektrofahrzeuge umzustellen. Für das Laden der Elektroschulbusse stünde Solarstrom vom Schulhausdach zur Verfügung. Eine Photovoltaikanlage besteht bereits – eine zweite ist in Planung. Um die Energie zu speichern, könnte zusätzlich ein Batteriespeicher installiert werden. Doch lohnen sich diese Anschaffungen und Umstellungen? Sind Elektrofahrzeuge wirklich nachhaltiger als Dieselfahrzeuge? Um diesen Fragen nachzugehen, wurden Melanie Binder und Erich Dahinden beauftragt, in ihrer Bachelorarbeit eine vergleichende Ökobilanz zu erarbeiten und eine Empfehlung zu formulieren.

Den Lebenszyklus systematisch untersuchen

Zunächst haben die beiden mit einer Software sowohl die dieselbetriebene als auch die elektrifizierte Schulbusflotte inklusive der Infrastruktur modelliert. Die dazu benötigten Messdaten stammten vom Hersteller, aus einer Datenbank oder aus Referenzstudien. Die Ökobilanz erstellten sie nach zwei unterschiedlichen Methoden: Die Studierenden untersuchten zum einen die Treibhausgase in Kilogramm CO2-Äquivalente pro Personenkilometer und zum anderen die Umweltbelastungspunkte der beiden Fahrzeuge. Dabei kamen sie zum Ergebnis, dass die Treibhausgasemissionen eines dieselbetriebenen Fahrzeugs um das 4,5-fache höher sind als die eines Elektrofahrzeugs.

Nicht unerwartet aber doch überraschend

Die Ergebnisse sind für Melanie Binder verblüffend: «Nachdem das Thema Elektro-Mobilität, aufgrund der benötigten Energie zur Herstellung der Batterien sowie das Aufladen der Batterien, in den Medien eher umstritten ist, hätten wir nicht gedacht, dass eine Elektroschulbusflotte so viel weniger CO2-Emissionen verursacht».
Auch die Methode der Umweltbelastungspunkte, die sämtliche Auswirkungen auf die Umwelt und den Menschen berechnet, kommt beim Dieselfahrzeug zu einer rund 20 Prozent höheren Umweltbelastung. Die Absolventin und der Absolvent sind zufrieden: «Ich bin zuversichtlich, dass wir mit unserer Arbeit den Entscheid für eine Elektrifizierung der Schulbusse ein Stück weitergebracht haben und so einen kleinen Beitrag zum Thema Nachhaltigkeit leisten konnten», fasst Erich Dahinden zusammen.

Die Ökobilanz untersucht die Umweltauswirkungen eines Produktes oder einer Dienstleistung auf dem gesamten Lebensweg – von der Ressourcengewinnung über die Energiebereitstellung, die Herstellung bis hin zur Nutzung und Entsorgung. CO2-Äquivalente sind eine normierte Einheit zur Bewertung der Klimaschädlichkeit.

Einblicke in die Zürcher Mikromobilität

Sharing-Mikromobile wie E-Trottinetts oder E-Bikes gehören auch in Zürich inzwischen zum Stadtbild. Über die Nutzung dieser neuen Verkehrsangebote wusste man bisher aber wenig. Um das zu ändern, haben Marco Mayer und Luca Pacozzi einen umfangreichen Datensatz ausgewertet.

Haben viel über die Nutzung von Sharing-Angeboten im Stadtverkehr herausgefunden: Marco Mayer und Luca Pacozzi.

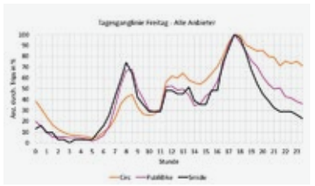
«Nicht alle Ergebnisse überraschen, aber wir konnten wissenschaftlich untermauern, was bisher nur auf Annahmen beruhte.» **Marco Mayer**

1

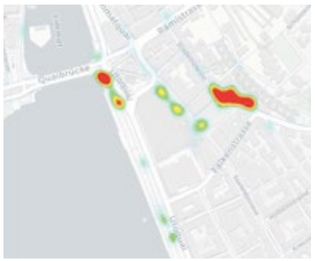
1 Velos und E-Bikes von PubliBike kommen in Zürich durchschnittlich für zwei Kilometer zum Einsatz.
Bildquelle: PostAuto

2 Mit dem Sharingmobil ins Wochenende: Freitagabends ist die Nachfrage gross.

3 Die Heatmap zeigt, wo E-Trottinetts am häufigsten genutzt werden.



2



3

Obwohl es in der Stadt Zürich bereits seit ein paar Jahren Sharing-Angebote für Velos, E-Bikes und E-Trottinetts gibt, fehlte bislang eine Analyse zur Nutzung oder zum Einfluss auf den Gesamtverkehr in der Stadt Zürich. Diese Lücke haben Marco Mayer und Luca Pacozzi mit ihrer Bachelorarbeit im Auftrag der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) sowie der Stadt Zürich geschlossen.

Über sechs Millionen Daten
Dafür griffen die beiden Verkehrssysteme-Absolventen auf die Nutzungsdaten der drei Sharing-Anbieter PubliBike, Circ und Smide für das Jahr 2019 zurück. Aus dem über sechs Millionen Werte umfassenden Datensatz mit sämtlichen Start- und Endpunkten aller Fahrten modellierten sie die zurückgelegten Fahrtstrecken. Diese wurden mit meteorologischen Daten von MeteoSchweiz und Distanz- bzw. Zeitberechnungen aus dem OpenTripPlanner ergänzt. Auf diese Weise liess sich ermitteln, zu welcher Tageszeit die Sharing-Angebote genutzt werden, welchen Einfluss das Wetter darauf hat und wo in der Stadt die meisten Fahrten stattfinden.

Umfassende Erkenntnisse
«Wir haben festgestellt, dass die E-Trottinetts an Wochenenden am späten Abend und in der Nacht deutlich häufiger genutzt werden als die E-Bikes und Velos», so Marco Mayer über eine von vielen Erkenntnissen. In ihrer Studie konnten die Absolventen auch aufzeigen, dass die Nachfrage am Zürich HB und beim Bahnhof Stadelhofen/Bellevue am grössten ist. Die durchschnittlich zurückgelegte Distanz ist beim Bikesharing mit rund zwei Kilometern höher als beim E-Trottinett mit 1,3 Kilometern. Bei Regen werden Sharing-Fahrzeuge grundsätzlich weniger genutzt – konkret nimmt die Nutzung um 25 bis 30 Prozent ab. Schliesslich haben die Absolventen auch einen Vergleich zum ÖV gezogen: «Die Sharing-Angebote bringen auf den genutzten Kurzstrecken oftmals einen zeitlichen Vorteil gegenüber dem ÖV», so Luca Pacozzi. «Gerade beim E-Trottinett-Sharing nimmt der zeitliche Vorteil aber mit zunehmender Reisedistanz ab.»

Ergebnisse per Web-App abrufbar
«Nicht alle Ergebnisse überraschen, aber wir konnten wissenschaftlich untermauern, was bisher nur auf Annahmen beruhte», sagt Marco Mayer. Ihre Resultate haben die Absolventen den Auftraggebern vorgestellt und darüber hinaus per Web-App mit einer benutzerfreundlichen Suchmaske sowie einer interaktiven Karte zugänglich gemacht.

«Die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit zeigen uns, wie die Sharing-Mikromobilität genutzt wird und wo ihre Hotspots sind. Und sie veranschaulicht das Potenzial der Sharing-Angebote, den öffentlichen Verkehr sinnvoll ergänzen zu können.»

Nicolà Gabriel, Projektleiter Marktentwicklung bei den VBZ

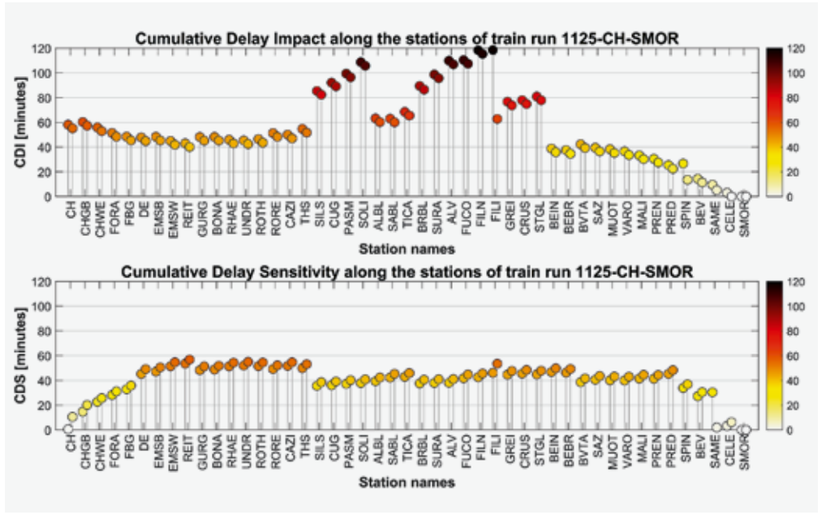
Marco Mayer, Luca Pacozzi Betreuung: Marcel Dettling, Thomas Sauter-Servaes
Auswirkungen der Mikromobilität auf den städtischen Gesamtverkehr in der Stadt Zürich

Mit Mathematik gegen Verspätungen

Unpünktliche Züge verursachen nicht nur verärgerte Kunden, sondern können weit grössere Auswirkungen auf ein Schienennetz haben. Wo die kritischen Punkte auf einer Strecke liegen, lässt sich aber berechnen. Raphael Graber und Severin Stiner haben dies für die Rhätische Bahn anschaulich aufbereitet.

Severin Stiner und Raphael Graber haben die Auswirkungen von Verspätungen auf Bahnnetze untersucht und veranschaulicht.

«Man muss die richtige Balance zwischen der Mathematik und der Anschaulichkeit finden.» **Severin Stiner**



1

1 Auf bestimmten Punkten der Strecke haben verspätete Ereignisse unterschiedlich starke Auswirkungen (oben). Ausserdem reagieren sie unterschiedlich stark darauf (unten).

2 Eine Herausforderung für die Pünktlichkeit der RhB sind die teilweise nur einspurigen Streckenabschnitte. Bildquelle: RhB

2

Die Schweiz ist gemeinhin bekannt für ihren zuverlässigen Schienenverkehr. Auch für die Rhätische Bahn (RhB) ist Pünktlichkeit essenziell, da sonst der Taktfahrplan aus dem Gleichgewicht gerät. Kommt es auf einer Linie zu Verspätungen, kann dies Auswirkungen auf den gesamten Fahrplan haben. Dieser Problematik haben sich Raphael Graber und Severin Stiner in ihrer Bachelorarbeit angenommen. Die Grundlagen dafür legten sie bereits in einer vorhergehenden Projektarbeit. Für ihre Untersuchungen nahmen sich die Verkehrssysteme-Absolventen die Albulastrecke von Chur nach St. Moritz vor. «Wir wollten keine Arbeit schreiben, die danach einfach in einer Schublade verstaubt», sagt Raphael Graber. Severin Stiner ergänzt: «Der Realitätsbezug war uns bei der Auswahl des Themas sehr wichtig.»

Verspätungsrisiken berechnen

Diesen Bogen zwischen Wissenschaft und Realität stellten die beiden Absolventen auch für die RhB her. In einem ersten Schritt näherten sie sich ihrer Aufgabe mittels einer Stabilitätsanalyse. Mit dieser Methode konnten sie auf mathematischem Weg feststellen, auf welchen Streckenabschnitten die Gefahr für Verspätungen am grössten ist. Das Verfahren wendeten sie sowohl auf Daten aus der Fahrplanperiode 2019/20 als auch auf ein mögliches Zukunftsszenario an. «Wir haben rechnerisch nachgewiesen, dass in so einem Zukunftsszenario die Risiken reduziert werden können», erklärt Raphael Graber.

Mathematik übersetzen

In einem zweiten Teil arbeiteten die Absolventen aus, wie sie die gewonnenen Erkenntnisse übersetzen können. «Damit wollten wir ein Verständnis für unsere Arbeitsweise vermitteln», sagt Severin Stiner. «Man muss die richtige Balance zwischen der Mathematik und der Anschaulichkeit finden.» Um das zu erreichen, durchkämmten sie die Fachliteratur für die von ihnen verwendeten mathematischen Methoden und erklärten die wichtigsten Fachbezeichnungen daraus. Mit der Arbeit von Raphael Graber und Severin Stiner haben die Entscheidungsträger nun ein Handwerkszeug, das sie zukünftig bei der Ausarbeitung der Fahrpläne unterstützen kann.

«Dank der in der Arbeit aufgezeigten Methode ist es zukünftig möglich, den gesamten RhB-Fahrplan systematisch auf kritische Abschnitte zu analysieren. Schwachstellen im Fahrplan können damit noch in der Planungsphase erkannt und Massnahmen dagegen ergriffen werden, was schlussendlich zu pünktlicheren Zügen und zufriedenen Kunden führt.»

Martin Moser, Projektleiter Unternehmensentwicklung RhB

WIRTSCHAFTS-INGENIEUR-WESEN

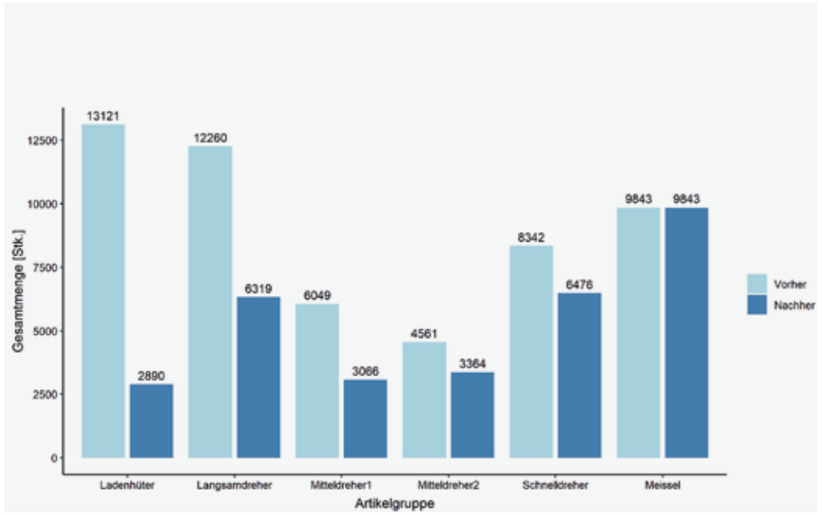
Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure kombinieren mathematische, technische und wirtschaftswissenschaftliche Kompetenzen. Sie gehen komplexe betriebliche Problemstellungen systematisch an, beschreiben sie quantitativ und optimieren sie mittels computergestützter Methoden. Sie analysieren Unternehmensprozesse,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

Gleicher Service bei reduziertem Lager

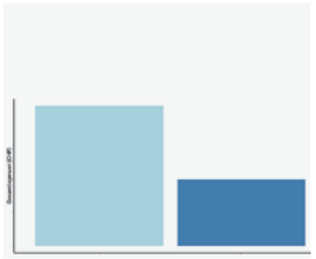
Cliff Dijkstra, Ramon Egle und Jennifer Huser zeigen das grosse Einsparpotenzial einer durch Datenanalyse optimierten Lagerhaltung bei einem Baumaschinen-Händler. Dafür haben sie mathematische Modelle eingesetzt und ein Programm zur Analyse geschrieben. Auf diese Weise können die Lagerressourcen effizienter genutzt und das Wissen über die Lagerbestände verbessert werden.

Cliff Dijkstra, Ramon Egle und Jennifer Huser haben zusammen ein Programm geschrieben, mit dem sich die Lagerhaltung analysieren lässt.

«Mit unseren Berechnungen konnten wir den Lagerwert um 52 Prozent und die Gesamtmenge der Artikel um 41 Prozent reduzieren.» Jennifer Huser



1



2

1 Das grösste Einsparungspotenzial gab es bei den Ladenhütern.

2 Der Gesamtlagerwert konnte um über 50 Prozent reduziert werden.

Jahrelange Erfahrung sorgt dafür, dass die Lagerhaltung bei vielen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gut funktioniert. Auf eine systematische und regelmässige Überprüfung und Analyse der Lagerbestände wird dagegen häufig verzichtet. In ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen zeigen Cliff Dijkstra, Ramon Egle und Jennifer Huser am konkreten Beispiel eines mittelständischen Baumaschinen-Händlers, welches Potenzial eine datengestützte optimierte Lagerbewirtschaftung aufweist.

Eine automatisierte Datenbank

Der Baumaschinen-Händler bietet rund 10'000 verschiedene Ersatzteile, Zusatzprodukte und Werkzeuge an. Im Bestellprozess gaben die Mitarbeitenden bisher jeweils manuell ein, welche Produkte in welcher Menge an Lager sein sollen. «Ziel unserer Arbeit war es, den Melde- und Sollbestand anhand eines mathematischen Modells zu optimieren», sagt Cliff Dijkstra und Ramon Egle ergänzt: «Dies ist ein erster Schritt, um in Zukunft diese Parameter auch automatisch einpflegen zu können.» Zuerst mussten dazu die bestehenden Daten aus dem Enterprise-Resource-Planning-System (ERP) Abacus extrahiert und bereinigt werden. Jennifer Huser sagt dazu: «Es war eine Herausforderung, die Daten zu bereinigen. So waren etwa die Mengenangaben einmal in Stückzahlen und dann wieder in Masseinheiten wie Litern angegeben.»

Grosses Einsparpotenzial

Im Anschluss wurden alle Produkte am Lager in verschiedene Kategorien eingeteilt: vom Ladenhüter bis zum sogenannten Schnelldreher, wie häufig verkaufte Produkte genannt werden. Für die Analyse schrieben sie ein Programm in der Programmiersprache R. «Die mathematischen Modelle lassen sich gar nicht so leicht in die Praxis umsetzen», sagt Cliff Dijkstra. «Schlussendlich haben wir aber ein funktionierendes Programm entwickelt.» Die Ergebnisse fasst Jennifer Huser wie folgt zusammen: «Mit unseren Berechnungen konnten wir den Lagerwert um 52 Prozent und die Gesamtmenge der Artikel um 41 Prozent reduzieren.» Aufgrund der Analyse ergaben sich konkrete Empfehlungen, um die Lagerhaltung zu optimieren und gleichzeitig den Servicegrad zu gewährleisten. Damit dies auch so bleibt, empfehlen die Absolventen und die Absolventin darüber hinaus, die Analyse alle zwei Jahre zu wiederholen. «Die Nachfrage nach bestimmten Artikeln ändert sich über die Zeit», erklärt Ramon Egle. «Daher haben wir den R-Code so ausgelegt, dass er vom Industriepartner jederzeit wiederverwendet werden kann.»

«Die moderne Arbeitswelt von Wirtschaftsingenieuren ist zunehmend datenbasiert. Im Studium vermitteln wir daher analytische, mathematische Methoden genauso wie die Fähigkeit, mit Daten konkret umgehen zu können. Dazu gehört auch das Erlernen mindestens einer Programmiersprache wie Python oder R.»

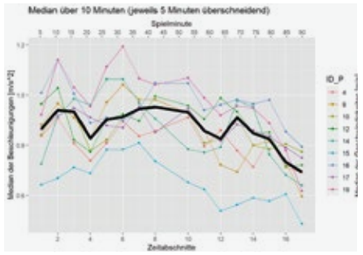
Dr. Richard Bödi, Studiengangleiter Wirtschaftsingenieurwesen

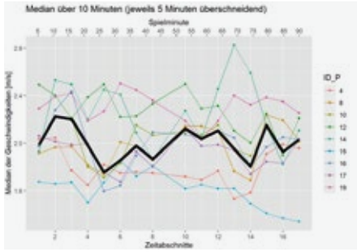
Der Ermüdung auf der Spur

Ob Profi-, Amateur- oder Hobbysportler: Das Sammeln und Analysieren persönlicher Daten zur Verbesserung der sportlichen Leistung liegt voll im Trend. So auch im Fussballsport. Micha Ruff hat untersucht, ob sich anhand der Daten eines Trackers bei Profifussballern ein Leistungsabfall während des Spiels feststellen lässt.

Micha Ruff hat die Leistungsdaten von Fussballern untersucht.

«Die Ergebnisse bilden einen ersten Baustein für weiterführende Analysen und können als Mehrwert für den Nutzer erachtet werden.» **Micha Ruff**





1

2

1 Die Graphen zeigen den Verlauf der Mediane von Beschleunigung (oben) und Geschwindigkeit (unten) aller Spieler in Zeitschritten von zehn Minuten. Die schwarze Kurve zeigt jeweils den Median aller Spieler.

2 Das Bild zeigt die vom Tracker aufgezeichneten Achsen eines Spielers. Für seine Analyse hat Micha Ruff die Werte der x- und y-Achse (Ebene vom Fussballplatz) berücksichtigt.

3 Der Tracker wird in einem Hüftgurt verstaut und zeichnet alle Daten auf. Diese sind später in der App abrufbar. Bildquelle: Tracktics

3

Die Firma Tracktics hat einen tragbaren Tracker in Form eines Hüftgurts entwickelt. Mittels Beschleunigungs- und GPS-Sensoren misst er verschiedene Leistungsfaktoren bei Fussballern. Micha Ruff hat anhand dieser Daten untersucht, inwiefern sich daraus Rückschlüsse auf den Leistungsabbau beziehungsweise die Ermüdung der Spieler ziehen lassen und wie er diese für die Nutzenden visualisieren kann. Dafür hat ihm Tracktics die Team-Daten von zehn Fussballspielen eines Teams mit Halbprofis zur Verfügung gestellt.

Daten auf Spielzeiten zuschneiden

«Bevor ich die Daten der einzelnen Spieler verwenden konnte, musste ich diese aufbereiten, glätten und anhand der Mannschaftsdaten eruieren, in welchen Phasen das Spielgeschehen überhaupt läuft. Am besten lassen sich die Daten analysieren und die Schwankungen reduzieren, indem man die Mediane über Intervalle von zehn Minuten betrachtet», erklärt der Absolvent. Dabei kam er zu dem Ergebnis, dass eine Leistungsabnahme bei den Beschleunigungsdaten zu verzeichnen ist, während in den Geschwindigkeitsdaten keine klare Abnahme ersichtlich ist. Darüber hinaus nimmt der Anteil aktiver Spielzeit eines Spielers gegen Ende des Spiels ab.

Gut trainiert

In einer Fallstudie verglich er ausserdem die zusammengefassten Leistungen der Mannschaft in den einzelnen Spielen. Dabei stellte er fest, dass Geschwindigkeit und Beschleunigung in den ersten 20 Minuten abnehmen, im weiteren Verlauf des Spieles jedoch mehrheitlich konstant bleiben. «Ich vermute, dass man hier auf einen guten Trainingszustand der Spieler schliessen kann», merkt Micha Ruff an. Auch im Vergleich mit ambitionierten Amateurmannschaften sind keine grossen Unterschiede ersichtlich. Jedoch fällt auf, dass die durchschnittlichen Anteile aktiver Spielzeit bei Amateurmannschaften deutlich niedriger sind als bei Profimannschaften.

Ein erster Baustein

«Die Ergebnisse bilden einen ersten Baustein für weiterführende Analysen und können als Mehrwert für den Nutzer erachtet werden», fasst Micha Ruff zusammen. «Zu gerne hätte ich noch weitere Analysen erstellt, wie zum Beispiel den Einfluss von Unterbrüchen im Spiel, die Intensitäten der Beschleunigungen oder das Betrachten der Beschleunigungswerte in der Z-Achse. Das hätte aber den Rahmen meiner Bachelorarbeit gesprengt.»

Einer der bekanntesten «Datenerheber» im Fussball hiess Charles Reep, der bereits 1950 Protokoll zu den Spielen führte – ganz ohne den Einsatz von Technik. Er kam zu der Erkenntnis, dass die meisten Tore nach drei bis vier Pässen fallen und ein langer Ball in Richtung Tor des Gegners die richtige Spielweise sei; was jedoch später widerlegt wurde.

Micha Ruff im Interview

Sie haben sich intensiv mit Daten aus Fussballspielen auseinandergesetzt. Spielen Sie selbst gerne Fussball?
MR: Nein, ich spiele gar kein Fussball. Ehrlich gesagt bin ich nicht Mal ein grosser Fussballfan.

Dennoch haben Sie sich bewusst für das Thema entschieden?
MR: Sportanalytics war bereits Thema meiner Projektarbeit im siebten Semester. Da habe ich erkannt, dass die Datenauswertung im Sport viele Möglichkeiten bietet. Ich sehe grosses Potenzial in diesem Bereich. Da wird sich noch einiges tun in Zukunft. Ausserdem finde ich persönlich die Datenauswertung und Analyse im Sport besonders spannend. Ob es jetzt im Eishockey, Fussball oder Rugby ist, spielt für mich keine Rolle. Ich finde die Datenauswertung im Sport als Gesamtes faszinierend.

«Mir kamen sehr viele Ideen, was ich alles mit den Daten auswerten und betrachten könnte. Am liebsten hätte ich auch alles umgesetzt. Das hätte jedoch den Rahmen gesprengt. So musste ich mich auf ein Teilgebiet festlegen.» **Micha Ruff**

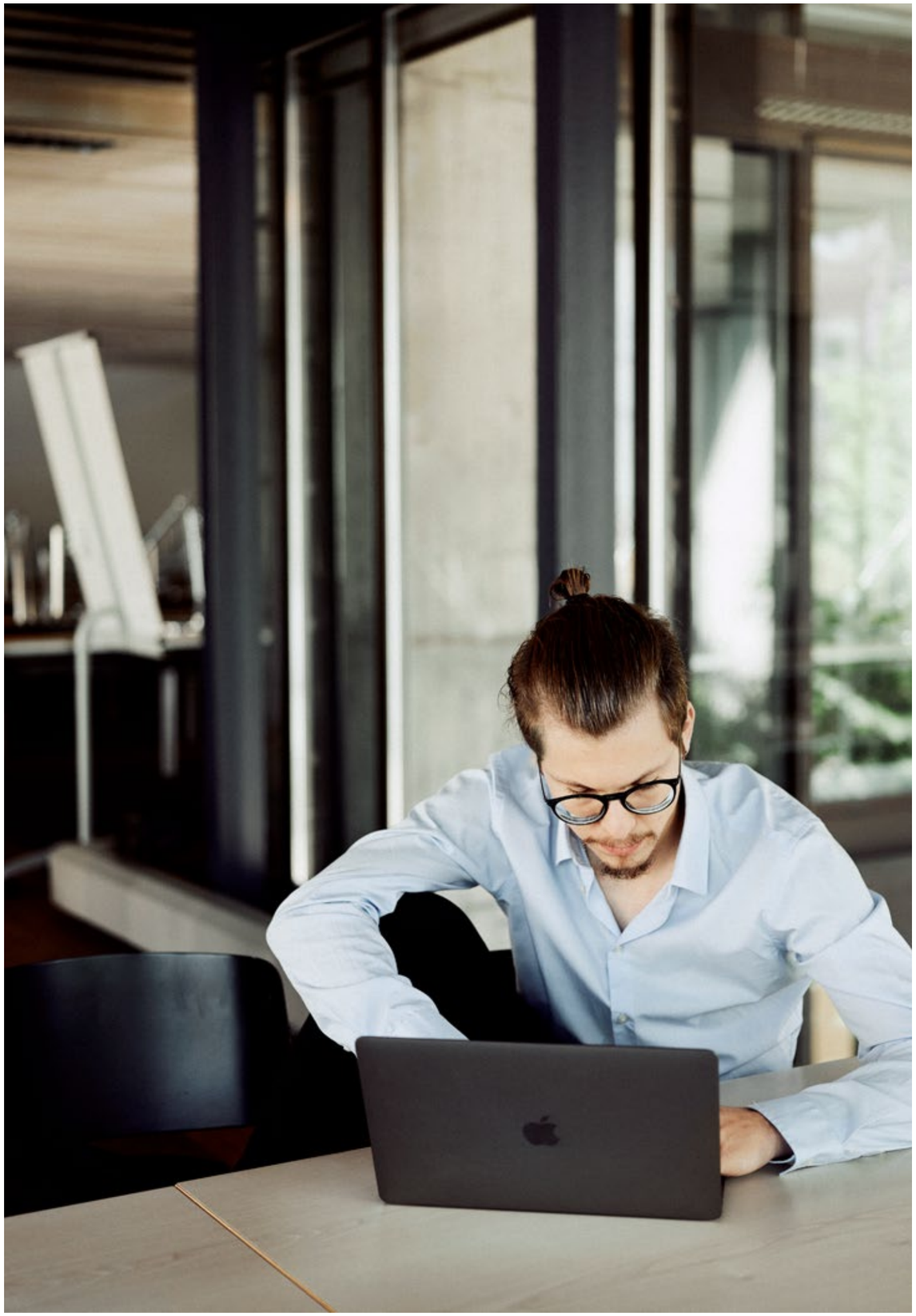
Was waren die grössten Herausforderungen der Bachelorarbeit?
MR: Es war mit grossem Aufwand verbunden, die zur Verfügung gestellten Daten so aufzubereiten, dass ich damit arbeiten konnte. Das habe ich unterschätzt. Es war ein langer Prozess und hat mich mehr Zeit gekostet als erwartet.

Aber Spass gemacht hat es auch?
MR: Auf jeden Fall. Ab dem Moment, ab dem ich gemerkt habe, was ich alles mit meinen Daten machen kann. Mir kamen sehr viele Ideen, was ich alles mit den Daten auswerten und betrachten könnte. Am liebsten hätte ich auch alles umgesetzt. Das hätte jedoch den Rahmen gesprengt. So musste ich mich auf ein Teilgebiet festlegen.

Was passiert nun mit den Erkenntnissen aus Ihrer Bachelorarbeit?
MR: Zum einen habe ich Funktionen zum Auswerten erstellt, die man weiterverwenden oder für andere Auswertungen anpassen kann. Zum anderen habe ich eine Basis für weitere Erkenntnisse geschaffen; zum Beispiel könnte man meine Ergebnisse nutzen, um die Intensitäten der Beschleunigungen zu bestimmen. Dafür könnte man die Intensitäten in drei Bereiche einteilen: Hohe, mittlere und tiefe Intensität. Danach müsste untersucht werden, wie viele Anteile von welchem Bereich in einem Spiel vorkommen. Diese Ergebnisse könnten dann in einer Workload-Analyse als weiterer Paramater in die Auswertung miteinfliessen. So könnte man bestimmen, wie intensiv das Spiel beziehungsweise die Trainingseinheit war, welchen Einfluss es beispielsweise auf das Verletzungsrisiko hat und dementsprechend das Training anpassen.

Heisst das, der Wirtschaftspartner Tracktics kann auf Ihren Erkenntnissen aufbauen?
MR: Meine Arbeit wurde direkt an Tracktics weitergeleitet und es haben bereits erste Diskussionen dazu stattgefunden. In diese Richtung wird es definitiv weitergehen.

Sehen Sie Ihre berufliche Zukunft auch im Bereich Datenanalyse?
MR: Ich weiss es noch nicht. Bei mir geht es vermutlich in das Gebiet Datenanalyse und Prozesse. Das hat aber mehr mit dem Studium als mit meiner Bachelorarbeit zu tun. Während meines Studiums habe ich mir Fähigkeiten angeeignet, die ich vorher – als Konstrukteur im Maschinenbau – nicht hatte. Es ist ein grossartiges Gefühl zu merken, was ich in dieser Zeit alles gelernt habe.



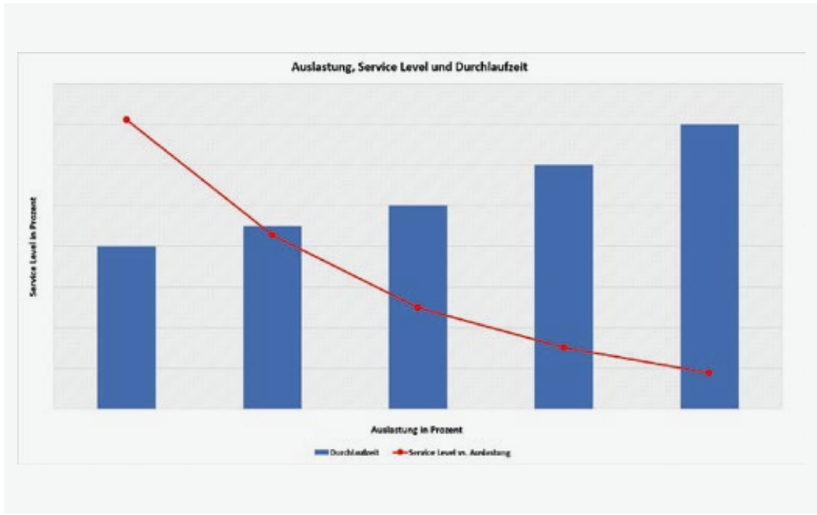
Digitaler Zwilling als Entscheidungshilfe

Die Bedeutung von Dienstleistungen in industriellen Unternehmen nimmt stetig zu. Dino Duranovic und Feta Murati haben deshalb Vorschläge erarbeitet, wie ein solches Unternehmen seine Supportprozesse mithilfe von digitalen Zwillingen optimieren kann.

Feta Murati und Dino Duranovic haben sich mit Service Engineering beschäftigt.

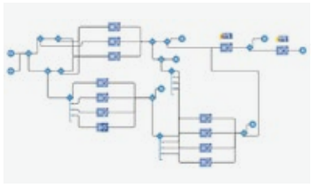
«Man sieht deutlich, wie viele Mitarbeitende wo eingesetzt werden und wo es Engpässe gibt.»

Dino Duranovic



1

1 Je höher die Auslastung, desto tiefer der Servicelevel. Die Anfragen stauen sich und somit steigt die Durchlaufzeit.



2

2 Die Absolventen haben alle Alternativen so oder in ähnlicher Form modelliert.

Heute zeichnen sich erfolgreiche Produktionsunternehmen dadurch aus, dass sie neue Services entwickeln und ihre bestehenden Prozesse optimieren. Gefragt sind dafür Wirtschaftsingenieure wie Dino Duranovic und Feta Murati. Die beiden Absolventen haben in ihrer Bachelorarbeit mehrere Prototypen von digitalen Zwillingen entwickelt, die als Entscheidungshilfe für die Umstrukturierung von bestehenden Supportprozessen in einem Industrieunternehmen dienen sollen.

Prozesse realistisch abbilden

In ihrer Abschlussarbeit konnten sie das zuvor erlernte Fachwissen im Bereich Service Engineering praktisch anwenden. Das Thema Prozessoptimierung sei aber noch Neuland für sie gewesen: «Nach einer umfassenden Literaturrecherche haben wir Schritt für Schritt die relevanten technischen Elemente hergeleitet», so Feta Murati. «Konkret entstanden mehrere Applikationen, die dem Wirtschaftspartner einen vereinfachten Vergleich von verschiedenen Supportprozessen ermöglichen.» Um die Prozesse so realistisch wie möglich und sinnvoll abzubilden, haben die Absolventen ihre Prototypen mit echten Daten gefüttert – soweit vorhanden. «Uns standen nicht bis ins Detail Daten zur Verfügung, deshalb haben wir teilweise mit Annahmen gearbeitet», stellt Dino Duranovic klar.

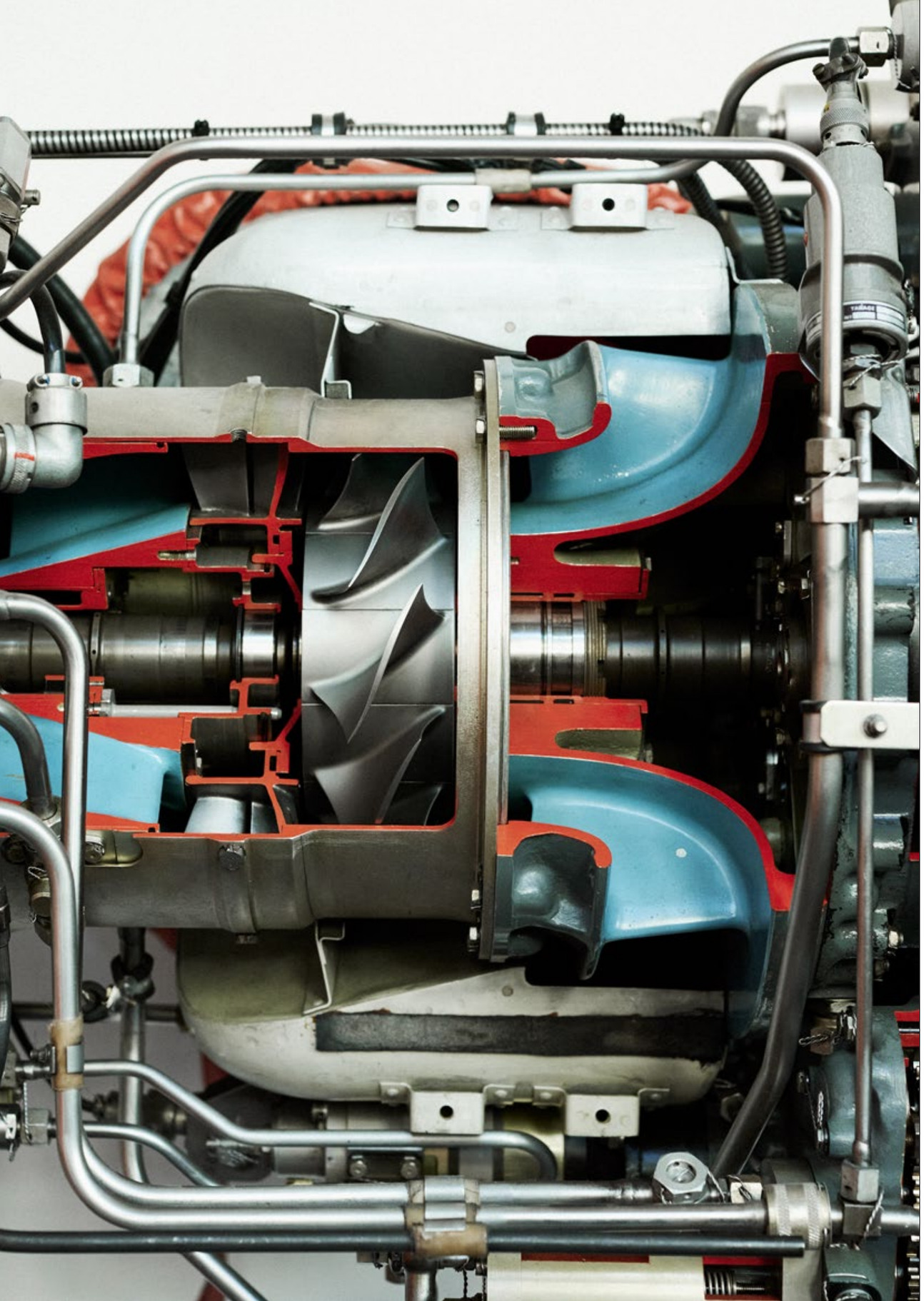
Mithilfe qualitativer und quantitativer Bewertungskriterien haben sie ihre Entscheid-Alternativen dann ausgewertet und miteinander verglichen. «Dabei konnten wir aufzeigen, wie die zuvor identifizierten ‘Pains and Gains’ der betroffenen Personen gelöst beziehungsweise verstärkt werden», so Feta Murati.

Potenziale aufgezeigt

Mit ihren realisierten Prototypen konnten die Absolventen dem Wirtschaftspartner aufzeigen, wie gross das Potenzial eines digitalen Zwillings im Kontext von Umstrukturierungen von Serviceprozessen tatsächlich ist. «Man sieht deutlich, wie viele Mitarbeitende wo eingesetzt werden und wo es Engpässe gibt», sagt Dino Duranovic. «Die bisherigen Erkenntnisse aus der Arbeit sind bereits aufschlussreich, aber mit mehr Daten könnte man das Ganze noch im Detail weiter ausbauen.» Das wäre Stoff für eine weitere Abschlussarbeit. Die Absolventen hingegen wollen nun auch beruflich im Service Engineering Fuss fassen.

«Die Nutzung digitaler Zwillinge für die Unterstützung von Management-Entscheiden entfaltet ihr Potenzial, wenn eine serviceorientierte Vorgehensweise mit Fokus auf die relevanten Jobs und Pains des Managements angewandt wird.»

Dr. Jürg Meierhofer, Dozent für Smart Service Engineering



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.

Virtuell zum neuen Cockpit

Bevor ein Cockpit gebaut wird, gestalten die Entwickler zunächst einen Dummy aus Karton. Ad Eberhard hat diese Methode in seiner Masterarbeit mit Virtual und Augmented Reality ergänzt. So lässt sich die Funktionalität optimal testen.

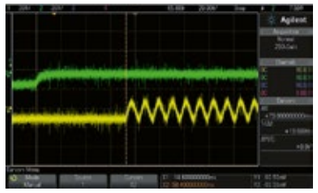
Ad Eberhard hat einen Intensivkurs im Programmieren belegt, um seinen Simulator entwickeln zu können.

«Simulator Prototypen werden oft aus bedruckten Karton zusammengesteckt. Um die Funktionalität dieses bewährten Systems zu steigern, habe ich es um die virtuelle Komponente erweitert.» Ad Eberhard

1

1 Ad Eberhard hat ein Skript zur Merkmalerkennung geschrieben, um die Position von Objekten vor der Kamera zu ermitteln. Diese Methode nutzte er für die Augmented Reality-Anwendung.

2 Um die Verzögerung zwischen Bildgeneration (grün) und Anzeige (gelb) zu minimieren, musste Ad Eberhard die Kombination von Hard- und Software optimieren.



2

Manch einer baut sich als Kind ein Flugzeug aus Karton. Manch einer macht das auch als Erwachsener noch. Ad Eberhard zum Beispiel. Er hat für seine Masterarbeit am Zentrum für Aviatik (ZAV) mit der Nachbildung eines Cockpits gearbeitet. Ein Spielzeug hat er allerdings nicht gebaut. Vielmehr bringt er mit Augmented Reality und Virtual Reality einen Simulator zum Fliegen. Das hilft beim Designen von neuen Cockpits.

Aussicht in die virtuelle Welt

Cockpit-Nachbildungen sind keine neue Erfindung. «Bei Prototypen werden diese Simulatoren oft aus Karton zusammengesteckt, auf dem die Instrumente aufgedruckt sind», erklärt Ad Eberhard. «Um die Funktionalität zu steigern und ein interaktives Arbeiten zu ermöglichen, habe ich dieses bewährte System um die virtuelle Komponente erweitert.» An einer Virtual Reality-Brille ist eine Kamera angebracht, welche die reale Umgebung aufnimmt, also das Cockpit aus Karton. Ein Simulationsprogramm erstellt daraus die virtuelle Umgebung. Die Instrumente im Cockpit sind nun nicht mehr bloss aufgedruckt, sondern funktionsfähig. Beim Blick aus dem Fenster eröffnet sich die virtuelle Aussicht aus dem Flugzeug. Das Simulationsprogramm hat Ad Eberhard selbst erstellt. «Ich musste am Anfang des Masterstudiums erstmal einen Intensivkurs im Programmieren absolvieren», sagt er dazu.

Verzögerungen minimieren

Ad Eberhards Aufgabe bestand darin, die virtuell erstellte Umgebung mit der Augmented Reality-Technologie zu synchronisieren. Dazu hat der Absolvent drei verschiedene Methoden untersucht, um deren Vor- und Nachteile zu vergleichen. Nur zwei der Methoden haben sich dabei als nutzbar erwiesen. Eine Herausforderung in der Umsetzung stellte die Verzögerung zwischen der Bildgeneration und der Darstellung für den Anwender dar. «Wenn diese zu gross ist, merkt der Anwender die Diskrepanz», erläutert Ad Eberhard. «Ich konnte aber die Hardware- und Software-Kombination so optimieren, dass die Verzögerung nun nur noch 73 Millisekunden beträgt.»

Mit der Simulation zum neuen Cockpit

Als Ergebnis seiner Arbeit hat Ad Eberhard seinem Industriepartner Prototypen für die verschiedenen Methoden vorgestellt. Der Simulator könnte zukünftig im Designprozess sowie in der Forschung und Entwicklung zum Einsatz kommen. Denn nicht nur neue Cockpit-Layouts lassen sich auf diese Weise entwerfen, sondern auch Trainingspläne für Piloten.

«Augmented und Virtual Reality haben enormes Potenzial in der Aviatik, sowohl im Training von Piloten und Unterhaltspersonal, wie auch in der Entwicklung. Allerdings müssen vorher noch einige technische Probleme gelöst werden.»

Dr. Pierluigi Capone, Dozent für Flugmechanik und Flugregelungssysteme

Ad Eberhard Betreuung: Pierluigi Capone
Virtual and Augmented Reality for Flight Simulation

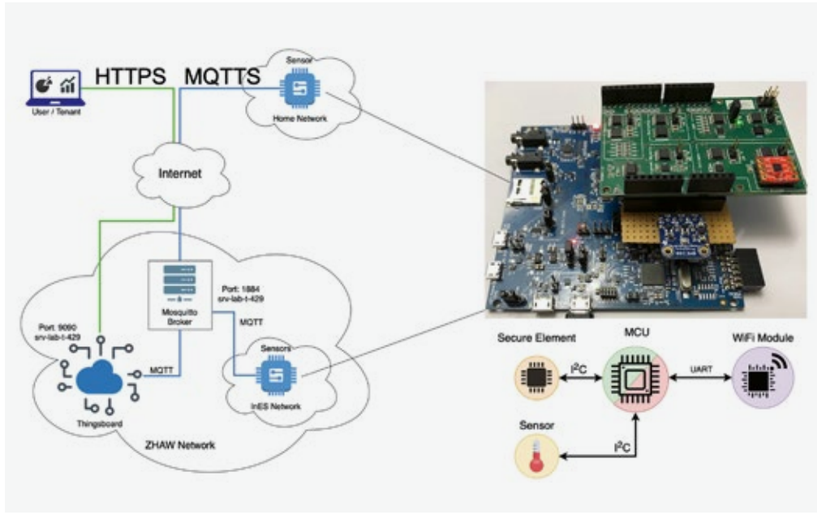
Wenn die Kühlkette gehackt wird

Bei der Einführung des Internet of Things vernachlässigen viele Anwender dessen Sicherheit. Wie leicht solche Systeme anzugreifen sind, zeigt Tobias Schläpfer in seiner Masterarbeit. Er untersucht darin aber auch ein neues Security Framework, mit dem dies verhindert werden kann.

Tobias Schläpfer hat sich mit der Sicherheit im Internet of Things beschäftigt.

«Das Risiko ist gross, dass im Bereich IoT längst überwundene Fehler aus der IT wiederholt werden.»

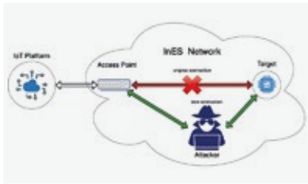
Tobias Schläpfer



1

1 Der Sensorknoten des IoT-Netzwerks kann durch verschiedene Security-Technologien geschützt werden.

2 Über einen Man-in-the-Middle Angriff lassen sich leicht Daten abfangen und manipulieren.



2

Sicherheits-Features sind oft zu komplex für die ressourcenarmen Micro-Controller in IoT-Systemen und ausserdem teuer in der Umsetzung. «Das Risiko ist gross, dass im Bereich IoT längst überwundene Fehler aus der IT wiederholt werden», meint Tobias Schläpfer. Er hat in seiner Masterarbeit am ZHAW-Institute of Embedded Systems (InES) untersucht, wie man IoT-Systeme sicherer machen kann. Wie einfach ein Angriff ist, wies er mit einer sogenannten Man-in-the-Middle-Attacke auf ein ungesichertes IoT-System des InES nach. Mittlerweile gibt es aber eine Auswahl an Sicherheits-Frameworks, mit deren Hilfe IoT-Systeme sicher gestaltet werden können. Tobias Schläpfer hat analysiert, wie das Framework «Platform Security Architecture» (PSA) in der Praxis anwendbar ist und wo es sich verbessern lässt.

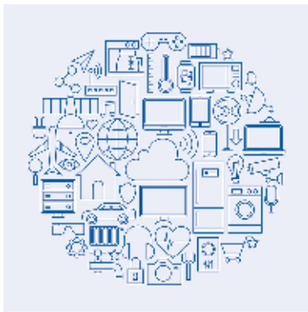
Sicher, aber es geht besser

Schon am Anfang der Untersuchung entdeckte der Absolvent kritische Aspekte im PSA-Framework. «Die Analysephase kann Entwicklern mit wenig Security-Erfahrung Schwierigkeiten bereiten», erklärt er. Daher empfiehlt er, die aus der IT bekannte STRIDE-Methode anzupassen und zu nutzen, da man durch deren systematischen Aufbau den besseren Überblick behält. Für Tobias Schläpfer selber war die Implementierung des Sicherheits-Frameworks die grösste Herausforderung. Zwar liefert PSA eine Codebasis für diese Stufe. «Sich in diesem Code zurecht zu finden war aber nicht einfach», stellt der Absolvent fest. Dennoch war er schliesslich in der Lage, sein IoT-System mittels PSA gegen seine eigenen Angriffsversuche zu sichern. Sein Fazit: «Das PSA hat noch Verbesserungspotential, vor allem in der Analysephase.»

Software statt Hardware

Abhilfe können da seine Verbesserungsvorschläge liefern. Diese leitete er aus der IT-Sicherheit ab und wandte sie auf seine Hardware an. Dem Thema Security ist Tobias Schläpfer auch nach seinem Masterstudium treu geblieben. Geändert hat sich nur die Perspektive von IoT zu IT. Inzwischen arbeitet er als Cryptography Engineer in der IT-Security der Royal Bank of Scotland.

Internet of Things (IoT):
In der industriellen Produktion sind vernetzte Sensoren kaum noch wegzudenken. In der Lebensmittelproduktion lassen sich so Kühlketten überwachen. Die grosse Nachfrage verleitet IoT-Anbieter dazu, ihre Systeme möglichst schnell auf den Markt zu bringen. Dies führt aber zu einer bedeutenden Schwachstelle: IoT-Systeme sind nicht gegen Angriffe gesichert.

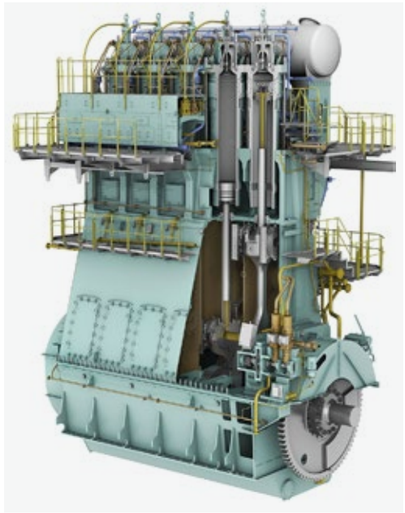


Schiffsmotoren auf Abspeckkur

Moderne Schiffsmotoren müssen immer kompakter werden. Rino Surber ermöglicht seinem Industriepartner WinGD (Winterthur Gas & Diesel Ltd.) mit seinen Berechnungen mehrere Optionen, dies umzusetzen. Er zeigt dabei, wie viele Faktoren in diesem Prozess mitbedacht werden müssen.

Rino Surber hat mittels Topologieoptimierung eine Schubstange für Schiffsmotoren schlanker gemacht.

«Man muss das Umfeld betrachten und die Wechselwirkungen mit verschiedenen Faktoren verstehen.» Rino Surber



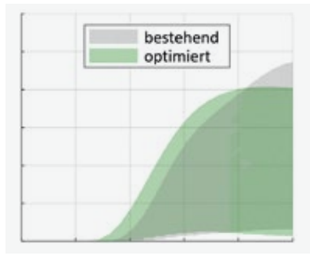
1

2

1 WinGD konstruiert unter anderem Zweitakt-Grossdieselmotoren für Hochseeschiffe.

2 Die Schubstangen wurden durch Topologieoptimierung zur Reduktion des Lagerdrucks angepasst.

3 Die Lagerdruckverteilung wird durch die optimierte Schubstange reduziert.



3

Hinter der Entwicklung neuer Schiffsmotoren stecken aufwendige Konstruktionsprozesse. Sollen diese Motoren kleiner werden, wird der Aufwand noch grösser. Rino Surber hat mit seiner Masterarbeit dazu beigetragen, diese Prozesse schon am Anfang einfacher zu gestalten. Am Institut für Mechanische Systeme (IMES) hat er für WinGD einen Prozess zur Topologieoptimierung von Schubstangen, allgemein als Pleuel bekannt, entwickelt und validiert. Die Topologieoptimierung ist ein computerbasiertes Berechnungsverfahren, um die bestmögliche Materialverteilung in Bauteilen unter gegebener mechanischer Belastung zu ermitteln.

Das Umfeld einbeziehen

Da die Schubstange im Betrieb hohen Belastungen ausgesetzt ist und die Übertragung der enormen Kräfte des Verbrennungsprozesses an die Kurbelwelle gewährleisten muss, ist dessen Geometrie sehr massiv. «Wenn man die Schubstange aber schlanker gestaltet, liesse sich der komplette Motor kürzer konstruieren», sagt Rino Surber. Allein die Struktur der Komponenten zu analysieren und zu berechnen reicht aber nicht. «Man muss das Umfeld betrachten und die Wechselwirkungen mit verschiedenen Faktoren verstehen», erklärt der Absolvent. Im Falle der von ihm optimierten Schubstange waren dies einerseits deren Steifigkeit und andererseits der Kontaktdruck zur Kurbelwelle. Rino Surber hat in iterativen Optimierungsrechnungen die Materialverteilung unter sich stetig veränderten Randbedingungen so angepasst, dass der Kontaktdruck in den Schubstangenlagern entscheidend reduziert werden konnte.

Ein Ergebnis, das flexibel macht

Ergebnis des Prozesses ist eine optimierte Schubstange. Sie ist schlanker, dennoch bleibt die nötige Steifigkeit sichergestellt. An den entscheidenden Stellen gibt sie nach, um die Lagerbelastung zu reduzieren. WinGD eröffnet die neue Geometrie der Schubstange verschiedene Optionen für die weitere Konstruktion seiner Motoren. Neben einer Reduktion der Lagerbelastung kann auch die Lagerbreite verringert werden, woraus sich ein kompakterer Motor ergibt.

Der Seeweg ist für den weltweiten Gütertransport unverzichtbar. Allein im Jahr 2019 wurden fast 12 Milliarden Tonnen Rohstoffe und Waren auf Hochseeschiffen transportiert. Die Motoren dieser Schiffe haben gigantische Ausmasse. Um das Schiffsvolumen effizienter nutzen zu können, müssen die Motoren kompakter konstruiert werden.

TRADITIONEN

Herausgeputzt für den Abschluss 118

Am Ende des Studiums geht es neben Abschlussarbeiten, Noten und Diplomen auch um elegante Kleidung und lange Bärte.

ALUMNI

Studium – und dann? 120

Wir haben nachgefragt, was die Studierenden von früher heute im Berufsleben machen.

AUSGEZEICHNET

Anerkennung für hervorragende Leistungen 124

Immer wieder stehen Ingenieurinnen und Ingenieure im Zentrum von Preisverleihungen.

STARTUPS

Mit cleveren Ideen zum eigenen Startup 128

Innovative Geschäftsideen nehmen ihren Anfang häufig in Abschluss-arbeiten von Studierenden.

Die Parade bahnt sich ihren Weg durch die Winterthurer Altstadt und endet auf dem Campus.

Herausgeputzt für den Abschluss

Frack und Zylinder oder Biedermeierkleid: Zum Abschluss des Studiums kleiden sich die Absolventinnen und Absolventen traditionell klassisch – zumindest für ein paar Tage. Alljährlich im Frühjahr ist der Campus an der Technikumstrasse Schauplatz der sogenannten Frackwoche. Im Sommer folgt jeweils der Frackumzug durch die Winterthurer Altstadt.

Jedes Jahr in der Frackwoche im Mai und beim Frackumzug im Juli wird auf dem Campus gefeiert. Seit beinahe 100 Jahren präsentiert sich der jeweilige Abschlussjahrgang im Frack, mit Zylinder und Vollbart. Der Ursprung dieser Tradition reicht ins Jahr 1925 zurück. Damals kamen die meisten Schüler direkt aus der Sekundarschule ans Technikum und schlossen bereits im Alter von etwa 19 Jahren die Ausbildung ab. Sie demonstrierten mit dem Bart- und Fracktragen ihre neue Zugehörigkeit zur Erwachsenenwelt. Daraus entwickelte sich über die Jahrzehnte ein nicht ganz so ernst gemeinter Brauch, der sich bis heute gehalten hat. Die Ingenieursdisziplinen sind glücklicherweise aber längst keine reinen Männerdomänen mehr: Die Absolventinnen präsentieren sich standesgemäss in Biedermeierkleidern und tragen je nach Studiengang und Klasse statt Bart ein spezielles Merkmal auf sich.

Frackwoche und Frackumzug

Die letzte Unterrichtswoche des Frühlingssemesters ist die traditionelle Frackwoche. Sie bildet nicht nur einen Höhepunkt für den Abschlussjahrgang, sondern ist auch für die unteren Semester ein grosser Spass. Während der Frackwoche wird bereits tagsüber auf dem Campusvorplatz gefeiert, abends finden in den Gebäuden diverse Partys statt. Die Schulleitung bekennt sich zur Frackwoche, setzt jedoch einige Spielregeln voraus, damit sich die Festaktivitäten in einem vertretbaren Rahmen halten. Anfangs Juli erfolgt jeweils im Vorfeld der «Nacht der Technik» der Frackumzug. Die Studierenden bauen dafür eigens abenteuerliche Gefährte – meist mit integriertem Bierausschank. Die Parade bahnt sich ihren Weg durch die Winterthurer Altstadt und endet auf dem Campus. Am Abend heisst es dann schliesslich: «Bart ab!»

Die Frackwoche ist für die meisten Studierenden ein absoluter Höhepunkt.

Oben: Der traditionelle Bartvertrag sieht vor, dass die Absolventen 100 Tage lang nicht zum Rasierer greifen dürfen, ehe sie schliesslich an der «Nacht der Technik» erlöst werden.

Rechts: Ob grosse oder kleine Gefährte: Am Frackumzug manövrieren die Abschlussklassen ihre Frackmobile durch die Winterthurer Altstadt.

Studium – und dann?

Wer ein Studium an der ZHAW School of Engineering absolviert, hat danach viele berufliche Möglichkeiten. Wir haben nachgefragt, was die Studierenden von früher heute als Ingenieurinnen und Ingenieure konkret machen.

«Ich habe gelernt, mein Wissen wirksam zu verarbeiten, Probleme systematisch zu lösen und vernetzt zu denken. Ausserdem bin ich durch das Studium noch umweltbewusster geworden.»

Sandro Mazzier, Absolvent Energie- und Umwelttechnik

«Als Wirtschaftsingenieurin stehen mir verschiedenste Branchen und Bereiche offen.»

Ramona Wechsler, Absolventin Wirtschaftsingenieurwesen

Kritisch hinter Fassaden blicken

Sandro Mazzier hat Energie- und Umwelttechnik studiert. Heute arbeitet er für das Ingenieurunternehmen Hunziker Betatech AG. Ihm sei es besonders wichtig, nicht nur etwas für das Unternehmen zu leisten, sondern darüber hinaus etwas für die Gesellschaft und die Umwelt zu tun, sagt er. Als Projektingenieur der Abteilung Bautechnik untersucht er den Zustand von Tiefgaragen, Kläranlagen und Bädern. Mit der Unterstützung von Bauingenieuren kontrolliert er, ob der Stahlträger mehr Rost als Last hat, ob der Beton schon bröckelt oder ob die Technik noch richtig funktioniert. Je nach Projekt begleiten Sandro Mazzier und das Team von Hunziker Betatech alle Phasen der Bauplanung – von der Zustandsuntersuchung zum Bauprojekt, über die Ausführung bis zur Abnahme. Geht es um die Beratung von Kunden, hat ihn das Studium in Energie- und Umwelttechnik intensiv auf seine jetzige Tätigkeit vorbereitet. Sandro Mazzier kennt die Begrifflichkeiten seiner Branche und punktet mit sicherem Auftreten.

Karrierestart bereits im Studium

Ramona Wechsler hat 2016 ihr Studium in Wirtschaftsingenieurwesen abgeschlossen. Dass man im Studiengang nicht nur rechnen lernt, sondern auch Zusammenhänge zu verstehen, liegt laut Ramona Wechsler unter anderem an den Dozierenden, die zum grossen Teil selber in der Wirtschaft tätig sind oder dort gearbeitet haben. Dieses hohe Mass an Praxisorientiertheit zeichnet ihres Erachtens das Studium aus und erleichterte der Absolventin auch den Berufseinstieg: Ramona Wechsler startete im letzten Semester im Teilzeitpensum bei der Krankenversicherung Sanitas. Mit dem Diplom in der Tasche ergatterte sie sich eine Vollzeitstelle. Dort bereitet sie heute Kundendaten für interne und externe Zwecke aus einem zentralen Data-Warehouse auf. In dieser zentralen Datenbank werden Informationen aus mehreren internen Quellen zusammengeführt und verdichtet, um sie dann für Analysezwecke verwenden zu können.

Bachelorarbeit als Türöffner

Pascal Studerus hat nach dem Studium seine Bachelorarbeit quasi zum Beruf gemacht. Denn er hat als Projektleiter die Entwicklung des Elektroautos Microlino realisiert, dessen Grundkonzept bereits Inhalt seiner Abschlussarbeit war. In drei Bachelorarbeiten hatten insgesamt acht Absolventen die Herausforderung angenommen, ein Elektrofahrzeug im Stil des Kultautos Isetta zu konzipieren. Pascal Studerus kümmerte sich um den gesamten Fahrzeugunterbau mit Antriebsstrang und Chassis. Seine Arbeit wusste zu überzeugen. Nach Studienabschluss ging es für Pascal Studerus direkt für mehrere Monate nach China. Dort leitete er den Prototypenbau des Kleinstfahrzeugs Microlino. Dabei wurden keine Bauteile von bestehenden Fahrzeugen verwendet: Vom ersten Teil bis zum fertigen Prototyp ist alles spezifisch für den Microlino konstruiert worden. Die Verständigung mit den chinesischen Fachleuten war nicht einfach. Trotz Kommunikationsproblemen gelang die Konstruktion eines vollständig funktionstüchtigen Fahrzeugs. Danach hat Pascal Studerus den Microlino fit für die Serienproduktion gemacht. Der Autobranche ist Pascal Studerus auch danach treu geblieben. Heute ist er mitverantwortlich für die Transformation der Mercedes-Benz Schweiz AG hin zur elektrischen und vernetzten Zukunft des Automobils.

Entwickeln statt nur Programmieren

Mit dem Bachelorstudium in Informatik hat sich Yacine Mekesser die Grundlage für ein vielfältiges Berufsleben geschaffen. Heute arbeitet er als Software-Entwickler bei der Zühlke Engineering AG. Als Partner für Business Innovation entwickelt Zühlke für Unternehmenskunden Produkte, Services und neue Geschäftsmodelle. Yacine Mekessers Tätigkeit geht über die rein technische Entwicklung von Software weit hinaus. Denn für ein Dienstleistungsunternehmen zu arbeiten, heisst auch, Kunden aus diversen Branchen anzutreffen – von der Bank bis zum Sportverband. Die Projekte und Aufgaben sind daher ganz unterschiedlich. Grundsätzlich geht es meistens darum, die Datenbewirtschaftung und Arbeitsprozesse zu digitalisieren. Für die individuellen Kundenbedürfnisse gibt es jedoch keine fixfertigen Lösungen. Als Software-Entwickler führt Yacine Mekesser deshalb nicht einfach nur Aufträge aus, sondern berät die Kunden auf der Suche nach der perfekten Lösung für ihr Problem. Die beratende Funktion gehört daher für Yacine Mekesser genauso zum Software-Engineering wie die technische Seite: Seine Erfahrungen zeigen, dass sich direkter Kundenkontakt positiv auf das Gelingen des Projekts auswirkt. Der Absolvent betont, dass ihm das inhaltlich breite Studium die technischen Grundlagen vermittelt hat, um komplexe Zusammenhänge in seiner heutigen Tätigkeit zu verstehen. Aber auch die nichttechnischen Disziplinen aus dem Studium helfen ihm im Arbeitsalltag weiter. Weiterempfehlen kann er das Studium deshalb allen, die gerne mehr als Programmierer sein wollen und lieber Softwarelösungen entwickeln, anstatt nur Code zu schreiben.

«Mit einer Mechanikerlehre kann man sich nur langsam Schritt für Schritt hocharbeiten. Mit einem Bachelorstudium hat man wesentlich bessere Aufstiegschancen.»

Pascal Studerus, Absolvent Maschinentechnik

«Als Software-Entwickler führe ich nicht einfach nur Aufträge aus, sondern berate die Kunden auf der Suche nach der perfekten Lösung für ihr Problem.»

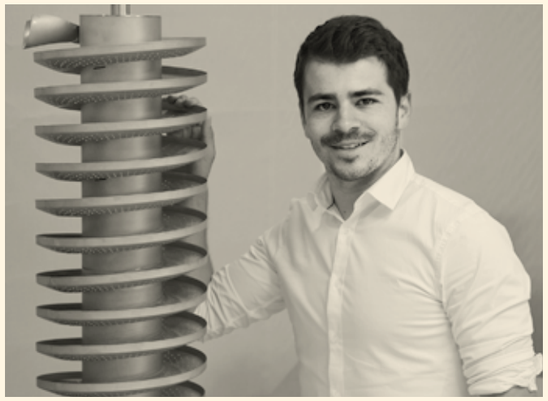
Yacine Mekesser, Absolvent Informatik

«Wer Aviatik studiert, der lernt dort nicht fliegen, aber er lernt, die Fliegerei in ihrer Komplexität zu verstehen – das eröffnet einem auch mehr Möglichkeiten.»

Mathieu Wanner, Absolvent Aviatik

Mit Vollgas auf die Startpiste

Mathieu Wanner hat sein Aviatikstudium mit der Lizenzausbildung zum Verkehrspiloten kombiniert. Heute fliegt er für Swiss International Air Lines. Im Studium hat er gelernt, die Infrastruktur und das System rund ums Fliegen zu verstehen. Zu Studienbeginn wusste Mathieu Wanner noch gar nicht, ob es mit der Pilotenausbildung bei SWISS klappen würde. Im Verlauf des ersten Studienjahres bekam er von SWISS grünes Licht für den dualen Ausbildungsweg. Diese Möglichkeit ist einzigartig in der Schweiz und verkürzt die Ausbildungszeit, da die akademische Basis für den Theorieteil bereits während des Studiums vermittelt wird. Die praktische Ausbildung erfolgt während der unterrichtsfreien Zeit sowie in den Monaten nach Abschluss des Bachelorstudiums. Im Studium hat sich Mathieu Wanner neben Fachwissen auch sogenannte Soft Skills angeeignet – vor allem Kompetenzen im strukturierten Denken oder im Entwickeln von Lösungen. Als Pilot bekommt er fast täglich technische Informationen zugeschickt, meist Instruktionen zu bestimmten Abläufen. Diese Updates müssen stets durchgearbeitet werden, um auf dem neusten Stand zu bleiben. Und dank seinem Fachwissen versteht Mathieu Wanner auch das operative Geschäft.



«Als Systemtechnik-Ingenieur füge ich die einzelnen Puzzleteile zu einer Anwendung zusammen.»

Tobias Frech, Absolvent Systemtechnik

Perfekte Tabletten herstellen

Tabletten werden in der Regel aus Pulver gepresst und danach entweder mit einer Beschichtung versehen oder direkt verpackt. Davor werden sie aber noch entgratet und vom Staub befreit. Bei etwa jeder zweiten Tablette weltweit kommen dafür Geräte der Krämer AG aus Bassersdorf zum Einsatz. Für diesen Erfolg mitverantwortlich ist Tobias Frech. Als Projektleiter hat er es mit Kunden aus der ganzen Welt zu tun. Je nach Tablettengrösse und Produktionsanlage gilt es die Geräte so anzupassen, dass die individuellen Ansprüche erfüllt werden. Das ist das Tagesgeschäft für den Systemtechnikingenieur. Aber in ihm schlägt das Herz eines Entwicklers. Da inzwischen Nachahmer auf den Markt drängen, sind stete Optimierungen und Neuentwicklungen umso wichtiger. Der nächste Schritt ist, dass die Geräte für die Produktionskette in der Industrie 4.0 geeignet sind – dann wird der Entstauber mit der Tablettenpresse kommunizieren können. Dass das Studium seine Selbstdisziplin und auch die Teamfähigkeit gefördert hat, kommt ihm heute im Arbeitsalltag zugute, wo er die Entwicklungen eng mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Fachgebieten abstimmt. Als Systemtechnikingenieur fügt er die einzelnen Puzzleteile zu einer funktionierenden Anwendung zusammen.

Vielseitige Aufgaben

Céline Mathis entwickelt als Allrounderin erfolgreich kundenspezifische Elektronik – von der Hardware bis zur passenden Software. Grundlage für Céline Mathis' Karriere war das ZHAW-Studium in Elektrotechnik – ein logischer Schritt nach der Ausbildung zur Elektronikerin und mehreren Jahren Arbeitserfahrung. Spricht man sie darauf an, was sie am meisten am Studium begeisterte, so ist es die Praxisbezogenheit. Der Laborbetrieb war ihr dabei besonders wichtig. Dort konnte sie die Theorie aus der Vorlesung praktisch umsetzen und auch in der Anwendung begreifen. Diese praktischen Erfahrungen setzt Céline Mathis vielseitig ein. Als Projektleiterin in einer Firma, die Elektronikentwicklungen als Dienstleistung anbietet, ist sie nicht nur direkte Ansprechpartnerin für Kunden. Sie widmet sich in ihrer Arbeit vor allem kundenspezifischen Produktentwicklungen. Das Studium der Elektrotechnik hilft ihr dabei, anhand der Kundenanforderungen Prototypen zu entwickeln, wie zum Beispiel ein Schweissgerät und die dazugehörige Leistungselektronik. So entwirft Céline Mathis nach der Evaluation der Anforderungen Schaltpläne, gestaltet die Hardware und programmiert die Software. In Absprache mit den Kunden optimiert sie die Geräte, bis sie bereit sind für die Zulassung und Zertifizierung. Es ist diese Vielseitigkeit, die den Job für sie so attraktiv macht.

Das Bahnsystem verstehen

Martin Grolimund hat Verkehrssysteme studiert. Heute koordiniert er für die SBB diverse Baustellen in der ganzen Ostschweiz. Dabei geht es um optimales Timing und maximale Sicherheit. Dass es ihn zur Eisenbahn verschlagen würde, hatte er während des Studiums noch nicht gedacht, denn der Individualverkehr interessierte ihn zunächst mehr. Nach seinem Abschluss 2015 und einem Werkstudentenjahr bei Stadler Rail fasste der Absolvent Fuss als Projektleiter für Bahnsicherungsanlagen bei der BÄR Bahnsicherung. Von da an liess ihn der Schienenverkehr nicht mehr los. Inzwischen arbeitet Martin Grolimund als Ausführungsprojektleiter bei der SBB Infrastruktur in Winterthur. Er koordiniert in seiner Funktion die Arbeiten auf mehreren Baustellen in der Ostschweiz. Seine Arbeitszeit verbringt er ungefähr je zur Hälfte im Büro und auf den Baustellen. Ziel ist es, dass die Baustelle den laufenden Zugverkehr und somit den Endkunden so wenig wie möglich beeinträchtigt. In seiner Funktion ist ein Gesamtverständnis für das Bahnsystem sowie eine selbstständige, verantwortungsvolle Arbeitsweise gefragt. Beides bringt Martin Grolimund aus dem Studium mit.

«Die ganze Materie aus dem Studium begleitet mich tagtäglich und erleichtert mir das Verständnis für die Herausforderungen in der Produktentwicklung.» **Céline Mathis, Absolventin Elektrotechnik**

«Dank des Studiums habe ich keine Berührungsängste vor neuen, innovativen Wegen. Das ist ein wichtiger Punkt, denn in einem Grosskonzern gibt es immer Potenzial für Verbesserungen.» **Martin Grolimund, Absolvent Verkehrssysteme**

Von links nach rechts: Die Preisträger Patrick Helg und Stefan Angliker mit Bundesrätin Simonetta Sommaruga und LITRA-Präsident Martin Candinas.

Anerkennung für hervorragende Leistungen

Nicht wenige Absolventinnen und Absolventen leisten mit ihren Abschlussarbeiten besonderes. Jedes Jahr werden einige von ihnen sogar mit Preisen ausgezeichnet. Aber auch Forschungsarbeiten der ZHAW werden Preise und Ehrungen zuteil.

Bereits im vierten Jahr in Folge gehören Absolventen des ZHAW-Studiengangs Verkehrssysteme zu den Gewinnern des Prix LITRA.

Prix LITRA für Verkehrssysteme-Absolventen

Die LITRA als Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr zeichnet jährlich hervorragende Abschlussarbeiten aus, die sich thematisch dem öffentlichen Verkehr widmen. Bereits im vierten Jahr in Folge gehören Absolventen des ZHAW-Studiengangs Verkehrssysteme zu den Gewinnern des Prix LITRA. In diesem Jahr sicherten sich Stefan Angliker und Patrick Helg den mit CHF 3000.– dotierten Preis. Die beiden Absolventen haben in ihrer Bachelorarbeit die Möglichkeit einer sogenannten Tangentialverbindung zwischen Basel und Winterthur erforscht. Diese Direktverbindung entlang des Rheins wurde 1993 aufgegeben; seither erfolgt die Reise via Hauptbahnhof Zürich. Die Absolventen entwickelten nun ein Angebotskonzept für eine rund zehn Minuten schnellere Interregio-Verbindung mit Halten in Rheinfelden, Stein-Säckingen, Koblenz, Bad Zurzach und Bülach.

Bundesrätin Simonetta Sommaruga (links) überreicht Stefan Angliker (Mitte) und Patrick Helg (rechts) den Prix LITRA.

Gewächshaus-Energieprojekt gewinnt «Watt d'Or»

Forschende der ZHAW School of Engineering haben eine hocheffiziente, gezielte Klimatisierung für Gewächshäuser entwickelt. Der innovative Ansatz: Anstatt das gesamte Gewächshaus zu beheizen bzw. zu kühlen, werden lediglich die Pflanzentische mit optimal konditionierter Luft versorgt. Sogenannte Absorptionsluftwäscher kehren dazu den natürlichen Transpirationsprozess der Pflanzen um. Die Forschenden haben die neue Technologie in einem rund 600 Quadratmeter grossen Gewächshaus der Meyer Orchideen AG während mehrerer Monate erprobt. So konnten sie nachweisen, dass sich der Energieverbrauch zum Heizen und Kühlen um rund die Hälfte reduzieren lässt. Das Projekt hat den «Watt d'Or 2020» des Bundesamts für Energie erhalten.

Nicht das gesamte Gewächshaus wird beheizt bzw. gekühlt, sondern lediglich jeder Pflanzentisch mit optimal konditionierter Luft versorgt.

Baton Shala erhielt für seine Masterarbeit einen Preis am Swiss Green Economy Symposium.

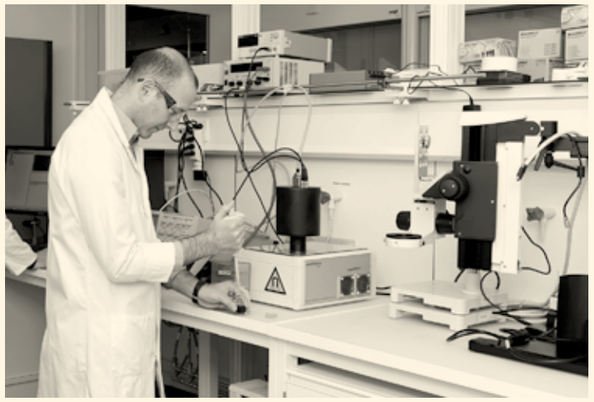
Geschäftsmodelle für die Smart City

Die Umsetzung von nachhaltigen Projekten scheitert häufig am fehlenden Geschäftsmodell. In seiner Masterarbeit hat Baton Shala deshalb mehr als einhundert mögliche Smart-City-Anwendungen untersucht und bewertet. Mit Experten hat er konkrete Business Cases für Unternehmen und Gemeinden ausgearbeitet. Zusammen mit den Experten kam Baton Shala zur Erkenntnis, dass Anwendungen wie Smart Waste Management, Co-Working-Spaces, Stadtmelder, Hackathons und Apps für das Vermieten von Parkplätzen leicht umsetzbar und gleichzeitig relevant für eine Smart City sind. Für seine Arbeit ist er am Swiss Green Economy Symposium 2019 mit dem SDG-Award ausgezeichnet worden.

ZHAW-Forscher für Nanopartikel-Projekt ausgezeichnet

Künstlich hergestellte Nanopartikel finden sich heute in vielen Produkten – von Lebensmitteln bis zur Kosmetik. ZHAW-Forscher Mathias Bonmarin hat eine neue Methode entwickelt, solche Nanopartikel präzise zu messen und zu charakterisieren. Es beruht auf der Lock-In-Thermographie, einer berührungslosen Prüfmethode, die sich beispielsweise in der Qualitätssicherung von Flugzeugbauteilen bewährt hat. Für seine Arbeit hat ihn das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), der grösste technische Berufsverband der Welt, mit einem Award ausgezeichnet. Das IEEE verleiht jährlich Preise an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ausserordentliche Leistungen auf ihrem Gebiet vollbracht haben.

ZHAW-Forscher Mathias Bonmarin hat im Labor mit Nanopartikeln gearbeitet.



Masterabsolvent gewinnt Mathematikpreis

Die Gesellschaft für Mathematik an Schweizer Fachhochschulen (GMFH) zeichnet regelmässig Bachelor- oder Masterarbeiten aus, die den Einsatz von Mathematik in einer praktischen Anwendung oder in einer theoretischen Abhandlung überzeugend aufzeigen. Im Rahmen der jährlichen GMFH-Tagung erhielt ZHAW-Absolvent Philipp Schmid die Auszeichnung. In seiner Masterarbeit «Visual Inertial Odometry with Stereo Camera» in der Vertiefung Information and Communication Technologies entwickelte er einen sogenannten Visual-Odometry-Algorithmus zu Navigationszwecken. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei ohne Satellitenkontakt.

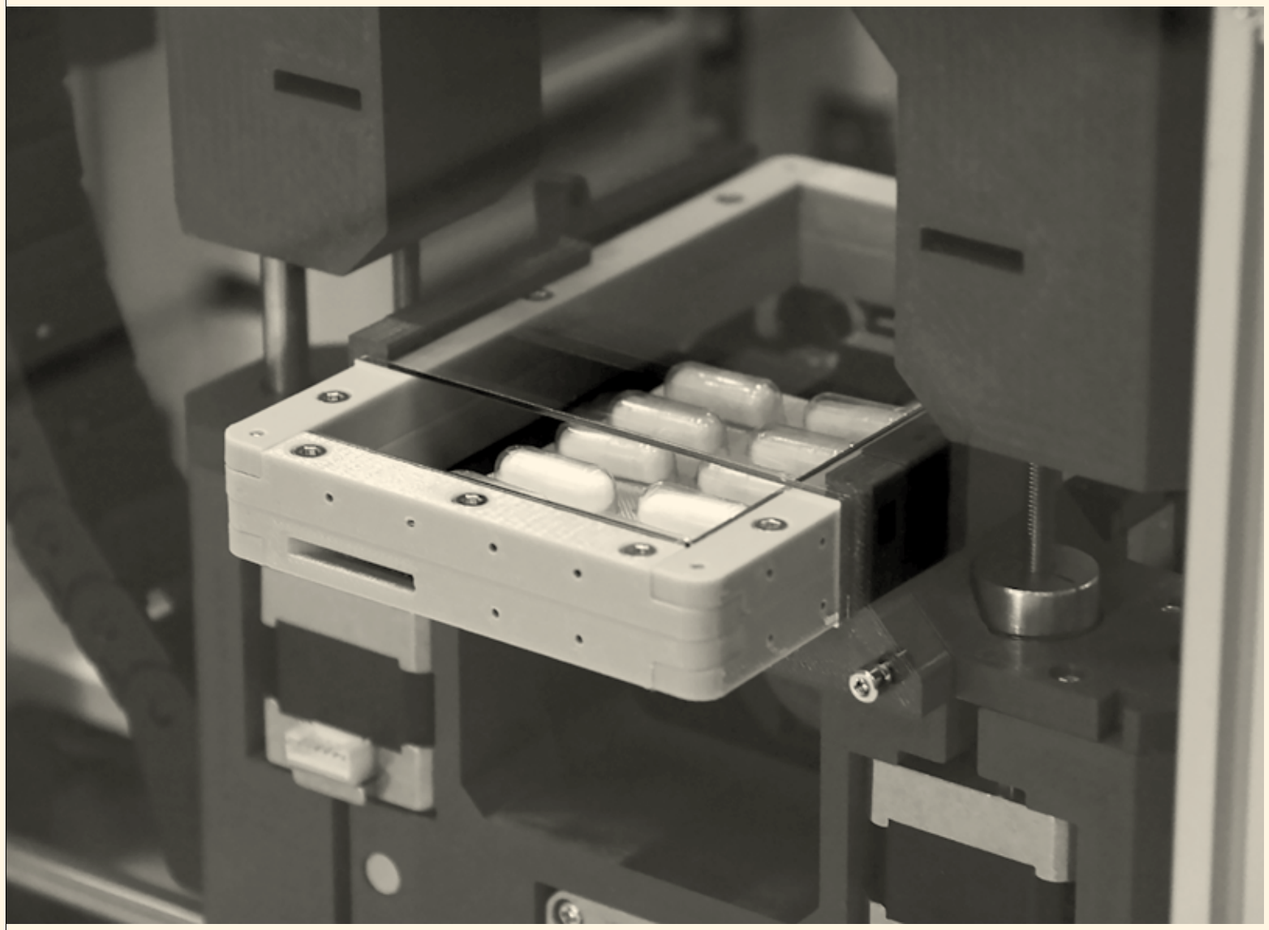
Philipp Schmid freut sich über die Auszeichnung der Gesellschaft für Mathematik an Schweizer Fachhochschulen (GMFH).

Absolventen gewinnen Preis für Tablettenautomat

Die richtigen Medikamente können das Leben verlängern – vorausgesetzt, sie werden zur rechten Zeit in vorgeschriebener Dosis eingenommen. Gerade dies kann aber insbesondere für ältere Menschen zur täglichen Herausforderung werden. Mit technischer Hilfe könnten Fehler bei der Einnahme von Tabletten vermieden werden. Jonas Frei und Frederik Imhof haben im Rahmen ihrer Systemtechnik-Bachelorarbeit eine mögliche Lösung für dieses Problem entwickelt. Für ihren Prototyp eines Entblisterungsautomaten haben die Absolventen den mit CHF 4000.– dotierten Award der Brütsch Elektronik AG gewonnen.

Von der Brütsch Elektronik AG ausgezeichnet: Jonas Frei und Frederik Imhof.

Mit technischer Hilfe könnten Fehler bei der Einnahme von Tabletten vermieden werden.



«Steasy ermöglicht unabhängig von Zeit und Ort das schonende Aufwärmen einer gesunden Mahlzeit.»

Claudio Ruiz, ZHAW-Absolvent und Startup-Gründer

Mit cleveren Ideen zum eigenen Startup

Ob sensorgesteuerte Leuchtmittel, ein portabler Steamer oder Simulationsmodelle: Innovative Geschäftsideen nehmen ihren Anfang häufig in Abschlussarbeiten von Studierenden. Mit der Initiative Entrepreneurship@ZHAW unterstützt die ZHAW die Gründung von Jungunternehmen.

Entrepreneurship@ZHAW

Die ZHAW unterstützt ihre Studierenden auf dem Weg zur Startup-Gründung mit kostenlosen Innosuisse Startup-Trainings. Weiter betreibt sie den RUNWAY Startup Incubator, der Gründerinnen und Gründern neben einem Coworking-Space mit modernster Infrastruktur auch ein massgeschneidertes Coaching bietet. Jedes Jahr werden drei RUNWAY-Plätze im Rahmen der ZHAW-weiten Startup Challenge vergeben.

Lunchbox «Steasy» für die Mittagspause

Um sich ausgewogen zu ernähren, vertrauen viele Menschen in der Mittagspause auf selbst mitgebrachtes Essen. Beim Erhitzen in der Mikrowelle leiden allerdings Nährstoffe und Vitamine. Anders sieht es mit «Steasy» aus. Der portable, akkubetriebene Steamer wärmt die Speisen mithilfe von heissem Dampf. «Steasy» benötigt dafür keinen Stromanschluss, sondern verfügt über einen internen Akku. Mittels Smartphone-App lässt sich sogar von überall aus terminieren, wann der Steamer mit dem Erhitzen beginnen soll. Nach rund einer Viertelstunde ist die Mahlzeit fertig aufgewärmt. «Das Aufwärmen mit Dampf wird ‹Regenerieren› genannt und beeinflusst die Qualität des Essens nicht – die Speisen trocknen weder aus noch verlieren sie Vitamine», erklärt Reto Muhl. Er und Claudio Ruiz haben das Gerät ursprünglich im Rahmen ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Systemtechnik entwickelt. Nach Abschluss des Studiums haben die Ingenieure zusammen mit ZHAW-Absolvent Johannes Hofer ihr eigenes Start-up-Unternehmen Nexenic gegründet. «Mit unserem einzigartigen Gerät ermöglichen wir den Anwendern unabhängig von Zeit und Ort das schonende Aufwärmen einer gesunden Mahlzeit», sagt Claudio Ruiz stolz.

Wollen «Steasy» auf den Markt bringen: Reto Muhl, Claudio Ruiz und Johannes Hofer (v.l.n.r.). www.steasy.ch

«Eine Modellierung lohnt sich überall dort, wo nicht klar ist, wie sich Veränderungen auf komplexe Prozesse auswirken.» **Patrick Kehrli, ZHAW-Absolvent und Startup-Gründer**

Dank ProSim die richtigen Entscheidungen treffen

Das digitale Abbilden von Maschinen oder Prozessen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dazu werden Simulationsmodelle benötigt – das Kernbusiness von ProSim, dem Startup-Unternehmen der beiden ZHAW-Absolventen Daniel Pfiffner und Patrick Kehrli. In seiner Masterarbeit hat Daniel Pfiffner an der Entwicklung eines Flugnetzsimulators für die SWISS gearbeitet. Mit seiner Firma kann er das Projekt inzwischen direkt beim Auftraggeber betreuen. «Die Entwicklung des Prototyps war ein ZHAW-Projekt», so Pfiffner. «Nun ist das Tool im realen Einsatz bei der SWISS und muss weiterentwickelt und gewartet werden.» Mit diesem Auftrag haben sich die beiden Wirtschaftsingenieure die Grundlage für ihre Selbständigkeit geschaffen. Doch schnell sind weitere Projekte hinzugekommen. Für einen Hochregallagerbauer entwickelten die Jungunternehmer eine individuelle Simulationsbibliothek, mit der alle erdenklichen Lagerlayouts in kürzester Zeit simuliert und ausgewertet werden können. Industriewäschereien optimierten dank der Simulation des Startups ihre Abläufe. Und auch bei der Planung des Studienmodells 2025 an der ZHAW kam die Expertise von ProSim zum Einsatz. «Eine Modellierung lohnt sich überall dort, wo nicht klar ist, wie sich Veränderungen auf komplexe Prozesse auswirken», sagt Patrick Kehrli.

ZHAW-Absolventen Patrick Kehrli und Daniel Pfiffner bieten Simulationen für verschiedenste Szenarien an. www.prosim.ch

LEDCity – nur leuchten, wenn's nötig ist

Wie viel Strom liesse sich einsparen, würde man Fussgängerunterführungen nachts nur dann beleuchten, wenn wirklich jemand hindurchgeht? Diese Frage stellte sich Patrik Deuss während einer Vorlesung im Studium der Energie- und Umwelttechnik. «Es ging darum, Energieeinsparpotenziale aufzudecken», erinnert sich der heutige Unternehmer. «Mir kam damals die Einsicht, dass im Beleuchtungssektor ein enormes Einsparpotenzial nahezu unangetastet blieb.» Noch während des Studiums begann Patrik Deuss mit der Entwicklung eines innovativen Lösungsansatzes. Im Rahmen seiner Bachelorarbeit entstand schliesslich der erste Prototyp einer interaktiven LED-Röhre mit integriertem Bewegungsradar. Heute vertreibt er das Produkt im In- und Ausland. Der Clou: Die LED-Röhre kann einfach statt der bestehenden Leuchtröhre eingesetzt werden – ohne zusätzlichen Installationsaufwand. Ausserdem können die Leuchtmittel untereinander Informationen austauschen und sorgen so dafür, dass die Menschen immer genau so viel Licht haben, wie sie effektiv benötigen. «Die Kombination aus LED und Sensorik ist ein unschlagbares ökonomisches wie auch ökologisches Mittel, um die Betriebskosten zu senken», so Patrik Deuss. «Das Betätigen eines Lichtschalters soll der Vergangenheit angehören.»

Patrik Deuss bringt Licht ins Dunkel.
www.ledcity.ch

«Das Betätigen eines Lichtschalters soll der Vergangenheit angehören.»
Patrik Deuss, ZHAW-Absolvent und Startup-Gründer

Bildquelle: Tobias Oetiker / Unsplash

Herausgeberin
ZHAW School of Engineering

Texte
Matthias Kleefoot, Julia Obst, Julia Völker

Fotografie
Ladina Bischof

Konzept und grafische Gestaltung
Wolf Studio, Zürich
Samuel Wolf, Leoni Limbach

Druck
Druckerei Odermatt AG

Auflage
1000 Exemplare
September 2020

Kontakt
ZHAW School of Engineering
Marketing & Kommunikation
Technikumstrasse 9
Postfach
8401 Winterthur

E-Mail: markom.engineering@zhaw.ch
Website: www.zhaw.ch/engineering

MIX
Aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C018763

© 2020 ZHAW School of Engineering, Winterthur
© Fotografien Studierende (bis S. 116), Studiengänge und Aussenaufnahmen Campus: Ladina Bischof

Alle Rechte vorbehalten. Sämtliche Inhalte dieses Magazins dürfen erst nach schriftlicher Genehmigung der Herausgeberin verwendet werden.