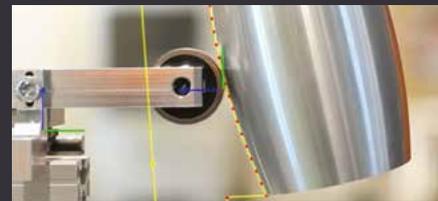
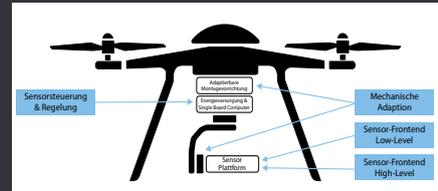
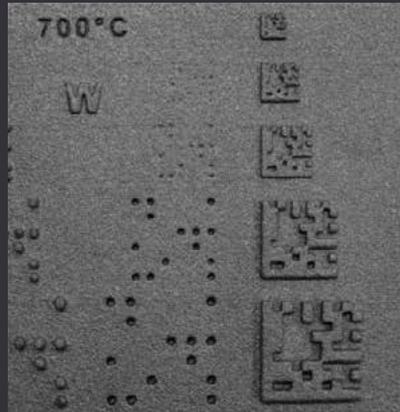
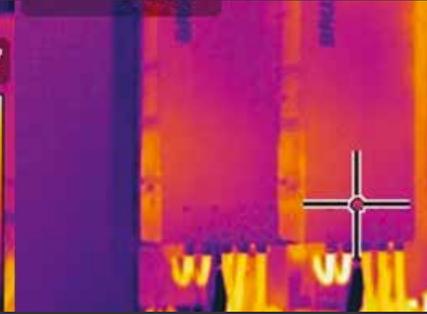
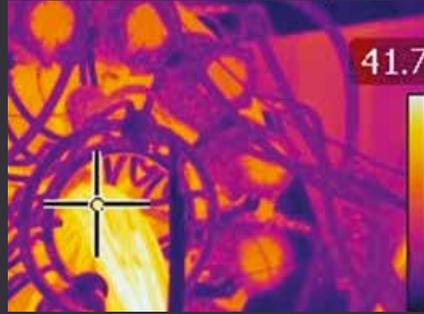
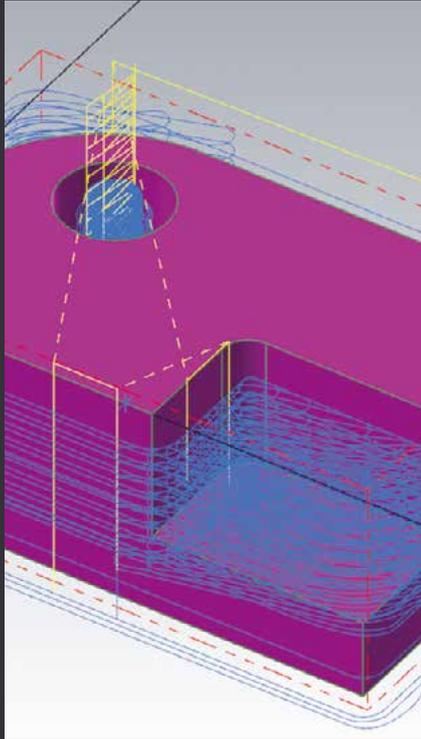


**Institut für Automation
Tätigkeitsbericht 2017**
www.fhnw.ch/ia



Inhalt

3 Editorial

Forschungskompetenz Moderne Regelungstechnik

- 4 Innovative Kalibrationsverfahren zur Nahinfrarot-Online-Echtzeitanalyse von Mineralien mit Schwerpunkt Eisenerz**
Michael Lüthy
-
- 6 Innovatives Antriebskonzept für Windkraftanlagen**
Pasqual Schleuniger
-
- 8 Optimierte Regelung von Abwasserreinigungsanlagen**
Hannes Amport
-
- 10 Automatisierung einer elektrisch angetriebenen Falzbank**
Pascal Schleuniger
-
- 12 Steuerung und Regelung einer neuartigen Fäkalienverwertungsanlage**
Silvano Germann
-
- 14 Innovatives Auslegungstool für hochdynamische und hochpräzise Laserbearbeitungsmaschinen**
Jonathan Hüni
-

Forschungskompetenz Industrielle Automation und Gebäudeautomation

- 18 Pantographeninspektion mittels industrieller Bildverarbeitung**
Jan Steger
-
- 22 Aufbau eines Wärmepumpenprüfstandes zur Online-Diagnose von industriellen Grosswärmepumpen**
Hannes Amport
-
- 24 Eigenverbrauchsoptimierung in MFH über innovative Strombörse**
Michael Koller
-
- 28 Pendelgenerator zur Energiegewinnung aus der Fussbewegung beim Gehen**
Hans Gysin
-

Forschungskompetenz Mechatronik

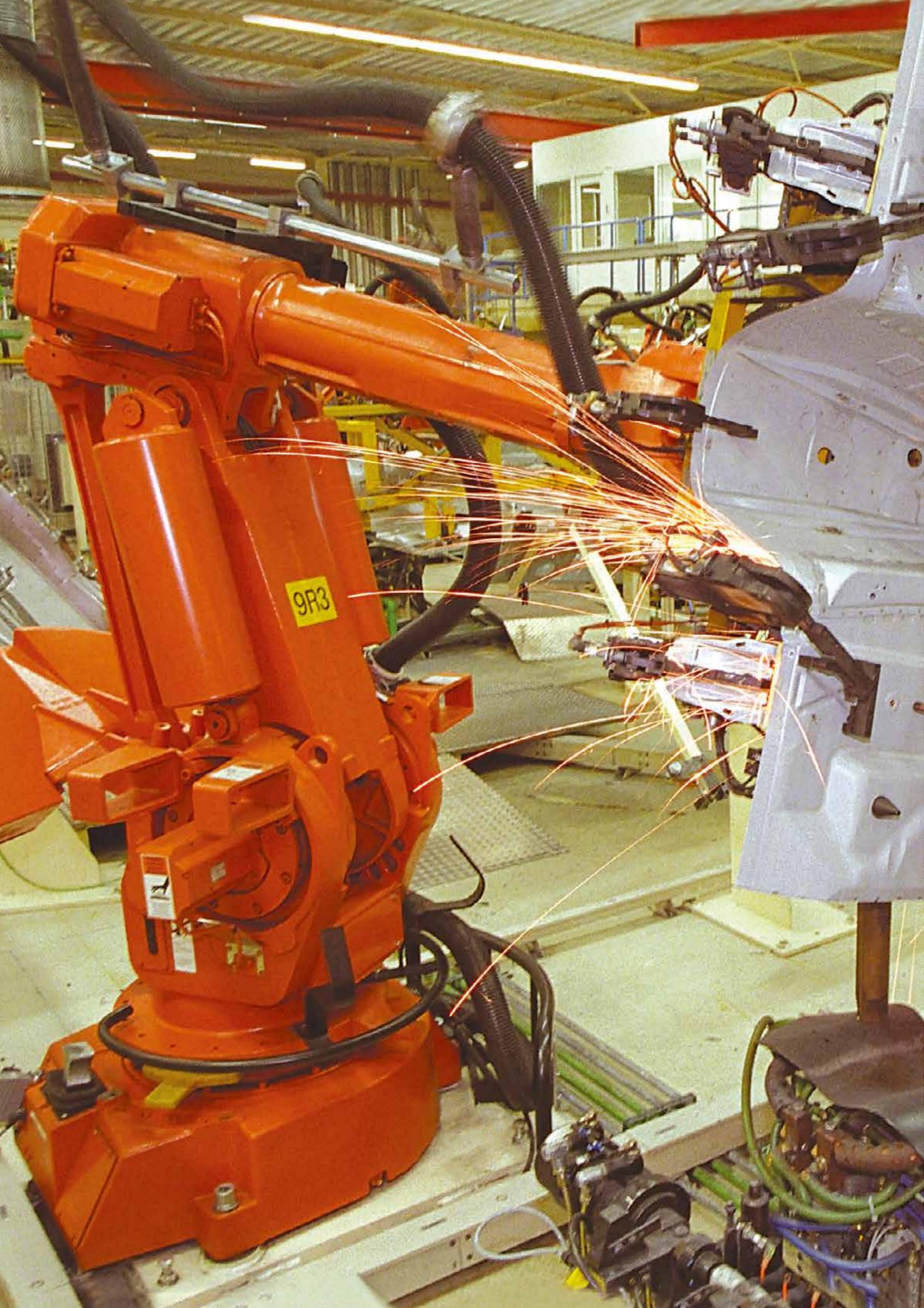
- 30 Demonstrator Industrie 4.0**
Jean-Paul John
-
- 34 Industrie 4.0 am Beispiel einer roboterassistierten Bandschleifzelle zur Fertigung von Armaturen**
Matthias Füglistner
-
- 36 Auf dem Weg zur Giesserei 4.0**
Max Edelmann
-
- 40 Energieeffiziente Hochdruckpumpe für einen flexiblen Einsatz in der Wasserstrahlbearbeitung**
Stefan Niederberger
-
- 43 Generische Flug-Plattform mit unterschiedlichen Sensoren zur Detektion von Landminen**
Heinz Eichin
-
- 48 NanoFrazor Scholar – hochauflösendes Nanolithographie-Tool für Technologie Einsteiger**
Robin Erne
-
- 50 Optimale, digitalisierte mechanische Fertigung**
Thomas Moser
-

Nachwuchsförderung, Aus- und Weiterbildung

- 52 Kollisionsfreie Pfadplanung von einem Multirobotersystem mittels Zeitdiskreter Bezierkurve**
Moritz Wiss
-
- 55 H_∞-Reglerentwurf in LabVIEW**
Jürg Peter Keller
-
- 57 Konferenzbeiträge**
-
- 58 Studierendenprojekte**
-
- 60 Publikationsliste und Preise**
-

Impressum

Herausgeberin: Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW,
Hochschule für Technik, Institut für Automation
Projektleitung und Redaktion: Rolf Isler, Jadwiga Gabrys
Layout: Ben Newton, digitworks.ch
Erscheinungsweise: jährlich
Auflage: 500 Exemplare



Editorial

Geschätzte Leserin, geschätzter Leser

Vor 40 Jahren wurden Regler mit ausgeklügelter Pneumatik oder eleganten Operationsverstärkerschaltungen realisiert, bereits vor 30 Jahren revolutionierte die Digitalisierung die industrielle Automation. Was heute im Zeitalter der Digitalisierung in der Automatisierungstechnik am Institut für Automation gemacht wird, können Sie anhand realisierter Beispiele im Tätigkeitsbericht nachlesen. Die fortlaufende Verbesserung und Optimierung bestehender Anlagen wird immer schwieriger – alles Einfache wurde schon längst getan - und bedarf darum ingenieurmäßigem Pragmatismus kombiniert mit einem sehr guten Verständnis der theoretischen Grundlagen. Verschiedene zukunftsweisende Projekte dazu werden im Tätigkeitsbericht dokumentiert.

Im Rahmen der Ausbildung durfte unser Institut den Unterricht in den Studiengängen Systemtechnik, Wirtschaftsingenieurwesen, Elektro- und Informationstechnik und Energie- und Umwelttechnik wahrnehmen. Die Krönung einer Ausbildung bildet die Abschlussarbeit. Darum finden diese als Leistungsausweis auch immer ihren Platz in diesem Bericht. In der Weiterbildung leistet das Institut für Automation einen wesentlichen Beitrag im MAS Automation Management. Seit vielen Jahr ist uns auch die Jugendförderung ein wichtiges Anliegen: First-Lego-League, Schweizer Jugend forscht-Wochen, Mint-Summercamp und verschiedene Einsätze in Ferienpassangeboten.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre und freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme bei Automationsaufgaben aller Art. Gerne lösen wir mit Ihnen gemeinsam Ihre Problemstellungen und bilden dabei unsere Studierenden praxisnah aus!

Freundlichst

Roland Anderegg
Institutsleiter

Jürg Peter Keller
Stellvertretender Institutsleiter

Innovative Kalibrationsverfahren zur Nahinfrarot-Online-Echtzeitanalyse von Mineralien mit Schwerpunkt Eisenerz

Bei der Eisenerz-Herstellung ist die Überwachung der chemischen Zusammensetzung der verwendeten Mineralien von zentraler Bedeutung. Dementsprechend wichtig ist es, diese möglichst genau und rasch messtechnisch erfassen zu können.

Michael Lüthy

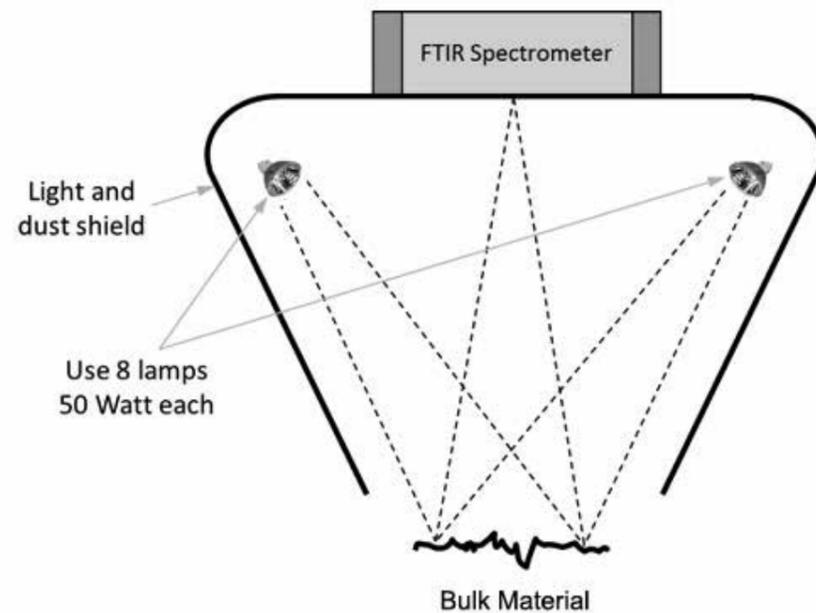


Abbildung 1: Analysator von SpectraFlow Analytics

Ausgangslage und Projektziel

In der Eisenerzindustrie ist die Überwachung der Mischungsverhältnisse der einzelnen benötigten Mineralien notwendig, um eine möglichst hohe Qualität des Eisenerzes zu erreichen. Grund dafür ist, dass die chemische Zusammensetzung der verwendeten Rohmaterialien (z.B. Kalkstein, Kohle oder Bauxit) aufgrund deren natürlichen Gegebenheiten nicht konstant ist. Aktuell wird diese Überwachung grösstenteils mit der Röntgenfluoreszenzanalyse (kurz: XRF-Analyse) durchgeführt, welche in regelmässigen Abständen die elementare Zusammensetzung der Mineralprobe ausmisst. Die Methode liefert sehr genaue Messresultate, ist jedoch aufwändig und zeitintensiv.

Die Startup-Firma SpectraFlow Analytics in Neuenhof operiert seit 2013 in diesem Bereich und bietet als einzige Firma in der Schweiz Systeme zur Nahinfrarot-Online-Analyse von Rohmaterialien in der Zementherstellung an. Mit einem Messzyklus von einer Minute kann deren

System die chemische Zusammensetzung im Vergleich mit der XRF-Methode deutlich schneller erfassen und erlaubt damit eine bessere Überwachung der Qualität.

Zur Erweiterung des Anwendungsgebiets auf die ressourcenschonende Verarbeitung von Eisenerzen wurde im Rahmen eines KTI-Projektes untersucht, wie sich das bestehende Konzept aus Messsystem und Kalibrationsroutine verbessern und auf die speziellen Bedürfnisse der Eisenerzindustrie anpassen lässt.

Funktionsprinzip

Der Analysator von SpectraFlow nimmt vom sich darunter befindenden Material Spektren im Nahinfrarotbereich auf und evaluiert diese anschliessend über ein hinterlegtes, mathematisches Modell, um die chemische Zusammensetzung zu bestimmen. In Abbildung 1 ist eine vereinfachte Darstellung des Analysators zu sehen.



Abbildung 2: Kalibrationsprozess

Für die Erstellung des mathematischen Modells zur Auswertung der Spektren ist eine Kalibration notwendig. Eine solche Kalibration besteht aus mehreren Zwischenschritten, welche in Abbildung 2 zu sehen sind.

Die Schwierigkeit liegt darin, ein Modell zu erstellen, welches nicht nur in der Kalibration, sondern auch an der Anlage ausreichend genaue Werte bezüglich der chemischen Zusammensetzung liefert.

Vorgehen

In einem ersten Schritt wurde das bestehende Kalibrationskonzept analysiert, um besser zu verstehen, wo mögliche Störgrössen das System beeinflussen können. Dabei wurden sämtliche in Abbildung 2 dargestellten Schritte analysiert.

Um die neuen Ansätze unter möglichst idealen Bedingungen testen zu können, wurden eigene Proben mit synthetischen Reinmaterialien gemischt. Die Spektren einer solchen Probe sind in Abbildung 3 zu sehen. Daneben standen verschiedene Datensätze von Kundenanlagen zur Verfügung. Diese wurden genutzt, um die Performance der neuen Ansätze anhand von Daten zu analysieren, wie sie auch in den Anlagen vorkommen.

Bei der Evaluation neuer Kalibrationsansätze wurden zahlreiche Regressionsverfahren und Vorverarbeitungsmethoden in Betracht gezogen. In die engere Wahl kamen dabei jene Verfahren, welche bezüglich Genauigkeit und Robustheit über die dazu erforderlichen Eigenschaften verfügten.

Resultate

In den Versuchen mit den eigens gemischten Proben und den Daten von Kundenanlagen zeigte sich, dass eine Kalibration möglich ist. Dabei schnitten besonders die Verfahren gut ab, welche die Dimensionalität der Spektren reduzierten. Verfahren wie die Sparse Partial Least Squares Regression (SPLS), welche dazu noch eine Variablenselektion durchführen, wiesen sehr gute Ergebnisse aus.

Die Untersuchungen zeigten zudem, dass durch eine sinnvolle Wahl des anzuwendenden Spektralbereichs die Kalibrationsergebnisse verbessert werden können. Zudem

führte die Verwendung der ersten und zweiten spektralen Ableitung zu robusteren Ergebnissen bei Daten im Onlinebetrieb, obwohl die Vorhersageergebnisse der Trainings- und Testdaten gegenüber der nullten spektralen Ableitung schlechter wurden.

Auch der Einfluss von Störgrössen in den Spektren auf die Kalibration wurde genauer untersucht. Luftfeuchtigkeit, Wassergehalt, Temperatur und auch die Lampenalterung haben einen Einfluss auf die Spektren und damit auf die Kalibration. Systematische Störungen, welche während der Modellierung nicht berücksichtigt wurden, führen zu einem konstanten Offset in der Konzentrationsvorhersage.

Ausblick

Diese Erkenntnisse bezüglich der Vorverarbeitung, der Beschaffenheit der Trainingsdaten sowie dem Einfluss von Störgrössen halfen, die Performance der Kalibration bezüglich Robustheit und Genauigkeit bei der Anwendung in der Eisenerzherstellung zu verbessern. SpectraFlow konnte nicht zuletzt dank der neuen Erkenntnisse dieses Forschungsprojektes mehrere neue Analysatoren an Werke in der Eisenerzindustrie verkaufen. Das KTI Projekt konnte im Sommer 2017 erfolgreich abgeschlossen werden.

Das Projektteam der FHNW bedankt sich bei der KTI, ohne welche die Durchführung dieses Forschungsprojektes nicht möglich gewesen wäre.

Umsetzungspartner

SpectraFlow Analytics AG, Neuenhof

Projektteam

Prof. Dr. Sebastian Gaulocher, Studiengangleiter EIT, sebastian.gaulocher@fhnw.ch
 Prof. Dr. Marcel Steiner, Dozent, marcel.steiner@fhnw.ch
 Michael Lüthy, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent michael.luethy@fhnw.ch
 Jan Steger, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, jan.steger@fhnw.ch

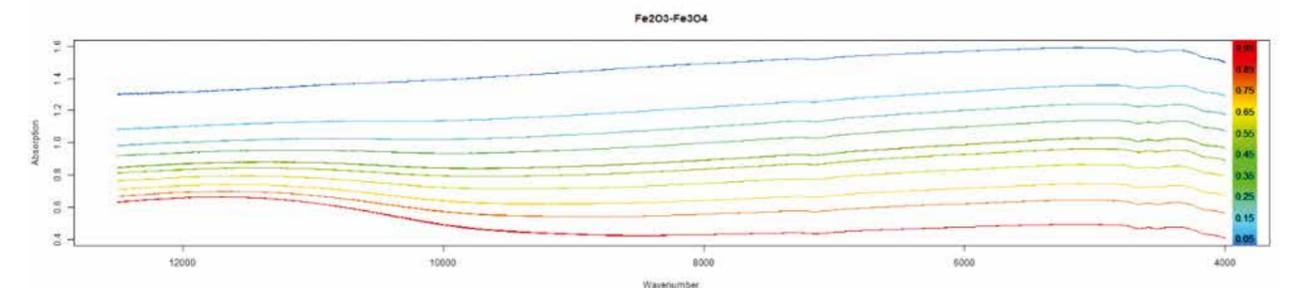


Abbildung 3: Laboraufnahmen von Hämatit-Magnetit-Mischungen, eingefärbt nach Magnetit-Gehalt (0-100%)

Innovatives Antriebskonzept für Windkraftanlagen

Konventionelle Windkraftanlagen übertragen die aufgenommene Leistung aus dem Wind über den Rotor auf eine einzige Generator- und Wechselrichtereinheit. Ist eine Komponente des Antriebsstranges defekt, fällt die Produktion der Windkraftanlage komplett aus, und es stehen aufwändige Reparaturarbeiten an.

Im Rahmen eines vom BFE unterstützten Pilotprojektes wurde ein modularer Antriebsstrang einer 2MW-Windkraftanlage aufgebaut. Das entwickelte Verteilgetriebe treibt zwölf kompakte Elektromotoren aus dem Automotive-Bereich an. Dieses neue Antriebskonzept soll die Herstellungskosten reduzieren, sowie Wartungs- und Reparaturarbeiten der Windkraftanlage vereinfachen.

Pascal Schleuniger

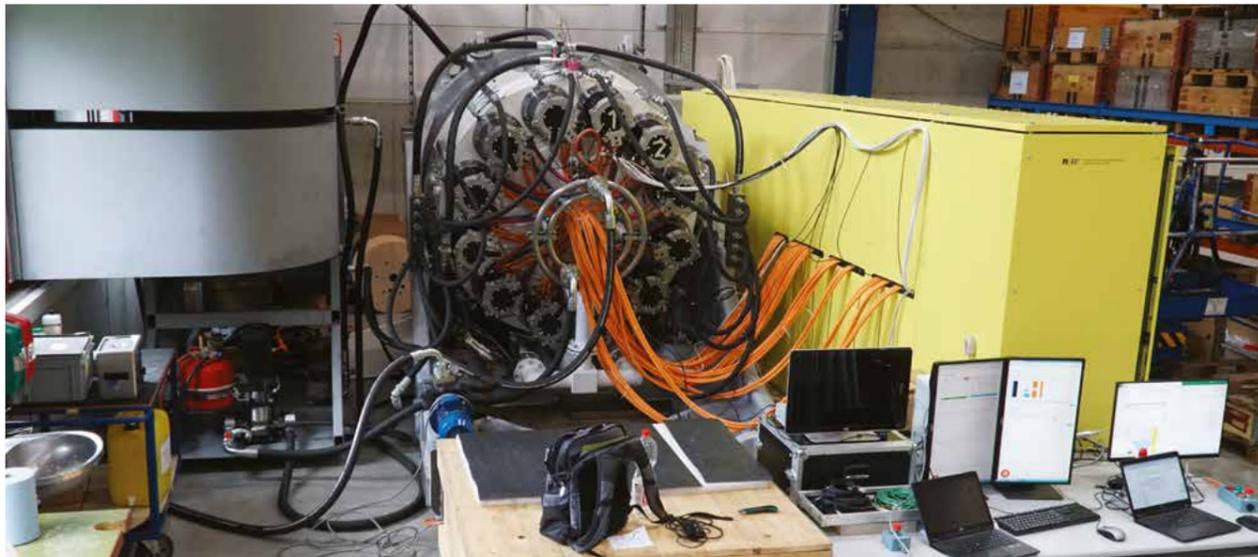


Abbildung 1: Der Aufbau der Bodentestanlage umfasst den Maschinenträger (Bildmitte) mit den zwölf Generatoren, die Schaltschränke für die Leistungselektronik (rechts) sowie die Kühlung der Anlage (links).

Ausgangslage

In schwer zugänglichen Regionen ohne ausgebaute Serviceinfrastruktur ist der Betrieb und Unterhalt von Windkraftanlagen aufwendig und teuer. Die Firma GDC aus dem aargauischen Mühlau konzipiert und entwickelt modulare Windkraftanlagen, welche in diesem Bereich erhebliche Vorteile versprechen.

In einer zweijährigen Projektkooperation zwischen GDC, der Fachhochschule Nordwestschweiz, Brusa Elektronik AG und dem Hightech Zentrum Aargau wurde ein modularer Antriebsstrang einer 2MW-Windkraftanlage aufgebaut

und getestet. GDC hat ein neuartiges Verteilgetriebe mit Gleitlagern entwickelt, welches es erlaubt, eine Vielzahl an schnelldrehenden Generatoren anzutreiben. Die Firma Brusa Elektronik hat leistungsfähige Antriebseinheiten entwickelt, welche für den Betrieb in Lastwagen und Bussen vorgesehen sind. Diese Antriebseinheiten wurden in diesem Projekt erstmals in einer Industrieanwendung erprobt.

Die einzelnen Generatoren werden abhängig von den Windverhältnissen, einzeln zu- und abgeschaltet. Diese Betriebsart ermöglicht es, die einzelnen Generatoren im-



Abbildung 2: Die Einspeisung, Zwischenkreisnetzgerät, 12 Umrichter der Motoren sowie Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik wurden in einem rund 8m langen Schaltschrank eingebaut.

mer im optimalen Wirkungsgradbereich zu betreiben. Die dazu notwendige Steuerungs- und Regelungstechnik wurde von der Fachhochschule Nordwestschweiz entwickelt. Aufgrund der geringen Masse der Generatoren- und Umrichter-Einheiten ist es möglich, defekte Komponenten ohne Verwendung eines externen Krans einfach auszutauschen. Zudem kann diese modulare Windkraftanlage auch betrieben werden, wenn einzelne Generatoren ausgefallen sind. Dies reduziert Reparaturaufwände und Ausfallzeiten.

Bodenprüfstand

Der Testaufbau wurde mit einem bestehenden Maschinenträger von GDC realisiert. Darauf wurden das Getriebe sowie zwölf Antriebseinheiten montiert. Diese können wahlweise als Motor oder Generator betrieben werden. So kann eine frei wählbare Anzahl Motoren durch eine Anzahl Generatoren gebremst werden. In diesem Betriebsmodus lassen sich Getriebe, Generatoren, Leistungselektronik sowie die Regelung der Anlage testen und unterschiedliche Windverhältnisse simulieren. Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Bodenprüfstandes.

Eine grosse Herausforderung war die Implementierung und Überwachung der Status-, Warn- und Fehlermeldungen sämtlicher Anlagenteile. So verfügt zum Beispiel jede der zwölf Antriebseinheiten über mehr als 100 Befehle und Statusmeldungen und Messwerte, welche innert Sekundenbruchteilen ausgelesen werden müssen, um im Notfall die Anlage schnellstmöglich in einen sicheren Zustand bringen zu können.

In einer früheren Projektphase wurde ein MATLAB Simulink Modell entwickelt, um die Steuerung und Regelung der Windkraftanlage am Modell zu simulieren. Die für den Bodenprüfstand verwendete SPS ermöglichte es, dass Teile dieses Modells für den Bodenprüfstand übernommen werden konnten. Die einzelnen Generatoren werden im Drehmomentmodus geregelt, um die Last gleichmässig zu verteilen. Anhand diverser Tests wurden das Modell validiert und die Regelparameter optimiert. Damit konnte eine robuste Regelung dieses Systems erreicht werden.



Abbildung 3: Die Wärmeentwicklung der Kabel wurde mit einer Wärmebildkamera überwacht. Motoren sowie die dazugehörigen Umrichter werden mit einem Wasserkreislauf gekühlt.

Die Abbildung 2 zeigt den Schaltschrank, in welchem die Einspeisung, die Umrichter und die Steuerung untergebracht sind.

Die Wirkungsgradmessungen am Bodenprüfstand zeigten, dass die gesamte Mechanik einen Wirkungsgrad von rund 96% bei Maximallast erreicht. Damit erreicht die modular aufgebaute Windkraftanlage einen Wirkungsgrad, welcher es erlaubt, sie konkurrenzfähig zu betreiben.

Mit dem erfolgreichen Aufbau der Bodentestanlage konnte gezeigt werden, dass eine modular aufgebaute Windkraftanlage realisierbar ist. Durch die Realisierung des Projektes wurden wichtige Erkenntnisse gewonnen, die nun in den Bau modularer Windkraftanlagen einfließen.

Projektpartner

Urs Giger GDC GmbH
Brusa Elektronik AG
Hightech Zentrum Aargau
Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Automation

Projektteam IA

Dr. Pascal Schleuniger, Projektverantwortlicher FHNW, pascal.schleuniger@fhnw.ch
Prof. Hans Gysin, Dozent, hans.gysin@fhnw.ch
Alessandro Sabatella, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, alessandro.sabatella@fhnw.ch

Optimierte Regelung von Abwasserreinigungsanlagen

In einer Bachelorarbeit an der FHNW wurde die Regelung der biologischen Reinigungsstufe einer ARA (Belebtschlammbecken) analysiert und es wurden mögliche Verbesserungsvorschläge bzw. Erweiterungen der Reglerstruktur erarbeitet. Diese haben das Ziel, mit Hilfe von Systemkennlinien und Prozesswissen, die Nichtlinearitäten der Regelstrecke in die Regelung einzubeziehen.

Hannes Amport

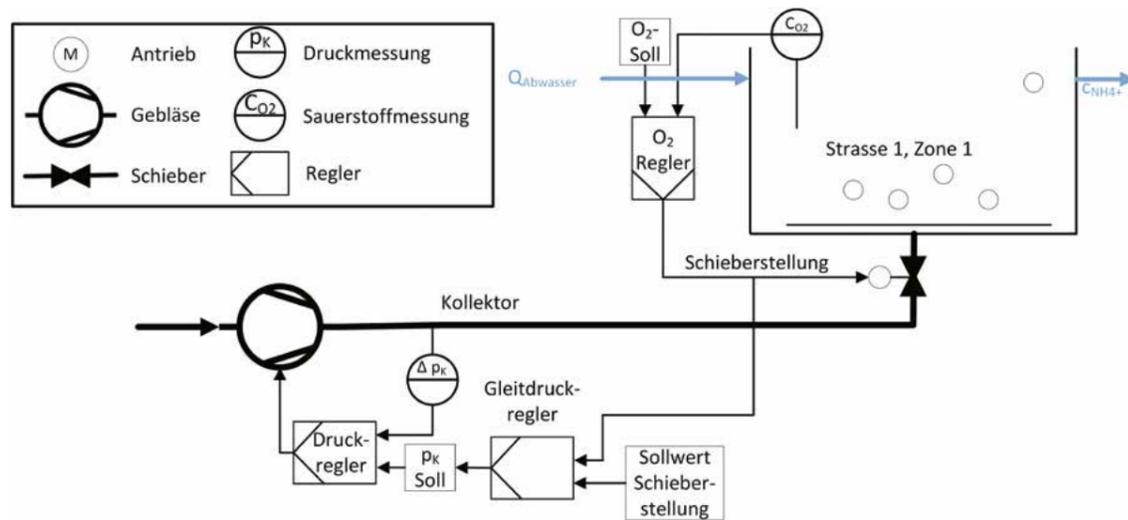


Abbildung 1: Schema der Musteranlage mit kaskadierten Regelkreisen einer Zone der biologischen Reinigungsstufe einer ARA

Der Verband der Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) erarbeitet in Zusammenarbeit mit dem Labor für Umweltingenieurwissenschaften der ETH Zürich und verschiedenen Industriepartnern einen Bericht als Empfehlung des VSA: «Wegleitung zur dynamischen Regelung und Prozessüberwachung in der Abwasserreinigung» (Titel in Bearbeitung). Da die Vielfalt an ARA hoch und dadurch die Regelung oftmals individuell ist, soll die geplante Wegleitung als Unterstützung dienen, das Spektrum an individuellen Lösungen zu verkleinern. Im Rahmen einer Bachelorthesis sollen Denkanstöße geliefert werden, um die Regelung der biologischen Abwasserreinigung und somit die Reinigungsleistung zu verbessern.

Ziel der Regelung ist eine Konzentration von $2 \text{ mg O}_2/\text{l}$ in jeder Zone. Die Zonen werden deshalb über den Kollektor mit Luft versorgt. Als Luftquelle dient eine Gebläsestaffel. Die zugeführte Luftmenge einer Zone wird mit Hilfe eines Schiebers geregelt.

Zur Untersuchung der Regelung der Kläranlage wird ein Simulationsmodell entwickelt. Das Simulationsmodell

orientiert sich an der Musteranlage in der Abbildung 1.

Herausforderungen der Regelung

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Reinigung des Abwassers und somit die Regelung des Belebtschlammbeckens. Die zwei Faktoren «tagesabhängige Frachtzufuhr» und «Regenereignis» treten besonders hervor. Bei der tagesabhängigen Frachtzufuhr verändert sich die Belastung der Anlage mit Ammonium während dem Tagesverlauf. Der zweite Fall ist ein plötzlich einsetzender Regen. Dieser führt zu einer schnellen Änderung der Belastung bzw. der zugeführten Fracht.

Weil die Regelstrecken der einzelnen Regler nichtlinear sind, ändern sich mit jeder Laständerung die optimalen Regelparameter. Deshalb wird die Regelung konservativ eingestellt und reagiert langsam auf Störungen und die Reinigung des Abwassers dauert entsprechend länger. Die Herausforderung besteht nun darin, eine schnellere Reaktion der Regelung zu erwirken und die Dauer der Reinigung zu verkürzen.

Lösungsvorschläge

Nach der Analyse der bestehenden Reglerstrukturen

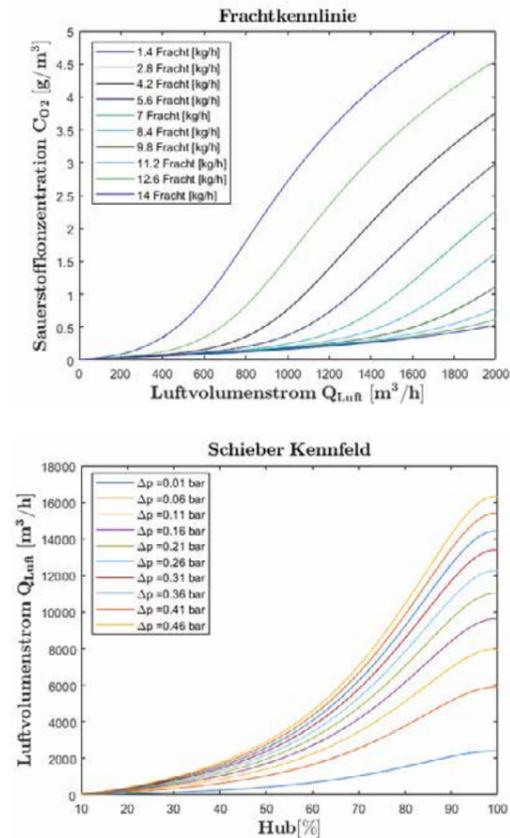


Abbildung 2: Kennlinien, die für die Verbesserung der Regelung verwendet werden können

und den ausschlaggebenden Lastfällen (tagesabhängige Frachtzufuhr und Regenfall) werden Lösungsvorschläge zur Verbesserung der Regelung erarbeitet. Ziel ist eine schnellere bzw. weniger reaktive Reaktion auf die Änderung der Belastung. Für die Verbesserungsvorschläge werden kennlinienbasierte Methoden, Vorsteuerungen und Störgrössenaufschaltungen gemäss der Theorie der

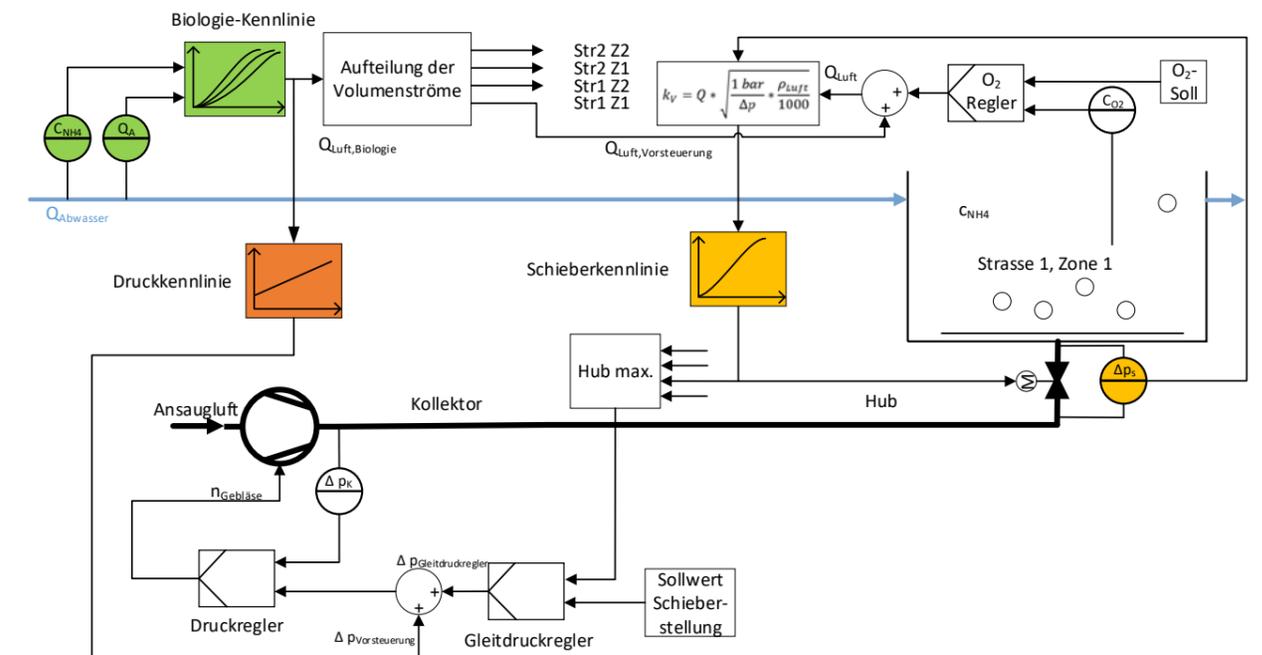


Abbildung 3: Einsatz von Kennlinien zur Verbesserung der Regelung

Regelungstechnik verwendet. Abbildung 2 zeigt zwei verschiedene Kennlinien, die zur Verbesserung der Regelung verwendet werden können. Bei diesen Methoden gilt es, mit Hilfe von Prozesswissen des Industriepartners, Kennlinien und Regeln zu entwickeln, welche anschliessend die Reglerstruktur ergänzen und die Regler entlasten.

Fazit

Die Regelung von ARA ist herausfordernd, weil die Regelstrecke Nichtlinearitäten aufweist. Mittels einer Aufschaltung von Kennlinien kann die Einhaltung des Sollwertes von $2 \text{ mg O}_2/\text{l}$ stabilisiert werden und nichtlineare Effekte können reduziert werden. Durch das Verwenden von Störgrössenaufschaltungen und Vorsteuerungen können reaktive Effekte minimiert werden. Die Abbildung 3 zeigt die Anwendung von Kennlinien zur Verbesserung der Regelung.

Referenzen

- [1] H. Amport, «Regelungstechnik in der Abwasserreinigung», FHNW, Windisch, 2016.
- [2] VSA, ETH Zürich, «Wegleitung zur dynamischen Regelung und Prozessüberwachung», ETH Zürich, Zürich, 2017.

Projektteam

Prof. Dr. David Zogg, Dozent für Regeltechnik, Projektleiter Hochschule für Technik FHNW, david.zogg@fhnw.ch
 Hannes Amport, Masterstudierender und Wissenschaftlicher Assistent, hannes.amport@fhnw.ch
 Philipp Weber, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Umweltingenieurwissenschaften ETH Zürich

Auftraggeber

Reto Steinemann, Leiter Entwicklung Chestonag Automation AG
 Daniel Braun, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) und Labor für Umweltingenieurwissenschaften ETH Zürich

Automatisierung einer elektrisch angetriebenen Falzbank

Die Firma Ferrum ist der führende Hersteller von Dosenverschliessern für die Getränke-, Lebensmittel- und Dosenfertigungsindustrie. Die Dosenverschliessern von Ferrum sind hochpräzise mechanische Anlagen, welche bis zu 120'000 Dosen pro Stunde verschliessen. Um den Falzprozess beim Verschliessen der Dosen weiter zu analysieren und zu optimieren, entwickelte Ferrum zusammen mit dem Institut für Automation IA im Rahmen eines Entwicklungsprojektes erstmals eine elektrisch angetriebene Versuchsanlage. Diese Anlage besteht aus sechs elektrischen Antrieben, welche mit einer grossen Dynamik und Präzision geregelt werden. Zudem gilt es Positions- und Kraftdaten während des Prozesses zu erfassen und zu visualisieren. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Maschinengenerationen dienen.

Pascal Schleuniger



Abbildung 1: Elektrisch angetriebene Falzbank mit sechs Achsen, welche unabhängig parametrisiert und geregelt werden können, um den Falzprozess genauestens zu analysieren.

Ausgangslage

Um Dosen in kürzester Zeit zu verschliessen, sind hochpräzise mechanische Vorgänge nötig. Dazu wird die Dose in eine Rotationsbewegung versetzt, der Deckel wird aufgesetzt und angepresst. Danach werden nacheinander zwei Falzrollen seitlich zugestellt, um die Dose mit einem Falzprofil, wie in Abbildung 2 gezeigt, zu verschliessen. Das Schnittbild des Falzes ist genauestens spezifiziert und muss für jede Dose exakt passen, damit sie dicht und belastbar verschlossen bleibt. Bei bestehenden Dosenverschliessern wird der komplette Prozess über eine zentrale Antriebswelle gesteuert und innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde abgeschlossen.

Das Ziel der elektrisch angetriebenen Falzbank ist es, sämtliche Achsen frei parametrisieren zu können und Positions- und Kraftdaten während des Prozesses zu erfassen und zu visualisieren. Damit soll es möglich sein, reproduzierbare Versuche durchzuführen, um den Falzprozess weiter zu analysieren und zu optimieren. Zudem können Falzprozesse bestehender Dosenverschliessern nachgebildet und untersucht werden.

Projektauftrag

In einer ersten Projektphase wurde ein Konzept für die Automatisierung ausgearbeitet. Die automatisierte Falzbank umfasst insgesamt sechs Achsen, welche unabhängig parametrisiert werden. Für jede Achse wurde eine Spezifikation erstellt und in Zusammenarbeit mit der Firma Sigmatek passende Motoren, Antriebseinheiten, Drehgeber und die Steuerung (SPS) ausgewählt. Zudem wurden die Prozessabläufe definiert und ein Steuer- und Softwarekonzept erstellt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Sicherheit der Anlage gerichtet. Da die Falzwerkzeuge sehr

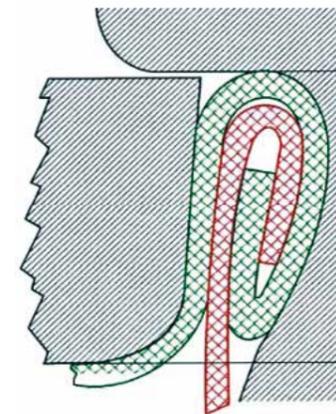


Abbildung 2: Schnittbild einer gefalzten Dose. Der Deckel ist grün markiert, die Dose ist mit roter Farbe gekennzeichnet. Die grau schraffierten Falzwerkzeuge werden während des Falzprozesses seitlich zugestellt, um die Dose dicht zu verschliessen.

schnell und sehr nahe an die rotierenden Dosenhalter bewegt werden, kann es bei Bedienfehlern zur Kollision kommen. Deshalb wurde ein möglichst sicherer Prozessablauf definiert, welcher dem Benutzer zugleich ein effizientes Arbeiten ermöglicht.



Abbildung 3: Systemüberblick der Steuerung und Regelung der automatisierten Falzbank.

Realisierung

Die Regelung der Motoren, sowie das Erfassen der Messdaten und die Steuerung des Prozessablaufes wurden auf der SPS und den Antriebseinheiten implementiert. Die präzise Regelung der Zustellachsen mit den Falzwerkzeugen gestaltete sich als besonders anspruchsvoll. Auf die Falzwerkzeuge wirken beim Verschliessen der Dose sehr hohe Kräfte, zudem muss eine hohe Positionsgenauigkeit von 10µm garantiert werden, um die Spezifikationen des Falzes einzuhalten und der ganze Prozess soll innert Sekundenbruchteilen abgeschlossen sein. Ein Überblick des Systems zur Steuerung und Regelung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Falzbank wird über eine LabVIEW-Anwendung kalibriert und konfiguriert. Die von der SPS erfassten Messdaten werden mit LabVIEW dargestellt, wie in Abbildung 4 gezeigt wird. Dazu wird eine Schnittstelle zwischen der SPS und der LabVIEW-Anwendung implementiert, welche die grosse Anzahl an Messdaten innert kürzester Zeit übertragen kann. Zudem erlaubt es die LabVIEW-Anwendung, die Messergebnisse zu verwalten, um später Messungen exakt reproduzieren zu können.

Die komplette automatisierte Falzbank ist in Abbildung 1 zu sehen. Die Anlage wurde erfolgreich in Betrieb genommen und an die Firma Ferrum übergeben.

Projektteam IA

Jonathan Hüni, Student Master of Science in Engineering MSE & Wissenschaftlicher Assistent, jonathan.hueni@fhnw.ch
 Stefan Niederberger, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, stefan.niederberger@fhnw.ch
 Silvano Germann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, silvano.germann@fhnw.ch
 Dr. Pascal Schleuniger, Dozent, pascal.schleuniger@fhnw.ch

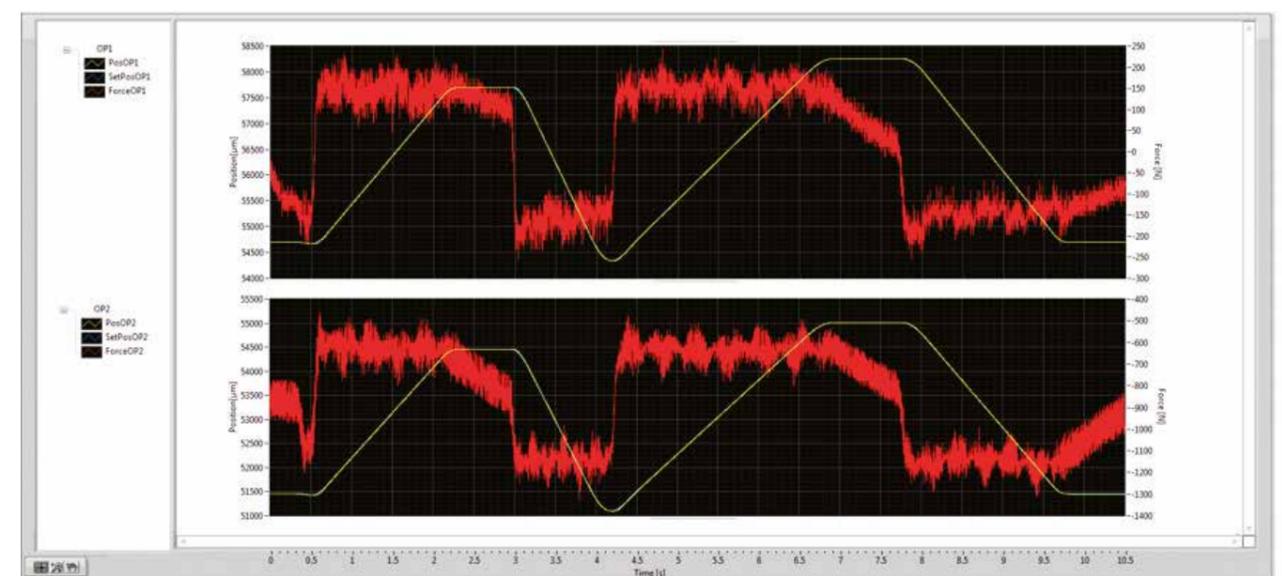


Abbildung 4: Ansicht der LabVIEW Messoberfläche, in welcher Weg- und Kraftverläufe des Falzprozesses dargestellt werden. Die Messdaten dieser Abbildung sind zufällig generiert, da die exakten Falzverläufe Betriebsgeheimnis der Firma Ferrum sind.

Steuerung und Regelung einer neuartigen Fäkalienverwertungsanlage

Im Rahmen der „Reinvent the toilet challenge“ durch die Bill & Melinda Gates Stiftung werden Projekte gefördert, welche vollkommen neuartige Toiletten entwickeln. Diese Toiletten funktionieren eigenständig, das heisst ohne Anschluss an das Elektrizitätsnetz, Wasser- und Abwasserleitungen. Das Institut für Automation konnte bei der Realisierung eines Prototyps des Instituts für Biomasse und Ressourceneffizienz für die Fäkalienaufbereitung die Steuerungstechnik entwickeln.

Silvano Germann



Abbildung 1: Versuchsanlage der zweiten Generation

Viele Regionen in Schwellen- und Entwicklungsländern haben einen schlechten Zugang zu sauberem Wasser und hygienischen Kanalisationssystemen. Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung hat keine oder nur eine beschränkte Toilette. Besonders schlecht ist die Lage in Indien und Ländern südlich der Sahara, dort lebt ein Grossteil der Bevölkerung unter miserablen sanitären Verhältnissen. In diesen Regionen gelangen grosse Mengen an Fäkalien in die Umwelt. Viele Menschen leiden dort unter schweren Erkrankungen und Parasitenbefall.

Blue Diversion Autarky Projekt

Angesichts dieses Zustands hat die Bill & Melinda Gates Foundation die Neuentwicklung der Toilette ausgeschrieben. Ziel ist es, eine Toilette zu entwickeln, die ohne Zuführung von Energie und ohne Anschlüsse an eine Kanalisation Fäkalien vollständig beseitigt. Etwa 30 Universitäten und Firmen haben seither Fördergelder erhalten. Ein un-

terstütztes Projekt ist das Blue Diversion Autarky Projekt der Eawag. Es besteht aus einem internationalen Team an Forschern der Eawag, des Paul Scherrer Instituts, des Instituts für Biomasse und Ressourceneffizienz der FHNW, der EPFL, der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften (SLU) und des österreichischen Designstudios EOOS.

Fäkalien und Urin werden in Autarky separiert und getrennt verarbeitet. Die Fäkalien werden unter hohem Druck mit Luft vermischt und Temperaturen von über 400°C ausgesetzt. Dies löst eine hydrothermale Oxidation aus, welche innerhalb wenigen Minuten die Fäkalien in Kohlendioxid und Wasser verbrennt. Ein Teil der daraus entstehenden thermischen Energie wird gespeichert, um diese für den folgenden Durchgang wiederzuverwenden. Ein erster Prototyp zeigte für kleine Mengen Fäkalien dieses Verhalten. Für die Weiterentwicklung des Prozesses wurde aber ein neuer Prototyp entwickelt, welcher für grössere Durchsätze konzipiert ist und eigenständig den Prozess regeln kann (Abbildung 1). An dieser Stelle wurde das Institut für Automation beigezogen.

Steuerungskonzept

Es bestehen verschiedene zum Teil sich widersprechende Anforderungen an die Anlage. Einerseits soll die Anlage für die Erforschung und Weiterentwicklung des Prozesses dienen. Das bedeutet, dass sie über einen langen Zeitraum zuverlässig funktionieren und Prozessdaten aufzeichnen muss, wobei die Ablaufsteuerung flexibel und frei parametrierbar sein soll. Andererseits muss die Anlage möglichst zuverlässig und einfach bedienbar sein, um sie in Feldtests betreiben zu können.

Die Steuerung, welche in einer Autarky Toilette zum Einsatz kommt, muss kompakt und kostengünstig sein. Bei der vorliegenden Anlage entschied man sich aus den genannten Gründen für eine konventionelle SPS. Ein kleiner Bildschirm macht die einfache Bedienung und den autonomen Betrieb möglich. Wenn man die SPS mit einem PC

verbindet, dann können Verläufe komfortabel beobachtet und Messwerte protokolliert werden.

Der Oxidations-Prozess arbeitet sequenziell, so werden dem Reaktor portionsweise Fäkalien mittels Druckluft eingeführt, hydrothermal oxidiert und danach entleert. Das Blockschaltbild (Abbildung 2) zeigt die sequentielle Vorgabe für den Ablauf. Das Programm wurde hauptsächlich in Ablaufsprache nach IEC-61131 geschrieben, um Prozesszustände klar und einfach abzubilden. Der Ablauf ist frei parametrisierbar, so kann der Benutzer verschiedene Setups frei konfigurieren. Die Steuerung läuft auf einer SPS der Firma Beckhoff, welche zusammen mit dem Panel und weiteren Komponenten in einem kleinen Steuerkasten untergebracht wurde.

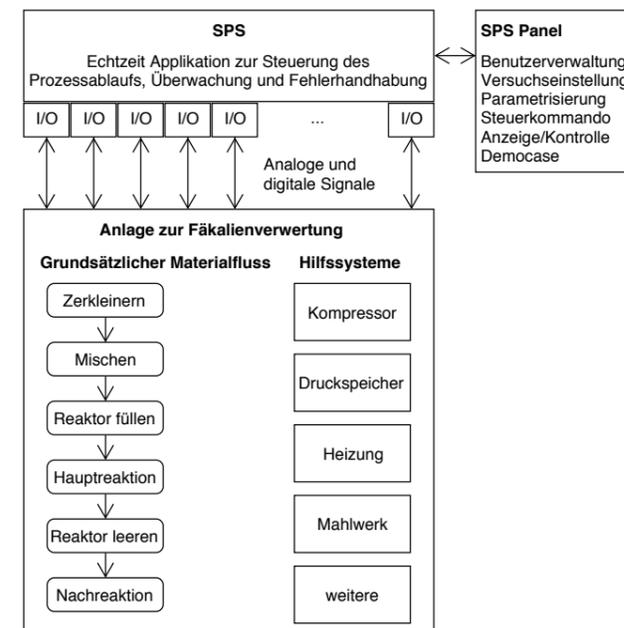


Abbildung 2: Blockschaltbild der Anlage

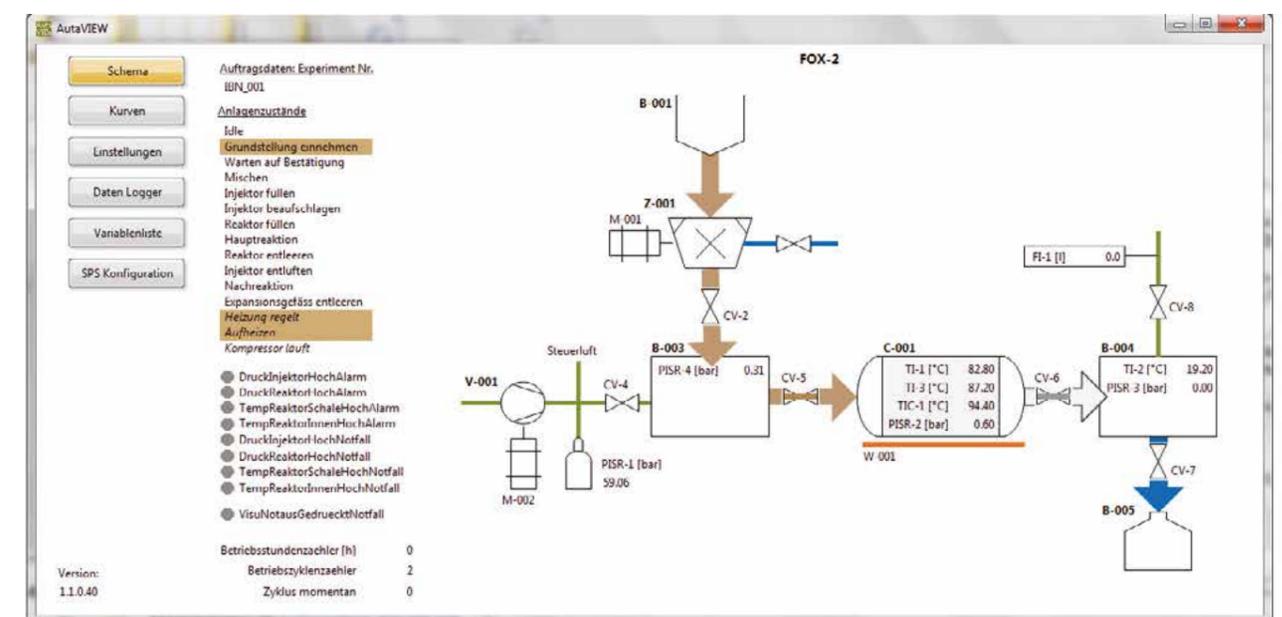


Abbildung 3: Eine PC Applikation kann die Prozessdaten darstellen und aufzeichnen

Zur Aufzeichnung der Daten wird eine PC Applikation in LabVIEW implementiert. Mit dem ADS Protokoll und einer .Net Assembly von Beckhoff wird die Kommunikation zur Steuerung umgesetzt. Die Applikation erlaubt eine moderne Visualisierung, sowohl in Schemaansicht (Abbildung 3) wie auch als Graphen. Die Messdaten werden jederzeit aufgezeichnet, damit alle Vorgänge zu einem späteren Zeitpunkt analysiert werden können. Aufgrund der hohen Anzahl von Sensoren und langen Versuchsdauer wird ein kompaktes Binärformat verwendet. Dem Benutzer steht zum Einlesen und zur Analyse der Daten ein kleines Datenimportprogramm bzw. DIAdem zur Verfügung.

Reflexion

Die Inbetriebnahme der Anlage ist abgeschlossen und es konnten bereits viele wertvolle Versuche gefahren werden. Die Steuerungstechnik funktioniert einwandfrei. Die ganze Anlage leistet gute Dienste im Sinne der Bill & Melinda Gates Stiftung für eine bessere Zukunft.

Link:

www.eawag.ch/en/research/humanwelfare/wastewater/projekte/autarky/

Projektteam

Daniel Binggeli, Dozent, Projektleiter, daniel.binggeli@fhnw.ch
 Silvano Germann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, silvano.germann@fhnw.ch
 Sebastian Elber, Wissenschaftlicher Assistent, Konzeptentwicklung
 Lorenz Bäni, Softwareentwickler, lorenz.baeni@students.fhnw.ch

Innovatives Auslegungstool für hochdynamische und hochpräzise Laserbearbeitungsmaschinen

Das Engineering von kundenspezifischen, hochdynamischen und hochpräzisen Auslegungstools unterliegt grossen Unsicherheiten. Die Entwicklung des Auslegungstools wird von der Motivation getrieben, diese Unsicherheiten zu minimieren und die erreichbare Maschinenperformance zu optimieren.

Jonathan Hüni

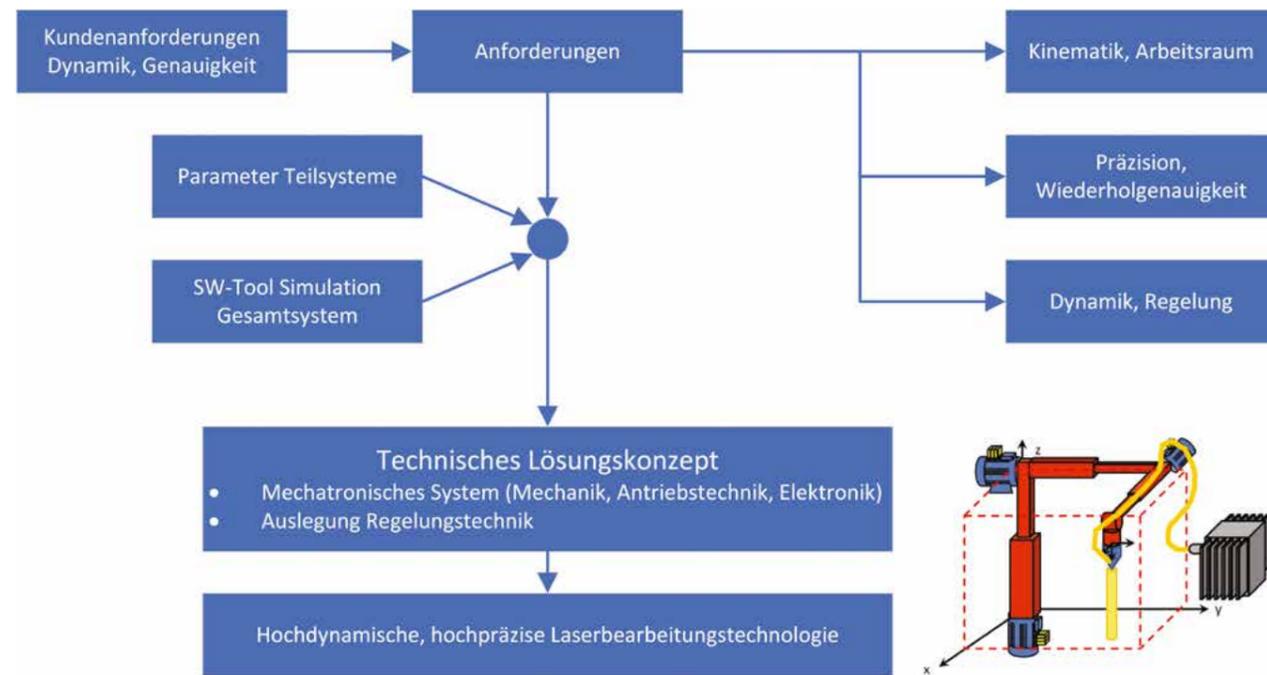


Abbildung 1: Logischer Aufbau des Auslegungstools für Laserbearbeitungsmaschinen

Zielsetzung

Werden die Spezifikationen einer Bearbeitungsmaschine erfüllt, so weist die Maschine eine nicht näher definierte Leistungsreserve aus. Diese Leistungsreserve ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht wünschenswert, kann jedoch durch herkömmliche Engineering Prozesse nur begrenzt minimiert werden.

Das Ziel des Forschungsprojektes besteht in der Entwicklung eines Auslegungstools für kundenspezifische Laserbearbeitungsmaschinen, um eben diese Leistungsreserven zu definieren und zu nutzen. Dies ermöglicht im Endeffekt wirtschaftlichere Maschinen zu produzieren (Abbildung 1).

Systemanalyse

Eine Laserbearbeitungsmaschine soll ein definiertes Werkstück innerhalb einer Zeit (meist möglichst kurz) unter Einhaltung von Gütekriterien fertigen. Um diese Zielsetzung zu erreichen, stehen verschiedenste Parameter zur Verfügung.

Im Rahmen einer Systemanalyse sind relevante Teilsysteme identifiziert worden, welche auf den Entwicklungsprozess einen massgeblichen Einfluss haben. Darunter fallen die Bahnplanung, die dynamische Modellbildung der Maschine inklusive strukturelastischer Erweiterung des Modelles wie auch die Regelungstechnik.

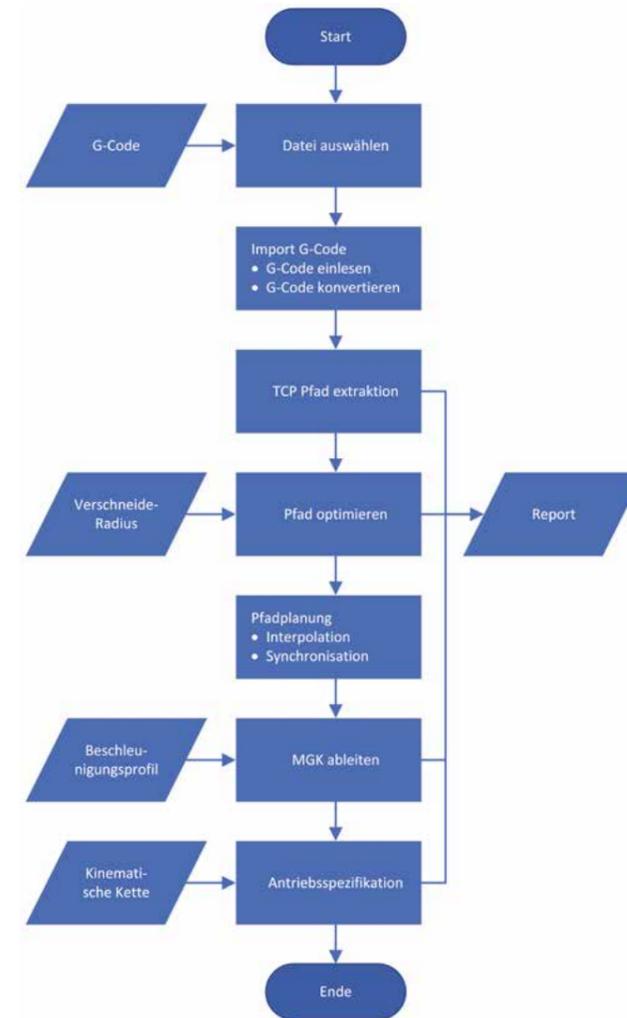


Abbildung 2: Ablaufdiagramm des entwickelten G-Code Interpreters

Interpretation der Kundenanforderungen

Am Anfang ist die Kundenanforderung. Diese beinhaltet im Regelfall ein zu fertigendes Werkstück in Form eines G-Codes, und, wie erwähnt, den Wunsch, das Werkstück in möglichst kurzer Zeit möglichst präzise fertigen zu können. Diese gegensätzliche Forderung definiert ein Spannungsfeld, in dem eine für den Hersteller machbare und für den Kunden zufriedenstellende Lösung gefunden werden muss.

Ansätze über die zu erwartende Leistung einer Bearbeitungsmaschine können dem G-Code entnommen werden. Dazu ist am Institut für Automation ein Interpreter geschrieben worden, welcher das vom Kunden gewünschte Werkstück und eine angestrebte Fertigungszeit in Maschinenanforderungen übersetzt. Somit können vor dem Beginn des eigentlichen Engineering Prozesses Aussagen bezüglich der zu erwartenden Maschinenperformance gemacht werden.

G-Code Interpreter

Im G-Code sind Werkzeugbewegungen (TCP Pfad) hinterlegt, welche notwendig sind, um das gewünschte Werkstück zu fertigen (Abbildung 2).

Interpolation des Achspfades

Im Rahmen der Untersuchung sind verschiedene Methoden zur Interpolation der Achsbewegung berücksichtigt worden, um eine für die Maschine optimale Bahn mit definierter Abweichung zur Sollbewegung zu erhalten.

Dazu sind Kreisbewegungen mit einem weiteren Via-Stützpunkt versehen worden, welcher innerhalb eines definierten Toleranzbandes liegt. Anschliessend kann die Kreisbewegung mit zwei Polynomen 3. Grades über den Via-Punkt ruckfrei interpoliert werden (Abbildung 3).

Maximale Geschwindigkeit

Werden synchronisierte Bewegungen mit einem Roboter durchgeführt, so ist der Regelfall, dass eine Achse an ihrer Leistungsgrenze betrieben wird und daher die weiteren, an der Bewegung beteiligten Achsen, beschränkt. Dieser Flaschenhals führt unter Umständen zu überdimensionierten Antrieben oder zu langsameren Fertigungszeiten. Mit der Theorie der maximalen Geschwindigkeitskurve (MGK) werden die einzelnen Achsgeschwindigkeiten und Maximalbeschleunigungen in der Berechnung der erreichbaren Zykluszeit berücksichtigt (Abbildung 4).

Das ermöglicht dem Anwender, die einzelnen Achsen spezifisch auf die angestrebte Kundenanforderung auszuweichen und somit die Maschinenperformance zu optimieren.

Weiteres Vorgehen

Wird die Zykluszeit bei der Werkstückfertigung verkleinert, so resultiert dies für die Bearbeitungsmaschine in

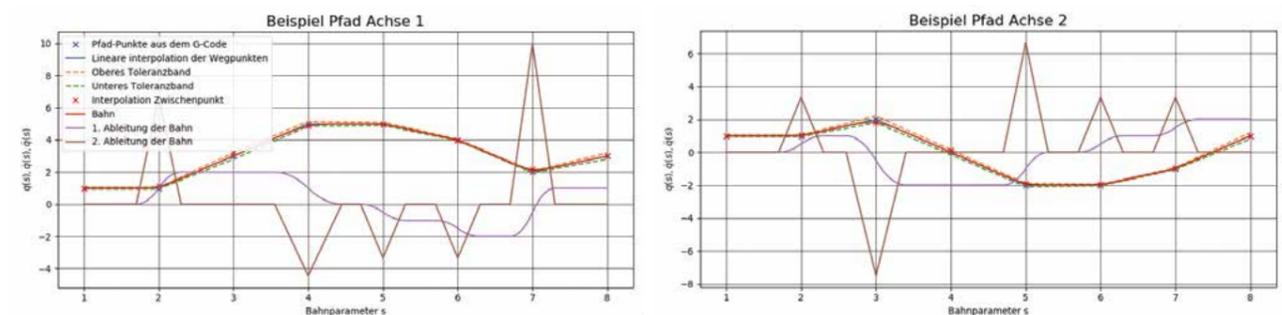


Abbildung 3: Pfadinterpolation mittels Via-Punkt

einer höheren Dynamik und diese wiederum in höheren Achskräften. Um Effekte der Strukturelastizität zu vermeiden, sind bis anhin die Antriebe überdimensioniert worden. Um auch hier eine wirtschaftlichere Option bieten zu können, sollen für das Auslegungstool neue Modelle entwickelt werden, welche diese Strukturelastizität berücksichtigen. Aus der kinematischen Kette, den Maschinenparametern und dem daraus resultierenden Maschinenmodell soll eine optimale Regelstruktur generiert werden, damit die zu erwartende Maschinenperformance durch das Auslegungstool vor Beginn des eigentlichen Engineering Prozesses quantitativ und qualitativ definiert werden kann.

Danksagung

Der Dank des Projektteams geht an die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) für die finanzielle Förderung sowie an die Umsetzungspartner für die hervorragende Unterstützung und die erfolgreiche Zusammenarbeit.

Projektteam

Prof. Dr. Roland Anderegg, Leiter Institut für Automation, roland.anderegg@fhnw.ch

Max Edelmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, max.edelmann@fhnw.ch

Basil Ruch, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, basil.ruch@fhnw.ch

Jonathan Hüni, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, jonathan.hueni@fhnw.ch

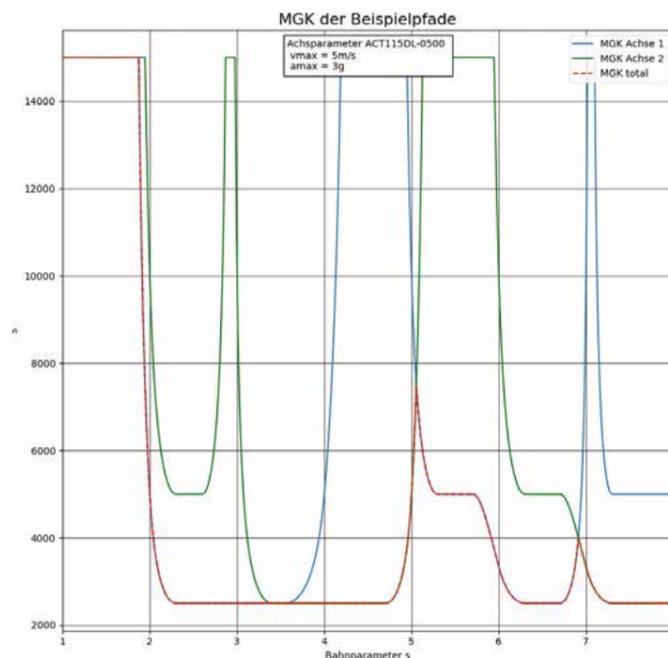


Abbildung 4: Die maximale Geschwindigkeitskurve berücksichtigt die einzelnen Achsbeschränkungen

Ihr nächster Karriereschritt: Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte

Innovative und erfolgreiche Unternehmen sind auf die Kompetenz und das Engagement ihrer Mitarbeitenden angewiesen, gut ausgebildete Fachleute sind daher äusserst gesucht. Mit einer Weiterbildung erhöhen Sie Ihre Chancen auf dem Arbeitsmarkt ganz entscheidend.

Die berufsbegleitenden Weiterbildungsangebote der Hochschule für Technik FHNW richten sich an Projektleiterinnen und -leiter sowie an Führungskräfte mit einer technischen Grundausbildung.

Weiterbildung an der Fachhochschule Nordwestschweiz sind Sie hervorragend gerüstet für den nächsten Karriereschritt in Ihrem Fachbereich.

Die Studiengänge sind modular aufgebaut und vermitteln neuestes Fachwissen und Managementkompetenzen. Sie können mit dem Diplom Master of Advanced Studies abgeschlossen werden und befähigen zur Übernahme von anspruchsvollen Führungs- und Projektaufgaben. Mit einer

Die Hochschule für Technik FHNW bietet verschiedene Veranstaltungen in Form von Kursen und Workshops an. Sie können bei uns massgeschneiderte Kurse in Auftrag geben. Nehmen Sie mit uns Kontakt auf – wir informieren Sie gerne.

Unser Weiterbildungsangebot umfasst die Fachgebiete

- Automation
- Digitales Bauen
- Elektronik
- Einkauf und Beschaffung
- Giessereitechnik
- Informatik
- Industrie 4.0
- Kunststofftechnik
- Logistik
- Management und Führung
- Optometrie

Infoabende

Montag, 25. Juni 2018, 18.15 Uhr in Windisch
 Mittwoch, 22. August 2018, 18.15 Uhr in Windisch
 Montag, 29. Oktober 2018, 18.15 Uhr in Basel
 Weitere Termine unter www.fhnw.ch/wbt

Informationen und Kontakt

Hochschule für Technik FHNW
 T +41 56 202 99 55
weiterbildung.technik@fhnw.ch
www.fhnw.ch/weiterbildung/technik



Pantographeninspektion mittels industrieller Bildverarbeitung

In einem Dienstleistungsprojekt wird ein Prototyp-Bildverarbeitungssystem zur Zustandsüberwachung von Pantographen für Personenzüge der SBB entwickelt. Das System bildet den Grundstein für eine prädiktive Instandhaltung, womit die knappen Zeitressourcen der manuellen Wartung optimal eingesetzt und die Ausfallraten von Pantographen minimiert werden können.

Jan Steger

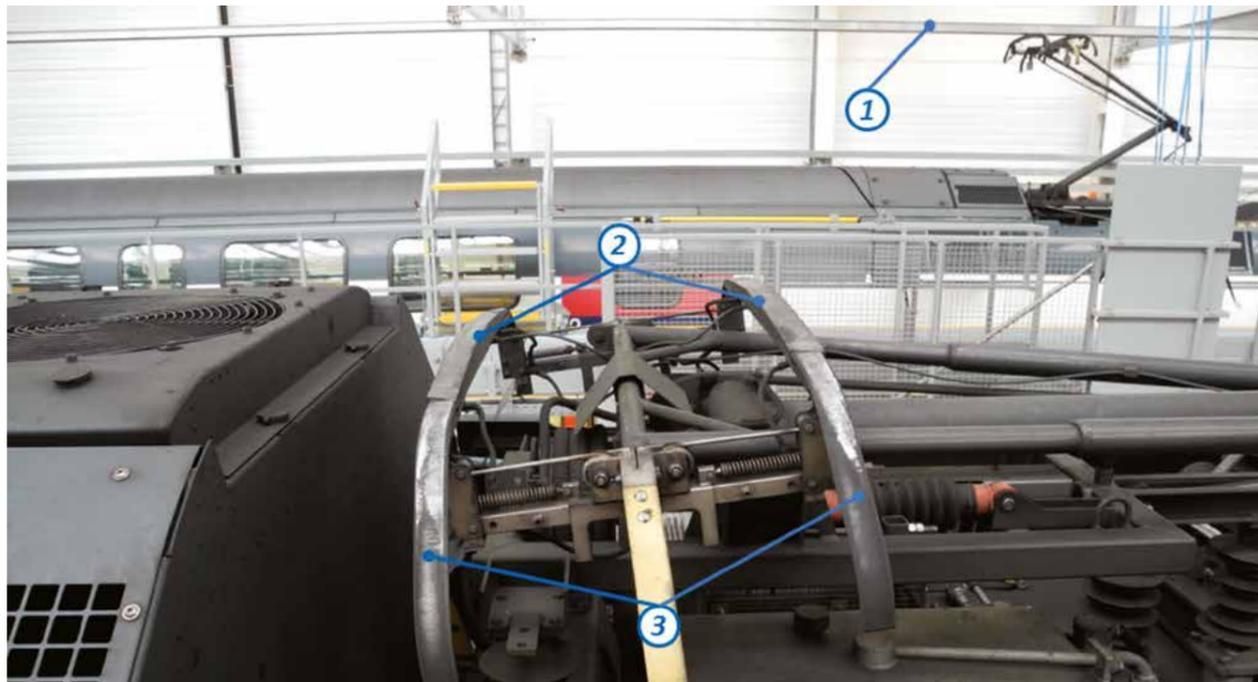


Abbildung 1: Wippe eines abgesenkten Pantographen im Vordergrund (1: Oberleitung, 2: Schleifleisten, 3: Auflaufhörer)

In der Automationsbranche werden dank der steigenden zur Verfügung stehenden Rechenleistung immer häufiger Vision-Systeme eingesetzt. Die dadurch befeuerte Technologieentwicklung erlaubt, leistungsfähige und wirtschaftliche Bildverarbeitungssysteme zu realisieren. Speziell im Bereich der visuellen Wartung liegt ein grosses Potential der industriellen Bildverarbeitung, so auch bei der Inspektion von Verkehrsmitteln.

Der Pantograph - ein Schlüsselement

Der Pantograph (auch Stromabnehmer genannt) stellt die elektrische Verbindung zwischen dem Triebzug und dem Fahrdrabt her. Dazu werden Schleifleisten aus Kohlenmaterial gegen die Oberleitung gepresst. Seitlich angebrach-

te Auflaufhörer leiten den Fahrdrabt bei einer Weichenüberquerung auf die Schleifleisten (Abbildung 1). Durch Reibung und Funkenschläge werden die Schleifleisten und die Auflaufhörer abgenutzt. Die Folgen davon sind Materialabnützungen, Brandstellen, Risse und Ausbröckelungen des Kohlematerials.

Werden fehlerhafte Pantographen nicht frühzeitig erkannt und repariert, können erhebliche Folgeschäden am Rollmaterial und der Bahnanlage entstehen. Die SBB haben rund 800 Stromabnehmer im Einsatz. Für die Dachinspektion und Wartung eines Stromabnehmers muss die Fahrleitung spannungsfrei sein, was einen erhöhten Aufwand für die Planung und Instandhaltung des Fahrzeugs bedeutet.

Mit einem zu entwickelnden automatischen Inspektionssystem soll eine Wartungsintensivierung vollzogen und die manuelle Wartung optimiert werden. Die manuell durchgeführte Inspektion basiert vorwiegend auf visuellen Überprüfungen und dem Vermessen gewisser Kontrollmasse. Eine zu Testzwecken installierte Kameraanlage hat gezeigt, dass die zu überprüfenden Komponenten ersichtlich sind und damit eine automatische Auswertung basierend auf Bildinformationen machbar ist.

Die bisher auf dem Markt erhältlichen Anlagen erfüllen nicht alle Anforderungen der Pantographeninspektion. Um die Machbarkeit der weiteren Punkte zu prüfen, wurde deshalb im Rahmen eines Dienstleistungsprojektes zwischen dem Institut für Automation und den SBB ein erster Prototyp entwickelt.

Herausforderungen

Umfassende Simulations- und Laborversuche waren notwendig, um die Anlage mit möglichst wenigen Gleissperren zu entwickeln. Neben der schweren Zugänglichkeit stellen die einzuhaltenen Sicherheitsabstände eine Herausforderung für die Systemkomponentenwahl dar. Des Weiteren weist der Pantograph ein dunkles und kontrastloses Erscheinungsbild auf, da sämtliche Teile durch den Abrieb der Schleifleisten von tiefschwarzem Kohlestaub und Kohleschlick überzogen sind. Gewisse Kontrastinformationen sind jedoch für eine automatische Auswertung essentiell. Daher wurde im ersten Teil des Projektes eine geeignete Beleuchtung evaluiert, welche den notwendigen Kontrast erzeugt und genügend leistungsstark ist, damit der Zug auch im fahrenden Zustand scharf aufgenommen

werden kann. Mit Versuchen im Labor wurden verschiedene Lichtquellenformen, Anordnungen und unterschiedliche Wellenlängen untersucht. Dabei konnte eine optimale Beleuchtung eruiert werden, welche gestochen scharfe und kontrastreiche Aufnahmen mit minimalem Bildrauschen ermöglicht.

Lösungsansatz

Unterschiedliche Verfahren, wie zum Beispiel das Lichtschnittverfahren mit Hilfe eines Lasers, wurden untersucht. Aufgrund der vorliegenden Anforderungen wird die Inspektion durch ein kalibriertes Stereokamerasystem realisiert (Abbildung 2). Die Steuerung und die Datenauswertung basieren auf Hardware von National Instruments, welche mit der Software LabVIEW programmiert wird.

Das System wurde am Servicestandort Zürich Herdern bei einem Wartungshalleneingang installiert. Während der Zugsdurchfahrt wird der gesenkte Pantograph automatisch erkannt und unter Zuschaltung der Beleuchtung von den Kameras erfasst. Die interessierenden Komponenten werden im Bildmaterial lokalisiert, vermessen und auf ihren Zustand geprüft (Abbildung 3).

Ergebnisse und Ausblick

Durch die automatische Inspektion des Pantographen können fehlerhafte Exemplare zeitnah detektiert werden. Bereits während der Entwicklungsphase konnten Auffälligkeiten an Pantographen erkannt und gemeldet werden. Aktuell wird zu jedem Pantographen ein PDF-Report erzeugt. Dieser dient dem Kontrolleur als eine erste Einschätzung vor dem Hochsteigen auf das Fahrzeugdach

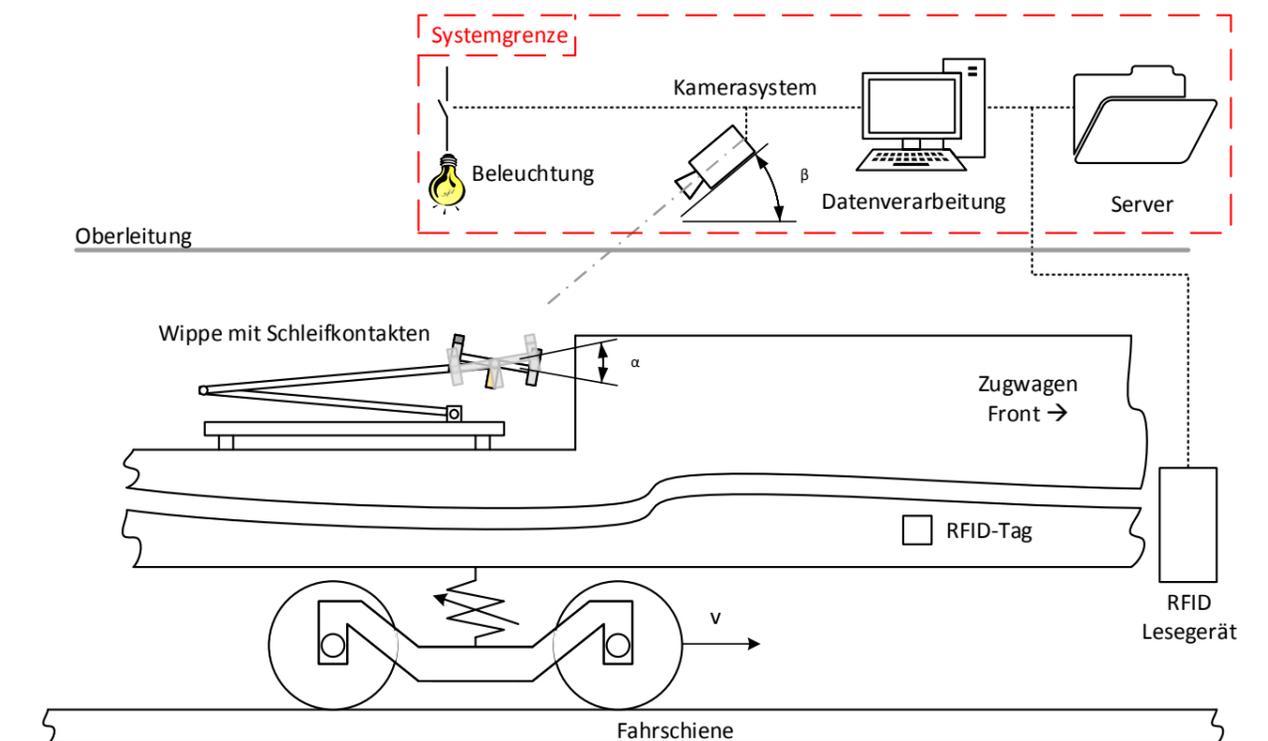


Abbildung 2: Systemanalyse

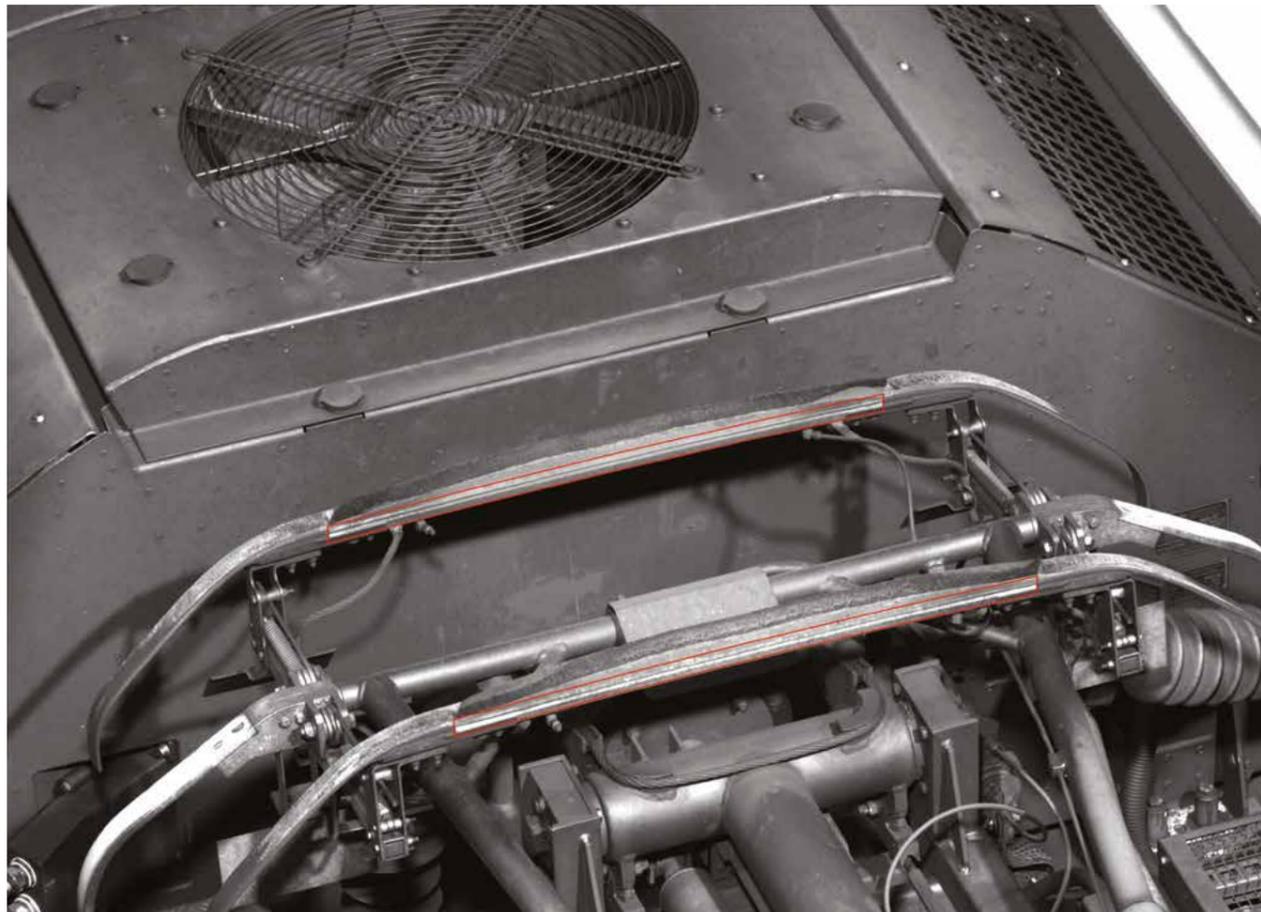


Abbildung 3: Bildaufnahme mit automatisch eingezeichneter Mindestschichtdicke

und gleichzeitig mit der Rückmeldung des Arbeiters als Validationstest des Systems. Die Datenauswertung wird momentan weiter optimiert. Besonders herausfordernd ist beispielsweise die Variabilität des Erscheinungsbildes, hervorgerufen durch witterungsabhängige Phänomene, korrekt zu interpretieren. Basierend auf den gewonnenen Daten soll eine Schätzung für die zukünftige Abnutzung realisiert werden. Die manuelle Wartung lässt sich mit dem Vorwissen effizienter einsetzen, zudem werden mögliche Fehlfunktionen frühzeitig erkannt.

Die zu erarbeitenden Methoden, wie die Bilderfassung, Erkennung der Komponenten, Zustandserfassung, Datenarchivierung und die Algorithmen für eine prädiktive

Wartung lassen sich auf weitere zu überprüfende Systeme am Zug anwenden (Bremsen, Drehgestelle, Schraubenkontrollen, etc.). Weiter werden in Zukunft erste Erfahrungen gesammelt, wie die erhobenen Daten mit einem Betriebssystem genutzt werden können.

Projektteam

Prof. Dr. Jürg Peter Keller, Stv. Leiter Institut für Automation, juerg.keller1@fhnw.ch
 Jan Steger, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, jan.steger@fhnw.ch
 Bachelor-Studierende im Studiengang Systemtechnik:
 Marcel Burri, Tobias Brütsch

MAS Automation Management

DIE Weiterbildung für angehende Projektleiter von Automatisierungsprojekten und Ingenieuren, die ihr Fachwissen aktualisieren möchten.

Das Studium wurde inhaltlich überarbeitet und auf die heutigen Herausforderungen hin aktualisiert. Die automatisierungstechnischen Grundlagen für Industrie 4.0 wurden erweitert durch die neuen Module 'Machine learning', 'I4.0' und 'Modellierung, Simulation und virtuelle Anlagen'. Bestehende Module wie 'Vertikale Integration', OPC mit OPC-UA und Robotik wurden an die neuen Herausforderungen angepasst.

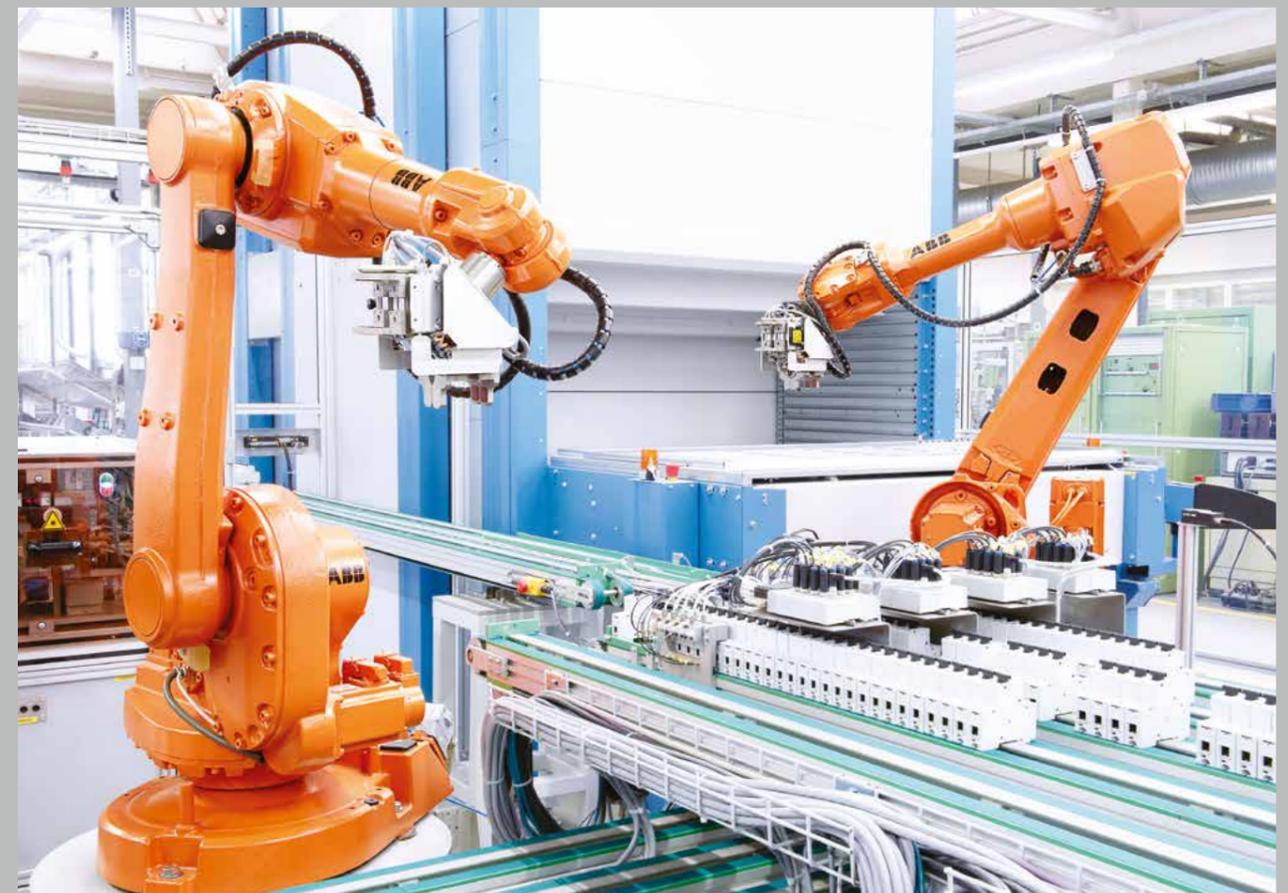
Das Studium wird in Kooperation mit verschiedenen Fachhochschulen angeboten.

Start: 2. September 2019

Kontakt

Jürg Peter Keller, Studiengangleiter MAS Automation Management, T +41 56 202 77 62, juerg.keller1@fhnw.ch
 Patrizia Hostettler, Sekretariat, T +41 56 202 72 18, weiterbildung.technik@fhnw.ch

Besuchen Sie unsere Infoveranstaltung – wir informieren Sie gerne:
 Montag, 25. Juni 2018, 18.15 Uhr in Windisch
 Mittwoch, 22. August 2018, 18.15 Uhr in Windisch
 Montag, 29. Oktober 2018, 18.15 Uhr in Basel
www.fhnw.ch/mas-automation



Aufbau eines Wärmepumpenprüfstandes zur Online-Diagnose von industriellen Grosswärmepumpen

Für die Entwicklung einer Online-Diagnose-Software für industrielle Grosswärmepumpen wurde an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch ein Wärmepumpen-Prüfstand errichtet.

Hannes Amport

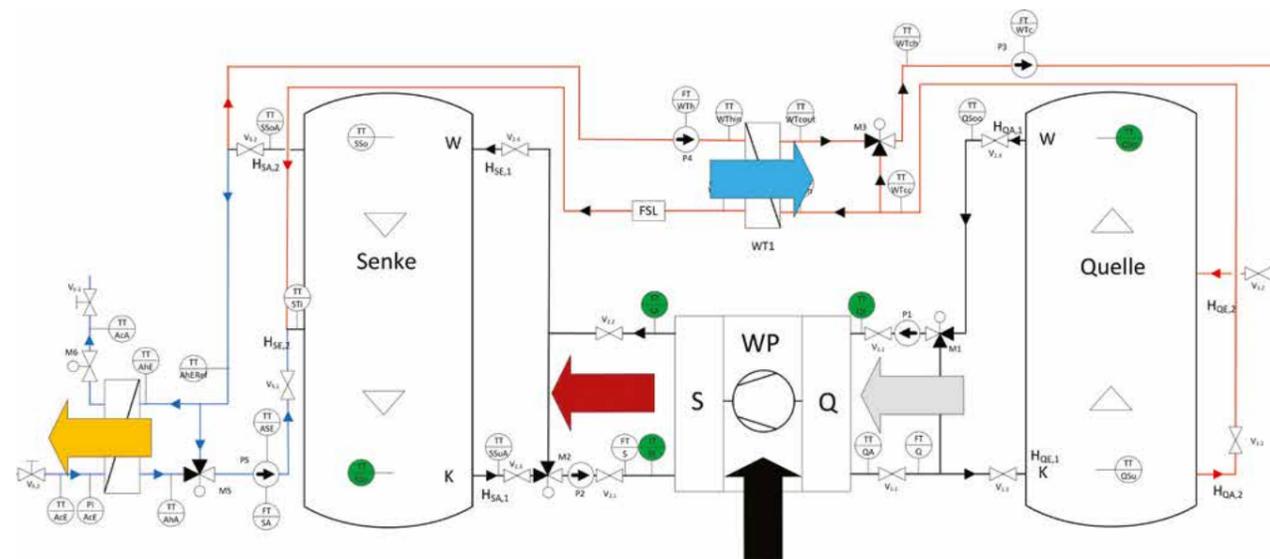


Abbildung 1: Prinzipschema des Prüfstandes mit den resultierenden Wärmeströmen

Ausgangslage

Die softwarebasierte Überwachung von Wärmepumpen sorgt für eine erhöhte Effizienz im Betrieb, hilft Ausfälle zu vermeiden und Wartungsarbeiten optimal zu planen. Für die Entwicklung einer solchen Diagnosesoftware wurde ein Prüfstand errichtet, welcher erlaubt, die Eigenschaften einer Wärmepumpe an exakt definierten Betriebspunkten zu simulieren. Nebst der Wärmepumpe (Prüfling) beinhaltet dieser Prüfstand auch die entsprechende Sensorik und Steuerung, um Testabläufe vorzugeben und Messwerte protokollieren zu können.

Wärmepumpenprüfstand

Auf dem Prüfstand wird eine industrielle Wärmepumpe mit einer Nennleistung von 90 kW verwendet. Die Wärmepumpe ist zweistufig, d.h. sie hat zwei parallel geschaltete Kompressoren und verfügt über mehrere Modifikationen zur Simulation von Fehlerfällen wie z.B. der Verschmutzung von Kondensator und Verdampfer, Kältemittelverlust, u.a.

Für den Betrieb einer Wärmepumpe werden zwei Wärmereservoirs benötigt. Nachfolgend wird das kalte Reser-

voir, das als Wärmequelle dient, «Quelle» und das warme Reservoir, das als Senke dient, «Senke» genannt. Auf dem Prüfstand werden Quelle und Senke von einem je 1000 Liter grossen Speicher simuliert.

Abbildung 1 zeigt das R&I-Schema des Prüfstandes. Die Hauptbestandteile sind die modifizierte Wärmepumpe und die beiden Tanks «Quelle» und «Senke». Mit den Pfeilen werden die übertragenen Leistungen angezeigt. Um die Quelle vor dem Auskühlen zu bewahren, wird ein Teil der Heizleistung über den Transferwärmetauscher WT1 zurückgeführt. Die überschüssige Energie wird über einen Wärmetauscher mit Hilfe von Kühlwasser aus der Aare abgekühlt. Ziel ist es, die Temperaturen auf vorgegebenen Werten zu halten, trotz der Belastung durch die getaktete Wärmepumpe.

Errichtung des Prüfstandes

Begonnen wurde mit der Planung und der Auslegung der Komponenten im Herbst 2016 in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner. Anschliessend konnte im Frühjahr 2017 der Prüfstand errichtet werden. Die Aufbauarbeiten



Abbildung 2: Prüfstand im Laborgebäude der FHNW in Brugg-Windisch

wurden von der Firma Graf Haustechnik AG durchgeführt. Danach wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit im Studiengang Systemtechnik die Sensoren und Aktoren installiert und die Steuerung programmiert. Aufgebaut ist der Prüfstand im Erdgeschoss des Gebäude 2 der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch gemäss der Abbildung 2.

Regelung

Konstante Eintrittstemperaturen auf der Quellen- und Senkeseite der Wärmepumpe bilden die Ausgangslage für die Entwicklung der Diagnose-Software. Die Herausforderung besteht darin, dass die verschiedenen Regelkreise gekoppelt sind. Durch das Verwenden der relativ kleinen Speicher und den getakteten Betrieb der Wärmepumpe verhält sich das System sehr dynamisch. Mit Hilfe von regeltechnischen Prinzipien wie Vorsteuerungen und Störgrössenaufschaltungen wird die Regelung optimiert. Dabei werden kennlinienbasierte Methoden angewendet.

Ausblick

Der nächste Schritt ist das Durchführen von Testsequenzen auf dem Prüfstand. Dabei wird das Verhalten der Wärmepumpe je nach Betriebspunkt und Fehlerfall aufgezeichnet. Die erhaltenen Daten werden nun als Trainingsdaten für das Teaching der Diagnose-Software verwendet. Eine Validierung der Diagnose-Software findet mit Hilfe von parallel durchgeführten Feldtests statt.

Referenzen

- [1] F. Berger, „Schlussdokumentation P6 Automatisierung eines Wärmepumpen-Prüfstandes,“ FHNW Institut für Automation, 5210 Windisch, 2017.
- [2] H. Amport, „Auslegung und Aufbau eines Wärmepumpen-Prüfstandes,“ FHNW Institut für Automation, 5210 Windisch, 2017.
- [3] D. Treyer und D. Zogg, „Model and Expert Knowledge Based Fault Diagnosis for a Heat Exchanger,“ IEEE, Nice, France, 2013.
- [4] A. Elmiger, „Zustandsbasierte Wartung von Wärmepumpen mit quasistationären Methoden,“ FHNW, Windisch, Schweiz, 2016.

Projektteam

Prof. Dr. David Zogg, Dozent, Projektleiter, david.zogg@fhnw.ch
 Andreas Elmiger, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, andreas.elmiger@fhnw.ch
 Hannes Amport, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, hannes.amport@fhnw.ch
 Florian Berger, Student Systemtechnik

Auftraggeber

Dr. Stefan Irmisch, Viessmann (Schweiz) AG

Eigenverbrauchsoptimierung in MFH über innovative Strombörse

Im Rahmen eines Pilotprojektes des Bundesamtes für Energie wird für eine Arealüberbauung in Möriken-Wildegg AG eine neuartige Strombörse mit Real-Time-Pricing entwickelt. Die Überbauung besteht aus 4 Mehrfamilienhäusern (MFH) im Minergie-P-Eco-Standard und 4 Photovoltaik-Anlagen (PV) mit einer Gesamtleistung von 160 kWp. Die 36 Wohnungen werden als Eigenverbrauchsgemeinschaft betrieben. Mit dem Eigenverbrauchsmanager werden 4 Wärmepumpen, ca. 100 Haushaltgeräte und mehrere Elektromobil-Ladestationen geregelt. Eine neu entwickelte Software ermöglicht die automatische Abrechnung gegenüber den Bewohnern nach dem Prinzip des Real-Time-Pricings. Dank dem Verursacherprinzip wird für die Bewohner ein Anreiz geschaffen, lokal produzierten Strom zu nutzen.

Michael Koller



Abbildung 1: Arealüberbauung Möriken-Wildegg (Quelle: Setz Architektur)

Einleitung

Energieeffizientes Bauen in Kombination mit einer PV-Anlage für den Eigenverbrauch ist bereits im Bereich der Einfamilienhäuser ein aktuelles Thema. Durch intelligente Regelungstechnik konnte gezeigt werden, dass sich der Eigenverbrauchsanteil verdoppeln lässt. Bei Mehrfamilienhäusern ist das Potential noch grösser, da die Anzahl der Verbraucher mit der Grösse des Objektes steigt. Um dieses Potential auszuschöpfen, werden neue Wege im Zählerwesen beschritten. Durch die neue Energieverordnung von 2018 wird das Zählerwesen liberalisiert. Dadurch haben die Eigenverbrauchsgemeinschaften das Recht, eigene Energiezähler für die Energiekostenabrechnung innerhalb der Gemeinschaft zu verwenden und die Energiekosten selbst abzurechnen.

Dieses Projekt soll zeigen, dass eine Eigenverbrauchsgemeinschaft für Arealnetze, sogenannte Micro Grids, mit intelligenter Regelungstechnik wirtschaftlich zu betrei-

ben ist. Das Projekt wurde durch das Architekturbüro Setz Architektur initialisiert und wird durch das Bundesamt für Energie BFE im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsprojektes unterstützt. Weitere Partner sind die Firma Smart Energy Control GmbH, ein Spin-Off der FHNW, sowie das Institut für Automation.

Arealüberbauung

Die MFH-Überbauung, welche in Holz-/Mischbauweise realisiert wird, umfasst 4 Mehrfamilienhäuser mit insgesamt 36 Wohnungen im Eigentums- und Mietverhältnis. Die Fertigstellung ist auf Q1 2019 geplant. Die Gebäude werden nach Standard Minergie-P-Eco gebaut und sind somit äusserst energieeffizient. Für die Stromproduktion werden insgesamt 4 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 160 kWp auf den Dächern sowie Fassaden und Terrassenbrüstungen montiert. Pro Haus ist eine Erdsondenwärmepumpe für Heizung und Brauchwarmwasser zuständig. Zudem können die Wärmepumpen im



Abbildung 2: PV-Module integriert in die Holzfassade (Quelle: Setz Architektur)

Sommer für Natural Cooling verwendet werden. Neben den ca. 100 Haushaltsgeräten in den Wohnungen sind Elektromobil-Ladestationen in der gemeinsamen Tiefgarage geplant.

Lokales Stromnetz

Für die Überbauung wird ein lokales Stromnetz aufgebaut. Dadurch werden alle Produzenten mit allen Verbrauchern verbunden. Der Eigenverbrauchsmanager, eine Software der Firma Smart Energy Control, übernimmt dabei die zentrale Regelung der Wärmepumpen, der Elektromobil-Ladestationen und der Haushaltsgeräte. Für die Anbindung an das örtliche Stromnetz ist nur ein Netzanschlusspunkt mit bidirektionalem Zweirichtungs-Zähler vorgesehen.

C1 13-13 MFH Überbauung Grabenweg Möriken
Schema Elektrizität V3

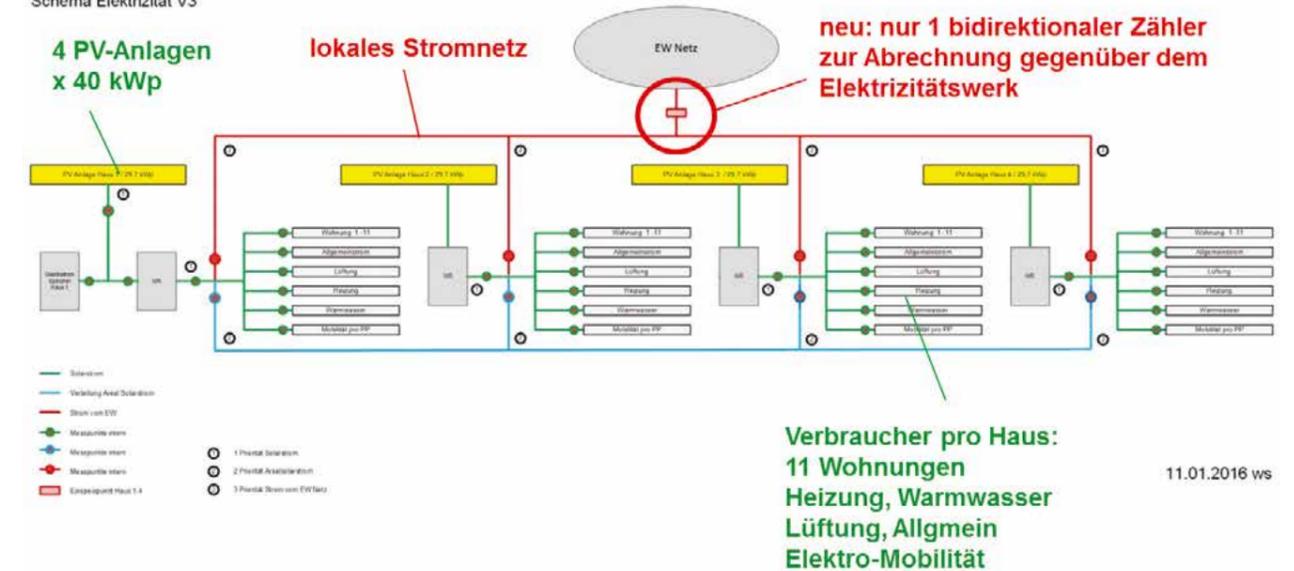


Abbildung 3: Lokales Stromnetz (Quelle: Smart Energy Control)

Messkonzept

Der Energieverbrauch der Wohnungen wird über MID-gereichte Privatzähler gemessen. Weiter werden die Produzenten sowie die allgemeinen Energieverbraucher wie Wärmepumpe, Lüftung usw. gemessen. Die Messdaten der Zähler werden über ein lokales Kommunikationsnetz ausgelesen und vom Eigenverbrauchsmanager weiterverarbeitet.

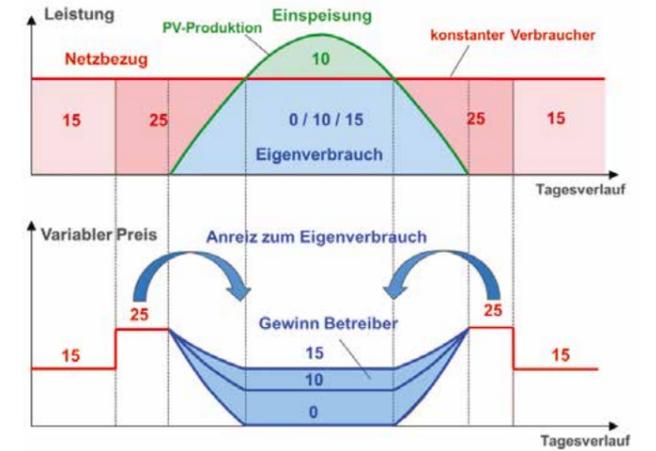


Abbildung 4: Berechnung variabler Tarif (Quelle: Smart Energy Control)

Real-Time-Pricing

In diesem Pilotprojekt wird das Konzept des Real-Time-Pricings umgesetzt. Der Strompreis ist somit nicht nur an die Tarifzeiten des Energieversorgers gekoppelt, sondern auch an die aktuelle Produktion der PV-Anlage und den aktuellen Gesamtverbrauch der Überbauung. Aus diesen Parametern wird in Echtzeit ein variabler Stromtarif berechnet.

Ein Beispiel für die Preisberechnung ist in Abbildung 4 ersichtlich. Hierbei wird von einem konstanten Verbrauch

ausgegangen. In den Stunden ohne Produktion verhält sich der Strompreis nach den Tarifzeiten des Energieversorgers, in diesem Beispiel 15 Rp./kWh im Niedertarif und 25 Rp./kWh im Hochtarif. Setzt nun die Produktion während des Tages ein, so sinkt der Preis im Verhältnis zum Eigenverbrauchsanteil. Wird der Verbrauch komplett durch die Produktion gedeckt, so ist der Preis minimal. Dieser minimale Preis entspricht dem Solartarif und kann durch den Betreiber der Eigenverbrauchsgemeinschaft festge-

legt werden (z.B. 10 oder 15 Rp/kWh). Wird der Solartarif tiefer als der Nachtтарif gewählt, hat der Bewohner einen finanziellen Anreiz, den Strom tagsüber zu nutzen. Dies bringt für alle Beteiligten Vorteile mit sich. Erstens spart der Bewohner bei der Stromrechnung. Zweitens kann der Betreiber der PV-Anlage seinen Solarstrom zu einem höheren Preis absetzen als er vom Elektrizitätswerk für das Einspeisen erhält (Beispiel 5 Rp./kWh) und drittens werden durch die Lastverschiebung die Einspeise- und Bezugsspitzen für den Energieversorger geglättet.

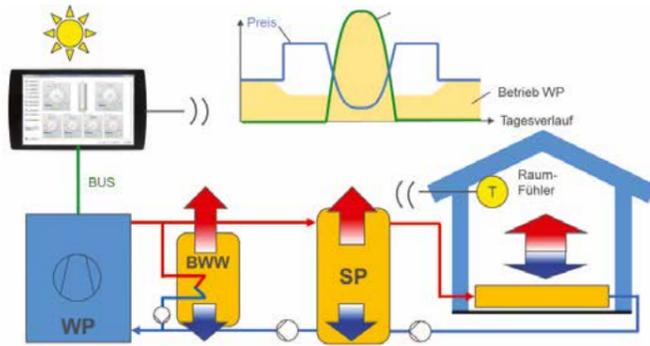


Abbildung 7: Thermische Speicherung des Solarstroms (Quelle: Smart Energy Control)

abgesenkt werden. Durch die hervorragende Dämmung der Gebäude kann somit auf den Betrieb der Wärmepumpe in der Nacht verzichtet werden. Durch die kontinuierliche Raumtemperaturüberwachung ist der Komfort für die Bewohner jederzeit sichergestellt.

Abrechnungssystem

Ein grundsätzliches Problem bei den meisten Eigenverbrauchsgemeinschaften ist die gerechte Aufteilung des Eigenverbrauchs auf die einzelnen Bewohner. In vielen Fällen werden die Einsparungen durch den Eigenverbrauch auf die Bewohner gleichermassen verteilt. Dies ist jedoch nicht verursachergerecht. Ein neu entwickeltes Abrechnungssystem löst diese Problematik. Dabei werden individuelle Stromkostenabrechnungen voll automatisch erstellt. Durch die hohe Datenqualität der Messdaten kann für jeden Bewohner der individuelle Strommix (Eigenverbrauch und Netzbezug) bestimmt werden. Diese Abrechnungsmethode deckt sich wiederum mit dem variablen Stromtarif und ist somit konsistent zum Real-Time-Pricing.

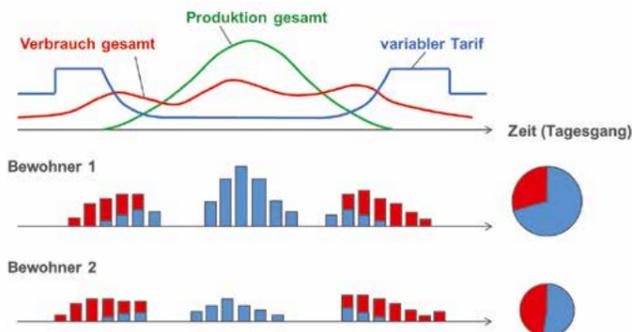


Abbildung 8: Individueller Lastgang von zwei Bewohnern (in Rot Netzbezug, Blau Eigenverbrauch) (Quelle: Smart Energy Control)

Weiter können bei dem Abrechnungssystem Heizkosten und allgemeine Stromkosten ermittelt und aufgrund von Verteilschlüsseln wie Wohnfläche oder Wertquoten den Bewohnern zugeordnet werden.

Die Bewohner haben den Überblick

Damit die Bewohner den aktuellen Strompreis im Überblick behalten, wird dieser visuell in Form eines Ampelsystems auf den Raumbediengeräten in den Wohnungen dargestellt. Zudem wird der Strompreis auf einer neu entwickelten App angezeigt.



Abbildung 5: Raumthermostat mit Strompreisanzeige (Quelle: Smart Energy Control)

Abbildung 6: App mit Strompreisanzeige (Quelle: Smart Energy Control)

Stromkostenreduktion dank intelligenter Regelung

Das zentrale Regelorgan bildet der Eigenverbrauchsmanager der Firma Smart Energy Control. Diese Software übernimmt vollautomatisch die Ansteuerung der grossen Verbraucher innerhalb der Überbauung. Durch innovative Regelalgorithmen werden die Wärmepumpen, die Elektromobil-Ladestationen und die Haushaltsgeräte der Bewohner tarifoptimiert geregelt.

Neben den geschalteten Haushaltsgeräten können die Wärmepumpen und die Ladestationen variabel angesteuert werden. Diese Ansteuerung erlaubt es der Software, je nach Produktionsüberschuss die Last dynamisch zu variieren und somit die Netzbelastung deutlich zu reduzieren.

Thermische Speicherung im Gebäude

Eine weitere Innovation des Systems ist die thermische Speicherung des Solarstroms über Wärmepumpen. Neben den klassischen technischen Speichern wie Brauchwärmwasserspeicher oder Heizungspufferspeicher kann die Gebäudemasse als aktiver thermischer Speicher genutzt werden. So kann das Temperaturniveau des Gebäudes bei Produktionsüberschuss um ca. 1 Grad angehoben oder

Individuelle Energiekosten

| Tarif Rp./kWh | | 10 | 10 | 18.5 | 11.8 | |
|---------------|------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------|
| Periode | | Strom Solar HT | Strom Solar NT | Strom Netz HT | Strom Netz NT | Kosten |
| von | bis | kWh | kWh | kWh | kWh | CHF |
| 01.07.2017 | 31.07.2017 | 98.40 | 11.76 | 63.24 | 94.50 | 33.87 |
| 01.08.2017 | 31.08.2017 | 75.80 | 24.70 | 75.60 | 108.30 | 36.82 |

| | Strom Solar HT | Strom Solar NT | Strom Netz HT | Strom Netz NT | Kosten |
|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| | kWh | kWh | kWh | kWh | CHF |
| Haushalt_EG | 69.68 | 12.03 | 62.48 | 113.57 | 33.13 |
| E-Mobil | 104.52 | 24.43 | 76.36 | 89.23 | 37.55 |
| Total | 174.20 | 36.46 | 138.84 | 202.80 | 70.68 |

Anteil Allgemeine Energiekosten

| | | Abrechnungsmethode: Proportional zur Wohnfläche | | | | |
|--|--|---|----------------|---------------|---------------|-------------|
| Periode | | 01.07.2017 | bis | 31.08.2017 | | |
| Tarif Rp./kWh | | 10 | 10 | 18.5 | 11.8 | |
| | | Strom Solar HT | Strom Solar NT | Strom Netz HT | Strom Netz NT | Kosten |
| | | kWh | kWh | kWh | kWh | CHF |
| El. Energie Allgemein | | 21.40 | 10.20 | 34.40 | 53.10 | 15.79 |
| Verteilschlüssel Allg. Energiekosten | | 45.000 % | | | | |
| Anteil Kosten el. Energie Allgemein | | 7.11 Fr. | | | | 7.11 |

Anteil Heizkosten

| | | Abrechnungsmethode: Proportional zur Wohnfläche | | | | |
|-------------------------------|--|---|----------------|---------------|---------------|-------------|
| Periode | | 01.07.2017 | bis | 31.08.2017 | | |
| Tarif Rp./kWh | | 10 | 10 | 18.5 | 11.8 | |
| | | Strom Solar HT | Strom Solar NT | Strom Netz HT | Strom Netz NT | Kosten |
| | | kWh | kWh | kWh | kWh | CHF |
| Produktionskosten Heizenergie | | 0.50 | 0.10 | 0.60 | 1.10 | 0.30 |
| Verteilschlüssel Heizkosten | | 45.000 % | | | | |
| Anteil Heizkosten | | 0.14 Fr. | | | | 0.14 |

Zusammenfassung

| | | |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Individuelle Abrechnung | | 70.68 |
| Anteil Allgemeine Energiekosten | | 7.11 |
| Anteil Heizkosten | | 0.14 |
| | Subtotal | 77.92 |
| | Rundungsbetrag | -0.02 |
| Rechnungsbetrag | 01.07.2017 bis 31.08.2017 | 77.90 |

Abbildung 9: Beispiel einer automatisch erstellten Stromkostenabrechnung

Projektteam

Michael Koller, Masterstudent, michael.koller@students.fhnw.ch
 Prof. Dr. Zogg, Dozent, Projektleiter, david.zogg@fhnw.ch

In Zusammenarbeit mit Smart Energy Control GmbH, Ein Spin-Off der Fachhochschule Nordwestschweiz

Referenzen

- [1] Prof. Dr. D. Zogg, 2016 «OPTEG - Regelstrategien für die Optimierung des Eigenverbrauchs von Gebäuden»
- [2] Bundesamt für Energie, 2017 «Wichtigste Neuerungen im Energierecht ab 2018»
- [3] Michael Koller, 2017 «Projektarbeit P7 - Eigenverbrauchsoptimierung in MFH über innovative Strombörse»

Pendelgenerator zur Energiegewinnung aus der Fussbewegung beim Gehen

Ende November 2017 konnte das KTI-Projekt zur Entwicklung eines elektromagnetischen "Energy-Harvesting" Generators zur Energiegewinnung aus der Bewegung des Schuhabsatzes beim Gehen abgeschlossen werden. Die Firma TRACKER AG hatte das Projekt angeregt, um mit einem solchen Generator ihre für Schuheinlagen entwickelten Tracking-Systeme (GPS/LORA) speisen zu können. Das Einsatzgebiet ist in erster Linie die Ortung von verschwundenen, dementen Personen.

Hans Gysin

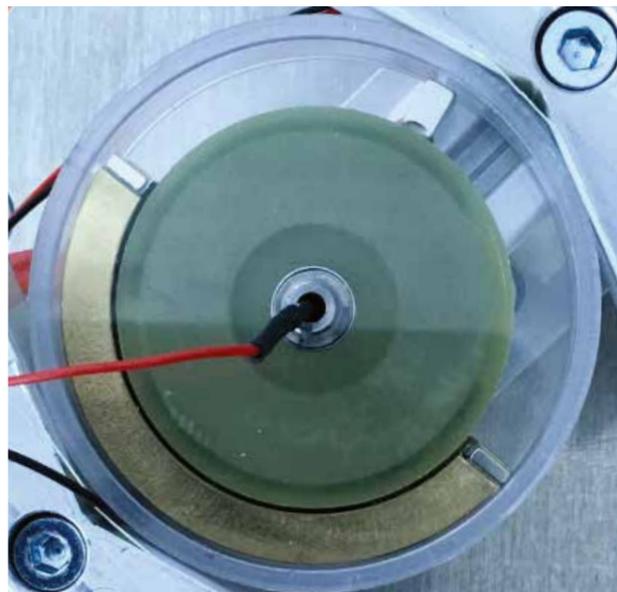


Abbildung 1: Prototyp des Doppelpendel-Generators

Konzeptphase

Bereits im Projektantrag wurde auf Grund umfangreicher Recherchen einem Exzentergenerator (Pendelgenerator) der Vorrang gegeben. Das Prinzip dieser Art der Energiegewinnung kennen wir alle aus dem Bereich der automatischen Armbanduhr. Aus vielfältigen Bewegungen des Generators wird dabei aus einer Pendelbewegung Rotationsenergie gewonnen. Diese erzeugt in unserem Projekt als elektromechanischer Generator "Strom". Erste Überlegungen und Berechnungen haben zudem gezeigt, dass der Generator mit einer hohen Effizienz aus den Fussbewegungen elektrische Energie erzeugen muss, um dem Strombedarf eines Trackers zu decken. Generatoren mit Piezoeffekt, Konstruktionen mit Gestängen und Biegungen oder Getrieben und sogar sämtliche Linearbewegungen mussten aus Gründen des Wirkungsgrades (Reibungsverluste) und der "Spürbarkeit" ausgeschlossen werden.

Realisierungsphase

Die ersten Funktionsmuster wurden in doppelter Grösse realisiert, um etwas einfacher das Prinzip der Ein- und Zweimassenpendel und der Leiterplattenstator zu testen und Messungen durchzuführen. Nach diesen Erkenntnissen wurden die nachfolgenden Prototyp-Generatoren in der echten Grösse von ca. 50 mm Durchmesser realisiert. Dazu wurde ein gekoppeltes Doppelpendel angefertigt, das auch mit einer Blockierung als Einzelpendel getestet werden konnte.

Abbildung 1 zeigt einen Prototyp des Doppelpendel-Generators, eingespannt in den Schrittsimulator. Sichtbar durch das Plexi-Gehäuse ist das Hauptpendel aus Messing und der Rotor aus FR4 Material, der im Innern die Permanentmagnete und Stahlringe trägt. Der Leiterplattenstator im Innern des Rotors ist nicht sichtbar. Lediglich die Kabel in der Achse deuten auf seine Existenz hin.

Die Resultate aus den Messungen zeigten klar, dass auf ein Doppelpendel nicht verzichtet werden kann. Die Geschwindigkeitssteigerung im Rotor (2. Pendel) ist notwendig, um eine höhere Spannung zu erzeugen. Auch bezüglich Stator, Rotorpendel, Magnetsystem und Messing-Aussenpendel musste der Generator in mehreren Stufen optimiert werden.



Abbildung 2: Elektronik zur Zwischenspeicherung der Energie

Trotzdem war die erzeugte Spannung für eine einfache Weiterverwendung zu niedrig. Es musste eine entsprechende Elektronik entwickelt werden, die eine optimale Umwandlung und Zwischenspeicherung der erzeugten elektrischen Energie gewährleistete.

Abbildung 2 zeigt die Elektronik zur Zwischenspeicherung der Energie in einem Supercap und die Spannungswandlung und -stabilisierung für die Tracker-, GPS- und Kommunikationselektronik.

Die Realisierung verschiedener Elektronik Netzteile zur optimalen Energieausnutzung und Zwischen speicherung zeigte aber schonungslos den allgemein schlechten Wirkungsgrad, der bei der Umsetzung von kleinen Spannungen auf Prozessorpegel realisiert werden kann.

Eine weitere Stufe der Optimierung gelang durch den Ersatz des Leiterplattenstators mit einer filigranen Drahtwicklung.



Abbildung 3: Stator-Drahtwicklung

Abbildung 3 zeigt die Stator-Drahtwicklung, die bei gleichem Widerstand mit mehr Windungen eine höhere Spannung induziert und dadurch auch eine höhere Effizienz des Generators erreicht als ein Leiterplattenstator.

Testphase

Die meisten Messungen während der Entwicklung des Generators wurden auf unserem eigens für dieses Projekt gebauten Schrittsimulator durchgeführt. Die nach echten Schritten simulierten Beschleunigungs- und Wegabläufe ergaben Leistungsspitzen, die erwartet hoch ausfielen, das chaotische Verhalten des Exzenters (Doppelpendel) erzeugt aber nur in wenigen Betriebsphasen eine komfortable hohe Spannung im Voltbereich und lässt dadurch den Gesamt-



Abbildung 4: ein Paar Testschuhe

wirkungsgrad und die geerntete Energie unter den Erwartungen.

Abbildung 4 zeigt ein Paar Testschuhe mit einem eingebauten Generator im Absatz und der «aufgeschnallten» Elektronik.

Mit diesen Schuhen wurden vom Forschungs- und Realisierungspartner Tests durchgeführt, indem übliche Gehwege distanzmässig und zeitlich kontrolliert abgelaufen und die geernteten Energien erfasst wurden.

Fazit und Ausblick

Mit dem Abschluss dieser Machbarkeitsstudie konnte gezeigt werden, dass eine Energiegewinnung aus der Fussbewegung mit einem Pendelgenerator prinzipiell möglich ist. Die erreichten Resultate zeigen aber klar die Grenzen der möglichen Energiegewinnung auf. Wichtige Erkenntnisse waren die Problematik der Umsetzung von eher linearer Fussbewegung in Rotationsenergie mit einem überraschend schlechten Wirkungsgrad und die Problematik der erzeugten Spannung. Können auf Grund von langsamen Bewegungen und beschränkten Windungszahlen nur kleine Spannungen erzeugt werden, ist der elektrische Wirkungsgrad miserabel.

Eine weitere Überraschung war, dass auch ein LORA-Tracker für seine erste Verbindungsaufnahme (inkl. GPS) eine Energiemenge benötigt, die bei einem leeren Speicher ein Umherlaufen von dutzenden von Minuten erfordert.

Projektteam

Tracker AG:
Albert Hager (Projektleitung)
Beni Frei (Entwicklung, Test)

FHNW / IA:

Patrick Read, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent (Entwicklung, Test), patrick.read@fhnw.ch
Prof. Hans Gysin, Advisor (Koordination FHNW / Entwicklung), hans.gysin@fhnw.ch

Demonstrator Industrie 4.0

Die hoch automatisierten Produktionsstätten, getrimmt auf einen spezifischen Prozess, werden von der Massenproduktion wegkommen und in Richtung der flexiblen, individualisierten Massenproduktion in «Losgrösse 1» gehen.

Jean-Paul John

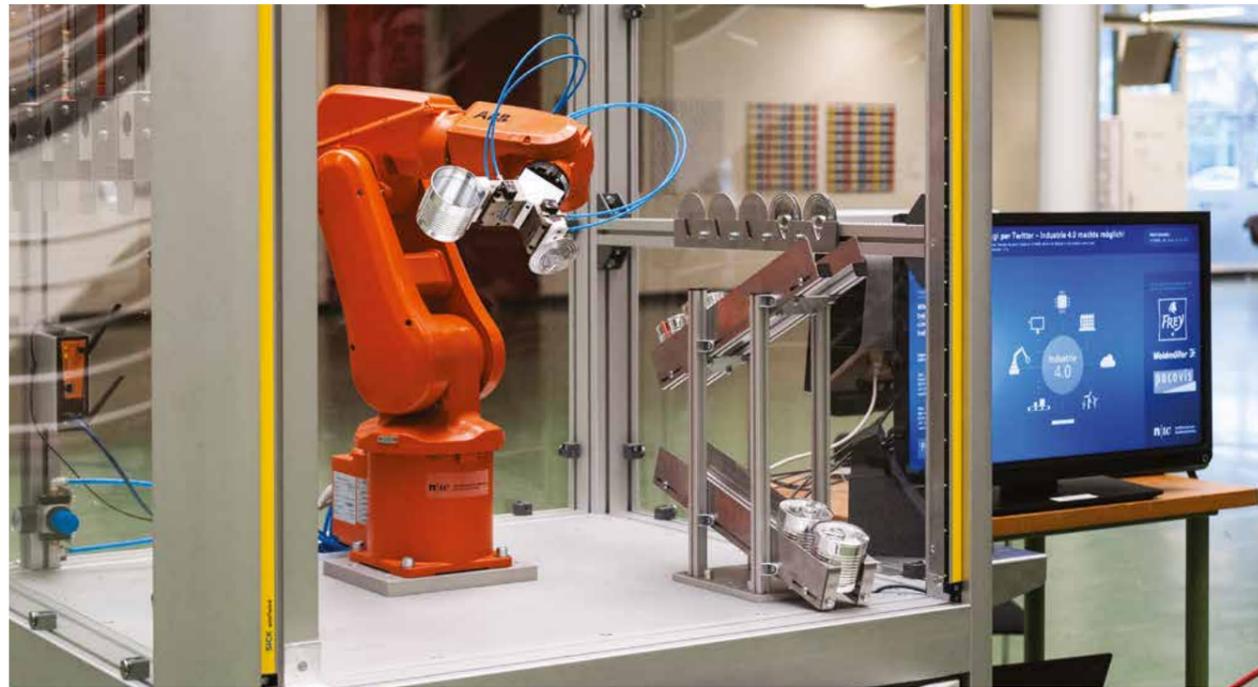


Abbildung 1: Demonstrator Industrie 4.0

Einleitung

Als Kompetenzzentrum für Robotik, Cyber-physische Systeme und Automation ist das Institut für Automation eine Zusammenarbeit mit dem Institut für 4D-Technologien eingegangen, welches schwerpunktmässig im Forschungsbereich «Big Data» tätig ist. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit werden interdisziplinäre Technologien im Rahmen der Digitalisierung zusammengetragen und in Form einer Demonstrationsanlage realisiert. Diese soll zu innovativen Projektideen im Kontext von Industrie 4.0 anregen und auf Anlässen dazu dienen, das Interesse auf die zukunftsgerichtete Kombination von Automatisierung, Robotik und Informatik zu wecken.

Vision

Gestützt auf die Vision einer individualisierten Massenproduktion mit maximaler Agilität, im Sinne der Varian-

tenvielfalt, wird eine Beispielanwendung realisiert. Diese ermöglicht es dem Kunden, selbst seine individuelle Konfiguration über das Internet vorzunehmen und den Produktionsauftrag direkt auszulösen. So werden in dieser Beispielanwendung der Demonstrationsanlage die Schokoladentafelchen «Naps» der Firma Chocolat Frey nach individuellem Kundenbedürfnis mit einem Industrieroboter verpackt.

Es soll aufgezeigt werden, dass durch die Digitalisierung der Wirtschaft eine Einbindung des Menschen direkt in den Fertigungsprozess möglich wird. Jeder kann ohne grosse Hürden seine Bedürfnisse ausdrücken, welche von kommunikationsfähigen Roboteranwendungen verstanden und umgesetzt werden können. Dies verspricht eine Erhöhung der Flexibilität, Produktivität und eine Verkürzung der Time-to-Market Zeit.

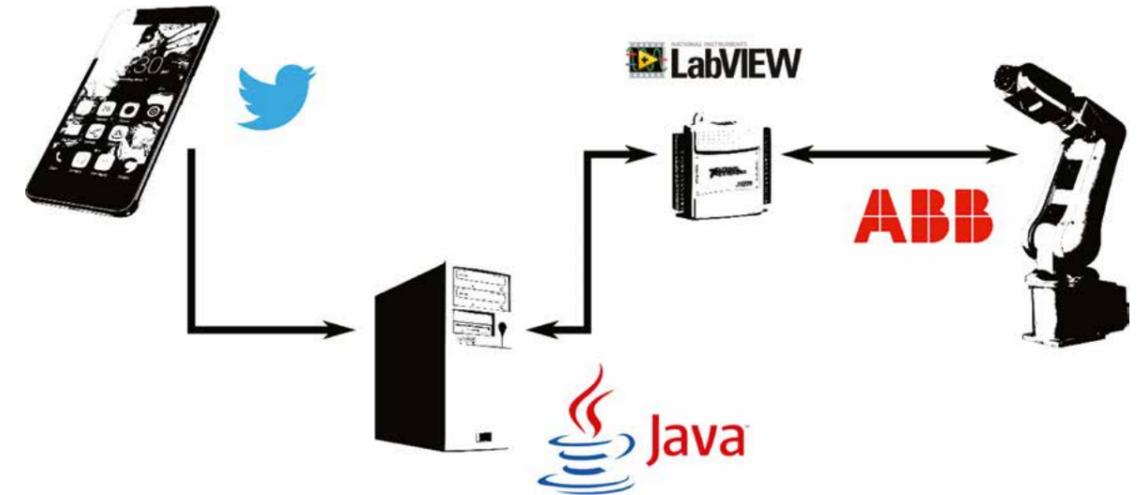


Abbildung 2: Systemkonzept

Für die Beispielanwendung wird ein Industrieroboter mit Anbindung an eine Social-Media-Plattform eingesetzt. Während der Roboterarm die Aufgabe hat, mit 3D-gedruckten Greifern, die physischen Fertigungsaufgaben zu übernehmen, sollen die Bestellungen über einen Twitteraccount des Roboters entgegengenommen werden.

Umsetzung

Für die Interaktion zwischen dem Twitteraccount und dem Industrieroboter werden die eingehenden «Tweets» über einen Java-Server gelesen und geprüft. Im Sinne von Cyber-Security wird der Demonstrator vor Flooding geschützt. Unter Flooding wird in diesem Kontext das Fluten des Twitteraccounts mit «Tweets» verstanden. Dadurch, dass der Demonstrator nur bei Ausstellungen eingesetzt wird, kann dies relativ rationell mit einer Prüfnummer gelöst werden, welche sich zyklisch verändert und jeweils bei der Bestellaufgabe via «Tweet» anzugeben ist.

Wird ein Bestellvorgang erkannt und die Prüfnummer als gültig eingeordnet, ist die Bestellung mit dem Lagerbestand abzugleichen. Fällt der Befund negativ aus, wird die Bestellung beiseitegelegt und die nächste Bestellung bearbeitet. Bei einem positiven Befund kann die Bestellung dem Industrieroboter übergeben werden. Auf diesem Rechner läuft eine LabView Applikation, welche das Handling der Bestellaufbereitung und die Orientierung im Lager übernimmt.

Für den Einsatz in unmittelbarer Nähe zum Menschen sind kollaborative Roboter prädestiniert. Solche Robotersysteme sind bezüglich Einsatzort und Funktionalität sehr flexibel. Ebenso lassen sich einfache Bewegungsabläufe komfortabel von Hand einlernen. Im Rahmen dieser Realisierung konnte aufgrund der Verfügbarkeit kein kollaborativer Roboter eingesetzt werden. Stattdessen wurde ein Industrieroboter eingesetzt. Für die Programmierung der Zustandsmaschine in RAPID wird die Offline-Programmierung bevorzugt. Dies bedingt eine gute virtuelle Darstellung der Roboterarbeitsumgebung und bringt den Vorteil, dass sich Konzepte sehr komfortabel ohne grossen Aufwand am Rechner verifizieren lassen.

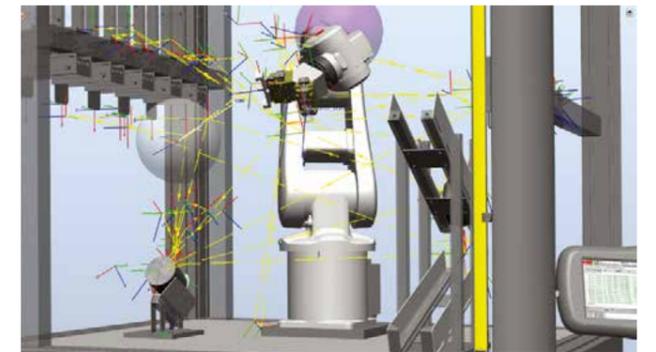


Abbildung 3: Der Roboter führt die Verpackungseinheit zum Magazin (oben: virtuell, unten: real).

Beim Auftakt durch LabView beginnt der Industrieroboter mit dem Zusammenstellen der Verpackungseinheit (Büchse mit Deckel von Pacovis AG) und holt anschliessend die bestellten «Naps» einzeln aus den Magazinen heraus. Ist die Schokoladenbestellung komplett, wird die Verpackungseinheit verschlossen und ausgegeben.

Ergebnisse und Ausblick

Im Sinne der selbst definierten Aufgabenstellung konnte die Zielstellung «Massenanfertigung in Losgrösse 1» erfolgreich umgesetzt werden. Es gilt allerdings zu verstehen, dass es sich hierbei nicht um eine reale Produktionsstrasse handelt, sondern vielmehr eine Innovations-Plattform, welche die Basis für weitere Ideen und gute Gespräche an Anlässen bietet.

Im Verlauf des letzten Jahres kann auf mehrere erfolgreiche Auftritte der Demonstrationsanlage zurückgeblickt werden. Dazu zählen Anlässe auf dem Campus Brugg-Windisch, das Aussenwirtschaftsforum in Zürich und die Sindex in Bern.

Für die Zukunft sind weitere Innovationen angedacht, welche mehr Flexibilität im Bereich Lagergestaltung und Labeling bringen sollen. Ein bereits mit einem Funktionsmuster realisiertes Konzept ist der Einsatz von aktiven RFID-Modulen, welche eine Adaption eines chaotischen Lagermanagements ermöglichen. Ebenso sollen die Verpackungseinheiten während des Prozesses mit einem individuellen Label ausgestattet werden können, damit die Verpackungseinheit eindeutig dem Endkunden zugeordnet werden kann.

Zusammenfassend gestaltet sich die Demonstrationsanlage als Innovations-Plattform, welche der Forschung und Entwicklung dient. Zudem können sich produzierende Unternehmen an diesem Beispiel orientieren und eigene neue innovative Projektideen entwickeln, bei welchen das Institut für Automation gerne unterstützt.

Sponsoren

Chocolat Frey AG
Pacovis AG
Weidmüller Schweiz AG

Projektteam

Max Edelmann, Master of Science in Engineering, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, max.edelmann@fhnw.ch
Jean-Paul John, Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik, Wissenschaftlicher Assistent, jeanpaul.john@fhnw.ch
Markus Krack, Dipl.-Ing., Leiter Technologietransfer FITT, markus.krack@fhnw.ch
László I. Etesi, Msc., Technologietransfer FITT, laszlo.etsesi@fhnw.ch

Studierendenprojekte – Ihre Aufgabenstellung wird durch unsere Studierenden gelöst

Für Unternehmen aus Industrie und Wirtschaft bieten Studierendenprojekte eine Chance, komplexe Problemstellungen ohne grösseren finanziellen Aufwand bearbeiten zu lassen. Die angehenden Ingenieurinnen und Ingenieure lösen die Aufgaben fachkundig, kreativ und zuverlässig. Sie werden dabei durch unsere Dozierenden und wissenschaftlichen Mitarbeitenden betreut.



Haben Sie konkrete Aufgabenstellungen aus Ihrem Unternehmen, die Sie umsetzen möchten? Für Fragen und Informationen stehen wir gerne zu Ihrer Verfügung.

Studierendenprojekte und Technologiefragen
Markus Krack, Leiter FITT (Forschung, Innovation, Technologietransfer)
markus.krack@fhnw.ch, T + 41 56 202 78 79
www.fhnw.ch/technik/studierendenprojekte

Studierendenprojekte im Studiengang Systemtechnik (Automation)
Prof. Peter Zysset, Studiengangleiter Systemtechnik,
peter.zysset@fhnw.ch

Neue Mitarbeitende gewinnen

«Wir sind immer wieder von der erfrischenden Kreativität und vom Engagement begeistert, die über die Studierendenprojekte Eingang in unser Unternehmen finden. Gleichzeitig ist es für uns eine gute Sache, die Studierenden kennenzulernen und als neue Mitarbeitende zu gewinnen. Auf fachlicher und personeller Ebene lohnt sich für uns die Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik FHNW.»

Alois Huser, Geschäftsführer, Encontrol AG, Niederrohrdorf

Industrie 4.0 am Beispiel einer robotergestützten Bandschleifzelle zur Fertigung von Armaturen

Mit der Firma KWC, einem regionalen Armaturenhersteller, untersucht das Institut für Automation den Prozess des robotergestützten Bandschleifens von Designwerkstücken mit komplexen Freiformflächen unter der Verwendung von Industrie 4.0 Techniken. Ziel ist es, eine Lösung zu entwerfen, mit welcher Armaturen nach einmaligem Einrichten vollautomatisch und adaptiv produziert werden können.

Matthias Füglistner

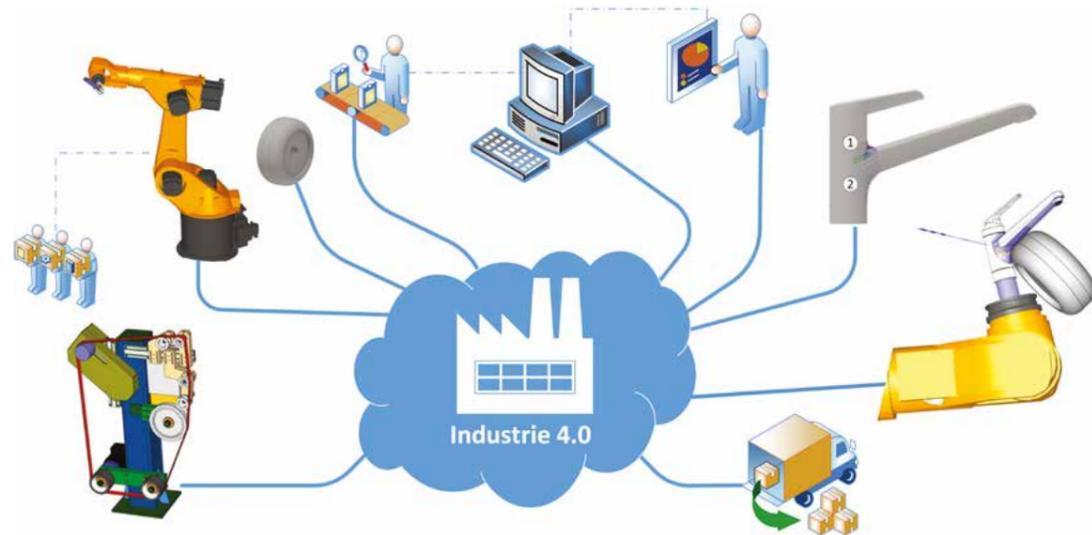


Abbildung 1: Übersicht Industrie 4.0 am Beispiel eines Schleifprozesses

Zurzeit werden neue Armaturen-Designs in einem aufwendigen Prozess erstellt, bis sie für die Produktionsstrasse optimiert sind. Um diesen Prozess zu beschleunigen und Leerläufe zu minimieren werden Softwaretools verwendet. Die Anforderungen bezüglich Qualität, Durchlaufzeiten und angegliederten Kosten nehmen ständig zu. Analysen haben gezeigt, dass speziell im Bereich des Roboterschleifens grosse Optimierungsmöglichkeiten vorhanden sind. Mit der Kooperation zwischen der KWC und dem Institut für Automation wurde dieser Punkt in Angriff genommen.

Im Verlauf des Projektes stellte sich heraus, dass neue Ansätze der Programmierung der Roboterbahn, im Sinne Industrie 4.0, Durchlaufzeiten und Initialaufwand für neue Serien verbessern können. Um ein Industrie 4.0 Prozess zu realisieren, ist die Digitalisierung aller Werkstücke, Werkzeuge, Roboter und eine Offline-Programmierung der Roboterbahn unumgänglich.

Mit einem CAD basierenden System ist eine Offline-Bahnplanung für Roboter umsetzbar und bietet darüber hinaus die Möglichkeit der Offlinesimulation. Weitere Vorteile einer Offline Programmier Software sind offene Program-

mierschnittstellen in C++ und Pascal, welche das Erstellen von PlugIns für erleichterte Bedienung oder adaptiven Reglern ermöglicht.

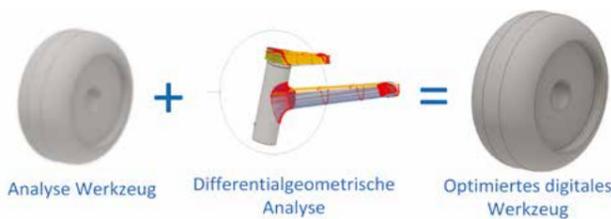


Abbildung 2: Informationsgewinn der Digitalisierung des Werkzeugs

Für die Implementierung einer adaptiven Reglerstruktur sind neben der digitalen Abbildung, fundierte Kenntnisse des Prozesses erforderlich. Durch eine Analyse der verwendeten Werkzeuge und einer differentialgeometrischen Untersuchung der dazugehörigen Soll-Geometrie der Armatur wird ein optimiertes digitales Werkzeug evaluiert.

Ein 3D Scan des Armaturen-Gusses lieferte das essentielle Wissen um den Ansatz einer adaptiven Bahnplanung zu implementieren. Das gescannte 3D Modell zeigt Problem-

zonen der Armatur auf. Anhand der gewonnenen Informationen entstehen zugeschnittene Lösungsvarianten für die adaptive Bahnplanung.

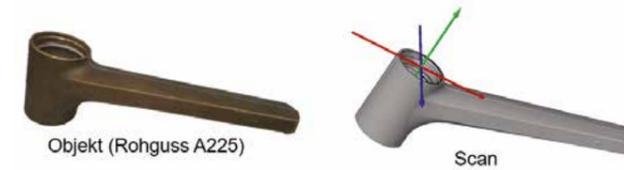


Abbildung 3: Digitalisierung des Werkstückes

Giessschwindung von geometrisch definierten Objekten
Folgend wird eine dieser Lösungsvarianten als Anwendungsbeispiel für die Kombination von digitalen Werkstücken, digitalen Werkzeugen und Sensordaten zur adaptiven Bahnplanung von Armaturen aufgezeigt. Mit diesem Ansatz wird eine variable Giessschwindung im Fassbereich der Armatur kompensiert.

Problemstellung: Beim Giessen entsteht eine ungleichmässige Schwindung im gelb markierten Bereich.

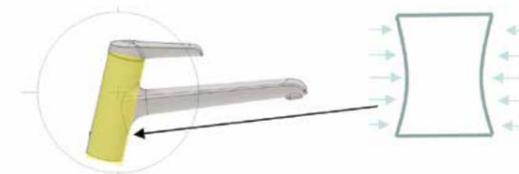


Abbildung 4: Problemstellung der Giessschwindung

Hypothese: Die Schwindung ist symmetrisch und kann generell in 3 Arten unterschieden werden (Konvex, Konkav, keine).

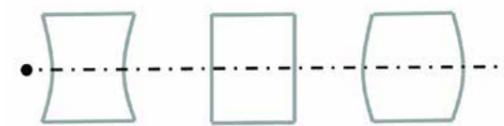


Abbildung 5: Schwindungsarten



Abbildung 7: Gegenüberstellung Offline Simulation und Realität

Abstrahierte Lösung: Durch das Erfassen der geometrischen Oberfläche des Armaturen-Gusses entsteht ein digitales Modell. Je nach Ausmass der Schwindung werden die Parameter im Sinne eines Best-fittings angepasst. Durch das Übergeben der berechneten Parameter an das Offlineprogrammiertool wird eine neue, massgeschneiderte Bahnplanung erstellt, um Fehler aus dem Giessverfahren zu minimieren.

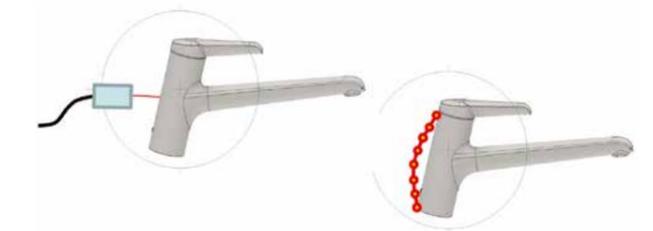


Abbildung 6: Abstrahierter Bahnplanungsentwurf

Mit der Verwendung eines Offlineprogrammiertools und der Integration von 3D Scans und Sensordaten ist die Roboterschleifzelle in der Lage, Fehler zu kompensieren und eine konstante messbare Qualität zu liefern. Da ein Grossteil der Einrichtung für eine neue Armatur offline vollzogen wird, kann die Stillzeit der Roboterzelle minimiert werden, was zu einer besseren Auslastung der Roboterzellen führt. Nicht zu unterschätzen ist auch der Informationsgewinn und das wachsende Knowhow, welches durch die zusätzlich gewonnenen Daten generiert wird und für weitere Optimierungen genutzt werden kann.

Projektteam

Max Edelmann, Master of Science in Engineering, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, max.edelmann@fhnw.ch
Matthias Füglistner, BSc FHNW in Systemtechnik, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent matthias.fueglistner@fhnw.ch

Auf dem Weg zur Giesserei 4.0

Mit fortschreitender Digitalisierung hat auch in der Giesserei-Industrie ein Wandel eingesetzt, der die 5000 Jahre alte Fertigungstechnologie von Grund auf verändert. Die meist düsteren Werkshallen, in denen Giesser Schwerarbeit verrichten, werden sich über kurz oder lang in High-Tech-Fertigungsstätten verwandeln und so die rasanten Veränderungen unserer modernen Welt mitgestalten. Auch kleine und mittlere Betriebe können diese Chance nutzen, wie das aktuelle Projekt mit dem Industrie 4.0-Pionier Christenguss zeigt.

Max Edelmann

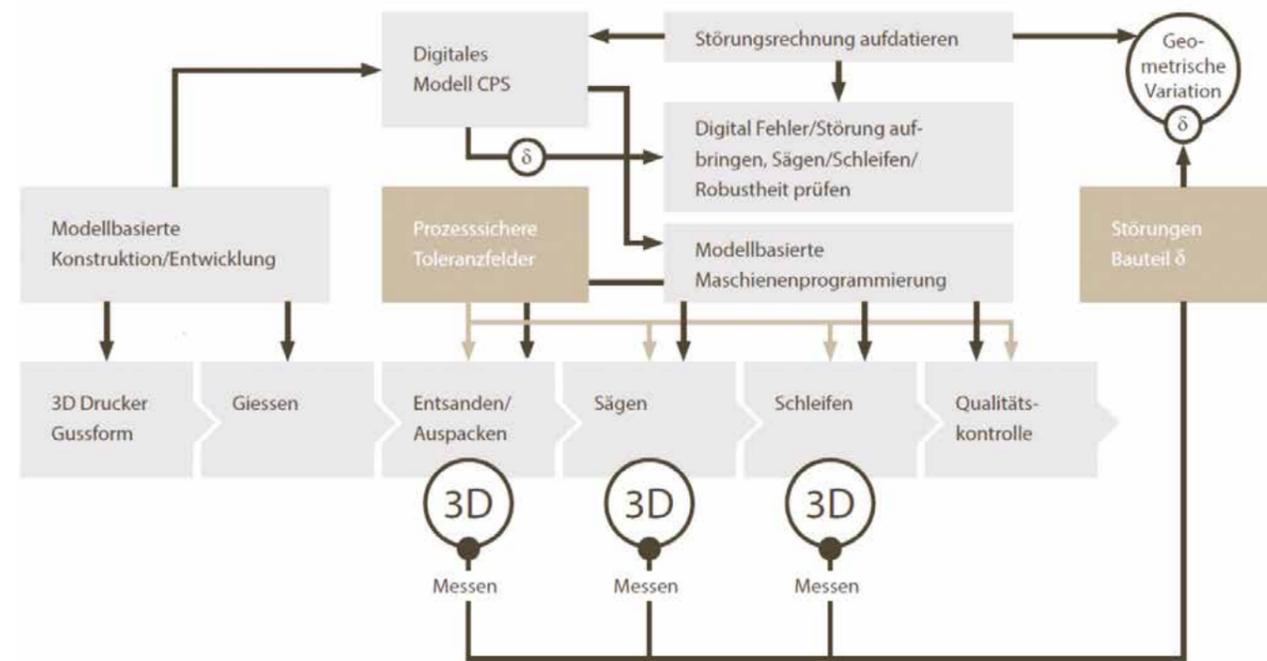


Abbildung 1: konzeptuelle Übersicht eines Cyber-physischen Systems für die Guss Putzerei

Die Voraussetzungen des Umsetzungspartners

Christenguss ist ein spezialisierter Giessereibetrieb mit 17 Mitarbeitern und einer klaren Vision für die Zukunft. Durch den allgemein steigenden wirtschaftlichen Druck der besonders die KMU belastet sind strategisch wichtige Entscheidungen erforderlich, um am Markt auch zukünftig zu bestehen. Eine dieser strategischen Entscheidungen des Familiengeführten Unternehmens ist die Investition in einen 3D-Drucker für komplexe Gussformen aus Sand. Seit 2016 ist das Gerät von ExOne bei Christenguss erfolgreich im Einsatz.

Die Firma kann sich durch diese Investition insbesondere durch die hohe Fertigungsgeschwindigkeit von anderen Marktanbietern differenzieren.

Das konventionelle Herstellen einer Sandform für den metallischen Guss beinhaltet sehr viele manuelle Tätigkeiten. Diese beginnen bereits bei der Herstellung der Formeinrichtungen, sprich dem Giessereimodell mit Kernkästen, die den Formhohlraum der Gussform abbilden. Die Herstellverfahren sind dank computergestützter Fertigung (Industrie 3.0) in den letzten Jahrzehnten rationalisiert worden, der Herstellprozess ist aber nach wie vor sehr personalintensiv und hier sind die Lohnkosten der Schweiz ein gravierender Nachteil im internationalen Wettbewerb. Mit dem 3D-Drucker können über Nacht auch komplexeste Formen mit integrierten Kernen oder gesamte Kernpakete für die Gussaufträge erstellt werden. Ein Verfahren, das besonders durch die kleinsten Losgrößen wirtschaftlich eingesetzt werden kann.

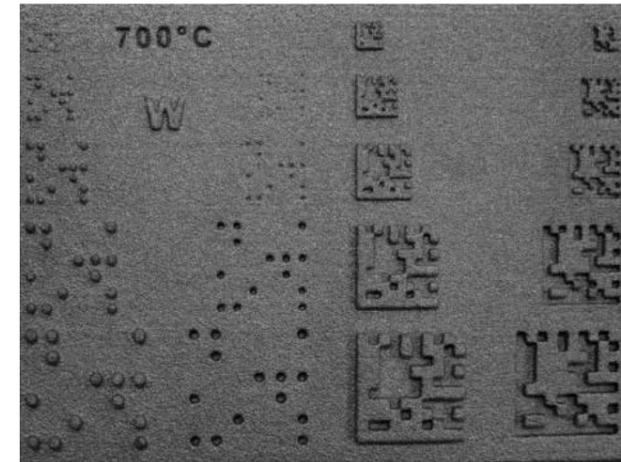


Abbildung 2: Probeguss in Aluminium

Die Vision «Giesserei 4.0» - Vom Handformen zur vollautomatischen Fertigung

Der 3D-Drucker ist allerdings nur ein Baustein auf dem Weg zur langfristigen Vision «Giesserei 4.0». In einem zeitlichen Horizont von 20 Jahren sollen die Werkshallen und Fertigungsmittel einen permanenten Veränderungsprozess erfahren. So könnten zukünftig fahrerlose Transportsysteme den Materialfluss übernehmen und Roboter die einzelnen Fertigungsprozesse der Guss Putzerei für Einzelteile übernehmen. Weiter können durch die Verknüpfung der Maschinen, Sensoren, Produkt- und Produktionsdaten die Produktion lückenlos dokumentieren und darüber hinaus optimieren. Die so gewonnene Planungssicherheit führt zu maximaler Transparenz aller Produktionsschritte für Hersteller und Kunden.

Ein wesentliches Ziel ist es, die qualifizierten Mitarbeiter und Fertigungsexperten ausschliesslich für wertschöpfende Tätigkeiten einzusetzen und von lästigen Nebentätigkeiten zu befreien oder sie bei den körperlich besonders anstrengenden Aufgaben zu unterstützen.

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit dem Institut für Automation

Grundlage des Projekts ist eine exakte „Ist-Aufnahme“ der Prozesse sowie eine „Analyse des Produktportfolios“. Dieses wurde durch Studierende der Hochschule im Rahmen ihrer Ausbildung zum Wirtschaftsingenieur durchgeführt. Als Resultat haben sich ein detailliertes Abbild der Informations-

und Materialflüsse wie auch eine Klassifizierung des Produktportfolios nach technischen Kriterien ergeben. Letzteres spielt für die angestrebte Automatisierung der Prozesse eine wichtige Rolle. Die Werkstückgeometrien und -gewichte sind massgebend für die technische Dimensionierung von Industrierobotern und zur Entwicklung der erforderlichen Greifsysteme. Aufgrund der gewonnen Erkenntnisse ist massives Sparpotenzial im Bereich des Gussputzprozesses identifiziert worden. Bei diesem Prozess wird das Giesssystem (Einguss, Gusslauf, Speiser) mittels Sägen am Anschnitt vom Gussteil abgetrennt. In der nachfolgenden Operation wird die entsprechende Stelle noch verschliffen. Die Operationen erfolgen bei kleinen und mittleren Serien üblicherweise manuell, mit handgeführten Maschinen, wodurch hohe Lohnkosten für eine Tätigkeit anfallen.

Eine technische Evaluation hat ergeben, dass das Gussputzen problemlos mit einer klassischen Roboterlösung (6-Achsen-Knickarmroboter) automatisiert werden könnte. Als wirtschaftlich nachteilig zeigt sich bei kommerziellen Lösungsanbietern die hohe Ein- und Umrüstzeit in Bezug auf die produzierten Losgrößen und die mangelnde Kompatibilität mit ständig wechselnden Produkten, in Geometrie und Material.

Es wird eine Lösung benötigt, die zum einen zu einer Automatisierung des Prozesses beiträgt, zum anderen eine minimale Ein- und Umrüstzeit aufweist. Als Projektergebnis ist ein eigener Algorithmus vorgesehen, welcher in der Lage ist, den Programmieraufwand für Roboter massiv zu vereinfachen. Hierzu muss die Verwendung des richtigen Greifers, das Erkennen der Position des Gussteils, das Erstellen und Laden des richtigen Programms, Einsetzen der entsprechenden Werkzeuge und die Durchführung der Verputzoperation sowie dessen Qualitätskontrolle ausgearbeitet werden. Das Teil soll durch den Bediener in einem Universalgreifsystem aufgespannt werden und nach dessen automatischen Scan und basierend auf einem Soll-Ist-Vergleich mit den bestehenden CAD-Daten wird der Prozess zielgenau geführt. Die Bewegungen errechnet das sogenannte Cyber-physische System auf Grundlage der CAD-Daten. Eine Übersicht des Konzepts wird in Abbildung 1 dargestellt.

Ergebnisse zur automatischen Markierung und Identifikation der Gussteile in der Fertigung

Das Cyber-physische System muss dazu vor allem alle Gussteile eindeutig unterscheiden können, selbst wenn Teile auf den ersten Blick keine Unterschiede aufweisen,

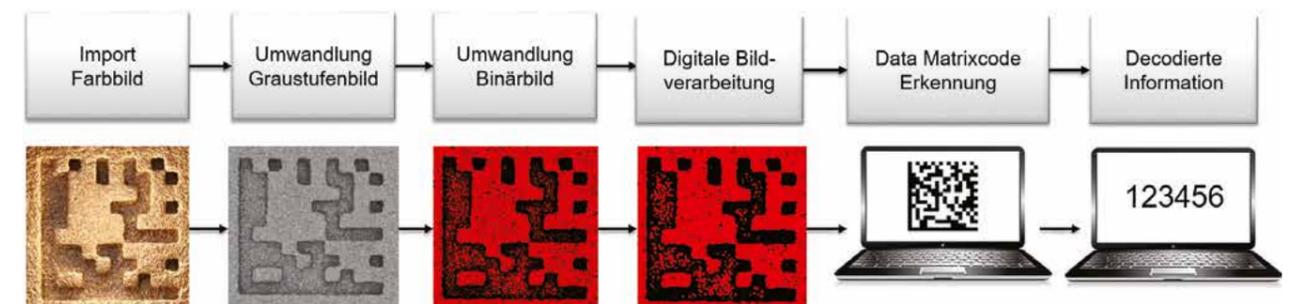


Abbildung 3: Bildverarbeitungsprozess eines Data Matrixcodes

könnte eine andere Legierung oder Kerngeometrie vorhanden sein. Dazu wurde im Rahmen eines Studierendenauftrags die Möglichkeiten einer eindeutigen Markierung im Guss untersucht. Mit Hilfe des 3D-Druckers können beispielsweise Codes als Relief auf die Oberfläche eingebracht werden. Somit lassen sich die physischen Teile eindeutig ihren digitalen Fertigungsdaten zuordnen. Eine ausgiebige Parameterstudie hat gezeigt, mit welchen Codetypen, Codeparametern, Legierungen, Gussprozessparametern und Bildverarbeitungsmethoden ein automatisches Identifikationsverfahren konzeptioniert werden kann. Abbildung 2 zeigt beispielsweise ein Aluminium-Probestück, das mit einer Giesstemperatur von 700°C geformt wurde. Es ist ein Dotcode und Matrixcode in diversen Grössen als positives und negatives Abbild geformt. Über eine digitale Bildverarbeitung können die abgebildeten Codes erfolgreich dechiffriert werden und zeigen die codierte Information (Abbildung 3).

Die Ergebnisse der Studie bilden einen wesentlichen Bestandteil des gesamten Lösungskonzepts und ermöglichen es, ein Cyber-physisches System zu entwickeln, das stets mit den realen Fertigungsabläufen übereinstimmt.

Danksagung

Der Dank des Projektteams geht an die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) für die finanzielle Förderung sowie an die Umsetzungspartner für die hervorragende Unterstützung und die erfolgreiche Zusammenarbeit.

Projektteam

Prof. Dr. Roland Anderegg, Leiter Institut für Automation, roland.anderegg@fhnw.ch
Max Edelmann, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, max.edelmann@fhnw.ch
Pascal Zeugin, Master of Science in Engineering MSE, Wissenschaftlicher Assistent
Manuel Böni, Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik, Wissenschaftlicher Assistent
Moritz Wiss, Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik, Wissenschaftlicher Assistent

Mit dem Bachelor-Diplom zu neuen Karriereperspektiven

Die praxisorientierte Ingenieur-Ausbildung an der FHNW bereitet die Studierenden hervorragend auf den Berufseinstieg vor und eröffnet neue Karriereperspektiven. Dabei zeichnet sich ein neuer Studientrend ab: Immer mehr junge Frauen und Männer wählen das berufsbegleitende Studium – davon profitieren auch die Arbeitgeber.

Die Informatikerinnen und Informatiker sowie die Ingenieurinnen und Ingenieure der FHNW sind bei Unternehmen in Industrie und Wirtschaft äusserst gesucht.

Einblicke in die Unternehmenswelt

Die praxisorientierte Ausbildung an der FHNW ist ein Erfolgsmodell. Ab dem ersten Semester arbeiten die Studierenden an Projekten und lernen im Laufe der Ausbildung verschiedenste Unternehmen und Branchen kennen, eine ideale Vorbereitung auf ihren Berufseinstieg.

Neuer Studientrend – auch in klassischen Disziplinen

Nebst dem klassischen Vollzeitstudium entscheidet sich eine zunehmende Zahl von jungen Frauen und Männern für die berufsbegleitende Ausbildung.

Job und Studium kombinieren – unabhängig bleiben

Das Ausbildungskonzept ermöglicht inhaltlich und zeitlich eine individuelle Gestaltung des Studiums. Für viele Studierende ist die Ergänzung von Theorie und Praxis ideal. Sie bleiben finanziell unabhängig und können das Erlernte direkt in ihrem Unternehmen umsetzen.

Arbeitgeber profitieren gleich mehrfach

Die Arbeitgeber profitieren gleich mehrfach vom Bachelor-Studium ihrer Mitarbeitenden: Das Know-how bleibt dem Betrieb erhalten und im Rahmen von Studierendenprojekten können Aufgabenstellungen aus dem Unternehmen bearbeitet werden. Und fast immer sind berufsbegleitend Studierende nicht nur sehr belastbar, sondern hoch motivierte Mitarbeitende, die dem Unternehmen auch über den Studienabschluss hinaus erhalten bleiben.

Zentral studieren auf dem neuen Campus Brugg-Windisch

Mit Ausnahme der Optometrie (Olten) und Mechatronik tri-national (Muttentz) werden die Bachelor-Studiengänge auf dem neuen Campus Brugg-Windisch FHNW, direkt neben dem Bahnhof SBB, durchgeführt. Die Studierenden profitieren vom anregenden Campus-Ambiente mit seiner modernsten Lernumgebung sowie von vielen sportlichen und kulturellen Angeboten.

www.fhnw.ch/technik/bachelor

Technik-Infotage in Brugg-Windisch

9. November 2018: www.fhnw.ch/technik/infotage



Das Studium als Investition in die Zukunft

«Mit dem Studium an der FHNW erhalte ich ein breitgefächertes Wissen und kann mein Know-how spezifisch am Arbeitsplatz anwenden.»

André Renggli, Student berufsbegleitendes Studium, Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik; Projektleiter, Chestonag Automation AG, Seengen



Mein Studium, meine Faszination

«Die Studienrichtung Systemtechnik wählte ich, weil mich Automation schon immer fasziniert hat. Die Ingenieurausbildung bot mir einen vertieften Einblick in dieses Gebiet und in verschiedene andere Technologien.»

Silvia Walti, Diplomandin Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik mit Vertiefung Automation

Energieeffiziente Hochdruckpumpe für einen flexiblen Einsatz in der Wasserstrahlbearbeitung

In diesem vom KTI geförderten Projekt ist eine energieeffiziente Hochdruckpumpe zu entwickeln, die den Anforderungen verschiedener Fertigungsanlagen Rechnung trägt. Hierzu wurde ein modularer Antriebsstrang dimensioniert und mit einem skalierbaren Regelalgorithmus kombiniert. Die Leistungsfähigkeit wurde schliesslich in der Applikation verifiziert.

Stefan Niederberger



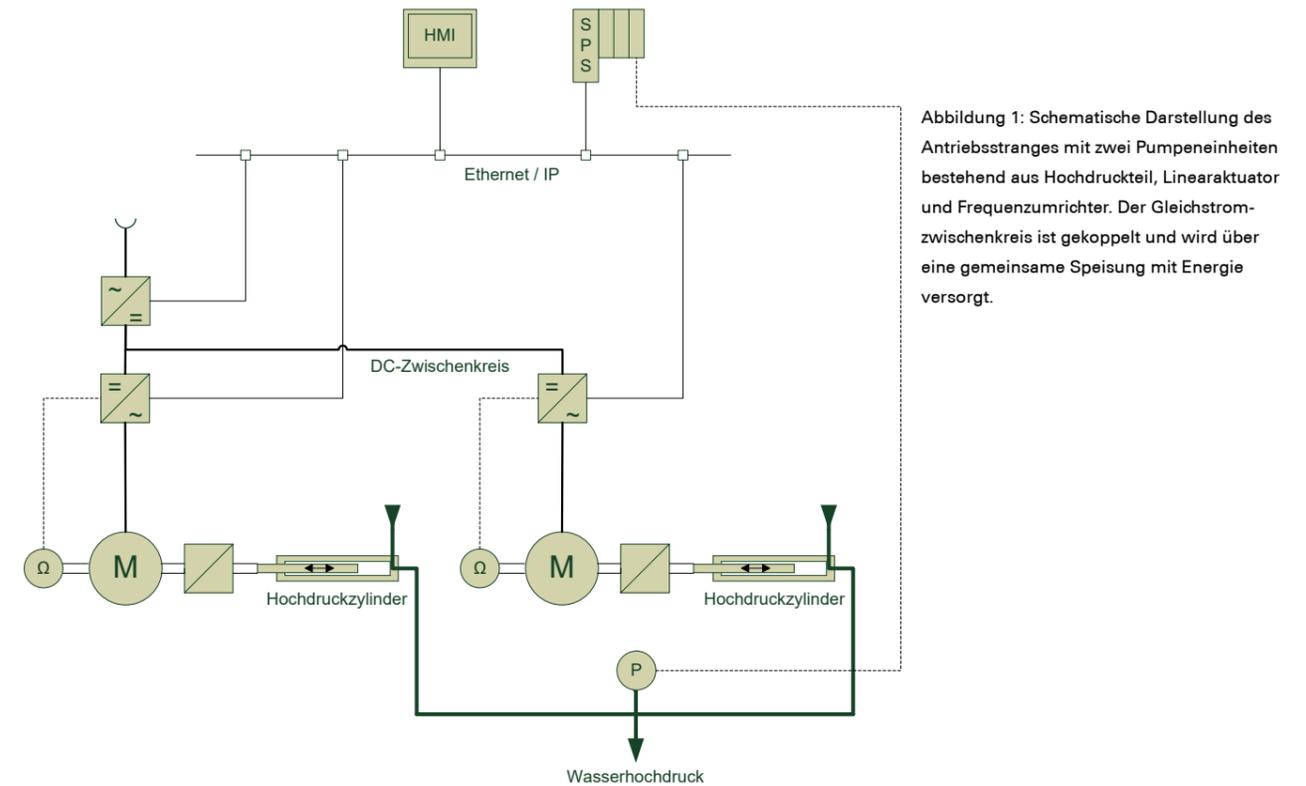
Hochdruckpumpen kommen hauptsächlich beim Wasserstrahlschneiden und Oberflächenreinigen zum Einsatz. Die Druckerzeugung wird üblicherweise durch Hydraulikaggregate realisiert. Dies ist sehr energieintensiv, so dass jede Effizienzsteigerung die Betriebskosten deutlich senkt. Daher ist in der vorangehenden Arbeit die Energieeffizienz einer eigens entwickelten elektrischen Hochdruckpumpe untersucht worden. Dank dem Elektroantrieb kann auf den Einsatz von Ölhydraulik gänzlich verzichtet werden und die Hardwarekomplexität einer Hochdruckpumpe wird deutlich reduziert. Die gesamte Intelligenz verlagert sich in die Softwareebene, welche die Druckerzeugung individuell auf die Fertigungsanlage anpasst.

Je nach Anwendungsgebiet wird ein Wasserdruck von 2000 bis 4000 bar erreicht, während die Fördermenge zwischen 1 und 5 l/min variiert. Aufgrund dieses grossen Arbeitsbereiches und einer Vielzahl von Fertigungsanlagen

wird die elektrische Hochdruckpumpe gemeinsam mit Jet Cut Power und Zaugg Maschinenbau zu einer modular skalierbaren Pumpeneinheit weiterentwickelt. Hierzu ist ein Simulationsmodell erstellt worden, welches zum einen zur optimalen Dimensionierung der energieeffizienten Antriebstechnik und zum anderen zur Evaluation des hierarchischen Regelungskonzeptes dient.

Energieeffiziente Antriebstechnik

Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau des Antriebsstranges. Jede Pumpeneinheit besteht aus einem Hochdruckteil, Linearaktuators und Frequenzumrichter. Der Frequenzumrichter steuert den Linearaktuators, welcher einen Plunger im Hochdruckzylinder positioniert. Die Linearaktuators sind eigens für diese Applikation in Zusammenarbeit mit Wittenstein Cyber Motor entwickelt worden. Diese besitzen eine Wasserkühlung, welche aufgrund des kleinen Temperaturhubs bei einer minimal



benötigten Kühlmenge direkt mit Schneidwasser versorgt werden kann. Die Frequenzumrichter wurden von Rockwell Automation zur Verfügung gestellt. Diese erlauben die Energierückgewinnung und Speicherung im Gleichstromzwischenkreis. Die Zwischenkreise mehrerer Pumpeneinheiten lassen sich wahlweise koppeln, um die Energieeffizienz weiter zu erhöhen.

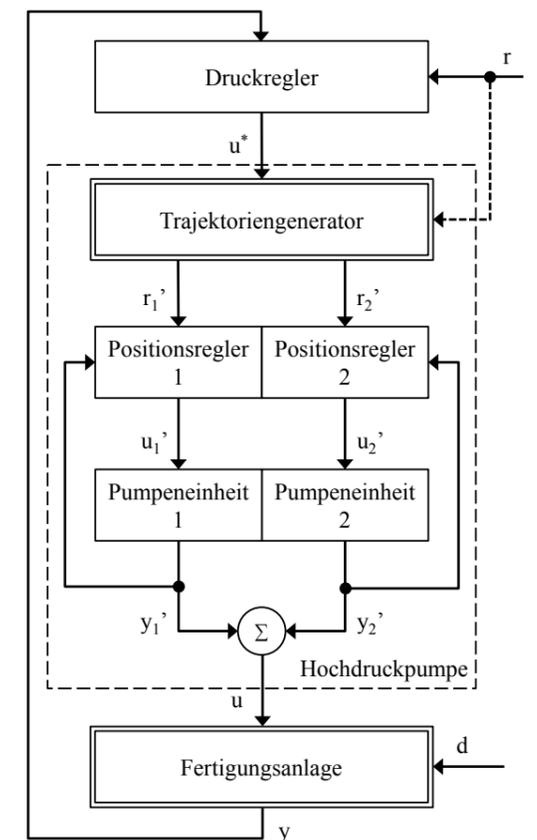
Hierarchisches Regelungskonzept

Erst das Zusammenwirken von mindestens zwei Pumpeneinheiten ermöglicht eine kontinuierliche Druckerzeugung. Dies wird, wie in Abbildung 2 dargestellt, durch eine hierarchische Regelungsstruktur über drei Ebenen realisiert: Zunächst sorgt eine Kaskadenregelung mit Lastbeobachter für eine hochdynamische und präzise Positionierung der Linearaktuators, dann werden die Pumpeneinheiten modellbasiert über optimale Referenztrajektorien synchronisiert, um schliesslich den globalen Systemdruck übergeordnet zu regeln und allfällige Störeinflüsse zu kompensieren.

Für den Regelungsentwurf wird das nichtlineare Systemverhalten als parametrische Unsicherheit betrachtet. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, ist eine robuste Regelung entworfen worden, damit die verbleibende Parametervariation im kritischen Frequenzbereich vernachlässigbar klein ausfällt. Hinsichtlich eines optimalen Entwurfes bleibt die hohe Kreisverstärkung im tiefen Frequenzbereich kritisch, da dort kleine Abweichungen zu grossen Gewichtungsfehlern führen.

Verifizierung in der Applikation

Um die Leistungsfähigkeit der energieeffizienten Hochdruckpumpe zu verifizieren, ist der Hochdruckpumpenprüfstand der FHNW weiter ausgebaut worden. Hierzu ist



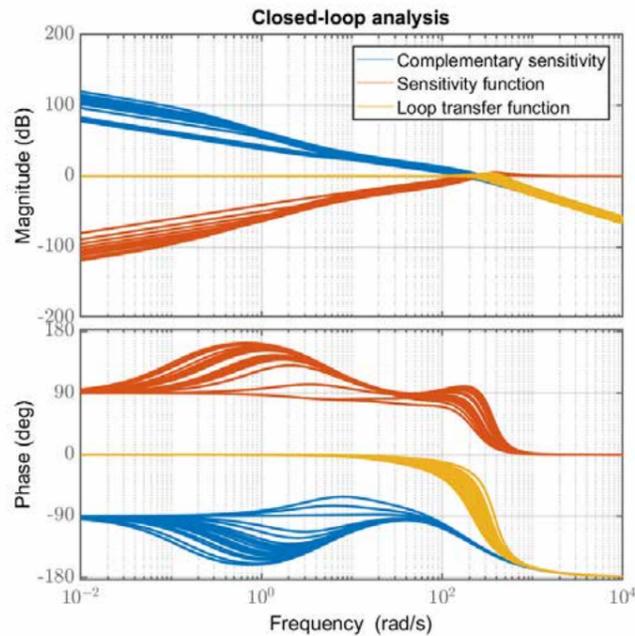


Abbildung 3: Frequenz und Phasengang des geregelten Hochdrucksystems zur Beurteilung des Regelungsentwurfs. Das nichtlineare Hochdrucksystem wird durch ein Set linearisierter Modelle repräsentiert.

eine Teststrecke konstruiert worden, welche einen grossen Teil der erwarteten Fertigungsanlagen nachbilden kann und folglich reale Lastverläufe im gewünschten Arbeitsbereich erzeugt.

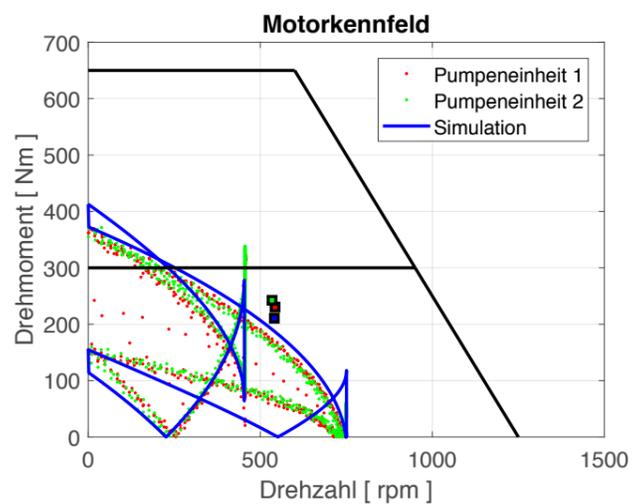


Abbildung 4: Simuliertes und gemessenes Lastspiel dargestellt im Motorkennfeld bei einem Arbeitspunkt von 3200 bar Hochdruck und einer Fördermenge von 2.1 l/min.

Messungen über einen grossen Arbeitsbereich zeigen einen Wirkungsgrad des Antriebsstranges von über 90%. Dieses Resultat kann nur über eine modellbasierte Antriebsdimensionierung erreicht werden, indem Referenztrajektorien unter Berücksichtigung der Motorkennlinie integral optimiert werden. Abbildung 4 vergleicht die zur Antriebsdimensionierung simulierte Drehmoment- und Drehzahlverlauf eines Arbeitspunktes mit dem effektiv gemessenen Lastspiel.

Ausblick

In der langjährigen Zusammenarbeit mit Jet Cut Power und Zaugg Maschinenbau ist die Entwicklung einer energieeffizienten Hochdruckpumpe von der Vision über ein Funktionsmuster bis zum Serienmuster begleitet worden. Die neue Pumpentechnologie erlaubt die anwendungsspezifische Dimensionierung beliebiger Fertigungsanlagen aus modularen Einheiten. Für diesen Zweck wird das Simulationsmodell in ein Auslegungstool integriert.

Das Simulationsmodell ist zudem erweitert worden, um Fertigungsanlagen als verteilte Systeme abzubilden. Diesbezüglich wird die dezentrale Regelung von mehreren verteilten Pumpeneinheiten untersucht. Die bestehende lokale Regelung einer einzelnen Hochdruckpumpe ist zunächst am Prüfstand weiter zu verifizieren. Im Anschluss sind Feldversuche geplant.

Projektteam

Stefan Niederberger, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, stefan.niederberger@fhnw.ch
 Jean-Paul John, Master Student und Wissenschaftlicher Assistent, Weiterentwicklung des Hochdruckpumpenprüfstands
 Pascal Zeugin, Master of Science in Engineering MSE, Wissenschaftlicher Assistent, Regelung und Verifizierung der Linearaktuatoren

Generische Flug-Plattform mit unterschiedlichen Sensoren zur Detektion von Landminen

Das grösste Problem bei der Suche nach Landminen ist das Betreten der betroffenen Gebiete und damit verbunden die grossen Gefahren. Ein neuer Ansatz versucht diese Situation mit einem unbemannten Luftfahrzeugsystem (UAV Unmanned Flight Vehicle) in Kombination mit unterschiedlichsten Sensoren zu umgehen.

Dieses System soll das vermutlich vermintete Gebiet in einer zuvor berechneten Flugroute abfliegen und dabei eine zentimetergenaue Ortung der vorhandenen Minen durchführen, um die Kosten für eine intensive manuelle Suche nach Landminen zu senken und gleichzeitig die Gefahren für die daran beteiligten Personen zu minimieren.

Heinz Eichin



Zielsetzung

Von Anfang 2016 bis Ende 2017 arbeiteten Hochschule und Universität Ulm zusammen mit der Fachhochschule Nordwestschweiz gemeinsam an einer Lösung zum Auffinden von Landminen in aktuellen und ehemaligen Krisengebieten. Finanziert wurde die wissenschaftliche Arbeit von der Urs Endress Stiftung, die sich der Entwicklung von modernen Suchgeräten zum Auffinden von Minen, Blindgängern und weiteren Waffen verschrieben hat.

Nach diesem ersten Projektschritt mit einer Implementierung eines Mustersystems basierend auf GPR-Sensorik (Ground Penetrating Radar) konnte aufbauend darauf eine Plattform zum Einsatz unterschiedlichster Sensoren an einer UAV geschaffen werden (Abbildung 1).

Dabei lag der Fokus auf einer hoch modularen generischen Plattform mit weitgehend kommerziell verfügbaren Kom-

ponenten, die unabhängig von der Flugplattform und der unterhalb des Flugsystems montierten Sensoren und Aktoren unterschiedlichste Aufgaben übernehmen kann.

Die so konzipierte generische Sensorplattform besteht aus mehreren modular aufeinander abgestimmten Subsystemen:

Single Board Computer (SBC)

Als zentrales Teilsystem kommt ein Single Board Computer (SBC) zur zeitsynchronen Erfassung und Synchronisation aller auf dem System zu integrierenden Sensordaten und Messwerte zum Einsatz. Nur wenn die Positionsdaten der UAV exakt mit den aktuellen Sensordaten übereinstimmen oder der Versatz exakt berechenbar ist, kann eine Mine zentimetergenau erfasst werden.

Der SBC ist ein handelsübliches Produkt der Firma Phytec Messtechnik, ein phyBOARD-Zeta, das in Geräten zum Ein-

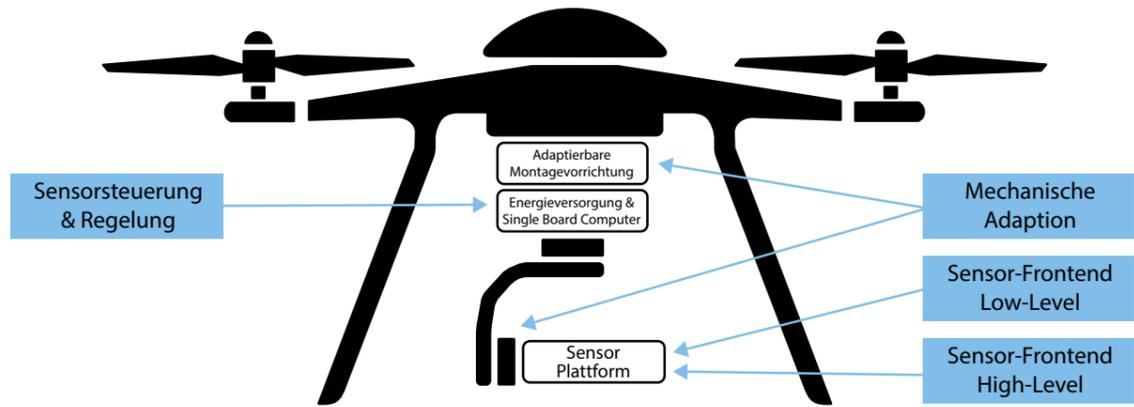


Abbildung 1: Generische Plattform

satz kommt, bei denen viele unterschiedliche Schnittstellen und Energieeffizienz eine hohe Priorität haben.

Als mechanische Adaption zum Fluggerät werden standardisierte Schraubverbindungen verwendet, die einen schnellen Austausch der gesamten Plattform von der UAV ermöglichen und damit eine hohe Verfügbarkeit des Systems im Betrieb auch nach Schadenfällen oder Defekten gewährleisten.

Auch die Sensoren verfügen über eine eigene Adaption, die den Austausch von Sensorapplikationen in kürzester Zeit ermöglichen. Speziell für das bisher verwendete GPR-System wurde ein mechanischer Aufbau mit einem Gimbal verwendet, der für die Regulierung der Radar-Antennen in ihrem Winkel zur Flugrichtung und zum Boden zuständig ist.

Flugsystem

Als kostengünstiges Flugsystem wird eine modifizierte, kommerziell erhältliche UAV von DJI S1000 mit einem Pixhawk-Flugregler mit Firmware von ArduCopter verwendet (Abbildung 2). UAV zusammen mit dem Flugregler werden von der Messplattform nicht beeinflusst; es bestehen keinerlei Datenverbindungen zwischen den Systemen. Dadurch wird die Stabilität des Flugsystems nicht durch die Sensorik beeinflusst und ein modularer Aufbau des Systems gewährleistet.

Ausgewählte Spezifikationen der UAV (Abbildung 2):

- Verwendung von Standardkomponenten
- Nutzlast 4-5 kg
- programmierbarer Flugregler mit Autopilot
- operative Flugzeit > 30 Minuten
- hohe Positions- und Orientierungsgenauigkeit im cm-Bereich
- regelbare Gimbal
- EMV-Stabilität gegenüber Radar-Sensoren

Genauigkeit der Positionierung und Orientierung der UAV

Abhängig von der notwendigen hohen Genauigkeit kommt ein kostenoptimiertes RTK-GPS-System (RTK Real Time Kinematic) zum Einsatz (Abbildung 3). RTK ist ein Verfahren der Geodäsie zum Ausmessen oder Abstecken von Punkten mit Hilfe von satellitengestützten Navigationssystemen



Abbildung 2: Flugsystem

mit einer sich stationär auf dem Boden befindlichen Basisstation und der auf der UAV montierten Rover-Antenne. Dieses RTK-System verarbeitet die empfangenen GNSS-Signale (GNSS Global Navigation Satellite System) und berechnet die Position mit einer hohen Genauigkeit im Zentimeterbereich.

Beide Empfänger sammeln und speichern die Signale während der Messung. Die Basisstation sendet ihre empfangenen Signale per Funk an den Rover auf der UAV.

Nach Erhalt des korrigierten Signals erwartet der fahrende Rover, dass die kleinen Positionssprünge für den Rover identisch sind und berechnet die genaue Position.

RTK – principles (Real-time-kinematic)

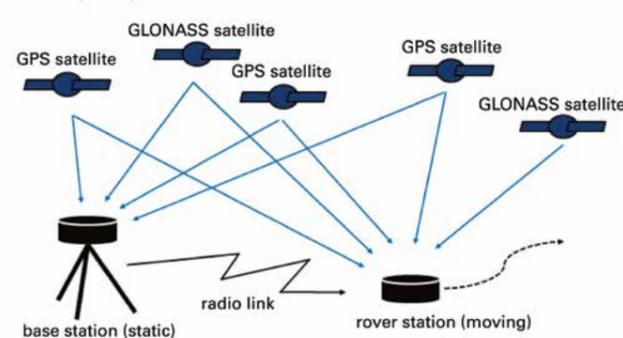


Abbildung 3: RTK-Prinzipbild

Durch die online-Signalverarbeitung auf dem Hauptrechner und der Nachbearbeitung der Daten konnte eine sehr hohe relative Genauigkeit der Positionierung erreicht werden.

Energieversorgung und Wireless Access

Die Energieversorgung der gesamten Sensor-Plattform wird durch eigene Akkumulatoren und Spannungsregler gesichert; auch hier besteht im Sinne der notwendigen hohen Verfügbarkeit des Fluggeräts absolut keine Verbindung zwischen den beiden Systemen.

Die Statusmeldungen über die Ladung der Akkus sowie weitere Statusmeldungen des Systems werden über eine Remote-Verbindung mittels LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) zum Bedientableau des Bedieners kommuniziert (Abbildung 4).

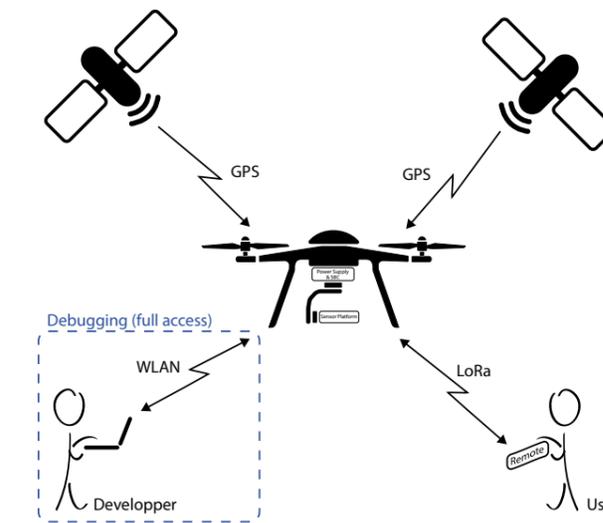


Abbildung 4: GPS und Remote-Zugriff

Eine zweite Wireless-Verbindung über WLAN ermöglicht es den Entwicklern, über eine SSH (Secure Shell) auf die Plattform zugreifen zu können. Diese Verbindung ist allerdings nur für die Entwicklungsphase vorgesehen.

Timing und Auslösung (Triggerung) der Messung

Jeder Sensor besitzt eine ihm zugeteilte Trigger-Schnittstelle, über die die Messung automatisch über eine Software auf dem SBC oder per Remote-Zugriff ausgelöst werden kann. Für die Korrelation von Flugbahn und Ort der Messung über die Sensorik musste das System entsprechend optimiert werden. Vergeht zwischen dem Zeitpunkt t_1 , dem Moment der Zeitanforderung vom GPS, und dem Zeitpunkt t_2 , dem Moment der Sensormessung eine Zeitverschiebung, so wird diese durch eine Verschiebung des Messfensters zum Ortsfenster als Δt oder Δs sichtbar.

Auf der Sensorplattform konnte diese Zeitverschiebung durch eine optimierte Datenerfassung bzw. Speicherung und einem Real-Time Embedded Linux-Kernel soweit minimiert werden, dass die erforderlichen Genauigkeiten im Versatz zwischen Flugbahn und Messfenster für eine

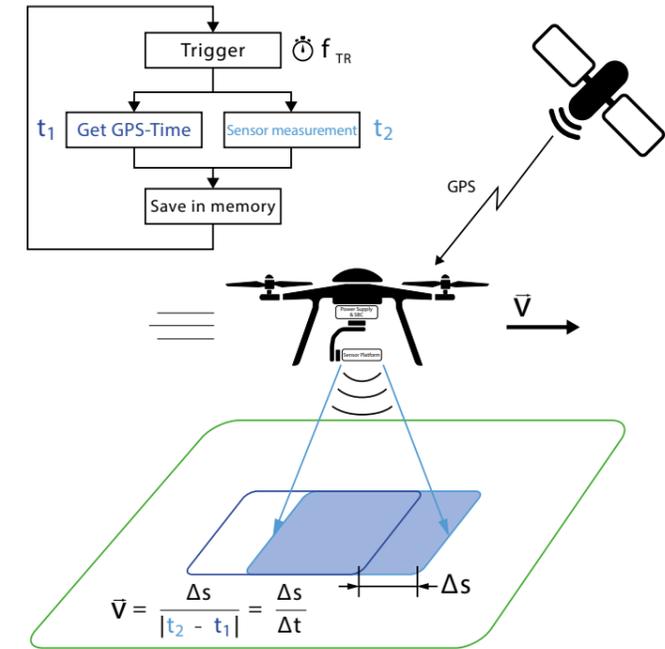


Abbildung 5: Messung Zeitverschiebung

maximale Geschwindigkeit von 3m/s eingehalten werden konnten (Abbildung 5). Dieser sehr kleine Versatz ist für die Nachbearbeitung der Messdaten eine wesentliche Voraussetzung.

Gesamtsystem

Das Gesamtsystem (Abbildung 6) besteht aus den vorgestellten einzelnen Teilsystemen, die im Zuge der Entwicklung so eingebunden und optimiert wurden, dass sie problemlos und beherrschbar interagieren.

Different systems work together:



Abbildung 6: Gesamtsystem

Flug- und Missionsplanung

Abhängig von den verschiedenen Sensorsystemen (GPR, bildbasierte Sensoren, Gasdetektoren, etc.) sind unterschiedliche Flugplanungen notwendig und erforderlich. Deshalb wurde eine Missionsplanungssoftware programmiert und implementiert, die die Wegpunkte in Abhängigkeit von einem berechneten Höhenmodell und unter Ausschluss von Hindernissen wie Gebäuden, Sträucher oder Bäumen berechnet. Dabei gehen die verwendeten Sensoren und deren Eigenheiten ebenso in die Flugplanung mit ein (Abbildung 7 & 8).

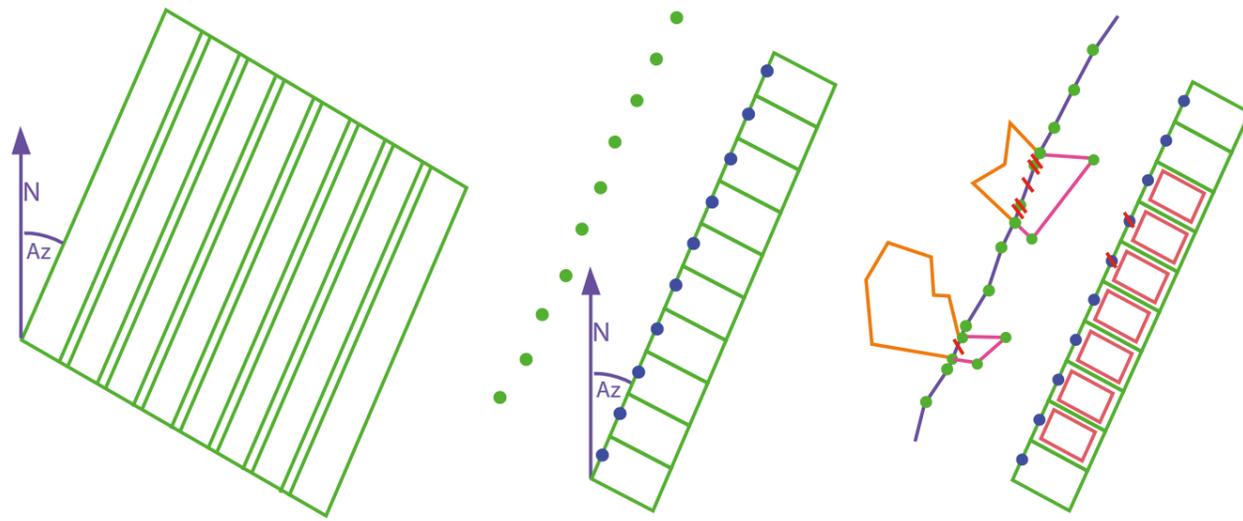


Abbildung 7: Flug- und Missionsplanung

Für den speziellen Flugplan wird mit einem Gitter über dem zu betrachtenden Gebiet begonnen, welches in Quadrate unterteilt ist. Abhängig von der Steigung wird der Seitenabstand für jedes Quadrat geändert.

Danach prüft ein Algorithmus, ob Hindernisse wie Bäume, Gebäude oder Fahrzeuge vorhanden sind. Alle diese Informationen gehen in das digitale Geländemodell DSM (Digitale Surface Model) ein.

Zuletzt berechnet der Algorithmus den optimalen Winkel des Gimbals für die genauen Anstellungswinkel der Sensorik.

Diese Tätigkeiten wurden federführend vom Institut für Geomatik an der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik an der FHNW in Muttenz entwickelt und implementiert.

Die in Abbildung 9 dargestellte Prozesskette zeigt einen kompletten Zyklus bei der Suche von Landminen in belasteten Gebieten. Am Anfang der Prozesskette stellt sich immer die Frage: Handelt es sich beim betrachteten Gebiet um ein minenfreies Gebiet? Muss diese Frage mit nein beantwortet werden, wird in die Prozesskette eingestiegen. Zunächst wird ein Basisflug mit einer auf einer UAV montierten Kamera über das Gebiet durchgeführt und daraus ein Digitales Geländemodell DSM sowie ein Orthophotomosaik berechnet.

Abhängig von den Sensoren werden verschiedene Flugplanungswerkzeuge benötigt, um den Flugweg für den realen Erkennungsflug in niedrigen Höhen zu berechnen.

PROCESS-CHAIN FINDMINE

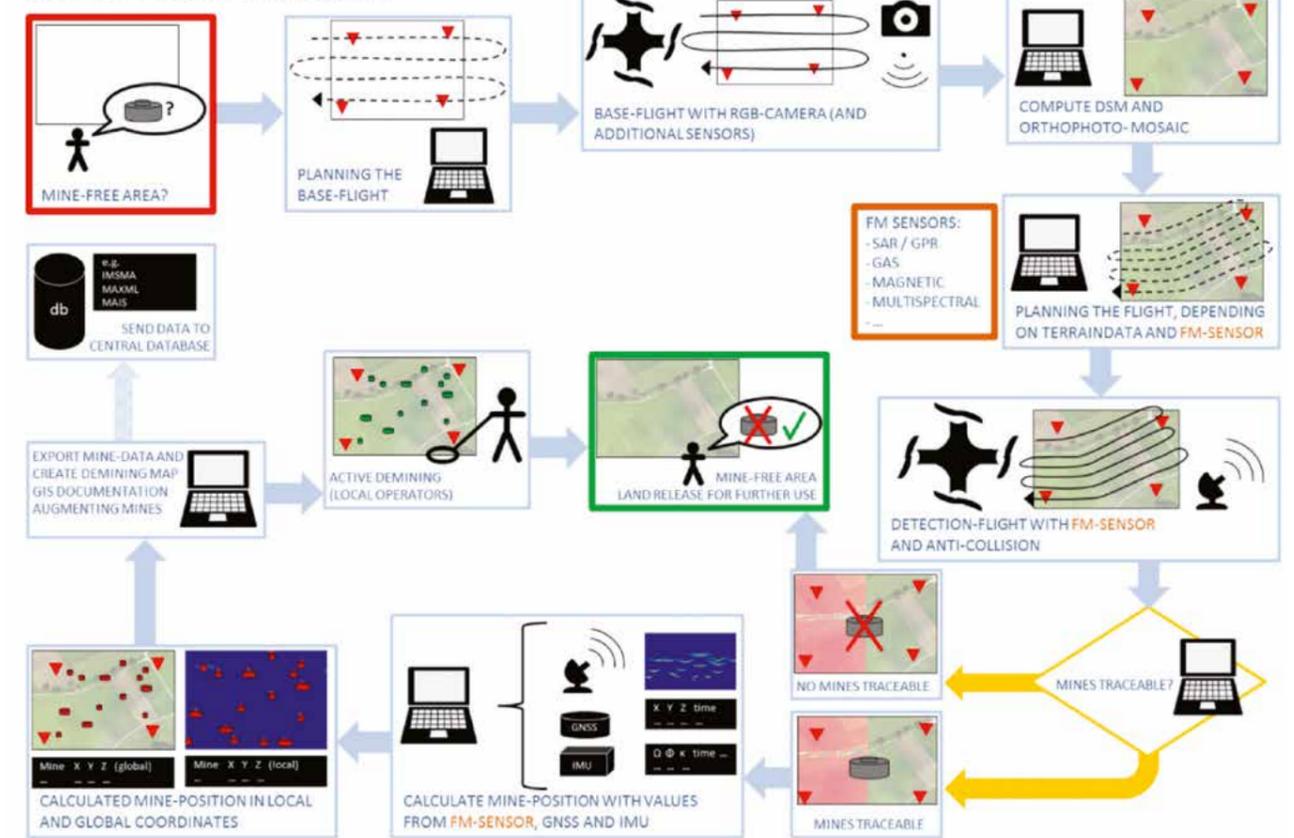


Abbildung 9: Prozesskette bei der UAV-gestützten Minensuche

Konnten Minen nachvollziehbar mit plausiblen Ortsdaten gefunden werden, werden die berechneten Minenpositionen in einem lokalen und einem globalen Koordinatensystem berechnet. Die globalen Daten werden in zentrale Datenbanken exportiert, die lokalen Daten bilden die Grundlage für die Minenräumung und werden als Karte für die lokalen De-Miner ausgedruckt.

Stand des Projektes

Ein Mustersystem mit der GPR-Hardware aus Ulm auf der UAV der FHNW liegt funktionsfähig vor und wird im weiteren Projektverlauf extern weiterentwickelt.

Die neue generische Plattform kann zusammen mit den Spezialisten am Institut für Automation an der Hochschule für Technik und am Institut für Geomatik an der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik in kürzester Zeit an unterschiedliche UAV und Sensortechnologien angepasst und verwendet werden. Ebenso sind Applikationen zur Probenentnahme oder für mechanische Tätigkeiten denkbar.

Alle Schnittstellen zu den heute bekannten Sensor- und Aktor-Technologien sind definiert und in der Software umgesetzt. Die Implementation weiterer Schnittstellen sind durch das universelle Phytex-Board jederzeit möglich.

Industriepartner

Urs Endress Stiftung, Arlesheim

Projektteam am IA

Basil Ruch, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent, basil.ruch@fhnw.ch
 Lukas Ostgen, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent, lukas.ostgen@fhnw.ch
 Prof. Heinz Eichin, Projektleiter HT, heinz.eichin@fhnw.ch

Detection flight depends on terrain, sensor and sensor geometry!

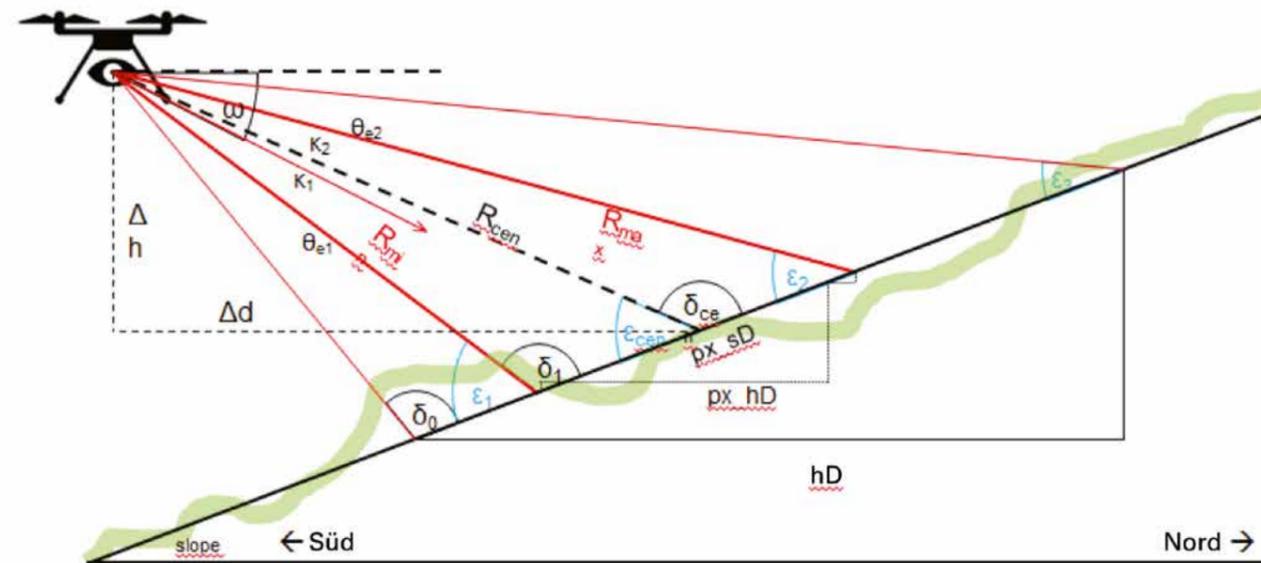


Abbildung 8: Berechnung von Flugbahn und Winkel

NanoFrazor Scholar – hochauflösendes Nanolithographie-Tool für Technologie Einsteiger

Im Rahmen eines KTI-Projektes wird zusammen mit der Firma SwissLitho ein neues Instrument zur Nanometer-genauen Oberflächenbearbeitung entwickelt. Die Neuentwicklung soll den Zugang zu einem erweiterten Markt und zu einzelnen Forschungsgruppen ermöglichen. Zudem werden die bereits bestehenden, grösseren Systeme durch die neuen Erkenntnisse verbessert.

Robin Erne



Abbildung 1: CAD-Rendering des NanoFrazor Scholar

Einleitung

Das 2012 gegründete Unternehmen SwissLitho (www.swisslitho.com) entwickelt und verkauft NanoFrazor Geräte. Der NanoFrazor ist ein einzigartiges Nanolithographie System, um Werkstücke mit Nanometer Auflösung zu strukturieren. Das erste NanoFrazor Produkt, der NanoFrazor Explore, wurde bereits erfolgreich an Forschungseinrichtungen in Europa, Amerika, Asien und Australien verkauft.

Die Kunden von SwissLitho sind derzeit hauptsächlich Universitäten und Forschungseinrichtungen, welche die einzigartigen Möglichkeiten des NanoFrazors für neuartige Forschung in der Nanotechnologie verwenden, wie etwa zur präzisen Herstellung von 3D nanooptischen Bauteilen oder kleinsten elektrischen, magnetischen oder quantenmechanischen Schaltkreisen mit neuartigen Eigenschaften. Die Forschung in all diesen Bereichen nimmt stetig zu und die Nachfrage nach geeigneten Nanofabrikationsmethoden steigt insbesondere in Asien sehr stark an.

Neues Modell Entwickelt

Für viele dieser Forschungseinrichtungen sind die bisherigen Modelle des NanoFrazors allerdings nur durch aufwendige, höchst kompetitive, und langwierige Förderanträge möglich. Die aktuellen NanoFrazor Modelle liegen aufgrund der anspruchsvollen mechanischen Spezifikationen der Komponenten in einem hohen sechsstelligen Preisbereich. Das Ziel dieses Projektes ist es, ein Einstiegsmodell des NanoFrazors in einem für Forschungsgruppen üblichem Preisbereich anbieten zu können. Dies erweitert den Markt für SwissLitho erheblich und ermöglicht erstmals anspruchsvolle Nanofabrikation für „jedermann“.

In einer Pilotstudie im Rahmen der Bachelorarbeit von Marco Berta im Jahr 2015 wurde erkannt, dass moderne modellbasierte Regelungstechnik enorme Verbesserungsmöglichkeiten für die Positioniergenauigkeit des NanoFrazors bieten kann. Diese Kompetenz soll dazu eingesetzt werden, einen Teil der kostentreibenden



Abbildung 2: Piezopositionierer

mechanischen Komponenten gegen erhöhten Regelungsaufwand auszutauschen, um bei den teuersten Komponenten des NanoFrazors deutliche Einsparungen zu ermöglichen.

Der grösste Einzelposten bei den mechatronischen Komponenten ist der Piezoscanner-Tisch, welcher eine schnelle, Nanometer-genaue x-y-z Positionierung ausführt. Es gibt durchaus günstigere kommerzielle Piezoscanner, jedoch nur mit Abstrichen in der Performance. Um die wirtschaftlichen Zielsetzungen zu erreichen, soll eine kostengünstigere Maschine mit „off-the-shelf“ Bauteilen erstellt werden.

Messungen

Mit Hilfe der FHNW wurden mögliche Kandidaten für einen Piezopositionierer für das neue Modell getestet und bewertet. Dazu wurde zunächst ein Messverfahren und ein passender Messaufbau entworfen und gefertigt, und Messungen durchgeführt.

Piezopositionierer enthalten interne Sensoren, welche ihre aktuelle Position messen. Um diese Werte überprüfen zu

können, wurde die Position der Kreuztische mittels einem hochauflösendem Laserinterferometer gemessen. Die Ansteuerung der Hardware wurde mit NI Messhardware realisiert. Für die Datenaufzeichnung und Auswertung wurde Matlab verwendet.

Um die Tests möglichst strukturiert durchzuführen, wurden Charakterisierungsverfahren definiert, welche eine Aussage über die Repetitions Genauigkeit, den Frequenzgang, die Regelbarkeit, die Kopplungen der verschiedenen Achsen, die Hysterese und die Richtigkeit der Sensoren erlauben.

Dank dem entwickelten Testverfahren konnten die verschiedenen Kandidaten miteinander verglichen werden und die Entscheidungsfindung wurde erleichtert.

Ausblick

Im weiteren Verlauf des KTI-Projektes soll die Auswahl eines kostengünstigeren Piezotisches abgeschlossen und dazu eine modellbasierte Regelung entworfen werden. Durch das bessere Regelverfahren kann auch mit kostengünstigerer Hardware die gewünschte Positioniergenauigkeit erreicht werden.

Industriepartner

Dr. Felix Holzner, CEO SwissLitho AG
Dr. Philip Paul, CTO SwissLitho AG

Projektteam

Prof. Jörg Sekler, joerg.sekler@fhnw.ch, Advisor/ Betreuer und Projektverantwortlicher FHNW
Marco Berta, Bachelor of Science in Systemtechnik, Student Master of Science in Engineering MSE und wissenschaftlicher Assistent, marco.bera@fhnw.ch
Robin Erne, Bachelor of Science in Systemtechnik, Student Master of Science in Engineering MSE und wissenschaftlicher Assistent, robin.erne@fhnw.ch

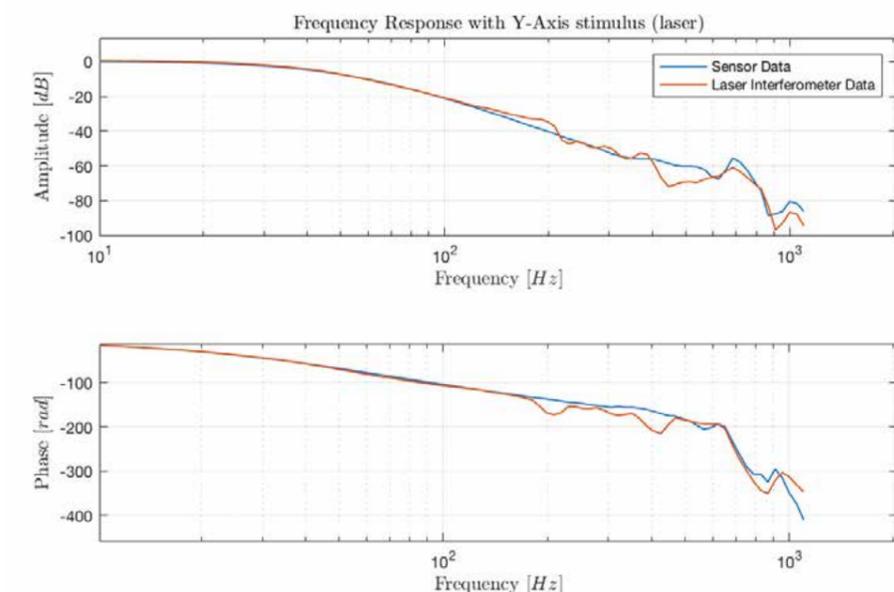


Abbildung 3: Frequenzgangmessung

Optimale, digitalisierte mechanische Fertigung

«Smart Factory» ist eine Strategie, welche in der Gegenwart immer mehr an Bedeutung gewinnt, um die Attraktivität des Standortes Schweiz langfristig zu sichern und das Unternehmen zu stärken. Doch was steckt dahinter und wie wird dieses Konzept überhaupt in industrieller Umgebung umgesetzt?

Thomas Moser

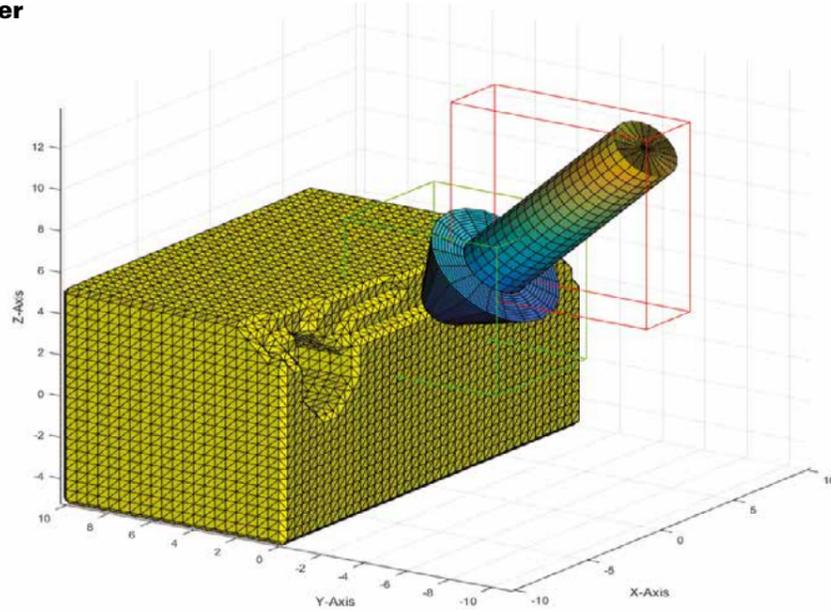


Abbildung 1: Virtuelle Fertigungsverfahren wie Fräsen an einem Digital-Twin

Einleitung

Im Auftrag von Technologieunternehmen aller Branchen stellt die Firma FAES in Rüti (ZH) Präzisionsteile unter anderem für die Medizinal- und Labortechnik wie auch für die Luft- und Raumfahrtindustrie her, wobei höchste Qualitätsansprüche zu erfüllen und eine durchgängige Rückverfolgbarkeit zu garantieren sind. Das Unternehmen übernimmt für seine Kunden sämtliche Dienstleistungen entlang der Wertschöpfungskette: Von der Bedarfsanalyse über die Beschaffung, die Fertigung und Montage bis hin zur Vertriebslogistik. Fast 90% der gefertigten Produkte werden direkt oder indirekt ins Ausland exportiert.

Als Industriepartner gilt FAES als einer derjenigen KMU-Pioniere, die sich frühzeitig in die Industrie 4.0 - Welt vorgewagt haben. Führend in der digitalen Vernetzung und Aufbereitung von Prozessdaten in der Fertigung von Kundenaufträgen, werden mit Hilfe der «Smart Factory» neue Umsetzungsideen getestet und aktiv in die Tat umgesetzt.

In einem durch die KTI unterstützten Projekt soll ein innovatives, neuartiges Cyber-physisches System (CPS) ent-

wickelt werden, das den Fertigungsprozess revolutioniert. Ziel ist es, den Fertigungsprozess so in einem digitalen Modell abzubilden, dass die einzelnen Fertigungsschritte der mechanischen Bearbeitung in eine eindeutige Relation zu den Qualitätsanforderungen des Kunden gesetzt werden können. Durch die digitalen Verknüpfungen zwischen Fertigungsanweisungen (Abbildung 1) und Prüfresultaten bieten sich neue Möglichkeiten bezüglich Automation und Optimierung der mechanischen Fertigung.

Cyber-physisches System

Ein Cyber-physisches System bezeichnet den Verbund zwischen software- und hardwaretechnischen Komponenten, welche über eine Dateninfrastruktur kommunizieren. Für die Prozesse einer mechanischen Fertigung kann dies, wie in Abbildung 2 gezeigt, definiert werden. Kundeninformationen wie die 3D-CAD-Zeichnung sowie die dazugehörigen Toleranzen, müssen in einem ersten Schritt durch eine Model-Based-Definition (MBD) digital verlinkt werden, wie dies z.B. auch im seit 2015 existierenden STEP AP242 Format umgesetzt wurde. Die Zuordnung von Toleranzen zu den betroffenen Werkstückaspekten wird dadurch digital interpretierbar, was zu einem Wegfall der bis jetzt benö-

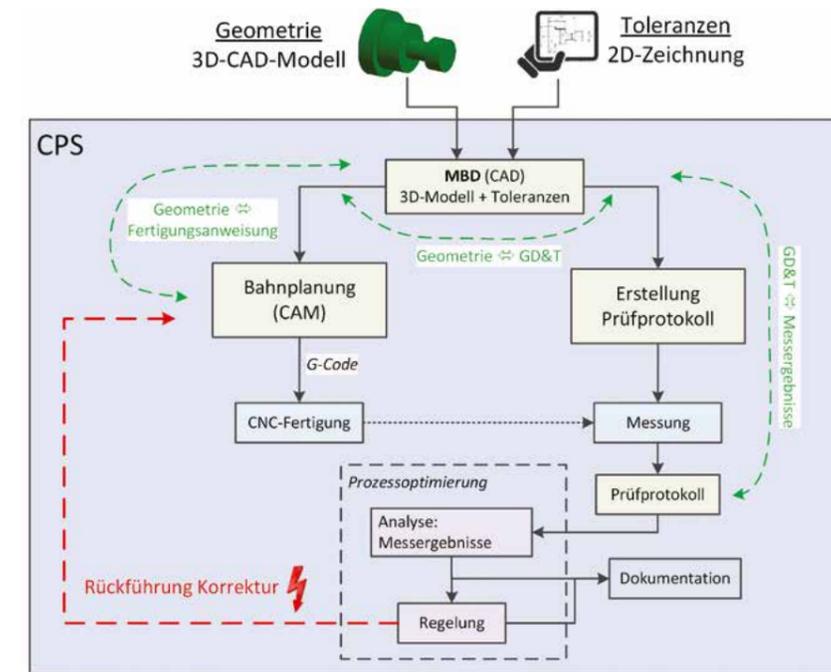


Abbildung 2: Cyber-physisches System der mechanischen Fertigung mit fehlender Rückführung

tigten 2D-Zeichnungen führt. Aus der MBD wird in einem zweiten Schritt der Fertigungsplan (Maschinenanweisungen) sowie - parallel dazu - ein passender Prüfplan erstellt.

Das heute bestehende Hauptproblem liegt jedoch bei der Realisierung einer digitalen Rückführung von den Messresultaten zu den Korrekturmaßnahmen. Sobald nach der Fertigungsplanung das maschineninterpretierbare Programm (G-Code) erstellt wird, gehen jegliche Verknüpfungen zur Sollgeometrie und den Toleranzfeldern verloren, was eine automatische Korrektur der Fertigung unmöglich macht. Im sogenannten G-Code werden die einzelnen Achsenpositionen, welche die Bewegung der Maschine definieren, ohne Bezug zur herzustellenden Geometrie definiert.

Verschiedene Maschinen- und Steuerungshersteller beim Industriepartner erschweren das Vorhaben zusätzlich, weshalb die CAM-Software, mit welcher die Bahnplanung grösstenteils herstellerunabhängig definiert werden kann (Abbildung 3), eine ganz zentrale Rolle spielt.

In diesem Projekt wird eine Möglichkeit erarbeitet, wie die bestehenden «digitalen Lücken» geschlossen werden können, um den Regelkreis zu schliessen und eine automatisierte Korrektur der Fertigungsbahnplanung zu implementieren. Prüfmasse, welche ausserhalb der Toleranz liegen, sollen erkannt, analysiert und verarbeitet werden, um somit automatisch Korrekturmaßnahmen festlegen zu können. So können beispielsweise nicht eingehaltene Toleranzen direkt durch die damit verbundenen geometrischen Aspekte der 3D-Werkstückgeometrie korrigiert werden, indem automatisch Anpassungen an den Fertigungsanweisungen anhand der Prüfergebnisse durchgeführt werden.

Ausblick

Das entworfene bislang noch theoretische CPS soll in der nächsten Projektphase praktisch umgesetzt und im indus-

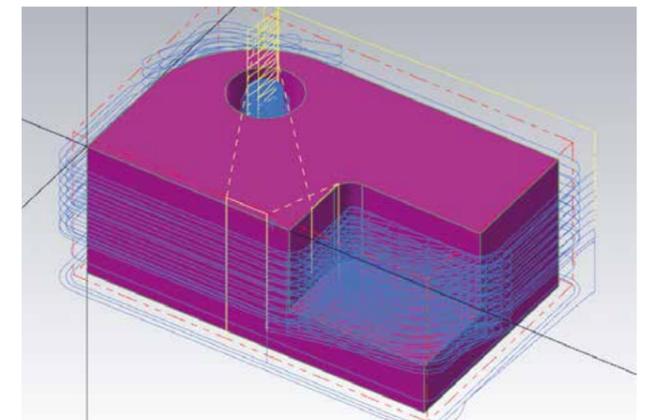


Abbildung 3: Bahnplanung in der CAM-Software «Mastercam»

triellen Umfeld ausgetestet werden. Der Fokus liegt dabei besonders auf der Generierung von digitalen Links zwischen allen Fertigungs- und Prozessgrößen eines Unternehmens, da dies die Grundlage eines effizienzsteigernden CPS bildet.

Industriepartner

FAES AG, Matthias Weibel
FAES-PWR AG, Daniel Beeler

Projektteam

Prof. Dr. Roland Anderegg, Projektleiter, roland.anderegg@fhnw.ch
Daniel Treyer, MSc FHNW in Engineering, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, daniel.treyer@fhnw.ch
Thomas Moser, BSc FHNW in Systemtechnik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Masterstudent, thomas.moser1@fhnw.ch

Kollisionsfreie Pfadplanung von einem Multirobotersystem mittels Zeitdiskreter Bezierkurve

In einem Multirobotersystem, in welchem sich mehrere differenzial angetriebene mobile Roboter zur selben Zeit und auf derselben Ebene bewegen, können Kollisionen zwischen den Robotern auftreten. Um dies zu verhindern, wurde die Pfadplanung mittels Bezierkurve entwickelt. Durch Berechnen der zeitlichen Position der einzelnen Roboter lassen sich die Kollisionen im Voraus detektieren und die Pfade anpassen, sodass keine Kollisionen mehr entstehen.

Moritz Wiss

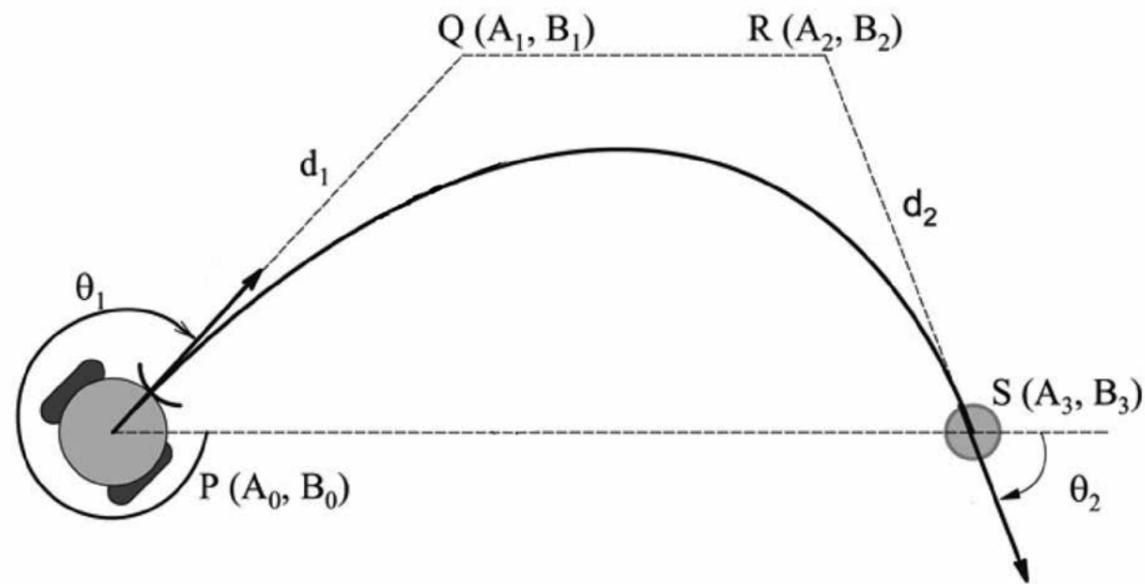


Abbildung 1: Bezierkurve bzw. Pfad des Roboters

Einleitung

Der Auftraggeber, die Renata SA, entwickelt wieder aufladbare Knopfzellen. Um neue Knopfzellen an Elektronikmessern attraktiv präsentieren zu können, wurde ein Show-Roboter-System entwickelt. Dabei bewegen sich mehrere differenzial angetriebene Roboter (Abbildung 2) in bestimmten Formationen oder lassen Muster im Schwarm darstellen (Abbildung 3). Die Roboter werden durch die neu entwickelten Knopfzellen mit Energie versorgt. Diese befindet sich auf der Oberseite des Roboters und werden dadurch sichtbar präsentiert. Da die Roboter keine Sensoren besitzen, um untereinander kommunizieren zu können, muss ein Leitsystem das Steuern der Roboter übernehmen. Das Leitsystem erkennt über ein vision system die aktuellen Positionen der Roboter. Ebenfalls sind die Start- und Endpositionen der Roboter dem Leitsystem jederzeit bekannt. Das Leitsystem ist somit in



Abbildung 2: Roboter



Abbildung 3: Kreisformation

der Lage, die Pfade der Roboter zu berechnen. Mit Hilfe der Bezierkurve ist es gelungen, den Pfad des einzelnen Roboters so zu beschreiben, dass beim Abfahren des Pfades keine Kollisionen zwischen den Robotern auftreten können.

Bezierkurve

Ein differenzial angetriebener Roboter besitzt eine Startposition P , eine Startausrichtung θ_1 , eine Endposition S und eine Endausrichtung θ_2 (Abbildung 1). Mit der Bezierkurve lässt sich nun der Pfad des Roboters beschreiben.

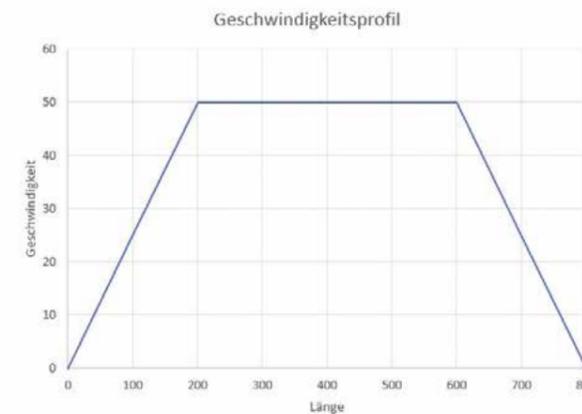


Abbildung 4: Geschwindigkeitsprofil

Die Bezierkurve definiert sich über die vier Punkte P , Q , R und S . Die Punkte Q und R definieren die Ausrichtung der Kurve. Die Distanzen d_1 und d_2 werden durch die Distanzen zwischen den Punkten P und Q und zwischen R und S gegeben. Diese geben an, wie lange sich die Kurve entlang der Geraden PQ und RS halten soll, bevor diese ausbricht. Wird zum Beispiel die Distanz d_1 grösser, so wird die Richtung der Geraden PQ länger beibehalten. Für jeden Roboter wird eine Kurve mit einem standardisierten d_1 und d_2 berechnet.

Damit die Bezierkurve zeitlich betrachtet werden kann, wird über die gesamte Länge jeder Kurve ein Geschwindigkeitsprofil gelegt (Abbildung 4). Somit können die Positionen aller Roboter zeitlich bestimmt werden und die Abstände zweier Roboter zu jedem Zeitpunkt berechnet werden. Kommen sich die Roboter zu nahe, so entsteht eine Kollision (Abbildung 5).

Kollisionsvermeidung

Wird eine Kollision erkannt (Abbildung 5), so kann unterschiedlich darauf reagiert werden. Das Geschwindigkeitsprofil kann angepasst werden. Somit lässt sich der eine Roboter schneller fortbewegen als der andere. Somit treffen die beiden Roboter nicht zeitgleich auf der Kreuzung auf und die Kollision wird verhindert. Kann die Kollision durch das Anpassen des Geschwindigkeitsprofils nicht eliminiert werden, muss durch Anpassen der Längen d_1 und d_2 die Kurvenform verändert und Kollisionen zwischen den Robotern verhindert werden.

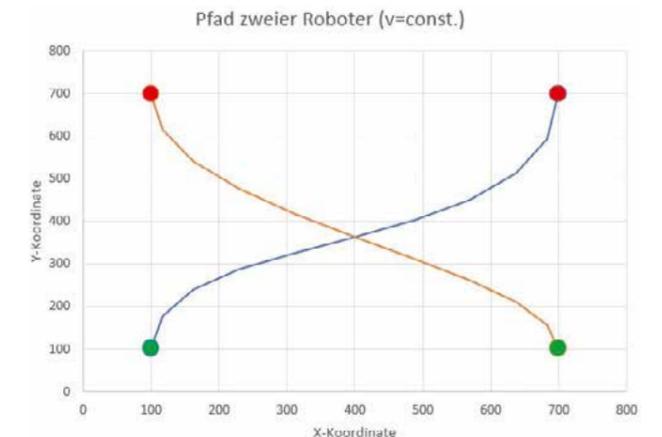


Abbildung 5: 2 Pfade in der Ebene mit einer Kollision

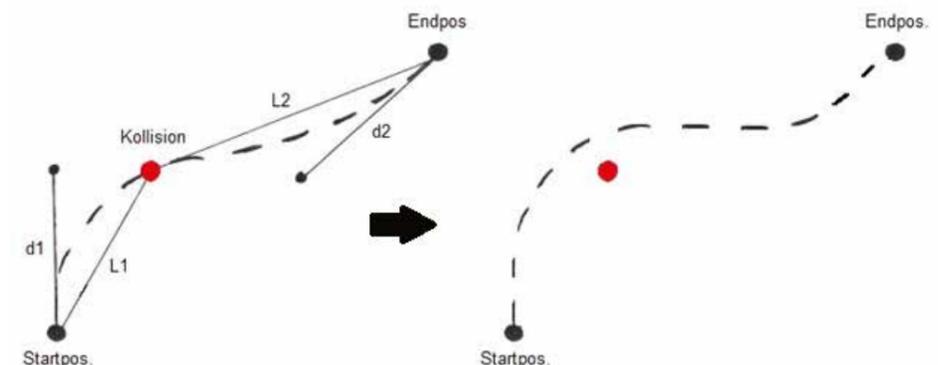


Abbildung 6: Kurvenänderung bei detektierter Kollision

H ∞ -Reglerentwurf in LabVIEW

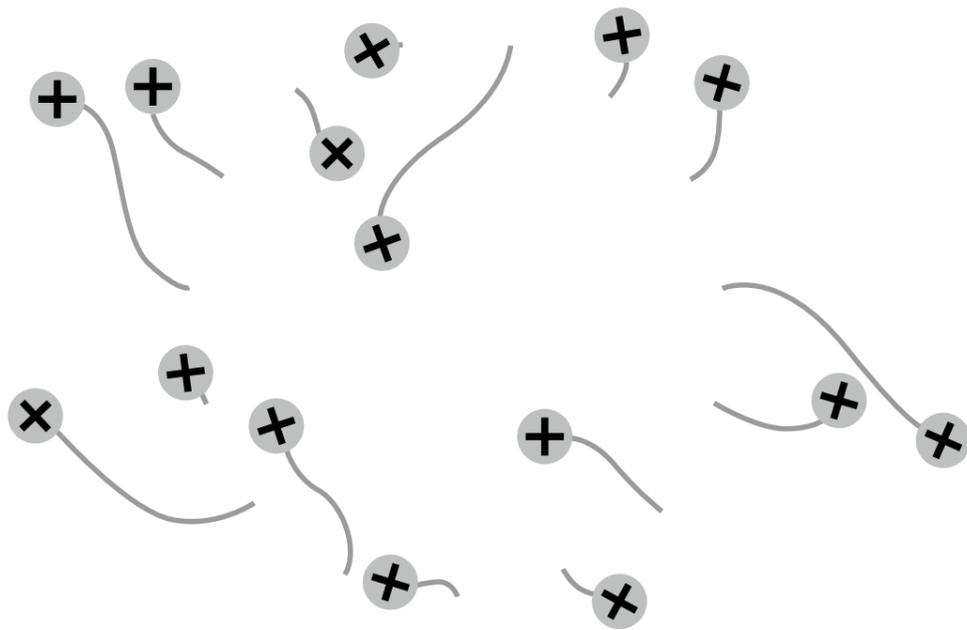


Abbildung 7: Simulation Kreisformation, Startpositionen, 15 Roboter

Abbildung 6 zeigt eine solche Situation. Ein Roboter (rot) steht auf dem Pfad eines anderen Roboters. Um eine Kollision zu verhindern, werden die Längen L_1 und L_2 berechnet. Ist L_1 grösser als L_2 , so wird d_1 verlängert und d_2 verkürzt. Ist L_2 grösser als L_1 , so wird d_2 verlängert und d_1 verkürzt. Dadurch entsteht ein neuer Pfad, welcher am Kollisionsverursacher vorbeiführt.

Sind alle Pfade der Roboter berechnet, auf Kollisionen geprüft und gegebenenfalls angepasst worden, wird der Pfad dem jeweiligen Roboter mitgeteilt. Dieser kann nun seinen Pfad abfahren und ohne Kollision zu seiner Endposition gelangen (Abbildungen 7 & 8).

Ergebnisse und Ausblick

Durch die Pfadplanung mittels Bezierkurve lassen sich differenzial angetriebene mobile Roboter unkompliziert und kollisionsfrei bewegen. Für das Weiterentwickeln des Show-Roboter-Systems ist die Pfadplanung der Roboter ein fester Bestandteil und kann weiterverwendet werden.

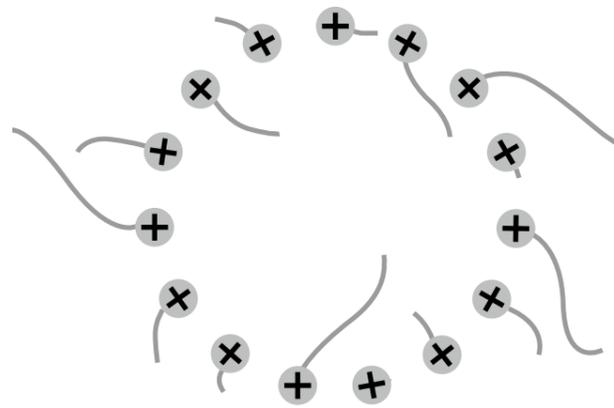


Abbildung 8: Simulation Kreisformation, Endpositionen, 15 Roboter

Auftragsgeber

Renata SA

Projektteam

Prof. Dr. Jürg P. Keller, Stv. Leiter Institut für Automation, juerg.keller1@fhnw.ch

Prof. Dr. Sebastian Gaulocher, Studiengangleiter EIT, sebastian.gaulocher@fhnw.ch

Moritz Wiss, Bachelor of Science FHNW in Systemtechnik, Wissenschaftlicher Assistent, moritz.wiss@fhnw.ch

Für den Reglerentwurf mit Modellunsicherheiten bietet die Theorie den H ∞ -Reglerentwurf an. Damit der anspruchsvolle Entwurf auch im Ausbildungslabor geübt werden kann, ist eine H ∞ -Toolbox für LabVIEW programmiert worden. Über ein praktisches Benutzerinterface kann ohne komplizierte Syntax ein Regler entworfen und an der Laboranlage getestet werden.

Jürg Peter Keller



Abbildung 1: Ablauf des Reglerentwurfs

Einleitung

Viel Gelerntes wird erst richtig verstanden und im Berufsleben angewendet, wenn man es ausprobiert hat. Dies gilt auch in der Regelungstechnik, insbesondere beim H ∞ -Reglerentwurf. Der H ∞ -Reglerentwurf ist Inhalt der Masterausbildung und darum wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die Entwurfsmethodik auch in einem Praktikum ausprobieren zu können. Da das Zeitbudget immer knapp ist, wurde nach einer Lösung gesucht, bei welcher der Reglerentwurf im Vordergrund stand. Dies kann erreicht werden, wenn eine intuitive Benutzeroberfläche erstellt wird, auf der mit minimalen Syntax-Kenntnissen die wichtigen regelungstechnischen Probleme gelöst werden können.

Benutzeroberflächen können mit LabVIEW sehr funktional und attraktiv erstellt werden. Dabei fehlt für LabVIEW eine Toolbox für den Entwurf von H ∞ -Reglern. P. Zeugin wurde darum in einem Studierendenprojekt die Aufgabe gestellt, eine H ∞ -Toolbox in LabVIEW zu programmieren und ein Benutzerinterface für den Laborversuch zu erstellen. Die Lösung wird in diesem Bericht skizziert.

Ablauf des Reglerentwurfs

Der Ablauf des Reglerentwurfs (Abbildung 1) bestimmt auch die Gestaltung des Benutzerinterfaces.

Die einzelnen Schritte werden im Folgenden erläutert. Die Analyse der Aufgabenstellung muss im Kopf gemacht werden und wird nicht durch das Tool unterstützt.

Für die Regelstrecke muss ein physikalisches Modell erstellt werden und die Modellparameter werden aufgrund von Versuchen bestimmt. In der Benutzeroberfläche können Bereiche für die Parameter eingegeben werden. Daraus werden Scharen von Frequenzgängen berechnet. Da beim H ∞ -Reglerentwurf die Modellunsicherheiten unstrukturiert modelliert werden, müssen die Modellunsicherheit mittels frequenzabhängiger Grenzen beschrieben werden. Dies kann in einem graphischen Editor (Abbildung 2) durchgeführt werden.

Für den Reglerentwurf wurde ein Benutzerinterface geschaffen, das den Nutzer möglichst wenig in der Definition eines H ∞ -Gütekriteriums einschränkt. Dies führt zu einem etwas komplexeren und darum auch etwas weniger übersichtlichen Benutzerinterface (Abbildung 3). Auf dem Benutzerinterface können fast alle denkbaren Gewichtungsfunktionen ausgewählt und spezifiziert werden und so unterschiedliche H ∞ -Aufgaben gelöst werden. Die Spezifikationen für den H ∞ -Reglerentwurf stehen dem Anwender nach folgenden Themen gegliedert zur Verfügung:

- Regelgüte: die gewünschte Bandbreite der Regelung und die geforderte Störungsunterdrückung können spezifiziert werden
- Beschränkungen der Stellgrösse: der erfolgreiche praktische Einsatz einer Regelung ist oft von sinnvollen Beschränkungen des Verhaltens der Stellgrösse abhängig und kann darum frequenzabhängig vorgegeben werden.
- Robustheit: das Ziel des H ∞ -Reglerentwurfs ist die

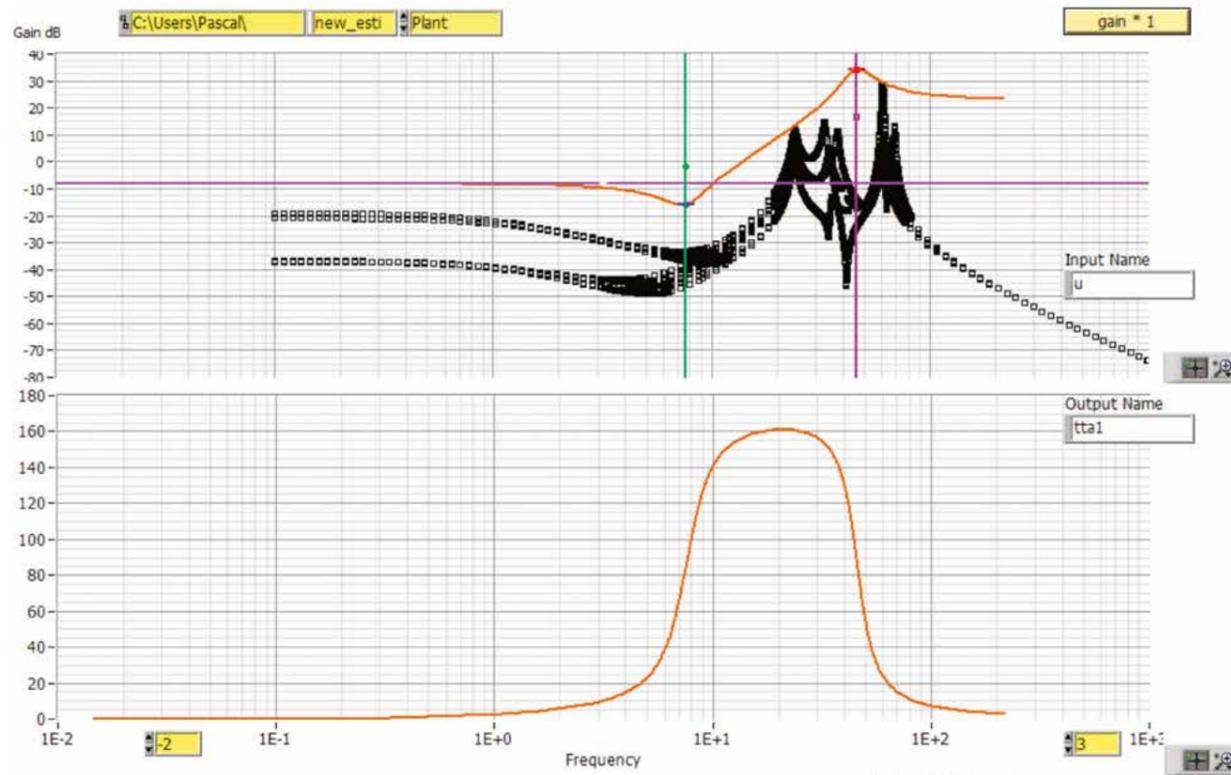


Abbildung 2: Beschreibung der Modellunsicherheit

robuste Regelung. Unstrukturierte Modellunsicherheiten können bestimmt und im Reglerentwurf berücksichtigt werden.

- Störungsverhalten: die Vorgabe von Störungen bestimmt massgeblich, wie der H_∞ -Regler funktioniert. Der Unterschied zwischen Messrauschen und Prozessstörungen kann im Design und später im Versuch eindrücklich erfahren werden.
- Die aus den Spezifikationen resultierenden Gewichtungen können im letzten Register der Reglerspezifikation ein- oder ausgeschaltet werden und die Folgen in den daneben dargestellten Eigenschaften des Regelkreises analysiert werden.

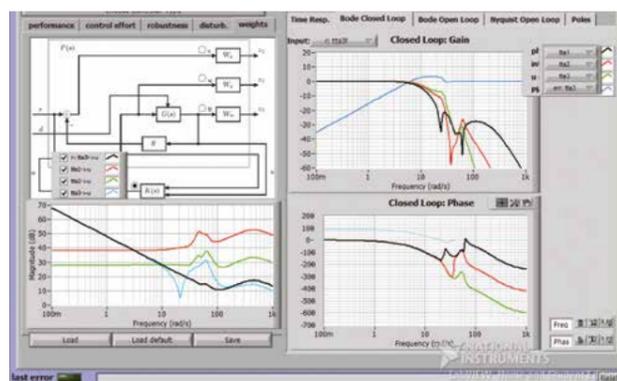


Abbildung 3: Benutzerinterface für die Definition der Regelgüte.

Das Ziel ist, dem Anwender ein interaktives Tool zur Verfügung zu stellen. Interaktiv heisst, dass Änderungen in Gewichtungsfunktionen, mit minimaler zeitlicher Verzögerung gerade in den Eigenschaften des geschlossenen Regelkreises zu erkennen sind. Aus diesem Grund ist das Analysefenster neben dem Spezifikationsfenster angeordnet. Es entfällt also ein Aufrufen von Batchfiles und Veränderungen können unmittelbar erkannt werden.

Dies ist möglich, weil die Lösung des H_∞ -Problems in LabVIEW numerisch sehr effizient realisiert wurde.

Der Reglerentwurf wird im Zeitkontinuierlichen durchgeführt und der erhaltene Regler für die Implementierung diskretisiert. Das Benutzerinterface erlaubt den Studierenden auch, den diskretisierten Regler an einer simulierten Regelstrecke zu testen. Das simulierte Modell ist nichtlinear und ist der realen Anlage näher als das Entwurfsmodell (Quantisierungseffekte der Sensoren und Ak-

toren, Haftreibung und möglicherweise nichtlineare Anlagenmodelle). Funktioniert der Regler in dieser Simulation, so kann er an der Versuchsanlage getestet werden. Die Versuchsanlagen sind von der Firma ECP (Education Control Products) und zeichnen sich dadurch aus, dass sie Modelle für häufige industrielle Regelstrecken sind. Zudem sind sie so gebaut, dass es möglich ist, den Nutzen der Reglerentwurfsmethoden eindrücklich zu zeigen. Gewichte können geändert oder verschoben werden und es kann eindrücklich die Robustheit einer Regelung demonstriert werden.

Projektteam

Pascal Zeugin, Master of Science in Engineering MSE, Wissenschaftlicher Assistent
 Prof. Dr. Jürg P. Keller, Stv. Leiter Institut für Automation, juerg.keller1@fhnw.ch

Referenzen

IEEE CCTA Robust and Optimal Hinf Control

Konferenzbeiträge

Anlässlich von Konferenzen hielten die Mitarbeitenden des Instituts für Automation zahlreiche Referate zu ihren Fachgebieten.

| Konferenz | Hochschule | Referate des Instituts für Automation |
|--|---|---|
| 88th GAMM Annual Meeting | 06.- 10. März 2017 TU Ilmenau | D. Treyer, S. Gaulocher, S. Niederberger, H. Rafael, A. Ams "Application of Multi-Parametric Quadratic Programming to Simulation of Deflected Wires in a Wire Saw" |
| 3rd Freiberg Sawing Symposium | 07.-09. Juni 2017 TU Bergakademie Freiberg | D. Treyer, S. Gaulocher, S. Niederberger, H. Rafael, A. Ams "From Single Wire Process Variables to Wire Web Properties - Aggregate Modeling of the Wire Sawing Process" |
| IEEE Conference on Control Technology and Applications | 27. - 30. August 2017 Kohala Coast, Hawaii United States | Prof. Dr. Jürg P. Keller, Pascal Zeugin «Robust and Optimal H_∞ Control in LabVIEW» |
| 2. Jahrestagung des IARA «Konstruktionen und Gestaltungen des Alterns in ruralen Lebenswelten: Soziale Potentiale, demographische Mythen und technische Möglichkeiten» | 21.-23- September 2017 FH Kärnten, Villach, Österreich | Max Edelmann, Joachim Villingner, Prof. Dr. Fred Van den Anker «Eine technische Perspektive aus interdisziplinärer Projektarbeit zu ganzheitlichen Lösungsszenarien für selbstbestimmtes Wohnen im Alter. Potenziale von Technik und Dienstleistungen für die Nordwestschweiz» |
| 33rd European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition EUPVSEC | 25.- 29. September 2017 Amsterdam, The Netherlands | D. Treyer, S. Gaulocher, S. Niederberger, H. Rafael, A. Ams "A Comprehensive Dynamic Model of the Diamond Wire Sawing Process" |
| Mine Detection Symposium 2017 Expansion on Explosive Detection Sensor Technology for Unmanned Aerial Systems | 22. - 23. November 2017 University of Basel, Switzerland | Heinz Eichin, Lukas Ostgen, Basil Ruch, Reinhard Gottwald, Nando Docci «UAV with sensor platform for mine detection» |

Studierendenprojekte und Bachelor-Thesen

Die nachfolgenden Arbeiten wurden im Rahmen des Studienganges Systemtechnik durch Dozierende und wissenschaftliche Mitarbeitende des Instituts für Automation der Hochschule für Technik FHNW betreut.

| Themengebiet / Projektidee / Aufgabenstellung | Auftraggeber/Partner | Advisor | Studierende |
|--|---|--|---------------------------|
| Optimierung Überwachung und Regelung von Lichtquellen für NIR-Analysator | SpectraFlow Analytics Ltd | Gaulocher Sebastian, Niederberger Stefan | Huber Manuel |
| Feldmessung an Schweissmaschine | Benteler Rothrist AG | Stuber Bruno | Jordi Martin |
| Positionsregelung Treppenreinigungsroboter | FHNW, Institut für Automation | Keller Jürg P. | Frommenwiler Dominic |
| Anpassung Vielfachsteuerung | FHNW, Institut für Automation | Treyer Daniel, Hauswirth Karl | von Wartburg Patrik |
| Konzeption Druckschätzer für Hochdruckpumpen | Jet Cut Power GmbH | Anderegg Roland, Niederberger Stefan | Angst Mischa |
| Realisierung Serienmuster Hochdruckpumpe | Jet Cut Power GmbH | Anderegg Roland, Niederberger Stefan | Binggeli Johannes |
| Entwicklung robuste Regelung für Hochdruckpumpen | Jet Cut Power GmbH | Schleuniger Pascal, Niederberger Stefan | Regli Marco |
| Momentregelung für Positioniersysteme mit Schrittmotoren - Stepper | Roche Diagnostics International AG | Furrer Patrick | Oggenfuss Oliver |
| Fertigungsautomation „Industrie 4.0“ - Messtechnik & Kommunikation | FAES AG | Anderegg Roland, Treyer Daniel | Erbel Elias |
| Sensorik zur Drehzahl- und Drehmomentmessung Magnetskupplung | CP Pumpen Systems | Stuber Bruno, John Jean-Paul | Strassmann Nils |
| Nachrüstung Dispensertisch | Paul Scherrer Institut PSI | Sekler Jörg | Weiss Claudio |
| Mikropositionierungs-Teststand für SwissFEL | Paul Scherrer Institut PSI | Sekler Jörg | von Reding Joseph |
| Strahlführungsregelung zu Protonentherapie | Paul Scherrer Institut PSI | Sekler Jörg | Graber Benjamin |
| Automation mobiler Roboter für Bombenbergung | RUAG Schweiz AG | Anderegg Roland, Edelmann Max | Weissen Robert |
| Class4Laser Mess- & Regelungstechnik | Class4Laser Professionals AG | Anderegg Roland, Hüni Jonathan | Zürcher Cedric |
| Notfall-Überwachung von älteren Personen | FHNW, Institut für Automation | Eichin Heinz | Burmeister Roman |
| Hilfsmittel im Badezimmer | Keramik Laufen AG | Binggeli Daniel | Wehrli Philipp |
| Automatisierung Wärmepumpen-Prüfstand | Viessmann Schweiz AG | Zogg David, Amport Hannes, Germann Silvano | Berger Florian |
| Eigenverbrauchsoptimierung und Netzstabilisierung mit Batterien | Smart Energy Control | Zogg David, Germann Silvano | Imholz Julian |
| Vehicle-To-Grid | FHNW, Institut für Automation | Zogg David | Hallauer Leandro |
| Automationskonzept für Fahrzeugglas-Bearbeitungsmaschinen | Bystronic Glass AG | Anderegg Roland, Treyer Daniel | Erne Robin |
| Testaufbau Neuartige Warmwasseraufbereitung | R. Nussbaum AG | Gysin Hans | Gebhardt Jan |
| Extraktion von unlöslichen Kernen aus dem Umweltaerosol | FHNW, Institut für Aerosol- und Sensortechnik | Weingartner Ernest | Karlen Nadine |
| Prüfstand-Framework | Noser Engineering AG | Gaulocher Sebastian, Germann Silvano | Burri Marco |
| Show-Roboter für aufladbare Knopfzellen | Renata SA | Gaulocher Sebastian, Keller Jürg P. | Wiss Moritz, Schirner Tim |

| | | | |
|--|-------------------------|---|---------------------|
| Elektronische Drehzahlregelung einer Laval-Turbine | Otto Suhner AG | Anderegg Roland | Ineichen Stefan |
| Plugins für Roboter Programmier SW | Franke Water Systems AG | Anderegg Roland, Edelmann Max | Acklin Philippe |
| Verbesserung Temperaturverhalten Faseroptische Stromsensoren | ABB Schweiz AG | Schleuniger Pascal, Niederberger Stefan | Egloff Fabian |
| Fahrerloses Transportsystem, Systemarchitektur | W. Althaus AG | Keller Jürg, Edelmann Max | Kammer Marco |
| Fahrerloses Transportsystem, Systemdesign | W. Althaus AG | Keller Jürg, Edelmann Max | Buchmann Oliver |
| Analyse und Optimierung eines Verbrennungsprozesses | Bürge-Fischer AG | Gaulocher Sebastian, Treyer Daniel | Bujupaj Dardan |
| Intelligente Umgebungssensoren für Baumaschinen | Ammann Schweiz AG | Anderegg Roland | Zubler Tobias |
| Einbauprogramm für eine Asphaltfläche | Ammann Schweiz AG | Anderegg Roland | Haliti Mendim |
| KNX-Gebäudeautomation | Smart Energy Control | Zogg David, Germann Silvano | Rüede Urs |
| Wärmepumpensteuerung | Schmisrauter Martin | Binggeli Daniel | Schmisrauter Daniel |

Vertiefungsprojekte der Master-Studierenden

| Projektthema | Auftraggeber | Advisor | Studierende |
|---|---|-------------------------------------|----------------------|
| Systemoptimierung für hochpräzise und hochdynamische Laserbearbeitungssysteme | Class4Laser Professionals | Zogg David | Ruch Basil |
| Doppel-Pendel für «Exzenter Generator» Mech. «Wirkungsgrad-Studie» zum Exzenter Generator | Tracker AG | Gysin Hans | Read Patrick |
| Entwicklung eines fortgeschrittenen Prototyps für den "Smart" Helm | FHNW internes Projekt IA | Anderegg Roland | Villinger Joachim |
| Untersuchung Fertigungsprozessbeschreibung über die gesamte Wertschöpfung zur Einführung neuer Designprodukte in die automatisierte Fertigung | Franke Water Systems AG, KWC | Anderegg Roland | Füglister Matthias |
| Effiziente Windenergienutzung mit modular aufgebauten Generator- und Umrichter- Einheiten | BFE Bundesamt für Energie | Schleuniger Pascal, Anderegg Roland | Sabatella Alessandro |
| Vermessung von bewegtem Pantograph mittels industrieller Bildverarbeitung | FHNW internes Projekt IA | Keller Jürg P. | Steger Jan |
| Sensor Fusion für autonome Roboter | FHNW internes Projekt IA | Keller Jürg P. | Lüthy Michael |
| NanoFrazor Scholar - high resolution nanolithography tool for everyone Regelung und Bahnplanung eines Nanopositionierers für die Nanolithographie | SwissLitho AG | Sekler Jörg | Berta Marco |
| Spieltheorie in der Regelungstechnik | Belimo AG, Hinwil | Keller Jürg P. | Umbricht Stefan |
| Auslegung und Aufbau eines Wärmepumpen-Prüfstandes | Viessmann Schweiz AG | Zogg David | Amport Hannes |
| Online-Diagnose von Abwasserreinigungsanlagen zur zustandsbasierten Wartung und Betriebsoptimierung | Chestonag Automation AG | Zogg David | Amport Hannes |
| Innovative Eigenverbrauchsoptimierung für Mehrfamilienhäuser über lokale Strombörse | Smart Energy Control GmbH | Gysin Hans | Koller Michael |
| Modellbildung von modular erweiterbaren Laserbearbeitungsmaschinen | KTI | Edelmann Max | Hüni Jonathan |
| Digitalisiertes One Shift Battery Tool | Otto Suhner AG | Gysin Hans | Ineichen Stefan |
| Fertigung 4.0 – optimale, digitalisierte mechanische Fertigung | FAES AG | Anderegg Thomas | Moser Thomas |
| Evaluation und Neukonzeptionierung der Steuerung einer Random Positioning Machine (RPM) | FHNW internes Projekt IA | Sekler Jörg | Zubler Tobias |
| Rekursive Parameterschätzung im Energy Valve | Belimo AG, Hinwil | Keller Jürg P. | Hänseler Armon |
| Schwall & Sunk-Sanierung des Kraftwerks Klusi im Simmental Kiesdetektor für das Kraftwerk Emmenau | BKW Energie AG ADEV Energiegenossenschaft | Gysin Hans | Kast Manuel |

Publikationsliste

J. P. Keller, P. Zeugin: «Robust and Optimal H^∞ Control in LabVIEW»; IEEE Conference on Control Technology and Applications; Kohala Coast, Hawaii United States. August 2017

H. Eichin, L. Ostgen, B. Ruch, R. Gottwald, N. Docci: „UAV with Sensor Platform for Mine Detection“; Mine Detection Symposium 2017, Universität Basel, Urs-Endress-Stiftung, 2017.

D. Treyer, S. Gaulocher, S. Niederberger, H. Rafael, and A. Ams, “Application of Multi-Parametric Quadratic Programming to Simulation of Deflected Wires in a Wire Saw,” in Proc. in Applied Mathematics and Mechanics PAMM, 2017.

D. Treyer, S. Gaulocher, S. Niederberger, H. Rafael, and A. Ams, “A Comprehensive Dynamic Model of the Diamond Wire Sawing Process,” in Proc. 33rd European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition EUPVSEC, pp. 517-522, 2017.

M. Edelmann, J. Villinger. F. van den Anker. «Eine technische Perspektive aus interdisziplinärer Projektarbeit zu ganzheitlichen Lösungsszenarien für selbstbestimmtes Wohnen im Alter. Potenziale von Technik und Dienstleistungen für die Nordwestschweiz». 2. Jahrestagung des IARA «Konstruktionen und Gestaltungen des Alterns in ruralen Lebenswelten: Soziale Potentiale, demographische Mythen und technische Möglichkeiten». FH Kärnten, Villach, Austria. Sep. 2107

Preise

SwissVacuum Preis 2016

Daniel Häfeli, hat am 29.6.2017 im fürstlichen Balzers den Preis der Schweiz. Vakuumgesellschaft für seine exzellente Bachelor-Thesis “Vakuumsysteme zur Gebietsentwässerungen” erhalten (Auftraggeber: Firma MAN in Zürich). Bei seiner theorielastigen Arbeit wurde er von Kollegen des Institutes für Thermo- und Fluid-Engineering vorzüglich unterstützt.



Für persönliche Auskünfte und Beratung stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:

Leiter Institut für Automation
Prof. Dr. Roland Anderegg
T +41 56 202 77 43, roland.anderegg@fhnw.ch

Sekretariat Institut für Automation
T +41 56 202 75 28, info.ia.technik@fhnw.ch

Weiterbildung MAS Automation Management
Studiengangleiter Prof. Dr. Jürg P. Keller
T +41 56 202 77 62, juerg.keller1@fhnw.ch
www.fhnw.ch/mas-automation

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Hochschule für Technik
Institut für Automation
Klosterzelgstrasse 2
CH-5210 Windisch

www.fhnw.ch/ia