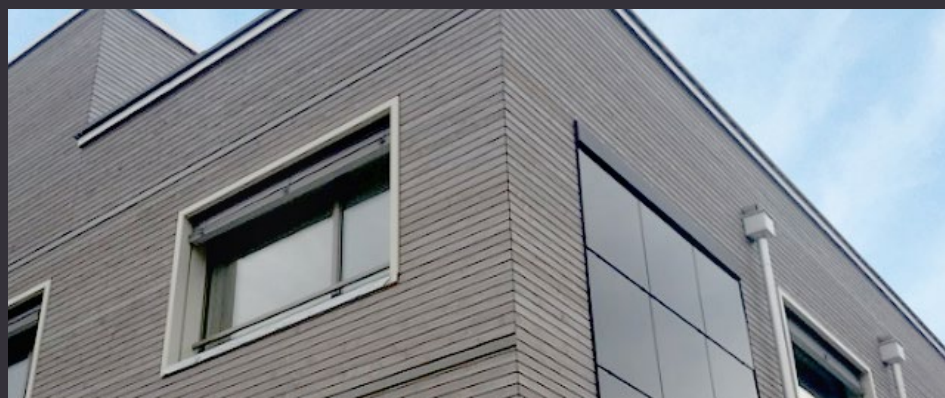
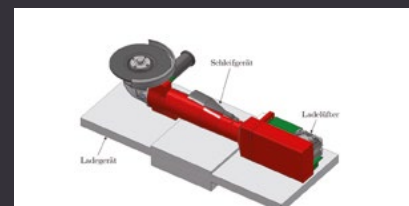
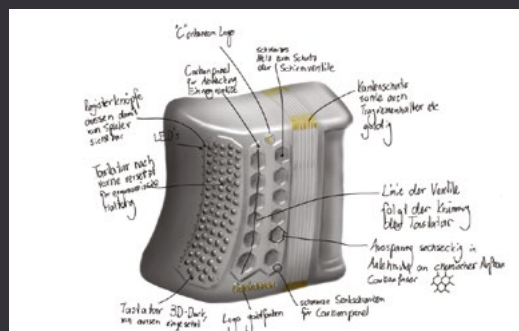




Impressum

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: 300 Exemplare

Inhalt

3	Editorial
---	-----------

	Forschungskompetenz Moderne Regelungstechnik
4	Online-Diagnose von Abwasserreinigungsanlagen - Detektion von Oszillationen Steffen Thierer
8	Graphen-basierte Modellierung und hierarchisch verteilte Regelung dezentraler Hochdruckpumpen Stefan Niederberger
10	Regelungstechnik für Abwasserreinigungsanlagen David Zogg
13	Rundbiegen mittels modernen Regelalgorithmen und Online-Systemidentifikation Max Edelmann

	Forschungskompetenz Industrielle Automation und Gebäudeautomation
16	Diagnosemethodik für industrielle Wärmepumpen Andreas Elmiger
20	Evaluation einer Automationslösung für den Werkzeugbau Thomas Moser
23	Industrie 4.0 Digitale Zwillinge in der Fertigung Roland Anderegg
26	Messüberwachung einer Eigenverbrauchsgemeinschaft mit Strombörse Hans Gysin
29	Monitoring von Aktoren und Sensoren in der Automation Heinz Eichen
32	Präzise Dünger streuen muss nicht teuer sein Jürg P. Keller

	Forschungskompetenz Mechatronik
34	Auslegungstool zur Trajektorieoptimierung und Systemidentifikation für Laserbearbeitungsmaschinen Vincent Märki
38	Auto-Fokus Steuerung für optische Mikroskope bei Lithographie Anwendung Robin Erne
40	Entwicklung einer Mechatronik im modernen Akkordeonbau Raphael Waltenspül
44	EMV optimierte Kunststoffgehäuse Pascal Schleuniger
46	Induktive Ladung zu "One Shift Battery Tool" Hans Gysin

	Nachwuchsförderung sowie Aus- und Weiterbildung
48	Motivation für MINT Moritz Wiss
50	Bachelor-Thesen
52	Vertiefungsprojekte der Master-Studierende
53	Publikationsliste
53	Konferenzbeiträge



Editorial

Geschätzte Leserin, geschätzter Leser

Im Jahr 2019 durfte das Institut für Automation gemeinsam mit verschiedenen Industriepartnern wiederum eine Vielzahl von Industrieprojekten in den Gebieten der industriellen Automation, der Gebäudeautomation, der Mechatronik und den modernen Methoden der Regelungstechnik durchführen. Die aktuellen Entwicklungen der Digitalisierung und von Industrie 4.0 treiben die Automation voran und führen auf eine verstärkte Entwicklung autonomer Systeme. Im vorliegenden Bericht freuen wir uns, Ihnen einige Beispiele unserer Tätigkeit vorzustellen.

Im Rahmen der Ausbildung durfte unser Institut den Unterricht in den Studiengängen Systemtechnik, Wirtschaftsingenieurwesen, Elektro- und Informationstechnik und Energie- und Umwelttechnik wahrnehmen. Ausgezeichnete Arbeiten unserer Absolventen finden sich im Bericht. In der Weiterbildung leistet das Institut für Automation einen wesentlichen Beitrag im MAS Automation Management. Seit vielen Jahren ist uns auch die Jugendförderung ein wichtiges Anliegen: First-Lego-League, Mint-Sommercamp und verschiedene Einsätze in Ferienpassangeboten.

Es ist eine besondere Freude, mit Herrn Stefan Niederberger, einem Absolventen unseres Bachelor- und Master-Studiums, dem ersten promovierten Doktor der technischen Wissenschaften zu gratulieren. Die Promotion entstand in Kooperation mit der Université de Haute Alsace Mulhouse (UHA).

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

Online-Diagnose von Abwasserreinigungsanlagen - Detektion von Oszillationen

Oszillationen in Regelkreisen sind ein häufiges Problem in industriellen Prozessen. Dadurch können die Effizienz und die Robustheit einer Anlage beeinträchtigt werden, weshalb eine automatische Überwachung und Erkennung von solchen Schwingungen eine grundlegende Bedeutung hat. Innerhalb einer Machbarkeitsstudie zur Entwicklung eines Diagnosesystems wird ein Fortsetzungsprojekt lanciert. Dies beinhaltet unter anderem die Entwicklung und Prüfung eines Algorithmus zur Detektion von Oszillationen.

Steffen Thierer

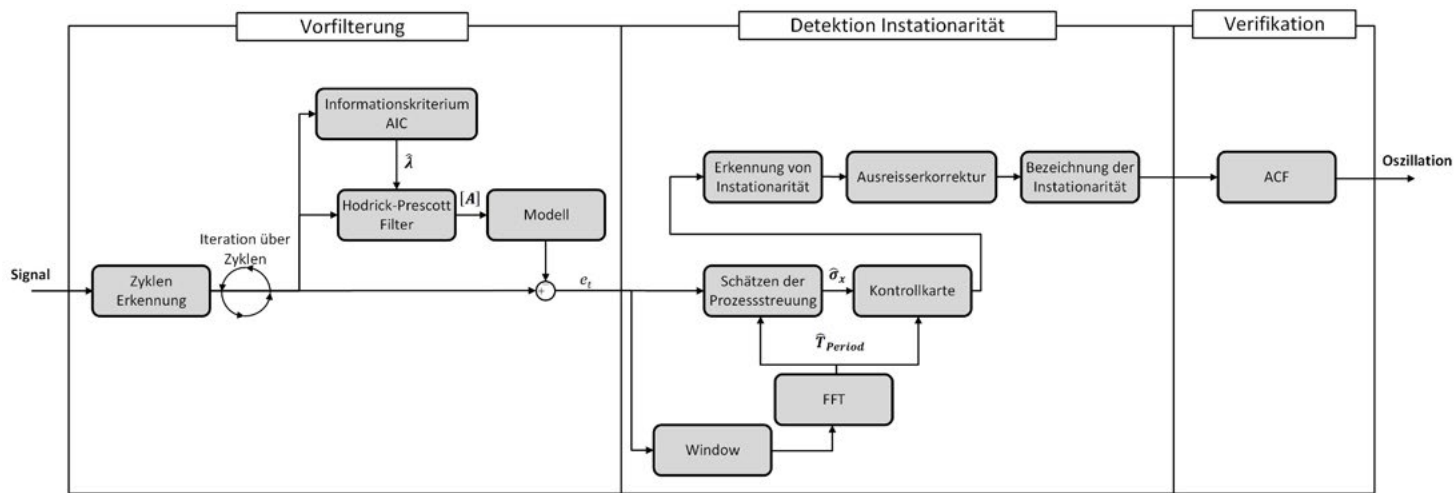


Abbildung 1: Vorgehen des Oszillation-Detektion Algorithmus

Ausgangslage

Abwasserreinigungsanlagen nutzen für die Aufbereitung des Wassers unterschiedliche, kontinuierlich arbeitende Prozessanlagen. Mit einer grossen Anzahl von Reglern werden diese Prozesse stabilisiert. Da aufgrund von nicht optimalen Einstellungen oder Veränderungen im Prozess Oszillationen entstehen können, ist es notwendig, diese permanent während des Betriebs der Anlage zu erkennen und zu überwachen. Das Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es, eine Methode zu entwickeln, mit der die vorliegenden archivierten Messreihen der Prozessdaten so aufbereitet werden, dass eine aussagekräftige Angabe über mögliche Oszillationen im Signal gegeben werden kann. Dazu soll der Algorithmus auf verschiedene Komponenten der Abwasserreinigungsanlagen anwendbar sein. Der Algorithmus wird danach in das übergreifende Diagnosesystem eingebettet.

Vorgehen

In dieser Arbeit wird ein Algorithmus für die Analyse und Detektion von Oszillationen in Messdaten vorgestellt (Abbildung 1).

Als erster Prozessschritt werden die Zyklen in den Daten erkannt und einzeln untersucht. In einem nächsten Schritt wird der mittlere Verlauf (Trend) über ein spezielles Filter (Hodrick-Prescott) geschätzt. Die Daten werden anschliessend vom Trend befreit, d.h. es werden nur noch die Abweichungen vom Trend betrachtet.

Im weiteren Schritt wird das trendbereinigte Signal statistisch untersucht. Dazu werden die Oszillation im Signal und die Prozessstreuung geschätzt. Aus diesen Informationen kann eine Kontrollkarte gebildet werden, über welche die nicht stationären Zustände automatisch erkannt werden können (Abbildung 2).

Aus den nicht stationären Zuständen kann zusammen mit einer Frequenzanalyse (FFT) und einer Autokorrelation (ACF) auf die Oszillationen geschlossen werden.

Als grosser Vorteil der Methode müssen keine prozessspezifischen Modelle aufgestellt werden und keine Parameter eingestellt werden. Der Algorithmus adaptiert sich

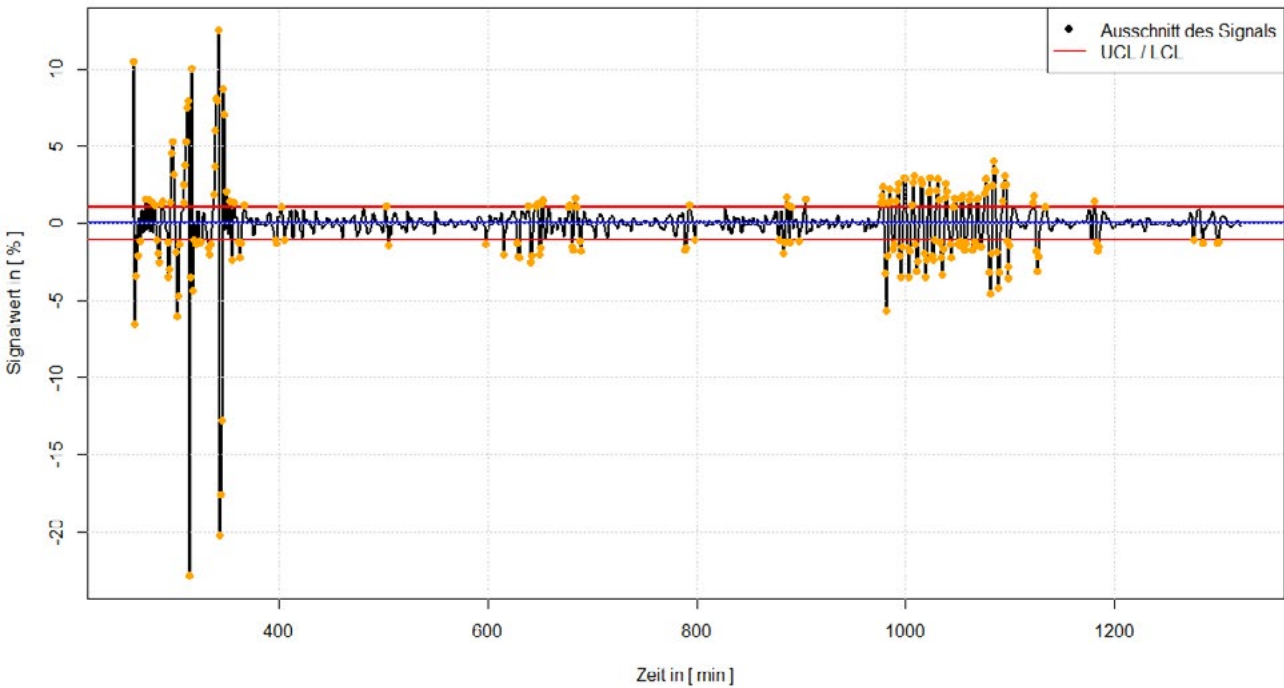


Abbildung 2: Kontrollkarte für instationäre Zustände

von selbst und liefert für die untersuchten Kurvenverläufe zuverlässige Ergebnisse.

Verifikation anhand realer Daten

Für die Verifikation des Algorithmus wurden Daten von unterschiedlichen Komponenten der Abwasserreinigungsanlage untersucht. Dies sind einerseits Datensätze von

Pumpen sowie Regelventilen und andererseits Temperaturverläufe von thermischen Systemen (Abbildung 3, Abbildung 4 und Abbildung 5). Der Algorithmus wurde anhand eines ausgewählten Datensatzes entwickelt und nachher ohne Nachjustierung auf andere Datensätze angewandt. Damit konnte die Robustheit des Algorithmus nachgewiesen werden.

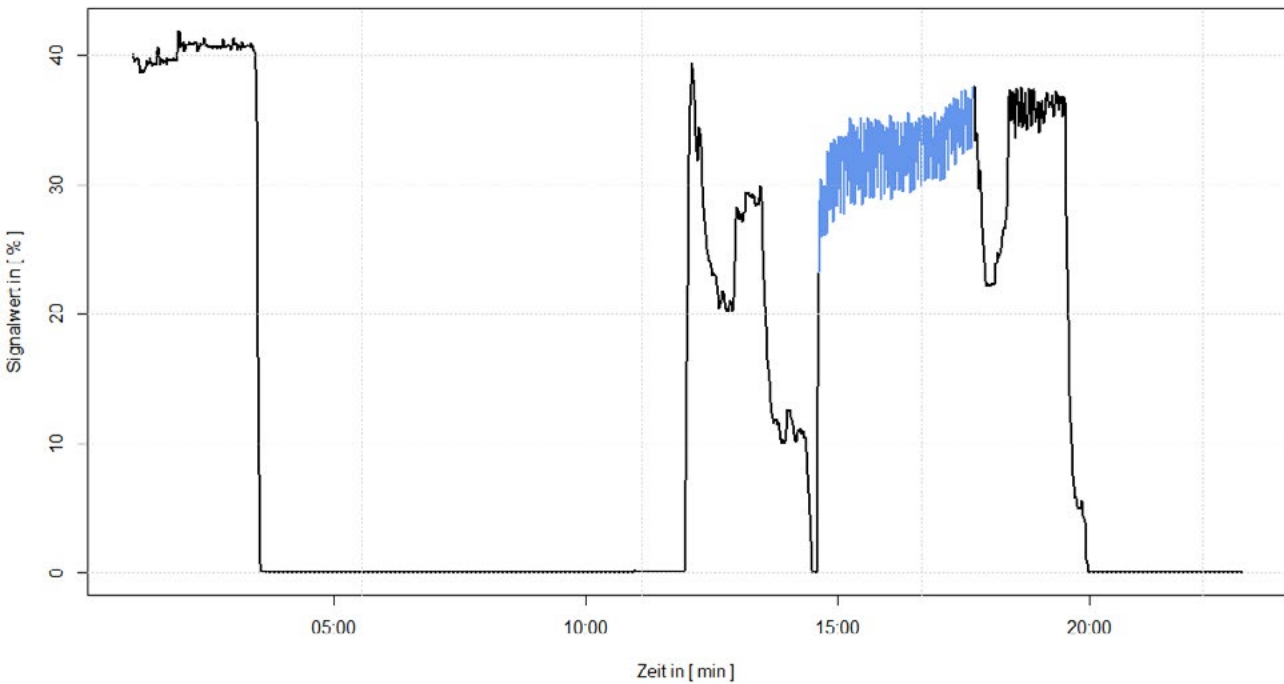


Abbildung 3: Stellsignal Notkühler-Stellantrieb für die Gasverwertung

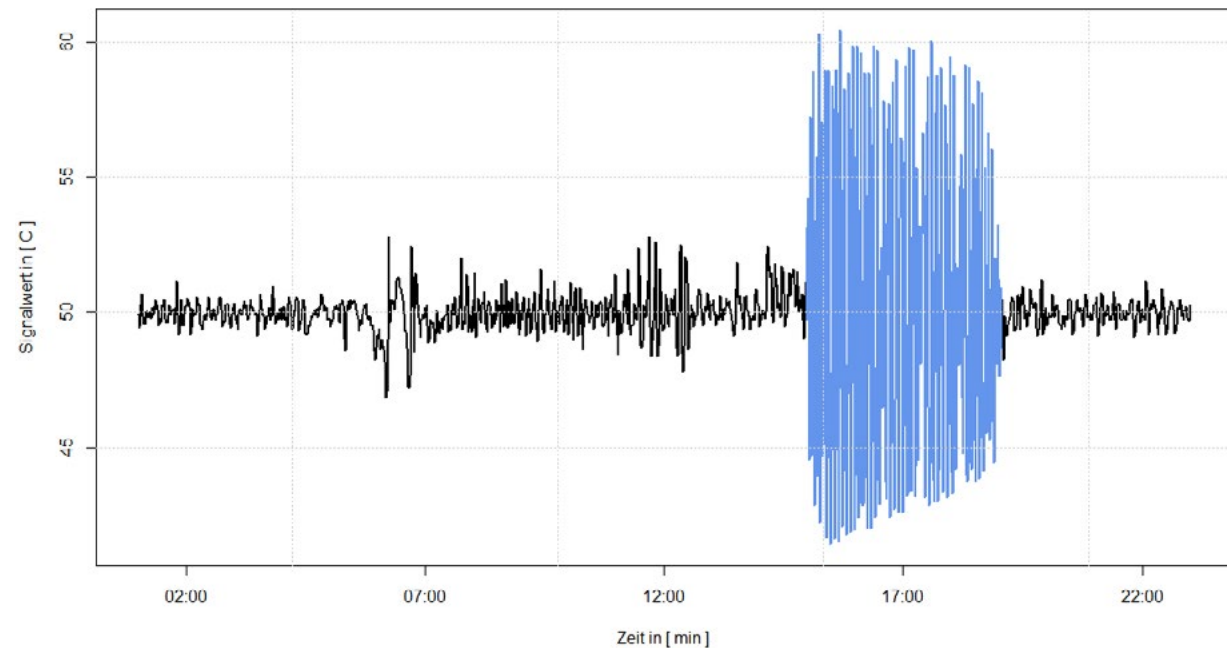


Abbildung 4: NT-Netz Vorlauftemperatur nach dem Notkessel

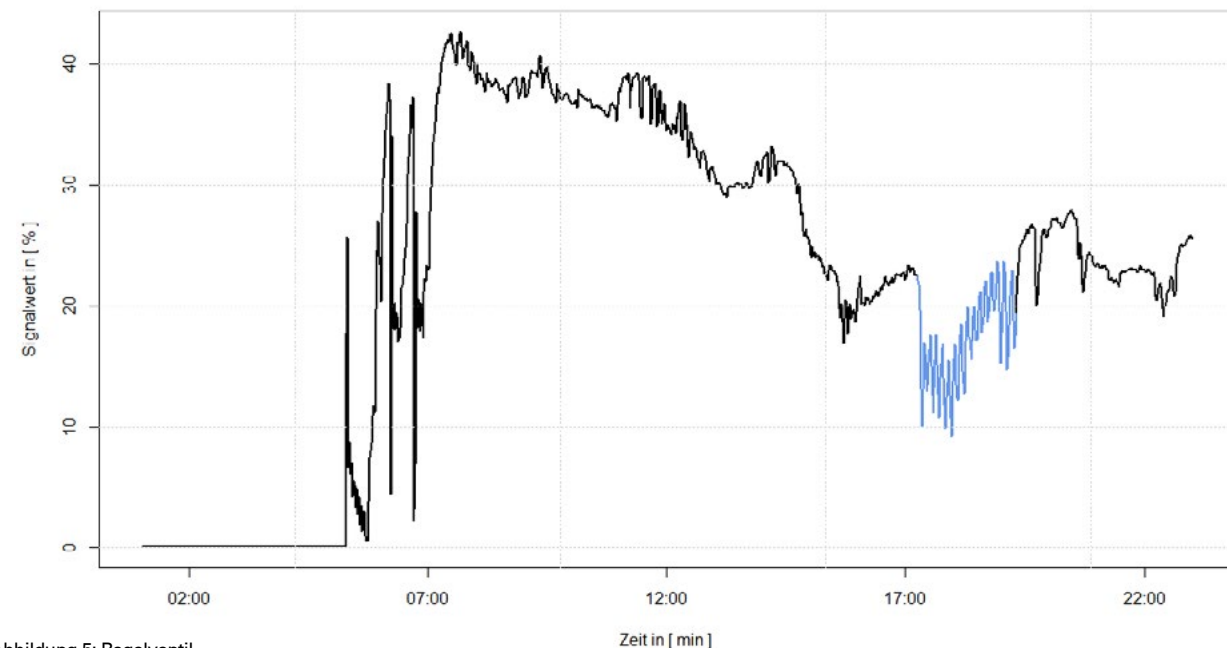


Abbildung 5: Regelventil

Fazit

Mit dieser Arbeit konnte die Machbarkeit und Funktionsweise eines generischen Algorithmus zur Erkennung von Oszillationen nachgewiesen werden. Weiter besitzt der Algorithmus folgende Vorteile:

- Prozessunabhängigkeit**

Der Algorithmus ist generisch aufgebaut und unabhängig von spezifischen Prozessmodellen. Damit ist er für eine grosse Bandbreite von Anwendungen im Bereich der Abwasserreinigungsanlagen einsetzbar.

- Automatische Adaption**

Der Algorithmus funktioniert ohne manuelle Vorgabe von Grenzwerten. Er adaptiert sich von selbst an das vorgegebene Prozesssignal.

Insbesondere der letzte Punkt ist wichtig für die praktische Umsetzung, denn der Betreiber einer Anlage möchte

von Anfang an eine klare Aussage zur Prozessqualität haben, ohne vorgängiges Teaching oder Justieren des Diagnosesystems.

Auftraggeber

Reto Steinemann, Leiter Entwicklung, Chestonag Automation AG
Hannes Amport, Entwickler Provex®, Chestonag Automation AG
Christoph Huckle, Projektleiter, Chestonag Automation AG
Bernhard Isenschmid, Technologie- und Innovationsexperte, Hightech Zentrum Aargau AG

Projektteam

Prof. Dr. David Zogg, Dozent für Regelungstechnik, Projektleiter, david.zogg@fhnw.ch
Steffen Thierer, Bsc Systemtechnik, wissenschaftlicher Assistent, steffen.thierer@fhnw.ch

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.

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

Unser Weiterbildungsangebot umfasst die Fachgebiete

- Automation
- Computer Science
- Digital Industry
- Elektronik
- Einkauf und Beschaffung
- Giessereitechnik
- Kunststofftechnik
- Logistik
- Management und Führung
- Optometrie

Informationen und Infoabende

www.fhnw.ch/weiterbildung-technik

Kontakt

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



Graphen-basierte Modellierung und hierarchisch verteilte Regelung dezentraler Hochdruckpumpen

Fertigungsanlagen zur Wasserstrahlbearbeitung bestehen heute aus einzelnen Arbeitsstationen, die individuell von Hochdruckpumpen versorgt werden. Zukünftig sollen mehrere Arbeitsstationen über ein Hochdrucknetzwerk verbunden werden, was die Flexibilität und Verfügbarkeit von Fertigungsanlagen erhöht.

Stefan Niederberger



Zur energieoptimalen Deckung des individuellen Wasserbedarfs mehrerer Arbeitsstationen sollen Hochdruckpumpen an beliebiger Position einer Fertigungsanlage installiert werden können. Zudem soll durch eine hierarchisch verteilte Regelung auf eine anlagenspezifische Parametrisierung der einzelnen Pumpen verzichtet werden. In Zusammenarbeit mit Zaugg Maschinenbau AG und Jet Cut Power GmbH wurde im Rahmen eines Innosuisse Projektes ein Designframework erarbeitet, welches die quasi-optimale Regelung gekoppelter Pumpen und eine Simulationstoolbox für Hochdrucknetzwerke beinhaltet. Dieses Framework wurde schliesslich gezielt zur Entwicklung eines verteilten Pumpenmanagements eingesetzt.

Quasi-optimale Regelung

Die implementierte robuste Regelung für dezentrale, elektrisch betriebene Pumpen unterdrückt Druckschwankungen unter Berücksichtigung der gewünschten Prozessgüte und der maximal erwarteten Parametervariation. Solche robust-geregelten Pumpen können nahezu an beliebiger Position einer Fertigungsanlage installiert werden. Ein iteratives Optimie-

rungsverfahren erreicht zudem eine Erhöhung der zulässigen Parametervariation um 60%. Dies erhöht die Flexibilität bei der Installation einer Hochdruckpumpe deutlich.

Die quasi-optimale Regelung wurde am Prüfstand der FHNW getestet. Dieser erlaubt den simultanen Betrieb von zwei gekoppelten Pumpen und zwei Arbeitsstationen, verbunden über ein Hochdrucknetzwerk. Die Schrittantworten in der Abbildung 1 vergleichen die erwartete Unsicherheit (Ober- und Untergrenze) mit der erreichten Störgrössenunterdrückung bei zufällig gewählten Parametern.

Simulationstoolbox

Die eigens entwickelte, graphen-basierte Modellierung ermöglicht die numerische Simulation komplexer Hochdrucknetzwerke, welche nur mit grossem Aufwand an einem Prüfstand realisiert werden können. Dieses Modellierungsverfahren wurde in MATLAB Simulink implementiert. Die resultierende Simulationstoolbox erlaubt eine optimale Dimensionierung zukünftiger Fertigungsanlagen und ermöglicht eine integrale Entwicklung des Pumpenmanagements.

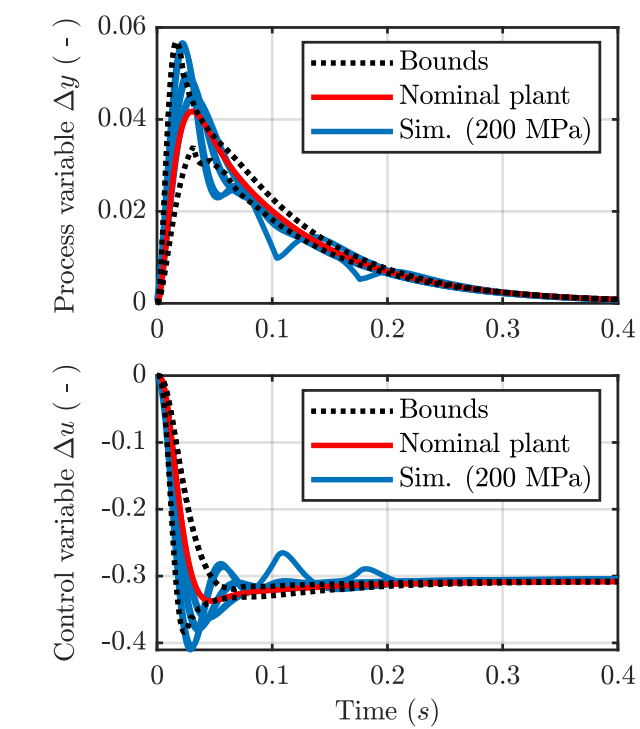


Abbildung 1: Unsicherheit bei der Störgrössenunterdrückung für zufällig gewählte Parametervariation.

Die Simulationen der Abbildung 2 zeigen, dass gekoppelte Hochdruckpumpen unvorhersehbare Betriebspunkte einnehmen. Diese sind abhängig von der Topologie des Hochdrucknetzwerkes, von den Pumpenpositionen und von den Schaltzuständen der Arbeitsstationen. Unter Umständen wird eine einzelne Pumpe einen überproportionalen Anteil des gesamten Wasserbedarfs decken (siehe Pos. 1). Diese wird dann stärker beansprucht, was ihre Lebensdauererwartung deutlich reduziert. In Extrema wird die Pumpe ihre Sättigung erreichen, wodurch sie nicht weiter zur Störgrössenunterdrückung beitragen kann (siehe Pos. 2). Folglich werden die Anforderungen an die Prozessgüte nicht garantiert.

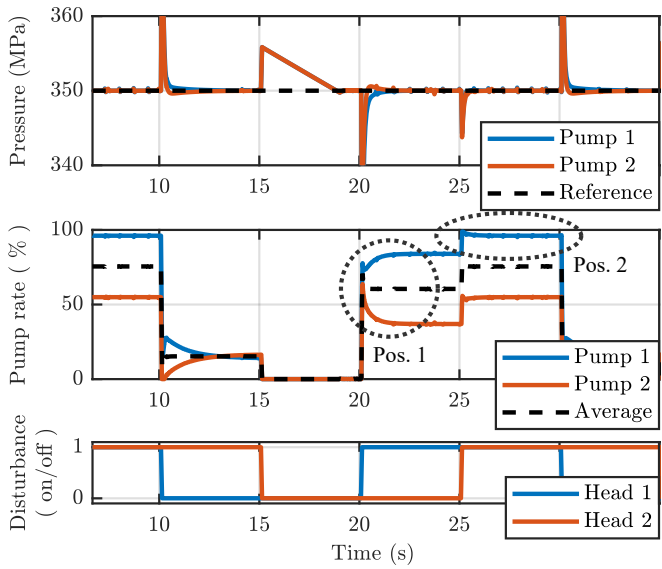


Abbildung 2: Druckschwankungen beim Schalten der Arbeitsstationen und resultierende Betriebspunkte gekoppelter Pumpen ohne Managing.

Verteiltes Pumpenmanagement

Im Idealfall folgen alle Pumpen einem zeitvariablen Wasserbedarf. Um dabei auf ein zentrales Managing zu verzichten, wird ein verteilter Algorithmus adaptiert. Jede Pumpe ermittelt den mittleren Wasserbedarf mittels Dynamic Average Consensus. Die Kopplung der Pumpen über das Hochdrucknetzwerk wird als zusätzlicher Informationskanal betrachtet, was den eigentlichen Algorithmus deutlich vereinfacht.

Die Simulationen in der Abbildung 3 verdeutlichen, wie das verteilte Pumpenmanagement den Wasserbedarf effizient auf die verschiedenen Pumpen aufteilt. Somit wird jede Pumpe den gleichen Beitrag zur gesamten Bedarfsmenge leisten (vergleiche Pos. 1 und Pos. 2). Die robuste Pumpenregelung kompensiert weiterhin alle Druckschwankungen der Arbeitsstationen.

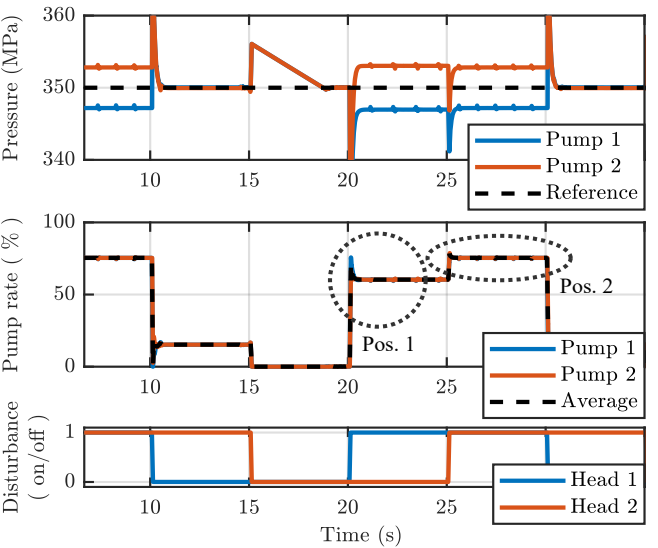


Abbildung 3: Druckschwankungen beim Schalten der Arbeitsstationen und resultierende Betriebspunkte gekoppelter Pumpen mit verteiltem Managing.

Ausblick

Das Designframework wurde am Pumpenprüfstand im Labor der FHNW validiert und steht den Industriepartnern für die Entwicklung skalierbarer Fertigungsanlagen zur Verfügung. Die dezentrale und robuste Regelung ermöglicht ein innovatives und modulares Pumpendesign. Diese neuartigen, elektrisch betriebenen Hochdruckpumpen sollen in einem nächsten Schritt in Feldversuchen getestet werden.

Projektteam

Stefan Niederberger, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, stefan.niederberger@fhnw.ch
Jan Gebhardt, Wissenschaftlicher Assistent
Daniel Begert, Wissenschaftlicher Assistent
Jean-Paul John, Wissenschaftlicher Assistent
Simon Rüdiger, Bachelor Studierender im Studiengang Systemtechnik
Julian Stilli, Bachelor Studierender im Studiengang Systemtechnik
Mischa Angst, Bachelor Studierender im Studiengang Systemtechnik

Regelungstechnik für Abwasserreinigungsanlagen

Im Projekt wurde mit dem Faulturm ein Teilsystem einer ARA regelungstechnisch untersucht und optimiert. Im Faulturm wird der Klärschlamm zu Biogas gewandelt, welches in einem Gasometer gespeichert wird. Das Biogas dient zum Betrieb eines lokalen Blockheizkraftwerkes (BHKW), welches die ARA mit Strom und Wärme versorgt. Die Wärme dient wiederum zum Aufheizen des Klärschlammes im Faulturm. Es ist also ein geschlossener Kreislauf.

David Zogg



Abbildung 1: ARA Zwillikon mit Klärstrasse, Faulturm (hinten links) und Gasometer (Mitte).

Bei Abwasserreinigungsanlagen (ARA) ist das oberste Ziel ein robuster Betrieb und die Einhaltung der Grenzwerte für das Abwasser. Daneben sollen sie effizient arbeiten mit einem minimalen Energieverbrauch. Die verfahrenstechnischen Anlagen weisen eine Vielzahl von Regelkreisen auf. Da die Regelkreise in der Praxis stark gekoppelt sind, können Schwingungen auftreten und die Optimierung ist nicht trivial. Rein mathematische, modellbasierte Verfahren scheitern an der hohen Komplexität der biologischen und thermodynamischen Vorgänge. Die Lösung liegt deshalb in der geschickten Wahl von geeigneten Regelstrukturen, welche die Systeme entkoppelt und die Robustheit der klassischen Regler stark erhöht.

Idee
Eine zentrale Idee ist die Nutzung des Faulturms als Energiespeicher. Dazu soll die Temperatur im Faulturm kurzfristig leicht erhöht werden, wenn genügend Wärme aus dem BHKW vorhanden ist. Die Wärmeversorgung des

Faulturms soll also nicht nur durch den Bedarf, sondern auch durch die aktuelle Produktion von Biogas gesteuert werden.

Vorgehen
In einem ersten Schritt wurden die historischen Daten der ARA Zwillikon über eine Periode von einem Jahr im Detail untersucht. Dazu wurde im Rahmen eines Studierendenprojektes ein Matlab-Skript entwickelt, welches die grossen Datenmengen automatisch nach Mustern durchsucht, welche auf ineffizientes Verhalten hinweisen. Die Resultate wurden mit dem Betreiber der ARA sowie dem Auftraggeber besprochen und die entsprechenden Optimierungsmassnahmen definiert. Einige einfache Massnahmen konnten direkt auf der Anlage umgesetzt werden.

Parallel dazu wurden die vorhandenen Regelschemen analysiert und Vorschläge zur Optimierung ausgearbeitet. Es wurden entsprechende Vorschläge zu Vorsteuerungen,

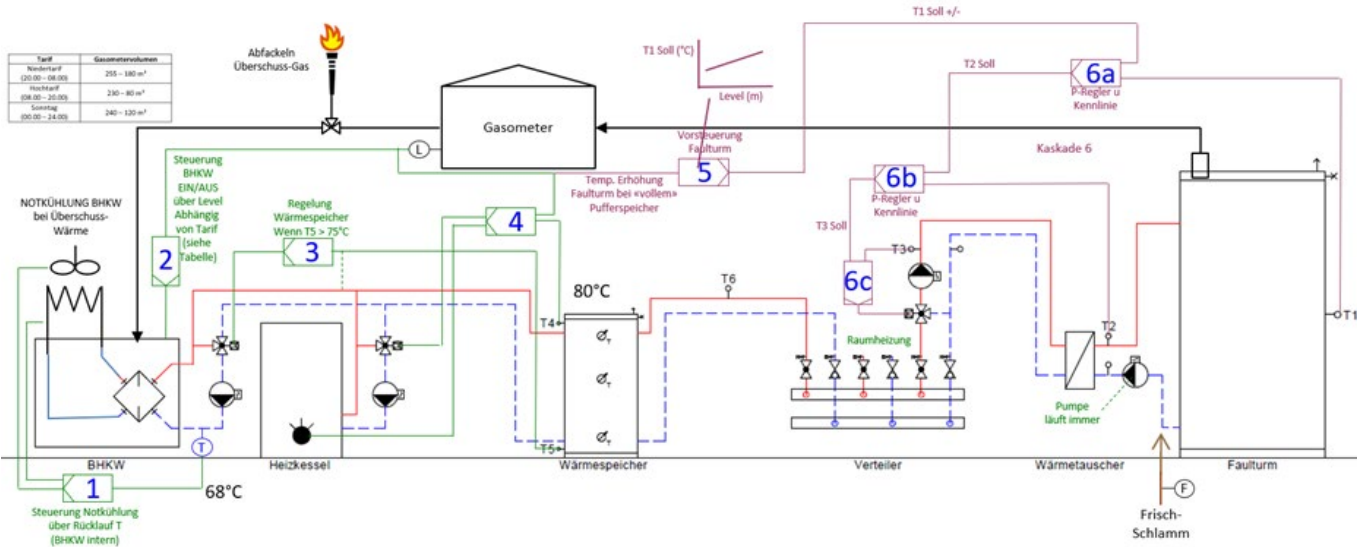


Abbildung 2: Hydraulikschema mit optimierten Regelstrukturen

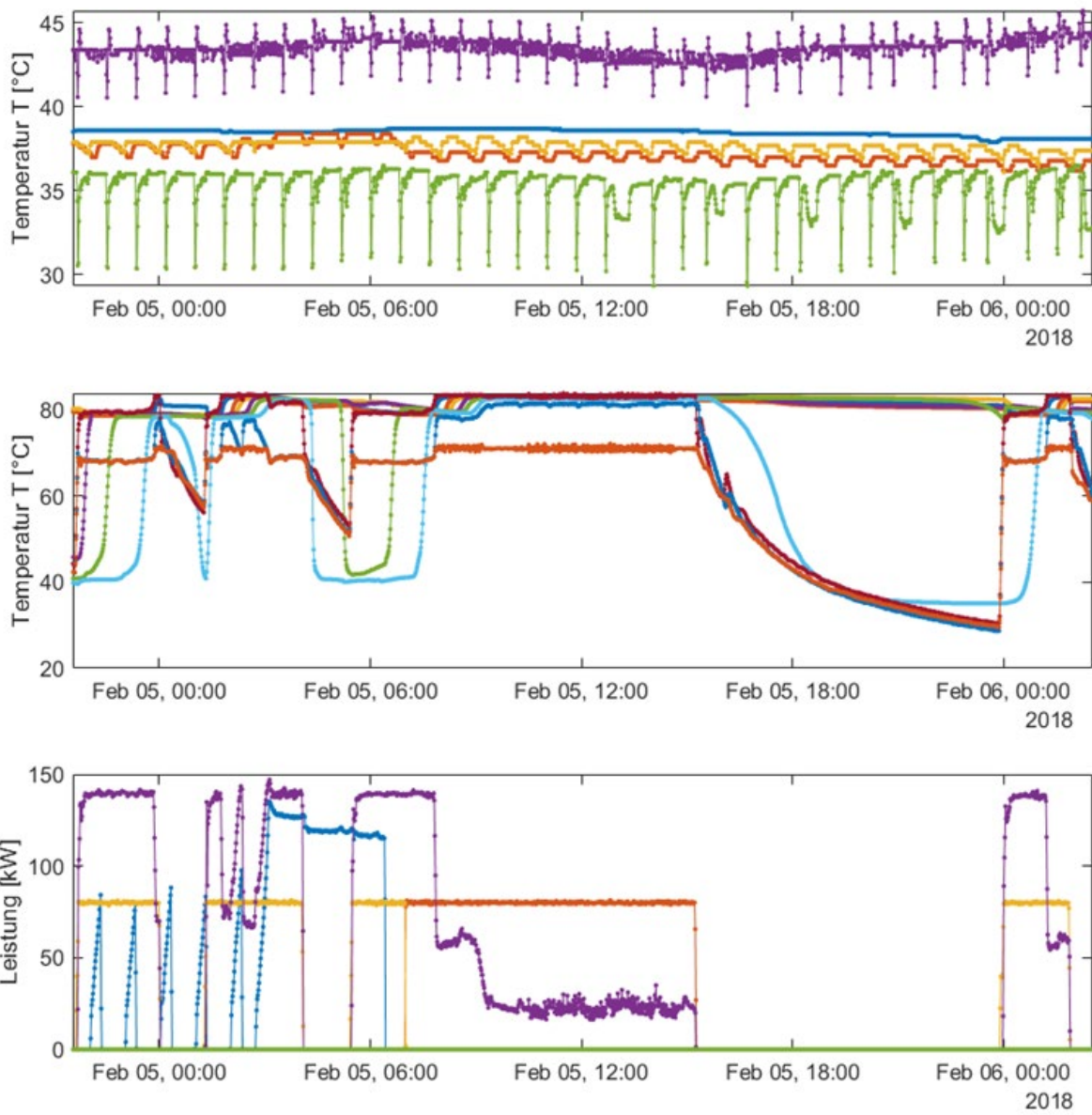


Abbildung 3: Rohdaten des betrachteten Systems

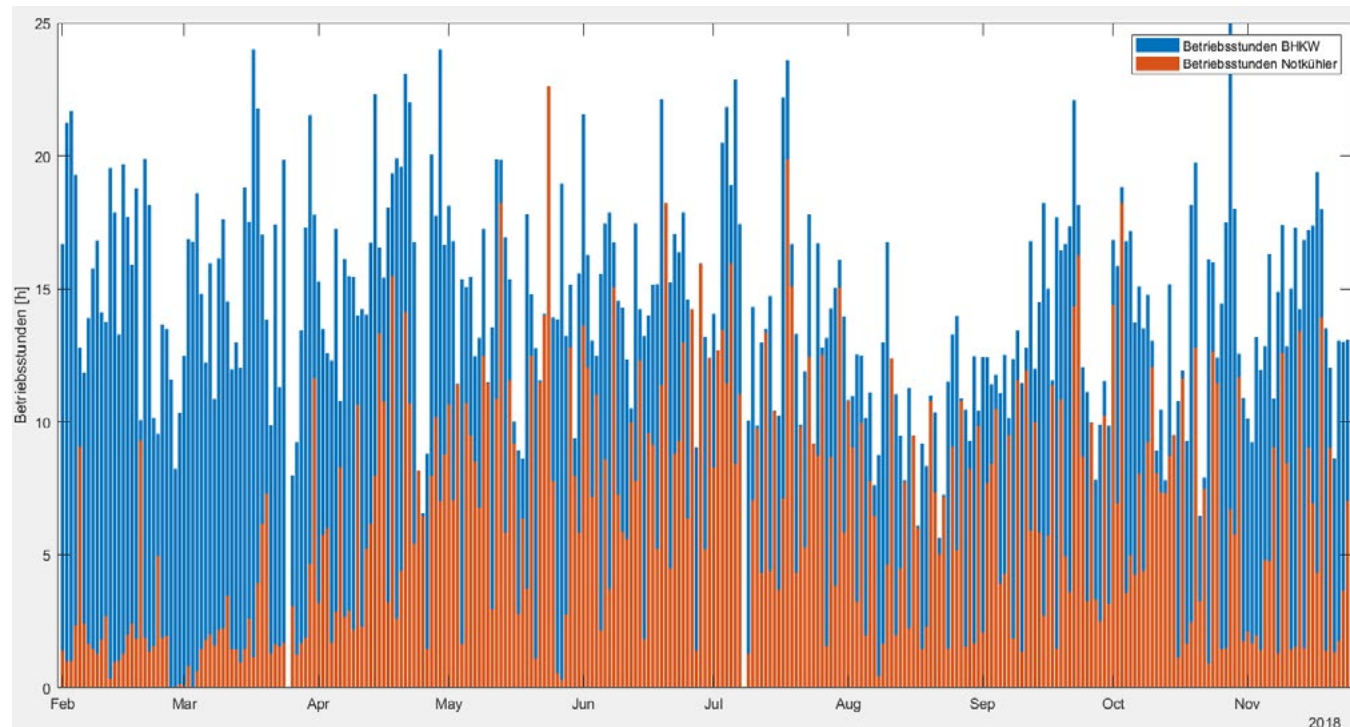


Abbildung 4: Statistische Auswertung mit Erkennung abnormaler Muster (Beispiel Betriebsstunden)

Kaskaden und Störgrössenaufschaltungen entworfen, um die oben beschriebene Idee umzusetzen. Die Varianten wurden zusammen mit dem Auftraggeber besprochen.

In einem nächsten Schritt wurde ein Simulationsmodell in Matlab entworfen, ebenfalls im Rahmen eines Studienprojektes. Mit dem dynamischen Modell, bestehend aus einer Vielzahl von nichtlinearen Differentialgleichungen, konnten die wesentlichen physikalischen Zusammenhänge des Biogas-Kreislaufs inkl. Faulturm, Gasometer, BHKW und Wärmeversorgung abgebildet werden. Anhand des Simulationsmodells konnten die vorgeschlagenen Regelstrukturen verglichen werden.

Lösung

Mit der vorgeschlagenen Regelstruktur ist eine effizientere Bewirtschaftung der Wärmeversorgung und des Faulturms als thermischen Speicher möglich. Dabei wurden folgende neue Strukturen vorgeschlagen:

- Aufschaltung des Gasometer-Füllzustandes auf den Temperatur-Sollwert des Faulturms. Damit wird eine Erhöhung der Faulturm-Temperatur bei überschüssigem Gas erreicht. Durch die sofortige Erhöhung kann die Energie effizienter gespeichert werden.
- Kaskadierte Regelung der Faulturm-Temperatur über unterlagerte Regelkreise für Wärmeübertrager und Mischventil. Durch die Kaskaden-Struktur wird die Robustheit der Regelung erhöht. Die unterschiedlichen Zeitkonstanten der Regelkreise werden korrekt berücksichtigt.
- Berücksichtigung von Kennlinien in den Reglern. Wo möglich wurden Kennlinien hinterlegt, um die Nichtlinearität der Regelstrecke und einzelner Komponenten (Ventile, Pumpen, usw.) zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Anhand der Simulationen konnte gezeigt werden, dass die vorgeschlagene Regelstruktur wesentlich stabiler arbeitet und Schwingungen auf dem System reduziert werden können. Insbesondere wurden folgende Ziele erreicht:

- Effiziente Schlammwärmerung und Gasbewirtschaftung.
- Vermeidung von Notkühlungen im Winter
- Optimierung der Speicherbewirtschaftung von Faulturm und thermischen Pufferspeichern
- Gezielte Beeinflussung der Faulturm-Temperatur über den Gasometer-Füllzustand (produktionsoptimierter Betrieb)
- Reduktion von Schwingungen bei Mischventilen dank Kaskadenstruktur.
- Erhöhung des Betriebsbereichs der Regler durch Berücksichtigung nichtlinearer Kennlinien.

Projektteam

Auftraggeber: Hunziker Betatech AG, Ingenieur-

und Planungsbüro

Betreiber: ARA Zwillikon

Studierender: Yannik Esche, Studiengang Energie- und Umwelttechnik

Betreuer und Berater: Prof. Dr. David Zogg, Dozent für Regeltechnik; david.zogg@fhnw.ch

Rundbiegen mittels modernen Regelalgorithmen und Online-Systemidentifikation

Die Zukunft der Biegetechnologie wird stark vom digitalen Wandel beeinflusst und benötigt daher neue Mess- und Regelalgorithmen. Der effiziente und flexible Einsatz moderner Umformmaschinen wird in Zusammenarbeit mit der Firma Haeusler AG und dem Institut für Automation erforscht.

Max Edelmann

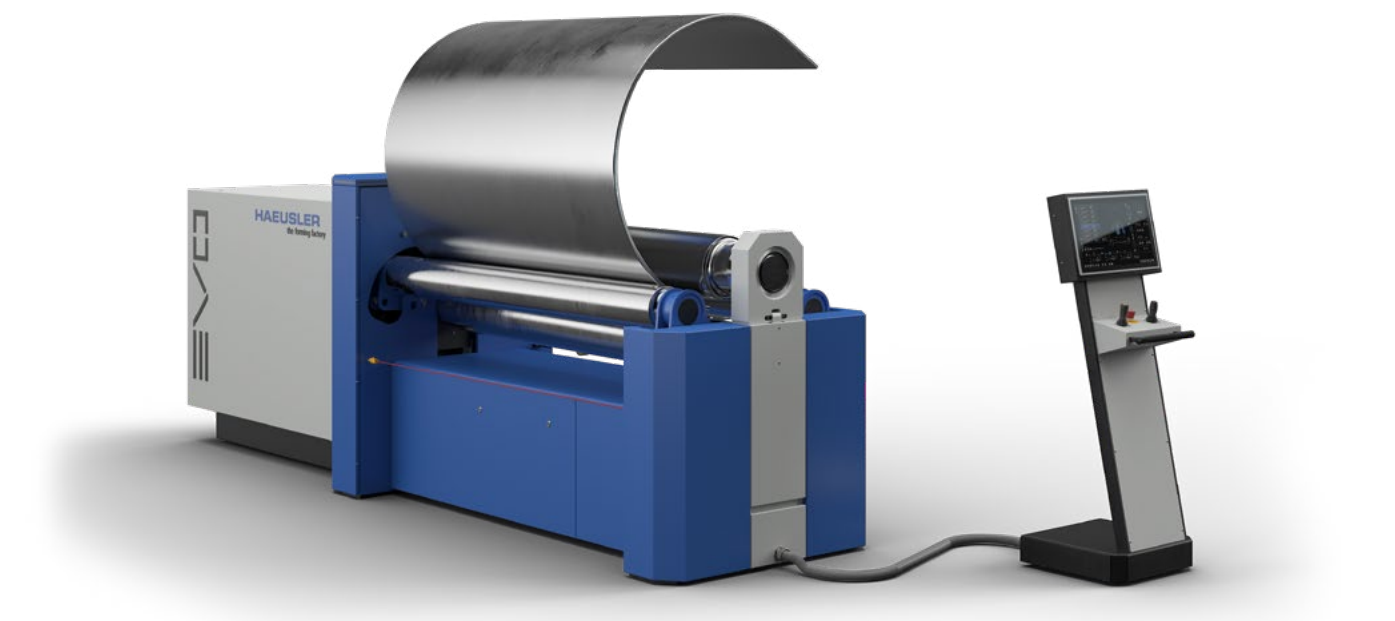


Abbildung 1: Blechbiegemaschine Typ: EVO, Hersteller: Haeusler

Einleitung

Die Firma Haeusler AG in Duggingen ist führend in Entwicklung und Bau von Blech- und Profilbiegemaschinen, siehe Abbildung 1. Ihre Maschinen werden in den Industriezweigen Automobil, Luftfahrt, Schiffsbau, Baumaschinen, Windenergie, Kraftwerk und Behälterbau eingesetzt. Dabei werden Bleche mit einer Blechdicke von bis zu 300 mm und einer Blechbreite bis zu 8000 mm kalt umgeformt.

Herausforderungen des Blechbiegens

Das Präzisionsumformen von Blechen ist ein anspruchsvolles Verfahren, welches von vielen nichtlinearen Systemzusammenhängen beeinflusst wird. Diese sind schematisch in der Abbildung 2 dargestellt.

Das Spannungs-Dehnungsdiagramm beschreibt das nichtlineare Deformationsverhalten eines Materials unter Last: Elastische und plastische Verformung kann abgeschätzt werden.

Die Rückfederung erschwert das Biegen, weil die Verformung des Bleches im Prozess einen elastischen Anteil hat. Nach dem Biegen wird das Blech entlastet, womit das Blech um den elastischen Anteil zurückfedert. Die Rückfederung muss vorgängig abgeschätzt werden, so dass das Blech nach der Entlastung auf den gewünschten Radius zurückfedert.

Die Euler-Biegebalken Theorie ist eine Methode zur Beschreibung der plastischen Verformung im Biegeprozess.

Die Biegekräfte werden durch eine Blech-Maschinen Interaktion beschrieben. Dabei sind die Kontaktpunkte der Rollen mit dem Blech besonders wichtig und das entstehende Biegemoment durch gezielte Zustellung der einzelnen Rollen kontrolliert.

Weiterhin beeinflussen Gravitationskräfte das Biegeergebnis, indem sie das Blech plastisch deformieren, was besonders bei dünnen und langen Blechen der Fall ist.

Von Hand geführte oder CNC-programmierte Biegemaschinen erfordern jahrelange Erfahrung des Maschinenbedieners, um den Zielradius zu erreichen. Um Fehlproduktionen zu vermeiden, wird der Maschinenbediener schrittweise an den Zielradius herantasten.

Durch Erfahrung kann sich der Maschinenbediener auf das spezifische Maschinenverhalten einstellen. Allerdings sind Unsicherheiten des Materials eine grosse Herausforderung und unterliegen nicht vernachlässigbaren Schwankungen.

BENDtronic

Ein Grossteil der genannten Herausforderungen werden durch eine Berechnungssoftware der Firma Haeusler adressiert. «BENDtronic» ist die Simulations- und Berechnungssoftware, die das Verhalten von Plattenmaterial in der Maschine berechnet und die erforderliche Zustellung der Rollen ermittelt. Die berechneten Maschineneinstellungen können direkt aus dem BENDtronic in einen CNC-Code umgewandelt werden, wodurch die Bedingung der Blechbiegemaschine optimal unterstützt wird.

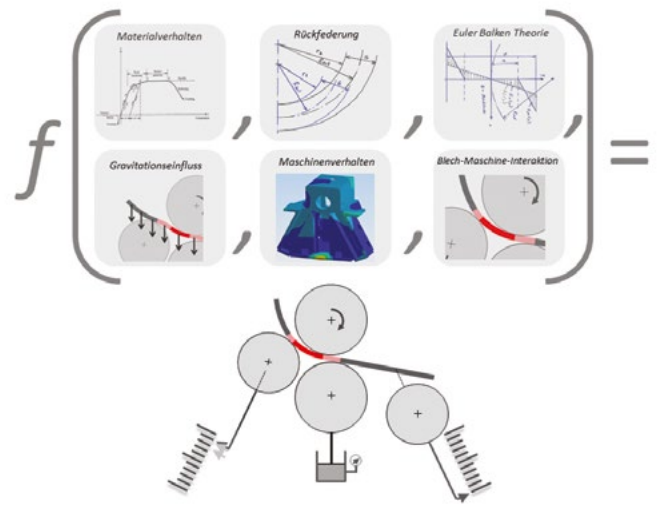


Abbildung 2: BENDtronic als Funktion

Die programmierten Positionen der Seitenwalze erzeugen das theoretisch berechnete Biegemoment, welches durch Einklemmen des Bleches zwischen Ober- und Unterwalze und dem Zustellen der Seitenwalze entsteht.

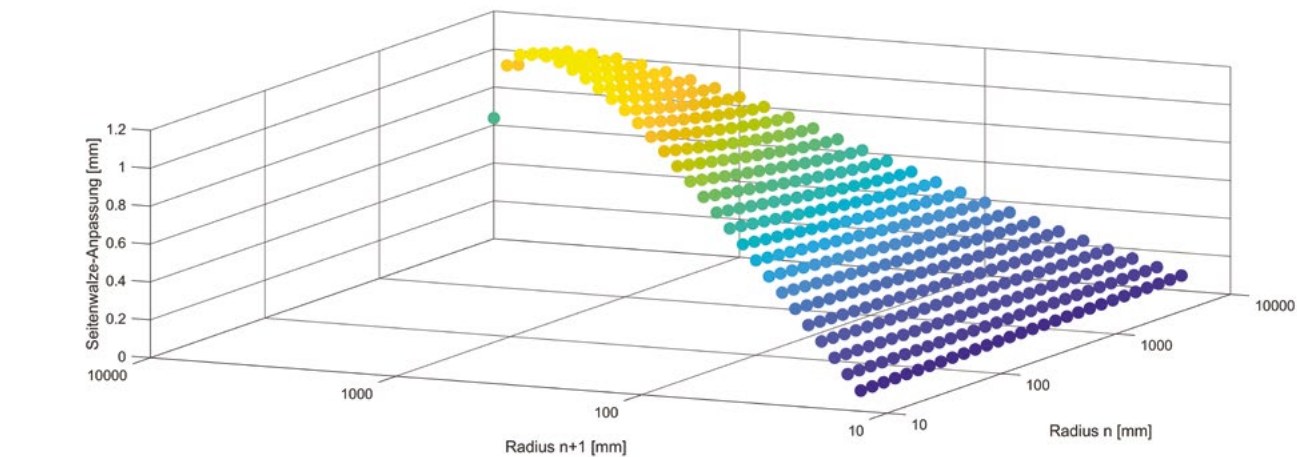


Abbildung 3: Darstellung zur messbaren Modellabweichung

Die Software ist ein wertvolles Hilfsmittel, um präzise zu biegen. Voraussetzung ist zum einen eine genaue Beschreibung der Maschine und dessen Eigenschaften im Biegeprozess und zum anderen, dass das Materialmodell vorhanden ist. Dabei sollte das verwendete Materialmodell mit dem im Prozess befindlichen Material übereinstimmen. BENDtronic liefert dafür eine umfangreiche Bibliothek mit diversen Materialmodellen, die beliebig ergänzt werden können. Weiter verfügt die Firma Haeusler über eine Bibliothek für Haeusler-Maschinen, womit die prozesskritische Blech-Maschinen Interaktion für den Biegeprozess simuliert werden kann.

Online-Systemidentifikation

Durch enge Zusammenarbeit der Firma Haeusler und dem Institut für Automation sind in detaillierten Untersuchungen die Modellabweichungen modelliert und alle relevanten Systemparameter identifiziert worden. Vor allem durch Sensitivitätsanalysen und Experimente sind drei wichtige Prozessparameter bekannt: Radius vor und nach dem Biegeschritt sowie die Seitenwalzenzustellung.

Während des Prozesses sind diese Daten zum Biegeverlauf zu berücksichtigen. Ein neu entwickeltes Verfahren quantifiziert die Modellabweichung während des Biegens in Echtzeit (Online) mit einer eigenen Identifikationsmethode. Abbildung 3 beschreibt die messbare Modellabweichung zwischen dem theoretischen Materialmodell und dem realen Material in der Blechbiegemaschine.

Mit Hilfe des Vorgehens kann die Vorsteuerung der Biegemaschine (BENDtronic) zur Prozesszeit verbessert werden und sowohl die Prozessqualität als auch den Bedienkomfort unmittelbar erhöhen.

Assistenzsystem für einen Radius in mehreren Zügen

Die neue Produktlinie von Biegemaschinen enthält umfangreiche Assistenzsysteme, z.B. für Single-Radius, Multi-Radii oder zur Belastungsanalyse der Maschine. Insbesondere für den Anwendungsfall ein Blech mit unbekanntem Material auf einen einzigen Zielradius zu biegen, unterstützt die Online-Systemidentifikation den Maschinenbediener optimal.

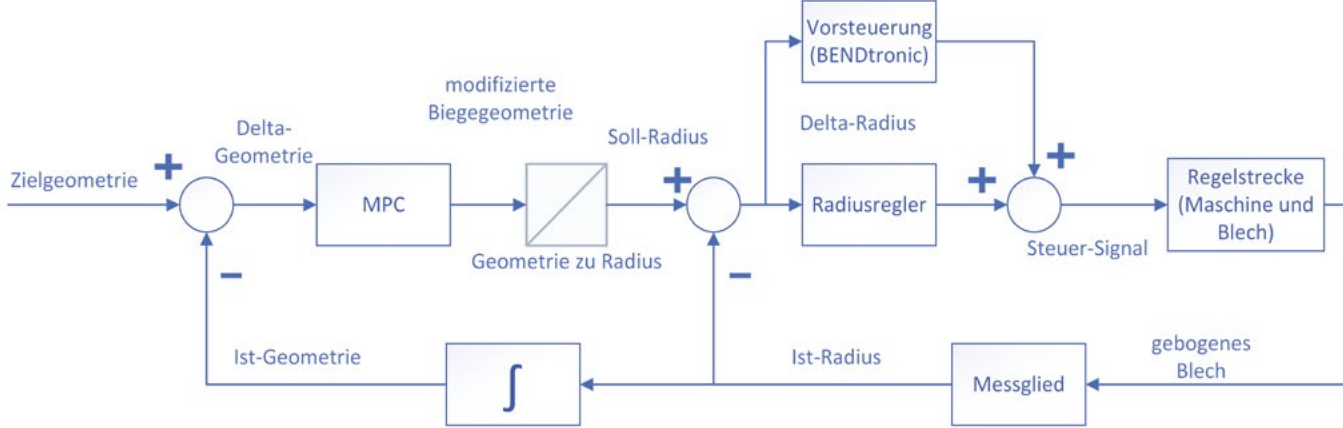


Abbildung 4: Prinzipschema des Regelkreises

Formgeregeltes Biegen durch modellprädiktive Regelung

Ergänzend zum erfolgreichen BENDtronic sind im gemeinsamen Forschungsprojekt vor allem die Themen zur verbesserten Maschinensteuerung und direkten Prozessregelung im Fokus. Zukünftig sollen dadurch Präzisionsumformungen von unbekannten Materialien beim erstmaligen Biegen ermöglicht werden. Die grösste Herausforderung bildet eine komplexe Zielgeometrie, welche durch mehrere unterschiedliche Radien definiert ist und in einem Zug präzise gebogen werden soll.

Ein neuer Formregler basierend auf dem Prinzip einer modellprädiktiven Regelung (MPC) ist dabei ein erster Bestandteil der Lösung. Dieser regelt die entstehende Blechgeometrie auf den Biegemaschinen. Versuche zeigen, dass dieser Formregler allein nicht die gewünschte Genauigkeit bei unbekannten Materialein im Testszenario erreicht und weitere Massnahmen erforderlich sind. Ein zusätzlicher Regelkreis für den Radius eines Biegesegments wird kaskadiert. Dabei können alle Vorzüge der aktuellen BENDtronic als Vorsteuerung berücksichtigt werden und dienen zusätzlich als Modell für den MPC-Regler. Das Prinzipschema dieses kaskadierten Regelkreises ist in der Abbildung 4 dargestellt. Die Resultate zeigen, dass dank dieser Struktur Bleche auch beim ersten Zug präzise gebogen werden können.

Erste Ergebnisse

In Biegeversuchen an einem Blechbiege-Prototypen werden drei verschiedene Regelverfahren verglichen. Dabei wird das Blech mit unbekannten Materialeigenschaften in einem einzigen Biegedurchgang gebogen.

Dabei zeigt sich, dass der kombinierte Ansatz aus Form- und Radiusregler das Biegen von Blechen präziser durchführt und robuster gegen Materialabweichungen ist. Durch die zusätzliche Identifikation der Modellabweichung wird die Vorsteuerung so verbessert, dass sofort zufriedenstellende Biegeergebnisse vorliegen.

Die zusammenfassenden Resultate sind in der Abbildung 5 ersichtlich. Die Sollgeometrie ähnelt im Profil einem «C» und ist im Hintergrund als Zeichnung im Massstab 1:1 erkennbar.

1. Open-Loop (vorgesteuert ohne Online-Systemidentifikation): zeigt eine ausgeprägte Abweichung und entsprechendes Verbesserungspotential

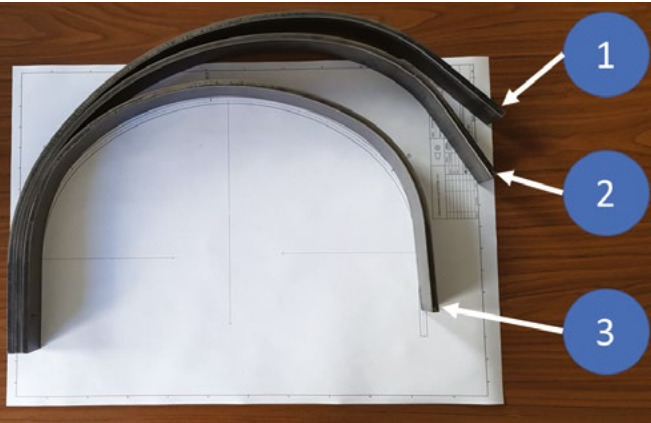


Abbildung 5: Resultate der verschiedenen Biegeversuche bei unbekanntem Material in einem einzigen Biegedurchgang

- 2. Kaskadierter Form- und Radiusregler: zeigt leichte Verbesserung, ist aber immer noch ungenügend im Erreichen der Zielgeometrie
- 3. Kaskadierte Regelungsstruktur mit Online-Systemidentifikation: zeigt minimale Abweichung zur Sollgeometrie mit geringem Verbesserungspotential

Schluss

Durch den Einsatz des kaskadierten Reglers mit Online-Systemidentifikation kann die Bedienung einer Blechbiegemaschine stark unterstützt werden. Der Technologieprototyp ist im Stande, sogar unbekannte Materialien auf Antrieb in die gewünschte Sollgeometrie zu biegen. Das Forschungsvorhaben wird von der Innosuisse gefördert. Basierend auf den vielversprechenden Ergebnissen wird im Weiteren eine Automationslösung anvisiert.

Industriepartner

HAEUSLER AG, Dr. Alexander Zwahlen, azwahlen@haeusler.com

Projektteam

Max Edelmann, Wissenschaftler Mitarbeiter, max.edelmann@fhnw.ch
Andi Sonderegger Wissenschaftlicher Assistent und Masterstudent MSE, andrej.sonderegger@fhnw.ch
Bastiaan Westerholt, Bachelorstudent Systemtechnik, bastiaan.westerholt@students.fhnw.ch
Noah Winkler, Wissenschaftlicher Assistent und Masterstudent MSE, noah.winkler@fhnw.ch

Diagnosemethodik für industrielle Wärmepumpen

Wärmepumpen und Kältemaschinen werden heute in festgelegten Zyklen gewartet, was massgebende Wartungskosten verursacht. Im Gegensatz dazu soll die vorgeschlagene Lösung eine zustandsbasierte Wartung und Betriebsoptimierung ermöglichen. Der Zustand der Maschinen wird laufend erfasst, und automatisch werden entsprechende Massnahmen empfohlen.

Andreas Elmiger



Abbildung 1: Schweizweite Übersicht zum Zustand der gewählten Feld- und Prüfstandwärmepumpen aus der entwickelten LabVIEW Software

Die grundlegende Idee des Projekts ist die Entwicklung eines Diagnosesystems, welches in Wärmepumpen mit üblicher Sensorik implementiert werden kann. Aufgrund dieser Anforderung wurde auf jegliche Messung von Massenströmen sowie zusätzliche Kältemittelsensorik verzichtet. Anhand von Druck- und Temperaturmessungen im Kältekreis sowie einer Leistungsmessung am Verdichter sollten nun die Zustände aller Komponenten unabhängig vom Einsatzort im stark gekoppelten System der Wärmepumpe geschätzt werden. Für die Umsetzung des Diagnosesystems wurde die Softwareumgebung LabVIEW mit Einbindung der Kältemittelbibliothek von Refprop gewählt.

An der Wärmepumpe wurden folgende Fehler untersucht:

- Fouling an Verdampfer und Kondensator
- Beeinflussung des Quellen- und Senkenmassenstroms
- Fouling am Filtertrockner
- Austritt von Kältemittel
- Kältemittel-Rückfluss im Verdichter

Der Fokus lag hierbei auf graduellen Verschlechterungen des Zustands durch Alterungsprozesse oder nicht regulärem Betrieb. Das Diagnosesystem ersetzt nicht die Sicherheitskette der Maschine.

Vorgehen

In einem ersten Schritt wurde eine Wärmepumpe des Herstellers Viessmann für die künstliche Fehlersimulation modifiziert. Dies gelang durch den Einsatz diverser Drossel- sowie Bypass Ventile sowie zusätzlicher Modifikationen im Kältekreis. Die vom Prüfstand gewonnen Daten wurden ausgewertet und auf Fehlermuster untersucht. Gleichzeitig wurde im Rahmen einer Masterarbeit ein umfangreiches dynamisches Modell der Wärmepumpe entwickelt. Die extrahierten Fehlermuster und das dynamische Modell wurden verwendet, um ein vereinfachtes Modell für quasistationäre Zustände der Wärmepumpe zu entwickeln. Dieses wurde dann anhand von Daten des Prüfstands validiert.

Es geht hauptsächlich darum, dass wir aus einem sehr umfangreichen Modell ein reduziertes, simpleres Modell extrahiert haben. Das simple Modell hat den Vorteil besser übertragbar zu sein, zudem ist es massiv einfacher die Parameter für dieses Modell richtig einzustellen.

In einer zweiten Phase wurde als Teil von zwei Studierendenprojekten ein zusätzlicher Prüfstand mit unterschiedlicher Instrumentierung, verdichteter Art sowie anderem Kältemittel analog zum ersten Prüfstand modifiziert und mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet. Der zweite Prüfstand konnte nun verwendet werden, um die gewonnenen Modelle des ersten Prüfstands zusätzlich zu verifizieren und durch neue Features zu erweitern.

Parallel dazu wurden drei Feldanlagen ähnlicher Leistungskategorie (ca. 100 kW Heizleistung) mit einer Data-logging Einheit ausgerüstet. Die Daten der drei Feldanlagen, mit unterschiedlicher Bauart und unterschiedlichen Kältemitteln, wurden ebenfalls verwendet, um die Soft-

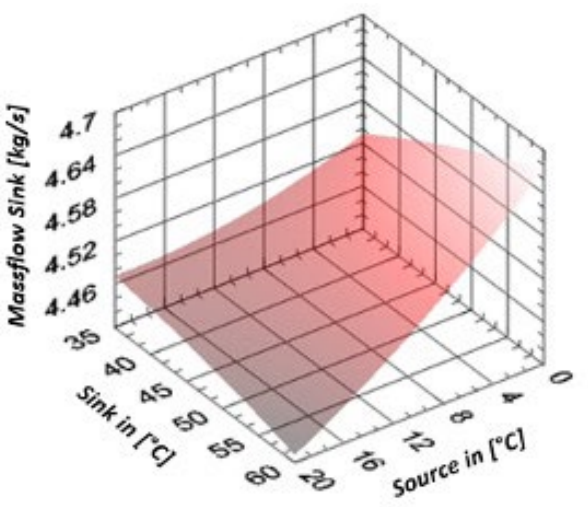


Abbildung 2: Nichtlineares Verhalten des berechneten Massenstroms in Abhängigkeit der Quellen- und Senken Eintrittstemperatur

ware auszubauen und mit felddauglichen Detektionsalgorithmen sowie Filtermethoden auszustatten. Zu den Verbesserungen gehörte beispielsweise ein wärmepumpenspezifischer Steady-State Detektor ohne Einstellparameter.

In einem letzten Schritt wird im Rahmen eines Studierendenprojektes der zweite Wärmepumpenprüfstand verwendet, um anhand der gewonnen Logdaten eine Feldtestanlage zu emulieren. Die emulierten Betriebsdaten der Feldanlage werden im Rahmen einer Bachelorthesis verwendet, um diese am Prüfstand, anhand der verbauten Modifikationen, mit Fehlern zu überlagern und somit eine finale Verifikation der Methodik und Fehlersensitivitäten mit realen Verläufen zu ermöglichen.

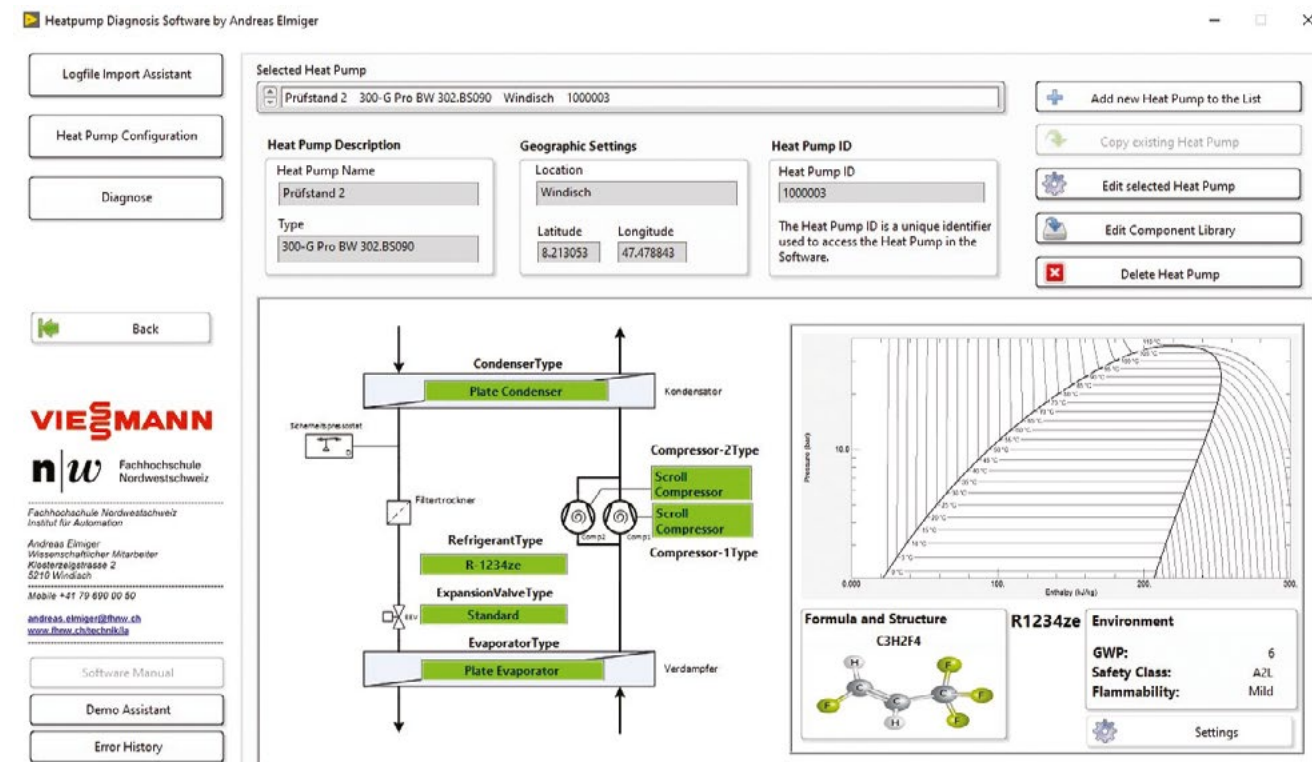


Abbildung 3: Konfiguration der Wärmepumpe in der Diagnosesoftware anhand einer hinterlegten Bibliothek an Komponenten für ein Layout mit zwei parallelen Verdichtern

Lösung

Die Lösung umfasst ein speziell für die Diagnose entwickeltes quasistationäres Modell. Das Modell verwendet eine Kombination aus Parametern und mehrdimensionalen Kennfeldern. Das so entstandene nichtlineare Modell wurde verwendet, um den Nominalzustand der Wärmepumpe über das gesamte Kennfeld zu extrahieren. Anhand des so eingefangenen Nominalzustands konnten Abweichungen diverser Features detektiert werden. Die verwendete Methodik erweitert die Gültigkeit des Diagnosesystems über das ganze nichtlineare Kennfeld der Wärmepumpe. Im internationalen Vergleich besticht die Methode durch die Anwendbarkeit am gesamten Betriebsfeld, wohingegen sich andere Methoden fast ausschliesslich auf einzelne Betriebspunkte beschränken.

Die Abweichungen der Features wurden in einem mehrstufigen Verfahren detektiert und isoliert. Mit vom Hersteller definierten Operationsgrenzen sowie Grenzwerten der Komponente konnten die Features zusätzlich klassifiziert werden. Der daraus resultierende Komponenten-zustand zeigt somit keine relative Abweichung vom Nominalzustand der Komponente, sondern bezieht sich auf den absoluten Zustand eben dieser. Diese Erweiterung ermöglicht eine präzise Abschätzung der aktuell nötigen Massnahmen.

Die entwickelte LabVIEW Software umfasst eine Bibliothek an verschiedenen Komponenten und kann so für unterschiedliche Konfigurationen optimal eingestellt werden. Die Bibliothek ist anhand eines Software Interfaces einfach erweiterbar. Kältemitteldaten müssen nicht manuell eingepflegt werden, sondern werden anhand der Bezeichnung aus der Kältemitteldatenbank von RefProp extrahiert.

Ein grosser Fokus der Diagnosemethodik lag auf der Detektion von multiplen, simultan anliegenden Fehlern der Wärmepumpe. Hierzu wurden diverse Messungen an den zwei Prüfständen durchgeführt und ausgewertet. In der Abbildung 4 ist eine Zusammenfassung der Fehlerkombinationen bestehend aus zwei simultanen Fehlern zu sehen. Grüne Kombinationen sind mit der Methodik ohne Einschränkungen detektier- und klassifizierbar. Orange und gelbe Kombinationen waren ebenfalls detektierbar, wiesen jedoch eine geringere Sensitivität als grüne Kombinationen auf. Jegliche untersuchte Einzelfehler konnten ohne Einschränkung detektiert und klassifiziert werden.

Zusammenfassung

- Anhand der Daten der Feldtests und der Prüfstände konnte gezeigt werden, dass
- die ausgewählten Einzelfehler ohne Einschränkungen über den gesamten Betriebsbereich der Wärmepumpe erkannt und klassifiziert werden können.
 - multiple simultan anliegende Fehler mit minimalen Einschränkungen ebenfalls über den gesamten Betriebsbereich erkannt und klassifiziert werden können.
 - die entwickelte Methodik im Feld realisierbar ist
 - für die ausgewählten Fehler die, im globalen Vergleich, höchste Sensitivität erreicht werden konnte.

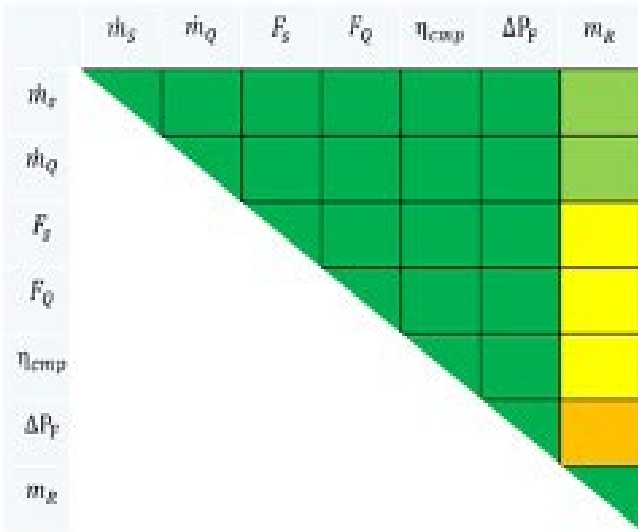


Abbildung 4: Detektionsmöglichkeiten multipler Fehler aus Massenstrom Senke und Quelle (m_s, m_Q), Fouling Senke und Quelle (F_s, F_Q), Zustand Verdichter (η_{comp}), Zustand Filtertrockner (ΔP_F), Kältemittelmenge (m_R)

Projektteam

Prof. Dr. David Zogg, Advisor / Betreuer

Masterstudierende:

Andreas Elmiger, MSc FHNW in Engineering, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand
Daniel Treyer, MSc FHNW in Engineering, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand
Hannes Amport, MSc FHNW in Engineering

Alex Urech, Student Systemtechnik 5. Semester
Simon Werner, Student Systemtechnik 6. Semester
Noah Schrittwieser, Student Systemtechnik 5. Semester
Florian Berger, Student Systemtechnik 6. Semester

Diego Mäder, Student Energie und Umwelttechnik 5. Semester

Auftraggeber: Viessmann Schweiz AG

Ihre Weiterbildung in Automatisierungstechnik

MAS Automation Management – die Weiterbildung für angehende Projektleiter von Automationsprojekten und Ingenieuren, die ihr Fachwissen aktualisieren möchten.

Die Teilnehmenden profitieren dabei vom Netzwerk verschiedener Fachhochschulen und ihren Kompetenzen.

Nächster Start: September 2021

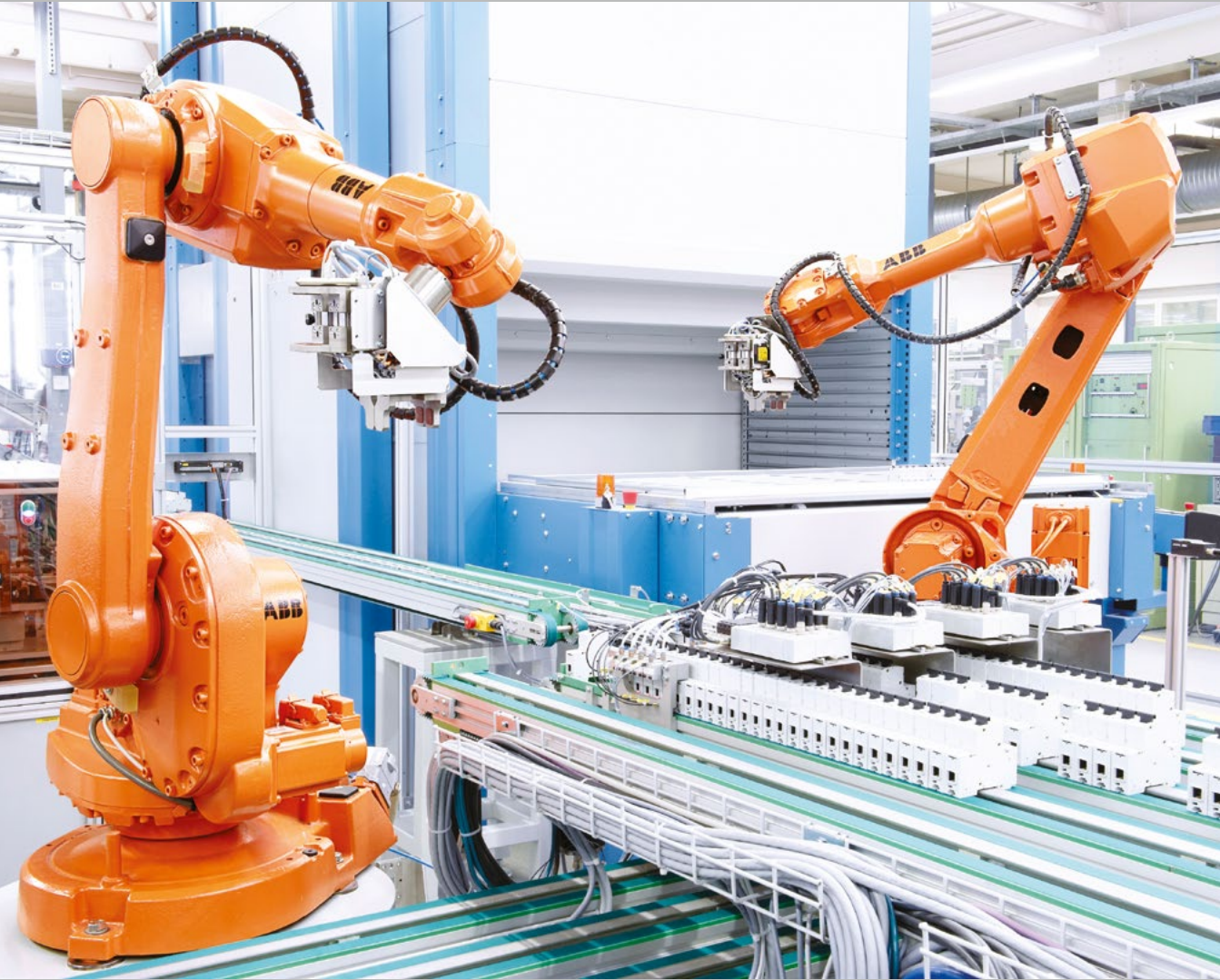
www.fhnw.ch/mas-automation

Kontakt

Jürg P. 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:

www.fhnw.ch/weiterbildung-technik



Evaluation einer Automationslösung für den Werkzeugbau

Wie lässt sich die Maschinenauslastung erhöhen, ohne zusätzlich bemannte Nacht- oder Wochenendschichten einführen zu müssen? Der Bau einer neuen Fertigungshalle und der Ersatz ausgedienter CNC-Maschinen rufen nach einer optimalen Automationslösung, um in Zukunft auch in Geisterschichten teure Stillstandzeiten der Anlagen auf ein Minimum zu reduzieren.

Thomas Moser



Abbildung 1: Zukünftiger CNC-Maschinenpark zum Designfräsen von Kokillen für die Felgenproduktion

Die RONAL GROUP gehört zu den führenden Herstellern für qualitativ hochwertige Leichtmetallräder für die PW-Erstausrüstung, den Zubehörmarkt, sowie für diverse Nutzfahrzeuge. Das seit 1969 existierende Unternehmen beschäftigt heute weltweit mehr als 8000 Mitarbeiter und bildet mit seinen Leistungen die gesamte Prozesskette ab, wobei alle Produktionsschritte – von der Konstruktion über den Werkzeugbau bis zum Endprodukt – an modernsten Produktionsanlagen ausgeführt werden. Innovative Prozesse und eigens entwickelte Technologien beweisen die Innovationskraft und den hohen Qualitätsanspruch des Unternehmens. Die zur RONAL GROUP gehörende Tochterfirma RON AG, mit Sitz in Härkingen (SO), stellt unter anderem Kokillen auf CNC-Fertigungsmaschinen her, mithilfe derer innerhalb der Unternehmensgruppe Räder im Niederdruck-Giessverfahren produ-

ziert werden. Das aufwändige Verfahren und die extrem lange Fertigungsdauer der Kokillen erfordern eine möglichst hohe Maschinenauslastung, um rentabel fertigen zu können. Während Geisterschichten über die Wochenenden werden aktuell fertig bearbeitete Werkstücke der CNC-Maschinen nur teilweise entladen, weswegen es zu unerwünschten Stillstandzeiten der Maschinen kommen kann. Verglichen mit der aktuellen Situation der CNC-Maschinen sieht RON AG mit einer neuen Automationslösung ein Verbesserungspotenzial von bis zu 20% bezüglich der Maschinenauslastung. Im Rahmen der Errichtung einer neuen Fertigungshalle und dem damit einhergehenden Ersatz von ausgedienten Werkzeugmaschinen, soll nun für die bisherige Automation eine neue, innovative Lösung evaluiert werden.

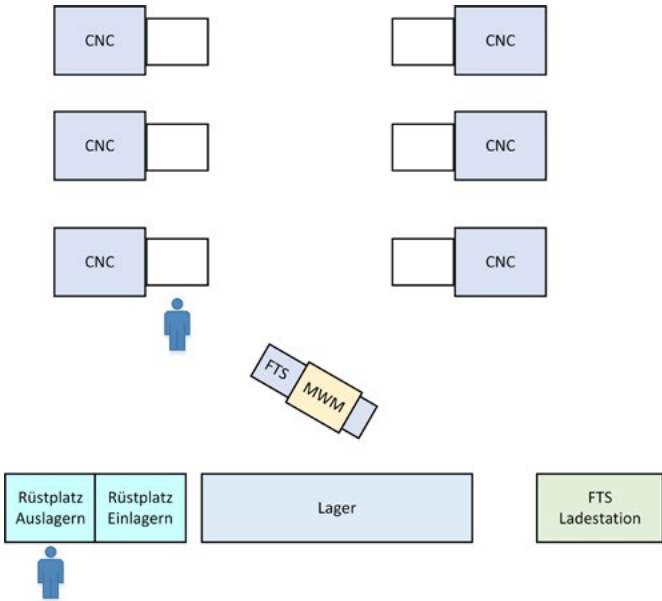


Abbildung 2: Automation mit fahrerlosem Transportsystem (FTS)



Abbildung 3: Mobiles Wechselmodul (MWM) vor CNC-Maschine zur Be-/Entladung eines Werkstücks

Evaluation von Automationslösungen

Zur Erhöhung der Maschinenauslastung der zukünftigen Design-Fräsmaschinen in der neuen Fertigungshalle (Abb. 1) unterstützte die FHNW in Form eines Dienstleistungsprojekts die Firma RON AG bei der Evaluation einer optimalen Automationslösung. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine Anforderungsliste an die Lösung erstellt, mit der mögliche Realisierungskonzepte miteinander verglichen werden können. Zusätzlich wurden die Kriterien gemäss den Ansprüchen und Wünschen seitens RON AG gewichtet. In Zusammenarbeit mit RON AG wurden diverse unterschiedlichste Lösungsvarianten erarbeitet, welche nachfolgend aufgelistet sind:

- Keine Intralogistik: Ausrüsten der CNC-Maschinen mit einem 3-fach-Wechsler

- Fahrerloses Transportsystem (FTS) mit Portaleinheit für die Be-/Entladung der Fertigungsmaschinen
- Stapelkran, welcher den mit Seilen ausgestattete Hallen-kran ersetzen soll
- Portalkran über den Fertigungsmaschinen (entweder je eine Achse, oder Flächenportal)
- Schienengebundener 6-Achs-Roboter
- Shuttle-System auf Schiene

Die erarbeiteten Lösungsansätze wurden einer Nutzwertanalyse unterzogen, wodurch sich auf Grund der hohen Flexibilität und des Innovationsgrades eine Intralogistik mit FTS abheben konnte.

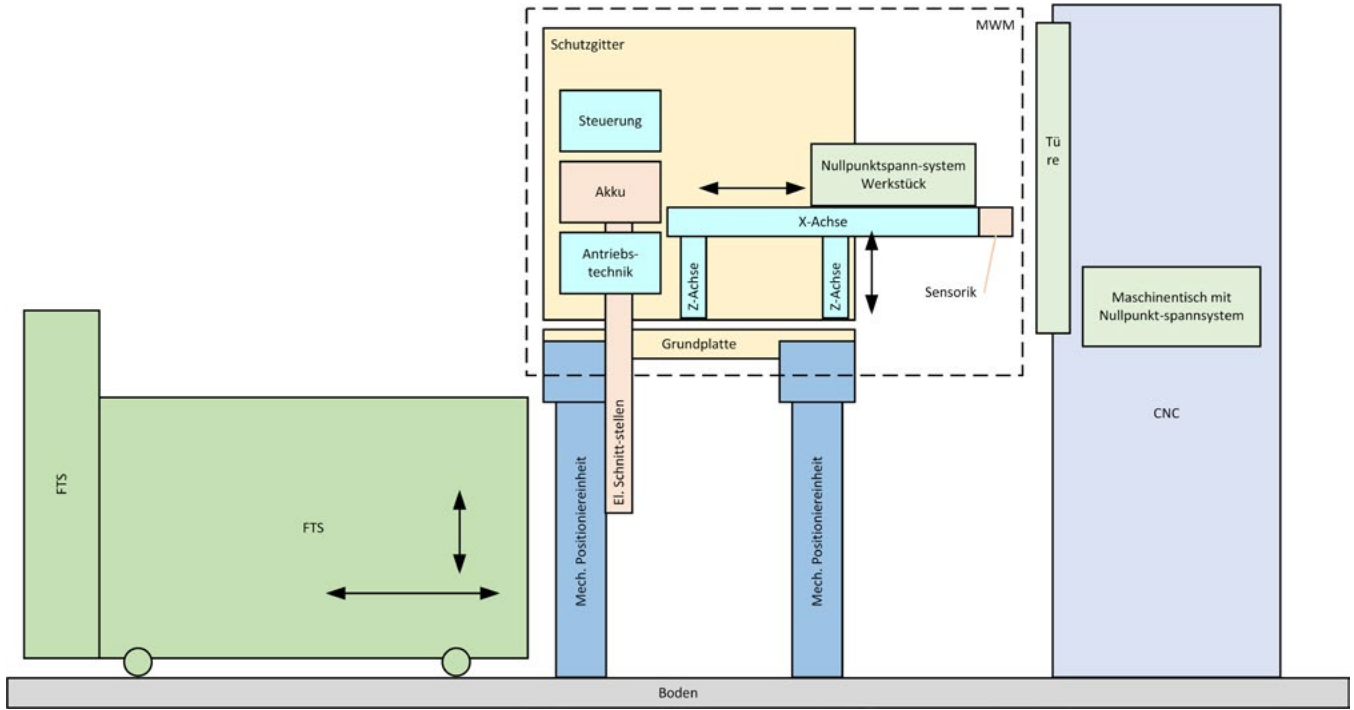


Abbildung 4: Aufbau der mobilen Wechseleinheit, welche durch ein FTS vor den CNC-Maschinen positioniert wird

FTS mit mobilem Wechselmodul

Als Grundlage für die Erstellung eines Lastenheftes und das darauffolgende Einholen von Offerten bei Anbietern von Automationslösungen, erstellte die FHNW zusammen mit RON AG ein grobes Lösungskonzept für die Automation mit einem fahrerlosen Transportsystem (FTS) (Abb. 2). Um zu vermeiden, dass Anlagen während der Geister-schichten für längere Zeiten stillstehen, soll ein FTS voll-automatisiert die gefertigten Werkstücke bei den CNC-Maschinen abholen und anschliessend mit neuen Rohteilen beladen. Die Mitarbeiter können somit z.B. vor dem Wochenende genügend Rohteile am Rüstplatz vorbereiten und diese ebenfalls durch das FTS einlagern lassen. Um die hohen Positionsanforderungen in den Maschinen zu erfüllen, transportiert das FTS jeweils ein mobiles Wechselmodul (MWM), welches vor den Maschinen gemäss Abb. 3 positioniert wird und anschliessend das Werkstück mit höchster Präzision auf dem Maschinentisch platziert. Ein grober Aufbau der Wechseleinheit ist in Abbildung 4 dargestellt. Durch die mobile Automationslösung mit dem minimalen Aufbau vor den Maschinen zur Positionierung des MWM (vgl. Abb. 1), sind die Anlagen stets für Wartungen oder manuelle Prozesse problemlos zugänglich. Die Belieferung der betroffenen Maschine muss dafür lediglich in der FTS-Steuerung temporär gesperrt werden.

Ausblick

In Form eines Dienstleistungsprojektes unterstützte die FHNW die Firma RON AG bei der Evaluation einer möglichst optimalen Automationslösung und erarbeitete ein Konzept für ein mobiles Wechselmodul, welches als Schnittstelle zwischen dem FTS und den Maschinen funktioniert. Mit diesem groben Konzept als Grundbasis wird RON AG mit diversen Anbietern von Automationslösungen Kontakt aufnehmen, um die Möglichkeiten bezüglich einer Realisation des geplanten Vorhabens zu prüfen. Basierend auf spezifischen Angeboten soll somit in unmittelbarer Zukunft die definitive Umsetzung der Automationslösung festgelegt werden. Der geplante Neubau soll ab Sommer 2020 bezugsbereit sein.

Industriepartner

RON AG, Andreas Bachofner, Projektleiter Produktionsautomation

Projektteam

Prof. Dr. Roland Anderegg, Projektleiter,
roland.anderegg@fhnw.ch
Daniel Treyer, MSc FHNW in Engineering,
wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand
Thomas Moser, MSc FHNW in Engineering,
wissenschaftlicher Assistent

Industrie 4.0 Digitale Zwillinge in der Fertigung

Aufbauend auf neuesten Datenformaten in der Werkzeugmaschinenindustrie, so z.B. model based Design MBD-Formate (AP 242) wird im Rahmen eines Forschungsprojektes die Fertigung mit Hilfe digitaler Bauteilzwillinge automatisiert optimiert und die Prozess-sicherheit, insbesondere die Qualität der Toleranzen, maximiert. Kernelement ist hierfür der digitale Zwilling eines zu fertigenden Bauteiles, welcher sämtliche Plan- und Istdaten zusammenführt und als Planungsinstrument für die Fertigung dient.

Roland Anderegg



Abb. 1: Mechanische Bearbeitung, rotative und kubische Werkzeugmaschinen für die Herstellung hochpräziser Einzel- und Serienbauteile.

Ausgangslage

Im Rahmen eines KTI-Projektes mit dem Industriepartner FaesPWR-ESTECH AG in Rüti wird eine digitale Fertigung 4.0 realisiert. Zielsetzungen sind die Erhöhung der Prozesssicherheit, die vollautomatisierte Fertigung inklusive Korrekturmassnahmen und die Steigerung der Produktivität des Umsetzungspartners. FaesPWR-ESTECH AG ist spezialisiert auf die Herstellung hochpräziser mechanischer Metallteile und gehört zu den führenden schweizerischen Präzisionsfertigern in der Herstellung von Serien.

Diese Zeit der zeitaufwändigen Erstellung von 2D-Zeichnungen ist definitiv vorbei. Disruptiv ersetzt werden sie von MBD-Files (Model-Based Definition), welche Informa-

tionen zur 3D-Geometrie sowie den angebrachten Qualitätsanforderungen digital verlinkt zur Verfügung stellen. Durch diesen Wandel wird die letzte digitale Lücke im Fertigungsprozess geschlossen und eine modellbasierte Produktion ermöglicht. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass ein direkter Zusammenhang zwischen gefertigter Bauteilqualität und den durchgeführten Bearbeitungsoperationen am Fertigungsteil hergestellt werden kann. Insbesondere der Fertigungsplan, die zugehörige Programmierung der Werkzeugmaschinen und der Prüfplan samt Prüfmaschinenprogrammierung stellen bisher zwei voneinander völlig unabhängige Prozesse in der mechanischen Fertigung dar. Ein aktuelles Beispiel ist in Abb. 1 dargestellt.

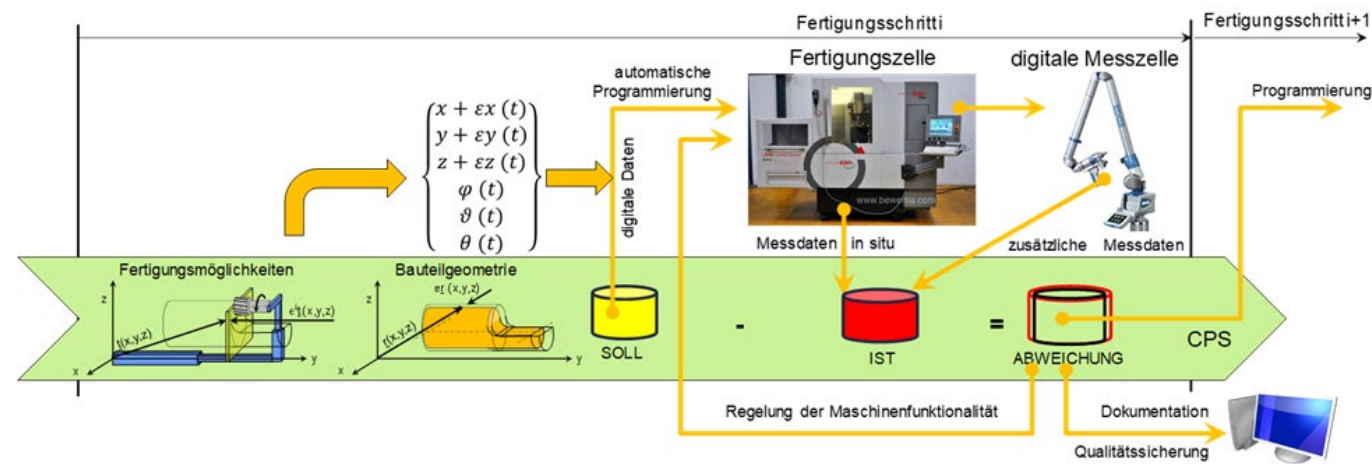


Abb. 2: Grundprinzip einer digitalen Fertigung Industrie 4.0. Der Soll-Ist-Vergleich eines Bauteils fließt zurück an die Programmierstelle, der Fertigungsprozess wird autonom nachjustiert.

Projektziele

Es soll ein innovativer, neuartiger Algorithmus zur Berechnung der optimalen Korrekturmassnahmen eines ausser Toleranz gefertigten Werkstückes entwickelt werden. Dadurch sollen Missverständnisse zwischen dem Polymechaniker und dem Messtechniker (hauptsächlich verursacht durch inkonsistente Bezeichnungen) beseitigt, sowie digital beschriebene Korrekturvorschläge angezeigt werden. In einem weiteren Schritt können diese Korrekturen in einer CAM-Software automatisiert umgesetzt und ein sich selbst regelnder Fertigungsprozess erschaffen werden, vgl. Abb. 2. Kernpunkt ist die digitale Verknüpfung der Fertigungsanweisungen mit den Mess- und Prüfpunkten eines Bauteils, welche automatisch miteinander verbunden werden. Dies heisst, dass bei einem Messpunkt automatisch auch dessen erfolgte Bearbeitung zusammen mit der digitalen Geometrie abgespeichert wird. Dies entspricht dem Konzept eines digitalen Zwillings (digital twin) eines Fertigungsteils und erlaubt es, sämtliche Manipulationen der realen Welt parallel und zeitgleich digital zu planen, durchzuführen und zu überprüfen. Der digitale Zwilling ist eine Anwendung des Konzeptes des Cyber-Physischen Systems von Industrie 4.0.

Modellbasierte mechanische Fertigung

Eine modellbasierte mechanische Fertigung basiert, wie der Name bereits verrät, auf einem virtuellen Modell. Dazu wird zum Beispiel ein MBD-File wie das standardisierte und einfach lesbare STEP AP242 Format verwendet, welches bereits seit 2015 existiert. Die dadurch gewonnene Verlinkung zwischen Toleranzangaben und der Geometrie eines Werkstückes führt dazu, dass durch den gesamten Fertigungsprozess eindeutige Bezeichnungen für die 3D-Formaspekte und die angebrachten PMIs (Product Manufacturing Informations) verwendet werden. Dadurch werden digitale Abhängigkeiten zwischen dem MBD-File, dem Prüfplan und dem Messprotokoll erschaffen, wodurch für nicht eingehaltene Toleranzbedingungen optimale Korrekturmassnahmen berechnet werden können.

Die Fertigungs- und Geometriedaten werden in Form eines digitalen Bauteilzwillings mitgeführt und den jeweiligen Programmierereinheiten oder Analysesoftwaren zur Verfügung gestellt, vgl. Abb. 3. Diese Zwillinge dienen der lückenlosen Qualitätsverfolgung (Total Quality Management TOM) und können auch dem Auftraggeber des Bauteils für seine Konstruktions- und Entwurfsoptimierung wiederum zur Verfügung gestellt werden.

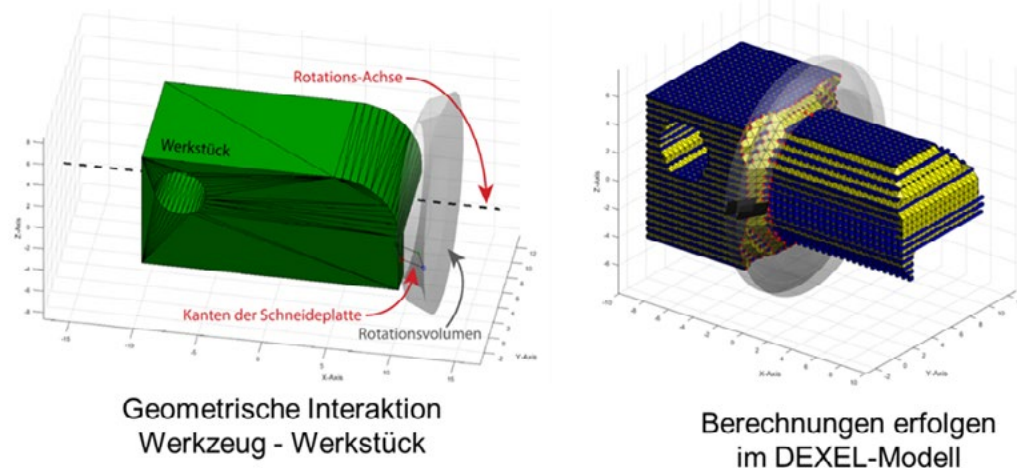


Abb. 3: Beispiele digitaler Zwillinge für mechanische Bauteile. Die zugehörigen Daten stellen die Basis für den Soll-Ist-Abgleich der Geometrie und daraus abgeleitet die Korrekturmassnahmen der Werkzeugmaschinen-programmierung dar.

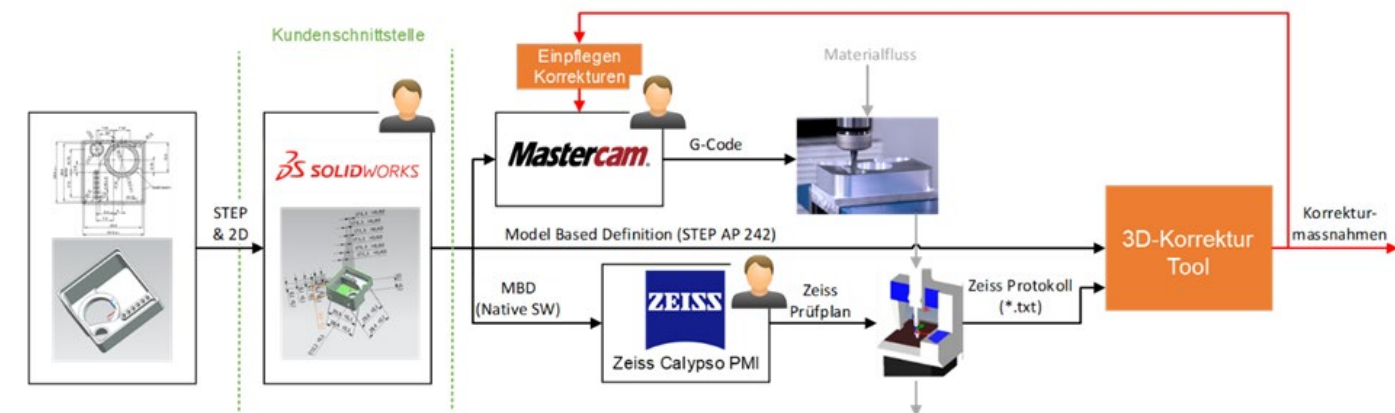


Abb. 4: «Model-based Enterprise» in der mechanischen Bearbeitung, prinzipielle Darstellung der digitalen Fertigung durch Mitführen eines digitalen Zwillings. Die Hauptinnovation bezieht sich auf die Modellierung der Fertigungstechnik im 3D-Korrektur-Tool.

Prüfmasse, welche ausserhalb der zugelassenen Toleranz liegen, müssen zur Berechnung einer optimalen Korrektur erkannt, analysiert und verarbeitet werden. Zudem soll geprüft werden, ob auch tatsächlich die vom Kunden erforderten Prüfmasse eines Werkstückes gemessen wurden oder ob es unerwünschte Abweichungen der geometrischen Lage oder dem Toleranzwert gibt. Diese Funktionen sowie die Visualisierung der optimalen Korrekturmassnahmen werden in einem neuartigen «Korrektur-Tool» umgesetzt. Dieses Korrekturtool erstellt die möglichen Bauteilkorrekturen auf Basis der Sollabmessungen eines Werkstücks und der Isttoleranzen, unter deren Wirkung die geforderten Funktionstoleranzen noch eingehalten werden können oder stellt automatisch fest, dass das Bauteil nicht mehr nachgebessert werden kann und Ausschuss ist. Dieser Fertigungsprozess wird model-based Enterprise bezeichnet, vgl. Abb. 4.

Ausblick

Der entwickelte Korrekturalgorithmus wird in einem nächsten Schritt als Hauptteil eines speziell zu entwickelnden Korrektur-Tools implementiert, welches in Zukunft den Polymechaniker bei der Umsetzung von Korrekturmassnahmen unterstützen soll. Der Fokus liegt dabei grundsätzlich auf der Generierung von digitalen Links zwischen allen Fertigungs- und Prozessgrössen des Unternehmens, da dies die Grundlage einer effizienzsteigernden digitalen Produktion bildet. Der Korrekturalgorithmus wird durch ein umfangreiches Simulationsmodell der Fertigungsumgebung ergänzt. Diese Simulationsumgebung soll die Fertigungsmöglichkeiten wiederum in Form eines digitalen Zwillings, hier aber des Bearbeitungsprozesses, gestalten werden. Mit Hilfe der aktuellen Messwerte an Bauteil und Werkzeugmaschine wird der spezifische Fertigungsprozess autonom simuliert und die zugehörigen Maschi-

neneinstellungen ermittelt. Beispielsweise können Temperatureinflüsse, welche ein Warmlaufen von Maschinen bisher notwendig machen, in der Maschinenprogrammierung berücksichtigt werden. Der digitale Zwilling führt dabei die aktuellen Temperaturverhältnisse nach und korrigiert laufend im Bearbeitungsverfahren die Bahnplanung (G-Code) der Werkzeugmaschine. In Kombination mit den bereits bestehenden digitalen Werkzeugen kann die Fertigung temperaturabhängig laufend überwacht und optimiert werden. Dies ermöglicht einen weiteren Schritt in der Autonomie der mechanischen Fertigung.

Industriepartner

Projektteam

Prof. Dr. Roland Anderegg, Projektleiter,
roland.anderegg@fhnw.ch

Messüberwachung einer Eigenverbrauchsgemeinschaft mit Strombörse

Eine Mehrfamilienhaus-Überbauung nach dem Minergie-P-Eco Standard ist heutzutage keine Seltenheit mehr. Die Überbauung in Möriken-Wildegg AG mit insgesamt 36 Wohnungen in 4 Häusern ist aber etwas Besonderes. Ein Eigenverbrauchsmanager für die Steuerung und automatische Abrechnung des Energiebezuges nach dem Prinzip des Real-Time-Pricings, überwacht und organisiert weitgehend den Stromverbrauch der gesamten Siedlung. Das Bundesamt für Energie BFE unterstützt das Projekt zur Realisierung dieser neuartigen "Strombörse" und verlangt dabei Betriebs-Kontrollmessungen zur Beurteilung deren Funktion und Wirkung.

Hans Gysin



Abbildung 1: Sicht auf die Fassade eines der Gebäude. Gut sichtbar ist hier die Fassaden-PV-Anlage an der rechten Fassadenseite. Alle Dach- Brüstungs- und Fassaden-PV-Anlagen zusammen haben in dieser Überbauung eine PV-Leistung von über 160 kWp. Die erwartete Jahresenergieproduktion ist damit etwas grösser als der geplante Energieverbrauch der Überbauung. Wir reden hier also von Plusenergiehäusern.

Problematik

Ein "vollelektrischer" Gebäudekomplex, wie dies die Überbauung in Möriken-Wildegg darstellt, hat bezüglich Energieerzeugung und -verbrauch eigene Regeln. Die Energieerzeugung via Photovoltaik-Anlagen ist zum Beispiel "stur". Auch mit der besten Steuerung kann diese Erzeugung nicht kontrolliert werden. Wir sind also hier absolut Wetter und Jahreszeit abhängig. Beim Energieverbrauch hingegen können wir mehr oder weniger eingreifen. Währenddem z.B. das Licht hauptsächlich nachts gebraucht wird, können Geräte wie Waschmaschine und Geschirr-

spüler zu einem gewählten Zeitpunkt betrieben werden. Kommen noch Speicher ins Spiel wie hier in Möriken die Heiz- und Warmwasserspeicher, dann können auch Heizung und Warmwassererzeugung bezüglich Energieverbrauch im Tagesverlauf "geschoben" werden.

Stellt man dem Strompreis von ca. 20 Rp/kWh für den Strombezug die knapp 6 Rp/kWh für die Rückspeisung von PV-Strom gegenüber, dann liegt es auf der Hand, soviel wie möglich des erzeugten Stromes auch selbst zu verbrauchen. Und eben dies ist der Grund, warum diese Anlage in

Möriken-Wildegg einen Eigenverbrauchsmanager bekommen hat. Im Vordergrund steht also eine Strompreisoptimierung für die Mieter und Wohnungseigentümer dieser Überbauung. Damit die Bewohner motiviert sind, bei dieser Verbrauchsoptimierung mitzumachen, wurde dieser Eigenverbrauchsmanager mit einer Strombörse ergänzt und den Bezüglern variable, günstigere Stromtarife bei Eigenverbrauch in Aussicht gestellt.

Die gesamte Steuerung des Eigenverbrauchs und die Realisierung der Strombörse bis zur Verrechnung der Bezugskosten bedingt einen relativ grossen Messaufwand. Neben den Wärmezählern sind in der gesamten Anlage rund 80 elektrische Energiezähler installiert. Diese Energiezähler dienen neben ihrer Funktion zur Steuerung der Strombörse auch zur Kontrolle der Funktion und Wirksamkeit dieser Art des Zusammenschlusses zu einer Verbrauchsgemeinschaft.

Das Institut für Automation kann mit diesen Daten den Auftrag des Bundesamtes für Energie zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit und Feststellung der Wirksamkeit durch eine einjährige messtechnische Überwachung wahrnehmen.

Vorgehen / Umsetzung

Für die gesamte Anlage ist nur ein gemeinsamer Energiezähler installiert. Von diesem bidirektionalen Stromzähler der RTB Möriken-Wildegg sind Viertelstunden-Leistungswerte des Energiebezuges oder der Rückspeisung der gesamten Anlage verfügbar. Die Energieverteilungen und -produktionen innerhalb der Anlage werden mit internen Zählern überwacht. Es sind die gleichen Messgeräte und Zähler, die für den Eigenverbrauchs-Manager, also für die Strombörse, installiert wurden. Von den Wärmepum-

pen für die Heizung und das Brauchwarmwasser, über die PV-Anlagen, Beleuchtungen, Lüftungen und Haushaltgeräte bis zu den E-Mobil-Ladestationen ist alles elektrisch und wird energiemässig elektrisch gemessen. Für die Kontrollmessungen und Beurteilungen werden ausschliesslich Messwerte im Viertelstundentakt verwendet.

Diese graphische Abschätzung des Energieverbrauchs, bzw. der Energieproduktion für einen sonnigen Sommertag zeigt schon einige Probleme der Eigenverbrauchsoptimierung. Die gelbe Kurve zeigt, dass fast die gesamte produzierte Energie ins Netz zurück gespeist wird. Solche Abschätzungen von Tagesverläufen dienen der Vorbereitung für eine übersichtliche Darstellung der Messungen zur Beurteilung der Strombörse.

Zur "Manipulier-Masse" des Eigenverbrauchsmanagers gehören im allgemeinen Bereich der Anlage vor allem die Wärmepumpen mit ihren Heiz- und Brauchwarmwasserspeicher. Im Wohnungsbereich können die Geschirrspüler und Waschmaschinen für den Optimierungsbetrieb freigegeben werden. Bei diesen Minergie-Häusern macht es ebenfalls Sinn, einen Teil der Heizenergie in der Gebäudemasse zu speichern, d.h. bei genügend Stromproduktion der PV-Anlagen kann die Heizungssteuerung die Raumtemperatur erhöhen und dafür in der Nacht die Heizung komplett ausschalten.

Die Messwerte dieses zufällig ausgewählten 1. Sept. zeigen, dass der Eigenverbrauchsmanager arbeitet. Die Wärmepumpe (grün) und auch die Apparate in den einzelnen Wohnungen (hellblaue Spitzen) wurden durch die Steuerung soweit wie möglich in den PV-Bereich hinein "geschoben". Weiter sieht man hier auch deutlich, dass erst die Steuerung der gesamten Anlage maximalen Erfolg

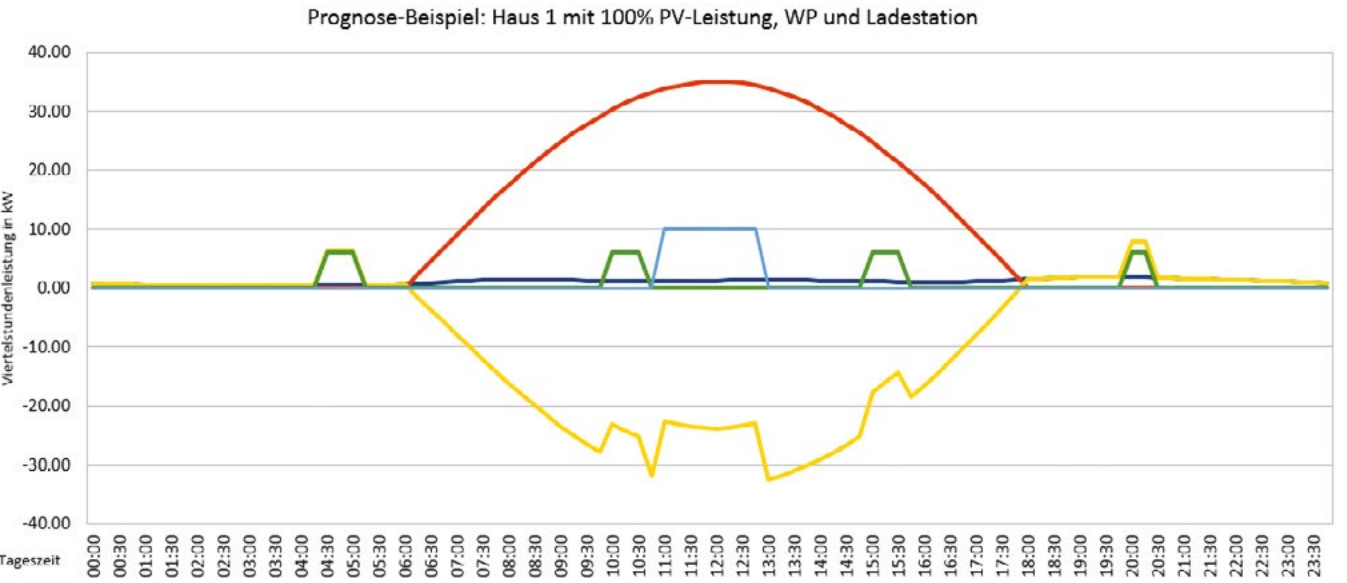


Abbildung 2: Die Graphik zeigt eine früher gemachte Betriebsabschätzung mit den Plandaten für Haus 1 bei rund 80% Sonneneinstrahlung. Rot: 80% PV- Leistung | D-blau: Gesamtverbrauch Haus 1 | Grün: Wärmepumpe Haus 1 | H-blau: 10 kW Ladestation E-Mobil | Gelb: Netzbezug bzw. Einspeisung

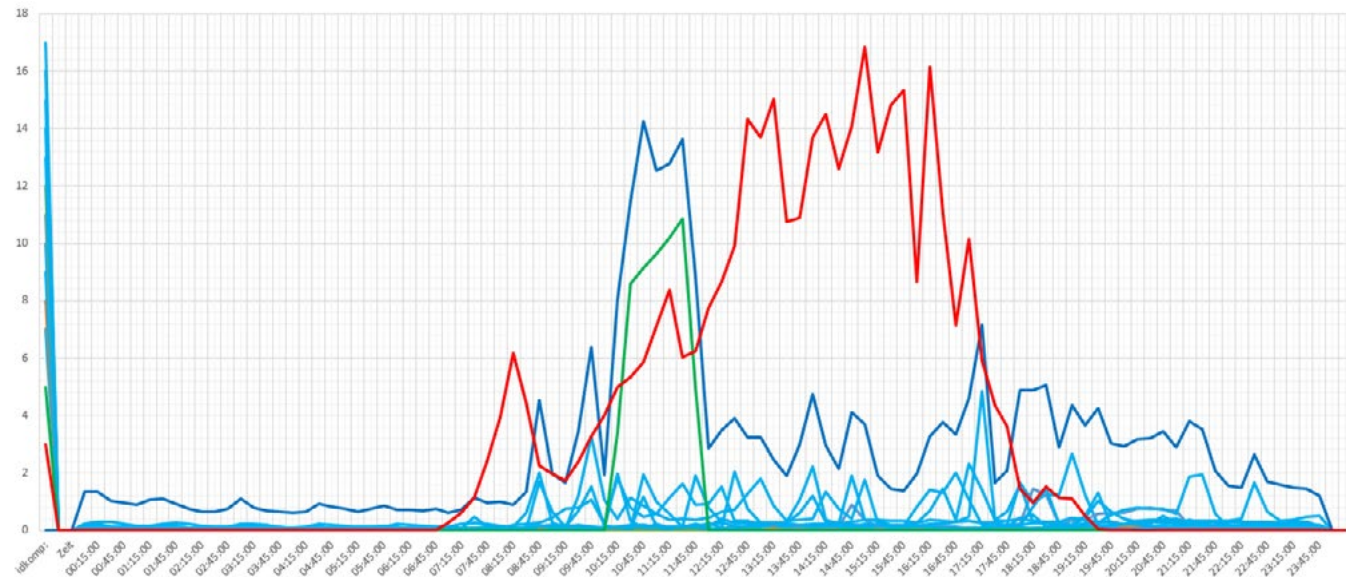


Abbildung 3: Erste Messresultate der bewohnten Anlage. 1. September 2019, Haus 1: (kW – Viertelstundenwerte)

Rot: PV- Leistung Haus 1 (ca. 40%) | D-blau: Gesamtverbrauch Haus 1 | Grün: WW-Wärmepumpe Haus 1 | H-blau: Verbr. einzelne Wohnungen

haben kann. Bei rund viermal höherer Produktion können mit zeitlich gestaffelten Wärmepumpen alle Verbraucher, die möglich sind, auch bei reduzierter Sonneneinstrahlung mit maximalem Eigenverbrauch in die "Produktionszone" gebracht werden.

Ausblick

Die vollständige, einjährige Messüberwachung der gesamten Anlage ist ab September 2019 und somit bis Ende August 2020 geplant. Die Funktionskontrolle kann anhand der Daten laufend durchgeführt werden. Für die Beurteilung der Strombörse werden noch ein paar Szenarien erarbeitet, die dann bei Vorliegen der gesamten Messresultate deren Wirksamkeit zeigen.

Projektteam

FHNW / Institut für Automation:

Prof. Hans Gysin, Dozent, hans.gysin@fhnw.ch

Prof. Dr. David Zogg, Dozent, david.zogg@fhnw.ch

In Zusammenarbeit mit:

Smart Energy Control GmbH, Ein Spin off der FHNW (Strombörse)

Setz Architektur, Rapperswil (Planung der Arealüberbauung)

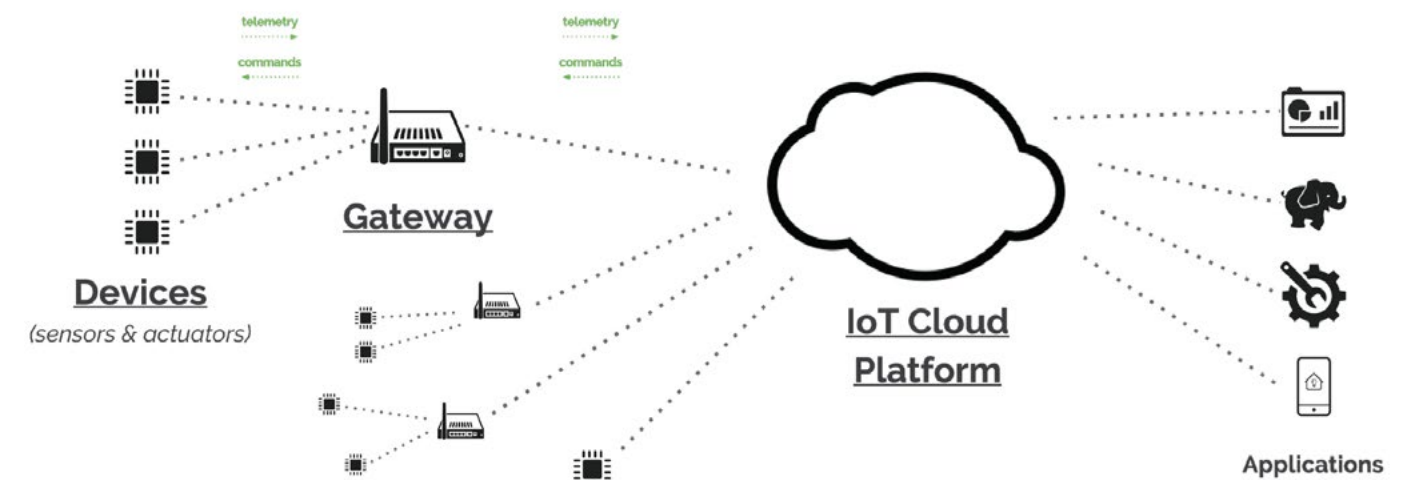
RTB Möriken-Wildegg (Stromlieferant, Messung und Abrechnung Stromkosten)

Bundesamt für Energie BFE (Forschungsprogramm Energie in Gebäuden)

Monitoring von Aktoren und Sensoren in der Automation

In den unterschiedlichen Automationsbranchen sind neben den intelligenten und hoch-integrierten Sensoren auch Aktoren im Einsatz, die durch analoge oder digitale Signale angesteuert werden. Dabei liefern sie selten Rückmeldungen über ihren eigenen Betriebszustand.

Heinz Eichin



Zielsetzung und Ergebnis

Von September 2018 bis Juli 2019 bearbeitete das Institut für Automation an der Fachhochschule Nordwestschweiz, unterstützt durch Studierendenprojekte, ein Konzept, welches die Überwachung industrieller Aktoren und Sensoren aufbauend auf den Technologien und Methoden des Internet of Things (IoT) -Technologien erlaubt. Im vorliegenden Projekt werden die Informationen von Aktoren gesammelt und über Kommunikationskanäle zu Auswertesystemen geleitet.

Dabei stand eine vierstufige On-Premises Data-Plattform im Fokus, die neben der sensorischen Erfassung von Daten eines Aktors auch die Analyse dieser Sensor-Datenströme an einem Netzwerk-Edge erlaubt. Als On-Premise wird eine vor Ort installierte Software-Lösung bezeichnet.

Durch den konsequenten Einsatz von Open Source Software konnte das System klein, kostengünstig, flexibel und sicher gestaltet werden. Dazu wurde ein erstes Mustersystem umgesetzt, bei dem mit einem Vibrationssensor Daten einer Vakuumpumpe erfasst werden konnten. Um die volle

Funktionsfähigkeit des als Muster dargestellten Systems darzustellen, werden zurzeit weitere Arbeiten bei der Sensorik und der Analyse der Daten durchgeführt. Unterstützt wurde das Projekt durch die Firma briwatec, welche auf kundenspezifische Entwicklungen, Produktion und den Vertrieb von mobilen und zentralen Vakuum- und Druckluftsystemen spezialisiert ist.

Das Konzept

Das Systemkonzept beschreibt ein vierstufiges System anstatt der in der IoT-Theorie beschriebenen dreistufigen IoT-Systeme. Die Idee dabei besteht darin, einen leistungsstarken On-Premises Server zu verwenden, um dort den Grossteil des Stream-Processings durchzuführen.

Hauptgrund dafür ist die hohe Zuverlässigkeit des Systems; Ausfälle des Cloud Providers sind so weniger kritisch. Zusätzlich können Latenzzeiten, also Verzögerungszeiten, auch bei rechenintensiven Applikationen niedrig gehalten werden. Ausserdem behalten die Unternehmen mehr Kontrolle über die Daten und reduzieren so den Grad des Vendor-Lock-In.

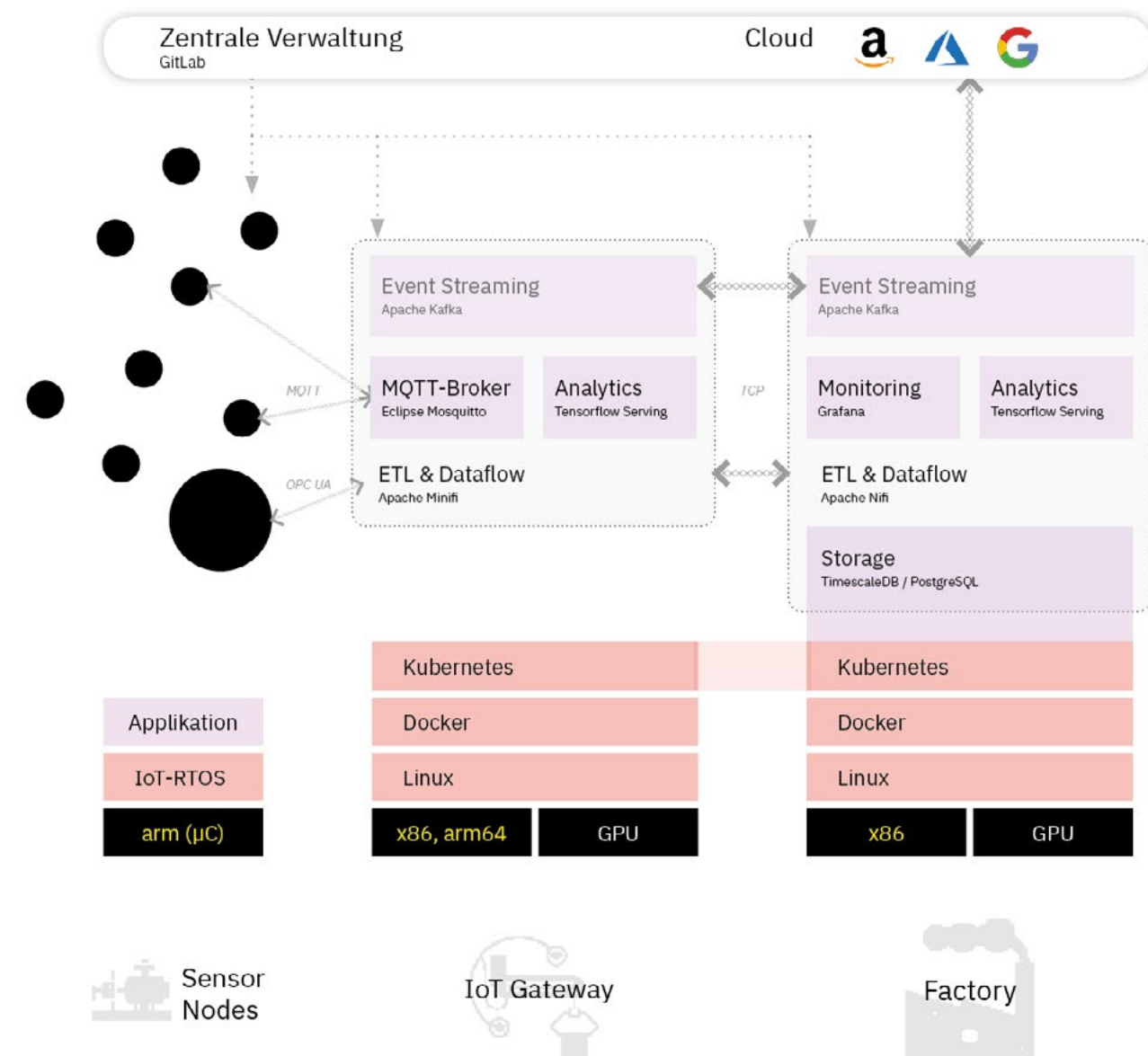


Abbildung 1: Systemkonzept

Die so konzipierte und als Muster umgesetzte generische Sensorplattform besteht aus mehreren modular aufeinander abgestimmten Subsystemen.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, sind On-Premises Server Infrastruktur und IoT-Gateways im Kubernetes-Layer miteinander verbunden. Dies ermöglicht eine Systemkonfiguration, bei der On-Premises und IoT-Gateways als ein Cluster (Gruppe von Datenobjekten) betrieben werden.

Applikationen werden visualisiert und portabel gemacht. Dadurch erhöht sich die Sicherheit des Systems, da sich Betriebssystem und Programme in einer isolierten Umgebung befinden und dort wirken.

Durch das Zusammenschliessen mehrerer Docker-Container zu einer Applikation entsteht daraus eine Micro-Service-Architektur. Die Kommunikation zwischen den Services (Containern) kann dabei beispielsweise über REST (REpresentational State Transfer) APIs (Application Programming Interface) geschehen. Durch weitere Container-Orchestrations-Werkzeuge werden die Bereitstel-

lung, Verwaltung und Skalierung von Containern automatisiert.

Die On-Premises Server werden mit Hilfe von Kubernetes, einem Werkzeug aus dem Cloud-Computing, zu einem leistungsstarken Cluster zusammengeschlossen. Bei den IoT-Gateways wird Kubernetes genutzt, um die Applikationen gezielt, örtlich nah an der Stelle zu betreiben, an der sie gebraucht werden, um damit Verluste auf ein Minimum reduzieren zu können.

Bei der Behandlung von Ereignissen (Events) werden Datenströme fehlertolerant gespeichert und verarbeitet. Über Schnittstellen können weitere Applikationen Datenströme einspeisen oder konsumieren. Dabei treten niedrige Latenzen (Verzögerungen) und ein hoher Datendurchsatz auf.

Dieses Event Streaming System wird benötigt, weil grosse Mengen Daten verarbeitet werden müssen und die Komplexität zunimmt. Damit ist das Event Streaming quasi das 'Nervensystem' der IoT-Plattform.

Eine grosse Anzahl an Protokollen und Datenquellen müssen im System verbunden werden. Mit Apache NiFi werden Schnittstellen generiert, um praktisch zu allen bekannten Datenquellen Verbindungen aufzubauen. Daten können in den Data-Pipelines gefiltert, transformiert, angereichert, validiert und anschliessend an anderer Stelle eingespeist werden. Dieser Prozess wird Extract-Transform-Load (ETL) genannt.

Zur Speicherung und Aufbereitung der Daten wird eine PostgreSQL-Datenbank genutzt. Die Visualisierung der Daten, dem Monitoring, geschieht ebenso über ein Open-Source-Tool. Grafana als Monitoring Tool erlaubt es, Messwerte anschaulich in Dashboards darzustellen. Wichtige Features wie Alarime und Grenzwerte sind Teil des Konfigurationsprozesses eines jeden Graphen. Ausserdem können auch Logs (Ereignis-Protokolldateien) abgebildet werden.

Die Hauptfunktionen des IoT-Gateways sind die Aufnahme, die Bereinigung und Vorverarbeitung der Sensordaten. Ausserdem werden für leistungsstarke Analyse-Algorithmen, wie das im Musteraufbau verwendete Condition-Monitoring, genügend Performance-Reserven zur Verfügung gestellt.

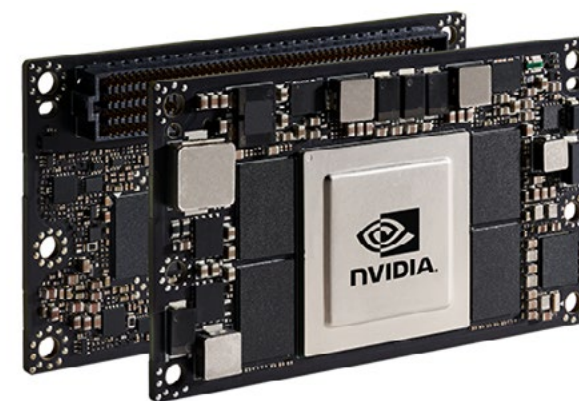


Abbildung 2: NVIDIA Jetson

Die verwendete NVIDIA Jetson-Plattform besitzt einen eigenen Software Stack, der unter anderem über eine eigene Linux Distribution, eine auf die Jetson Hardware angepasste Version von Ubuntu verfügt.

Zur prozessnahen Aufnahme der physikalischen Daten werden Devices definiert. Das Device, der Sensor, hat die einfache Aufgabe, die zu überwachenden Signale aufzunehmen. In der Studie wird das Vibrationssignal eines Gebläses aufgenommen und über Wifi mit dem MQTT Protokoll an das IoT-Gateway übertragen. Vibrationssignale liefern die besten Ergebnisse bei Auswertung und Schlussfolgerung auf bevorstehende Defekte eines Gebläses. Wifi wird deshalb verwendet, weil es einfach zu konfigurieren ist und der Sensor direkt mit dem Internet und dem Gateway verbunden werden kann.

Als Sensor-Knoten dient im System ein Mesh-Device von Particle.io. Darauf wird ein kostengünstiger MEMS-basierter Sensor-Chip der Firma Analog Devices verwendet, der zur triaxialen Beschleunigungsanalyse sowohl time-domain- als auch frequency-domain-Processing beherrscht; letzteres basierend auf einer 512-Punkt FFT (Fast Fourier Transformation) für jede der drei räumlichen Achsen. Die

hohen Abtastraten ermöglichen den breiten Einsatz im Bereich der Zustandsermittlung von verschiedensten Maschinen. Der Sensor verfügt über eine interne Taktgenerierung, einen digitalen Temperatursensor und eine digitale Überwachung der Energieversorgung.

Stand des Projektes

Das System mit NVIDIA Jetson IoT-Gateway und der Particle ARGON Hardware funktioniert im Musterstadium. Daten können vom Sensorboard über die beschriebenen Stufen der Verarbeitung an das Gateway kommuniziert und dort ausgewertet werden.



Abbildung 3: Particle ARGON



Abbildung 4: briwatec RUBIN

Alle Schnittstellen zu den heute bekannten Sensor- und Aktor-Technologien sind damit definiert und in der Software umgesetzt. Die Implementierung weiterer Schnittstellen ist dank universellem Design jederzeit möglich.

In der Zusammenarbeit mit der Firma briwatec sollen in einem weiteren Schritt ein Seitenkanalgebläse des Typs RUBIN bezüglich dessen Betriebsparameter analysiert und überwacht werden. Bei dieser Art von Gebläsen sitzen Motor und Verdichter kupplungsfrei auf einer Welle. Das bietet dem Team gute Möglichkeiten, Betriebsparameter wie Vibrationen, Beschleunigungen und Temperaturen sowie weitere zu definierende Grössen einfach und nachvollziehbar abzugreifen und im System zu verarbeiten.

Referenzen

[1] D. Wirtz, "Monitoring von Aktoren und Sensoren als Grundlage für Industrie 4.0", FHNW, 5210 Windisch, 2019

Industriepartner

briwatec GmbH, D-Zell im Wiesental

Projektteam

Prof. Heinz Eichin, Betreuer des Studierendenprojekts heinz.eichin@fhnw.ch
Dario Wirtz, Bachelor-Studierender im Studiengang Systemtechnik berufsbegleitend.

Präzise Dünger streuen muss nicht teuer sein

Aufgrund von Analysen von Luft- oder Satellitenbildern kann der Düngerbedarf örtlich genau vorhergesagt werden. Es wurde ein Funktionsmuster für ein kostengünstiges Umbaukit für Düngerstreuer entwickelt, das GPS-gesteuert ein präzises Streuen von Dünger mit hoher Wirtschaftlichkeit erlaubt.

Jürg P. Keller

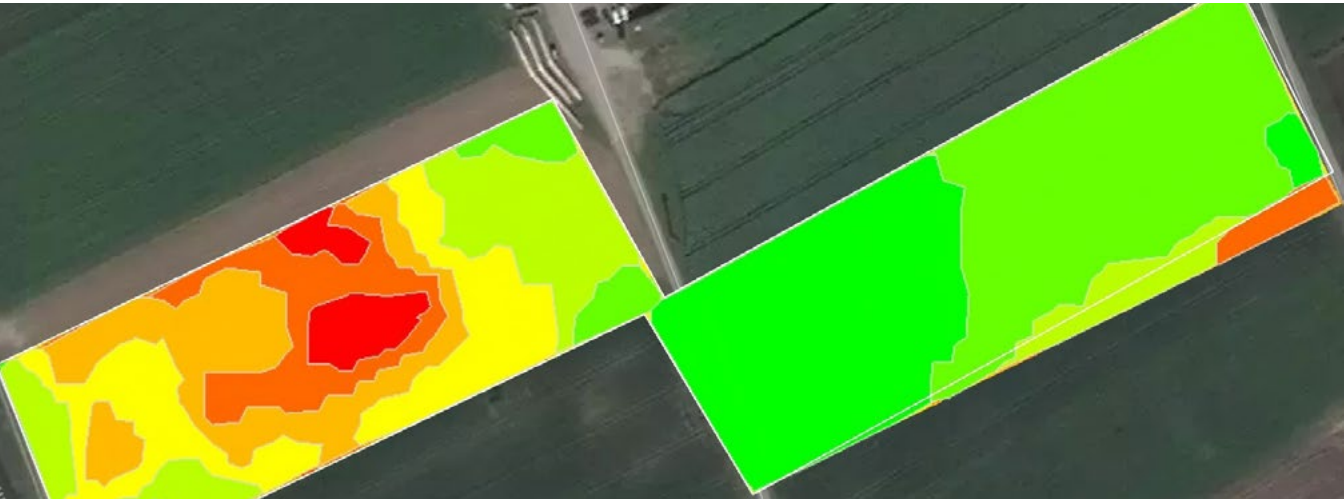


Abbildung: Beispiel für einen Düngeplan

Precision Farming bezeichnet ein Gebiet, das noch mit Lösungen gefüllt werden muss. Damit aber Lösungen in der Praxis auch angewendet werden können, müssen sie wirtschaftlich rentabel sein. In der Schweiz sind die landwirtschaftlich genutzten Flächen und die Bauernbetriebe eher klein. Dadurch kann eine teure Investition kaum amortisiert werden. Dies hat J. Strebel, unser Industriepartner sehr früh erkannt und ist darum mit der Projektidee für ein Umbaukit für Düngerstreuer auf uns zu gekommen.

Die Idee ist die Folgende: die Flugdaten einer mit Multispektralkamera ausgerüsteten Drohne (Flächenflugzeug) werden ausgewertet und der Pflanzenbewuchs wird charakterisiert. Daraus kann eine Karte erstellt werden, in welcher der lokale Düngerbedarf enthalten ist. Eine solche Karte ist in Abbildung 1 dargestellt. In den dunkelgrünen Zonen ist das Wachstum gut und es ist kein Dünger nötig. Bei gelb ist Düngerbedarf vorhanden und in den roten Zonen ist das Düngen nicht sehr nützlich. Damit Dünger entsprechend der Karte ausgetragen werden kann, wird der Streuer mit einem GPS ausgestattet. Basierend auf der Ortsinformation werden Linearmotoren angesteuert, welche die Öffnung des Düngerbehälters und somit auch die Düngermenge steuert.

Nicht ganz selbstverständlich ist die genügend genaue Positionsbestimmung mittels GPS. Wünschbar wäre eine

Genauigkeit von ca. 1m. Versuche haben gezeigt, dass dies unter optimalen Bedingungen auch möglich ist. Es wurde versucht, mittels eines Extended Kalmanfilters die Positionsschätzung zu verbessern. Dies ist möglich, führt aber zu einer gewissen Verzögerung der Positionsschätzung. Dies kann auch von Vorteil sein, weil der Ort, wo der Dünger auf den Boden fällt, hinter dem Düngefahrzeug liegt. Zur Dokumentation wird ein Log erstellt, das dokumentiert, wie viel Dünger an welchem Ort ausgetragen wurde.

Eine grosse Herausforderung ist die Gestaltung der Benutzerschnittstelle. Diese muss feld-tauglich und sehr einfach zu bedienen sein. Im Funktionsmuster wurde dies durch Taster und LED realisiert. Die Steuerung für den Düngerstreuer wurde in LabVIEW programmiert und auf einem MyRIO-Steuergerät implementiert. Die gewählte Hardware erwies sich als genügend robust, um den Vibrationen auf dem Düngerstreuer Stand zu halten. Das MyRIO ist aber für eine endgültige Lösung viel zu teuer. Aus diesem Grunde wurde ein Studierendenprojekt formuliert, das die Umsetzung des Funktionsmusters in eine markttaugliche Lösung beinhaltet. Es ist vorgesehen, diese anfangs März 2020 an einer Messe vorzustellen.

Prof. Dr. Jürg Peter Keller, Dozent, juerg.keller1@fhnw.ch
Industriepartner: Jakob Strebel

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.

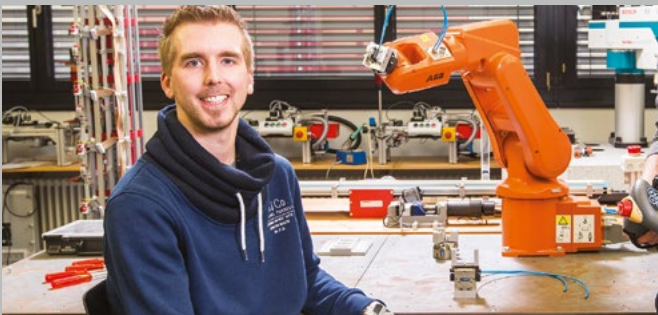
Job und Studium kombinieren – unabhängig bleiben
Das Ausbildungskonzept ermöglicht inhaltlich und zeitlich eine individuelle Gestaltung des Studiums. Für viele Studierende ist die Ergänzung von Theorie und Praxis ideal. Sie bleiben finanziell unabhängig und können das Erlernte direkt in ihrem Unternehmen 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 trinationale (MuttENZ) 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

Technik-Infotage in Brugg-Windisch
Jeweils im März und November: 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

Auslegungstool zur Trajektorieoptimierung und Systemidentifikation für Laserbearbeitungsmaschinen

Der aus CAD-Dateien erzeugte Maschinencode (G-Code) lässt die CNC-Maschine, konkret die Laserbearbeitungsanlage, die Bauteiltrajektorie ohne Berücksichtigung der Maschinenkinematik abfahren. Mit dem Präprozessor in dem entwickelten CAM-System lässt sich die Pfadplanung offline anpassen. Unter Vorgabe von Soll-Schnittgeschwindigkeit und Toleranz wird aus dem G-Code eine optimierte Pfadplanung erzeugt. Zusätzlich lassen sich Systeme über das Tool identifizieren. Es werden zwei Ansätze vorgestellt, um die Reglerperformance zu verbessern.

Vincent Märki

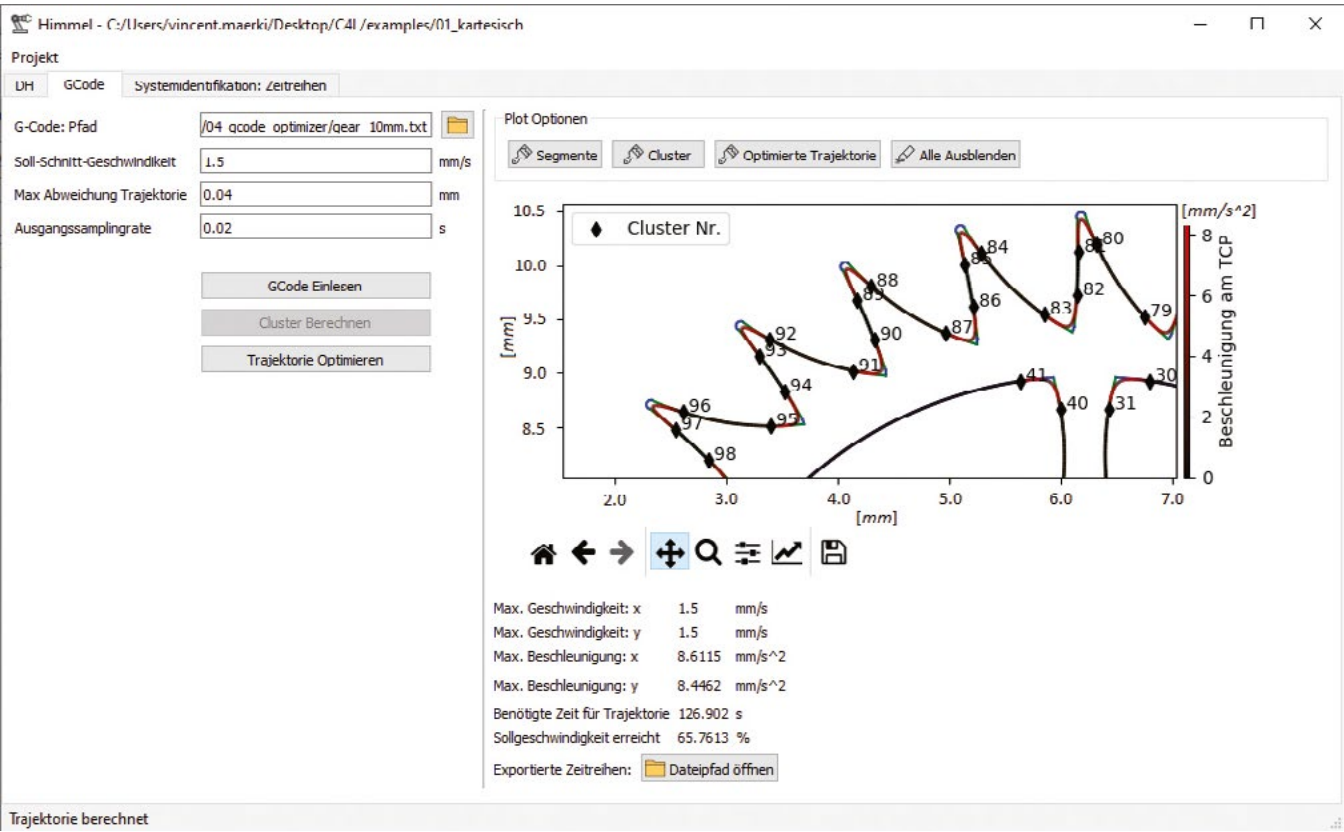


Abbildung 1: Screenshot CAM-System: Die Trajektorie wird offline entsprechend den Parametern (links) optimiert. Die Visualisierung (rechts) zeigt den direkten Vergleich zwischen G-Code Befehl (blau) und der diskretisierten Trajektorie (schwarz-rot).

Zielsetzung

Das Ziel des Forschungsprojekts ist die Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Laserbearbeitungsmaschinen. Bisher werden diese so ausgelegt, dass die Spezifikationen sicher eingehalten werden können. Die Maschinen weisen jedoch eine nicht definierte Leistungsreserve auf. Mit dem entwickelten CAM-System lässt sich diese Leistungsreserve quantifizieren und nutzen.

Problematisierung

Aus den CAD-Dateien wird ein genormter G-Code exportiert. Da diese Norm nur eine Bahn aus zusammengesetzten Kreis- und Geradenbewegungen sowie keine explizite Zeitabhängigkeit zulässt, sind Unstetigkeiten in der mathematischen Formulierung unvermeidbar. Es wird der Bewegungssteuerung (Motion Controller) der Laserbearbeitungsmaschine überlassen, die sprunghafte Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen innerhalb der Limitation der Achsen abzufahren (Velocity-Blending).

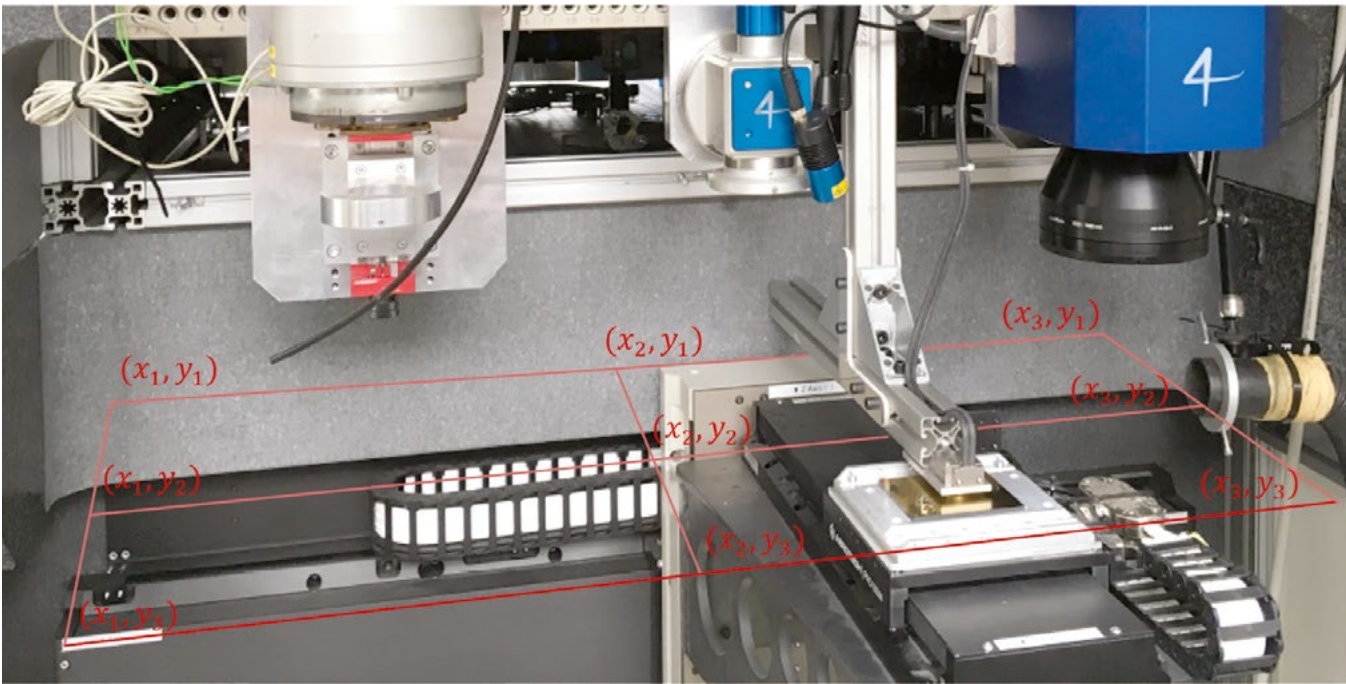


Abbildung 2: Laserbearbeitungsanlage der C4L AG in Lyss. Die z-Achse wurde zur Systemidentifikation blockiert. Der Arbeitsraum wurde an neun Punkten (x,y), identifiziert.

In der Laserbearbeitung ist eine möglichst konstante Schnittgeschwindigkeit jedoch eine zentrale Anforderung. Da auf die Laserparameter (Energie und Pulsfrequenz) während des Laserschneidens unter Umständen wenig Einfluss genommen werden kann, müssen diese vor dem Vorgang festgelegt werden. Für eine bestimmte Schnittgeschwindigkeit und Werkstückbeschaffenheit gibt es einen optimalen Arbeitspunkt für Laser-Energie und -Frequenz, der oft empirisch ermittelt wird. Doch die Bauteilformen lassen nicht immer eine konstante Geschwindigkeit zu, was eine Verschlechterung der Schnittqualität zur Folge hat. Muss für eine Kurve beispielsweise stark abgebremst werden, so vergrößert sich die Laserenergie pro Weg und es können Hitzestaus im Werkstück entstehen. Dies hat negative Auswirkungen auf die Kantenqualität und die Werkstückbeschaffenheit in der Umgebung des Schnittes.

Pfadplanung Offline

Um eine höhere Schnittgüte zu erreichen, wird der G-Code diskretisiert. Diese diskretisierten Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte können direkt dem Motion Controller übergeben und von diesem interpretiert werden.

Dazu wurde ein Optimierungsproblem formuliert. Ziel ist eine Trajektorie mit möglichst kleinem Beschleunigungsbetrag und der Randbedingung, dass ein Designparameter (Toleranz zur Solltrajektorie aus der G-Code-Vorgabe) nicht überschritten werden darf. Die Schnittgeschwindigkeit wird als Richtwert entsprechend den Laserparametern festgelegt und unterstützt damit die konstante Bearbeitungsqualität.

In dem entwickelten Tool können die G-Code Datei sowie die Parameter festgelegt werden (Abbildung 1, links). Beim Ausführen des Programms wird der G-Code Pfad (blaue Linie in Abbildung 1) zuerst in mehrere Segmente

unterteilt. Diese Trajektorieabschnitte werden mit einem nicht-linearen Solver berechnet. Daraus resultiert die diskretisierte Trajektorie (schwarz-rote Linie in Abbildung 1). Die Skala (Abbildung 1, rechts) visualisiert den Betrag der Beschleunigung am Tool Center Point (TCP). Neben der Visualisierung werden relevante Kenngrößen der erzeugten Trajektorie angegeben. Die diskretisierte Trajektorie wird exportiert.

Systemidentifikation

An einer Testanlage der Class 4 Laser AG wurde an neun Arbeitspunkten eine Subspaceidentifikation durchgeführt, um detaillierte Erkenntnisse über die Systemdynamik zu erhalten. Die TCP Position wurde mit Hilfe eines Messgitters aufgezeichnet (Abbildung 2). Dabei befinden sich der Messkopf an einem fixierten Auslegearm und die Gitterplatte auf den x- und y-Achsen, die z-Achse ist blockiert.

Die Identifikation wurde mit der Subspace Time Domain Identification Methode mittels PRBS Signal durchgeführt. Weiter wurde eine Subspace Frequency Domain Identification und sin/cos Korrelation durchgeführt und verglichen. Die sin/cos Korrelation stellt sich dabei als das robusteste Verfahren heraus. Die Frequenzgänge der verschiedenen Positionen sind bei Abbildung 3 sichtbar.

Auf den Messergebnissen wurde das H_{∞} Reglerentwurfsverfahren angesetzt, um eine untere Performance Grenze sicher einzuhalten. Meistens ergibt sich eine gewisse Unsicherheit bei der Modellierung der Regelstrecke. Ziel ist aber trotzdem, den Regler für sämtliche Regelstrecken, welche durch die Unsicherheit möglich wären, auszulegen, so dass eine gewisse Genauigkeit und Schnelligkeit mindestens eingehalten werden kann. Durch μ -Synthese können Filterdesigns und Regelparameter zur Testanlage von Contronics mit Triamec-Controller automatisch ermittelt werden.

Um den Regler effektiv auf dem Motion-Controller zu implementieren, muss dieser einerseits vereinfacht und andererseits in die entsprechende Form gebracht werden. Auf dem Controller stehen eine PID-Struktur sowie fünf Filter zur Verfügung. Die Filter sind vordefiniert implementiert und es muss zwischen den verschiedenen Typen gewählt werden. Der Regler wurde auf der Triamec-Steuerung an der FHNW implementiert.

Adaptive Regelung

In den aktuellen Anlagen werden die industriellen Controller der Antriebe an einem einfachen Modell der Anlage ausgelegt. Dieses Modell beschreibt meist den dynamisch schlechtesten Arbeitspunkt, so dass die ausgelegte Regelung für den ganzen Arbeitsraum eine zufriedenstellende Performance erreicht und so die nötigen Bearbeitungstoleranzen einhalten kann. Durch diese Auslegung ist die Regelung jedoch in vielen Arbeitspunkten nicht ideal auf die vorliegende Dynamik ausgelegt. Durch ein adaptives Verhalten soll nun im ganzen Arbeitsraum eine möglichst optimale Reglerperformance erreicht werden. Dazu wurde ein Verfahren ausgearbeitet, dass mit den identifizierten Daten von verschiedenen Arbeitspunkten einer Anlage die idealen Regelparameter berechnet.

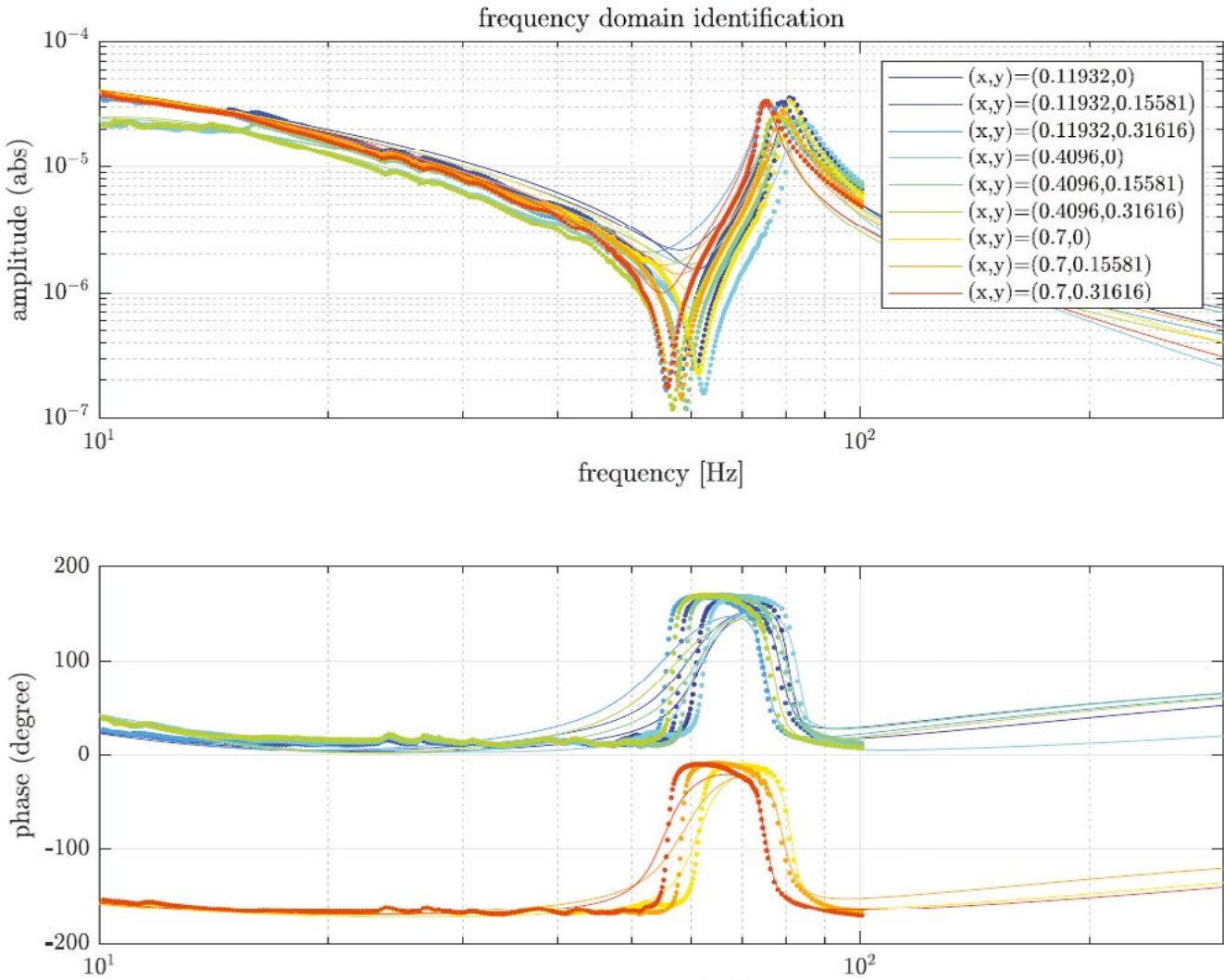


Abbildung 3: Bode-Diagramm der Systemidentifikation von Abbildung 2 mittels sin/cos-Korrelation

Der Vorgang startet basierend auf den Zustandsraummodellen der identifizierten Arbeitspunkte (Abbildung 4). In einem zweiten Schritt werden die Modelle, falls möglich, in ihrer Ordnung reduziert, so dass diese für nachfolgende Berechnungen eine geringere Komplexität aufweisen. Danach wird aus allen Modellen der einzelnen Arbeitspunkte eine Modellfamilie erstellt. Diese wird in einem nächsten Vorgang analysiert. Dabei sind vor allem die Resonanzen, welche die Regelung der Anlage in der Geschwindigkeit stark einschränken, von Bedeutung. Mit den Daten aus der Analyse folgt als erstes die Auslegung der Notch-Filter. So können in diesem Schritt grosse Resonanzen bereits entfernt werden und mit der kombinierten Übertragungsfunktion aus Regelstrecke und Notch-Filtern als nächster Schritt der PID-Regler ausgelegt werden, damit im System eine möglichst hohe Performance erreicht werden kann. Die beiden letztgenannten Vorgänge werden für die ganze Modellfamilie und somit für alle vorgegebenen Arbeitspunkte durchgeführt. Somit können aus den daraus folgenden Übertragungsfunktionen die Parameter der Triamecsteuerung berechnet werden. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden alle Berechnungen nur für die diskreten Arbeitspunkte im Arbeitsraum berechnet. Um auf das Verhalten dazwischen zu schliessen, werden die diskreten Parameter

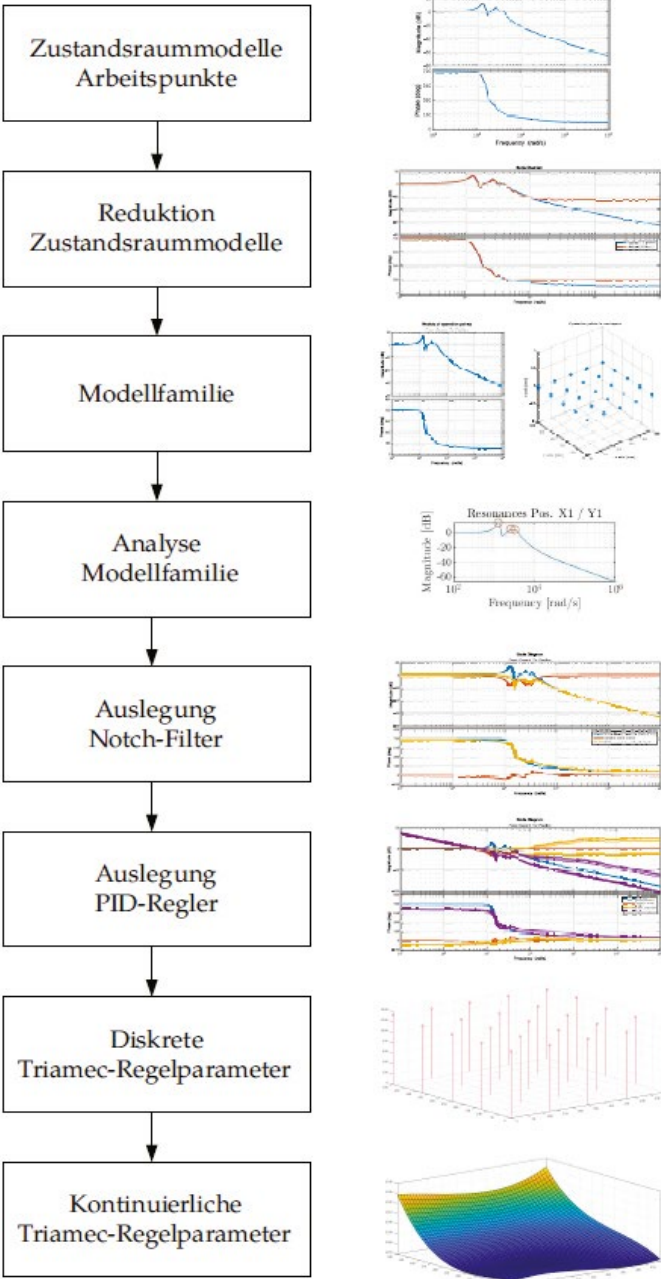


Abbildung 4: Vorgang für die Auslegung der adaptiven Regelung

für den ganzen Arbeitsraum interpoliert (Polynomfunktion), so kann kontinuierlich die bestmögliche Reglereinstellung abgebildet werden.

Der beschriebene Algorithmus wurde an verschiedenen Modellfamilien, welche aus Beispieldaten generiert wurden, getestet. Bei Modellen mit stark ausgeprägten Resonanzen weist die automatische Regelauslegung eine gute Performance auf und das Feedback-Verhalten kann deutlich verbessert werden.

Referenzen

- [1] B. Ruch, «Identifikation und Reglerentwurf», FHNW, 5210 Windisch, 2019
- [2] T. Zubler, «PoC Drive Engineering: Motion Profile Generator und Identifikationsverfahren», FHNW, 5210 Windisch, 2019
- [3] T. Bucher, «Adaptive Regelung von Laserbearbeitungsmaschinen», FHNW, 5210 Windisch, 2019
- [4] V. Märki, «Interface für Laserbearbeitungsmaschinen», FHNW, 5210 Windisch, 2019

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, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, basil.ruch@fhnw.ch
 Tobias Zubler, Wissenschaftlicher Assistent und Masterstudent, tobias.zubler@fhnw.ch
 Vincent Märki, Wissenschaftlicher Assistent und Masterstudent, vincent.maerki@fhnw.ch
 Thomas Bucher, Wissenschaftlicher Assistent, thomas.bucher@fhnw.ch

Auto-Fokus Steuerung für optische Mikroskope bei Lithographie Anwendung

Im Rahmen einer MSE-Projektarbeit wurde für die Firma Heidelberg Instruments Nano (ehem. SwissLitho AG) eine Auto-Fokus Steuerung für optische Mikroskope entwickelt. Die Fokussierung erfolgt neu automatisch und muss nicht mehr von Hand eingestellt werden.

Robin Erne

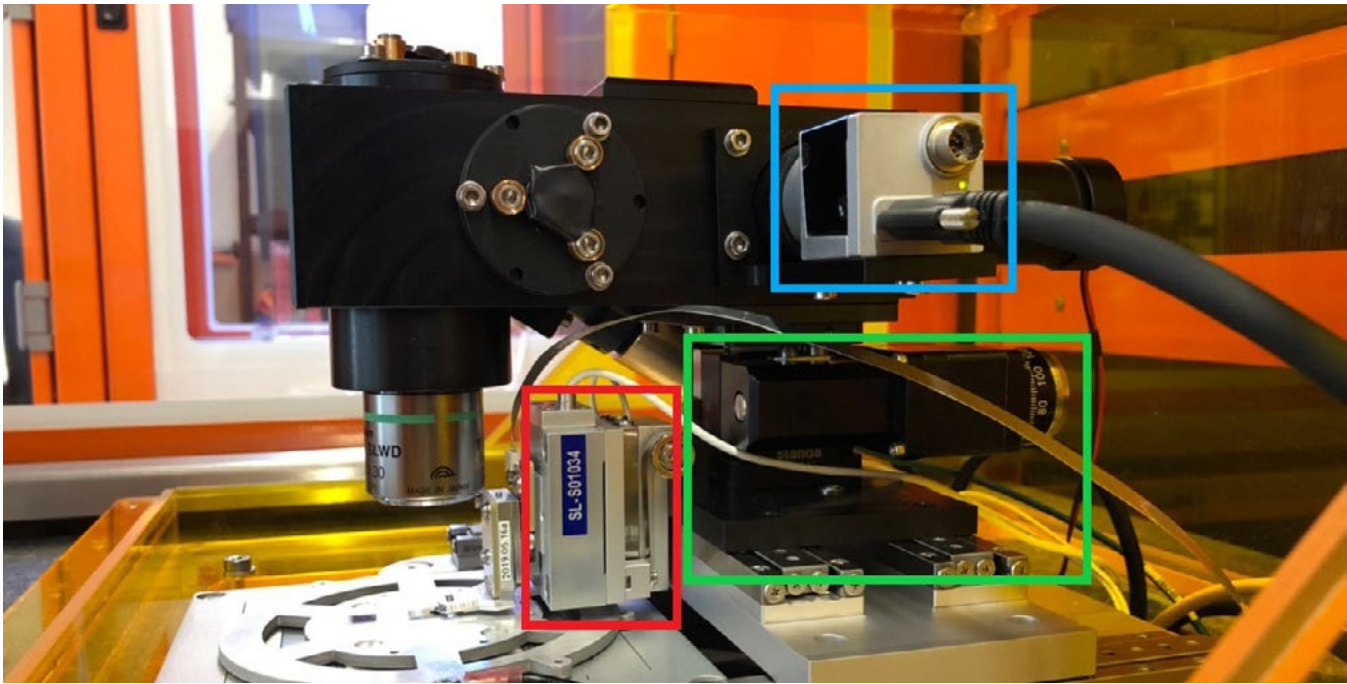


Abbildung 1: Aufbau der Anlage mit Kamera (blau), Linearachse (rot) und Schrittmotor (grün)

Die Firma Heidelberg Instruments Nano entwickelt NanoFrazor Geräte zur Oberflächenstrukturierung im Mikro- und Nanometerbereich. Da die Strukturen mit dem menschlichen Auge nicht sichtbar sind, wird für die Prozessüberwachung ein optisches Mikroskop eingesetzt. Die strukturierbaren Materialien können in der Dicke stark variieren, weshalb der Fokus bei jedem Substratwechsel neu eingestellt werden muss.

Ausgangslage

Das eingebaute Mikroskop hat ein Fixfokus-Objektiv. Dies bedeutet, dass zum Scharfstellen des Bildes das Mikroskop auf und ab bewegt werden muss. Dies wird mit einem hochpräzisen Schrittmotor gemacht, der sich auf 1 Mikrometer genau einstellen lässt.

Zur Oberflächenstrukturierung wird ein beheizbarer Cantilever eingesetzt. Dieser lässt sich, unabhängig vom Schrittmotor, mit einer Linearachse auf und ab bewegen. Abbildung

1 zeigt den Aufbau der Anlage. Das grüne Rechteck markiert den Schrittmotor. Die Linearachse ist rot gekennzeichnet. Die Kamera, welche die Bilder aufnimmt, ist blau markiert.

Bildverarbeitung

Im ersten Teil der Projektarbeit ging es darum, herauszufinden, wie und ob sich anhand des Kamerabildes die optimale Fokusposition bestimmen lässt. Dazu wurden mehrere Datensätze an Bildern aufgenommen, bei denen sich die Substrate und die Beleuchtung unterschieden. Bei jedem Datensatz wurde ein Bereich von mehreren Millimetern abgefahren, sodass es genügend scharfe und unscharfe Bilder ergab. Die digitale Bildverarbeitung wurde mit OpenCV in der Programmiersprache Python umgesetzt.

Obwohl sich die Datensätze stark voneinander unterscheiden, haben diese die Gemeinsamkeit, dass sich ein Cantilever im Bild befindet. Deshalb wurde als ROI (Region of Interest) der Bereich des Cantilevers definiert.

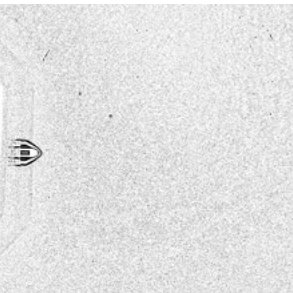


Abbildung 2: Binärbild nach adaptivem Threshold

Um von der Hintergrundfarbe und der Lichtintensität unabhängig zu sein, wird jedes Bild mit einem adaptiven Threshold in ein Binärbild umgewandelt (Abb. 2). Im Binärbild wird mit einem Template-Matching nach dem Cantilever gesucht. Für jedes Bild wird berechnet, wo sich die beste Übereinstimmung mit einer Vorlage befindet. So erhält man die Bildkoordinaten und einen Koeffizienten der Übereinstimmung. In Abbildung 3 wurde der Cantilever, anhand des Matching Resultates, rot umrandet.

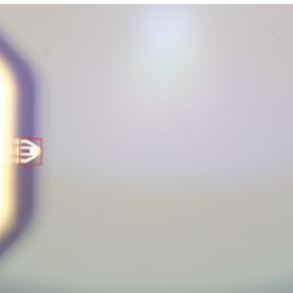


Abbildung 3: Matching Position des Cantilevers

Der Schärfewert wird berechnet, indem in der Region des Cantilevers ein Kantendetektions-Algorithmus angewandt wird. Je schärfer ein Bild ist, desto mehr Kanten werden detektiert und desto grösser wird der Schärfewert. Somit kann ein Unterschied der Schärfe bei einer Positionsänderung von 1 µm festgestellt werden, was von Auge nicht möglich ist. Abbildung 4 zeigt drei Bilder von Cantilevern. Das mittlere Bild wurde an der schärfsten Position aufgenommen. Die anderen beiden einen Mikrometer darunter/ darüber.

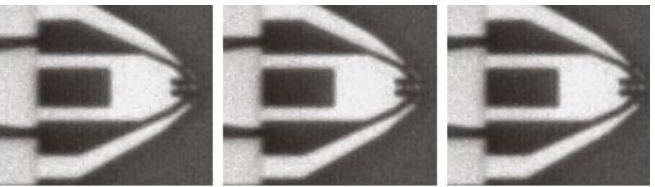


Abbildung 4: Spitzen mit einem Mikrometer Höhenunterschied

Regelbasierter Suchalgorithmus

Das Ziel des zweiten Teils der Projektarbeit war die Entwicklung eines Suchalgorithmus, um möglichst schnell die optimale Fokusposition zu finden. Für jede Motorposition lässt sich ein Matching-Koeffizient und ein Schärfewert berechnen. Der Bereich der Bildschärfe ist im Vergleich zum gesamten Stellweg jedoch sehr klein, wie Abbildung 5 zeigt. Ausserdem besteht die Gefahr, dass man mit einem Algorithmus ein lokales Maximum finden kann.

Das Aufnehmen von Bildern über einen grossen Bereich mit fixer Schrittweite, so wie bei der Erzeugung der Datensätze, ist sehr langsam und somit nicht geeignet für eine Auto-Fokus Anwendung. Auch ein Suchverfahren mit

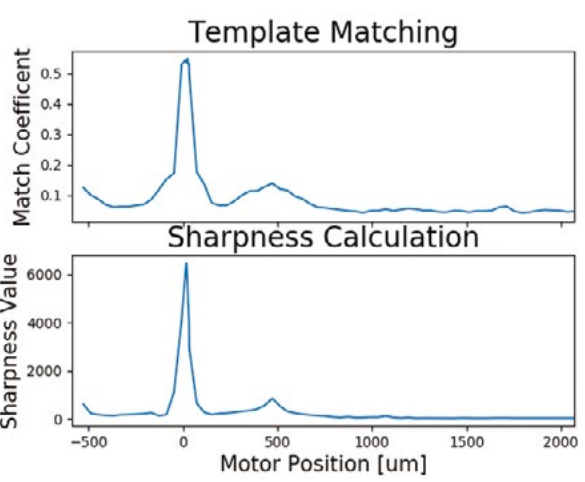


Abbildung 5: Match- und Schärfewerte über mehrere Millimeter

wechselnder Bewegungsrichtung wäre ineffizient, da der Schrittmotor bei jedem Richtungswechsel eine Hysteresis Kompensation durchführt.

Deshalb wurde ein regelbasierter Suchalgorithmus mit adaptiven Schrittweiten angewendet. Die Startbedingung ist, dass sich das Objektiv oberhalb der optimalen Position befindet. Anhand des Matching-Koeffizienten wird die Schrittweite bestimmt. Ist das Bild sehr unscharf, wird ein grosser Schritt abwärts durchgeführt. Um Rechenzeit zu sparen, wird die Schärfe des Bildes nicht berechnet. Überschreitet das Matching einen definierten Schwellwert, wird die Schrittweite stark reduziert. Nun wird für jede Position zusätzlich der Schärfewert berechnet. Wird nach einer bestimmten Anzahl Schritten kein neues Maximum mehr gefunden, stoppt der Algorithmus und bewegt den Motor an die optimale Fokusposition.

Resultate

Der Ablauf des Suchalgorithmus wurde zuerst mit einer Simulation, basierend auf den Datensatzwerten, getestet. So konnten die definierten Regeln optimiert werden. Danach wurde der Auto-Fokus als Python Script auf einer Maschine ausgeführt und mit verschiedenen Substraten getestet.

Die Tests waren erfolgreich. Zuverlässig stellte der Auto-Fokus ein scharfes Bild ein. Basierend auf den Python Scripts wurde die Auto-Fokus Funktion in der Anlagensteuerung integriert und kann nun auch bereits von den Anwendern der Anlagen verwendet werden.

Industriepartner

Dr. Felix Holzner, CEO Heidelberg Instruments Nano/ SwissLitho AG
Kartik Buddha, Head of Software

Projektteam

Prof. Jörg Sekler, Projektverantwortlicher FHNW
joerg.sekler@fhnw.ch

Robin Erne, BSc in Systemtechnik, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent, robin.erne@fhnw.ch

Entwicklung einer Mechatronik im modernen Akkordeonbau

Im Rahmen einer Innosuisse-Projektarbeit wurden für die Firma «Carboneon» in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kunststofftechnik IKT neue Technologien und Materialien für den modernen Akkordeon-Bau entwickelt.

Raphael Waltenspül

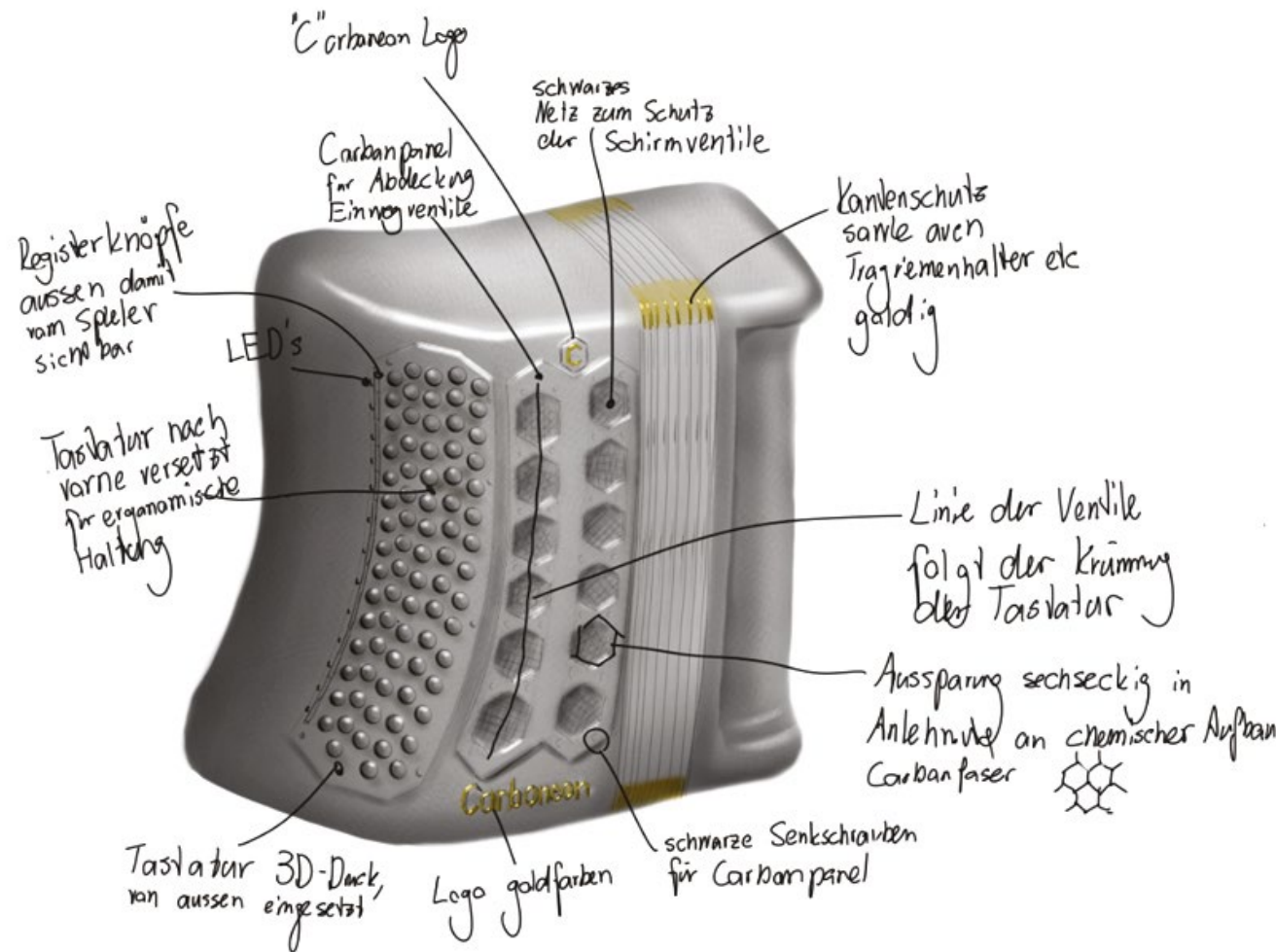


Abbildung 1: Carboneon Skizze

Die Firma «Carboneon», ein Schweizer Start-Up Unternehmen im High-End Bereich des Akkordeonbaus, will im Zuge eines Innosuisse-Projektes den Einstieg in die moderne und digitale Welt des Instrumentenbaus vollziehen. Das Projekt wurde in einer Kooperation vom Institut für Kunststofftechnik IKT und dem Institut für Automation IA durchgeführt. Das IKT legte den Fokus im Projekt auf die Verwendung neuer Material- und Fertigungsverfahren im Akkordeonbau. Das IA untersuchte die Verwendung mechatronischer Komponenten in einem Akkordeon.



Abbildung 2: Auftraggeber und Musiker, Srdjan Vukašinović

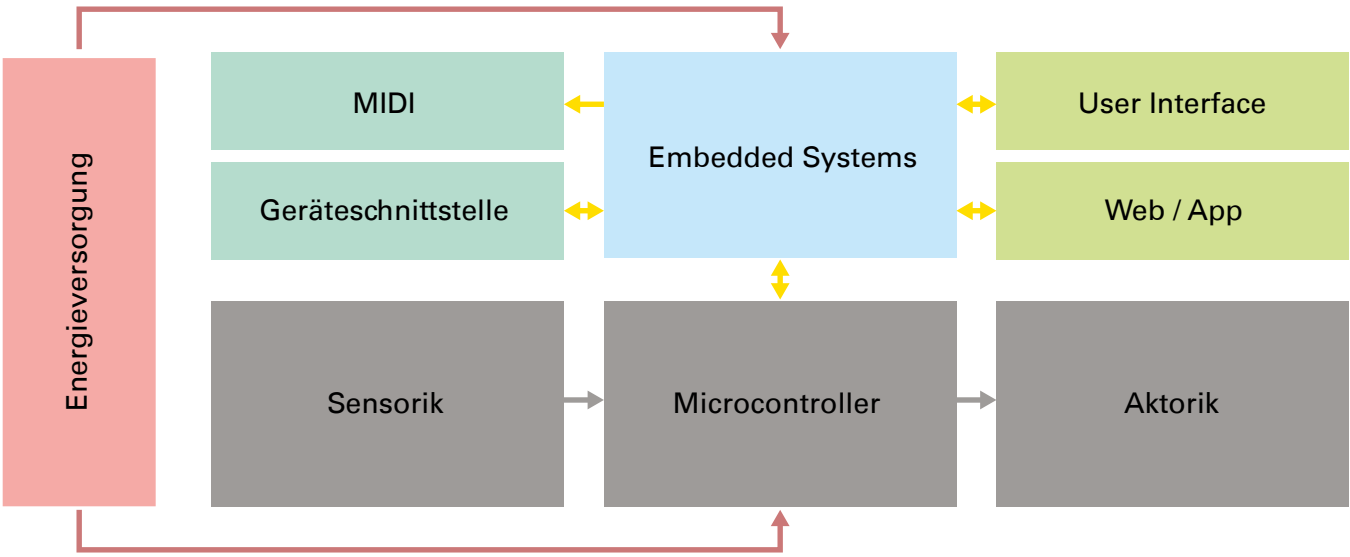


Abbildung 3: Architektur Mechatronik

Ausgangslage

Der Trend der Digitalisierung hält auch im traditionellen Instrumentenbau Einzug. Musikinstrumente werden zunehmend mit moderner Elektronik ausgestattet und können so mit der digitalen Welt verknüpft werden. Im Vordergrund steht stets die Klangqualität und das Spielgefühl des herkömmlichen Instrumentes. Es galt also Lösungen zu finden, welche eine elektronische Verarbeitung des gespielten zulassen, den Musiker beim Spielen unterstützen aber den Zuhörer davon nichts merken lassen.

Im Falle eines Akkordeons bedeutete dies, dass die Klaviertasten elektronisch, analog und mit einer hohen Abtastrate erfasst werden. Die erfassten Signale sollen dann in der Elektronik verarbeitet werden und an eine Tonerzeugung ausgegeben werden. Wichtig ist insbesondere, dass die Tonerzeugung klassisch realisiert wird. Es soll also kein Lautsprecher eingebaut sein, sondern die herkömmlichen Akkordeonstimmungen mit einem Luftstrom angeregt werden. Weiter soll dem Musiker eine moderne, digitale Oberfläche für die Konfiguration des Akkordeons zur Verfügung gestellt werden.

Architektur der Mechatronik

Um die gestellten Anforderungen zu erfüllen, wurde die Architektur der Mechatronik, wie in Abbildung 3 gezeigt, entwickelt. Dabei gliedert sich die Mechatronik in verschiedene Komponenten. Grau dargestellt ist der schnelle Echtzeit-Bereich. Dieser übernimmt die Aufgabe, alle Tasten analog abzutasten und über einen Analog-Digitalwandler im Controller-RAM zu speichern. Über eine konfigurierbare Zuordnungstabelle werden die erfassten Signale an einen oder mehrere Aktoren ausgegeben. Diese Aktoren öffnen das Ventil einer Stimmzunge, so dass der Ton gespielt wird.

Blau dargestellt ist die Benutzerschnittstelle. Diese Benutzerschnittstelle umfasst keine zeitkritischen Aufgaben, stellt aber hohe Anforderungen an die Bedienbarkeit. So wurde ein Embedded-System gewählt, welches einen eigenen Webserver implementiert. Darauf laufen die grafischen Anwendungen zur Konfiguration sowie eine MIDI-Schnittstelle. Rot dargestellt ist die Stromversorgung der mechatronischen Komponenten.

Ventilsteuerung mittels Blattfederventilen und analogen Voice Coils

Eine grosse Herausforderung des Projektes war die Aktorik, welche die Steuerung des Luftstromes durch die Stimmzungen realisiert. Der Luftstrom muss, wie bei einem klassischen Akkordeon, analog gesteuert werden. Die Ventile müssen im geschlossenen Zustand absolut dicht sein und während des Spiels mit einer Frequenz von 30 Hz geöffnet werden. Dies für alle 160 Stimmzungen separat. Um diese Menge an Ventilen auf kleinem Raum unterzubringen, wurden eigens dafür vorgesehene Blattfederventilblöcke entwickelt. Um die Ventile mit der geforderten Frequenz mechanisch zu öffnen, bedurfte es der Entwicklung eines neuen Aktors. Dieser beruht auf der Bauweise der sogenannten «Voice Coil», welche bspw. in Lautsprechern eingesetzt wird.

Erfassung der Tasten der analogen Klaviatur

Ein Knopf-Akkordeon besteht aus einer Bass- und Diskantastatur. Beide Tastaturen umfassen, je nach Grösse des Akkordeons, bis zu 220 Tasten. Insbesondere die Knöpfe der Basstastatur liegen mechanisch sehr nahe beieinander. Versuche zu Beginn des Projektes zeigten, dass die optische Erfassung des Tastenhubes eine gute Variante in Bezug auf Präzision, Geschwindigkeit und Kosten darstellt. Die optischen Sensoren befinden sich auf Leiterplatten, welche unter den Akkordeontasten angebracht werden. Auf der Tastaturelektronik befinden sich zudem analoge Multiplexer, mit welchen der Mikrocontroller die Tastensignale einzeln auf den Analog / Digital Wandler schalten kann.

Controller zur Steuerung der mechatronischen Komponenten

Der Controller hat die Aufgabe, in Echtzeit alle Tasten einzulesen und die Signale an die Aktoren auszugeben. Um dies zu realisieren, wurde ein RISC System eingesetzt und die Software in C, hardwarenah entwickelt. So kann eine maximale Laufzeit der Signalverarbeitung garantiert werden. Weiter empfängt der Controller die Konfiguration der «Tasten zu Aktor Zuordnung» über die serielle Schnittstelle vom übergeordneten Embedded-System.

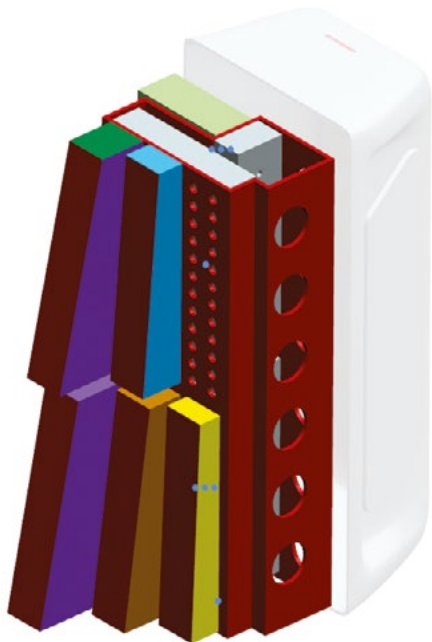


Abbildung 4: Luftgleichrichter

Halbieren der Stimmungen durch mechatronische Komponenten und Luftgleichrichtung

Ein herkömmliches Akkordeon besitzt, je spielbaren Ton, zwei Stimmungen. Eine Stimmung spielt den Ton währenddem die Luft aus dem Balg gedrückt wird, die andere spielt den Ton währenddem die Luft in den Balg gesaugt wird. Mit einem Luftgleichrichter könnte man nun die Anzahl der Stimmungen halbieren. Bis anhin wurde dies nie realisiert, da die gesamte Tasten-Mechanik in ein luftdichtes Gehäuse geführt werden musste. Mit dem Einsatz von Mechatronik wird die Luftgleichrichtung jedoch möglich. Denn die mechatronische Steuerung erfordert lediglich die Durchführung eines Kabels in den luftdichten Raum. Im Zuge des Projektes wurde also ein spielbarer Luftgleichrichter (Abbildung 4) entwickelt,

welcher nur die halbe Anzahl der Stimmungen benötigt. Dadurch wird das Stimmen des Instrumentes einfacher und das Akkordeon wird leichter und kostengünstiger.

Embedded System zur Konfiguration der Töne

Ein weiteres Teilprojekt der Akkordeon-Digitalisierung beschäftigt sich mit der Möglichkeit, das Instrument mit eingebetteten Systemen auszurüsten und so dem Kunden einen Mehrwert durch Konfigurationsmöglichkeiten und Schnittstellen zu schaffen. Wichtig für den Kunden sind ansprechende, einfache, benutzerfreundliche Bedienschnittstellen zur Konfiguration des Instrumentes.

Dafür wurde auf dem Embedded-System eine Webseite implementiert, die dem Kunden grafisch erlaubt sein Akkordeon zu konfigurieren. Um die Konfiguration vorzunehmen, muss sich der Kunde lediglich über WLAN verbinden und kann dann im Webbrowser auf die Konfigurationselemente zugreifen. Insbesondere ist die Zuordnung der Tasten zu den jeweiligen Tönen wichtig, so kann bspw. ein ganzer Akkord auf einen einzelnen Kopf gelegt werden. Die erstellten Konfigurationen werden per Knopfdruck über die serielle Schnittstelle an das Echtzeitsystem übertragen.

Auftraggeber

Carboneon, Srdjan Vukašinović

Projektteam

Prof. Dr. Christian Brauner, Projektverantwortlicher FHNW, christian.brauner@fhnw.ch
Jan Hess, BSc in Maschinenbau, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent, Jan.Hess@fhnw.ch
Patrick Read, MSc in Engineering, Patrick.Read@fhnw.ch
Raphael Waltenspül, BSc in Systemtechnik, Masterstudent und wissenschaftlicher Assistent, Raphael.Waltenspuel@fhnw.ch

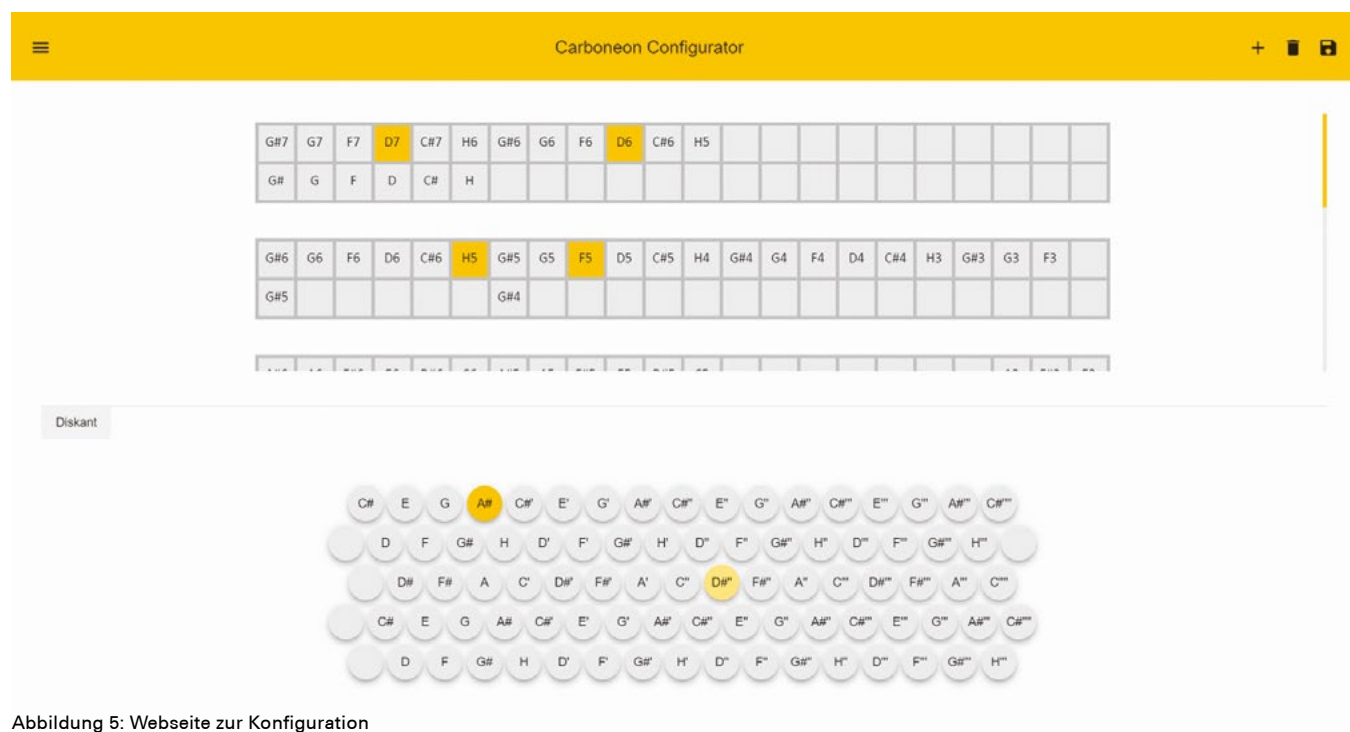


Abbildung 5: Webseite zur Konfiguration

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
Thomas Helbling, Leiter FITT (Forschung, Innovation, Technologietransfer)
thomas.helbling@fhnw.ch
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

EMV optimierte Kunststoffgehäuse

Im Rahmen eines Innosuisse Innovationsprojektes forschen die Institute für Automation und Kunststofftechnik zusammen mit der Firma Wagner AG an EMV optimierten Kunststoffgehäusen. Ziel dieses Projektes ist es, teure und aufwendig zu produzierende Aluminiumgehäuse für Fahrzeugelektronik mit leichterem, günstigerem Kunststoff – oder Metall-Kunststoffhybrid-Gehäusen zu ersetzen, welche ähnlich gute EMV-Abschirmungseigenschaften wie die Aluminiumgehäuse aufweisen.

Pascal Schleuniger

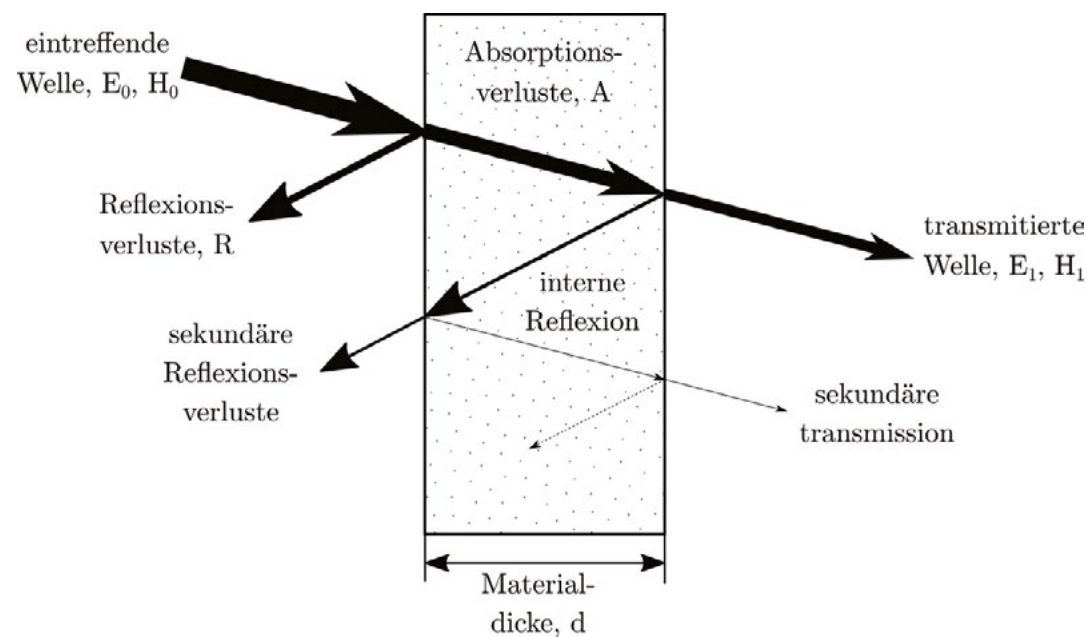


Abbildung 1: Reflexion, Absorption und Transmission elektromagnetischer Wellen

Ausgangslage

Die Wagner Gruppe mit Hauptsitz in Waldstatt hat sich auf die Herstellung von Metalldruckguss- und Kunststoffspritzgussteilen, sowie deren Kombination (Hybridbauteile) spezialisiert. Die Herstellung von Druckgussteilen ist aufgrund der manuellen Nachbearbeitungsschritte in der Schweiz im Rückzug, während die Bedeutung spezialisierter Kunststoffteile stark ansteigt. Eine Vielzahl der von Wagner produzierten Druckgussteile sind Elektronikgehäuse für die Automobilindustrie. Diese können durch Kunststoffspritzgussteile ersetzt werden, wenn die Normen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) der Endprodukte eingehalten werden.

Es wurden spezifische Messaufbauten entwickelt, um die EMV Eigenschaften bestehender leitfähiger Kunststoffe zu analysieren. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse können

die werkstoffspezifischen und geometrischen EMV Einflussgrößen bestimmt und entsprechend massgeschneiderte Lösungen realisiert werden.

Elektrisch leitende Kunststoffe

Unter EMV versteht man die Eigenschaft, dass sich elektrische Geräte nicht gegenseitig stören. Konkrete EMV-Anforderungen an elektrische Geräte sind in einer Vielzahl an Normen dokumentiert. Elektronische Schaltungen werden oft in Metallgehäusen untergebracht, da diese gute Abschirmungseigenschaften aufweisen. Die Abschirmungseigenschaft kommt primär durch eine gute elektrische Leitfähigkeit des Gehäuses zustande. Dabei unterscheidet man zwischen Reflexion und Absorption, wie in Abbildung 1 dargestellt. Die Dämpfung errechnet sich durch das Verhältnis von eintreffender Leistung zur transmittierten Leistung.

Es existiert eine Vielzahl an leitenden Kunststoffen auf dem Markt. Diese Eigenschaft wird meist durch das Beimischen von leitfähigen Füllstoffen wie Russ, Graphit oder Metallfasern erreicht. Die Leitfähigkeit wird jedoch meist genutzt, um eine elektrostatische Aufladung zu verhindern oder um die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern. In diesem Projekt werden diese leitenden Kunststoffe nun systematisch auf deren EMV Abschirmungsverhalten untersucht und modelliert sowie neue Kunststoffe mit den gewünschten Eigenschaften entwickelt.

Dämpfungseigenschaften 1D

Die Messung der 1D Dämpfungseigenschaften erlaubt es, das Abschirmungsverhalten unter Laborbedingungen als Funktion von Frequenz, Materialstärke und Temperatur zu ermitteln. Dazu wurde eine Apparatur gefertigt, welche es erlaubt, mit einem Network-Analyzer die Reflexion, Absorption sowie Transmission des jeweiligen Materials erfassen. Der 1D-Messaufbau ist in Abbildung 2 abgebildet. Die Messungen haben gezeigt, dass einige leitfähige Kunststoffe sehr gute Dämpfungseigenschaften über einen sehr grossen Frequenzbereich aufweisen.

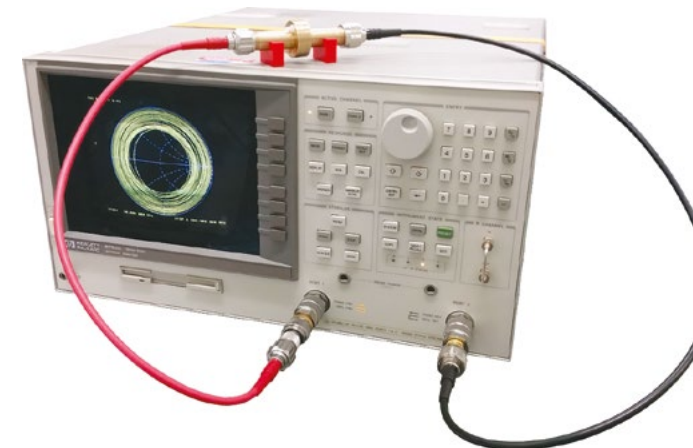


Abbildung 2: 1D-Messaufbau

Dämpfungseigenschaften 3D

Um die Dämpfungseigenschaften von kompletten Elektronikgehäusen zu untersuchen, wurde eine neuartige 3D-Prüfapparatur entwickelt, welche es erlaubt, ein Mustergehäuse mit integriertem Störsender um zwei Achsen zu drehen. Die 3D Prüfapparatur ist in Abbildung 3 abgebildet. Die abgestrahlte Leistung wird mit einer gerichteten Antenne im Fernfeldbereich der Störsenderfrequenzen erfasst. Beim Vergleich von Messungen mit und ohne Deckel kann so die Dämpfungseigenschaft des Gehäuses in alle Richtungen ermittelt werden und Rückschlüsse auf Geometrie und Spritzgussqualität gezogen werden. Abbildung 4 zeigt das 3D-Abschirmverhalten eines Mustergehäuses ohne Öffnungen.

Fazit und Ausblick

Im ersten Projektjahr wurden Mess-Apparaturen gefertigt und die Dämpfungseigenschaften leitfähiger Kunststoffe mit verschiedenen Füllstoffen untersucht. Die Verwendung unterschiedlicher Füllstoffe führt zu unterschiedli-



Abbildung 3: 3D-Messaufbau mit Positionierungs-Aktorik und Störsender

chen Reflexions- Absorptionswerten bei unterschiedlichen Frequenzen, welche teils kombiniert werden können, um optimale Ergebnisse zu erreichen. Es wurde aufgezeigt, dass leitfähige Kunststoffe ein grosses Potential für Elektronikgehäuse aufweisen, da sie gute Dämpfungseigenschaften aufweisen, mechanisch belastbar und leicht sind und zudem mittels Spritzguss kostengünstig und hochautomatisiert hergestellt werden können. Im weiteren Projektverlauf werden der Einfluss der Gehäuse-Geometrie untersucht und die Dämpfungseigenschaften modelliert.

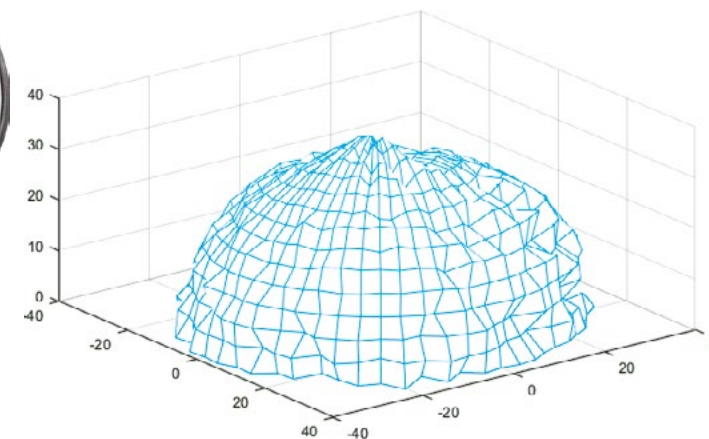


Abbildung 4: 3D-Dämpfung eines Mustergehäuses bei einer bestimmten Frequenz

Auftraggeber

Wagner AG Waldstatt

Projektteam

Prof. Dr. Pascal Schleuniger, Projektleiter, pascal.schleuniger@fhnw.ch
Elias Lukas Rotzler, MSE Student, eliaslukas.rotzler@fhnw.ch

Induktive Ladung zu "One Shift Battery Tool"

Im Bereich Handwerkzeuge steht die Umstellung auf akkubetriebene Geräte zunehmend im Vordergrund. Dabei spielen bürstenlose DC-Motoren und Lithium-Ionen Akkus eine wichtige Rolle. In diesem KTI-Innosuisse-Projekt entsteht ein funktionsfähiger Prototyp eines akkubetriebenen Handschleifgerätes mit einer mechanischen Nennleistung von 1'000 W. Eine der zentralen Aufgaben ist dabei die induktive (kontaktlose) Nachladung der Akkus in den Arbeitsunterbrüchen.

Hans Gysin

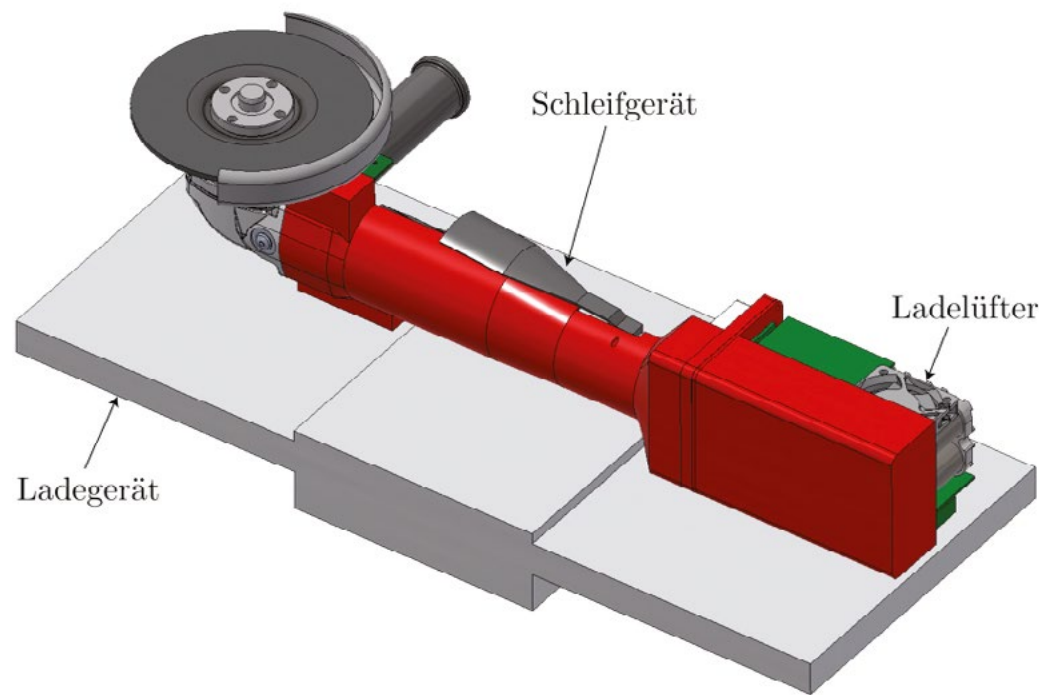


Abbildung1: Das Handwerkzeug (Schleifgerät) auf dem "Rücken" liegend in der Ladestation. Die Ladestation ist tischartig realisiert, um das Werkzeug in den kurzen Arbeitsunterbrüchen aufzulegen. Auf Grund der auslaufenden Schleifscheibe wird üblicherweise das Werkzeug auf den "Rücken" gelegt.

Problematik

Im Bereich der professionellen Handwerkzeuge zeichnet sich der Trend von Druckluftwerkzeugen zu Akku betriebenen Werkzeugen ab. Nicht nur die Nachteile der Druckluft sollen eliminiert werden, sondern generell müssen z.B. in den Montagehallen der Flugzeug- und Automobilindustrie die "Stolperfallen" Kabel und Schläuche verschwinden.

Die Otto Suhner AG, als führender Hersteller von Druckluftwerkzeugen im Bereich des professionellen Schleifens, Schneidens und Bohrens, muss also zwangsläufig diesen Wechsel vollziehen. Aus diesen Gründen wurde ein KTI-Innosuisse-Projekt gestartet, das die Grundlagen für den Technologiewechsel zu den kabellosen, akkubetriebenen Elektrowerkzeugen erarbeiten und in Form eines Prototyps

aufzeigen soll. Das Projektziel ist ein 1'000 W Handschleifgerät. Die Effizienz wird dabei sichergestellt, indem die Akkus in jeder Arbeitsunterbrechung, also bei jedem Ablegen des Werkzeuges, nachgeladen werden. Ein effizientes Nachladen kann dabei nur bedeuten, dass über ein flaches Tischladegerät kontaktlos (induktiv) die Akkus im abgelegten Werkzeug geladen werden. Damit diese Ladung auch spürbar die Einsatzzeit des Werkzeuges verlängert, wurde eine sinnvolle Ladeleistung von 300 W festgelegt.

Vorgehen und erste Umsetzung

Begleitend zum Gesamtprojekt wurden in einer ersten Masterarbeit die Grundlagen für diese kontaktlose Ladung erarbeitet und entsprechend der zur Verfügung stehenden Geometrie ein Spulenpaar definiert. Bei einem zu erwartenden

relativ grossen Luftspalt von ca. 10 mm (Distanz der beiden Spulen) wurden die optimalen Spulengrössen in einer 3D-Feldsimulation ermittelt und als Funktionsmuster realisiert. Zusammen mit Magnetfluss leitenden Ferritmaterialeen ergaben sich bei diesen Simulationen unzählige Modelle und Parametrierungen. Die anschliessend aufgebaute elektronische Steuerung für die Primär- und die Sekundärseite erlaubte die wichtigen Tests als Gesamtsystem.

Das optimierte Spulenpaar für die induktive Ladung konnte mit zwei Kupferwicklungen und flussleitenden Ferrit-Platten realisiert werden. Dimensioniert wurden sie für 300W Ladeleistung bei einem Luftspalt von 10 mm, der hauptsächlich durch die beiden Kunststoffgehäuse des Ladegerätes und des Akkus bedingt ist. Um die richtige Funktion zu zeigen, wurden die elektronischen Leistungsschalter auf Leiterplatten aufgebaut und der Steuerungsteil mit einem myRIO-Modul (Prozessor) ergänzt.

Aktuelle Arbeiten und Ausblick

Eine induktive Energieübertragung in diesem Leistungsbe-reich und mit dem geforderten Luftspalt verlangt zwangsläufig nach einem sogenannten resonanten Wandler. Je nach Anforderungen auf der Primär- oder Sekundärseite gibt es optimale Resonanzprinzipien. Da aber das Laden eines Akkus alles andere als ein fix definierter Lastzustand ist und auch die Wirtschaftlichkeit eine grosse Rolle spielt, sind steuerungsmässig diverse Kompromisse notwendig.

Aktuell laufen die Arbeiten am Batteriemanagement des aus Gewichtsgründen leicht abgespeckten 150 Wh Li-Ion Akkus. Damit wird die Lastsituation auf der Sekundärseite klar definiert. Als Sekundärwicklung bleibt vorderhand die bereits ermittelte Spule bestehen. Eine zweite Masterarbeit wird parallel zu den Projektarbeiten der Problematik der optimalen Spulenanordnung nachgehen und das nicht nur in Bezug auf

den Luftspalt, sondern vor allem auch unter Berücksichtigung der Lage der Spulen zueinander (unpräzise hingelegtes Werkzeug). Die Toleranz beim Hinlegen des Werkzeuges ist ein entscheidender Faktor bezüglich Effizienz beim Arbeiten mit diesem Werkzeug. In dieser Masterarbeit wird gleichzeitig auch der Einsatz von Mehrspulen-Systemen in Hinblick auf Effizienz und Wirtschaftlichkeit untersucht. Das Resultat dieser Arbeit ist ein Prototyp des Ladegerätes, das neben der oder den optimalen Primärspulen auch die Steuerung der Resonanzübertragung beinhalten muss.

Eine weitere begleitende Problematik für das Ladegerät ist die Lasterkennung. Unter keinen Umständen darf die Primärspule durch ein beliebig abgelegtes Metallteil auf dem Ladegerät aktiviert werden. Es braucht also eine drahtlose Kommunikation zwischen Ladegerät und Werkzeug-Akku. Diese Kommunikationen werden zusammen mit Leistungsbereichen zunehmend standardisiert, so dass auch für dieses Projekt entsprechende Verfahren abgeleitet werden können.

Projektteam

Otto Suhner AG:
Jürg Beutler, Manager Engineering
Stefan Wiedemeier, Product Designer
Raphael Schleuniger, Product Designer

FHNW / Institut für Automation:
Prof. Hans Gysin, Dozent, hans.gysin@fhnw.ch
Prof. Dr. Roland Anderegg, Leiter Institut für Automation, roland.anderegg@fhnw.ch
Stefan Ineichen, Masterstudent, Wissenschaftlicher Assistent, stefan.ineichen@fhnw.ch
Patrick Read, Master (Absolvent), Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Primärseite

- Vollbrückenwechselrichter
- Phasendetektion Primärstrom
- Regelung der Phase zwischen Strom und Spannung

Sekundärseite

- Synchrongleichrichter
- Phasendetektion Sekundärstrom
- Regelung der Ausgangsleistung bzw. Spannung oder Strom

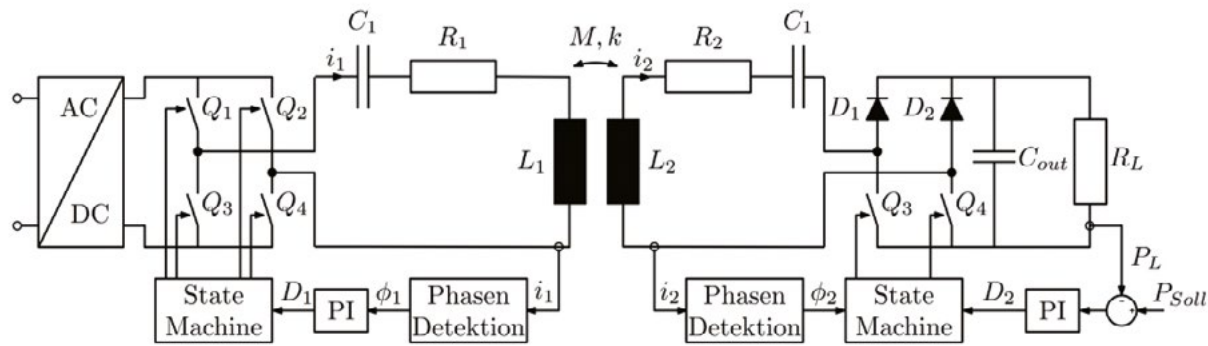


Abbildung 2: Das abgebildete Prinzipschema zeigt die Problematik bei einer resonanten, induktiven Übertragung von relativ grossen Leistungen. Je nach angewendetem Prinzip wird der Steueraufwand auf der Primär- und/oder Sekundärseite umfangreich.

Motivation für MINT

Schülerinnen und Schüler für MINT-Fächer zu begeistern, gehört zu wichtigen Aufgaben der technischen Gesellschaft. Beim Wettbewerb 2019/20 „CITY SHAPER“ untersuchen Jugendliche Aspekte zum Thema «Gestaltung von Grossstädten der Zukunft».

Moritz Wiss



Abbildung: Robot Game, First Lego League 2020

Im Zusammenhang mit Lego-Robotik hört man verschiedentlich Eltern klagen, dass sich ihre Kinder mit viel Begeisterung ein Robotik Set gewünscht haben. War der Wunsch erfüllt, so hätten die Kinder oft nur ein paar kleine Sachen ausprobiert und dann das ganze Set zur Seite gelegt. Nur in Ausnahmefällen entwickelte sich die Robotik zu einem Hobby. Woran liegt das? Diese Frage wäre sicher ein interessantes und wesentliches Thema für eine systematische Untersuchung. Da mir keine solche Untersuchung bekannt ist, kann ich hier nur Vermutungen anstellen. Denn beim First-Lego-League-Wettbewerb finden wir Jugendliche, die sich die Lego-Robotik zum Hobby gemacht haben. Da wir den Anlass bereits seit 16 Jahren durchführen, durften wir mitterleben, wie viele von ihnen

später den Weg in einen technisch-naturwissenschaftlichen Beruf gefunden haben.

Spielt man alleine oder bestenfalls mit einem Kollegen mit Lego-Robotik, so fehlen meiner Meinung nach drei wesentliche Aspekte, welche massgeblich für die Motivation sind. Der erste Aspekt ist ein Publikum, welches die entwickelte Lösung richtig würdigt. Der zweite Aspekt sind Wettbewerbe, an denen die Güte der Lösungen gemessen wird. Der dritte und in diesem Alter wohl prägendste Aspekt, ist das Teamerlebnis.

Ein paar Gedanken zu den einzelnen Aspekten. Ein Musiker wird nicht lange auf seinem Instrument üben, wenn

er nirgends eine Gelegenheit hat, mit seinem Können ein Publikum zu erfreuen. Nur durch das Feedback der Zuhörer motiviert, wird er weiter an seinen Fähigkeiten arbeiten. Wo gibt es ein Publikum für Robotik-Tüftler? Ein First-Lego-League-Wettbewerb bietet hier eine kleine Arena von Gleichgesinnten und Familienangehörigen. Leider bleiben Robotik-Wettbewerbe trotz Erstarken der «Nerd-Kultur» Randerscheinung und erlangen kaum medial Aufmerksamkeit.

Der zweite Aspekt der Wettbewerbe ist ein Antreiber und fördert die Motivation dahingehend, auf ein Ziel hin zu arbeiten. Die Ziele und Rahmenbedingungen sind klar definiert. Für die vorgegebenen, kniffligen Aufgaben muss eine Lösung gefunden, die dazu nötigen Werkzeuge gebaut und eine Software programmiert werden. Das gesamte System muss dahingehend optimiert werden, dass es am Wettbewerb auch robust funktioniert. Mit einem gesetzten Ziel und einem vorgegebenen Termin ist klar, dass zielstrebig auf eine Lösung hingearbeitet werden muss.

Hier kommt auch der dritte Aspekt zum Tragen, nämlich das Teamerlebnis. Harmonisiert das Team gut, so freut man sich auf das gemeinsame Tüfteln, kann gemeinsam Erfolge feiern und sich bei Misserfolgen stützen. Diese Momente schweissen ein Team zusammen, lassen Freundschaften entstehen und geben so der technisch vollbrachten Leistung eine emotionale Komponente.

In verschiedenen Kantonen gezielt und im Lehrplan 21 nach Gutdünken der jeweiligen Lehrperson werden technisch-naturwissenschaftliche Fächer in Schulfächern eingeführt. Soll dies nachhaltig sein, so sind aufgrund der oben genannten Gründe auch Wettbewerbe nötig. Angemerkt sei, dass Mathematiker dies schon längere Zeit erkannt haben und an vielen Schulen Mathematikmeisterschaften durchgeführt und unterstützt werden.

An der FHNW am Institut für Automation organisieren wir seit 16 Jahren First-Lego-League-Wettbewerbe. Gruppen von 3-10 Jugendlichen im Alter von 10-16 Jahren zeigen, was sie im vergangenen Jahr für den Wettbewerb vorbereitet haben. Dazu bauen und programmieren sie einen Wettbewerbsroboter, der möglichst viele der im Voraus bekannten Aufgaben auf einem Spieltisch lösen kann. Zudem machen sie eine Forschungsarbeit, dieses Jahr zum Thema „CITY SHAPER, Gestaltung von Grossstädten der Zukunft“. Die Resultate der Arbeit werden am Wettbewerb in einer Präsentation vorgestellt.

Wir hoffen auf weiterhin viele technikbegeisterte Kinder und Jugendliche. Mit dem First-Lego-League Wettbewerb wollen wir unseren Beitrag dazu leisten und hoffen so, dass MINT-Fächer und Wettbewerbe weiter Einzug in die Klassenzimmer halten.

Team

Prof. Dr. Jürg Peter Keller, Dozent, juerg.keller1@fhnw.ch
Stefan Ineichen, BSc, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, stefan.ineichen@fhnw.ch
Moritz Wiss, BSc, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, moritz.wiss@fhnw.ch

Bachelor Thesis

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
Leitsystem für einen mobilen Roboter zur Bombenbergung	RUAG Schweiz AG; RUAG Aviation	Anderegg Roland	Käppeli Manuel
Erneuerung und Erweiterung SPS zur optimierten Ventilationssteuerung SBB Cargo, Re420, Re421, Re430, Re620	SBB Cargo AG	Anderegg Roland	Fernandez Anderson Stephanie
Optimierung eines mobilen Entasters	Andreas Stihl AG & Co. KG	Anderegg Roland	Gassmann Reto
Entwicklung einer ABB-YuMi® Roboterapplikation für Technikerausbildung	ABB	Keller Jürg P.	Buhlinger Martin
.NET OPC UA Client in LabVIEW	FHNW, Institut für Automation	Keller Jürg P.	Loeliger Tobias Michael
Embedded Benchmarking of Algorithms	FHNW, Institut für Sensorik und Elektronik	Buchmann Hans	Kopf Philipp
Nachweisen von Spurenstoffen im Wasser mit Hilfe von Photothermischer Interferometrie	FHNW, Institut für Sensorik und Elektronik	Weingartner Ernest	Wipf Manuela
Mess- und Regelungstechnik für intelligente, digitalisierte Biegemaschinen	Haeusler AG	Edelmann Max	Westerholt Bastiaan
CNG-Modultest Redesign	Endress + Hauser Flowtec AG	Keller Jürg P.	Zeltner Dominik
Umsetzung automatisierter Beladung einer Schrumpfanlage	Stryker GmbH	Besselmann Thomas	Diemand Marc
Greiferentwicklung für undefinierte Formen	Stryker GmbH	Besselmann Thomas	Basler Reto
Mess- und Regeltechnologie für Landwirtschaftsfahrzeuge	Berner Fachhochschule, HAFL	Anderegg Roland	Oeschger Valentin
Automatisierung von Handhabungs- und Assortierungsprozessen in der Zahnbürstenfertigung	Curaden AG	Besselmann Thomas	Westermann David
Entwicklung einer Stromrichter-Simulations-Software zum Testen der Software für Traktionssysteme	ABB, Transportation	Mastellone Silvia	Kaufmann Michael
Analoge Füllstandmessung im Pellet-Lager	Energiepark z'Brigg AG	Eichin Heinz	Russo Gianluca
Messverfahren zur Bestimmung des Lagerzustandes des Messeinsatzes eines Wasserzählers	Integra Metering AG	Steiner Marcel	Weber Luca
Monitoring von Aktoren und Sensoren als Grundlage für Industrie 4.0	FHNW, Institut für Automation	Eichin Heinz	Wirtz Dario TZ
Erweiterung eines UAV's mit FLARM	FHNW, Institut für Automation	Keller Jürg P. Zubler Tobias	Kieser Tobias
Autonome Hinderniserkennung eines UAV	FHNW, Institut für Automation	Keller Jürg P.	Kuhn Thomas
Digitale Verdichtungstechnologie	Ammann Schweiz AG	Anderegg Roland	Berz Dominic
Online Systemidentifikation zur Optimierung geregelter Biegeprozesse	Haeusler AG	Anderegg Roland Edelmann Max	Sonderegger Andrej
Mobiler Roboter zur Bombenbergung: Implementierung von Funktionalitäten zur Optimierung der Bedienbarkeit	RUAG Schweiz AG RUAG Aviation	Anderegg Roland Schmisrauter Daniel	De-Sassi Delia
Mobiler Roboter zur Bombenbergung: Optimierung der Bedienerchnittstelle	RUAG Schweiz AG RUAG Aviation	Anderegg Roland Schmisrauter Daniel	Käppeli Manuel
Automatisierung der Bahnplanung zur modellbasierten Vorsteuerung einer Hochdruckpumpe	Zaugg Maschinenbau AG	Niederberger Stefan Gebhardt Jan	Rüdiger Simon
Batterie-Management für elektrisches Handwerkzeug	Otto Suhner AG	Gysin Hans Ineichen Stefan	Krasniqi Skender TZ
Drahtloses Kommunikationssystem für digitales Handwerkzeug	Otto Suhner AG	Binggeli Daniel Ineichen Stefan	Wipfli Patrick

Realisierung eines grossen, leistungsstarken Hochtemperatur-3D Druckers	FHNW, Institut für Kunststofftechnik	Keller Jürg P.	Jäggi Cédric
Qualitätsprüfung mittels Bildverarbeitung	Proderma AG	Keller Jürg P.	Ermel Pascal
Simulation Heiz-/Kühlsystem eines Reaktors	F. Hoffmann-La Roche AG	Zogg David	Hablützel Patrick TZ
Testumgebung Hausmanager/Regler	FHNW, Institut Energie am Bau	Eichin Heinz Genkinger Andreas HABG	Kupferschmidt Andreas
Pixel-Detektor als Dosimetriergerät für Protonentherapie	PSI-ZPT	Sekler Jörg	Dössegger Robin TZ
Kozeption & Realisierung Standardleitsystem für kleinere Energieversorgungsunternehmen (Powertech)	Ertech Elektronik AG	Gysin Hans	Gassmann Marc TZ
Wärmepumpenprüfstand - Erweiterung zur Co-Simulation	FHNW, Institut für Automation	Zogg David Elmiger Andreas	Werner Simon
Eigenverbrauchsoptimierung für industrielle/gewerbliche Betriebe	Smart Energy Control GmbH	Zogg David	Schneider Roger TZ
Wireless Kommunikation zwischen Drum-Sticks	FHNW, Institut für Automation	Binggeli Daniel	Brand Michel
IoT-Infrastruktur in der Gebäudeautomation (MSRL), Cloud-Integration von Gebäudedaten	Alpiq InTec Schweiz AG	Binggeli Daniel Zubler Tobias	Flück Damian TZ
Automatischer EMV Messaufbau	Wagner AG	Schleuniger Pascal Rotzler Elias	Huelin Florin
Ausrichtung einer Dose	Ferrum AG	Schleuniger Pascal	Schraner Patrick TZ
Continuous scanning 4-bounce fixed-exit Monochromator	Paul Scherrer Institut	Gysin Hans	Hitz Stephan TZ
Haptisches Funktionsmuster eines Bedieninterface	KWC, Franke Water Systems AG	Binggeli Daniel	Jakober Daniel
Effizienzsteigerung des Hardwareprozesses	Swisslog AG	Gysin Hans	Jäggi Meret TZ
Konzept und Programmierung neuer Vorlagen zur Anlagenplanung	ABB, Power Grids	Gysin Hans	Bäni Lorenz TZ
Automatisierte Fütterungsanlage zu Stalleinrichtung	Rindlisbacher AG	Anderegg Roland	Galli Lukas TZ
Fehlervorhersage für einen Trocknungsventilator	Belimed AG	Gaulocher Sebastian	Grand Yves TZ
Planung einer Prüfeinrichtung für die Wagenleittechnik des Steuerwagens IC-Bt-1	SBB Cargo AG	Anderegg Roland Mastellone Silvia	Escher Genia
Mittelspannungsantriebe und Digitalisierung	ABB Schweiz AG, Mittelspannungsantriebe	Mastellone Silvia Minamisawa Renato	Portmann Gabriel
Neuentwicklung Robotergreifer	Christenguss AG	Zingrich Robin Edelmann Max	Mohammad Ahmed
Roboterprogrammierung und Optimierung eines Fertigungsprozesses für Zahnkorrekturmittel	Nivellmedical AG	Mastellone Silvia Genter Jeremy	Uske David
Roboterprogrammierung mittels Bildverarbeitung eines Fertigungsprozesses für Zahnkorrekturmittel	Nivellmedical AG	Mastellone Silvia Genter Jeremy	Dual Matthias TZ
Beschichtung von Gussteilen in einer Eisengiesserei	Eisengiesserei Ed. Mezger AG	Anderegg Roland	von Arx Marco
Ergänzung & Charakterisierung einer Testapparatur zur Sedimentationssimulation unter reduzierter Schwerkraft	UNI-Basel, Dept. Umweltwissenschaften, FG Physiogeografie & Umweltwandel	Sekler Jörg	Stockmeyer Silvan
Erweiterung eines UAV's mit FLARM und Umsetzung	FHNW, Institut für Automation	Keller Jürg P. Zubler Tobias	Steiner Remo TZ

Vertiefungsprojekte der Master-Studierenden

Projektthema	Auftraggeber	Advisor	Studierende
Auto-Fokus Steuerung für optische Mikroskopie	SwissLitho AG	Sekler Jörg	Erne Robin
Digitalisiertes One Shift Battery Tool	Otto Suhner AG	Anderegg Roland	Ineichen Stefan
Ethernet Traffic Generator	E+H Flowtec AG	Eichin Heinz	Ostgen Lukas
Regelung und Steuerung Single Statio Seamer	Ferrum AG	Schleuniger Pascal	Jordan Fabian
Auslegungstool zur Trajektorieoptimierung	Class 4 Laser Professionals	Anderegg Roland	Märki Vincent
Digitale Schmiertechnologie	Simatec AG	Anderegg Roland	Märki Vincent
Messtechnische Untersuchung der elektromagnetischen Dämpfung verschiedener, EMV optimierter Kunststoffe	Wagner AG	Schleuniger Pascal	Rotzler Elias
Gesteuerter berührungsloser Energie-Überträger	FHNW internes Projekt	Schleuniger Pascal	Rotzler Elias
Entwicklung von Maschinenfunktionen für computergesteuerte Blechbiegemaschinen	Haeusler AG	Anderegg Roland	Winkler Noah
Entwicklung der Reglerperformanceüberwachung für das Energy Valve	Belimo AG	Keller Jürg P.	Wiss Moritz
Technologie zum genauen Ermitteln von Werkstück-Posen komplexer Geometrien basierend auf CAD-Daten	Christenguss AG	Edelmann Max	Waltenspül Raphael
Automatisierte, adaptive Offline Programmierung	Christenguss AG	Mastellone Silvia	Zingrich Robin
Erarbeitung eines Praxisbeispiels der Model Predictive Control Methode	FHNW internes Projekt	Anderegg Roland	Zingrich Robin
Optimierte Bahnplanung für UAV	FHNW internes Projekt	Anderegg Roland	Kaufmann Silvio
Digitale Schmiertechnologie	Simatec AG	Anderegg Roland	Kaufmann Silvio
Modellierung der Hydrauliksystemeigenschaften für Biegemaschinen	Haeusler AG	Anderegg Roland	Schmisrauter Daniel
Adaptiver CNC-Code Umwandler für automatisierte Biegeprozesse	Haeusler AG	Anderegg Roland	Sonderegger Andrej
Innovative, modellbasierte thermische Industriesysteme	Tool-Temp AG	Zogg David	Thierer Steffen
Identifikation und Validierung eines thermischen H/K-Models	Belimo AG	Keller Jürg P.	Zubler Tobias

Publikationsliste 2019

D. Zogg, “Der Strom bekennt Farbe”, in *HK-Gebäudetechnik*, November 2019, Gebäudeautomation

D. Zogg, “Gebäudetechnik mit Elektromobilität optimal kombinieren”, in *HK-Gebäudetechnik*, März 2019, Spezial Elektromobilität

D. Zogg, “Eigenverbrauchsoptimierung von Arealen mit verteilter Intelligenz”, in *HK-Gebäudetechnik*, Februar 2019, Gebäudeautomation

S. Niederberger, R. Orjuela and M. Basset, "Robust control design for electrically driven high-pressure pumps using H-infinity approach with joint shaping functions", in *Proceedings of the 18th European Control Conference (ECC)*, 2019, pp. 459-464.

S. Niederberger, R. Orjuela, P. Schleuniger, R. Anderegg and M. Basset, "Extended validation of a graph-based modelling methodology for high-pressure networks", in *Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Mechatronic Systems*, 2019, pp. 488-493.

Konferenzbeiträge 2019

Anlässlich von Konferenzen hielten folgende Mitarbeitende des Instituts für Automation Referate zu ihren Fachgebieten.

Konferenz	Datum	Ort	Referate des Instituts für Automation
Forum Künstliche Intelligenz	14.5.2019	Stuttgart	Signalverarbeitung und Speicherung in Neuronalen Netzen (Hans Gysin)
Journées Nationales en Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques (GDR MSCS)	3.-7.6.2019	ENSEIRB-MATMECA, Bordeaux/Talence	Modelling and hierarchical control design for decentralized high-pressure pumps (Stefan Niederberger, Rodolfo Orjuela and Michel Basset)
Swiss Nano Convention (SNC'19)	6.-7.6.2019	EPFL, Lausanne/Ecublens	Improvement of Coarse & Fine Positioning including Novel Features for the NANOFRAZOR Nanolithography Tool (Poster von Robin Erne + Jörg Sekler)
4th Freiberg Sawing Symposium	6.-7.6. 2019	Technische Universität Freiberg, Deutschland	Model-Based Optimization of the Diamond Wire Sawing Process (Daniel Treyer)
18th European Control Conference (ECC)	25.-28.6.2019	Università degli Studi di Napoli Federico II, Neapel	Robust control design for electrically driven high-pressure pumps using H-infinity approach with joint shaping functions (Stefan Niederberger, Rodolfo Orjuela and Michel Basset)
8th IFAC Symposium on Mechatronic Systems	4.-6.9.2019	Technische Universität Wien	Extended validation of a graph-based modelling methodology for high-pressure networks (Stefan Niederberger, Rodolfo Orjuela, Pascal Schleuniger, Roland Anderegg and Michel Basset)
10th International Workshop for Optimization in Logistics and Industrial Applications (IWOLIA)	18.11.2019	Université de Haute-Alsace, Mulhouse	A graph-based modelling methodology for high-pressure networks applied on waterjet machining (Stefan Niederberger and Michel Basset)



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