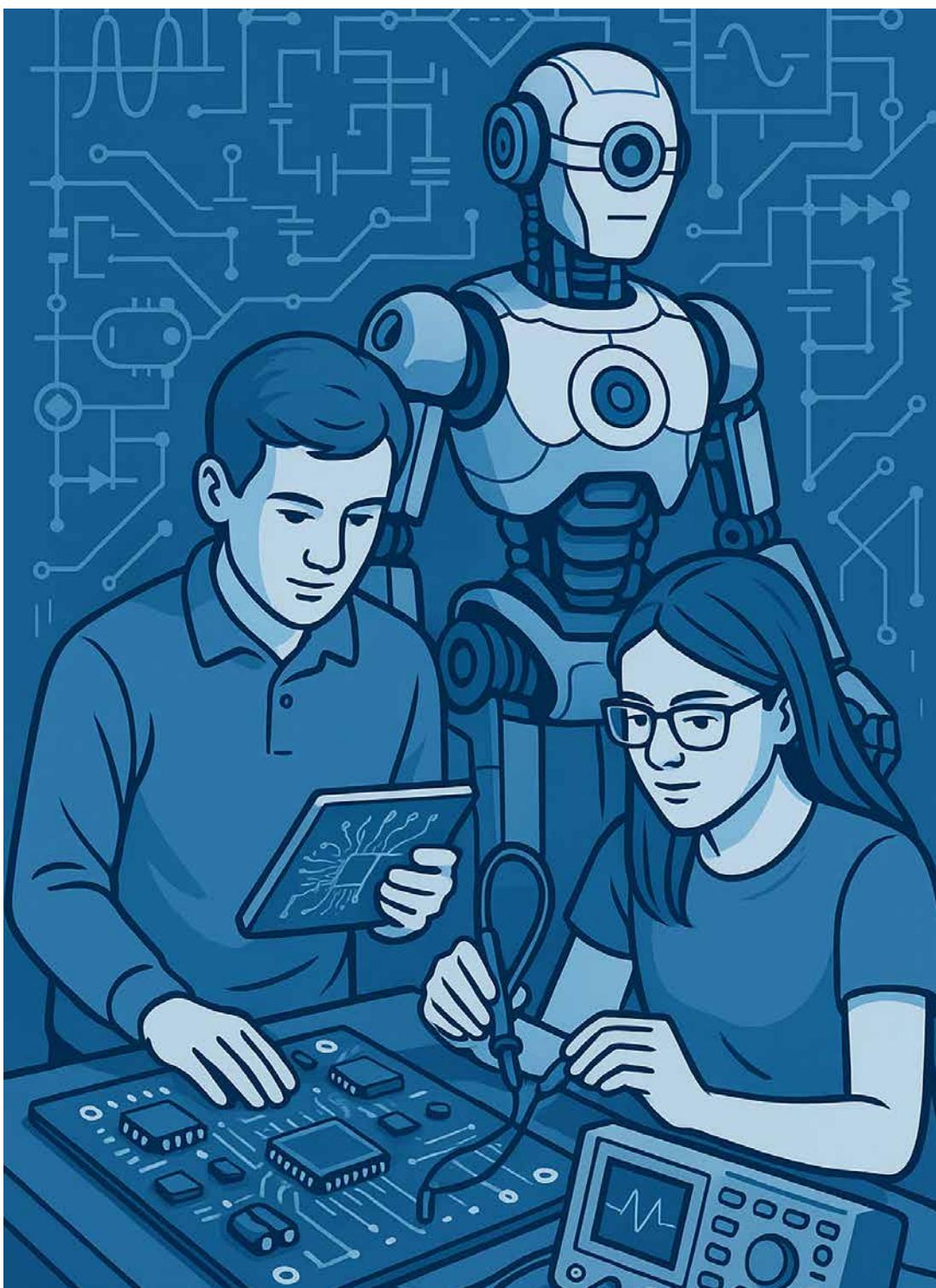


Elektrotechnik und Informationstechnologie

Bachelor-Thesis 2025



Kreativität, Innovation und Fachverständnis oder alles nur künstliche Intelligenz?



Prof. Dr. Marc Achermann
Studiengangleiter Elektrotechnik
und Informationstechnologie

Heutzutage kann jeder einen Text verfassen, oder genauer gesagt, verfassen lassen. Doch was steckt hinter diesen Bachelorarbeiten? Sind sie etwas wert, und haben die Studierenden etwas dabei gelernt und erarbeitet? Oder wurden die Arbeiten *einfach* generiert?

Wohl in jeder dieser Arbeiten steckt in irgendeiner Form etwas künstliche Intelligenz! Warum auch nicht? Werkzeuge sollen dort eingesetzt werden, wo sie uns sinnvoll unterstützen können. Künstliche Intelligenz ist ein Werkzeug, wie viele andere Tools, die unsere Studierenden einsetzen. Ihr sinnvoller Einsatz erfordert sowohl ein breites Grundverständnis als auch viel Fachwissen. Mit ihren Bachelorarbeiten zeigen unsere Studierenden, dass sie diese erforderlichen Kompetenzen in Elektrotechnik und Informationstechnologie erworben haben und in praktischen Projekten erfolgreich anwenden können.

Erfreuen sie sich an den vielen spannenden und erfolgreichen Projekten, die unsere Studierenden mit Industriepartnern und anderen Institutionen realisiert haben.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. Achermann".

Horw, im Juni 2025

Inhaltsverzeichnis

Ameti Denis Posenerkennung mit Machine Learning	
Annen Joel Panoramaansicht von Zügen	
Arnold David CANopen on Zephyr RTOS	
Aufdenblatten Luzian Raphael Formula Student Electric	
Bauer Dario Quantensensor kompakter Prototyp	
Blickisdorf Merlin Formula Student Electric	
Dos Santos Gomes Fabrice Spannungsregelung durch Einzelstrangregler	
Durrer Denis Orthogonal Fundamental Mode Fluxgate	
Durrer Nando Josef Messsystem zur Messung der Schienenbewegung	
Elmiger Patrick Schneeschmelze im Gleisbett der Bahn mittels Mikrowellen	
Erni Michael Integration eines neuen Drucksensors mit Qualifikationsmessungen	
Fanger Manuel Messung Schienenbewegung	
Fetscher Elias Supportsystem für Instandhaltungsarbeiten im laufenden Betrieb für Seilbahnen	
Haas Michael Radfehlerdetektion basierend auf «Phased Array»	
Heini Gregor Klemmenmontage mit Industrierobotern	
Hofmann Christoph Prototyp im Bereich Wasserqualitätsmessung	
Holzer Jan Embedded Softwareentwicklung für DC Microgrid Hardware	
Kaeslin Roman Denoising-Algorithmen zur Reduzierung von Motorgeräuschen in Audioaufnahmen	
Krummenacher André Datenübertragung im Motorkabel	
Locher Fabrice Optimierte Motorenansteuerung für die Antennennachführung	
Meister Cedric Online-Parameteridentifikation eines Büraums für eine DT-Plattform	
Meyer Patrice Automatisierung Verriegelungsbedingungen Sekundärtechnik Schaltanlagen	
Ming Andreas Space Object Tracking with AI-Models	
Muehlemann Tobias Entwicklung eines browserbasierten Analyse- und Diagnosetools für E-Bikes mit UART-Schnittstelle	28
Mühlethaler Nick Volumetrische Messung im Stahlrecycling	29
Pintér Martin eFuse für Elektrofahrzeuge	30
Ritz Jonas NFC Kommunikation Optimierung	31
Röllin Philipp Bestimmung der 3D-Pose von Objekten mittels Vision-Technologie	32
Rosenberger Raphael Remote Lab – entfernte OS-Installation	33
Schmid Sebastian Fernzugriff auf eine Maispresse	34
Schnarwiler Ramon Pick and Place Roboteranlage	35
Sidler Ramon Temperaturmesssystem zur Verifizierung von Medizingeräten	36
Sieber Fabrice Bidirektionales Laden von Elektroroller im Posteinsatz	37
Stadelmann Larissa Ansteuerung mit User Interface für automatische Formungsmaschine	38
Tresch Fabian Entfernungsgesteuerte Fahrzeugerkennung	39
Tschopp Yannic Formula Student Electric	40
von Rotz Joel Entwicklung eines Mobilfunk-Moduls für Prozess-Photometer	41
Zenklusen Julian Mobile Roboterplattform	42

Posenerkennung mit Machine Learning

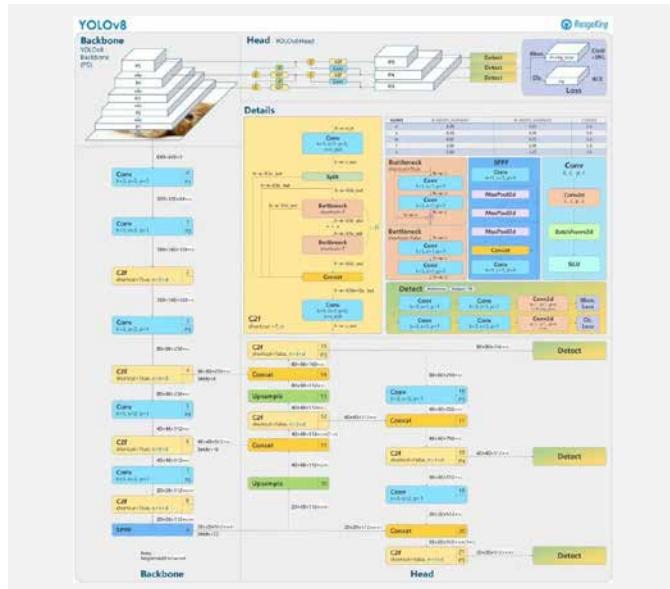


Abb. 1: Die Struktur des verwendeten YOLOv8 Modells

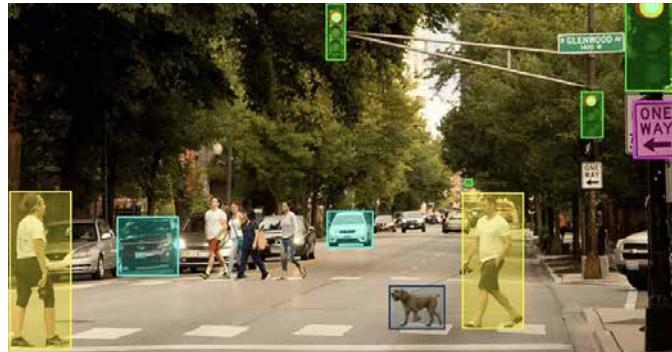


Abb. 2: Die Erkennung verschiedener Klassen mittels Machine Learning

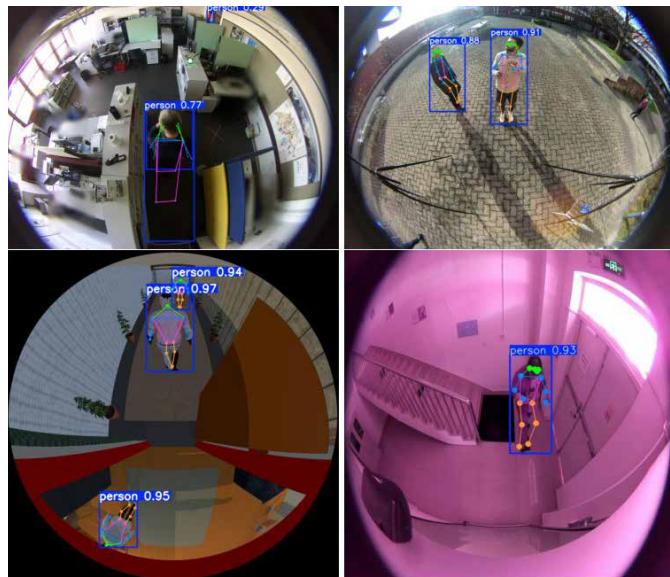


Abb. 3: Die prediction auf Bildern von verschiedenen Datensätzen

Problemstellung

Die Firma Agtatec AG entwickelt u.a. Sensorsysteme für die Steuerung von automatischen Türen. Der Industriepartner möchte nun eine intelligente Lösung zur Öffnung automatischer Türen finden, damit diese wirklich nur öffnen, wenn eine Person hindurch will. Dies soll unter Verwendung von omnidirektionalen Kameras und einem Machine Learning Modell geschehen.

Lösungskonzept

In einem ersten Schritt soll untersucht werden, ob die Erkennung der Pose von Personen unter Verwendung von omnidirektionalen Kameras in Kombination mit einem Machine Learning Modell (z.B. Typ YOLO) möglich ist. Aufgrund von Datenmangel, wird zusätzlich analysiert, ob das Machine Learning Modell sich mit synthetischen Daten trainieren lässt. Weiterhin soll analysiert werden, ob anhand der Pose die Intention der Person, an der Türe vorbei oder durch die Türe durchzugehen, ausreichend früh ermittelt werden kann, um den Öffnungsvorgang korrekt auszulösen.

Realisierung

In einem ersten Schritt wird die Masterarbeit, auf der aufgebaut wird, studiert. Danach wird recherchiert für die dort entstandenen Fragen. Werden Lücken beim fachlichen Wissen festgestellt, so gilt es diese auch durch Selbststudium nachzuholen. Ist dies gemacht, so kann sich den erhaltenen Daten gewidmet werden. Nachdem diese kontrolliert und die nötige Konvertierung in das richtige Format stattgefunden hat, kann mit dem Training begonnen werden. Die ersten Trainings werden auf der eigenen Hardware durchgeführt, bis dann für grössere Datenmengen die zur Verfügung gestellte GPU verwendet wird. Nach den Trainings werden die Resultate validiert und die nötigen Schritte eingeleitet, um bessere Resultate für die dann folgenden Trainings zu erreichen.

Ergebnisse

Das Ziel, wie es in der Problemstellung beschrieben ist, wurde so nicht gelöst. Aus den Resultaten ist hervorgekommen, dass ein Training allein mit synthetischen Daten nicht möglich ist, respektive keine guten Resultate für Anwendungszwecke in der Realität vermerkt. Eine gute Durchmischung von verschiedenen Daten zeigt sich als wichtige Eigenschaft um zufriedenstellende Resultate zu erhalten.

Diplomand
Ameti Denis

Dozent
Prof. Dr. Klaus Zahn

Themengebiet
Nachrichtentechnik & Signal Processing,
Mechatronik, Automation & Robotik

Projektpartner
Agtatec AG



Panoramaansicht von Zügen



Abb. 1: Bild vor und nach der Kalibration mit den Kameraparametern. Links sind die eigentlich geraden Linien noch gekrümmt. Rechts sind sie gerade. Es besteht allerdings immer noch ein perspektivischer Effekt.



Abb. 2: Fluchtpunkt des Bildes in Abb1 in x-Richtung. (stark verzerrt zur Übersichtlichkeit) Der Fluchtpunkt befindet sich bei den Koordinaten 43822.



Abb. 3: Ausschnitt des finalen Panoramabildes eines Personenzuges.

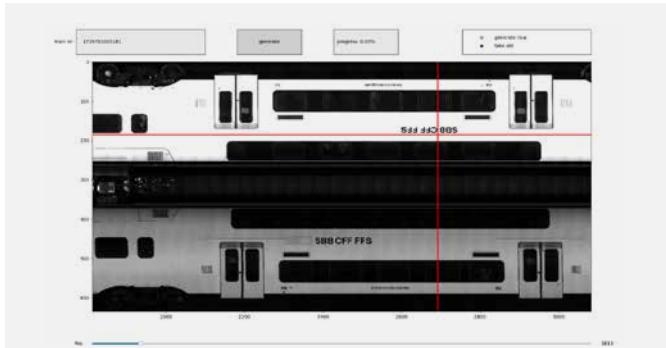


Abb. 4: GUI

Problemstellung

Die SBB möchte zur visuellen Kontrolle von Zügen ein Panoramabild der gesamten Zugkomposition haben. Mit diesem soll auch effizient vom Panoramabild zu den dazugehörigen Originalbildern gewechselt werden können. Damit kann eine effizientere Kontrolle der Bilddaten durchgeführt werden.

Lösungskonzept

Die Bilder sollen mit einer Kamerakalibration und einer perspektivischen Entzerrung bearbeitet werden und anschliessend mit Hilfe der verfügbaren Metadaten zu einem Panoramabild zusammengestitched werden.

Realisierung

Die Kamerakalibrierung lässt sich mit Hilfe eines Schachbrettmusters realisieren. Die perspektivische Entzerrung erfolgt durch die Errechnung eines Fluchtpunktes mit Hilfe zweier in der Realität paralleler Linien. Dadurch kann eine Transformationsmatrix gebildet werden und das Bild wird entzerrt. Um eine Referenz zwischen dem Panoramabild und den Originalbildern zu haben, wird für jedes Originalbild ein Koordinatenabschnitt definiert und abgespeichert. Im GUI kann dann durch einen Klick ins Panoramabild die dazu passenden Originalbilder aufgerufen werden.

Ergebnisse

Die Ziele des Projektes konnten umgesetzt werden. Das Programm kann für beliebige Züge eingesetzt werden und erstellt zuverlässig ein Panoramabild dazu. Außerdem kann für jeden Punkt im Panoramabild die dazu passenden Originalbilder aufgerufen werden. Die Originalbilder überschneiden sich teilweise sehr stark, so dass je nach Punkt bis zu 6 Bilder einen Punkt beinhalten.

Ausblick

Für das Projekt gibt noch viele mögliche Verbesserungen oder Erweiterungen. Zum Beispiel könnten die Bilder automatisiert nach möglichen Fehlern untersucht werden. Dies wäre beispielsweise mit einem KI-System möglich, welches mit Bildern, die Fehler bzw. Defekte beinhalten trainiert wird und so den Nutzer im Panoramabild direkt auf potenzielle Anomalien aufmerksam macht.



Diplomand
Annen Joel

Dozent
Prof. Dr. Klaus Zahn

Themengebiet
Bildverarbeitung

Projektpartner
SBB AG



CANopen on Zephyr RTOS

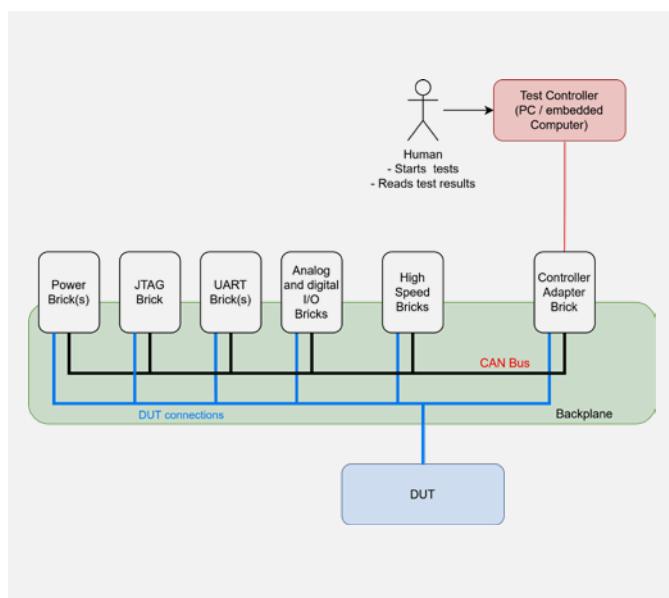


Abb. 1: Future Test System (Source Toradex)

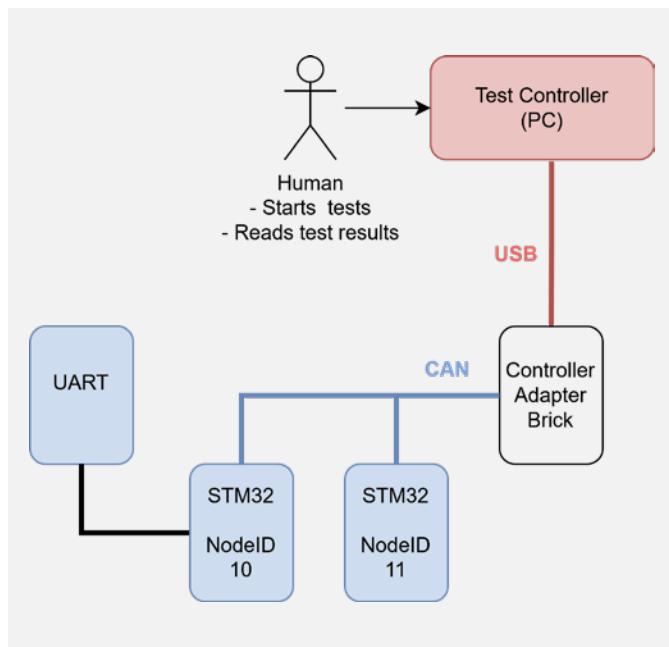


Abb. 2: Proof of Concept Project Setup

```
== CAN Bus Data Check (CLEANED) ==
Total Sent Bytes: 224994
Total Received (Cleaned) Bytes: 224994
Matched Bytes at Start: 224994
Missing or Corrupted Bytes: 0
Match %: 100.0%
```

Abb. 3: Verifying correct data transfer

Task

Toradex's existing production tester is a single, inflexible PCB. If any subsystem fails, the whole unit must be returned and replaced. To improve repairability and allow new test functions to be added quickly, Toradex has already committed to a modular tester made of compact STM32-based "bricks" that communicate with a Linux host over a classical CAN bus using CANopen. Before rolling the concept into production, the company wants to validate that this network can (i) perform all basic CANopen functions and (ii) handle demanding use cases such as delivering firmware images and forwarding high-speed boot logs while multiple DUTs run in parallel.

Concept

A Zephyr-RTOS platform with the open-source stack CANopenNode was selected. Each brick becomes a self-contained CANopen node; A Windows PC acts as test-controller. Service Data Objects (SDO) handle bulk transfers, Process Data Objects (PDO) and SDO stream time-critical data.

Implementation

A proof-of-concept setup connected a Windows-based test controller to an STM32 Nucleo-G474RE "brick" through a USB-to-CAN adapter, while Python scripts on the controller side handled all CANopen transactions with the node. To exercise boot-log streaming, a UART ran at its maximum baud rate and fed log bytes into the STM32. Firmware delivery was realised with an SDO DOMAIN transfer, while bootlog transmission were implemented in two variants: a low-latency PDO stream and an SDO block upload for comparison. Packet integrity and overall bus load were monitored with a CANalyzer, confirming byte-accurate reception and quantifying utilisation under single- and multi-node conditions.

Results

All core CANopen services operated reliably on the prototype. A 1 kB "firmware" file was written via SDO DOMAIN, read back and verified, demonstrating that remote updates are feasible over Classical CAN. Continuous boot-log streaming reached about 200 kbit/s—roughly 20 % of a 1 Mbit/s bus—so four DUTs could boot in parallel without data loss. CANalyzer traces showed zero packet corruption under both single- and multi-node scenarios, when the bus was not overloaded. Overall, the results confirm that Classical CAN with CANopen fulfills Toradex's functional requirements, while indicating that the bus may reach its limits when using multiple DUTs.



Diplomand
Arnold David

Dozent
Dr. Oliver Kasten

Themengebiet
Technische Informatik

Projektpartner
Toradex AG



Formula Student Electric



Abb. 1: CAD-Rendering Aurona

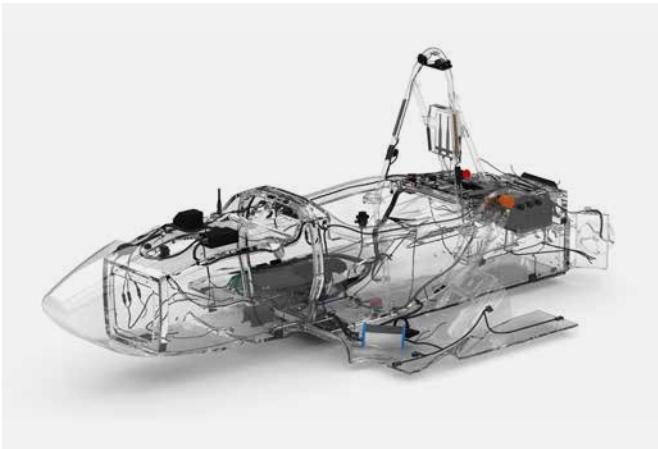


Abb. 2: CAD-Rendering Sensorik und LV Elektronik

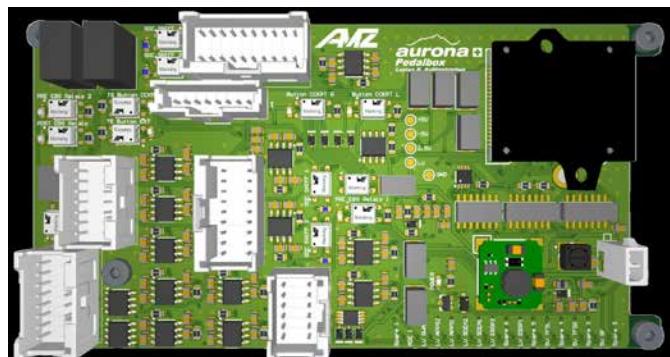


Abb. 3: PB-PCB CAE-Rendering

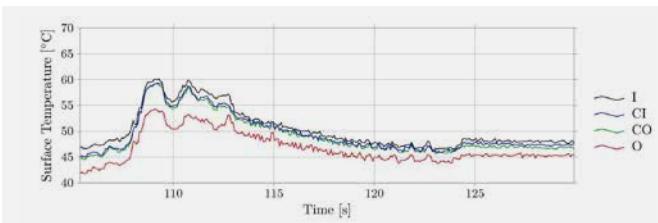


Abb. 4: Reifentemperatur Messung

Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 3 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug aurona. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete. Diese Arbeit behandelt die Umsetzung des Konzepts der diesjährigen Sensorik, Aktuatorik wie auch des Pedalbox PCBs. Die Aufgabe dieser Komponenten trägt der Performance des Rennwagens massgeblich bei. Sensordatenerfassung sowie deren Behandlung und Digitalisierung stehen dabei im Mittelpunkt. Die gewonnenen Daten sind integraler Bestandteil der Fahrzeuggodynamikregelung und der Validierung der mechanischen Komponenten des Rennwagens. Des Weiteren beinhaltet das Arbeitspaket das Design und Layout des sogenannten Pedalbox PCBs. Dieses PCB ist zentraler Bestandteil wichtiger Sicherheitsfeatures, wie auch Eingabeverarbeitung des Fahrers.

Lösungskonzept

Im Vordergrund stehen Gewichtseinsparung, Datengenauigkeit wie auch Verlässlichkeit der Komponenten. Dies umfasst digitale wie auch analoge Kommunikation zwischen den einzelnen Einheiten des Wagens. Des Weiteren dient das Regelwerk der Formula Student Germany als Grundlage für gewisse Konzeptsentscheidungen und deren Umsetzung. Gewisse Sensoren sowie Aktuatoren sind sicherheitskritisch, somit muss deren Design sorgfältig angegangen werden.

Realisierung

Die Realisierung besteht aus der Implementierung verschiedenster Kraft-, Positions-, wie auch Abstands-, Rotations-, Temperatur- und Druckmessungen. Diese werden zum Tuning von Kontrollsystmen wie auch mechanischen Komponenten, wie beispielsweise der Aufhängung eingesetzt. Die Aktuatoren bestehen aus Kühlungslüftern, Pumpe und Ventilen. Die Datenerfassung geschieht über ein Bessel Approximiertes Analogfilter 5th Grades.

Ergebnisse

Die Funktionalität der umgesetzten Konzepte wurden in der Testphase des Projektes auf das härteste getestet und validiert. Probleme wie EMI oder Aliasing wurden erfolgreich verhindert. Zudem konnte ein Gewichtseinsparnis im Vergleich zu vorherigen Saisons erreicht werden.

Ausblick

Die Events des Formula Student Electric finden jeweils in den Monaten Juli und August statt. Dort tritt man mit seinem Rennauto in diversen Disziplinen gegen andere Teams der ganzen Welt an.



Diplomand
Aufdenblatten Luzian Raphael

Dozent
Prof. Dr. Adrian Omlin, Prof. Rolf Mettler,
Prof. Erich Styger

Themengebiet
Signalverarbeitung & Kommunikation
Embedded Systems & Automation
Energiesysteme & Antriebstechnik

Projektpartner
AMZ-Racing



Quantensensor kompakter Prototyp

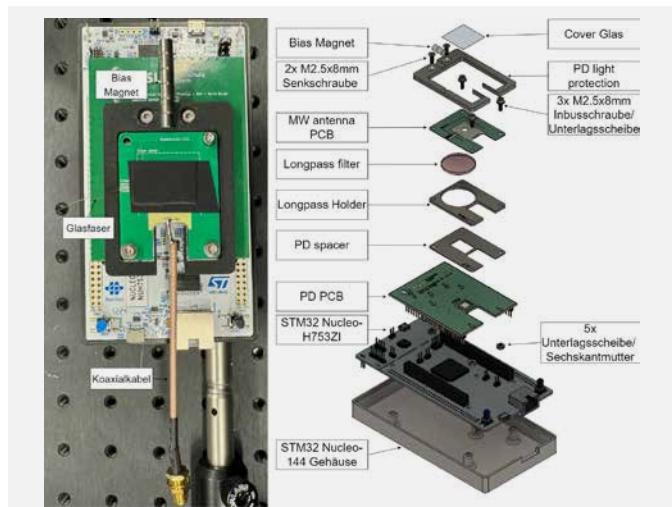


Abb. 1: Prototyp



Abb. 2: NV-Diamant an optischer Faser

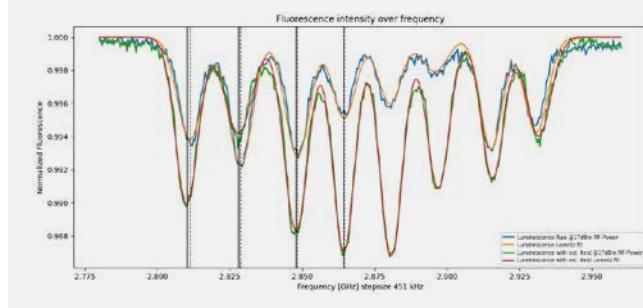


Abb. 3: ODMR-Spektrum mit Bias Magnetfeld

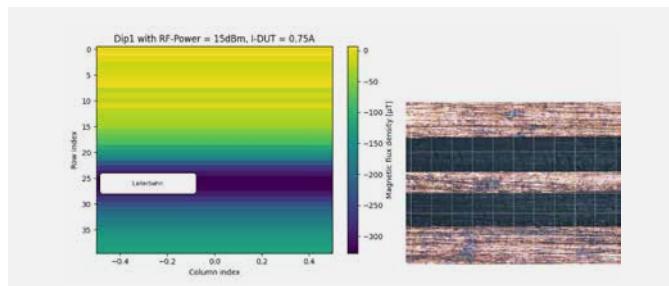


Abb. 4: Magnetfeldmessung stromdurchflossenen Leiterbahn

Problemstellung

Für zahlreiche Anwendungen, etwa in der Medizintechnik oder bei der berührungslose Strommessung auf Leiterplatten, werden hochauflösende und kompakte Magnetfeldsensoren benötigt. Klassische Hall-Sensoren stossen hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit an Grenzen, während hochpräzise Alternativen wie supraleitende SQUIDs den Einsatz aufwendiger Kryotechnik erfordern. Nitrogen-Vacancy-(NV)-Zentren in Diamanten ermöglichen hingegen hochsensitive Magnetfeldmessungen bei Raumtemperatur. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung und Realisierung eines solchen NV-basierten Magnetometers als kompaktes, embedded-System.

Lösungskonzept

Die Magnetfeldmessung basiert auf dem Prinzip der optisch detektierten Magnetresonanz (ODMR). Dabei wird ein Diamant mit NV-Zentren mit grünem Licht (532 nm) optisch angeregt. Die NV-Zentren emittieren daraufhin rote Fluoreszenz, deren Intensität abhängig von der elektronischen Spin-Zustandsverteilung ist. Durch Anlegen eines Mikrowellenfeldes kommt es bei Resonanzfrequenzen zu einem charakteristischen Abfall der Fluoreszenz. Verschiebt sich diese Resonanz infolge eines externen Magnetfeldes (Zeeman-Effekt), kann über die Frequenzverschiebung die Stärke des Magnetfeldes bestimmt werden.

Realisierung

Der entwickelte Prototyp besteht aus einer optischen Faser mit angebrachtem Mikrodiamantpartikel, einer Laserdiode zur optischen Anregung, einer Photodiode zur Erfassung der Fluoreszenz, einem rauscharmen Transimpedanzverstärker sowie einem STM32-Mikrocontroller mit 16-Bit-ADC. Für die Mikrowellenanregung kommt ein Split-Ring-Resonator zum Einsatz, gespeist durch einen externen RF-Signalgenerator.

Ergebnisse

Der entwickelte Prototyp erreichte ohne extern angelegtes Magnetfeld einen Fluoreszenzkontrast von 5.68 %. Mit einem angelegten Bias-Magnetfeld konnten die vier NV-Zentrum-Achsen im ODMR-Spektrum eindeutig getrennt detektiert werden. Die erfolgreiche Durchführung einer räumlich aufgelösten Magnetfeldmessung an einer stromdurchflossenen Leiterbahn validierte die Funktionalität des Sensors. Dabei konnte eine magnetische Auflösung im einstelligen Mikrotesla-Bereich erzielt werden. Optimierungspotenzial besteht hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV), Kontraststabilität und Messgeschwindigkeit.

Diplomand
Bauer Dario

Dozent
Prof. Dr. Patric Eberle

Themengebiet
Quantenphysik/Sensorik und
Messtechnik/Embedded System

Projektpartner
iHomeLab

i Home Lab **HSLU** Hochschule
Luzern

Formula Student Electric

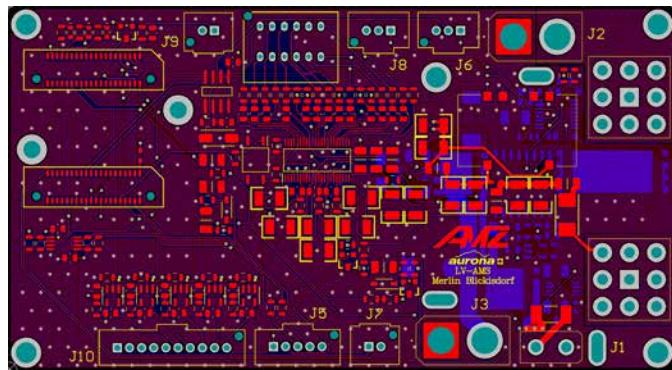


Abb. 1: LV-AMS PCB Layout



Abb. 2: CAD-Rendering Aurona

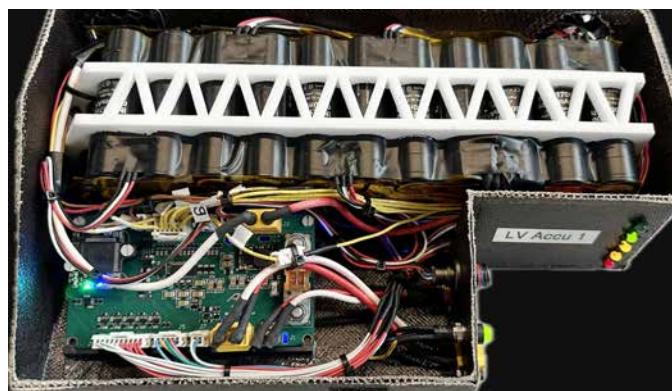


Abb. 3: LV-AMS PCB verkabelt im Akkumulator

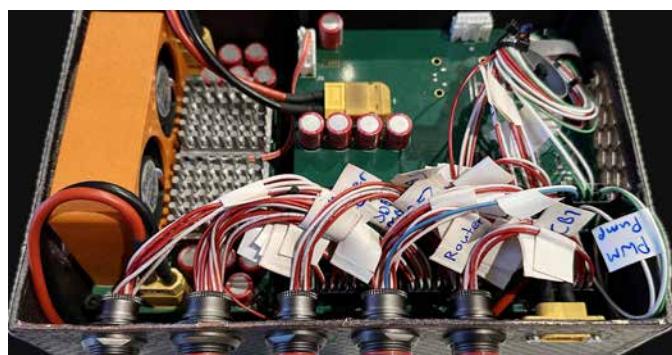


Abb. 4: LV-Supply PCB verkabelt in Box

Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudierende der ETH und 3 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug Aurona. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete. Diese Arbeit behandelt die Umsetzung des Konzepts für das LV-AMS, das Akkumulator-Management-System für den Niederspannungsakkumulator und das LV-Supply, welches alle Niederspannungsverbraucher im Fahrzeug speist. Der Fokus liegt darauf, wie diese beiden Systeme entwickelt, gefertigt, getestet und in Betrieb genommen wurden. Die Hauptanforderung des LV-AMS besteht darin, den Akkumulator vom restlichen System trennen zu können, falls die Zellspannungen oder Zelltemperaturen die spezifizierten Grenzwerte überschreiten. Ähnliches gilt auch beim LV-Supply, wobei die Verbraucher nebst der Speisung auch vor Überlast und Kurzschlägen geschützt werden.

Lösungskonzept

Das Regelwerk der Formula Student Germany dient als Grundlage für die Konzeptentscheidungen und deren Umsetzung. Insbesondere die Verwendung von Lithium-Akkuzellen ist in Bezug auf diese Arbeit streng geregelt. Dementsprechend muss das Konzept des LV-AMS und LV-Supply alle Vorschriften einhalten, um zugelassen zu werden.

Realisierung

Das LV-AMS ist die Schutzelektronik für einen 11S3P Li-Ion-Akkumulator. Es überwacht die Spannungen aller 11 Zellen und die Temperaturen von mindestens 30 % der Zellen. Mithilfe einer Hall-Effekt-Strommessung wird die verbrauchte Ladung erfasst, um den Ladezustand des Akkumulators zu bestimmen. Das LV-Supply hingegen speist alle 37 Verbraucher des Rennwagens mit der korrekten Spannung und sichert diese gegen Kurzschlüsse und Überlast ab. Zudem misst es den Strom jeden Verbrauchers. Weiter wurde dieses Jahr ein gestapeltes PCB realisiert, welches die Verpackung und das Gewicht des LV-Supply deutlich verringert hat.

Ergebnisse

Die umgesetzten Konzepte funktionieren einwandfrei und sind voll funktionsfähig. Während der Testphase des Fahrzeugs traten einige Fehler und erforderliche Änderungen auf, die jedoch alle zeitnah behoben werden konnten.

Ausblick

Die Events des Formula Student Electric finden jeweils in den Monaten Juli und August statt. Dort tritt man mit seinem Rennauto in diversen Disziplinen gegen andere Teams der ganzen Welt an.



Diplomand
Blicksdorf Merlin

Dozent
Prof. Dr. Adrian Omlin, Prof. Rolf Mettler,
Prof. Erich Styger

Themengebiet
Signalverarbeitung & Kommunikation
Embedded Systems & Automation
Energiesysteme & Antriebstechnik

Projektpartner
AMZ-Racing



Spannungsregelung durch Einzelstrangregler

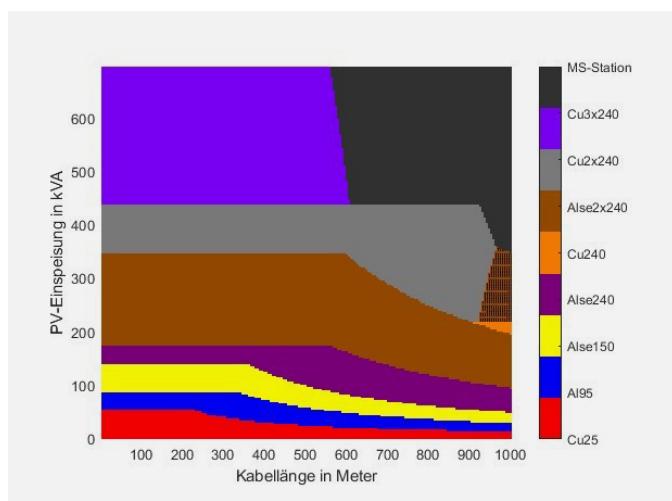


Abb. 1: Die grau schraffierten Bereiche markieren jene Parameterkombinationen, bei denen der Einsatz eines Einzelstrangreglers wirtschaftlich sinnvoll ist. Die Hintergrundfarben kennzeichnen den jeweiligen Anschlussleistungstyp. Die dargestellte Entscheidungsmatrix bezieht sich auf die Netztopologie Fall 1.

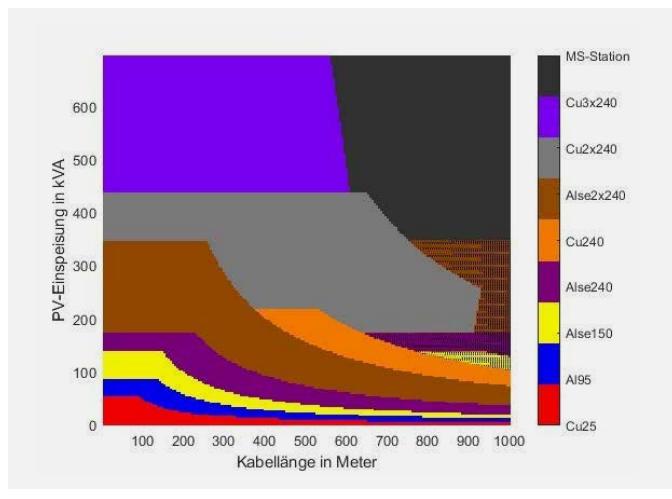


Abb. 2: Entscheidungsmatrix für Netztopologie Fall 2

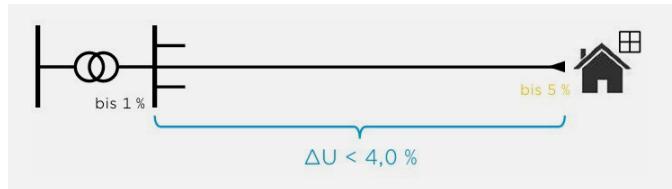


Abb. 3: Netztopologie Fall 1 mit den Kriterien für die Spannungsqualität

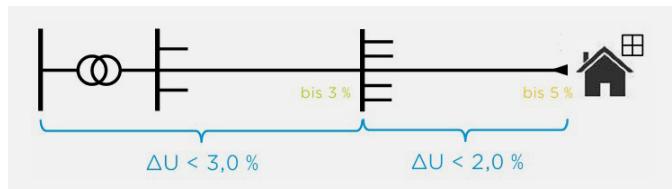


Abb. 4: Netztopologie Fall 2 mit den Kriterien für die Spannungsqualität

Problemstellung

Die wachsende Einspeisung dezentraler PV-Anlagen stellt Niederspannungsnetze vor Herausforderungen bei der Einhaltung der Spannungsgrenzen. Klassische Massnahmen wie Leitungsverstärkungen sind zwar wirksam, jedoch teuer und wenig flexibel. Ziel dieser Arbeit ist es, Einzelstrangregler als alternative Lösung zur Spannungsregelung zu untersuchen. In Kooperation mit der CKW AG werden deren Lebenszykluskosten mit denen konventioneller Netzverstärkungen verglichen. Grundlage ist eine technische Analyse verschiedener Lastflussverfahren, die hinsichtlich Genauigkeit und Rechenaufwand bewertet werden, um eine geeignete Methode für umfassende Auswertungen zu finden.

Lösungskonzept

Zur Bewertung des Einzelstrangreglers wurde ein Vergleichskonzept entwickelt, das verschiedene Lastflussverfahren auf Genauigkeit und Rechenaufwand untersucht. Die geeignete Methode bildet die Basis für Netzsimulationen mit und ohne Einzelstrangregler. Darauf aufbauend erfolgt eine Lebenszykluskostenanalyse, die zeigt, wann der Einzelstrangregler eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative zum klassischen Leitungsbau ist.

Realisierung

Die Bearbeitung der Bachelorarbeit erfolgte etappenweise. Zunächst wurden die theoretischen Grundlagen zur Spannungsregelung, Netzintegration von PV-Anlagen und Lastflussberechnung erarbeitet. Daraufhin wurden verschiedene Lastflussverfahren analysiert und in MATLAB programmiert. Die Ergebnisse wurden mit der Netzplanungssoftware NEPLAN verifiziert. Aufbauend auf diesen technischen Analysen wurden mithilfe realer Netzdaten verschiedene Szenarien simuliert. Abschliessend erfolgte eine detaillierte Lebenszykluskostenanalyse, um die wirtschaftliche Effizienz des Einzelstrangreglers im Vergleich zum klassischen Netzausbau zu bewerten.

Ergebnisse

Für die Berechnung des Lastflusses kam das Zweiknotenverfahren zum Einsatz, da es eine gute Balance zwischen Genauigkeit und Rechenaufwand ermöglicht. Darauf aufbauend wurde die technische Analyse durchgeführt, die als Grundlage für die nachfolgende wirtschaftliche Bewertung diente. Die Analyse der Lebenszykluskosten ergab, dass der Einsatz eines Einzelstrangreglers unter bestimmten Bedingungen wirtschaftlich vorteilhaft sein kann – insbesondere bei längeren Leitungsstrecken und mittleren Einspeiseleistungen.

Ausblick

Für eine erfolgreiche Schwebephase könnte eine Verbesserung der Komponenten in Betracht gezogen werden, einschliesslich eines leistungsfähigeren IPC und einer schnelleren Kamera. Alternativ könnte der Einsatz eines Kalman-Filters in Erwägung gezogen werden, um die Totzeitproblematik zu lösen.



Diplomand
Dos Santos Gomes Fabrice

Dozent
Dr. Severin Nowak

Themengebiet
Energie- und Antriebssysteme

Projektpartner
CKW AG

CKW
Axpo Group

Orthogonal Fundamental Mode Fluxgate

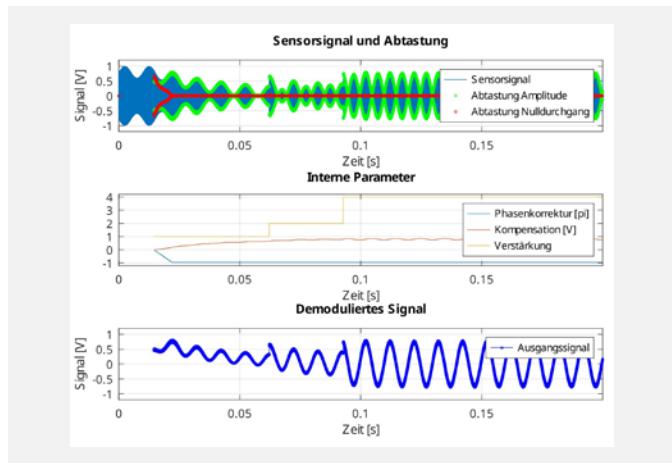


Abb. 1: Simulation in Octave des Demodulations- und Kompensierungskonzept. Im obersten Graph ist das verstärkte Ausgangssignal des Sensors dargestellt. Es handelt sich um ein amplitudenmoduliertes Signal, dessen einseitige Hüllkurve dem Verlauf des äusseren Magnetfelds entspricht. Die Demodulation und Kompensation sind ab 0.015 Sekunden aktiv, ab 0.1 Sekunden sind die transienten Vorgänge abgeschlossen. Der mittlere Graph zeigt die internen Parameter des Messsystems. Der letzte Graph zeigt das demodulierte Signal.



Abb. 2: Hergestellter 50 mm langer Sensorkopf. Die amorphen Drähte für die Anregung stehen links und rechts heraus. Die Ausgangsspannung wird in die ersichtliche Pick-Up-Wicklung induziert.



Abb. 3: Im Rahmen der Bachelor-Thesis entwickelte Leiterplatten. Die erste Iteration ist links und die neueste ganz rechts zu sehen. Die Nummern 1 und 2 dienten der Reproduzierung des Sensorkonzepts. Nummer 3 und 6 enthalten jeweils ein vollständiges Messsystem.

Problemstellung

Orthogonale Fluxgate Magnetfeldsensoren haben in der Vergangenheit aufgrund einer starken Rauschquelle (Barkhausenrauschen) kaum Beachtung gefunden. Der «Fundamental Mode» stellt ein neuer Ansatz zur Anregung dar, der diese Rauschquelle wirksam eliminiert. Dabei wird dem Anregungsstrom ein grosser Gleichstrom hinzugefügt. Dadurch wird der Sensor nun attraktiv für rauscharme Messungen schwächer Magnetfelder. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Erfahrungen mit dem Orthogonal Fluxgate Magnetfeldsensor im Fundamental Mode gesammelt werden. Die Entwicklung eines vollständigen Messsystems aus Hardware und Software dient dazu Detailprobleme zu identifizieren. Das Messsystem soll so ausgelegt werden, dass eine zukünftige Integration in andere Systeme möglich ist.

Lösungskonzept

Der definierte Magnetfeldsensor ist nicht erhältlich, weshalb er selbst hergestellt und das Messsystem entwickelt werden muss. Nach der Einarbeitung in die Theorie und Reproduzierung des Magnetfeldsensors, wurde mit den Erkenntnissen das Messsystem konzeptioniert. Mit einem Modell des Sensors wurde das Konzept numerisch überprüft. Das realisierte Messsystem wurde zur Charakterisierung des Sensors verwendet und abschliessend Vorschläge für die Weiterentwicklung ausgearbeitet.

Realisierung

Das Messsystem basiert auf einem STM32G4-Mikrocontroller, er erlaubt die Konfiguration des Messsystems per Software. Der selbst gewickelte Sensorkopf wird durch ein mit Direct Digital Synthesis erzeugten Signal angeregt. Das Ausgangssignal des Sensors wird durch eine variable Verstärkung verstärkt, wodurch der Messbereich erweitert wird. Die Demodulation des Sensorsignals erfolgt digital auf dem Mikrocontroller. Der Verlauf des gemessenen Magnetfelds wird analog und weitere Parameter digital ausgegeben. Da bei starken Magnetfeldern das Sensorsignal verschwindet, wurde eine Kompensierung integriert.

Ergebnisse

Das entwickelte Messsystem hat sich als funktionsfähig erwiesen, jedoch mit Verbesserungspotenzial. Die Charakterisierung ergab vergleichbare Sensibilitäten wie in anderen wissenschaftlichen Arbeiten. Das schwächste messbare Magnetfeld wird derzeit durch die Vorverstärkung begrenzt. Eine gezielte Weiterentwicklung ermöglicht mit grosser Sicherheit die Detektion von noch schwächeren Magnetfeldern.



Diplomand
Durrer Denis

Dozent
Prof. Kilian Schuster

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems), Signalverarbeitung, Magnetfeldsensor

Projektpartner
maxon motor ag

maxon

Messsystem zur Messung der Schienenbewegung

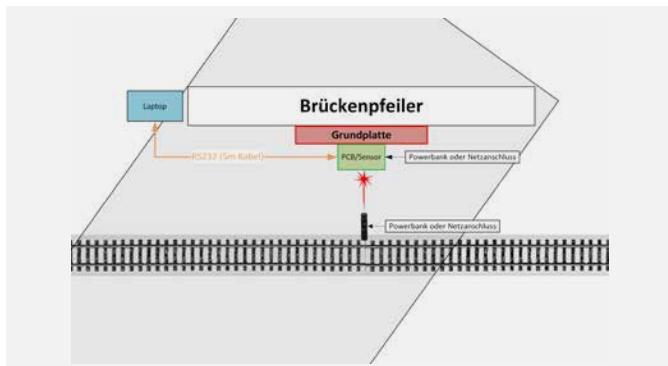


Abb. 1: Aufbau des Messsystems am Messpunkt in Brunnen



Abb. 2: Montiertes PCB mit Sensor und ausgerichtetem Laserstrahl



Abb. 3: Laserhalterung an der Schiene in Brunnen

Problemstellung

Zur frühzeitigen Erkennung von Radfehlern bei Schienenfahrzeugen müssen präzise Informationen über die Vertikalbewegung von Schienen gewonnen werden. Die aktuellen Systeme der SBB basieren auf Beschleunigungssensoren mit doppelter Integration, was jedoch durch Umwelteinflüsse und Standortunterschiede zu Unsicherheiten in der Messgenauigkeit führt. Ziel war es, ein kompaktes und präzises System zu entwickeln, das direkt die Bewegung der Schiene misst und die bestehenden Systeme unterstützt.

Lösungskonzept

Das Messsystem verwendet ein optisches Verfahren, bei dem ein Laserstrahl an der Schiene montiert wird und auf einen Detektor gerichtet wird. Die Verschiebung des Laserstrahls wird durch einen Positionssensor (PSD) erkannt, der aus zwei Photoströmen die genaue Position berechnet. Diese Signale werden analog über Transimpedanzwandler verstärkt, invertiert und anschliessend von einem 24-Bit-ADC digitalisiert. Ein Mikrocontroller (Raspberry Pi Pico) liest die digitalen Werte über eine speziell programmierte Schnittstelle (PIO) ein und überträgt sie zur Auswertung an einen PC.

Realisierung

Die Umsetzung des Messsystems erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurde die gesamte Signalverarbeitungskette bestehend aus Vorverstärkung, Invertierung und Digitalisierung, auf Laborebene mit Breakout-Boards aufgebaut und getestet. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der zuverlässigen Kommunikation zwischen dem ADC und dem Mikrocontroller. Nach erfolgreicher Funktionsprüfung wurde eine neue PCB entwickelt, um einen stabilen und übersichtlichen Aufbau für den Feldeinsatz zu gewährleisten. Die finale Messanordnung wurde anschliessend am Radlastcheckpoint in Brunnen installiert, wo insgesamt 17 Zugdurchfahrten aufgezeichnet und für die spätere Analyse gespeichert wurden.

Ergebnisse

Im Labor wurde eine Auflösung im Mikrometerbereich bei einer Abtastrate von 16 Ks/s erreicht. Die Feldmessungen bestätigten die grundsätzliche Funktionsfähigkeit und Flexibilität des Systems. Sowohl Messbereich, Zeitauflösung als auch örtliche Auflösung erfüllen die geforderten Kriterien für eine plausible Messung. Aufgrund von komplexen und teils unbekannten Einflüssen gestaltete sich die Interpretation einzelner Datensätze als anspruchsvoll. Dennoch konnten bei einzelnen Durchfahrten klare Zusammenhänge zwischen verschiedenen Diagrammen erkannt und interpretiert werden.



Diplomand
Durrer Nando Josef

Dozent
Prof. Kilian Schuster

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems), KI und Signalverarbeitung

Projektpartner
SBB AG

 SBB CFF FFS

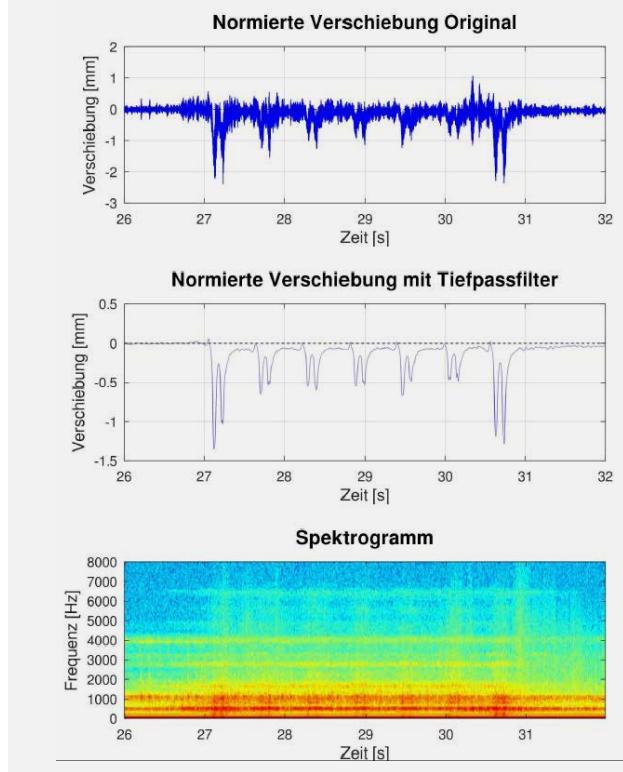


Abb. 4: Auswertung von Personenzug Tilo

Schneeschmelze im Gleisbett der Bahn mittels Mikrowellen



Abb. 1: Prototyp der geschlitzten Hohlleiterantenne



Abb. 2: Messaufbau zum Messen des Prototypen

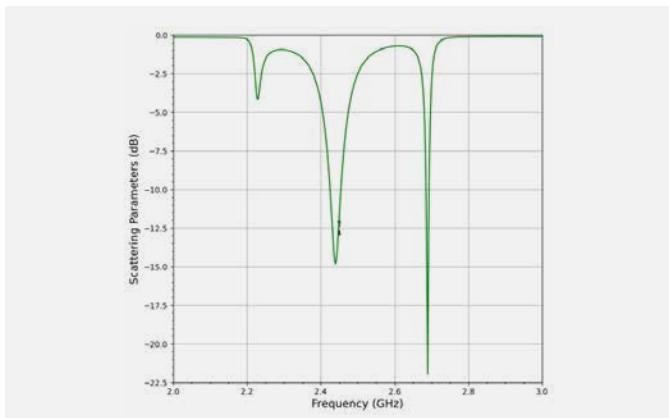


Abb. 3: Simulierter S11-Parameter

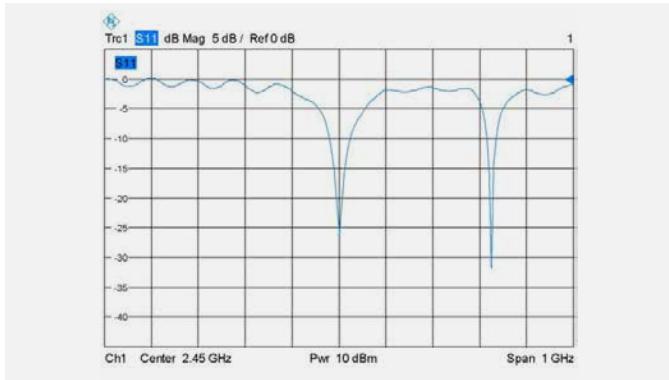


Abb. 4: Gemessener S11-Parameter

Problemstellung

Für einen störungsfreien Betrieb im Bahnverkehr müssen die Weichen zuverlässig öffnen und schliessen. Um diese Funktion auch bei Schnee und Eis sicherzustellen, werden die meisten Weichen mittels einem elektrischen Heizband oder Gasbrennern beheizt. Dies verursacht zum einen einen hohen Energiebedarf, zum anderen gelangt wenig Wärme in das Schotterbett. Bleibt Schnee im Schotterbereich liegen, kann die Weiche nicht schliessen. Es wurde bereits bewiesen, dass im Laborumfeld Schnee mittels Mikrowellen mit einer geschlitzten Hohlleiterantenne geschmolzen werden kann. Es gibt jedoch noch keine geschlitzte Hohlleiterantenne, die in das Schienenprofil passt.

Lösungskonzept

Die geschlitzte Hohlleiterantenne soll mit einem Dielektrikum gefüllt werden, wodurch sich die Dimensionen der Antenne verändern lassen.

Realisierung

Es wurden Simulationen der geschlitzten Hohlleiterantenne gemacht. Es wurde versucht, die Dimensionen der Antenne an das Schienenprofil anzupassen. Des Weiteren wurde versucht, eine möglichst hohe Effizienz der Antenne zu erreichen. Drei Prototypen wurden angefertigt und ausgemessen. Dadurch konnten die Simulationen mit der Realität verglichen werden. Eine Prototyp ist in Abbildung eins zu sehen.

Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, eine geschlitzte Hohlleiterantenne zu entwerfen und zu realisieren, die in das Schienenprofil passt.



Diplomand
Elmiger Patrick

Dozent
Prof. Marcel Joss, Prof. Dr. Thomas Graf

Themengebiet
Mikrowellen

Projektpartner
SBB AG



Integration eines neuen Drucksensors mit Qualifikationsmessungen



Abb. 1: Drucksensor 129CP von Sensata
(Quelle: sensata.com/products/pressure-sensors/129cp-series-digital-water-pressure-sensor)

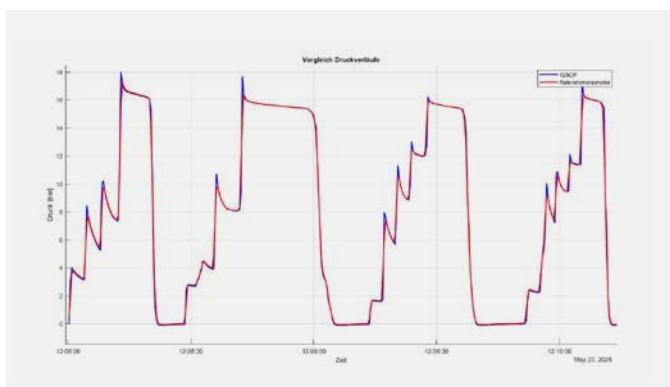


Abb. 2: Vergleich der Druckverläufe 129CP vs. Referenzmanometer



Abb. 3: Entwickelte Hardware mit DC-DC Wandler und Nucleo-L423KC

Problemstellung

In modernen Wassernetzen spielt die kontinuierliche Überwachung des Drucks eine zentrale Rolle für die Betriebsoptimierung und Leckage Erkennung. Ziel dieser Bachelorarbeit war es, einen neu entwickelten Drucksensor in einen bestehenden Ultraschall-Wasserzähler der Firma GWF AG zu integrieren und hinsichtlich seiner Eignung für diese Anwendung zu bewerten. Die Herausforderung bestand darin, eine energieeffiziente und präzise Druckmessung zu realisieren, welche sich nahtlos in das bestehende Systemdesign einfügt.

Lösungskonzept

Als Basis für das Konzept wird ein Nucleo-L432KC mit einem STM32 Mikrocontroller verwendet. Es wird eine Hardware entwickelt, mit welcher die Versorgungsspannung des Drucksensors von 3.3 auf 1.8 V umgeschaltet werden kann. Die Entwicklung der Firmware ermöglichen Kalibrierung der Druckmessung wie auch die Anzeige der gemessenen Werte auf einem OLED-Display. Zusätzlich können die Sensordaten in Echtzeit visualisiert und in einem Logfile mit einem Unix Zeitstempel gespeichert werden.

Realisierung

Die Realisierung umfasst die Festlegung der Einbauposition des Drucksensors im Gehäuse des Wasserzählers sowie die Entwicklung der gesamten Softwarearchitektur, welche auf dem Betriebssystem FreeRTOS basiert. Die Echtzeitvisualisierung der Messdaten erfolgt mithilfe der Software STM32-CubeMonitor. Gleichzeitig werden die Daten in einer .csv-Datei auf dem angeschlossenen Computer gespeichert. Alternativ können die Druckwerte auch über die UART-Schnittstelle ausgelesen werden. Zur Bewertung der Messgenauigkeit wurden die aufgezeichneten Messwerte mit einem digitalen Referenzmanometer verglichen. Für die Analyse des Energieverbrauchs kam das Power Profiler Kit II von Nordic Semiconductor zum Einsatz.

Ergebnisse

Das Gesamtsystem wurde erfolgreich umgesetzt. Der Drucksensor wurde erfolgreich in den bestehenden Wasserzähler sonico EDGE integriert. Dazu wurde eine passende Auswertelektronik mit Firmware und Algorithmen zur Druckermittlung entwickelt. Die Messdaten konnten in Echtzeit visualisiert und in Logdateien aufgezeichnet werden.

Die Qualifikation des Sensors erfolgte mithilfe einer Handpumpe, wobei im Druckbereich von 0 bis 16 bar, eine gute Übereinstimmung mit einem relativen Fehler von <0.7% gegenüber dem Referenzmanometer festgestellt wurde.



Diplomand
Erni Michael

Dozent
Prof. Erich Styger,
Prof. Dr. Marc Achermann

Themengebiet
Technische Informatik, KI und
Signalverarbeitung

Projektpartner
GWF AG



Messung Schienenbewegung

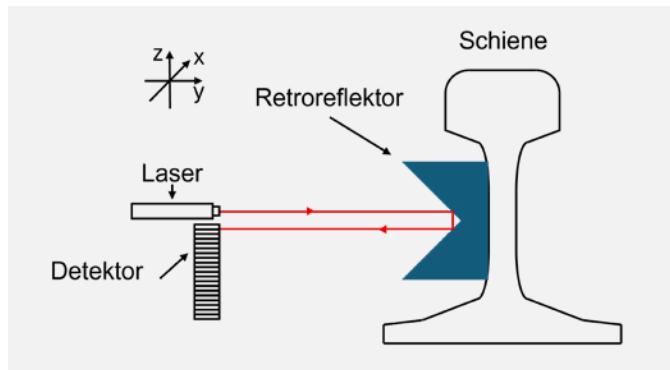


Abb. 1: Die Abbildung zeigt das Konzept zur Messung der vertikalen Schienenbewegung mit einem Laser-Retroreflektor

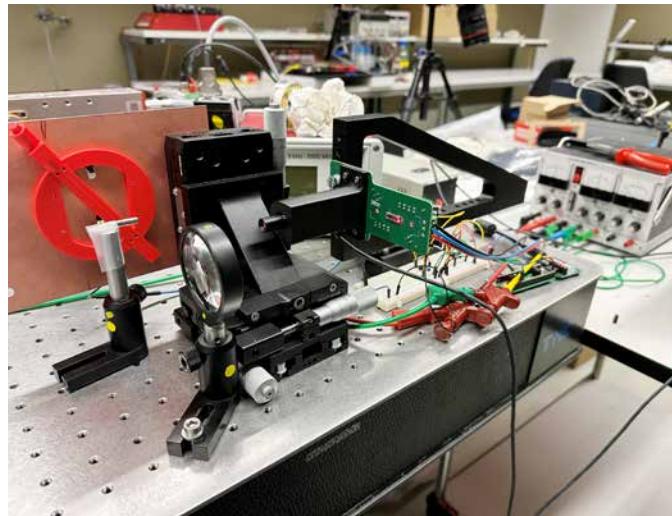


Abb. 2: Die Abbildung zeigt den zweiten Entwurf, bestehend aus dem auf dem Vertical Bracket montierten PCB, der Steckbrettschaltung und dem Speisegerät im Hintergrund

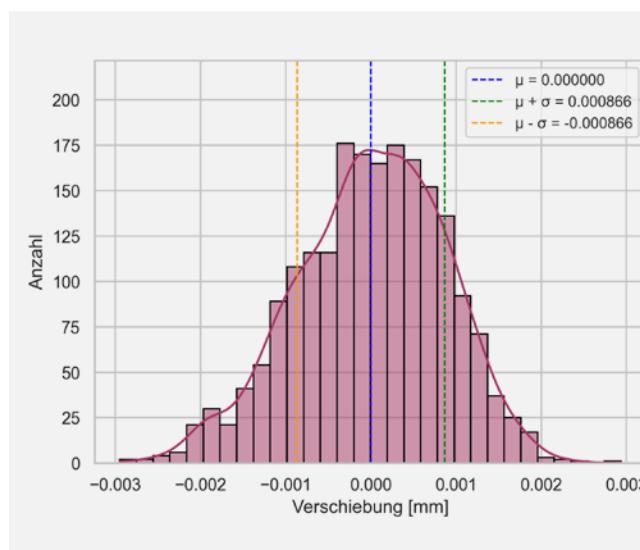


Abb. 3: Diese Abbildung zeigt ein Histogramm, welches die Verteilung der Messwerte visualisiert

Problemstellung

Die Detektion von Radfehlern ist essenziell, um Schäden an Schienen und Rollmaterial frühzeitig zu erkennen und Betriebssicherheit sowie Kostenkontrolle zu gewährleisten. Das bestehende Messsystem der SBB basiert auf Beschleunigungssensoren. Dabei ist unklar, wie externe Faktoren die Messergebnisse beeinflussen. Ziel ist die Evaluation und Entwicklung eines präzisen Messsystems, das die tatsächliche vertikale Schienenbewegung erfasst und die Validierung des bisherigen Verfahrens ermöglicht.

Lösungskonzept

Das evaluierte Messsystem kombiniert einen Laser/Detektor-Aufbau mit einem Retroreflektor. Der Laserstrahl wird an der Schiene reflektiert und trifft in gleicher Achse wieder auf den Sensor auf. Eine vertikale Verschiebung der Schiene bewirkt eine Positionsänderung des reflektierten Strahls auf dem Sensor. Diese Änderung erlaubt eine Bestimmung der Schienenbewegung.

Realisierung

Das Verfahren wird in zwei Schritten realisiert. Im ersten Versuchsaufbau wird ein Retroreflektor mit einer eigens entwickelten 3D-Halterung verwendet. Die Schienenbewegung wird auf der Laser/Detektor-Seite simuliert und mit einer Steckbrettschaltung aufgezeichnet. In der zweiten Version wird ein PCB verwendet und der Aufbau erfolgt auf einem Optisch, was eine präzise Kalibration ermöglicht.

Ergebnisse

Die Messungen bestätigen, dass das gewählte Verfahren mit einem Position Sensitive Detector (PSD) unter Laborbedingungen die vertikale Schienenbewegung präzise erfassen kann. Die Kombination aus optischer Triangulation und Retroreflektor ermöglicht Messungen mit einer Abweichung von $0.866 \mu\text{m}$, womit die Anforderung an eine Auflösung von $1 \mu\text{m}$ erfüllt wird. Der Messbereich von 5 mm wird überschritten. Die zeitliche Auflösung von 10 kHz konnte aufgrund der Einschränkungen in der Signalaufzeichnung nicht nachgewiesen werden.

Ausblick

Die Arbeit legt die Grundlage für weitere Forschung zur Optimierung des Systems. Schwerpunkte künftiger Untersuchungen sind die Bestätigung der zeitlichen Auflösung, die Prüfung der Robustheit über grösere Distanzen und die Verbesserung der elektronischen Schaltung. Durch diese Optimierungen kann das hier evaluierte Verfahren zur endgültigen Validierung des bisherigen Systems eingesetzt werden.



Diplomand
Fanger Manuel

Dozent
Prof. Kilian Schuster

Themengebiet
KI und Signalverarbeitung, Technische Informatik (Embedded Systems)

Projektpartner
SBB AG



Supportsystem für Instandhaltungsarbeiten im laufenden Betrieb für Seilbahnen

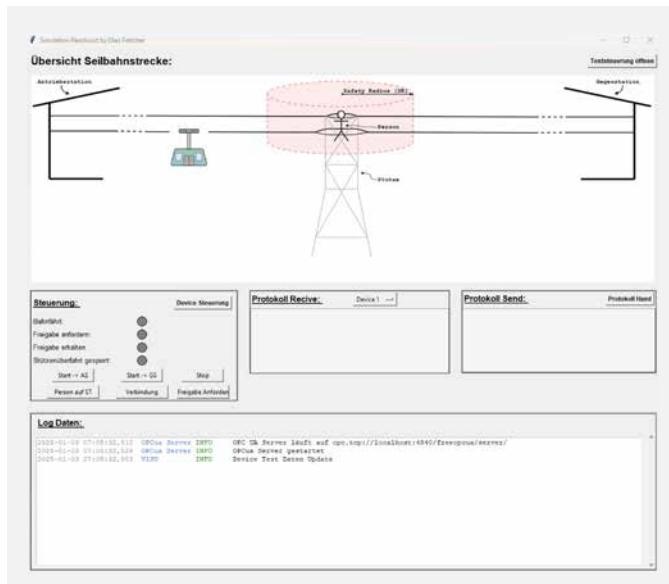


Abb. 1: Ersichtlich ist die Applikation, welche die Seilbahnsteuerung simuliert

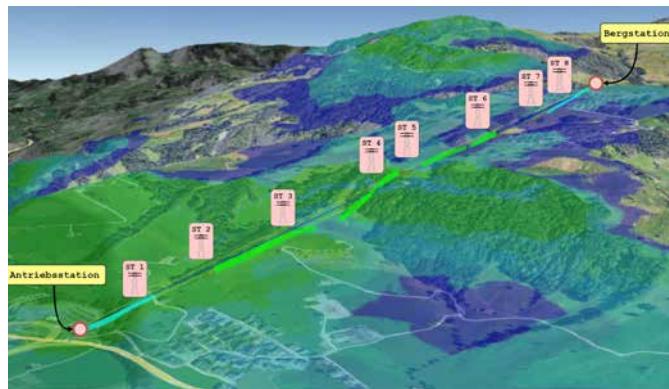


Abb. 2: Dargestellt sind die Simulationsergebnisse der Empfangsstärke für den Feldtest

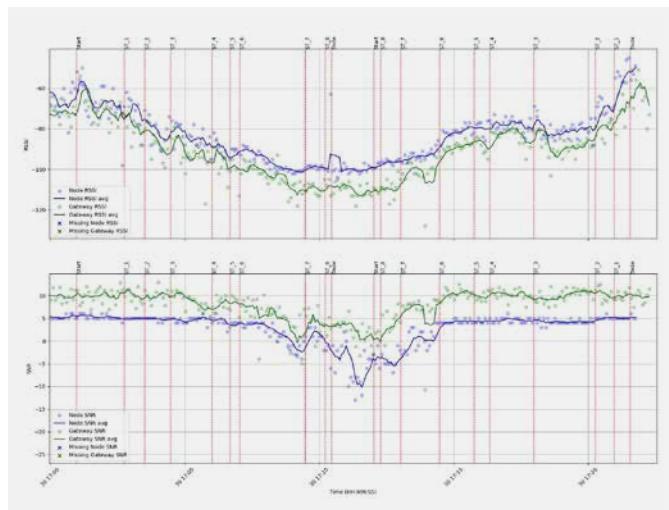


Abb. 3: Zusehen sind die Messergebnisse aus dem Feldtest

Problemstellung

Leider ist es in den vergangenen Jahren zu mehreren schweren Unfällen bei Instandhaltungsarbeiten im laufenden Betrieb von Seilbahnen gekommen. Dabei befinden sich Seilbahnmitarbeitende auf der Seilbahnstütze und führen Instandhaltungsarbeiten bei einer fahrenden Seilbahn durch. Eine grosse Gefahr entsteht dabei, wenn das Fahrzeug die Stütze passiert. Bei dieser Stützenüberfahrt kann der Seilbahnmitarbeitende von dem Laufwerk des Fahrzeugs erfasst werden und somit von der Stütze fallen. Für diese Problemstellung soll ein System entwickelt werden, welches eine potenziell gefährliche Stützenüberfahrt verhindert.

Lösungskonzept

Durch eine Kommunikationsverbindung zwischen den Arbeitenden auf der Seilbahnstütze und der Seilbahnsteuerung soll eine potenziell gefährliche Stützenüberfahrt verhindert werden. Über diese Kommunikationsverbindung kann mittels eines selbst entwickelten Protokolls eine Stützenfreigabe übermittelt werden. Für die Übermittlung dieser Stützenfreigabe wurde zusätzlich ein Ablauf entwickelt, welcher die Übertragungssicherheit erhöht.

Realisierung

Für die Kommunikationsverbindung wurde ein LoRaWAN-Netzwerk aufgebaut. Dazu wurde eine Integrations-Applikation vom LoRaWAN-Netzwerk in die Seilbahnsteuerung erstellt. Für die Simulation der Seilbahnsteuerung wurde eine eigene Applikation erstellt, mit welcher die Kommunikation getestet werden konnte, siehe Abb. 1.

Ergebnisse

Mittels eines Feldtests konnte aufgezeigt werden, dass es möglich ist eine Kommunikation mittels LoRaWAN zu einer Seilbahnstütze auch ohne Sichtkontakt herzustellen, siehe Abb. 2 und 3. Durch das entwickelte Protokoll in Zusammenhang mit dem Stützenfreigabeprozess kann eine Möglichkeit aufgezeigt werden, welche die Sicherheit bei Instandhaltungsarbeiten im laufenden Betrieb erhöht.

Diplomand
Fetscher Elias

Dozent
Dr. Giseler Wichmann



Themengebiet
Embedded System, Signalverarbeitung, Automation

Projektpartner
Sisag AG



Radfehlerdetektion basierend auf «Phased Array»

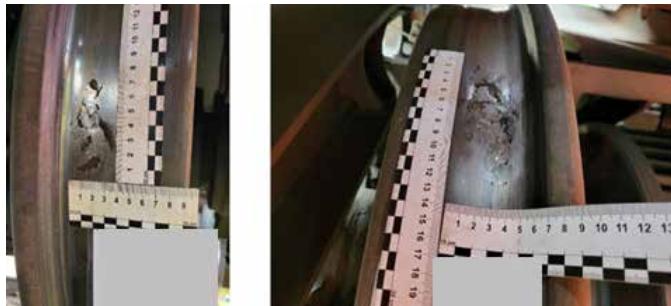


Abb. 1: Raddefekt in Form von Ausbröckelungen

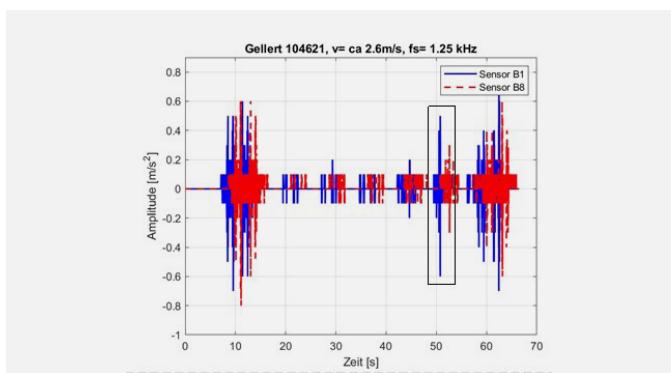


Abb. 2: Zeitsignal einer Kalibrationsfahrt. Der Raddefekt ist schwarz umrahmt

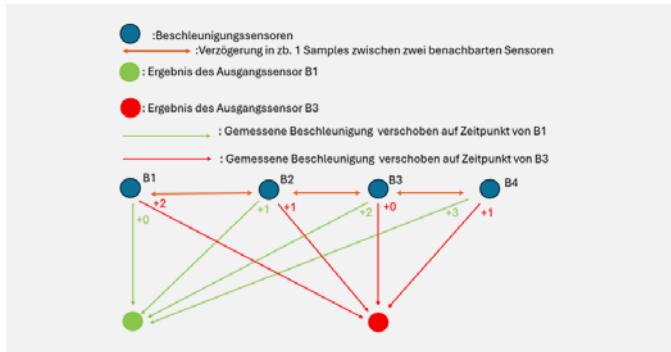


Abb. 3: Phased-Array Funktionsdarstellung

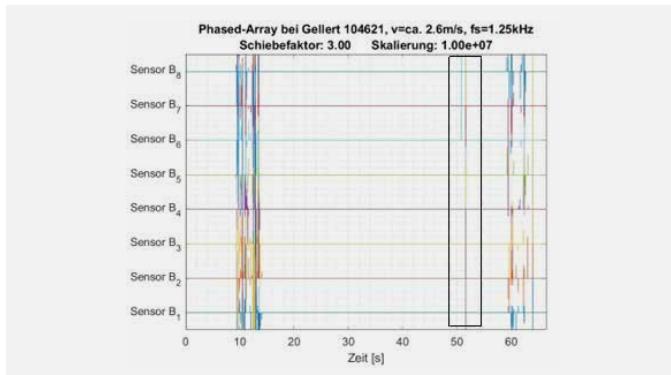


Abb. 4: Ergebnis der Phased-Arrays Logik

Problemstellung

Die SBB entwickelt ein System zur automatischen Erkennung von Radfehlern an Zügen, wie Flachstellen oder Ausbröckelungen, siehe Abbildung 1, mithilfe von an den Schienen montierten Beschleunigungssensoren. Diese Fehler verursachen Stöße, die Verschleiss, Vibrationen, Lärm, erhöhten Energieverbrauch und Sicherheitsrisiken begünstigen. Das System extrahiert und kombiniert Sensorsignale zu einem kontinuierlichen Signal, das in Distanzen umgerechnet wird, um Defekte zu identifizieren. Zusätzlich wird die Nutzung eines Phased-Array-Prinzips als alternative Auswertungsmethode geprüft.

Lösungskonzept

Um ein Überblick für die für den Defekt und die Eigenschaften der Zugkomposition zu generieren, werden die Rohdaten in Plots, zum Beispiel hier in einem Zeitsignal bei der Abbildung 2, dargestellt. Die daraus resultierenden Erkenntnisse sollen dabei helfen den Zeitpunkt des Defekts während der Durchfahrt zu ermitteln.

Realisierung

Jeder Sensor registriert einen potenziellen Aufschlag und simuliert die Schallausbreitung in der Schiene durch zeitliche Verschiebung der gemessenen Signale, abhängig von der Distanz zum Ausgangssensor, Abtastrate und Fahrgeschwindigkeit. Diese Verschiebungen werden angepasst und miteinander multipliziert, um die Verzögerungen auszugleichen und eine präzisere Defekterkennung zu ermöglichen. Die Abbildung 3 zeigt das Konzept des Phased-Arrays in einer Funktionsdarstellung.

Ergebnisse

In der Abbildung 4 kann der Raddefekt im Kontext einer Kalibrationsfahrt klar geplottet werden. Es wird eine Skalierung verwendet, um die Ergebnisse so zu multiplizieren oder zu dividieren, um sie graphisch hervorzuheben. Die zeitliche Verschiebung wird im Schiebefaktor dargestellt. Die Skalierung und der Schiebefaktor wurden jeweils manuell eingestellt, um den Raddefekt graphisch darzustellen.



Diplomand
Haas Michael

Dozent
Prof. Kilian Schuster

Themengebiet
KI und Signalverarbeitung, Technische
Informatik (Embedded Systems)

Projektpartner
SBB AG



Klemmenmontage mit Industrierobotern

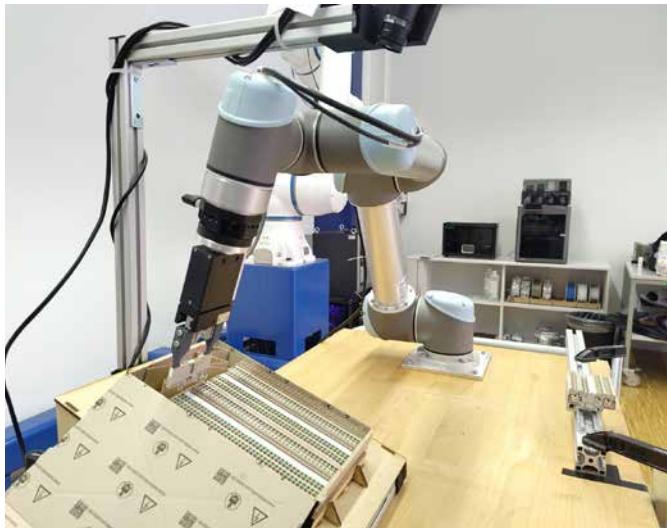


Abb. 1: Gesamtsystem Klemmenlokalisierung und -montage

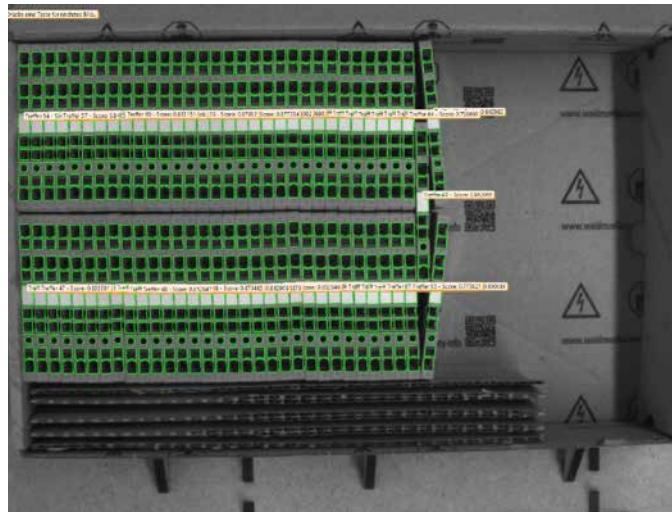


Abb. 2: Klemmenlokalisierung mittels HALCON



Abb. 3: Kraftkontrolliertes Einsetzen der Klemme

Problemstellung

Die EWS AG baut Schaltschränke nach eigener Vorlage. Aus Personalmangel in diesem Bereich entstand das Projekt «Robotergestützte Automatisierung im Schaltschrankbau» in Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern. Die Verkabelung an sich ist die Aufgabe, welche an der Hochschule mithilfe von Robotern umgesetzt werden soll. Diese Arbeit behandelt die Entwicklung einer automatisierten Lösung zur Klemmenmontage mithilfe eines Robotersystems. Die Schwerpunkte liegen in Robotik, Automatisierungstechnik und Bildverarbeitung. Ziel ist es, Klemmen per Kamerasytem zu erkennen, mit einem Roboter zu greifen und unter Kraftüberwachung auf einer DIN-Schiene zu montieren. Zur Realisierung der automatisierten Abläufe wird der kollaborative Roboter UR5 verwendet. Die Kraftmessung erfolgt mittels Force/Torque-Sensors SensONE EtherCAT von Bota Systems.

Lösungskonzept

Eine übergeordnete Ablaufsteuerung aus RoboDK koordiniert den Prozess, kommuniziert per TCP/IP direkt mit dem UR5-Roboter und greift über das ADS-Protokoll auf eine Beckhoff-SPS zu, welche Sicherheits- und Kraftregelaufgaben in Echtzeit übernimmt und per DO/DI mit der Robotersteuerung kommuniziert. Die Lokalisierung der Klemmen wird durch eine mit HALCON realisierte Bildverarbeitung ermöglicht, welche die exakten Greifpositionen berechnet und an die Steuerung übermittelt.

Realisierung

Nach der Konzeption wurden die zentralen mechanischen Komponenten gefertigt und montiert. Anschliessend erfolgten Kommunikationstests zwischen PC, SPS und Robotersteuerung sowie die Implementierung des Hauptprogramms in RoboDK. Im ersten Teilsystem fanden die Kalibrierung der Kamera sowie die Integration der Bildverarbeitung mit HALCON statt. Für das zweite Teilsystem wurden Kraftmessungen zur Klemmenmontage durchgeführt. Nach Fertigstellung beider Teilsysteme wurde das Gesamtsystem programmiert, getestet, optimiert und abschliessend validiert.

Ergebnisse

Das System ermöglicht die Erkennung der Klemmen mit Neigungswinkel bis $\pm 15^\circ$. Die Positionen können berechnet und an den Roboter übermittelt werden, welcher die höchst gelegene Klemme aus der Verpackungsbox entnehmen kann. Anschliessend werden diese in drei aufeinanderfolgenden Prozessschritten unter Einsatz des Kraftsensors kontrolliert auf der DIN-Schiene montiert.

Ausblick

Das System lässt sich erweitern, um unterschiedliche Klemmen auf verschiedenen Schienenpositionen zu montieren.



Diplomand
Heini Gregor

Dozent
Prof. Dr. Thierry Prud'homme

Themengebiet
Robotik, Automatisierung, Bildverarbeitung

Projektpartner
EWS AG

EWS

Prototyp im Bereich Wasserqualitätsmessung

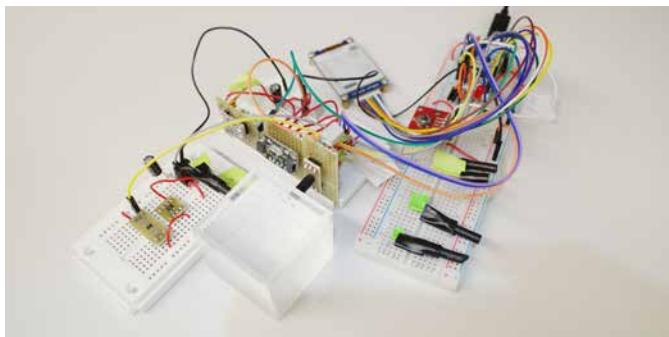


Abb. 1: Modularer Prototyp zur optischen Messung von Trübung.

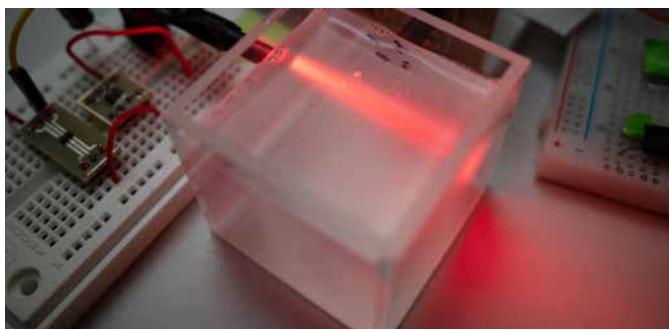


Abb. 2: Trübungsmessung im 90°-Nephelometrieverfahren in einer Glasküvette mit 20 NTU Formazin.

NTU	Messung	AVG	σ	MAX
0 Peak	103.400	4.152	65535	
0 Δ	100.000	4.754	65535	
0.1 Peak	128.600	4.271	65535	
0.1 Δ	125.400	3.904	65535	
0.2 Peak	150.400	4.247	65535	
0.2 Δ	147.200	4.285	65535	
0.4 Peak	146.400	3.747	65535	
0.4 Δ	143.000	4.359	65535	
1 Peak	185.300	4.941	65535	
1 Δ	181.200	5.154	65535	
4 Peak	474.400	6.888	65535	
4 Δ	470.100	6.655	65535	
20 Peak	1934.400	26.729	65535	
20 Δ	1929.500	26.583	65535	
40 Peak	3666.000	27.207	65535	
40 Δ	3660.800	27.546	65535	
200 Peak	16145.900	62.118	65535	
200 Δ	16140.600	61.986	65535	
400 Peak	24504.000	528.622	65535	
400 Δ	24498.900	528.970	65535	

Abb. 3: Gemittelte Messresultate und Standardabweichungen der Messungen bei verschiedenen Trübungswerten (NTU) belegen eine ausreichend hohe Empfindlichkeit und Stabilität des Setups.

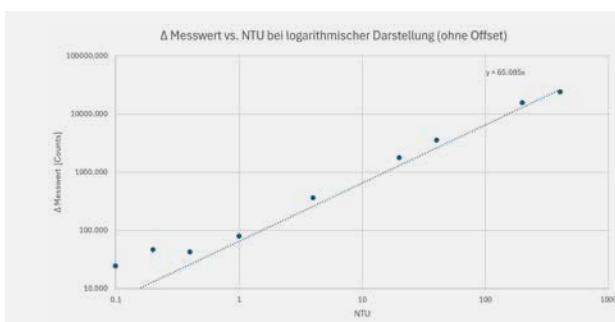


Abb. 4: Gemessene Δ Messwerte in Abhängigkeit der Trübung zeigen eine nahezu lineare Abhängigkeit.

Problemstellung

Die Trübung des Trinkwassers ist ein zentraler Indikator für dessen Qualität. Aktuell wird die Trübung und Qualität des Trinkwassers nur an ausgewählten Knotenpunkten überwacht. Dies kann jedoch dazu führen, dass lokale Verunreinigungen im Trinkwassernetz zu spät erkannt werden. Um diesem Risiko entgegenzuwirken und die räumliche Abdeckung der Messungen zu verbessern, soll ein Trübungsmessgerät entwickelt werden, das über 15 Jahre autark betrieben werden kann und zu einem Verkaufspreis von maximal 250 CHF am Markt platziert werden kann.

Lösungskonzept

Zunächst sollte das empfindlichste und am besten geeignete Messprinzip identifiziert werden. Anschliessend sollte ein Prototyp entwickelt werden, mit dem verschiedene Sensor- und Aktor Kombinationen evaluiert und reale Messszenarien einfach nachgebildet werden können.

Realisierung

Die Arbeit umfasst eine umfangreiche Recherche zu Messprinzipien, Komponenten und Energieversorgung. Ein funktionaler Prototyp wurde aufgebaut, um verschiedene Sensoren, LEDs und Einstrahlwinkel zu testen. Die Ergebnisse führten zur Auswahl einer LED und eines optischen Sensors im 90°-Nephelometrieverfahren. Als Mikrocontroller kam der energieeffiziente STM32L432KC zum Einsatz. Die Firmware basiert auf FreeRTOS welche es erlaubt verschiedene Sensoren zu verwenden und in einem späteren Entwicklungsstadium Deep-Sleep mit zyklischer Aktivierung zur Minimierung des Energieverbrauchs zu implementieren

Ergebnisse

Das entwickelte System erreichte eine relative Messunsicherheit von unter 3.2 % im Bereich von 0–400 NTU. Bei viertelstündlichen Messintervallen beträgt der durchschnittliche rechnerische Energieverbrauch etwa 250 μ A pro Stunde, was eine Laufzeit von über 15 Jahren ermöglicht. Die Komponentenpreise (exkl. Batterie) belaufen sich auf rund 13 CHF (bei grösseren Stückzahlen), was eine wirtschaftliche Serienproduktion grundsätzlich realistisch erscheinen lässt.

Ausblick

Künftige Arbeiten können die Anbindung zusätzlicher Sensoren, die drahtlose Datenübertragung (z. B. via NFC), sowie ein robustes Gehäuse und ein PCB-Design umfassen.

Diplomand
Hofmann Christoph



Dozent
Prof. Dr. Marc Achermann

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems)

Projektpartner
GWF AG



Embedded Softwareentwicklung für DC Microgrid Hardware

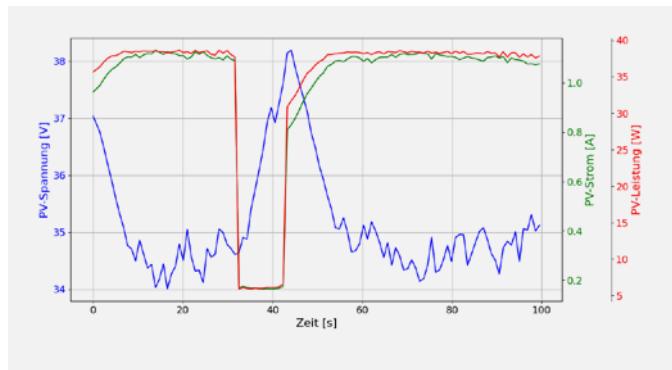


Abb. 1: Messergebnisse des MPPT bei Sonneneinstrahlung im Freien mit gezielter Abschattung



Abb. 2: Messaufbau des DC-Microgrids im Freien

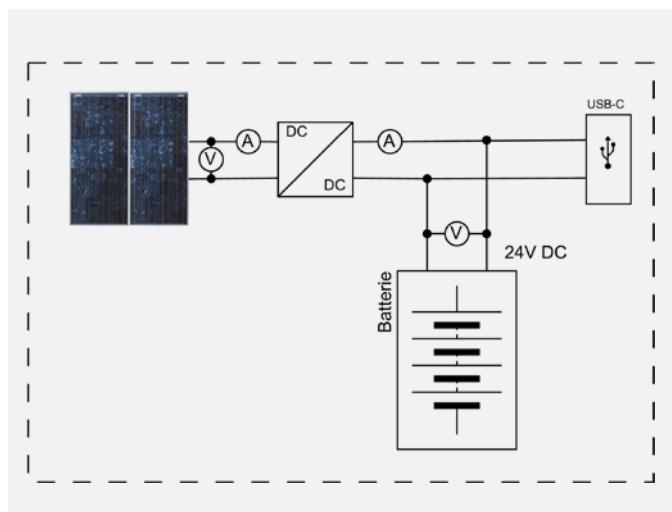


Abb. 3: Schematische Darstellung der DC-Microgrid-Hardware

Problemstellung

Ein Grossteil der Weltbevölkerung hat keinen zuverlässigen Zugang zu Strom. Besonders in ländlichen Regionen fehlen stabile Netze. Solar-Home-Systeme (SHS) bieten eine kostengünstige Möglichkeit zur lokalen Energieversorgung einzelner Haushalte, stoßen jedoch bei steigendem Energiebedarf rasch an ihre Grenzen. Microgrids hingegen ermöglichen die gemeinschaftliche Nutzung von Energie und erlauben damit auch leistungsintensivere Anwendungen. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines modularen Microgrids, das auf vernetzten SHS basiert und den Austausch von Energie zwischen Haushalten ermöglicht.

Lösungskonzept

Das Projekt basiert auf einem bestehenden DC-Microgrid-Prototyp. Die Bachelorarbeit zielt darauf ab, die Embedded Software des Systems weiterzuentwickeln und für den realen Einsatz zu optimieren. Im Zentrum stehen drei Schwerpunkte: Die Integration eines Maximum-Power-Point-Tracker (MPPT) zur Maximierung der PV-Leistung, die Anpassung der Schaltfrequenz, um Softswitching zu ermöglichen und die automatische Totzeitdetektion, mit der sich sowohl effizienter schalten als auch der Spulenstrom indirekt erfassen lässt.

Realisierung

Der MPPT wurde basierend auf einem adaptiven Try-and-Error-Algorithmus weiterentwickelt und zuerst in einer Hardware-in-the-Loop-Simulation getestet. Anschliessend erfolgte die Validierung unter Labor- und Freiluftbedingungen. Für Softswitching wurde die nötige Frequenz und Stromrippel berechnet und die Umsetzung experimentell überprüft. Die Totzeitmessung erfolgte mithilfe einer analogen Schaltung in Kombination mit der Mikrocontroller-Peripherie, um die Schaltzeiten präzise zu erfassen.

Ergebnisse

Der MPPT arbeitet zuverlässig, wenn direkt auf die Leistung am Solarpanel geregelt wird. In verschiedenen Testumgebungen konnte eine stabile Leistungsnachführung gezeigt werden. Für das Softswitching wurde die erforderliche Schaltfrequenz rechnerisch ermittelt und validiert. Die Totzeitmessung funktioniert prinzipiell, ist aber störanfällig und erfordert bei der Auswertung besondere Beachtung.



Diplomand
Holzer Jan

Dozent
Prof. Dr. Jonas Mühlethaler

Themengebiet
Technische Informatik & Energie- und Antriebssysteme

Projektpartner
HSLU intern

Denoising-Algorithmen zur Reduzierung von Motorgeräuschen in Audioaufnahmen

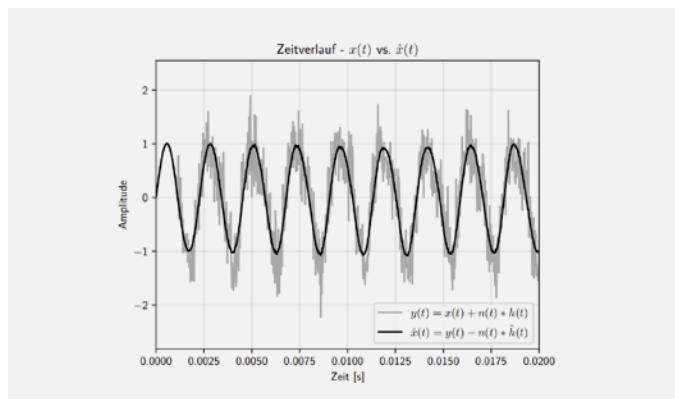


Abb. 1: Filterwirkung des H-Schätzers (Simulationsdaten)

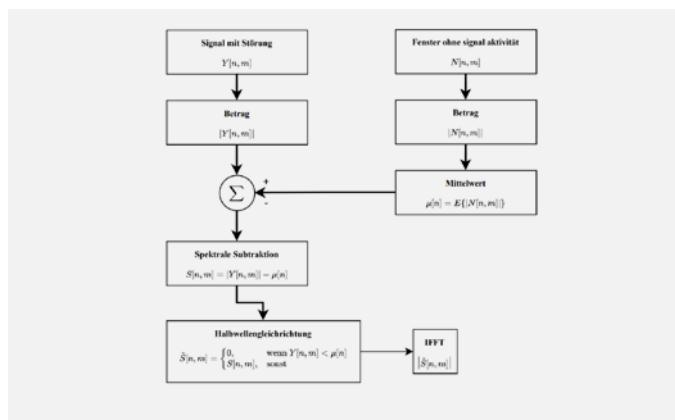


Abb. 2: Flussdiagramm der Spektralen Subtraktion

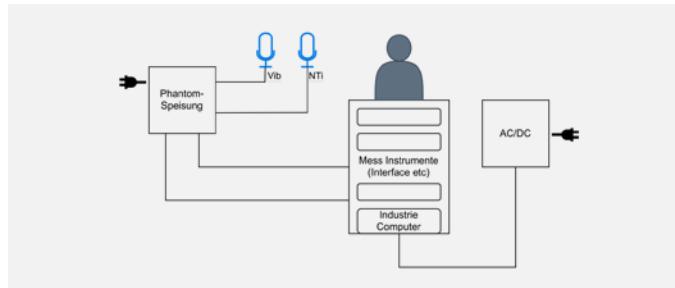


Abb. 3: Hardwareanpassungen

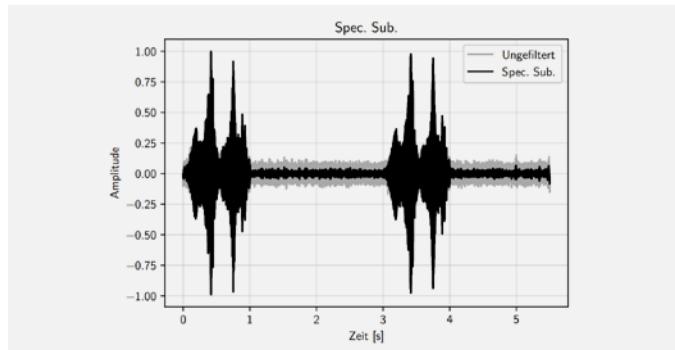


Abb. 4: Filterwirkung der Spektralen Subtraktion

Problemstellung

Die Sonova AG benötigt hochwertige akustische Messdaten, insbesondere Raumimpulsantworten, zur Entwicklung und Optimierung von Hörgerätealgorithmen wie Noise Cancelling und Dereverberation. Dafür wurde eine automatisierte Roboterplattform entwickelt, die diese Daten effizient erfasst. Allerdings treten dabei unerwünschte Störungen auf, selbst in reflexionsarmen Räumen. Diese Störsignale stammen überwiegend von den Komponenten der Roboterplattform, etwa dem Lasersystem oder Ultraschallsensoren. Um die Qualität der Messdaten zu gewährleisten, ist es notwendig, diese Störungen zu identifizieren und gezielt herauszufiltern.

Lösungskonzept

Zur Reduktion roboterbedingter Störsignale werden drei vielversprechende Filterverfahren implementiert und evaluiert: spektrale Subtraktion, H-Schätzer und Wiener-Filterung. Jedes Verfahren wird mit unterschiedlichen Parametern getestet, um die optimale Konfiguration zur Störunterdrückung zu finden. Ziel ist es, ein robustes Filterkonzept zu entwickeln, das sich flexibel an verschiedene Störsituationen anpassen lässt und die Qualität der akustischen Messdaten deutlich verbessert.

Realisierung

Die Realisierung und Auswertung erfolgten in Python. Sowohl die spektrale Subtraktion als auch der H-Schätzer wurden eigenständig implementiert. Für den Wiener-Filter sowie akustische Metriken kam die Bibliothek pyroomacoustics zum Einsatz. Die Analyse und Visualisierung der Ergebnisse wurden mit scipy, pandas und matplotlib durchgeführt.

Ergebnisse

Die spektrale Subtraktion eignet sich gut zur Entfernung statischer Robotergeräusche in Ruhephasen, versagt jedoch bei zeitlich variablen Störungen. Der H-Schätzer zeigt gute Ergebnisse bei hoher Kohärenz, ist aber stark von der Qualität der Referenzaufnahme abhängig. Der Wiener-Filter reagiert empfindlich auf das Eingangssignal und zeigt eine verzögerte Filterwirkung, was ihn sehr signalabhängig und sensibel macht.



Diplomand
Kaeslin Roman

Dozent
Prof. Dr. Armin Taghipour

Themengebiet
KI und Signalverarbeitung

Projektpartner
Sonova AG

SONOVA
HEAR THE WORLD

Datenübertragung im Motorkabel

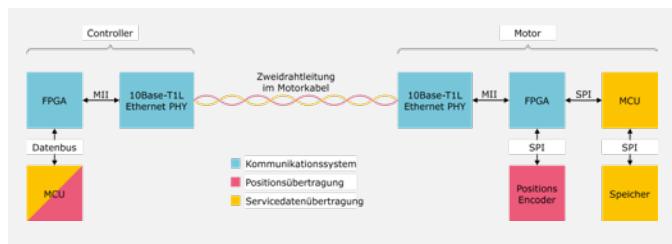


Abb. 1: Blockdiagramm des Systemkonzepts

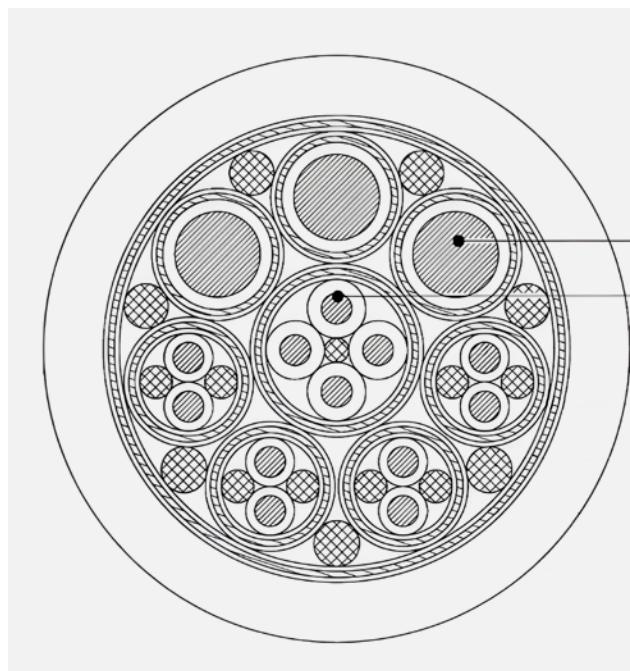


Abb. 2: Querschnitt des Motorkabels

Problemstellung

Die Firma Jenny Science entwickelt hoch-präzise Positionierungssysteme. Diese basieren auf Synchronmotoren mit integriertem Absolutmesssystem. Ein eigens entwickelter Servocontroller regelt die Motoren so, dass Positionierungsgenauigkeiten bis in den einstelligen Mikrometerbereich erreicht werden. Im laufenden Betrieb wird die Positionsinformation über das Motorkabel an den Controller übertragen. Das bisherige System erfasst beim Start die Absolutposition. Im Betrieb erfolgt die Übermittlung durch relative A/B-Encodersignale, die parallel zu den Motorphasenleitungen laufen und somit anfällig für Störungen sind. Zu dem begrenzt der bisherige Übertragungsmechanismus die maximale Geschwindigkeit des Motors. Besonders bei langen Kabeln und höheren Spannungen treten Übertragungsfehler durch Störeinkopplung auf. Ziel der Thesis ist es, ein Verfahren zu entwickeln, das die Absolutposition fehlerfrei und in unter $15\mu s$ über das bestehende Motorkabel übertragen kann. Parallel dazu sollen Servicedaten ausgetauscht werden können.

Lösungskonzept

Die Motorposition wird von einem FPGA aus dem Messsystem ausgelesen und über zwei Leiter im Motorkabel an ein zweites FPGA im Servocontroller übertragen. Für die Übertragung im Kabel wird der Single Pair Ethernet Standard 10Base-T1L verwendet. Die Ethernet-Frames werden zur Laufzeit im FPGA erzeugt. Die Positionsinformation wird während der laufenden Übertragung «Just-in-Time» in das Frame eingefügt. Die Außenung der Position beginnt dadurch unmittelbar. Wenige Mikrosekunden später erreicht die Positionsinformation das FPGA im Servocontroller. Sobald das letzte Bit der Position empfangen wurde, wird die Prüfsumme berechnet. Position und Prüfsumme werden anschliessend durch den Prozessor des Servocontrollers über den Datenbus aus dem FPGA ausgelesen. Direkt anschliessend an die Positionsinformation werden, im selben Frame, die Servicedaten für die Kommunikation zwischen Motor und Servocontroller übertragen.

Realisierung

Für die Validierung des Konzepts wurde eine Proof-of-Concept Elektronik entwickelt. Das Konzept nutzt zwei FPGA's für die Positions- und Servicedatenübertragung. Die entsprechenden Designs wurden im Rahmen des Projekts entwickelt.

Ergebnisse

Mit der entwickelten Elektronik konnte das erarbeitete Konzept verifiziert werden. Für die Übertragung der Absolutposition vom Motor zum Servocontroller werden lediglich $10.74\mu s$ benötigt. Die Übertragung wurde mit der maximalen Kabellänge von 50m im Dauerbetrieb mehrere Tage erfolgreich getestet.



Diplomand
Krummenacher André

Dozent
Prof. Marcel Joss

Themengebiet
Nachrichtentechnik

Projektpartner
Jenny Science AG



Optimierte Motorenansteuerung für die Antennen-nachführung



Abb. 1: Parabolspiegel-Antenne

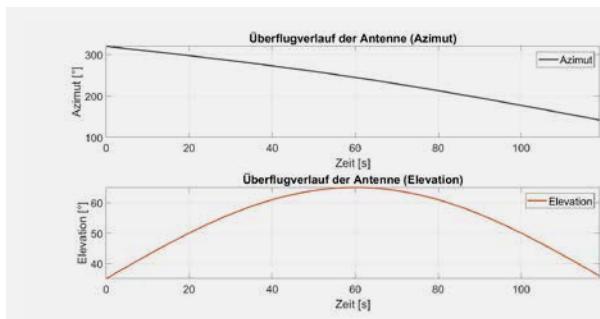


Abb. 2: Solltrajektorie (Azimut/Elevation) eines exemplarischen Überflugs

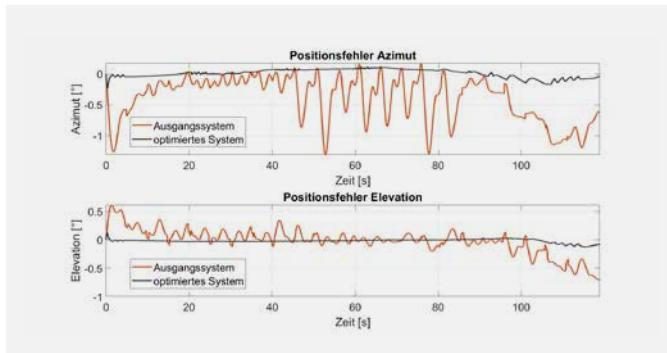


Abb. 3: Positionsfehler (Azimut/Elevation), geglättet (Mittelwert, Fenster = 10)

Problemstellung

Für eine zuverlässige und sichere Satellitenkommunikation ist eine präzise Nachführung der Parabolspiegel-Antenne notwendig (Abb.1). Das bestehende Zweiachsen-Antriebssystem weist jedoch dynamische Schwächen auf. Die Antenne zeigt ein schwingendes Bewegungsverhalten und deutliche Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Position. Diese Ungenauigkeiten beeinträchtigen eine durchgehend stabile Datenübertragung in höheren Frequenzbändern, wie sie in zukünftigen Anwendungen erforderlich sind.

Lösungskonzept

Zur Behebung dieser Schwächen wird ein iterativer Optimierungsansatz gewählt. Dieser umfasst sowohl die softwareseitige Ansteuerung über die SPS (Beckhoff) als auch die Parametrierung der Antriebseinheiten (Maxon IDX 70). Als Ausgangspunkt dient eine systematische Charakterisierung des bestehenden Aufbaus, um die Problematik aufzudecken. Darauf aufbauend werden modellbasierte Regelungsansätze entwickelt. Der Betriebsmodus «Cyclic Synchronous Position Mode (CSP)» wird bezüglich seiner Parametrierung analysiert und auf Kommunikationszyklus und Mechanik abgestimmt. Das Ziel ist eine stabile, präzise und nachvollziehbare Antennen-nachführung, welche zukünftige Erweiterungen effizient ermöglicht. Zur Validierung werden exemplarische Überflüge durchgeführt (Abb.2).

Realisierung

Anhand der Charakterisierung werden Prozesse approximiert, die als Grundlage für die Auslegung des PID-Reglers auf der SPS-Ebene dienen. Die Parametrierung der Antriebe umfasst die Einstellung der Interpolation Time und der internen Regelstruktur. Zusätzlich wird die Übergabelogik von der SPS zu den Antrieben überarbeitet, da diese einen wesentlichen Einfluss auf das Bewegungsverhalten der Antenne hat. Hierzu wird die inkonsistente Positions vorgabe angepasst, damit eine kontinuierliche Trajektorie an die Antriebe übermittelt wird.

Ergebnisse

Der Vergleich der Messdaten vor und nach den Optimierungsmassnahmen zeigt, dass diese sowohl eine Verbesserung der Genauigkeit bewirken als auch ein ruhigeres Bewegungsverhalten ermöglichen (Abb.3). Allerdings zeigt sich, dass sich die Umsetzung nicht für alle Betriebsmodi eignet. Eine weiterführende Massnahme, die eine Anpassung der externen Positionsübermittlung vorsieht, bietet hierfür eine funktionale Lösung. Die bestehenden Hard- und Softwarekomponenten müssen hierzu nicht verändert werden.

Diplomand
Locher Fabrice

Dozent
Prof. Marcel Joss

Themengebiet
Mechatronik/Automation/Robotik und
Energie- und Antriebssysteme



Projektpartner
HSLU intern

Online-Parameteridentifikation eines Büroraums für eine DT-Plattform

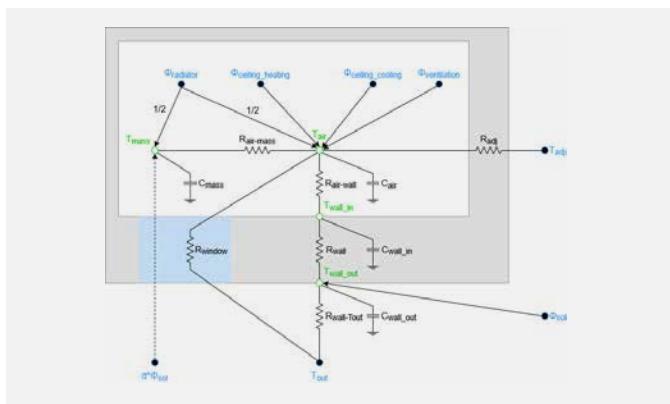


Abb. 1: Diese Abbildung zeigt das thermische 6R4C-Modell, das für die Parameteroptimierung verwendet wurde. Sie zeigt die zu optimierenden Parameter sowie die Eingänge und Ausgänge des Systems.

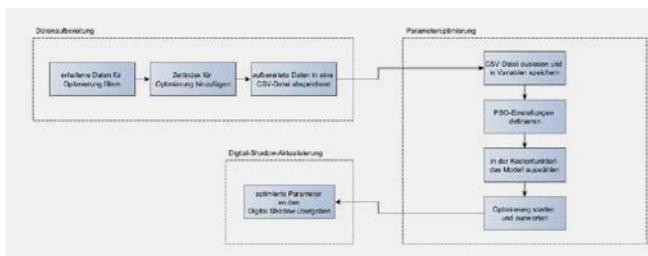


Abb. 2: Diese Abbildung veranschaulicht das Konzept der Parameteroptimierung. Zunächst werden die Daten eingelesen und vorbereitet. Anschliessend wird die Optimierung durchgeführt und schliesslich die Parameter des digitalen Schattens aktualisiert.

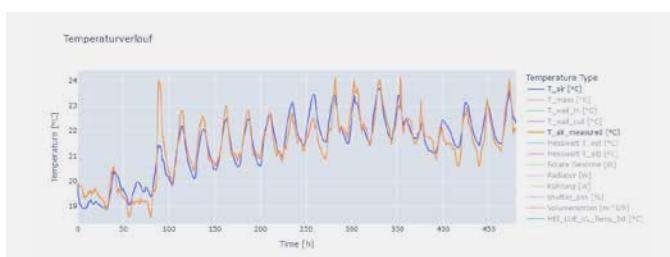


Abb. 3: In dieser Abbildung ist der Temperaturverlauf der simulierten Raumtemperatur in Blau und der gemessenen Raumtemperatur in Orange dargestellt. Die Messung wurde mit dem 6R4C-Modell durchgeführt und hat in dieser Arbeit das beste Ergebnis erzielt.

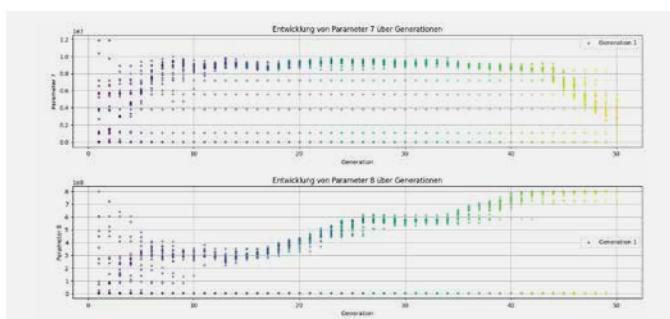


Abb. 4: In dieser Abbildung ist ein möglicher Parameterverlauf von 2 Parametern über 50 Generationen zu sehen. Dabei wurde der Partikel-schwarmoptimierer verwendet.

Problemstellung

Gebäude verbrauchen einen grossen Anteil der weltweiten Energie. Mithilfe einer Digital-Twin-Plattform soll der Energieverbrauch analysiert werden. In diesem Projekt soll eine Methode zur Parameteridentifikation evaluiert und in ein Gesamtsystem implementiert werden. Dabei sollen die Parameter ständig mit neuen Messdaten aktualisiert werden. Diese Parameter und die Messdaten werden kontinuierlich auf einen digitalen Schatten übertragen, um diesen aktuell zu halten. Somit sollte das physikalische System jederzeit virtuell nachgebildet werden können, um das Verhalten des Systems akkurat vorhersagen zu können.

Lösungskonzept

Zur Lösung des Problems wurden zwei thermische RC-Modelle ausgewählt: ein 2R2C- und ein 6R4C-Modell. Mithilfe der Modelle können Wärmeflüsse, beispielsweise zwischen der Aussentemperatur und der Raumtemperatur sowie von Heizungen, abgebildet werden. Zur Schätzung der Modellparameter wie Widerstände und Kapazitäten wurden Parameteroptimierungsalgorithmen verwendet. Mittels einer Zielfunktion können die Parameter anhand der gemessenen Gebäudedaten geschätzt werden. Für die Optimierung wurden der Partikel-schwarmoptimierer und der Levenberg-Marquardt-Algorithmus implementiert.

Realisierung

Die Simulation der thermischen Modelle mit den Optimierern wurde in Python implementiert. Zur numerischen Lösung der RC-Modelle kam ein LOSDA-Solver zum Einsatz, der adaptiv zwischen explizitem und implizitem Eulerverfahren wechselt kann. Für den Partikel-schwarmoptimierer wurden Nebenbedingungen und Grenzen für die Parameter definiert, um sicherzustellen, dass die Parameter reale Werte erhalten. Als Zielfunktion für die Auswertung, wie gut die simulierten Daten den gemessenen entsprechen, wurde der MSE verwendet. Der Partikel-schwarmoptimierer und der Levenberg-Marquardt versuchten dabei den MSE zu minimieren. Mithilfe der optimierten Parameter konnte anschliessend der RMSE der simulierten zur gemessenen Raumtemperatur berechnet werden.

Ergebnisse

Das beste Ergebnis wurde mit den optimierten Parametern des 6R4C-Modells erzielt. Dabei wurde ein RMSE von 0,473 °C bezüglich der Raumluft berechnet. Die Parameter scheinen in einem physikalisch plausiblen Bereich zu liegen.



Diplomand
Meister Cedric

Dozent
Prof. Dr. Andrew Paice

Themengebiet
KI und Signalverarbeitung

Projektpartner
iHomeLab

Automatisierung Verriegelungsbedingungen Sekundärtechnik Schaltanlagen

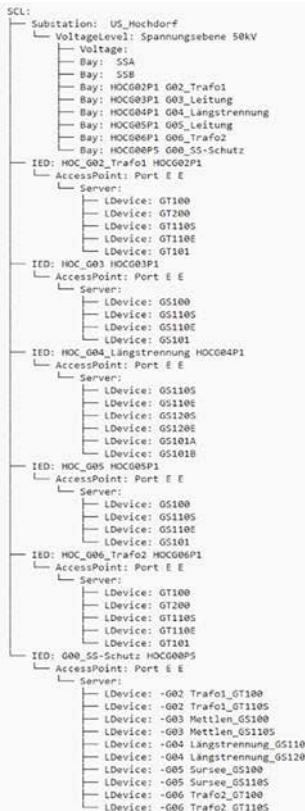


Abb. 1: Ausgabe vom ersten Programm

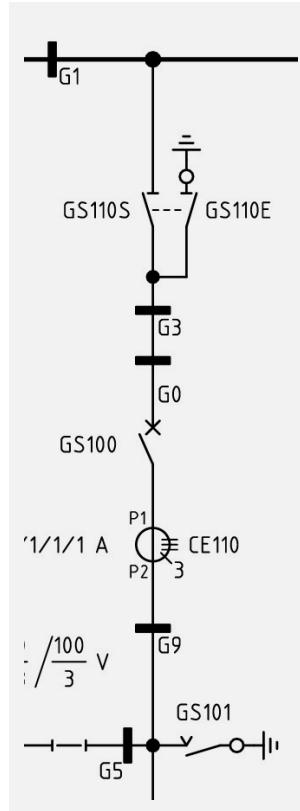


Abb. 3: Leitungsabgang

Problemstellung

In modernen Schaltanlagen der Sekundärtechnik ist die korrekte Umsetzung von Verriegelungsbedingungen essentiell für die Betriebssicherheit. Diese Bedingungen werden derzeit häufig manuell erstellt und überprüft, was fehleranfällig und zeitaufwändig ist. Mit der zunehmenden Standardisierung durch die IEC-61850 Norm entstehen neue Möglichkeiten zur Automatisierung. Dennoch fehlt ein praktikabler Ansatz, um aus den strukturierten SCD-Daten automatisch logische Verriegelungsbedingungen abzuleiten. Diese Arbeit setzt genau hier an: Ziel ist es, den Prozess der Bedingungserrstellung mithilfe von Softwarelösungen zu unterstützen und somit Planung, Prüfung und Inbetriebsetzung zu vereinfachen.

Lösungskonzept

Lösungskonzept
Das entwickelte Softwarekonzept verfolgt einen modularen, zweistufigen Ansatz zur Automatisierung. In einem ersten Schritt werden aus einer SCD-Datei relevante Komponenten der Schaltanlage und deren Abhängigkeit extrahiert und in einer strukturierten Form gespeichert. Darauf aufbauend verarbeitet ein zweites Programm diese Informationen zusammen mit benutzerdefinierten Parametern, um daraus automatisch logische Verriegelungsbedingungen in boolescher Algebra zu generieren. Die Lösung ist so ausgelegt, dass mit minimalem Konfigurationsaufwand eine nachvollziehbare und standardisierte Erzeugung von Verriegelungslogiken möglich ist.

Realisierung

Die Umsetzung erfolgte vollständig in Python. Ein Parser analysiert die SCD-Dateien gemäss IEC-61850 Norm und identifiziert relevante Elemente wie Schaltelemente. Die extrahierten Daten werden in einer Textdatei abgelegt. Ein zweites Programm interpretiert diese Daten zusammen mit Eingabeparametern und erzeugt daraus logische Bedingungen. Dafür wurden eigene Funktionen entwickelt, die je nach Parametern unterschiedliche Bedingungen und Textbausteine erzeugen. Das ermöglicht eine flexible, anpassbare und strukturierte Generierung der Verriegelungslogik.

Ergebnisse

Ergebnisse
Die gesetzten Ziele wurden vollständig erreicht. Die Programme extrahieren zuverlässig die relevanten Daten und erzeugen automatische korrekte Verriegelungsbedingungen. Die Lösung erweist sich als effizient, stabil und flexibel, da mit wenig Eingaben fehlerfrei Verriegelungsbedingungen generiert werden können.

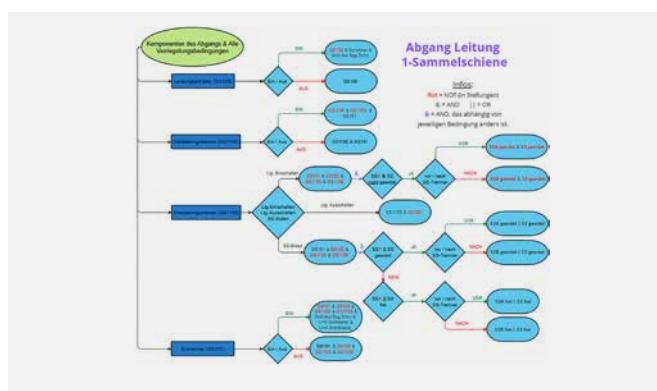


Abb. 2: Verriegelungsbedingungen für Leitungsabgänge

Abb. 4: Ausschnitt aus den Booleschen Verriegelungsbedingungen vom Programm 2



Diplomand
Meyer Patrice

Dozent

Themengebiet

Projektpartner



Space Object Tracking with AI-Models

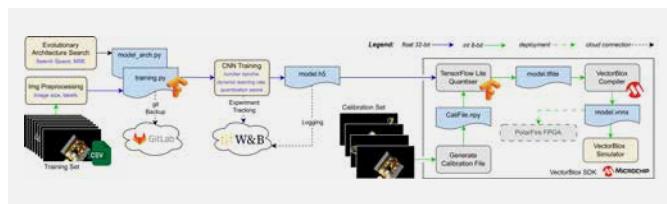


Abb. 1: Ablauf des Trainings mit TensorFlow und der Quantisierung mit dem VectorBlox SDK



Abb. 2: Satellit mit der korrekten (gelb) und der berechneten (rot) Position

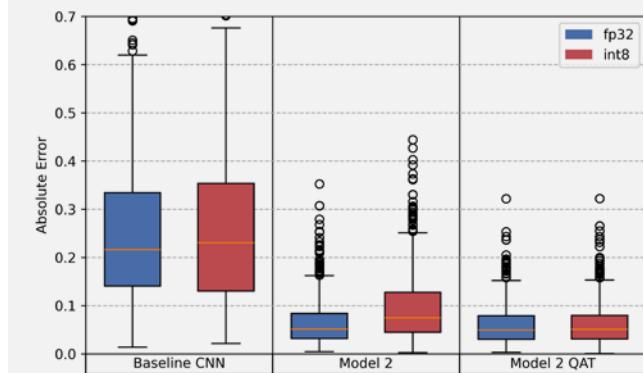


Abb. 3: Der absolute Fehler berechneter Positionen auf einem Test Set von drei verschiedenen Modellen

Problemstellung

Diese Arbeit befasst sich mit dem visionbasierten Tracking von Weltraumobjekten, einer Schlüsseltechnologie für aktive Weltraummüllbeseitigung und In-Orbit-Servicing-Missionen. Ziel ist die gezielte Optimierung von Convolutional Neural Networks (CNNs) für eine effiziente Quantisierung und deren Implementierung auf FPGA-basierter Hardware. Herausforderungen ergeben sich insbesondere durch die limitierten Ressourcen der FPGA-Plattformen sowie den Mangel an realitätsnahen Bilddaten, dem sogenannten Domain Gap, da für viele Szenarien keine oder nicht genügend reale Aufnahmen verfügbar sind.

Lösungskonzept

Zur Lösung wird ein synthetischer Trainingsdatensatz mit künstlich generierten Bildern verwendet, um robuste Modelle für verschiedene visuelle Bedingungen, Objektorientierungen und Distanzen bis zu 20 m zu entwickeln.

Realisierung

Ein evolutionärer Suchalgorithmus identifiziert automatisiert geeignete Netzwerkarchitekturen, wobei die Suchparameter gezielt auf die spezifischen Hardware-Bedingungen abgestimmt sind. Die ausgewählten Netzwerke werden experimentell für die Quantisierung optimiert, welche anschliessend durch das VectorBlox SDK erfolgt, um eine nahtlose Integration und effiziente Ausführung direkt auf einem Microchip PolarFire FPGA zu ermöglichen. Hierzu werden Methoden wie Noise Injection, Batch-Normalisierung und quantisierungsbewusstes Training (QAT) in verschiedenen Konstellationen evaluiert.

Ergebnisse

Die Experimente zeigen, dass der Positionsfehler des Zielobjekts mit einem passenden Modell um über 70 % reduziert werden kann. Das quantisierungsbewusste Training führt dabei zu einer Senkung des Quantisierungsfehlers um 30 %. Durch die Quantisierung wird zudem eine Inferenzzeit von nur 33 ms pro Bild erreicht. Damit ist die Echtzeitfähigkeit auch bei Integration in einen Tracking-Algorithmus gewährleistet.

Ausblick

Zukünftige Arbeiten sollten schwerpunktmaßig eine Optimierung des evolutionären Suchraums sowie die Integration von QAT in den Suchprozess zur Erzielung besserer Modellarchitekturen verfolgen. Die Entwicklung adaptiver Quantisierungsmethoden basierend auf einem tieferen Verständnis der VectorBlox SDK kann die Hardware-Effizienz erheblich steigern. Darüber hinaus könnten mehrstufige Ansätze die Tracking-Performance in komplexen Szenarien mit mehreren Objekten oder herausfordernden Beleuchtungsbedingungen verbessern.

Diplomand
Ming Andreas

Dozent
Prof. Dr. Jürgen Wassner

Themengebiet
KI und Signalverarbeitung/
Technische Informatik

Projektpartner
HSLU intern

Entwicklung eines browserbasierten Analyse- und Diagnosetools für E-Bikes mit UART-Schnittstelle

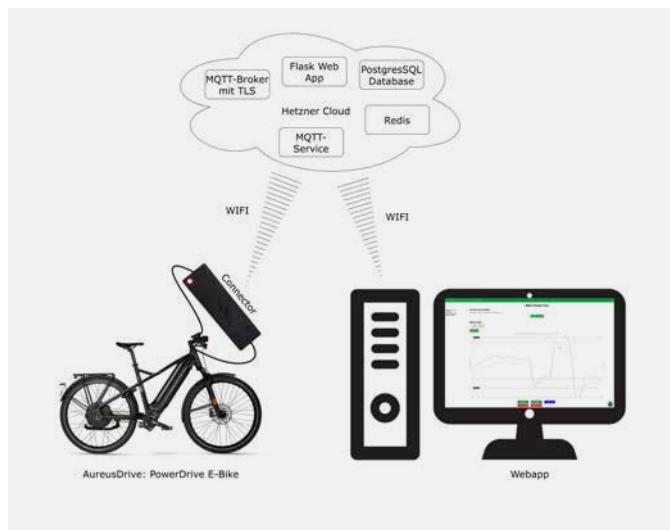


Abb. 1: Visualisierung des umgesetzten Konzepts

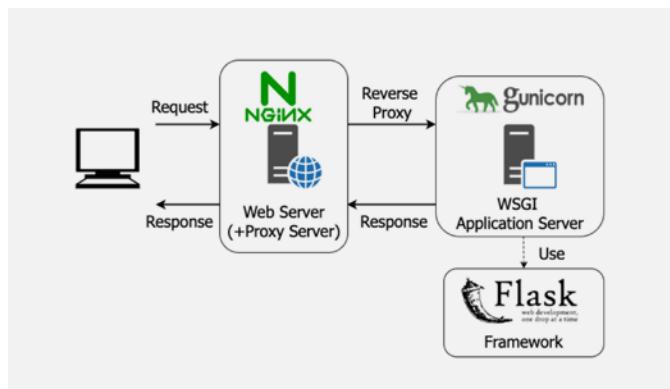

 Abb. 2: Webapp Architektur (Quelle: <https://blog.neilblaze.live/intersecting-flask-with-nginx>)


Abb. 3: Connector PCB mit Raspberry Pi Pico W und DC-DC Wandler

Problemstellung

Die Fehlersuche an modernen E-Bikes wird zunehmend zur Herausforderung. Um die technischen Analysen bei AureusDrive AG sowie bei Partnerbetrieben zu vereinfachen, soll eine universelle, benutzerfreundliche Lösung entwickelt werden. Diese soll unabhängig vom Betriebssystem funktionieren, ohne zusätzliche Spezialhardware auskommen und über die UART-Schnittstelle mit dem E-Bike kommunizieren können.

Lösungskonzept

Die Systemarchitektur basiert auf einem Mikrocontroller (Raspberry Pi Pico W), der zwischen Display und Controller des E-Bikes eingeschleift wird. Der «Connector» liest relevante Sensordaten wie Kadenz, Drehmoment, Batteriespannung und Temperatur aus und überträgt diese über WLAN an eine Webapplikation. Die Webapp dient als Benutzeroberfläche für Diagnose, Berichtserstellung und Datenanalyse. Sie nutzt das MQTT-Protokoll zur Kommunikation und speichert Ergebnisse in einer SQL-Datenbank. Optional können auch Firmware-Updates über UART durchgeführt und ein KI-Chatbot zur Fehlersuche eingebunden werden.

Realisierung

Für die Umsetzung wurde der Connector mit MicroPython programmiert, inklusive WLAN-Konfiguration via Access Point und MQTT-Kommunikation. Die UART-Schnittstelle wurde zur sicheren Datenerfassung implementiert. Die Webapplikation basiert auf einem Python-Backend mit Flask, einem MQTT-Service und einem modernen Frontend. Als Hosting-Umgebung wurde eine IaaS-Lösung mit eigenem Server bei Hetzner gewählt, was volle Kontrolle und Flexibilität ermöglicht. Die Webapp erlaubt rollenbasierte Zugriffe für Partnerbetriebe und das interne Team von AureusDrive.

Ergebnisse

Das Gesamtsystem wurde erfolgreich umgesetzt und getestet. Alle Kernfunktionen wie Verbindung, Datenerfassung, Funktionsprüfung und Berichtserstellung laufen stabil. Die Webapplikation ist plattformunabhängig bedienbar und intuitiv gestaltet. Der Connector funktioniert zuverlässig mit verschiedenen E-Bike-Modellen von AureusDrive AG. Erweiterungen wie Firmware-Updates über UART und die Integration eines KI-gestützten Chatbots konnten erfolgreich implementiert bzw. als funktionale Konzepte vorbereitet werden.

Diplomand
Muehlemann Tobias

Dozent
Prof. Dr. Markus Thalmann

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems), Energie- und Antriebssysteme

Projektpartner
AureusDrive AG



Volumetrische Messung im Stahlrecycling

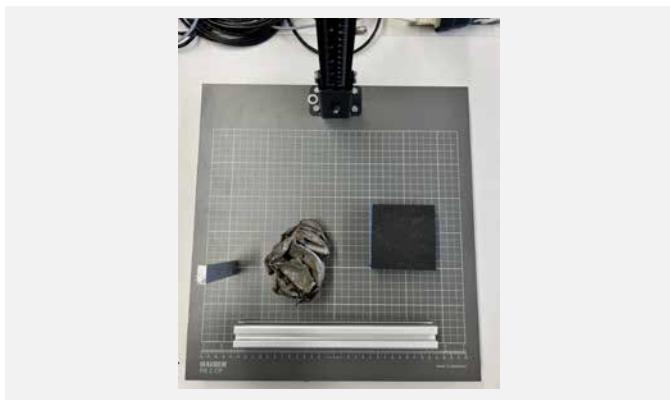


Abb. 1: Laboraufbau

Problemstellung

Im industriellen Stahlrecycling wird das Förderband zur kontinuierlichen Bewegung und Sortierung von Schrott eingesetzt. Materialanhäufungen, Blockaden oder Fremdkörper können den Materialfluss behindern und zu erheblichen Störungen oder Stillständen führen. Ziel ist daher eine kontinuierliche, berührungslose Überwachung des Materialvolumens auf dem Band, um frühzeitig Anomalien erkennen und die Prozesssicherheit erhöhen zu können.

Lösungskonzept

Als Lösung wurde ein automatisiertes Vision-System entwickelt, das auf 3D-Tiefenkameras basiert. Das System erfasst kontinuierlich Höhenprofile des Förderbandes und berechnet aus mehreren Leerlaufaufnahmen ein robustes Median-Referenzbild als Hintergrund. Die aktuellen Tiefenbilder werden mit diesem Referenzmodell verglichen, um Material und Störstrukturen (z. B. Stollen) zu detektieren. Durch gezielte Maskierung und Segmentierung werden nur tatsächlich transportierte Materialien zur Volumenberechnung herangezogen.

Realisierung

Die Umsetzung erfolgte mit Python und etablierten Open-Source-Bibliotheken (OpenCV, NumPy). Für die Bildverarbeitung wurden Methoden wie morphologisches Closing und Inpainting genutzt, um Messlöcher und Ausreißer zu beheben. Die Materialerkennung basiert auf der Analyse von Differenzbildern und der automatisierten Ausblendung förderband-spezifischer Strukturen mittels geometrischer Kriterien.

Ergebnisse

Die entwickelte Bildauswertung ermöglicht eine Volumenbestimmung auf dem Förderband. Durch die Kombination aus differenzbasiertter Materialsegmentierung und Stollenerkennung konnte die Messgenauigkeit im industriellen Testbetrieb verbessert werden. Typische Messfehler durch Löcher, Störungen oder Bandstrukturen wurden durch Vorverarbeitung und gezielte Maskierung reduziert. Die Methode ist robust gegenüber variabler Bandgeschwindigkeit, weist jedoch Limitationen bei Licht, sehr komplexen Bandgeometrien oder bei Material, das direkt auf Stollen liegt, auf.

Ausblick

Für zukünftige Entwicklungen bietet sich die Erweiterung um zusätzliche Sensoren und Machine Learning-Methoden an, um tote Winkel auszuschließen und automatisch auf Prozessabweichungen zu reagieren. Die Integration in industrielle Leitsysteme und die Optimierung der Benutzeroberfläche stehen für eine praxistaugliche Anwendung im Vordergrund.

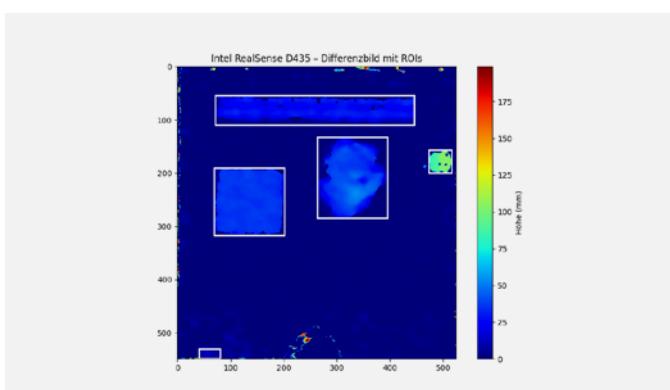


Abb. 2: Darstellung der Tiefendaten

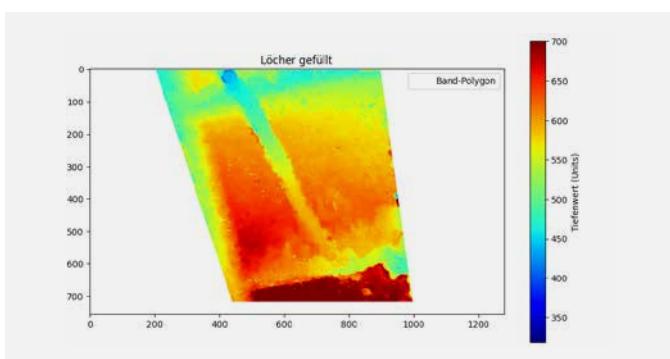


Abb. 3: Reale Tiefendaten Schrägförderband mit Stollen

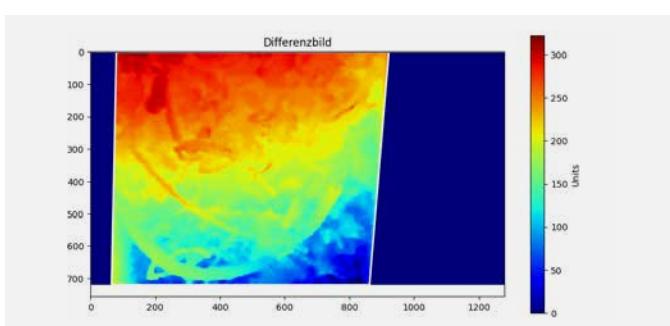


Abb. 4: Reale Tiefendaten Rüttler



Diplomand
Mühlethaler Nick

Dozent
Prof. Dr. Klaus Zahn

Themengebiet
Mechatronik/Automation/Robotik

Projektpartner
soRec AG



eFuse für Elektrofahrzeuge

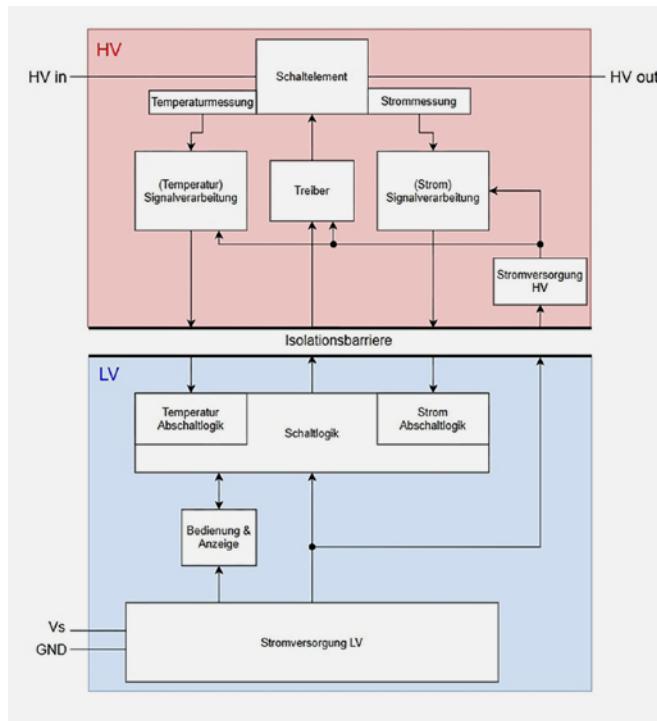


Abb. 1: Grobkonzept der eFuse



Abb. 2: Fertige eFuse nach Bestückung

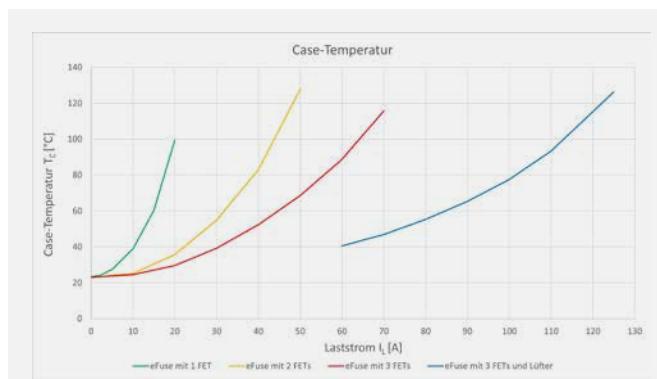


Abb. 3: Temperaturverlauf der eFuse bei verschiedenen Aufbauvarianten

Problemstellung

Aufgrund der stetig steigenden Batteriespannungen in Elektrofahrzeugen sind komplexere Schutzsysteme für Mensch und Elektronik erforderlich. Um die Batterie bei Überstrom vom Stromkreis zu trennen, kommen unterschiedliche Sicherungen wie Pyrofuses oder Schmelzsicherungen zum Einsatz. Eine elektronische Sicherung (eFuse) wird bislang nicht eingesetzt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein neuartiges eFuse-Konzept für den Einsatz in Elektrofahrzeugen entwickelt und in Form eines Demonstrators umgesetzt werden. Der Schwerpunkt liegt auf einer unidirektionalen eFuse für Hilfssysteme, die ein sicheres Schalten von Strömen bis 100 A bei 1'000 VDC ermöglicht. Zudem soll die eFuse bei Übertemperatur ebenfalls abschalten.

Lösungskonzept

Nach einer Recherche zum Stand der Technik wurden verschiedene Schaltelemente sowie Varianten zur Strom- und Temperaturmessung untersucht, bewertet und in ein Gesamtkonzept überführt. Kritische Schaltungen, insbesondere das Schaltelement und die Strommessung, wurden hinsichtlich ihres Schaltverhaltens und ihrer Genauigkeit getestet. Die gewonnenen Erkenntnisse führten zum Aufbau eines Demonstrators, der anschliessend charakterisiert wurde.

Realisierung

Die Schaltung basiert auf mehreren parallel geschalteten MOSFETs, die zur Stromführung genutzt werden. Die Strommessung erfolgt über einen Shunt, dessen Spannung verarbeitet und ausgewertet wird, um einen möglichen Überstromzustand zu erkennen. Der Schwellenwert kann über ein Potentiometer eingestellt werden. Der Temperatursensor wird vom Mikrocontroller ausgelesen. Dieser löst bei Überschreiten eines Grenzwerts die Abschaltlogik aus.

Ergebnisse

Für die geforderte Stromführung von 100 A sind mindestens drei parallel geschaltete MOSFETs in Kombination mit einer zusätzlichen Kühlung erforderlich. Die Abschaltung bei niedrigen Spannungen konnte erfolgreich realisiert werden. Die Abschaltung bei 1'000 VDC sollte im Rahmen einer zukünftigen Arbeit weiter untersucht werden.



Diplomand
Pintér Martin

Dozent
Dr. Giseler Wichmann

Themengebiet
Energie- und Antriebssysteme, KI und
Signalverarbeitung

Projektpartner
SCHURTER AG



NFC Kommunikation Optimierung

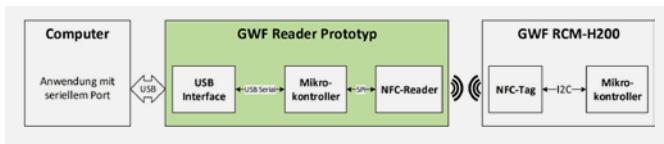


Abb. 1: Systemübersicht zur Verwendung der NFC-Schnittstelle

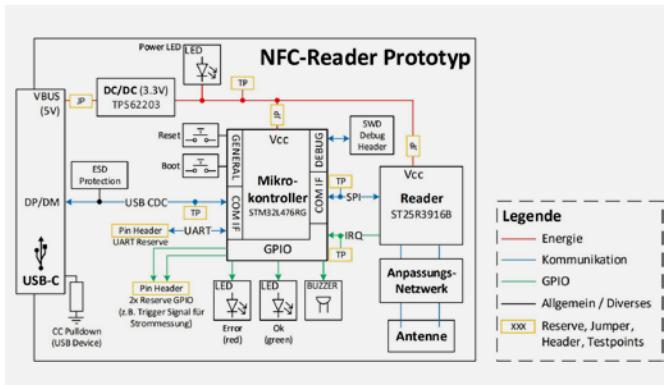


Abb. 2: Blockdiagramm des Reader Prototypen



Abb. 3: 3D Rendering des PCB

Problemstellung

Die GWF AG bietet diverse Produkte im Bereich des Wasser- und Energie-managements an. In vielen dieser Geräte verwendet die GWF AG bereits eine NFC-Schnittstelle zur Parametrisierung und für Firmware Upgrades. Als NFC-Reader wird der TWN4 von Elatec benutzt, welcher nicht auf die verbauten ST25DV-Tags von STM abgestimmt ist. Es soll nun ein Prototyp eines NFC-Readers erstellt werden, mit dem die Datenübertragung der NFC-Schnittstelle beschleunigt werden kann. Ein Firmware Upgrade dauert bis anhin vier Minuten, was in Zukunft schneller gehen soll. Zudem will die GWF AG das mechanische Design des Readers beliebig anpassen können. Für zukünftige Projekte innerhalb der GWF AG kann der Prototyp als Aus-gangslage benutzt und entsprechend angepasst werden.

Lösungskonzept

Zunächst wurden die Grundkenntnisse zu NFC und den bei der GWF AG verwendeten NFC-Tags erlernt. Damit konnten in der STM32CubeIDE erste C-Programme erstellt werden, um Daten mit den Geräten der GWF AG auszutauschen und um verschiedene Funktionen zu testen. Dabei konnte mit Zeitmessungen aufgezeigt werden, dass eine Optimierung möglich ist. Aus den Erkenntnissen der Einarbeitung und Funktionstests wurde anschliessend rund um den ST25R3916B-Reader von STM ein Konzept mit Hard- und Software erarbeitet.

Realisierung

Das Konzept wurde anschliessend in ein PCB und ein C-Programm übertragen. Die Schaltung und das Layout des PCBs wurden mit KiCad erstellt. Die Software konnte grösstenteils aus den Funktionstests übernommen und angepasst werden.

Ein Firmware Upgrade besteht aus ~300 aneinandergereihten Befehlen, welche jedoch nicht implementiert wurden. Um die Verbesserung bei der Datenübertragung messen zu können, wird also die Zeit für einen anderen Befehl gemessen, welcher bezüglich Datenmenge am nächsten an die des Firmware Upgrades herankommt. Um die Zeit messen zu können, wurde ein Programm in C# erstellt, welches die Befehle per USB an den Reader schickt.

Ergebnisse

Bei dem ausgewählten Befehl konnte die benötigte Zeit um ~37% reduziert werden. Daher kann angenommen werden, dass das Firmware Upgrade ebenfalls bis zu 37% weniger lange dauert. Das Ziel der schnelleren Übertragung konnte erreicht werden. Als zweites Ziel galt das Erstellen des Prototypen selbst, damit die GWF AG einen eigenen NFC-Reader hat. Auch das wurde erreicht und die GWF AG kann den Prototypen in die Entwicklung aufnehmen.



Bestimmung der 3D-Pose von Objekten mittels Vision-Technologie

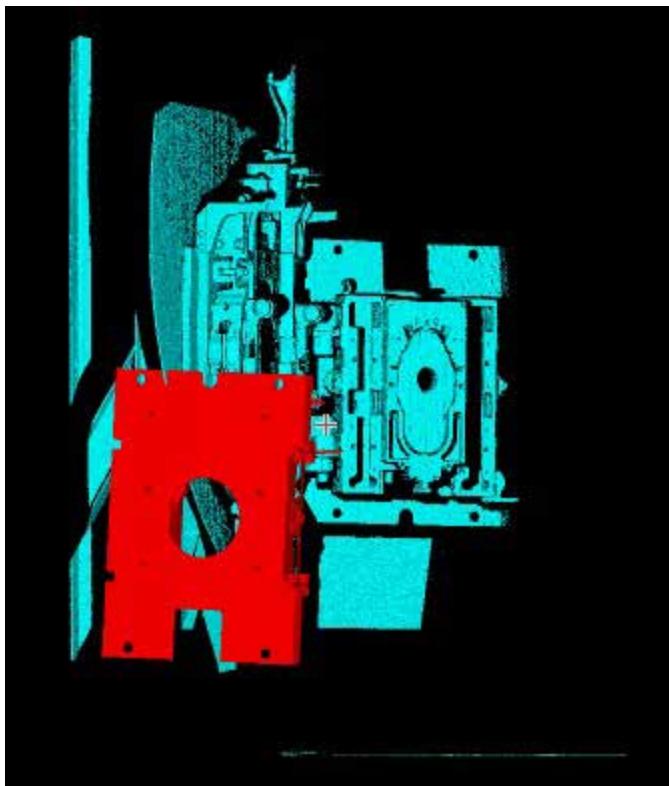


Abb. 1: Unlogisches Resultat des Matchings

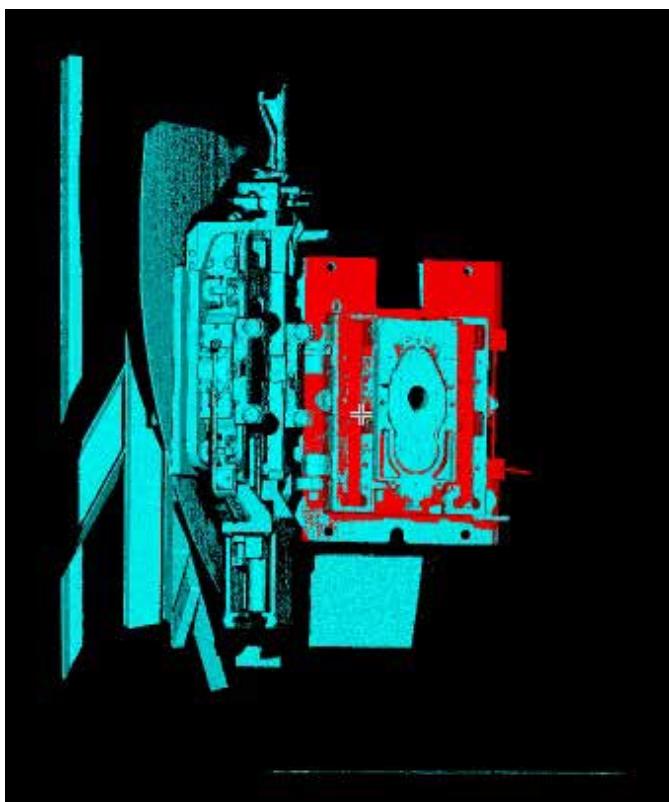


Abb. 2: Gleiches Modell wie in Abb. 1 aber mit invertierten Normalen

Problemstellung

Das Hauptgeschäft der RHI Magnesita Interstop AG liegt in der Produktion feuerfester Komponenten für die Metallindustrie, wie z.B. Schieber für Schmelzöfen. Diese müssen wegen den harten Bedingungen oft ersetzt werden. Ein Industrieroboter tauscht die Schieber automatisch aus, indem er deren 3D-Pose mit einer Stereo-Kamera und Bildverarbeitungssoftware lokalisiert. In dieser Arbeit sollen Verfahren getestet werden, um die Bestimmung der Pose zuverlässiger zu machen.

Lösungskonzept

Es werden verschiedene Verfahren ausgearbeitet und in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner entschieden, dass die folgenden drei umgesetzt und getestet werden sollen: Unwichtige Punkte ausblenden, nicht sichtbare Teilflächen ausblenden und Invert Normals.

Realisierung

Unwichtige Punkte Ausblenden: In den Stereokamera-Aufnahmen sind irrelevante Flächen wie der Boden und die Pfanne enthalten, die für das Matching nicht benötigt werden. Ihre Entfernung soll das Matching verbessern und die Laufzeit des Programms verkürzen.

Nicht sichtbare Teilflächen ausblenden: Da der Pfannenschieber aus einer Perspektive aufgenommen wird, aus der viele Flächen durch andere verdeckt sind, könnte das Einbeziehen nur der sichtbaren Teile verdeckter Flächen, insbesondere bei Modellen mit kleiner Oberfläche, zu besseren Ergebnissen führen und die Notwendigkeit einer manuellen Auswahl sichtbarer Flächen für neue Modelle verhindern.

Invert Normals: Die Vorgängerarbeit zeigte, dass das bisherige Matching für bestimmte Arbeitsschritte unlogische Ergebnisse lieferte, die weit von der tatsächlichen Pose des Schiebers abwichen. Ein bisher ungenutzter Parameter, «model invert normals», könnte das Problem lösen, da die Normalen der Flächen im CAD-Modell und der Punktfolge möglicherweise in entgegengesetzte Richtungen zeigen, was zu fehlerhaften Matching-Ergebnissen geführt haben könnte.

Ergebnisse

Durch das Ausblenden unwichtiger Punkte konnte eine Zeiterparnis von 52% erreicht werden, ohne dabei die Wiederholgenauigkeit merklich zu verschlechtern. Es konnte gezeigt werden, dass durch das automatische Reduzieren der Modelle auf die sichtbaren Teilflächen mit wenig manueller Arbeit eine gute Wiederholgenauigkeit des Matchings erzielt werden kann. Durch das Invertieren der Normalen der Modelle konnten für einige Arbeitsschritte eine gute Wiederholgenauigkeit erreicht werden, bei denen dies zuvor nicht möglich war.



Diplomand
Röllin Philipp

Dozent
Prof. Dr. Klaus Zahn

Themengebiet
Mechatronik/Automation/Robotik
KI und Signalverarbeitung

Projektpartner
RHI Magnesita Switzerland AG



Remote Lab – entfernte OS-Installation

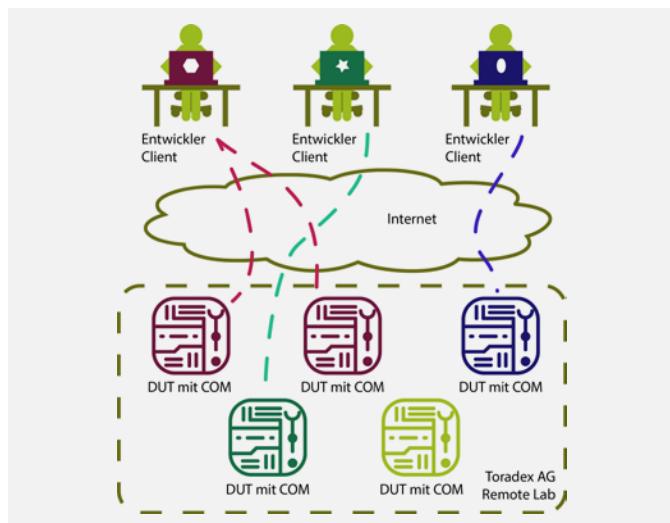


Abb. 1: Verwenden des Remote-Labors



Abb. 2: 3D Modell des Hardwareaufbaus der Testumgebung

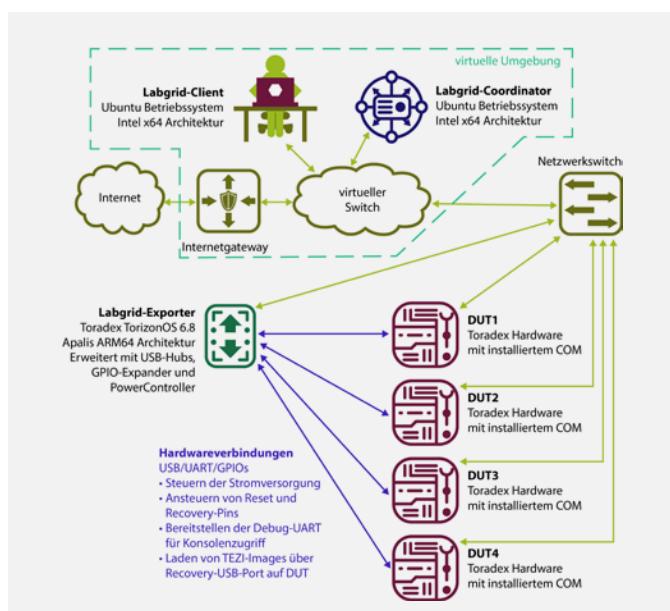


Abb. 3: Blockschema zum Systemaufbau

Problemstellung

Die Toradex AG ist ein führender Anbieter von Computer-on-Modules (COMs), die weltweit in Embedded-Systemen verwendet werden. Um Softwaretests effizienter zu gestalten und den Bedarf an dedizierter Testhardware zu reduzieren, verfolgt Toradex das Ziel, ein skalierbares Remote-Labor aufzubauen. Dieses Remote-Labor soll Ihren Entwicklern ermöglichen, Betriebssysteme und Softwaretests standortunabhängig auf Toradex COMs durchzuführen, wie in Abb. 1 dargestellt. Das primäre Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Systems zur automatisierten Remote-Installation von Betriebssystemen auf Toradex COMs. Diese Arbeit knüpft an eine Vorarbeit (Gwerder, 2024) an, in der das Labgrid-Framework erfolgreich zur Ressourcenverwaltung eingeführt wurde.

Lösungskonzept

Das entwickelte System kombiniert den Toradex Easy Installer mit dem Labgrid-Framework, das die zentrale Verwaltung und Koordination der Ressourcen übernimmt. Die eigenentwickelten Softwaremodule Toradex Remote Recovery Manager und Toradex Remote Recovery Client steuern GPIO-Interaktionen und Recovery-Prozesse. Ergänzt wird die Lösung durch Hardwaremodule erweitert, darunter ein GPIO-Expander und Power-Management-Module, die präzise Steuerungen der Devices Under Test (DUTs) ermöglichen.

Realisierung

Die entwickelte Lösung wurde in einer Testumgebung erfolgreich implementiert. Der mechanische Aufbau wird in Abb. 2 als 3D-Modell visualisiert, während die Architektur in Abb. 3 als Blockschema dargestellt ist. Der Coordinator verwaltet die zentralen Ressourcen, die durch den Exporter bereitgestellt werden, während der Client diese Ressourcen nutzt, um mit den DUTs zu interagieren. Locking-Mechanismen gewährleisten dabei konfliktfreie Zugriffe.

Ergebnisse

Die entwickelte Lösung ermöglicht die vollständig automatisierte Remote-Installation von Betriebssystemen auf Toradex COMs. Tests bestätigten die Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems, auch bei gleichzeitiger Nutzung durch mehrere Anwender und Devices Under Test (DUTs). Damit wurde eine skalierbare Grundlage für ein zukünftiges Remote-Labor geschaffen.

Ausblick

Die Umsetzung eines Remote-Labors lässt sich weiter vorantreiben durch:

- Tests zur Skalierbarkeit mit zusätzlichen DUTs und Exportern
- Praxistests durch Clients mit verschiedenen Betriebssystemen unter realen Netzwerkbedingungen
- Optimieren der Sicherheit durch Netzwerkrestrukturierung



Diplomand
Rosenberger Raphael

Dozent
Dr. Oliver Kasten

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems)

Projektpartner
Toradex AG



Fernzugriff auf eine Maispresse

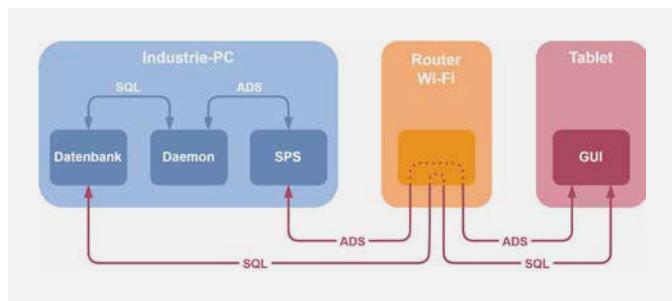


Abb. 1: Bestehender Steuerungsaufbau der Maispresse

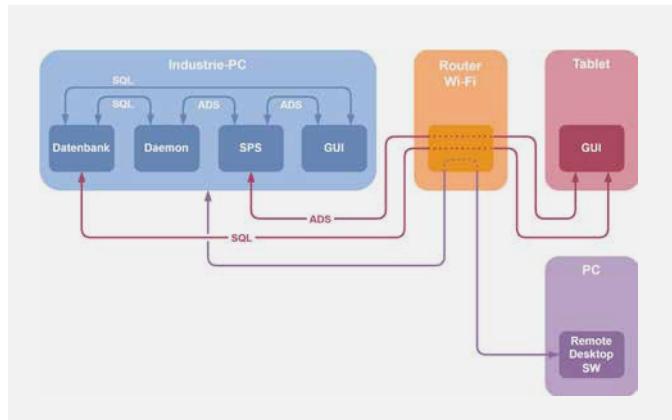


Abb. 2: Konzeptaufbau der Remote-Desktop-Lösung



Abb. 3: Maisballenpresse der Firma Lisibach Maschinenbau AG

Problemstellung

Um weltweit Support im Störungsfall anbieten zu können und den Kunden gleichzeitig die Möglichkeit zu geben, Maschineneinstellungen bequem vom Büro aus vorzunehmen, soll die Maisballenpresse der Firma Lisibach Maschinenbau AG um einen Fernzugriff erweitert werden. Die Benutzeroberfläche des Bedieners vor Ort soll im Falle eines Fernzugriffs eins zu eins sichtbar sein. Darüber hinaus legt der Industriepartner besonderen Wert auf einen möglichst geringen Datenverbrauch, die Plattformunabhängigkeit der Lösung, einen sicheren Datenaustausch sowie auf Sicherheitsmaßnahmen, welche gewährleisten, dass die Maschine nur unter genau definierten Bedingungen aus der Ferne gesteuert werden kann.

Lösungskonzept

Zur Erreichung dieses Ziels wurde die Arbeit in die Phasen Konzeption, Test und Umsetzung unterteilt. In der Konzeptionsphase wurden vier verschiedene Ansätze zur Realisierung erarbeitet und miteinander verglichen. Zwei dieser Ansätze basieren auf ADS-over-MQTT und OPC UA. Ihr Hauptmerkmal besteht darin, dass lediglich die zur Darstellung der Benutzeroberfläche der Maispresse benötigten Daten über den Fernzugriff übermittelt werden. Im Gegensatz dazu übertragen der Remote-Desktop-Ansatz sowie die VPN-Lösung die vollständige Benutzeroberfläche des Industrie-PCs.

Realisierung

Basierend auf den Ergebnissen des Konzeptvergleichs konzentrierten sich die Test- und Umsetzungsphasen auf die Inbetriebnahme der Remote-Desktop-Lösungen von TeamViewer, AnyDesk und ISL Light sowie auf die VPN-Lösungen von IXON und NetModule. Zudem wurde der Datenverbrauch aller Lösungen gemessen und miteinander verglichen. Um eine mögliche Verwendung des IXON-Routers für zukünftige Projekte zu prüfen, wurde auch die MQTT-Anbindung dieses Geräts getestet.

Ergebnisse

Der Konzeptvergleich sowie die durchgeführten Messungen zeigen, dass die Remote-Desktop-Software von AnyDesk am besten für den Fernzugriff auf die Maisballenpresse geeignet ist. Sie überzeugt durch die einfache Inbetriebnahme, die benutzerfreundliche Oberfläche, die vergleichsweise geringen Kosten sowie den niedrigen Datenverbrauch.



Diplomand
Schmid Sebastian

Dozent
Prof. Dr. Thierry Prud'homme

Themengebiet
Automatisierung, Software, IoT

Projektpartner
Lisibach Maschinenbau AG



Pick and Place Roboteranlage

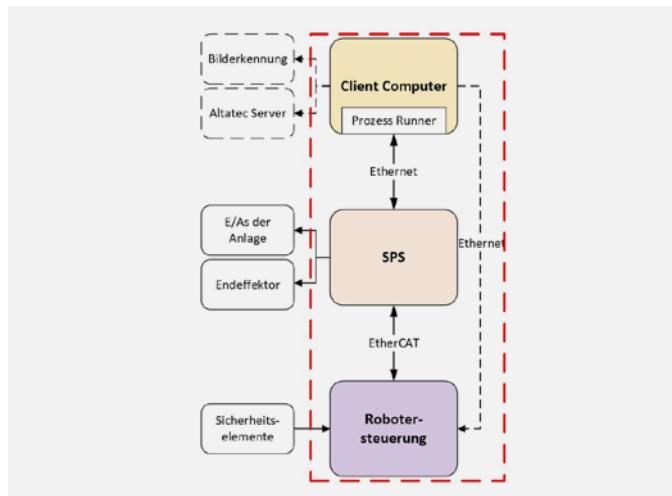


Abb. 1: Konzept der Anlage. Rot eingezeichnet ist der Teil dieser Diplomarbeit

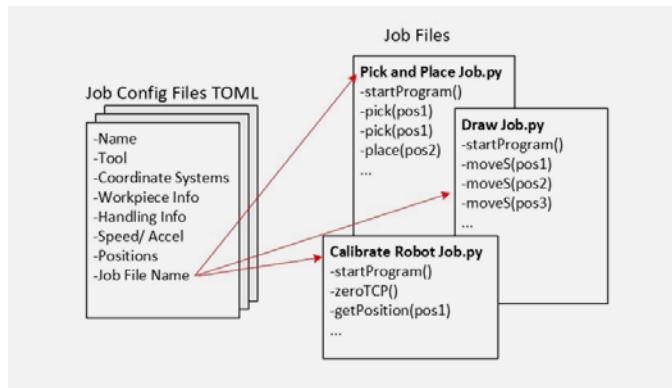


Abb. 2: Auswahl und Konfiguration des Programms über TOML-Dateien, abhängig von der Anwendung



Abb. 3: Aufgebaute Demonstrationsanlage, noch ohne Endeffektor und Peripherie

Problemstellung

Die Altatec Microtechnologies AG, mit Sitz in Steinhausen, hat als kleines Unternehmen in der produzierenden Elektronikbranche repetitive Arbeiten, welche durch Pick-and-Place-Roboteranlagen automatisiert werden können. Dabei stellt die Verschiedenheit der Werkstücke und Arbeitsschritte eine Herausforderung dar. Es sollen Werkstücke bis zu 30 x 35 x 1 cm und 850 g über einen Arbeitsbereich von 56 cm transportiert werden können. Die Anlage soll für verschiedene Arbeitsschritte angepasst werden können, darunter das Be- und Entladen von elektronischen Leiterplatten und sich in die bestehende Produktion integrieren lassen.

N. B.: Der mechanische Aufbau, die Peripherie der Anlage, sowie der Endeffektor sind nicht Teil dieser Diplomarbeit.

Lösungskonzept

Das entwickelte Konzept, Abbildung 1, besteht aus drei Komponenten: Dem Mitsubishi RV-2FRLB Knickarmroboter, der Beckhoff speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) CX5230 und einem Windows Computer. Für die Wahl der Komponenten wurde eine Evaluation durchgeführt.

Ein über TOML-Dateien, Abbildung 2, konfigurierbares Python Programm läuft auf dem Computer als Prozess Runner. Es beinhaltet die übergeordnete Anlagensteuerung. Die SPS dient als Schnittstelle, indem sie High Level Aufgaben des Computers über das Beckhoff ADS Protokoll empfängt, diese in spezifische Roboterbefehle interpretiert und an den Roboter über EtherCAT sendet. Die Ansteuerung der Anlagenperipherie, sowie des Endeffektors erfolgt über die SPS.

Realisierung

Es wurden eine Demonstrationsanlage aufgebaut, welche in der Abbildung 3 gezeigt wird, sowie die Software für den Roboter, die SPS und den Prozess Runner geschrieben. Die Anlage wird über ein Benutzerinterface bedient.

Ergebnisse

Die Interaktion der Komponenten konnte erfolgreich getestet werden. Mit der Demonstrationsanlage können Positionen aus einem konfigurierbaren Job File angefahren werden. Das Konzept konnte im angestrebten Umfang mit Erfolg umgesetzt werden.

Ausblick

Die Anlage wird in einem nächsten Schritt bei Altatec als industrietaugliche Produktionsanlage aufgebaut und die Software mit weiteren Funktionen ergänzt.



Diplomand
Schnarwiler Ramon

Dozent
Prof. Erich Styger

Themengebiet
Robotik und Automation

Projektpartner
Altatec Microtechnologies AG



Bidirektionales Laden von Elektroroller im Posteinsatz

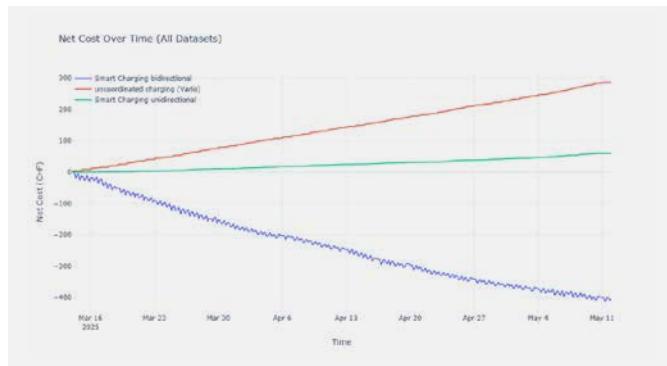


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf Nettokosten 14.03.2025 – 11.05.2025

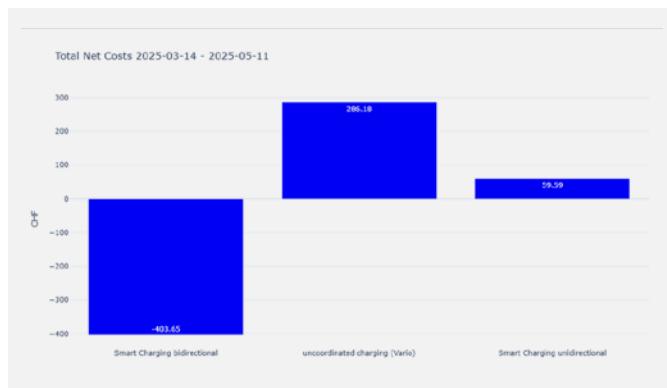


Abb. 2: Nettokosten 14.03.2025 – 11.05.2025

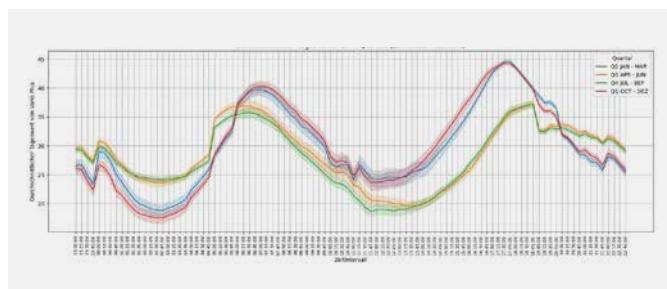


Abb. 3: Groupe-E Vario Tarif, durchschnittlicher Tagesverlauf

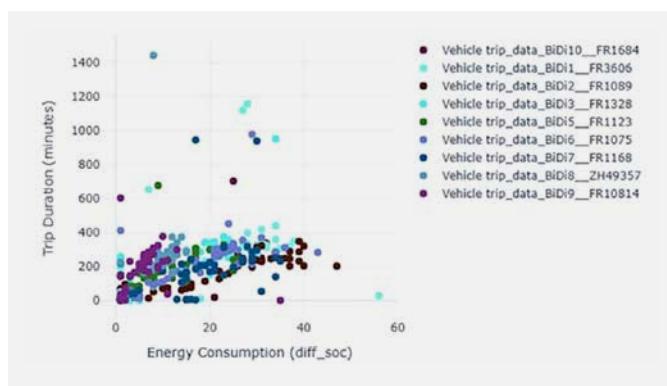


Abb. 4: Scatter Plot der Live-Tripdaten

Problemstellung

Mit dem zunehmenden Einsatz von Elektrofahrzeugen gewinnt das bidirektionale Laden an Bedeutung. Dabei können Fahrzeuge nicht nur Strom aus dem Netz beziehen, sondern diesen bei Bedarf auch zurückspiesen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten zur Netzstabilisierung und besseren Integration erneuerbarer Energien. Die Schweizerische Post testet den Einsatz bidirektionaler Dreiradfahrzeuge in der Zustellung. Ziel ist es, die Einsatzfähigkeit im realen Betrieb zu prüfen. Dabei stellt sich die zentrale Frage, unter welchen Rahmenbedingungen der bidirektionale Betrieb von Fahrzeugflotten nicht nur machbar, sondern auch sinnvoll ist.

Lösungskonzept

Zur Analyse der Wirtschaftlichkeit wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt. Zunächst wurden unterschiedliche Strompreisszenarien erarbeitet. Darauf aufbauend simulierte man verschiedene Ladestrategien: unkoordiniertes Laden, Smart Charging unidirektional und bidirektional. Dazu wurden Echtzeit-Fahrtdaten vom Fahrzeughersteller integriert, um die Realität möglichst genau abzubilden. Die Gesamtkosten wurden für jede Strategie grafisch ausgewertet und verglichen.

Realisierung

Die Analyse erfolgte vollständig in Python. Mit der Optimierungsbibliothek Pyomo konnten Lade- und Entladestrategien unter Berücksichtigung von Fahrzeugverfügbarkeit und Strompreisschwankungen modelliert werden. Die resultierenden Zeitreihen wurden mit Matplotlib, Pandas und Seaborn visualisiert, um Ladeprofile, Strompreise und Kosten übersichtlich darzustellen.

Ergebnisse

Die Simulationen zeigen, dass Smart Charging bidirectional die wirtschaftlichste Strategie ist – insbesondere bei dynamischen Tarifen wie dem Vario-Tarif von Groupe-E oder Peak-/Off-Peak-Modellen. Durch gezieltes (Ent-)Laden lassen sich spürbare Kostenvorteile erzielen. Die Integration realer Fahrtdata erhöht die Praxisnähe und bestätigt Einsparpotenziale, besonders bei Kurzstrecken. Entscheidend für den Erfolg ist die Tarifstruktur: In geeigneten Märkten bietet Smart Charging bidirectional grosses Potenzial.

Ausblick

Zukünftige Arbeiten sollten realistische Rückspeisetarife integrieren und technische sowie wirtschaftliche Anforderungen bidirektionaler Ladegeräte betrachten. Eine Bewertung der Investitions- und Betriebskosten im Vergleich zu möglichen Erlösen ist zentral, um die Amortisationszeit und Wirtschaftlichkeit abzuschätzen.



Diplomand
Sieber Fabrice

Dozent
Dr. Severin Nowak

Themengebiet
Elektrische Energieversorgung,
Datenanalyse, Auswertung

Projektpartner
Kyburz

KYBURZ

Ansteuerung mit User Interface für automatische Formungsmaschine



Abb. 1: Steuereinheit mit Labornetzgerät und Notausschalter



Abb. 2: Entwickelte Leiterplatte zur Steuereinheit



Abb. 3: Ansicht Schnellstart-View

Problemstellung

Die Firma KonMed GmbH entwickelte eine Apparatur zur Bearbeitung von Kunststoffschläuchen für medizinische Geräte. Ziel dieser Arbeit ist die Modernisierung der elektronischen Steuereinheit dieser Apparatur. Die mechanische Vorrichtung umfasst vier Spulen und einem Labornetzgerät, das über serielle Befehle gesteuert wird.

Die neue Steuereinheit soll über ein Display bedienbar sein und drei individuell anpassbare Schlauchprogramme bereitstellen. Zudem soll sie eine Schnellstart-Funktion bieten, mit der die Parameter direkt eingegeben werden können.

Lösungskonzept

Für die Steuereinheit wurde das Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4) gewählt. Eine eigens entwickelte Leiterplatte stellt die notwendigen Schnittstellen bereit, darunter USB-Verbindungen zum Computer und zum Labornetzteil. Eine zusätzliche Schaltung steuert die Spulen an. Zur Sicherheit wurde eine Notaus-Schaltung integriert, die die Stromversorgung der Spulen unterbricht und dies an das CM4 meldet.

Die Applikation wurde mit dem Avalonia-Framework in C# entwickelt und folgt der MVVM-Architektur. Dabei gibt es eine Startseiten-View, in welcher die Programmauswahl stattfindet und eine Programm-View, wo der Bearbeitungsprozess gestartet werden kann. Außerdem kann in einer Schnellstart-View eigene Parameter eingegeben werden und eine Emergency-View erscheint beim Betätigen des Notaus-Schalters.

Ergebnisse

Die entwickelte Steuereinheit ist voll funktionsfähig und erfüllt die zentralen Anforderungen. Erste Tests mit der Apparatur waren erfolgreich und die Kunststoffschläuche wurden zuverlässig bearbeitet.

Ausblick

Die nächsten Schritte umfassen die Fertigstellung der verbleibenden Anforderungen, wie zum Beispiel das Loggen von Schlaudaten und eine zusätzliche Anwendung zur Verwaltung der Schlauchprogramme. Darüber hinaus ist eine umfassende Testphase im Produktionsbetrieb geplant, um die Zuverlässigkeit der Steuereinheit unter realen Bedingungen sicherzustellen.



Diplomand
Stadelmann Larissa

Dozent
Prof. Christian Jost

Themengebiet
Technische Informatik

Projektpartner
KonMed GmbH



Entfernungsgesteuerte Fahrzeugerkennung

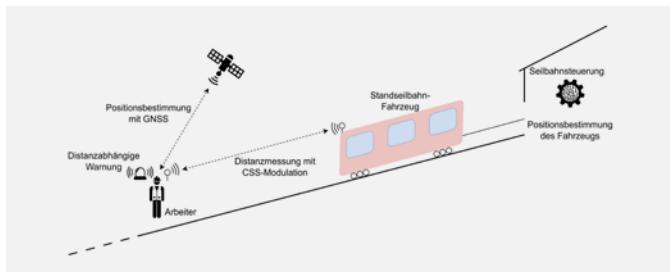


Abb. 1: Konzept der distanzabhängigen Warnung vor dem Standseilbahnfahrzeug



Abb. 2: Feldtests bei der Standseilbahn Kehrsiten-Bürgenstock



Abb. 3: Prototyp mit integriertem CSS-Modul und einem GNSS-Empfänger

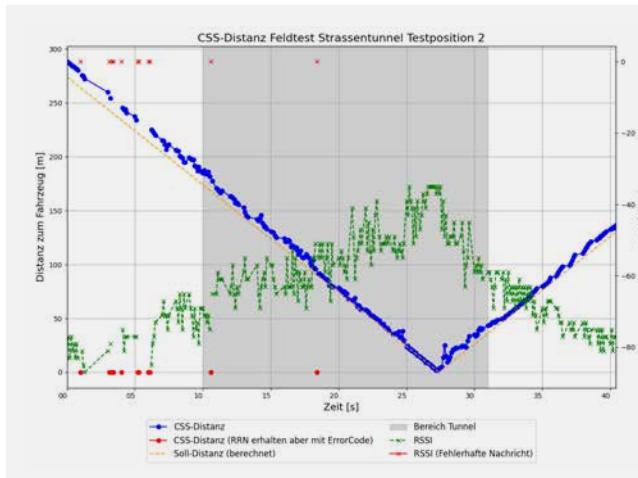


Abb. 4: Auswertung der CSS-Distanzmessung in einem Strassentunnel

Problemstellung

Bei Standseilbahnen müssen oft Wartungsarbeiten, während dem laufenden Betrieb durchgeführt werden. In der Vergangenheit kam es dabei zu schweren Arbeitsunfällen. Arbeiter auf der Strecke wurden vom Fahrzeug erfasst und mitgeschleift.

Zur Verbesserung der Sicherheit bei Unterhaltsarbeiten soll ein System entwickelt werden, dass Mitarbeitende vor herannahenden Standseilbahnfahrzeugen warnt. Dazu soll mithilfe einer Distanzmessung zwischen Mitarbeiter und Fahrzeug eine Alarmierung ausgegeben werden, wenn sich das Fahrzeug in kritischer Nähe befindet.

Lösungskonzept

Das Konzept basiert auf zwei Distanzmessverfahren. Einerseits erfolgt eine direkte Distanzmessung mittels Laufzeitmessung eines Funksignals. Andererseits wird über eine indirekte Distanzermittlung mit GNSS eine weitere Technologie zur Entfernungsbestimmung eingesetzt. Für das laufzeitbasierte Messverfahren wird das Symmetric Double Sided-Two Way Ranging (SDS-TWR) Protokoll vom Hersteller Inpixon eingesetzt. Die dafür genutzte Modulationsart ist Chirp Spread Spectrum (CSS).

Für die indirekte Distanzermittlung per GNSS wird ein GNSS-Empfänger beim Mitarbeiter positioniert. Die Position des Fahrzeugs ist durch die Seilbahnsteuerung schon vorhanden. Die Fahrzeugposition wird in eine GNSS-Koordinate umgewandelt. Mit diesen zwei Koordinaten wird die Entfernung zwischen Mitarbeiter und Fahrzeug berechnet.

Realisierung

Das erarbeitete Konzept kombiniert diese zwei Messverfahren zu einer übergeordneten Logik. Es wurde ein Testaufbau mit zwei identischen Prototypen realisiert. Die Sensordaten werden auf einer Visualisierungsapplikation ausgewertet, verarbeitet und visualisiert. Schlussendlich wurde das Konzept anhand der Prototypen bei Feldtests validiert.

Ergebnisse

Feldtests entlang einer Standseilbahn bestätigten die Funktionsweise des Konzepts. Bei drei Testpositionen mit unterschiedlichen topografischen Verhältnissen konnte das näherkommende Fahrzeug mit beiden Technologien vor 150 Metern Distanz detektiert werden – auch bei fehlendem Sichtkontakt. Die Abweichung zwischen CSS- und GNSS-Distanzmessung lag – bei guter Ausrichtung des CSS-Moduls zum Fahrzeug – jederzeit unter 20 Metern. Versuche in einem Strassentunnel zeigten, dass die CSS-Distanzmessung auch in Tunnels mit der geforderten Reichweite von 150 Meter funktioniert.



Diplomand
Tresch Fabian

Dozent
Dr. Giselher Wichmann

Themengebiet
Embedded System, Signalverarbeitung, Automation

Projektpartner
Sisag AG



Formula Student Electric

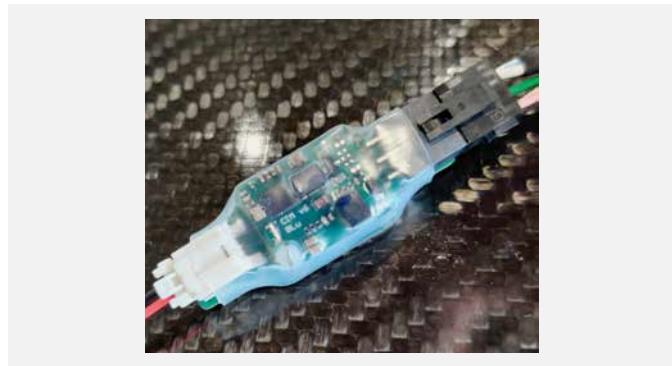


Abb. 1: Buzzer PCB im Auto



Abb. 2: CAD-Rendering Aurona

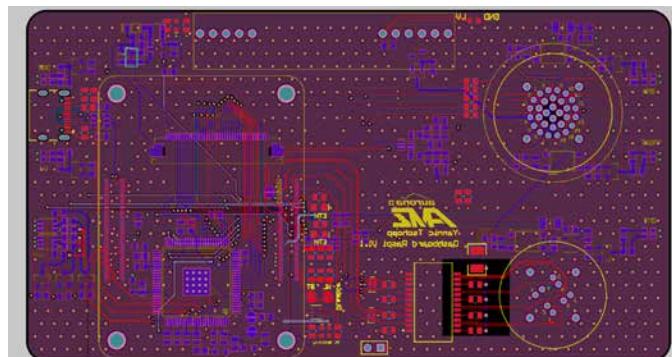


Abb. 3: Dashboard PCB Layout



Abb. 4: Dashboard im Auto

Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 3 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug aurona. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete. Diese Arbeit behandelt die Umsetzung des Konzepts für das Dashboard und dem Buzzer. Das Dashboard wird genutzt, um wichtige Informationen dem Fahrer mitzuteilen. Auch dient es als Debug Schnittstelle für das Auto. Des Weiteren soll über das Dashboard die Parameter am Auto verändert werden können. Der Buzzer ist dafür da, einen Ready to Drive Sound zu erzeugen. Dieser dient der Signalisierung, dass das Auto jetzt losfahren könnte.

Lösungskonzept

Das Regelwerk der Formula Student Germany dient als Grundlage für die Konzept-Entscheidungen und deren Umsetzung. Dies ist vor allem für den Buzzer und die LEDs neben dem Display wichtig. Des Weiteren war es ein Ziel, die Erstellung des GUI für das Dashboards zu vereinfachen.

Realisierung

Um das Dashboard anzusteuern, wurde auf ein Raspberry Pi CM4 gesetzt. Dies ermöglicht es, das GUI mit Hilfe einer webbasierten Lösung zu realisieren. Für das Backend wird das Tool Tauri benutzt. Des Weiteren kann das Frontend komplett in Rive gezeichnet werden, was den Prozess enorm erleichtert. Dabei kommuniziert das Dashboard über UDP mit der Vehicle Control Unit (VCU).

Beim Buzzer wurde ein neues Modul mit dem CAN Interface Modul (CIM) und dem RP2040 eingesetzt. Dieses ist viel kleiner und ermöglicht es, kleine PCBs direkt im Kabelbaum zu verbauen.

Ergebnisse

Die umgesetzten Konzepte funktionieren einwandfrei und sind voll funktionsfähig. Während der Testphase des Fahrzeugs traten aber einige Probleme auf, welche behoben werden konnten.

Ausblick

Die Events des Formula Student Electric finden jeweils in den Monaten Juli und August statt. Dort tritt man mit seinem Rennauto in diversen Disziplinen gegen andere Teams der ganzen Welt an. Dieses Jahr hat sich das Team von AMZ entschieden, an den folgenden Events teilzunehmen: FSCH – Schweiz vom 11. bis 16. Juli, FSA – Österreich vom 20. bis 24. Juli, FSCZ – Tschechien vom 04. bis 09. August und zu guter Letzt FSG – Deutschland (Hockenheimring) vom 18. bis 24. August.



Diplomand
Tschopp Yannic

Dozent
Prof. Dr. Adrian Omlin, Prof. Rolf Mettler,
Prof. Erich Styger

Themengebiet
Signalverarbeitung & Kommunikation
Embedded Systems & Automation
Energiesysteme & Antriebstechnik

Projektpartner
AMZ-Racing



Entwicklung eines Mobilfunk-Moduls für Prozess-Photometer



Abb. 1: Der Kommunikationsmodul-Prototyp mit dem SARA-R520-02B Modul

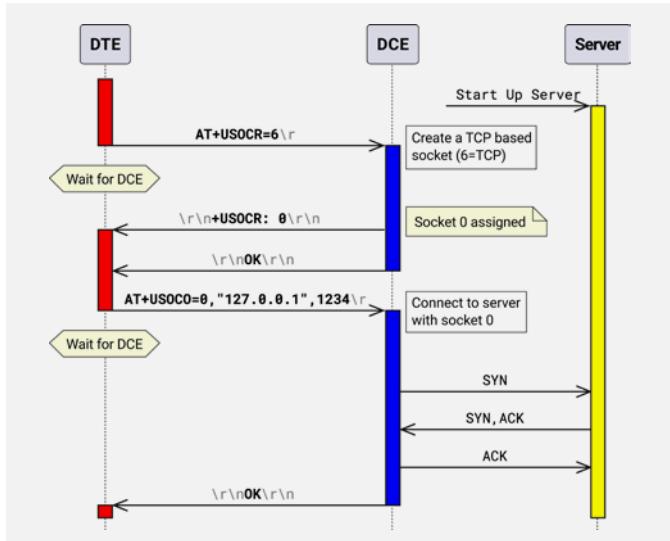


Abb. 2: Sequenz für den Verbindungsaufbau zu einem Server (DTE: Mikrocontroller, DCE: Modul)

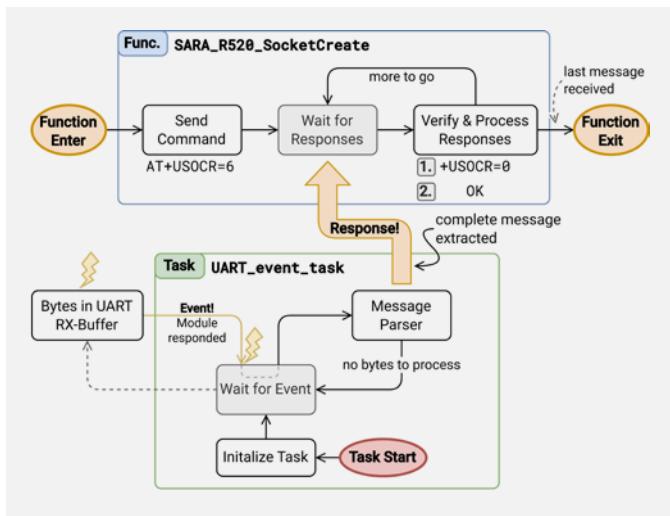


Abb. 3: Flowchart für die Nachrichtenauswertung einer Socket-Kreierung

Problemstellung

Die Firma Sigrist-Photometer AG entwickelt optische Messgeräte, sogenannte Prozess-Photometer, für die Wasseraufbereitung, Lebensmittelindustrie, industriellen Prozessen sowie Verkehr und Umwelt. Die Geräte sind mit Kommunikationsmodulen ausgestattet, die den Kunden ermöglichen, im Nahbereich Geräte-Konfigurationen vorzunehmen und den Status der Photometer auszulesen.

Der Industriepartner möchte nun ein Modul, das die Kommunikation über die Radiofrequenz erlaubt, damit Kunden denselben Datenaustausch über eine grössere Distanz ausführen kann (z.B. für Stationen in abgelegenen Gebieten). Vorgesehen ist eine Auswahl zwischen LongRange-Technologie (LoRa) und dem GSM-Mobilfunknetz (z.B. LTE). Ziel ist die Entwicklung und Evaluation eines Prototyps sowie die Bereitstellung einer Mikrocontroller-Firmware-Bibliothek.

Lösungskonzept

Zu Beginn soll eine Technologie-Recherche gemacht werden, um eine der Funktechnologien auszuwählen. Danach wird ein passendes Modem-Modul ausgewählt, welches geprüft wird anhand eines Datenaustauschs mit einem Kommunikationsserver. Schlussendlich wird das Modul auf eine Leiterplatte integriert und eine Firmware-Bibliothek dazu entwickelt.

Realisierung

Die GSM-basierte Technologie (LTE-M, NB-IoT) wurde nach der Recherche ausgewählt, da zwar diese im lizenzierten Funkspektrum tätig ist und eine SIM-Karte benötigt, dafür über lockere Bedingungen bezüglich Datenmenge und -rate besitzen im Vergleich zu LoRa. Ein passendes Modem-Modul wurde ausgewählt und getestet. Zum Testen wurde ein TCP-Server auf dem HSLU-Netzwerk aufgesetzt, damit das Modul eine Verbindung aufbauen kann, um den Datenaustausch zu prüfen. Folglich wurde dann der Prototyp von Abb. 1 entwickelt, die Firmware dazu geschrieben und dokumentiert.

Ergebnisse

Das Endprodukt ist ein funktionsfähiges Prototyp-Modul. Die Firmware ermöglicht den kompletten Prozess von Modul-Initialisierung bis hin zum Datenaustausch mit einem TCP-Server. Nachrichten vom Modem-Modul können durch den Einsatz eines Parsers beim Hauptcontroller zuverlässig verarbeitet werden. Abb. 2 zeigt einen Kommunikationsverlauf zwischen Modem und Mikrocontroller und Abb. 3, wie im Mikrocontroller Nachrichten ausgewertet werden.



Diplomand
von Rotz Joel

Dozent
Prof. Christian Jost

Themengebiet
Technische Informatik (Embedded Systems)

Projektpartner
Sigrist-Photometer AG



Mobile Roboterplattform



Abb. 1: Mobile Roboterplattform mit Demonstrationsaufgaben

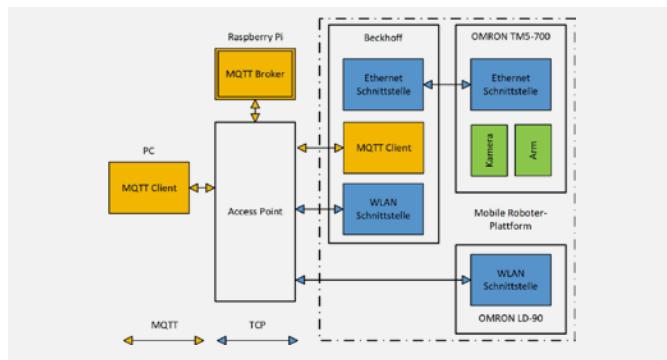


Abb. 2: Kommunikationsschnittstellen der Roboterplattform



Abb. 3: Klassendiagramm des TwinCat-Programms

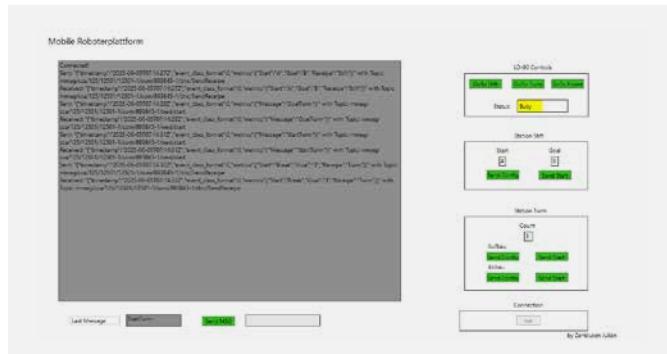


Abb. 4: GUI für die Bedienung

Problemstellung

Es soll mit einer bestehenden mobilen Roboterplattform eine Demonstration erfolgen, bei der die Plattform zentral über eine verbaute Steuerung gesteuert wird. Die mobile Roboterplattform besteht aus einem Omron TM5-Gelenkkarm und einem industriellen mobilen Roboter Omron LD-90. Dabei ist die Kommunikation der eingesetzten Geräte ein zentraler Bestandteil. Es sollen die funktionierenden Ansätze auf der Steuerung implementiert werden und für die bisher nicht programmierte Kommunikation eine Lösung gefunden werden.

Lösungskonzept

Das Ziel ist es, die Situation bei maxon motor ag zu simulieren und eine Lösung zu erarbeiten, welche sich hier einbringen lässt. Um zu zeigen, dass das Konzept für mehrere Arbeitsstationen funktioniert, werden zwei Stationen mit unterschiedlichen Aufgaben definiert und zur Demonstration aufgebaut. Für die Kommunikation zwischen der SPS und den Robotern wird TCP/IP eingesetzt und um die Anweisungen zur SPS zu schicken, wurde MQTT vorausgesetzt.

Realisierung

Bevor die Programmierung umgesetzt werden konnte, mussten die einzelnen Geräte in Betrieb genommen werden. Dazu gehörte vor allem die Softwareinstallation und der Verbindungsauaufbau. Anschliessend wurde auf der SPS ein TwinCat Programm erstellt. Dieses nimmt Befehle des GUI über MQTT entgegen und führt danach die gewünschten Abläufe aus. Diese Abläufe beinhalten sowohl die Ansteuerung der beiden Roboter, wie auch die Rückmeldung, was gemacht wurde und wie der aktuelle Status ist.

Ergebnisse

Das Konzept, welches für die Umsetzung der Arbeit ausgearbeitet wurde, hat funktioniert und die mobile Roboterplattform hat die gewünschten Aufgaben erfüllt. Die Kommunikation über MQTT und die Programmierung der Abläufe konnte zuverlässig umgesetzt werden. Es gab aber auch Teile der Umsetzung, welche noch einmal von einer anderen Perspektive angeschaut werden müssen und nicht optimal für einen industriellen Einsatz sind.

Die Präzision, welche die mobile Roboterplattform bei der Arbeitsstation bietet, reicht für viele Anwendungen, kann aber für den Einsatz im industriellen Gebrauch zu ungenau sein.



Diplomand
Zenklusen Julian

Dozent
Prof. Dr. Thierry Prud'homme

Themengebiet
Mechatronik/Automation/Robotik

Projektpartner
maxon motor ag

maxon

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Technikumstrasse 21
6048 Horw

T +41 41 349 33 11
technik-architektur@hslu.ch
hslu.ch/technik-architektur



Mehr Informationen zum
Bachelor Elektrotechnik und
Informationstechnologie