

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur
FH Zentralschweiz



Bachelor-Thesis 2020

Bachelor of Science in Elektrotechnik
und Informationstechnologie

Vorwort des Studiengangleiters

Sehr geehrte Damen und Herren

Elektroingenieurinnen und Elektroingenieure entwickeln Geräte und Systeme welche überall in unserem Alltag genutzt werden: Smartphones, Computer, Roboter, Solaranlagen, Internet-Router, Internet of Things, Medizin-Elektronik, Sensoren und Steuerungen mit Künstlicher Intelligenz u.v.m.

Die Diplomandinnen und Diplomanden bearbeiten in ihren Abschlussarbeiten ebenfalls konkrete Aufgabenstellungen, welche von Industriepartnern oder von Forschungsgruppen eingereicht wurden. Die Absolventinnen und Absolventen zeigen damit, dass sie berufsbefähigt sind, d.h. dass sie in der Lage sind, Aufgaben aus der realen Berufswelt selbständig zu bearbeiten und zu lösen.

Die Massnahmen gegen die Corona-Pandemie führten im Diplomsemester zu einschneidenden Einschränkungen im Unterricht wie auch im Bearbeiten der Diplomprojekte. Allen Widrigkeiten zum Trotz haben alle Diplomanden ihre Projekte erfolgreich durchgeführt und abgeschlossen.

Es ist mir deshalb eine umso grössere Freude, Ihnen in dieser Broschüre die Bachelor Thesis des Jahres 2020 aus dem Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnologie präsentieren zu dürfen.

Den Diplomandinnen und Diplomanden wünsche ich im Namen aller Dozierenden für ihre berufliche und private Zukunft viel Erfolg und alles Gute.

Horw, im Juli 2020



Prof. Dr. Urs Röthlisberger
Studiengangleiter
Elektrotechnik und Informationstechnologie

Inhaltsverzeichnis

Aregger Sabrina	Feld Service Billettautomat App – FSB App	6
Adam Leroy	Back-biased Magnetfeldsensor	7
Allenspach Peter	Adaptive Pflanzenbeleuchtung	8
Annen Thomas	Druckerzeugungssystem für medizinisches Analysegerät	9
Arians Thorsten	Formula Student Electric	10
Bächler Philipp	Antrieb für einen Zahnarztstuhl	11
Buschhüter Sven	Integration Motor-Controller für 3D-Messgerät	12
Carlen Joël	3D industrielle Objektdetektion mit Embedded System	13
Doppmann Martin	Energiemessungen beim Duschen mit Wärmerückgewinnung	14
Durrer Cyrill	Embedded Object Detection with Convolutional Neural Networks	15
Fischer Andy	Controller mit Leistungselektronik für Klimaanlage	16
Frei Cyprian	Messen von Veränderungen bei chronischer Erkrankung	17
Freimann Jason	Formula Student Electric	18
Greter Henry	Optimierung von Regler-Parameter für Synchronmaschine	19
Henseler Matthias	Head & Gaze Tracker für E-Bikes	20
Imfeld Patrik	FOC-Design für EC-Motoren	21
Imlig Kilian	Controlling an IoT device with Qt for WebAssembly	22
Jerschok Maxim	Sensorsignalübertragung über eine Druckbarriere	23
Jossen Dominic	Elektroakustischer Sensor für EKG	24
Jost Florian	Formula Student Electric	25
Julen Severin	Formula Student Electric	26
Kathriner Simon	Messelektronik für konduktiven Füllstandsensoren	27
Koch Manuel	Bildverarbeitung für den Virtual Walk	28
Lanz Andreas	Low-Power Datenlogger	29
Loretan Raphael	Getreidereinigung im Luftkanal	30
Mailänder Tobias	Datenübertragung mit Rückkanal in Software-Defined Radio	31
Mettler Andrea	Objekt Lokalisierung und Rekonstruktion in Holographie Bildern	32
Niederberger Michael	Prädiktive Instandhaltung für Bahnübergänge	33
Ouwehand Daniel	iOS – App für Blinden-Navigation	34
Rast Louis	PFC und Oberwellenfilter für Einphasenumrichter	35
Rubeli Nico	Secure Boot of a ZYNQ-7000 ZC702 SoC	36
Spahic Darko	Mechatronik, Automation, Robotik	37
Stalder Luca	Automatisierte Gangschaltung für e-Bike Prüfstand	38
Stössel Marco	Roboterplattform für Aussenbereich	39
Studer Jan	Funkfernsteuerungsempfänger	40
Theiler Pirmin	Beleuchtungsstärkemessung mit Drohne auf Fussballplätzen	41

Walker Dominik	Fehlerhandling bei Mittelspannungsanlagen	42
Walther Patrick	$\Sigma\Delta$ Modulator & Klasse D Verstärker & Filter	43
Zraggen Sandro	Effizienter AC/DC-Konverter	44
Ziegler Manuel	Türsensor	45
Zimmermann Arno	RFID Geofencing	46
Zwahlen Theo	Regelung für autonomes Roboterfahrzeug	47



Feld Service Billettautomat App – FSB App



Abb. 1 Billettautomat der Verkehrsbetriebe Luzern AG

Problemstellung

Die Abteilung S-POS der Verkehrsbetriebe Luzern AG ist für die Service- und Wartungsarbeiten an den Verkaufsgeräten (siehe Abbildung 1) zuständig. Damit die Arbeiten effizient und zielgerichtet durchgeführt werden können und allfällige Probleme und Störungen einfach und klar rapportiert werden, wünscht sich der Industriepartner eine Applikation zur Vorgangserfassung. Diese soll auf den mobilen elektronischen Geräten der Techniker, insbesondere Notebook, jederzeit und überall verfügbar sein. Die Applikation soll bedürfnisgerecht sein und alle notwendigen Daten erfassen. Die Daten sollen über mehrere Geräte synchron sein und die rapportierten Vorgänge können nach Bedarf ausgewertet werden.

Lösungskonzept

Mithilfe einer Datenanalyse wurden die Anforderungen und Wünsche der Servicetechniker erfasst und ausgewertet. Aus diesen Daten wurde ein Datenbankmodell entwickelt. Das Programm wurde als Webapplikation erstellt. Die ganze Lösung wurde in einer Drei-Schichten-Architektur (siehe Abbildung 2) aufgebaut. Die Datenschicht enthält die Datenbank, die Logikschicht die Applikation und die Darstellungsschicht die Benutzeroberfläche. Diese wurde auf die Bedürfnisse der Servicetechniker angepasst. Die Applikation läuft sowohl auf einem Windows-Computer wie auch auf einem Smartphone.

Realisierung

Um die Zielsetzung zu erreichen, wurde zuerst ein Pflichtenheft erstellt. Gemeinsam mit den Endnutzern wurden Use-Cases und Aktivitätendiagramme angefertigt. Dies diente zur Erstellung der Datenbank. Die Anfragen an die Datenbank konnten mit den Use-Cases definiert werden. Die Applikation wurde in ein Frontend und in ein Backend Bereich aufgeteilt, damit die Daten untereinander synchronisiert werden können. Die Aufteilung Frontend/Backend war ebenfalls hilfreich für die Entwicklung der Software, womit die einzelnen Bereiche getrennt bearbeitet werden konnten. Über die definierten http-Requests erfolgt die Kommunikation zwischen Client und Server. In der Umsetzungsphase wurde eine Entwicklungsumgebung geschaffen, in welcher die Applikation unabhängig entwickelt und getestet werden konnte. Mithilfe der Tests wurde die Applikation verbessert und erweitert. Die finale Applikation wurde auf den Server der vbl AG installiert.

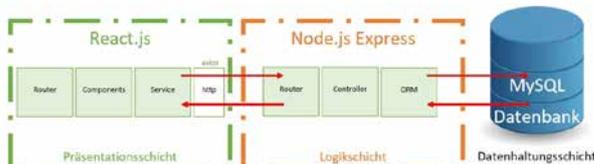


Abb. 2 Drei-Schichten Softwarearchitektur der Applikation



Abb. 3 Auswertungsansicht der Feld Service Billettautomaten Applikation

Ergebnisse

Die definierten Ziele dieses Projektes wurden erreicht. Die Service- und Wartungsarbeiten mit der Applikation können erfasst und ausgewertet werden. Die Webapplikation bleibt synchron zwischen mehreren Geräten und kann gleichzeitig von mehreren Servicetechnikern genutzt werden. Die Daten können als csv-Datei heruntergeladen werden und weiterverarbeitet werden.



Back-biased Magnetfeldsensor

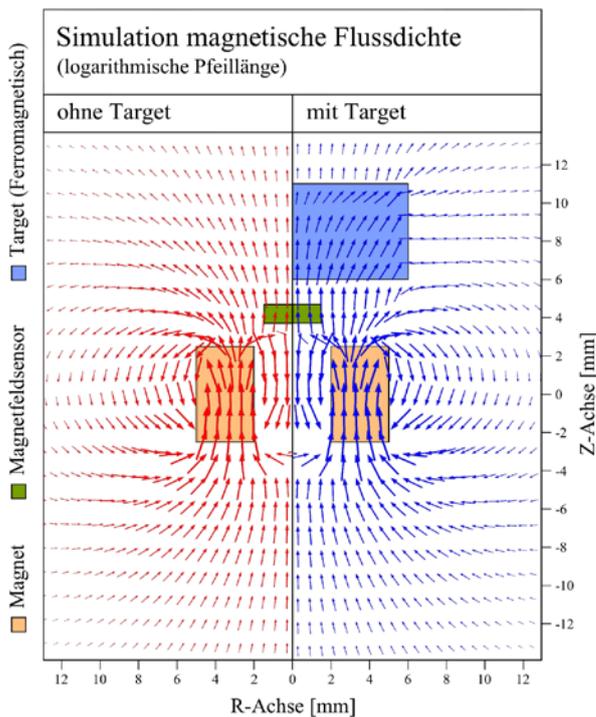


Abb. 1 Back-biased Magnetfeldmessprinzip: Magnetfeldveränderung bei ferromagnetischer Targetannäherung

Problemstellung

Als etablierter Automatisierungsspezialist bietet Balluff AG bereits ein umfassendes Portfolio an Sensorkomponenten für Industrieanlagen an. Um die Produktpalette zu erweitern, soll im Rahmen dieser Projektarbeit ein Sensorelement zur stirnseitigen ferromagnetischen Distanzauflösung auf Basis des Back-biased Magnetfeldmessprinzips entwickelt werden (Abb. 1). Dabei soll untersucht werden, welche technischen Herausforderungen zu überwinden sind, wie auch welche begrenzenden Eigenschaften das Messverfahren aufweist. Seitens Industriepartner werden durch einen konkreten Anwendungsfall die Maximalabmessungen auf 10mm begrenzt.

Lösungskonzept

In Kombination mit der vorgängig definierten Dauermagnetform wurde ein differentielles Messprinzip eruiert und realisiert. Dabei umfasst das Lösungskonzept das erstellte Funktionsmuster eines Sensorelements, sowie eine für die Validierung verwendete Messstrecke.

Realisierung

Für die Entwicklung wird anfänglich eine FEM-Simulation zur Parametrisierung durchgeführt. Anschliessend folgte eine darauf basierte Konzipierung mit entsprechender Sensorevaluation. Ein erstelltes mechanisches Konzept berücksichtigt die Maximalabmessungen. Ebenso wurde in einem elektrischen Konzept die benötigten Komponenten ausgemacht und konzipiert (Abb. 2). Anhand der anschliessenden Implementierung und Realisierung des Funktionsmusters wurden Messungen am realen System zur Verifizierung der erhaltenen Simulationsresultate durchgeführt (Abb. 3). Diese wurden analysiert, um eine Charakterisierung zu ermöglichen. Aufgrund des Projekthintergrund konnten konzeptionelle Optimierungs- und Erweiterungsmöglichkeiten erfasst werden.

Ergebnisse

Unter Einhaltung der gegebenen Projektanforderungen wurde anhand stochastischer Messdatenauswertung eine Distanz von 23,8mm nachgewiesen, an der eine eindeutige Auflösung einer gemessenen magnetischen Flussdichte in eine Deltatargetdistanz möglich ist. Es ist der Zusammenhang zwischen Genauigkeit und Targetdistanz erkennbar, wobei die Genauigkeit der Positionsauflösung mit zunehmender Deltatargetdistanz abnimmt. Dem kann durch eine Messwertmittelung entgegengewirkt werden, was wiederum die Messdauer erhöht. Die drei Parameter der Messgeschwindigkeit, der Genauigkeit und der messbaren Deltatargetdistanz stehen in einer Dreiecksbeziehung zueinander, wobei jeweils zwei Parameter bei einer Einbusse des dritten verbessert werden können. So kann eine relative Targetpositionsauflösung mit einer Aktualisierungsrate von 10Hz über den Grossteil des Messbereichs (0-15mm) mit einer Toleranz von weniger als $\pm 0.33\%$ zur Deltatargetdistanz erreicht werden.

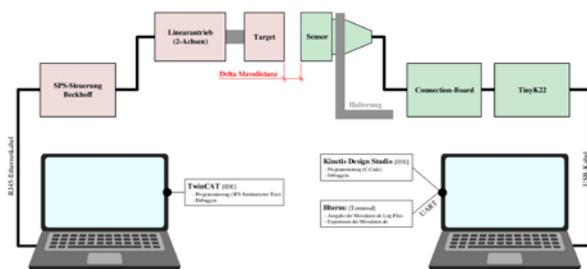


Abb. 2 Konzeptionelle Ansicht der verwendeten Messstrecke

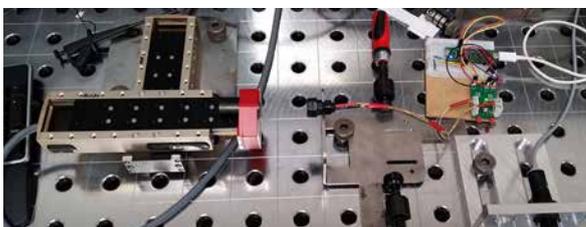


Abb. 3 Aufnahme der umgesetzten Messstrecke inklusive Funktionsmuster



Adaptive Pflanzenbeleuchtung

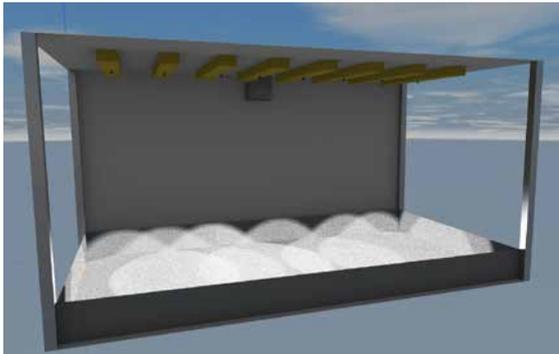


Abb. 1 Konzeptdarstellung einer Kammer mit Steuerbox und LED-Boards



Abb. 2 3D-Render des erstellten Prototypenboards

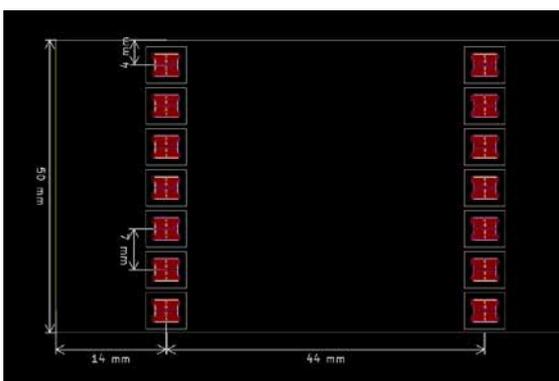


Abb. 3 Masse der LED-Boards (Gesamtlänge 60cm)

Problemstellung

Um eine Forschung in den Bereich, inwiefern verschiedene Lichtspektren das Wachstum von Pflanzen beeinflussen können, zu ermöglichen, muss eine Lampe entwickelt werden, die in einer Klimakammer in der ZHAW eingebaut werden kann. Diese Lampe soll sieben diskrete LED-Farbtemperaturen verbaut haben, die stufenlos steuerbar sind, um eine genaue Einstellung der Farbtemperatur durch Kombination verschiedener LED-Typen zu ermöglichen. Diese Lampe muss ausserdem als System mit einer externen SPS kommunizieren können.

Lösungskonzept

Für die Sicherstellung der Kommunikation wurde sich für das RS232-Protokoll mit einem eigenen Protokoll entschieden; die Kommunikation innerhalb des Systems der einzelnen Lampen in der Klimakammer erfolgt über ein Ringnetzwerk. Die einzelnen Lampen in einem Abteil der Klimakammer bestehen je aus einem Steuerboard, auf dem die gesamte Steuer- und Kommunikationselektronik verbaut ist – dieses befindet sich in einem belüfteten Kasten am Rand des Abteils – und acht LED-Boards, welche auf Alu-PCBs verbaut sind, die die Beleuchtung sicherstellen. Um den Strom zu steuern, wurde sich aufgrund der frei auswählbaren Spannung für ein lineares Element entschieden – dies sorgt dafür, dass eine sehr hohe Effizienz der Speisung möglich ist. Auch wurde ein Konzept erarbeitet, die Beleuchtung mit Erweiterungsboards ausstatten zu können, um auch eine Beleuchtung mit anderen LED-Typen (z.B. UV, IR) zu ermöglichen.

Realisierung

Um die Lösung konzeptualisieren zu können, wurde ein Prototypenboard mit verschiedenen möglichen Stromquellen entwickelt, womit die Leistungsfähigkeit dieser eruiert und die Software des verwendeten ESP32-Mikrokontrollers getestet werden kann.

Ergebnisse

Bis zum Ende der Bachelorarbeit wurde mit dem Prototyp gearbeitet. Das Konzept zur Lösung steht, die Software befindet sich noch im Teststadium. Die Speisung bis zu den LEDs konnte ab Netz mit über 90 % Effizienz (Testresultate mit Prototyp) optimiert werden, dies ist ein überaus erfreuliches Resultat

Ausblick

Es wird weiterhin an dem Projekt weitergearbeitet. Da sich die Planung der Klimakammer zeitlich verschoben hat, ist noch nicht klar, wie genau die einzelnen Regale aussehen werden, deswegen ist eine vollständige Endimplementation zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich, eine erfolgreiche Fertigstellung wird jedoch problemlos möglich sein.



Druckerzeugungssystem für medizinisches Analysegerät



Abb. 1 Nachbildung des Fluidsystems des Analysegeräts an einem Testaufbau

Problemstellung

Die Firma Roche Diagnostics International AG entwickelt und produziert in-vitro Analysegeräte. Zur Vermeidung von Patientenproben- und Reagenzverschleppungen werden gewisse Komponenten als Wegwerfteile konzipiert, während andere Komponenten gewaschen werden. Für das Waschen wird momentan mit rein mechanischen Komponenten zentral im Gerät ein hydraulischer Druck erzeugt. Ziel der Bachelorarbeit ist es, aufzuzeigen, dass anstelle einer mechanischen Druckerzeugung eine aktive Druckregelung machbar ist und dies entscheidende Vorteile bezüglich Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit, Flexibilität, Kosten und Diagnose des Fluidsystems mit sich bringt.

Lösungskonzept

Mit einem Sensor wird der Druck im Fluidsystem erfasst. Die Stellgröße der Pumpe soll neu basierend auf dem Messwert dynamisch angepasst werden.

Realisierung

Das gesamte Fluidsystem des Analysegeräts wird an einem Testaufbau nachgebildet. In einem ersten Schritt wird die Regelstrecke des Systems charakterisiert. Basierend auf Erkenntnissen der Charakterisierung wird eine alternative Pumpe evaluiert, welche besser für das neue Konzept und die konkrete Anwendung geeignet ist als die bestehende Pumpe. Anschliessend wird auf einem Mikrocontrollersystem in C ein PID-Regler mit diversen Sicherheitsfunktionen implementiert, welcher die Druckregelung und Überwachung übernimmt. Mit einer eigens erstellten C#-Software können über den CAN-Bus Kommandos an den Mikrocontroller gesendet werden, um mit dem Regler zu interagieren. Zu Analysezwecken wird in der Firmware ein Tool zur Signalaufzeichnung mehrerer interner Variablen des Reglers implementiert. Diese können anschliessend über den CAN-Bus hochgeladen und direkt in der graphischen Oberfläche der Software angezeigt werden.

In einer ausführlichen Testkampagne werden beide Pumpen getestet und mit der Performance der bestehenden Serienlösung verglichen. Abschliessend wird ein Konzept für die Umsetzung der Regelung in der Serie erstellt.

Ergebnisse

Die Resultate des Projektes beweisen, dass eine aktive Druckregelung realisierbar ist. Die Firmwarefunktion zur Signalaufzeichnung bietet zudem nachweislich die Möglichkeit, bestimmte Störungen im Fluidsystem zu erkennen. Zusammenfassend ist das neue Konzept flexibler, robuster, ruhiger und erschwinglicher als die bestehende Lösung.

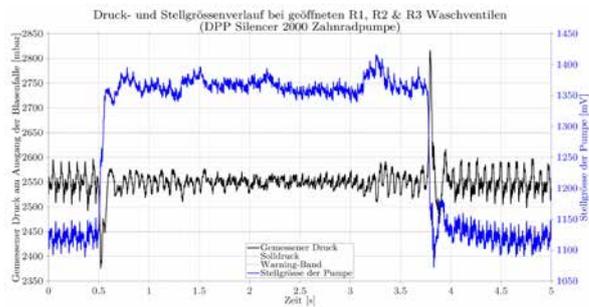


Abb. 2 Druck- und Stellgrößenverlauf während dem Waschvorgang dreier Pipettennadeln (Start bei $t = 0.5$ s, Dauer = 3.25 s)

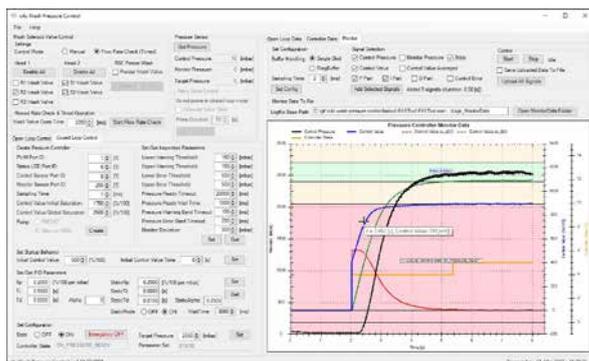


Abb. 3 C#-Software zur Interaktion mit der Firmware und dem Testaufbau



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Arians Thorsten

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

Energie- & Antriebssysteme

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric



Abb. 1 Rendering des geplanten Fahrzeugs

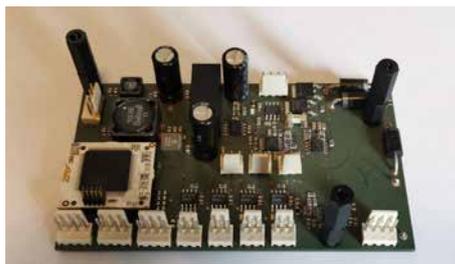


Abb. 2 Bestücktes FDE-PCB, auf dem viele Sensoren des Fahrwerks zusammen kommen.

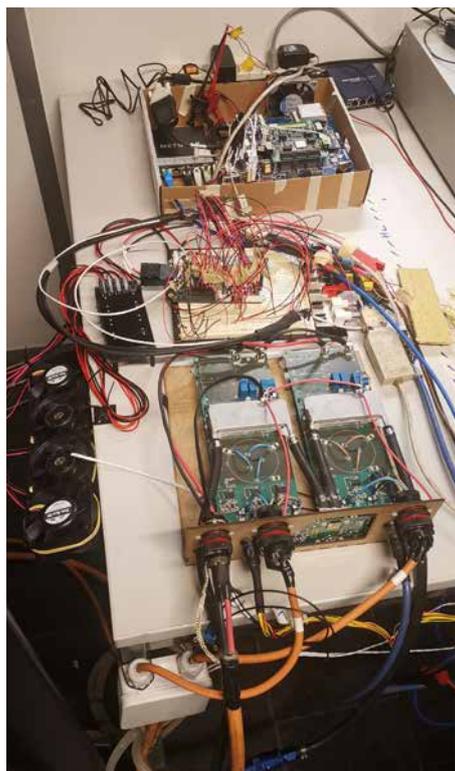


Abb. 3 Low Voltage Supply im Out-of-Car Test mit Inverter, Vehicle Control Unit und Fan-Supply

Problemstellung

Jedes Jahr findet ein Internationaler Wettbewerb statt, in welchem Ingenieurstudenten aus verschiedenen Fachrichtungen einen Rennwagen entwickeln. Der AMZ ist seit Jahren erfolgreich mit dabei und entwickelt auch dieses Jahr wieder ein neues Fahrzeug. Diese Arbeit beschäftigt sich mit Teilen des Low Voltage Systems und der Verarbeitung von Sensoren und Aktoren.

Lösungskonzept

Es sind mehrere Leiterplatten (PCBs) entwickelt worden, an denen die Verarbeitung der Sensoren umgesetzt werden soll und es wurden verschiedene Sensoren und Aktoren ausgewählt und am Fahrzeug integriert. Zusätzlich wurden diese Leiterplatten über das Mini-Can-Modul an die CAN-Leitungen des Fahrzeugs angeschlossen. Ebenso wurde die Low-Voltage Versorgung und deren Absicherung umgesetzt.

Realisierung

Für die Realisierung wurden die PCBs von einem Partner gefertigt und sind dann an der Hochschule Luzern bestückt worden. In Zusammenarbeit mit den anderen Teammitgliedern ist der Kabelbaum gefertigt worden und die verschiedenen Bereiche der Arbeit sind im Fahrzeug eingebaut worden.

Ergebnisse

Zur Zeit der Abgabe befindet sich das Fahrzeug gerade in den letzten Schritten der Fertigung. Viele Systeme wurden erfolgreich getestet und sind verbaut worden und das Fahrzeug steht kurz davor, zum ersten Mal zu fahren.

Ausblick

In den kommenden Wochen werden noch viele Tests am Fahrzeug durchgeführt, um zur performanten Fahrt zu gelangen und diese zu optimieren. Im nächsten Jahr wird ein weiteres Team das Fahrzeug optimieren, um hoffentlich im Sommer 2021 am Wettbewerb teilnehmen zu können.



Antrieb für einen Zahnarztstuhl

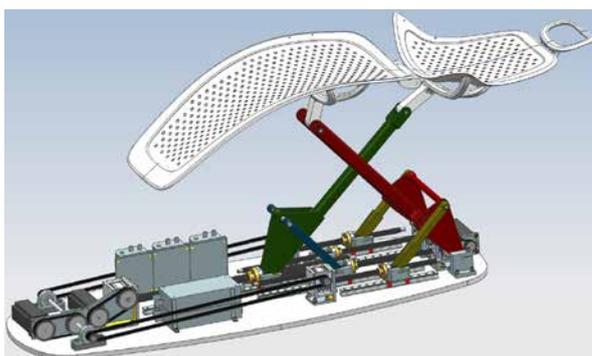


Abb. 1 CAD-Zeichnung des Stuhls mit Antrieb

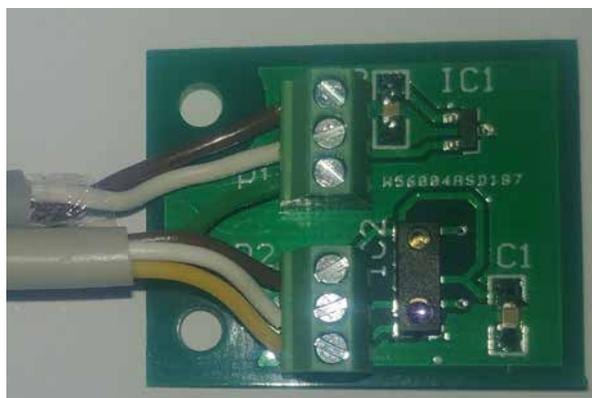


Abb. 2 Leiterplatte mit optischem und Hallensensor

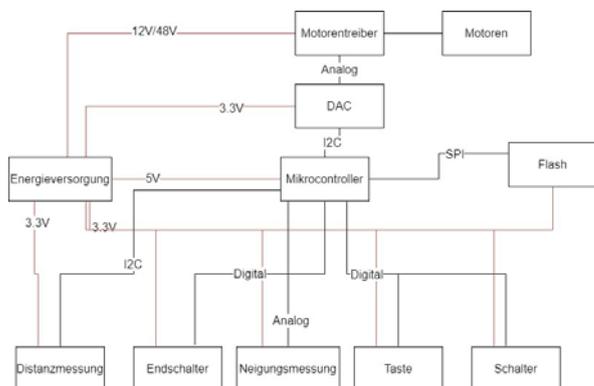


Abb. 3 Blockschaltbild des Antriebs

Problemstellung

Die Firma CURADEN stellt verschiedene Produkte im Bereich Dentalhygiene her. Es soll zu einer bestehenden Liegefläche eines Zahnarztstuhls der Antrieb ergänzt werden. Der grobe Aufbau der Mechanik dazu ist vorgegeben und wird von einem Studenten der Maschinentechnik entwickelt.

Der Industriepartner möchte die Höhe, wie auch der Winkel der Rückenlehne und der Sitzfläche einstellbar haben. Es soll eine Überbelastung festgestellt werden und in einem auslesbaren Speicher abgelegt werden. Es soll zur Demonstration ein Modell im Massstab 1:4 anstatt dem Original gebaut werden. Das Projekt dient als Vorbereitung für eine Industrialisierung von ca. 1000 – 2000 Stück pro Jahr.

Lösungskonzept

Die Mechanik wird mit drei bürstenlosen Gleichstrommotoren bewegt. Die roten Stangen sind fest, während gelb, grün und blau verschoben werden können (siehe Abb. 1). Die Steuerung übernimmt ein Mikrocontroller. Die Höhe des Stuhls, wie auch die Position der Spindeln wird optisch gemessen. Als Endschalter werden Hallensensoren eingesetzt. Die Belastung wird mit einem Dehnungsmessstreifen gemessen und als Logdaten in einem Flash abgelegt. Der Zeitstempel kommt vom Mikrocontroller internen Real Time Clock. Die Software läuft mit dem Betriebssystem FreeRTOS.

Realisierung

Es wird eine Leiterplatten hergestellt, wo die Sensoren und die Motorentreiber an den Mikrocontroller angeschlossen sind. Für die Distanzmessung und die Endschalter wird eine gemeinsame Leiterplatte benötigt (siehe Abb. 2).

Die Motorenansteuerung läuft als Task in einer Schleife. Sobald eine Positionsänderung vorliegt, wird die Regelung gestartet und die Motoren werden entsprechend angesteuert. Fehlermeldungen von allen Modulen werden in einer Queue abgelegt. Die Logfunktion nimmt die Meldungen raus und legt sie in ein Logfile im Flash ab. Über die Konsole kann das Log ausgelesen werden.

Ergebnisse

Durch Lieferschwierigkeiten der Motoren und der Mechanik konnte kein Modell erstellt werden. Somit konnten auch keine Systemtests durchgeführt werden. Durch Zeitmangel konnten der Treiber für I2C und SPI nicht korrekt zum Laufen gebracht werden. Für die Industrialisierung summieren sich die einzelnen Komponenten einen Preis von knapp 3100 CHF pro Stück bei einer Stückzahl von 1000. Dabei fallen die Motoren, Motorentreiber und Netzteile am meisten ins Gewicht. Die Mechanik kostet ca. 6800 CHF.



Integration Motor-Controller für 3D-Messgerät



Abb. 1 Heliotis Messsystem heliInspect H8

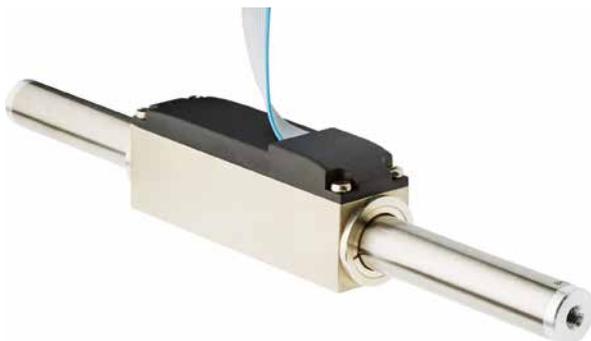


Abb. 2 Linearmotor im H8 (<https://www.faulhaber.com/de/produkte/serie/lm-207011/>)

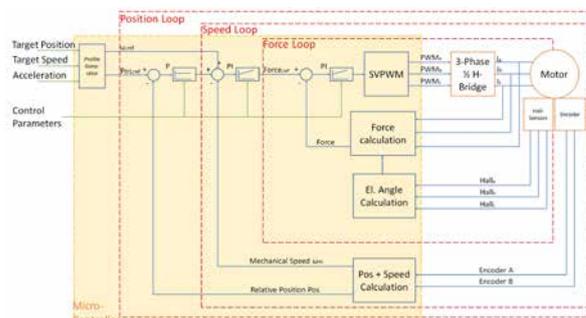


Abb. 3 Dreistufiger Regelkreis welcher auf dem Microcontroller implementiert wurde

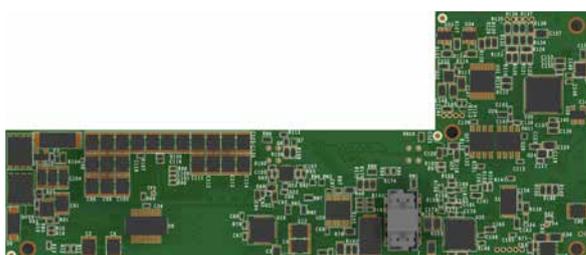


Abb. 4 Entwickeltes PCB mit Microcontroller und Motorenendstufe

Problemstellung

Die Ansteuerelektronik für eine Linearachse in den Heliotis Messsystemen wird zurzeit vom Motorenhersteller bezogen. Diese hat jedoch einige Limitationen für die Anwendung, weshalb in einer vorherigen Arbeit (Industrieprojekt „Motor Regelung für 3D-Messgerät“, 2018) dafür bereits in einem Versuchsaufbau eine eigene „Motion Control-Elektronik“ mit Developmentboard und selbst gebauter Treiberelektronik getestet sowie die Regelung auf einem Microcontroller implementiert wurde. Es sollte nun ein HW-Prototyp sowie SW realisiert werden, die sich sauber in das Heliotis Ecosystem integriert liessen.

Lösungskonzept

Der verwendete ARM Cortex M4 basierte Mikrocontroller steuert über eine Treiberstufe einen dreiphasigen Linearmotor an. Als Feedback für die dreistufige Regelung werden die Ströme der Motorphasen sowie die relative Position des Motors gemessen. Die Strommessung wurde bisher mit Hallensensoren durchgeführt und wurde durch ein resistives Messsystem ersetzt um die magnetische Empfindlichkeit zu reduzieren. Die Positionsmessung erfolgt über einen optischen Encoder mit einer Auflösung von 250nm, welche mit einem Interpolator auf 12.5nm erhöht wird.

Realisierung

Der Microcontroller sowie Treiberelektronik und Feedbackschaltung wurden auf einer bestehenden Leiterplatte integriert. Bereits vorhandene Schnittstellen konnten übernommen und gegebenenfalls angepasst werden. In der Software wurde für die Regelung des Motors eine State Machine implementiert. Die Ansteuerung des Mikrocontrollers erfolgt über eine UART Schnittstelle, über welche Parameter wie die Fahrtgeschwindigkeit übergeben werden oder der Motor zu einer gegebenen Position fahren gelassen wird.

Ergebnisse

Die Leiterplatte, welche für dieses Projekt entwickelt wurde, konnte den Anforderungen entsprechend gefertigt und in Betrieb genommen werden. Auch die Software ist auf einem Stand bei dem alle Pflichtenforderungen erfüllt wurden. So können über die UART Schnittstelle Geschwindigkeit und Zielposition für den Motor übertragen werden und der Motor fährt mit konstanter Geschwindigkeit an die gewünschte Position. Die Regelung des Motors muss in Zukunft noch genauer charakterisiert und weiter verbessert werden um eine Geschwindigkeitsabweichung von maximal 1% über eine Fahrtlänge von einigen mm zu erreichen. Momentan wird eine Abweichung von +/- 2% gemessen.



3D industrielle Objektdetektion mit Embedded System

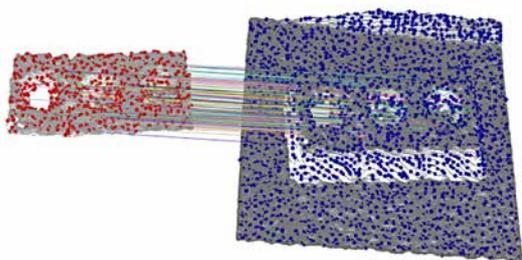


Abb. 1 Korrespondenzen der Keypoints des Modells (rot), welche mit den Keypoints der Szene (blau) gematcht wurden.

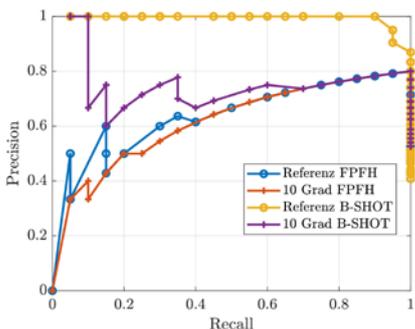


Abb. 2 PR Kurve bei der die Kamera um 10° Elevation gedreht wurde, um den Einfluss der Rotation zu testen.

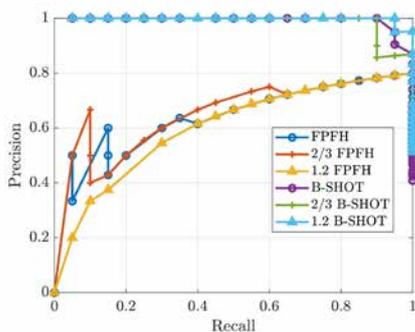


Abb. 3 PR Kurve zeigt den Einfluss der jeweiligen Skalierung.

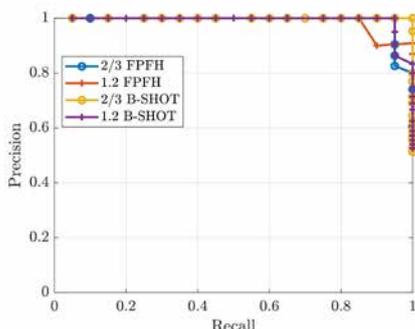


Abb. 4 PR Kurve der Skalierung verbessert mit der Verwendung des RANSAC Algorithmus

Problemstellung

Die Balluff AG ist ein namhafter Hersteller von Sensoren und Netzwerkprodukten für die Industrieautomation. Eine neue Generation von 3D Sensoren für die Echtzeit Qualitätsüberwachung in der industriellen Produktion soll entwickelt werden. Die Sensoren sollen eine integrierte 3D Objektdetektion enthalten. Für diese Objektdetektion soll ein Prototypencode zur Auswertung der beiden 3D Deskriptoren, FPFH und B-SHOT, realisiert werden. Die Robustheit gegen Skalierungen und verschiedene Ansichtswinkel wird für industrierelevante Objekte untersucht.

Lösungskonzept

Die Auswertung erfolgt in zwei Schritten und lehnt sich stark an die Auswertungen von Guo et al. resp. Buch et al. an. Guo et al. verwenden einen Threshold für die nächster Nachbar Distanzrate (NNDR), ab welchem ein Punkt als Match gilt. Die NNDR ist das Verhältnis des ähnlichsten Deskriptors zum zweitähnlichsten. Buch et al. suchen einen Threshold an gematchten Punkten zwischen einem Modell und der Szene, ab welchem ein Objekt als erkannt gilt. Diese Auswertung ist bedeutender für die Anwendung.

Die Resultate werden in Precision—Recall (PR) Kurven dargestellt. Die Precision zeigt das Verhältnis der korrekten Matches zu allen Matches, der Recall das Verhältnis zwischen allen korrekten Matches und allen möglichen Matches. Zum Schluss wurde ein zeitlicher Vergleich der einzelnen Programmabschnitten sowie der beiden Deskriptoren gemacht.

Realisierung

Für die Implementierung in C++ wurde die Point Cloud Library (PCL) verwendet. Die PCL enthält eine Vielzahl an state-of-the-art Algorithmen für die 3D Bildverarbeitung. Die anschließende Auswertung und das Plotten der PR Kurven wurde in MATLAB realisiert.

Ergebnisse

Der B-SHOT Deskriptor ist über alle Auswertungen gesehen der besser geeignete Deskriptor. Er ist rauschresistenter und weniger anfällig gegen Skalierung, wobei die Skalierung auf beide Deskriptoren keinen markanten Einfluss hat. Ebenfalls kann mit dem B-SHOT Deskriptor eine bessere Klassifikation desselben Objekts mit verschiedenen Ansichtswinkeln erzielt werden. Des Weiteren ist die Berechnung des B-SHOT Deskriptors unter Berücksichtigung gleich vieler Punkte durchschnittlich um das Vierfache schneller als die Berechnung des FPFH Deskriptors. Durch die Verwendung des Algorithmus RANSAC, welcher Ausreisser eliminiert, kann die Klassifikation erheblich verbessert werden.



Energiemessungen beim Duschen mit Wärmerückgewinnung



Abb. 1 Querschnitt Wärmetauscher

Problemstellung

Die Firma Joulia SA stellt Wärmetauscher für Duschen her, welche die Wärme des Duschwassers nutzen, um das kalte Wasser vorzuheizen. Die von Kaltwasser durchströmten Kupferrohre werden mittels Duschabwasser aufgeheizt. Somit kann die benötigte Energie für einen Duschvorgang drastisch reduziert werden. Um jedoch die zurückgewonnene Energie im täglichen Einsatz aufzuzeichnen, fehlt bisher ein geeignetes Messgerät. Dieses soll als Prototyp gefertigt werden.

Lösungskonzept

Um die Energie zu berechnen, wird die Ein- und Ausgangstemperatur, sowie der Durchfluss benötigt. Jedoch existiert kein Durchflussmesser, welcher innerhalb des geschlossenen Gehäuses untergebracht werden kann und für den gegebenen Fluss ausgelegt ist. Daher wird mit einem Bypass eine reduzierte Wassermenge durch den Sensor aufgenommen und der Gesamtfluss hochgerechnet. Um die Daten der Temperaturen und Durchflüsse aufzunehmen, wird ein Microcontroller verwendet. Dieser kann mittels Bluetooth Modul die Daten von bis zu einem halben Jahr an ein Endgerät übertragen. Um eine möglichst lange Einsatzdauer zu gewährleisten, muss der Energieverbrauch der Elektronik niedrig gehalten werden.

Realisierung

Die Halterungen für Bypass und Temperatursensoren werden aus Messing hergestellt. Der benötigte Microcontroller wird so programmiert, dass er die Daten der Temperatursensoren und der Durchflussmenge auf einen FLASH-Speicher schreibt. Auch werden die nötigen Vorkehrungen getroffen, um den Energieverbrauch zu reduzieren und Datenverlust zu verhindern.

Ergebnisse

Der aufgebaute Prototyp wird mittels des Prüfstandes des Auftraggebers verifiziert. Dabei sind die Genauigkeit der Durchflussmenge und der Temperatur ausreichend. Auch die Funktionalität der Elektronik kann bewiesen werden. Jedoch wird bei dem Test der Komplettfunktionalität ein thermisches Problem aufgedeckt. Das verwendete Messing, welches die Sensorik beinhaltet, leitet die Wärme zu stark und die aufgenommene Temperatur wird somit vom Duschabwasser beeinträchtigt. Dadurch kann die zurückgewonnene Energie nicht genügend genau aufgezeichnet werden.

Ausblick

Um den Einfluss des Duschabwassers auf die Temperatursensoren zu reduzieren, müssen andere Prototypen, eventuell aus anderen Materialien, hergestellt werden. Sobald diese Funktionalität gegeben ist, können erste Dauertests mit dem Prototyp durchgeführt werden.



Abb. 2 Test Prototyp mittels Prüfstand



Abb. 3 Problematische Messinghalterung für Temperatursensor



Embedded Object Detection with Convolutional Neural Networks



Abb. 1 Detektionen des SSD-7 CNN

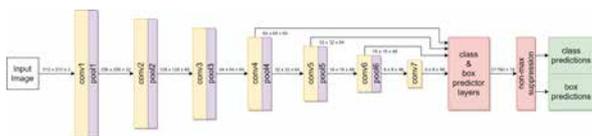


Abb. 2 Architektur des SSD-7 CNN

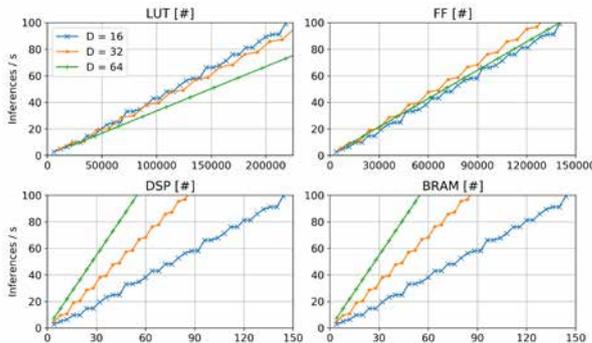


Abb. 3 Verarbeitungsgeschwindigkeit des Hardware-Beschleunigers in Funktion der aufgewendeten Hardware-Ressourcen

Problemstellung

Convolutional Neural Networks (CNN) werden häufig für die Bildverarbeitung, speziell für die Detektion von Objekten, eingesetzt. Ein an der HSLU entwickelter Low-Cost CNN-Beschleuniger soll dabei helfen, diese auf eingebettete Systeme mit wenig Rechenleistung zu bringen. Die Zielhardware besteht aus einer Kombination aus Processing System (CPU) und Programmierbarer Logik (PL). In dieser Arbeit wurde untersucht, ob ein Object Detector CNN mit dieser Methode beschleunigt werden kann.

Lösungskonzept

Ein Object Detector CNN wird ausgewählt und trainiert. Die «Mean Average Precision» (mAP) des Netzwerks wird berechnet, um die Genauigkeit der Detektionen zu quantisieren. Durch die Berechnung des Verbrauchs an Hardware-Ressourcen (LUT, FF, DSP, BRAM) auf der PL wird berechnet, wie schnell ein Bild verarbeitet werden kann. Weitere mögliche Engpässe, welche die Geschwindigkeit der Verarbeitung einschränken könnten, werden identifiziert und analysiert.

Realisierung

Die Single-Shot MultiBox Detector (SSD) Architektur wurde gewählt und für 176 Epochen (ca. 24h auf Nvidia RTX 2080 Ti) trainiert. Um die Ausführung des Netzwerks (SSD-7) mit dem Hardware-Beschleuniger zu ermöglichen, wurde es in eine binär approximierten Form überführt. In dieser Form konnte auch der Verbrauch an Hardware-Ressourcen und die Verarbeitungszeit für verschiedene Konfigurationen berechnet werden. Der verfügbare Speicher des Hardware-Beschleunigers, die Aktivierungsfunktion und die Berechnungen auf der CPU wurden als potentielle Engpässe genauer untersucht.

Ergebnisse

Das trainierte SSD-Netzwerk erreicht eine mAP von 0.308. In der binär approximierten Form mit vier Binär-Tensoren pro Floating-Point-Tensor sinkt dieser Wert nur geringfügig auf 0.303. Die maximale Verarbeitungsgeschwindigkeit mit einer Mid-Range Hardware (Xilinx XC7Z045) beträgt 99.23 und mit einer Low-End Hardware (Xilinx XC7Z010) 6.54 Inferenzen pro Sekunde. Da die PL nicht genügend Speicherplatz zur Verfügung stellt, muss das Bild in mehrere Kacheln unterteilt, verarbeitet und anschliessend wieder zusammengefügt werden. Eine 1 GHz CPU benötigt nur 181 μ s pro Bild für die Non-Maximum-Suppression Stage, welche nicht auf der PL ausgeführt werden kann, und limitiert somit die Verarbeitungsgeschwindigkeit nicht.



Controller mit Leistungselektronik für Klimaanlage

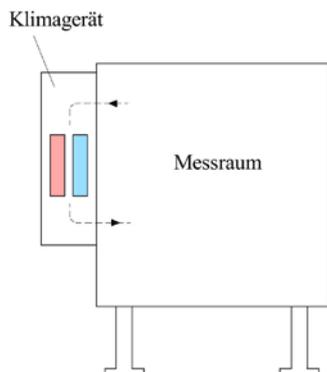


Abb. 1 Aufbau Messstation

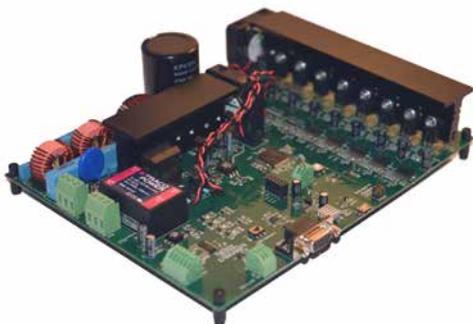


Abb. 2 Entwickelter Prototyp

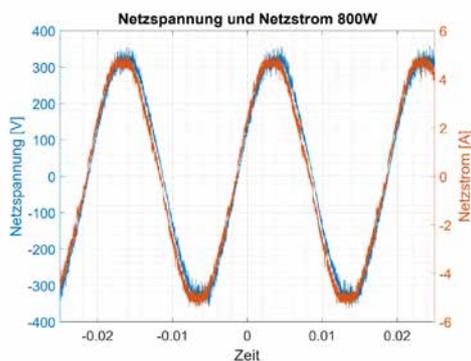


Abb. 3 Kurvenverlauf Netzstrom und Netzspannung bei 800W Belastung

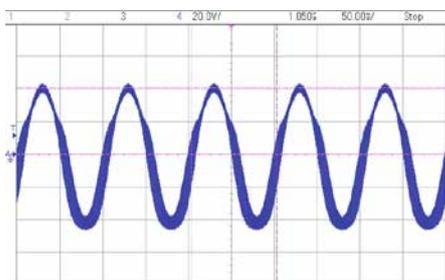


Abb. 4 Kurvenverlauf Ausgangsspannung mit Ausgangsfilter

Problemstellung

Die Firma Swisens AG aus Horw entwickelt Messgeräte zur Identifizierung von Luftpartikeln. Diese Messtationen sind den klimatischen Gegebenheiten der Umgebungsluft ausgesetzt. Für konstante Temperaturbedingungen im Messraum verfügt der Aufbau über ein anliegendes Klimagerät (Abbildung 1). Der aktuell verbaute Controller regelt die Zieltemperatur im Zweipunktbetrieb. Das abrupte Ein- und Ausschalten der Motoren sorgt für Vibrationen, wodurch die Messungen beeinträchtigt werden können. Nun soll ein Prototyp entworfen werden, der genutzt werden kann, um die Aktoren drehzahlvariabel zu steuern.

Lösungskonzept

Zur Abstrahierung der Aufgabe wurde das Gesamtkonzept auf vier Bereiche aufgeteilt. Die Leistungselektronik wurde für einen Nennbetriebspunkt von 800W entworfen und beinhaltet die Netzkopplung, eine Netzfilterstufe, eine PFC (Power Factor Correction) Schaltung inklusive Aufwärtssteller, eine Inverterstufe, ein Ausgangsfilter und schliesslich das Kühlkonzept. Der Steuerbereich mit dem Mikrocontroller (MCU) als zentrale Komponente verfügt über mehrere Kommunikationsschnittstellen (RS485, IO-Link und I2C), diverse IO's (24V und 3,3V), eine Temperaturmessung und dient hauptsächlich zum Ansteuern der Inverterstufe.

Für einen sicheren Betrieb wurde eine galvanische Trennung zwischen dem Leistungs- und Steuerbereich realisiert.

Als viertes Element des Lösungskonzepts befasst sich die Software auf der MCU mit dem Datenaustausch zwischen dem Prototyp und einer externen Steuerung und generiert die erforderlichen Schaltmuster für einen drehzahlvariablen Betrieb. Der entwickelte Prototyp ist in der Abbildung 2 ersichtlich.

Realisierung

Das Layout der Leiterplatte wird hauptsächlich durch die Leistungselektronik bestimmt. Die Hauptaufgabe bestand darin, die Platine kompakt zu gestalten und trotzdem keine Kopplung von Störsignalen unter den verschiedenen Schaltungen zuzulassen.

Ergebnisse

Die vorgestellten Konzepte konnten durch Messungen erfolgreich getestet werden. Die Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Netzspannung und des Netzstromes im Nennbetriebspunkt. Der Leistungsfaktor erreicht dabei einen Wert von 0.99.

Die Inverterstufe wird mit einer Frequenz von 100kHz getaktet. Entsprechend kann die nachfolgende Filterstufe klein dimensioniert werden. Der Kurvenverlauf der Ausgangsspannung bei 10Hz ist anhand der Abbildung 4 erkennbar.



Messen von Veränderungen bei chronischer Erkrankung

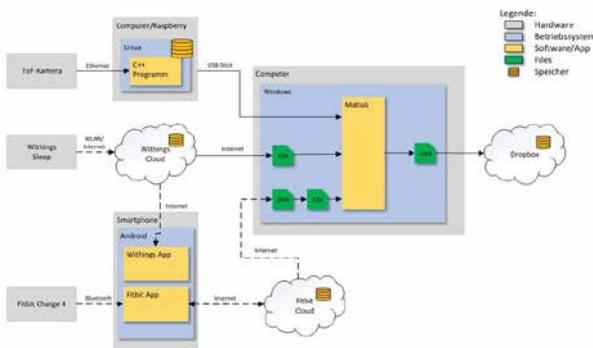


Abb. 1 Aufbau des Messsystems

Problemstellung

In Zusammenarbeit mit einem Medizintechnik-Studierenden soll ein Messsystem entwickelt werden, welches die Schlafqualität des Patienten auswertet. So sollen Schlafstörungen wie die chronische Insomnie frühzeitig erkannt werden, ohne dass ein Besuch im Schlaflabor notwendig ist.

Lösungskonzept

Um die Schlafqualität auswertet zu können, werden sogenannte Hypnogramme benötigt, welche die Schlafphasen zeitlich darstellen. Um Hypnogramme erstellen zu können wird der Puls der schlafenden Person benötigt, auch Bewegungen während des Schlafens können Informationen zur Schlafphase geben. Somit sollen Puls und Bewegungen gemessen und damit die Schlafphasen ausgewertet werden.

Realisierung

Mithilfe einer Time-of-Flight Kamera, welche oberhalb des Bettes monitert wird, werden Bilder der schlafenden Person aufgezeichnet. Anhand dieser Bilder können Bewegungen erkannt werden.

Für die Pulsmessung wird eine Schlafensormatte sowie eine Sportuhr zur Verifikation verwendet. Diese beiden Sensoren werten ebenfalls den Schlaf aus und generieren ein Hypnogramm. Diese Hypnogramme werden als Referenz verwendet, um den Algorithmus für die Auswertung der Schlafphasen zu optimieren. Alle aufgezeichneten Daten werden synchronisiert und in ein File abgelegt, welches vom Medizintechnik-Studierenden verwendet wird um ein Hypnogramm zu erstellen.

Ergebnisse

Es wurde ein System realisiert, welches fähig ist, Schlafphasen der überwachten Person einzuordnen. Die ausgewerteten Hypnogramme zeigen starke Ähnlichkeiten zu den beiden Referenzen. Das Informationsgehalt der Time-of-Flight Kamera konnte aus Zeitgründen nicht vollkommen ausgeschöpft werden, dennoch ergeben sich zufriedenstellende Auswertungen.

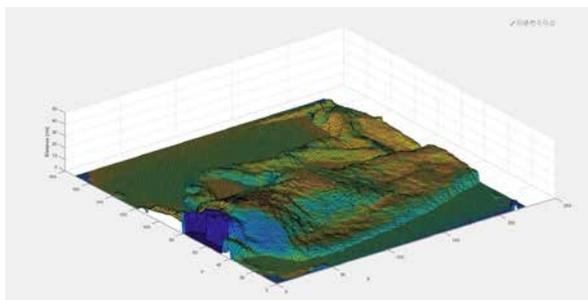


Abb. 2 Aufgezeichnetes Bild der Time-of-Flight Kamera

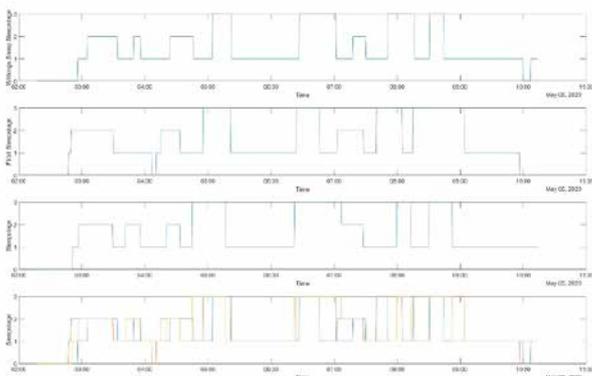


Abb. 3 Ausgewertete Hypnogramme von Schlafensormatte (Withings Sleep), Sportuhr (Fitbit Charge 4) und des entworfenen Algorithmus



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Freimann Jason

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

Nachrichtentechnik & Signal Processing,

Technische Informatik, Energie- & Antriebssysteme

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric



Abb. 1 Aktueller Montagezustand des Rennautos «alvier»



Abb. 2 Akkuzellen mit AMS PCB's



Abb. 3 HVPCB

Problemstellung

Studierende der Abteilung Elektrotechnik der HSLU T&A bauen in einem Team zusammen mit Maschinenbaustudierenden der ETH Zürich einen rein elektrisch angetriebenen Rennwagen. Ziel ist, ein kompetitives Fahrzeug zu realisieren, mit dem erfolgreich an internationalen Rennen in der Klasse «Formula Student Electric» teilgenommen werden kann. Für das 14. Rennauto namens «alvier» soll ein Accumulator Management System (AMS) und die zugehörigen Printed Circuit Boards (PCB) inklusive Software erstellt werden. Des Weiteren sollen Grounding- & EMV-Konzepte erarbeitet und mit der Realisierung des Kabelbaumes umgesetzt werden.

Lösungskonzept

Das Regelwerk der Formula Student Germany dient als Grundlage der Konzeptentscheide und deren Umsetzung. Aufgrund von Fahrzeug- und Akkupackaging wurde sich für ein vom AMZ selbst entwickeltes optisches AMS entschieden. Damit das AMS und alle weiteren elektrischen Systeme störungsfrei arbeiten können, wurden Grounding- & EMV-Konzepte erarbeitet. Für die Realisierung des Kabelbaumes wurden Stecker und Kabel gewählt, welche die gestellten Schutzanforderungen erfüllen und ein geringes Gewicht aufweisen.

Realisierung

Um die Spannung und Temperatur der Zellen des HV Akkus überwachen zu können, wurden Slave PCBs an den Zelllaschen montiert (siehe Abb. 2). Diese senden die gemessenen Daten über einen Infrarotrasceiver an ein Master PCB. Dieser leitet die Informationen weiter zum High Voltage PCB (HVPCB). Diese Signale werden differenziell übertragen, um Störeinflüsse zu verhindern. Das HVPCB verarbeitet die erhaltenen Informationen und sendet diese über einen CAN Bus zur Vehicle Control Unit (VCU). Layouts und Schaltungen wurden überarbeitet, angepasst und erneuert. Die Schnittstellen und Signale des Kabelbaumes wurden in einer Excel-Netzliste aufgelistet. Mit Hilfe der Industriepartner und der Teamkollegen der HSLU, war es möglich den Kabelbaum in kurzer Zeit am Fahrzeug zu montieren. In den Kabelbaum fließen auch die Planungen der Grounding- & EMV- Konzepte ein.

Ergebnisse

Der Shakedown, sowie die Testphase des Rennautos und der einzelnen Systeme wurden verschoben und die Rennen aufgrund von COVID-19 abgesagt. Der Kabelbaum konnte im Fahrzeug verlegt und das AMS inklusive HVPCB getestet werden. Die komplette Inbetriebnahme des Rennautos ist noch ausstehend. In der Abbildung 1 ist das Rennauto «alvier» im aktuellen Zustand ersichtlich.



Optimierung von Regler-Parameter für Synchronmaschine

$$PI^\lambda D^\mu = K_p + \frac{K_i}{s^\lambda} + K_d * s^\mu$$

Abb. 1 Struktur eines «Fractional order Controller» im Laplace-Bereich

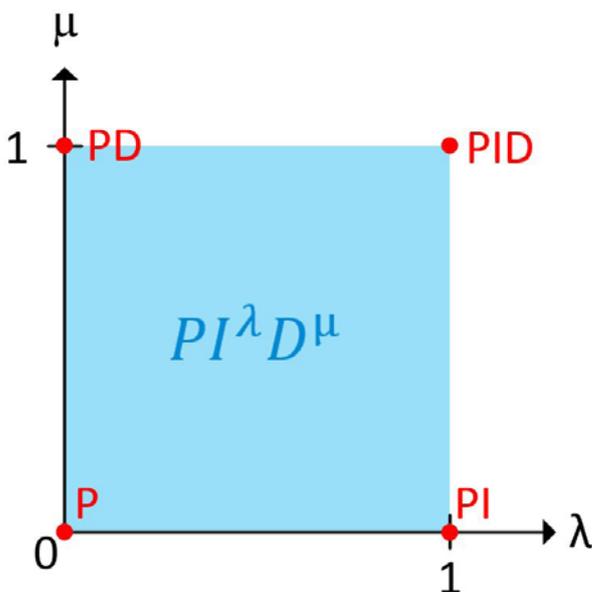


Abb. 2 Designbereichserweiterung durch FOC Konzept

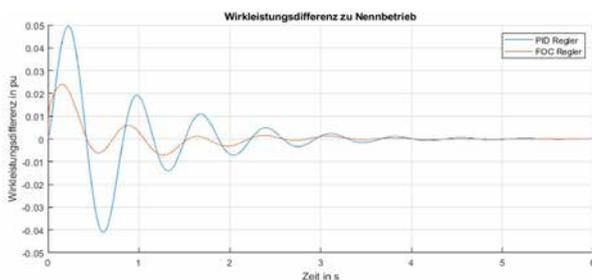


Abb. 3 Wirkleistungs-Sprungantwort auf 3% Stator-Spannungssprung im Nennbetrieb bei einer Netzimpedanz von 0.25 pu (lineare Simulation)

Problemstellung

Der Entwurf einer robusten Regelung für das Erregersystem einer Synchronmaschine ist eine zentrale Aufgabe in Energiesystemen. Die klassischen Regler wie PID oder Lead-Lag gelten als robust und zuverlässig. Das mathematische Konzept der «Fractional order controller» könnte sich jedoch als besseren Ansatz auszeichnen. Aufgrund der fünf Freiheitsgrade (siehe Abb.1) eines FOC Reglers gegenüber der drei Freiheitsgrade eines PID Reglers ist es sehr gut möglich, dass mit dem neuen Ansatz beispielsweise Regelstreckenveränderungen besser in den Entwurfsprozess miteinbezogen werden können. Die Möglichkeitserweiterung eines FOC Reglers ist in Abb.2 symbolisch ersichtlich. Der FOC Ansatz gilt es in der Thesis zu untersuchen und ein eigenes Optimierungsverfahren für solche Regler herzuleiten.

Lösungskonzept

Als Lösungskonzept versucht man nicht nur den neuen FOC Ansatz anzuwenden, sondern auch eine neue Betrachtungsweise auf die Optimierung des FOC Spannungsreglers einzuführen. Im konventionellen Regler Entwurf wird nur die Statorspannungs-Sprungantwort optimiert. Jedoch soll bei der Optimierung des Spannungsreglers auch die Wirkleistungsschwingung als Optimierungsgrösse aufgefasst werden. Dies aufgrund dessen, dass Wirkleistungsschwingungen die Synchronmaschine mechanisch belasten. Weiter soll der FOC Regler auf einem analytischen Modell aufbauen und anschliessend numerisch optimiert werden, um ein möglichst globales Optimum zu finden.

Realisierung

Als Basis wurde ein FOC Regler gemäss Ziegler Nichols berechnet. Die Hochoptimierung der FOC Koeffizienten erfolgte im linearen Netzmodell gemäss Heffron Phillips. Diese Optimierung realisierte man mit einem genetischen, zweistufigen Verfahren, welches den Regler gemäss einer entwickelten Fitnessfunktion optimiert. Um die Realitätsnähe des linearen Netzes zu beweisen, wurden die Testsimulationen auch im nicht linearen Netz durchgeführt.

Ergebnisse

Aus dem Optimierungsverfahren resultierte ein FOC Regler, welcher im Vergleich zum besten PID Regler die Wirkleistungsschwingungs-Amplitude mehr als halbierte, bei gleichen Statorspannungs-Sprungantwort Bedingungen (siehe Abb.3). Zudem konnte bei einer Netzimpedanz-Erhöhung eine höhere Wirkleistungsschwingungs-Dämpfung erzielt werden als im Nennbetrieb. Parallel entwickelte man eine Benutzersoftware, welche es einem Entwickler ermöglicht, einen FOC Regler spezifisch auf ein Netz und eine Synchronmaschine auszulegen.



Head & Gaze Tracker für E-Bikes



Abb. 1 Halterung für das Smartphone



Abb. 2 Gelbes Klebeband befestigt am Helm

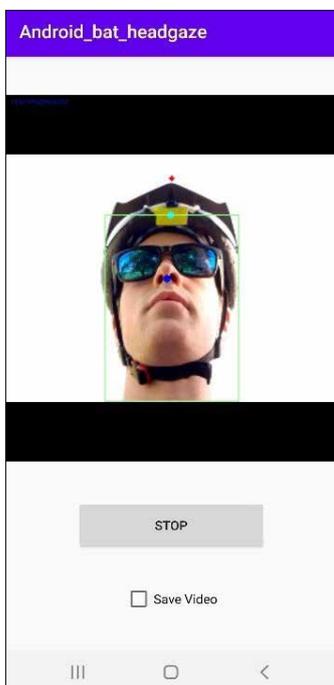


Abb. 3 Screenshot der
Android App

Problemstellung

Die Schnittstelle zwischen Mensch und E-Bikes ist noch sehr wenig erforscht. Deshalb soll im Auftrag des iHomeLab der Hochschule Luzern ein Prototypensystem entwickelt werden, welches die Blickrichtung des Velofahrers während der Fahrt erkennen und wiedergeben kann. Das System soll am Fahrrad befestigt werden können und möglichst kostengünstig sein. Es sollen 8 verschiedene Blickrichtungen des Fahrers unterschieden werden: Links, rechts, geradeaus, stark links, stark rechts, Lenker links, Lenker Mitte und Lenker rechts.

Lösungskonzept

Für dieses Projekt wurde als Hardware ein Smartphone vorgesehen. Dieses ist viel kompakter als beispielsweise ein Raspberry Pi (bei welchem noch zusätzlich eine Kamera, sowie ein Akku angeschlossen werden müssten). Zudem kann die Software ganz einfach für neuere Handygenerationen (welche z.B. Time of Flight Kameras besitzen) erweitert werden. Für das Smartphone sollte eine App entwickelt werden, welche den Fahrer während der Fahrt mit der Frontkamera aufnimmt. Die Kameraframes werden ausgewertet und wieder auf dem Display ausgegeben. Aus den Positionen von Gesicht, Nase, Mund und Klebeband am Helm soll dann eine Gaze Estimation gemacht werden. Als Software für die Bildverarbeitung wird die freie Programmierbibliothek OpenCV verwendet.

Realisierung

Die Android App wurde mit dem Android Studio erstellt. Gesicht, Nase und Klebeband am Helm werden jeweils über die Farbe erkannt. Für die Detektion des Mundes wird ein Haarcascade Classifier eingesetzt. Dieser versucht jeweils einen Mund im Frame zu finden. Aus der Position von Nase und Mund im Gesicht wird eine Estimation der Blickrichtung gemacht.

Ergebnisse

Die erstellte App kann die Blickrichtung des Fahrers in Echtzeit erkennen und auf dem Display darstellen. Dabei werden Frameraten von ca. 10fps erreicht. Niedrige Helligkeiten bei schlechtem Wetter bereiten dem Algorithmus sehr grosse Mühe, da dort das Gesicht sehr dunkel ist und daher die Farben nicht mehr richtig erkannt werden können. Ausserdem wird der Mund oft nicht erkannt. Bei guten Wetterbedingungen mit viel Sonne funktioniert die Erkennung von Gesicht, Nase und Klebeband am Helm zuverlässig und auch das Tragen einer Sonnenbrille behindert die Detektionen nicht. Bei Bildern, in welchen das Gesicht erkannt wurde erreicht die Gaze Estimation eine Genauigkeit von 83.5%.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Imfeld Patrik

Prof. Rolf Mettler

Energie- & Antriebssysteme,
Nachrichtentechnik & Signal Processing

Roche Diagnostics International AG



FOC-Design für EC-Motoren

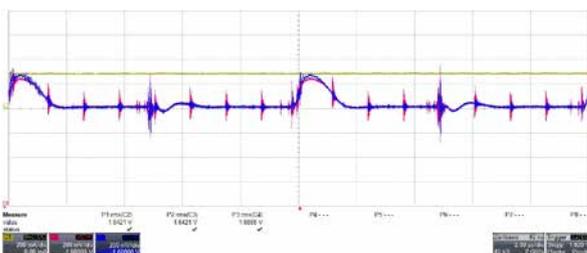


Abb. 1 Signal der Strommessung vor und nach dem Filter

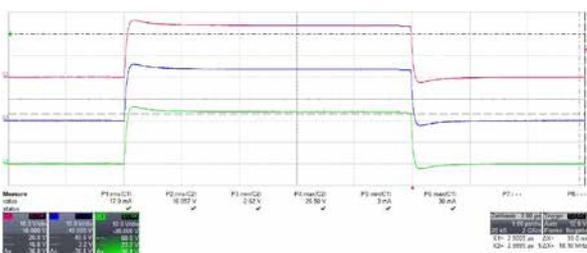


Abb. 2 Die drei Phasenspannungen nach dem Filter

Problemstellung

Die Firma Roche Diagnostics International AG entwickelt Diagnosesysteme für Arztpraxen, Labor und Kliniken. Für den Transport von medizinischen Proben in und zwischen verschiedenen Diagnosesystemen wird eine Vielzahl elektrischer Antriebe verwendet.

Die bisher verwendeten Antriebsplattformen sind aus Platz- & Kostengründen nicht optimal für die Ansteuerung von bürstenlosen Gleichstrommotoren. Aus diesem Grund sollen die auf dem Markt verfügbaren Controller untersucht und ein Prototyp einer neuen, modularen Ansteuerungsplattform entwickelt werden. Diese Plattform soll für ein möglichst breites Spektrum bürstenloser Gleichstrommotoren ausgelegt sein. Um die Motoren möglichst effizient zu betreiben und ein besseres dynamisches Verhalten der Motoren zu erzielen, soll die Plattform Field-Oriented Control unterstützen. Während der Entwicklung soll besonders darauf geachtet werden die Kosten und den Footprint der Module so niedrig wie möglich zu halten.

Lösungskonzept

Es werden 3 PCB entwickelt, wobei eines davon mit dem Motorencontroller ausgestattet ist und auf den anderen beiden Leistungs-Endstufen verschiedener Leistungsklassen implementiert werden. Dadurch kann für jede Anwendung die passende Endstufe ausgewählt werden, was Kosten und Platz spart.

Realisierung

Es wurde ein Controller ausgewählt, welcher die gesamte Regelung für das Field-Oriented Controlling hardwaretechnisch implementiert hat. Dies hat den Vorteil, dass die Regelung nicht zuerst aufwändig implementiert werden muss und nicht von der Auslastung eines Mikrocontrollers abhängig ist. Um im Problemfall manuelle Änderungen an den PCB vornehmen zu können, mussten die Komponenten mit relativ grossem Abstand zueinander platziert werden, was sich negativ auf den Footprint der Schaltung auswirkt.

Ergebnisse

Die entwickelten PCB konnten den Stresstests standhalten und es konnten einige Punkte mit Optimierungspotential ausfindig gemacht werden. Die Mindestanforderung bezüglich der Strombelastbarkeit der leistungsschwächeren Endstufe wurde um Faktor 2 übertroffen mit nur minimalen Mehrkosten. Dadurch kann diese platz- & kostensparende Variante für mehr Anwendungen eingesetzt werden.

Ausblick

Das Projekt wird in den kommenden Monaten weitergeführt mit der neusten Version des Motorcontrollers.



Controlling an IoT device with Qt for WebAssembly

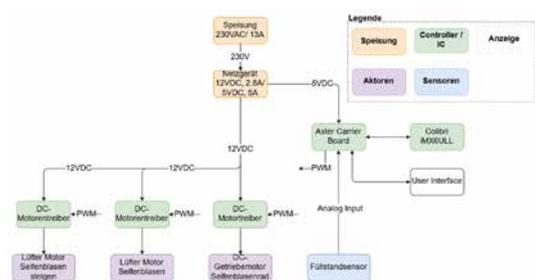


Abb. 1 Elektrotechnische Komponenten

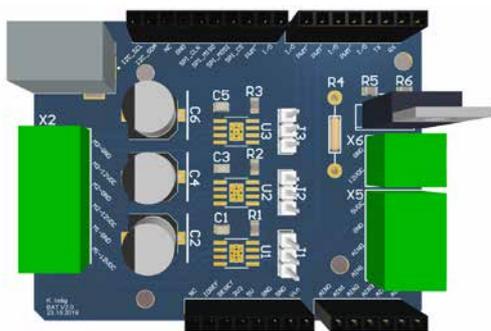


Abb. 2 PCB mit den Motortreibern und Stecker für Sensor und Motoren



Abb. 3 User Interface mit den PWM Einstellungen, verschiedenen Modi und der Sensordaten Auswertung



Abb. 4 Gehäuse mit allen Komponenten

Problemstellung

Die Firma Toradex stellt System on Chip her. Ziel dieser Arbeit ist es unter Verwendung eines solchen SoC eine remote steuerbare Seifenblasmaschine zu entwickeln, welche als Demo Objekt an Messen ausgestellt werden kann. Die Arbeit lässt sich in drei Hauptteile gliedern. Die Arbeitspakete sind der Mechanische Aufbau, heisst das Design und Herstellung eines Gehäuses. Der Elektrotechnische Teil, in welchem die nötigen Komponenten Evaluert werden und ein PCB für die Motortreiber geplant wird. Schliesslich noch die Implementierung des Programmes, welches die Maschine steuert und das Design und Implementierung eines User Interface zur Bedienung. Die fertige Apparatur verfügt über drei Motoren, mit welchem die Seifenblasproduktion beeinflusst werden kann.

Lösungskonzept

Das Gehäuse wird im CAD gezeichnet, somit kann eine Baugruppe erstellt und geprüft werden, ob die Einzelteile miteinander harmonieren. Als Material wird Acrylglas verwendet, damit ist den potentiellen Interessenten der Einblick in die Maschine gewährleistet. Um den Verdrahtungsaufwand zu minimieren, wird das PCB so designt, dass es direkt auf das Produkt von Toradex gesteckt werden kann. Mit Hilfe von zwei Lüftern wird die Grösse und die Flugbahn der Seifenblasen beeinflusst. Das Seifenblasenrad wird mit einem Getriebemotor in das Seifenwasser getaucht. Die Benutzeroberfläche wird mit Qt implementiert. Mit Qt for WebAssembly liess sich eine Benutzeroberfläche programmieren, welche im Browser aufgerufen werden kann. Dem Nutzer ist es so möglich die Drehzahlen der Motoren einzeln zu Steuern. Weiters erhält er durch die Auswertung des Füllstandsensors Angaben zum aktuellen Seifenwasserstand.

Realisierung

Das Gehäuse ist mit einem Lasercutter ausgelasert worden. Die Einzelteile wurden anschliessend mit Acrylglas Kleber zusammengefügt. Mit Altium wurde das PCB gelayoutet und anschliessend extern produziert. Die Bestückung und Verdrahtung der Komponenten konnte in der ET Werkstatt an der HSLU vorgenommen werden. Die Implementierung der Software und des User Interface ist im Qt Creator realisiert worden. Dazu ist C und C++ Code verwendet worden.

Ergebnisse

Das fertige Produkt kann als Anschauungsobjekt vom Auftraggeber an Messen ausgestellt werden. Interessenten können die Möglichkeiten, die die SoC von Toradex bieten, auf einen Blick sehen und spielerisch erste Eindrücke in einem möglichen Anwendungsgebiet gewinnen.



Sensorsignalübertragung über eine Druckbarriere

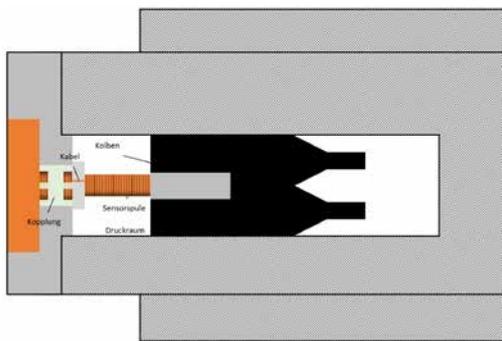


Abb. 1 Hier sehen Sie eine Zeichnung des Ventils mit dem Kolben, der Sensorspule und einer einfachen induktiven Kopplung. Die induktive Kopplung ist der Ersatz für das Kabel zur Spule. Mit einer solchen Kopplung war die ursprüngliche Idee, dieses Problem zu lösen

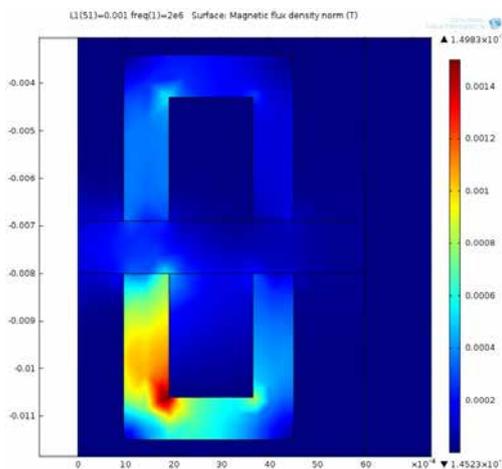


Abb. 2 Dies ist ein Lösungsvorschlag für die Realisierung des Problems mit einer induktiven Kopplung. Es handelt sich um eine achsensymmetrische Ansicht, bei der die Achse die linke Seite des Bildes ist. Die Koppelspulen befinden sich in 2 P-Ferriten, die durch einen Isolator getrennt sind.

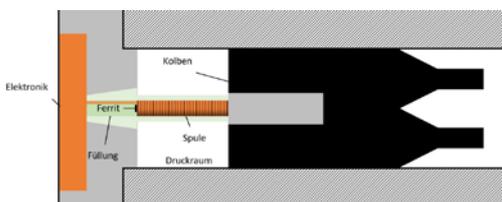


Abb. 3 Da drahtlose Kopplungen aus verschiedenen Gründen nicht funktionierten, wurde der Ansatz geändert: Statt die Kabel zu ersetzen, wurde die Sensorspule dünner gemacht und mitsamt den Kabeln in eine Kapsel eingebracht.

Problemstellung

Derzeit wird die Kolbenpositionserfassung im Hydraulikventil durch eine Sensor-spule erfasst, die von 2 Kabeln gespeist wird, die durch das Gehäuse des Ventils innerhalb der Druckkammer geführt werden. Die Bohrungen sind jedoch eine mechanische Schwachstelle des Ventils. Das Ziel dieses Projekts ist es, diese 2 Kabel durch eine drahtlose Lösung zu ersetzen.

Lösungskonzept

Zur Lösung dieses Problems wurden 3 Lösungskonzepte erprobt:

- Induktive Kopplung: Die Funktionsweise ist ähnlich wie bei einem Transformator, ausser dass der magnetische Fluss durch einen Isolator (Druckbarriere) zur sekundären Kopplung statt durch einen Ferritkern fliesst.
- Induktive Resonanzkopplung: Diese Technologie wird in drahtlosen Energieübertragungssystemen wie z.B. drahtlosen Ladegeräten verwendet.
- Kapselung der Sensorspule: Bei diesem Konzept werden die beiden Kabel zur Versorgung der Sensorspule beibehalten, ausser dass das Ganze gekapselt ist, so dass die Sensorspule abgedichtet bleibt.

Realisierung

Zunächst wurde über die verschiedenen Lösungsansätze recherchiert, um Ideen aus bestehenden Produkten zu sammeln. Dabei kamen verschiedene Konzeptvarianten zum Vorschein. Einige davon wurden simuliert und es wurden praktische Experimente mit interessanten Varianten gebaut und gemessen.

Ergebnisse

Aus den 3 Lösungskonzepten ergaben sich unterschiedliche Ergebnisse:

- Induktiven Kopplung: Mit dem Konzept der induktiven Kopplungen war es nicht möglich, ein ausreichend hohes Verhältnis zwischen Haupt- und Streuinduktivität zu erreichen. Das Problem ist, dass der Einfluss der Sensorspule auf den Schwingkreis zu klein bleibt und ein grosser Teil des Modulationshubes der Sensorspule verloren geht.
- Induktive Resonanzkopplung: Hier war das grösste Problem das Aluminiumgehäuse des Ventils, das sich negativ auf die Kopplung auswirkte.
- Kapselung der Sensorspule: Dies ist das Konzept, das die besten Ergebnisse erzielt hat. Da die Spule diesmal jedoch um einen Ferrit gewickelt ist, ist sie temperaturempfindlicher. Temperaturschwankungen wirken sich auf das Ausgangssignal aus und müssen kompensiert werden.



Elektroakustischer Sensor für EKG

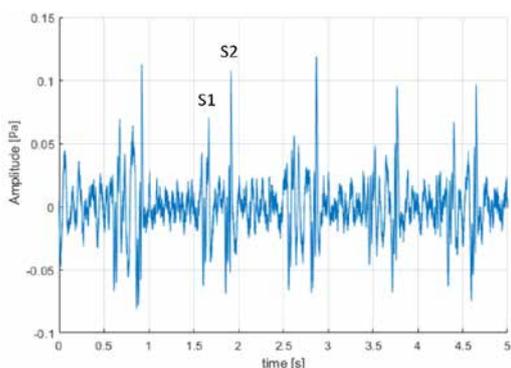


Abb. 1 Phonokardiogramm aufgezeichnet mit erweitertem Frequenzbereich bis 6Hz

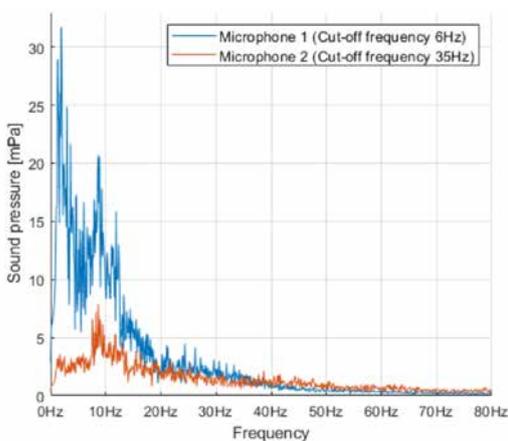


Abb. 2 FFT Spektren der Phonokardiogramme mit Grenzfrequenz 6Hz (Blau) und 35Hz (Orange).



Abb. 3 Phonokardiograph PCB mit erweitertem Frequenzbereich bis 6Hz

Problemstellung

Die Phonokardiographie (PKG), das akustische Aufzeichnen vom Herz, ist seit vielen Jahrzehnten ein Studienggebiet der Medizin. Die aufgezeichneten Daten werden Phonokardiogramm genannt. Stethoskope, das analoge Äquivalent, werden alltäglich von Medizinern für Untersuchungen eingesetzt. Die PKG ergänzt die weit verbreitete Elektrokardiographie (EKG), welche Herzspannungen aufzeichnet. Das Ziel dieses Projekts war die Entwicklung eines akustischen Sensors für den Einsatz in einem tragbaren Gerät, dass ein PKG und EKG kombiniert und somit eine genauere Herzmessung erlaubt. Der Fokus wurde auf die Aufnahme eines Phonokardiogramms mit niedrigen Frequenzanteilen gelegt, die normalerweise nicht enthalten sind.

Lösungskonzept

Es wurde ein MEMS-Mikrofon mit einer unteren Grenzfrequenz (-3dB) bei 6Hz (Invensense ICS-40300) gewählt. Zum Vergleich wurde ein zweites MEMS-Mikrofon mit einer höheren Grenzfrequenz von 35Hz (Knowles SPH0645) verwendet. Die Mikrofone wurden auf Leiterplatten gelötet und haben eine nach unten gerichtete Öffnung zur akustischen Kopplung. Herztöne und Herzgeräusche liegen im gesamten Bereich von wenigen Hertz bis über 1kHz. Geräusche oberhalb von 1 kHz haben eine geringere Amplitude als das Rauschen der Mikrofone und wurden deshalb nicht analysiert.

Realisierung

Die Phonokardiogramme eines sitzenden männlichen Probanden (Alter 23 Jahre, in Ruhe) wurden auf dem Erb'schen Punkt in einem ruhigen Raum mit beiden Mikrofonen aufgenommen. Für die Aufnahme wurden die Leiterplatten direkt auf die Haut gepresst. Mit jedem Mikrofon wurden 5 Phonokardiogramme aufgezeichnet. Es wurde das FFT-Spektrum für jedes Phonokardiogramm und ein gemitteltes Spektrum für jedes Mikrofon erstellt.

Ergebnisse

Die Unterschiede zwischen den beiden Mikrofonen im tiefen Frequenzbereich (<35Hz) zeigen, dass tatsächlich Unterschiede in den Amplituden zwischen den zwei Mikrofonen sichtbar sind. Es bleibt offen, welche Anteile der Differenz auf das Herz zurückzuführen sind. Andere Körpergeräusche wie Verdauung und Lungen können ebenfalls einen Einfluss auf die Phonokardiogramme haben.

Ausblick

Die Messungen können mit einem Trichter ähnlich eines Stethoskops wiederholt werden, um den Einfluss der akustischen Kopplung auf tieffrequente Töne zu ermitteln. Zudem muss abgeklärt werden, inwiefern sich die Informationen im unteren Frequenzbereich für diagnostische Zwecke nutzen lassen.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Jost Florian

Prof. Erich Styger, Prof. Rolf Mettler und

Prof. Dr. Adrian Omlin

Nachrichtentechnik & Signal Processing,

Technische Informatik, Energie- und Antriebssysteme

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric



Abb. 1 CAD Ausschnitt vom Fahrzeug alvier

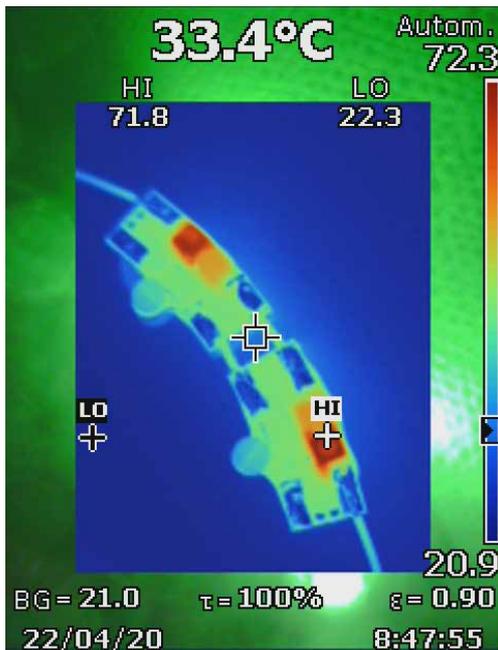


Abb. 2 Wärmebildaufnahme vom Tractive System Active Light



Abb. 3 Aufnahme vom Dashboard mit dem neuen Dashboard Aufsatz

Problemstellung

Die vorliegende Arbeit beschreibt einen Teil des Formula Student Projekts des Teams Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ). Das Team besteht aus Studierenden der Hochschule Luzern (HSLU) und der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH). Ziel des Projekts ist es, einen Rennwagen für die Formula Student Events zu konstruieren. Im Rahmen vom Industrieprojekt wurde die Konzeptphase des Projektes abgeschlossen. Diese Konzepte sollen nun in der Realisierungsphase umgesetzt werden. Der Fokus in dieser Arbeit liegt auf den folgenden Arbeitspaketen: Telemetrie, Fahrerfunk, Dashboard, Shutdown Circuit (SC), Tractive System Active Light (TSAL) und dem Bremslicht. Der Shutdown Circuit soll dabei im Fehlerfall den Akkumulator vom Antriebssystem vom Rest des Fahrzeuges trennen. Das Tractive System Active Light signalisiert ob das Antriebssystem eingeschaltet ist oder nicht.

Lösungskonzept

Die Konzepte vom Tractive System Active Light, Shutdown Circuit und Bremslicht sind grösstenteils von den Regeln der Formula Student Events vorgegeben. Beim Dashboard gibt es zusätzliche Anzeigen, um dem Fahrer den Zustand vom Fahrzeug besser zu signalisieren sowie bei der Telemetrie.

Realisierung

In der Realisierungsphase wurden verschiedene PCB bestückt und getestet. Der ganze Kabelbaum wurde gefertigt und im Fahrzeug verbaut. Nebenbei wurde auch noch die Software vom Dashboard überarbeitet.

Ergebnisse

Aufgrund grösserer Verzögerungen konnte das noch Fahrzeug nicht fertig gebaut werden. Viele der Systeme konnten aber schon ausserhalb von Fahrzeug erfolgreich getestet werden.

Ausblick

Das Fahrzeug wird noch fertiggestellt und in Betrieb genommen. Anschliessend findet im Sommer 2020 anstatt den Formula Student Events einen Testbetrieb statt.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Julen Severin

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

Energie- und Antriebssysteme

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric



Abb. 1 Der diesjährige elektrische Rennwagen des AMZ mit dem Namen «alvier».



Abb. 2 Der Testaufbau mit Motorenprüfstand links und Inverter sowie Vehicle Control Unit rechts.



Abb. 3 Der 6S6P Li-Ion Akku für die Fahrzeugelektronik.

Problemstellung

Die Bachelorarbeit wurde im Rahmen des Formula Student Projekts des Teams «Akademischer Motorsportverein Zürich» (AMZ) erstellt. Das Team setzt sich aus Studierenden der HSLU und der ETH zusammen. Ziel des Projekts ist es, einen elektrischen Rennwagen für die Formula Student Events zu konstruieren. Um beim diesjährigen Fahrzeug «alvier» die Inbetriebnahmephase zu verkürzen und allfällige Probleme früher zu erkennen, sollte erstmalig Hardware-in-the-loop (HIL) Testing angewendet werden. Des Weiteren sollte der Akku für die Fahrzeugelektronik ausgelegt und gefertigt werden

Lösungskonzept

Für die HIL Tests sollte der bestehende Motorenprüfstand verwendet und der Testaufbau schrittweise erweitert werden, um Fehler einfach lokalisieren zu können. Das genaue Vorgehen und alle Testfälle und Messungen wurden in einen Testprotokoll definiert und die Ergebnisse dort festgehalten. Der Akku für die Fahrzeugelektronik sollte anhand der Energieliste mit allen Verbrauchern am Fahrzeug ausgelegt und durch eine geeignete Konfiguration aus Li-Ion Zellen eine optimale Energiedichte erreicht werden.

Realisierung

In einem ersten Schritt wurde der Motorenprüfstand angepasst, um die Sicherheit während den Tests zu gewährleisten. Der Inverter, die Motoren, die Vehicle Control Unit (VCU) und das Low Voltage Supply (LVS) des Fahrzeugs wurden in Betrieb genommen und vollständig getestet. Messungen zum Störeinfluss verschiedener Komponenten des Fahrzeugs auf den CAN Bus wurden durchgeführt und mithilfe theoretischer Betrachtungen interpretiert. Für den Akku wurde eine 6S6P Konfiguration aus Li-Ion Zellen verwendet, welche in der HSLU punktgeschweisst und in einem feuerfesten Gehäuse aus Kevlar angeordnet wurden.

Ergebnisse

Die Inbetriebnahme der zentralen Fahrzeugkomponenten konnte erfolgreich durchgeführt werden und wichtige Testerfahrung gesammelt werden. Das Konzept zur elektromagnetischen Verträglichkeit des Fahrzeugs konnte mithilfe der Messungen verifiziert werden. Insgesamt wurden drei 6S6P Akkus mit einer Nennspannung von 22.2V und Kapazität von 25.5Ah sowie ein 6S2P Akku für die Acceleration Disziplin gefertigt.

Ausblick

Nach Semesterende beginnt die Inbetriebnahme der elektrischen Komponenten und anschliessend die Testphase. Im Sommer 2021 wird alvier an den Formula Student Events teilnehmen und hoffentlich die Spitzenposition des AMZ verteidigen.



Messelektronik für konduktiven Füllstandsensor

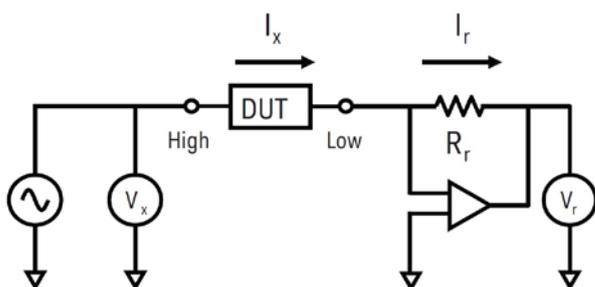


Abb. 1 Prinzip der Auto-Balancing Bridge Methode

Problemstellung

Die Firma Reed Electronics AG stellt Geräte zur Füllstandserfassung von flüssigen Medien her und möchte mit einem kontinuierlichen Sensor mit konduktivem Messprinzip das bestehende Sortiment ausbauen. Konduktive Messsysteme erfassen den Leitwert zwischen Elektroden, die in das Medium eingetaucht sind. Dabei soll der Effekt ausgenutzt werden, dass dieser proportional mit der Füllhöhe ansteigt. Es war eine Messelektronik zu entwickeln, welche diese Leitwerte aufnimmt, verarbeitet und daraus den Füllstand ermittelt.

Lösungskonzept

Um die Messung von Medien mit Leitfähigkeiten von $10\mu\text{S}/\text{m}$ bis $100\text{mS}/\text{m}$ bis zu einer Füllhöhe von 0.5m zu ermöglichen, muss ein grosser Messbereich abgedeckt werden können. Dieser wurde in einem ersten Schritt mittels Comsol-Simulationen bestimmt. Das Medium wird mit einer Wechselspannung angeregt, um einerseits elektrochemisch Migration zu verhindern und zusätzlich den Einfluss der Doppelschichtkapazität, die sich an den Materialübergängen zwischen dem Metall der Elektrode und der Flüssigkeit bildet, zu minimieren. Der Strom durch das Medium wird mittels der Auto-Balancing Bridge Methode in eine Spannung im gewünschten Messbereich umgewandelt und von einem Analog-Digital Converter erfasst. Ein Microcontroller übernimmt anschliessend die Auswertung und berechnet den Füllstand anhand empirisch erfasster Kalibrationswerte.

Realisierung

Bei der Umsetzung der Konzeptionierung in die definitive Messschaltung musste festgestellt werden, dass die Dimensionierung der Komponenten komplizierter ist als ursprünglich angenommen. Da die Messung von sowohl grossen als auch kleinen Impedanzen ermöglicht werden musste, waren mehrere iterative Schritte notwendig, um Störgrössen wie Leckströme und Übergangswiderstände so zu minimieren, dass die Messung des Füllstandes mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ möglich sein sollte.

Ergebnisse

Die erfasste Sensorkennlinie hat gezeigt, dass besonders bei niedriger Leitfähigkeit des Mediums der Füllstand noch nicht mit der geforderten Genauigkeit gemessen werden kann. Insgesamt konnte aber aufgezeigt werden, dass das erstellte Messkonzept und die daraus entwickelte Elektronik zu grossen Teilen wie gewünscht funktionieren.

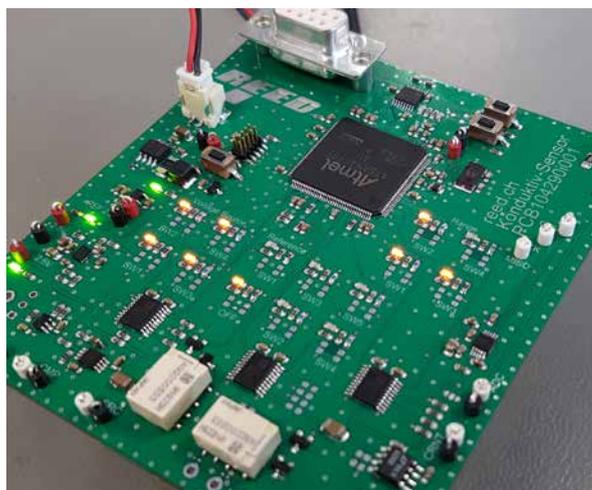


Abb. 2 Inbetriebnahme der realisierten Messschaltung



Abb. 3 Messaufbau für die Erfassung des Füllstandes



Bildverarbeitung für den Virtual Walk

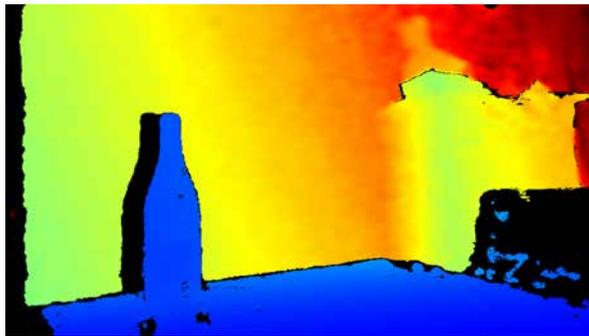


Abb. 1 Ein Tiefenbild, aufgenommen mit der verwendeten Intel Realsense D435 Tiefenkamera.

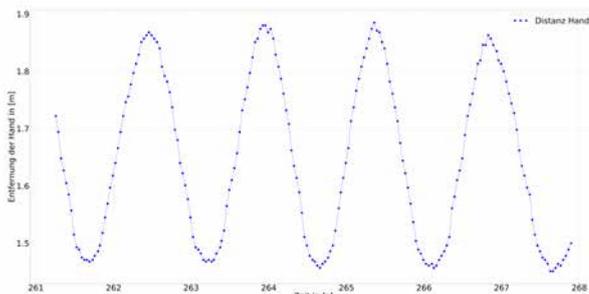


Abb. 2 Die Distanz einer Hand zur Kamera in Abhängigkeit zur Zeit dargestellt.

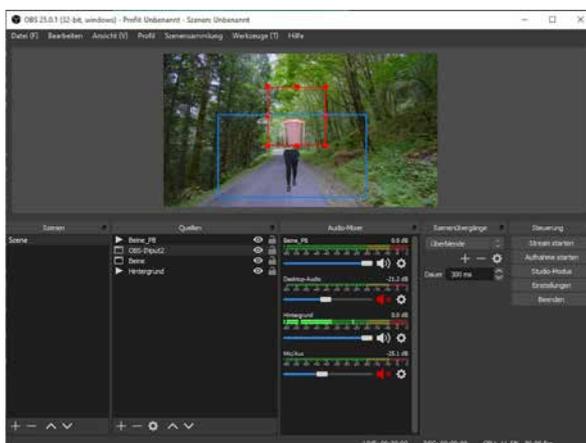


Abb. 3 Ein Screenshot der Software OBS, die Videos werden hier skaliert und aufeinander abgestimmt.

Problemstellung

Der Virtual Walk ist ein System, welches von der Hochschule Luzern entwickelt wurde und zur Behandlung von Phantomschmerzen nach Rückenmarksverletzungen verwendet wird. Mit einer visuellen Ausgabe, bei der der Anwender sich auf sich selbst zu laufen sieht, soll eine Illusion kreiert werden, die ihm vermittelt, dass alles in Ordnung ist. Im Moment dieses Glücksgefühls ist das Gehirn aufnahmefähiger. Man geht davon aus, dass in diesem Augenblick das Gehirn die reale Situation annehmen kann und der Phantomschmerz so behandelt wird.

Dieses System wird bereits verwendet, jedoch kann die Geschwindigkeit des Laufens nur stufenweise verändert werden. Um den Virtual Walk realer zu machen soll die virtuelle Beinbewegung mit der realen Armbewegung synchronisiert werden.

Lösungskonzept

Der Oberkörper wird mit einer Tiefenbildkamera gefilmt (siehe Abb. 1) und daraus die Armbewegung analysiert. Vom vorausgezeichneten Beinvideo werden alle Einzelbilder eines kompletten Schrittes extrahiert. Nun werden die Einzelbilder einer Position des Armes zugewiesen und dann entsprechend aufgerufen.

Realisierung

Für die Analyse der Armbewegung wurde die Programmbibliothek OpenCV verwendet. Die Hand wird mittels Hautfarbe detektiert und die Distanz zur Kamera wird mit Hilfe des Tiefenbildes ermittelt. Die Distanzen in Abhängigkeit der Zeit dargestellt ähneln einer Sinusschwingung (siehe Abb. 2). Die Einzelbilder werden mit gleichen zeitlichen Abständen über eine komplette Sinusschwingung verteilt. So besitzt jedes Einzelbild einen entsprechenden Distanzwert, der mithilfe der Bewegungsrichtung einem Punkt der Sinus-Kurve zugewiesen werden kann. Die erzeugten Bilder (Oberkörper- und Beinvideo) werden dann in Echtzeit in der Software OBS zusammengefügt (siehe Abb. 3).

Ergebnisse

Die deterministische Steuerung der Einzelbilder funktioniert gut. Nur an den Wendepunkten und bei zu schnellen Bewegungen erkennt man Unregelmäßigkeiten im Beinvideo. Ansonsten bewegen sich die Beine genau mit den Armen mit.

Ausblick

Es entstehen immer neue Anforderungen an den Virtual Walk. In Bezug auf diese Arbeit soll zukünftig das komplette Setting, welches vor Anwendungsstart noch von einem Pfleger vorgenommen werden muss, automatisiert werden.



Low-Power Datenlogger



Abb. 1 Datenlogger PCB

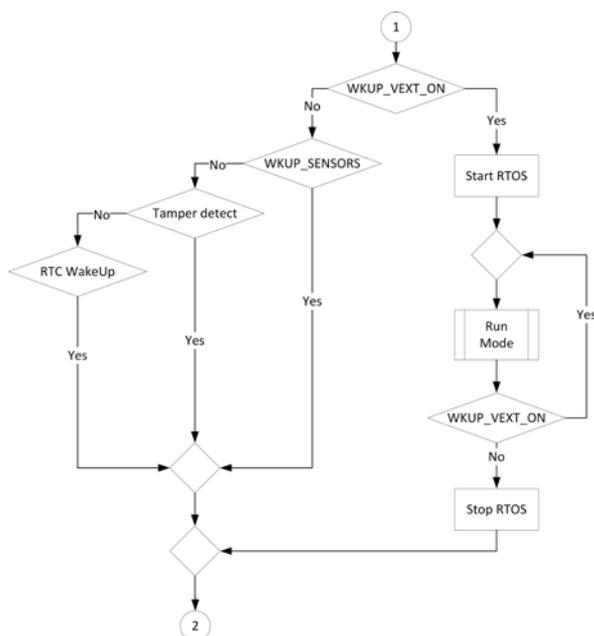


Abb. 2 Flussdiagramm Loggingprozess

Problemstellung

Die Firma BFT Produktions AG entwickelt und produziert Banderoliermaschinen von der Handmaschine bis hin zum Vollautomaten. Für die Neuentwicklung der Banderoliersteuerung ist es notwendig einen Datenlogger zu entwickeln, welcher während 10 Jahren beim Transport und der Lagerung der Maschine Umgebungsdaten aufzeichnen kann. Diese Datenaufzeichnung soll Aufschluss über die Transport- und Lagerbedingungen der Maschine geben. Während des Betriebs an Netzspannung kann der Low-Power Datenlogger über eine Mikrofon Umgebungsdaten aufzeichnen, um zu einem späteren Zeitpunkt die Möglichkeit zur vorausschauenden Wartung der Maschine zu bieten. Die Leiterplatte des Low-Power Datenloggers ist in Abbildung 1 ersichtlich.

Lösungskonzept

Zu Beginn des Projekts wurde die vorliegende Hardware in Betrieb genommen. Dazu wurde mithilfe eines Strommessgeräts der Stromverbrauch der Low-Power Bauteile mit den Angaben der Datenblätter verifiziert. Weiter wurde die korrekte Funktionsweise der bestückten Bauteile mithilfe einer Software, welche über eine UART-Schnittstelle mit dem Computer kommunizieren kann, überprüft. Anschliessend wurde ein gesamtheitliches Softwarekonzept erstellt. Dieses Konzept bildet den Low-Power Modus und den Netzbetrieb Modus ab. Während des Netzbetriebs läuft auf dem Mikrocontroller eine Echtzeit-Betriebssystem. Ein Flussdiagramm des Softwarekonzepts ist in Abbildung 2 ersichtlich.

Realisierung

Bei der Softwarerealisierung wurde darauf geachtet, dass möglichst wenig Zeit im Modus mit hohem Stromverbrauch verbracht wird. Während des Standby-Modus wurde sichergestellt, dass alle nicht notwendigen Ein- und Ausgänge des Mikrocontrollers in einen hochohmigen Zustand versetzt werden. Weiter wurde der Code so implementiert, dass er mithilfe eines Software-Dokumentationswerkzeug dokumentiert werden kann.

Ergebnisse

Es konnte aufgezeigt werden, dass mit der vorliegenden Hardware ein genügend geringer Energieverbrauch erzielt werden kann, um die spezifizierte Batterielebensdauer von 10 Jahren einzuhalten. Die Stromaufnahme während eines Aufzeichnungsintervalls ist in Abbildung 3 ersichtlich.

Ausblick

Aufgrund des sehr geringen Energieverbrauchs der implementierten Applikation ist es denkbar, dass während des Low-Power Betriebs weitere Daten wie eine Sequenz der Beschleunigung oder eine Tonsequenz aufgezeichnet wird. Daraus könnten weitere Rückschlüsse auf die Umgebungsbedingungen gezogen werden.



Abb. 3 Stromaufnahme Low-Power



Getreidereinigung im Luftkanal

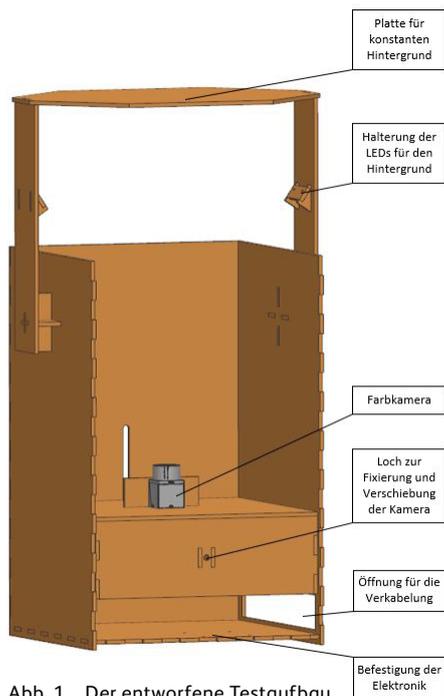


Abb. 1 Der entworfene Testaufbau



Abb. 2 Binärbild, welches aus einer Testaufnahme erstellt wurde.

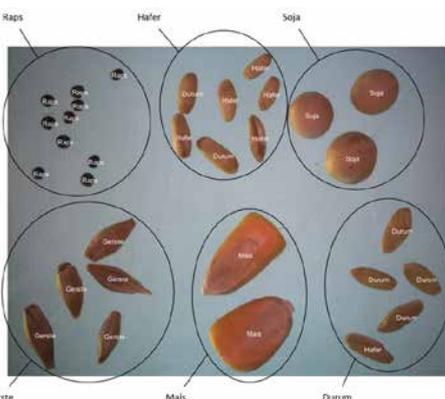


Abb. 3 Resultat der Klassifizierung einer Testaufnahme.

Problemstellung

Die Firma Bühler AG befasst sich mit der Reinigung, Lagerung und Aufbereitung von Getreide. Mithilfe der Aspiration kann durch einen konstanten Luftstrom eine grosse Menge Getreide in kurzer Zeit sortiert werden. Da die Geschwindigkeit des Luftstromes vom zu sortierenden Getreide abhängig ist, muss vorab die Getreidegattung bestimmt werden. Für die Erkennung der Getreidesorten soll ein Konzept entwickelt und ein Testaufbau entworfen werden. In diesem Projekt sollen die Getreidesorten Durum (Hartweizen), Gerste, Hafer, Mais, Raps und Soja erkannt werden.

Lösungskonzept

Es wurde ein Konzept entwickelt, welches unter realen Bedingungen funktioniert. Im entworfenen Testaufbau wurde eine Farbkamera unterhalb einer Plexiglasscheibe montiert, damit die Linse vor Staub geschützt wird. Um die Schwankungen des Umgebungslichtes auszugleichen, wurden mehrere Farb-LEDs mit verschiedenen Farbwerten verwendet. Mithilfe der Farbkamera können Getreidekörner einer Probe analysiert werden und anschliessend mit einer Software ausgewertet und einer Getreidesorte zugewiesen werden.

Realisierung

Es wurde eine Software entwickelt, die mithilfe von zwei Farbräumen (HSV und YCbCr) ein Binärbild aus einem aufgenommenen Testbild erstellt. Anschliessend wird jedes Korn, welches vollständig erkannt wurde, analysiert. Bei der Analyse werden 14 Eigenschaften bestimmt, mit einem Datensatz verglichen und einer Getreidesorte zugeteilt.

Ergebnisse

Aus den Tests hat sich gezeigt, dass Mais, Raps und Sojabohnen eine hohe Wahrscheinlichkeit aufweisen, richtig erkannt zu werden. Durum, Gerste und Hafer werden mit einer tieferen Wahrscheinlichkeit richtig erkannt. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 71.04% weist Durum den tiefsten Wert auf. Die Getreidesorten können mit dem vorliegenden Konzept gut bestimmt werden. Für die Getreidesorten Durum, Gerste und Hafer muss die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Klassifizierung erhöht werden, damit das System in der Praxis zuverlässig funktioniert.



Datenübertragung mit Rückkanal in Software-Defined Radio

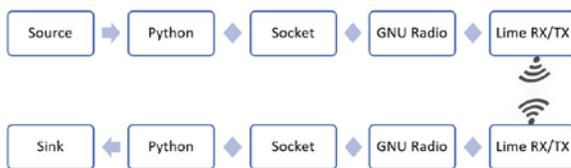


Abb. 1 Funktionsblöcke der Kommunikation

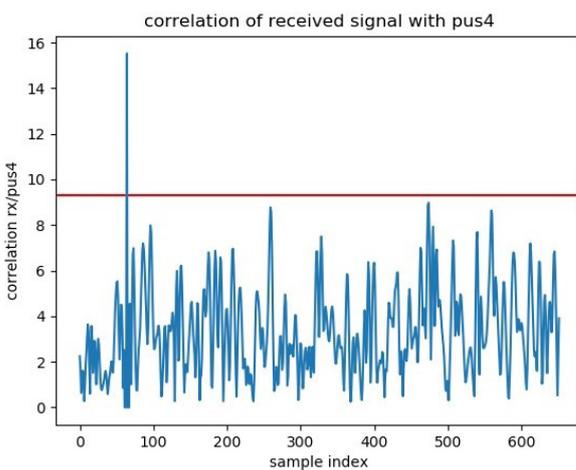


Abb. 2 Erkennung eines Pakets durch Korrelation

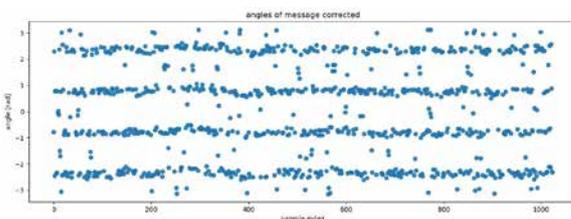


Abb. 3 Empfangene QPSK Symbole

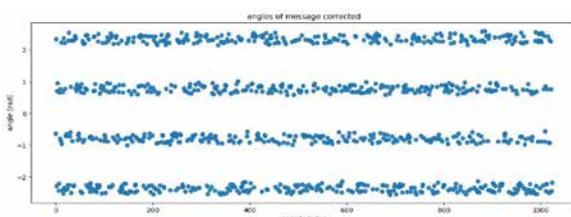


Abb. 4 Empfangene QPSK Symbole der Simulation mit simulierten Störungen im Funkkanal

Problemstellung

In dieser Arbeit müssen die Möglichkeiten des LimeSDR Mini für die Datenübertragung mit dem Rückkanal untersucht werden. Der LimeSDR mini verfügt über einen Intel MAX 10 FPGA, Lime Microsystems LMS7002M RF Transceiver und arbeitet in einem Frequenzbereich von 10MHz bis 3.5GHz.

Lösungskonzept

Mit dem Rückkanal wird ein Signalaustausch in beide Richtungen ermöglicht. Der Empfänger kann den Sender über die empfangenen Daten informieren und so das Senden des nächsten Pakets beeinflussen. Mit FDD (frequency division duplex) kommuniziert der Rückkanal auf einer anderen Frequenz. Mit TDD (time division duplex) wird für beide Kanäle dieselbe Frequenz verwendet.

Realisierung

Umgesetzt wurde die Kommunikation mit TDD. Das Paket wird über den Socket als binäre Datei gesendet und mit dem Constellation Modulator QPSK moduliert. Die Kommunikation verläuft bei einer Trägerfrequenz von 868.1MHz. Mit der QPSK Modulation entspricht dies einer Bitrate von 25kbit/s. Die gesendeten Daten werden in 256 Byte grosse Pakete aufgeteilt. Es wird eine Prüfsumme am Ende des Pakets von 10 Byte angefügt. Wenn der Timeout Counter den Maximalwert erreicht, wird das Paket erneut gesendet und der Timeout Counter zurückgesetzt. Dies wiederholt sich solange, bis eine Bestätigung erkannt wird. Das rx erhält eine Grösse von 1295 Symbolen worin pus4 mit der Grösse von 256 Symbolen gesucht wird. Als Kriterium für die korrekte Präambel, darf dieser Peak im gesamten Paket nur einmal vorkommen. Anhand der empfangenen Präambel wird der time offset und den phase drift mit dem Maximum Likelihood Estimation Verfahren ermittelt. Sind die beiden Prüfsummen identisch, wird eine positive Bestätigung gesendet.

Ergebnisse

Die Ursache der unerwünschten Störungen, konnte leider nicht herausgefunden werden. Es wurde jedoch beobachtet, dass die Störungen erst nach längerem Einsatz der Funkmodule auftraten. Die Untersuchung vom Einfluss der Wärmeentwicklung und Rauschen ergab keine Anhaltspunkte. Zusammenfassend folgende Aussagen:

- Die Ausreisser werden nicht durch die Signalverarbeitung erzeugt.
- Bei starkem Rauschen wird die Präambel gut erkannt. Sind die Winkel der Symbole zu nahe beieinander, können die Symbole falsch interpretiert werden.
- Schwankungen bei Frequenzen kann die Präambel schlechter erkannt werden.
- Die entstehenden Fehler können in der Signalverarbeitung korrigiert werden.



Objekt Lokalisierung und Rekonstruktion in Holographie Bildern

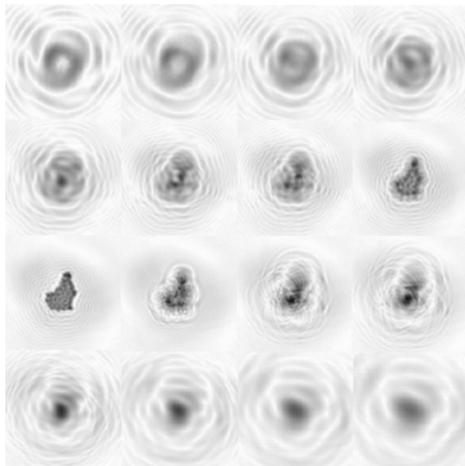


Abb. 1 Rekonstruktionen einer Aufnahme mit unterschiedlichen Distanzen

Problemstellung

Swisens, ein Startup der Hochschule Luzern hat ein Gerät entwickelt, das Pollen in der Luft im Flug zählen und identifizieren kann. Die Pollenmessung funktioniert mit dem Prinzip der inline-Holographie. Um aus den holographischen Aufnahmen ein scharfes Bild der fliegenden Polle zu erhalten, müssen diese Aufnahmen mit der richtigen Rekonstruktionsdistanz rekonstruiert werden. Die Aufgabe dieser Arbeit war es, das bereits bestehende Vorgehen zum Finden dieser Distanz zu untersuchen, zu verbessern oder nach Alternativen zu suchen.

Lösungskonzept

Um diese Aufgabe anzugehen, wurde das bestehende Vorgehen analysiert. Das bisherige Vorgehen bestand aus zwei unabhängigen Verfahren. Zum einen ein einstufiges Verfahren, wo die Distanz von einer zweiten, orthogonalen Aufnahme ausgelesen wird. Zum anderen ein zweistufiges Verfahren, wo mehrere Bilder rekonstruiert werden. In diesen Bildern wird die Schärfe des Partikels bewertet und anschliessend die Distanz des schärfsten Bildes gewählt. In dieser Arbeit lag der Fokus auf der Ergänzung des zweistufigen Verfahrens mit anderen Schärfekriterien und effizienteren Approximationsmethoden, um mit weniger rekonstruierten Bildern ähnliche Resultate zu erzielen.

Realisierung

Die Ergänzungen zum bisherigen Vorgehen zum Finden der Rekonstruktionsdistanz wurden anhand von Recherchen theoretisch erarbeitet und mit der Programmiersprache Python implementiert.

Die so entstandenen unterschiedlichen Verfahren wurden schliesslich getestet und mit einer Nutzwertanalyse bewertet. Dafür werden die Kriterien Zuverlässigkeit, Geschwindigkeit und Speicherverbrauch benutzt.

Ergebnisse

Das bereits verwendete Verfahren ist zwar langsam, dafür aber das zuverlässigste. Um die effizienteren Verfahren zuverlässiger zu machen, damit sie eher als Alternative zum bisherigen Vorgehen angesehen werden können, könnten die Parameter der einzelnen Funktionen noch optimiert werden.

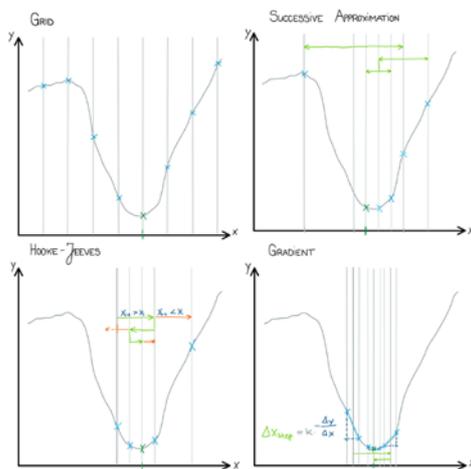


Abb. 2 Skizzen der unterschiedlichen Approximationsverfahren

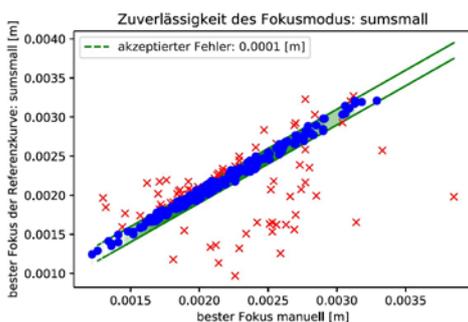


Abb. 3 Beispiel eines Graphen zur Bewertung der Zuverlässigkeit eines Schärfekriteriums



Prädiktive Instandhaltung für Bahnübergänge

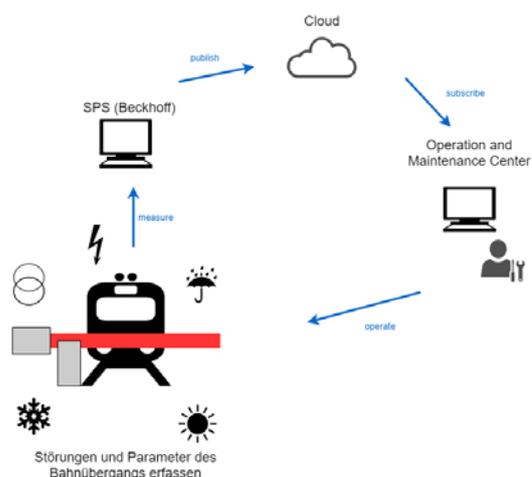


Abb. 1 Übersicht der Anwendung mit dem IoT-Kommunikationsprinzip

Problemstellung

Die Firma Kummler + Matter EVT SA ist unter anderem im Bereich Sicherungsanlagen von Bahnübergängen tätig. Unter dem Namen «prädiktive Instandhaltung» soll eine Steuerung entwickelt werden, die Probleme und Störungen eines Schrankenanschlusses detektiert. Diese Steuerung soll modular in der neuen Steuerungsgeneration eingesetzt, aber auch bei bereits bestehenden Anlagen oder Fremdprodukten nachgerüstet werden können.

Lösungskonzept

Mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) werden die wichtigsten Parameter wie Motorstrom, Motorspannung und die Zustände der Endschalter erfasst und abgespeichert. Mithilfe von implementierten Algorithmen können Unstimmigkeiten gegenüber einer Referenzkurve ausgemacht werden. Die IoT-fähige Steuerung setzt die Fehlermeldungen über ein Netzwerkprotokoll (MQTT) zu einem Broker in eine Cloud ab. Von nun an stehen alle Wege offen. Die Meldungen und Daten können entweder cloudbasiert durch Dienste analysiert und weiterverarbeitet oder von einer lokalen Verarbeitungsstelle abonniert und ausgewertet werden. Verursacht ein Schrankenanschlag mechanische oder elektrische Probleme, ist nun eine prompte Handlung möglich.

Realisierung

Mithilfe eines Testaufbaus bestehend aus zwei Steuerungen können die implementierten Algorithmen geprüft werden. Eine SPS imitiert hierbei den Schrankenanschlag und simuliert die Parameter wie Spannung und Strom. Unabhängig davon wird mit einer weiteren SPS die Auswertung und die IoT-Anbindung bewerkstelligt. Durch eine Benutzeroberfläche (HMI) kann das Versuchsobjekt bedient werden. Nebst einer grafischen Visualisierung der Messwerte können auch Störgrößen zur Simulation von Problemen eingestellt werden.

Ergebnisse

Die IoT-Vernetzung eines Bahnüberganges wird durch Tests mit verschiedenen Cloud-Anbietern belegt. Mithilfe einer C#-Benutzeroberfläche sind die Daten auch auf jedem berechtigten Computer lokal zugänglich. Die Alarmierungsmethode kann verschieden erfolgen: Mit Push-Benachrichtigungen werden Personen, die gerade am PC arbeiten, informiert. Die Einbindung von Microsoft Outlook ermöglicht es dem Servicetechniker automatisch einen Termin im Kalender zu generieren, damit eine Überprüfung des Bahnübergangs vorgenommen werden kann. Eine weitere Möglichkeit besteht durch das Absetzen einer Meldung in Microsoft Teams.

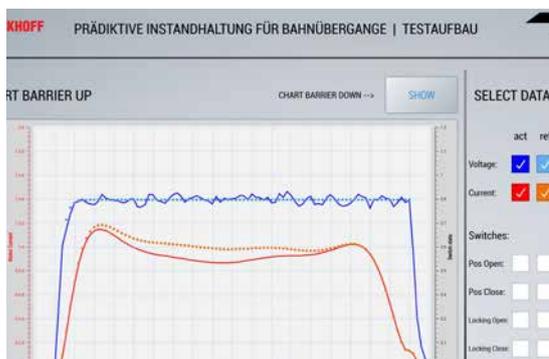


Abb. 2 HMI-Benutzeroberfläche mit Mess- und Referenzdaten

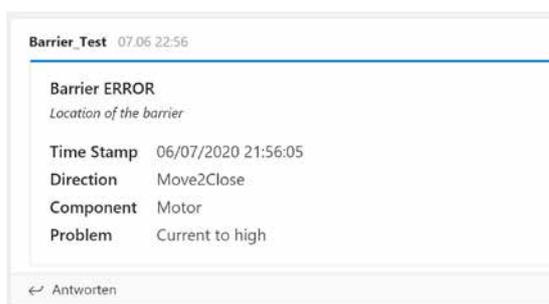


Abb. 3 Benachrichtigung einer Störung in Microsoft Teams



iOS – App für Blinden-Navigation

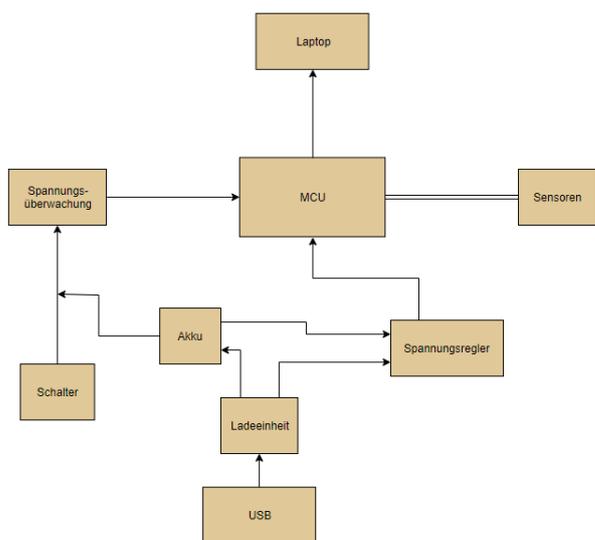


Abb. 1 Eine grobe Übersicht über das gesamte System

Problemstellung

In dieser Arbeit geht es darum den sehbehinderten Menschen den Prozess, eines neuen Weges zu erlernen, zu vereinfachen. Dies soll mit verschiedenen Sensoren, wie Beschleunigungssensor ermöglicht werden. Dabei kann die blinde Person mit einem Betreuer den neuen Weg von Checkpoint nach Checkpoint ablaufen und der Weg wird mit den Sensoren aufgenommen und abgespeichert. Die Abweichung der berechneten Position soll kleiner als 2% sein. Dies ergibt bei einem maximalen Checkpoint-Abstand von 50 m eine Abweichung von einem Meter. In Gebäuden soll die maximale Checkpoint-Länge 25 Meter betragen, was einen Fehler von 0.5 m ergibt.

Lösungskonzept

Mit einem USB-Kabel kann der Akku geladen und/oder das System gespiesen werden. Die Sensoren kommunizieren über einen SPI-Bus mit der MCU. Über den SPI sollen die Daten zur MCU geschickt werden und dort entweder verarbeitet oder direkt zum Laptop geschickt werden. Von der MCU kann via Bluetooth- USB oder Debug-Schnittstelle mit dem Laptop kommuniziert werden.

Realisierung

Um dies zu erreichen, wurde ein bestehender Print einer älteren Arbeit optimiert, die benötigten Komponenten ausgewählt und mit diesen den Print bestückt. Die wichtigsten Komponenten waren der Mikrocontroller und die Sensoren. Als MC wurde der MK22FN512VLH12 ARM Cortex-M4F von NXP verwendet. Bei den Sensoren wurde ein LSM9DS1TR genommen, welcher alle benötigten Sensoren enthält. Danach wurde ein C-Programm in der MCUXpresso IDE Umgebung geschrieben, das die Kommunikation zwischen Mikrocontroller und Sensoren ermöglichen soll.

Ergebnisse

Zum Schluss wurden verschieden Tests durchgeführt, um die Funktionalitäten des Boards, des SPI und der Sensoren zu prüfen. Es konnten erfolgreiche Tests mit Hilfe eines Logic Analyzers durchgeführt werden, die auf die Funktionalität des Boards und eine erfolgreiche Kommunikation per SPI schliessen. Es konnte jedoch im Rahmen dieser Arbeit keine genaueren Aussagen über die Genauigkeit der Sensoren gemacht werden.

Ausblick

Der letzte Test war das Lesen der Sensor-Daten.

In einem nächsten Schritt könnte man die Algorithmen noch etwas funktional ausbauen, um die Auslesung der Sensoren per Interrupt zu machen, um damit die Werte für die Aufzeichnung von einer Wegstrecke berechnen zu können.



Abb. 2 Das fertig bestückte PCB mit vier 9D Sensoren



Abb. 3 In diesem Bild ist ein Test mit dem Logic Analyzer zu sehen. Bei diesem Test wurden die Beschleunigungswerte der Sensoren über den SPI-Bus zum MC gesendet. Channel 0: Clock, Channel 1: MOSI, Channel 2: MISO



PFC und Oberwellenfilter für Einphasenumrichter

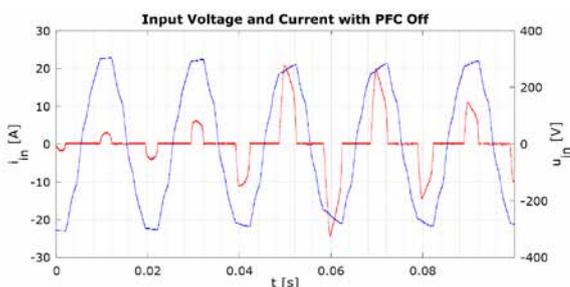


Abb. 1 Eingangsspannung (blau) und Eingangsstrom (rot) ohne aktiver PFC. Es resultieren hohe Spitzenströme.

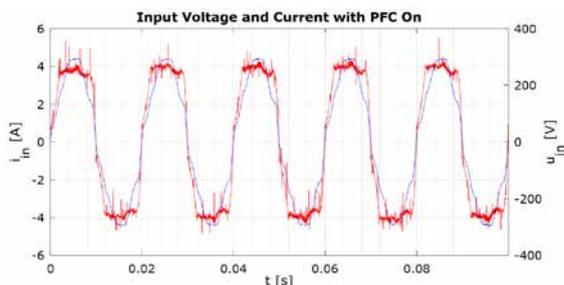


Abb. 2 Eingangsspannung (blau) und Eingangsstrom (rot) mit aktiver PFC. Der Eingangsstrom ist gleichmässiger und sinusförmiger.

Problemstellung

Ein Gerät, das ans Stromnetz angeschlossen wird, bezieht davon nicht nur Leistung, sondern kann auch ungewünschte Störungen im Netz erzeugen. Diese Netzurückwirkungen sollten möglichst gering sein. Sie belasten das Netz unnötig und können andere Geräte stören. Mit einer sogenannten Power Factor Correction (PFC) können diese Störungen verringert werden. Für einen bestehenden Einphasenumrichter ist ein Prototyp eines PFC-Vorschaltmoduls zu entwickeln. Es soll die Netzurückwirkung, vor allem die Total Harmonic Distortion (THD), minimieren und innerhalb der gesetzlichen Limiten halten. Durch eine umfassende Recherche soll das Wissen zum Thema in der Firma erweitert werden. Das Modul soll einen Weitbereichsspannungseingang von 85—265 VAC unterstützen. Die Nennleistung liegt bei 150 W bei einer Ausgangsspannung von 650 VDC.

Lösungskonzept

Aus der gleichgerichteten Eingangsspannung wird mit einem Boost-Konverter die Ausgangsspannung von 650 VDC erzeugt. Der Eingangsstrom des Boost-Konverters wird durch eine integrierte Schaltung so geregelt, dass er stets sinusförmig und in Phase mit der Eingangsspannung ist. Zusätzlich sind Ein- und Ausgangsnetzfilter, ein Tiefpassfilter zur Filterung der Schaltvorgänge und eine Einschaltstrombegrenzung vorhanden. Eine Eingangsschutzbeschaltung schützt vor Überspannungen und transienten Störungen.

Realisierung

Die Prototypenschaltung ist auf einer vierlagigen Leiterplatte realisiert. Niederspannung und Kleinspannung sind strikt voneinander getrennt. Die Speicherspule des Boost-Konverters ist speziell für die hohe Ausgangsspannung dimensioniert und gewickelt. Die Schaltung ist in einem Testaufbau mit Schutzhaube montiert, um gefahrlos Messungen durchzuführen.

Ergebnisse

Mit dem Testaufbau kann der Prototyp vor bestehende Maschinen geschaltet und getestet werden. Er erfüllt die Anforderungen, zeigt aber auch die Grenzen des ausgewählten Konzepts auf. In ersten Messungen wird im Nennbetrieb eine THD von weniger als 10 % und eine Effizienz von grösser 90 % erreicht. In einem Funktionstest zusammen mit Maschinen von Komax konnte die Funktionalität unter Realbedingungen bewiesen werden. Durch die Tests sind jene Punkte bekannt, welche bei der Weiterentwicklung zu beachten sind. Im Rahmen dieser Arbeit wurde für die Firma wertvolles Wissen erarbeitet, welches es in Zukunft ermöglicht, solche PFC-Schaltungen in Neuentwicklungen zu integrieren.

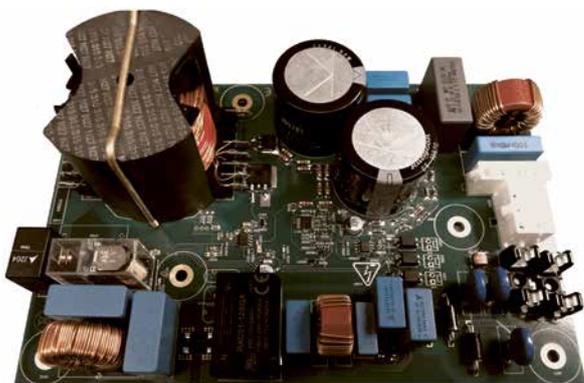


Abb. 3 Das im Rahmen der BAT entwickelte Prototypenboard.



Mechatronik, Automation, Robotik

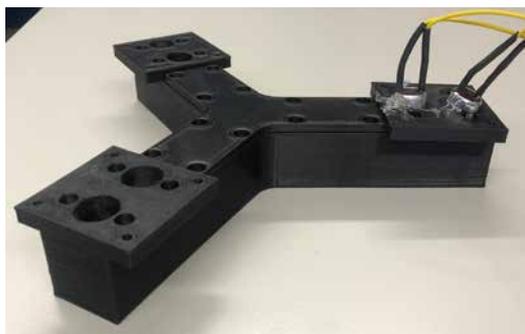


Abb. 1 Vorrichtung zur Nivellierung



Abb. 2 Simulation der Ultraschallsensoren

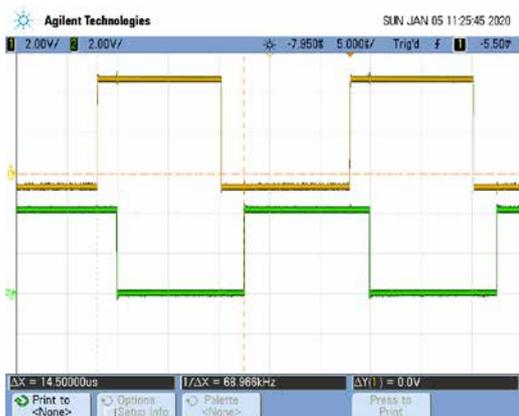


Abb. 3 Ergebnis der Kalibrierung mittels Oszilloskops

Messung	Anzahl Ticks des Zählers	Berechnete Distanz in um	Differenz zur Originalen Höhe in um
1	7226	2065.43	34.57
2	7171	2049.71	50.29
3	7255	2073.72	26.28
4	7159	2046.28	53.72
5	7300	2086.58	13.42
6	7199	2057.71	42.29
7	7178	2051.71	48.29
8	7202	2058.57	41.43
9	7179	2052.00	48.00
10	7306	2088.30	11.70
Durchschnittliche Abweichungen aller zehn Messungen = 37.00um			
Tabelle Messtabelle der Kalibrierung			

Abb. 4 Ergebnis der Kalibrierung mittels Microkontroller

Problemstellung

Diese interdisziplinäre Bachelor-Thesis soll ein Funktionsmuster einer selbstnivellierenden Bodenplatte realisieren. Im Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnologie soll ein Sensor realisiert werden, welcher eine Neigung von $\pm 40\mu\text{m}$ aufnimmt. Dabei sollen verschiedene Methoden evaluiert und gegenübergestellt werden. Gemäss den Anforderungen wird eine dieser Methoden realisiert.

Lösungskonzept

Mittels Ultraschallsensoren wird die Distanzmessung in der Vorrichtung, siehe Abbildung 1, realisiert. In dieser Vorrichtung wird Wasser gefüllt, was die reflektierende Fläche darstellt. Bei einem Niveauunterschied ist bei drei Sensoren eine unterschiedliche Höhe zu messen. Die komplette Elektronik und der Ultraschall wurden in einer Simulation, siehe Abbildung 2, simuliert. Dabei wird der Phasenunterschied zwischen gesendetem und empfangenem Signal über einen Microkontroller gemessen. Der Microkontroller erzeugt ein 40kHz Signal und steuert damit den Sender an, gleichzeitig startet ein Timer im Microkontroller um den Zeitunterschied und damit den Phasenunterschied zu messen. Die Software fragt mittels Pin-Abfrage (Polling) ob ein Signal beim Empfänger angekommen ist, ist dies geschehen, wird der Timer gestoppt. Der Microkontroller berechnet die Zeit in eine Distanz und gibt diese an ein LCD-Display aus.

Ergebnisse

Der Sensor wurde wie in Abbildung 1 in die Vorrichtung montiert und eine Messung in der leeren Vorrichtung ausgeführt. Mittels eines Oszilloskops wurde eine Referenzmessung durchgeführt, dies ist in der Abbildung 3 zu sehen. Der Phasenunterschied beträgt 14.5us dies entspricht einer Distanz von ca. 2.1mm. In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Schaltung und dem Microkontroller zu sehen. Es ist eine Abweichung von 37.00um zu sehen, welche durch die Elektronik und Trägheit der Ultraschallsensoren entsteht. Mit dieser Abweichung kann nun auf die korrekte Höhe von 2.1mm zurückgerechnet werden. So ist eine Genauigkeit zwischen 10 und 50um zu erkennen, womit das Lösungskonzept bestätigt werden konnte.

Ausblick

Dadurch dass die Sensorik ein komplexes Thema ist, muss für das Funktionsmuster die Software fertiggestellt werden. Erst dann wird daraus eine Vorrichtung die eine Neigung von $\pm 40\mu\text{m}$ messen und korrigieren kann. Aus dieser Methode lassen sich unterschiedliche Anwendungen erarbeiten, zum Beispiel eine intelligente Wasserwaage.



Automatisierte Gangschaltung für e-Bike Prüfstand



Abb. 1 E-Bike Prüfstand im Kompetenzzentrum Intelligent Sensors and Networks



Abb. 2 Am e-Bike montierte D1x Trail

Problemstellung

Die maxon advanced robotics & systems ag entwickelt und vertreibt Antriebslösungen für e-mobility-Applikationen wie unter anderem e-Bikes. Zusammen mit dem Kompetenzzentrum Intelligent Sensors and Networks (CC ISN) der HSLU T&A wurde zum Teil auch in Bachelorarbeiten wie dieser ein in der Schweiz einzigartiger Rollenprüfstand entwickelt, um charakteristische Größen von e-Bike Antrieben unter realistischen Bedingungen messen zu können. Beim Prüfstand wurden bereits viele Aspekte berücksichtigt, um Testfahrten möglichst realitätsnah simulieren zu können. Jedoch fehlte noch ein fundamentaler Aspekt, so konnten die Gänge nicht geschaltet werden. Dies wäre beim Abfahren von Strecken mit unterschiedlichen Steigungen wichtig, um daraus realitätsnahe Messergebnisse gewinnen zu können. Daher war das Ziel dieser Arbeit die Integration eines Schaltsystems, welches unter definierten Bedingungen automatisch schaltet.

Realisierung

Im ersten Schritt wurden verschiedene Schalt- und auch Antriebssysteme verglichen und unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse im Anschluss ein geeignetes Schaltsystem evaluiert. Dabei wurde die Verwendung eines elektrischen Schaltwerks, die elektrische Bedienung der Schalthebel sowie auch die Bewegung des Schaltkabels in Betracht gezogen. Letzteres hat sich schlussendlich durchgesetzt, weil sie generisch mit mechanischen Ketten- und Nabenschaltungen funktioniert, preislich am günstigsten ist und die Lieferzeit wenige Tage beträgt. Zudem war der Hersteller bereit, die nötigen Informationen zur Verfügung zu stellen, die eine Ansteuerung mit einem Mikrocontroller ermöglichen.

Ergebnisse

Die Schaltung wurde mit einem Mikrocontroller angesteuert, in den Prüfstand eingebunden und ein Algorithmus entwickelt, der aufgrund der Trittfrequenz automatisch schaltet. Danach wurde mit Messungen das Resultat des Algorithmus geprüft und dieser so iterativ optimiert und erweitert, damit auch vorausschauend geschaltet werden kann. Da Menschen sehr unterschiedlich schalten, enthält der Algorithmus zudem verschiedene Parameter, mit denen diverse Schaltverhalten eingestellt werden können. Somit ist der Prüfstand um eine wichtige Funktion näher an die Realität gerückt.



Abb. 3 Vergleich von Streckenabfahrten mit/ohne Schalten

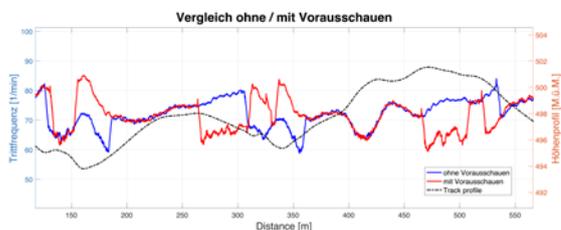


Abb. 4 Vergleich von Streckenabfahrten ohne/mit vorausschauendem Schalten



Roboterplattform für Aussenbereich



Abb. 1 zur Verfügung gestellte und verwendete Komponenten



Abb. 2 mobile Roboterplattform: fertiges Konzept

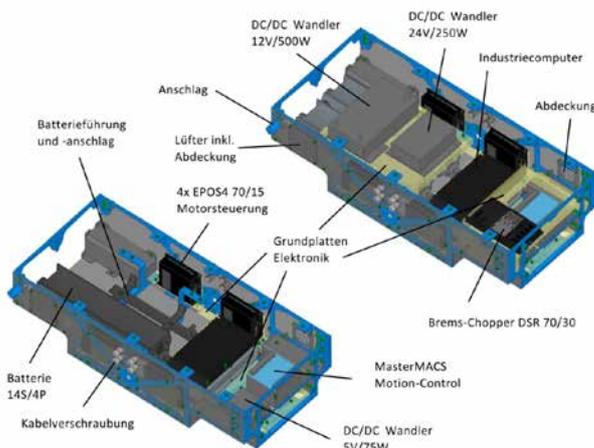


Abb. 3 Anordnung der ausgewählten Komponenten

Problemstellung

Die Firma maxon entwickelt in einem Projekt in Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern – Technik und Architektur eine mobile Roboterplattform. Als Grundlage dienen Antriebe und Controller aus der eigenen Produktpalette (Abb. 1).

In interdisziplinärer Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Maschinentechnik soll ein Prototyp-Konzept ausgelegt und ausgearbeitet werden, das modular aufgebaut und mit unterschiedlichen Sensoren und Aktoren erweiterbar ist. Zusätzlich soll der Beweis erbracht werden, dass sich die Plattform, bestehend aus den gegebenen Komponenten, per Xbox-Controller gezielt steuern lässt.

Lösungskonzept

Da noch keine Anwendung spezifiziert ist, sind die Anforderungen aus den vorgegebenen maxon Komponenten und dem aktuellen Marktangebot entstanden. Die Hochschule Luzern arbeitet bereits mit mobilen Robotern und konnte ihre wertvollen Erfahrungen in die Lösungsfindung einbringen. Aus unterschiedlichen Lösungsvarianten ist entschieden worden, dass das Lösungskonzept wie in Abb. 2 sichtbar, mit Luftreifen, einem beweglichen Fahrwerk und einer Lenkung per Drehzahldifferenz umgesetzt wird. Als übergeordnete Steuerung wird ein leistungsstarker Linux-Industrierechner verwendet, der autonome Projekte ermöglicht. Die Versorgungsspannungen werden mit unterschiedlichen DC/DC-Wandlern zur Verfügung gestellt, während die Energieversorgung mit zwei maxon Batteriesystemen gewährleistet wird (siehe Abb. 3).

Realisierung

Die Bewegungsbefehle des Xbox Controllers werden mit einer im ROS-Framework implementierten Anwendung ausgelesen und vom Industrie-PC per TCP over Ethernet an den Motion-Controller gesendet. Der Motion-Controller steuert und regelt die Motoren gezielt an.

Ergebnisse

Das Produkt dieser Bachelor-Thesis ist ein ausgearbeitetes Elektro-Konzept sowie die Beweiserbringung, dass die Motoren mit einem Xbox Controller gezielt manövriert werden können.

Ausgestattet mit Kommunikationsschnittstellen wie HDMI, USB, RJ45 und Wifi sowie unterschiedlichen Versorgungsanschlüssen (5V, 12V und 24V) kann die Plattform mit den unterschiedlichsten Sensoren und Aktoren ausgestattet werden. Zwei Lithium-Ionen-Batterien ermöglichen eine Betriebszeit von rund sechs Stunden.

Ausblick

In einer nächsten Projektphase werden die Komponenten von der Hochschule Luzern beschafft, der mobile Roboter zusammengesetzt, in Betrieb genommen und getestet.



Funkfernsteuerungsempfänger



Abb. 1 Funkfernsteuerungsempfänger – Hardware

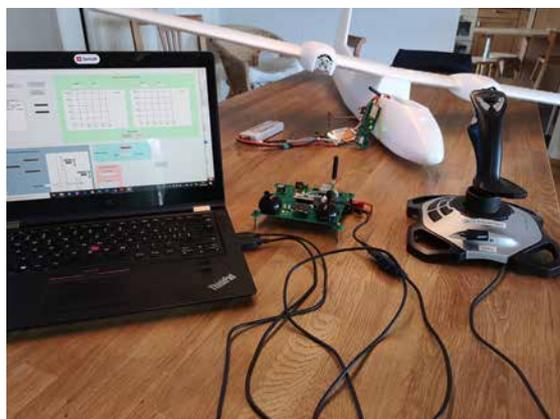


Abb. 2 Gesamtes Funkkommunikationssystem



Abb. 3 System Flight-Test

Problemstellung

In einem Vorprojekt wurde eine Funkfernsteuerung entwickelt, die über ein eigenes Protokoll mit einer Bodenkontrollstation (Ground Control Station, GCS) kommuniziert. Ziel dieser Arbeit war es, den dazugehörigen Funkfernsteuerungsempfänger zu entwickeln und das gesamte Funkkommunikationssystem an ein spezifisches Endsystem, ein Modellbauflugzeug, zu adaptieren. Über den 'Uplink' sollen die Funkfernsteuerungskommandos an den Empfänger gesendet werden, der damit die BLDC- und Servomotoren ansteuert. Ausserdem soll es über ein Human-Machine-Interface von der GCS aus möglich sein, aktiv Steuerkommandos zur Flugkontrolle senden zu können.

Lösungskonzept

Zu Beginn des Projektes wurde ein Hardware-Konzept für einen generischen Funkfernsteuerungsempfänger (siehe Abb. 1) entwickelt. Ein Mikrocontroller der Firma STM kommuniziert über die UART-Schnittstelle mit dem Funkmodul, welches über Frequenzhopping im ISM-Band mit 100mW Ausgangsleistung sendet. Für die Flugkontrolle ist ein externes PWM-IC (PCA9685) zuständig, welches über I2C vom Prozessor angesprochen wird. Das Software-Konzept basiert auf einem FreeRTOS, in welchem insgesamt fünf verschiedene Tasks ausgeführt werden. Zwei Tasks kümmern sich um die bidirektionale, serialisierte Kommunikation. Ein weiterer Task ist für die Akkuspannungsüberwachung zuständig. Die Flugkontrolle wird ebenfalls in einem separaten Task realisiert, der die Uplink Funkdaten in PWM-Signale umrechnet. Der letzte Task kümmert sich um die gesamte Programmablaufsteuerung.

Realisierung

Die entwickelte Funkempfänger-Hardware wurde in das Modellflugzeug integriert und an das bestehende System adaptiert (siehe Abb 2). Die bestehende Funkfernsteuerungssoftware wurde ebenfalls auf ein FreeRTOS portiert und weitere Tasks für die bidirektionale Kommunikation implementiert. Auf Seiten der GCS wurde mit einer C# Wrapperklasse für Gaming-Devices, ein Treiber für einen Logitech-Joystick implementiert. Diese Joystickdaten werden nun über die Funkfernsteuerung, die als Gateway arbeitet, an den Empfänger weitergeleitet.

Ergebnisse

Schlussendlich konnte das gesamte Funkkommunikationssystem in einem Flight-Test validiert werden. Das Modellflugzeug lässt sich mit einer Aktualisierungsrate von 30Hz in zwei verschiedenen Flugmodi, steuern. Entweder werden die Steuerkommandos über den Joystick von der GCS aus aufbereitet oder direkt auf der Fernsteuerung selbst.



Beleuchtungsstärkemessung mit Drohne auf Fussballplätzen



Abb. 1 Test des Prototyps unter Realbedingungen



Abb. 2 Generierte Mission mit allen 77 Messpunkten

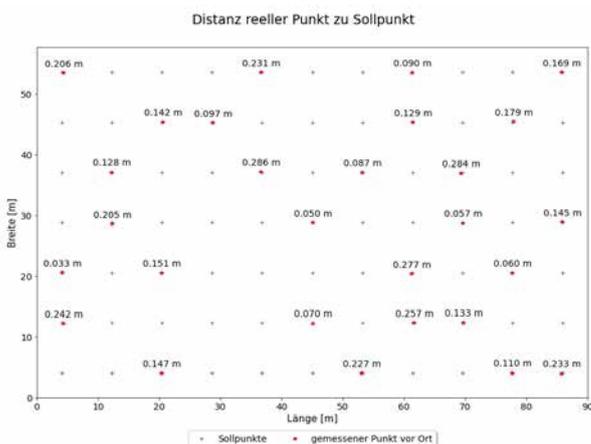


Abb. 3 Verifikation der Positionsgenauigkeit in der Horizontalen mit vor Ort extrahierten Eckpunkten

Problemstellung

Eine Fussballplatzbeleuchtung verliert infolge Alterung und Verschmutzung an Beleuchtungsstärke. Um eine ausreichende Beleuchtung zu gewährleisten, ist eine solche Beleuchtung alle fünf Jahre gemäss den Normen der Schweizer Licht Gesellschaft (SLG) an 77 Messpunkten zu überprüfen. Bisher werden diese Messungen manuell von zwei Personen durchgeführt. Um diesen Prozess effizienter zu gestalten, sollen diese Messungen mithilfe einer Drohne autonom durchgeführt werden können.

Lösungskonzept

Die Positionsgenauigkeit einer herkömmlichen Drohne mit GPS ist unzureichend, deswegen wurde eine Drohne verwendet, welche über Real Time Kinematic (RTK) verfügt. Dabei handelt es sich um eine Ergänzung zum GPS, bei dem eine Bodenstation kontinuierlich Korrekionsdaten an die Drohne sendet. Zum Loggen der Positionsinformation, sowie zum Einlesen des Beleuchtungsmessgerätes wurde die Drohne um ein Raspberry Pi ergänzt. Zur Erzeugung des Messrasters sind drei Eckpunkte des Fussballplatzes nötig, diese wurden aus Onlinekartenmaterial extrahiert.

Realisierung

Die Koordinaten der 77 Messpunkte wurden mithilfe einer Drittanbieter-Software in ein passendes Format konvertiert, so dass die autonome Mission mithilfe der Android-Applikation des Drohnenherstellers geladen und ausgeführt werden konnte. Auf dem Raspberry Pi werden die Positionsinformationen der Drohne, sowie die Messwerte des Beleuchtungsmessgerätes mit einem Zeitstempel versehen gespeichert.

Ergebnisse

Ein Test der Positionsgenauigkeit zeigte auf, dass Abweichungen in der Horizontalen von bis zu 1.25 Metern auftauchten (bei Extraktion der Eckpunkte aus Onlinekartenmaterial). Die geforderte Genauigkeit in der Horizontalen betrug 0.5 Meter. Als Folge daraus wurden benötigten Eckpunkte des Fussballplatzes vor Ort mit der Drohne eingelesen, was zu deutlich besseren Resultaten führte (siehe Abbildung 3).

Ausblick

Da die Eckpunkte vor Ort extrahiert werden müssen, um die Positionsgenauigkeit zu erreichen, lässt sich die Applikation des Drohnenherstellers nicht verwenden. Somit muss die gesamte Missionslogik auf das Raspberry Pi oder eine eigene Android-Applikation ausgelagert werden.



Fehlerhandling bei Mittelspannungsanlagen

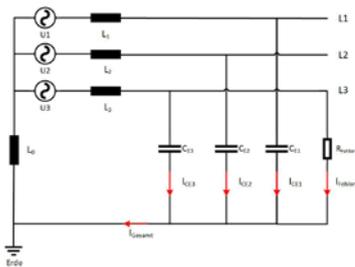


Abb. 1 Prinzipieller Aufbau eines kompensierten Netzes

Problemstellung

Das CKW-Verteilnetz wird kompensiert betrieben und Erdschlüsse werden rasch abgeschaltet. Es ist zu analysieren, ob für den Betrieb des Mittelspannungsnetzes das aktuelle Konzept die Anforderungen erfüllt, oder ob eine andere Variante die Netzunterbrechungszeiten verringern kann. Zu berücksichtigen sind dabei die gesetzlichen und betrieblichen Rahmenbedingungen. Analysiert werden folgende Konzepte:

- Abschalten (wie bisher)
- Nicht Abschalten (Netz im Fehlerfall weiter betreiben)
- Vollumfängliche Überwachung (sämtliche Trafostellen werden mit Fernwirkanlagen ausgestattet)
- Teilweise Überwachung (nur gewisse Trafostationen werden mit Fernwirkanlagen ausgestattet)

Lösungskonzept

Für die Analyse der verschiedenen Konzepte wird eine Nutzwertanalyse für ein Stromnetz erstellt. Danach folgt für jedes Konzept eine Risikoanalyse, in der die Risiken, dessen Folgen und Ursachen aufgelistet werden. Für die Risiken mit kritischen und katastrophalen Folgen wird in einem Massnahmenkatalog festgehalten, wie diese in der Häufigkeit minimiert oder die Folgen vermindert werden können. Schlussendlich wird ein allfälliger Mehrnutzen einer Variante gegenüber der anderen eruiert und analysiert.

Ergebnisse

Es zeigt sich, dass das aktuelle Konzept sich bewährt. Es zeigt auch, dass eine vermehrte Überwachung der Trafostationen und Erweiterung der Fernwirkanbindung, wie das bei der teilweisen Überwachung der Fall ist, das aktuelle Konzept verbessern würde. Diese Verbesserung macht sich besonders bei der schnelleren Ortung des Fehlers bemerkbar. Somit kann die Unterbrechungszeit eines Leitungsabschnittes gesenkt werden.

Die vollumfängliche Überwachung ist für das Mittelspannungsnetz der CKW kaum eine mögliche Option. Der finanzielle Aufwand, alle Trafostationen mit einer Fernwirkanbindung auszustatten ist enorm. Das Konzept nicht Abschalten scheidet bei der Analyse am schlechtesten ab. Der Personen- und Sachenschutz ist das wichtigste Kriterium beim Betrieb des Netzes und ist der Hauptgrund für das schlechte Abschneiden dieses Konzepts. Aus Sicht des Personen- und Sachenschutzes ist es nicht vereinbar, das Netz während eines Erdschlusses weiter zu betreiben. Daher bietet dieses Konzept keine Alternative zu dem aktuellen.

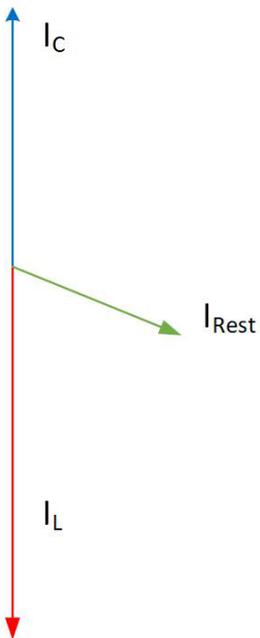


Abb. 2 Zeigerdiagramm des Fehlerstroms

Teilweise Überwachung

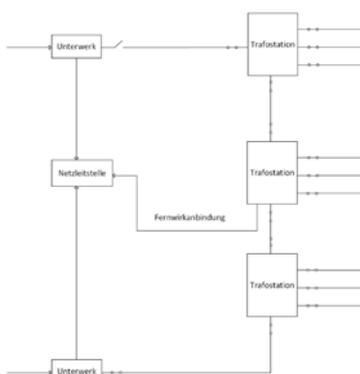


Abb. 3 Prinzip der teilweisen Überwachung



ΣΔ Modulator & Klasse D Verstärker & Filter

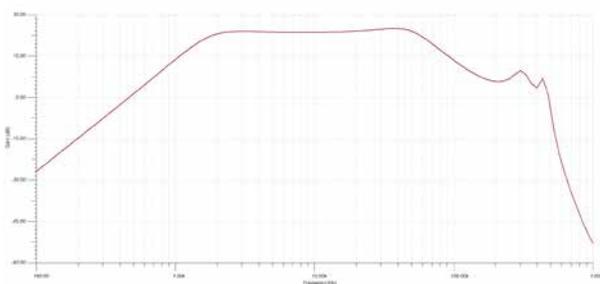


Abb. 1 Übertragungsverhalten des Filters

Problemstellung

Um Steuersignale zwischen Tal- und Bergstation zu übertragen, wird das bewegte Trageseil der Bahn genutzt. Als Steuersignale dienen Sinussignale im Frequenzbereich von 2.5kHz bis 38.1kHz. Die Schwingungen werden durch nahe am Seil liegende Stahlplatten, kapazitiv eingekoppelt bzw. ausgekoppelt. Die Sendeeinheit ist nur schwer zugänglich und wird per Batterie betrieben. Daher ist es wichtig, dass die besagte Sendeeinheit möglichst wenig Energie verbraucht.

In einer früheren Bachelorthesis wurde bereits eine Sendeeinheit realisiert. Hierbei wurde eine PWM-Modulation angewandt; damit konnte jedoch der geforderte Klirrfaktor von 0.1 % nicht eingehalten werden.

Lösungskonzept

Es geht nun darum ein Sinussignal per SDM 2. Ordnung zu modulieren, per Class-D-Verstärker zu verstärken und zum Schluss mit einem LC-Filter wieder zu rekonstruieren. Die Signalgenerierung kann von der früheren Arbeit übernommen werden. Der SDM soll auf einem FPGA implementiert werden, zudem wird der Verstärker und LC-Filter aufgebaut und ausgemessen. Die ganze Sendeeinheit soll möglichst wenig Energie verbrauchen.

Realisierung

Es wurde ein PCB mit Treiber und Filter designet und an der Hochschule hergestellt und bestückt. Der Modulator wurde einerseits in MATLAB/Simulink simuliert und auf dem FPGA implementiert.

Ergebnisse

Bei den Messungen hat sich gezeigt, dass das Filter den Erwartungen entspricht. Der Modulator weist jedoch am Ausgang noch erhebliche harmonische Verzerrungen auf. Diese Harmonischen konnten mit Hilfe von Dithering unterdrückt werden. Das gesetzte Ziel von einem Klirrfaktor < 0.1% konnte aber nicht eingehalten werden. Die Anforderungen an den Energieverbrauch wurden jedoch erfüllt.



Abb. 2 FFT des Ausgangssignals ohne Dithering bei einer Eingangsfrequenz von 4kHz



Abb. 3 FFT des Ausgangssignals mit Dithering bei einer Eingangsfrequenz von 4kHz



Effizienter AC/DC-Konverter

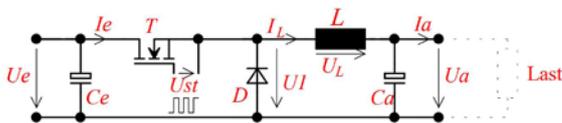


Abb. 1 Abwärtswandlerschaltung mit eingezeichneten Spannungen und Strömen (Heinz Schmidt-Walter, 2019).

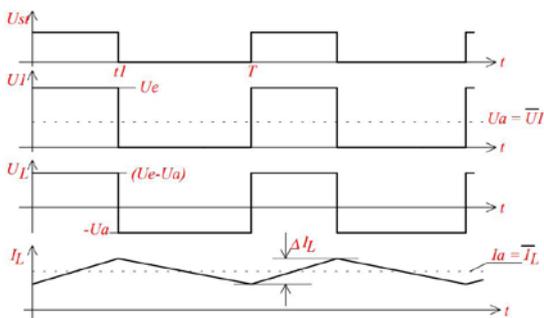


Abb. 2 Spannungen und Ströme des Abwärtswandlers (Heinz Schmidt-Walter, 2019).



Abb. 3 Prototyp der Schaltung im Vergleich zu einem Fünffranken Geldstück, welches der ungefähren Endgrösse der Schaltung entspricht.

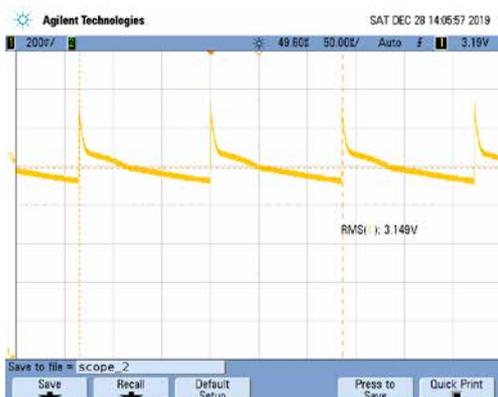


Abb. 4 Ausgangsspannung des Prototyps bei 275VAC Eingangsspannung, gemessen mit einem Oszilloskop.

Problemstellung

Die effiziente, günstige und platzsparende Wandlung von Spannung gewinnt in Zeiten, in denen Klimaschutz und gleichzeitige Wirtschaftlichkeit gefragt ist, immer mehr an Bedeutung. In der vorliegenden Arbeit wird ein Schaltnetzteil für Leistungen unter 3W (3.3VDC, 90mA) entworfen. Die restriktiven Parameter waren dabei die Effizienz der Wandlung, die Dimension (maximal 625mm mal 17mm), die Kosten (5.00.- CHF bei einer Auflage von 100'000 Stück) und die geforderte Eingangsspannung von 85VAC bis 275VAC. Ziel dieser Arbeit war eine funktionierendes Funktionsmuster zu entwerfen, welches die genannten Anforderungen erfüllen kann.

Lösungskonzept

Schaltnetzteile sind für die gestellte Aufgabenstellung prädestiniert. Speziell die Abwärtswandlerschaltung (Buck-Converter) konnte die geforderten Parameter an Energie-, Platz- und Kosteneffizienz erfüllen. Durch Taktung (Schalten) der gleichgerichteten Eingangsspannung werden Energieportionen zur angeschlossenen Last transportiert. Mittels einer Regelung kann die Leistung an der Last in Abhängigkeit der Pulsweite und der Eingangsspannung bestimmt werden.

Realisierung

Nachdem die Schaltung in den Simulationen funktionierte, konnte diese auf einem Laborsteckbrett aufgebaut werden. Im Anschluss dazu wurde ein Prototyp auf einem PCB (Printed Circuit Board) designt und in der Hochschule Luzern hergestellt, bestückt und getestet.

Ergebnisse

Als Ergebnis kann ein funktionierender Prototyp auf einem PCB (Printed Circuit Board) vorgezeigt werden. Dieser kann eine Eingangsspannung von 85VAC bis 275VAC in eine DC-Spannung von 3.2V bis 3.8V wandeln und das bei einem Einzelstückpreis von 5.30.-CHF. In einem nächsten Schritt müsste die Ausgangsspannung auf 3.3VDC stabilisiert und das PCB auf die geforderte Grösse komprimiert werden.



Türsensor



Abb. 1 CAD Modell der geöffneten Schiebetüre

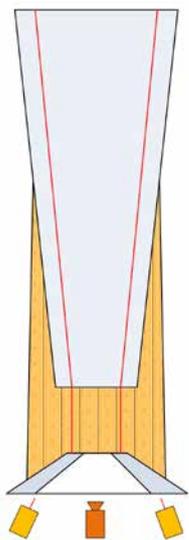


Abb. 2 Skizze der Linienprojektion auf den Boden sowie den Türrahmen (Komponenten: links/rechts: je 1x Laser, mittig: 1x Kamera)

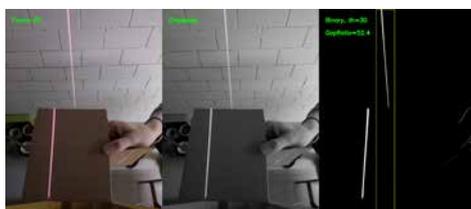


Abb. 3 Ein Objekt führt zur gewünschten perspektivischen Verschiebung der Laserlinie.

Problemstellung

Das Institut für Maschinen- und Energietechnik entwickelt ein neues Türkonzept, das die herkömmlichen Eingangstüren von Wohnungen ersetzen soll. Dabei kommt eine neuartige Schiebetüre zum Einsatz, welche dank der raffinierten Mechanik im geschlossenen sowie im geöffneten Zustand kaum wahrgenommen wird. Für diese Türe soll ein elektronischer, berührungsloser Sensor entwickelt werden. Dieser bewegt sich mit der Türe mit und muss zuverlässig vor einem Einklemmen jeglicher Objekte schützen. Zusätzlich soll die Höhe von Objekten im Durchgangsbereich erfasst werden.

Lösungskonzept

Nach entsprechender Recherche und Analyse fiel die Wahl auf die Überwachung mittels optischer Kamera und zwei Linienlasern. Die im oberen Bereich der Türplatte montierten Laser projizieren auf den Boden und den Türrahmen jeweils eine durchgehende Linie, welche mit der Kamera überwacht wird. Sobald sich ein Objekt innerhalb des Türbereichs befindet, nimmt die Kamera aufgrund der mechanischen Anordnung eine verschobene Laserlinie wahr.

Realisierung

Ein erster Prototyp des Sensors wurde an einer gefertigten Holztüre mittels Raspberry Pi und entsprechender Kamera aufgebaut. Zur Projektion einer einzelnen Linie kommt ein roter Linienlaser zum Einsatz. Durch dazugehörige 3D gedruckte Adapterhalter können Kamera und Laser mit den geforderten Neigungswinkeln und Abständen oberhalb der Türplatten montiert werden.

Ergebnisse

Aufgrund fehlender Tiefeninformation der Kamera kann die Höhe von Objekten nicht abgeschätzt werden. Der sicherheitsrelevante Einklemmschutz funktioniert aufgrund der geometrischen Anordnung von Lasern und Kamera noch nicht im kompletten Durchgangsbereich. Objekte entlang des Bodens führen praktisch zu keiner Verschiebung der Laserlinie. Die Laufzeit des Algorithmus beträgt dabei ca. 250ms, wodurch die angezielte 100ms Reaktionszeit klar überschritten ist. Auch funktioniert der Algorithmus nur für eine stationäre Türposition. Bei zu kleinem Türspalt können Lichtreflexionen und Fehldetektionen auftreten.

Ausblick

Für eine zukünftige Entwicklung sollen die mechanischen sowie die ästhetischen Einschränkungen gelockert werden. Idealerweise wird zudem der Sensor in die zwei Bereiche (Einklemmschutz/Objektlokalisierung) unterteilt. Weiter müssen die gültigen Normen als wichtige Grundlage bezüglich Reaktionszeit und minimale Objektgröße miteinbezogen werden.



RFID Geofencing



Abb. 1 ThingMagic Sargas UHF RFID Reader

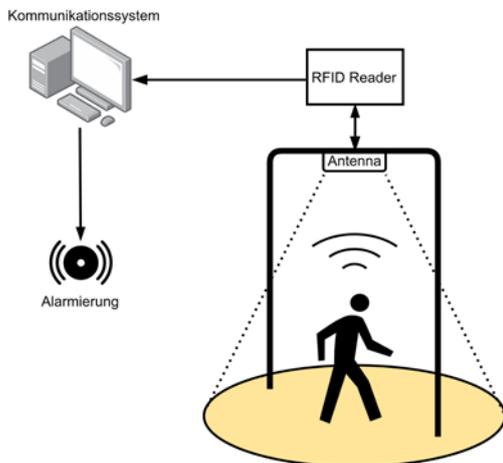


Abb. 2 Funktionsprinzip



Abb. 3 Komplettes System mit Antenne

Problemstellung

Es bestand die Aufgabe, unter Verwendung der RFID Technologie, ein System zur Personen-Durchgangskontrolle zu entwickeln und zu realisieren. Das System soll bei einem gewünschten Ausgang oder Durchgang einfach montiert werden können und jeweils erkennen, wenn eine nicht berechtigte Person den entsprechenden Ausgang oder Durchgang benutzt. Das Erkennen einer Person soll an ein bestehendes Kommunikationssystem weitergeleitet werden, von welchem daraufhin eine gewünschte Aktion vorgenommen werden kann.

Lösungskonzept

Nach einer ausgedehnten Recherchephase wurde das Sargas-UHF-RFID-Reader-Modul zur Realisierung des Projektes ausgewählt (Abb. 1). Dieses RFID-Reader-Modul hat ein vollwertiges Linux System integriert. Eine geeignete Antenne wird am RFID-Reader angeschlossen, über dem gewünschten Ausgang oder Durchgang befestigt und scannt dabei kontinuierlich den zu überwachenden Bereich (Abb. 2). Die Personen, welche vom System überwacht werden sollen, werden mit RFID Transpondern ausgestattet. Dabei handelt es sich um RFID-Stoff-Tags, welche direkt auf die Kleidung aufgebügelt oder aufgenäht werden können. Mittels der vorhandenen digitalen In- und Outputs des Reader-Moduls, wurde ein Benutzerinterface realisiert, welches eine einfache Steuerung des Systems erlaubt. Unter anderem können dadurch die Transponder, bei welchen das System einen Alarm auslösen soll, ins System gespeichert und auch wieder gelöscht werden.

Realisierung

Der erste Schritt der Realisierungsphase stellte die Verifizierung der Anforderungen dar, um die Machbarkeit mit dem gewählten Reader-Modul zu bestätigen. In einem weiteren Schritt wurden alle benötigten Hardwarekomponenten in einem schlichten Gehäuse verbaut. Der Hauptteil der Realisierung bestand im Erstellen der Software. Es wurde ein Programm entwickelt, welches direkt auf dem Linux System des Readers nach dessen Start ausgeführt wird und so das ganze System steuert. Zum Schluss wurde das komplette System unter realen Testbedingungen validiert.

Ergebnisse

Das Endprodukt (Abb. 3) ist ein vollfunktionsfähiges System, welches zur Personen-Durchgangskontrolle verwendet werden kann. Anhand der Schlusstests konnte bestätigt werden, dass die Testpersonen mit einer Zuverlässigkeit von $\geq 97\%$ erkannt wurden. Dafür muss das System korrekt montiert werden und die Transponder an den spezifizierten Stellen am Körper angebracht werden.



Regelung für autonomes Roboterfahrzeug

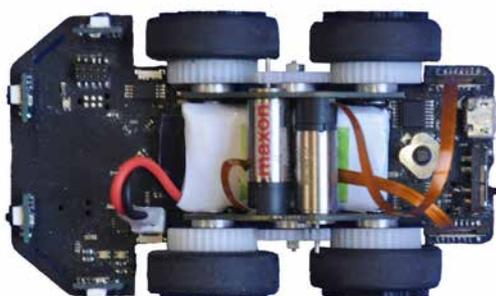


Abb. 1 MC-Car V3, das autonome Roboterfahrzeug

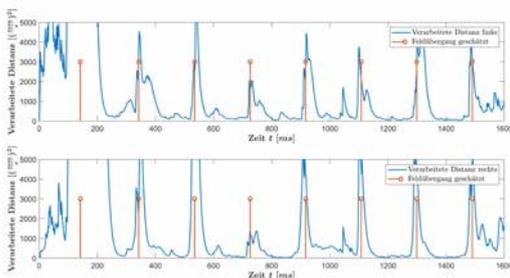


Abb. 2 Kerbenerkennung aus den Seitendistanzmessungen, verglichen mit den geschätzten Feldübergängen durch die Fahrdistanz



Abb. 3 Beispiel für ein zu erkundendes Labyrinth

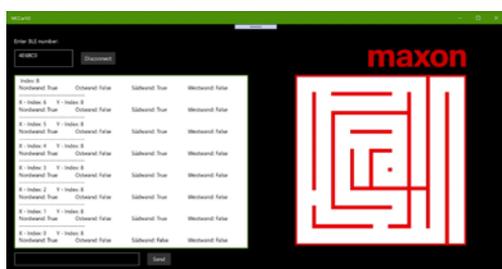


Abb. 4 Benutzeroberfläche zur Überprüfung, bei beendeter Erkundung

Problemstellung

Der MC-Car V3 ist ein autonomes Roboterfahrzeug, entwickelt von der Hochschule Luzern in Zusammenarbeit mit der maxon motor ag. Er dient hauptsächlich zu Demonstrationszwecken.

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Software vom MC-Car so erweitert werden, dass er ein unbekanntes Labyrinth autonom erkunden kann. Dafür verfügt das Roboterfahrzeug über einen Beschleunigungssensor, Drehgeber an den Motorenwellen und gegen beide Seiten und nach vorne gerichtet Infrarotdistanzsensoren.

Lösungskonzept

Vor der Implementierung erfolgen verschiedene Versuch mit dem MC-Car und Simulationen in MATLAB. Dabei wird ein Algorithmus zur Ausführung der vollständigen Erkundung entwickelt. Zur Orientierung im Labyrinth erfolgt eine Evaluation zur möglichen Erkennung von Kerben in den Labyrinthwänden bei Feldübergängen, durch die Verarbeitung der Seitendistanzmesswerte. Da diese Erkennung zu Fehleranfällig ist, erfolgt die Orientierung während der Exploration anhand der Messwerte des Beschleunigungssensors und der Drehgeber. Die entwickelte Kerbenerkennung dient aber zur präzisen Kalibrierung und Überprüfung der Feldübergangsabschätzung, während dem Entwicklungsprozess (siehe Abbildung 2).

Realisierung

Die Software für den MC-Car ist in C programmiert und besteht aus mehreren, verschachtelten Zustandsautomaten. Während der Implementierung erfolgten mehr Iteration, bei denen der Programmcode optimiert und entdeckte Fehlverhalten bereits wieder korrigiert wurden.

Zur Überprüfung der Erkundungsfahrt und des entwickelten Algorithmus dienen zum einen Kameraaufzeichnungen und zum anderen ein Grafikoberfläche, die das erkundete Labyrinth am PC visualisiert. Die Informationsübertragung vom Fahrzeug an den PC erfolgt via Bluetooth. Dadurch geschieht die Visualisierung live während der Erkundung.

Ergebnisse

Die Erkundung von unbekanntes Labyrinth erfolgt in den meisten Fällen erfolgreich. Der entwickelte Algorithmus stellt die Erkundung aller möglichen Fahrwege sicher und führt den MC-Car am Ende der Erkundung zurück in das Startfeld. Das autonome Roboterfahrzeug verliert während der Fahrt seine Orientierung im Labyrinth nie. Es gibt jedoch Labyrinth-Konstellationen, in denen der MC-Car auf Grund von Winkelabweichungen stecken bleibt. Dieser Fehlerfall wird aber erkannt und angezeigt.

Die Exploration erfolgt mit einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m/s. So benötigt die Exploration rund eine Minute bei einem quadratischen Labyrinth mit einer Seitenlänge von 1,44m.





13 (DC-Motor)

IP: 192.168.33.13
AmsNetID: 5.12.140.196.1.1
Processor-Type: CX
Safety No.: 00407652

