

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur

FH Zentralschweiz

Bachelor-Thesis 2021

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 vergangenen Jahr 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 2021 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 Juni 2021



Prof. Dr. Urs Röthlisberger
Studiengangleiter
Elektrotechnik und Informationstechnologie

Inhaltsverzeichnis

Amgarten Manuel	Radarbasiertes Distanzmessverfahren für raue und inhomogene Oberflächen	6
Arnold Philipp	Steuerung einer Pick-Up Station	7
Arulchelvan Vamanan	Video-based protection of automatic doors	8
Bächler Thomas	LoRaWAN E-Health Sensor	9
Bachmann Aurelio	Flugroboter mit CAN Interface	10
Bieri Felix	Koheräntes Messverfahren für Ferritin Einlagerungen	11
Blaser Joël	Robo-Trolley	12
Brast Roger	Weiterentwicklung Heisswasser-Spritzfahrzeug	13
Brun Remo	Beleuchtungsstärkemessung mit Drohne auf Fussballplätzen	14
Burkard Timon	Radarbasierte Messung von Fließgeschwindigkeiten	15
Camenzind Eric	Simultanes Heizen & Messen von Metallfolien	16
Clematide Viola	Image based Respiration Measurement using 3D ToF	17
Degiacomi Riccardo	Intelligenter 3D-Vision Sensor	18
Dietrich Felix	Spektrometer basierend auf integriertem Low-Cost Spektralsensor	19
Edelmann David	CubeSat Projekt CHESS: Leistungsverstärker für 10 GHz	20
Etter Leoni	Size estimation of particles from a trigger signal	21
Ettlin Markus	Energy around a cable	22
Fleischli Benno	E-Bike Testing-Station	23
Gfeller Frank	BorneoSense – Datenlogger für Licht-Messungen im Regenwald	24
Gisler Lars	Feature Extraktion aus Aerosol-Bildern	25
Gysi Mike	Grundlagen des Espressobrühprozess	26
Hininger Timo	Skalierbarer FPGA-Beschleuniger für Neuronale Netze	27
Hrvat Matej	Design and Verification of Thermal Calibration Procedure	28
Inderbitzin Amon	Durchgangsschleuse mit Wärmebildkamera	29
Kleiner Marcel	DC-Servomotor Endstufe	30
Leutwiler Kilian	Leistungsverstärker für Hardware-in-the-Loop-System	31
Magnet Fabian	SmartWheel	32
Meyer David Adrian	Netzteil für verkettete Spannung 400V	33
Meyer Matthias	Optimiertes Antennendesign für WLAN Device	34
Minnig Florian	Formula Student Electric (FSE)	35
Nideröst Lucas	Formula Student Electric (FSE)	36
Odermatt Jan	Absolute Distanzmessung mithilfe eines induktiven Sensors	37
Rebsamen Andreas	TOF Sensorsystem	38
Rey Kevin	3-Achsen Magnetfeld-Generator	39
Röthlin Marco	Levelsensor Software	40
Ryser Severin	Schaltaktoren mit Stromsensor für die Gebäudeautomation	41

Schär Matthias	Integration eines Servocontrollers in einen Linearmotor	42
Schmid Silvan	Bildverarbeitung für den Virtual Walk	43
Scholz Roman	Groundstation Tracker	44
Schranz Raphael	Ultra Low Power Funkstrom-Sensor mit Rogowski Spulen	45
Schwager Camille Luc Olivier	Formula Student Electric (FSE)	46
Sidler Germano	I/O-Link Device	47
Snozzi Massimiliano	Konformität des Anschlusses an das Übertragungsnetz	48
Steiner Lukas	Entwicklung Einsatzmöglichkeiten für Power-to-Gas-Anlage	49
Stutz Matthias	Hardware Prüfgerät für Triamec Servoantriebe	50
Tophinke Jonas	Motorensteuerung	51
Urhan Özcan	Network Flow Optimization for Inter-Satellite Communication	52
von Aarburg Joel	Demonstrator für Motion Controller	53
Wey Ramon	3D Erfassung von EEG-Elektroden Positionen	54
Zbinden Daniel	Automatische Messung von Bodenverschmutzung in Gebäuden	55
Ziswiler Fabian	Personenlokalisierung für virtuelle Abschränkung	56



Radarbasiertes Distanzmessverfahren für raue und inhomogene Oberflächen

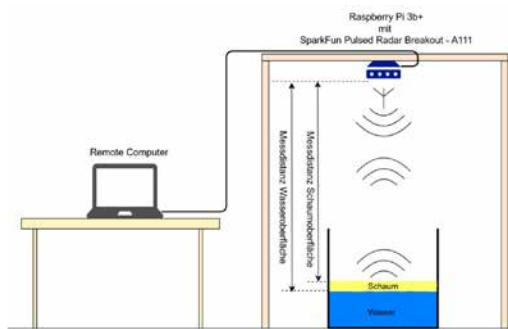


Abb. 1 Messaufbau

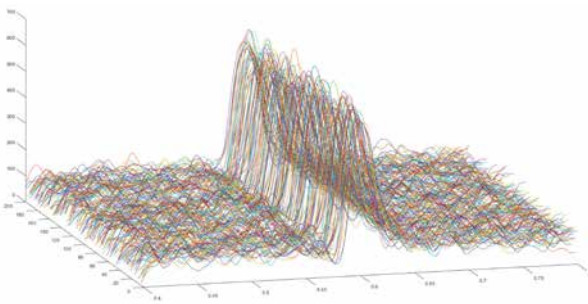


Abb. 2 Radardaten von 200 Messungen einer homogenen Oberfläche

Problemstellung

Innovative Sensor Technology IST AG ist ein namhafter Hersteller von mikro-systemtechnischen Sensoren für die Prozessindustrie. Die Füllstandermittlung spielt in dieser eine fundamentale Rolle. Für die Füllstandermittlungen gibt es bereits viele verschiedene Messverfahren. So kommen beispielsweise optische – und Ultraschallsysteme zum Einsatz. Diese stossen jedoch für eine Messung von inhomogenen sowie rauhen Oberflächen an ihre Grenzen. Deshalb soll mittels Radartechnologie ein Messverfahren entwickelt werden, welches eine Füllstandermittlung für raue und inhomogene Oberflächen ermöglicht. Darunter versteht man beispielsweise die Füllstandermittlung von Schüttgut oder von Flüssigkeiten mit schaumiger Oberfläche.

Lösungskonzept

In einen ersten Schritt wurde der Messaufbau mit dem Radarsystem festgelegt und aufgesetzt. Der Messaufbau besteht aus einem Holzrahmen an welchem das Radarsystem befestigt ist (siehe Abb. 1). Dieses wiederum besteht aus einem Raspberry Pi3B+, dem Puls Kohärenten Radarsensor A111 und einer dielektrischen Linse. Anschliessend wurden verschiedene Messszenarien für eine Füllstands-Messung von Wasser mit schaumiger Oberfläche und von Schüttgut erstellt. Als Schüttgut wurde Kies und Sand als Substanz gewählt.

Realisierung

Für jedes Messszenario wurden die Messdaten aufgenommen und anschliessend mittels Matlab ausgewertet und analysiert. Daraus wurde ein Auswertungsalgorithmus implementiert, welcher aus den empfangenen Radardaten den Füllstand ermitteln.

Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass eine Schaumdetektion mittels des eingesetzten PCR Radars A111 umgesetzt werden kann. Wobei eine zuverlässige Füllstandmessung bis zu einer Schaumdicke von 2cm möglich ist. Die effektive Ermittlung der Schaumdicke stellte sich beim eingesetzten Radarsystem als Herausforderung dar. Aufgrund dessen wurde ein Modell entwickelt, welches die Grundlage für eine weitere Auswertung über die Phasenlage des reflektierten Signals mit einer anderen Sensorkonfiguration bildet. In diesem konnte gezeigt werden, dass aus theoretischer Betrachtung die Phasenlage einen Zusammenhang mit der Schaumdicke hat. Für die Schüttgüter Sand und Kies konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der Füllstand ermittelt werden kann.

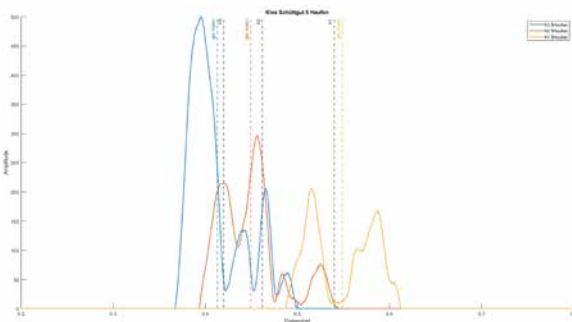


Abb. 3 Messdatenauswertung von Schüttgut Kies

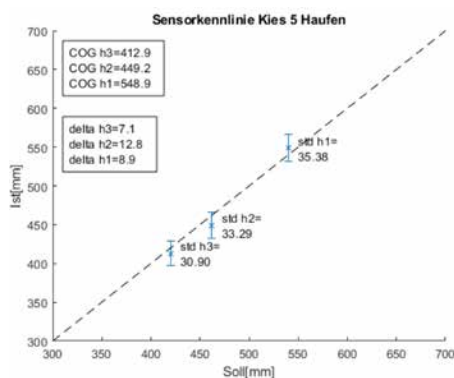


Abb. 4 Sensorkennlinie für Schüttgut Kies



Steuerung einer Pick-Up Station

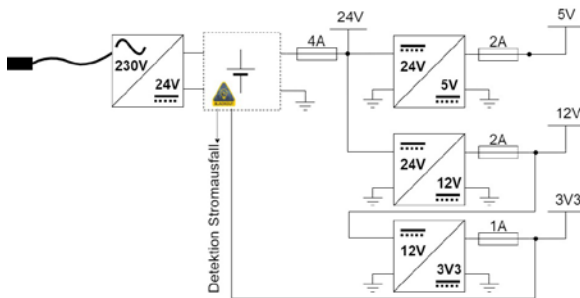


Abb. 1 Schema Energieversorgung mit Akku und Stromunterbruch Detektion

Problemstellung

Die Firma JTI möchte ihren Kunden, auch ausserhalb der üblichen Öffnungszeiten, den Kauf von Zigarettenpackungen ermöglichen. Dazu soll in diesem Projekt eine neuartige Pick-Up Station entworfen werden. Dabei waren drei Studierende am Projekt beteiligt. Der Informatik Student soll eine App für diese Station entwickeln. In der Maschinentechnik wird das physische Modell entwickelt und die Aufgabe der Elektrotechnik ist die Ansteuerung dieser neuen Pick-Up Station.

Die Station soll zudem in der Lage sein, den eingefüllten Inhalt selbstständig zu erfassen und diesen für die App zur Verfügung zu stellen. Bei eingehender Bestellung soll die Station diese automatisch ausgeben und im besten Fall auch noch bei Stromausfall weiterarbeiten.

Lösungskonzept

Es wird der Bau eines funktionierenden Prototyps angestrebt. Für die Steuerung der Pick-Up Station wird das TinyK22 verwendet, das über eine Leiterplatte mit den Aktoren und Sensoren verbunden ist. Da die Kommunikation zwischen Station und App weltweit eingesetzt werden soll, wird die Verbindung über das Mobilfunknetz angedacht.

Realisierung

Damit in der Station rund 100 Pakete Platz finden, ist die Station mit einem Rad ausgestattet, das diese Pakete aufnehmen kann. Angetrieben durch einen Gleichstrommotor erfassen während der Drehung zwei Scanner die Strichcodes auf den Packungen. Nach erfolgreicher Verarbeitung werden die Daten mit Hilfe eines Raspberry Pi Zero W über ein stationäres WLAN an die Cloud der App übermittelt. Durch eine angedachte Erweiterung mit einem Sim-Karten-Stick und einem Akku kann die Station auch bei Stromausfall weiterarbeiten. Für die Ausgabe der Bestellung sind mehrere Linearantriebe vorgesehen, welche die Klappe am Rad-Ausgang und die Verriegelung des Ausgabefachs betätigen. Für die Steuerung und die Verarbeitung der Daten ist das TinyK22 programmiert worden, das auf die Signale der eingebauten Sensoren angewiesen ist.

Ergebnisse

Der Prototyp konnte in diesem Projektzeitraum nicht realisiert werden. Mit dem Bau eines kleineren Prototyps konnte man doch noch einzelne Funktionen realitätsnahe testen. Somit konnten der Erfassungsvorgang und die Kommunikation getestet werden.

Ausblick

Es sind Tests auf dem finalen Prototypen ausstehend und die Punkte PCB, Zustandsmeldungen, Kommunikationsmodul und die Energie-Optimierung könnten weiterführende Ansätze für das Projekt sein.

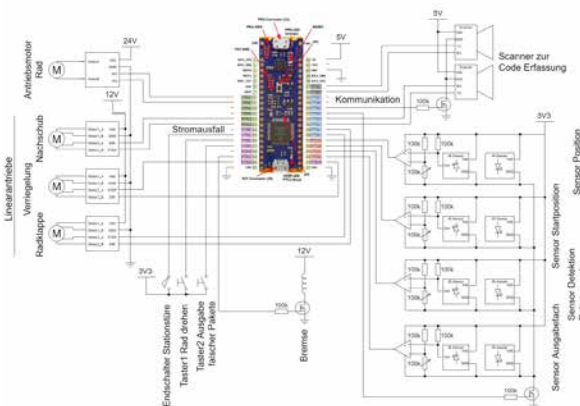


Abb. 2 Verdrahtungsschema Pick-Up Station

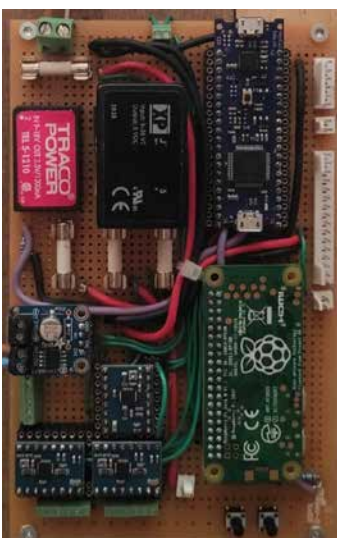


Abb. 3 Steuerungsplatine der Pick-Up Station mit Abgangsanschlüssen



Video-based protection of automatic doors

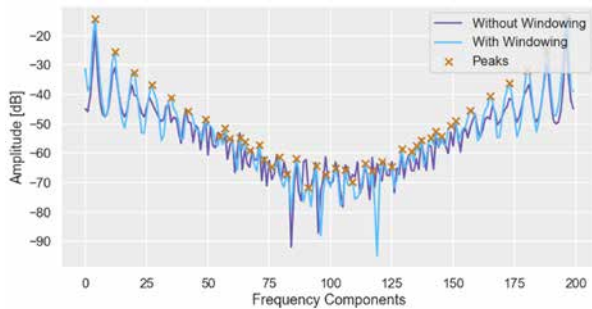


Abb. 1 Fouriertransformation of the checkerboard

Problem

Agtatec AG, a part of record, which is an international door manufacturer, would like to apply the stereo-vision technology for protection of automatic doors. So far, the protection zone was covered by active infrared sensors.

Concept

The work is split into three main tasks: The stereo camera calibration and rectification of both cameras, feature detection & matching and 3D position estimation.

Realisation

A checkerboard image set was used for calibrating the cameras and removing the lens distortion. Thereby, the Fast Fourier Transformation was used to drop blurred images. Afterwards, features were detected and matched with SIFT. Finally, the 3D position was estimated by using the stereo information and through a rigid transformation, the 3D points were described in a predefined coordinate system.

The project was realized in Python with OpenCV, an open-source library for image processing and computer vision.

Results

Apart from a deviation in the Z-axis, 3D points were plotted from the input of two cameras. The single camera calibration has a small reprojection error and can undistort raw images properly. The stereo camera calibration has a bigger reprojection error. The change detection delivers a solid result, but is vulnerable to changes in illumination. Thanks to the rectification constraints, the feature detection and matching has a high accuracy.

Outcome

The timing aspect was not considered in this project and has to be researched in a further work. In the current state, the algorithm isn't usable for real-time applications. The error in the 3D position has to be investigated properly and the matching process should be optimized.

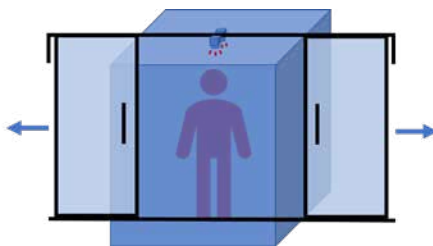


Abb. 2 Protection of an automatic door

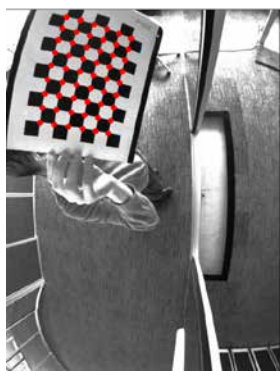


Abb. 3 Checkerboard detection

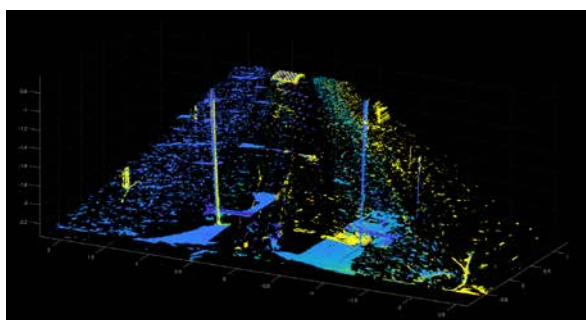


Abb. 4 3D point cloud



LoRaWAN E-Health Sensor

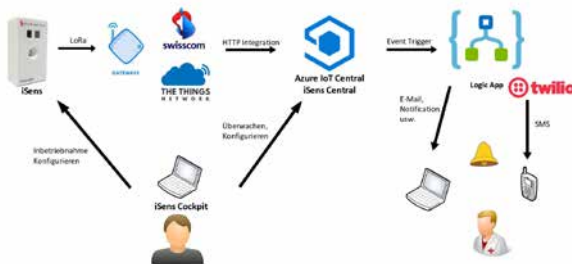


Abb. 1 Ablauf Konfigurieren und Alarmmeldung

Problemstellung

Zusammen mit dem Industriepartner Poly-Projekt GmbH entwickelte das iHomeLab den iSens light. Durch die Kombination eines PIR (Pyroelektrischer) Sensor und einem Distanzsensoren kann die Aktivität in einem Raum überwacht werden. Der Alarm kann über Relais Kontakte an eine zentrale Steuereinheit oder über ein ELDAT Funkmodul ausgegeben werden.

Damit eine ältere Person länger und sicherer in der eigenen Wohnung leben kann, soll der Sensor als Inaktivitätssensor erweitert werden. Dafür wird er mit der Low-Power Funktechnologie LoRaWAN erweitert. Für die Umsetzung steht die aktuelle Hard- und Firmware des bestehenden Sensors zur Verfügung. Bei der Umsetzung sind die hohe Zuverlässigkeit und Energieeffizienz von wichtiger Bedeutung. Mit einer Konfiguration soll die Erkennung der Inaktivität gesetzt werden können. Diese soll möglichst einfach, idealerweise mit einer Anwendung am Computer verändert werden können. Eine Alarmmeldung, welche über das LoRaWAN erhalten wurde, muss möglichst schnell eine angehörige Person mit einer SMS oder einer E-Mail informieren.

Lösungskonzept

Es wird ein passendes LoRa Modul evaluiert und auf dem bestehenden PCB in einem Redesign ergänzt. Zudem werden Erweiterungen und Anpassungen an der Hardware vorgenommen und die Software wird mit den neuen Funktionen erweitert. Die Konfiguration kann über eine FTDI Schnittstelle mit einer WPF Anwendung durchgeführt werden. Für die Alarmierung wird eine Lösung mit Azure IoT Central erarbeitet.

Realisierung

Die verschiedenen Konzepte der Hard- und Software, sowie die gesamte Alarmübertragung wurden wie geplant umgesetzt. Dabei konnte die neue Hardware entwickelt und in Betrieb genommen werden. Dies ermöglichte anschliessend die Implementierung der Software und die Kommunikation im LoRaWAN.

Ergebnisse

Mit der neu entwickelten Hardware vom iSens können die Alarmmeldungen im LoRaWAN versendet werden. Mit verschiedenen Messungen und Tests wurden die Funktionen, die Energieeffizienz und die Zuverlässigkeit untersucht. In einem GUI (iSens Cockpit) kann der Sensor konfiguriert werden. Dabei können die Zeitfenster und Intervalle für die Erkennung der Inaktivität gesetzt werden. Ein allfälliger Alarm wird zuverlässig an den nächstgelegenen Gateway gesendet. Diese Message wird direkt an die iSens Central weitergeleitet und sendet entsprechend eine SMS oder E-Mail.

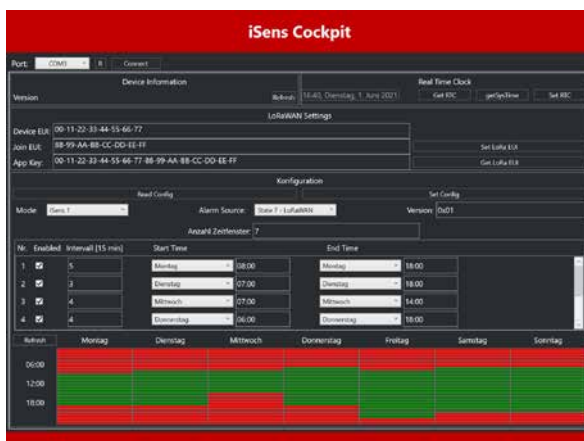


Abb. 2 iSens Cockpit: Tool für das Konfigurieren



Abb. 3 Hardware iSens



Flugroboter mit CAN Interface

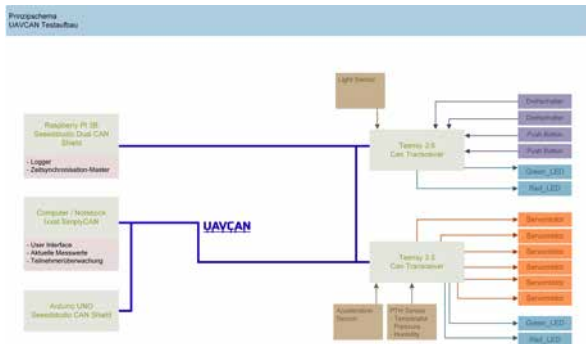


Abb. 1 Prinzipschema des UAVCAN Testnetzwerk mit fünf Teilnehmern.

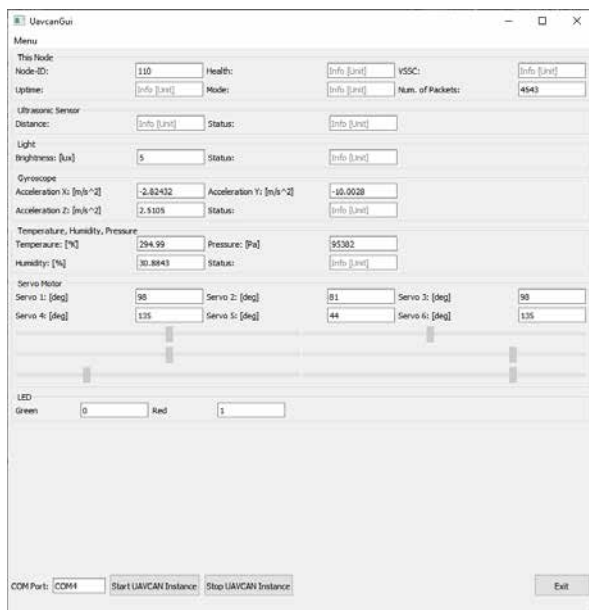


Abb. 2 GUI Applikation zur Anzeige von Statusinformationen und der Netzwerkteilnehmerüberwachung

Problemstellung

Autonome Flugsysteme und Drohnen bestehen aus mehreren, stark voneinander abhängigen Teilsystemen und Komponenten. Die Kommunikation zwischen den Komponenten erfolgt meist über direkte Punkt-zu-Punkt Verbindungen. Eine Vereinfachung der Netzwerkstruktur und zudem noch eine Reduktion des Verkabelungsaufwands, könnte durch den Einsatz von CAN erreicht werden. Die Arbeit klärt Fragen über die Verwendung von CAN in einer Flugdrohne.

Lösungskonzept

CAN als robustes, stabiles und sehr fehlertolerantes Übertragungsprotokoll eignet sich gut für die Anwendung in einem autonomen Fluggerät. Als höheres Protokoll, aufbauend auf CAN, empfiehlt sich UAVCAN. Die high-level Angelegenisse zur Definition von Datentypen vereinfacht eine Kommunikationsintegration ungemein.

Realisierung

In einem Testaufbau bestehend aus mehreren Microcontrollern, Servomotoren, Sensoren, einem Raspberry Pi und einem durch einen Adapter eingebundenen Computer, wurde die Umsetzung, Funktionalität, Verwendung und Stabilität von CAN und UAVCAN konkret getestet. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden für den Entwurf eines möglichen Netzwerks in einer Drohne verwendet. Durch die automatische Umwandlung objektorientierter Datentypen in einfachen C Code kann ein Netzwerk auf einfache Weise umfangreich aber doch sehr logisch gestaltet und erweitert werden.

Ergebnisse

CAN ist ein äusserst robustes, schnelles und fehlertolerantes Übertragungsprotokoll. UAVCAN als höheres Protokoll vereint die Vorzüge von objektorientierter Datentypdefinition mit der Schlankeit einer hoch integrierten und echtzeitfähigen Protokollimplementierung. In einer Flugdrohne kann durch einen Bus ein grosser Aufwand an Verkabelung und die Menge an Stichleitungen reduziert werden. Die fehlende Kompatibilität mit CAN von bestehenden Teilnehmern, stellt jedoch insoweit ein Problem dar, dass für einen kompletten Aufbau diverse Geräte erneuert werden müssen.

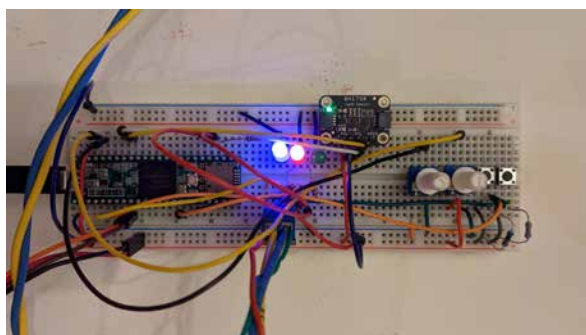


Abb. 3 Prinzipschema der Schaltung des Teensy 3.5 zur Steuerung von sechs Servomotoren und zwei Sensoren.

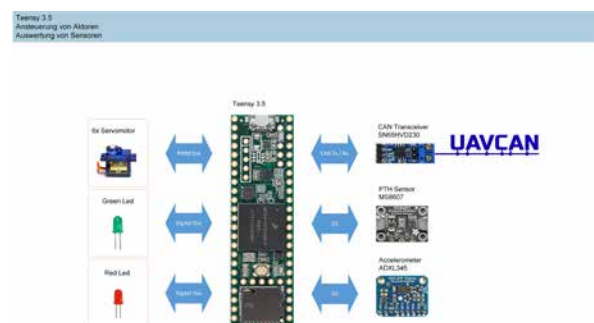


Abb. 3 Schaltung des Teensy 3.6 mit UAVCAN Netzwerk- anbindung, einem Sensor und vier Eingabemöglichkeiten.



Koheräntes Messverfahren für Ferritin Einlagerungen

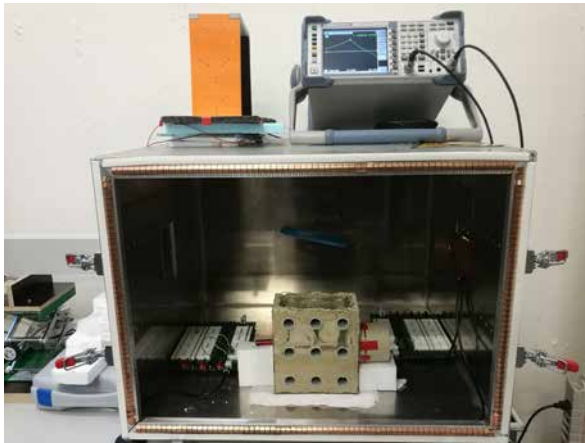


Abb. 1 Messaufbau mit einem künstlichen Kopf

Problemstellung

In unserer heutigen Gesellschaft treten vermehrt neurodegenerative Erkrankungen auf wie Demenzformen oder Alzheimer. Lange bevor die ersten Symptome sichtbar werden, können diese Erkrankungen jedoch schon festgestellt werden. Die Einlagerung von Ferritinmolekülen steigt in messbarer Weise an. Ferritine sind Eisenproteine welche als Speicherstoff für Eisen dienen. Bislang stehen in der Diagnostik nur teure, bildgebende Verfahren wie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET), zur Verfügung, welche diese Ferritinnengen messen. Das Ziel dieser Arbeit ist eine Machbarkeitsstudie einer alternativen Messelektronik, um 33 g Eisen messen zu können.

Lösungskonzept

Die Phasenverschiebung im Magnetfeld zwischen Sender- und Empfängerspule ändert sich, je nach Materialien im Übertragungskanal und Frequenz der Übertragung. Gewisse Materialien wie z. B. Eisen (Ferritin) haben einen grösseren Einfluss als andere aufgrund ihrer relativen magnetischen Permeabilität. Dieser Effekt wird verwendet, um festzustellen wie viel Ferritin im Übertragungskanal und dadurch im Kopf eines Menschen vorhanden ist.

Realisierung

Um die Übertragung zu verstärken, werden Schwingkreise im Sender und Empfänger verwendet. Die verwendeten Spulen werden selbst entwickelt und optimiert. Um eine möglichst hohe Phasenverschiebung zu erhalten wird die Schaltung für eine Resonanzfrequenz von 8 MHz dimensioniert. Die Phasenverschiebung wird mit einem Vektor-Netzwerk-Analyzer (VNA) gemessen. Die Phasendifferenzen werden automatisiert an einem künstlichen Kopf ausgemessen. Der Median der Boxplotdiagramme bestimmt die Differenz.

Ergebnisse

Es ist möglich mit dieser Messmethode 33 g Eisen zu messen. Das Problem ist, dass die Phasendifferenz mit der Menge an Eisen und der Frequenz der Übertragung steigt. Die Frequenz kann aber nicht beliebig vergrößert werden da bei ca. 60.4 MHz die Eindringtiefe im Kopf zu klein ist und kein Durchgangssignal mehr empfangen werden kann. Die 33 g Eisen sind jetzt schon sehr schwer zu messen, da die Phasendifferenz nur wenige Grad beträgt. Die reale Menge von Eisen (bzw. Ferritin) beträgt ca 1 g und es kann sein, dass die Schaltung nicht so sensibel entwickelt werden kann.

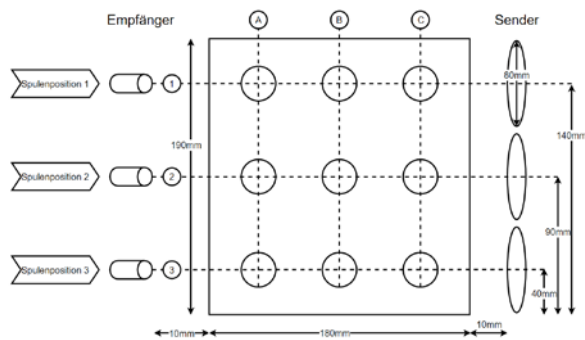


Abb. 2 Messpunkte am künstlichen Kopf für die Positionsbestimmung der Proben

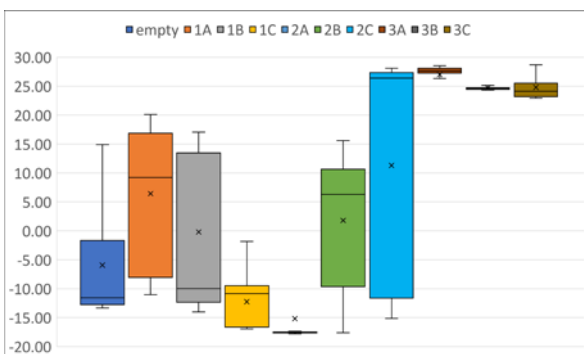


Abb. 3 Messresultate der Phasendifferenzen an den verschiedenen Positionen



Robo-Trolley



Abb. 1 CAD Modell von Robo-Trolley

Problemstellung

Für viele Personen ist es eine grosse Herausforderung des Alltages, die schwere Einkaufstasche nach Hause zu tragen. Vor allem für Personen, die nicht mehr so mobil sind oder an körperlichen Beschwerden leiden, bereitet dies grosse Mühen. Daher soll eine smarte, mobile Roboterplattform entwickelt werden, welche den Transport der Einkaufstasche übernimmt und dem Besitzer nachfährt. Der Robo-Trolley orientiert sich an einer vorauslaufenden Person und folgt dieser mit konstantem Abstand. Der Roboter passt sich der Geschwindigkeit der vorauslaufenden Person an und stoppt rechtzeitig, wenn die Person stehen bleibt. Der Roboter soll in der Lage sein, Hindernisse zu erkennen und anzuhalten. Zudem soll der Roboter auch bei mehreren Personen weiterhin seinem Besitzer folgen und nicht das «Herrchen» wechseln.

Lösungskonzept

Als Basis wird die Roboterplattform Jaguar Lite von Dr. Robot verwendet. Diese wurde mit Sensoren für die Personen- und Hinderniserkennung erweitert. Für das Personentracking wird eine Kinect 360 von Microsoft verwendet. Hindernisse werden mit einem Ultraschallsensoren detektiert. Die Steuerung des Roboters und das Verarbeiten der Sensordaten werden von einem Raspberry Pi und einem Mini-PC übernommen.

Realisierung

Das Auslesen und Verarbeiten der Sensordaten, das Detektieren und Tracken von Personen, wie auch die Ansteuerung der Motoren geschieht mit dem Framework Robot Operating System (ROS). Die Rechner kommunizieren über eine Client Server Architektur. Für die Abstandsregelung wurden PI-Regler implementiert, welche zum einen die vertikale (x-Position) als auch die horizontale (y-Position) Distanz zur Person regeln.

Ergebnisse

Der Robo-Trolley ist in der Lage, einer Person mit konstantem Abstand zu folgen. Hindernisse auf der Fahrbahn detektiert der Roboter mithilfe des Ultraschallsensoren. Der Robo-Trolley ist im Stande auch bei mehreren Personen seinem Besitzer zu folgen, solange der Abstand zu dieser am geringsten ist.

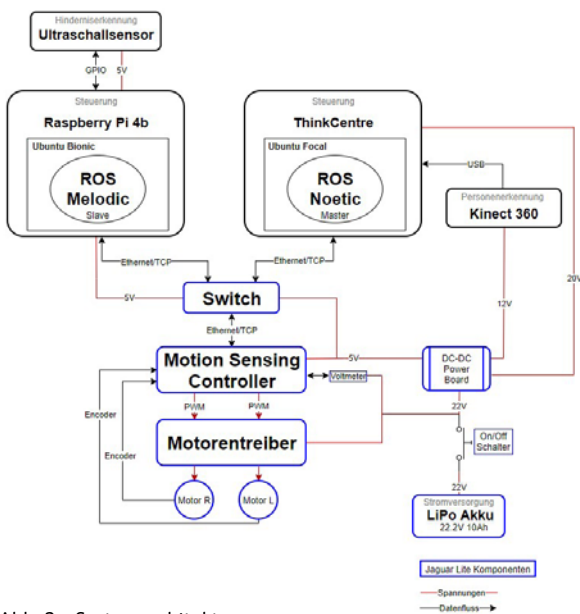


Abb. 2 Systemarchitektur

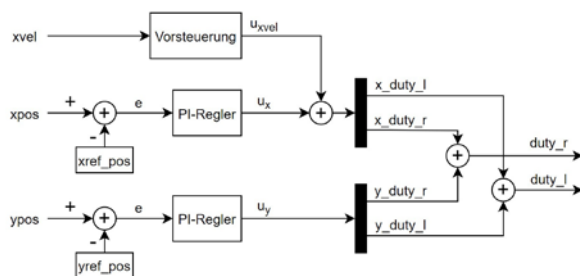


Abb. 3 Kombination der x- und y-Distanzregelung



Weiterentwicklung Heisswasser-Spritzfahrzeug

Spritzdüsenanordnung «Hot water spot spray train» (Prototyp)

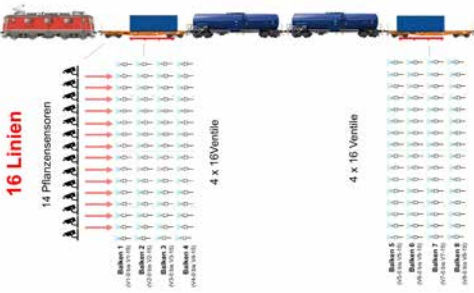


Abb. 1 Düsenanordnung auf dem HWZ

Problemstellung

Um einen übermäßigen Pflanzenbewuchs auf ihren Eisenbahnschienen zu verhindern, muss die SBB diesen gezielt bekämpfen. Künftig möchte die SBB auf schädliche Pflanzenschutz-mittel verzichten und prüft daher zurzeit verschiedene Alternativen. Eine Möglichkeit bietet ein Heisswasser-Spritzfahrzeug (HWZ). Das HWZ sprüht aus 128 Düsen Wasser mit einer Temperatur von rund 95°C. Ob und wie eine Pflanze behandelt werden kann, hängt von vielen Parametern ab. Abhängig von der Geschwindigkeit werden die Anzahl benötigten Düsen bestimmt, dabei dürfen nur eine gewisse Anzahl Düsen gleichzeitig aktiv sein.

Problemstellung: Wie könnte ein Softwarekonzept zur Ansteuerung der 128 Düsen aussehen?

Lösungskonzept

Das ausgearbeitete Konzept sieht vor, dass auf der verwendeten SPS ein objektorientierter Ansatz umgesetzt wird. Wird eine Pflanze vom HWZ erkannt, wird diese als einzelnes Pflanzenobjekt erzeugt. Jede detektierte Pflanze durchläuft den Prozess und steuert, falls möglich, die relevanten Düsen an. Zudem überwacht der Prozess, wie viele weitere Pflanzen behandelt werden können.

Realisierung

Das ausgearbeitete Lösungskonzept wurde als Funktionsmuster auf einem Simulator (identisch der Hardware des HWZ) getestet. Dazu wurde neben der Konzeptsoftware eine eigens für den Simulator geschriebene Software verwendet. Die Simulator Software besitzt eine HMI mit welchem Testparameter effizient angepasst werden können.

Ergebnisse

Das ausgearbeitete Konzept wurde auf dem Simulator ausgiebig getestet. Dadurch konnte das Konzept auf die grundlegenden Funktionen geprüft werden. Die Tests zeigen auf, dass der im Konzept ausgearbeitete objektorientierte Ansatz eine ideale Lösung bietet. Die aktuell bekannten Ansprüche an den Prozess konnten in der Software effizient umgesetzt werden.

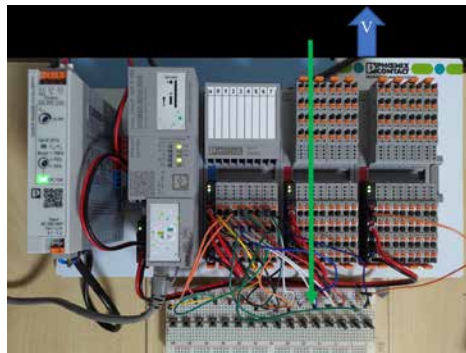


Abb. 2 Hardwareaufbau der Steuerungshardware des HWZ

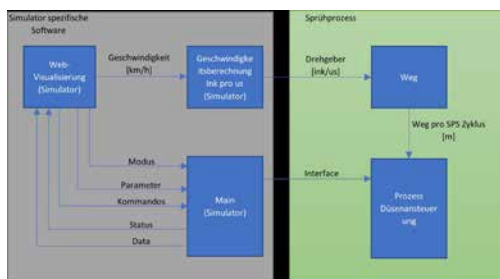


Abb. 3 Softwarearchitektur auf dem Simulator

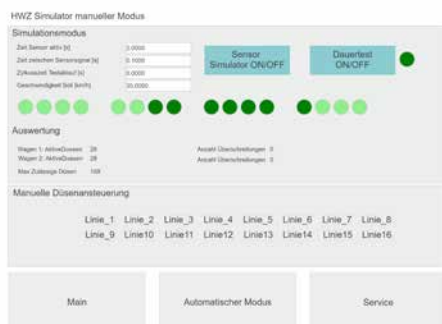


Abb. 4 Webvisualisierung der Simulator Software



Beleuchtungsstärkemessung mit Drohne auf Fussballplätzen



Abb. 1 Einsatzfähiger Prototyp

Problemstellung

Eine ausreichende Beleuchtungsstärke im Wettkampfsport ist eine wichtige Voraussetzung, vor allem für den Fussball. Infolge von Alterung und Verschmutzung nimmt der Lichtstrom der eingesetzten Beleuchtungsanlage über die Zeit ab. Deshalb ist gemäss Norm der Schweizerischen Licht Gesellschaft (SLG) die Beleuchtungsstärke alle fünf Jahre nach vorgegebenen Messraster an 77 Messpunkten zu überprüfen.

Lösungskonzept

Da diese Messungen von Hand sehr zeitintensiv sind, ist das Ziel, die Beleuchtungsstärke mit einer Drohne zu automatisieren. Mit Hilfe eines Onboard Computers werden die GPS-Koordinaten von drei Eckpunkten des Fussballplatzes eingelesen. Daraus lassen sich dann die 77 Messpunkte nach vorgegebenen Messraster zur Laufzeit berechnen. Anschliessend fliegt die Drohne auf einem Meter Höhe über Boden die Messpunkte autonom ab und der Onboard Computer speichert fortlaufend die Beleuchtungsstärke der aktuellen GPS-Position. Nachdem die Drohne gelandet ist, wird für jeden einzelnen Messpunkt automatisch die Beleuchtungsstärke aus den kontinuierlich gespeicherten Daten berechnet, damit im Nachhinein das Messprotokoll ausgefüllt werden kann.

Realisierung

Da in einer vorherigen Arbeit die Drohne bei einem Testflug eine Funktionsanomalie auftrat, ist das Ziel, ein Sicherheitskonzept auszuarbeiten, damit zukünftig keine Personen und Sachen zu Schaden kommen. Dafür wurde nach der Systemanalyse eine Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) durchgeführt. Darauf aufbauend wurden verschiedene Sicherheitsfunktionen erarbeitet und implementiert, welche anschliessend ausgiebig getestet wurden. Weiter wurde an der Vervollständigung des Prototypen gearbeitet. So wurde die Software vereinheitlicht und ein PCB als Raspberry Pi HAT realisiert.

Ergebnisse

Es konnte ein funktionierendes Sicherheitskonzept ausgearbeitet und implementiert werden. Unter anderem konnte ein einsatzfähiger Prototyp realisiert werden. In einigen Tests ist jedoch aufgefallen, dass die vertikale Positionsgenauigkeit von +/- 10 cm, welche die Norm vorschreibt, nicht eingehalten werden kann.

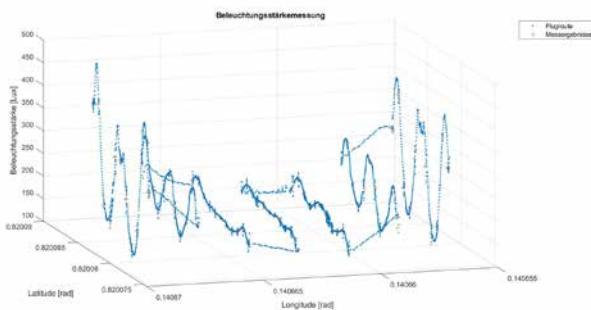


Abb. 2 3D-Plot der Beleuchtungsstärke zu jeder GPS-Koordinate



Abb. 3 Raspberry Pi mit HAT (Piloteninterface)



Radarbasierte Messung von Fließgeschwindigkeiten

$$f = \frac{c \pm v_r}{c \pm v_s} \cdot f_0 \quad v = f_d \cdot \frac{\lambda}{2} \cdot \cos(\alpha)$$

Abb. 1 Formel Doppelfrequenz allgemein (links), Radar (rechts)

Problemstellung

Innovative Sensor Technology IST AG ist ein namhafter Hersteller von mikro-systemtechnischen

Sensoren für unterschiedliche Anwendungen. Das Ziel des Projektes ist die Forschung und Entwicklung für einen radarbasierten Sensor zur Messung von Fließgeschwindigkeiten. Der Fokus liegt dabei auf Anwendungen für offene Gewässer wie z.B. Kanäle von Kläranlagen. Die zu messenden Fließgeschwindigkeiten bewegen sich im Bereich 0.1 - 2 m/s.

Lösungskonzept

Zur Messung der Fließgeschwindigkeit soll der Doppler-Effekt ausgenutzt werden. Dabei führt die relative Bewegung zwischen Sender und Empfänger zu einer Frequenzänderung gemäss Abb.1 links. Bezogen auf ein Doppler-Radar kann die Formel gemäss Abb.1 rechts umgeformt werden. Unter Berücksichtigung der Wellenlänge und des Winkels kann damit aus der gemessenen Dopplerfrequenz f_d die Geschwindigkeit v des Objektes bestimmt werden. Die A/D gewandelten Signale (I- und Q-Komponente) vom Radarsensor werden im Matlab gemäss Abb.2 verarbeitet, um daraus die dominante Frequenzkomponente zu bestimmen. Mit der bestimmten Frequenz wird dann gemäss Abb. 1 rechts die Fließgeschwindigkeit errechnet.

Realisierung

Für die Realisierung des Konzepts wird der CW Radarsensor K-MC1_LP (siehe Abb.3) von RFbeam verwendet. Da das Spektrum der zu erwartenden Dopplereffrequenzen im Audiobereich liegt, wird die Soundkarte des Laptops für die AD-Wandlung verwendet.

Ergebnisse

Um die Genauigkeit des entwickelten Messsystems zu verifizieren wurden im Fluidlabor der HSLU Referenzmessungen durchgeführt. Die daraus resultierende Sensorkennlinie ist in Abb.4 dargestellt.

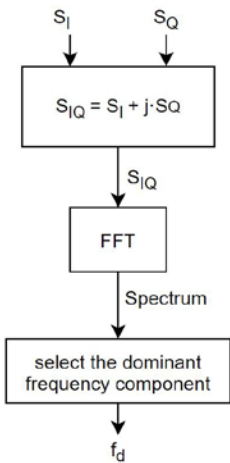


Abb. 2 Ablauf Signalverarbeitung

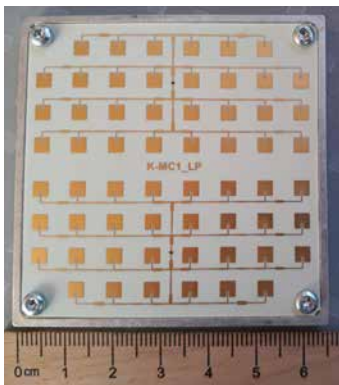


Abb. 3 Radarsensor K-MC1_LP

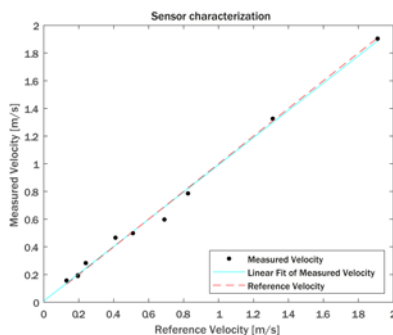


Abb. 4 Sensorkennlinie



Simultanes Heizen & Messen von Metallfolien

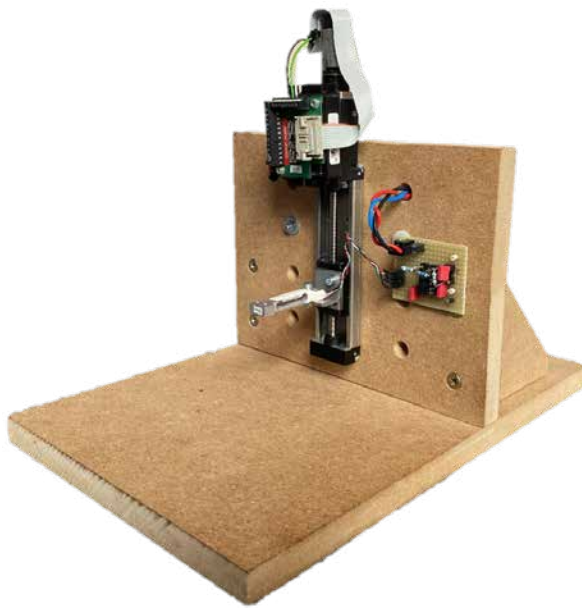


Abb. 1 Testaufbau mit Z-Achse und Messumformer

Problemstellung

Die Firma Roche Diagnostics International AG aus Rotkreuz, welche auf die Entwicklung und Produktion von medizinischen Analyseinstrumente spezialisiert ist, möchte einen bestehenden manuellen Produktionsprozess automatisieren. Eine Metallfolie soll dabei von einem Behälter entfernt werden können. Auf dem Markt ist ein solches Prinzip, für diese spezifische Anwendung, noch nicht etabliert. Deshalb können hier aus Geheimhaltungsgründen auch keine detaillierten Angaben gemacht und dargestellt werden. Das Kernziel dieser Bachelorarbeit ist das Erlangen neuer Erkenntnisse, welche das simultane Heizen und Messen von Metallfolien fördern soll.

Lösungskonzept

Mit einem innovativen und dennoch einfachen Messprinzip soll ein entsprechender Prozessparameter gemessen werden können. Ein Messumformer wandelt diesen Parameter in ein elektrisches Signal um. Dieses gibt Aufschluss auf den genauen Prozesszustand und erlaubt dadurch die gewünschte Automatisierung des Vorgangs.

Realisierung

Das komplette System wurde in einem Testaufbau nachgebildet. In einem ersten Schritt ist eine Technologieanalyse erstellt worden. Daraus entstanden diverse Ideen für einen Lösungsansatz. Aus einer Kombination einiger Ideen ergab sich schlussendlich das gewünschte Funktionsmuster. Dabei werden verschiedene Sensoren und Aktoren verwendet. Somit wird der Prozessablauf Schritt für Schritt nachgestellt und ausgemessen. Die erforderlichen Testmessungen können durchgeführt und ausgewertet werden.

Ergebnisse

Die Resultate des Projektes beweisen, dass das neue Messsystem funktioniert und realisierbar ist. Das Messprinzip bietet zudem die Möglichkeit bestimmte Fehler im Prozessablauf zu erkennen. Zusammenfassend bietet das neue Messprinzip eine Möglichkeit den Prozess automatisiert und kontrolliert durchzuführen.

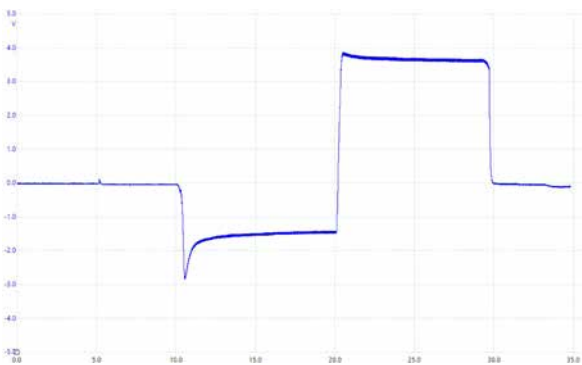


Abb. 2 Spannungsverlauf des kompletten Prozesses



Image based Respiration Measurement using 3D ToF

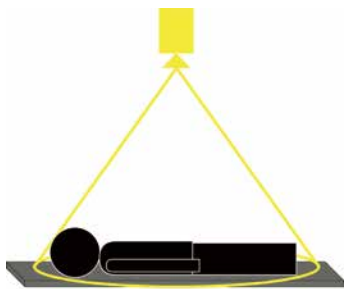


Abb. 1 Schematische Darstellung des Aufnahmesettings für die Testdaten



Abb. 2 Distanzbild einer Testaufnahme mit der Time of Flight Kamera

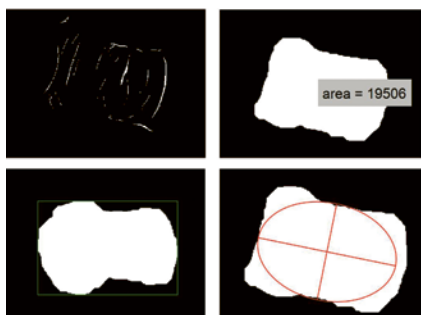


Abb. 3 Die vier verschiedenen Algorithmen zur Atmungs-erkennung: Prozentuale Amplitudenänderung, Pixel Area, Boundingbox Grösse und Ellipsen Fitting

Problemstellung

Schätzungen zufolge leiden in der Schweiz rund 150'000 Menschen an dem Schlafapnoe-Syndrom. In Folge einer Muskelerschlaffung im Rachen kommt es während dem Schlaf zu einem Verschluss, was zu krankheitsbedingten Atemstillständen von über 10 Sekunden führt. Zur Diagnose könnte ein kontaktloses Atemmonitoring viele Vorteile mit sich bringen.

Lösungskonzept

Für die Diagnose des Schlafapnoe-Syndroms ist der Einsatz einer Time of Flight Kamera untersucht worden. Anhand der Amplituden- und Distanzbilder soll es möglich sein, die Atemfrequenz und die Dauer von Atemstillständen in verschiedenen Liegepositionen zu detektieren. Dabei sind die Rücken-, Bauch- und Seitenposition relevant. Für diese Machbarkeitsstudie wurden verschiedene Testdaten erzeugt. Dabei simuliert eine Testperson Atemaussetzer. Als Ground Truth dienen Druckmessungen mit einer Atemmaske, die zeitgleich mit den Bilddaten generiert werden. Auf Basis der Testdaten sind vier Algorithmen erarbeitet worden.

Realisierung

Mit dem neuronalen Netz PoseNet von Matlab erhält man die Schulter- und Hüftgelenke der Testperson, um den Bildbereich rundum die detektierte Person einzuschränken. Ein Distanzschwelligwert wird anschliessend auf das Distanzbild angewendet, um eine Binärmaske zu erstellen. Diese Maske wird mit den vier verschiedenen Bildverarbeitungsalgorithmen auf Änderungen untersucht:

- **Prozentuale Amplitudenänderung:** Anhand der Amplitudenbilder wird ein Differenzbild erstellt, um die prozentuale Änderung in der Szene zu untersuchen
- **Pixel Area:** Die Binärmaske wird auf die Änderung der Anzahl Pixel untersucht
- **Boundingbox Grösse:** Um die Binärmaske wird eine Boundingbox gefittet und deren Flächenänderung untersucht
- **Ellipsen Fitting:** In die Binärmaske wird mit dem Mean Squares Verfahren eine Ellipse gefittet und diese auf die Flächenänderung untersucht

Ergebnisse

Die Algorithmik wurde mit zehn unabhängigen Datensettings getestet, um deren Robustheit zu prüfen. Dabei wurde unter anderem die Kameradistanz zur Liegeoberfläche, der Kamerawinkel und die Testperson variiert. In diesem Test wurde eine maximale Genauigkeit von 89.89% für die Frequenz-erkennung und 83.32% für die Atemstillstandsdauer mit dem Ellipsenfiting erreicht.

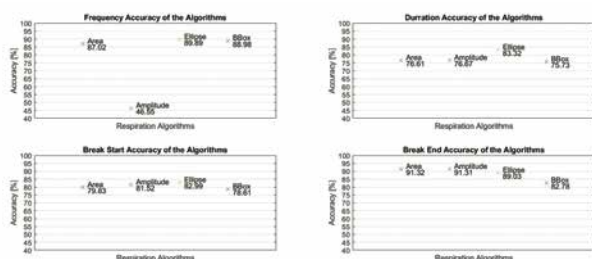


Abb. 4 Auswertung der Genauigkeit der Algorithmen mit unabhängigen Daten. Zehn Messungen mit sich ändernden Parameter (Distanz, Winkel, Person usw.)



Intelligenter 3D-Vision Sensor

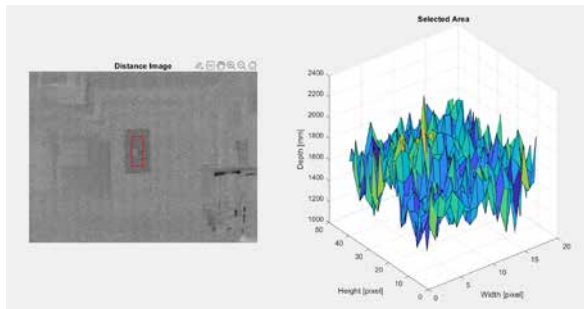


Abb. 1 Betrachteter Bereich und Darstellung Messwerte

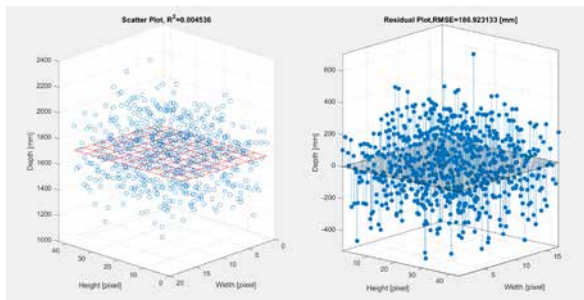


Abb. 2 Regressionsebene und Residuenplot

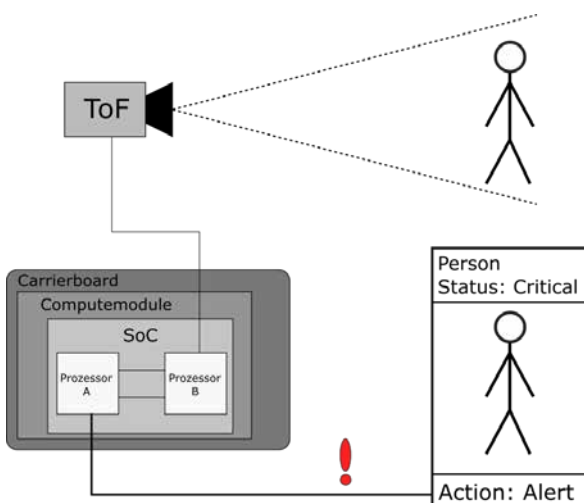


Abb. 3 Usecase

Problemstellung

Der gesellschaftliche Wandel in den vergangenen Jahren zeigt klar, die Menschen werden immer älter. Mit zunehmendem Alter können Stürze sowie chronische Leiden schnell lebensbedrohlich werden. Entsprechend können Systeme, die registrieren wenn ein Person gesundheitlich gefährdet ist, dabei helfen älteren Personen weiterhin ein autonomes Leben zu ermöglichen. In dieser Arbeit soll untersucht werden, wie sich die Performanz einer ToF-Kamera für variable Distanzen und verschiedene Umgebungsbedingungen ändert. Zusätzlich soll untersucht werden, ob eine Personendetektion auf den Aufnahmen der Kamera realisieren lässt. Das Ziel dabei ist es, zu evaluieren, ob sich eine ToF-Kamera als Sensor für ein solches System grundsätzlich eignet. Die Kamera soll dabei von einem System on Chip gesteuert werden. Konkret soll ein Mikrokontroller die Steuerung der Kamera übernehmen. Dieser empfängt die Daten der Kamera und leitet sie an einen A53-Chipkomplex weiter. Auf dem Chipkomplex wird die Bildverarbeitung realisiert. In dieser Arbeit soll untersucht werden, wie sich eine Asymmetrische Multiprozessorkommunikation zwischen den Prozessoren realisieren lässt.

Lösungskonzept

Zur Realisierung der asymmetrischen multiprozessor Kommunikation wurde eine Recherche angestellt. Zur Bestimmung der Performanzen wurde eine Metrik und entsprechende Experimente definiert.

Realisierung

Die asymmetrische multiprozessor Kommunikation wurde mit dem RPMsg-Protokoll realisiert und anhand eines Beispiels demonstriert. Zur Bestimmung der gemessenen Distanz wurde mit Hilfe multipler linearer Regression eine Ebene abgeschätzt. Der Mittelpunkt der Ebene gilt als gemessene Distanz. Der Abstand der Messpunkte zur Ebene wird als Distanzrauschen gewertet. Die Personendetektion wurde mit dem YoloV3 Algorithmus realisiert.

Ergebnisse

Der Einsatz eines solchen Systems im Bereich Assisted Living ist denkbar. Der Kamera ist es möglich bis zu einer Distanz von 6.5 m qualitativ vernünftige Aufnahmen zu erstellen. Die Personendetektion funktioniert grundsätzlich.



Spektrometer basierend auf integriertem Low-Cost Spektralsensor

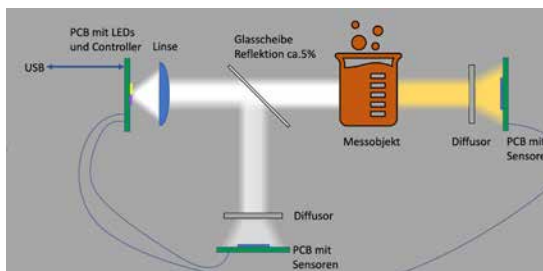


Abb. 1 Darstellung des geplanten Aufbaus. Links ist die Lichtquelle zu sehen, rechts und unten befinden sich die Spektralsensoren. Das Absorptionsspektrum berechnet sich aus den Unterschieden der Sensoren rechts und unten.

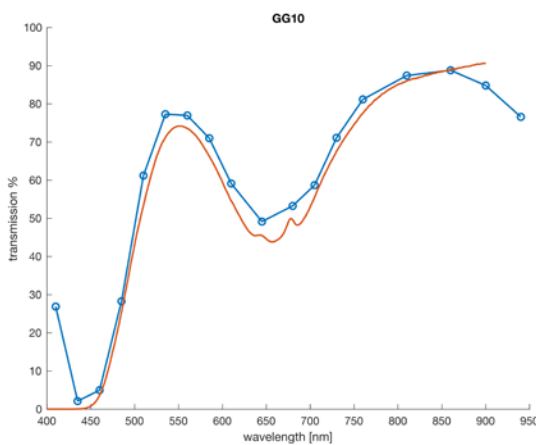


Abb. 2 Das mit dem Laboraufbau aufgenommene Transmissionsspektrum (blau) eines Filters kommt sehr nahe an die Kennlinie des Filters (Orange). Einzige in den Randbereichen bei 410nm und ab 850 nm sind grössere Abweichungen ersichtlich.

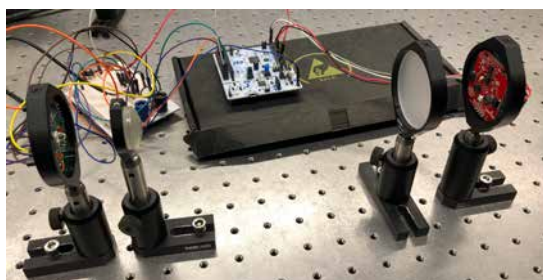


Abb. 3 Mit diesem Laboraufbau konnte die Funktion des Spektrometers bestätigt werden. Aufgrund von Lieferschwierigkeiten von Bauteilen, musste auf die Referenzmessung verzichtet, und ein grosser Teil manuell verdrahtet werden.

Problemstellung

Die Firma Sigrist Photometer stellt Messgeräte her, mit welchen Verunreinigungen in Wasser bestimmt werden können. Dies erfolgt mittels Absorptionsmessungen von Licht in bis zu drei wählbaren Wellenlängen. Dazu wird die zu bestimmende Flüssigkeit mit LEDs nacheinander in den entsprechenden Wellenlängen bestrahlt und jeweils die Absorption gemessen. In Zukunft soll eine Messung über den gesamten sichtbaren Spektralbereich mit einem einheitlichen Messgerät möglich sein.

Lösungskonzept

Um das optische Absorptionsspektrum im Bereich zwischen 940nm und 365nm aufzunehmen, sollen kostengünstige Spektralsensoren in Kombination mit einer breitbandigen oder Multiwellenlängen-LED zum Einsatz kommen. Es soll herausgefunden werden, ob und wie mit mehreren Messungen die spektrale Auflösung des Sensors erhöht und wie Umgebungslicht und die Alterung der Lichtquelle kompensiert werden können.

Realisierung

Es wurde ein Algorithmus entwickelt, mit welchem sich die spektrale Auflösung des Sensors mithilfe der schmalbandigen LEDs erhöhen lässt. Um die Funktion dieses Algorithmus zu überprüfen, wurden die Sensoren sowie LEDs im Optiklabor ausgemessen. In einer Matlab Simulation konnte mit diesen Daten gezeigt werden, dass die damit erzielten Ergebnisse nicht die gewünschte Qualität aufweisen. Als Alternative wurde für den Laboraufbau ein Sensor mit einer ohnehin grösseren Auflösung gewählt. Mit diesem Aufbau wurden Messungen an Filtern mit bekanntem Transmissionsspektrum durchgeführt.

Ergebnisse

Aufgrund von Lieferschwierigkeiten konnte nicht der gesamte Funktionsumfang gezeigt werden. Trotzdem konnten für Sigrist Photometer relevante Informationen gewonnen werden. Ich habe gezeigt, dass es theoretisch möglich ist, die spektrale Auflösung des AS7341 mit LEDs unterschiedlicher Wellenlänge zu erhöhen. Der praktische Einsatz dieser Methode ist jedoch aufgrund der Überlappung und unregelmässiger Verteilung der Farbkanäle wenig sinnvoll. Mit einem Testaufbau und entsprechender Software, ist es mir gelungen die Transmission von verschiedenen Filtern im Bereich zwischen 410 und 940nm in 18 Kanälen zu messen und somit die Funktion des Aufbaus zu bestätigen.



CubeSat Projekt CHES: Leistungsverstärker für 10 GHz

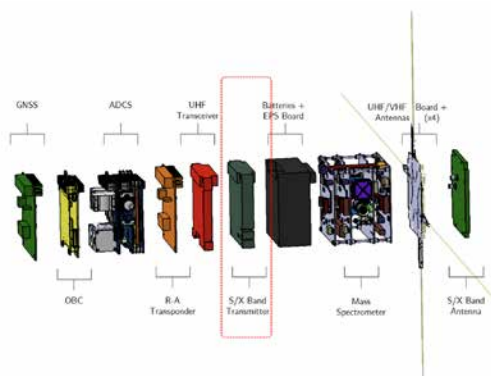


Abb. 1 Komponentenübersicht CHES CubeSat

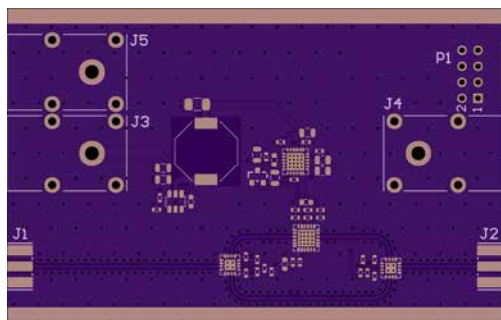


Abb. 2 PCB Layout Treiberstufe

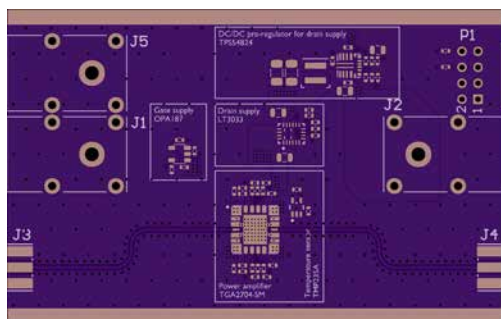


Abb. 3 PCB Layout Leistungsstufe

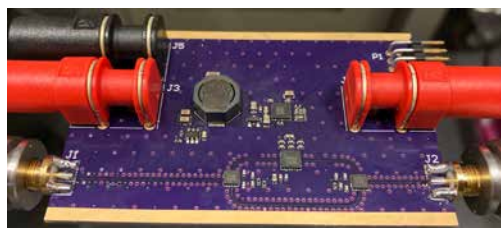


Abb. 4 Prototyp Treiber Modul

Problemstellung

Das CubeSat Projekt CHES visiert das Aussenden von 2 Nanosatelliten an, welche ein Massenspektrometer für die Beobachtung der Zusammensetzung der irdischen Atmosphäre enthalten. Die X-Band Sendeeinheit dieser Satelliten (Abb. 1 rot eingrahmt) wird von der Hochschule Luzern als Teil des High-Speed Downlinks für die Übertragung der wissenschaftlichen Messdaten entwickelt. Für diese Sendeeinheit soll ein 5W-Leistungsverstärker-Designs erstellt werden.

Realisierung

Ausgehend vom vorgegebenen TGA2704-SM von Qorvo wurde ein zweistufiges Design bestehend aus zwei PCB Modulen entwickelt: einer Treiberstufe basierend auf dem HMC1082 von Analog Devices (Abb. 2) und einer Leistungsstufe basierend auf dem TGA2704-SM (Abb. 3). pHEMT GaAs Verstärker benötigen ein geregeltes Biasing für beste Performance; für die Treiberstufe kam dafür ein aktiver Bias-Controller, der HMC980 von Analog Devices, zum Einsatz. Auf Grund des hohen Drainstromes der Leistungsstufe wurde dort ein diskretes Design basierend auf einem Schaltspannungswandler als Vorstufe und einem linearen Regler als Endstufe erstellt. Mittels EM-Simulation wurden die HF-Pfade der Module auf ihr zu erwartendes Übertragungsverhalten bei den Zielfrequenzen von 10.45–10.5 GHz untersucht. Dies ermöglichte auch den Effekt der Substratwahl zu analysieren, welche bei diesen Frequenzen von grosser Bedeutung ist.

Ergebnisse

Der Bau der Prototypen war mit etlichen Problemen behaftet: beim Treiber Modul (Abb. 4) war der Ausgangspegel um rund 40 dB tiefer als erwartet, was auf eine defekte Komponente oder eine fehlerhafte Lötstelle zurückzuführen ist. Der darauffolgende zweite Prototyp des Treiber Moduls litt an einem nicht ausfindig machbaren Kurzschluss der Spannungsversorgung, weshalb auch hier die Verifikation und Charakterisierung des Designs nicht erfolgen konnte. Problematisch war ebenfalls, dass der TGA2704-SM in den USA einer Exportrestriktion unterliegt. Weil die für den Erwerb der Komponente benötigte Lizenz erst nach Projektende erteilt wurde, konnte für die Leistungsstufe kein Prototyp gebaut werden.

Ausblick

Kurz vor Ende der Arbeit wurde der TGA2704-SM von Qorvo abgekündigt. Das empfohlene Nachfolgeprodukt QPA2611 bietet bessere Performance zu einem deutlich günstigeren Preis. Ein weiterer Vorteil ist, dass der QPA2611 keiner Exportrestriktion unterliegt. Auf Grund abweichendem Package und höherer Gate- und Drainspannungen für das Biasing müsste allerdings das Design der Leistungsstufe komplett neu gemacht werden.



Size estimation of particles from a trigger signal

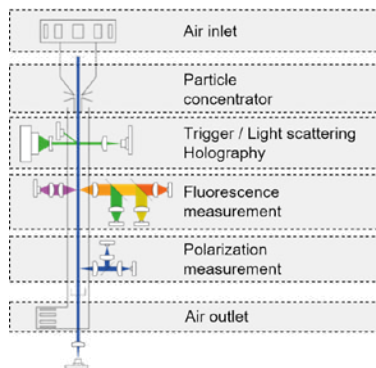


Abb. 1 Swisens Poleno

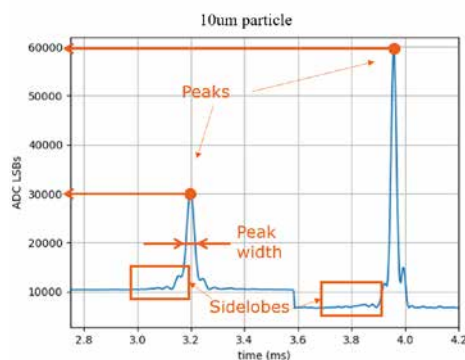


Abb. 2 Triggersignal with measured light scattering and concept descriptions

Task description

This bachelor thesis deals with the size estimation of particles from a trigger signal. The start-up Swisens of the Lucerne University of Applied Sciences and Arts developed a real-time measurement device to identify airborne particles in the air. The measurement unit “Trigger / Light scattering, Holography” measures the scattered light and makes holographic images of the pollen. Swisens can estimate most sizes of pollen. But for particles below 5µm, the resolution of the holographic images is not good enough. Therefore, should now be investigated if with the measurement of scattered light, the size of particles can be estimated.

Concepts

Three concepts have been developed during the project. One concept investigates the relationship between the peak width of the trigger signal with the particle size (PSL). The second is to examine the relationship between the trigger signal peak height and the PSL size. Lastly, the third concept looks at whether the frequency of the waves before each peak correlates with the particle size.

Realisation

Different light scattering theories needed to be researched to be able to understand the matter. With this understanding, the algorithms were developed. The code was mainly written in python because the industry partner also uses this language in its own projects. Few calculations (FFT and Image processing) were done in MATLAB.

Results

One concept which results showed a very strong correlation relationship is calculating the peak height. Especially the first of the two peaks of the trigger signal. Another concept which shows promising results is the trigger width at a certain threshold. The third concept, the spectral analysis of the sidelobes so far showed the least strong correlation with the particle size. During the project, few troubles came up because of the available Data sets but a solution was found to be able to verify the measurements.

Outlook

Since the concepts showed promising results, it is now to investigate how the algorithms can be applied to estimate particles below 5µm. Swisens so far was possible to estimate sizes of pollen. But because the resolutions of the holographic images of particles below 5 µm are not clear enough, with this proof-of-concept further investigation can now be made.

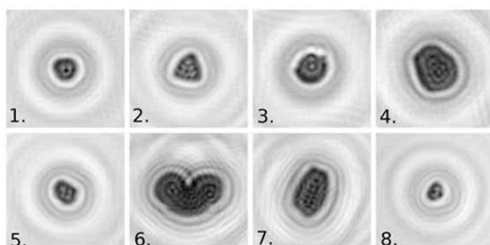


Abb. 3 Different Pollen taxa: 1. Ragweed, 2. Hazel, 3. Grasses, 4. Beech, 5. Ash, 6. Pine, 7. Oak, 8. Nettle

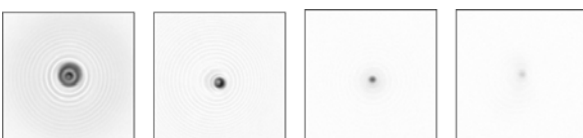


Abb. 4 Polystyrene Latex Beads (PSL) 20, 10, 5, 2 µm



Energy around a cable

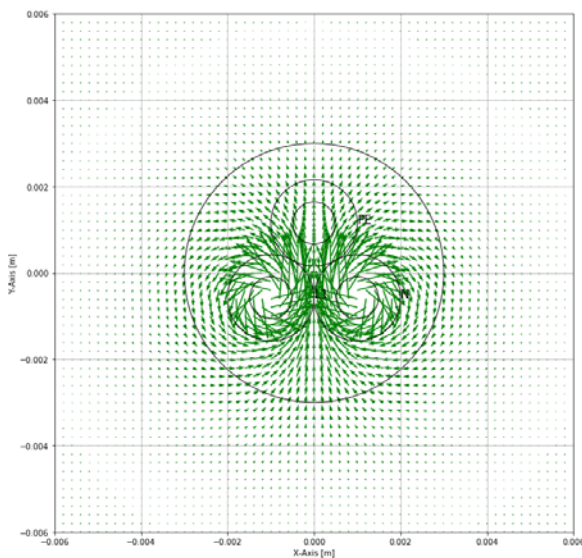


Abb. 1 Vektordarstellung des Magnetfeldes um ein mehradriges Kabel

Problemstellung

Um ein intelligentes Haus, ein sogenanntes «smart Home» realisieren zu können, braucht die Intelligenz dahinter möglichst viele Informationen dieses Hauses. Das iHome Lab der Hochschule Luzern untersucht deshalb eine Möglichkeit wie man messbare Energie aus dem Magnetfeld eines mehradrigen Kabels gewinnen kann, um damit Sensoren zu betreiben. Die Problematik der Arbeit bestand darin, dass die Magnetfelder von Hin- und Rückleiter im Umlaufintegral um das Kabel Null ergeben. Herkömmliche Lösungen wie eine Strommessklemme kamen deshalb nicht als Lösung in Frage.

Lösungskonzept

Es wurden zwei Lösungskonzepte untersucht. Zum einen ein Piezoelement welches aus der Vibrationsenergie eines Permanentmagneten im Magnetfeld des Kabels elektrische Spannung erzeugen kann. Zum anderen eine Induktivität, welche möglichst nahe an das Kabel gebracht wird. Das Magnetfeld induziert in dieser Induktivität eine Spannung, welche als Spannungsquelle genutzt werden kann.

Realisierung

Frühe Recherchen ergaben eine sehr kleine Effizienz (0.233 %) in der Umwandlung der mechanischen Energie des Permanentmagneten in elektrische Energie durch das Piezoelement. Aus diesem Grund wurde nur das Lösungskonzept der Induktivität am Kabel verfolgt.

Hierzu wurden Berechnungen und Simulationen durchgeführt, welche das Magnetfeld um ein mehradriges Kabel darstellen (Abbildung 1). Des Weiteren wurden Experimente durchgeführt, welche die Berechnungen bestätigen sollen.

Im Laufe der Arbeit wurde immer klarer, dass jede eventuell gewonnene Spannung sehr klein sein wird. Um diese kleine Spannung gleichrichten und so auch effektiv eine Energie speichern zu können sind Schaltungen zur Spannungsüberhöhung recherchiert und simuliert worden.

Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt eine Spannung von knapp 1mVp. Diese Spannung wurde an einer Induktivität mit ca. 2'400 Windungen gemessen, welche im Magnetfeld platziert wurde. Eine solche Induktivität ist physisch schon grösser als der Kabeldurchmesser.

Diese Spannung konnte aufgrund der hohen Anforderungen an eine Überhöhungsschaltung nicht annähernd auf gleichrichtbare Spannungen gebracht werden. Es ist somit nicht möglich Energie aus dem Magnetfeld eines mehradrigen Kabels zu speichern. Die Leistung an einem Lastwiderstand direkt an der Spule beträgt ungefähr 6nW.

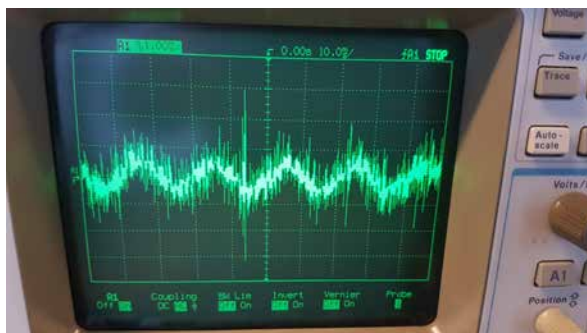


Abb. 2 Spannung an einer Spule mit 2400 Wicklungen



E-Bike Testing-Station



Abb. 1 E-Bike Testing-Station der Firma AureusDrive.

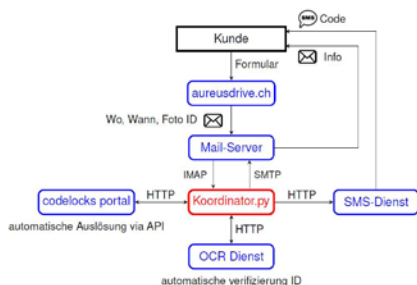


Abb. 2 Ablauf automatisierte Verarbeitung einer Anmeldung für eine Testfahrt.



Abb. 3 LoRa-Modul: Arduino MKR WAN 1310 mit Batterie, Antenne und RFID-Reader.



Abb. 4 LoRa-Modul an der Testing-Station.

Problemstellung

Das E-Bike Start-up AureusDrive betreibt mehrere Testing-Stations an verschiedenen Orten in der Schweiz um potentiellen Kunden eine gratis Testfahrt mit ihren E-Bikes zu ermöglichen. Bei jeder Anfrage muss ein Mitarbeiter von AureusDrive einen gültigen Code für das elektronische Zahlenschloss auslösen und zusammen mit weiteren Infos via SMS und E-Mail an den Kunden weiterleiten. Dies verursacht wegen der steigenden Anzahl Anfragen immer mehr Aufwand.

Ein weiterer Schwachpunkt der bisherigen Lösung ist die fehlende Kontrolle – es ist nicht ersichtlich, ob ein E-Bike nach der Testfahrt wieder ordnungsgemäss zurückgebracht wurde.

Lösungskonzept

In der vorliegenden Arbeit wurde der Anmeldeprozess für die Testfahrten automatisiert. Dies beinhaltet die Auswertung der Anmeldedaten, Generierung eines gültigen Codes sowie Versenden der Informationen via SMS und E-Mail. Die Testing-Stations wurden mit einem LoRa-Modul kommunikationsfähig gemacht. Dabei wird via RFID erkannt, ob das E-Bike an der Station angedockt ist. Daneben können beliebig weitere Daten wie zum Beispiel der Akkustand übermittelt werden.

Realisierung

Die Automatisierung des Prozesses wurde mit Python bewerkstelligt. Bei einer Anmeldung für eine Testfahrt wird ein E-Mail generiert, welches bisher von Hand ausgewertet wurde. Das entwickelte Python-Programm fragt den Mail-Server in regelmässigen Abständen nach neuen Anmeldung ab. Wenn eine neue Anmeldung vorhanden ist wird diese automatisch verarbeitet. Das LoRa-Modul basiert auf einem Arduino MKR WAN 1310, welches mit einer Batterie betrieben wird. Die Daten werden über The Things Network übermittelt und auf einem Raspberry Pi in eine Datenbank (InfluxDB) gespeichert und mittels Grafana visualisiert.

Ergebnisse

Das LoRa-Modul ist als Prototyp bei einer ausgewählten Station im Einsatz und übermittelt zuverlässig Daten. Die Automatisierung des Anmeldeprozesses ist bereits im Einsatz und entlastet AureusDrive von der Aufgabe die Anmeldungen von Hand zu verarbeiten. Einem weiteren Ausbau des Testing-Station Netzes steht also nichts mehr im Weg.



BorneoSense – Datenlogger für Licht-Messungen im Regenwald



Abb. 1 BorneoSense im Einsatz in der Masoala-Halle (Zoo Zürich)



Abb. 2 Alkaline Battery Supply Board

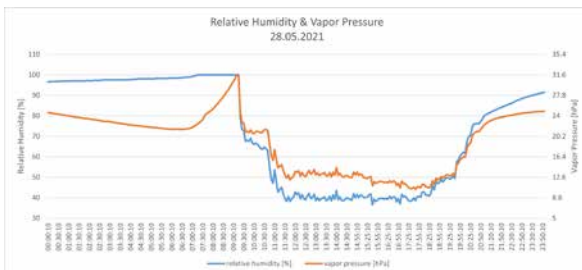


Abb. 3 Relative Luftfeuchtigkeit und Wasserdampfdruck

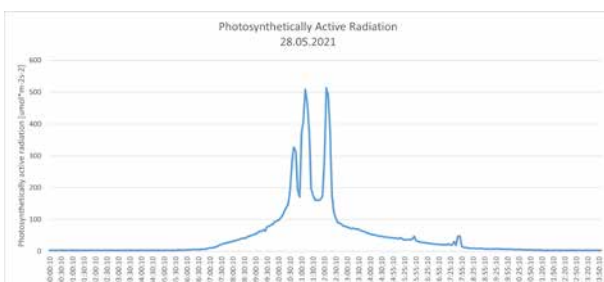


Abb. 4 Photosynthetisch aktive Strahlung

Problemstellung

Das Kinabatangan Orang-Utan Conservation Programme auf Borneo setzt sich für die Renaturierung von Palmölplantagen ein. Dazu werden die Plantagen mit Pflanzen aus dem angrenzenden Regenwald aufgeforstet. Um den Prozess durch die Anzucht von Jungpflanzen und Samen zu beschleunigen, werden Messdaten der Umgebung wie Lichtverhältnisse und Bodenbeschaffenheit für spezielle botanische Anwendungen benötigt. Bislang fehlen entsprechende Daten von Langzeitmessungen in Regenwäldern. Das Ziel dieses Projektes ist es, einen Datenlogger für ein bestehendes Sensorsystem zu entwickeln. Das System soll in der Lage sein, während eines Jahres im Regenwald von Borneo autark Messungen durchzuführen.

Lösungskonzept

Der Datenlogger schaltet sich einmal pro Tag selbstständig ein und holt die Messdaten vom Mess-Systems. Zusätzlich sichert er ein Backup der Messdaten auf einem zweiten redundanten Laufwerk und stellt ein User-Interface zur Verfügung. Die Energieversorgung des Datenloggers wird aufgrund der geringen Selbstentladungsrate mit handelsüblichen Alkali-Mangan-Zellen realisiert. Um die Ausfallsicherheit zu erhöhen, werden mehrere Batterie-Stränge eingesetzt.

Realisierung

Der Datenlogger wurde mit einem Raspberry Pi Zero, auf welchem ein Linux-OS läuft, realisiert. Ein Microcontroller-Board übernimmt das Powermanagement und die Überwachung der Spannungsversorgung. Zusätzlich agiert das Board als Watchdog für das Linux-System. Für die Energieversorgung wurde zudem eine Leiterplatte entwickelt. Ebenfalls Teil der Arbeit war die Implementierung der Firmware des Mess-Systems sowie die Entwicklung eines Gehäuses.

Ergebnisse

Die erwartete Betriebsdauer beträgt gemäss den durchgeführten Messungen rund 675 Tage und liegt somit deutlich über der Anforderung an die Betriebsdauer. Durch einen mehrtägigen Test in der Masoala-Halle des Zoo Zürich konnte die Funktionalität der Hard- und Software sowie der Schnittstellen zwischen den Systemen unter realen Bedingungen verifiziert werden. Die Messgrößen wurden alle 5 min erfasst und das Backup der Messdaten wie geplant erstellt.

Ausblick

Das System ist, abgesehen von einigen erforderlichen Nachbesserungen seitens Mess-System-Hersteller, einsatzbereit.



Feature Extraktion aus Aerosol-Bildern

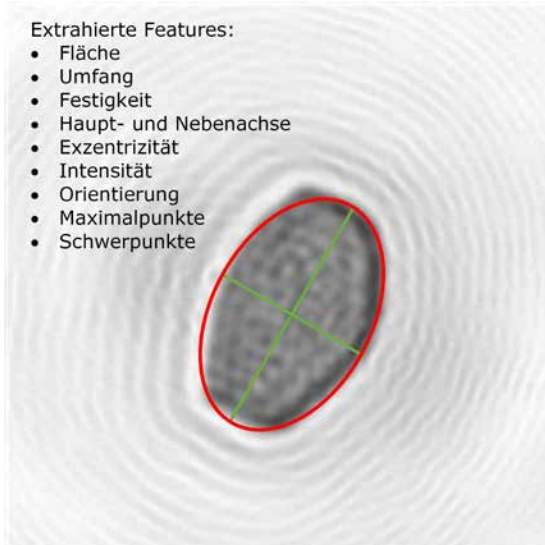


Abb. 1 Bild der Polle mit extrahierten Features

Predicted class	Actual class													
	Alnus	Carpinus	Corylus	Cryptomeria	Cupressus	Dactylis	Fagus	Fraxinus	Gram	Juceaceae	Populus	Quercus	Taxus	Ulmus
Alnus	103	0	9	53	1	0	0	34	0	0	42	0	2	24
Carpinus	0	207	0	0	0	7	2	0	11	1	0	0	0	0
Corylus	9	0	180	2	12	0	0	16	0	0	12	0	4	0
Cryptomeria	33	0	5	171	0	0	0	18	0	7	0	3	0	0
Cupressus	0	0	58	0	125	0	0	3	2	0	29	0	33	4
Dactylis	0	3	0	0	0	212	0	0	27	23	3	23	0	9
Fagus	0	4	0	0	0	0	288	0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus	33	0	10	23	4	0	0	91	0	0	15	0	2	2
Gram	0	10	0	0	0	68	0	0	201	17	0	4	0	0
Juceaceae	0	4	0	0	0	32	0	0	12	230	0	0	0	0
Populus	22	0	18	11	16	0	0	11	0	1	182	0	2	26
Quercus	4	0	0	1	0	13	0	0	11	0	0	255	0	5
Taxus	0	0	7	11	22	0	0	6	0	0	1	0	215	0
Ulmus	9	0	5	0	4	0	0	3	2	0	33	1	0	231

Abb. 2 Confusionmatrix für die Validierung der Klassifikation

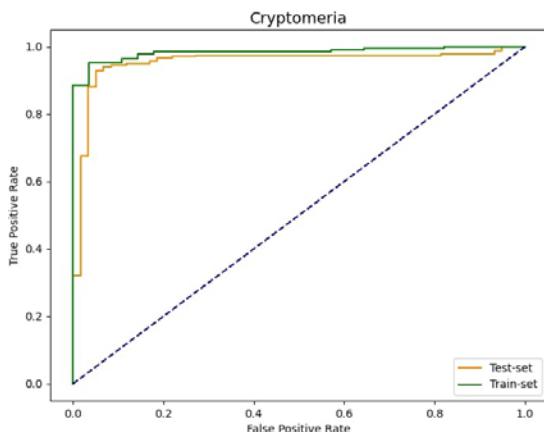


Abb. 3 ROC-Kurve von Cryptomeria, um den Schwellwert für die automatische Aussortierung zu bestimmen

Problemstellung

Die Swisens AG hat ein Messsystem entwickelt, das Aerosolpartikel in Echtzeit bemessen und klassifizieren kann. Speziell von Interesse sind dabei Pollen. Eine Messmethode ist die Holografie, mittels welcher zwei um 90° verdrehte Bilder einer Polle aufgenommen werden können.

Mittels Bildverarbeitung werden Merkmale aus den Bildern extrahiert. Diese passen jedoch nicht mit den in der Pollenbiologie üblichen Merkmalen zur Beschreibung einer Polle überein. Die aktuelle Klassifikation der Pollengattungen basiert auf einem CNN-Klassifikator, welcher direkt auf die Bilder angewendet wird. Dieser besitzt somit ein Blackbox-Verhalten. Die Datensets mit den Pollenbildern beinhalten zum Teil noch Bilder von schlechter Qualität. Eine manuelle Aussortierung ist sehr aufwendig.

Lösungskonzept

Mit einer Recherche in der Pollenbiologie sollen die Merkmale gefunden werden, welche für die Beschreibung einer Polle üblich sind. Anschliessend soll die Feature-Extraktion auf diese angepasst werden. Alternativ zum jetzigen CNN-basierten Klassifikator soll eine Klassifikation der Gattungen anhand der extrahierten Features erstellt werden. Zudem soll eine Aussortierung realisiert werden, die automatisch schlechte Bilder in einem Datenset erkennt und diese aussortiert.

Realisierung

Die Feature-Extraktion wird auf die OpenCV Library umgerüstet. Es werden zusätzliche Features berechnet, die für eine automatische 3D-Form-Schätzung sowie eine Qualitätsprüfung nützlich sein könnten. Mit einer SVM (Support Vektor Machine) konnte eine Klassifikation der Gattungen anhand der extrahierten Features realisiert werden. Das SVM-Modell kann gleichzeitig auch für die automatische Aussortierung der schlechten Bilder in den Datensets verwendet werden.

Ergebnisse

Die Klassifizierung erreicht eine Accuracy von ca. 75%. Mit dem Erstellen einer Confusion Matrix konnte auch festgestellt werden, zwischen welchen Gattungen es teils zu Verwechslungen kommt. Ein Programm einer automatischen Aussortierung der Daten mithilfe des SVM-Modells konnte erstellt werden. Für die Aussortierung muss für jede Gattung einzeln ein Schwellwert bestimmt werden. Dieser kann mithilfe der erstellten Histogramme und ROC-Kurven nach den Bedürfnissen gefunden werden.



Grundlagen des Espresso-Brühprozess

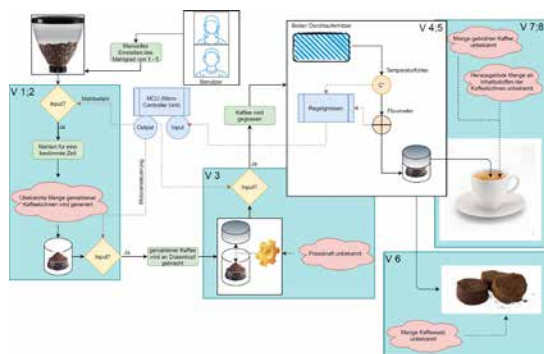


Abb. 1 Die Faktoren, welche in die Messreihe einfließen werden, wurden anhand des Prozesses der Kaffeemaschine definiert.

Problemstellung

Bei der Zubereitung eines perfekten Espressos sind verschiedene Faktoren entscheidend wie zum Beispiel die Bohnensorte, die Mahlgradeinstellung, die Kaffeemenge, die Presskraft, die Brühtemperatur, der Druck, die Durchlaufzeit etc. In einer ersten Version der Aufgabenstellung sollte ein Kaffeeroboter entwickelt werden, welcher in der Lage ist, immer den perfekten Espresso zu brühen. Da aber für die Durchführung einer solchen Aufgabenstellung die wesentlichen Grundlagen der zu dem Prozess beitragenden Faktoren unbekannt waren, richtete sich der Fokus der Arbeit den Grundlagen des Espresso-Brühens. Dabei sollten möglichst viele Abhängigkeiten der beitragenden Faktoren untersucht werden, um so einen fundamentalen Grundsatz für die Entwicklung eines Kaffeeroboter bilden zu können.

Zusätzlich hat sich zu Beginn der Arbeit ein Kaffeemaschinenhersteller, dazu bereit erklärt am Projekt mitzuwirken. Durch die Zusammenarbeit mit dem Industriepartner wurde die Analyse an einem von ihm gegebenen Gerät durchgeführt.

Lösungskonzept

Die Kaffeemaschine wird mit verschiedensten Sensoren ausgestattet, um so alle zum Espresso beitragenden Faktoren messen und in einem späteren Zeitpunkt analysieren zu können.

Realisierung

In der Kaffeemaschine wurden Distanzsensoren sowie Wägezellen verbaut, mit welchen die Mahlgradeinstellung, die Presskraft, das Gewicht des Kaffeesatzes sowie das Gewicht des gebrühten Espressos bestimmt werden konnte. Zusätzlich wurde über eine Kommunikationsschnittstelle auf die internen Messdaten der Kaffeemaschine zugegriffen, womit zusätzlich die Wassertemperatur und die Wasserdurchflussmenge definiert werden konnte. Die Daten wurden anschliessend in verschiedenen Messreihen auf einem Microcomputer gesammelt und ausgewertet.

Ergebnisse

Der entstandene Messaufbau ist nicht in der Lage, alle zum Ziel gesetzten Faktoren zu messen. Er liefert jedoch wichtige Erkenntnisse, über den Zusammenhang der einzelnen Variablen.

Es konnte aufgezeigt werden, dass der Extraktionsgehalt, welcher Auskunft über die gelösten Inhaltsstoffe der Bohnen gibt, in einer starken Abhängigkeit zum eingestellten Mahlgrad steht. Zusätzlich konnte mit einer linearen Regression erwiesen werden, dass es möglich ist, die Menge an gemahlene Bohnen sowie den Extraktionsgehalt zu schätzen.

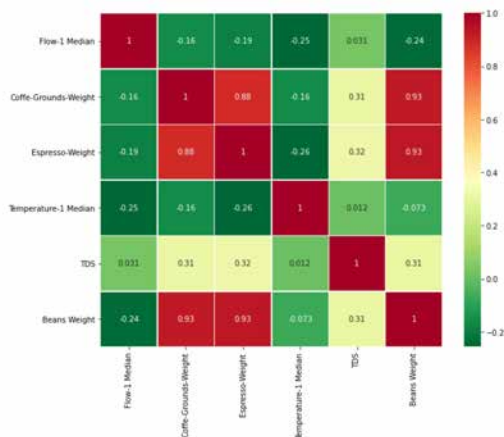


Abb. 2 Durch die Variation des Gewichts der gemahlene Bohnen konnten sehr hohe Korrelationskoeffizienten bei der Korrelation des Gewichts der gemahlene Bohnen mit dem Gewicht des Kaffeesatzes und des Gewichts des Espressos entdeckt werden.



Abb. 3 Es konnte gezeigt werden, dass der Extraktionsgehalt in einer linearen Abhängigkeit mit der eingestellten Mahlgradeinstellung steht.



Skalierbarer FPGA-Beschleuniger für Neuronale Netze

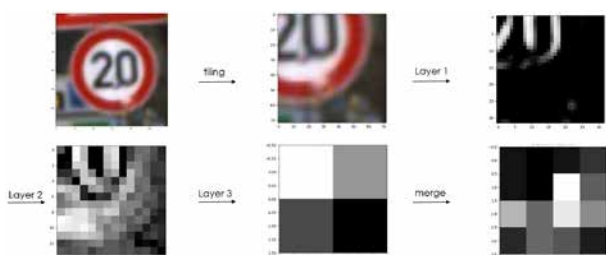


Abb. 1 Architektur des BinArray System mit vier SAs

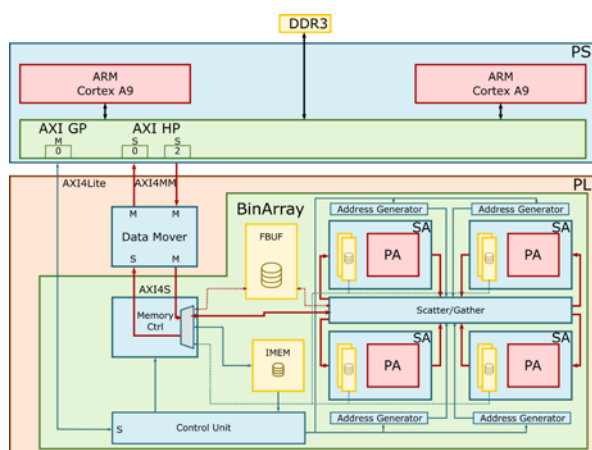


Abb. 2 Ablauf: Kacheln des Eingangsbildes, bearbeiten aller Layer und zusammensetzen der Ausgangsteilbilder anhand eines CNN mit drei Layern angewendet am GTSRB Datensatz.

Problemstellung

Convolutional Neural Networks (CNN) gelten aufgrund ihrer überlegenen Genauigkeit als State-of-the-Art für Computer Vision und andere Signalverarbeitungsaufgaben. BinArray, ein Low-Cost CNN Beschleuniger, der am CC ISN entwickelt wurde, arbeitet speziell komprimierte CNN effizient ab und ermöglicht den Gebrauch von CNN in Embedded Edge Computern mit begrenzten Ressourcen. BinArray ist anhand von drei Designparametern bezüglich Durchsatzes und Genauigkeit einstellbar. Der dritte Parameter, welcher die Anzahl an Teilbildern, die parallel bearbeitet werden können, wird in dieser Thesis eingeführt.

Lösungskonzept

Um an verschiedenen Teilbildern arbeiten zu können, muss das Eingangsbild zuerst gekachelt werden. Da bei der Faltungsoperation ohne Erweiterung des Eingangsbildes Daten verloren gehen, wurde ein Konzept entwickelt, welches beim Kacheln des Eingangsbildes die nötigen zusätzlichen Pixel berechnet und diese für die jeweiligen Teilbilder zusätzlich abspeichert. Abbildung 1 zeigt den Vorgang des Kachelns an einem Beispielnetzwerk für vier Teilbilder. Das Beispielnetzwerk hat drei Faltungsschichten. Am Ende werden die Teilausgangsbilder zum gesamten Ausgangsbild zusammensetzt.

Realisierung

Die Teilbilder werden von jeweils einem Systolic Array (SA) abgearbeitet. Diese SA besitzen jeweils einen eigenen Speicher der die Eingangs- sowie die Ausgangsteilbilder abspeichert. Die SA's können so unabhängig voneinander alle Layer des CNNs abarbeiten. Das Kacheln kann aus dem Programmierbaren Logik (PL) Teil des Systems in welchem sich das BinArray und somit auch die SA's befinden, in den Processing System (CPU) Teil ausgelagert werden (Abb.2).

Ergebnisse

Ergebnisse zeigen, dass durch Erhöhen der Anzahl an SA von einem auf zwei ein erhöhter Durchsatz erreicht werden kann. Der erhöhte Durchsatz geht auf Kosten von zusätzlich benötigten Hardware Ressourcen. Der Anteil an Hardware Ressourcen der SA's entsprechen fast dem gesamten Hardware Gebrauch. Somit verdoppelt sich der Hardware Aufwand beinahe mit der Verdoppelung an SA's. Weiter ist zu erwähnen, dass kacheln des Bildes vor allem effektiv ist, wenn sich die Anzahl an Ausgangspixel der letzten Faltungsschicht durch die Anzahl an SA's teilen lässt.

Ausblick

In der Arbeit wurden weitere Kachelmethoden bzw. Speichermethoden aufgezeigt. Diese können in einer nächsten Projektphase implementiert und verglichen werden.



Design and Verification of Thermal Calibration Procedure

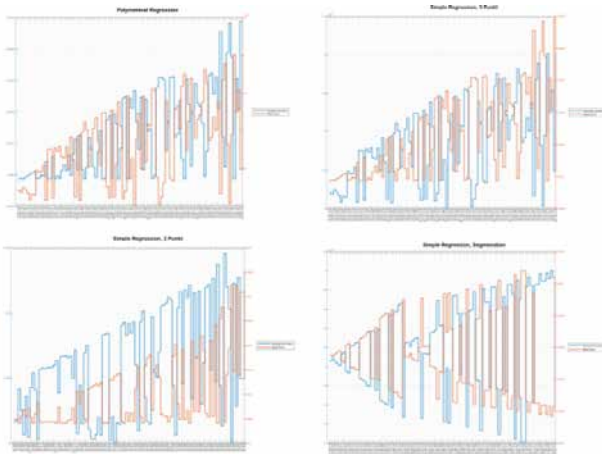
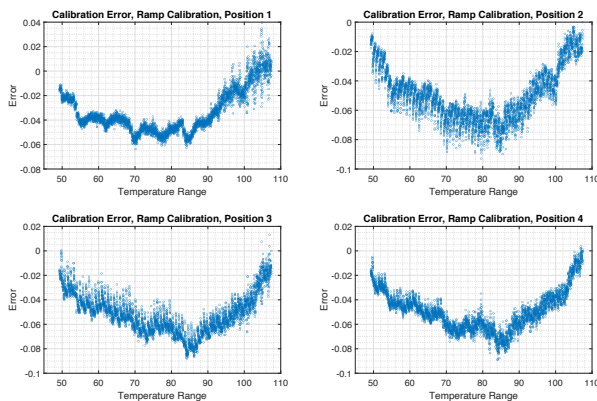


Abb. 1 Das Rampenkalibrierverfahren konnte erfolgreich implementiert und getestet werden.



Problemstellung

Zur Herstellung von cobalt Lait tubes werden genaue Temperaturen während dem Verpressungsvorgang benötigt. Für eine schnelle Kalibrierung direkt an der Maschinenanlage hat die Roche ein Kalibriergerät entwickelt, welches deutlich kleiner und leichter ist als die herkömmlichen Geräte. Nun soll geprüft werden, wie dieses Gerät für eine kundenseitige Kalibrierung am besten eingesetzt werden kann. Dabei sollen die bekannten Kalibriermethoden untersucht und verbessert werden. Zudem soll ein neues Kalibrierverfahren entwickelt werden, welches alle Eigenschaften des Kalibriergerät optimal einsetzt.

Lösungskonzept

Es wird geprüft, in welchen Kalibrierpunkten die Kurvenmodelle die besten Ergebnisse erzielen können. Dabei werden alle möglichen Modelle geformt, welche mit maximal drei gemessenen stationären Temperaturpunkten berechnet werden können. In einem weiteren Schritt werden virtuelle Kalibrationen erstellt, mit welchen das beste Modell ermittelt werden soll.

Damit alle Eigenschaften des Kalibrationsgerätes eingesetzt werden können, sollten diese in einem ersten Schritt statistisch ermittelt und verifiziert werden. Danach wird versucht anhand von diesen Informationen ein neues Verfahren zu entwickeln.

Realisierung

Mit einem Brute Force Algorithmus wurden alle möglichen Kombinationen von Kalibrierpunkten an allen Modellen getestet und mit einer Metrik bewertet. Die Ergebnisse der Metrik wurden dazu benutzt, um in einem weiteren Schritt durch virtuelle Kalibrationen das beste Modell zu ermitteln.

Als neuer Kalibrieransatz wurde ein Rampenverfahren entwickelt. Dazu wurde ein dynamisches Modell des Sensor, wie auch von seiner Umgebung modelliert. Mit den statistischen Untersuchungen und dem Modell konnten verschiedene Ansätze realisiert werden.

Ergebnisse

Die optimalen Kalibrationspunkte konnten gefunden werden. Dabei wurden insgesamt vier Modelle untersucht.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Inderbitzin Amon

Prof. Dr. Klaus Zahn

Signalverarbeitung & Kommunikation,
Mechatronik, Automation & Robotik

Agtatec AG



Durchgangsschleuse mit Wärmebildkamera



Abb. 1 Durchgangsschleuse der Firma record im Flughafen Zürich (record, o.D.)

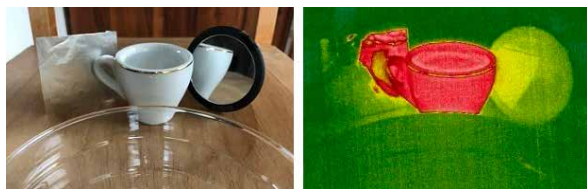


Abb. 2 Beispiele aus dem Alltag mit einer herkömmlichen Kamera und einer Infrarotkamera



Abb. 3 Mit MATLAB aufgezeichnete Spuren von vier Pixeln über die Zeit

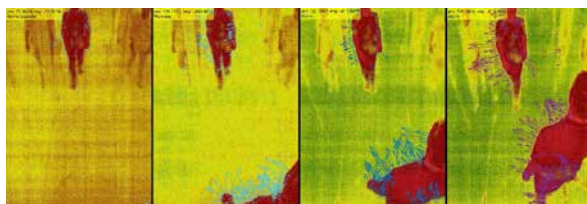


Abb. 4 Richtungsdetektion mit optischem Fluss

Problemstellung

Die Firma *record Türautomation AG* baut Durchgangsschleusen für Sicherheitsbereiche, die vor allem in Flughäfen eingesetzt werden (siehe Abbildung 1). Der eingebauten Sensorik kommt dabei die Aufgabe zu, Personen und Gegenstände zu detektieren und deren Bewegungsparameter zu bestimmen, denn die Schleusen dürfen nur in eine Richtung durchschritten werden. Diese Arbeit ist eine Machbarkeitsstudie und untersucht, ob Wärmebildkameras einen Grossteil der heute verbauten Sensorik überflüssig machen können.

Vorgehen

Als erstes wurden Testszenarien ausgearbeitet, um die nachfolgenden Algorithmen zu evaluieren. Danach wurden Aufnahmen mit der vom Auftraggeber ausgesuchten Wärmebildkamera erstellt. Im Laufe dieses Schrittes wurde die Technologie der ungekühlten Wärmebildkamera genauer untersucht (siehe Abbildung 2). Es folgte die Ausarbeitung verschiedener Konzepte, wie die Richtung aus den Videos extrahiert werden könnte. Später wurde der Fokus auf die Objektdetektion gelegt, da Objekte mit Raumtemperatur wenig Kontrast aufweisen. Dazu wurden unter anderem in Echtzeit Pixelwerte von Gegenständen in einem Plot dargestellt (siehe Abbildung 3).

Realisierung

Mit MATLAB konnten die Bilder der Kamera gelesen und verarbeitet werden. Zwei Algorithmen wurden speziell betrachtet. Um die Bewegungsrichtung von Personen zu schätzen, wurde auf den optischen Fluss gesetzt (engl. optical flow). Die Pixelwerte von Objekten lagen sehr nahe am Rauschen der Auswertelektronik. Deshalb wurde ein Algorithmus verwendet, der für jedes Pixel das Rauschen analysiert und die Standardabweichung berechnet. So kann eine bestmögliche Hintergrundschätzung realisiert werden. Um zu untersuchen, inwiefern Algorithmen für Grauwertbilder auch auf Wärmebilder angewandt werden können, wurden einige Tests durchgeführt mit dem Detektionsalgorithmus yoloV4, der auf einem *Convolutional Neural Network* (CNN) basiert.

Ergebnisse

Der optische Fluss lieferte zuverlässige Ergebnisse für die Personendetektion mit hoher Bildrate (siehe Abbildung 4). Trotz detaillierter Rauschanalyse konnten Objekte mit Raumtemperatur allerdings nicht zuverlässig erkannt werden. Die Personendetektion mit yoloV4 lieferte gute Ergebnisse, eine Objektdetektion mit diesem Algorithmus wurde nicht untersucht.



DC-Servomotor Endstufe

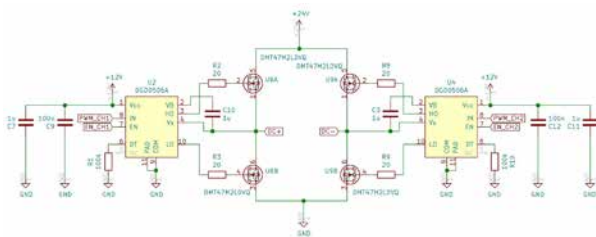


Abb. 1 Schema der Ausgangsstufe

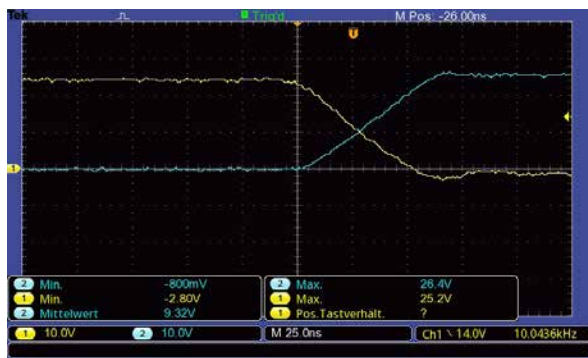


Abb. 2 Signale der Ausgangsstufe gemessen an den Anschlüssen DC+/DC-

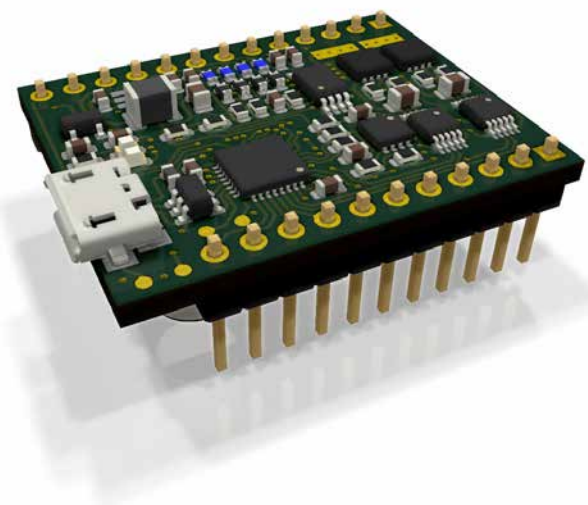


Abb. 3 3D Modell der Hardware

Problemstellung

Die Firma Pamatech System AG entwickelt Sonderverpackungsmaschinen für die Lebensmittelindustrie. Neben leistungsstarken Servoantrieben werden für verschiedene Aufgaben kleine DC Stellmotoren verwendet. Für die Ansteuerung dieser Motoren sind auf dem Markt jedoch keine für diese Anwendung geeigneten Controller verfügbar. Aus diesem Grund wurde von der Pamatech System AG eine Schnittstelle zwischen SPS und DC-Motor entwickelt, welche jedoch eine teure Endstufe verwendet. Diese Endstufe soll nun durch eine preisgünstigere und leistungsfähigere Endstufe mit zusätzlichen Funktionen ersetzt werden.

Lösungskonzept

Ziel dieser Arbeit war es, ein funktionsfähiger Prototyp zu entwickeln und zu bauen. Hierzu mussten ein Hard- und Softwarekonzept ausgearbeitet und realisiert werden. Die Dimension und die Schnittstellen der Hardware sind durch die bisher eingesetzte Endstufe vorgegeben und musste in der Evaluationsphase berücksichtigt werden. Eine entscheidende Funktionserweiterung ist die Möglichkeit, bei einem Spannungsausfall den gelesenen Encoderwert persistent zu speichern. Dadurch entsteht die Möglichkeit mittels günstigeren Inkrementalgebern eine absolute Positionierung auch bei Spannungsausfall zu ermöglichen.

Realisierung

Zu Beginn der Arbeit wurde ein Pflichtenheft erstellt und die Teilaufgaben definiert. Für die Ansteuerung des Vierquadrantenstellers, die Kommunikation mit einer übergeordneten Steuerung und die Auswertung des Encoders wurde ein Mikrocontroller eingesetzt. Um die geschriebene Firmware zu testen, musste in einem zweiten Schritt die Hardware gelayoutet und erstellt werden. Des Weiteren wurde eine .NET Anwendung geschrieben, um die notwendigen Parameter über eine USB-Schnittstelle gemäss den definierten Anforderungen zu konfigurieren.

Ergebnisse

Mittels eines erstellten Testaufbaus konnte gezeigt werden, dass alle Funktionen gemäss Pflichtenheft realisierbar sind. Die geforderte Eigenwärme der Ausgangsstufe bei maximaler Leistung wurde jedoch überschritten. Kleinere Anpassungen am Layout sollten dieses Problem jedoch beheben.



Leistungsverstärker für Hardware-in-the-Loop-System

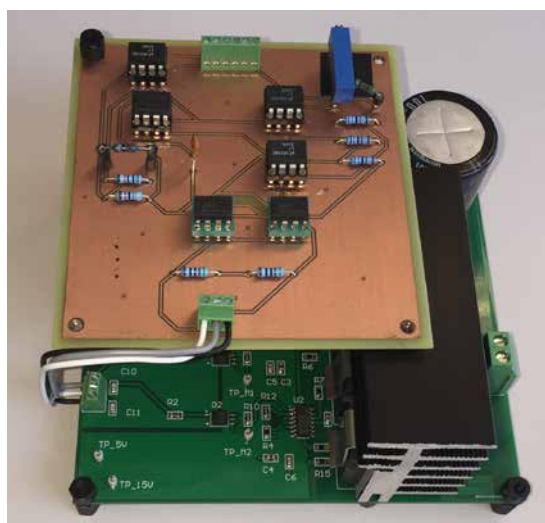


Abb. 1 Leistungsverstärker für HIL System



Abb. 2 Ausgang des Verstärkers ungefiltert

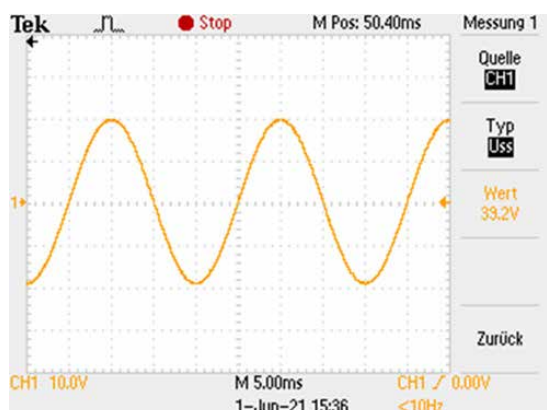


Abb. 3 Ausgang des Verstärkers gefiltert

Problemstellung

In dieser Bachelorarbeit wurde ein Leistungsverstärker realisiert, um den Ausgang des Typhoon HIL 603 zu verstärken. Der analoge Ausgang des Typhoon HIL 603 liefert zwischen $\pm 5V$ bei einer Last von $1M\Omega$. Dieser Ausgang soll um den Faktor 73.54 möglichst linear verstärkt werden. Das Ziel ist, mit dem verstärkten Signal Tests mit der vollen Netzspannung ($230V \pm 10\%$) durchzuführen.

Lösungskonzept

Um den Ausgang zu verstärken, wurden mehrere Architekturen in Betracht gezogen. Mithilfe einer Anforderungsliste wurde abgegrenzt, was genau erfüllt werden soll.

Der Entscheidung fiel auf einen PWM-Verstärker, da mit dieser Architektur die Anforderungen optimal umgesetzt werden können.

Realisierung

Der Verstärkerteil wird Modular aus zwei Blöcken aufgebaut (PCB Block 1 und PCB Block 2). Der erste Teil generiert die Schaltbefehle für die Halbleiter. Der zweite Teil nimmt die Schaltbefehle entgegen und schaltet nach einer galvanischen Trennung die Leistungs-MOSFETs.

Ergebnisse

Der Verstärker zeigt das gewünschte Verhalten. Das Signal wird vom Typhoon HIL 603 hochfrequent abgegriffen und linear verstärkt. Mit kleiner Spannung wurde bereits ein tiefpassgefiltertes Ausgangssignal erzeugt.

Der Verstärker wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Bei der Inbetriebnahme des ersten Blocks gab es keine Schwierigkeiten. Beim zweiten Block mussten Anfangsprobleme behoben werden.

Ausblick

Das gewählte Konzept und der Verstärker funktionieren. Trotzdem müssen noch einige Anpassungen gemacht werden. Es muss noch ein Leistungsfilter in Serie geschaltet werden, um den Ausgang Tiefpass zu filtern. Zudem müssen die DC/DC Wandler ausgetauscht werden.

Zum Schluss muss der Verstärker in ein Gehäuse montiert werden. Sobald die weiteren Schritte umgesetzt sind, kann der Verstärker für Forschungen mit Hardware-in-the-Loop eingesetzt werden.



SmartWheel

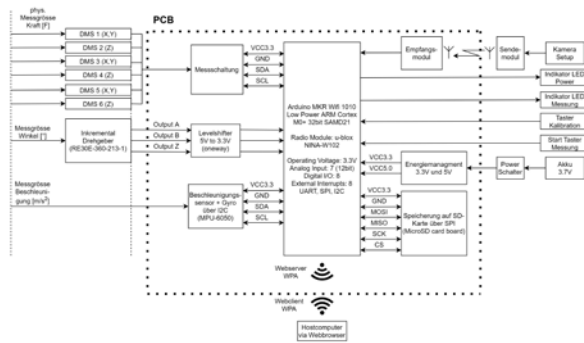


Abb. 1 Blockschaltbild aller Komponenten

Problemstellung

Das Schweizer Paraplegie-Zentrum in Nottwil ist eine national und internationale anerkannte Spezialklinik für Querschnitt-, Rücken- und Beatmungsmedizin. Ziel dieser Arbeit ist in Zusammenarbeit mit der Forschungseinrichtung, die Herstellung eines Analysetool für Rollstuhlfahrer. Dieses Tool misst die Kräfte am Greifreifen in X- Y- und Z-Richtung, welche vom Arm und der Hand auf den Rollstuhl eingeleitet werden. Mit diesen Daten können Bewegungen des Patienten erfasst und ausgewertet werden. Durch die Analyse können Verbesserungen an den Einstellungen des Rollstuhls vorgenommen und die Ergonomie des Rollstuhlfahrers verbessert werden. Muskeln können zudem spezifisch trainiert werden, um Langzeitschäden des Benützers zu minimieren. Schlussendlich dienen diese Analysen dazu, das Leben des Rollstuhlfahrers zu erleichtern.

Lösungskonzept

Zu Beginn des Projektes ist ein Pflichtenheft erstellt und anschliessend ein Blockdiagramm entwickelt (siehe Abb. 1) worden, welche die benötigten Anforderungen erfüllt. Durch Tests und Berechnungen diverser einzelner Komponenten konnten diese verifiziert werden. Für die Ermittlung der Kräfte am Greifreifen werden Dehnungsmessstreifen eingesetzt, welche in der Elektronik umgewandelt den einwirkenden Kräften entsprechen. Ein weiterer Schritt ist die Erstellung des Schema inklusive PCB mit dem Altium Designer (siehe Abb. 2). Die Messdaten der Kräfte werden alle 4ms auf eine SD-Karte gespeichert. Der mechanische Aufbau für die Krafterkennung wird vom Auftraggeber grösstenteils zur Verfügung gestellt.

Realisierung

Das entwickelte PCB wird mit den ausgelegten Komponenten bestückt (siehe Abb. 3) und mit dem Microcontroller softwareseitig erfolgreich eingebunden. Durch weitere Versuche können noch unbestimmte Grössen ermittelt und ebenfalls mit passenden Teilen auf das PCB übertragen werden. Zudem wird die schon bestehende Peripherie erneuert (siehe Abb. 4).

Ergebnisse

Bei dem Projekt handelt sich um einen ersten Prototypen. Die Kräfte können erfolgreich gemessen und auf die SD-Karte gespeichert werden. Jedoch ist das Endprodukt noch nicht in der Praxis einsetzbar. Einige Punkte müssen dazu hardware- und softwareseitig überarbeitet werden.

Ausblick

Das Projekt ist eine Grundlagenstudie für eine Weiterentwicklung. Diese wird in den kommenden Semestern fortgeführt.

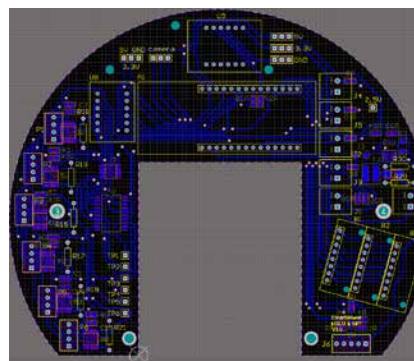


Abb. 2 Layout mit allen Komponenten



Abb. 3 Innenansicht des Gehäuse mit dem PCB und dem Encoder



Abb. 4 Aussenansicht der Abdeckung mit Rad inklusive Taster und LEDs



Netzteil für verkettete Spannung 400V

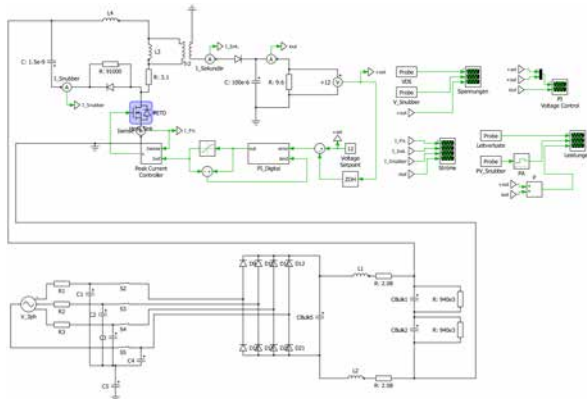


Abb. 1 Simulation Gesamtsystem

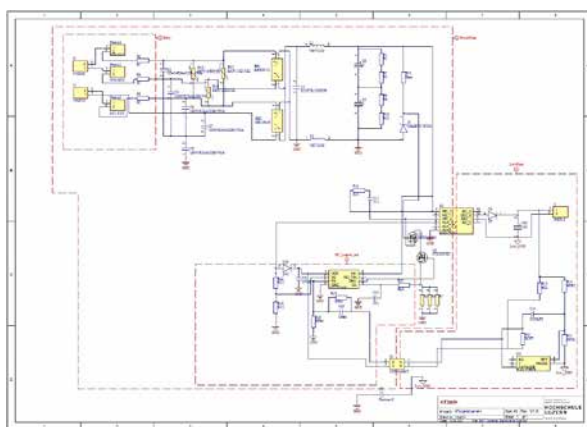


Abb. 2 Schema in Altium Designer



Abb. 3 Bestücktes PCB

Problemstellung

Für die Versorgung von temporär oder fest installierten Messgeräten soll ein Netzgerät entwickelt werden, welches sich ab der verketteten Spannung speist und die Versorgung bei einem Ausfall einer Phase aufrechterhält. Die Sicherheitsanforderungen für Schaltkreise im Bereich für 600V CAT III sind zu berücksichtigen und in einem Layout fachgerecht zu realisieren.

Lösungskonzept

Das aus den Anforderungen hervorgehende Gesamtsystem wurde anschliessend in Funktionsblöcke aufgeteilt. Anschliessend wurden die benötigten Schnittstellen des Systems evaluiert. Für jeden Funktionsblock wurden die verfügbaren Optionen hinsichtlich deren Eignung für das Projekt in Form einer nach einheitlichen Kriterien durchgeführten Bewertung geprüft. Die daraus abgeleiteten Lösungsvarianten bilden den Ausgangspunkt für die bevorstehende Realisierung.

Realisierung

In einem ersten Schritt mussten die gewählten Lösungsvarianten schaltungstechnisch modelliert werden. Dem angedachten Schema folgte anschliessend ein Simulationsblock in der Software «PLECS» in welcher das Gesamtsystem als solches simuliert wurde. Aufgrund der Simulation konnte die Funktionsweise der Schaltung, die ungefähren Verluste sowie ein Grossteil der auf die Bauteile einwirkenden Belastungsgrössen bestimmt werden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Simulation sowie Konsultation von Referenzdesigns wurde das fertige Schema abgeleitet. Das Layout im «Altium Designer» wurde entsprechend der 600V CAT III Überspannungskategorie sowie der Norm EN61558-2-16:2009 u.A umgesetzt.

Ergebnisse

Der Prototyp konnte in seiner Gesamtheit nicht vollständig in Betrieb genommen werden. Die Ursache konnte hierbei aufgrund von Zeit- sowie Materialmangel nicht abschliessend bestimmt werden. Es wird ein Fehler in der Beschaltung des Controllers vermutet. Der Speisungsteil sowie der Leistungsteil des Netzteils wurden jedoch modular hinsichtlich den Projektanforderungen getestet. Diese erfüllen die Anforderungen in Einzelbetrachtung vollständig.



Optimiertes Antennendesign für WLAN Device

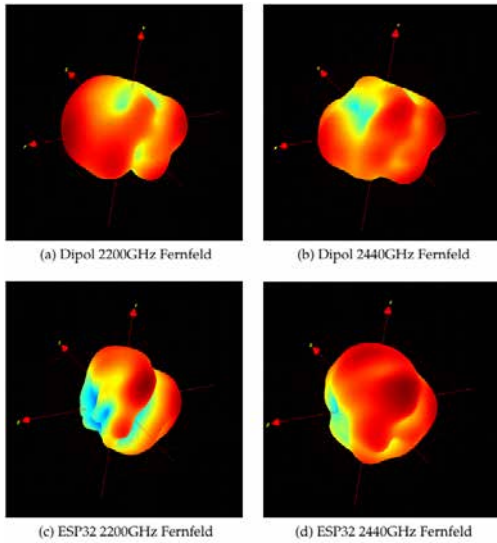


Abb. 1 Vergleich der Fernfelder, eine Abstrahlung nach links ist erwünscht

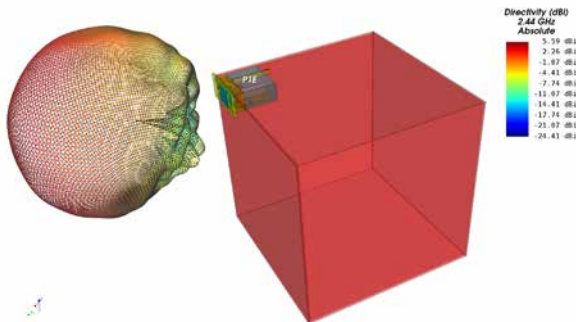


Abb. 2 Fernfeld Dipolantenne in Box

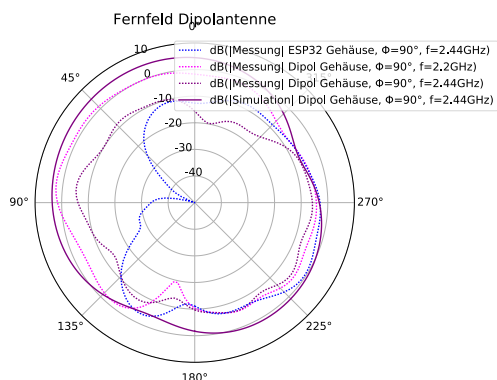


Abb. 3 Richtdiagramme: Eine Abstrahlung nach links ist erwünscht.

Problemstellung

Die Firma Schurter AG entwickelt einen sogenannten Smart-Connector, welcher es ermöglicht über die Cloud ein Gerät vom Stromnetz zu trennen, um so zum Beispiel Strom zu sparen. Da die Firma Schurter AG diesen Smart-Connector weiterverkauft und es für den Kunden sehr mühsam wäre, wenn sich das Gerät nicht mehr einschalten liesse, möchten Sie sicherstellen, dass das Gerät immer Empfang mit der Cloud oder dem WLAN-Router hat.

Lösungskonzept

Um sicherzustellen, dass der Smart-Connector guten Empfang hat, wurde in einer ersten Phase das Fern-Feld des Smart-Connector unter verschiedenen Einbauzuständen ausgemessen, da sich das Abstrahlverhalten sehr stark verändert, je nachdem wie man das Gerät verbaut. Aus diesen Informationen kann die Schurter AG anschliessend ihren Kunden mitteilen, wie sie den Smart-Connector verbauen sollen oder wie eher nicht.

In einer zweiten Phase wurde untersucht, wie stark man das Abstrahlverhalten verbessern kann, wenn man anstatt die von Schurter eingekaufte Antenne selbst eine Antenne designt.

Realisierung

Das Fern-Feld des Smart-Connectors konnte unter verschiedenen Einbauzuständen mit dem Fern-Feld Messgerät an der Hochschule Luzern ausgemessen werden. Um das Abstrahlverhalten in der zweiten Phase des Projektes zu verbessern, wurde das Programm Empire XPU verwendet, welches speziell dafür ausgelegt ist, Antennen zu designen. Dabei wurden verschiedene Antennendesigns ausprobiert und das Beste anschliessend ausgewählt.

Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse, wie auch die Messergebnisse der neuen Antenne waren sehr vielversprechend, so zeigte das neue Antennendesign im Vergleich zum Alten in die gewünschte Richtung (vorne aus dem Gehäuse heraus), dass eine Vervierfachung der Distanz mit diesem Antennendesign möglich ist.

Ausblick

Wird das neue Antennendesign weiterverfolgt, müssten ca. zwei weitere Prototypen hergestellt werden. Da es für die Entwicklung einer Antenne im Normalfall drei Prototypen braucht. So müsste in einem weiteren Schritt die Antenne mit dem Original PCB Material und Balun hergestellt werden, sowie die Antenne ein wenig gekürzt werden, da die Mittenfrequenz des derzeitigen Prototypen zu tief ist.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Minnig Florian

Prof. Erich Styger & Prof. Rolf Mettler

Signalverarbeitung & Kommunikation,

Embedded Systems & Automation,

Energiespeicher, Energiemanagement

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric (FSE)

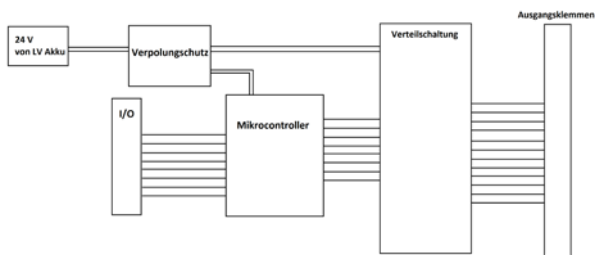


Abb. 1 Blockschaltbild LV Supply



Abb. 2 Inbetriebnahme LV Supply



Abb. 3 Schweißen der zusätzlichen Zellen

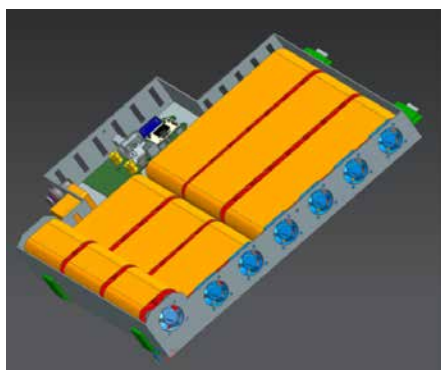


Abb. 4 Neuer 6S8P LV Akku

Problemstellung

Dieses Jahr wurde am 14. Rennwagen alvier weiterbearbeitet. Die Systeme, welche verbessert werden sollen, sind: LV Akku, LV Supply, HV PCB, EMV Konzept und Grounding Konzept. In diesem Beitrag wird auf die Arbeiten am LV Akku und am LV Supply eingegangen.

Der LV Akku ist dafür verantwortlich, dass alle elektrischen Konzepte, welche nicht zum Tractive System gehören während eines ganzen Rennens mit Energie versorgt werden. Da es in der Kühlung und beim Fahrwerk einige neue Komponenten gibt, muss ermittelt werden, ob der aktuelle 6S6P Lithium-Ion Akku dafür ausreicht und anderenfalls ein neuer LV Akku konstruiert werden.

Das LV Supply ist das PCB, welches die Akkuspannung an die verschiedenen Verbraucher verteilt. Dieses PCB muss auf die neuen Verbraucher angepasst werden und somit ein neues PCB hergestellt werden.

Lösungskonzept

Um zu bestimmen, ob der 6S6P Akku ausreicht, wurde eine Energieabschätzung gemacht. Die Werte dafür wurden mittels Auslesen der Logdaten der letzten Jahren und Messungen der neuen Komponenten gemacht. Laut dieser wird eine Kapazität von 33 A gebraucht, falls alle neuen Konzepte im Rennwagen eingebaut werden. Aus diesem Grund wurde entschieden, einen der 6S6P Akkus zu einem 6S8P Akku zu erweitern.

Für das neue LV Supply PCB, wurden grosse Teile des alten Schemas weiterverwendet. Es wurden zusätzliche Verteilerschaltungen für die neuen Verbraucher eingeplant und einige der alten Verteilerschaltungen angepasst und auf höhere Ströme ausgelegt.

Realisierung

Die zusätzlichen Zellen wurden an den aktuellen LV Akku mittels Nickelband und Punktschweisverbindungen angebracht. Das Accumulator Management System (AMS) musste aufgrund der neuen Zellen mit zwei zusätzlichen Temperatursensoren erweitert werden. Für den neuen Akku musste zudem eine neue Akku Box hergestellt werden.

Das Schema und das Layout für das LV Supply wurde im Altium Designer entworfen. Nach Tests an einem Test PCB eines neuen DC/DC Wandler, wurde das PCB zur Fertigung in Auftrag gegeben und anschliessend bestückt und in Betrieb genommen.

Ergebnisse

Die Fertigung des LV Akku ist beendet. Es wurde ausserhalb des Rennwagens schon in Betrieb genommen. Letzte Test ausserhalb des Fahrzeugs, sowie Testläufe mit dem Rennwagen stehen noch an.

Auch die Fertigung und das Bestücken des neuen LV Supply PCBs ist beendet. Auch hier stehen noch letzte Tests an, bevor das PCB anschliessend in den Rennwagen eingebaut wird.



Diplomand

Dozenten

Themengebiet

Projektpartner

Nideröst Lucas

Prof. Erich Styger & Prof. Rolf Mettler

Signalverarbeitung & Kommunikation,

Embedded Systems & Automation,

Energiespeicher, Energiemanagement

Akademischer Motorsportverein Zürich (AMZ)



Formula Student Electric (FSE)



Abb. 1 *alvier* auf der Teststrecke



Abb. 2 Modell des Rigid-Flex
Lenkrad PCBs

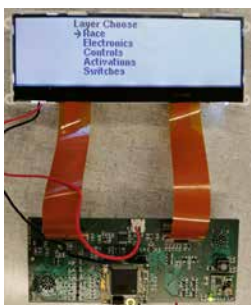


Abb. 3 Inbetriebnahme des
Dashboards

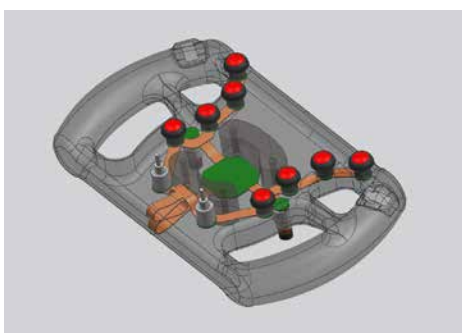


Abb. 4 3D Modell des Lenkrads inkl. PCB

Problemstellung

Formula Student ist der grösste internationale Ingenieurswettbewerb. Weltweit nehmen mehrere hundert Teams von verschiedenen Universitäten und Fachhochschulen teil.

Der Akademische Motorsportverein Zürich (AMZ) wurde im Jahr 2006 gegründet und baut jährlich einen Elektrorennwagen, um an den Formula Student Events teilzunehmen. Das Kernteam besteht aus 12 Maschinentechnik- und 4 Elektrotechnikstudierenden der ETH Zürich und der Hochschule Luzern.

Das Fahrzeug namens *alvier* wurde im letzten Jahr gebaut und dieses Jahr weiterentwickelt. Dabei steht Zuverlässigkeit und Gewichtsreduktion im Vordergrund. Der Rennwagen verfügt über einen Allradantrieb mit selbstentwickelten Radnabenmotoren und integriertem Planetengetriebe, ein hydraulisch entkoppeltes Fahrwerk und ein komplettes Aerodynamikpaket.

Lösungskonzept

Formula Student Electric ist ein einjähriges Projekt. Im letzten September begann die Konzeptphase, wobei die Konzepte und Technologien vergangener Rennwagen als Grundlage dienten. Dabei wurde nach diversen Teamsitzungen mit dem Team und Veteranen aus vergangenen Jahren der Fokus auf die kritischen Arbeitspakete gelegt.

Realisierung

In dieser Arbeit geht es um die Umsetzung und Inbetriebnahme der im vergangenen Herbstsemester erarbeiteten Konzepte. Da nicht der gesamte Rennwagen gefertigt werden musste, konnte früh in die Testphase gestartet werden. Anhand den gesammelten Logdaten konnte der Rennwagen bis zum Rollout im Mai optimiert werden.

Ergebnisse

Das Dashboard und Lenkrad PCB wurden neu designt und gefertigt. Für das Lenkrad wurde zum ersten Mal ein Rigid-Flex PCB entwickelt, um die Kabel im Innern des Lenkrads zu reduzieren und Kabelbrüche zu vermeiden. Das Konzept des Fahrerfunk zwischen Rennwagen und Basisstation wurden überarbeitet und die Telemetrie wurde optimiert. Das Pedalbox PCB, welches mit verschiedenen Sensoren ausgestattet ist, ist für das Lenken und Fahren essenziell. Es wurde überarbeitet, verkleinert und den am Rennwagen verbauten Sensoren angepasst.

Ausblick

In den nächsten Wochen werden letzte Arbeitspakete in Betrieb genommen und das Fahrzeug feingetunt, um kompetitiv an den Events.



Absolute Distanzmessung mithilfe eines induktiven Sensors

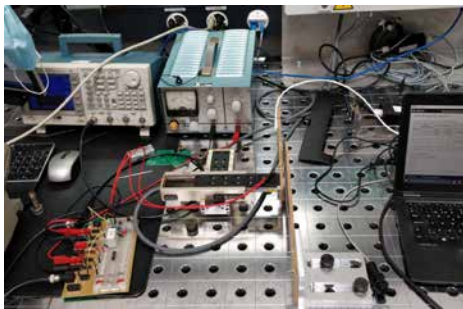


Abb. 1 Auf Abbildung 1 eins ist der Messaufbau, für die Verschiebung des Sensors in zwei richtungen mittels Linearmotoren.

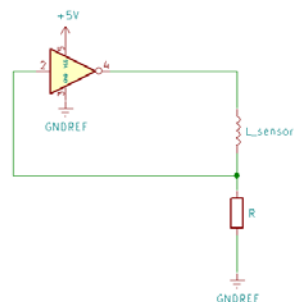


Abb. 2 In Abbildung zwei ist eine einfache Schaltung für einen RL-Schwinger mit Inverter zu sehen.

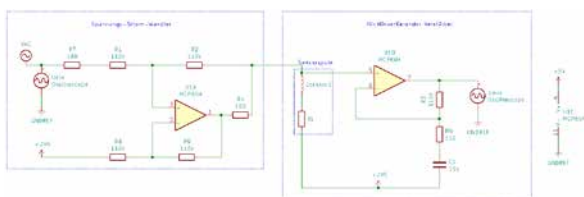


Abb. 3 In Abbildung drei ist die Schaltung für den Spannungstromwandler sowie den nicht-invertierenden Verstärker ersichtlich

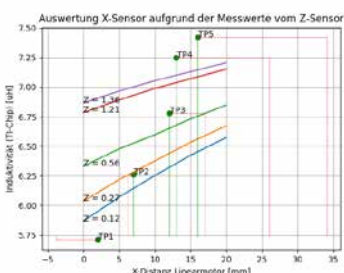


Abb. 4 In der Abbildung 4 sind in rot die gemessenen Positionen, welche eruiert wurden und in Grün der jeweilig Erwartungswert.

Problemstellung

In dieser Bachelorarbeit ist die Aufgabe, ein neuartiges Messverfahren zu erstellen, welches im Stande ist, die Position eines schienen geführten Schlittens zu bestimmen. Die wichtigste Störgrösse, welche berücksichtigt werden soll, ist die Deformation durch Alterung, was den Sensor bis zu 4 mm von der Schiene distanzieren kann.

Lösungskonzept

Als Grundkonzept wird ein sich verjüngendes Aluminiumteil an der Schiene angebracht. Der Sensor soll dem entlang fahren und die Querschnittsfläche des Aluminiumstreifens erfassen. Daraus kann danach auf die Position geschlossen werden. Für die Messung des Abstandes von der Sonde zur Schiene soll das ferromagnetische Verhalten der Schiene genutzt werden. Weil die Schiene über den ganzen weg eine gleichförmige Oberfläche darstellt, soll bei einer tiefen Frequenz die Distanz zur Schiene bestimmt werden und mit einer hohen Frequenz die Ausrichtung gegenüber dem verjüngten Aluminiumteil. Dies sollte auch dank dem Skinneffekt umsetzbar sein, da die magnetischen Flusslinien bei niedriger Frequenz das Aluminium durchdringen können, während bei hohen Frequenzen die Feldlinien nicht durch das Aluminium kommen.

Realisierung

Es wurden 3 Konzepte getestet, um die benötigte Sensorik zu entwerfen. Bei allen drei Konzepten wird eine Spule als Messsonde verwendet. Beim ersten Konzept wird ein fertiger Mikrochip verwendet, der die Schwingfrequenz eines LC-Gliedes misst und dadurch die Veränderung der Induktivität bestimmt werden kann. Der Sensor für das Aluminium funktioniert gut mit diesem Chip, da es einfach ist, eine Frequenz von einigen MHz zu erzeugen. Jedoch scheint es nicht plausibel, mit einem LC-Glied auch die benötigte niedere Frequenz zu erreichen. Bei einem weiteren ähnlichen Konzept, mithilfe eines Inverters ein RL-Glied zum Schwingen zu bringen, wird ebenfalls durch die mangelnde minimale Frequenz ausgezeichnet. Bei einem anderen Ansatz wird ein niederfrequenter Sinusstrom durch die Messsonde gepumpt und die resultierende Phasenverschiebung der Spannung gemessen. So konnte letztendlich der Abstand doch gemessen werden.

Ergebnisse

Jedoch gelingt es noch nicht, in den vorgegebenen Zielbereich von +/- 5 mm zu kommen. Wie in Abbildung 4 ersichtlich ist, gibt es noch grössere Abweichungen. Diese sind aktuell noch vorwiegend der Abstand-Messung verschuldet.

Ausblick

Aufgrund der kurzen Zeit für Validierungsmessungen macht es durchaus Sinn, einige weiteren Messungen durchzuführen, um bisherige Ergebnisse entweder zu erhärten oder noch kleine Fehler im Messaufbau auszumerzen.



TOF Sensorsystem



Abb. 1 Schiebetüre mit angedeuteten Sichtfelder der ToF Sensoren

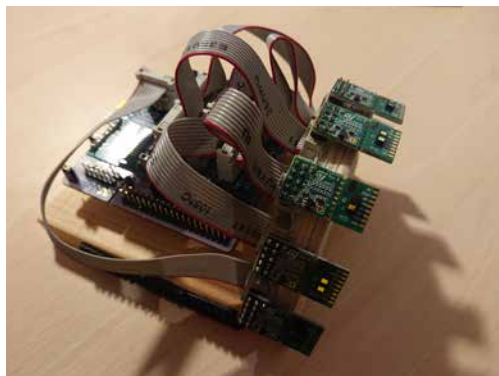


Abb. 2 entwickelter Hardware Prototyp mit sieben ToF Sensoren

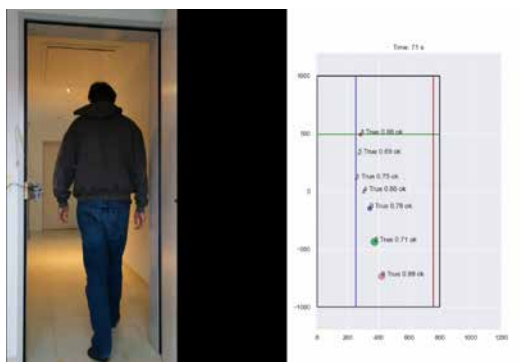


Abb. 3 Test mit einer Person in der Türe und den resultierenden Daten im Vergleich

Problemstellung

Am Institut für Maschinentechnik wird ein komplett neuartiges Türkonzept entwickelt werden. Diese automatische Schiebetüre soll in der Lage sein, hohe Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Dazu sollen Objekte in der Türe erkannt werden, damit Kollisionen und Einklemmen in der Türe verhindert werden können. Zusätzlich soll aus den Daten die Position und die Höhe des Objekts bestimmt werden.

Lösungskonzept

Für die Erkennung der Objekte werden sieben Time of Flight (ToF) Sensoren in einem Halbkreis angeordnet. Die gemessenen Distanzen der Sensoren können dann jeweils in einen zweidimensionalen Punkt in der Tür-Ebene umgerechnet werden. Mit den bekannten Türdimensionen kann dann für jeden Punkt bestimmt werden, ob dieser auf einem Objekt ist. Diverse Experimente unter verschiedenen Bedingungen zeigten, wie sich die Sensoren mit Störeinflüssen verhalten. Mit diesen Erkenntnissen konnten Strategien entwickelt werden, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Dabei werden die Daten über ein Zeitfenster und von mehreren Sensoren kombiniert.

Realisierung

Mit einem einfachen Hardware Prototyp konnten sieben VL53L1X ToF-Sensoren von einem Microkontroller angesteuert werden. Die entwickelte Software auf schickte die Sensordaten dann direkt an einen Computer. Mit solchen aufgenommenen Daten konnte dann ein Algorithmus für die Verarbeitung der Daten entwickelt und getestet werden.

Ergebnisse

Die Abschlusstests zeigten, dass eine zuverlässige Detektion mit einem Array von ToF Sensoren möglich ist. Experimente konnten nachweisen, dass die Sensoren eine Zeitvorgabe von weniger als 100 ms gut einhalten. Weiter konnte der entwickelte Verarbeitungsalgorithmus erfolgreich die Zuverlässigkeit unter schwierigen Umgebungsbedingungen verbessern. Grössere Objekte können immer zuverlässig erkannt werden. Kleine Objekte können jedoch unter starkem Störeinfluss teilweise verpasst werden.

Ausblick

Das System wurde soweit nur prototypisch getestet. Als nächster Schritt kann eine dedizierte Hardware entwickelt werden, die dann auch in einem Mechanik-Prototypen der Türe eingebaut werden kann. Weiter zeigten die Abschlusstests einige Verbesserungsmöglichkeiten des Verarbeitungsalgorithmus auf.



3-Achsen Magnetfeld-Generator

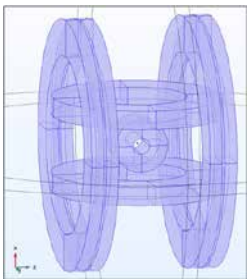


Abb. 1 Spulenanordnung für den 3-achsigen Magnetfeld-Generator in der FEM-Simulation.

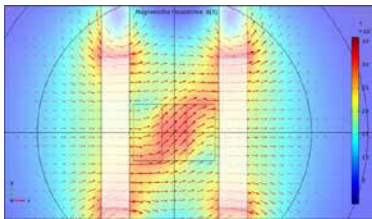


Abb. 2 Simulation der magnetischen Flussdichte auf der XY-Ebene in 45°-Richtung.

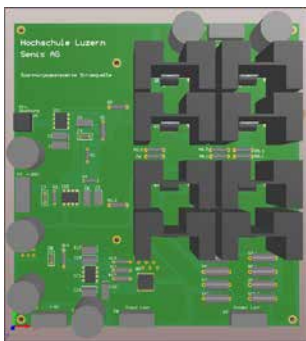


Abb. 3 Spannungsgesteuerte-Stromquelle (PCB) für die Ansteuerung der Spule / Spulenpaare des 3-achsigen Magnetfeld-Generators.



Abb. 4 Realisierter 3-Achsen Magnetfeld-Generator.

Problemstellung

Die hochpräzisen Magnetfeld-Sensoren der Firma Senis AG werden zurzeit von Hand in einem Permanentmagnet kalibriert. Um die Kalibrierung durchzuführen, muss der Magnetfeld-Sensor bis zu 15 Mal manuell in den Permanentmagnet hinein- und wieder herausgeschoben werden. Die Kalibrierung dauert von Hand zwischen 10 bis 15 Minuten. Für die e-Mobilität soll die Taktzeit der Kalibrierung von 10 bis 15 Minuten pro Sensor auf unter 20 Sekunden verbessert werden. Den für die automatische Kalibrierung benötigten 3-Achsen Magnetfeld-Generator soll in dieser Arbeit entwickelt werden.

Lösungskonzept

Zu Beginn des Projekts wurden mit dem Programm Matlab Berechnungen ausgeführt, um die bestmögliche 3-achsige Spulenanordnung zu entwickeln, welche die magnetische Flussdichte von mind. 15mT in alle Raumrichtungen erzeugen kann. Es wurde eine kompakte Spulenanordnung mit der FEM-Simulation im Programm Comsol entwickelt und die Magnetfelder in die gewollten Raumrichtungen simuliert (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Die innerste Spule ist eine einfache Zylinderspule, das mittlere und die äussersten zwei Spulenpaare sind in der Helmholtz-Spulenkonfiguration angeordnet (siehe Abb. 1). Für die präzise Ansteuerung der Spule / Spulenpaare wurde eine Spannungsgesteuerte-Stromquelle (PCB) im Programm Altium gezeichnet (siehe Abb. 3). Die Schaltung wurde zuvor im Programm Tina entwickelt. Mit dem PCB soll es möglich sein, präzise Spulenströme zu erzeugen, wodurch gerichtete Magnetfelder im Zentrum des 3-achsigen Magnetfeld-Generators generiert werden können. Pro Spule / Spulenpaar wird ein PCB verwendet.

Realisierung

Im mechanischen Cad wurde der 3-Achsen Magnetfeld-Generator konstruiert. Mithilfe von 3D-Druck wurde der 3-achsige Magnetfeld-Generator realisiert und die Spulen mit Kupferlackdraht von Hand gewickelt (siehe Abb. 4).

Ergebnisse

Mit einem bereits kalibrierten Magnetfeld-Sensor der Firma Senis AG konnten die einzelnen Spulenstärken des 3-achsigen Magnetfeld-Generators in der Realität bestätigt werden. Jede Raumrichtung und Stärke des Magnetfeldes bis 20mT kann somit über die PCBs generiert und angesteuert werden. Aus Zeitgründen konnten die ersten Messergebnisse noch nicht vollständig auf die Genauigkeit untersucht werden.



Levelsensor Software



Abb. 1 Levelsensor der Firma Reed Electronics AG

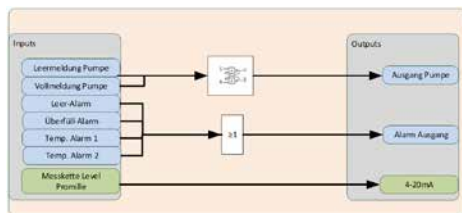


Abb. 2 Use-Case Pumpensteuerung mit Alarm-Ausgang



Abb. 3 Prototyp der Displayeinheit des Levelsensors

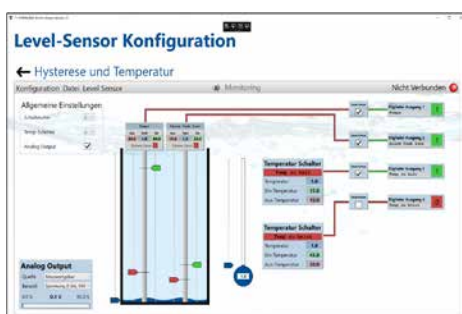


Abb. 4 PC-Applikation mit dem Szenario Pumpensteuerung

Problemstellung

Die Firma Reed Electronics AG ist bekannt für ihre Sensortechnologien im Bereich der Füllstandüberwachung und Flüssigkeitsmanagement. Es wurde an der Entwicklung eines intelligenten Sensorkopfes namens Levelsensor gearbeitet, um das Sortiment der Firma Reed zu erweitern und dem Kunden weitere Möglichkeiten zu bieten. Innerhalb dieser Bachelorarbeit soll eine Software für den Level Sensor konzipiert, entwickelt und umgesetzt werden, welche erlaubt diverse Sensorinputs, Kundeninputs und Sensortypen nahezu beliebig miteinander logisch zu verknüpfen und bei den konfigurierten Outputs auszugeben.

Lösungskonzept

Es entstanden drei Konzepte. Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse wurde sich für die statische Variante entschieden. Bei dem statischen Aufbau existieren alle Objekte, Module und Funktionen beim Start der Firmware. Im Zentrum steht eine LUT, in welcher die vollständige Logik gespeichert ist. Diese wird über einen Konfigurator eingestellt und im EEPROM gespeichert. Beim Programmstart wird diese Konfiguration geladen und alle nötigen Werte gesetzt. Der «Handler» zwischen Eingängen und Ausgängen kann die Eingänge auswerten und die nötigen Ausgänge setzen.

Realisierung

Ein Software-Design wurde erstellt und die einzelnen Module geplant. Es wurde ein Parser implementiert, damit Daten über USB empfangen werden können, gemäss dem definierten Protokoll. Um die Daten im EEPROM zu speichern und eine Konfiguration wieder laden zu können, wurde das Modul «Configuration» implementiert. Mit dem «Handler» wurde die ganze Logikimplementierung umgesetzt und das Konzept verwirklicht und die erstellten Treiber und Module verwendet. Ebenfalls wurde das Displaymodul eingebunden.

Ergebnisse

Nachdem die Software umgesetzt war, wurden diverse System-Tests definiert, welche sich an den am Anfang definierten Use-Case orientierten. Die Tests waren sehr erfolgreich und es konnten noch einige Fehler behoben werden. Der Sensor kann über eine PC-Applikation konfiguriert werden und die Verbindung zur Applikation ist stabil. Die Konfiguration über das Display funktioniert. Der Levelsensor begeistert, durch seine Anpassungsfähigkeit. Das Projekt war alles in allem ein Erfolg und es wurden wichtige Erkenntnisse gesammelt, welche die Firma Reed Electronics AG weiterbringen.



Schaltaktoren mit Stromsensor für die Gebäudeautomation



Abb. 1 Prototyp Schaltaktoren mit Stromsensor

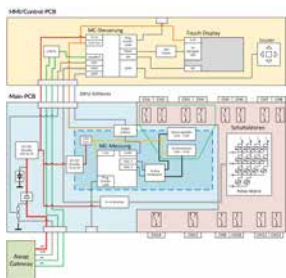


Abb. 2 Blockschaltbild technischer Aufbau



Abb. 3 Hardwareaufbau Prototyp



Abb. 4 GUI mit Open-Source Graphics Library LVGL

Problemstellung

Für die Ansteuerung verschiedener Geräte in der Gebäudetechnik werden Schaltaktoren eingesetzt, welche von einer SPS gesteuert werden. Die Firma awaptec möchte, dass die Schaltaktoren intelligenter werden und zusätzlich über eine Wirkleistungsmessung verfügen. Die Messdaten können dann von der übergeordneten SPS analysiert und ausgewertet werden. Dadurch kann die Haussteuerung Fehler im System schnell erkennen und eine effizientere Stromverteilung im Gebäude erzielen. Ziel dieser Arbeit ist ein Prototyp zu entwickeln, welcher über 14 Schaltaktoren verfügt und ein Teil der Schaltaktoren sind mit einer Spannungs- und Strommessung ausgestattet. Die Bedienung des Gerätes erfolgt über den awapBus oder manuell am Gerät.

Lösungskonzept

Der Platz ist aufgrund des vorgegebenen Gehäuses limitiert. Aus diesem Grund wurde eine sehr kompakte Schaltung entwickelt, damit alle Relais und die Mess- und Steuereinheit im Gehäuse Platz haben. Für die Strommessung wird ein Hall-Effekt-Sensor eingesetzt. Die Spannungsmessung erfolgt direkt am zu messendem Kanal und wird über einen einfachen Spannungsteiler am ADC-Eingang der Messeinheit eingelesen. Für die Statusanzeige und manuelle Steuerung der Schaltaktoren wird ein Touchdisplay eingesetzt.

Realisierung

Das Gerät besteht aus zwei PCBs. Auf dem oberen PCB befindet sich die Steuereinheit, welche mit der SPS kommuniziert und die Schaltaktoren ansteuert. Auf dem unteren PCB befindet sich die Messeinheit und alle 14 Schaltaktoren, welche aus bistabilen Relais bestehen. Kanal 1 bis Kanal 4 verfügen über eine Messeinheit, welche die Spannung und den Strom jedes Kanals einzeln messen kann. Die Daten werden von der Messeinheit ausgewertet und über UART an die Steuereinheit auf dem Control-PCB gesendet.

Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit konnte die Hardware für den ersten Prototypen des Gerätes realisiert werden. Für die Steuerung und Auswertung des Gerätes wurde mit der Library LVGL ein GUI designet und auf dem Mikrokontroller implementiert. Aufgrund der langen Entwicklungszeit für die Hardware konnten nicht mehr sämtliche Softwarefunktionen implementiert werden. Obwohl nicht alle Anforderungen erfüllt wurden, bietet der Prototyp eine gute Grundlage für eine Weiterentwicklung.



Integration eines Servocontrollers in einen Linearmotor

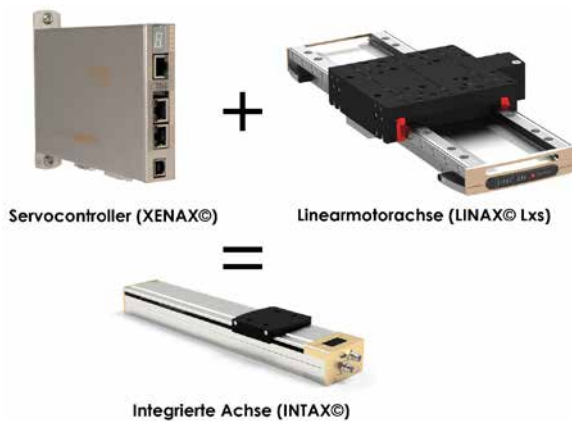


Abb. 1 Idee Integration Servocontroller

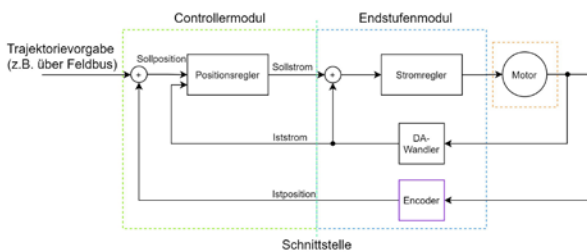


Abb. 2 Aufteilung des Servocontroller und Schnittstelle

Problemstellung

Die Firma Jenny Science entwickelt, produziert und vertreibt hochpräzise Linearmotorachsen sowie zu deren Steuerung verwendete Servocontroller. Als Neuentwicklung soll ein solcher Servocontroller in eine Linearmotorachse integriert werden. Dabei muss der Servocontroller in zwei Module aufgeteilt werden; Ein Controllermodul sowie ein Endstufenmodul.

Die Hardware der beiden Module wurde bereits zu einem früheren Zeitpunkt entwickelt. Damit das verteilte System betrieben werden kann, bedarf es einer zyklisch synchronen Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle, welche wichtige Daten zwischen den beiden Modulen austauscht.

Lösungskonzept

Für die Schnittstelle wird ein SPI-Modul verwendet. Da die Anwendung harte Echtzeit-Anforderungen besitzt, ist es von höchster Bedeutung, dass die Datenpakete zu jedem Regler Zyklus (alle 100 μ s) ausgetauscht werden. Damit das System stabil läuft und die Position des Motors sich regeln lässt, müssen die beiden Module zudem synchronisiert werden. Des Weiteren soll die Kommunikation einen Slot anbieten, in welchem sogenannte Service Daten ausgetauscht werden können. Diese Service Daten sind nicht zeitkritisch. Sie sollen deshalb vom Betriebssystem (FreeRTOS) bedient werden können.

Realisierung

Das Auslösen der Kommunikationszyklen geschieht mit Hilfe eines Timerkanals. Verschiedene Aktionen werden über den Event Link Controller der Mikrokontroller auf den beiden Modulen ausgelöst. Dies erlaubt es, die Aktionen mit höchster zeitlicher Präzision, in einem definierten Ablauf und mit hoher Performanz auszuführen. Für die Synchronisierung der beiden Module wurde ein PLL entworfen, welcher in jedem Zyklus auf dem Endstufenmodul zum Einsatz kommt.

Ergebnisse

Die entwickelte Schnittstelle wurde samt Protokoll und Synchronisierung anhand verschiedener Testcases überprüft. Dank den Tests konnten einige Korrekturen an der entwickelten Firmware vorgenommen werden. Diese flossen noch vor Abschluss des Projektes in das Produkt ein.

Ausblick

Die Schnittstelle ist ein sehr wichtiger Bestandteil des neuen Produkts. Da diese erfolgreich in Betrieb genommen wurde, kann die Firma Jenny Science die Neuentwicklung präsentieren. Dies wird auf verschiedenen Industriemessen geschehen. Das Projekt wird firmenintern weitergeführt. Die nächsten Schritte beinhalten das Portieren von diversen weiteren Firmwarefunktionalitäten.



Abb. 3 Datentransfers innerhalb eines Zyklus. Das Auslösen verschiedener Aktionen ist mit den Debugsignalen A bis C dargestellt.



Bildverarbeitung für den Virtual Walk



Abb. 1 Links: Farbbild, Rechts: Tiefenbild. Die Hand des Patienten wird im Farbbild erkannt und die Distanz einer Hand zur Kamera gemessen.

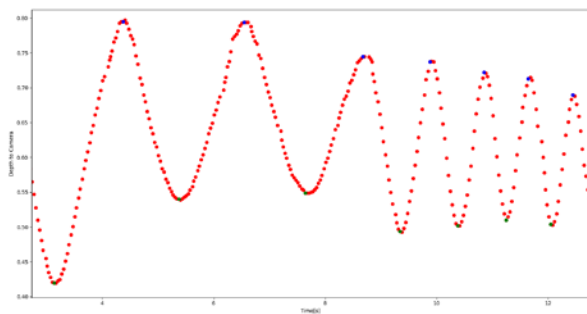


Abb. 2 Die Distanz einer Hand zur Kamera in Abhängigkeit zur Zeit.

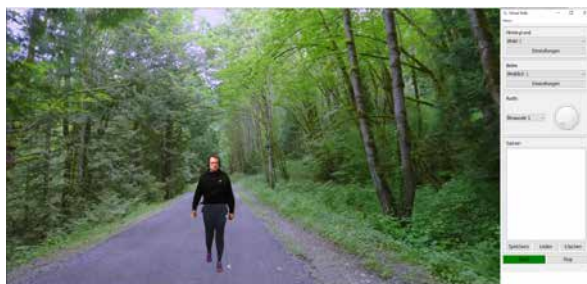


Abb. 3 In der Benutzeroberfläche können verschiedene Einstellungen für die gewünschte Bildausgabe vorgenommen werden.

Problemstellung

Viele Patienten mit einer Querschnittslähmung leiden oft an chronischen, neuropathischen Schmerzen. Um diese chronischen Schmerzen zu behandeln, hat das Institut für Medizintechnik ein Forschungsprojekt mit der Schmerzlinik am SPZ Nottwil. Für dieses Projekt wird das Virtual Walk System entwickelt, welches eine visuelle Therapiemethode darstellt. Es wird dabei der Oberkörper der gelähmten Person mit einer Kamera aufgenommen und danach auf fremde, gehende Beine in einem Hintergrundvideo zusammgefügt. Durch diese visuelle Ausgabe soll dem Patienten eine Illusion vermittelt werden. Durch diese Illusion wird erwartet, dass die Nichtübereinstimmung der motorischen Befehle und der sensorischen Rückmeldungen korrigiert werden kann. Die virtuelle Beinbewegung soll dabei von der realen Armbewegung synchronisiert werden. Diese Ausgabe soll dabei individuell auf den jeweiligen Patienten in einer graphischen Benutzeroberfläche angepasst werden können.

Lösungskonzept

Der Oberkörper wird mit Hilfe einer Tiefenbildkamera gefilmt und dabei jeweils die Distanz von der Kamera zu Hand gemessen. Die daraus gewonnene Information der Armbewegung gibt dabei die Geschwindigkeit der Beinbewegung und des Hintergrundes vor. In einer graphischen Benutzeroberfläche soll zusätzlich aus verschiedenen Beinpaaren und Hintergründen ausgewählt werden können.

Realisierung

Die Hand wird mit Hilfe der Hilfe der Programmibliothek OpenCV detektiert und Distanz von Hand zu Kamera gemessen werden. Die Handbewegung kann dabei als Sinusschwingung beschrieben werden, aus welcher jeweils die Abspielgeschwindigkeit für die Beinbewegung und den Hintergrund extrahiert. In einer graphischen Benutzeroberfläche kann aus verschiedenen Beinpaaren und Hintergründen ausgewählt werden können.

Ergebnisse

Das Livebild des Oberkörpers konnte zusammen mit dem Beinvideo und dem Hintergrund in einer Ausgabe fusioniert werden. Bei ändernder Schwingweite der Arme kommt es jedoch zu Unregelmässigkeiten im Beinvideo. In einer graphischen Benutzeroberfläche kann aus verschiedenen Hintergründen und Beinvideos ausgewählt werden.

Ausblick

Die Ansteuerung der Beine muss noch weiter optimiert werden, um eine noch bessere Illusion zu kreieren. Des Weiteren können die Platzierung und Skalierung des Oberkörpers und der Beine automatisiert werden.



Groundstation Tracker



Abb. 1 Die beiden entwickelten Tracker mit den dazugehörigen Richtantennen

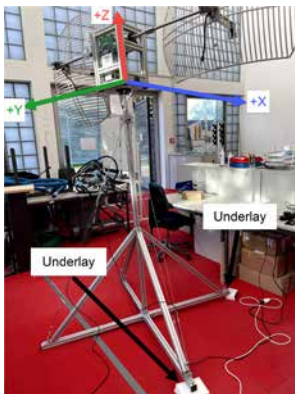


Abb. 2 Tracker Koordinatensystem für das «Levelling»

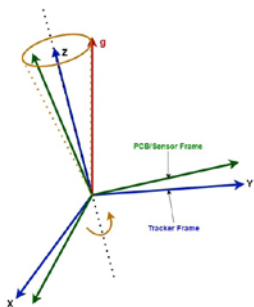


Abb. 3 Koordinatensystem der verschiedenen «Frames»



Abb. 4 Entwickeltes Control PCB mit Inclinometer und Motoren Controller

Problemstellung

Bei ARIS (Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz) werden «Sounding Rockets» von Studenten gebaut. Hierfür muss es immer eine stabile Funkverbindung geben zur Rakete. Beim Start beschleunigt die Rakete stark und die Richtantenne muss von Hand nachgeführt werden, so dass die Verbindung immer noch gut ist. Dieser menschliche Einfluss soll eliminiert werden, indem ein mechatronischer Tracker gebaut wird, welcher automatisch der Rakete folgt. Der Tracker soll auch in nicht ebenen Geländen platziert werden können und die Bahnsteuerung entsprechend korrigieren.

Lösungskonzept

Um die Ansteuerung des mechanischen Systems zu gewährleisten werden Motoren und Controller der Firma Maxon eingesetzt. Die Controller und Motoren werden dann von einem neu entwickelten PCB angesteuert. Die Elektronik stellt der Ground Control Unit (Raspberry Pi) ein Interface zur Verfügung über das man den Tracker steuern und konfigurieren kann. Ausserdem kann über das Interface ein automatisches Kalibrieren ausgeführt werden, bei welchem sich der Tracker um seine Achse dreht und Messwerte aufnimmt. Anhand der Messwerte weiss das System wie gegenüber der Erdbeschleunigung der Tracker steht und kann die Bahnsteuerung der Richtantenne entsprechend korrigieren.

Realisierung

Um die geforderten Funktionen zu realisieren, wurde ein PCB mit Mikrocontroller entwickelt. Das PCB besitzt ein Inclinometer (Beschleunigungssensor optimiert auf Nivellieren), welches für die «Levelling» Aufgabe verwendet wird. Der Mikrocontroller ist ein STM32 auf welchem ein FreeRTOS läuft und der alle Prozesse steuert und ausführt. Um Kommandos zu empfangen, besitzt der STM32 eine USB-Schnittstelle. Über ein eigen entwickeltes Kommando-Protokoll können Befehle gesendet werden und so der Tracker gesteuert und konfiguriert werden.

Ergebnisse

Die Funktionstests haben gezeigt, dass sich der Tracker steuern, konfigurieren und kalibrieren lässt. Die Umgebung spielt dabei keine Rolle, da dies im «Hub» an der ETH getestet wurde und auch im Feld mit einer Rakete.

Ausblick

Das Projekt wird von ARIS weitergeführt und noch weiter verbessert. In Zukunft soll der Tracker mit Kameras und Bildverarbeitung erweitert werden. Die Betreuung des zukünftigen Projekts wird wahrscheinlich in HSLU Händen bleiben.



Ultra Low Power Funkstrom-Sensor mit Rogowski Spulen

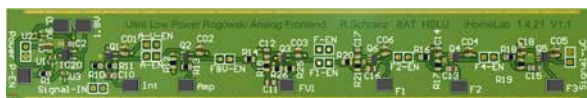


Abb. 1 PCB Analog Frontend Versuchsaufbau

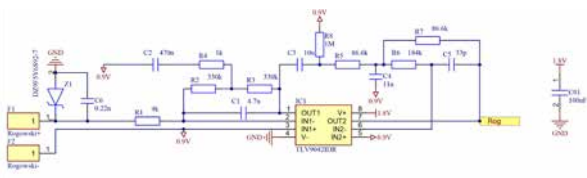
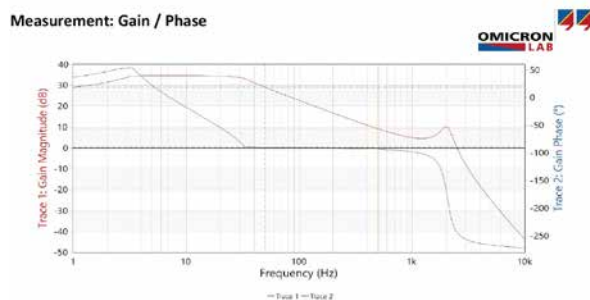


Abb. 2 Schema Analog Frontend



Frequency	Cursor 1 50 Hz	Cursor 2 500 Hz	Delta C2-C1 450 Hz
Trace 1	Magnitude (dB)	Magnitude (dB)	Magnitude (dB)
Measurement	29.11 dB	9.227 dB	-19.883 dB
Trace 2	Phase (°)	Phase (°)	Phase (°)
Measurement	-89.465 °	-93.195 °	-3.73 °

Sweep		Calibration	
Start frequency:	1 Hz	Gain	Full-Range
Stop frequency:	10 kHz		User-Range
Center frequency:	5 kHz	Termination	
Span:	9.999 kHz	Channel 1	Channel 2
Sweep mode:	Logarithmic	Gain	1 MO 1 MO
Number of points:	401	Attenuator setting	
		Channel 1	Channel 2
		Transmission	20 dB 20 dB

Hardware setup		Probe factor	
Device type:	Bode100R2	Channel 1	Channel 2
Serial number:	QH75GK	Gain	10: 1 10: 1
Receiver bandwidth:	1 Hz		
Output level:	-30 dBm		
DUT settling time:	0 ms		

Abb. 3 Bode Plot des Analog Frontend Funktionsmuster



Abb. 4 Funktionsmuster mit integriertem Batteriehalter und Elektronik

Problemstellung

Die Firma Camille Bauer Metrawatt AG stellt Messgeräte im Bereich Industrie und Energiemanagement her, dazu gehören auch vierphasige Messungen im Kiloampere Bereich in Trafostationen. Um darin den Verkabelungsaufwand zu verringern, soll ein auf Rogowski Spulen basierendes Messgerät weiterentwickelt werden. Das Messgerät soll batteriebetrieben über die Laufzeit von 10 Jahren, sekundlich den Strom einer Netzperiode messen, und dies per Funk an eine Basisstation senden. Das Design soll dabei auf Serienproduktion mit Fokus auf Kosten optimiert werden.

Lösungskonzept

In einem ersten Schritt wurden die zu Verfügung stehenden Energieträger auf Kosten, Lebensdauer und Kapazität evaluiert. Darauf folgte das Erstellen einer Systemübersicht, sowie die Analyse des Energieverbrauchs aller Komponenten mit Hilfe eines Versuchsaufbaus. Basierend auf diesen Erfahrungen wurde ein Funktionsmuster entwickelt, welches alle Teilsysteme verbindet.

Realisierung

Die Teilsysteme wurden am Computer simuliert und mit dem in Abbildung 1 zu sehenden Hardwareaufbau überprüft. Auf diesem wurde verschiedene Integrator/Verstärker/Filter-Kombinationen ausgetestet. Mit diesen Erkenntnissen, sowie mit dem Feedback des Industriepartners wurde anschliessend das in Abbildung 2 zu sehende Analog Frontend entwickelt. Anschliessend wurde das in Abbildung 4 zu sehende Funktionsmuster aufgebaut, welches alle Systemkomponenten beinhaltet. Darauf folgte das Austesten der Hardware auf Funktion, Energieverbrauch und Genauigkeit.

Ergebnisse

Das Funktionsmuster wurde entsprechend den Projektanforderungen fertiggestellt. Die Leistungsaufnahme wurde ausgemessen und beträgt durchschnittlich maximal 420 μ W, mit der gewählten Batterie SL-2770 ist eine Laufzeit > 10 Jahre garantiert. Das Analog Frontend wurde wie in Abbildung 3 zu sehen ausgemessen und der Phasen- sowie Amplitudengang entspricht den Simulationen. Mit einem Testaufbau wurden 500 A für die Rogowski Spulen simuliert. Die Messungen ergaben, dass ein Abgleich der Verstärkung und eine Kompensation der Nichtlinearitäten notwendig ist. Mit diesem Abgleich erreicht das Messgerät eine Abweichung von maximal 0.8 %, bei einem maximalen Phasenfehler von <4°.



Formula Student Electric (FSE)



Abb. 1 alvier im Verkehrshaus

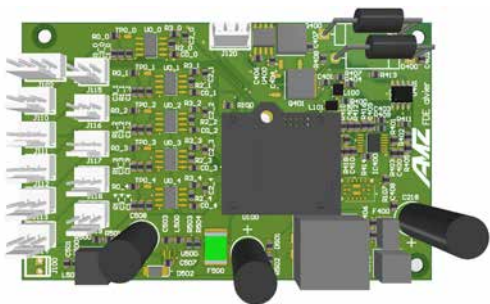


Abb. 2 3D Ansicht des FDE-PCB

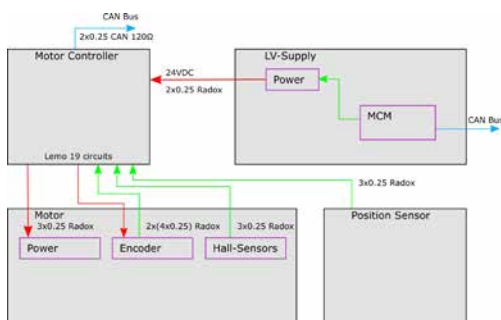


Abb. 3 Blockschaltbild der Hinterradlenkung

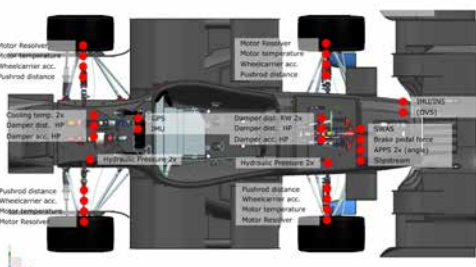


Abb. 4 Sensorübersicht des Fahrzeuges

Problemstellung

Der AMZ nimmt jedes Jahr am weltgrössten Ingenieurswettbewerb, der Formula Student, mit einem Prototypen-Rennwagen teil. Über 600 Teams nehmen jedes Jahr teil. Dieses Jahr war das erste Mal, dass mit «alvier» ein Fahrzeug eine doppelte Entwicklungszeit Saison hat. Die Events werden auf offiziellen Rennstrecken ausgetragen. Dabei geht es nicht nur um die schnellste Runde, sondern es spielen Faktoren wie Businessplan oder das Design eine grosse Rolle bei der Rangierung. Dieses Jahr musste für Cost & Manufacturing die komplette Produktion und Stückliste der Elektronik gepreist werden.

Lösungskonzept

Um kompetitiv zu bleiben in einem Zweijahreszyklus wurden neuartige Aktorenkonzepte erprobt, um das Fahrzeug noch dynamischer zu machen. Das Fahrzeug wurde zusätzlich mit einer neuentwickelten Kühllösung ergänzt, um Gewicht zu sparen. Zudem wurde eine Variable Fahrzeughöhe und eine Hinterradlenkung ans Fahrzeug gebaut. Mit diesen Konzepten soll das Fahrzeug noch schneller werden, indem die Geschwindigkeit in transienten Fahrsituationen erhöht werden kann. Die komplette Elektronik-Stückliste wurde mit Preisen für Komponenten und Fertigungsschritte erarbeitet, um Punkte zu holen in der Disziplin Cost & Manufacturing.

Realisierung

In einem ersten Teil wurden für die neuen Konzepte die notwendigen Schaltungen und PCBs entworfen. Der bestehende Kabelbaum musste erweitert werden, um die zusätzliche Funktionalität im Chassis zu implementieren. Danach konnte die Montage und Inbetriebnahme gemacht werden. Als letztes müssen die errechneten Rundenzeitgewinne in verschiedenen Disziplinen validiert werden.

Ergebnisse

Die neue Kühlung ist bereits am Fahrzeug und konnte validiert werden. Insgesamt werden damit nahezu 30% Gewicht eingespart. Ebenfalls befinden sich die variable Fahrzeughöhenverstellung sowie die Hinterradlenkung funktionstüchtig am Fahrzeug. Noch nicht abgeschlossen ist die Überprüfung der Rundenzeitgewinne.

Ausblick

Die neuen Konzepte werden ausgiebig am Fahrzeug getestet. Zusätzlich soll nach dem ersten Event noch einstellbare Dämpfer ans Fahrzeug kommen. Ab Anfang Juli beginnt für den AMZ die Wettkampfsaison mit Rennwochenenden in den Niederlanden, Ungarn und Österreich.



I/O-Link Device



Abb. 1 Entwicklungsboard für IO-Link Device-Stack: IO-Link HAT mit NXP MK02FN128 Mikrocontroller und HMT7742 PHY (IO-Link Transceiver)

Problemstellung

Die Firma asomatic ag stellt diverse galvanisch getrennte Strommessgeräte her, mit welchem Gleich- und Wechselstrom (1- und 3-Phasig) bis zu 100 Ampere gemessen werden kann. Im Rahmen einer Weiterentwicklung wurde ein Gerätetyp überarbeitet und mit einer Anbindung an den Industriestandard IO-Link ergänzt. Bei IO-Link handelt es sich um eine felddbusunabhängige Technologie für intelligente Sensoren und Aktoren, welche über eine digitale bidirektionale Punkt-zu-Punkt Verbindung kommunizieren. Im Rahmen dieser Bachelorthesis ist für das überarbeitete Strommessgerät der IO-Link Protokoll-Stack zu implementieren sowie ist die erstellte Lösung zu verifizieren.

Lösungskonzept

Als Send- und Empfangsbaustein dient ein HMT7742 PHY und für die Software-Implementation wird ein NXP MK02FN128 Mikrocontroller verwendet. Zur Verifikation des implementierten Device-Stacks kann ein Siemens IO-Link Master-Modul verwendet werden und für eine IO-Link konforme Verifizierung konnte ein OpenIO-Link-Arrangement mit dem Sensorhersteller Balluff AG getroffen werden.

Realisierung

Der gesamte Data Link Layer wurde mit Zustandsmaschinen ausgeführt und es konnte eine funktionierende Kommunikation mit dem Master aufgebaut werden, womit jedoch an die Grenzen der Verifizierungsmöglichkeiten des Siemens Masters gestossen wurde. Folglich ist im weiteren projektverlauf ein IO-Link Test Master mit dem TinyK22 entworfen worden wodurch der realisierte Device-Stack einer kritischen Überprüfung unterzogen werden konnte. Als abschliessender Verifikationsvorgang führte die Firma Balluff mit ihrem IO-Link konformen Device-Test-Gerät eine Prüfung des Protokoll-Stacks durch.

Ergebnisse

Beim Device-Test waren 44/47 der durchgeführten Test-Cases erfolgreich. Dem ist hinzuzufügen, dass alle drei fehlgeschlagenen TestCases auf eine fehlerhafte Konfiguration eines einzelnen Parameters zurückzuführen sind, respektive korrespondierte dieser nicht mit der Gerätebeschreibungsdatei (IODD).

Ausblick

Das erwähnte Arrangement mit Balluff sieht vor, dass der implementierte Device-Stack im Rahmen von OpenIO-Link – einem Forschungsprojekt der Balluff und Berner Fachhochschule für OpenSource Hard- und Software bezüglich IO-Link Anwendungen – ebenfalls veröffentlicht wird.

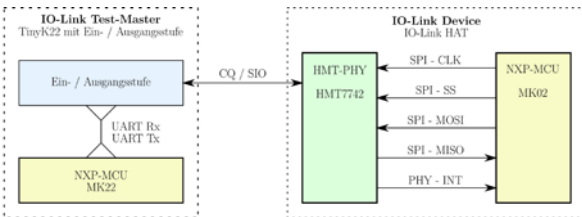


Abb. 2 IO-Link Test-Master: TinyK22 <-> IO-Link HAT

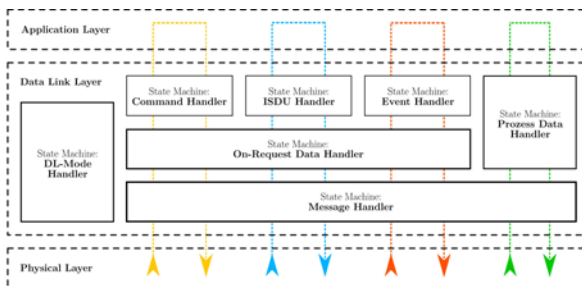


Abb. 3 IO-Link Protokollschichten

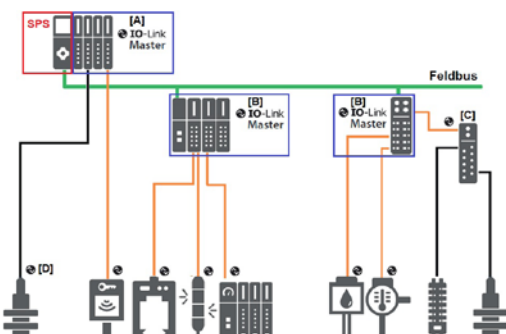


Abb. 4 IO-Link Systemaufbau



Konformität des Anschlusses an das Übertragungsnetz



Abb. 1 Die Geräte, die zur Prüfung der Transienten Stabilität verwendet werden. Links ist das Einspeisegerät der Firma Typhoon HIL und rechts das Schutzrelais der Firma Andritz Hydro AG.

Problemstellung

Die aktuelle Version des Transmission Codes (TC2019) wurde im Mai 2020 in Kraft gesetzt. Dieses Dokument beschreibt die Schnittstellen zwischen Swiss-grid und den Betreibern der Produktionsanlagen. Der TC2019 weist im Vergleich zum TC2013 für den Netzanschluss verschärfte technische Anforderungen an Erzeugungseinheiten auf. Mit der Einführung dieses neuen Dokuments musste die Firma CKW AG, Eigentümerin der Maschinengruppen 3 und 4 des Wasserkraftwerks Göschenen wissen, ob die neuen Bedingungen für die Energieerzeugung erfüllt wurden. Darüber hinaus war der sekundäre Zweck dieser Arbeit, plausible Modelle der Anlage zu erstellen, die in Zukunft vom Unternehmen verwendet werden können.

Lösungskonzept

Die Konzepte des neuen Transmission Code 2019 bezüglich Spannungs- und Frequenzschwankungen wurden analysiert und durch den Einsatz von Software verifiziert. Während das Thema transiente Stabilität mit einem Einspeisegerät der Firma Typhoon HIL untersucht wurde.

Realisierung

Die Simulationen wurden mit Software von NEPLAN und Typhoon HIL durchgeführt. Dank ihnen war es möglich, robuste Modelle mit den folgenden Teilen zu erstellen: Generator, Transformator, 235-kV-Stromnetz. Das Projekt beinhaltete auch einen praktischen Teil, bei dem Kurzschlüsse mit einem Einspeisegerät von Typhoon HIL und einem Schutzrelais von Andritz Hydro AG getestet wurden.

Ergebnisse

Durch die, im Rahmen dieser BAT durchgeführten Arbeiten kann nun festgestellt werden, dass die Maschinengruppen 3 und 4 im Kraftwerk Göschenen die Anforderungen der TC 2019 erfüllen.

Durch diese Arbeit war es auch möglich, einige Einschränkungen und kritische Punkte aufzuzeigen, die beim Betrieb der Anlage berücksichtigt werden müssen.

Der Industriepartner CKW verfügt nun über Simulationen in Neplan und Typhoon HIL, die in Zukunft genutzt werden können oder als Inspiration für weitere Projekte dienen.

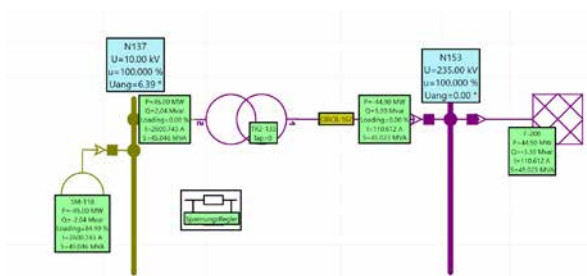


Abb. 2 Die Simulation der Maschinengruppe 3 im Kraftwerk Göschenen wurde mit der Software Neplan durchgeführt.

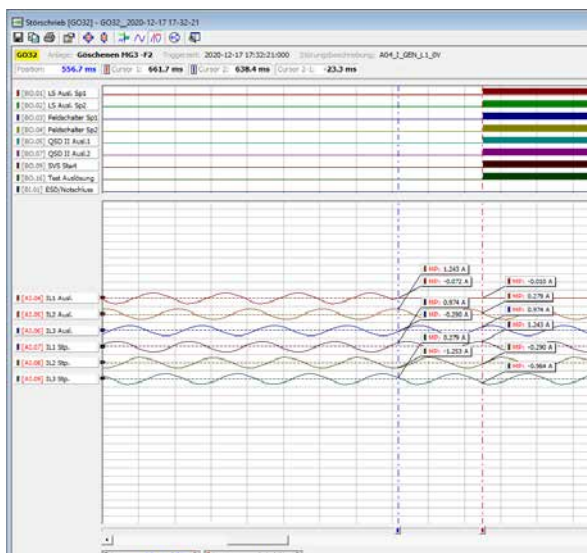


Abb. 3 Simulation eines Fehlers an einer Phase des Generators und der daraus resultierenden Trennung vom Stromnetz nach 23ms (sichtbar an der rot gestrichelten Linie).



Entwicklung Einsatzmöglichkeiten für Power-to-Gas-Anlage

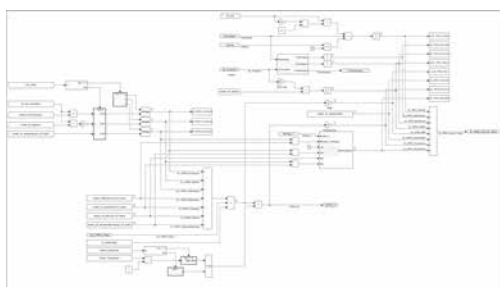


Abb. 1 Ausschnitt aus dem Simulink Modell

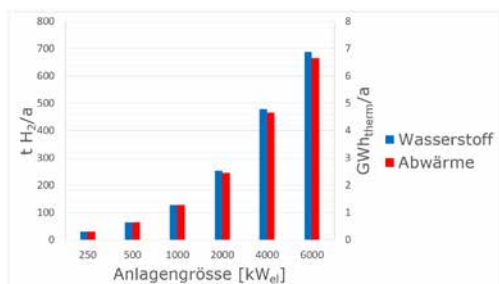


Abb. 2 Produktertrag einer 6 MW Power-to-Gas-Anlage

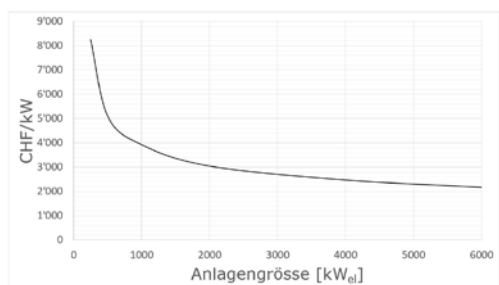


Abb. 3 Sinkende Investitionen pro Kilowatt Anlagengrösse

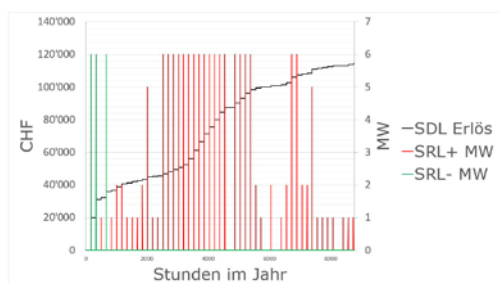


Abb. 4 Angebot und Erlös aus dem Regellenergie-Markt

Problemstellung

Die ebs Energie AG betreibt Wasserkraftwerke für den Talkessel Schwyz und umliegende Gemeinden. Um einen alternativen Absatz zur Stromproduktion zu schaffen, ist eine Power-to-Gas-Anlage in Planung. Mit dieser kann der im Kraftwerk erzeugte Strom in Wasserstoff umgewandelt werden. Im Fall der ebs Energie AG soll mit dem erzeugten Wasserstoff, nebst dem direkten Vertrieb, das Erdgas-Substitut Methan hergestellt werden. Für ein solches System soll ein Modell erstellt werden, um einen Betrieb am Standort des Kraftwerks Wernisberg zu simulieren und verschiedene Einsatzmöglichkeiten aufzuzeigen. Nebst der Verwertung von Strom-Produktionsüberschüssen im Sommer soll das Angebot von Systemdienstleistungen in Form von Regelleistung geprüft werden. Aus dem erstellten Modell ist letztendlich ein Tool zu entwickeln, welches für die Betriebsplanung der Power-to-Gas-Anlage eingesetzt werden kann.

Lösungskonzept

Es wird ein Modell entwickelt, bei welchem archivierte Betriebsdaten des Kraftwerks in stündlicher Auflösung importiert werden können. Nebst technischen Eigenschaften werden auch Betriebs- und Investitionskosten berücksichtigt. Dabei werden unterschiedliche Leistungsstufen und Technologien simuliert und miteinander verglichen. Durch das Hinterlegen von Preis- und Absatzprognosen können verschiedene Szenarien bis 2050 aufgezeigt werden.

Realisierung

Das Modell wird in Kombination mit Matlab und der Modellierungssoftware Simulink erstellt. Dabei werden systemrelevante Parameter und Prognosen über eine Schnittstelle eingelesen, damit diese ausserhalb der Entwicklungsumgebung angepasst werden können. Aus dem Modell wird schliesslich ein Tool für die Betriebsplanung abgeleitet, welches die Betriebs- und Produktionsdaten für die zwei Folgetagen ausgibt. Zudem werden Möglichkeiten zur elektrischen Anbindung am Standort analysiert.

Ergebnisse

Anhand der Simulation wurde ersichtlich, dass aktuell eine Methanisierung im Kraftwerk Wernisberg nicht zu einem konkurrenzfähigen Preis umsetzbar ist. Demgegenüber wird für die Wasserstoffproduktion eine positive Bilanz prognostiziert. Es zeigte sich zudem, dass eine möglichst grosse Skalierung lohnenswert ist. Das Angebot von Regelleistung ist durchaus möglich und trägt zur positiven Bilanz bei.

Ausblick

Das Projekt wird von der ebs Energie AG weitergeführt. Das nächste Ziel ist die Baueingabe.



Hardware Prüfgerät für Triamec Servoantriebe

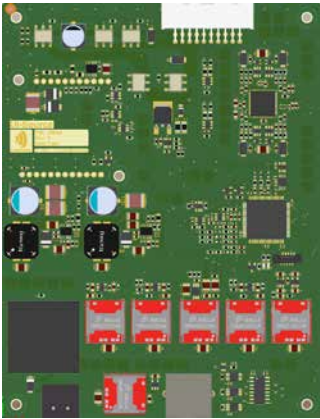


Abb. 1 3D-Ansicht Hardware Prüfgerät alias UI-Source

Problemstellung

Die Haupttätigkeit der Firma Triamec Motion AG ist die Entwicklung, Produktion und der Vertrieb von Servoantrieben. Mit steigenden Verkaufszahlen steigt das Bedürfnis nach einer verbesserten Testumgebung. Bis anhin werden die produzierten Antriebe nur auf Produktebene getestet. Falls ein Fehler auf der Leiterplatte zu einem fehlgeschlagenen Test führt, muss der Antrieb nochmals vollständig auseinandergebaut und von Hand der Fehler gesucht werden. Der Wunsch besteht, bereits auf der Ebene der produzierten Leiterplatten wichtige Teilschaltungen der Hardware zu überprüfen.

Lösungskonzept

Die zu prüfenden Schaltungsteile auf den Antrieben können getestet werden, indem gezielt eine Spannung angelegt oder ein Strom injiziert wird. Anhand der gemessenen Spannungs- und Stromverläufe zeigt sich, ob ein Schaltungsteil wunschgemäss funktioniert oder nicht. Anhand dieser Ausgangslage wurden einzelne Schaltungsteile entworfen sowie ein Blockschaltbild erstellt.

Realisierung

Das Prüfgerät verfügt über eine Spannungs- und Stromquelle, eine schnelle Stromsenke, Messeingänge und vier weitere analoge Ein- und Ausgänge. Die Spannungs- und Stromquelle kann eine Spannung im Bereich von -68V bis +68V mit einem Ausgangsstrom von -100mA bis +100mA aussteuern. Mit der schnellen Stromsenke können Strompulse von bis zu 2A im Bereich von 1ms bis 10ms erzeugt werden. Die verschiedenen Quellen und Messeingänge lassen sich anhand der Triamec Infrastruktur mit bis zu 10kHz bedienen.

Ergebnisse

Das entwickelte Testgerät wurde in Betrieb genommen und die einzelnen Schaltungsteile verifiziert. Bis auf kleinere Optimierungen ist die Hardware des Prüfgeräts vollständig funktionsfähig. Aufgrund mangelnder Zeit konnte die vollständige Funktionalität noch nicht auf dem Mikrocontroller implementiert werden. Jedoch besteht ein bidirektionaler Datenkanal zwischen dem Prüfgerät sowie dem PC, mit dem sich bereits einzelne Funktion bedienen lassen temperaturempfindlicher. Temperaturschwankungen wirken sich auf das Ausgangssignal aus und müssen kompensiert werden.

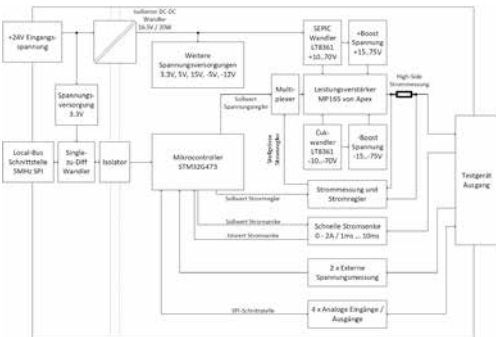


Abb. 2 Blockschaltbild Prüfgerät

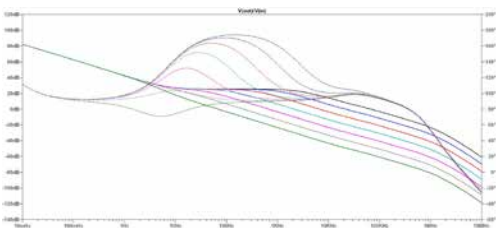


Abb. 3 Übertragungsfunktion Leistungsverstärker mit unterschiedlichen kapazitiven Lasten

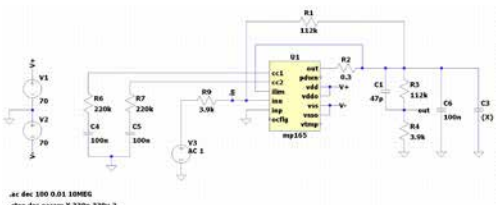


Abb. 4 LTSpice Simulationsaufbau Leistungsverstärker mit unterschiedlichen kapazitiven Lasten



Motorensteuerung

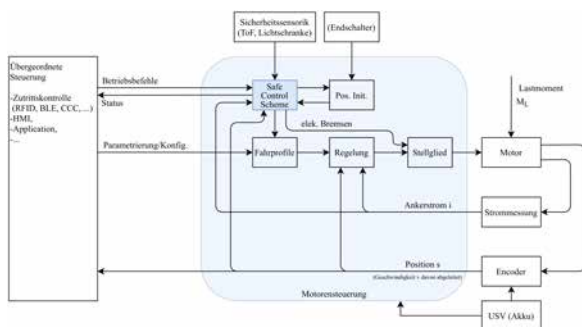


Abb. 1 Blockschaltbild der Antriebssteuerung

Problemstellung

Im Rahmen eines Forschungsauftrags der Schindler AG wird am Institut für Maschinen- und Energietechnik der Hochschule Luzern, Technik und Architektur, an einem neuen Türkonzept gearbeitet. Es handelt sich um eine automatische Schiebetüre, mit einer Motorsteuerung und einer übergeordneten Steuerung, die für das Zutrittsmanagement verantwortlich ist. Bei dieser Arbeit soll eine geeignete Motorensteuerung und -regelung für dieses Türkonzept erarbeitet werden. Zudem soll das Sicherheitskonzept auf dessen Machbarkeit geprüft werden.

Lösungskonzept

Aus dem dynamischen Systemmodell sollen diverse Regelstrukturen und Steuerungssysteme zur Sollwertvorgabe ausgearbeitet und miteinander verglichen werden. Zur Validierung der verschiedenen Ansätze dienen Simulationen, durchgeführt mit Matlab/Simulink. Aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen soll die Steuerung auf einem Funktionsmuster der Türe implementiert werden.

Realisierung

Die aus der Konzeptionsphase gewonnenen und durch Simulationen gestützten Erkenntnisse wurden verwendet, um eine prototypische Implementation an einem Funktionsmuster des Türsystems vorzunehmen. Verwendet dafür wurde eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Ergebnisse

Es konnte eine auf die Problemstellung zugeschnittene Steuerungs- und Regelungsstrategie erarbeitet werden. Die Steuerung ist für die verschiedenen Betriebsbereiche parametrierbar und bietet dadurch maximale Flexibilität.

Ausblick

In einer weiteren Projektphase sollen aus den Ergebnissen dieser Bachelorarbeit eine Steuerungshardware realisiert werden, die für die Serienproduktion optimiert wird.



Abb. 2 Funktionsmuster des Türsystems

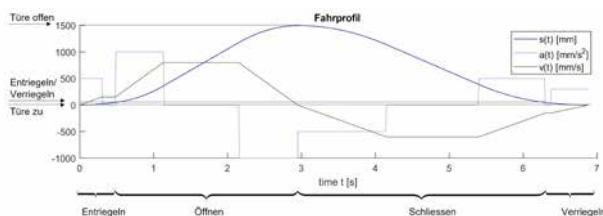


Abb. 3 Sollfahrprofil mit einer Beispielparametrierung



Network Flow Optimization for Inter-Satellite Communication

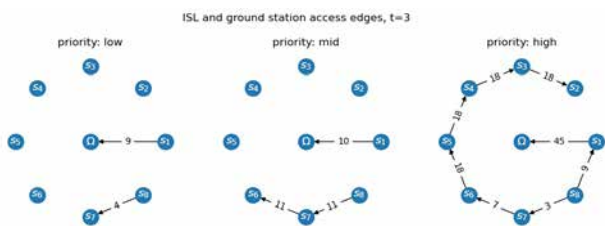


Abb. 1 Paketfluss im Netzwerk bei maximalem ISL-Fluss von 18.

Problemstellung

Für ein Kommunikationsnetzwerk mit 8 Satelliten sollen die Paket-Latenzen bis zur Bodenstation minimiert werden. Dafür werden «Inter-Satelliten Links» (ISL) eingesetzt. In dieser Arbeit geht es darum eine «policy» zu entwickeln, die mittels linearer Programmierung die Latenzzeit, die eine Nachricht braucht um an eine Bodenstation zu gelangen, minimiert. Ausserdem können Paketen Prioritäten von hohem, mittlerem oder niedrigem Gewicht zugewiesen sein.

Lösungskonzept

Das Kommunikationsnetzwerk wurde als lineares Programm (LP) erstellt. Dafür wurde eine Zeit-Diskretisierung vorgenommen. Satelliten wurden als Knoten und Nachrichtenflüsse als Kanten modelliert. Die Latenz der Paketflüsse in den Kanten wird mit dem LP optimiert. Für dieses gelten auch Einschränkungen, wie eine Obergrenze für die Anzahl Pakete in den ISL-Kanten. Auf diese Weise, wurde an jedem Zeitschlitz ein LP erstellt, gelöst und mit den Lösungen das lineare Programm für den nächsten Zeitschlitz aktualisiert und wiederum gelöst. Dieses Vorgehen kann dynamisch in Echtzeit vom Netzbetreiber bedient und wiederholt werden.

Realisierung

Das LP wurde mit der Programmiersprache Python und mit der Bibliothek «PuLP» entwickelt. Die LP werden mit einem Solver wie «GLPK» oder «CBC» gelöst. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Applikation entwickelt, die auch auf dynamische Weise lineare Programme erstellen, aktualisieren und für die nächsten Zeitschlitz lösen kann.

Ergebnisse

Die linearen Programme respektieren die Einschränkungen in den ISL-Kanten des Netzwerks. Sie minimieren effektiv die Latenzzeit von Paketen. Die dynamische Herangehensweise zeigt sich abhängig von der Paketvoraussage für zukünftige Zeitschlitz und robust für Schwankungen.

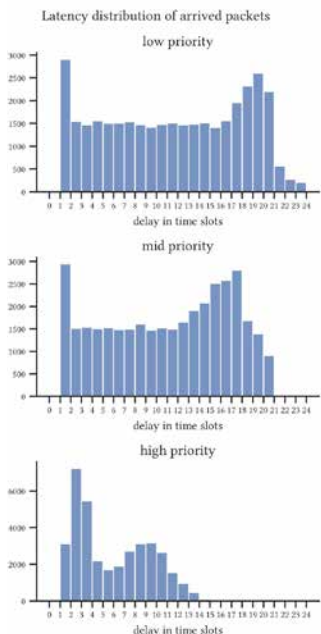


Abb. 2 Verteilung von Paket-Latenzzeiten nach 457 Zeitschlitz, die in der Bodenstation angekommen sind.

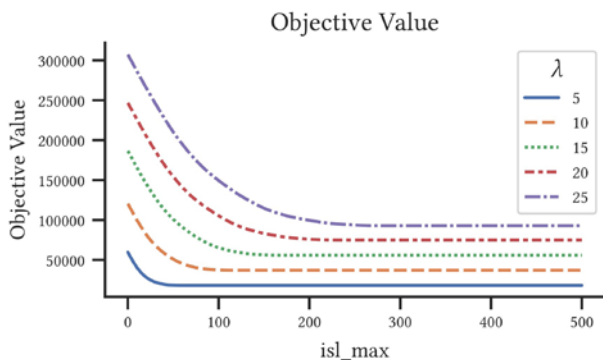


Abb. 3 Wert der Optimierungsfunktion in Abhängigkeit vom Mittelwert « λ » der eintreffenden Pakete und vom maximal ISL-Fluss «isl_max»



Demonstrator für Motion Controller

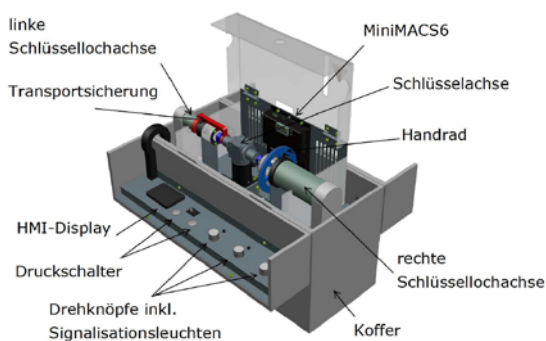


Abb. 1 : CAD-Grafik des Demonstrator-Koffers

Problemstellung

Die Kompetenzbereiche der Firma maxon | zub liegen seit über 30 Jahren in der hochdynamischen Antriebssynchronisation, der Mehrachsenpositionier-Steuerung sowie der CAN & EtherCAT-Vernetzung. Ihre Produkte werden über die Verkaufsgesellschaften der MAXON Group vertrieben. Zur Veranschaulichung der Kompetenzbereiche ist mit dem neusten Multi Axis Motion Controller MiniMACS6-AMP-4/50/10, in Zusammenarbeit mit dem Maschinentechnikstudenten Dominique Tholl, ein Demonstrator zu konzeptionieren und herzustellen.

Lösungskonzept

In einem handelsüblichen Koffer wird der MiniMACS6 in den Fokus einer vierachsigen Schlüsseloch-Synchronisationsanwendung gestellt. Ein Schlüssel wird über ein zweiachsiges Kegelradgetriebe in Rotation versetzt. Flankiert wird dieser von zwei transparenten Schlüsselöchern, welche je von einem Motor getrieben werden. Eine Linearachse bewegt den Schlüssel in horizontaler Richtung. Mittels des rechtseitig angebrachten Handrades und drei Drehknöpfen wird eine Benutzerinteraktion mit der Applikation ermöglicht. (Abb.1).

Realisierung

Vom 110V/60Hz oder 230V/50Hz Netz wird eine 24V/DC-10A Spannungsquelle gespiesen. Über drei Feinsicherungsabgänge werden der MiniMACS6-Steuer- und Lastteil und die LED-Beleuchtung mit Spannung versorgt. Für die handgetriebene Achse wurde ein brushless EC-i-52 200W und für die restlichen drei Achsen ein brushless EC-i-30 50W MAXON Motor verwendet. Die elektrische Sinuskommütierung wird über Hallensoren realisiert. Zur Positionsmessung werden 3-Kanal Inkrementalencoder 1024 Impulse und ein SSI Absolutencoder 12-Bit verwendet. Pro Achse wurde ein dreifacher Kaskadenregler mit Vorsteuerung für Position-, Geschwindigkeit- und Strom ausgelegt. Eine Benutzerschnittstelle (Abb. 2) wird in der Aposs IDE zur Verfügung gestellt, um die Programmwahl der sechs verschiedenen Synchronisationsmodi zu ermöglichen.

Ergebnisse

Die Validierung des Schleppfehlers ergab eine Genauigkeitstoleranz von $\pm 1.05^\circ$. Damit wird die eingeplante Toleranz des Schlüssels zum Schlüsseloch von $\pm 1.73^\circ$ um zirka 60 % unterschritten. Die Abb. 3 zeigt die gemessene Genauigkeitstoleranz von ± 12 Quadcounts (entspricht $\pm 1.05^\circ$) anhand eines Positionsprunges der linken Achse.

Ausblick

Anhand der Lieferverzögerung der Bauteile durch die COVID19-Pandemie ist der Prototyp zusammenzubauen, sobald sämtliche Teile vorhanden sind. Weiter sind die Reglerparameter am kompletten System neu auszulegen.

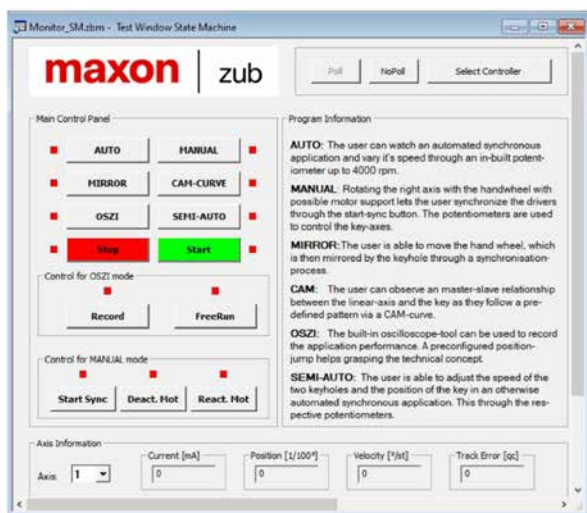


Abb. 2 Benutzerschnittstelle mit Kurzbeschreibung der sechs Modi

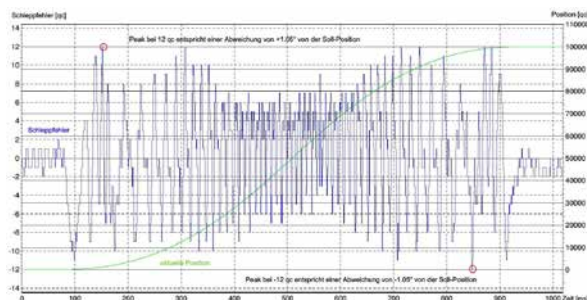


Abb. 3 Resultierender Schleppfehler bei einer Positionsrampe von 100'000 Quadcounts [qc] (entspricht zirka 25 Achsendrehungen)



3D Erfassung von EEG-Elektroden Positionen

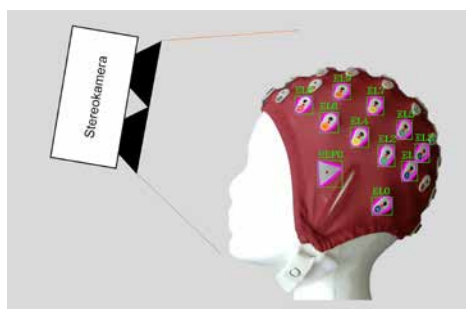


Abb. 1 Prinzip der EEG-Elektroden Positionserfassung mit Hilfe einer Stereokamera und Bildverarbeitung

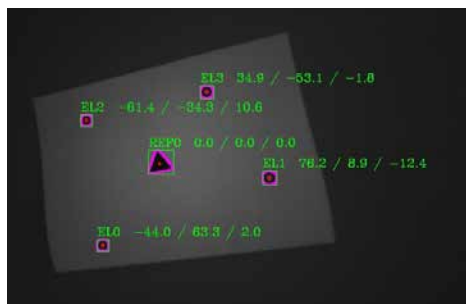


Abb. 2 Vereinfachte Positionsbestimmung relativ zum Referenzpunkt

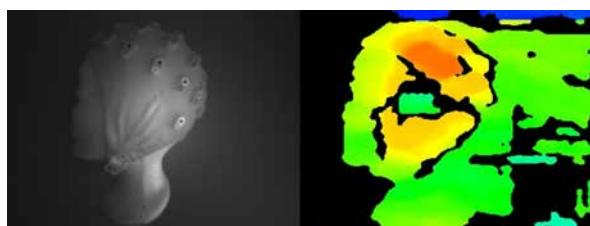


Abb. 3 Das Bild der linken Kamera und die dazugehörige Tiefenkarte



Abb. 4 Die eingesetzte Stereokamera Duo3D MLX

Problemstellung

Wird eine Elektroenzephalografie durchgeführt, ist es vielfach erforderlich, dass die Positionen der angebrachten Elektroden erfasst werden können. Viele der bestehenden Systeme erfüllen die Anforderungen des Industriepartners nicht oder sie werden nicht mehr verkauft. Es soll deshalb ein System zur Positionsbestimmung der Elektroden entwickelt werden, welches die gegebenen Anforderungen erfüllt.

Lösungskonzept

Es wurde eine Stereokamera evaluiert, mit welcher die Positionen der EEG-Elektroden bestimmt werden sollen. Dazu soll die Kamera um den Kopf herumgeführt werden, bis alle Elektroden erfasst werden konnten. Die Elektroden werden im Bild der linken Kamera mit Hilfe von Bildverarbeitung erkannt und die Positionen anschliessend bestimmt und abgespeichert. Weiter wurde das Konzept erarbeitet, wie körperliche Referenzpunkte mit Hilfe eines Stylus erfasst werden können.

Realisierung

Es wurde eine Software implementiert, welche die Elektroden und angebrachten Referenzpunkte erkennt und die Positionen relativ zum Referenzpunkt vermisst. Die Elektroden werden anhand von Markierungen erkannt, welche auf den Elektroden angebracht sind. Diese Markierungen reflektieren das Licht im Infrarotbereich, welches von LEDs auf der Front der Kamera abgestrahlt wird. Die Referenzpunkte sind ebenfalls retroreflektiv und heben sich so zusammen mit den Markierungen der Elektroden gut von der Umgebung ab.

Ergebnisse

Die Elektroden und Referenzpunkte können erkannt und deren Positionen vermessen werden. In einem ersten Versuch konnten die Positionen, wenn die Stereokamera zwischen 20 und 30cm entfernt und die Distanzen zwischen den erkannten Elektroden kleiner als 6cm ist, mit einer durchschnittlichen Genauigkeit von unter 0.5mm bestimmt werden.

Ausblick

Das Konzept wird im nächsten Semester vermutlich von Informatik-Studierenden zu Ende implementiert und verfeinert. Dabei können weitere Tests gemacht werden, um die geforderte Genauigkeit und das erarbeitete Konzept zu validieren.



Automatische Messung von Bodenverschmutzung in Gebäuden



Abb. 1 Eine bestehende Roboterplattform wurde zur Schmutzdetektion modifiziert.

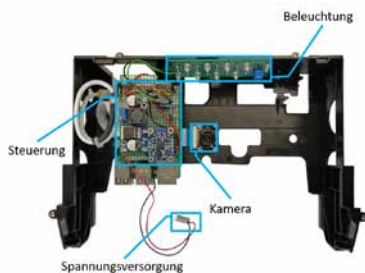
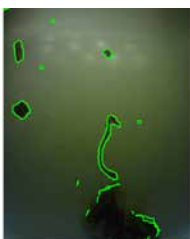


Abb. 2 Die Steuerung wurde zusammen mit einer Kamera unter dem Roboter platziert, um von dort aus Verschmutzungen zu analysieren.



mean:	71.53, 71.53, 127.72
std:	30.67, 30.67, 9.38
min:	17154.00, 17154.00, 592345.00
max:	17154.00, 17154.00, 592345.00
number of contours:	18
total area of contours:	27193.5
number of blobs:	5
total area of blobs:	133.22228090231934
degree of pollution:	100.0
is unidentified:	False

Abb. 3 Mittels Konturerkennung und Histogramm-Analyse konnte der Grad der Verschmutzung bestimmt werden.

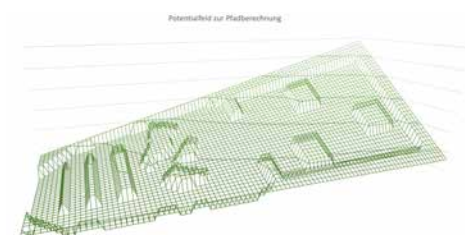


Abb. 4 Zur Navigation wurde eigens ein Algorithmus entwickelt, der die gesamte zu analysierende Fläche sinnvoll abdeckt.

Problemstellung

Im Rahmen der Bachelorarbeit an der Hochschule Luzern im Herbstsemester 2020, soll gemäss Aufgabenstellung Eine fahrende Roboter-Plattform den Verschmutzungsgrad des Bodens in gewerblich genutzten Gebäuden (hier am Beispiel des iHomeLab-Visitor-Centers) ermitteln und bei Bedarf per E-Mail Raumpflege-Services anfordern.

Lösungskonzept

Ziel des Projektes, ist die Entwicklung eines Prototyps, der mittels Bildverarbeitung die Verschmutzung des Bodens im iHomeLab untersucht. Der Roboter navigiert selbständig und ist in der Lage den Hindernissen auszuweichen. Er führt jeweils Messfahrten durch, bei denen er durch das gesamte iHomeLab fährt und dabei den Boden analysiert. Nach der Messfahrt ist der Roboter in der Lage eine Aussage zu treffen, wo sich wie viel Schmutz befindet. Dieses Resultat wird dann via E-Mail an die betreffenden Personen versendet. Messfahrten sollen jeweils zu Randzeiten durchgeführt werden, das heisst spät abends oder früh morgens.

Realisierung

Ein Raspberry Pi 4 Einplatinen-Rechner soll die Koordination der einzelnen Systeme übernehmen. Auf diesem Rechner wird der Pfad des Roboters geplant und der Roboter angesteuert. Die Schmutzdetektion erfolgt ebenfalls hier. Die Steuerung befindet sich an der Unterseite des Roboters. Hier wird auch eine Kamera zur Bildverarbeitung platziert. Zusätzliche Komponenten wie Spannungsregler, Positionssensor, Echtzeituhr sowie eine Schaltung zum Ansteuern einiger LED's, zur Beleuchtung der Unterseite des Roboters, werden so auf einer Platine aufgebaut, dass diese Platine einfach auf das Raspberry Pi aufsteckbar ist.

Ergebnisse

Dieses Projekt konnte aufzeigen, dass es möglich ist eine autonome Roboterplattform herzustellen, die in der Lage ist, in einer Umgebung, wie dem iHomeLab Verschmutzungen festzustellen. Es wurden aber auch Limitierungen und vor allem Schwerpunkte aufgezeigt, auf die sich weiterführende Projekte konzentrieren sollten. Das Endresultat ist eine Roboterplattform, die über die notwendigen Fähigkeiten zur Navigation sowie zur Schmutzdetektion verfügt. Die Plattform ist aber zurzeit nicht völlig autonom einsetzbar, da es in jedem Fall noch die Kontrolle eines Menschen bedarf.



Personenlokalisierung für virtuelle Abschränkung



Abb. 1 Realisiertes Funktionsmuster mit externer GNSS Antenne

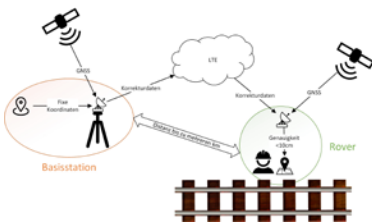


Abb. 2 Lokalisierungssystem basierend auf GNSS mit Korrekturdaten (RTK)

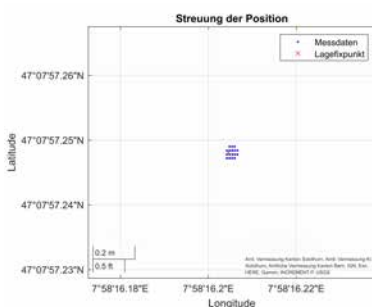


Abb. 3 Streuung der Position über eine Messdauer von 24h

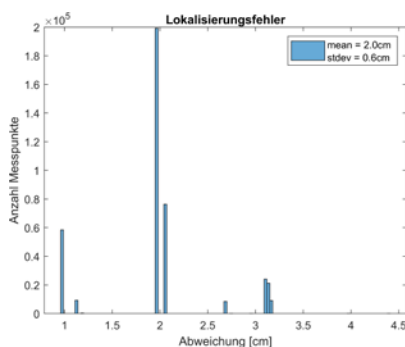


Abb. 4 Erreichte Lokalisierungsgenauigkeit bei einer Baseline von 15km

Problemstellung

Für den Personenschutz bei Arbeitsstellen im Eisenbahnbereich ist eine übliche Lösung die Installation einer physikalische Abschränkung durch Absperrlatten. Diese Absperrungen verhindert das versehentliche Betreten des Gefahrenraumes. Um den Aufwand für die Logistik und die Montage vor Ort zu reduzieren, möchte man diese Lösung durch eine virtuelle Abschränkung ersetzen.

Lösungskonzept

Jede Person erhält ein Warngerät, welches die geografische Position dieser Person ständig auswertet und überwacht, ob sie sich in einem sicheren Arbeitsbereich befindet. Beim Verlassen des sicheren Bereichs wird eine akustische Warnung ausgelöst. Als Lokalisierungstechnologie wird GNSS mit Korrekturdaten (RTK) eingesetzt. Durch diese Technologie soll es möglich sein, die beschäftigten Personen am Gleis auf mindestens 10cm genau zu lokalisieren. Bei diesem Lokalisierungsprinzip erzeugt eine Basisstation die Korrekturdaten, welche dann an den Rover gesendet werden.

Realisierung

Basierend auf dem Lokalisierungskonzept GNSS mit RTK wurde ein Funktionsmuster entwickelt (HW und SW), welches alle Funktionalitäten für ein RTK-gestütztes GNSS Lokalisierungssystem bereitstellt und sich wahlweise als Basisstation oder Rover konfigurieren lässt. Mit Hilfe von zwei dieser Funktionsmuster (Abb. 1) wurde ein Lokalisierungssystem (Abb. 2) aufgebaut und verschiedene Test und Messungen durchgeführt, mit dem Ziel die Lokalisierungstechnologie zu beurteilen.

Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten wurden Lokalisierungsgenauigkeiten von unter 10cm mit einer Standardabweichung von unter einem Zentimeter unter guten Umgebungsbedingungen erreicht (Abb.3, Abb. 4). Die Distanz, auch Baseline genannt, zwischen der Basisstation und dem Rover lag bei diesen Messungen bei bis zu 15km. Das Geofencing hat sehr zuverlässig und mit einer guten Reaktionszeit funktioniert. Beim Übertreten der virtuellen Abschränkung wurde die Warnung durch das Funktionsmuster spätestens nach 50cm bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 5km/h ausgelöst. Die Messungen haben gezeigt, dass sich die Lokalisierungstechnologie GNSS mit RTK unter den getesteten Bedingungen in der Anwendung als virtuelle Abschränkung eignet.



