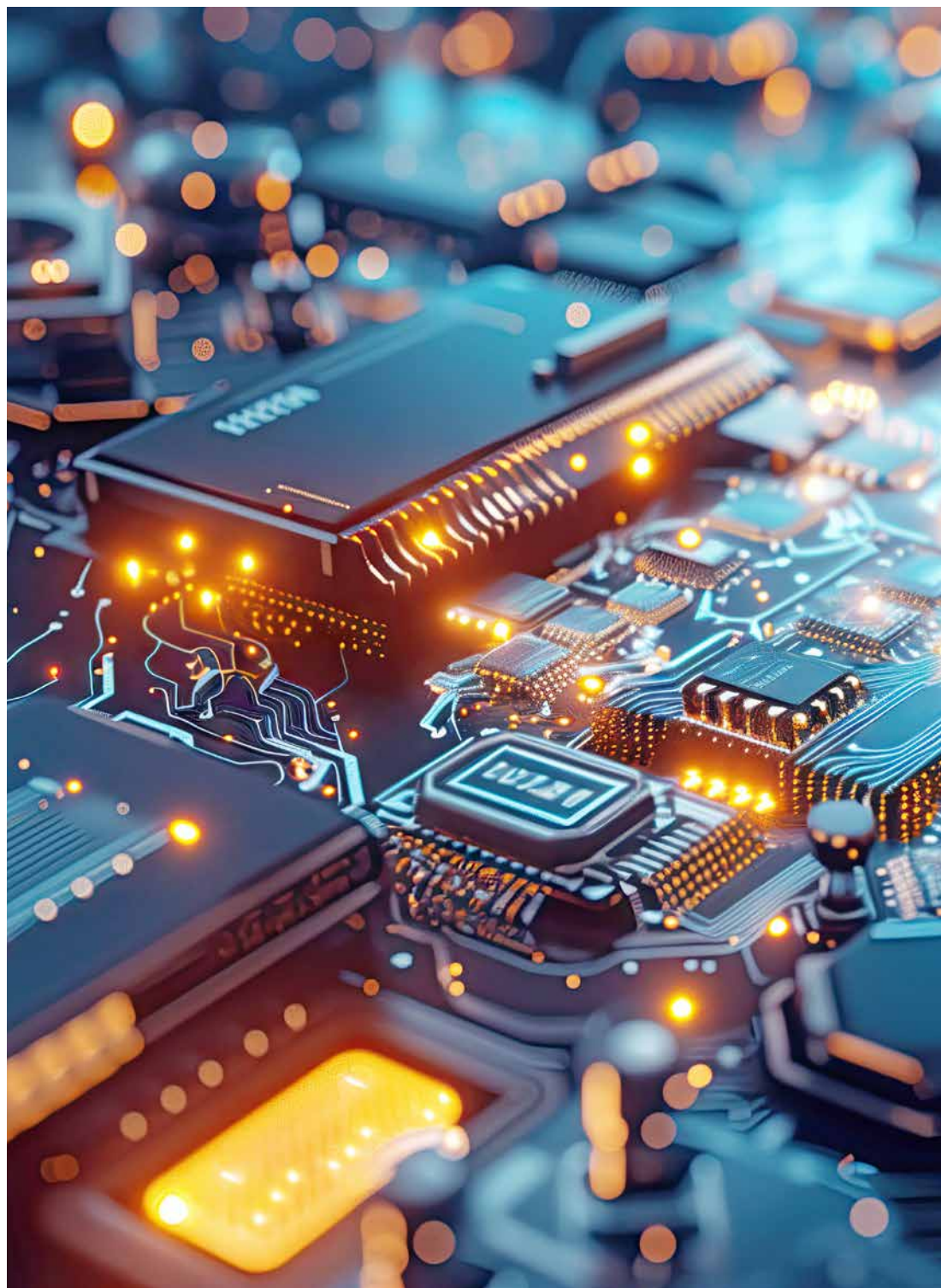


# Elektrotechnik und Informationstechnologie

Bachelor-Thesis 2024





## Sehr geehrte Damen und Herren



**Prof. Dr. Urs Rötthlisberger**  
Studiengangleiter  
Elektrotechnik und Informations-  
technologie

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.

Es ist mir eine grosse Freude, Ihnen in dieser Broschüre die Bachelor Thesis des Jahres 2024 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 2024

# Inhaltsverzeichnis

<b>Achermann Pascal</b> Ansteuerung zur Höhenregulierung eines U-Boots	6
<b>Aregger Tobias</b> Solarladeregler für DC Microgrids	7
<b>Arnold Florian</b> Reinforcement Learning mit Stable Baselines	8
<b>Arnold Lukas</b> Integrales Energiemanagement im Gebäude	9
<b>Bahn Fiona</b> Vibrationsmessung an Ventilen von Stahlpfannen	10
<b>Baertschi Felix</b> Akustische Aktivitätserkennung	11
<b>Baumann Julie</b> PC-gesteuerte Prüfeinrichtung für Ultraschall-Mikrofone	12
<b>Beeler Leo</b> Effizienzoptimierter Motortreiber	13
<b>Bieri Kilian</b> AMZ Formula Student Electric	14
<b>Bos Collin</b> Linux Devicetree Generator	15
<b>Breuer Tizian</b> AMZ Formula Student Electric/LV-AMS	16
<b>Bruder Jannik</b> Schüttgut-zählung mit Eventkamera	17
<b>Bucher Daniel</b> Bin-Picking mit 3D Scanner	18
<b>Budmiger Jasmin</b> Schüttgut-zählung mit Eventkamera	19
<b>Burkard Robin</b> AMZ Formula Student Electric	20
<b>Bütler Lukas</b> Analyse von Performanz- und Speichereinbussen durch Software-Container auf Embedded Linux	21
<b>Campos Tanausu</b> Webinterface und Bootloader für Gasgenerator	22
<b>Christen Tim</b> Magnetische Aufhängung mit Kamera	23
<b>Dietschi Jan</b> Bootzeit Optimierung für Embedded Linux	24
<b>Donzé Elias</b> Modulationselektronik für Lasersensor	25
<b>Emmenegger Adrian</b> Elektropläne Parser	26
<b>Ettlin Livio</b> Dielektrischen Eigenschaften von Materialien im mm-Wellenbereich	27
<b>Felder Janis</b> Raumakustische Messungen und Hintergrundgeräuschaufnahmen mit einer Roboterplattform	28
<b>Felder Luca</b> PLC SimDesigner	29

<b>Fellmann Daniel</b> People Tracking	30	<b>Schmid Elio</b> PLC-Modem als In-Situ Spektrumanalysator	54
<b>Gretener Regula</b> Modellierung und Optimierung Blindleistungsfluss	31	<b>Sigrist Markus</b> CPU Simulator	55
<b>Gut Dominic</b> Wetterstation für Satellitenbodenstation	32	<b>Sonderegger Dominic</b> Bakensignal Sender	56
<b>Gwerder Janis</b> Remote Lab – entfernter Debug-Zugriff auf Embedded Systeme	33	<b>Stadelmann Thomas</b> Calibration and Evaluation of Conoscope Images	57
<b>Heinzer Fabian</b> Bestimmung der 3D-Pose von Objekten mittels Vision-Technologie	34	<b>Staub Stefan</b> Sensordaten-Fusion zur Lagebestimmung	58
<b>Herger Nando</b> Regelentwurf für eine 2-Achsen Einheit zur Bildaufnahme im CT	35	<b>Stocker Dario</b> Generatives Filterdesign	59
<b>Jäggi Alison</b> AMZ Formula Student Electric	36	<b>Suter Patrik</b> Strommessung eines BLDC Motors	60
<b>Kaufmann Martin</b> Entwicklung eines Positionierungssystems	37	<b>Troxler Dario</b> Climate Chamber Controller	61
<b>Kaufmann Raffael</b> Milchschaum Temperaturregelung	38	<b>Vaes Nick</b> Transformer	62
<b>Koch Joel</b> Touchless Button	39	<b>Venetz Michael</b> Vorausschauende Wartung automatischer Schiebetüren	63
<b>König Matariki</b> Effizienter 24V AC-DC-Converter	40	<b>Wüst Joshua</b> Bremsdruckmeldung mittels Schallsignal in Hauptluftleitung	64
<b>Krummenacher Manuel</b> Auswahl und Charakterisierung eines Direct Digital Synthesis (DDS) Generators	41	<b>Zurbriggen Tiziano</b> AMZ Formula Student Electric	65
<b>Kulli Yannick</b> Automatisches Identifikationssystem AIS	42		
<b>Künzli Elias</b> Datenbasierte Predictive Maintenance für Bahninfrastruktur	43		
<b>Mathieu Frédéric</b> Charakterisierung Kernmaterial	44		
<b>Meier Florian</b> Realisierung einer Schotterheizung mittels geschlitztem Mikrowellenleiter	45		
<b>Müller Florian</b> Optimale Lade- und Betriebsstrategie für E-Busse	46		
<b>Nicora Stefano</b> Gerät zur Überwachung von Umgebungslärm	47		
<b>Odermatt Marco</b> 1kW-Boost-Converter	48		
<b>Rösch Niklas Jan</b> Radarbasierte Messung von Flüssigkeiten und Festmaterialien	49		
<b>Scheidegger Hannes</b> Lokaler Sprachassistent mit Dialogfähigkeit	50		
<b>Scheuber Dario</b> Aktive Dämpfung	51		
<b>Schinner Dominic</b> Automatisiertes Testsystem für Luftstromsensor	52		
<b>Schlüssel Marvin</b> Demonstrator mit Realtime-Core in Embedded-Linux Modulen	53		

# Ansteuerung zur Höhenregulierung eines U-Boots

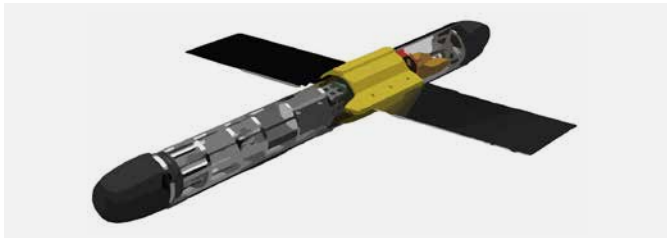


Abb. 1: Unbemanntes Unterwasserfahrzeug

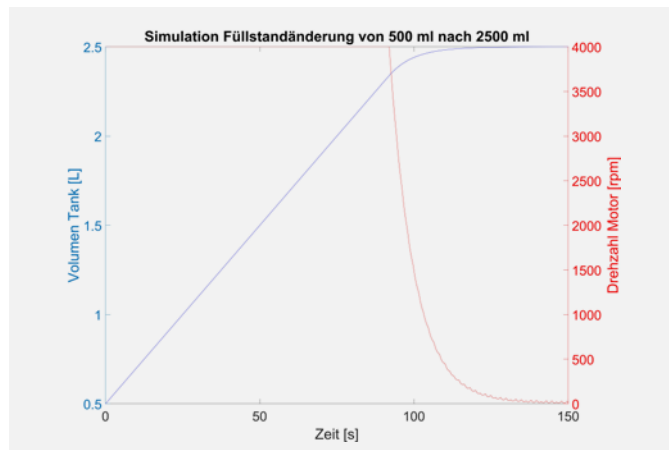


Abb. 2: Simulation

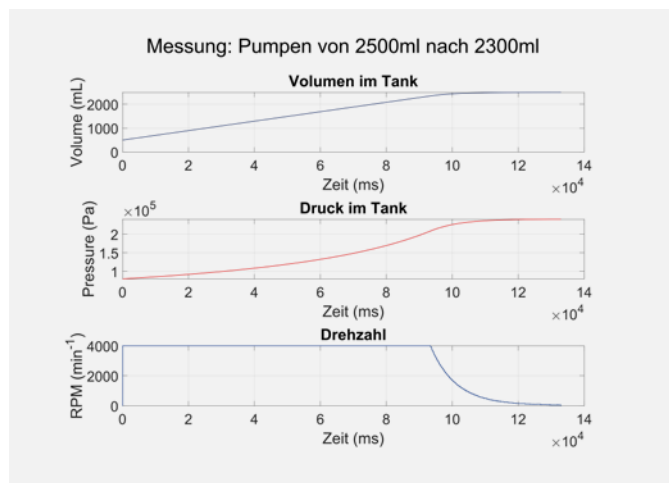


Abb. 3: Messungsergebnis des Regelkreises



Abb. 4: Endprodukt

## Problemstellung

ARIS benötigt eine Steuereinheit, über die sie den Auftrieb ihres Gleiters regulieren können. Zur Verfügung steht ein Motor, der über einen Motorcontroller angesteuert wird. Dieser Motor steuert eine Pumpe an, die Öl aus einem Tankreservoir in eine sich ausserhalb befindliche Blase in der Nase des unbemannten Unterwasserfahrzeugs fördert. Der Auftrieb des unbemannten Unterwasserfahrzeugs ändert sich entsprechend dem Volumen der Blase.

## Lösungskonzept

Es wird ein PCB gefertigt, auf welchem Sensoren eingelesen werden können. Anhand dieser Messwerte werden zwei Regelkreise erstellt, welche den Füllstand im Tank regulieren. Der Regelkreis ist in einem Microcontroller implementiert, welcher über ein Controller Area Network die Motordrehzahl verstellen kann. Zusätzlich befinden sich leistungsfähige Ausgänge auf der Platine, welche es ermöglichen, Aktoren präzise anzusteuern.

## Realisierung

Die Umsetzung beinhaltet die zwei Kernelemente der Hard- und Software. Zum Messen wird ein 12-Bit-A/D-Wandler verwendet, welcher eine genügend grosse Auflösung bietet. Auf der BCU befindet sich zudem ein Speicher, in welchem Konfigurationseinstellungen abgespeichert werden. Über den CAN-Transceiver kann der Microcontroller mit anderen Geräten kommunizieren. Die verbauten Halbbrücken-Treiber ermöglichen einen High- oder Low-Side-Switch. Die Software verwendet ein Real Time Operating System, welches die unterschiedlichen Aufgaben abarbeitet, wobei je ein Task für die Kommunikation, Messung und Hauptanwendung verantwortlich ist.

## Ergebnisse

Anhand der Messresultate kann belegt werden, dass die Regelkreise der Steuereinheit funktionieren. Die Steuereinheit kann Messungen auslesen und korrekt interpretieren. Darüber hinaus ist die Kommunikation mit anderen Geräten stets gewährleistet. Weiter können alle verwendeten Aktoren erwartungsgemäss angesteuert werden. Durch die hohe Flexibilität dient die Arbeit als Plattform, mit welcher unterschiedliche Hardwarekomponenten getestet werden können.



### Diplomand

Achermann Pascal

### Dozent

Dr. G. Wichmann

### Themengebiet

Technische Informatik (Embedded Systems), Energie- und Antriebssysteme, Mechatronik/Automation/Robotik

### Projektpartner

ARIS Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz

**aris**  
space to grow

# Solarladeregler für DC Microgrids

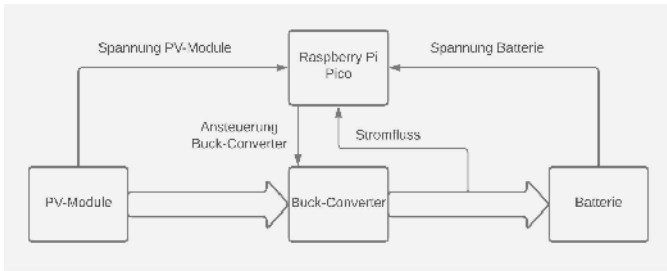


Abb. 1: Blockschaltbild des Konzepts für den Solarladeregler

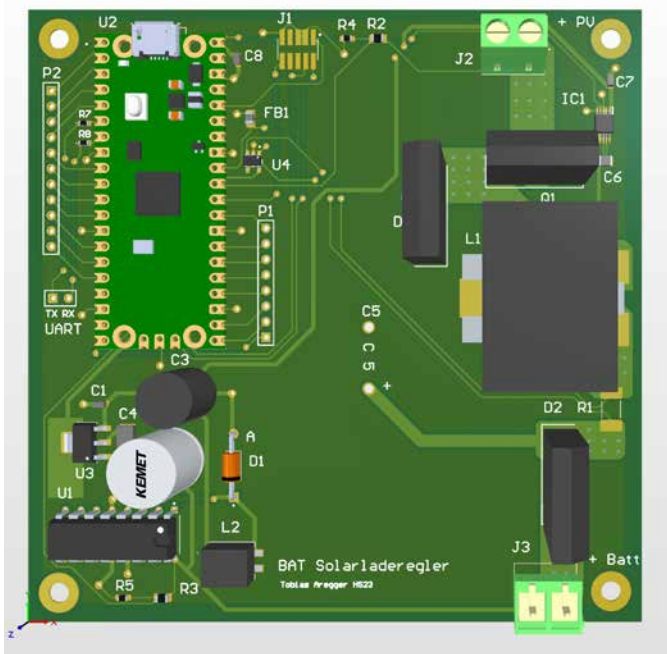


Abb. 2: Bestücktes PCB in der 3-D Ansicht in Altium

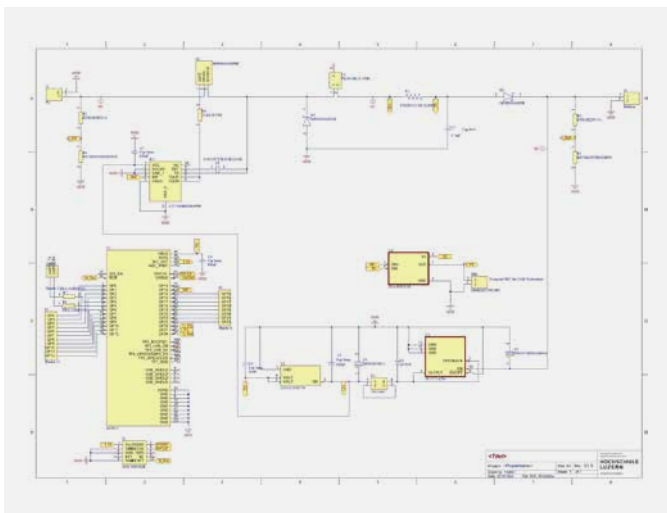


Abb. 3: Komplettes Schema des Solarladereglers

## Problemstellung

Für ein DC Microgrid ist ein Solarladeregler zu entwickeln. Dieser soll Energie von Photovoltaik-Modulen an eine Batterie übertragen, so dass sie gespeichert werden kann. Anhand einer Technologierecherche ist ein geeignetes Konzept auszuarbeiten. Mit einem Simulationsmodell soll dieses Konzept validiert werden. Nach Evaluation geeigneter Bauteile ist ein Schema und das Layout einer Leiterplatte zu erstellen und als Hardware-Prototyp umzusetzen. Die Funktion des Prototyps ist durch Messungen auf dessen Leistungsfähigkeit zu untersuchen.

## Lösungskonzept

Die Energiequelle in Form von Photovoltaik-Modulen verfügt über eine höhere Spannung als die Batterie, in welcher die Energie gespeichert werden soll. Um die Leistungsverluste bei der Energieübertragung zu minimieren, wird ein von einem Raspberry Pi Pico geregelter Abwärtssteller eingesetzt. Die Regelung mit dem Mikrocontroller erlaubt es, den Stromfluss zu steuern.

## Realisierung

Zur Überprüfung des Konzepts wurde ein Simulationsmodell erstellt. Nachdem die Funktion in der Simulation validiert wurde, konnte die Umsetzung der Hardware beginnen. Nach der Auswahl der Komponenten ist ein Schema gezeichnet und das Layout einer Leiterplatte erstellt worden. Darauf folgte die Bestückung der Hardware. Im Anschluss konnte die Leiterplatte durch Messungen geprüft werden.

## Ergebnisse

Der Prototyp wurde in Betrieb genommen und es konnte Energie von einer Quelle zu einer Stromsenke übertragen werden. Anfänglich wurde der MOSFET des Abwärtsstellers nicht korrekt angesteuert, was dazu führte, dass dieser sich stark erwärmte. Bei einem Messversuch ist der Mikrocontroller beschädigt worden. In Folge musste ein zweites PCB bestückt werden. Mit dem neuen PCB funktionierte die Ansteuerung ordnungsgemäss und der MOSFET erwärmte sich deutlich weniger. Mit dem Toleranzbandverfahren konnte der Stromfluss auf einen vorgegebenen Wert geregelt werden. Es wurden bis 90 Watt an Leistung von der Quelle zur Senke übertragen.



**Diplomand**  
Aregger Tobias

**Dozent**  
Prof. Dr. J. Mühlethaler

**Themengebiet**  
Energie- und Antriebssysteme

**Projektpartner**  
Intern

# Reinforcement Learning mit Stable Baselines

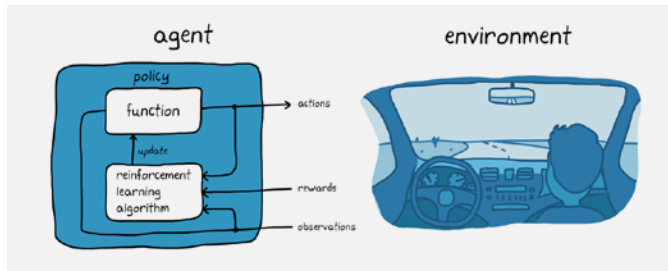


Abb. 1: Prinzip Reinforcement Learning

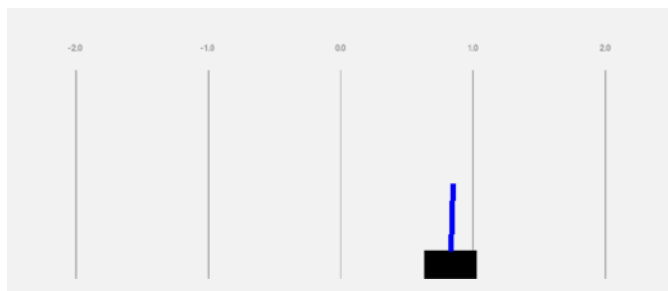


Abb. 2: Visualisierung inverses Pendel

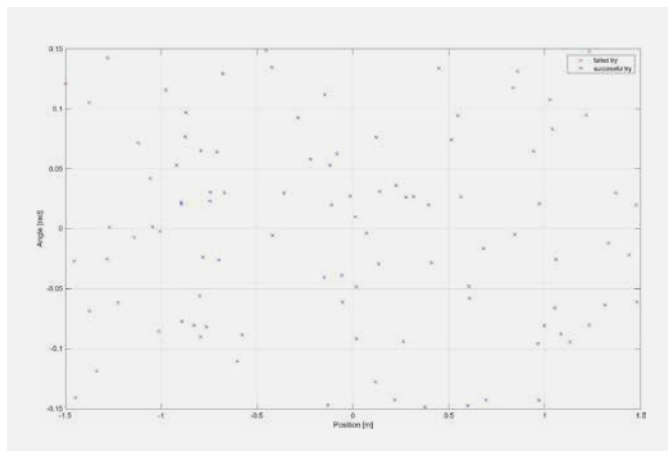


Abb. 3: Startzustände der Testdurchführungen Modell #2 mit PPO-Algorithmus

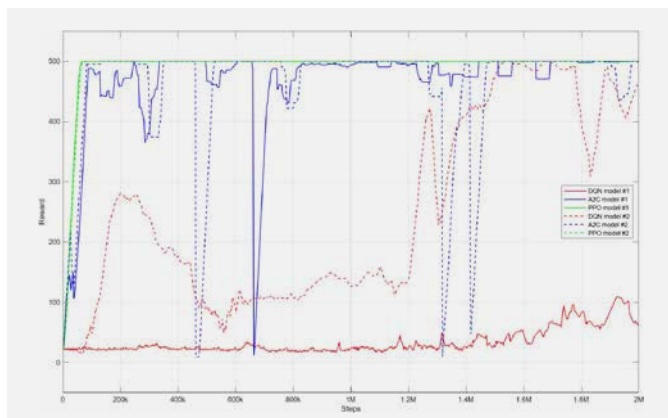


Abb. 4: Belohnung DQN-, A2C- und PPO-Algorithmus bei verschiedenen Parametern

## Problemstellung

Reinforcement Learning wurde in den vergangenen Jahren immer wieder als Methode vorgeschlagen, um eine Regelung für ein System mit unbekanntem Zustandsübergang zu entwickeln. Oft ist das zugrundeliegende Modell nicht vorhanden und allenfalls nur eine Zielfunktion gegeben. Dafür soll die auf Python basierte Umgebung Stable Baselines3 angewendet und geprüft werden.

## Lösungskonzept

Reinforcement Learning ist eine Methode von Machine Learning und erlernt Entscheidungsstrategien in einer Umgebung, um das Verhalten eines Agenten zu optimieren. Der Agent bestimmt aufgrund einer Beobachtung eine auszuführende Aktion und führt diese anschließend in der Umgebung aus. Aufgrund dieser Aktion verändert sich der Zustand in der Umgebung und diese gibt dem Agent eine positive oder negative Belohnung zurück. Mit Stable Baselines3 werden virtuelle Regelungssysteme (z.B. inv. Pendel oder Mountain Car), ohne zugrundeliegendes Modell, eingelesen. Dies wird mit verschiedenen Algorithmen durchgeführt und soll als Ziel zu einer stabilen Regelung führen.

## Realisierung

Am inv. Pendel wurden diverse Einlernprozesse, unter Verwendung verschiedener Parameter, mit den Algorithmen DQN, A2C und PPO durchgeführt. Bei DQN handelt es sich um einen Wertoptimierungsansatz und bei A2C sowie PPO um einen Policy-Optimierungsansatz. Die eingelesenen Modelle wurden in der virtuellen Umgebung geprüft und die Resultate analysiert.

Zusätzlich wurde die Anwendung 'Custom Environment' in Stable Baselines3 geprüft. Damit können spezifische Umgebungen selber implementiert werden. Am Beispiel vom inv. Pendel wurde eine selber implementierte Umgebung umgesetzt und diese mit der vorimplementierten verglichen.

## Ergebnisse

Fürs inverse Pendel wird mit allen drei angewendeten Algorithmen eine mehrheitlich stabile Regelung erreicht. Mit dem A2C-Algorithmus sind alle durchgeführten Testdurchläufe erfolgreich, während mit dem DQN- und PPO-Algorithmus noch ca. 20 – 30 % scheitern. Aufgrund der Analyse der Belohnungswerte, müssten auch für diese beiden Algorithmen mit längeren Einlernprozessen noch bessere Resultate erzielt werden.

Stable Baselines3 ist ideal für die gegebene Aufgabenstellung und bietet maximale Freiheit durch die Verwendung von 'Custom Environment'. Die Einarbeitung erfordert zwar Aufwand, zahlt sich jedoch für umfangreiche Anwendungen definitiv aus.



**Diplomand**  
 Arnold Florian

**Dozent**  
 Prof. Dr. T. Hunziker

**Themengebiet**  
 Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
 Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
 Intern



# Integrales Energiemanagement im Gebäude

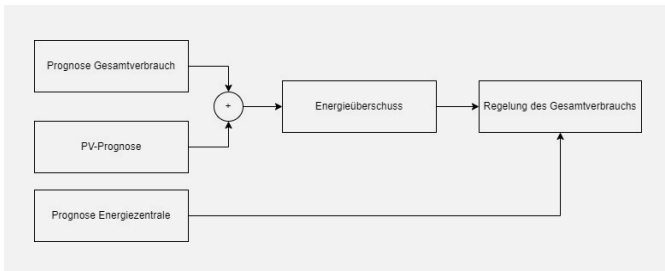


Abb. 1: Gesamtkonzept; Zusammenhang und Nutzung der Prognosen

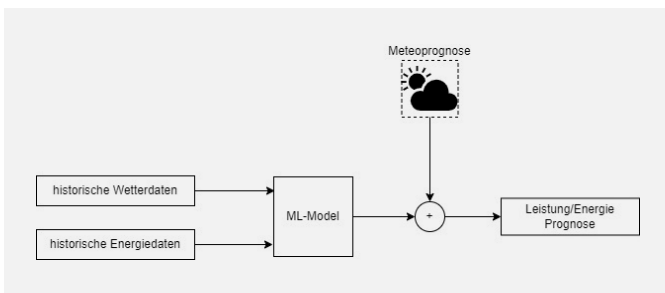


Abb. 2: Konzept zur Integration von Wetterprognosen in die ML-Modelle

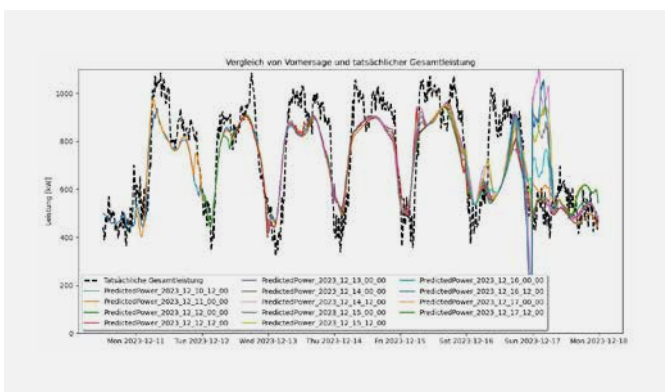


Abb. 3: Vorhersagen der Testwoche im Vergleich zur tatsächlichen Gesamtleistung (Regressionsmodell)

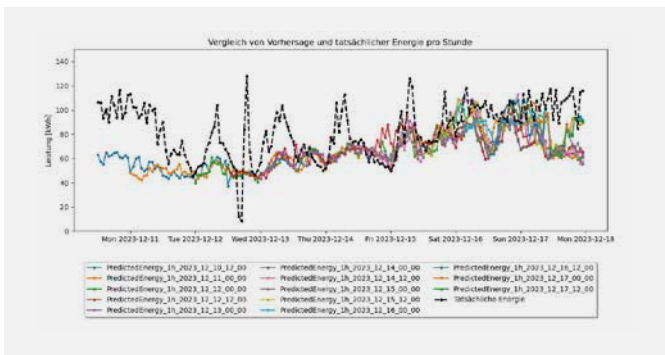


Abb. 4: Vorhersagen der Testwoche im Vergleich zur tatsächlichen Energie der Energiezentrale (XGBoost-Modell)

## Problemstellung

Die Pi-System GmbH entwickelt einen universellen, integralen Energiemanager. Dieser optimiert die Energieeffizienz in verschiedenen Unternehmen durch verschiedene Strategien. Das bestehende System basiert bisher ausschliesslich auf aktuellen Daten. Die Herausforderung dieser Arbeit besteht darin, anhand eines Pilotkunden ein Konzept zu entwickeln, das die Integration von Meteodaten in den Energiemanager beschreibt. Dadurch soll ein prädiktives Energiemanagement ermöglicht werden.

## Lösungskonzept

Das Konzept sieht die Entwicklung von ML-Modellen vor, die auf historischen Energiedaten basieren. Mit Hilfe dieser Modelle soll der Energieverbrauch des Gebäudes prognostiziert werden. Insbesondere sollen Modelle für die Gesamtenergie und eine Energiezentrale entwickelt werden. Eine weitere PV-Ertragsprognose soll direkt über eine API integriert werden.

## Realisierung

Basierend auf dem entwickelten Konzept wurde der Einsatz von maschinellem Lernen für die Energieverbrauchsprognose implementiert. Zwei Modelle – ein Regressionsmodell und ein XGBoost-Modell – wurden entwickelt, um den Energiebedarf vorherzusagen. Die Modelle wurden optimiert, um Prognosen auf Basis historischer Daten zu erstellen.

## Ergebnisse

Eine einwöchige Testphase hat gezeigt, dass die Modelle grundlegende Energiebedarfsprognosen ermöglichen. Allerdings stossen sie bei der genauen Vorhersage von Spitzenwerten an ihre Grenzen. Trotzdem weisen sie eine robuste Leistung auf. Die Modelle stellen einen deutlichen Fortschritt gegenüber der vorherigen Situation dar, in der keine vergleichbaren Vorhersagefunktionen existierten.

## Ausblick

Die Verbesserung der Datenmenge und -qualität könnte die Prognosegenauigkeit erhöhen. Es wäre vorteilhaft, die Modelle in verschiedenen Jahreszeiten zu testen, um ihre Genauigkeit ganzjährig zu sichern. Eine Optimierung durch die Einbindung zusätzlicher Betriebs- und Anlagendaten sowie der Einsatz fortgeschrittener ML-Methoden könnte weitere Verbesserungen mit sich bringen.



**Diplomand**  
Arnold Lukas

**Dozent**  
Prof. A. Rumsch

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

**Projektpartner**  
pi-System GmbH



# Vibrationsmessung an Ventilen von Stahlpfannen

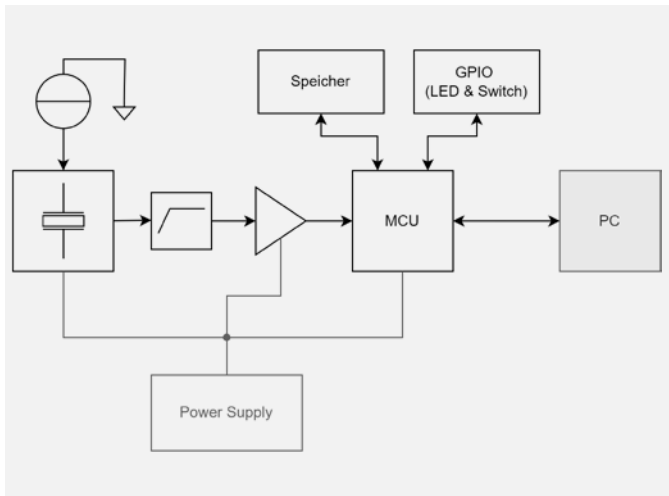


Abb. 1: Blockschaltbild des Prototypen

## Problemstellung

Die RHI Magnesita Switzerland AG baut Pfannenschieber, die den Durchlass von flüssigem Stahl aus Stahlpfannen regeln. Ist ein solcher Pfannenschieber schadhaft, kann das zu Durchbrüchen von flüssigem Stahl und damit zu ernsthaften Zwischenfällen im Stahlwerk führen. Im schlimmsten Fall fließen mehrere Tonnen des heißen Stahls unkontrolliert aus den Pfannen. Um solche Zwischenfälle verhindern zu können, möchte die RHI Magnesita eine Methode entwickeln, mögliche Defekte an Pfannenschiebern detektieren zu können.

## Lösungskonzept

Es soll überprüft werden, ob Schäden am Pfannenschieber anhand ihres Vibrationsverhalten zu erkennen sind. Hierfür soll ein Prototyp eines Gerätes entwickelt werden, der die Vibrationen am Schieber misst und auswertet. Dieses Gerät soll später bei Kunden im Stahlwerk zum Einsatz kommen.

## Realisierung

Es wurde ein Prototyp realisiert, der darauf basiert, die Beschleunigung mit IEPE-Sensoren zu erfassen. Die Sensoren werden über eine Verstärkerschaltung mit einem Microcontroller verbunden, der die Messwerte verarbeitet und auf einer SD-Karte speichert. Die Auslenkung sowie die Frequenzen der Vibrationen können mit dem Gerät analysiert werden.

## Ergebnisse

Es ist ein Prototyp entstanden, der die Signale der Beschleunigungssensoren grundsätzlich erfassen und auswerten kann. Während der Tests zu Laborbedingungen ergab sich, dass ein hohes Rauschen und Störsignale im Messsystem zu ungenauen Ergebnissen bei kleinen Auslenkungen führen. Bevor das Gerät für den Einsatz in Stahlwerken geeignet ist, sind weitere Optimierungen bei der Reduzierung der Störsignale und der Signalverarbeitung notwendig.

## Ausblick

Sobald die Signale mit IEPE-Sensoren sauber ausgelesen werden können, kann mit Hilfe des Prototyps ermittelt werden, ob die Vibrationen an den Pfannenschieber Aufschluss über deren Zustand geben. Falls dies der Fall ist, können die IEPE-Sensoren durch piezoelektrische Sensoren, die einen breiteren Temperaturbereich und eine höhere Genauigkeit aufweisen, ersetzt werden. Damit kann das Gerät dann auch bei Temperaturen bis zu 450° C zuverlässig in Stahlwerken eingesetzt werden.

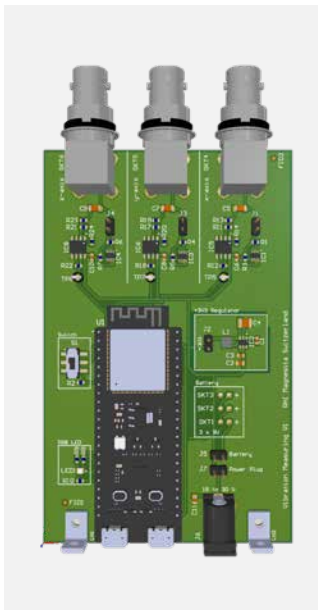


Abb. 2: PCB Layout

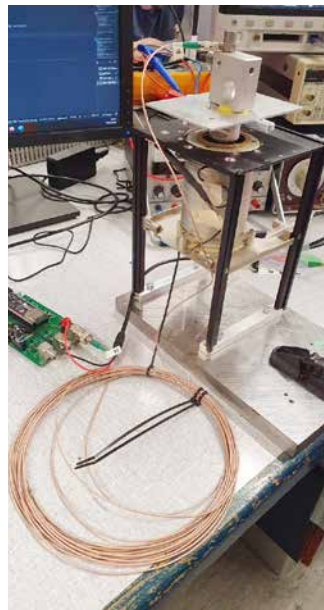


Abb. 3: Messaufbau der Vibrationsmessung

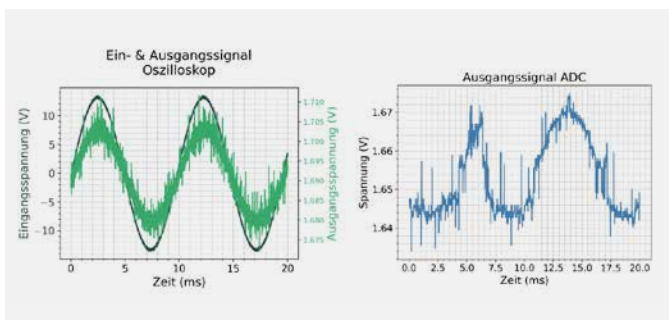


Abb. 4: Messergebnisse bei 100 Hz



**Diplomand**  
 Bahn Fiona

**Dozent**  
 Prof. Dr. P. Eberle

**Themengebiet**  
 Vibrationsmessung

**Projektpartner**  
 RHI Magnesita Switzerland AG



RHI MAGNESITA

# Akustische Aktivitätserkennung

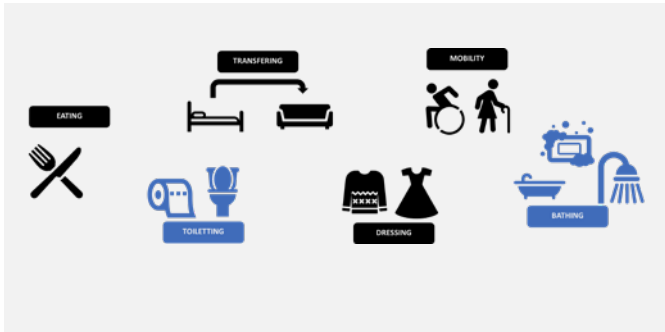


Abb. 1: Die Bereiche der Activities of Daily Living

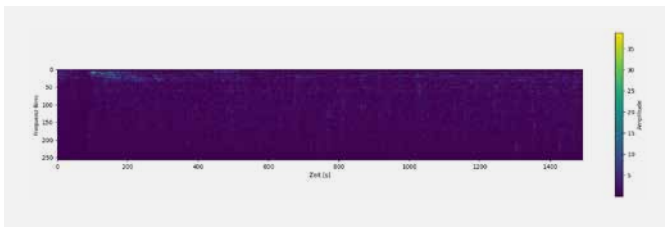


Abb. 2: Spülgeräusch aus den Trainings-Daten als Spektrogramm

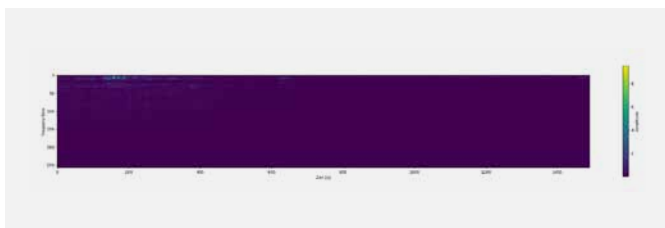


Abb. 3: Spülgeräusch aus dem Einsatzszenario-Audio als Spektrogramm

## Problemstellung

Die Arbeit befasst sich mit der akustischen Erkennung von Aktivitäten in einem Haushalt. Mit dem Ziel, eine Aktivierung von Assistenztechnologien in Smart Homes zu ermöglichen. Der Fokus lag dabei auf der Erarbeitung von algorithmischen Grundlagen zur akustischen Erkennung von «Activities of Daily Living» (ADL). ADL sind definierte Tätigkeiten, welche ein selbständiges Leben ermöglichen. In Abb. 1 sind die ADL aufgeführt. Ziel war es algorithmische Ansätze zur akustischen Erkennung von ADL zu recherchieren und für zwei spezifische ADL zuverlässige Algorithmen zu erarbeiten und validieren.

## Lösungskonzept

Zu Beginn wurden die «Activities of Daily Living» (ADL) anhand der zu erwartenden Akustik charakterisiert. Entscheidende Aspekte waren dabei die Art der Geräusche und wer oder was diese verursacht. Die Wahl fiel auf ADLs, die von allen Menschen möglichst im gleichen Rahmen ausgeführt werden. Als algorithmischer Ansatz wurde das Convolutional Neural Network (CNN) gewählt.

## Realisierung

Die ADL Toileting eignete sich, da die Akustikquelle an einen Raum gebunden ist und als charakteristisches Geräusch die Spülung verwendet werden konnte. Die ADL Bathing ist ebenfalls an einen Raum gebunden, hat jedoch mehrere Geräuschquellen, die unterschiedlich vorkommen können. Es wurde die Dusche als Akustikquelle gewählt, da diese ein dominierendes Geräusch im Raum bildet. Die benötigten Trainings-Daten wurden von öffentlichen Datenquellen heruntergeladen und für die Verwendung mit CNN als Spektrogramme repräsentiert. Für die Validierung der entwickelten Algorithmen wurden, neben den Testdaten, Aufnahmen aus einem möglichen Einsatzszenario verwendet und die Empfindlichkeit auf Nebengeräusche getestet.

## Ergebnisse

Für die Erkennung der Spülung konnte ein zuverlässiges CNN entwickelt werden. Die gewählte Strategie mit dem Spektrogramm als Input für das CNN ergab genügend markante Merkmale, damit auch das Audio des Einsatzszenarios zuverlässig erkannt wurde. In der Abb. 2 ist ein Spülgeräusch aus den Trainings-Daten dargestellt und in Abb. 3 ein Spülgeräusch aus dem Einsatzszenario-Audio. Die Ähnlichkeit ist auch von Auge erkennbar. Derselbe Ansatz wurde für die Dusche gewählt. Dabei konnte jedoch kein befriedigendes Resultat erzeugt werden. Auch die Wahl einer anderen Repräsentation des Audios als Input für das CNN führte nicht zum Erfolg.



**Diplomand**  
 Bärtschi Felix

**Dozent**  
 Prof. Dr. A. Paice

**Themengebiet**  
 Nachrichtentechnik/Signal Processing

**Projektpartner**  
 iHomeLab



# PC-gesteuerte Prüfeinrichtung für Ultraschall-Mikrofone

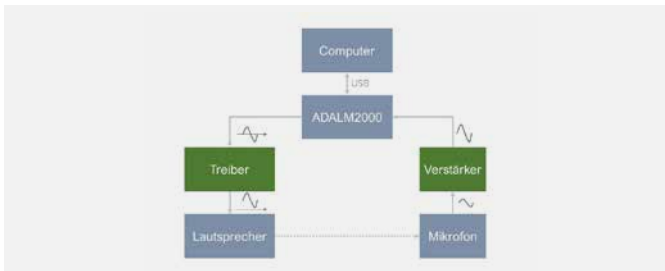


Abb. 1: Konzept

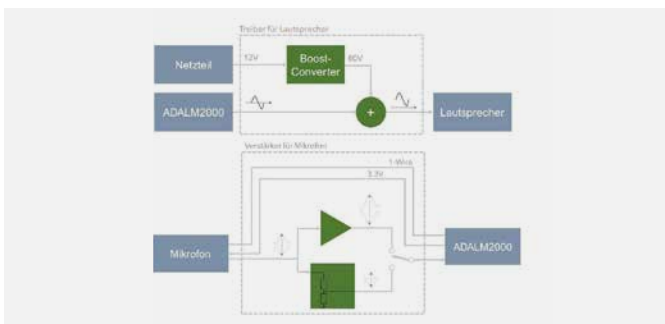


Abb. 2: Blockschema Treiber und Verstärker

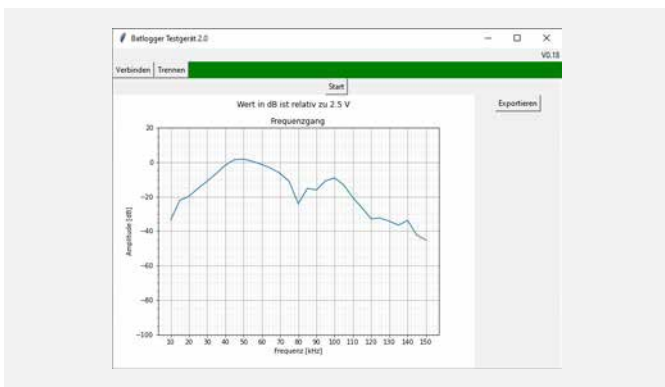


Abb. 3: GUI



Abb. 4: Fertiges Funktionsmuster der Prüfeinrichtung

## Problemstellung

Elekon entwickelt und produziert Geräte mit denen Ultraschalllaute von Fledermäusen detektiert und analysiert werden. Für die Prüfung der Ultraschall-Mikrofone wird eine Prüfeinrichtung benötigt. Diese Prüfeinrichtung soll Töne im Ultraschall-Bereich von 10 bis 150 kHz an das Mikrofon abgeben können und gleichzeitig das elektrische Signal am Mikrofon-Ausgang ausmessen. Das Ziel ist es den Frequenzgang des Mikrofons anzeigen zu können. Gesteuert wird die Prüfeinrichtung über eine PC-Software. Der Aufbau der Prüfeinrichtung soll universell und modular gestaltet werden.

## Lösungskonzept

Das Konzept (siehe Abb. 1) basiert auf dem ADALM2000, welcher am Computer angeschlossen wird. Über die PC-Software kann der Benutzer die Prüfeinrichtung steuern. Das ADALM2000 Board steuert den Lautsprecher mit Sinussignalen einer bestimmten Frequenz an, um einen Ultraschallton zu erzeugen. Gleichzeitig wird das am Mikrofon erzeugte Mikrosignal gemessen. Vorher wird es, falls nötig, noch verstärkt. Der Frequenzgang wird berechnet und am Computer dargestellt. Anhand des Frequenzgangs kann eine Auswertung des Mikrofons vorgenommen werden. Dieses Funktionsmuster der Prüfeinrichtung ist für das Mikrofon X konzipiert.

## Realisierung

Für die Ansteuerung des Lautsprechers wird ein Treiber benötigt. Dieser Treiber spannt den elektrostatischen Lautsprecher mit 80VDC vor und überlagert diese Gleichspannung mit dem Sinussignal vom ADALM2000 (siehe Abb. 2). Die Verstärkerschaltung verstärkt das differentielle Mikrosignal vor der Verarbeitung. Als Zusatz wurde ein Spannungsteiler integriert, um allenfalls eine Dämpfung des Signals vornehmen zu können.

Die PC-Software wurde in Python mit Hilfe der libm2k, welche Funktionen zur Ansteuerung des ADALM2000 enthält, programmiert. Der gemessene Frequenzgang des Mikrofons wird im GUI (siehe Abb. 3) dargestellt. Für die Berechnung des Frequenzgangs muss eine Fast Fourier-Transformation des gemessenen Signals gemacht werden. So kann die Amplitude des Signals bestimmt werden und anschliessend bezogen auf einen Referenzwert (in V) in einen Wert mit der Einheit dB umgerechnet werden.

## Ergebnisse

Das Funktionsmuster der Prüfeinrichtung (siehe Abb. 4) kann den Frequenzgang im Bereich 10 – 150 kHz eines Mikrofon X korrekt messen und darstellen. Das Frequenzverhalten des Lautsprechers wird dabei nicht kompensiert.



**Diplomand**  
Baumann Julie

**Dozent**  
Dr. G. Wichmann

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing

**Projektpartner**  
Elekon AG



# Effizienzoptimierter Motortreiber

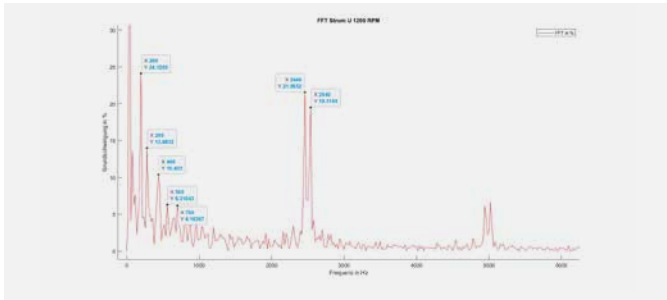


Abb. 1: Oberschwingungsanalyse beim Betrieb mit  $1200 \text{ min}^{-1}$  (40 Hz)

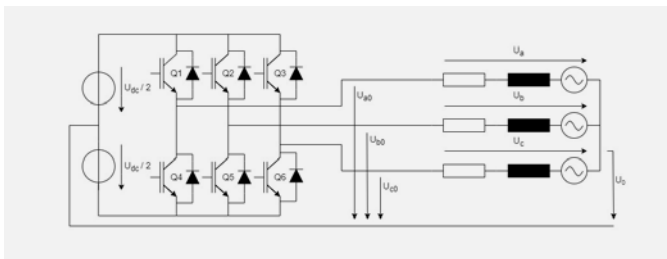


Abb. 2: Schematische Darstellung maschinenseitiger Teil des Umrichters mit Permanentmagnet-Synchronmaschine

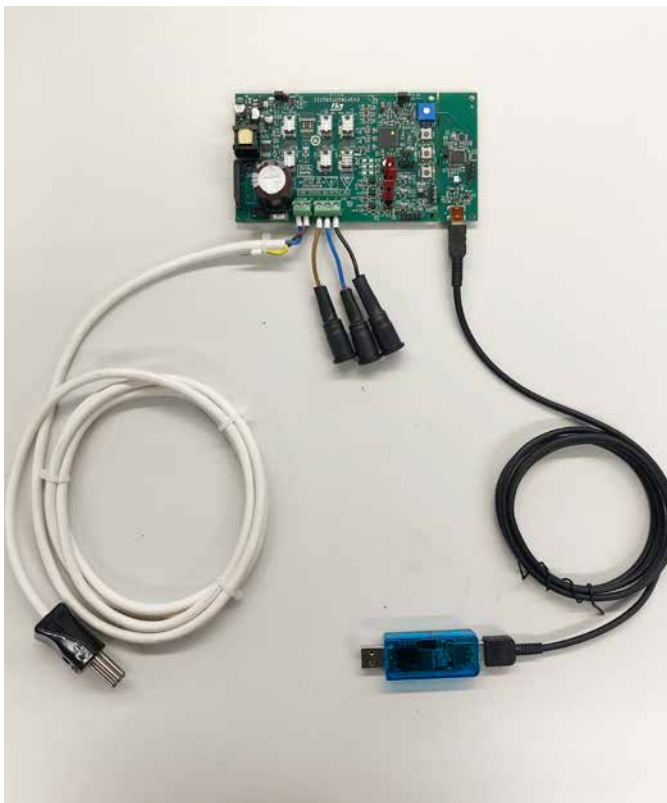


Abb. 3: Ein Teil des Laboraufbaus: Mit dem ersichtlichen Evaluationsboard bzw. Umrichter können die Steuer- und Regelverfahren implementiert und getestet werden

## Problemstellung

Die Firma V-ZUG entwickelt, produziert und vertreibt moderne Haushaltgeräte. Dazu gehören auch Kühlschränke. Diese sind das ganze Jahr über in Betrieb, um Lebensmittel sicher aufzubewahren und zu kühlen. Im Kühlkreislauf befindet sich ein Kompressor, der als Permanentmagnet-Synchronmaschine ausgeführt ist. Der Kompressor wird über einen Umrichter betrieben. Folglich wird elektrische Energie zur Kühlung der Lebensmittel verbraucht, was im Rahmen dieser Arbeit untersucht wird. Das Hauptziel ist die Verbesserung der derzeitigen Energieeffizienz.

## Lösungskonzept

In einem ersten Schritt wird die Ausgangslage untersucht, um die Eigenschaften zu ermitteln. Ein geeigneter Messaufbau zur Durchführung von Messungen soll bestimmt werden. In einem nächsten Schritt werden Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz evaluiert. Mit einem anschließenden Laboraufbau soll der effizientere Betrieb demonstriert werden und somit die theoretischen Ergebnisse in die Praxis umgesetzt werden.

## Realisierung

In umfangreichen Recherchen wurde die Ausgangslage untersucht und dokumentiert. Anschließend wurde ein Messaufbau mit geeigneten Geräten erstellt, der eine Aufzeichnung der Messungen ermöglicht. Die Messungen wurden mit MATLAB analysiert und verschiedene Berechnungen/Verfahren angewendet. Durch den realisierten Laboraufbau mit spezieller Hardware können Steuer- und Regelverfahren für den Umrichter implementiert und mit dem vorhandenen Messaufbau gemessen werden.

## Ergebnisse

Die Untersuchung des Kühlschranks liefert wichtige Erkenntnisse und Eigenschaften zur aktuellen Umsetzung. Das mögliche Energiesparpotenzial wurde ermittelt. Durch die umfangreichen Untersuchungen konnten Steuer- und Regelverfahren für den Umrichter bestimmt werden, die die Energieeffizienz erhöhen. Der Laboraufbau zur Verifizierung der Ergebnisse konnte aufgrund von Problemen und Schwierigkeiten mit der Hard-/Software nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Durch das Aufzeigen der aufgetretenen Probleme und möglicher Lösungen sollte dies in Zukunft möglich sein.

## Ausblick

Bei einer Fortsetzung der Arbeit kann der Laboraufbau fertiggestellt werden, um die theoretischen Ergebnisse in der Praxis zu verifizieren. Damit wird der Weg für die Herstellung eines neuen und effizienteren Produktes geebnet.



**Diplomand**  
 Beeler Leo

**Dozent**  
 Prof. Dr. Thalmann

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

**Projektpartner**  
 V-ZUG AG



# AMZ Formula Student Electric



Abb. 1: Das diesjährige Fahrzeug dufour



Abb. 2: Installation vom Kabelbaum im Auto

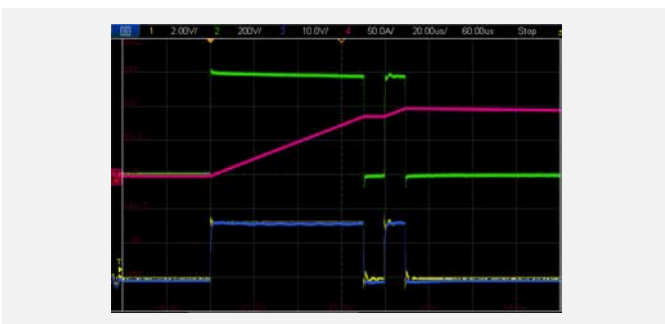


Abb. 3: Doppelpulstest @ 600V/100A

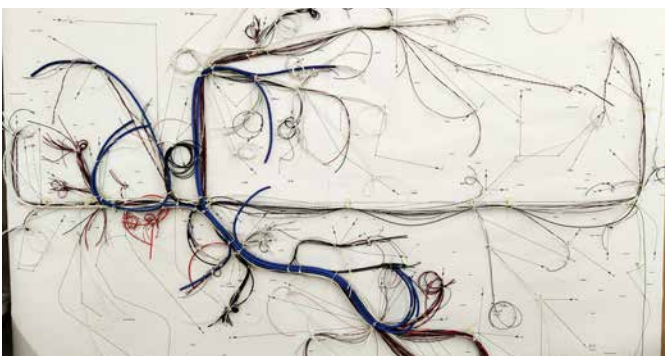


Abb. 4: Vorbereitung des Kabelbaums auf dem Kabelbrett

## Problemstellung

Der Akademische Motorsportverein Zürich konstruiert jedes Jahr ein Rennauto, um an den Veranstaltungen der Formula Student Electric teilzunehmen. In diesem Jahr arbeiten insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 5 Studierende der HSLU am Fahrzeug mit dem Namen dufour. Die HSLU-Studierenden sind dabei hauptsächlich für die elektronischen Arbeitspakete verantwortlich.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Umsetzung der Konzepte für den Kabelbaum, die Erdung, das EMV-Konzept und den Inverter.

## Lösungskonzept

Das Regelwerk der Formula Student Germany bildet die Basis für die Konzeptentscheidungen und deren Umsetzung. Für den Kabelbaum wurden ultraleichte Signalkabel und leichte Motorsportstecker ausgewählt, um das Gewicht so gering wie möglich zu halten. Um einen störungsfreien Betrieb der Systeme sicherzustellen, wurden EMV- und Erdungskonzepte entwickelt und implementiert. Für den Inverter soll ein eigenes Konzept für den selbst gebauten Inverter entwickelt werden.

## Realisierung

Die Schnittstellen und Signale des Kabelbaums wurden in einer Excel-Netzliste erfasst. Diese Liste ermöglichte es, viele Verbindungen bereits im Vorfeld extern auf einem Kabelbrett vorzubereiten, sodass der Kabelbaum in kurzer Zeit im Fahrzeug installiert werden konnte.

Für den selbstentwickelten Inverter konnte ein neues Konzept entwickelt werden, welches in den kommenden Wochen realisiert wird.

## Ergebnisse

Durch die sorgfältige Planung und die Unterstützung des gesamten Teams konnte dieses Jahr bereits früh mit den Tests am Fahrzeug begonnen werden.

## Ausblick

Im Sommer wird das gebaute Auto an total vier Events in ganz Europa gegen andere Teams antreten. Bis dahin gilt es noch viel zu testen und zu optimieren.



### Diplomand

Bieri Kilian

### Dozent

Prof. Dr. A. Omlin; Prof. R. Mettler;  
Prof. E. Styger

### Themengebiet

Elektrotechnik und Informations-  
technologien

### Projektpartner

ETH Zürich

**ETH** zürich

# Linux Devicetree Generator

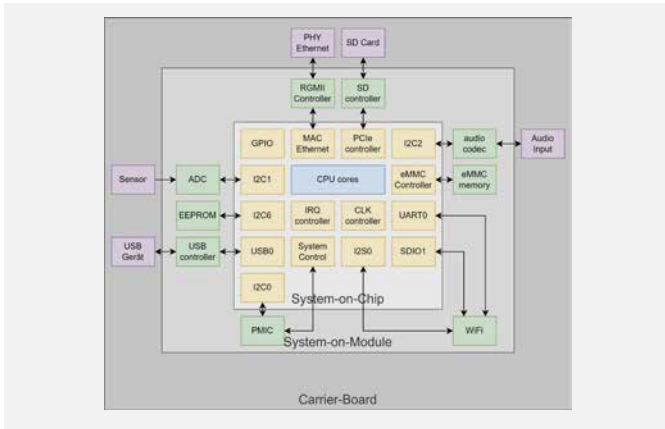


Abb. 1: Blockdiagramm eines Beispielhaften Toradex AG Embedded-System

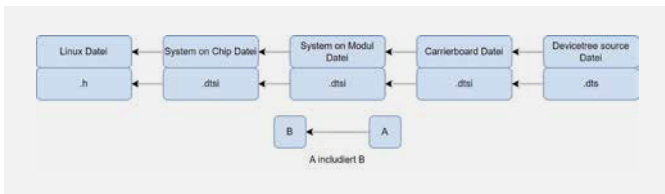


Abb. 2: Genereller Aufbau des Devicetrees

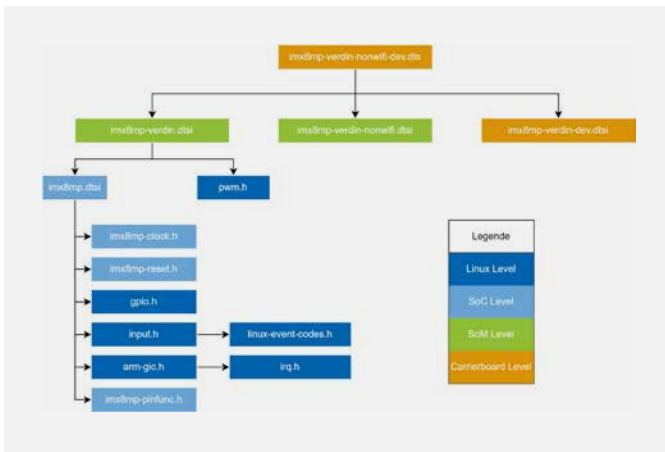


Abb. 3: Baumstruktur Devicetree Verdin iMX8M Plus mit Verdin Development Board

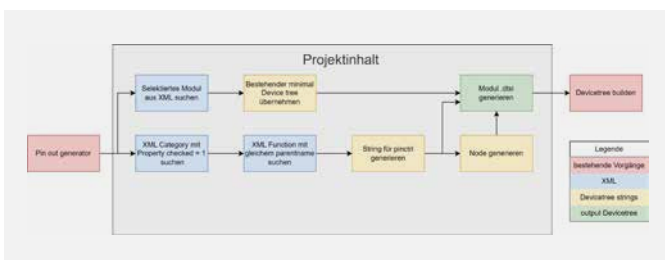


Abb. 4: Konzeptioneller Aufbau des Devicetree Generators

## Problemstellung

Toradex AG produziert Hard- und Software im Embedded-Linux-Bereich her und hat die Vision, die erste Wahl der Anbieter zu sein für Embedded-Computing-Lösungen im kleinen bis mittleren Projektvolumen. Um die Verwendung von Toradex Modulen auf kundeneigene Produkte weitergehend zu vereinfachen, möchte Toradex die Möglichkeit eines Devicetree Generators erforschen, da das manuelle Erstellen eines Devicetrees für Kunden häufig zu einem erhöhten Aufwand darstellt.

## Lösungskonzept

Als Implementationsprache wurde C# verwendet, da dies eine weit verbreitete objektorientierte Sprache ist, welche dem Bearbeiter des Projektes bekannt war. Zudem ist die Sprache sowohl auf Linux, als auch Windows lauffähig. Auch stehen innerhalb der Sprache genügend Ressourcen für die Behandlung von XML-Dateien und Parsen von Strings zur Verfügung. Das Projekt ist auf einem Rechner verwendbar und sollte die Konfiguration von Serial Peripheral Interface (SPI), Inter-Integrated Circuit (I2C) und Pulse Width Modulation (PWM) Funktionalitäten im Devicetree ermöglichen. Diese Funktionalitäten reichen aus, um bewerten zu können, ob eine solche Art von Devicetree-Generierung künftig umgesetzt werden soll.

## Realisierung

Für die Realisierung des Projektes wurde entschieden, den System-on-Module-Layer zu generieren, da die Dateien der Linux- und System-on-Chip-Layer von den Herstellern bereits gegeben sind. Der bestehende Pinout Generator von Toradex kreiert eine XML-Datei, welche verwendet werden kann, um den neuen Devicetree mit den gewünschten Konfigurationen zu erstellen. Die erstellte Software nimmt die XML-Datei als Eingangsdaten und erstellt damit Pincontrolblöcke und Nodes zu den vorgegebenen Geräten.

## Ergebnisse

Der resultierende Devicetree wurde kompiliert und getestet, wobei die erfolgreiche Konfiguration von PWM-Geräten erzielt wurde. Allerdings sind noch Fehler bei der Generierung von I2C- und SPI-Geräten vorhanden. Die Schlussfolgerung des Projekts bietet eine solide Grundlage für die Entwicklung eines universellen Toradex Devicetree Generators. Zukünftige Arbeiten könnten sich darauf konzentrieren, Fehler bei der Generierung von I2C- und SPI-Peripherien zu beheben und den Generator weiter zu verbessern.



**Diplomand**  
Bos Collin

**Dozent**  
Dr. O. Kasten

**Themengebiet**  
Technische Informatik (Embedded Systems); PC-programmierung, Evaluation

**Projektpartner**  
Toradex AG



# AMZ Formula Student Electric/LV-AMS



Abb. 1: Diesjähriges Rennauto dufour

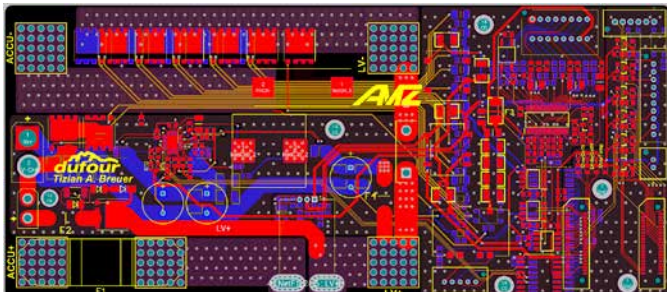


Abb. 2: LV-AMS PCB-Layout



Abb. 3: LV-AMS PCB



Abb. 4: LV-AMS verkabelt in der Akku-Box

## Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 5 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug dufour. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete.

Diese Arbeit behandelt die Umsetzung des Konzepts für das LV-AMS, das Akkumulator-Management-System für den Niederspannungsakkumulator von dufour. Der Fokus liegt darauf, wie dieses System entwickelt, gefertigt, getestet und in Betrieb genommen wurde. Die Hauptanforderung des LV-AMS besteht darin, den Akkumulator vom restlichen System trennen zu können, falls die Zellspannungen oder Zelltemperaturen die spezifizierten Grenzwerte überschreiten.

## Lösungskonzept

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

Aufgrund des neuen Powered-Ground-Effekt-Systems in dufour, das bis zu 6 kW Leistung benötigt, musste das LV-AMS viel höheren Spannungen und Strömen standhalten können als seine Vorgänger.

## Realisierung

Das LV-AMS ist die Schutzelektronik für einen 14S1P Li-Po-Akkumulator. Es überwacht die Spannungen aller 14 Zellen und die Temperaturen von mindestens 30% der Zellen. Das System muss in der Lage sein, Ströme von bis zu 200A standzuhalten und diese im Notfall zu unterbrechen. Mithilfe einer Hall-Effekt-Strommessung wird die verbrauchte Ladung erfasst, um den Ladezustand des Akkumulators zu bestimmen.

## Ergebnisse

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



### Diplomand

Breuer Tizian Andreas

### Dozent

Prof. Dr. A. Omlin; Prof. R. Mettler;  
Prof. E. Styger

### Themengebiet

Signalverarbeitung & Kommunikation  
Embedded Systems & Automation  
Energiesysteme & Antriebstechnik

### Projektpartner

AMZ





# Schüttgut-zählung mit Eventkamera

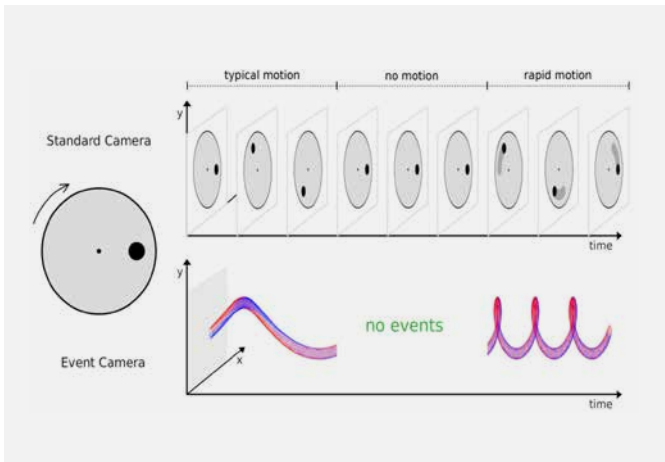


Abb. 1: Unterschied zwischen einer Flächenkamera und einer Eventkamera  
Quelle: doc.ic.ac.uk/~ajd/Publications/kim\_etal\_eccv2016.pdf (01.01.2024)

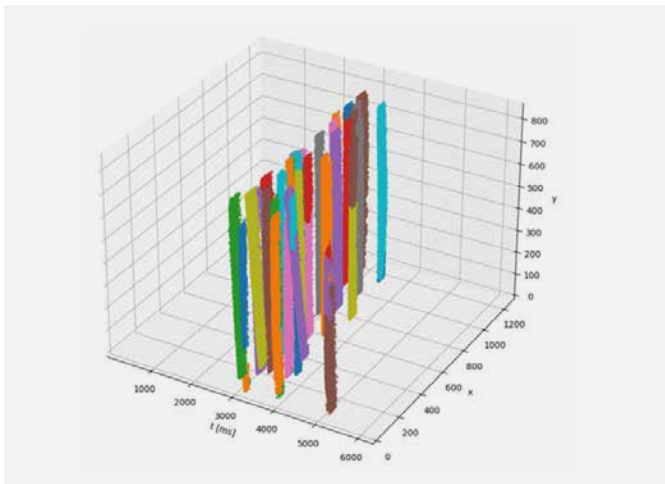


Abb. 2: Geclustertes Schüttgut nach der Detektionsstufe

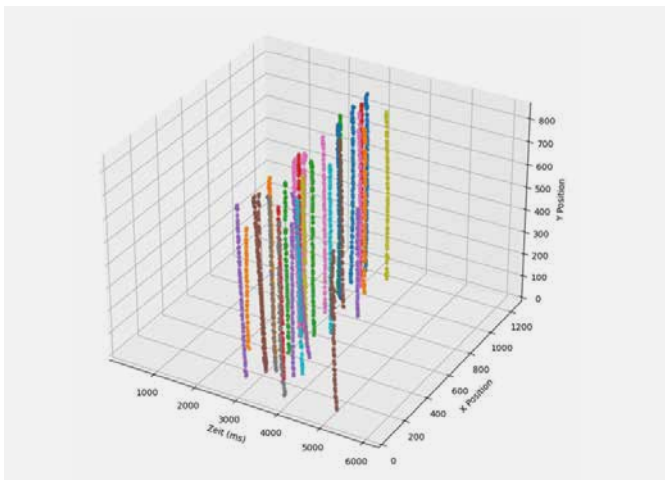


Abb. 3: Geclustertes Schüttgut nach der Merkmalextraktionsstufe

## Problemstellung

Bei dieser Arbeit wird das Einsatzpotenzial einer Eventkamera für die Erkennung und Zählung von Schüttgütern untersucht. Ziel war es, die maximalen Schüttgutraten, die mit dieser Technologie erreicht werden können, anhand praktischer Beispiele zu ermitteln. Diese Evaluation wurde für den Industriepartner «elmor AG» gemacht, da dieser auf Zählgeräte spezialisiert ist. Eine Eventkamera weist eine Latenz im Mikrosekundenbereich, einen hohen Dynamikbereich von mehr als 120 dB sowie keine Bewegungsunschärfe auf; was diese Technologie interessant für Schüttgut-zählssysteme macht.

## Lösungskonzept

Eine Eventkamera liefert keine Bilder, sondern sie übermittelt ausschliesslich die Helligkeitsänderungen der Szenen in Form von sogenannten Events. Der Output einer Eventkamera ist daher ein asynchroner Datenstrom (siehe Abbildung 1). Basierend auf der hohen Dichte und Ansammlung an Events, soll mittels eines Clustering-Algorithmus' das herabfallende Objekt detektiert werden.

## Realisierung

Beim iterativ entwickelten Algorithmus handelt es sich um einen zweistufigen DBSCAN. In der ersten Stufe, der Detektionsstufe, werden einzelne Events basierend auf ihrer räumlichen Nähe geclustert. In der Abbildung 2 ist ein typischer Output dieser Stufe dargestellt. In der nächsten Stufe, der Merkmalextraktionsstufe, werden die gefundenen Cluster auf repräsentative Schwerpunkte reduziert und analysiert (siehe Abbildung 3). Dabei werden zerstückelte Cluster wieder zusammengesetzt damit vollständige Clusterverläufe entstehen und die Clusterzahl mit der Summe an heruntergefallenen Objekten korrespondiert.

## Ergebnisse

Experimente zeigen, dass bereits 5% der Events aus dem asynchronen Datenstrom ausreichen, um fallende Objekte zuverlässig zu detektieren. Weiterhin ermöglichen statistische Methoden die Identifikation von Fehlclustern, die in der finalen Zählung berücksichtigt werden. Eine maximale Schüttgutrate von 27 Objekten pro Sekunde wurde experimentell nachgewiesen. Diese Rate wurde durch die eingesetzte Eventkamera begrenzt, da ein Kameraartefakt im Datenstrom zu periodischen Unterbrechungen führte. Eine theoretische Hochrechnung deutet darauf hin, dass mit dem entwickelten Algorithmus Schüttgutraten im dreistelligen Bereich pro Sekunde realisierbar sind.



**Diplomand**  
Bruder Jannik

**Dozent**  
Prof. Dr. K. Zahn

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
elmor AG



# Bin-Picking mit 3D Scanner

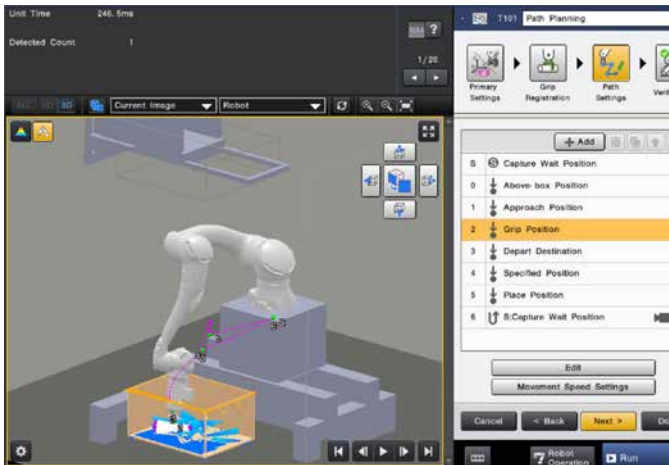


Abb. 1: Simulation mit der Keyence CV-X Software



Abb. 2: Roboterzellen Layout

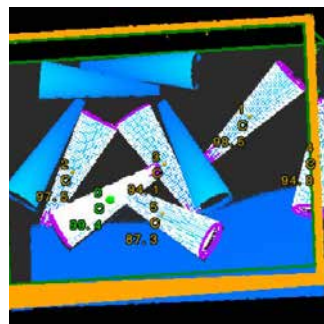


Abb. 3: Bildererkennung bei einer Punktwolke



Abb. 4: Verwendeter Vakuumgreifer

## Problemstellung

In der Robotik und Automation ist das Bin-Picking eine bekannte Anwendung. Darunter versteht man das Sortieren von chaotisch herumliegenden Objekten mittels Objekterkennung durch ein Kamerasystem. Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Entwicklung einer Bin-Picking Anlage unter Verwendung eines Yaskawa HC20DTP Industrieroboters und des Keyence RB-800 Vision Systems. Die entwickelte Anlage soll in der Lage sein, verschiedene Feuerwerksvulkane mittels eines Vakuumgreifers von einer Palette zu heben und sortiert abzulegen.

## Lösungskonzept

Zunächst wurde die Roboterzelle um eine Halterung für das Kamerasystem erweitert. Anschliessend wurde die gesamte Anlage in der Simulationssoftware CV-X nachgebaut und simuliert. Dabei wurde das Keyence System eingehend untersucht, um die Vor- und Nachteile des Systems zu analysieren. Des Weiteren wurde der Yaskawa kollaborative Roboter in Betrieb genommen und verschiedene sicherheitsrelevante Einstellungen vorgenommen.

Verschiedene Greiferkonfigurationen wurden mit einer Schmalz Vakuumpumpe getestet, um die bestmögliche Lösung für die Anwendung zu finden. Der Roboter und das Kamerasystem wurden kalibriert, um die verschiedenen Koordinatensysteme aufeinander abzustimmen. Zur Bewertung des Systems wurden verschiedene Tests und Messungen mit der Anlage durchgeführt.

## Realisierung

Mit dem Keyence-System wurde eine Anlage entwickelt, die in der Lage ist, Feuerwerksvulkane unterschiedlicher Grössen von der Palette zu heben. Dazu erzeugt das System mit dem Streifenprojektionsverfahren eine Punktwolke und führt ein Pattern Matching durch. Anschliessend werden die verschiedenen Greifpositionen berechnet und ein Bahnplanungsalgorithmus ermittelt den idealen Weg für den Roboter. An der Ablageposition wird ein speziell entwickeltes Roboterprogramm aufgerufen, welches die Vulkane nebeneinander aufreht.

## Ergebnisse

Mit dem Keyence-System ist es möglich, in relativ kurzer Zeit eine funktionsfähige Bin-Picking-Anlage zu realisieren. Die umfangreiche Simulationsumgebung ist dabei eine grosse Hilfe. Die Optimierung der Anlage erweist sich jedoch als sehr mühsam und zeitaufwendig. Die Geschwindigkeit des kollaborativen Roboters lässt sich mit dem System nur schwer einstellen. Zudem hat der Benutzer keinen Einblick in die verschiedenen Berechnungen und es ist schwer nachzuvollziehen, wo Ungenauigkeiten und Fehler entstehen.



**Diplomand**  
Bucher Daniel

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Prud'homme

**Themengebiet**  
Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
KEYENCE International



# Schüttgut-zählung mit Eventkamera



Abb. 1: HD Evaluation Kit 3 – Prophesee

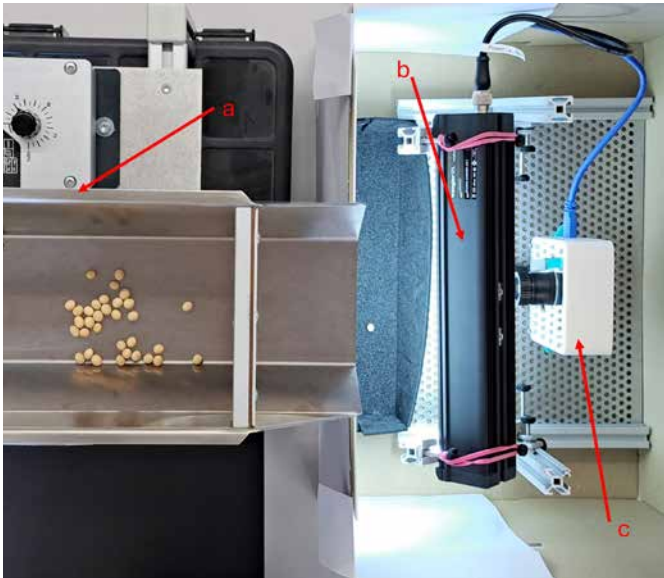


Abb. 2: Versuchsaufbau: a) Linearschwingförderer, b) Beleuchtung, c) Eventkamera

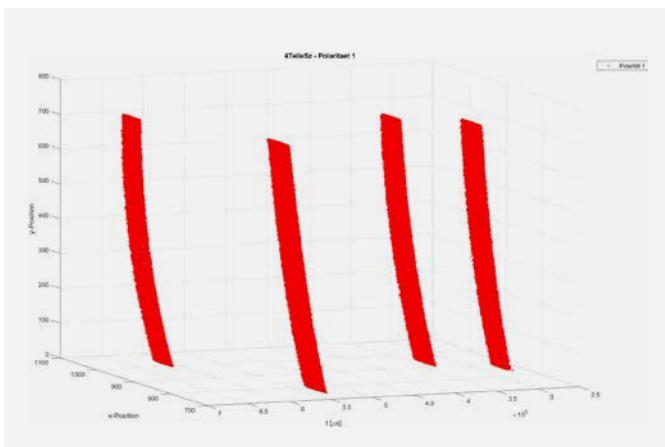


Abb. 3: Zeitliche Darstellung der Events für 4 Schüttgüter

## Problemstellung

Die Firma elmor AG ist ein Hersteller von hoch spezialisierten Zählgeräten für unregelmässig geformte Teile. In den letzten Jahren sind Eventkameras auf den Markt gekommen, welche nur Änderungen von Helligkeitswerten einzelner Pixel (Events) übermitteln, statt ganze Frames. Diese Kameras könnten eine energie- und dateneffiziente Zählung von Schüttgut ermöglichen. In einer Vorarbeit wurde ein Algorithmus entwickelt, um einzelne Events entsprechenden Schüttgutobjekten zuzuordnen.

## Lösungskonzept

Durch die Auswahl und Inbetriebnahme einer optimalen Eventkamera und die korrekte Positionierung und Ausleuchtung, kann das Rauschen soweit minimiert werden, dass der Algorithmus deutlich besser funktioniert.

## Realisierung

In dieser Arbeit wurde aufbauend auf dem existierenden Algorithmus eine Weiterentwicklung Richtung praktische Anwendung vorgenommen. Dazu wurde eine geeignete Kamerahardware evaluiert, ein praktischer Versuchsaufbau mit optimierter Beleuchtung aufgebaut, der Algorithmus von Python in C++ portiert und die Algorithmus Parameter für diese praktische Anwendung analysiert. Es müssen verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, sowohl in der Eventkamera (6 Parameter) als auch im Algorithmus, die dem aktuellen Aufbau entsprechend eingestellt werden müssen.

## Ergebnisse

Durch die optimierte Einstellung dieser Parameter konnte mit der neuen Kamerahardware das Rauschen (fehlerhafte Events) deutlich reduziert werden. Das Ergebnis ist ein System, welches in der Lage ist, bis zu 166 fallende Sojabohnen pro Sekunde, offline zu verarbeiten (nicht in Echtzeit). Diese Angabe unterliegt jedoch praktischen Einschränkungen, da beispielsweise berührende oder sich verdeckende Objekte zu fehlerhaften Zählraten führen können.

## Ausblick

Die Verarbeitung der Schüttgut-zählung in Echtzeit.



**Diplomand**  
Budmiger Jasmin

**Dozent**  
Prof. Dr. K. Zahn

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
elmor AG



# AMZ Formula Student Electric



Abb. 1: dufour

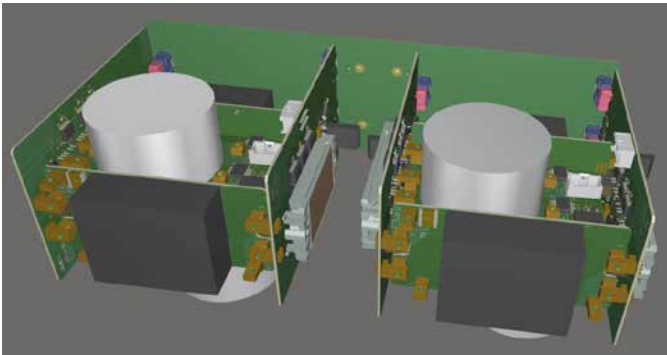


Abb. 2: I6 Assembly



Abb. 3: Charger

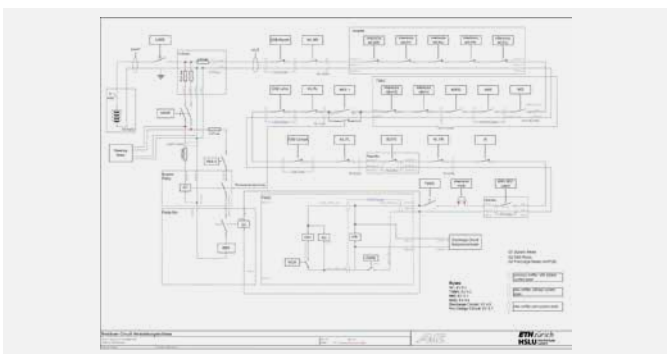


Abb. 4: SDC Schema

## Problemstellung

Der Akademische Motorsportverein Zürich (AMZ) entwickelt jedes Jahr ein neues elektrisches Rennfahrzeug, um bei den Formula Student-Wettbewerben anzutreten. Das diesjährige Fahrzeug, «dufour», stellt besondere Herausforderungen in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Effizienz der elektrischen Systeme dar. Ein zentrales Element hierbei ist die Entwicklung eines neuen Inverters, der nicht nur leistungsfähig, sondern auch robust und zuverlässig ist. Die komplexe Integration verschiedener Komponenten und die Minimierung von elektromagnetischen Störungen sind dabei entscheidend, um den strengen Anforderungen des Rennsports gerecht zu werden.

## Lösungskonzept

Um den hohen Anforderungen gerecht zu werden, wurde ein umfassender Entwicklungsprozess implementiert. Zunächst wurden die Erfahrungen und Ergebnisse aus den Vorjahren analysiert, um eine solide Grundlage für den neuen Inverter zu schaffen. Der Fokus lag auf der Minimierung von Störquellen und der Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Verschiedene PCBs wurden entwickelt, darunter das Control-PCB, das OutputStage-PCB, das Filter-PCB und das DC-Link-PCB. Jedes dieser Boards spielt eine zentrale Rolle im Gesamtsystem und wurde sorgfältig optimiert, um maximale Effizienz und Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

## Realisierung

Die Planung umfasste umfangreiche Messungen und erste Tests mit Prototypen, um die Funktionalität und Robustheit des Inverters zu überprüfen. Der Entwicklungsprozess wurde eng mit Teamkollegen und Alumnis abgestimmt, um durch regelmässige Reviews und Anpassungen sicherzustellen, dass alle Komponenten perfekt aufeinander abgestimmt sind. Die Tests mit den Prototypen waren wichtige Schritte, um potenzielle Probleme frühzeitig zu identifizieren und zu beheben.

## Ergebnisse

Obwohl der finale Inverter I6 noch nicht vollständig gebaut und in das Gesamtsystem integriert wurde, sind die bisherigen Messungen und Tests mit Prototypen vielversprechend. Die Optimierung der Schaltkreise und die sorgfältige Platzierung der Komponenten haben zu einer signifikanten Reduktion von Störquellen und einer Verbesserung der EMV geführt. Der Prototyp des Inverters hat in ersten Tests gezeigt, dass die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit erheblich gesteigert werden können. Die Verwendung von Board-to-Board-Steckverbindungen anstelle von Kabeln hat die Robustheit erhöht und die Montage und Wartung vereinfacht.



**Diplomand**  
Burkard Robin

**Dozent**  
Prof. Dr. A. Omlin; Prof. R. Mettler;  
Prof. E. Styger

**Themengebiet**  
Elektrotechnik und Informationstechnologien

**Projektpartner**  
AMZ



# Analyse von Performanz- und Speichereinbussen durch Software-Container auf Embedded Linux

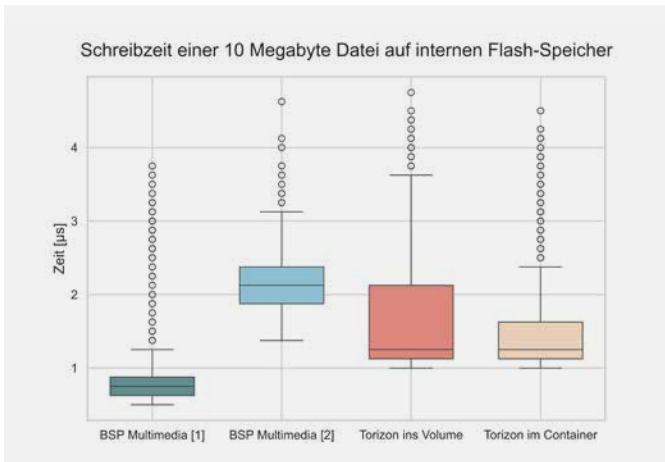


Abb. 1: Boxplot der vier durchgeführten 10 Byte Messungen.  
 – BSP Multimedia [1] = mit beendetem Hintergrundprozess  
 – BSP Multimedia [2] = mit laufendem Hintergrundprozess

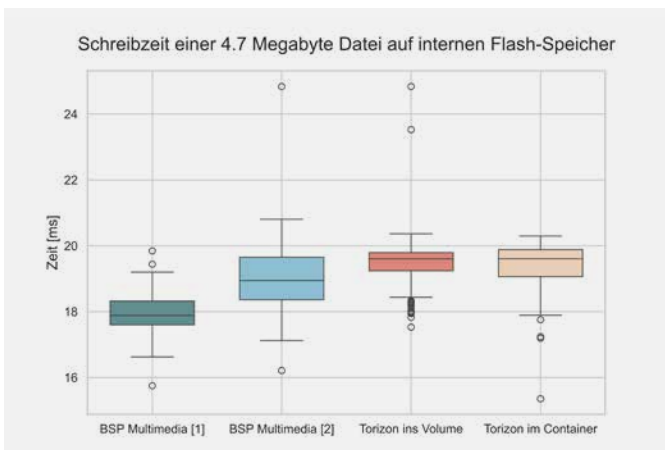


Abb. 2: Boxplot der vier durchgeführten 4.7 Megabyte Messungen.  
 – BSP Multimedia [1] = mit beendetem Hintergrundprozess  
 – BSP Multimedia [2] = mit laufendem Hintergrundprozess

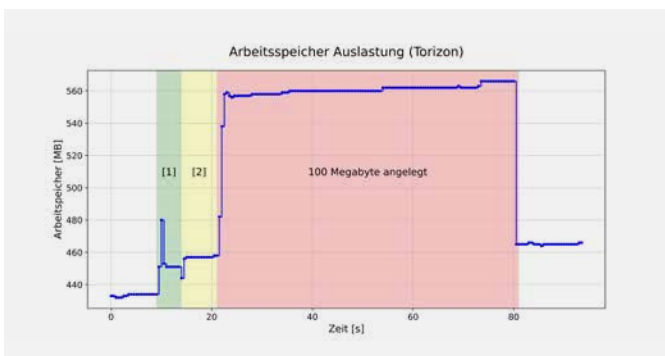


Abb. 3: Resultate der Arbeitsspeicher-Auslastung im Torizon Image.  
 – [1] = Starten des Containers  
 – [2] = Zugriff in den Container

## Problemstellung

Die Firma Toradex bietet verschiedene Embedded Hardware- und Software-Produkte an, mit denen die Integration von eingebetteten Systemen vereinfacht wird. Im Angebot von Toradex befinden sich verschiedene Betriebssystemlösungen, darunter das Board Support Package (BSP) und Torizon OS.

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob es durch die Verwendung der Container-Technologie auf dem Torizon Betriebssystem zu Performanceeinbußen kommt. Dazu wurde zwischen dem Container-Betriebssystem Torizon und dem Board Support Package verglichen.

## Lösungskonzept

In Containern laufen Prozesse direkt auf dem Kernel des Host-Betriebssystems, was der nativen Ausführung von Anwendungen auf einem Betriebssystem nahekommt. Trotz dieser Ähnlichkeiten gibt es bekannte Unterschiede, die in dieser Arbeit betrachtet wurden.

## Realisierung

Es wurde in einer ersten Untersuchung analysiert, welchen Einfluss das virtualisierte Dateisystem von Docker auf die Schreibgeschwindigkeit hat. Zu diesem Zweck wurden zwei Tests erstellt. Im ersten Test wurde regelmäßig eine kleine Datei (≈ 10 Byte) in den Speicher geschrieben. In einem zweiten Test wurde mit einer grösseren Datei (≈ 5 MB) die Schreibgeschwindigkeit gemessen.

In einer weiteren Untersuchung wurde die Auslastung des Arbeitsspeichers während dem Ausführen eines Programms getestet.

## Ergebnisse

Im Torizon-Betriebssystem wurde eine höhere Schreibzeit im Vergleich zum Multimedia Image gemessen. Diese Differenz zeigt, dass Torizon OS eine gewisse Performanzeinbuße beim Schreiben aufweist. Kleine Datenmengen weisen eine höhere Schreibzeit auf als grosse. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Performanzunterschiede zwischen Torizon und dem BSP existieren, wobei diese Unterschiede je nach Anwendungsszenario variieren können.



**Diplomand**  
 Bütler Lukas

**Dozent**  
 Dr. O. Kasten

**Themengebiet**  
 Technische Informatik (Embedded Systems); Embedded-Linux-Programmierung, Evaluation

**Projektpartner**  
 Toradex AG



# Webinterface und Bootloader für Gasgenerator



Abb. 1: Bild eines Multiliter Wasserstoffgenerators

## Problemstellung

Die Firma VICI International AG entwickelt und produziert unter anderem Gasgeneratoren. Dazu gehört auch der «Multiliter» Wasserstoffgenerator. Die Gerätesteuerung besteht hauptsächlich aus einem Control Board, auf welchem ein embedded Computer (NI sbRIO 9627) verwendet wird und mehreren IO-Boards, auf welchen ein STM32F105 Microcontroller verbaut ist. Zugriff auf Geräteparameter und Firmware (FW) Updates der IO-Boards sind zurzeit nur über LabView basierte Software möglich. Zudem wird für ein FW-Update ein manueller Eingriff an der Hardware (HW) benötigt, um den Bootloader zu aktivieren. Für das Gerät soll ein Webinterface implementiert werden, über welches Geräteparameter Zugriffe und FW-Updates der IO-Boards über einen Browser ermöglicht werden.

## Lösungskonzept

Um ein Webinterface zu implementieren, soll auf dem sbRIO 9627 ein Server eingerichtet werden. Das System soll für ein FW-Update vom CANOpen-Protokoll auf das CAN-Protokoll wechseln, damit der CAN-Bootloader der MCUs verwendet werden kann.

## Realisierung

Das Webinterface wurde durch die Verwendung des Django Web-Frameworks, einem uWSGI Server und einem Nginx Server verwendet. Mit Django wurde eine Webanwendung erstellt, welche vom uWSGI Server bedient wird. Der Nginx Server dient als Reverse Proxy Server zum uWSGI Server. Die Kommunikation mit der LabView Applikation konnte über die Network Published Shared Variables (NPSV) der LabView Applikation umgesetzt werden.

Der Bootloader wird nun aus der SW heraus aktiviert, indem ein SW-Sprung zum Bootloader Code implementiert wurde. Für ein FW-Update wurde die CAN-Kommunikation implementiert und Prozesse definiert. Soll ein FW-Update durchgeführt werden, so wechseln alle Busteilnehmer vom CANOpen Protokoll in das CAN-Protokoll. Einzelne Boards können dann über CAN einem FW-Update unterzogen werden. Die IO-Boards, bei welchen der Bootloader nicht aktiviert wird, wird der Silent Mode aktiviert. Im Silent Mode nehmen diese Busteilnehmer nicht an der CAN-Kommunikation teil, um die Kommunikation mit dem Bootloader nicht zu stören. Wurden die gewünschten IO-Boards einem Update unterzogen, wechseln alle Busteilnehmer vom CAN-Protokoll zurück in das CANOpen-Protokoll.

## Ergebnisse

Über das Webinterface können Parameter des Geräts ausgelesen und gesetzt werden. Ebenfalls können ohne manuelle Manipulation der Hardware FW-Updates der IO-Boards durchgeführt werden.

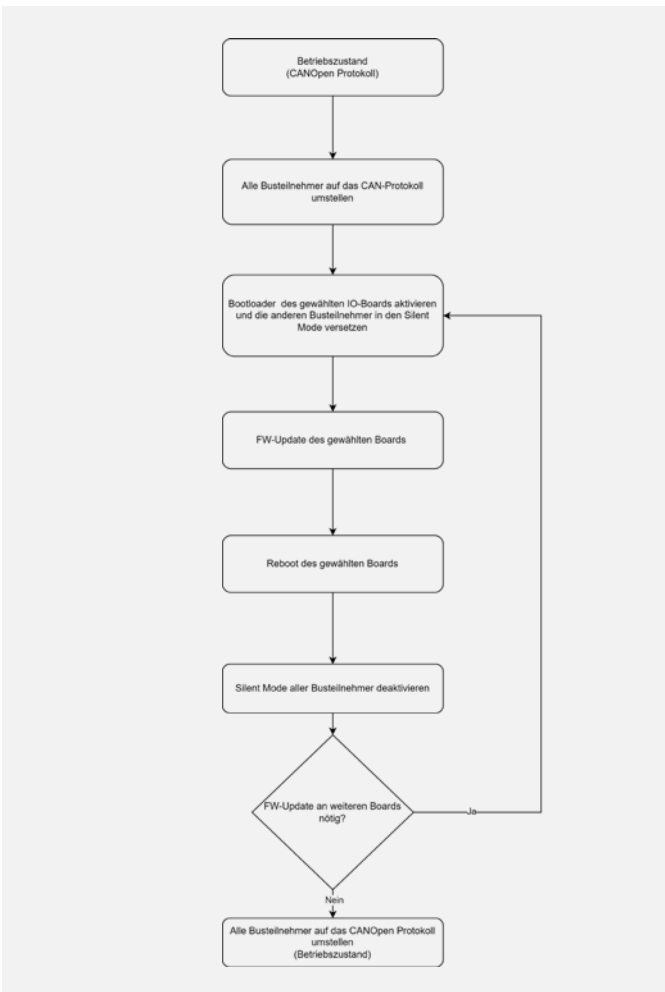


Abb. 2: Bild des definierten FW-Update Prozesses



**Diplomand**  
Campos Tanasus

**Dozent**  
Prof. Ch. Jost

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
Technische Informatik (Embedded  
Systems)

**Projektpartner**  
VICI International AG



# Magnetische Aufhängung mit Kamera

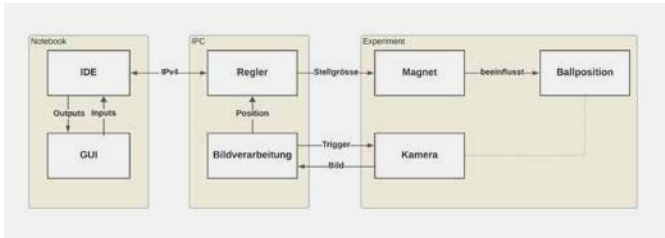


Abb. 1: Funktionsschema



Abb. 2: Angepasster Aufbau

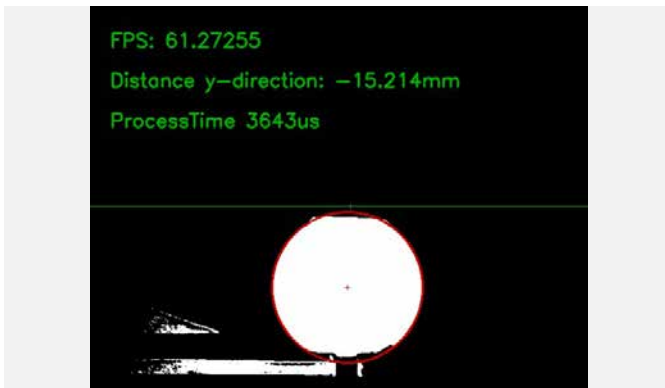


Abb. 3: Erkannte Kugel mit Positionsbestimmung

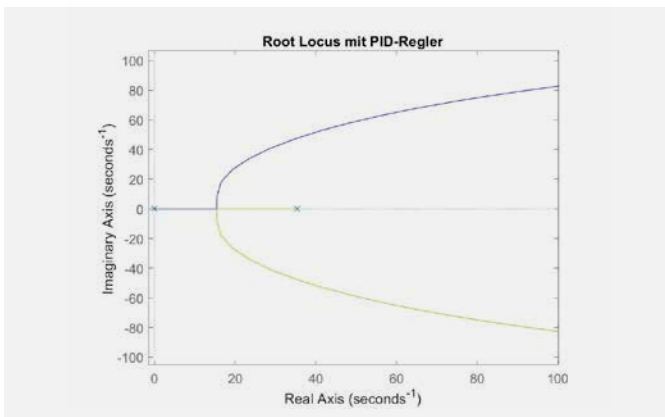


Abb. 4: Wurzelortkurve mit PID-Regler

## Problemstellung

Das Experiment «Magnetische Aufhängung» mit seiner scheinbaren Schwerelosigkeit der Kugel ist bei Studierenden sehr beliebt. Doch hinter der Illusion verbirgt sich reine Regelungstechnik, die mithilfe eines Elektromagneten die Kugel anzieht und die Erdanziehungskraft kompensiert. Eine Herausforderung besteht darin, die Position der Kugel präzise und in Echtzeit zu messen. Hierbei wird aktuell ein Laser-Sensor verwendet, welcher jedoch nun durch eine 2D Kamera ersetzt werden soll. Dazu soll die Bildverarbeitungssoftware von Beckhoff, TwinCAT Vision, benutzt werden.

## Lösungskonzept

Beginnend mit der Ausstattung für die Bildverarbeitung (Auswahl und Beschaffung von Kamera, Objektiven, Beleuchtung) folgte die Erweiterung des mechanischen Aufbaus für die optimale Integration. Die Bildverarbeitung umfasst die Entwicklung von TwinCAT Vision-Algorithmen zur präzisen Kugelerkennung. Abschliessend soll der Regler an das neue Messsystem angepasst und das Gesamtsystem getestet werden.

## Realisierung

Die Ausstattung für die Bildverarbeitung wurde sorgfältig ausgewählt. Der mechanische Aufbau wurde erweitert, um die Kamera optimal in den bestehenden Versuchsaufbau zu integrieren. Algorithmen zur Kugelerkennung wurden in TwinCAT Vision implementiert, wobei der FindContours-WithCircularity-Algorithmus mit 3.68ms Prozesszeit als vielversprechendste Option ausgewählt wurde. Ein Regler wurde in TwinCAT implementiert, wobei eine Herausforderung die Anpassung an das neue Messsystem war. Ein GUI ermöglicht die Visualisierung und Anpassung der Regelwerte.

## Ergebnisse

Die Kugel kann zuverlässig erkannt werden, und die Position wird erfolgreich an den Regler übergeben. Jedoch konnte die Kugel noch nicht stabil schweben, da das System aufgrund der Totzeit von über 20ms zu langsam ist. Mit MATLAB konnte die maximale erlaubte Totzeit von 2ms festgelegt werden. Die Erfahrungen mit TwinCAT Vision und der erfolgreiche Einsatz von Bildverarbeitungsalgorithmen sind wichtige Erkenntnisse.

## Ausblick

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



**Diplomand**  
Christen Tim

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Prud'homme

**Themengebiet**  
Bildverarbeitung, Regelungstechnik,  
Automatisierung

**Projektpartner**  
Intern

# Bootzeit Optimierung für Embedded Linux

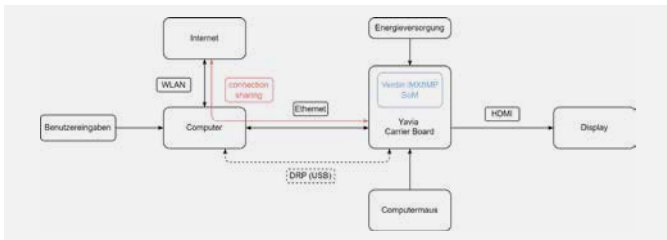


Abb. 1: Verwendeter Systemaufbau mit allen ein- und ausgehenden Verbindungen

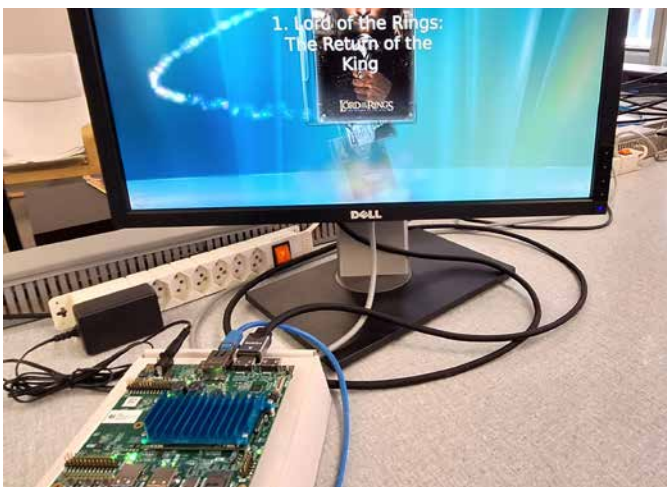


Abb. 2: Messaufbau für die Videoaufnahmen. Mit vorinstallierter Applikation «Qt5 Cinematic Experience»



Abb. 3: Der verwendete Embedded Computer von Toradex

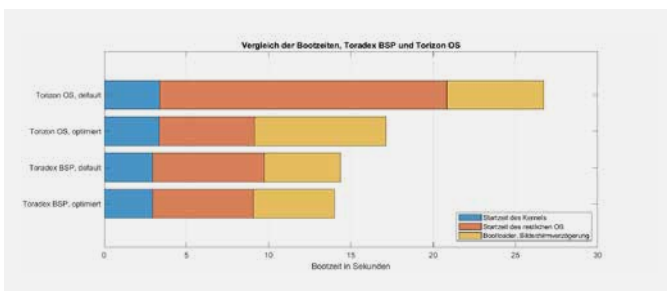


Abb. 4: Messresultate beider Betriebssysteme, jeweils vor der Optimierung und nachher

## Problemstellung

Viele Geräte werden von eingebetteten Computern gesteuert. Bei vielen ist die Bootzeit des Systems entscheidend. Deshalb möchte die Firma Toradex AG die Bootzeit der eigenen Software verkürzen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Bootzeit zweier Betriebssysteme, dem Toradex BSP und dem Torizon OS, auf einem eigenen System on Module Embedded Computer, maximal zu verkürzen.

## Lösungskonzept

Die allermeisten Prozesse und Dienste eines Linux Betriebssystems werden von Services gesteuert. Diese werden wiederum vom Manager Prozess «Systemd» gesteuert. Wird das Betriebssystem gebootet, werden auch viele Services gestartet. Werden Services gestartet, die gar nicht gebraucht werden, dann ist dies reine Zeitverschwendung. Diese ungebrauchten Services, sollen aus dem zeitkritischen Teil des Bootvorgangs entfernt werden. Das Lösungskonzept ist letztendlich eine Optimierung der Startabfolge aller Services.

## Realisierung

Ein Service kann maskiert werden. Solch ein Service verhält sich wie ein gelöschter Service, ist aber nicht gelöscht. Wird ein Service auf dem System nur in seltenen Fällen gebraucht, kann er deaktiviert werden. So wird er beim Systemstart nicht gestartet, kann aber trotzdem noch manuell oder per Software gestartet werden. Die dritte Optimierungsmöglichkeit ist, die Startreihenfolge der Services abzuändern. In diesem Fall wird das Betriebssystem gestartet und die verschobenen, nicht kritischen Services werden erst gestartet, nachdem bspw. das Bild auf dem Bildschirm erschienen ist. Die durchgeführten Optimierungen sind ein Mix aus diesen Methoden.

## Ergebnisse

Schlussendlich konnten beide Betriebssysteme in ihrer Bootzeit verkürzt werden. Das Toradex BSP ist ein minimalistisches Betriebssystem. Darum ist die Bootzeit der Defaultinstallation mit durchschnittlich gemessenen 14.4 s vergleichsweise kurz. Durchschnittlich hat das optimierte Betriebssystem 0.36 s bzw. 2.5 % schneller gestartet. Dass dies vom Endbenutzer jedoch wahrgenommen werden kann, muss angezweifelt werden.

Das Torizon OS ist ein deutlich grösseres Betriebssystem, mit mehr Features, unter anderem auch Docker zur Containervirtualisierung. Mit einer gemessenen Bootzeit von durchschnittlich 26.7 s dauert der Bootvorgang des Torizon OS vor der Optimierung deutlich länger. Im optimierten Zustand wurde die durchschnittliche Bootzeit auf 17.1 s reduziert, was einer Verkürzung von 9.6 s bzw. 36 % entspricht. Dies ist definitiv eine spürbare Verkürzung der Bootzeit.



**Diplomand**  
 Dietschi Jan

**Dozent**  
 Dr. O. Kasten

**Themengebiet**  
 Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
 Toradex AG





# Modulationselektronik für Lasersensor



Abb. 1: Entwickeltes PCB

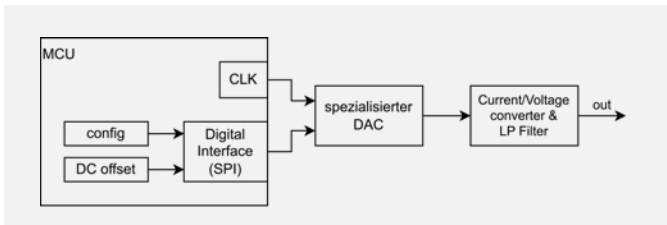


Abb. 2: Schaltungskonzept

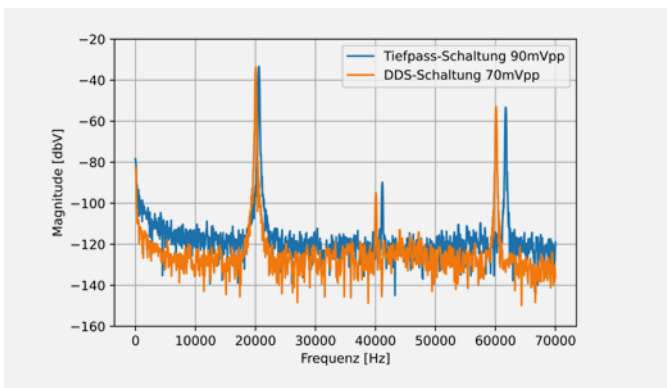


Abb. 3: Frequenzspektrum der bisherigen Tiefpass-Schaltung und der neu entwickelten DDS-Schaltung

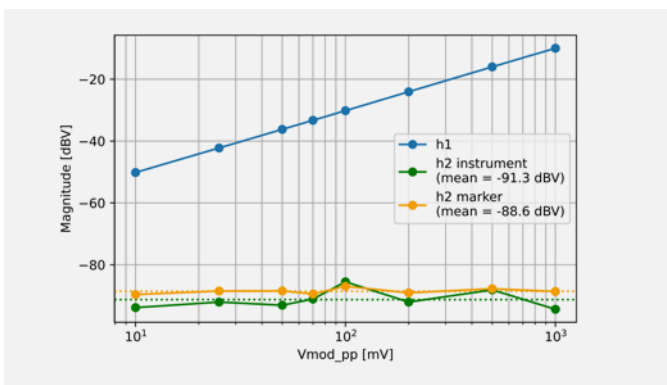


Abb. 4: Signalanteile der ersten und zweiten Harmonischen bei verschiedenen Modulationsamplituden

## Problemstellung

Für den Industriepartner Axetris AG soll die Signalgeneration für den Laser ihrer Laser Gas Detektoren überarbeitet werden. Dabei soll eine höhere Modulationsfrequenz möglich sein, die Performance (primär Differenz zwischen erster und zweiter Oberwelle) erhöht werden, die Schaltung flexibler werden und wenn möglich die Schaltung vereinfacht oder die Kosten gesenkt werden. Das Ansteuerungssignal besteht aus einem schnellen Modulationssignal (Dreieck) und einem deutlich langsameren, einstellbaren Offset.

## Lösungskonzept

Nach einer Evaluation von verschiedenen Konzepten wurde entschieden eine komplett digitale Signalgeneration umzusetzen. Ein spezialisierter Digital-Analog-Converter (DAC) generiert anhand eines Clocksignals die zuvor in seinen Speicher geladene Signalfom. Über ein Register im DAC stellt ein Microcontroller den Offset des Signals während dem Betrieb nach.

## Realisierung

Anhand des Lösungskonzepts wurde rund um den spezialisierten DAC eine Schaltung entwickelt und die Schaltung auf einem PCB realisiert. Zudem wurde die benötigte Firmware geschrieben. Der Fokus bei der Entwicklung lag auf der Validierung der Performance des Konzepts in der Realität, es wurde also ein Entwicklungsmodul realisiert, nicht eine industrialisierte Lösung.

## Ergebnisse

In diversen Tests wurde demonstriert, dass die entwickelte Schaltung die benötigten Signale erzeugen kann und die Performance der neuen Schaltung vergleichbar oder leicht besser ist als die bisherige Schaltung, mit dem Vorteil von deutlich gesteigerter Flexibilität. Zudem konnte die Performancelimitierung identifiziert werden: Der Abstand zwischen erster und zweiter Harmonischen nimmt mit zunehmender Amplitude zu, da die zweite Harmonische konstant bleibt, während die erste Harmonische steigt, siehe Abb. 4.

Der DAC ist limitiert basierend auf seinem vollen Ausgangsbereich. Da der Modulationsanteil des Signals in der angedachten Anwendung maximal 5% des vollen Aussteuerbereichs verwendet wird die Performance so limitiert. Um diese inhärente Limitierung zu umgehen könnte das Modulations- und Offsetsignal separat erzeugt werden und anschliessend analog addiert werden. Bei geeigneter Auswahl eines Addierers sollte damit eine Performancesteigerung um mehr als Faktor 10 erreicht werden können.



**Diplomand**  
 Donzé Elias

**Dozent**  
 Dr. G. Wichmann

**Themengebiet**  
 Hardware bauen Mixed-Signal, Signalgenerator, Signalverarbeitung, Embedded

**Projektpartner**  
 Axetris AG



# Elektropläne Parser

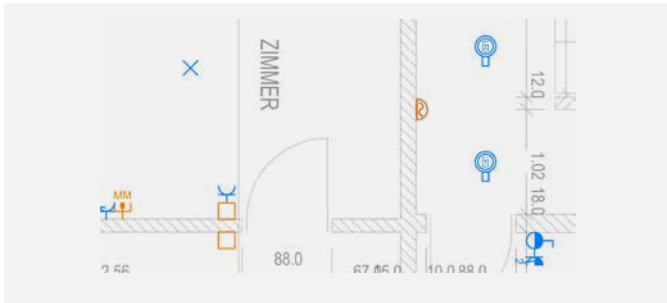


Abb. 1: Ausschnitt aus Elektroplan vor der Auswertung durch das Tool

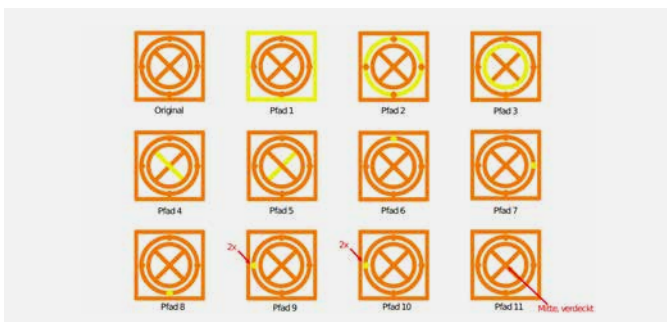


Abb. 2: Das Symbol des Smart Home Speakers besteht aus elf grafischen Pfaden. Die einzelnen Pfade sind gelb markiert

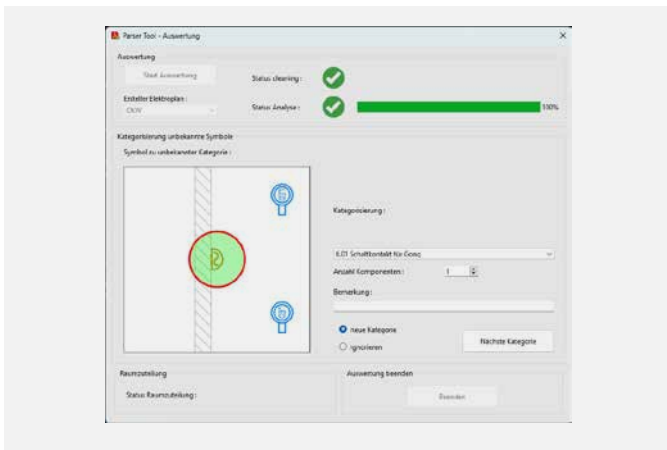


Abb. 3: GUI zur Auswertung der Elektropläne und zur Kategorisierung der unbekanntem Symbole

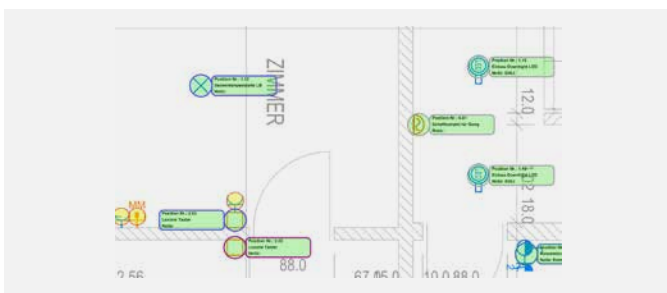


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Ausgabe PDF. Grün markiert die Symbole inkl. Symbolinformationen, orange markiert die irrelevanten Symbole

## Problemstellung

Die CKW Gebäudetechnik bietet Smart-Home-Systeme für Wohnbauten und Eigenheime an. Für die Angebotskalkulation erhält Sie Elektropläne als PDF (Abb. 1). Die Informationsgewinnung ist aktuell ein manueller, zeitintensiver Prozess.

Dieser soll durch ein Tool unterstützt und automatisiert werden. Dafür muss die Datenstruktur der im Elektroplan enthaltenen Elektrosymbole analysiert und ausgewertet werden.

Abb. 2 zeigt den Aufbau eines Beispielsymbol. Es wird durch elf grafische Pfade gebildet, welche im PDF als einzelne Elemente hinterlegt sind. Diese enthalten Attribute wie Linienbreite, Farbe, Position, Layer und ein Rechteck (Bounding Box), welches den einzelnen Pfad komplett umschließt.

## Lösungskonzept

Die grafischen Pfade werden durch einen Algorithmus zu Symbolen gruppiert, dazu werden die Layer-Eigenschaften und die Bounding Box genutzt. Anhand der Anzahl Pfade, der Symbolfläche und der Layer-Zugehörigkeit werden die Symbole kategorisiert. Dazu wird eine Datenbank mit bekannten Symbolen angelegt. Kann dem Symbol keine Kategorie zugewiesen werden, wird der Benutzer aufgefordert das Symbol zu kategorisieren. Worauf ein neuer Eintrag in der Datenbank erstellt wird. So wächst die Datenbank stetig. Das Tool hat eine grafische Oberfläche zur benutzerfreundlichen und effizienten Interaktion.


Es generiert als Ausgabe ein PDF, auf welchem die erkannten Symbole gekennzeichnet sind. Dies ermöglicht eine schnelle Prüfung der Resultate. Weiter wird eine Excel-Datei generiert, in welcher die Symbole raumweise aufgelistet sind.

## Realisierung

Das Tool wurde als GUI umgesetzt. Abb. 3 zeigt das Ansichtsfenster des Analysevorgangs nach einer erfolgreichen Auswertung. Symbole, welche durch den Benutzer neu erfasst werden müssen, werden zur Kategorisierung im Ansichtsfenster dargestellt. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus dem generierten PDF. Orange markiert sind die irrelevanten Symbole der Kategorie Ignorieren, grün markiert die relevanten Symbole inklusive Symbolinformationen.

## Ergebnisse

Eine Validierung mit verschiedenen Elektroplänen ergab, dass die Layer-Information nicht immer wie benötigt vorhanden ist. Diese könnte jedoch anhand der Farbe der Pfade selbst erstellt werden. Bei Plänen mit der benötigten Datenstruktur wurden mindestens 94% Symbole erkannt (Total erkannt: 694 aus 718) und 97% davon richtig kategorisiert.




**Diplomand**  
Emmenegger Adrian

**Dozent**  
Prof. Dr. A. Paice

**Themengebiet**  
Datenanalyse, Prozessautomatisierung

**Projektpartner**  
CKW Gebäudetechnik AG



# Dielektrische Eigenschaften von Materialien im mm-Wellenbereich

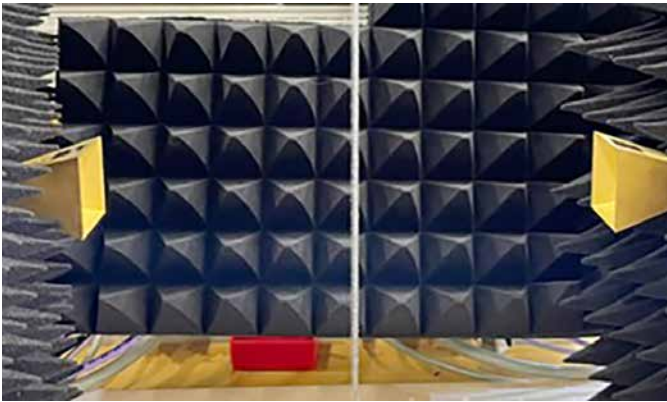


Abb. 1: Messaufbau

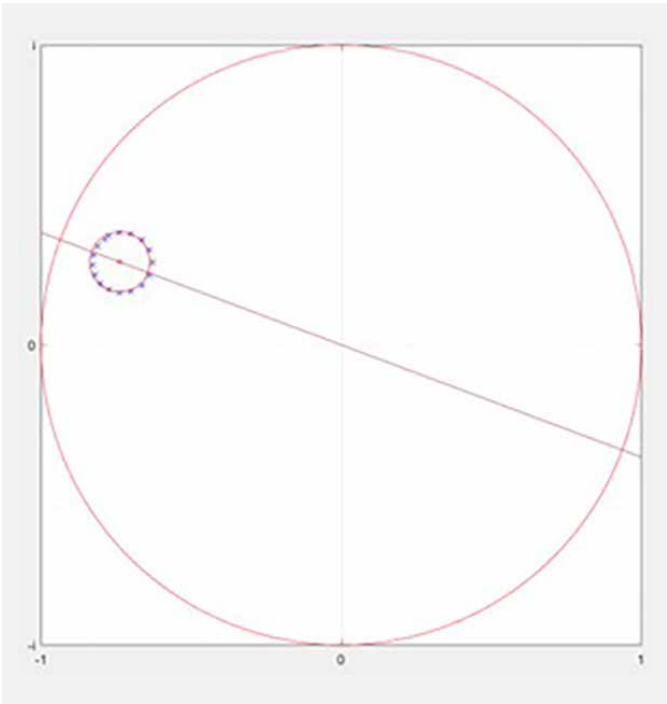


Abb. 2: Kreisfitting des Streuparameters  $s_{11}$

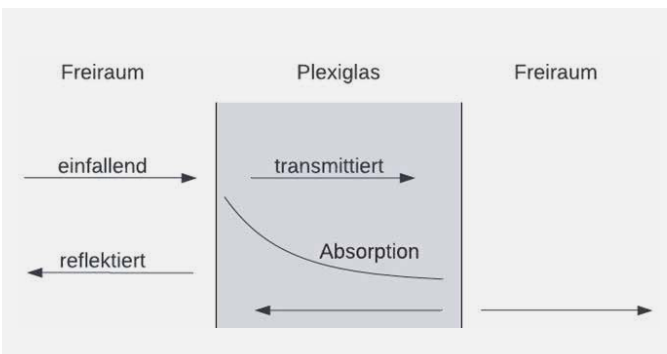


Abb. 3: Verhalten einer Welle beim Wechsel des Mediums

## Problemstellung

Innovative Radarsysteme spielen eine entscheidende Rolle bei der Verbesserung der Sicherheit und der Förderung des autonomen Fortbewegens. Eine versteckte Montage ist erwünscht, aber die vor dem Radar liegenden Strukturen führen zwangsläufig zu einem Leistungsverlust und einer Verzerrung des Systems. Daher ist eine präzise Charakterisierung der dielektrischen Eigenschaften von Materialien unerlässlich.

## Lösungskonzept

Mit dem zur Verfügung stehenden Vector Network Analyzer (VNA) der HSLU soll ein zuverlässiges Messverfahren zur Bestimmung der relativen Permittivität im Freiraum entwickelt werden. Der VNA misst Streuparameter über einen einstellbaren Frequenzbereich, welche die Signalanteile von zu- und ablaufenden Wellen entkoppelt darstellt.

## Realisierung

Im Laufe der Arbeit werden unterschiedliche Kalibrationsmethoden erprobt, welche dann mit entsprechenden Auswertungsmethoden kombiniert werden können. So steht ein Kalibrierset zur Verfügung, welches allerdings für Messungen an den Buchsen design ist. Es wird also versucht, die Kalibrierebene weg von den Messbuchsen auf die Antennen zu verschieben, um den Einfluss der Messvorrichtung zu eliminieren.

Es werden zudem verschiedene Auswertungsmethoden angewandt, um eine gute Charakterisierung der Materialien zu erreichen.

## Ergebnisse

Mit einer Trans-Reflect-Line-Kalibration (TRL) gelingt es, die Kalibrierebene auf die Antennen zu verschieben. Zudem wird mit der Anwendung eines Kreisfittings über mehrere Messungen dem Einfluss der Phasenlage entgegengewirkt und Streuparameter können exakt erfasst werden. Beim Kreisfitting wird die Testvorrichtung in Submillimeterschritten vom Material unter Test (MUT) entfernt bis zum Abstand einer halben Wellenlänge, was in der komplexen Ebene einen Kreis ergibt, da sich nur die Phase, nicht aber der Betrag des Streuparameters ändert (Abb. 2). Mit dieser Methode konnten Werte für die relative Permittivität berechnet werden, welche im Realteil dem Gewünschten entsprechen. Der Imaginärteil fällt allerdings noch zu hoch aus, weshalb weitere Untersuchungen nötig sind. Diese Untersuchungen befassen sich mit dem reflektierenden und dämpfenden Ausbreitungsverhalten der Wellen im Medium (Abb. 3).

## Ausblick

Die Untersuchungen und Überlegungen zur Interpretation des Imaginärteils haben bereits begonnen und werden in einer Nachfolgearbeit weitergeführt werden.



**Diplomand**  
Ettl Livio

**Dozent**  
Prof. M. Joss

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik

**Projektpartner**  
Fujikura technology Europe Switzerland AG



# Raumakustische Messungen und Hintergrundgeräusch- aufnahmen mit einer Roboterplattform

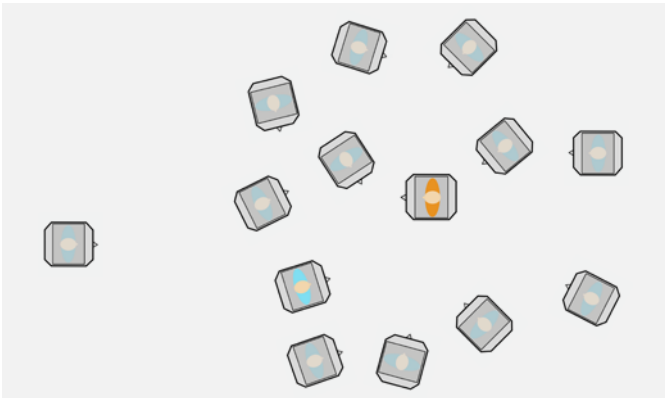


Abb. 1: Akustisches Messszenario mit blau markiertem Sender und orangem Empfänger

## Problemstellung

Die Simulation von akustischen Messungen ist aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren auf die Akustik nahezu unmöglich. Aus diesem Grund hat die HSLU in Zusammenarbeit mit Sonova eine mobile Roboterplattform entwickelt, die autonom Raumimpulsantworten in verschiedenen Umgebungen aufzeichnen kann. Die gesammelten Daten dienen schliesslich zur Optimierung verschiedener Hörgeräte-Algorithmen. Ziel dieser Arbeit ist die Messung und Analyse von Raumimpulsantworten.

## Lösungskonzept

In Zusammenarbeit mit Sonova wurde zu Beginn des Projektes ein detailliertes Lastenheft erstellt. Ziel ist es, in mindestens 10 verschiedenen Räumen der HSLU solche Akustikmessungen durchzuführen. Die Räume sollen möglichst unterschiedliche Geometrien aufweisen. Zusätzlich werden Referenzmessungen in einem schalltoten Raum durchgeführt. An 11 Positionen pro Raum werden Messungen mit einem Kunstkopf, der einen Menschen darstellt, mit 2 Arten von Hörgeräten und mit einem 32-Kanal-Eigenmikro durchgeführt. Zusätzlich werden, wenn möglich, laute Hintergrundgeräusche wie Gespräche aufgezeichnet.

## Realisierung

Anschliessend werden die Daten einer sorgfältigen Bearbeitung unterzogen. Ziel ist es, einerseits fehlerhaft generierte Impulsantworten zu korrigieren und andererseits ein möglichst hohes Signal-Rausch-Verhältnis zu erreichen, um den maximalen Nutzen für Sonova zu erzielen. Darüber hinaus werden die Impulsantworten inklusive der Mikrofonpositionen im Raum in einem für die Akustik einheitlichen Format namens SOFA gespeichert.

## Ergebnisse

Abschliessend werden die verschiedenen Räume sowie die verschiedenen Aufnahmegeräte hinsichtlich verschiedener akustischer Parameter verglichen. Abb. 3 zeigt das 95% Konfidenzintervall des Nachhalls in den Räumen der Schule. Je kürzer diese Zeit, desto geringer der Nachhall im Raum. Der entwickelte Prototyp hat sich als gute und effiziente Möglichkeit erwiesen, raumakustische Messungen durchzuführen.



Abb. 2: Akustikmessungen mit den beiden Robotern im Gang F525

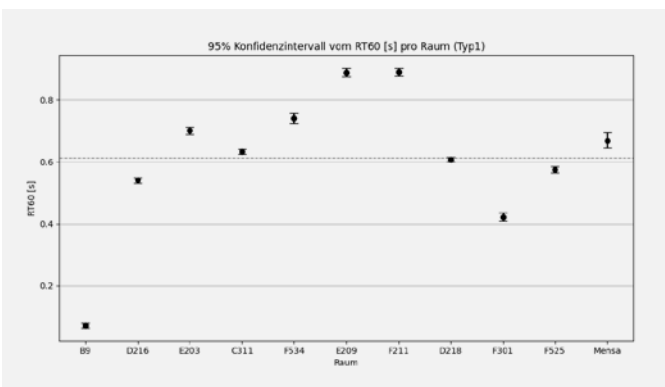



Abb. 3: 95% Konfidenzintervall der Nachhallzeit in diversen Räumen der HSLU




**Diplomand**  
Felder Janis

**Dozent**  
Prof. Dr.-Ing. A. Taghipour

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing  
Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
Sonova AG



# PLC SimDesigner

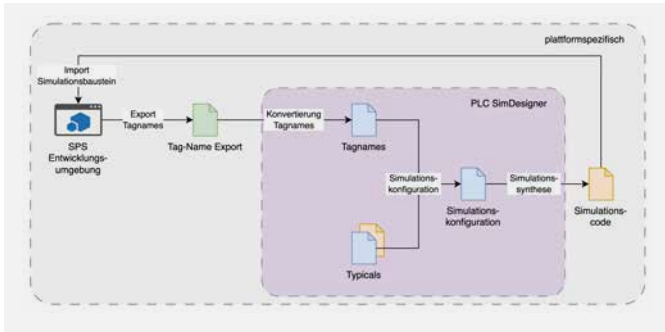


Abb. 1: Ablauf Simulationsgenerierung

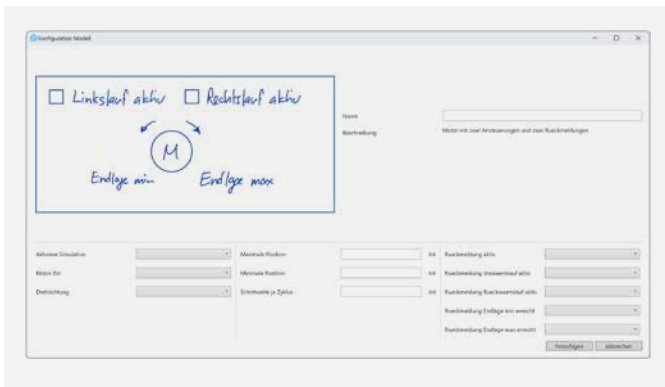


Abb. 2: Simulationskonfiguration

## Problemstellung

Bei BSR Automation AG wurde im Rahmen des internen Verbesserungsprogramms festgehalten, dass SPS-Applikationen für Prototypen und Einzelanlagen (Kerngeschäft) ohne Hardware nicht oder nur mit verhältnismässig viel Aufwand getestet werden können. Die Testsituation soll verbessert werden. Die Anlagensimulation soll aufgrund einer Konfiguration generiert werden. Eine Anlagensimulation ermöglicht ausführliche Tests der SPS-Software ohne Hardware. Diese Tests sollen eine Reduktion der Entwicklungs- und Inbetriebnahmezeit der SPS-Applikation erwirken.

## Lösungskonzept

Eine massgeschneiderte Applikation zur Generierung von Anlagensimulationen wird erstellt. Das Simulationsprinzip baut auf der bestehenden SPS-Emulations- und Simulationsumgebung auf. Die mit dem PLC SimDesigner generierten Simulationsbausteine werden in die SPS-Entwicklungs-umgebung importiert. Sie simulieren den Anlagenzustand und überschreiben zyklisch das Prozessabbild der Eingänge.

## Realisierung

Der PLC SimDesigner wird als C#-Applikation mit einem WPF GUI entwickelt und kann Simulationsprogramme für SPS-Projekte von Siemens erstellen.

## Ergebnisse

Mit dem PLC SimDesigner können Anlagensimulationen für Siemens SPSen generiert werden. Die Software ist offen gestaltet, sodass weitere Aktorbeschreibungen für die Simulationsgenerierung hinzugefügt werden können, ohne dass die Software angepasst werden muss. Die entsprechende Schnittstelle für die Erweiterung um weitere SPS-Hersteller ist vorhanden.

## Ausblick

Der PLC SimDesigner wird direkt im Anschluss an die BAT ein erstes Mal produktiv eingesetzt. Beim Steuerungsersatz der Wasseraufbereitungsanlage einer Papierfabrik gibt es ein dreistündiges Zeitfenster, in welchem die SPS-Hardware getauscht sowie die SPS-Software erweitert wird. Der Ersatz erfolgt während des laufenden Betriebs der Papiermaschinen. Sollte die Wasseraufbereitung innerhalb von drei Stunden den Betrieb nicht wieder aufnehmen, führt dies zu einer Zwangsabschaltung aller Papiermaschinen an diesem Standort. Deshalb ist es notwendig, dass die SPS-Applikation vorgängig ausführlich getestet wird. Für den Test der überarbeiteten SPS-Software wird der PLC SimDesigner eingesetzt.



**Diplomand**  
Felder Luca

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Prud'homme

**Themengebiet**  
Technische Informatik

**Projektpartner**  
BSR Automation AG



# People Tracking

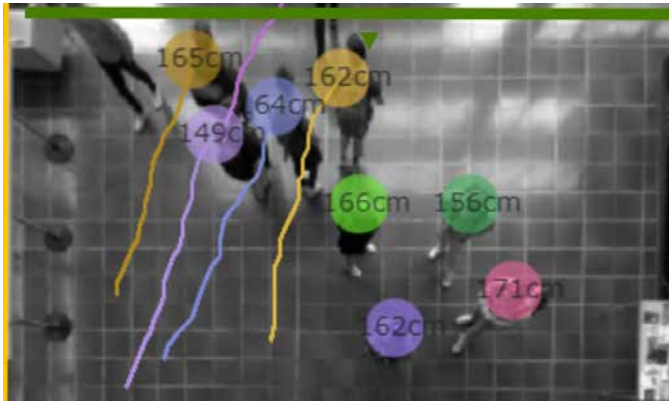


Abb. 1: Live-Ausschnitt von Sensor

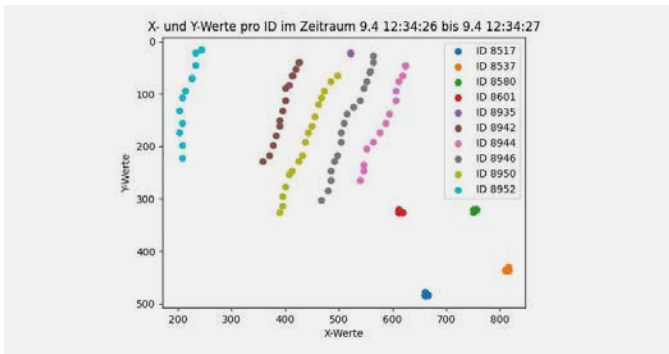


Abb. 2: Geplottete Personenpositionen

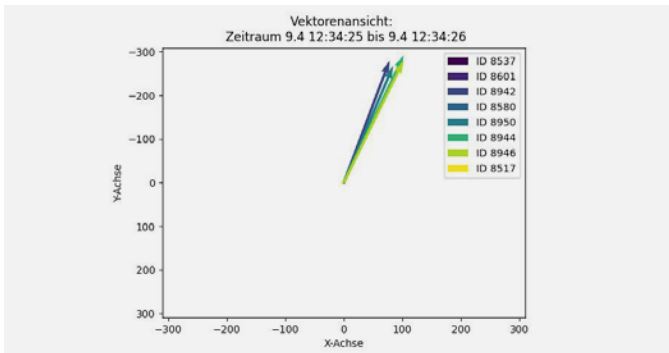


Abb. 3: Ausgabe von Vorhersagemodell mit farblich klassifizierten Gruppen

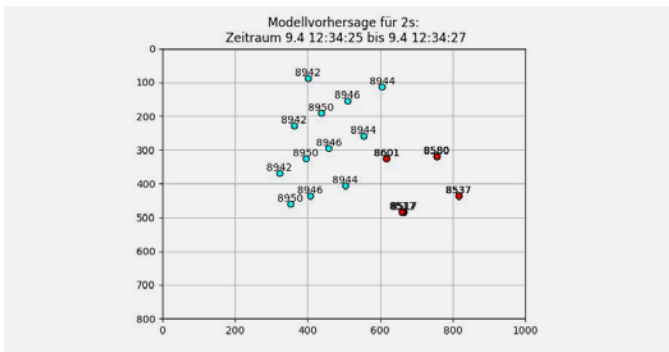


Abb. 4: Vektoren von Personenbewegungen

## Problemstellung

Die Firma Schindler Aufzüge AG ist vor allem durch die Herstellung von Aufzügen und Rolltreppen bekannt. Zudem bieten Sie auch Systeme an, welche Personenströme z.B. mit Zutrittsbarrieren steuern. Die Planung neuer Gebäude kann durch die Simulation von Personenströmen und die Identifizierung von Engpässen optimiert werden. Schindler verfügt bereits über erste Modelle, welche noch weiter validiert werden sollen. Das Ziel ist die Entwicklung eines Vorhersagemodells für Personenpositionen. Ein weiterer Punkt ist die Erkennung und Klassifizierung von Gruppen aus personenbezogenen Messdaten.

## Lösungskonzept

Für die Entwicklung des Prognosemodells werden zunächst personenbezogene Daten benötigt. Diese sollen durch einen von Schindler zur Verfügung gestellten Sensor erfasst werden. Eine Datenbank dient zur Speicherung und Weiterverarbeitung der Personendaten. Um Grundlagen zu schaffen, sollen die Beobachtungen während der Messungen dokumentiert werden, um eventuelle Unklarheiten in den Forschungsfragen festzuhalten.

## Realisierung

Anhand von Codebeispielen der Firma Schindler konnte die Verbindung zwischen Sensor und Laptop erfolgreich hergestellt werden. Die Programmierung erfolgte hier in C++. Nachdem die Verbindung stand, konnte mit den Messungen begonnen werden. Während der Messungen fielen einige Dinge auf, zum Beispiel verschiedene Eigenschaften einer Gruppe und wie diese erkannt werden können. Durch die gewonnenen Erfahrungen konnte eine Gruppenerkennung in Python programmiert werden. Mit Hilfe von Vergleichen von Bewegungsvektoren und bestimmten Parametern konnten 2er bis 4er Gruppen klassifiziert werden. Das Modell wurde zunächst einfach gehalten. Nach einer Fehleranalyse zwischen Modell und Realität wurden Parameter angepasst und ergänzt.

## Ergebnisse

Die gestellten Forschungsfragen konnten mit den erhaltenen Ergebnissen beantwortet werden. Die Personen haben zu 81,6% einen direkten Weg zum Ziel genommen. Die 2er Gruppen konnten zu 90,6%, die 3er Gruppen zu 78,1% und die 4er Gruppen zu 65% richtig klassifiziert werden. Das Modell erwies sich als robust für die Vorhersage innerhalb einer Sekunde für einzelne Personen und Gruppen. Die meisten Abweichungen des Modells von der Realität betragen 3 bis 6 cm. Die Vorhersagen für 2 Sekunden ergaben grössere Abweichungen.

## Ausblick

Die Erkennung von Gruppen und das Vorhersagemodell werden in der Firma Schindler weiterverfolgt.



**Diplomand**  
Fellmann Daniel

**Dozent**  
Prof. K. Schuster

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik, Signal Processing,  
Technische Informatik

**Projektpartner**  
Schindler Aufzüge AG



# Modellierung und Optimierung Blindleistungsfluss

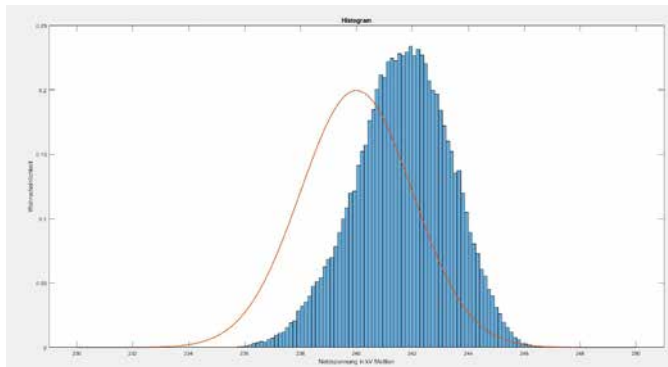


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Soll- und Ist-Spannung

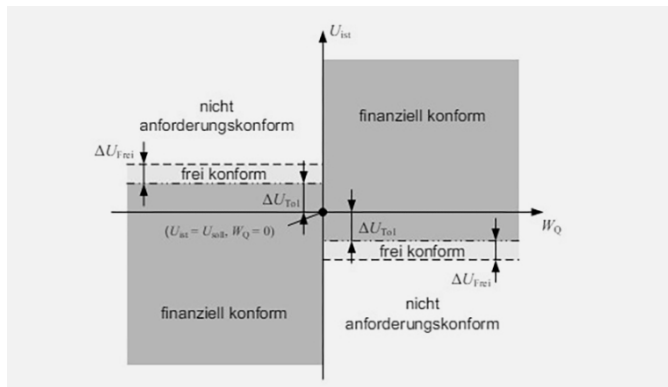


Abb. 2: Verrechnungsmodell aktiver Teilnehmer

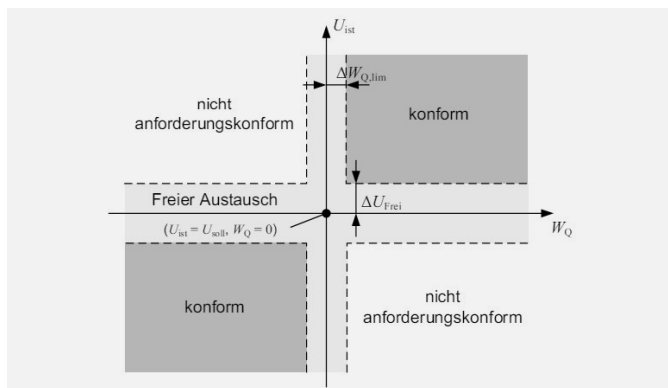


Abb. 3: Verrechnungsmodell halbaktiver Teilnehmer

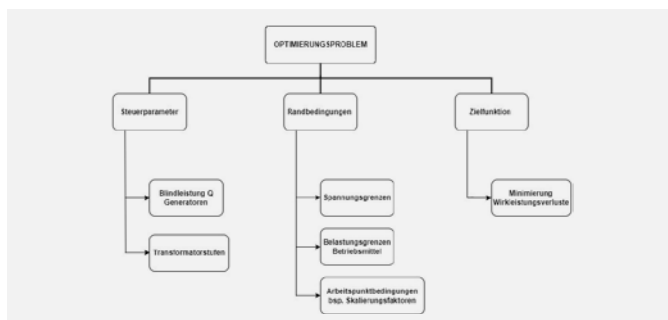


Abb. 4: Optimierungsproblem

## Problemstellung

Die steigende Vermaschung durch den Ausbau der Infrastruktur des schweizerischen Stromnetzes führt zu einem grösseren Bedarf an Blindleistung und einer steigenden Netzspannung. Diese gefährdet die Spannungsstabilität im Übertragungsnetz. Aus diesem Grund führte die Swissgrid 2020 das Spannungshaltungskonzept ein, das ein aktives und ein halbaktives Modell zur Blindleistungsverrechnung beinhaltet.

Eine Gelegenheit zur Optimierung der Spannungshaltungskosten bietet das Netzberechnungsmodell NEPLAN mit dem Modul Optimierter Lastfluss. Dieses wird in dieser Arbeit im Auftrag der CKW getestet.

## Lösungskonzept

Das Modul Optimierter Lastfluss OPF wird mittels fünf unterschiedlichen Tests anhand eines Testnetzes geprüft. Hierbei wird der Fokus auf die Optimierung der Kostenfunktion gelegt.

## Realisierung

Die Tests werden mittels der NEPLAN Software durchgeführt. Beim verwendeten Testnetz handelt es sich um eine vereinfachte Abbildung des schweizerischen Stromnetzes auf einer Spannungsebene. Dabei werden in jedem Test die Steuerparameter, die Randbedingungen und die Zielfunktion für das Optimierungsproblem definiert und die Ergebnisse bewertet.

## Ergebnisse

Die Tests zeigten, dass das OPF-Modul erfolgreich zur Minimierung von Wirkverlusten eingesetzt werden kann. Für die Kostenoptimierung werden in der Software quadratische Funktionen der gewünschten Kostenfunktion angenähert. Eine Abbildung der Kostenfunktion gemäss den Blindleistungsverrechnungsmodellen der Swissgrid ist zurzeit aufgrund der Komplexität der Funktionen nicht möglich. Das OPF-Modul ist daher für die Kostenoptimierung nur begrenzt einsetzbar.



**Diplomand**  
Gretener Regula

**Dozent**  
Dr. S. Nowak

**Themengebiet**  
Kostenoptimierung

**Projektpartner**  
CKW AG



# Wetterstation für Satellitenbodenstation

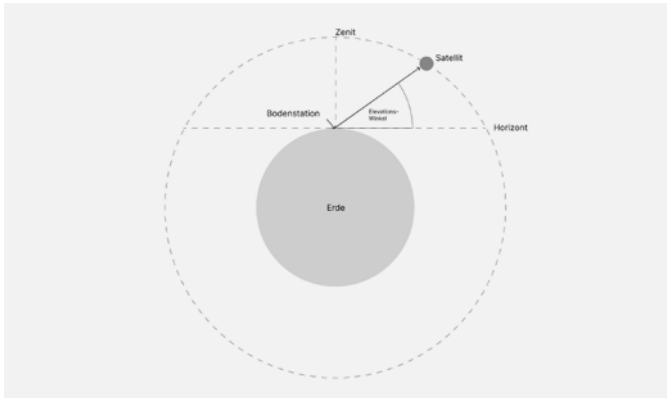


Abb. 1: Übertragungsweg bis zum Satelliten.



Abb. 2: ELV Funk-Wetterstation

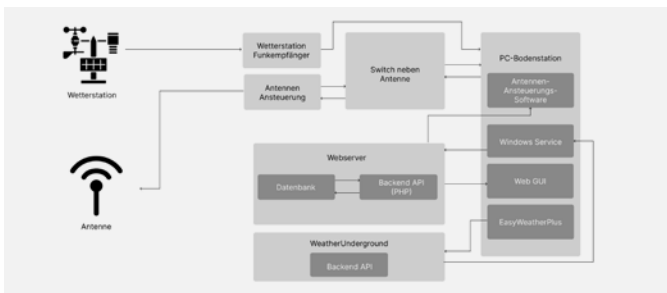


Abb. 3: Das System in der Gesamtübersicht

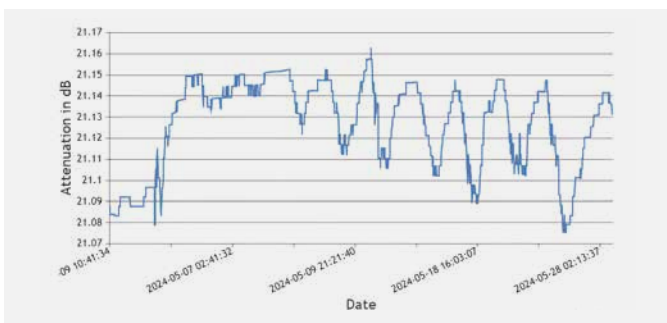


Abb. 4: Gesamtdämpfung durch Wettereinflüsse

## Problemstellung

Bekannt ist, dass die Qualität einer Funkverbindung im Mikrowellenbereich von der Bodenstation zu einem Satelliten auch von den meteorologischen Einflüssen abhängt. Faktoren wie Regen, Wind, Temperatur beeinflussen in erheblichem Mass die Übertragung und können diese bis zum Verbindungsabbruch verschlechtern. Damit die Zusammenhänge zwischen Funkverbindung und meteorologischen Einflüssen besser untersucht werden können, soll eine geeignete Wetterstation aufgebaut und in die Bodenstationsinfrastruktur eingebettet werden.

## Lösungskonzept

Die genauen beeinflussenden Faktoren werden zu Beginn mittels einer Literaturstudie erörtert. Diese basiert zu grossen Teilen auf den von der ITU (International Telecommunication Union) herausgegebenen Empfehlungen, Modellen und Standards. In einem weiteren Schritt wird darauf aufbauend eine Wetterstation konzipiert und ins bestehende System der Bodenstation auf dem Campus Horw integriert. Weitere Funktionen, die Wetterabhängig sind, jedoch nicht die Qualität der Funkverbindung beeinflussen, werden ebenfalls implementiert. Beispielsweise wird ab einer bestimmten Windstärke die Antenne in ihre Sicherheitsposition gefahren. Um die notwendigen Messgrößen zu erfassen wurde auf dem Campus Horw eine Wetterstation aufgebaut, sowie die notwendigen Software-Schnittstellen implementiert.

## Realisierung


Aus den Recherchierten Modellen lassen sich die folgenden notwendigen Messgrößen ableiten:

- Druck
- Temperatur (auch für mechanische Struktur (verziehen))
- Windstärke
- Feuchtigkeitsgehalt
- Niederschlagsmenge

Diese sind zur Berechnung der Verbindungsqualität notwendig und bilden die Grundlage für die Dämpfungs-Modelle.

## Ergebnisse

Schliesslich wurden die einzelnen Dämpfungen basierend auf den erfassten Wetterdaten berechnet. Zur Darstellung wurde ein Web-GUI programmiert, welches die einzelnen Dämpfungen (durch Wolken, Gase, Niederschlag & Szintillation) darstellt und die Möglichkeit bietet, Antennen und Satelliten Parameter zu konfigurieren. Alle diese Berechnungen resultieren in einer Gesamtdämpfung, die das eigentliche Ziel der Arbeit ausmacht.



**Diplomand**  
 Gut Dominic

**Dozent**  
 Prof. M. Joss

**Themengebiet**  
 NRT

**Projektpartner**  
 Intern



# Remote Lab – entfernter Debug-Zugriff auf Embedded Systeme

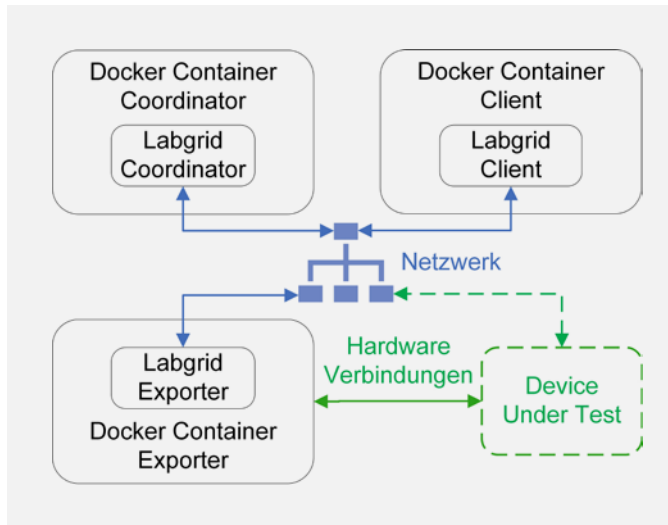


Abb. 1: Software-Architektur

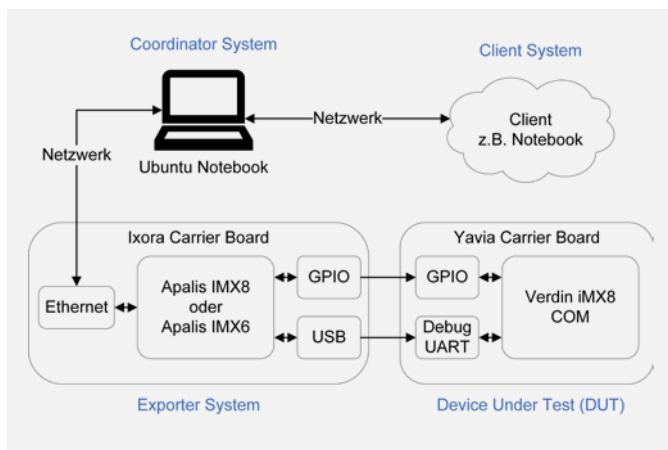


Abb. 2: Hardware-Übersicht



Abb. 3: Testaufbau links Exporter System, rechts Device Under Test

## Problemstellung

Die Firma Toradex AG entwickelt Embedded Linux Systeme über diverse Standorte, welche weltweit verteilt sind. Dadurch entstand die Problematik, dass zum Testen spezifischer Probleme jede mögliche Hardwarekombination für die Entwickler zur Verfügung stehen muss. Zusätzlich arbeiten immer mehr Entwickler im Home-Office, was den Zugang zur Hardware weiter erschwert.

## Lösungskonzept

Um diese Problemstellung zu adressieren, wird in dieser Bachelorarbeit das Software-Framework Labgrid untersucht. Mit Labgrid wird untersucht, wie ein Device Under Test von Remote gesteuert werden kann. Sei dies eine Verbindung auf die Shell über eine serielle Schnittstelle oder das Ein- bzw. Ausschalten des Device Under Test, beides wird untersucht. Labgrid unterstützt auch Automatisierungen für die Embedded-Entwicklung. Zum Beispiel sind Tests möglich, bei denen ein Device Under Test automatisch neu gestartet wird und analysiert, ob dieser Vorgang korrekt abläuft.

## Realisierung

Labgrid wurde auf einer verteilten Hardwarearchitektur mit unterschiedlichsten Systemen installiert. Dazu werden die einzelnen Labgrid Komponenten containerbasiert unter der Verwendung von Docker ausgeführt (wie in der Abb. 1 dargestellt). Mit der verteilten Architektur kann dann vom Client aus das Device Under Test gesteuert werden. Dabei ist es möglich, auf die Shell des Device Under Test über die serielle Schnittstelle zuzugreifen oder auch das Ein- bzw. Ausschalten über die GPIO-Pins ist möglich. Wie die Hardware miteinander verbunden ist, kann der Abb. 2 entnommen werden.

## Ergebnisse

Am Ende der Arbeit wurden die beschriebenen Funktionen mithilfe von Pytest automatisiert getestet. Dafür wurde das Hardwaresetup aus der Abb. 3 verwendet. Damit konnte erfolgreich die Verbindung von Client zum Device Under Test über die serielle Schnittstelle wie auch das Ein- bzw. Ausschalten getestet werden. In den Tests wurde das Device Under Test automatisch neu gestartet und analysiert, ob dieser Vorgang korrekt abläuft. Wie auch Dateien über die serielle Schnittstelle übertragen und auf Fehler überprüft.

## Ausblick

Die Arbeit hat viel Potenzial, weiterentwickelt zu werden. Möglichkeiten wären dazu eine Remote Betriebssystem Installation zu implementieren oder auch mehrere Device Under Test gleichzeitig zu verwenden.



**Diplomand**  
 Gwerder Janis

**Dozent**  
 Dr. O. Kasten

**Themengebiet**  
 Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
 Toradex AG



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



Abb. 1: Anlage zur Automatisierung der Pfannenvorbereitung

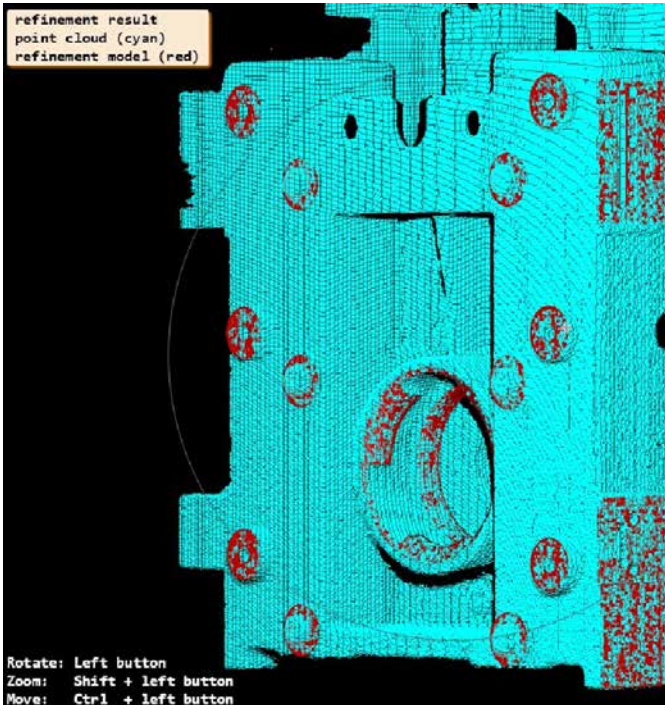


Abb. 2: Beispiel eines grafischen Matching-Resultats (geschlossener Pfannenschieber). Rot: Oberflächenmodell, Cyan: Punktwolke

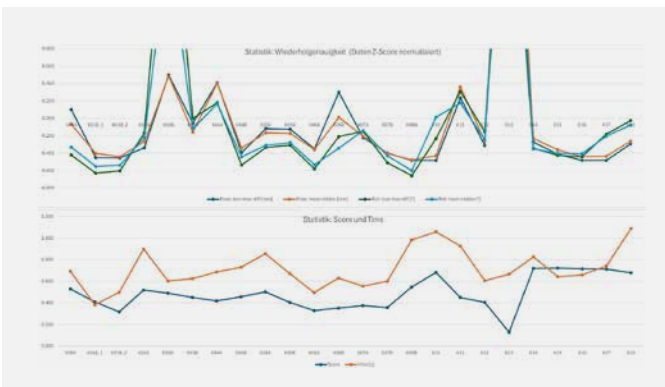


Abb. 3: Grafische Übersicht der statistischen Matching-Resultate der detaillierten Tests

## Problemstellung

Der Industriepartner RHI Magnesita Switzerland AG ist in der Metallindustrie tätig. Ziel der Arbeit ist die Automatisierung von Prozessschritten am Schmelzofen mittels eines Industrieroboters, wofür die präzise 3D-Lokalisierung von Schieberkomponenten erforderlich ist. Die Hardware der Anlage sowie ein grundlegender Halcon-Workflow sind bereits implementiert. Das System erfasst eine 3D-Punktwolke des realen Objektes und gleicht diese mit einem vereinfachten CAD-Modell ab («Matching»), um die Pose des Objekts im Raum zu bestimmen. Die Qualität sowie die Laufzeit des Matchings hängt stark vom verwendeten CAD-Modell ab. Ziel ist es, diesen Zusammenhang systematisch zu untersuchen.

## Lösungskonzept

Für einen Schritt der Automatisierung werden möglichst viele verschiedene Oberflächenmodelle generiert und getestet. Die Gütekriterien für ein qualitativ gutes Matching wurden vorgängig definiert. Anschliessend werden auf Basis des detaillierten Tests allgemeingültige Kriterien abgeleitet, welche für die Auswahl von Flächen für die Modelle angewendet werden sollen. Anschliessend werden diese anhand von anderen Prozessschritten angewendet und verifiziert.

Des Weiteren wird versucht, die Parameter des Halcon-Workflows zu optimieren, um eine bessere Matching-Qualität zu erreichen.

## Realisierung


Es wurden sechs Kriterien für die Auswahl von Flächen für die Oberflächenmodelle definiert. Bei den Parametern des Halcon-Workflows wurden zwischen allgemeinen und spezifischen Parametern unterschieden. Für erstere wurden geeignete Werte definiert, für letztere ein Leitfaden erstellt, um optimale Parameter für spezifische Prozessschritte zu erarbeiten.

## Ergebnisse

Die sechs Kriterien konnten erfolgreich anhand verschiedener Prozessschritte verifiziert werden. Mittels der Optimierung der Halcon-Parameter konnte eine deutliche Verbesserung des wesentlichen Matching-Schrittes hinsichtlich der Wiederholgenauigkeit erzielt werden. Des Weiteren wurde Optimierungspotenzial bei der Automatisierungsanlage gefunden, welches ausserhalb dem Scope der Arbeit liegt. Hierfür wurden entsprechende Verbesserungsvorschläge entwickelt.

## Ausblick

Generell konnte der Prozess zur Auswahl geeigneter Flächen für die Matching-Modelle anhand der definierten Kriterien robuster und effizienter gestaltet werden. Zudem bringen die optimierten Halcon-Parameter eine Verbesserung der Matching-Qualität.




**Diplomand**  
 Heiner Fabian

**Dozent**  
 Prof. Dr. K. Zahn

**Themengebiet**  
 Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
 RHI Magnesita AG



RHI MAGNESITA

# Reglerentwurf für eine 2-Achsen Einheit zur Bildaufnahme im CT

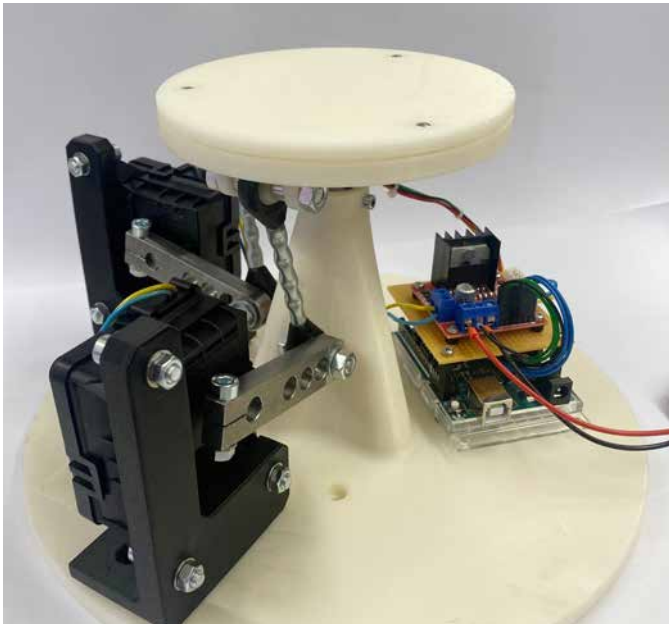


Abb. 1: Neuer Aufbau der Plattform mit angepassten Motoren/Getriebeeinheiten

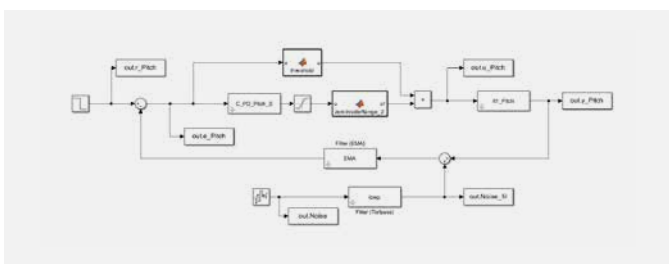


Abb. 2: Modellierung der Plattform im Simulink mit Prozess, Regler, Threshold, Saturation, Sensor-Rauschen, Filter und Verhalten der Motoren

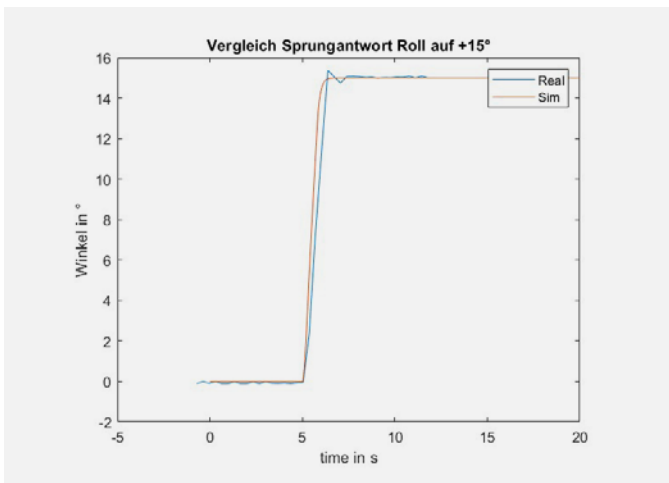


Abb. 3: Vergleich der Simulation und der aufgezeichneten Werte aus der Realität bei einem Sprung von 15° Roll

## Problemstellung

Für das CT der Hochschule Luzern (LUCI) soll eine Plattform entwickelt werden, damit die zu messenden Teile in die korrekte Lage gebracht werden können. Dies muss gemacht werden, weil Bauteile mit hoher Dichte die Messungen verfälschen und die dahinterliegenden Bauteile nicht korrekt aufgezeichnet werden können. Damit diese verdeckten Bauteile trotzdem gemessen werden können, muss das Bauteil in eine Lage gebracht werden, indem keines der zu messenden Bauteile mehr verdeckt wird. Diese Arbeit wurde bereits als Industriearbeit im HS23 gestartet und nun beendet.

## Lösungskonzept

Zuerst wird die bestehende Konstruktion angepasst. Danach werden Messungen gemacht, um den Prozess zu bestimmen. Nach der Bestimmung des Prozesses kann der Regler entwickelt werden. Dazu wird in Simulink der Aufbau der Plattform möglichst realitätsnahe modelliert. Nach der Entwicklung der Regelung im Simulink soll dieser dann auf dem Mikrokontroller implementiert und getestet werden.

## Realisierung

Bei der Anpassung der Konstruktion wurden die bestehenden Motoren/Getriebeeinheiten durch neue ersetzt. Zusätzlich mussten die Bewegungsübertragungseinheit und die Motorbefestigungen sowie das Netzteil angepasst werden. Nach der Inbetriebnahme der angepassten Plattform konnten erste Messungen zur Bestimmung des Prozesses gemacht werden. Mittels Sprungantworten konnten die Parameter des IT1-Prozesses von Hand und über die system identification toolbox von MATLAB bestimmt werden. Nach der Bestimmung des Prozesses konnte der Regler ausgelegt werden. Die Parameter des Reglers wurden mithilfe des Fiegler und Oppelt-Verfahren und durch das Sisotool von MATLAB bestimmt. Der dadurch bestimmte PD-Regler konnte danach auf dem Mikrokontroller der Plattform implementiert werden. Zusätzlich wurde die Plattform im Simulink modelliert, um möglichst realitätsnahe zu sein.

## Ergebnisse

Die Plattform kann nun über zwei Elemente bedient werden. Einerseits mittels Joysticks und andererseits über ein GUI, bei dem die Winkel direkt eingegeben werden können und dann mittels Regler die Position anfahren. Der implementierte PD-Regler konnte das System stabil regeln. Die Vergleiche von Simulation und Realität stimmen gut überein. Es gab jedoch ein Problem mit der geforderten Genauigkeit von 0.1°. Es konnte schlussendlich nur eine Genauigkeit von 0.3° erreicht werden.

**Diplomand**  
Herger Nando

**Dozent**  
Prof. Dr. Ch. Eck

**Themengebiet**  
Regelungstechnik

**Projektpartner**  
Intern

# AMZ Formula Student Electric



Abb. 1: dufour beim Fahren am Rollout

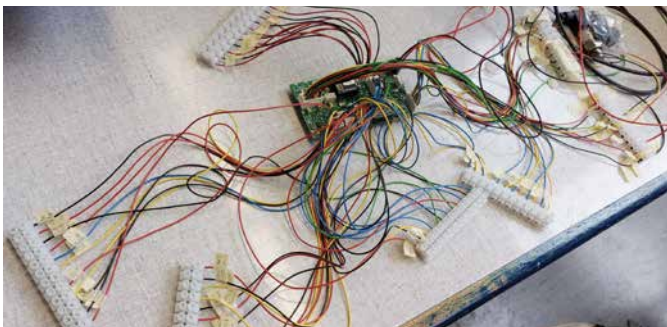


Abb. 2: Pedalbox PCB Messaufbau

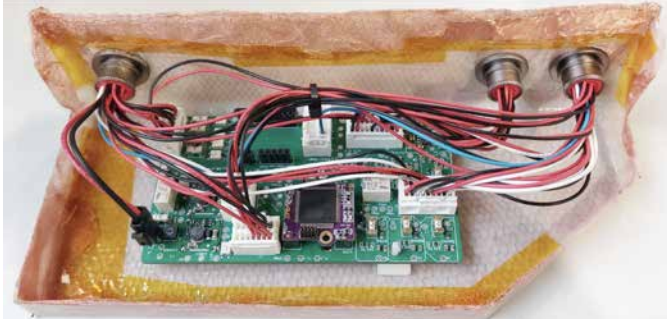


Abb. 3: Pedalbox PCB in Box montiert



Abb. 4: Eingebautes Pedalbox PCB

## Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 5 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug dufour. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete.

Diese Arbeit behandelt die Umsetzung der des Konzeptes für Sensoren und Aktoren von dufour. Ebenfalls wird das Konzept des Pedalbox PCBs und des SDE PCBs umgesetzt, bestückt und getestet. Zusätzlich sind die beiden Formulare Electrical und Autonomous System Form teil dieser Arbeit. Diese dienen als erste Überprüfung, ob das Auto den Regeln entspricht und wird von Fachpersonen der Formula Student Germany überprüft.

## Lösungskonzept

Um eine Anbindung der Sensoren, Aktoren und verschiedenen Buttons im Auto zu gewährleisten, werden zwei PCBs entwickelt. Die PCBs können mit dem Gehirn von dufour über CAN kommunizieren. Für die Kommunikation wird ein sogenanntes MCM programmiert und kann auf dem selbstentwickelten PCB aufgesteckt werden.

## Realisierung

Zuerst werden die Ein- und Ausgänge der PCBs im Zusammenspiel mit der VCU getestet. Anschliessend wurde mitgeholfen, die Elektronik in dufour einzubauen. Um die PCBs zu montieren, werden diese in Boxen eingebaut und verkabelt.

## Ergebnisse

Der grösste Teil hat funktioniert wie im Konzept entworfen. Dieses Jahr konnte das Auto, dank einem tollen Team, so früh wie noch nie fahrtüchtig gemacht werden. Dies ermöglicht ausgiebiges Testen in einer langen Testphase. Dadurch können laufend Fehler aufgedeckt, lokalisiert und behoben werden.

## Ausblick

Die Testphase ist in vollem Gange, da das Highlight dieser BAT erst noch stattfindet. Im Sommer wird dufour an Formula Student Events in der Schweiz, Österreich, Ungarn und Deutschland teilnehmen. Diese Events dauern jeweils nicht ganz eine Woche und werden hoffentlich von Erfolg gekrönt.



### Diplomand

Jäggi Alison

### Dozent

Prof. Dr. A. Omlin; Prof. E. Styger;  
Prof. R. Mettler

### Themengebiet

Signalverarbeitung & Kommunikation,  
Embedded Systems & Automation,  
Energiesysteme & Antriebstechnik

### Projektpartner

AMZ



# Entwicklung eines Positionierungssystems



Abb. 1: Tragbares Ganganalyse-System NUSHU

## Problemstellung

NUSHU ist ein tragbares Ganganalyse-System der Firma Magnes. Mit diesem Schuh sind Ganganalysen jederzeit und überall möglich. Anomalien im Gang können auf einige neurodegenerative Krankheiten hinweisen. Derzeit nutzt NUSHU ein inertiales Messsystem (IMU) um die Bewegungsbahn zu rekonstruieren. Das Verfahren ist aber ungenau und es ist kein Bezug zwischen den beiden Schuh-Teilen vorhanden.

Die Verwendung von Radarsensoren zur Ganganalyse ist noch weitgehend unerforscht. In den letzten paar Jahren hat sich allerdings die Millimeter-Wave Technologie stark entwickelt. Das Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, Einsatzmöglichkeiten eines solchen Radarsensors im Kontext von NUSHU aufzuzeigen.

## Lösungskonzept

Um konkrete Einsatzmöglichkeiten beurteilen zu können, sollen anwendungsspezifische Tests gemacht werden. Dafür wird ein Sensor-Modul ausgewählt und durch Evaluations-Boards getestet.

## Realisierung

Im ersten Teil wurde analysiert, ob die Datenverarbeitung für diesen FMCW-Radar auf einem Mikrocontroller möglich ist. Die Entwicklung eines solchen Algorithmus war keineswegs trivial und stellt eine Herausforderung dar.

Im zweiten Teil der Analyse lag der Fokus auf dem Testen. Zuerst wurde diese Sensor-Komponente genauer charakterisiert. Im Anschluss folgten Tests im Kontext von NUSHU. Zum Schluss wurden konkrete Einsatzmöglichkeiten durch Prototypen-Aufbauten geprüft, wofür das Evaluations-Board an einem Schuh fixiert wurde (siehe Abb. 2).

## Ergebnisse

Die Verarbeitung der Messwerte konnte erfolgreich auf einem Mikrocontroller implementiert werden. Damit ist die Grundvoraussetzung für eine Integration in einem Schuh gegeben.

Die anwendungs-spezifischen Tests zeigen, dass Messungen in Bodennähe und durch eine Schuhsohle hindurch möglich sind. Objekte mit unterschiedlichen Eigenschaften werden erkannt und deren Distanzen und Geschwindigkeiten können durch das Range-Doppler Spektrum ermittelt werden (siehe Abb. 3). Um eine präzisere Positions-Schätzung zu ermöglichen, ist die Messauflösung aber zu gering. Inter-Fuss Parameter können allerdings erfasst werden, wenn ein Sensor seitlich positioniert wird. Zusätzlich ist durch eine Ausrichtung nach vorne eine Hindernis-Erkennung möglich. Beide Anwendungen würden dem bestehenden System einen deutlichen Mehrwert bieten.



Abb. 2: Prototypen Aufbau für Machbarkeits-Analyse

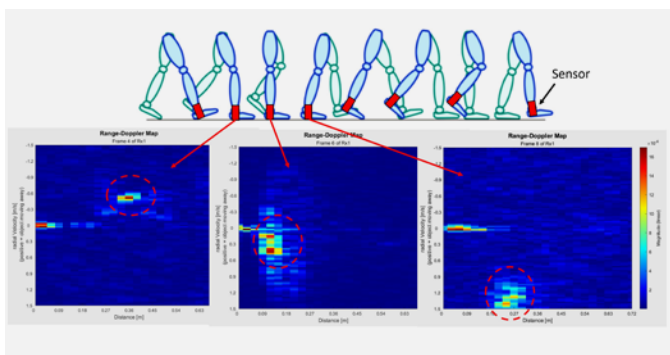


Abb. 3: In den Range-Doppler Spektren der Messwerte lassen sich die Gangphasen erkennen



**Diplomand**  
Kaufmann Martin

**Dozent**  
Prof. Dr. P. Eberle

**Themengebiet**  
Radar, Digitale Signalverarbeitung,  
Embedded System (SW), Ganganalyse

**Projektpartner**  
Magnes AG

# Milchschaum Temperaturregelung

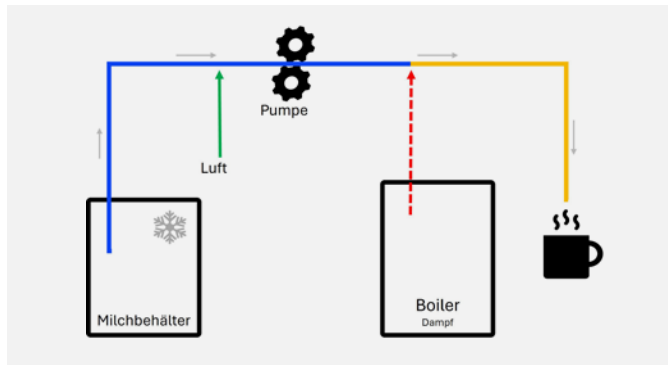


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Milchschaumsystems

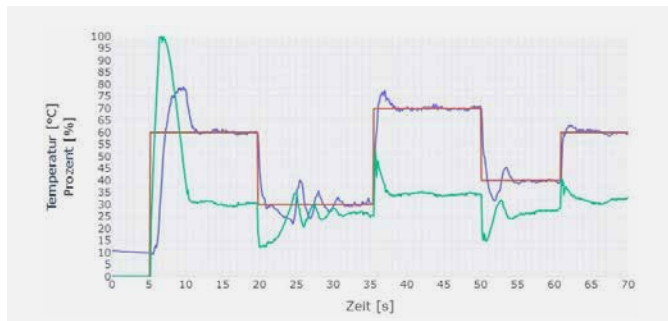


Abb. 2: Beispiel einer Messung mit der Solltemperatur (rot), Regeltemperatur (blau) und Dampf-Ventilstellung (grün)



Abb. 3: Warmer Milchschaum mit einer Temperatur von 60 °C

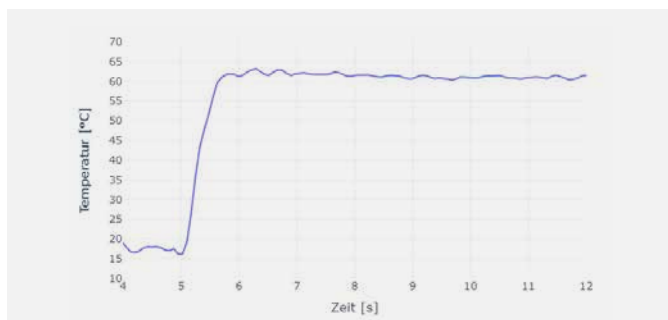


Abb. 4: Temperaturverlauf beim Bezug von warmem Milchschaum

## Problemstellung

Die Firma ThermoPlan AG in Weggis ist erfolgreicher Hersteller von vollautomatischen Kaffeemaschinen mit eigenem Milchsystem. Die Erzeugung von qualitativ gutem Milchschaum ist dabei äusserst wichtig. Das Ziel dieser Arbeit ist, die Temperaturregelung des bisherigen Milchschaumsystems zu optimieren. Bei diesem wird mit einer Pumpe Milch aus einem Behälter angesogen und über ein Ventil in der Leitung Umgebungsluft hinzugefügt. Der aus diesem Gemisch entstandene Milchschaum wird dann mittels Wasserdampf erhitzt (siehe Abb. 1).

## Lösungskonzept

Mit einem Proportionalventil soll nun der Dampfeinlass in den Milchschaum kontrolliert zugeführt und so die Temperatur des Milchschaums geregelt werden. Dabei sollen die Pumpendrehzahl und der Luftanteil variabel eingestellt werden können, um den Milchschaum optimal einzustellen.

## Realisierung

Dazu wurden verschiedene Messungen gemacht, um die Regelstrecke besser zu verstehen. Aufgrund der daraus gewonnen Erkenntnisse wurde ein Dampfventil validiert und ein Regelsystem entworfen. Durch verschiedene Ansätze, wie beispielsweise das Aufnehmen von Sprungantworten und das Verwenden der Einstellregeln von Chien, Hrones und Reswick, wurde ein PID-Regler entworfen.

## Ergebnisse

Durch diverse Erweiterungen konnte schliesslich ein Regelsystem entworfen werden, dass die Milchschaumtemperatur schnell und exakt regeln kann. Ausserdem kann der Regler auf die vorgesehenen Störeinflüsse reagieren und es konnte Milchschaum mit der gewünschten Temperatur bezogen werden (siehe Abb. 3 und Abb. 4). Weitere Messungen zur Schaumqualität konnten aus Zeitgründen nicht mehr gemacht werden. Um die Regelung noch weiter zu optimieren, sollte in Zukunft eine schnellere Soft- und Hardware in Betracht gezogen werden, um die Abtastrate zu erhöhen.



**Diplomand**  
Kaufmann Raffael

**Dozent**  
Prof. R. Mettler

**Themengebiet**  
Technische Informatik (Embedded Systems), Mechatronik/Automation/ Robotik

**Projektpartner**  
ThermoPlan AG



# Touchless Button

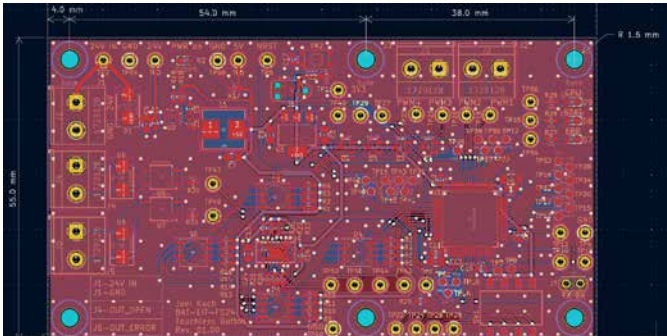


Abb. 1: PCB Design in KiCAD

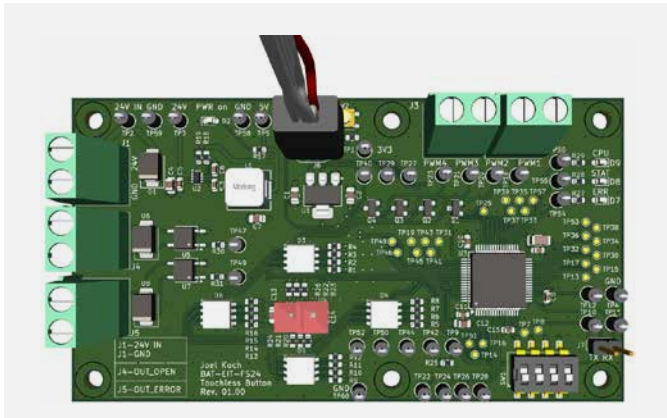


Abb. 2: PCB 3D View in KiCAD

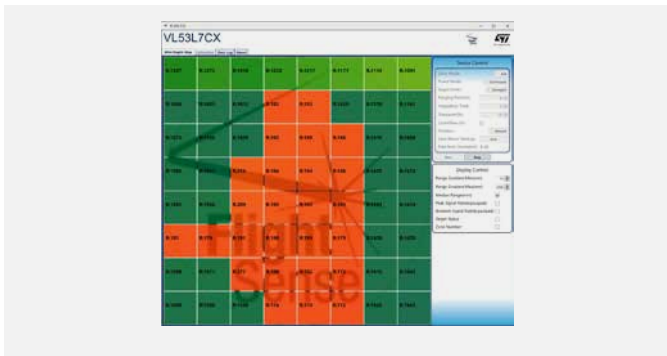


Abb. 3: GUI zur Inbetriebnahme des TOF-Sensors

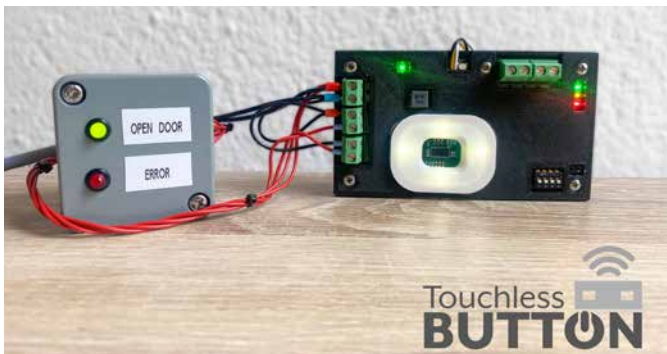


Abb. 4: Prototyp des Touchless Button

## Problemstellung

Für ein neuartiges Türsystem der Schindler Aufzüge AG soll eine Bedieneinheit entwickelt werden. Die Ansteuerung des Benutzers erfolgt berührungslos via Handgesten. Für die Gestenerkennung soll die TOF (time off light) Sensor Technologie verwendet werden. Als Schnittstelle für die Bedieneinheit dient das Türsystem, welches die Stromversorgung und Signalleitungen zur Verfügung stellt. Dazu soll ein Funktionsmuster erstellt und erprobt werden.

## Lösungskonzept

Um den geeigneten TOF-Sensor zu finden, werden diverse TOF-Sensoren auf Entwicklungsboards in Betrieb genommen. Die unterschiedlichen Parameter werden verglichen und mit Tests geprüft.

Nebst dem TOF-Sensor wird zur Steuerung der gesamten Hardware ein Controller evaluiert. Für die Versorgungsspannung braucht es DC/DC Wandler. Optische «User Feedbacks» werden via RGBW LEDs zurückgeliefert. Zur Signalisation von Befehlen der Bedieneinheit an das Türsystem müssen Schliesser und Montageanschlüsse vorhanden sein. Eine Umschaltung zwischen Gesten soll via Schalter geschehen.

Für die Programmierung des Prototyps sollen passende Algorithmen zur Gestenerkennung ausgearbeitet werden. Es muss via Schliesser ein «open door» Signal sowie ein «stop door» Signal für Sicherheitsfeatures von der Bedieneinheit an das Türsystem geliefert werden.

## Realisierung

Für die Umsetzung der Gestenerkennung wurde der VL53L7CX Sensor mit dem STM32F401RE Controller von ST verwendet. Diese Kombination konnte durch vorhandene Testprogramms mit den EVAL-Boards bereits erfolgreich in Betrieb genommen werden. Mit einem Blickwinkel von 60° x 60° des Sensors und einer 8 x 8 Zonen Auflösung können 64 Messwerte ausgelesen werden, was eine Gestenerkennung ermöglicht.

Das Schema und PCB wurde in KiCAD designet und bei einem Hersteller für PCBs bestellt. Die Bestückung der Platine wurde durch das Reflow Verfahren selbst umgesetzt. Für die Programmierung wurde die Programmierumgebung STMCubeIDE von ST verwendet.

## Ergebnisse

Es wurde eine funktionsfähige Hardware erstellt, auf welcher nun die Algorithmen getestet werden können. Einfache Implementierungen erster Erkennungen sind implementiert und die Ansteuerungen von diversen weiteren Features ist funktionsfähig.



**Diplomand**  
Koch Joel

**Dozent**  
Prof. K. Schuster

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
Technische Informatik (Embedded  
Systems)

**Projektpartner**  
Schindler Aufzüge AG



# Effizienter 24V AC-DC-Converter

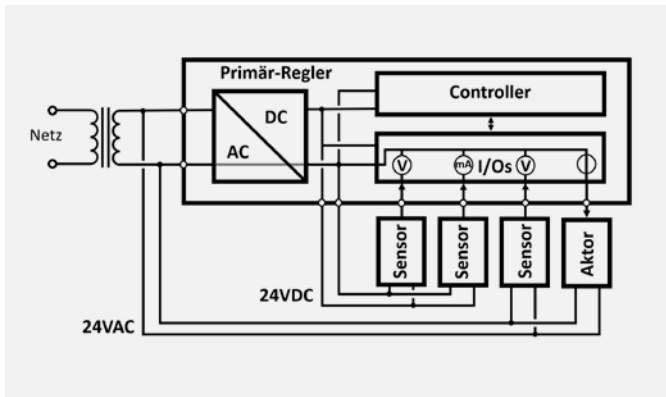


Abb. 1: Gemeinsames Bezugspotential für Gleich- und Wechselspannung

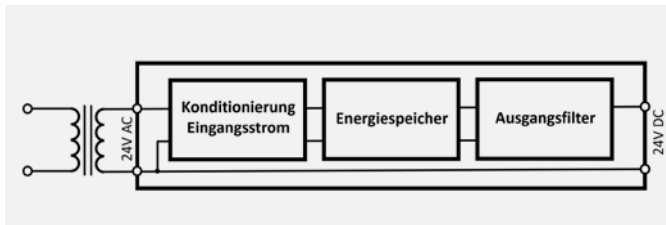


Abb. 2: Blockdiagramm Lösungskonzept

## Problemstellung

Siemens Smart Infrastructure in Zug entwickelt unter anderem Steuerungskomponenten für die Gebäudeautomation. Die Primär-Regler dieser Produktlinie können sowohl mit Wechselstrom wie auch mit Gleichstrom betrieben werden. Die hierzu verbauten AC-DC-Konverter sind aufwändig konstruiert und führen zu unerwünschten Verlustleistungen.

In der Gebäudeautomation sind die Bezugspotentiale von AC- und DC-Versorgung gewöhnlich miteinander verbunden, was den Einsatz eines herkömmlichen Gleichrichters ohne weitere Massnahmen verunmöglicht. Deshalb soll eine neue Lösungsidee auf ihre Umsetzbarkeit überprüft werden. Sie soll die Grundlage für eine energie- und kosteneffiziente Schaltung, die sich in das bestehende Gerät integrieren lässt, bilden.

## Lösungskonzept

Bei der vorgeschlagenen Schaltung handelt es sich um eine besondere Bauform eines single ended primary inductance converters (SEPIC). Durch theoretische Überlegungen sowie mit Simulationen in einer Schaltungssimulationssoftware konnte diese in mehreren Iterationsschritten in ein funktionierendes Schema überführt und die Funktion verifiziert werden.

## Realisierung

Auf dieser Grundlage wurde als Proof of Concept ein Print entwickelt und in zwei verschiedenen Varianten gefertigt. An diesen Leiterplatten wurden anschliessend Funktionstests und diverse Messungen zu Schaltungsverhalten und Energieeffizienz durchgeführt.

## Ergebnisse

Mit dem Funktionsmuster konnte die Realisierbarkeit der Schaltung belegt werden. Gleichzeitig wurden mögliche Schwierigkeiten und Schwächen erfasst und sowohl notwendige als auch optionale Möglichkeiten zur Verbesserung für die weitere Entwicklungsarbeit festgehalten.



**Diplomand**  
König Matariki

**Dozent**  
Prof. R. Mettler

**Themengebiet**  
Leistungselektronik

**Projektpartner**  
Siemens Smart Infrastructure

**SIEMENS**



# Auswahl und Charakterisierung eines Direct Digital Synthesis (DDS) Generators

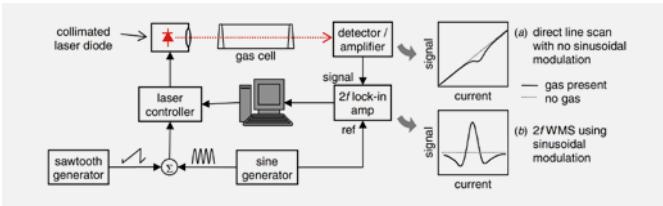


Abb. 1: Verwendete Methode (TDLDS) für Gasmessung

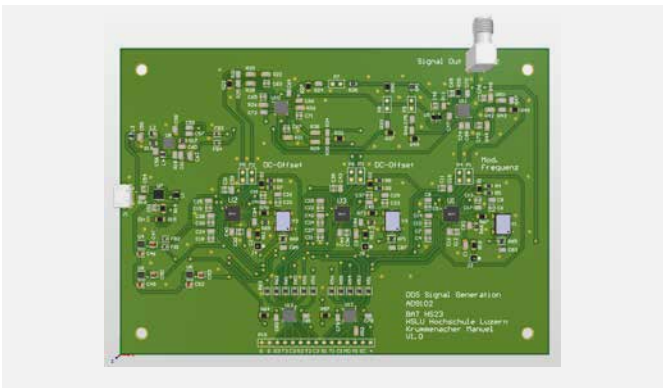


Abb. 2: 3D-Ansicht des entwickelten PCB

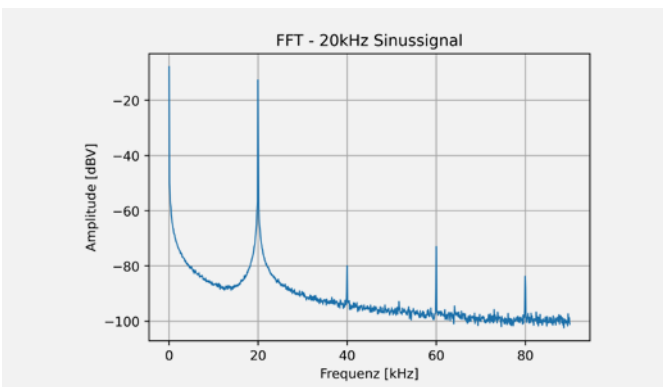


Abb. 3: FFT-Analyse des 20kHz Sinussignal vom PCB

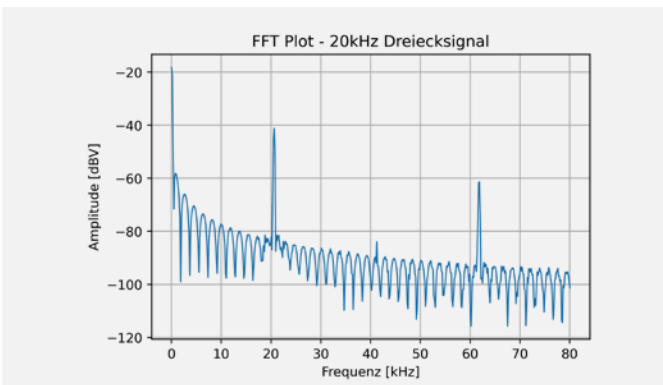


Abb. 4: FFT-Analyse des 20kHz Dreiecksignal der Anlogschaltung

## Problemstellung

Die Firma Axetris hat ein Gas-Messsystem entwickelt um verschiedene Gase im ppm-Bereich messen zu können. In dieser Arbeit geht es darum die vorhandene analoge Schaltung welche eine fixe Modulationsfrequenz von 20kHz erzeugt, mit einem DDS-Generator zu ersetzen. Mit einem Mikrocontroller o.ä. soll über digitale Kommunikation zum DDS-Generator die Modulationsfrequenz eingestellt werden können. Die Modulationsfrequenz ist ein Dreiecksignal mit einer Frequenz von 20kHz oder 100kHz.

Für die Ausführung des DDS-Generators wird ein PCB entwickelt. Diese Schaltung wird mit der vorhandenen analogen Schaltung verglichen. Das verwendete Messverfahren um Gas zu erkennen wird mit TDLDS (Tunable diode laser spectroscopy) umgesetzt. Dabei ist die «2f-Messung» besonders zu beachten, da von dieser das Resultat der Gas-Messung abhängt.

## Lösungskonzept

Für die Überprüfung der Performance eines DDS-ICs wurde aus den Anforderungen ein Evaluation-Board bestellt und ausgemessen. Weitere Entschlüsse führten dazu, dass mit dem DDS-IC AD9102 ein PCB entwickelt wird. Die Umsetzung erfolgte mit drei DDS-ICs um mindestens die gleiche Auflösung und Einstellungsmöglichkeiten des Signals zu erhalten wie in der Anlogschaltung. Die DDS-ICs werden extern über eine Kommunikationsschnittstelle mit SPI angesteuert. Auf dem PCB wurden alle Teile des Schemas der Anlogschaltung implementiert um den ganzen Schaltungsteil der Signalerzeugung ersetzen zu können.

## Realisierung

Als Referenz für das Schema diente das Schema des Evaluation-Boards vom AD9102. Zusätzlich wurden die Schaltungsteile vom Schema der Anlogschaltung von Axetris übernommen um die gleiche Funktion mit dem PCB zu bieten. Zudem wurde eine Schnittstelle für die Ansteuerung über SPI hinzugefügt.

## Ergebnisse

Mit dem DDS-IC konnte kein Dreiecksignal mit den erforderlichen 20kHz oder 100kHz erzeugt werden sondern nur ein Sinussignal. Das synthetisierte Sinussignal von 20kHz ist mit dem AD9102 gut gelungen aber die 100kHz nicht, wegen der tiefen Frequenz des Oszillators.

Die Messungen des 20kHz Sinussignal hat gezeigt, dass das DDS-IC AD9102 für die Signalerzeugung geeignet ist und die Messresultate der zweiten Harmonischen um 63.4% besser ausfällt. Die 3f-Messung in der TDLDS-Messmethode könnte mit dem DDS-IC auch in Betracht gezogen werden.

Alle Funktionen des PCBs konnten leider in der verbleibenden Zeit nicht mehr überprüft werden.



**Diplomand**  
 Krummenacher Manuel

**Dozent**  
 Dr. G. Wichmann

**Themengebiet**  
 Signalverarbeitung & Kommunikation,  
 Automation & Embedded Systems

**Projektpartner**  
 Axetris AG



# Automatisches Identifikationssystem AIS

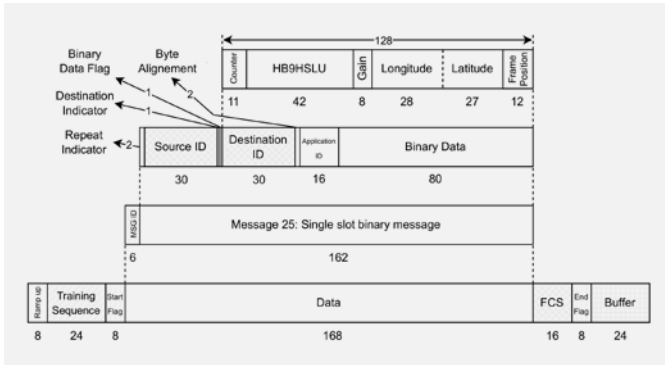


Abb. 1: Struktureller Aufbau einer Sequenz, aufgeteilt in die einzelnen Stufen

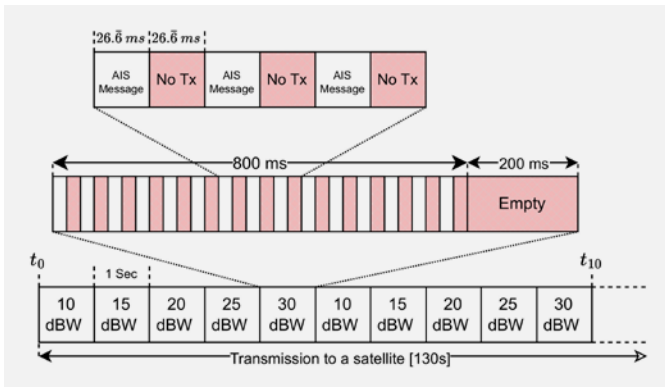


Abb. 2: Timing der Sequenzen und dessen EIRP für den Versuchsaufbau

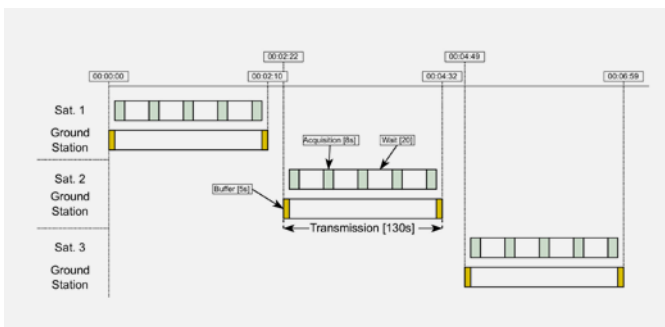


Abb. 3: Ablauf des Versuchsaufbaus mit drei Satelliten

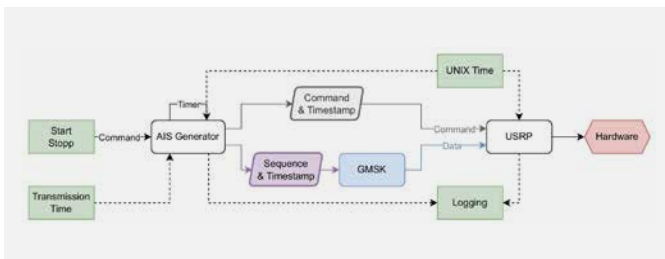


Abb. 4: Ablaufdiagramm des Erstellens und Versendens einer Sequenz mithilfe des USRP N200

## Problemstellung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung einer Spezifikation auf Basis des AIS-Standards und dessen senderseitige Implementierung. Dieser AIS-Standard dient hauptsächlich als Kommunikationsmittel unter Schiffen und erhöht die Sicherheit auf See. Diese Spezifikation sollte dazu verwendet werden, um ein Beacon-Signal von der Bodenstation der HSLU zu versenden. Dieses dient zur Kalibrierung von Satelliten und verwendet dazu verschiedene Ausgangspegel.

## Lösungskonzept

Zu Beginn des Projekts wurde der AIS-Standard untersucht. Diese wird in der Schifffahrt eingesetzt und bietet zusätzliche Sicherheit durch Kollisionswarnungen sowie einen Notfalldienst für Einsatzkräfte auf See. Mit fundiertem Wissen über die Funktionalität des Standards wurde eine mehrseitige Spezifikation erstellt.


Diese beinhaltet zum einen den strukturellen Aufbau einer Sequenz (siehe Abb.1) sowie die notwendigen Arbeitsschritte zur fehlerfreien Generierung einer Sequenz. Das gesamte Prinzip einer Sequenz basiert auf einem Zeitschlitzverfahren, welches die autonome Erstellung eines Sendepfades ermöglicht. Dieser wiederholt sich im Minutentakt und ist mit der Uhrzeit synchronisiert. In einer Minute können bis zu 2250 Sequenzen gesendet werden. Dieses Prinzip wurde für die Kalibrierung in einer vereinfachten Form verwendet (siehe Abb.2). Zuletzt wurde der spätere Ablauf des Versuchsaufbaus festgelegt (siehe Abb.3).

## Realisierung

Die Umsetzung beinhaltet das korrekte Generieren des Inhalts einer Sequenz, sowie das zeitlich korrekte Aussenden nach der eigens erstellten Spezifikation. Dafür wurde ein USRP N200 zur Verfügung gestellt. Dieses Software Defined Radio (SDR) ist zuständig für die Erzeugung und Versendung der elektromagnetischen Wellen. Mithilfe des GNU Radio Companion, welche als Framework dient, wurden die Pakete und Kommandos generiert. Diese werden jeweils mit einem Zeitpunkt markiert und bereits zuvor an das SDR übertragen (siehe Abb.4). Um den Puffer des Gerätes nicht zu überfluten, wurden alle Aufgaben mit einem fest definierten Vorlauf von acht Sekunden zum SDR übermittelt.

## Ergebnisse

Durch Bodenexperimente und der Entwicklung eines Demodulators konnte die korrekte Implementation des Beacon Signals nachgewiesen werden. Im insgesamt dritten Anlauf konnte auch die Satellitenmission als erfolgreich beendet werden. Dabei wurde jedoch nur die Abstufung der Pegel überprüft.



**Diplomand**  
Kulli Yannick

**Dozent**  
Prof. M. Joss

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik

**Projektpartner**  
Intern

# Datenbasierte Predictive Maintenance für Bahninfrastruktur

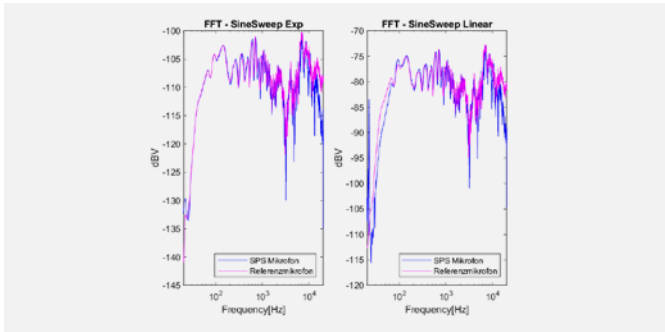


Abb. 1: Die Auswertung der Messungen im Akustikraum zeigt, dass die beiden Frequenzgänge gut übereinstimmen.



Abb. 2: Messungen mit dem Mikrofon und dem Beschleunigungssensor am Motor der Barriere des Industriepartners.

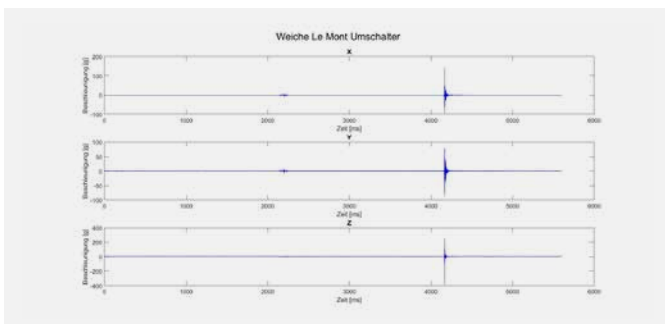


Abb. 3: Die Auswertung der Messungen beim Umschalter des Weichenantriebes zeigt sehr hohe Beschleunigungen. Diese werden durch das Lösen einer gespannten Feder ausgelöst.



Abb. 4: Die Frequenzübersicht des Weichenantriebes zeigt sehr viele gemessene Frequenzen. Das Koordinatensystem zeigt die Ausrichtung des Beschleunigungssensors. M steht für das Mikrofon und X, Y und Z für die drei Achsen des Beschleunigungssensors. Durch die Einfärbung ist zu erkennen, dass ein paar Frequenzen mehrmals vorkommen.

## Problemstellung

Die Firma Kummler+Matter EVT AG aus Le Mont-sur-Lausanne ist ein schweizweit tätiges Unternehmen in den Bereichen Energieversorgung, Verkehrstechnik und Telekommunikation. Aktuell ist die voraussichtliche Wartung (Predictive Maintenance) von Bahninfrastrukturen, speziell bei Bahnübergängen und Weichen, ein grosses Thema. Um sicherzustellen, dass wichtige Komponenten dieser Anlagen in einem guten Zustand sind und um die Wartung zu planen, sollen Vibrationen und Geräusche gemessen und anschliessend ausgewertet werden.

## Lösungskonzept


Das für die akustischen Messungen benötigte Mikrofon der Klasse 1 war am Anfang der Arbeit bereits vorhanden. Der Beschleunigungssensor für die Vibrationsmessungen musste evaluiert und bestellt werden. Dabei fiel die Entscheidung auf einen triaxialen Sensor, welcher Beschleunigungen von bis zu 500 g messen kann. Diese beiden Sensoren wurden über eine oversampling-fähige Messtechnikleiste von Beckhoff an die SPS angeschlossen. Die anschliessende Auswertung der Messdaten wurde im Zeit- und Frequenzbereich mit Matlab erstellt.

## Realisierung

Um den Frequenzgang des Mikrofons zu validieren, wurden Vergleichsmessungen mit einem Referenzmikrofon in einem reflexionsarmen Akustikraum gemacht. Der Beschleunigungssensor wurde mit einem Shaker und einem optischem Distanzsensor überprüft. Beide Messungen zeigten, dass mit beiden Messmittel sehr genaue Messungen möglich sind. Anschliessend wurden Messungen an verschiedenen Komponenten einer Testbarriere an der HSLU und an einer Originalbarriere, sowie bei einem Weichenantrieb beim Industriepartner durchgeführt.

## Ergebnisse

Die Auswertung hat gezeigt, dass die Daten des Mikrofons nur bedingt nutzbar sind. Dies, weil viele Umgebungsgeräusche zufällig auftreten und die Messungen dadurch verfälschen. Die Messungen mit dem Beschleunigungssensor zeigten jedoch einen guten Einblick in das Verhalten der einzelnen Komponenten. Mithilfe der erstellten Frequenzübersichten ergibt sich nun einen guten Überblick über die Systeme im Frequenzbereich. Eine Schwierigkeit dabei ist jedoch die gemessenen Daten ihrem genauen Ursprung zuzuordnen, gerade wenn die gleichen Frequenzen an mehreren Stellen gemessen werden. Mit weiteren Messungen an anderen Messpunkten oder unter anderen Bedingungen könnten in dieser Hinsicht sicher noch mehr Erkenntnisse erlangt werden.




**Diplomand**  
Künzli Elias

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Prud'homme

**Themengebiet**  
Signalverarbeitung, Mechatronik/  
Automation/Robotik

**Projektpartner**  
Kummler+Matter EVT AG



# Charakterisierung Kernmaterial



Abb. 1: Magnetischer Kreis zum Sättigen der Kerne und Gauss-Meter

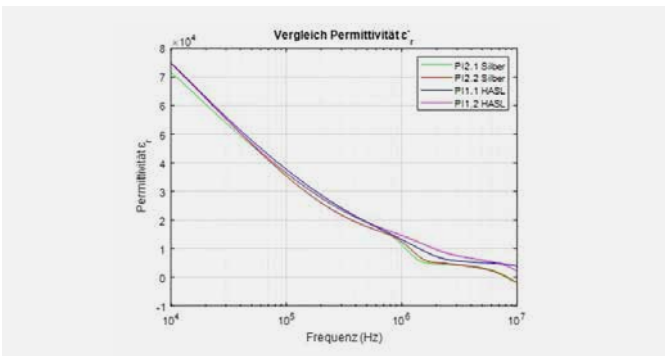


Abb. 2: Permittivität von vier Samples N87

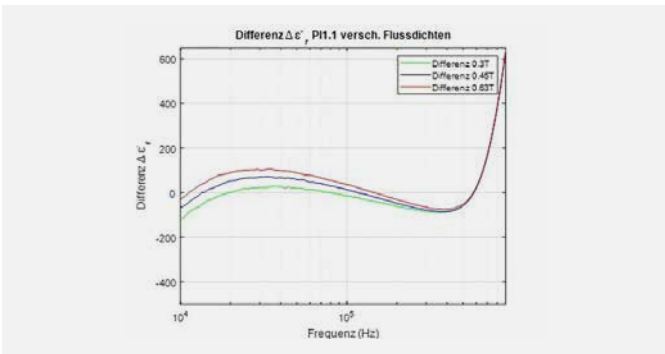


Abb. 3: Differenzen der Permittivität nach Flussdichte

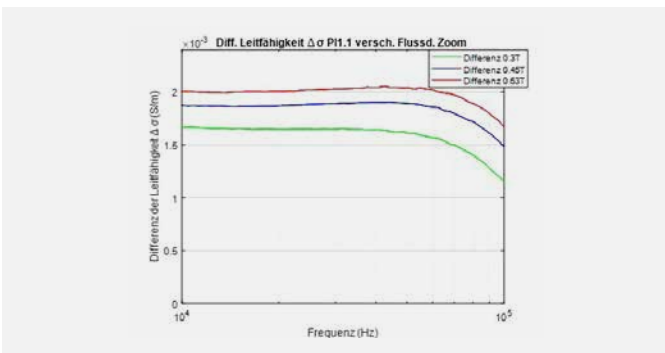


Abb. 4: Differenzen der Leitfähigkeit nach Flussdichte

## Problemstellung

Die Berechnung von Kernverlusten in induktiven Bauteilen ist nicht vollständig gelöst und erweist sich als herausfordernd. Unter anderem ist der Einfluss des magnetischen Flusses nicht genau geklärt. Die bisherigen Ansätze sind nur gültig für eine limitierte Frequenz und Flussdichte. Die Messungen und Analysen der Permittivität, Leitfähigkeit und Permeabilität unter dem Einfluss des magnetischen Flusses über ein Frequenzband sind hilfreich, um die Verluste besser zu verstehen. Diese Arbeit konzentriert sich vor allem auf die Permittivität und Leitfähigkeit von Ferrit vom Material N87.

## Lösungskonzept

Das Lösungskonzept sieht vor, dass zuerst Messungen von Luftspulen mit bekannter Permeabilität und Plattenkondensatoren mit einem Dielektrikum mit bekannter Permittivität gemacht werden. Dadurch können die Mess- und Berechnungsmethoden verifiziert werden. Die zu untersuchenden Ferritkerne bilden als Dielektrikum mit 2 PCB's einen Plattenkondensator, dieser kann in einem Magnetischen Kreis im Luftspalt magnetisch gesättigt werden. Parasitäre Einflüsse wie der Skin-Effekt oder Dimensionale Resonanz sind zu beachten und eliminieren.

## Realisierung

Die Vorrichtung des magnetischen Kreises zur Sättigung der Ferrit-Proben wird in Betrieb genommen. Es wird die Impedanz mit einem Network-Analyzer über das Frequenzband 10kHz – 1MHz gemessen. Die Differenz der Permittivität und Leitfähigkeit, mit dem Einfluss des magnetischen Flusses minus ohne den Einfluss des magnetischen Flusses, wird berechnet und geplottet.

## Ergebnisse

Das Ergebnis zeigt, dass die magnetische Flussdichte einen Einfluss auf die Permittivität und Leitfähigkeit hat. Je grösser die Flussdichte wird, desto grösser ist auch ihr Einfluss. Die Differenz ist jedoch prozentual zu den effektiven Werten betrachtet gering. Durch Messungen von Proben mit unterschiedlichen Dimensionen kann jedoch immer ein ähnlicher Effekt beobachtet werden.



**Diplomand**  
 Mathieu Frédéric

**Dozent**  
 Prof. Dr. J. Mühlethaler

**Themengebiet**  
 Energie- und Antriebssysteme

**Projektpartner**  
 Power Sources Manufacturers Association (PSMA)



# Realisierung einer Schotterheizung mittels geschlitztem Mikrowellenleiter

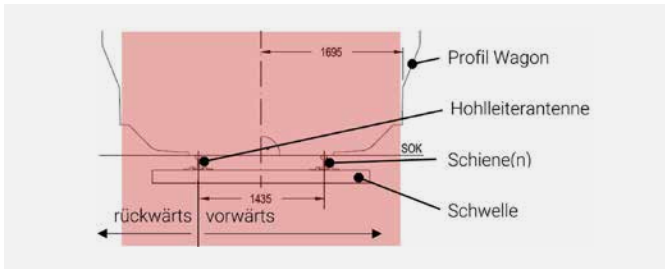


Abb. 1: Platzierung der Hohlleiterantenne und rot markierter Bereich für die zulässige Überschreitung der Strahlungsgrenzwerte

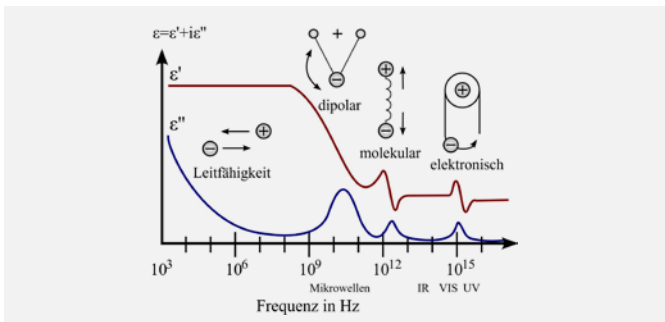


Abb. 2: Komplexwertige relative Permittivität bei Wassermolekülen bei unterschiedlichen Frequenzen: In blau die Verlustanzeige durch Absorptionsprozesse

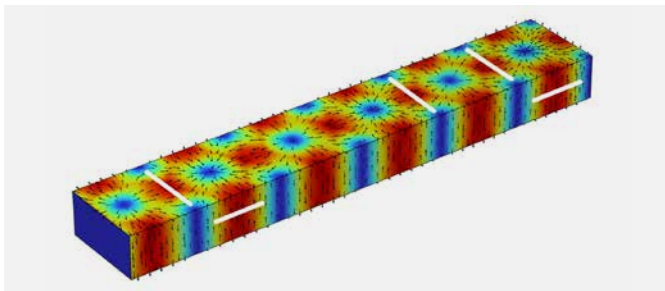


Abb. 3: Ideale Schlitzpositionen bei höchster Stromdichte (rot) für beste Abstrahleigenschaften

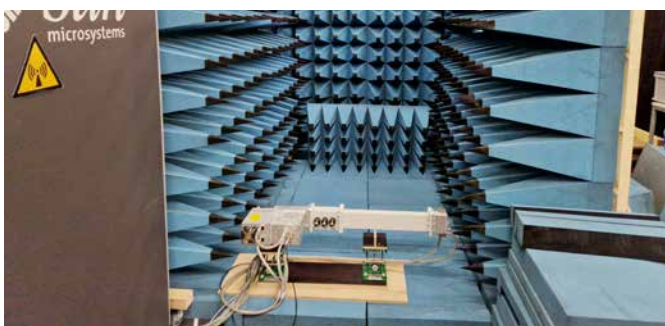


Abb. 4: Errichteter Versuchsaufbau mit Absorbern und dem Magnetronkopf als Strahlungsquelle

## Problemstellung

Die Weiche gilt als besonders anfällige Komponente in der Bahninfrastruktur. Kann sie nicht richtig schliessen oder öffnen, ist die Zugüberfahrt blockiert und der Bahnverkehr kann zum Erliegen kommen. Gerade im Winter müssen die Weichen trotz Schnee und Eis zuverlässig funktionieren, weshalb die SBB AG etwa 7000 Weichenheizungen betreibt. Das entspricht einem Energiebedarf von etwa 40 GWh pro Jahr. Mit den aktuellen Stab- oder Gasheizungen auf dem Schienenfuss wird jedoch der Schotterbereich kaum beheizt, weshalb Schnee und Eis in der Weiche liegen bleiben kann.

## Lösungskonzept

Mit einer «Leaky Wave Antenne» soll Schnee und Eis effizient durch Mikrowellen-Bestrahlung geschmolzen werden. Vorangegangene Arbeiten haben gezeigt, dass mit dieser Technologie theoretisch ein Schmelzrate bei Schnee von 6 cm pro Stunde möglich ist. Nun sollen Versuche mit nachgestellten Umgebungsbedingungen die Realisierbarkeit der Methode beweisen.

## Realisierung

Es wird ein Versuchsaufbau realisiert, in welchem die Gegebenheiten eines Bahngleises mit Weiche nachgeahmt werden können. Mit einem Magnetron und einem geschlitzten Hohlleiter als Strahlungsquelle werden Feldversuche durchgeführt, wobei Eis und Schnee bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen der Strahlung ausgesetzt werden. Mit Messungen der elektromagnetischen Felder wird die Strahlungsimmission und die damit zusammenhängende, maximal erlaubte Strahlungsleistung bestimmt.

## Ergebnisse

Es konnte unter der Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte Schmelzraten für Schnee zwischen 4 und 6 cm pro Stunde erreicht werden. Der Schmelzprozess begann dabei ab Strahlungsbeginn, wohingegen die klassischen Systeme lange Vorlaufzeiten für die Erwärmung der Schienenkomponenten aufweisen. Durch Wassereinschlüsse in den Steinen konnte auch das Schotterbecken effizient erwärmt werden. Somit ist ein präventives Erwärmen des Schotters möglich, wobei das Ansetzen von Neuschnee verhindert wird.

## Ausblick

Mit dem Beweis, dass mit Mikrowellen realistische Schmelzraten bei Eis und Schnee erzielt werden können, kann nun an einem Prototyp für die reale Umgebungsbedingungen weitergeforscht werden. Im Fokus steht dabei das Schrumpfen der Hohlleiter-Schlitzantenne auf den verfügbaren Bauraum. Auch sind Optimierungen bei der Richtcharakteristik möglich, weshalb die Technologie ein grosses Potential aufweist.



**Diplomand**  
 Meier Florian

**Dozent**  
 Prof. Dr. T. Graf, Prof. M. Joss

**Themengebiet**  
 Aufbau Mikrowellen Hohlleiterstrahler,  
 Messungen und Auswertungen

**Projektpartner**  
 SBB AG



# Optimale Lade- und Betriebsstrategie E-Busse



Abb. 1: Symbol Bild der Lage

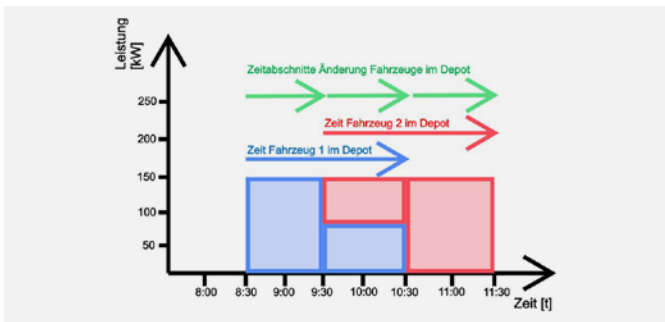


Abb. 2: Zeitliche Unterteilung der Ladeschritte des Lastmanagements

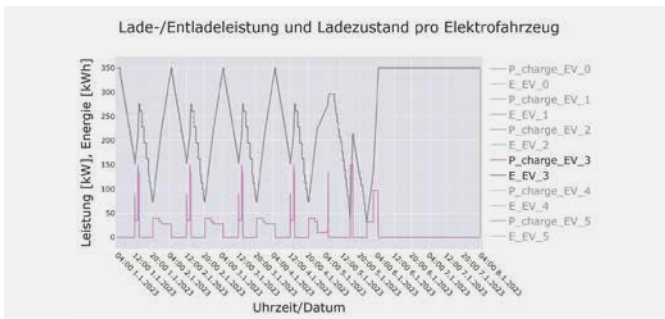


Abb. 3: Ladestand des Akkus des Fahrzeugs mit der ID 3 im Verlauf einer Woche

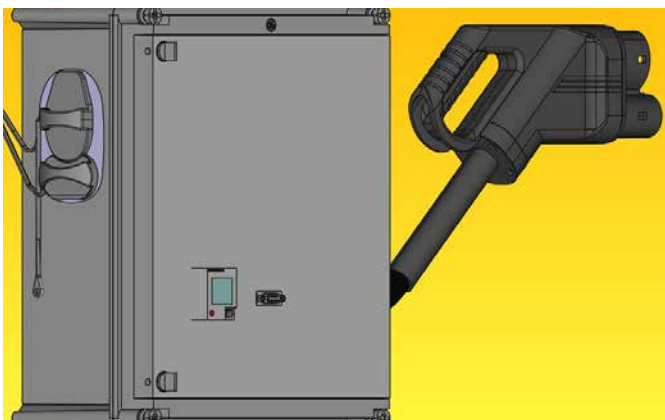


Abb. 4: Entwurf des Messsystems das zur Verifizierung des Lastmanagements benötigt wird

## Problemstellung

Die Netto-Null-Ziele motivieren die Postauto AG Schweiz, ihre Fahrzeugflotte zu elektrifizieren. An einem der ersten Standorte soll als umweltfreundliche Alternative für die Personenbeförderung die Busflotte des Standorts Triengen elektrifiziert werden. Dies bringt neue Herausforderungen in verschiedenen Bereichen mit sich. Durch eine Optimierung der Lade- und Betriebsstrategie für E-Busse kann Einfluss auf die Infrastruktur und die Stromkosten genommen werden. Wenn die Kosten vermindert werden, wird die Umsetzung der Elektrifizierung der Fahrzeuge auch an anderen Standorten der Postauto AG Schweiz wirtschaftlich attraktiv.

## Lösungskonzept


Die Stromkosten setzen sich aus verschiedenen Teilen zusammen. Dazu gehört der Stromtarif, der sich im Laufe des Tages verändern kann, und der Leistungstarif, oft auch Peakpreis genannt. Beim Leistungstarif wird der maximale Energiebezug über eine Zeitdauer von 15 Minuten ermittelt und zusätzlich in Rechnung gestellt. Damit die Stromkosten reduziert werden können, muss beim Stromtarif darauf geachtet werden, dass die Fahrzeuge nur dann geladen werden, wenn sich dieser nicht auf einem Hoch befindet. Beim Leistungstarif gilt es, die Ladung der Fahrzeuge möglichst auf den ganzen Tag zu verteilen, damit keine Ladespitzen auftreten.

## Realisierung

Für den Standort Triengen der Postauto AG wurde ein Lastmanagement in Form eines Python-Codes entwickelt, das die Ladeleistung der sechs E-Busse an diesem Standort regelt. Als Grundlage dafür diente eine Tabelle der Postauto AG, in der im Minutentakt die Verfügbarkeit sowie der Ladebedarf der sechs Fahrzeuge über eine Woche aufgelistet ist.

## Ergebnisse

Zusammengefasst gesagt, konnte ein optimierter Ansatz eines Lastmanagements entwickelt und in Form eines Python-Codes umgesetzt werden. Hierbei wurden die gestellten Vorgaben eingehalten und es traten keine Probleme auf. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Lastmanagement kann die Peakleistung über alle Fahrzeuge um einen Viertel reduziert werden. Dies führt zu einer Kostenersparnis von fast CHF 80'000. am Standort Triengen der Postauto AG Schweiz über die Lebensdauer der Fahrzeuge. Zusätzlich wurde ein Messkonzept entwickelt, das in der Lage ist, einen ganzen Ladevorgang eines E-Fahrzeugs aufzuzeichnen.




**Diplomand**  
 Müller Florian

**Dozent**  
 Dr. S. Nowak

**Themengebiet**  
 Lastmanagement Modellieren/  
 Simulieren

**Projektpartner**  
 PostAuto AG



# Gerät zur Überwachung von Umgebungslärm

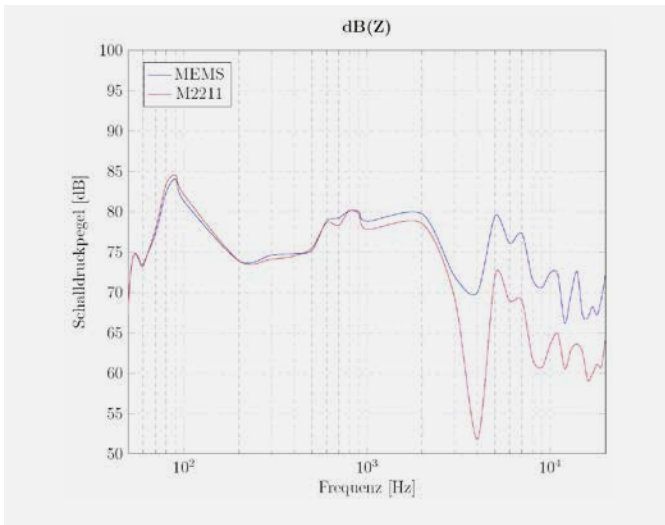


Abb. 1: Frequenzgang des entwickelten Produktes im Vergleich zum Referenzprodukt

## Problemstellung

Die Firma hEar hat es sich zum Ziel gesetzt, gegen die für unsere Ohren schädliche Lärmbelastigung, vorzugehen. Dazu wurde in der Masterarbeit von Sophie Mia Willener eine konzeptionelle Idee für ein Messgerät ausgearbeitet. Zusätzlich dazu wurde ein erster Prototyp gebaut. Dieser ist jedoch noch unhandlich, nicht verifiziert und somit nicht für den Massenmarkt geeignet. An diesen Prototypen knüpft nun die nachfolgende Bachelorarbeit an und versucht die formulierten Ziele umzusetzen.

## Lösungskonzept

Mittels eines MEMS-Mikrofons wird der Umgebungslärm aufgenommen. Dieser wird im Anschluss mittels digitaler Filterung verarbeitet und in einen Schalldruckpegel umgerechnet. Dieser berechnete Wert wird in einem nächsten Schritt auf der Vorderseite des Gerätes dargestellt und zur späteren Auswertung auf dem Gerät gespeichert. Dies Messwerte können auf Wunsch mittels Bluetooth Low Energy (BLE) auf ein Zielsystem übertragen werden.

## Realisierung

Im Zentrum des Gerätes stehen ein MEMS-Mikrofon von TDK, sowie ein Bluetooth-fähiger Mikrocontroller von Silicon Labs. Das Mikrofon wird in diskreten Zeitabschnitten ausgelesen und die gesammelten Daten verarbeitet. Die verarbeiteten Daten werden im Anschluss mittels 8 LEDs visualisiert. Die energieeffiziente Implementation der Software- und Hardware-Plattform ermöglicht es, das Gerät mit einer Akkuladung mindestens 12 Stunden zu betreiben.

## Ergebnisse

Das entwickelte Gerät ist zwar einsatzfähig und kann mit einem hochpreisigen Referenzgerät mithalten, weist jedoch noch Verbesserungs- und Erweiterungspotential auf. Dies beinhaltet unter anderem einen Sensitivitätsfilter, die Implementation der Bluetooth-Schnittstelle sowie deren Zertifizierung.

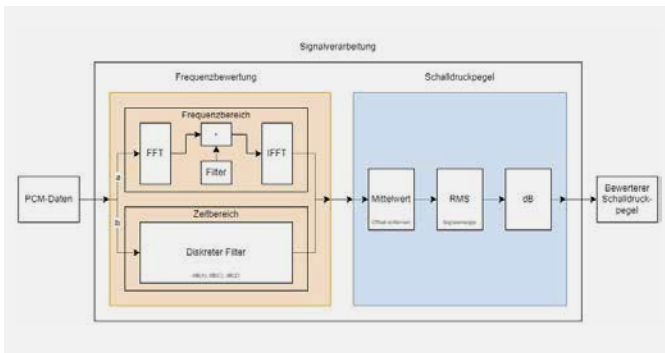



Abb. 2: Unterschied Zeit- und Frequenzbereich zur Frequenzgewichtung



Abb. 3: Finales PCB | Durchmesser: 60mm




**Diplomand**  
Nicora Stefano

**Dozent**  
Prof. Dr. P. Eberle

**Themengebiet**  
Embedded Systems, Akustik, PCB-Design, Signalverarbeitung

**Projektpartner**  
hEar



# 1kW-Boost-Converter

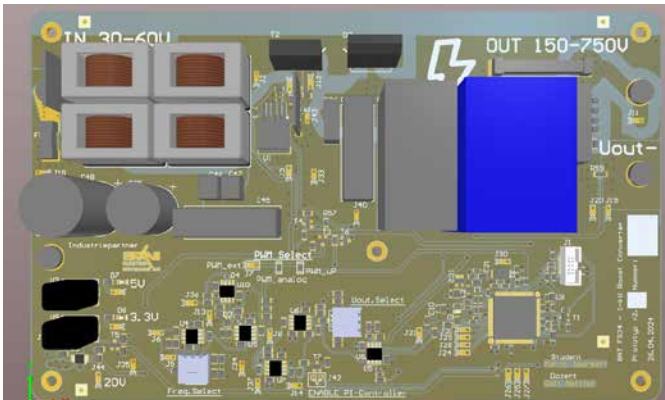


Abb. 1: Prototyp 2 – aus dem CAD



Abb. 2: Prototyp 2 – zusammengebaut und mit Kühlkörper



Abb. 3: Messaufbau

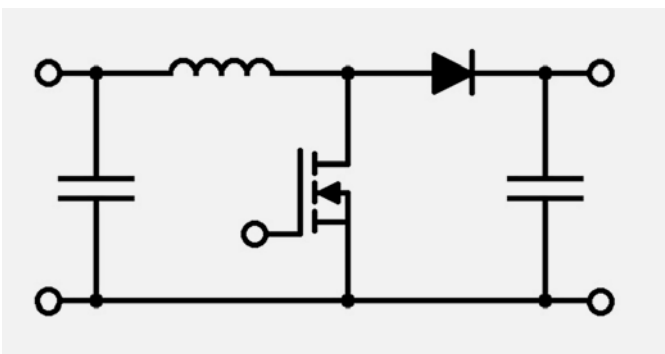


Abb. 4: Schema – Aufwärtswandler

## Problemstellung

Die Aufgabe dieser Bachelor Thesis besteht darin, einen Spannungswandler zu entwickeln. Dieser Wandler soll eine hohe Eingangsvarianz sowie Ausgangsvarianz aufweisen. Dies gerechtfertigt ebenfalls für die Ausschreibung für eine solche Arbeit.

Die Industrie bietet, Stand jetzt, keine Komplettlösung, was nicht nur auf mangelnde Nachfrage zurückzuführen ist, sondern auch auf die Machbarkeit. Ein Spannungsaufwärtswandler mit Effizienzen über 90 % ist durchaus Spitzenleistung. Entsprechend fordernd war die Planung und Umsetzung.

## Lösungskonzept

Durch Vergleichen der Effizienz verschiedener Topologien wurde der Aufwärtswandler als vielversprechendste Option gewählt. Diese Topologie stellt hohe Ansprüche an die verwendeten Komponenten, was die Auswahl sowie einige Charakteristika einschränkt. Der Vorteil besteht darin, dass diese Topologie am wenigsten Bauteile verwendet, was auch die Ansteuerung vereinfacht.

## Realisierung

Die Realisierung umfasst zwei Prototyp-Zyklen mit Evaluation, Herstellung und Testen. Der erste Durchlauf war fokussiert auf den Leistungsteil, um Verbesserungen im zweiten Prototyp einfließen zu lassen, um die Aufgabenstellung bestmöglich zu erfüllen. Die zweite Iteration beschäftigte sich zunehmend auch mit der Ansteuerung der Schaltung. Dazu wurde eigens eine analoge PWM-Schaltung gebaut.

## Ergebnisse

Durch Verbesserungen konnten die Fähigkeiten der Schaltung verbessert werden, erfüllen jedoch noch nicht alle Vorgaben. Die Resultate der Tests werden jeweils zusammengefasst und Verbesserungsmöglichkeiten dargestellt. Die Resultate zeigen, dass sich die Effizienz bei Maximallast unter den verlangten 90 % befindet.

## Ausblick

Durch den iterativen Prozess sind auch jetzt Verbesserungen offen, welche im nächsten Zyklus eingebaut werden können. Diese Verbesserungen konnten aufgrund von besserem Verständnis der Schaltung als Ganzes sowie der einzelnen Komponenten vorgeschlagen werden.



**Diplomand**  
Odermatt Marco

**Dozent**  
Prof. R. Mettler

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

**Projektpartner**  
SPÄNI Elektro-Mechanik AG





# Radarbasierte Messung von Flüssigkeiten und Festmaterialien

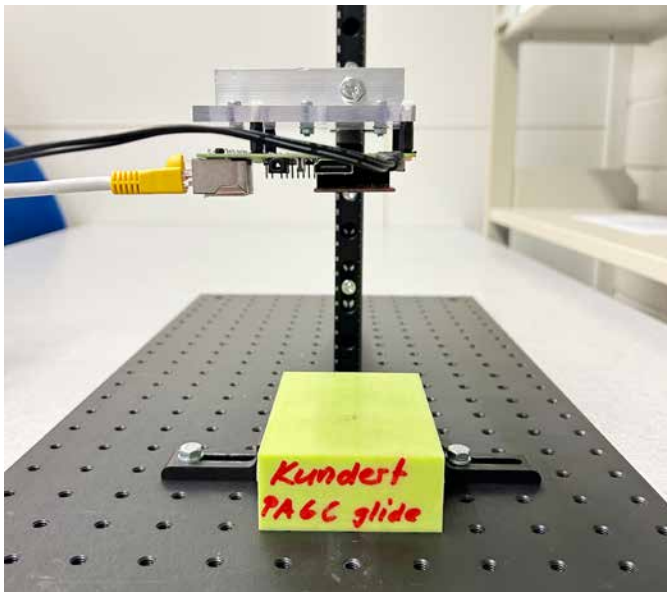


Abb. 1: Gegossener PA6 Kunststoff während des Messvorgangs

## Problemstellung

Innovative Sensor Technology IST AG ist ein namhafter Hersteller von mikrosystemtechnischen Sensoren für unterschiedliche Anwendungen und daran interessiert, mehr über die Möglichkeiten der berührungslosen, radarbasierten Messung von Permittivität und Leitfähigkeit bei Flüssigkeiten und Festmaterialien zu erfahren. Die Aufgabenstellung sieht die Forschung und Entwicklung eines solchen Radarsystems vor. Dazu sollen in einem ersten Schritt Natriumchloridlösungen mit variierendem NaCl-Gehalt untersucht werden und die Messungen anschliessend auf andere Medien ausgeweitet werden.

## Lösungskonzept

Das Lösungskonzept basiert auf der Modellierung der Übertragungsstrecke zwischen Radarsensor und den Messproben. Es bietet sich eine Untersuchung der Medien mittels einer Relativmessung an, die die Veränderung der Reflexion relativ zu einem Referenzmedium mit bekannten Materialparametern untersucht. Für verlustarme Medien kann eine Leistungsmessung vorgenommen werden, die auf der Laufzeitdifferenz und Amplitudenverhältnissen der gemessenen ersten und zweiten Reflexion beruht.

## Realisierung

Die Messmethoden werden an verschiedenen Flüssigkeiten und Festmaterialien für drei Messdistanzen mit einem Messaufbau bestehend aus Komponenten aus dem Optikbereich untersucht. Die Messresultate werden mit Referenzwerten abgeglichen, die aus Debye-Modellen der Medien stammen.

## Ergebnisse

Es wird die Erkenntnis gewonnen, dass Flüssigkeiten aufgrund der hohen Polarisationsverlusten mit dem Radarsystem nicht durchdrungen werden können und mit den hergeleiteten Messmethoden die Leitfähigkeit nicht gemessen werden kann. Für die NaCl-Lösungen können jedoch Werte für die Permittivität extrahiert werden, die nahe an den Referenzwerten liegen. Unter gewissen Einschränkungen kann die elektrische Leitfähigkeit von einem Kunststoff mit der 1.4-fachen Abweichung angegeben werden.

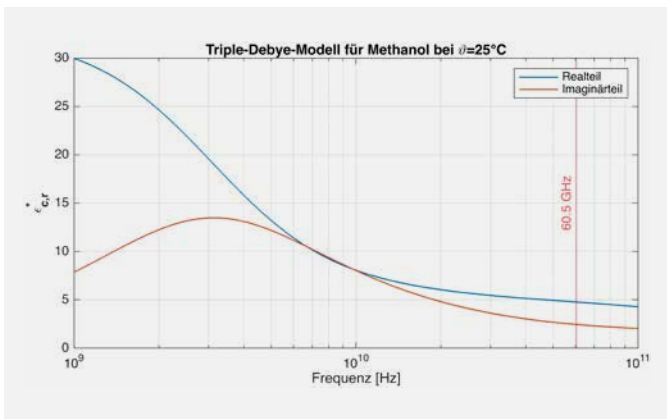


Abb. 2: Triple-Debye-Modell zur Referenzwertbildung für Methanol

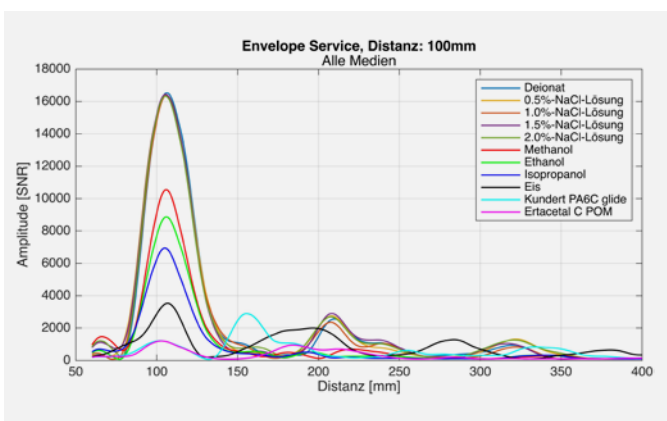


Abb. 3: Amplitudenverläufe aller untersuchten Medien bei der Messdistanz D=100 mm



**Diplomand**  
 Rösch Niklas Jan

**Dozent**  
 Prof. Dr. P. Eberle

**Themengebiet**  
 Radarsensor, Signalverarbeitung,  
 Embedded Systems, Simulation

**Projektpartner**  
 IST AG



# Lokaler Sprachassistent mit Dialogfähigkeit



Abb. 1: Aussen- und Innenansicht – Lokaler Sprachassistent

## Problemstellung

Typische Sprachassistenten benötigen eine permanente Internetverbindung, was in vielen Anwendungsfällen unerwünscht ist. Daher sind Sprachassistenten gefragt, die auch Datenverarbeitung in der Cloud funktionieren. In einer vorgängigen Arbeit wurde ein Assistent entwickelt, der «Ja» und «Nein» erkennen kann. Nutzer einer Homeautomation werden gefragt, ob eine Aktion ausgeführt werden soll, wie beispielsweise das Herunterlassen von Storen. Diese Anwendung bot bisher jedoch zu wenig Anwendungsmöglichkeiten und soll daher um eine Dialogfähigkeit zur Erfassung einer Abwesenheitsdauer erweitert werden, um im Homeautomationssystem gezielte Massnahmen ergreifen zu können.

## Lösungskonzept

Das Konzept sieht vor, den Sprachassistent mit einem einfachen Dialogsystem zu erweitern, das auch komplexere Antworten verarbeitet. Dazu soll eine STI-Erkennung und TTS-Engine integriert werden, um eine flexiblere I/O zu erreichen. Durch die Modularisierung und ein Refactoring in spezialisierte Dienste, wird die Wartbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems massgeblich verbessert.

## Realisierung

Zu Beginn wurde die Testumgebung eingerichtet und die Softwarekomponenten installiert, einschliesslich der TTS und STI-Engine. Danach wurde die Modularisierung der bestehenden Klassen vorgenommen und neue Klassen zur Behandlung des Absenzdialogs implementiert. Eine flexible Architektur erlaubt es Geräte zur Laufzeit hinzuzufügen und ein robustes Fehlerbehandlungssystem implementiert mit NLog, erhöht die Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems.

## Ergebnisse

Die neue Implementierung führte zu einer signifikanten Verbesserung der Funktionalität. Der Sprachassistent kann nun flexibler auf Benutzeranfragen reagieren und auch Aktionen auslösen. Die Picovoice Rhino STI-Einheit ermöglicht eine präzisere und kontextbezogene Spracherkennung, während die Piper TTS-Engine dynamische Audiodateien zur Laufzeit generiert. Die modularisierte Architektur erleichtert die Wartung und Erweiterung des Systems erheblich. Diese Optimierungen führen zu einem verbesserten Benutzererlebnis.

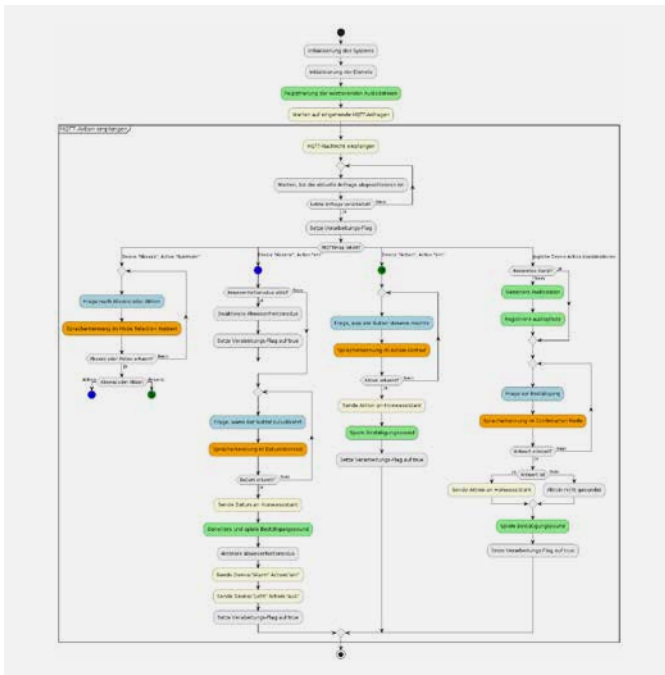


Abb. 2: Grobübersicht Programmablauf

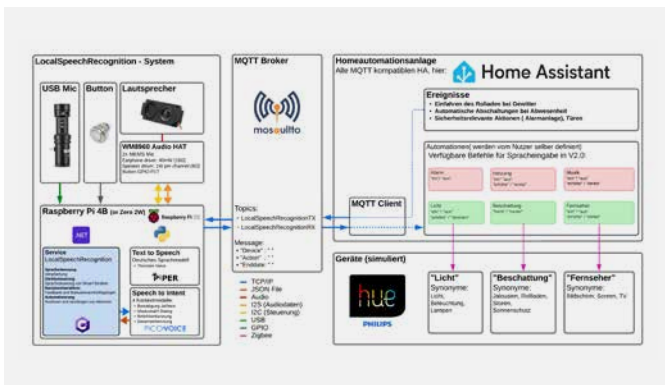



Abb. 3: Gesamtübersicht der Anwendung



**Diplomand**  
Scheidegger Hannes

**Dozent**  
Prof. A. Rumsch

**Themengebiet**  
Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
iHomeLab

**iHome Lab HSLU** Hochschule Luzern

# Aktive Dämpfung

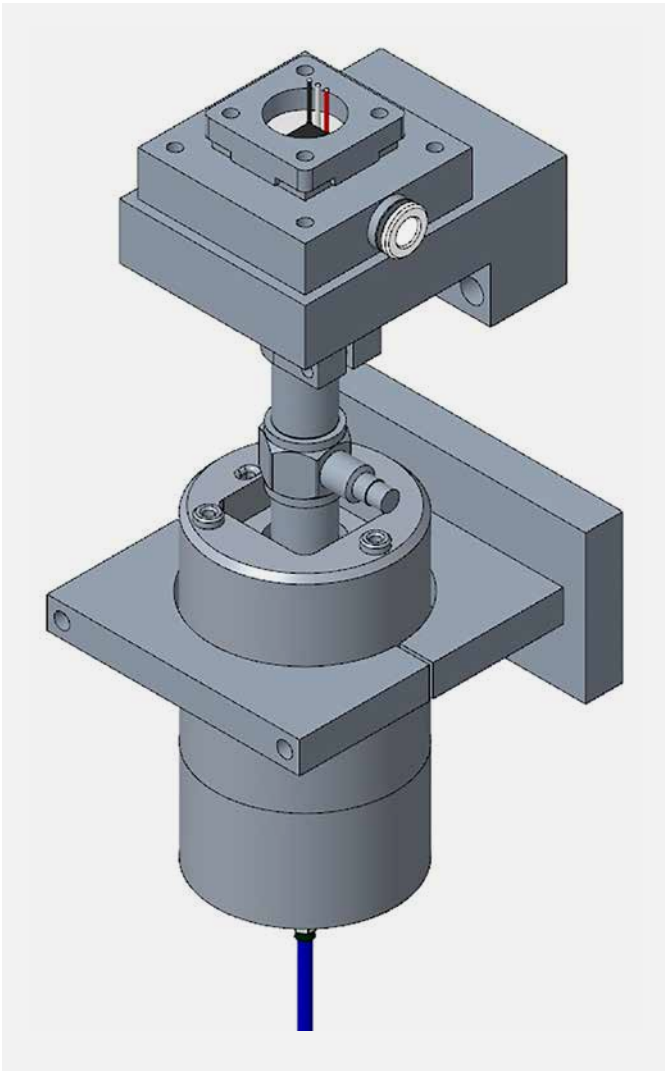


Abb. 1: Aufbau des aktiven Dämpfers von KNF. Oben ist die Hydraulik mit der Druckkammer zusehen und unten der Linearantrieb

## Problemstellung

Die Firma KNF Flodos AG in Sursee entwickelt, produziert und vertreibt Miniatur-Flüssigkeitsmembranpumpen für den Labor-, Prozess- und OEM-Bereich. Aufgrund ihres mechanischen Aufbaus mit Pleuel-Exzentrern erzeugen diese Pumpen eine pulsierende Flüssigkeitsförderung. Das primäre Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die störenden Pulsationen der Förderpumpe aktiv auf ein Niveau von unter 1 mbar zu reduzieren.

## Lösungskonzept

Das Lösungskonzept zielt darauf ab, die störenden Pulsationen mit einem von KNF Flodos AG entwickelten Linearmotor zu dämpfen. Der bewegliche Läufer dieses Motors ist mit einer elastischen Membran in einer Druckkammer verbunden. Durch Ziehen und Stossen kann ein Auf- und Abbau des Drucks erzeugt werden, was eine effektive Dämpfung ermöglichen soll.

## Realisierung

Durch umfassende Modellierungen sowohl im Zustandsraum als auch im Laplace-Bereich wurde die vorhandene Hardware für den aktiven Dämpfer in MATLAB/Simulink modelliert. Auf dieser Basis wurde ein MISO-Regler entwickelt, dessen gemeinsame Stellgrösse der Strom ist und der zwei Regelgrössen, Druck und Auslenkung, steuert. Zuerst wurde dieser kontinuierlich und anschliessend diskret im Z-Bereich modelliert. Der diskretisierte Regler wurde mithilfe des Rapid Control Prototyping Systems in der Realität getestet. Der Regler ist in zwei Einheiten unterteilt: ein schneller AC-Regler, der die dynamischen Druckpulsationen dämpfen soll, und ein langsamer DC-Regler, der als Positionsregler fungiert und den Läufer des Linearmotors stets in die Ausgangsposition zurückführen soll.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit zeigen, dass eine aktive Dämpfung mithilfe des Linearantriebs prinzipiell möglich ist, jedoch nicht im gewünschten Umfang erreicht wurde. Dennoch wird einmal mehr deutlich, dass Simulation und Realität durch das Vernachlässigen von Einflüssen nur bis zu einem gewissen Grad korrespondieren.

## Ausblick

Hinsichtlich des Ausblicks gibt es verschiedene Ansätze zur weiteren Verbesserung der aktiven Dämpfung. Dazu gehören die Verwendung eines hochwertigeren Drucksensors, der Einsatz eines Zustandsbeobachters, die Verwendung einer adaptiven Vorsteuerung sowie die Überlegung, ob ein dynamischerer Antrieb von Vorteil sein könnte.

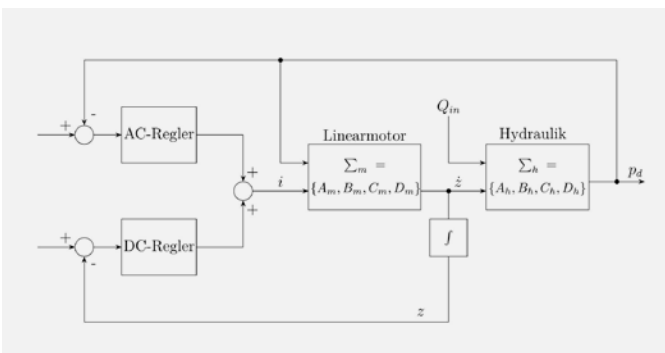


Abb. 2: Blockschaubild des offenen Regelkreises mit der implementierten MISO-Regelung, die sowohl die AC-Regelung für die Druckregelung als auch die DC-Regelung für die Positionsregelung des Läufers im Linearmotor umfasst



**Diplomand**  
Scheuber Dario

**Dozent**  
Prof. K. Schuster

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
Technische Informatik (Embedded  
Systems), Mechatronik/Automation/  
Robotik

**Projektpartner**  
KNF Flodos AG



# Automatisiertes Testsystem für Luftstromsensor

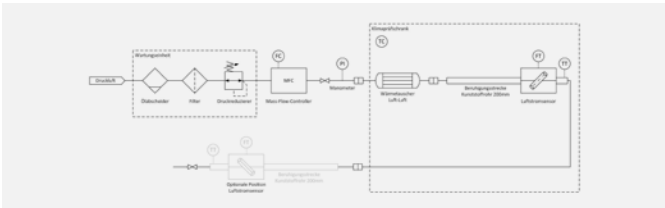


Abb. 1: Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema mit allen eingesetzten Komponenten und Geräten



Abb. 2: Aufnahme des Testsystems aufgebaut im Klimaprüfschrank



Abb. 3: Grafische Benutzeroberfläche der Visualisierung

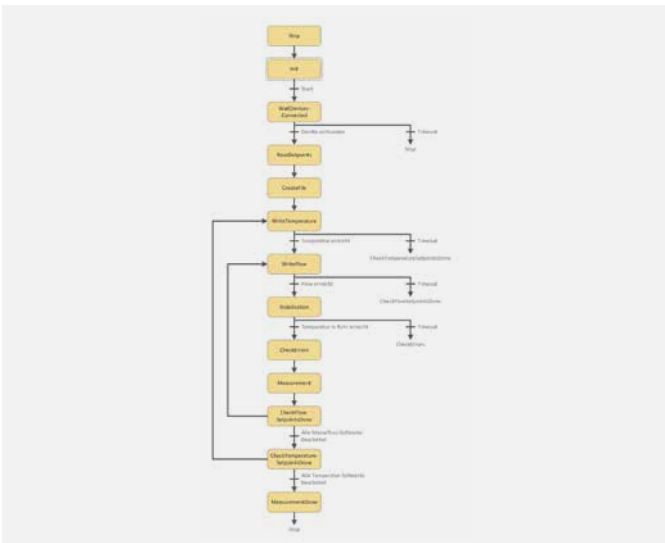


Abb. 4: Schrittfolge Messablauf

## Problemstellung

Die Firma Swisens AG entwickelt Messsysteme zur Erfassung von Aerosol-Partikeln. Dabei wird ein Luftstrom mit den enthaltenen Partikeln ins Messsystem eingesaugt. Zur Bestimmung der Konzentration ist es nötig, den Volumenstrom der angesaugten Luft zu kennen. Der bis anhin eingesetzte Volumenstromsensor arbeitet nicht zufriedenstellend und wird durch einen neu konzipierten Sensor ersetzt. Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Planung und Realisierung eines automatisierten Testsystems für den neuen Sensor.

## Lösungskonzept

Ein Massflow-Controller stellt einen genauen Massenstrom ein. Der zu testende Sensor wird innerhalb eines Klimaprüfschranks positioniert. Ein Wärmeübertrager sorgt dafür, dass die Luft die Temperatur im Schrank annimmt. Hinter dem Sensor misst ein Fühler die Temperatur und Feuchtigkeit des Luftstroms. Alle Geräte werden über ein Computerprogramm gesteuert.

## Realisierung

Die Software ist in der Programmiersprache C# geschrieben. Der Benutzer kann über die Visualisierung den seriellen COM-Port vorgeben und die Verbindung zu den Geräten manuell auf- und abbauen. Weiter kann er einen Messdurchlauf starten und vorzeitig stoppen. Angezeigt werden auch aktuelle Status- und Fehlermeldungen. Das System stoppt den Messvorgang automatisch, wenn alle Sollwerte bearbeitet wurden. Über eine XML-Datei können die gewünschten Temperatur- und Durchflusssollwerte vorgegeben werden. Die Messresultate werden in einer CSV-Datei abgespeichert. Das Programm arbeitet den Messablauf nach einer Schrittfolge ab.

## Ergebnisse

Das Testsystem und die Software sind funktionsfähig. Über die Visualisierung kann der Benutzer Einstellungen vornehmen und das System überwachen. Es ist anzumerken, dass die Software aufgrund begrenzter zeitlicher Ressourcen nicht vollumfänglich getestet werden konnte.



**Diplomand**  
Schinner Dominic

**Dozent**  
Prof. Ch. Jost

**Themengebiet**  
Technische Informatik (Embedded Systems), Mechatronik

**Projektpartner**  
Swisens AG



# Demonstrator mit Realtime-Core in Embedded-Linux Modulen

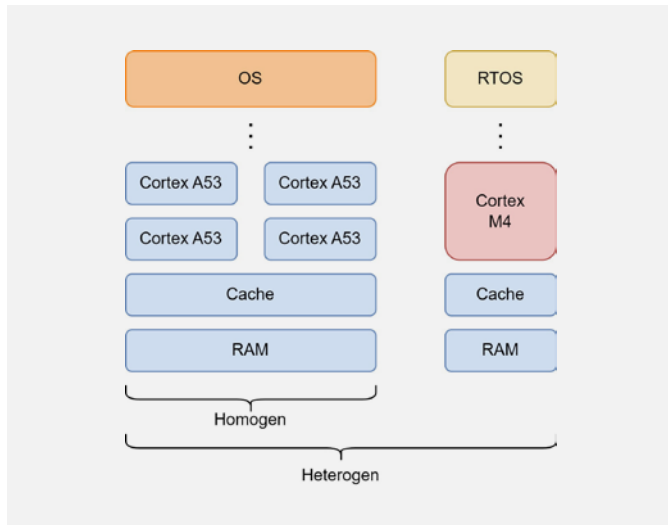


Abb. 1: Schema Heterogenes Multiprocessing

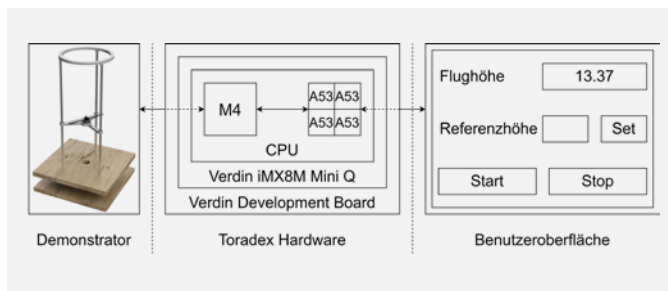


Abb. 2: Konzept für die gesamte Anwendung



Abb. 3: Rendering des Aufbaus für das Regelsystem



Abb. 4: Prototyp des Aufbaus für das Regelsystem

## Problemstellung

Viele Kunden von Toradex integrieren zusätzliche Hardware in Ihre Produkte, um Echtzeit-Aufgaben im Embedded-Linux-Bereich zu lösen. Jedoch besitzt ein Grossteil der System On Modules von Toradex einen integrierten Mikrocontroller. Um den Kunden dieses Feature vorzustellen, soll eine Anwendung entwickelt werden, welche die Interaktion zwischen dem Mikroprozessor und dem integrierten Mikrocontroller aufzeigt. Dieses Konzept wird Heterogenes Multiprocessing genannt (Abb. 1). Ein zentraler Punkt bei dieser Anwendung ist die Kommunikation zwischen dem Mikroprozessor und den Mikrocontroller.

## Lösungskonzept

Die Echtzeit-Anwendung wird ein Regelsystem sein, welches auf dem Mikrocontroller läuft. Dieses Regelsystem soll über eine Benutzeroberfläche, die auf dem Mikroprozessor läuft, gesteuert werden (Abb. 2).

## Realisierung

Als System, welches es zu regeln gilt, wurde ein Aufbau realisiert, der aus einem Helikopter, bestehend aus einem Motor und einem Propeller, in einer Führung ist (Abb. 3). Dieser Helikopter kann so vertikal auf- und abfliegen. Dessen Flughöhe soll geregelt werden. Dafür wurde eine Firmware für die Regelung entwickelt, welche auf dem Mikrocontroller läuft. Des Weiteren wurde eine Software für eine Benutzeroberfläche entwickelt, welche auf dem Mikroprozessor läuft. Um die Kommunikation zwischen den beiden Prozessen zu gewährleisten, wurde bei beiden Anwendungen eine Kommunikationsschnittstelle für RPMsg implementiert. Dazu wurde noch ein Konzept für die Kommunikation ausgearbeitet.

## Ergebnisse

Es wurde ein Prototyp für den Demonstrator gebaut (Abb.4). Die Firmware kann den Motor ansteuern und den Distanzsensor auslesen. Über die Benutzeroberfläche kann die Firmware gesteuert werden. Es war zeitlich nicht mehr möglich, die Regelung im Rahmen des Projekts auszulegen.

## Ausblick

Das Projekt stellt die Grundlagen zur Verfügung, um die Regelung auszulegen. Ausserdem ist die Benutzeroberfläche eine Kommandozeile. Anstatt dessen könnte eine grafische Benutzeroberfläche entwickelt werden. Wenn diese beiden Punkte noch umgesetzt werden, kann die Anwendung als Demonstrator bei Kunden eingesetzt werden.



**Diplomand**  
 Schlüssel Marvin

**Dozent**  
 Prof. Dr. M. Thalmann

**Themengebiet**  
 Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
 Toradex AG



# PLC-Modem als In-Situ Spektrumanalysator

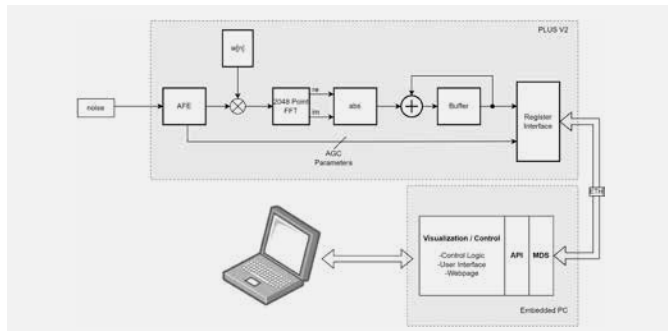


Abb. 1: Schema des Konzeptes

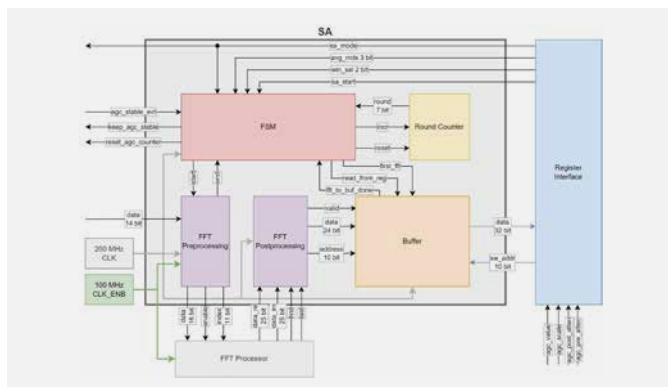


Abb. 2: Screenshot des Web-GUI bei der Analyse eines 28.8MHz Sinussignals mit Blackman Windowing und 16 gemittelten Messungen

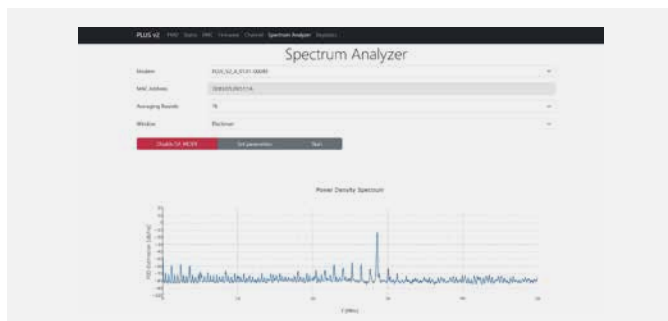


Abb. 3: Blockdiagramm des SA-Moduls im FPGA

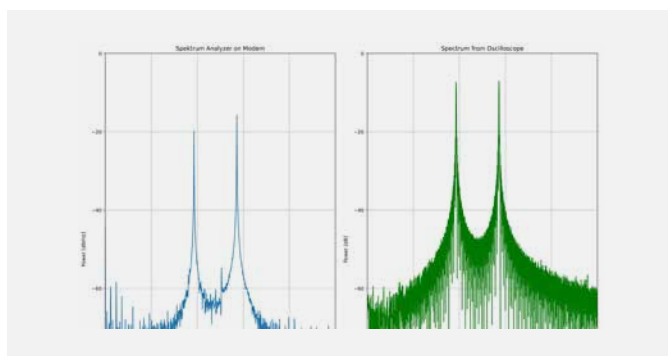


Abb. 4: Gemessenes Spektrum von zwei Sinussignalen gemessen mit dem neuen Feature auf dem Modem (links) und mit dem Oszilloskop (rechts)

## Problemstellung

Das CC ISN der HSLU Technik & Architektur hat eine Powerline Communications (PLC) PLUS Technologie entwickelt, die den Austausch von zeit- und sicherheitskritischen Daten über die Stromleitung ermöglicht. Die PLUS Technologie verwendet ein OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Übertragungsverfahren und ist auf dem FPGA basierten PLUS-V2 Modem implementiert.

Da für Anwendungen und Tests häufig das Rauschleistungsspektrum auf der Leitung von Interesse ist, soll das Modem zukünftig direkt für Messungen genutzt werden können. Dazu soll der bestehende Physical Layer des Modems möglichst ressourcenschonend um einen Spectrum Analyzer (SA) Mode erweitert werden. Zusätzlich soll die Anbindung an eine Managementsoftware erweitert werden, so dass der Spectrum Analyzer über ein Web-GUI bedient werden kann.

## Lösungskonzept

Das entwickelte Konzept ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Bei dem vorgeschlagenen Konzept handelt es sich um einen FFT-basierter Spektrumanalysator, der keinen Mischer zur Frequenzverschiebung benötigt und daher im Basisband arbeitet.

Da die Abtastrate des Modems 100 MHz beträgt, können Frequenzen von 0 bis 50 MHz analysiert werden. Darüber hinaus wird eine 2048-Punkte-FFT verwendet, die eine spektrale Auflösung von ca. 24 kHz entspricht. Weiter ist ein Windowing vorgesehen, mit dem Leakage-Effekte minimiert werden können. Ausserdem können mehrere FFTs durchgeführt und aufsummiert werden, so dass auch die Varianz im Spektrum minimiert wird.

## Realisierung

Der Grossteil der Funktionalität wird als Erweiterung des VHDL-Codes auf dem FPGA realisiert, wo der vorhandene FFT-Prozessor weiterverwendet und das Konzept in Logik umgesetzt wird (siehe Abb. 2). Das bestehende Register Interface des Modems wird angepasst und wiederverwendet, um die Messungen zu konfigurieren, zu starten und die Ergebnisse auszulesen. Der Spectrum Analyzer kann über eine das erweiterte webbasierte GUI bedient werden (siehe Abb. 3).

## Ergebnisse

Die entwickelten Erweiterungen haben sich als funktionsfähig erwiesen. Durch Tests und Vergleiche mit einem kommerziellen Messgerät konnten zudem einige Aussagen über den Amplitudengang des Empfangspfades des Modems in Abhängigkeit von der Eingangsverstärkung, sowie über das Eigenrauschen des Modems gemacht werden (siehe Abb. 4).



**Diplomand**  
 Schmid Elio

**Dozent**  
 Prof. Dr. J. Wassner

**Themengebiet**  
 Nachrichtentechnik/Signal Processing,  
 Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
 HSLU T&A. CC ISN

# CPU Simulator

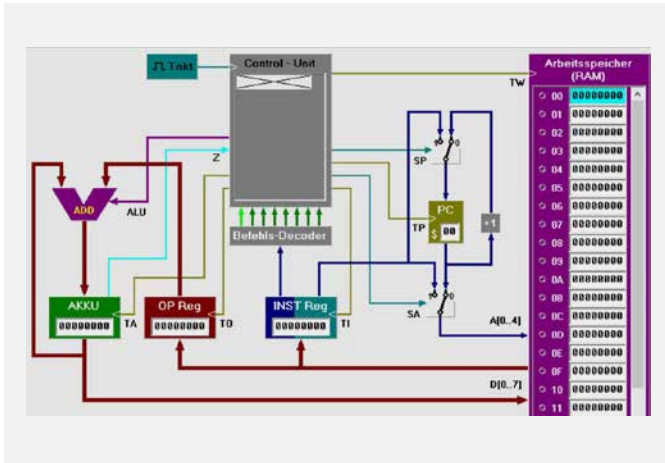


Abb. 1: Simulationssoftware Mikrosim32, basierend auf ein 8-Bit Mikroprozessor

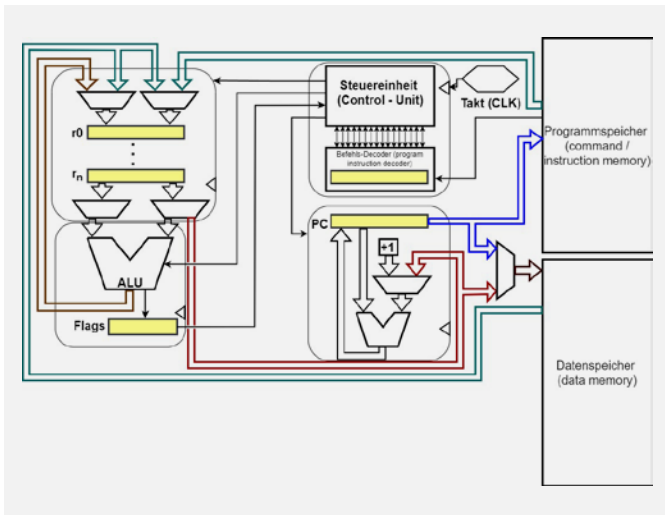


Abb. 2: Blockdiagramm des neuen RISC-Simulators

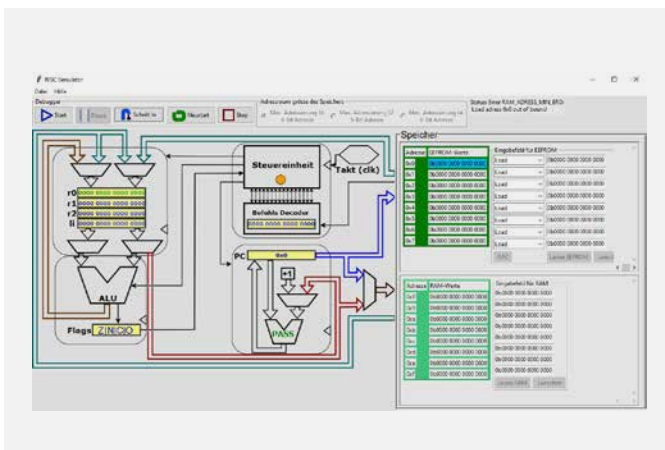


Abb. 3: RISC-SIM Version 1.0 Windows

## Problemstellung

Im MCFUN-Modul an der Hochschule Luzern wird die Simulationssoftware Mikrosim32 (siehe Abbildung 1) verwendet, um den Studierenden die Struktur und Funktionsweise einer Central Processing Unit (CPU) sowie den Ablauf in einer Micro Controller Unit (MCU) zu vermitteln. Der aktuelle Mikrosim32-Simulator an der HSLU ist veraltet und spiegelt den Aufbau von Mikrocontrollern nicht mehr zeitgemäss wider. Zudem treten vermehrt Probleme bei der Ausführung auf modernen Betriebssystemen auf. Daher wird in dieser Bachelorarbeit das bestehende Mikrosim32-Programm überarbeitet und auf den neusten Stand gehoben.

## Lösungskonzept

Die gegenwärtige Konzeption zielt darauf ab, einen Simulator gemäss dem RISC-Prinzip zu entwerfen, wobei besonderes Augenmerk auf eine zeitgemässe, benutzerfreundliche grafische Benutzeroberfläche gelegt wird. Diese Initiative basiert auf dem Leitbild des RISC-V. Die konzeptionelle Umsetzung wird durch das Blockdiagramm, welches in Abbildung 2 veranschaulicht ist, dargestellt.

## Realisierung

Es wird auf der Grundlage der Programmiersprache Python, der Harvard-Architektur und dem RISC-Prinzip eine neue 16-Bit Central Processing Unit Simulation Programm aufgebaut. Dieser Simulator trägt den Namen RISC-SIM und steht für RISC-Simulationsprogramm. Der Prozessablauf der CPU wird durch eine Animation visualisiert. Diese läuft in einem Thread und wird mit einer FSM realisiert. Ausserdem wird für die grafische Oberfläche die Library Tkinter verwendet. Diese bietet die Möglichkeit, zusammen mit Python-Code, eine grafische Oberfläche zu erstellen. Die Wahl auf Tkinter ist darauf zurückzuführen, dass sie auf den Betriebssystemen Windows, Mac und Linux ein lauffähiges Grafisches Benutzeroberfläche anbietet.

## Ergebnisse

Es zeigt sich, dass der RISC-SIM Version 1.0 (siehe Abbildung 3) ohne eine Entwicklungsumgebung auf den Betriebssystemen Windows und Mac lauffähig ist und seinen Zweck erfüllt. Es gibt zwei Bugfixes, einen optischen und einen beim Laden von .txt-Dateien, die jedoch keinen Einfluss auf die Lauffähigkeit des Programms haben. Ein weiterer Punkt ist, dass der RISC-SIM Version 1.0 für Mac auf einem Apple M2 (arm64) Architektur basierenden Hardware erzeugt wurde. Alle auf Intel-Architektur basierenden Macs laufen mit der RISC-SIM Version 1.0 nicht. Damit ist der RISC-SIM Version 1.0 Mac nicht rückwärts kompatibel, was auch der Philosophie von Apple entspricht. Ausserdem setzt Apple für ihre neuen Mac-Notebooks auf den M2-Chip. Somit stellt dies kein Problem dar, da die kommenden Studenten zwangsläufig mit der M2-Hardwarearchitektur arbeiten werden. Mitunter steht der Code und das Programm unter der BSD-3 Lizenz.



**Diplomand**  
Sigrist Markus

**Dozent**  
Prof. Dr. M. Thalmann

**Themengebiet**  
Technische Informatik & Embedded Systems

**Projektpartner**  
Intern

# Bakensignal Sender



Abb. 1: Die verwendete Hardware, das limeSDR mini



Abb. 2: Der Versuchsaufbau zur Verifikation des Testsenders

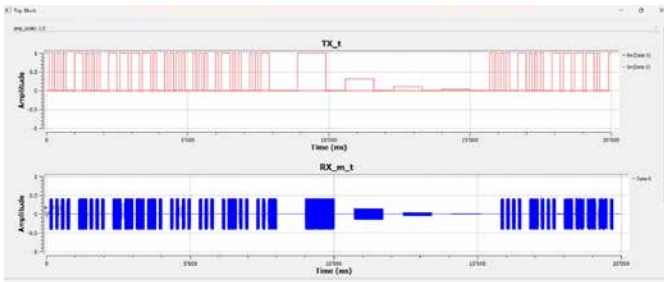


Abb. 3: Das gesendete und das empfangene Nutzsignal in der Zeit

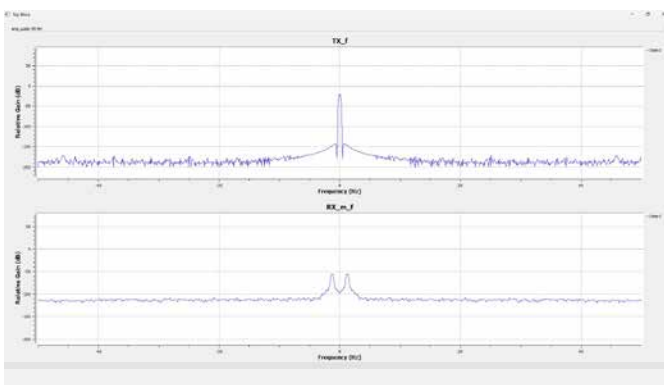


Abb. 4: Das gesendete und das empfangene Nutzsignal in der Frequenz

## Problemstellung

Die Hochschule Luzern verfügt am Campus Horw über eine gut ausgebaute Funkstation. Von dieser Funkstation aus können Signale über die verschiedenen, auf dem Dach der Hochschule angebrachten, Funkantennen gesendet und empfangen werden. Zur Überprüfung der Empfangseigenschaften der genannten Anlage soll im Rahmen dieser Arbeit ein Testsender auf Basis der «Software defined radio» (SDR) Technologie entwickelt werden.

## Lösungskonzept

Der oben genannte Sender folgt in seiner Funktion dem Konzept einer Funkbake und soll somit in den verschiedenen Frequenzbändern der Empfangsanlagen eine vorgegebene Sequenz aussenden können. Diese Sequenz besteht aus einem Rufzeichen in Morsecode sowie vier anschließenden Konstantpegeln mit um jeweils 10dB abnehmender Pegelstärke von jeweils einer Sekunde. Anhand der abnehmenden Signalstärke gegen Ende der Sequenz kann beim Empfang eine Aussage über die Kanaleigenschaften der Übertragungsstrecke oder die Empfangseigenschaften der Anlage getroffen werden.

## Realisierung

Für die Realisierung des genannten Testsenders wurde im Projekt die Entwicklungsplattform des limeSDR mini vorgegeben. Mit dem Produkt der Firma «Lime Microsystems» sowie der zugehörigen Entwicklungsumgebung, dem GNU Radio, konnten im Projekt mehrere Versionen des Testsenders realisiert werden. Die Entwicklung von verschiedenen Versionen ist hierbei dem Umstand geschuldet, dass die vorgegebenen Spezifikationen zuletzt in der Version vier erreicht werden konnten. Die Funktion des Senders wurde mit einem zweiten SDR gemäss der Abbildung 2 überprüft.

## Ergebnisse

Das finale Ergebnis ist ein funktionsfähiger Testsender, der den Spezifikationen einer Funkbake entspricht. In der Abbildung 3 ist sowohl das zu übertragende Nutzsignal vor der Mischung mit dem Träger sowie das empfangene Nutzsignal gemischt mit einem 600Hz Sinus gezeigt. Die Grafik zeigt, wie die, durch Amplitudenumtastung generierte, Morsesequenz des Rufzeichens einer vierstufigen Pegelabsenkung mit Konstantpegeln vorangeht.

## Ausblick

Als weitere Perspektive der Arbeit kann der entworfene Sender in einem kompletten System eingebettet werden, welches über einen Webserver ansprechbar ist, so dass die Funkbake auch aus der Distanz bedient werden kann. Auch wäre eine Erweiterung der Funktionalität denkbar, welche der Sendesequenz zusätzliche Informationen, wie den aktuellen Standort hinzufügen kann.



**Diplomand**  
Sonderegger Dominic

**Dozent**  
Prof. M. Joss

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik

**Projektpartner**  
Intern



# Calibration and Evaluation of Conoscope Images

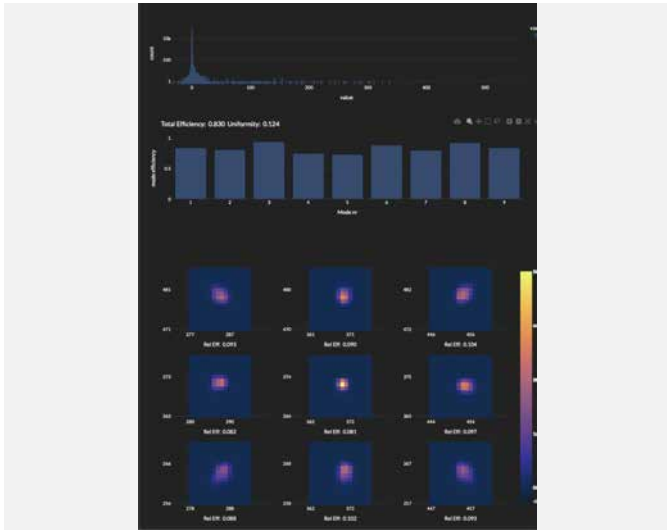


Abb. 1: Metrify showing the results of a fanout evaluation

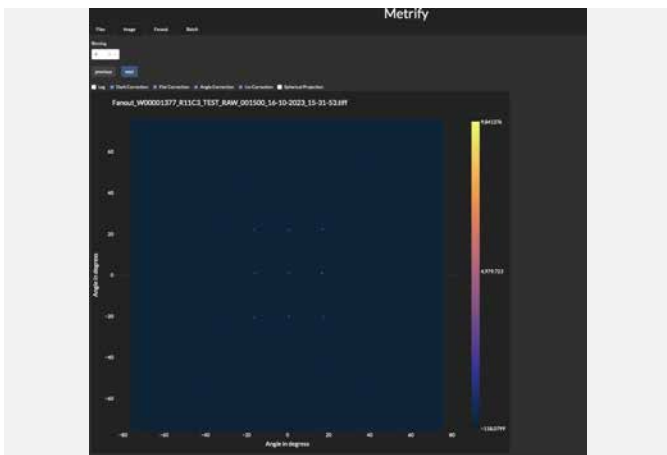


Abb. 2: Metrify showing the corrected conoscope image of a fanout optical element



Abb. 3: Results

## Task

NIL Technologies Switzerland GmbH (NILT) uses mass production testers from the Manufacturer Alfamation. This test system is used to inspect wafer level optical elements. In addition to the measurement results, the tester can store raw unprocessed image from the conoscope for debugging purposes.

To simplify the testing of new optical elements and different approaches in evaluation of such, NILT would like a processing toolchain for conoscope images independent of the tester. This allows NILT gather first results of new elements or insights for possible improvement in existing algorithms without the dependance, cost and time necessary if the manufacturer of the test system had to be involved.

## Concept

This work describes the implementation of a toolchain to process conoscope images from an optical mass production test system for wafer level optical elements.

The raw images from the test system are parsed for attributes, different corrections are being applied to create a corrected image.

The corrected image is then further used to extract the metrics of a diffractive fanout element. This element splits a collimated laser beam into 9 beams at different angle. The spots are localized in the corrected image and their intensity measured to extract the performance metrics required by NILT.

## Implementation

A Web Application named Metrify has been created with the python programming language utilizing the dash framework to process images of the type fanout and extract the metrics the customer requires.

## Results

The evaluation results of the toolchain have been compared with the results of the manufactures implementation using of a variable optical attenuator as a reference.



**Diplomand**  
Stadelmann Thomas

**Dozent**  
Dr. G. Wichmann

**Themengebiet**  
Image Processing

**Projektpartner**  
NIL Technologies Switzerland GmbH



# Sensordaten-Fusion zur Lagebestimmung

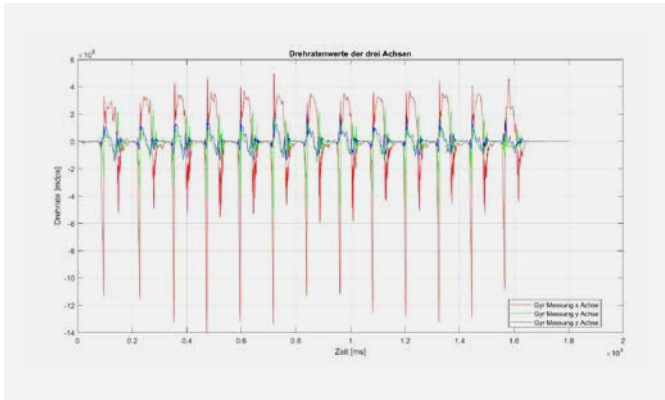


Abb. 1: Drehratenwerte der geraden Referenzstrecke mit 13 Schritten

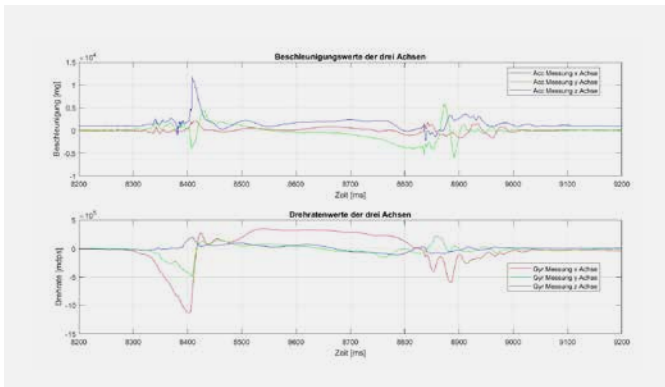


Abb. 2: Beschleunigungs- und Drehratenwerte der geraden Referenzstrecke von einem Schritt

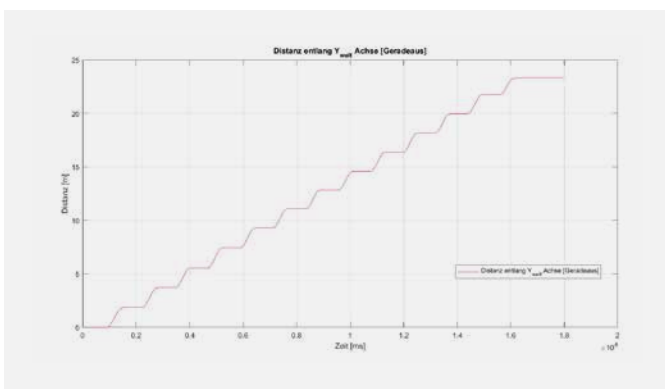


Abb. 3: Aus den geraden Referenzstreckendaten berechnete Distanz bei Konventioneller Datenauswertung

## Problemstellung

Das übergeordnete Projektziel ist es, sehbeeinträchtigten Personen mithilfe einer Sensormessplatine die Navigation im Raum zu erleichtern. Die Sensormessplatine wurde bereits in einer vorherigen Arbeit erstellt. Nun geht es darum, ein geeignetes Sensordaten Fusionsverfahren für die vier redundanten IMUs und Magnetfeldsensoren zu finden. Dabei soll schlussendlich die Position im Raum relativ zum letzten Synchronisationspunkt ermittelt werden.

## Lösungskonzept

Um das geeignete Fusionsverfahren zu bestimmen soll ein einheitlicher Testdatensatz sowohl für eine gerade als auch für eine L förmige Strecke aufgenommen werden. Diese Testdatensätze dienen dann als Referenzstreckendaten. Auf diese Weise können die verschiedenen Fusionsverfahren mit demselben Datensatz getestet werden. Dies ermöglicht es, dass die Ergebnisse der Fusionsverfahren miteinander vergleichbar und somit bewertbar werden. Somit können am Schluss die Ergebnisse der verschiedenen Fusionsverfahren miteinander verglichen werden.

## Realisierung

Nach einer sehr umfangreichen Recherche zu den möglichen Sensorfusionsverfahren wurde entschieden, dass der Kalman Filter und der Erweiterte Kalman Filter vertiefter untersucht werden sollen. Anschliessend musste unerwarteterweise eine Datenübertragung von der Messplatine auf den Laptop per USB CDC implementiert und getestet werden. Den die bisherige Datenübertragung entsprach nicht den Anforderungen. Es folgten die Aufnahme der Referenzstreckendaten. Nach einer ausführlichen Diskussion und Überprüfung der Datenkonsistenz folgte eine konventionelle Datenauswertung. Die konventionelle Datenauswertung wurde noch mit Verbesserungsmethoden wie Schritterkennung und Zustandeingriffen verbessert. Nach der Diskussion und Überprüfung dieser Ergebnisse wurde mit dem Kalman Filter weitergefahren.

## Ergebnisse

In der Dokumentation finden Sie nun eine umfassende Recherche zu Sensorfusionsverfahren. Zudem ist eine Datenübertragung per USB CDC implementiert worden. Dadurch können die Sensoren erstmals mit bis zu 10 kHz abgetastet und die Daten in Echtzeit übertragen werden. Die aufgenommenen Referenzstreckendaten stehen ausserdem für die Sensorfusionsverfahren als Input zur Verfügung. Zudem wurden die Referenzstreckendaten konventionell ausgewertet und so die Lage bestimmt. Diese Ergebnisse bilden eine solide Basis für die weitere Untersuchung der Sensorfusionsverfahren.



**Diplomand**  
Staub Stefan

**Dozent**  
Prof. Dr. M. Thalmann

**Themengebiet**  
Technische Informatik/Signal Processing/Nachrichtentechnik

**Projektpartner**  
Intern

# Generatives Filterdesign

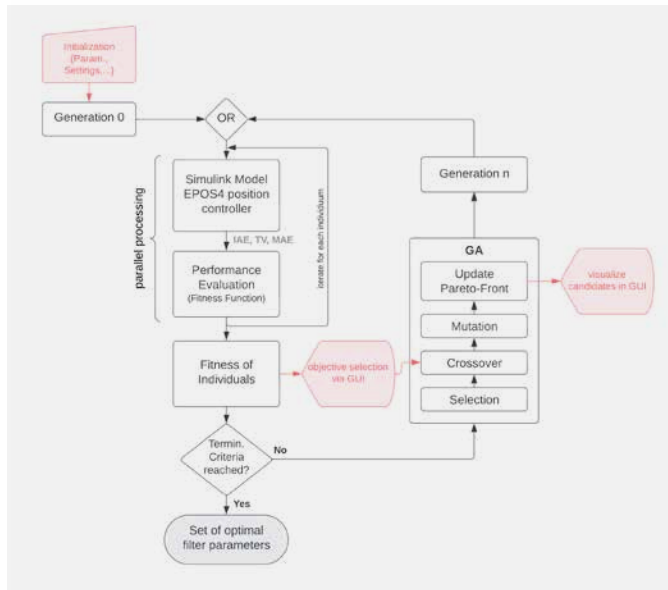


Abb. 1: Ablaufdiagramm des genetischen Algorithmus (GA)

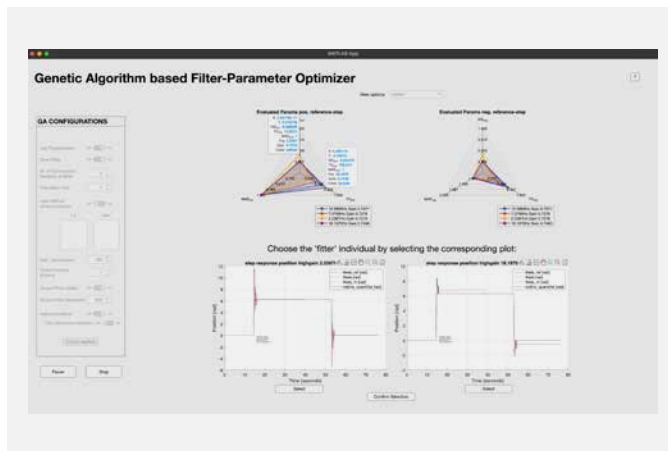


Abb. 2: GUI des genetischen Algorithmus (GA) zum interaktiven Lösen des MOP

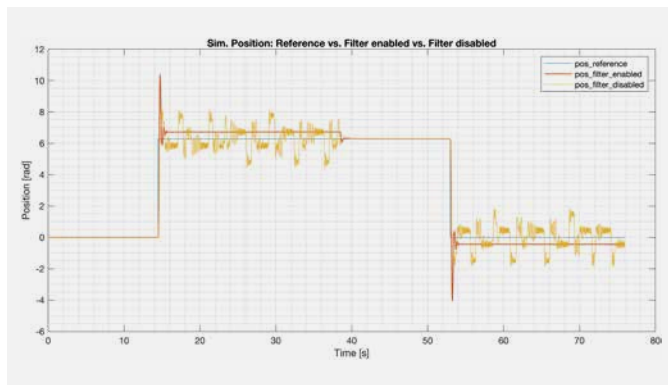


Abb. 3: Sprungantwort des Controllers ohne vs. mit Filter

## Problemstellung

Der im «EPOS4» Motion Control System eingesetzte Encoder führt bei hoher Reglerdynamik zu Oszillationen in der Positionsregelung eines Maxon EC Motors. Diese Oszillation soll durch ein optimal parametrisiertes adaptives Tiefpassfilter im Regelkreis verhindert werden. Die Identifikation der optimalen Filterparameter ist ein Mehrgrößen-Optimierungsproblem (MOP), welches ein Kompromiss zwischen Reglerdynamik und Stabilität darstellt. Um ein effizientes Lösen dieses MOPs zu ermöglichen, wird ein genetischer Algorithmus (GA) konzipiert und implementiert. Dabei wird untersucht, wie effizient dieser Algorithmus das MOP löst, und inwiefern ein solches System den Regelungstechnikingenieur bei der Filterparametrisierung unterstützen kann.

## Lösungskonzept

Auf Basis des «gamultiobj» Solvers in MATLAB wird ein GA implementiert, der ein autonomes und interaktives Lösen des bestehenden MOPs ermöglicht. Ein solcher GA ist eine Optimierungsmethode, welche die Prinzipien der biologischen Evolution anwendet. Eine bestimmte Anzahl an zufällig gewählten Filterparameter (Population genannt) durchlaufen dabei eine Evolution, indem die besten Parameter durch Selektion identifiziert, durch Rekombination neue Parameter «kreiert» und durch Mutation zusätzliche Parameter mitberücksichtigt werden (Abb. 1). Somit entwickeln sich die Parameter in Richtung des Pareto-Optimums.

## Realisierung

Zunächst wurde der GA implementiert und anschliessend mit einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) ergänzt (Abb. 2), welche die Konfiguration des Algorithmus und ein interaktives Lösen des MOP ermöglicht. Der Benutzer kann dabei durch das GUI direkt Einfluss in den Ablauf des Algorithmus nehmen. Dies geschieht, indem der Benutzer in jeder Iteration des Algorithmus interaktiv die besten Parameter selektiert und somit Einfluss in die Konvergenz des Algorithmus nehmen kann. Anhand einer entsprechenden Sprungantwort des Reglers kann so der Benutzer den Algorithmus nach seiner Präferenz «lenken».

## Ergebnisse

Mit dem implementierten GA-System ist es sowohl für Regelungstechnik-Experten wie auch für Nicht-Experten möglich, effizient optimale Filterparameter zu identifizieren, welche die Regler-Oszillation minimieren (Abb. 3). Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz eines GAs eine vielversprechende Methode zum Lösen des MOP ist, aber ein Hyperparametertuning des Algorithmus notwendig ist, um optimale Resultate erhalten zu können.



**Diplomand**  
Stocker Dario

**Dozent**  
Prof. Dr. A. Paice

**Themengebiet**  
Energie- und Antriebssysteme,  
Mechatronik/Automation/Robotik

**Projektpartner**  
maxon motor AG



# Strommessung eines BLDC Motors



Abb. 1: BLDC-Motor (Bürstenloser-Gleichstrommotor) welcher die DC-Motoren in Bahnschranken ersetzt.

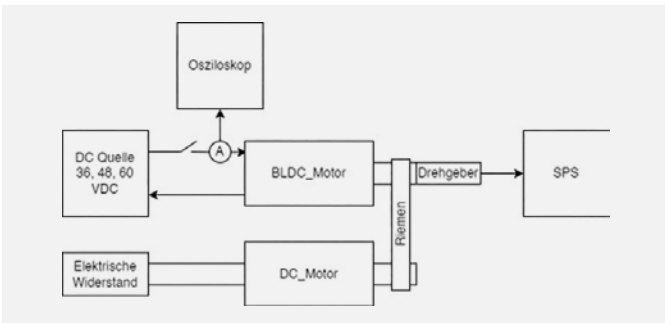


Abb. 2: Messaufbau für die Referenzmessungen des BLDC-Motors. Neben dem Strom wird auch Drehzahl gemessen. Ein DC-Motor dient zur Simulation der Last.

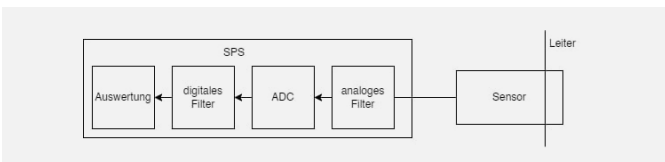


Abb. 3: Signalverlauf des gemessenen Stromsignals. Das Ausgangssignal des Sensors wird vor dem ADC (Analog-Digital-Umwandler) analog gefiltert. Danach digital gefiltert und von der SPS ausgewertet.

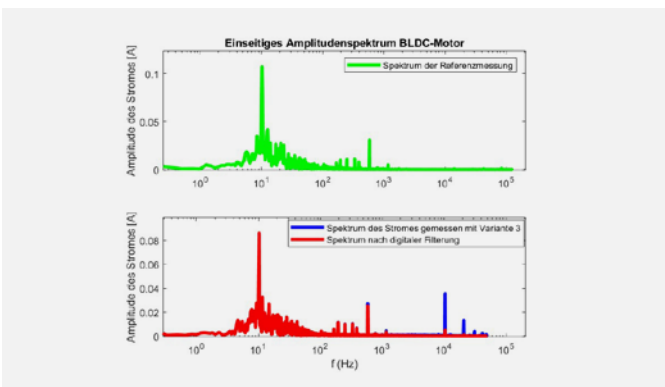


Abb. 4: Spektrum der Referenzmessung und der Strommessung mit Variante 3. Im Spektrum des gemessenen Signals sind die unerwünschten Frequenzen zusehen, welche durch die digitale Filterung gedämpft werden.

## Problemstellung

Die Firma Kummeler+Matter EVT AG arbeitet an der vorausschauenden Wartung von Bahninfrastrukturen. Für die Zustandsüberwachung der Anlagen soll der Strom der Antriebsmotoren gemessen werden. Da bestehende Anlagen nicht mechanisch verändert werden sollen, muss die Strommessung nicht-invasiv erfolgen. Für DC-Motoren wurde bereits eine Strommessung entwickelt. Der in Bahnschranken eingesetzte DC-Motor wird durch einen wartungsärmeren BLDC-Motor ersetzt, dessen Stromverlauf anders ist. Es muss überprüft werden, ob die bisher verwendeten Sensoren weiterhin geeignet sind.

## Lösungskonzept

Zunächst wurde eine umfassende Analyse des BLDC-Motors durchgeführt, um die Anforderungen für die Strommessung zu definieren. Durch Referenzmessungen wurde der notwendige Mess- und Frequenzbereich bestimmt. Für die Strommessung wurden zwei nicht-invasive Stromsensoren und zwei Eingangsklemmen untersucht. Dadurch ergeben sich vier Varianten des Aufbaus der Strommessung.

## Realisierung

Die vier verschiedenen Varianten wurden in Betrieb genommen. Dafür wurde ein SPS-Projekt erstellt und Funktionen implementiert, um mit den Sensoren den Strom des BLDC-Motors zu messen. Die Messresultate wurden mit den Referenzmessungen abgeglichen und es wurde geprüft, ob die Anforderungen eingehalten werden.

## Ergebnisse

Variante 3 wurde als beste Lösung empfohlen. Diese Kombination bietet eine präzise Stromüberwachung ohne Verfälschung durch Aliasing. Die Messschaltung wurde erfolgreich getestet und die Implementierung eines digitalen Filters auf der SPS ermöglicht eine Unterdrückung unerwünschter Frequenzkomponenten, welche durch die Messschaltung verursacht werden.

## Ausblick

Die nächste Phase umfasst die Integration der Messschaltung und des BLDC-Motors in die Steuerung der Testschranke. Weiterhin soll das digitale Filter optimiert und die gesamte Strommessung unter realen Bedingungen getestet werden. Langfristig wird die Anwendung dieser Technologie auf andere Systeme der Bahninfrastruktur angestrebt, um eine umfassende vorausschauende Wartung zu ermöglichen.



**Diplomand**  
Suter Patrik

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Prud'homme

**Themengebiet**  
Signal Processing, Energie und Antriebssysteme, Automation

**Projektpartner**  
Kummeler+Matter EVT AG



# Climate Chamber Controller



Abb. 1: Embedded Computer von Toradex (oben SoM, unten Carrier Board)

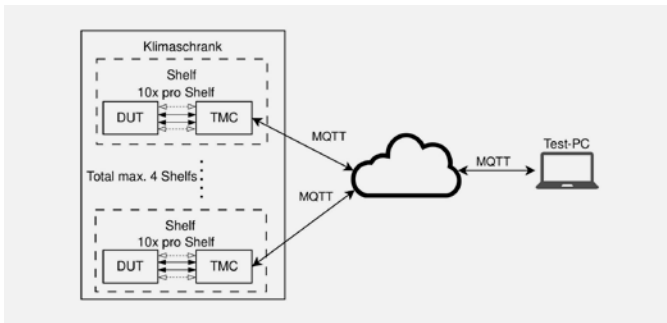


Abb. 2: Blockdiagramm Climate Chamber Controller gen.2

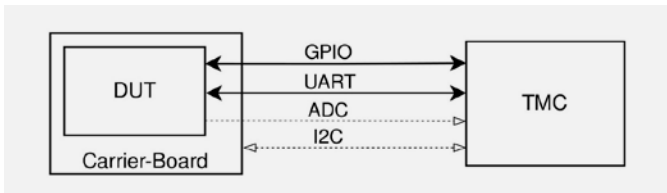


Abb. 3: Blockdiagramm Interface DUT und TMC

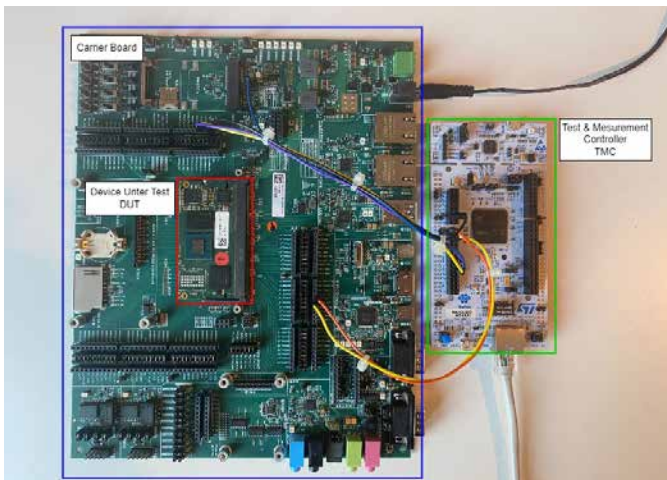


Abb. 4: Testaufbau mit DUT, Carrier Board und TMC

## Problemstellung

Die Firma Toradex AG entwickelt Hard- und Software für embedded Systeme, insbesondere System On Modules (SoM). Für das Testing der SoM in verschiedenen Temperaturbereichen nutzt Toradex einen Klimaschrank. Dieser beinhaltet ein verteiltes System, welches als Climate Chamber Controller (CCC) bezeichnet wird. Der CCC steuert und sammelt Messdaten von den zu testenden Geräten, sogenannte Device Under Test (DUT). Da das aktuelle System nicht mehr den Anforderungen entspricht, soll ein neues System, der CCC gen.2, entwickelt werden.

## Lösungskonzept

Beim CCC gen.2 erhält jedes DUT einen Test and Measurement Controller (TMC), der über MQTT mit dem Bedienungssystem kommuniziert. Der TMC bietet verschiedene Schnittstellen zum DUT. So soll der TMC mittels GPIO's das DUT ein- und ausschalten, reseten und dessen Power-Status ermitteln. Über UART werden die Debug-Ausgaben ausgelesen. Weiter soll der TMC Spannungen mittels ADC ermitteln und Messwerte von I2C-Devices auslesen. Die vom TMC gesammelten Daten werden über MQTT an das Bediensystem übermittelt werden.

## Realisierung

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Verarbeitung der Daten der UART-Schnittstelle. Das DUT gibt während eines Tests wichtige Informationen wie Bootlog oder Log-Daten von Testskripts über UART aus. Für die Realisierung wurde die Firmware des Vorprojekts als Grundlage verwendet. Diese verwendet FreeRTOS als Betriebssystem und ermöglicht so eine effiziente Erweiterung der Funktionalität. Die UART-Daten werden mittels DMA in einen Empfangsbuffer gelegt. Der Buffer wird von einem FreeRTOS Task gelesen und die Daten zeilenweise zu MQTT-Nachrichten verpackt. Um die MQTT-Nachrichtenmenge zu minimieren, werden falls möglich mehrere Zeilen zu einer Nachricht zusammengefasst.

## Ergebnisse

Die entwickelte Firmware liest erfolgreich die UART-Ausgabe des DUT ein und übermittelt sie über MQTT an das Bediensystem. Alle vom Industriepartner gestellten Anforderungen werden erfüllt. In einem nächsten Schritt soll die Stabilität des Systems optimiert werden, da die Stabilität der realisierten Firmware nicht uneingeschränkt gewährleistet ist.



**Diplomand**  
 Troxler Dario

**Dozent**  
 Dr. O. Kasten

**Themengebiet**  
 Technische Informatik (Embedded Systems), Mikrocontroller Programmierung

**Projektpartner**  
 Toradex AG



# Transformer

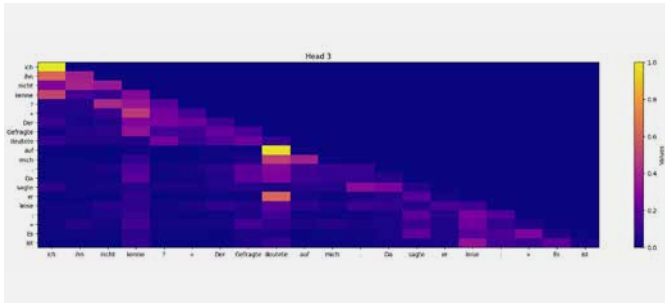


Abb. 1: Self-Attention Matrix des 3. Heads eines der trainierten Modelle

ent-, " fiel ich ihm ein . . . Ich weiß ja auch nicht , wohin sie gehören ! " Er griff zu sich , hielt ihm die beiden Hände entgegen und ließ sie auf ihn los ; er hielt mir die Arme fest an den Mund . Ich zog ihn fort und drückte ihm die Arme aus und riß ihn mit der Rechten , um ihn auf meinen Gürtel , und riß ihn los , um meine Klinge und schlug ihn aus den Hals in die Arme auf den Kopf . Da hinten an die Arme aus

Abb. 2: Generierter Text eines Modells, das mit dem Karl May Datenset trainiert wurde

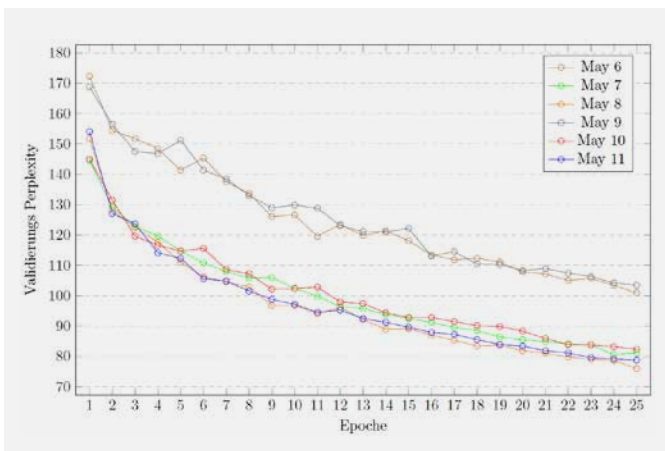


Abb. 3: Verlauf der Perplexities vom Training von verschiedenen Modellen

## Problemstellung

Transformer gehören zu den neueren Architekturen in der Machinelearning-welt. Ziel dieser Arbeit ist es, diese Architektur besser zu verstehen und selbst ein Transformer-Modell zu programmieren. Mit diesem Modell soll dann Text im Stil des Datensatzes generiert werden.

## Lösungskonzept

Die Modelle sollen mit Pytorch programmiert werden. Die Implementation wird auf Google Collab realisiert. Der Trainingsprozess kann mit Hilfe der GPUs von Google Collab um den Faktor 20 verschleunert werden. Als Datensatz werden das Wikitext2 Datenset und für eine weitere Generation von Modellen 25 Bücher von Karl May verwendet. Zusätzlich wird ein Programm, um mit dem Modell Text zu generieren, geschrieben. Um bestmögliche Resultate zu erzielen, wird auch ein Beam-Search eingesetzt.

## Realisierung

Es wurde eine erste Serie von verschiedenen Transformer-Modellen trainiert. Bei diesen Modellen wurden die Anzahl Layer und Heads variiert und untersucht, ob diese Änderungen eine Verbesserung im generierten Text hervorbringen. Anhand der Resultate wurden dann weitere Untersuchungen gemacht.

## Ergebnisse

Es wurde herausgefunden, dass die Anzahl der Heads einen Einfluss auf das Resultat haben. Die Heads verschlechtern die Resultate des Modells. Bei einer Embeddingsize von 256 schneiden vier Heads in jedem getesteten Fall besser ab als Modelle, welche mit acht Heads trainiert wurden. In Perplexity ausgedrückt erreicht das beste Modell 59.99. Die Modelle, die mit dem Wikitext2 Datenset trainiert wurden, generierten grösstenteils Zeichenketten anstelle von leserlichem Text. Die Modelle, die mit den Karl May Büchern trainiert wurden, erzeugten leserliche Resultate. Diese Texte folgen einem wagen roten Faden, die einzelnen Sätze machen jedoch nicht immer Sinn.



**Diplomand**  
Vaes Nick

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Hunziker

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing

**Projektpartner**  
Intern

# Vorausschauende Wartung automatischer Schiebetüren

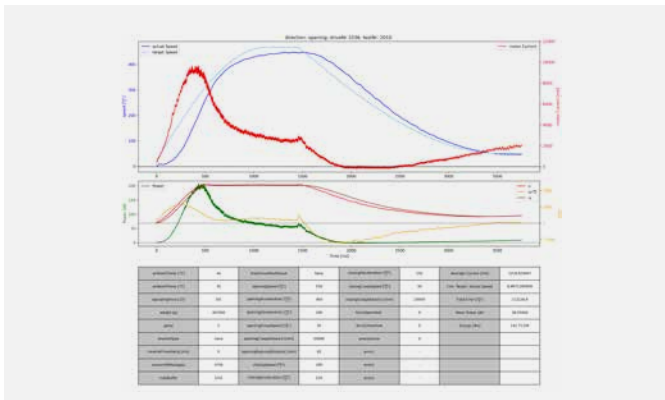


Abb. 1: Aufgezeichnete Öffnungsfahrt mit Resultaten

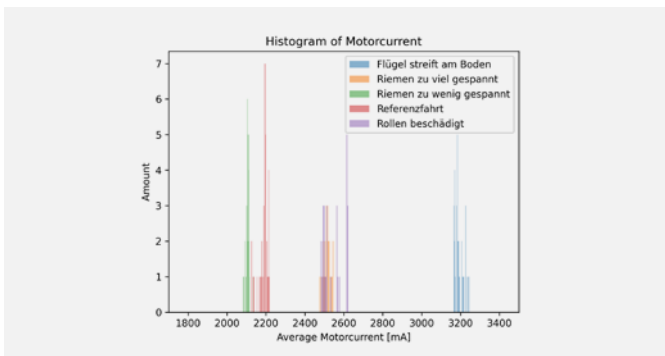


Abb. 2: Durchschnittsströme von verschiedenen Testfällen



Abb. 3: Testanlage für Messungen

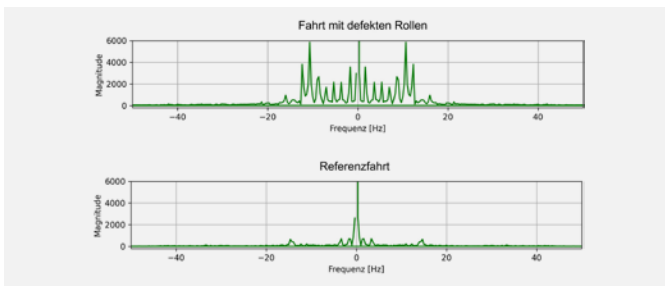


Abb. 4: Frequenzanteile des Geschwindigkeitsverlaufs

## Problemstellung

Die Firma Gilgen Door Systems ist ein Hersteller von automatischen Schiebetüren und Toren. Neben zyklischen Wartungsterminen werden Störungen und Ausfälle von Anlagen heute nur nach Meldung behoben. Es soll untersucht werden, ob eine vorausschauende Wartung an automatischen Schiebetüren technisch möglich ist, idealerweise mit der bestehenden Sensorik der Anlagen. Messdaten stehen noch keine zur Verfügung.

## Lösungskonzept

Zunächst erfolgte eine Systemanalyse zur Identifizierung wartungsintensiver Komponenten und ihres Verhaltens. Daraufhin wurden Kenngrößen ermittelt, um den Zustand der Komponenten zu beurteilen. Mit diesen Erkenntnissen entstand ein Gesamtkonzept zur Datengewinnung an den Anlagen. Während der Fahrt werden auf der Steuerung Daten codiert und auf einem USB-Stick gespeichert. Diese werden am Computer decodiert, überprüft und ausgewertet.

## Realisierung

Die Datenpakete beinhalten alle nötigen Informationen wie Parameter, Errors, Fahrdaten sowie Betriebsstunden und Zähler. Für eine erste Analyse wird automatisch für jede Fahrt ein Signalverlauf erzeugt (Abb. 1). Für die Auswertung von Datensätzen werden verschiedene statistische Berechnungen der Messwerte sowie eine Frequenzanalyse (FFT) durchgeführt.

Die Resultate werden abgespeichert und können untersucht werden. Um das Konzept zu überprüfen, wurden über 2200 Fahrten an einer Testanlage (Abb. 2) aufgezeichnet. Dabei wurden verschiedene Falschmontagen, Defekte und Verschleiss simuliert.

## Ergebnisse

Die Auswertung der Testmessungen haben gezeigt, dass simulierte Defekte und Probleme identifizierbar sind und auch Komponenten zugeordnet werden können. Vor allem die Analyse des Motorstroms, des Regelfehlers und der Frequenzanteile des Geschwindigkeitsverlaufs (Abb. 3.) zeigen Erfolge. Als Produkt entsteht ein Tool, um Datensätze von Anlagen zu erfassen und auszuwerten.

## Ausblick

Das resultierende Produkt ist ein Tool zur Erfassung und Auswertung von Anlagendaten. Als nächster Schritt kann es verwendet werden, um über längere Zeiträume Fahrten an verschiedenen Anlagen aufzuzeichnen. Dadurch entsteht ein umfangreicher Datenpool, der Untersuchungen unter realen Bedingungen ermöglicht.



**Diplomand**  
Venetz Michael

**Dozent**  
Prof. E. Styger

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik, Technische Informatik  
(Embedded Systems), Mechatronik/  
Automation/Robotik

**Projektpartner**  
Gilgen Door Systems AG



# Bremsdruckmeldung mittels Schallsignal in Hauptluftleitung

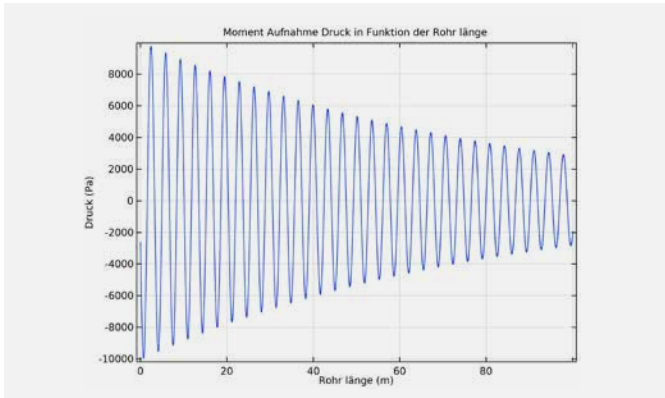


Abb. 1: Druck bei 100 Hz in Funktion der Rohrlänge (Thermische Verluste)

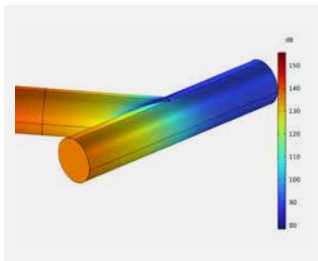


Abb. 2: Schalldruckknoten auf Abzweigung

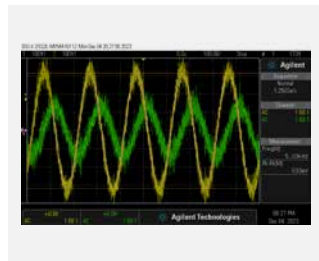


Abb. 3: Druckmessung am Beginn und Ende eines 4.6m Rohres



Abb. 4: Versuchsaufbau

## Problemstellung

Das Bremssystem eines Güterzuges wird mit Luftdruckbetrieben. Nach dem der Güterzug abgebremst hat müssen, vor einer erneuten Bremsung, die Luftbehälter auf den Wagons erneut gefüllt werden. Momentan hat der Lokführer keinerlei Rückmeldung über den füllstand dieser Behälter. Der Lokführer wartet eine gewisse Zeit, nach verstreichen dieser Zeit kann er sicher sein, dass die Druckluftbehälter wieder voll sind. Es wurde versucht eine Rückmeldung über den Druck mit einer Drahtlosenverbindung dem Lokführer zu melden. Diese hat sich insbesondere bei Tunnelfahrten nicht bewährt.

## Lösungskonzept

Durch Simulationen soll aufgezeigt werden, ob der Ansatz Daten mit einem Schallsignal zu übertragen funktioniert. Das bedeutet am Ende des Rohres soll noch ein messbarer Pegel vorhanden sein. Basierend darauf soll am Ende eine Empfehlung über die «Marschfähigkeit» der Signalübertragung durch Schallwellen in der Hauptluftleitung abgegeben werden. Als primäre Entscheidungsgrundlage werden dafür in der numerischen Simulationssoftware «COMSOL Multiphysics» entsprechend Simulationen erstellt. Die alle relevanten Aspekte modellieren und Aussagen über ihren Einfluss treffen.

## Realisierung

Im COMSOL werden Simulationen für Verluste in einem geraden Rohr durchgeführt. Mögliche Ursachen für Verluste sind, wenn das Material unter dem Druck seine Form ändert, dass Energie durch Reibung der Luft Moleküle als Wärme verloren geht und Verluste, die durch die relative Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden. Nach den Verlusten in einem geraden Rohr werden Simulationen von Geometrieänderungen durchgeführt. Zu diesen gehören Kurven, Verzweigungen und die Kupplung der Hauptluftleitung. Während dessen werden die Verluste in einem geraden Rohr mit einem Versuchsaufbau verifiziert.

## Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse und Verifikationen zeigen, dass je höher die Frequenz, desto höher die Schallintensitätsverluste. Dies bedeutet das für eine Signalübertragung, über eine Zuglänge von 700m und ohne Verstärker, Frequenzen von unter 1000 Hz infrage kommen. Die Simulationen der Verzweigungen zeigen, sollte ein Schalldruckknoten auf einer Verzweigung zu liegen kommen, eine Dämpfung von ca. -70 dB. Um diesen Effekt zu verhindern, muss die Wellenlänge der Frequenz vier Mal länger sein als der längste Abschluss. Der Ansatz der Signalübertragung mittels Schallsignalen in der Hauptluftleitung ist bei niedrigen Frequenzen vielversprechend.



**Diplomand**  
Wüst Joshua Jonathan Daniel

**Dozent**  
Prof. Dr. T. Graf, Prof. R. Mettler

**Themengebiet**  
Nachrichtentechnik/Signal Processing  
Technische Informatik (Embedded Systems)

**Projektpartner**  
Vib GmbH





# AMZ Formula Student Electric



Abb. 1: Diesjähriges Rennauto dufour

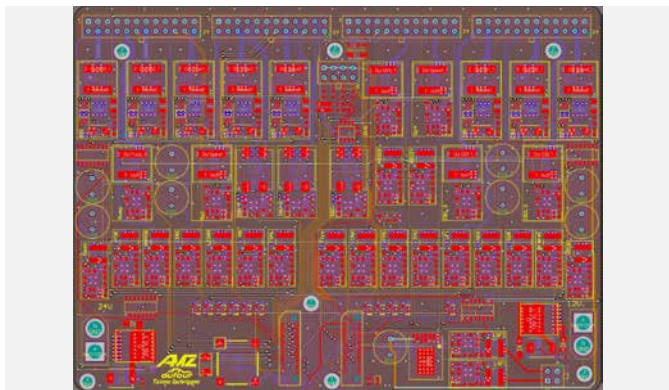


Abb. 2: Layout LV-Supply



Abb. 3: LV-Supply



Abb. 4: Boxverkabelung DCDC-PCB und LV-Supply

## Problemstellung

Jedes Jahr baut der Akademische Motorsportverein Zürich einen Rennwagen, um an den Events der Formula Student Electric teilzunehmen. Insgesamt 16 Fokusstudenten der ETH und 5 Studierende der HSLU arbeiten gemeinsam am diesjährigen Fahrzeug dufour. Die Studierenden der HSLU übernehmen dabei einen grossen Teil der elektronischen Arbeitspakete.

Diese Arbeit behandelt das DC-DC PCB und das LV-Supply von dufour. Beide Systeme kombiniert sind entscheidend für die Verteilung der Spannung im gesamten Fahrzeug. Das Hauptziel besteht darin, die einzelnen Fahrzeugkomponenten mit einer stabilen Spannung zu versorgen und eine zuverlässige Absicherung dieser Komponenten zu gewährleisten.

## Lösungskonzept

Das Regelwerk der Formula Student Germany bietet eine Basis für die Konzeptentscheidungen und die Umsetzung der einzelnen Arbeitspakete. Im Fahrzeug müssen alle Leitungen angemessen abgesichert sein, was in diesem Jahr mithilfe von eFuses erreicht wird. Die eFuses befinden sich auf dem LV-Supply, welches insgesamt eine kompakte und effiziente Verteilung der Niederspannung im gesamten Fahrzeug sicherstellt. Das DC-DC PCB wurde entwickelt, um aus der Akkuspannung, die nominal 51.8 V beträgt, stabile 12 V und 24 V Ausgangsspannungen zu generieren.

## Realisierung

Im Rahmen der Arbeit wurden zwei DC-DC-Wandler auf dem PCB implementiert, die stabile 12 V und 24 V Ausgangsspannungen liefern. Ein Kühlkonzept wurde entwickelt, um übermässige Erwärmung zu vermeiden. Das Design des LV-Supply-PCBs wurde optimiert, um ein einfacheres und schnelleres Debugging in der Testphase zu ermöglichen. Alle Ausgänge wurden erfolgreich mittels eFuses abgesichert, wodurch eine schnelle Wiederinbetriebnahme nach Auslösung ermöglicht wird. Zusätzlich wurden Strommessungen des Shut Down Circuits implementiert, um ein einfacheres und schnelleres Debugging zu ermöglichen. Die Kühltemperaturen wurden mithilfe von 1-Wire-Temperatursensoren überwacht.

## Ergebnisse

Nach einigen anfänglichen Problemen, die stetig optimiert wurden, funktionieren sowohl das DC-DC PCB als auch das LV-Supply zuverlässig und stabil.



### Diplomand

Zurbruggen Tiziano

### Dozent

Prof. Dr. A. Omlin; Prof. R. Mettler;  
Prof. E. Styger

### Themengebiet

Nachrichtentechnik, Technische Informatik,  
Energie- und Antriebssysteme, Mecha-  
tronik/Automation/Robotik

### Projektpartner

AMZ







**Hochschule Luzern**  
**Technik & Architektur**  
Technikumstrasse 21  
6048 Horw  
T +41 41 349 33 11  
technik-architektur@hslu.ch  
hslu.ch/technik-architektur



Mehr Informationen zum  
Bachelor Elektrotechnik und  
Informationstechnologie