

Reaktives Hardwaremonitoring autonomer Roboter

Universität Kassel

Projektbericht von
Christian Schaub

Fachgebiet Verteilte Systeme
Universität Kassel

Gutachter: Prof. Dr. Kurt Geihs

Betreuer: Dipl.-Ing. Dominik Kirchner

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problemstellung	2
3	Konzept	3
3.1	Messen physikalischer Größen	4
3.2	Kommunikation	4
3.3	Reaktionen durch das Meßsystem	4
4	Umsetzung	6
4.1	Hardware	6
4.1.1	Messen physikalischer Größen	7
4.1.2	Kommunikation	7
4.1.3	Reaktionen durch das Meßsystem	7
4.2	Software	8
4.2.1	Microcontroller	8
4.2.2	Robotersystem	8
5	Evaluierung	11
5.1	Messen	11
5.2	Kommunikation	11
5.3	Reaktion	12
6	Zusammenfassung	16
	Literaturverzeichnis	17

1 Einleitung

Das Forschungsgebiet autonome Robotik steht aufgrund der durch die Roboter autonom entschiedenen Aktionen neuen Herausforderungen, die Zuverlässigkeit¹ der entwickelten Roboter betreffend, gegenüber[6]. Autonome mobile Roboter bewegen sich frei in ihren jeweiligen Einsatzgebieten und müssen dadurch unter anderem in der Lage sein sich selbstständig in diesem Gebiet zu orientieren. Im Gegensatz zu Robotern mit *statischen Routen* festen Wegpunkten ist hier das Gefährdungspotenzial für den Benutzer und die Umgebung weitaus höher[3]. Als Beispiel können die Fußballroboter des Fachgebietes dienen[4]. Diese können durch ihren Aufbau, das damit verbundene Gewicht von 30kg und ihrer maximalen Geschwindigkeit von 4 m/s eine Gefahr darstellen. Um die von diesem System ausgehenden Gefahren zu minimieren, ist eine verlässliche Sensorik und Aktorik notwendig um die Roboter selbst, sowie deren Nutzer und die Umgebung zu schützen. Sämtliche Aktorik und Sensorik ist auf bestimmte physikalische Gegebenheiten angewiesen, um nach Spezifikation zu funktionieren. Viele Microcontroller benötigen beispielsweise eine bestimmte stabilisierte Betriebsspannung.

Im Rahmen dieses Projektes wurden daher Möglichkeiten untersucht unterschiedlichste relevante physikalische Größen in einem autonomen Robotersystem zu erfassen, diese Daten für weitergehende Diagnosen zu kommunizieren und schnelle Reaktionen auf diese Daten Editieren direkt auf der Controllerebene auszuführen. Ein Beispiel wäre hier die sofortige Deaktivierung eines Sensors, sollte eine Betriebsspannung außerhalb der Spezifikation anliegen.

Die grundsätzliche Verarbeitung und Auswertung der erfassten Daten findet weiterhin im Robotersystem selbst statt. Um die Verfügbarkeit der erfassten Messwerte im Robotersystem sicherzustellen, werden diese redundant zum Robotersystem übermittelt.

Auf die einzelnen Schritte vom Formulieren der Problemstellung über konzeptionelle Entscheidungen bis zur Umsetzung und Evaluierung wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

Related Work: -

¹Wahrscheinlichkeit einer fehlerfreien Anwendung über eine spezifizierte Zeitdauer[2]

2 Problemstellung

Autonome Roboter bestehen aus mechanischen und elektronischen Komponenten und sind, wie einleitend beschrieben, schnell und schwer genug um sich selbst, die Umgebung oder Personen zu gefährden. Ziel dieses Projektes ist ein Beitrag zur Steigerung der Zuverlässigkeit eines autonomen Roboters. Hierzu soll im Rahmen des vorgestellten Projektes eine Überwachung von systemrelevanten physikalischen Größen¹, deren Ausprägung Rückschlüsse über den Zustand wichtiger mechanischer oder elektronischer Komponenten zulassen können und die Möglichkeit einer Reaktion umgesetzt werden.

Um einerseits die erfassten Daten dem Robotersystem zur weiteren Auswertung übermitteln zu können und andererseits die Einstellung bestimmter Parameter, sowie die Steuerung der Aktionen des Meßsystems durch das Robotersystem zu ermöglichen, muß eine ausfallsichere Kommunikation zwischen dem Roboter- und Meßsystem ermöglicht werden.

Durch die eingangs beschriebene Problemstellung ergeben sich mehrere zu lösende Aufgaben. Zum einen müssen Möglichkeiten untersucht werden physikalische Größen, wie Spannungen, Temperaturen oder Licht zu messen. Zum anderen soll das Meßsystem direkt entsprechende Reaktionen durchführen können, sollten die Meßwerte bestimmte Sicherheitskriterien verletzen. Zudem müssen die Daten zum Robotersystem übertragen werden, um weitere Auswertungen vornehmen zu können.

Um eine möglichst allgemeine Anwendbarkeit zu erreichen(z.B. große Systeme mit einer Vielzahl zu erfassender Meßgrößen), ist die Skalierbarkeit² des Meßsystems durch eine dezentrale Organisation mehrerer paralleler Meßsysteme in einem Robotersystem vorzusehen.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Grundfunktionalitäten des Meßsystems:

1. Messen physikalischer Größen
2. Kommunikation
3. Reaktionen durch das Meßsystem

¹elektrische Spannung, Temperatur, Licht [7]

²Steigerung der Leistung(hier: Anzahl der erfassbaren Meßgrößen des Systems durch das Hinzufügen zusätzlicher Meßknoten)[8]

3 Konzept

Im folgenden Kapitel werden die Konzepte zum Bereitstellen der in Kapitel 2 diskutierten Grundfunktionalitäten des zu konzipierenden Systems dargestellt und der in Abbildung 3.1 grundlegend dargestellte Entwurf des Meßsystems weiter konkretisiert.

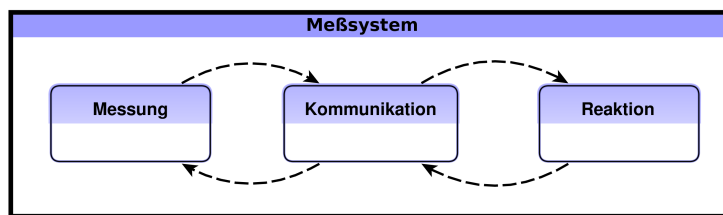


Abbildung 3.1: erster Entwurf des Meßsystems

Ein reaktives Meßsystem setzt einerseits die Möglichkeit einer lokalen Informationserfassung- und -verarbeitung voraus. Andererseits muß jedes Meßsystem, auch auf Grund der nötigen dezentralen Organisation mehrerer paralleler Meßsysteme (Skalierbarkeit), selbstständig einfache Entscheidungen treffen können. Das Meßsystem benötigt demnach eine Kontrolleinheit, diese sollte in Lage sein eventuell durch das Ansteuern von Peripherie, die Kommunikation zum Robotersystem zu steuern und Befehle vom Robotersystem zu empfangen und auszuführen. Ein derartiges Meßsystem, Abbildung 3.3 zeigt den konkretisierten Aufbau, stellt einen lokalen reaktiven Agenten[5] dar.

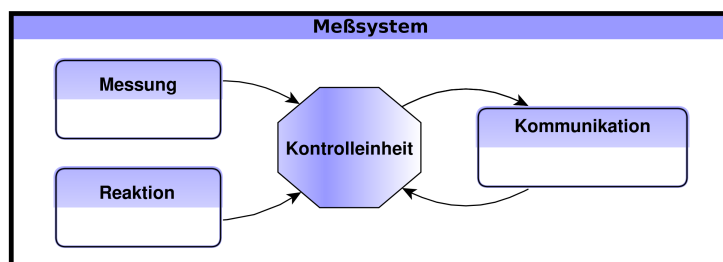


Abbildung 3.2: Meßsystem mit Kontrolleinheit

Die angestrebten Funktionalitäten sind grundsätzlich unabhängig, daher werden die Konzepte zur Entwicklung der Funktionalitäten Messen, Kommunikation und Reaktion in den folgenden Unterkapiteln getrennt diskutiert.

3.1 Messen physikalischer Größen

Zur Spannungsmessung stehen sogenannte ADC¹ Eingänge, zum Konvertieren der analogen Messwerte in digitale Werte zur Verfügung. Das Messen anderer physikalischer Größen erfolgt über Sensoren, diese geben Spannungswerte aus, die mittels des ADC in digitale Werte konvertiert werden. Die erfassten digitalen Spannungswerte müssen zunächst durch eine Kontrolleinheit, mittels der im Datenblatt des Sensors festgelegten Formeln oder Tabellen ausgewertet und in die tatsächliche physikalische Größe umgerechnet werden. Zu beachten ist, daß die maximale Höhe der durch einen ADC erfassbaren Spannung durch die Höhe dessen Versorgungsspannung begrenzt wird. Sollen Spannungen über der Versorgungsspannung des ADC erfasst werden, müssen diese vor der Messung durch den ADC mit geeigneten messtechnischen Verfahren auf die maximal zulässige Spannung reduziert werden. Die Umrechnung in den tatsächlichen Wert übernimmt anschließend die Kontrolleinheit, daher muß der Kontrolleinheit das Verhältnis bekannt sein, das die Reduzierung der zu messenden Spannung bestimmt.

3.2 Kommunikation

Die Kontrolleinheit sollte mehrere Kommunikationskanäle bereitstellen, um die Kommunikation zu angesteuerten Komponenten des Meßsystems selbst und dem Robotersystem zu ermöglichen. Um diese Kommunikation zu ermöglichen, sind verschiedene Bussysteme verfügbar, durch die Kontrolleinheit gesteuerte Komponenten des Meßsystems realisieren und steuern den Bus. Um eine ausfallsichere Übertragung der systemrelevanten Daten zu gewährleisten, sollte die Kommunikation redundant erfolgen.

3.3 Reaktionen durch das Meßsystem

Reaktionen durch das Meßsystem erfordern einerseits die Möglichkeit einer einfachen Zweipunktregelung² der überwachten Komponenten durch das Meßsystem und andererseits die eingangs beschriebene Möglichkeit einfache Entscheidungen durch eine Kontrolleinheit lokal zu treffen und Befehle des Robotersystems auszuführen. Sollen Komponenten überwacht werden, deren Betriebsstrom zu hoch ist um diese direkt zu regeln, muß es durch geeignete Verfahren der Meß- und Regelungstechnik ermöglicht werden diese Komponenten indirekt zu regeln. Die Kontrolleinheit steuert in diesem Fall diese Regelung.

¹Analog-Digital-Converter

²Regler mit zwei Ausgangszuständen. Je nachdem, ob der Istwert über oder unter dem Sollwert liegt, wird der obere oder der untere Ausgangszustand eingenommen. Quelle:<http://de.wikipedia.org/wiki/Zweipunktregler>

Um ein generisch einsetzbares Meßsystem zu konstruieren, muß es möglich sein unterschiedliche Meßbereiche zu erfassen. Daher sind konfigurierbare Meßbereiche und ein dementsprechend modularer Aufbau der Meßvorrichtung des Meßsystems vorzusehen.

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Konzept, wie durch Abbildung 3.3 dargestellt:

- Lokale Reaktivität durch on-board Verarbeitung der Messwerte.
- Generischer Einsatz durch Nutzung der Trennung von Sensorik und ADC durch modulares Design der Meßvorrichtung.
- Skalierbarkeit durch dezentrales Design und redundante(Ausfallsicherheit) Kommunikation.

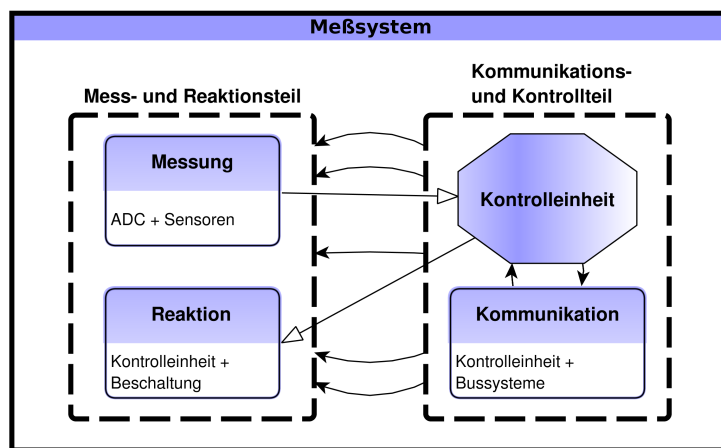


Abbildung 3.3: Meßsystem mit modularem Meßteil und Kontrolleinheit

4 Umsetzung

In diesem Kapitel, wird die Umsetzung zuvor dargestellten Konzeptes beschrieben. Zunächst wird die Umsetzung der Hardwarekomponenten beschrieben, anschließend folgt die Beschreibung der Software des Microcontrollers und des Robotersystemes.

4.1 Hardware

Die konzeptionell als Kontrolleinheit bezeichnete Komponente des Systems wird durch einen Microcontroller der ATMEGA-Familie umgesetzt. Der ATMEGA644-PU verfügt über die notwendigen Möglichkeiten zur Kommunikation durch ein integriertes SPI und zwei RS232 Anschlüsse. Die Erfassung von Spannungswerten ist durch den integrierten ADC möglich. Eine erste Inbetriebnahme des Microcontrollers erfolgte durch den Aufbau einer Grundbesaltung, Abbildung 4.1 zeigt den Schaltplan, des Microcontrollers auf einem Steckbrett.

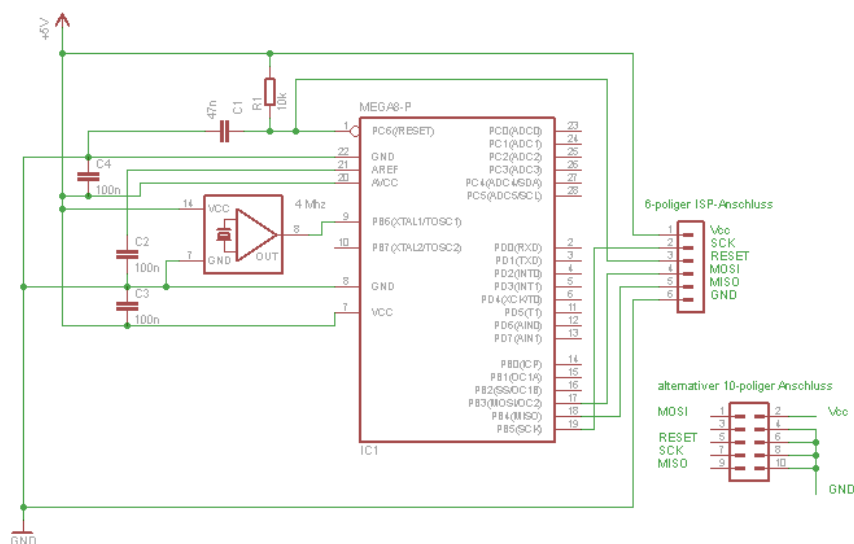


Abbildung 4.1: Grundbesaltung ATMEGA-Microcontroller

4.1.1 Messen physikalischer Größen

Meßbereiche -> Spannungsteiler, Op; Schutz -> ZDioden, Schaltplan ...

4.1.2 Kommunikation

UART(max232 Chip), CAN(mcp2515+treiber), Schaltplan...

4.1.3 Reaktionen durch das Meßsystem

Schaltung von Last durch Relais, Schaltplan...

Kenngößen des Systems:

Stromaufnahme: I_{default} : 96,7 mA, I_{prog} : 86,5 mA, $I_{\text{Relais 1}}$: 120,4 mA, $I_{\text{Relais 2}}$: 147 mA

ADC-Taktung: Datenblatt: $2,08 \cdot 10^{-4}$

Sende-Taktung: Standard 300ms, Einstellbar durch Poti

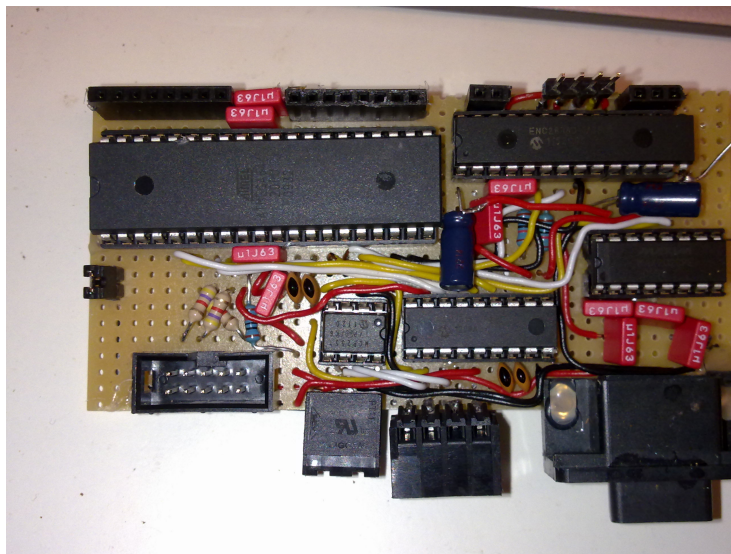


Abbildung 4.2: Prototyp des Kommunikations- und Kontrollteils

4.2 Software

4.2.1 Microcontroller

Die Übertragung der in der Programmiersprache C geschriebenen und durch den gcc-Compiler compilierten Datei vom PC auf den Microcontroller erfolgt hardwareseitig mittels eines Adapters¹, softwareseitig mittels des Tools avrdude. Die erste grundlegende Programmierung des Microcontrollers erfolgte durch die Implementierung einer getakteten Ansteuerung einer LED in C Code und anschließender Übertragung des Codes auf den Microcontroller mittels des usbasp Adapters. Die Implementierung der verschiedenen Funktionen zum Senden und[1].

4.2.2 Robotersystem

Beschreibung d. software

¹USBasp - USB programmer for Atmel AVR controllers <http://www.fischl.de/usbasp/>

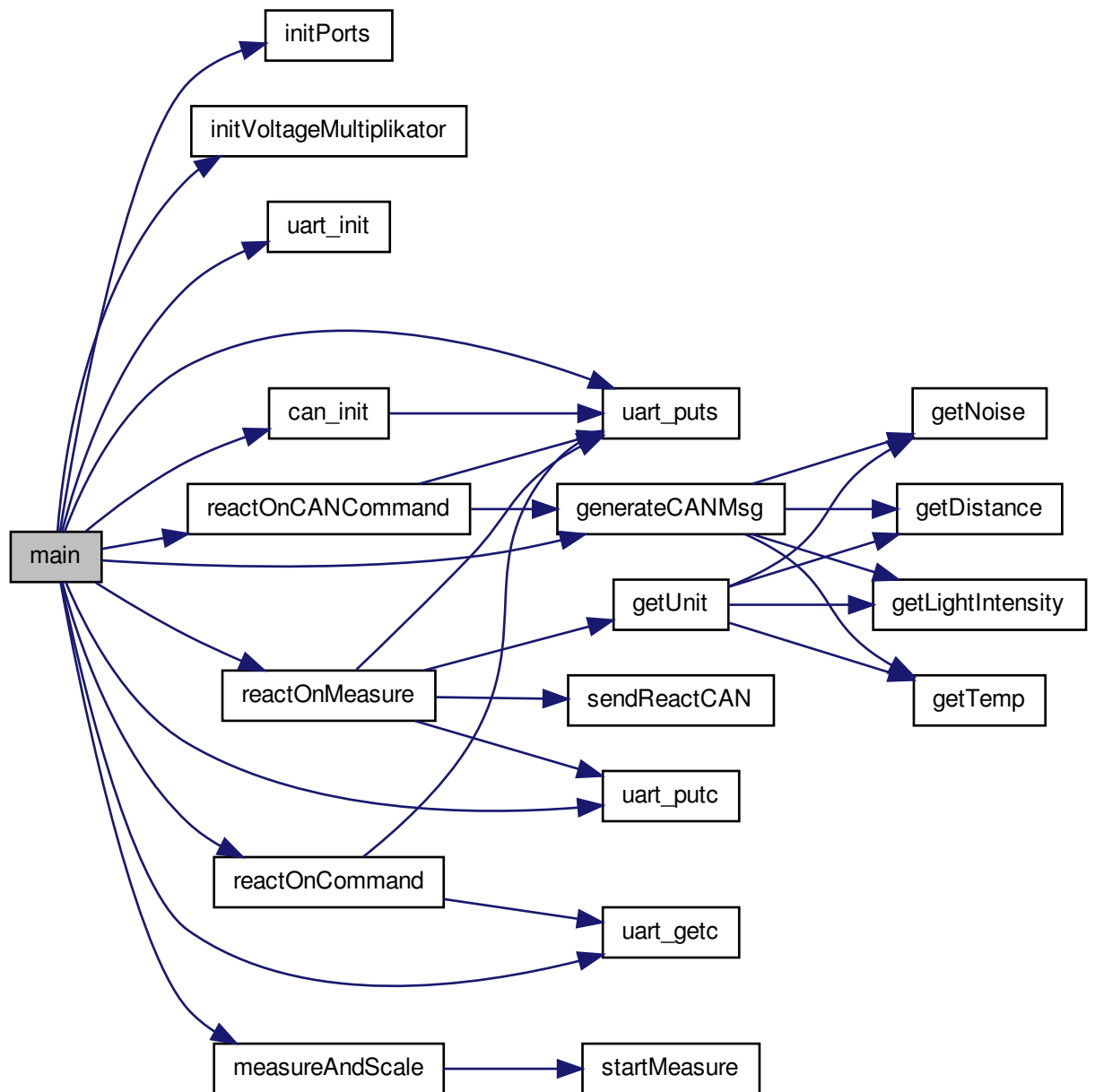


Abbildung 4.3: Callgraph main-Methode

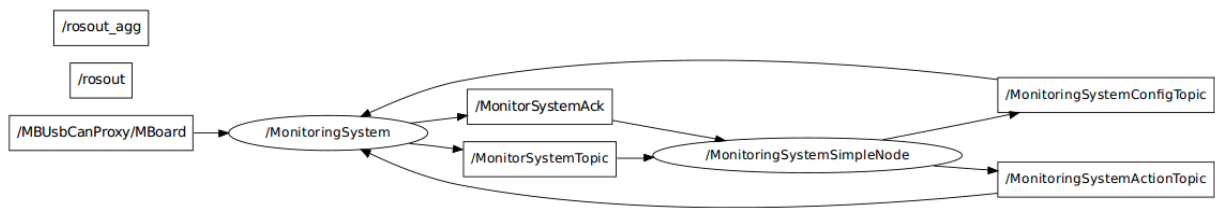


Abbildung 4.4: Aufbau des Robotersystems

5 Evaluierung

Im folgenden Kapitel wird die Evaluierung des Projektes dargestellt, die Tests der Hard- und Software erfolgen mittels verschiedener Versuchsaufbauten.

5.1 Messen

Die Evaluierung der Funktionalität Messen erfolgt mittels eines Multimeter zur Ermittlung des tatsächlichen Spannungswertes, das Netzteil des Fachgebietes dient zur Versorgung des Versuchsaufbaues. Abbildung 5.1 zeigt den Versuchsaufbau, Abbildungen 5.2, 5.3, 5.4 die erfassten Spannungswerte des Meßgerätes und des Meßsystemes.

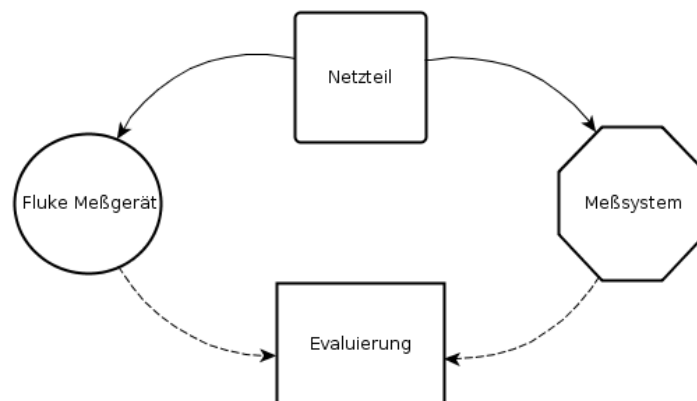


Abbildung 5.1: Aufbau zur Evaluierung der Funktionalität Messen

5.2 Kommunikation

.....

5.3 Reaktion

...

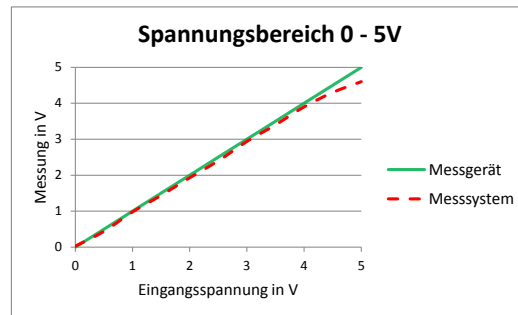


Abbildung 5.2: Messungen 0-5V

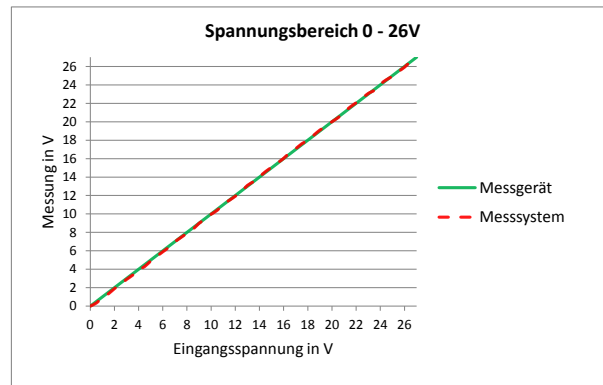


Abbildung 5.3: Messungen 0-26V

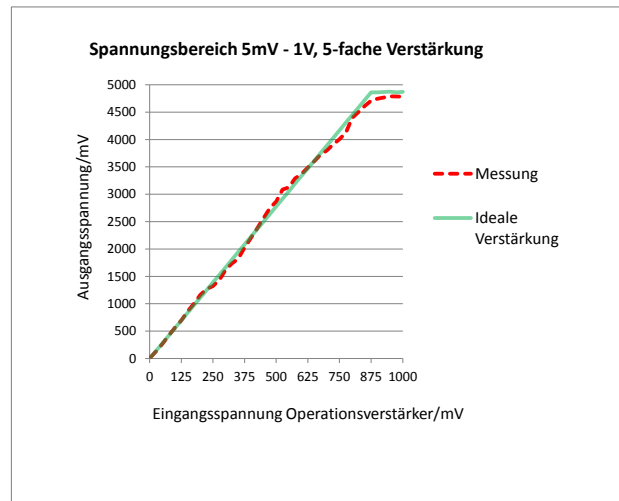


Abbildung 5.4: Messungen 0-5V

6 Zusammenfassung

Zusammenfassung es funktioniert :-D

Literaturverzeichnis

- [1] *Dokumentation Monitoringboard.*
- [2] Jerzy A. Barchanski. *Development of Safe and Secure Control Software for Autonomous Mobile Robots, Mobile Robots - Control Architectures, Bio-Interfacing, Navigation, Multi Robot Motion Planning and Operator Training.* InTech, 2011.
- [3] Michael R. Lyu. *Handbook of Software Reliability Engineering.* IEEE Computer Society Press and McGraw-Hill Book Company, 2005.
- [4] Carpe Noctem. teamsheet robocup. Technical report, Fachgebiet Verteilte Systeme, 2013.
- [5] Stuart J. Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence - A Modern Approach (3. internat. ed.).* Pearson Education, 2010.
- [6] H. Voos. Online risk assessment for safe auto- nomous mobile robots - a perspective, 2013.
- [7] Wikipedia. physikalische größen, 2013. [Online; Stand 7. März 2013].
- [8] Wikipedia. Skalierbarkeit, 2013. [Online; Stand 5. Februar 2013].