



Absicherung von Testsystemen – das kalibrierte Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testsystem

Kristian Trenkel, Mohammed Abdul Mushtaq
Forum Funktionale Sicherheit 2015 – 09.07.2015

Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Einführung

- Steigende Anzahl sicherheitskritischer Funktionen
- Steigende Anforderungen an Testsysteme
- Vorgaben durch Normen – z. B. ISO 26262
- Unklarheiten bei praktischer Umsetzung der Vorgaben



Einführung

- ISO 26262 Teil 4 Punkt 8.4.1.5:

„The test equipment shall be subject to the control of a monitoring quality system.“

- weitreichende Interpretationen möglich
- praktische Umsetzung?



Einführung

- Problemstellung für reproduzierbaren Test von sicherheitskritischen Funktionen
- Beispielsweise Abschaltsschwellen bei bestimmten analogen Werten (z. B. Sensoren)
 - ➔ Testsystem muss ein verlässliches Messmittel und eine verlässliche Signalquelle sein
 - ➔ Kalibrierung?



Einführung

- Kalibrierung:
... bedeutet den Vergleich des Messmittels mit einem Normal. Damit kann die Messunsicherheit bestimmt werden und es wird geprüft, ob das Messmittel innerhalb seiner angegebenen Messunsicherheit arbeitet.
 - Abgleich:
... bedeutet die Änderungen der Einstellungen des Messmittels dahin gehend, dass es die angegebene Messunsicherheit wieder einhält.
- ➔ Lassen sich HIL-Testsysteme kalibrieren bzw. abgleichen?



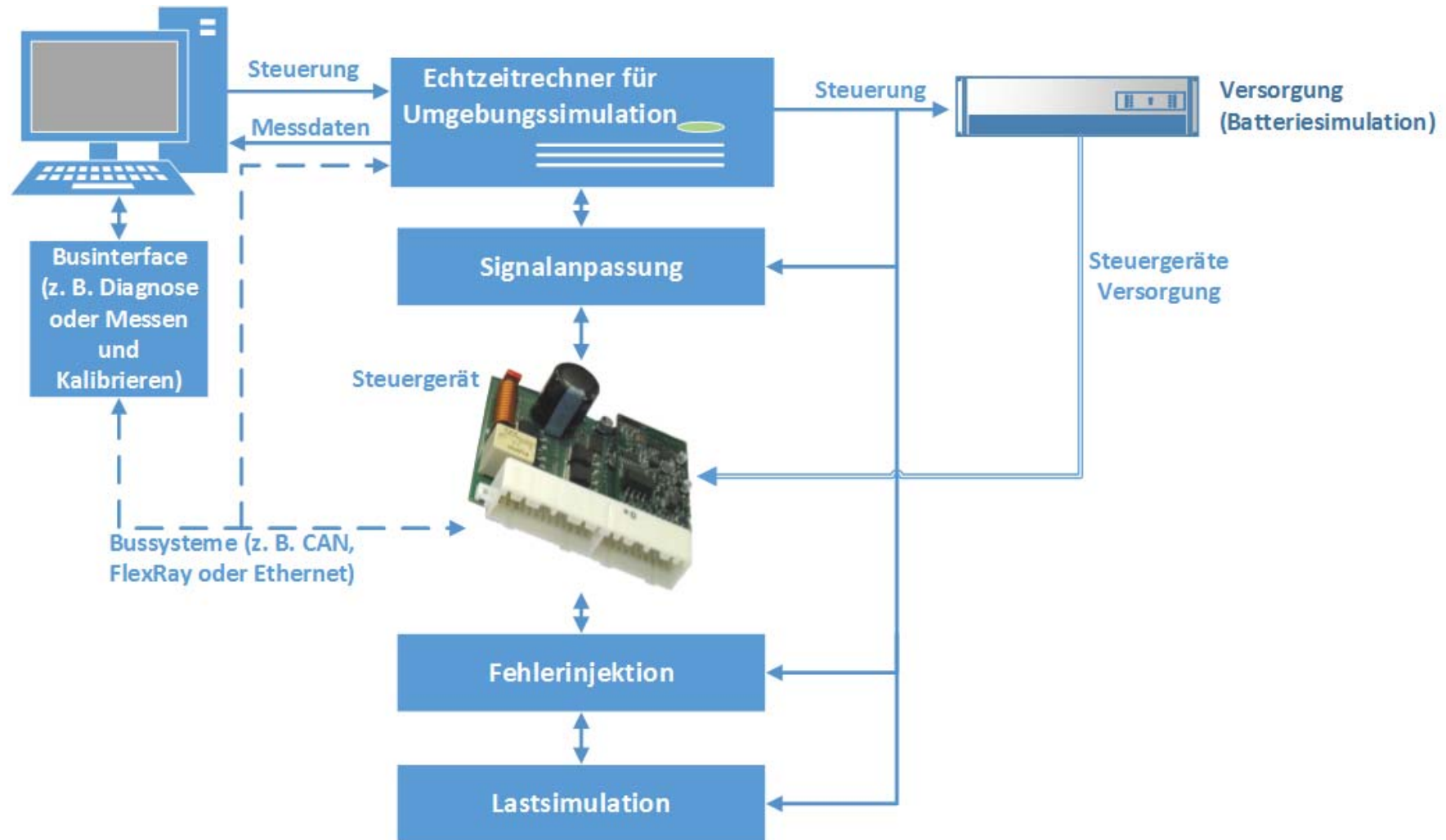
Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Aufbau



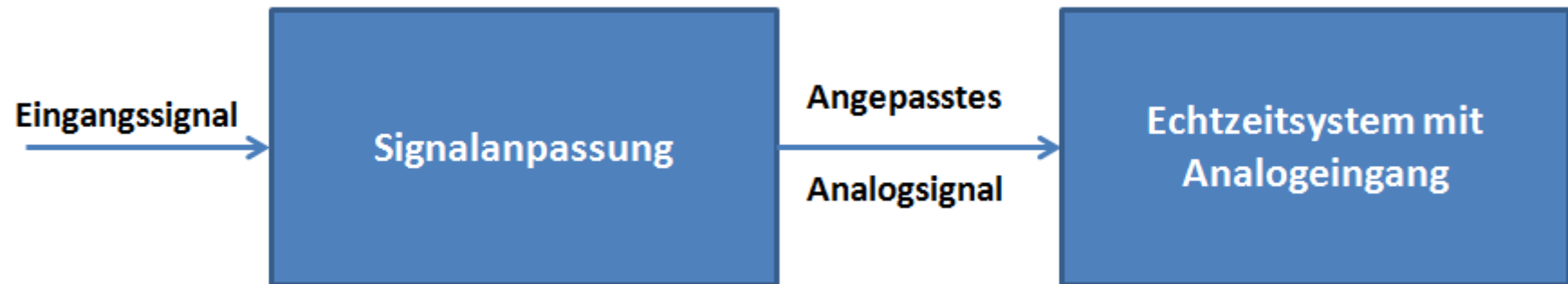
Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Aufbau



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Aufbau – Analoger Eingang



Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich

- Untersuchung verschiedener Echtzeitsysteme
 - dSPACE System mit DS2004
 - μ TCA System mit TPMC554
 - DS2004
 - Umfangreiche Angaben – Anstiegs- und Offset-Fehler, Temperaturdrift, Alterung
 - Keine Kalibrier- bzw. Abgleichsmöglichkeit in Hardware
 - TPMC554
 - Maximalen Gesamtfehler
 - Ab Werk kalibriert und kalibrierbar
 - Anstiegs- und Offset-Korrektur in Hardware möglich
- ➔ Untersuchung zu zeitlichen Stabilität



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich

- Untersuchung der Signalanpassung
 - iSyst analoge Signalkonditionierungskarte
 - Operationsverstärker und Filter
 - Gesamtfehler bei +/- 1%
 - Offset-Fehler hat Haupteinfluss – Kompensation in Hardware
- ➔ Kalibrierung und Abgleich über gesamten Signalpfad vom Steuergerätestecker bis zum Echtzeitsystem



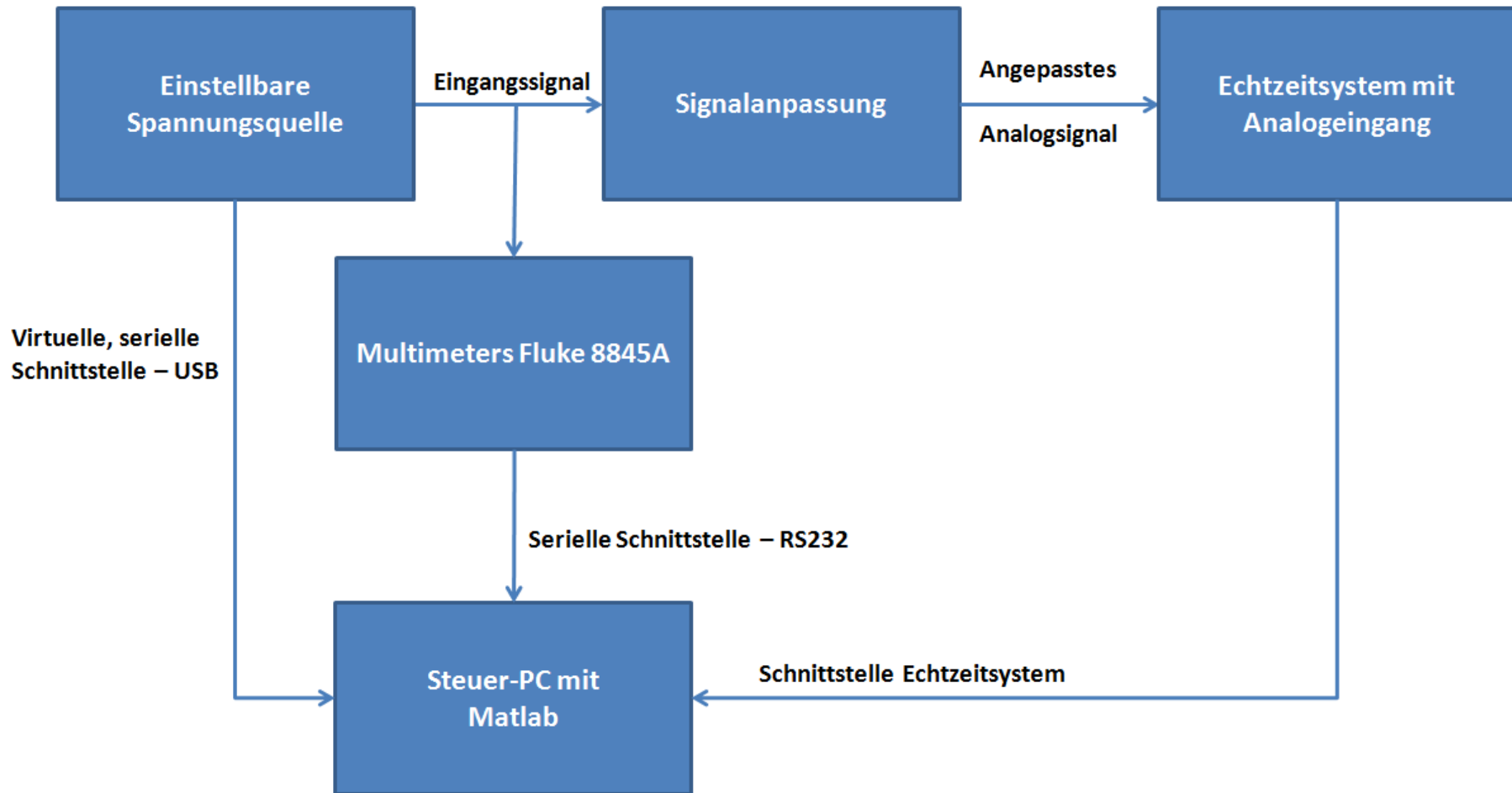
Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung

CalibrationAdjustment

Fluke InterFace COM Port Configuration

COM Port Number: COM1
BaudRate: 1200

Power Supply Virtual Com Port Configuration

COM Port Number: 1200
BaudRate: COM1

Calibration Parameter

Number Of ADC Channels: 4
Number Of HIL Systems: 1
Select MAT File: [Select MAT file](#)

Calibration End Date

Month: Jan
Day: 1
Year: 2014

START

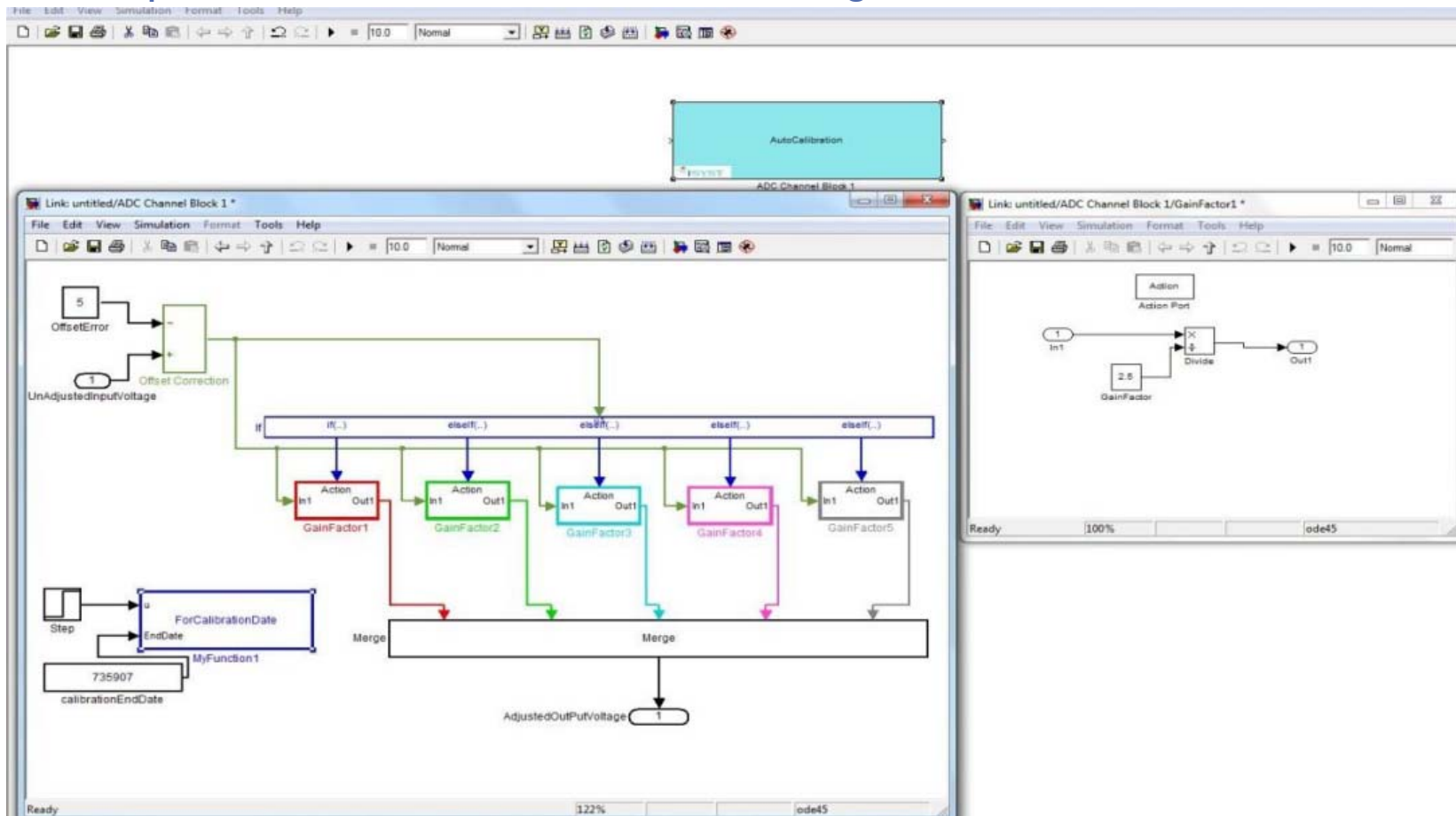
ISYST
Nordostpark 91, 90411 Nürnberg, Germany
PhoNo: +49 911 37665002

[About isyst](#)



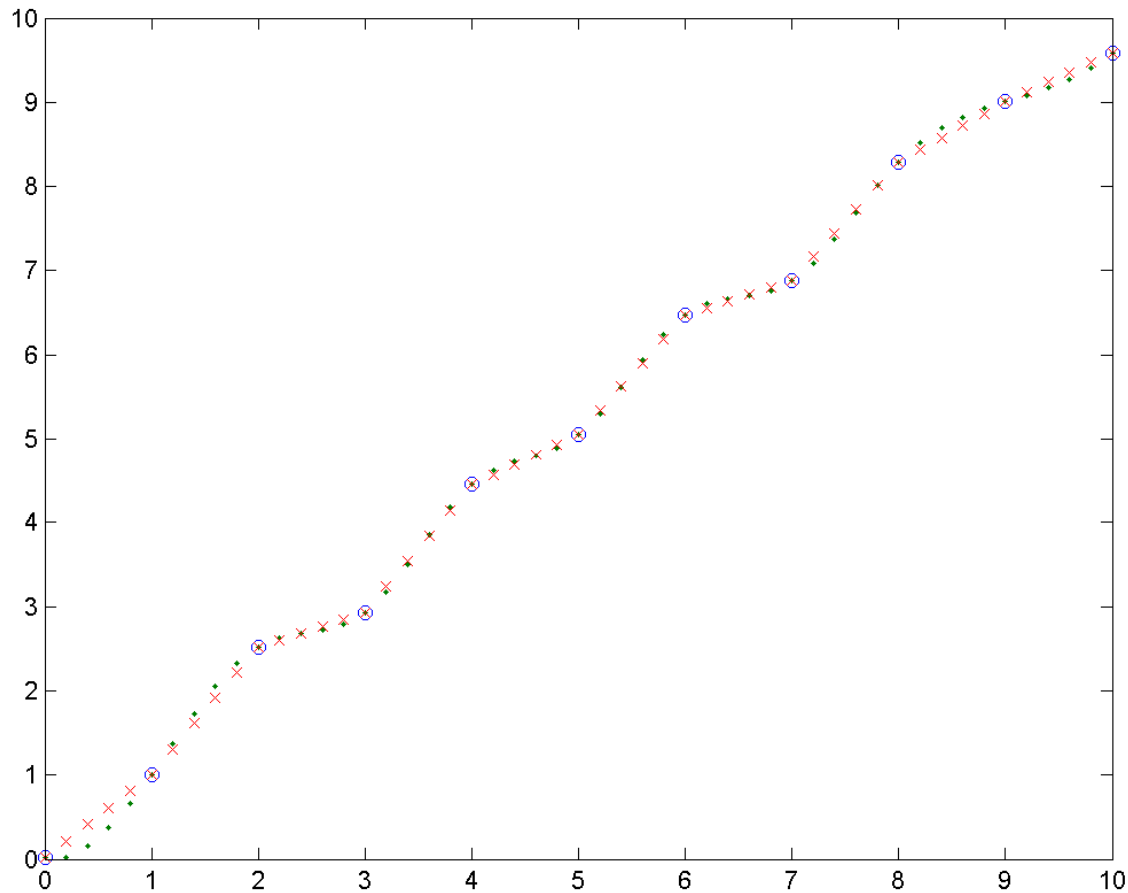
Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung



Gliederung

I. Einführung

II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

a. Aufbau

b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich

c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung

d. Evaluierung

III. Zusammenfassung

IV. Ausblick



Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Evaluierung

- Vermessung eines dSPACE basierten HIL-Testsystems von iSyst

Vor Abgleich

Referenzspannung [V]	Gemessene Spannung [V]	Abweichung [%]
1,0062	0,9531	0,531
2,0233	1,9742	0,491
3,0303	2,9995	0,308
4,0475	4,0365	0,110
5,0537	5,0762	-0,225
6,0715	6,1021	-0,306
7,0829	7,1413	-0,584
8,0946	8,1552	-0,606
9,1067	9,1695	-0,628
9,9858	10,064	-0,785

Nach Abgleich

Referenzspannung [V]	Gemessene Spannung [V]	Abweichung [%]
1,0062	0,9962	0,100
2,0233	2,0159	0,074
3,0303	3,0255	0,048
4,0475	4,0455	0,020
5,0537	5,0537	0,000
6,0715	6,0747	-0,032
7,0829	7,0888	-0,059
8,0946	8,1031	-0,085
9,1067	9,1177	-0,110
9,9858	9,9989	-0,131

Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme

Evaluierung

- Signifikante Verbesserung der Messgenauigkeit
- Dokumentation mit Protokollierung für Prozesskonformität
 - Abweichungen und Korrekturfaktoren
- Ergebnisse über Laufzeit reproduzierbar



Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Zusammenfassung

- Kalibrierung und Abgleich möglich und sinnvoll
- Steigerung der Verlässlichkeit der Messungen
- Weitgehende Automatisierung des Prozesses
 - Unabhängig von Echtzeitsystem
- Automatisierte Erstellung der Abgleichswerte mit einstellbarer Anzahl von Stützstellen



Gliederung

- I. Einführung
- II. Hardware in the Loop (HIL)-Testsysteme
 - a. Aufbau
 - b. Untersuchung zur Kalibrierung und zum Abgleich
 - c. Konzept zur teil-automatisierten Kalibrierung
 - d. Evaluierung
- III. Zusammenfassung
- IV. Ausblick



Ausblick

- Weiterentwicklung der Hardware
- Weitergehende Integration für ein mobil einsetzbares System
- Untersuchung des Langzeitverhaltens verschiedener Testsysteme
- Ableitung sinnvoller Kalibrier- und Abgleichsintervalle
- Ist dieses Vorgehen für Testsystem sinnvoll und notwendig?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen, Anregungen oder mögliche
Anwendungen?

iSyst Intelligente Systeme GmbH
Nordostpark 91
D-90411 Nürnberg

kristian.trenkel@isyst.de

