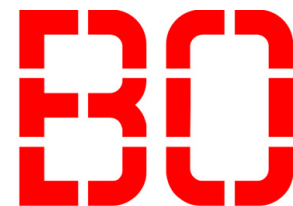


A decorative graphic consisting of a grid of colored squares. The top row has a grey square on the left and a dark green square on the right. The middle row has a blue square on the left and a red square on the right containing the main text. The bottom row has an orange square on the left and a light green square on the right. The bottom-most row has a yellow square on the left and a purple square on the right.

Modellbasierte Entwicklung und Wissenstransfer in die Industrie

Hochschule Bochum
Bochum University
of Applied Sciences

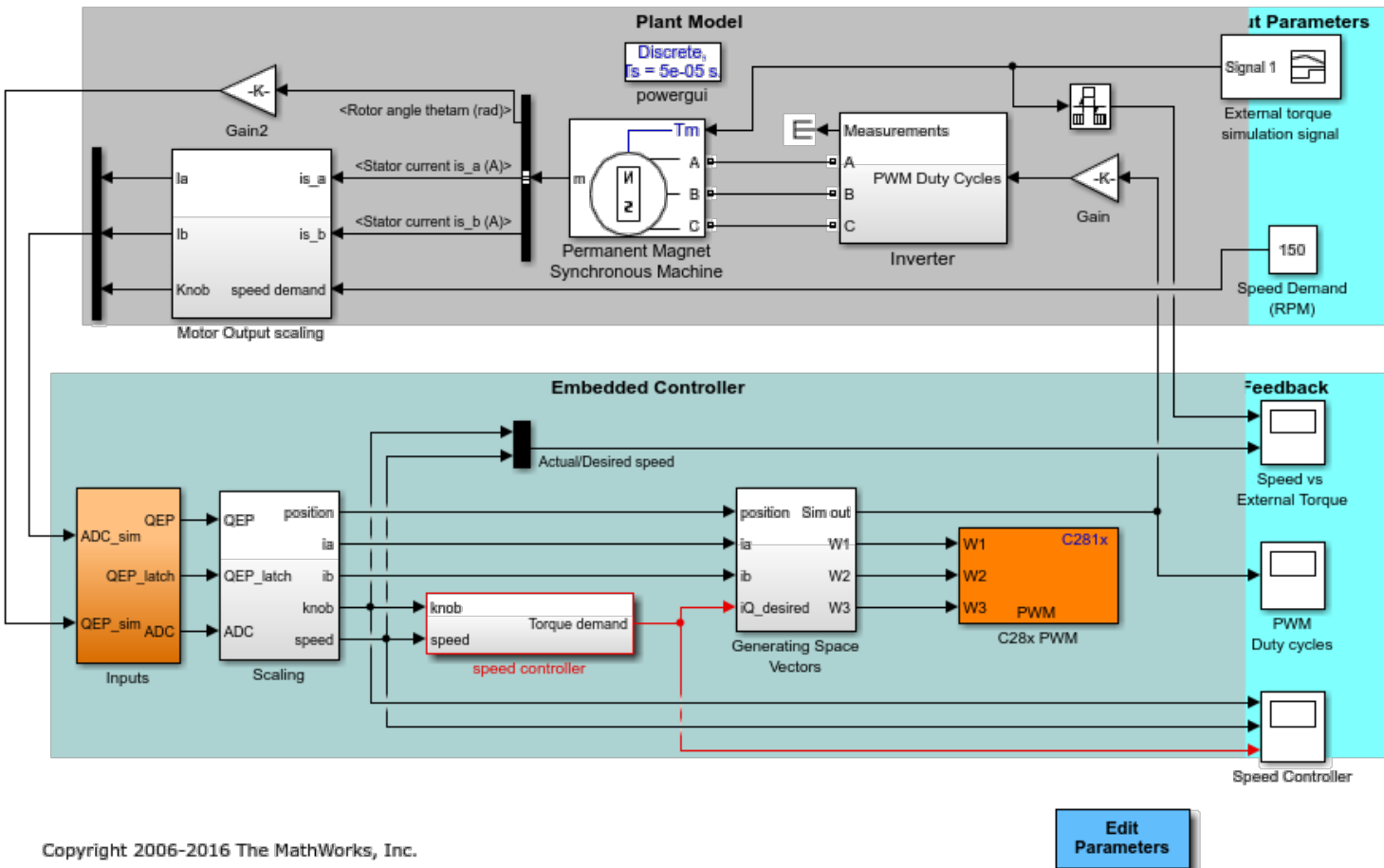


E-Skateboard „HoBo“

Entwicklung eines Traktionswechselrichters



Simulation of FOC Using PMSM Model



Fahrleistung	
Max. Geschwindigkeit	41 km/h
Gewicht	ca. 13 kg
Nennleistung	2 x 280 Watt
Reichweite	typ. 25 km, max. 30 km
Akku	
Kapazität	10 Ah (20 Ah optional)
Nennspannung	25,2 W

Motorcontroller Texas Instruments F28069

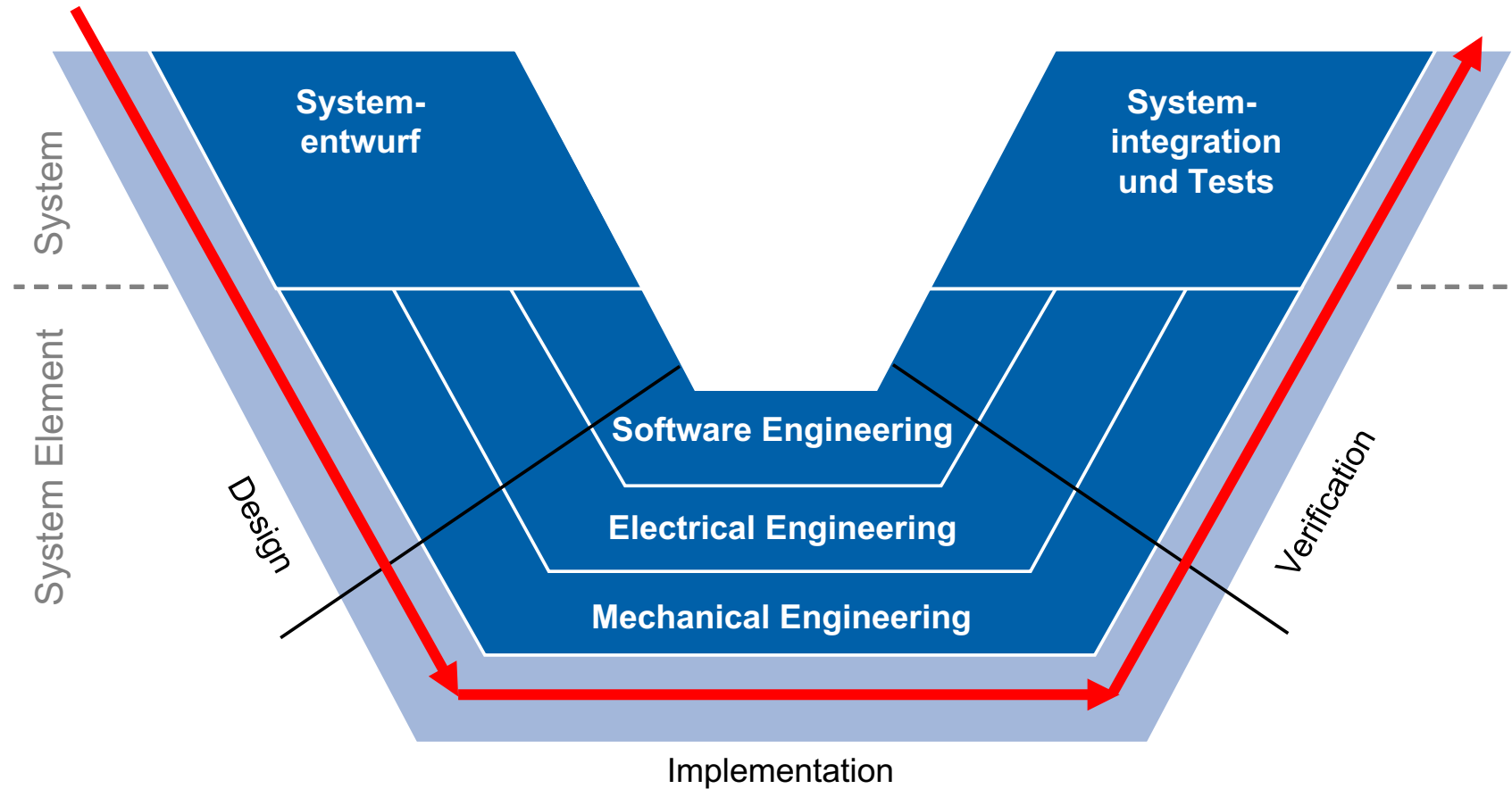
Generierter Code 15.617 Zeilen C-Code

Copyright 2006-2016 The MathWorks, Inc.

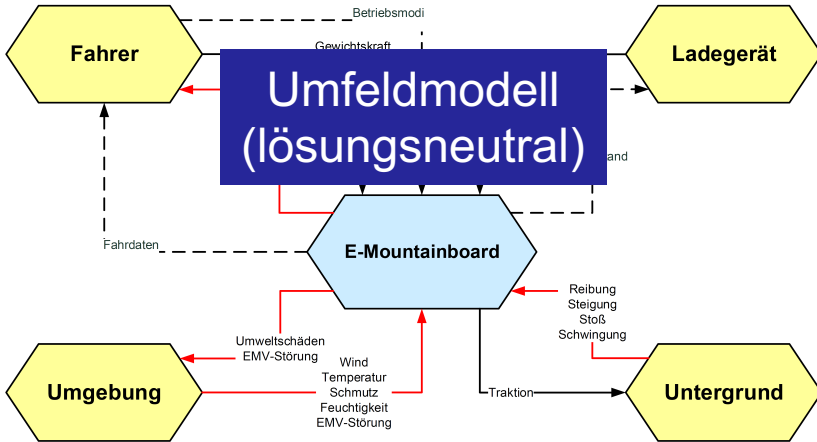
Edit Parameters

<http://www.hochschule-bochum.de/fbe/ea-lab/abschlussarbeiten-und-entwicklungsprojekte.html>

Vorgehensweise: V-Modell



Kosten einer Fehlerbeseitigung steigen erheblich mit der Projektphase.
Wie lautet ein guter Weg durch dieses Modell?



2.2 Max. Geschwindigkeit

Nr. / ID	ANF_02	Nichttechnischer Titel	Max. Geschwindigkeit
Quelle	Lastenheft: Systemanforderungen		

2.2.1 Beschreibung

Die maximale Geschwindigkeit bei vollgeladenem Akku, unter Berücksichtigung des maximalen Gewichts des Fahrers bei einer Steigung von 0°, beträgt mindestens 30 km/h.

2.11 Versorgungsspannungsgüte

Nr. / ID	MCM-ANF_11	Nichttechnischer Titel	Versorgungsspannung
Verweise	Lastenheft: Anforderungen HW		

2.11.1 Beschreibung

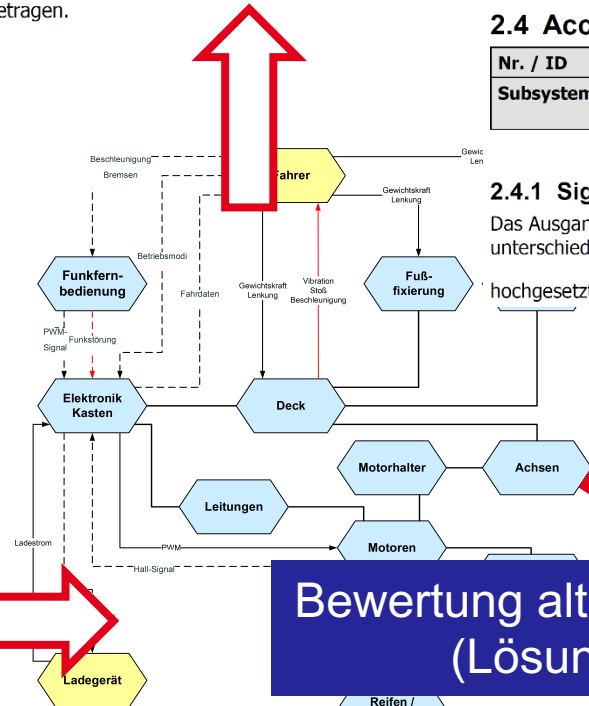
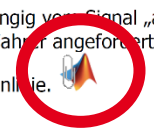
Es ist sichergestellt, dass die maximale Schwankung der Versorgungsspannungen 1% der jeweiligen Spannung betragen.

2.4 AccelerateControl

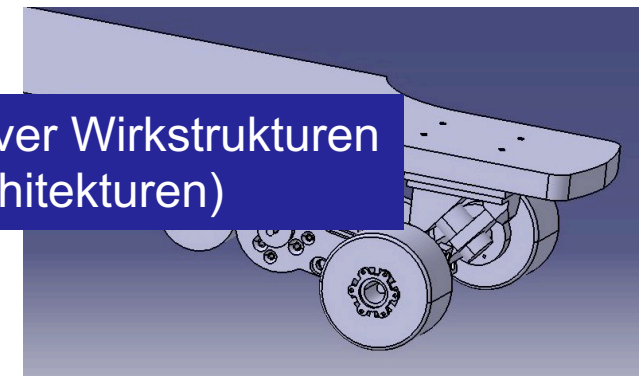
Nr. / ID	SW_ANF_04	Nichttechnischer Titel	Beschleunigungsrampe
Subsystem	IIR filter a control	Lastenheft: Anforderungen SW	

2.4.1 Signalverhalten

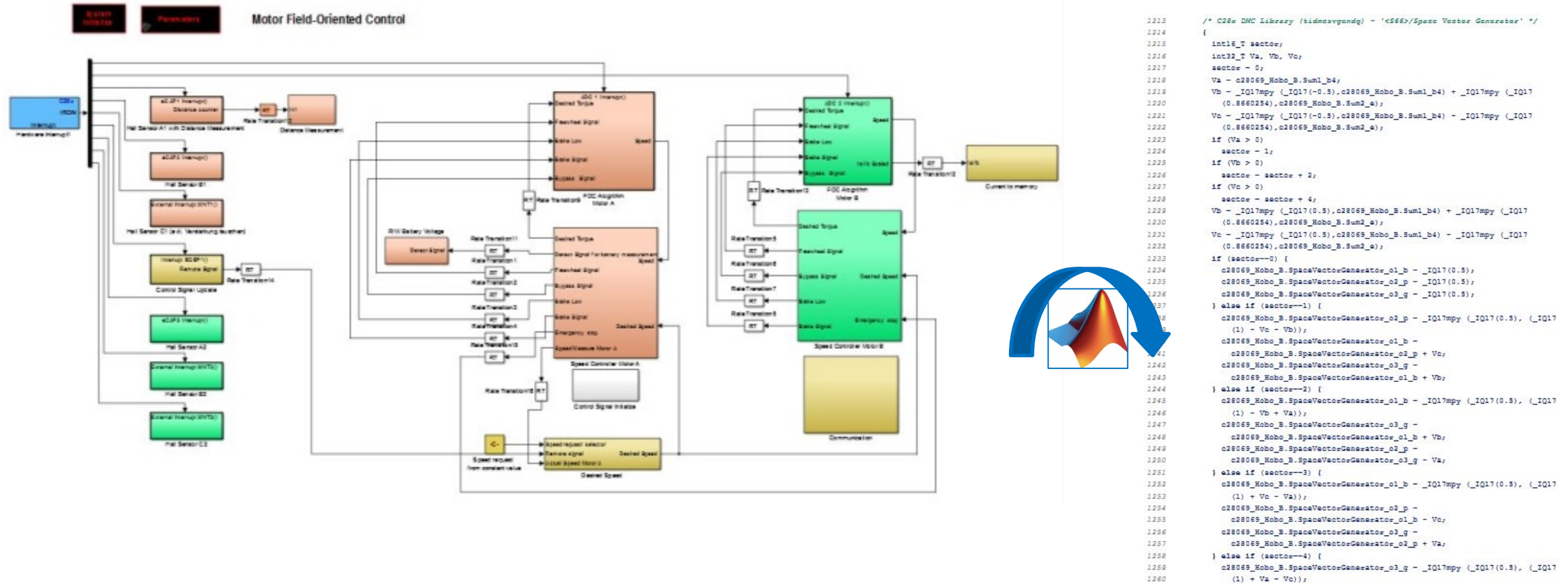
Das Ausgangssignal „desired_speed_out“ wird rampenförmig, abhängig vom Signal „accelerate_value“ unterschiedlich schnell, auf das in SW_ANF_05 beschriebene vom Fahrer angeforderte remote_signal hochgesetzt. Die Form der Rampe entspricht einer degressiven Kennlinie.



Bewertung alternativer Wirkstrukturen (Lösungsarchitekturen)

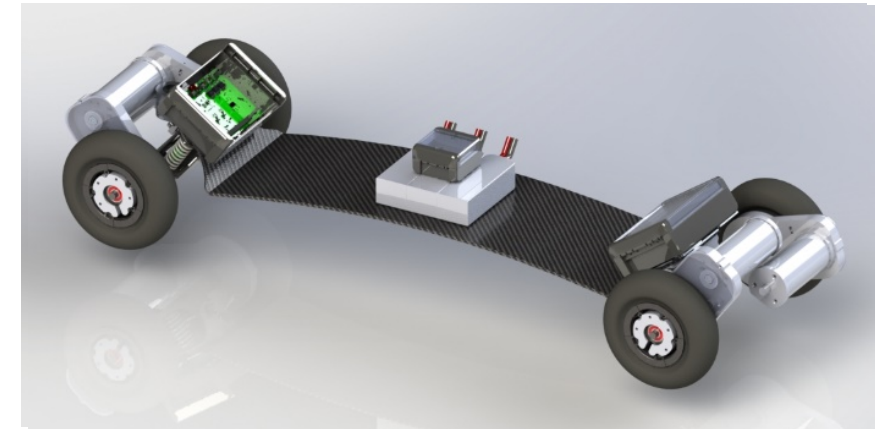
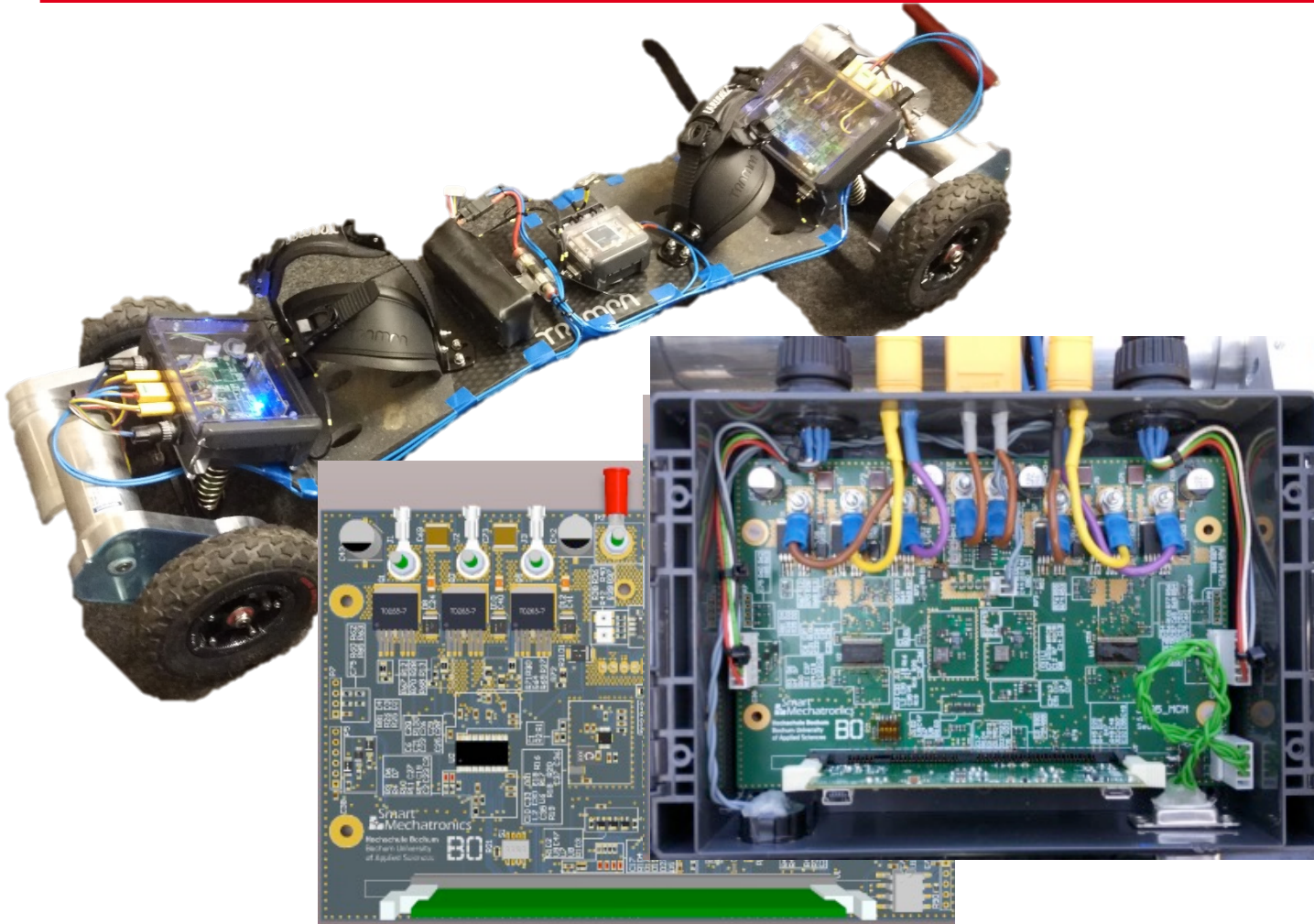


Model-Based Design



Automatische Code-Generierung: Ist das wirklich alles?

Mountainboard „Epos“: Verifikation mit Model-Based Design



Fahrleistung	
Max. Geschwindigkeit	35 km/h (limitiert)
Reichweite	typ. 20 km
Nennleistung	4 x 368 Watt
Gewicht	ca. 20 kg

Akku	
Kapazität	5 Ah (20 Ah optional)
Nennspannung	25,2 V

Motorcontroller	Texas Instruments F28069
------------------------	--------------------------

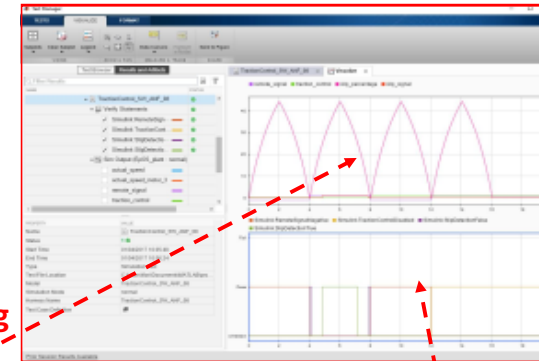
Generierter Code	19.583 Zeilen C-Code
-------------------------	----------------------

<http://www.hochschule-bochum.de/fbe/ea-lab/abschlussarbeiten-und-entwicklungsprojekte.html>

Modellbasierte Verifikation



Step	Transition	Next Step	Description
1	actual_speed > 0 && % Test point	TraktionControl_0	
2	actual_speed < 0 && % Test point	TraktionControl_1	
3	actual_speed > 0 && % Test point	TraktionControl_2	
4	actual_speed < 0 && % Test point	TraktionControl_3	
5	actual_speed > 0 && % Test point	TraktionControl_4	
6	actual_speed < 0 && % Test point	TraktionControl_5	
7	actual_speed > 0 && % Test point	TraktionControl_6	
8	actual_speed < 0 && % Test point	TraktionControl_7	
9	actual_speed > 0 && % Test point	TraktionControl_8	
10	actual_speed < 0 && % Test point	TraktionControl_9	



Testfall
Testdaten

Monitoring

Testauswertung



Testrahmen

Testobjekt

Testbewertungs-
kriterien

Testdurchführung

Anforderungsnachverfolgung (Requirements Traceability)



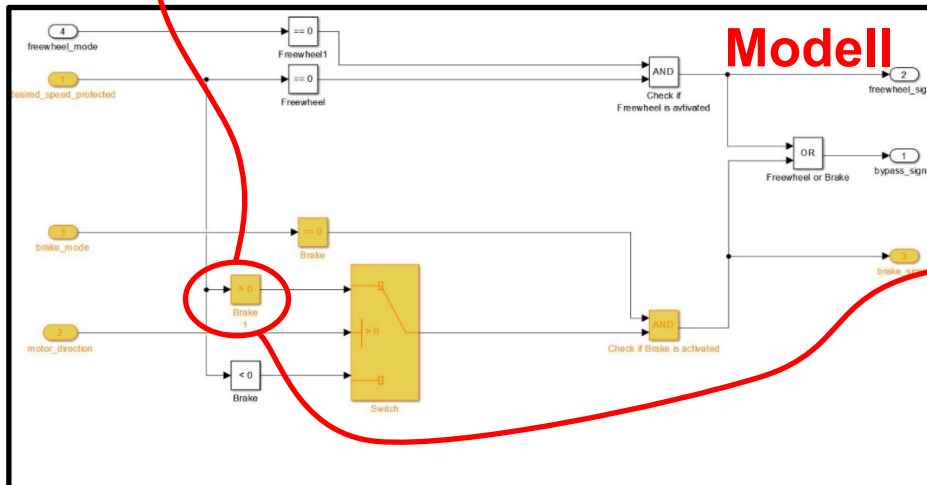
Kapitel 17. System - Freewheel Signal and Brake Signal

Report

[Show in Simulink](#)

Tabelle 17.1. Objects in EpOS_plant/Motor Controller/Controller Motor A/Speed Controller and Drive Modes/Freewheel and Brake/Freewheel Signal and Brake Signal that have Requirements Traceability Links

Linked Object	Requirements Traceability Data
Brake 1	<p>"Die über die Motoren angetriebenen Räder müssen abgebremst werden, sobald ein Bremswunsch durch Drücken des Hebels der Funkfernbedienung vom Subsystem „Desired Speed“ angefordert wird. Durch das Signal „brake_signal“ gleich 1 werden im Subsystem „FOC-Algorithmus“ High-Side PWM Signale mit 0 % Tastverhältnis und Low-Side PWM Signale mit einem Tastverhältnis zwischen 0 und 100% erzeugt. Das Tastverhältnis der Low Side PWM ist abhängig vom Signal „brake_low“, welches wiederum von der gedrückten Hebelposition der Funkfernbedienung abhängt. Durch diese PWM Signale werden auf Systemebene die Low-Side Leistungsschalter gepulst geschaltet, während die High-Side Leistungsschalter dauerhaft geöffnet sind. Dadurch wird eine Motorbremse eingeleitet."</p> <p>1. ./documents/Requirements/20161201_Systemmodellanforderungen_Motorcontroller_EpOS.docx at "Simulink_requirement_item_13"</p> <p>2. "Das Signal „brake_signal“ wird auf 1 gesetzt, wenn bei „motor_direction“ gleich 1 das Signal „desired_speed_protected“ größer als 0 und das Signal „brake_mode“ auf 0 gesetzt ist." ./documents/Requirements/20161201_Systemmodellanforderungen_Motorcontroller_EpOS.docx at "Simulink_requirement_item_4"</p>



2.2 BrakeSignal

Anforderungsdokument

Nr.	System	Verweise
02	Freewheel Signal and Brake Signal	ANF_08

2.2.1 Signalverhalten

Das Signal „brake_signal“ wird auf 1 gesetzt, wenn bei „motor_direction“ gleich 0 das Signal „desired_speed_protected“ kleiner als 0 und das Signal „brake_mode“ auf 0 gesetzt ist.

Das Signal „brake_signal“ wird auf 1 gesetzt, wenn bei „motor_direction“ gleich 1 das Signal „desired_speed_protected“ größer als 0 und das Signal „brake_mode“ auf 0 gesetzt ist.

2.2.1 Anforderungsbeschreibung

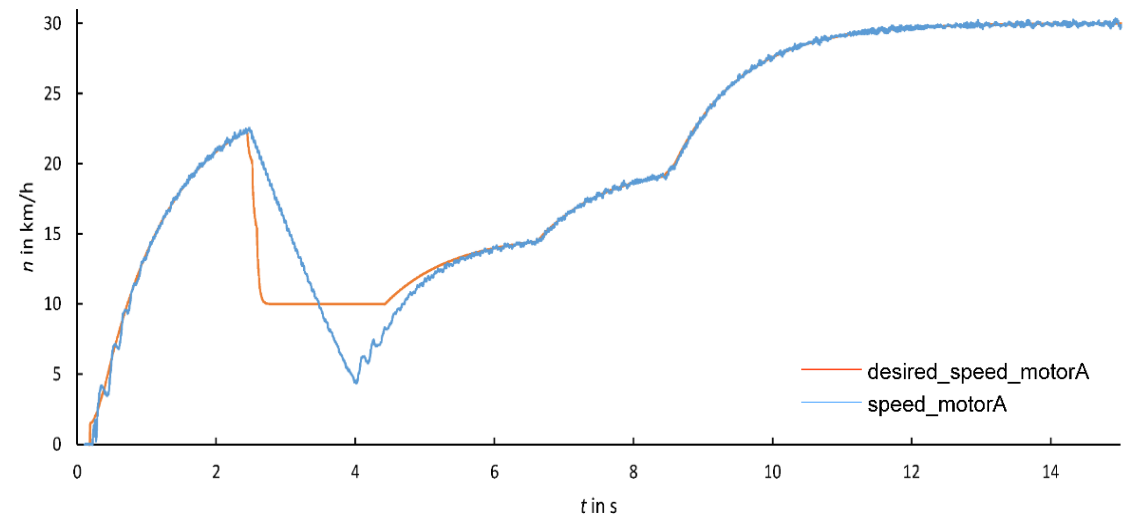
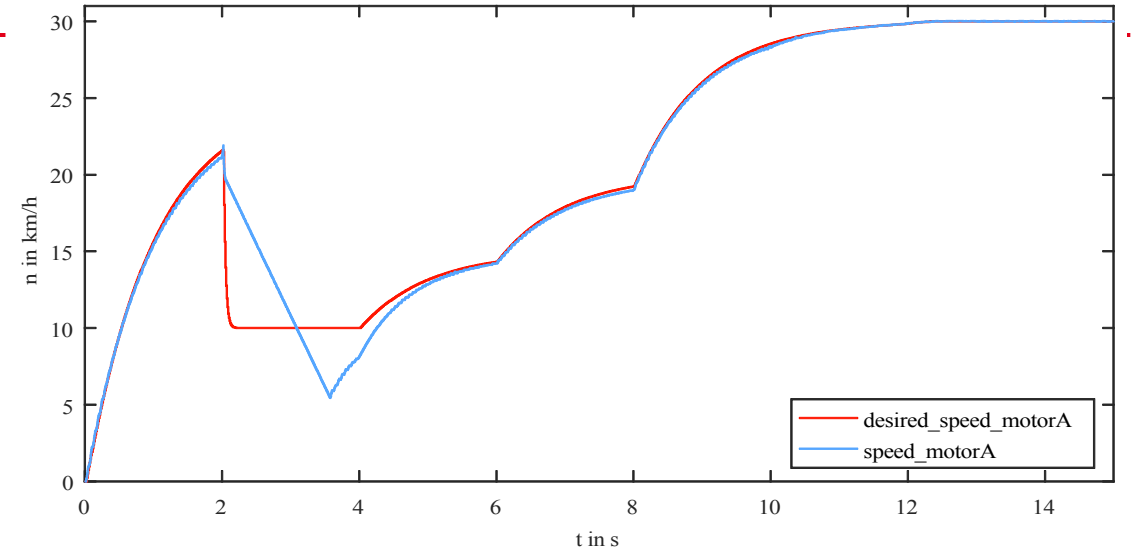
Die über die Motoren angetriebenen Räder müssen abgebremst werden, sobald ein Bremswunsch durch Drücken des Hebels der Funkfernbedienung vom Subsystem „Desired Speed“ angefordert wird. Durch das Signal „brake_signal“ gleich 1 werden im Subsystem „FOC-Algorithmus“ High-Side PWM Signale mit 0 % Tastverhältnis und Low-Side PWM Signale mit einem Tastverhältnis zwischen 0 und 100% erzeugt. Das Tastverhältnis der Low Side PWM ist abhängig vom Signal „brake_low“, welches wiederum von der gedrückten Hebelposition der Funkfernbedienung abhängt. Durch diese PWM Signale werden auf Systemebene die Low-Side Leistungsschalter gepulst geschaltet, während die High-Side Leistungsschalter dauerhaft geöffnet sind. Dadurch wird eine Motorbremse eingeleitet.

Verifikationsbeispiel: Folgen einer Geschwindigkeitsanforderung in Modell und Real-World

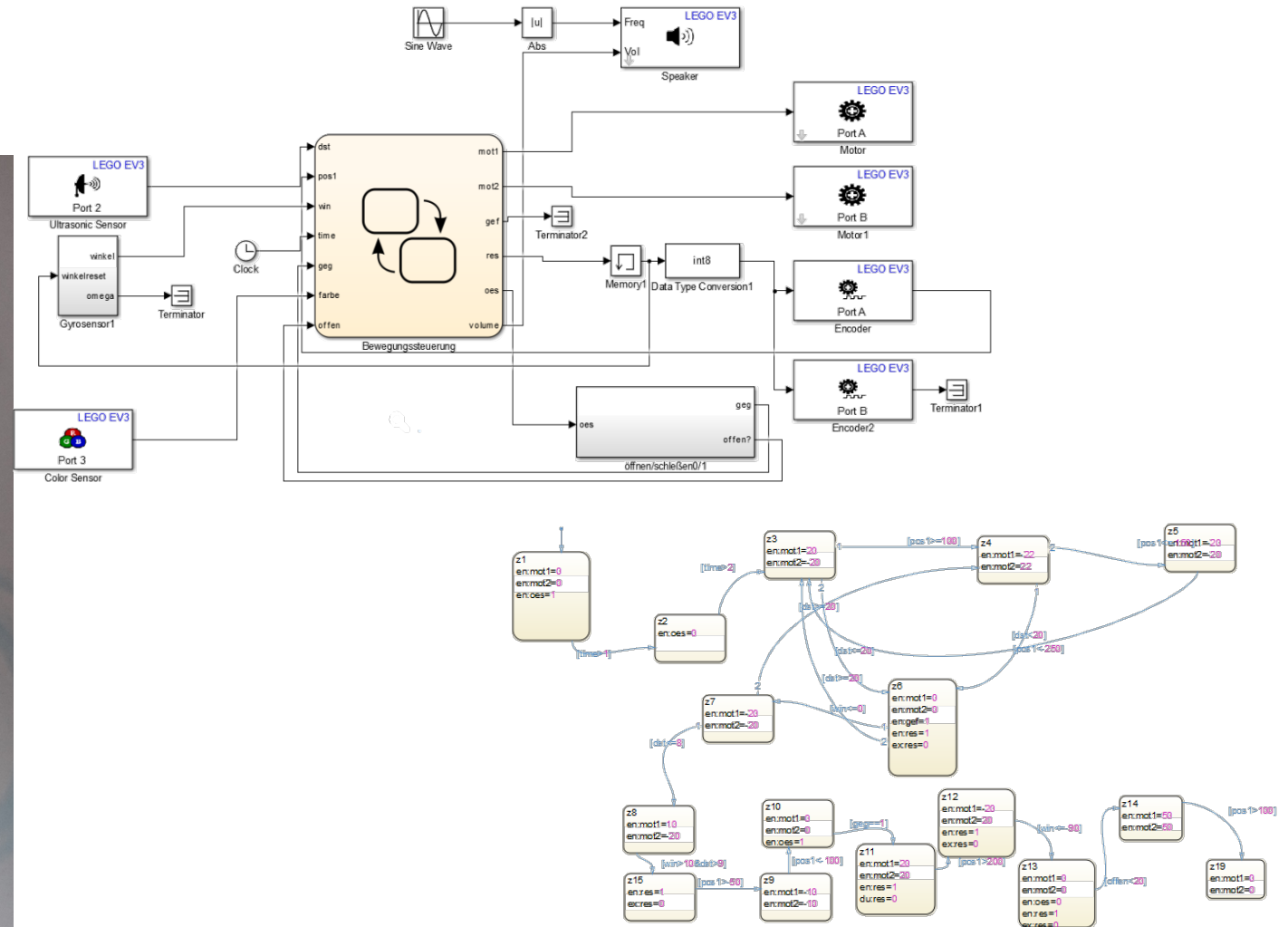
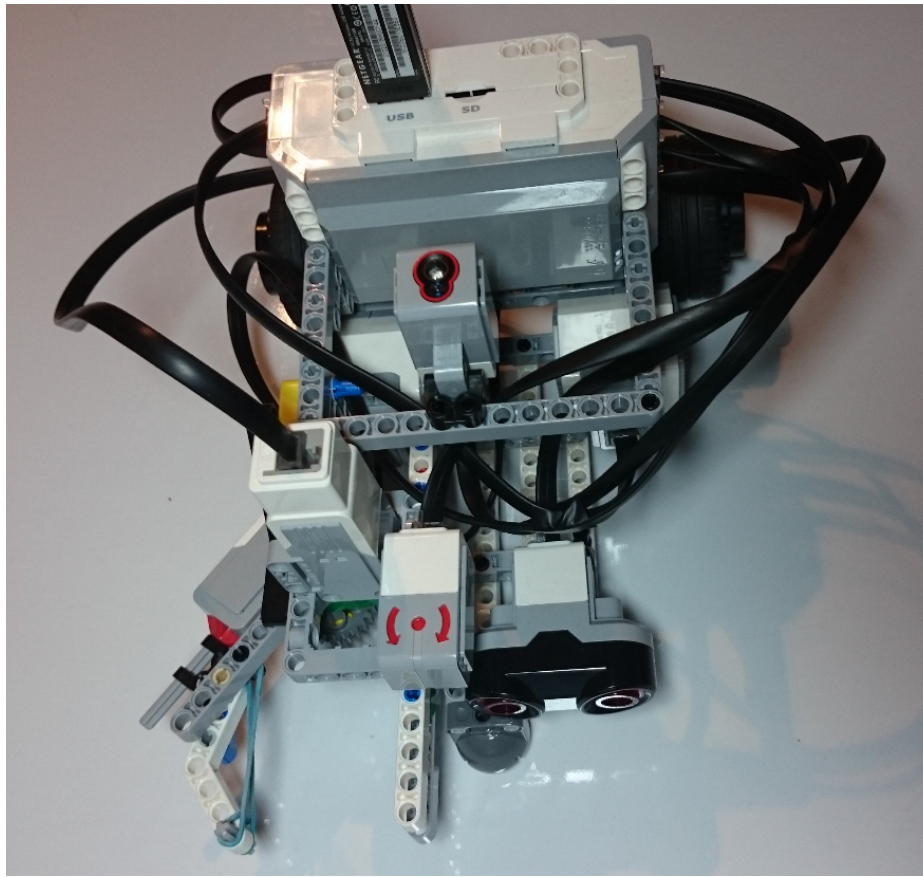


- Model in the Loop (MiL)
Komponenten- und Integrationstests auf Modellebene
- Hardware in the Loop (HiL)
Systemintegrationstest auf Hardwareebene über CAN-Monitor

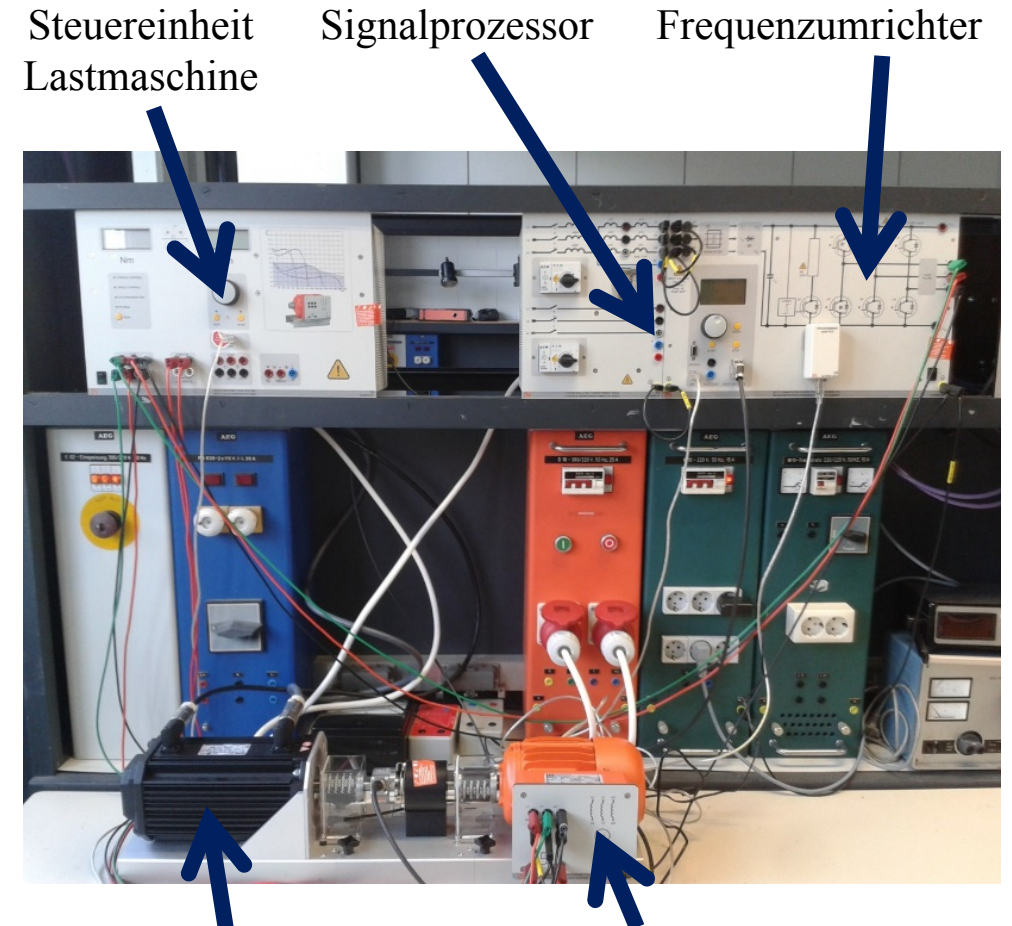
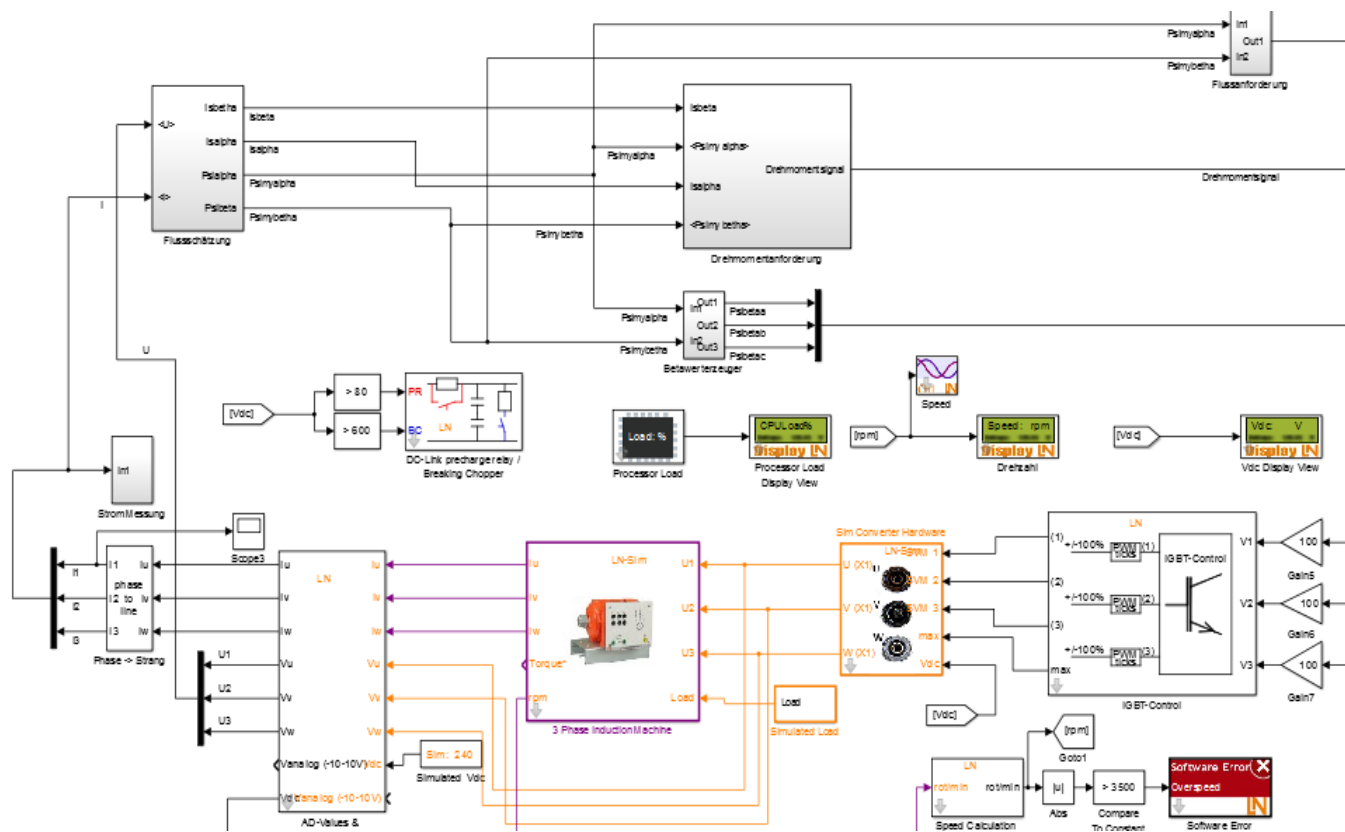
Inbetriebnahme des Embedded Systems erfolgt in einem einzigen Tag!



MBD mit Stateflow und Mindstroms: Autonomes Fahrzeug mit Greifer



Direkte Selbstregelung von Asynchronmotoren



Stuereinheit
Lastmaschine

Signalprozessor

Frequenzumrichter

Einstellbare
Lastmaschine

Asynchronmaschine

Projekte bei Industriepartnern



- „Erfassung des Biegeradius einer gerichteten Warmbandspitze“
- „Überwachungssystem zur Erfassung der Veränderung der Ventilkennlinie eines Servoventils“
- „Entwicklung einer kamerabasierten Gutflussüberwachung“
- „Modellierung und Regelung mehrphasiger Antriebsmaschinen“
- Entwurf, Aufbau und Charakterisierung eines BMS für Lithium-Ionen Akkumulatoren“
- „Entwicklung und Umsetzung einer parametrierbaren Regelung für PMSM auf Traktionswechselrichter“
- „Reglerentwicklung für eine zweistufige ORC-Anlage zur Abgasnachverstromung“



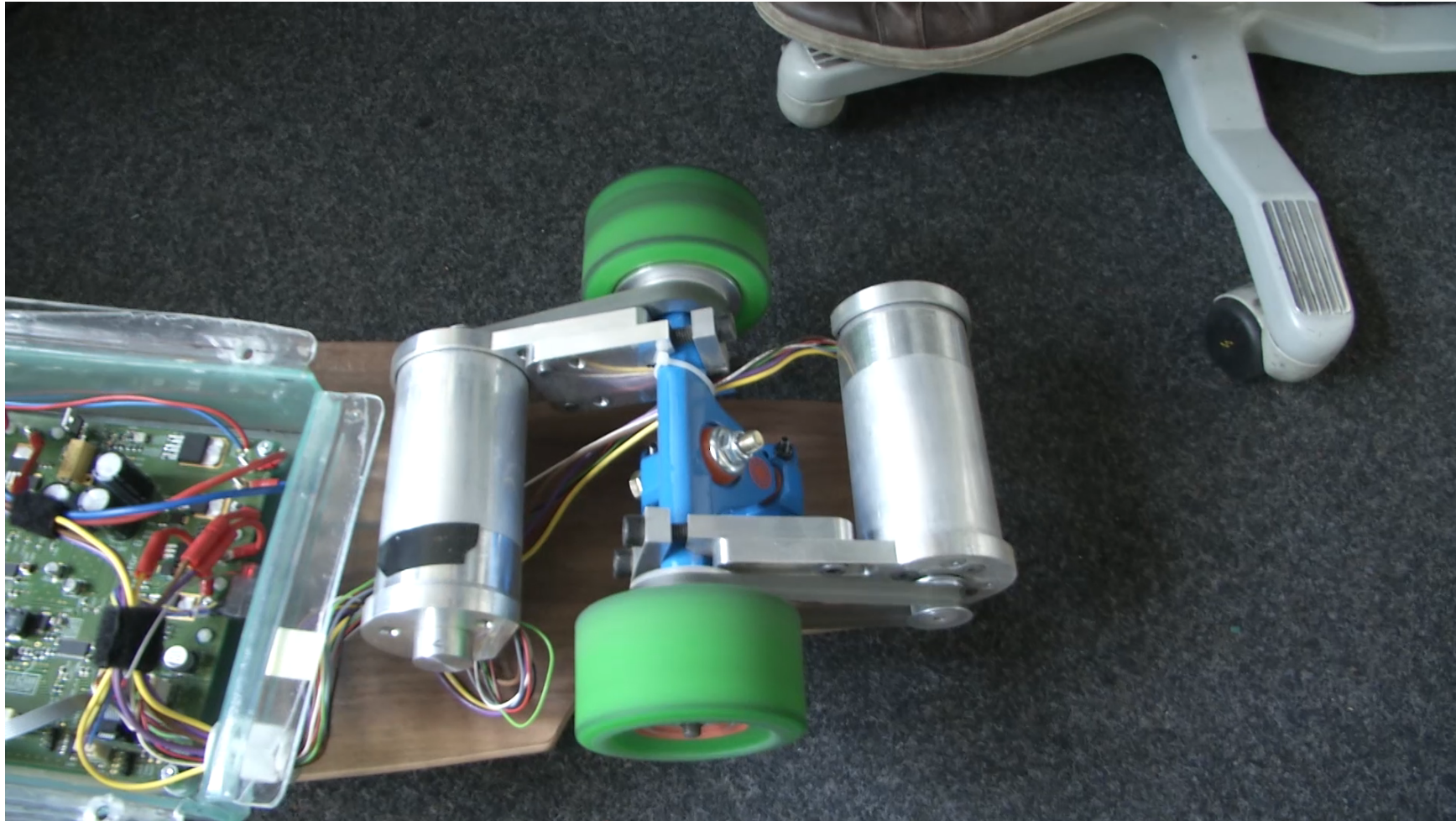
thyssenkrupp

CLAAS

scienlab

electronic systems

**Smart
Mechatronics**



Produktion des Medienzentrums der Hochschule Bochum 2015 (<https://www.youtube.com/watch?v=ntPBM6ZECrY>)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



Prof. Dr.-Ing. Arno Bergmann

Hochschule Bochum
Department of Electrical Engineering and
Computer Science


Lennershofstr. 140
44801 Bochum

+49 234 32-10350
arno.bergmann@hs-bochum.de



COVERAGE RESULTS

Monitoring der Modellüberdeckung

ANALYZED MODEL: EpOS_plant/Motor Controller/Controller Motor A/Speed Controller and Dr...
 REPORT: Coverage: DT
 4 50%  EXECUTION: 100% 

Summary

Report

Model Hierarchy/Complexity: Test 1
 D1: 4 50% Execution: 100%

Details

1. SubSystem block "Max Speed through Speedmode"

Child Systems: scaling_speed_kmh_in_speed_p.u.

Metric	Coverage (this object)	Coverage (inc. descendants)
Cyclomatic Complexity	1	4
Decision (D1)	NA	50% (3/6) decision outcomes
Execution	NA	100% (18/18) objective outcomes

Saturate block "Saturation"

Justify or Exclude

Parent: EpOS_plant/Motor Controller/Controller Motor A/Speed Controller and Dr...

Uncovered Links:

Metric	Coverage
Cyclomatic Complexity	2
Decision (D1)	25% (1/4) decision outcomes
Execution	100% (1/1) objective outcomes

Decisions analyzed

input > lower limit	0%
false	--
true	--
input >= upper limit	50%
false	0/600
true	600/600

