

# Elektromobilität mit Modelica

Modellierung und Simulation mit der flexiblen Bibliothek EMOTH

# Gliederung

## 1. Einführung

E-Mobility an der OTH  
Eigenprojekt E-Cart

## 2. Modelica

### 1. EMOTH Elektromobilität OTH Regensburg

Möglichkeiten  
Elektrotechnik und Fahrzyklen  
Fahrermodell Fahrbahnbeschaffenheit  
und Mechanik

### 2. Zusammenfassung und Ausblick

Simulation mit Vorausblick  
Ausblick zum Projekt mit dem EMIL

# 1. Einleitung

E-Mobility an der OTH  
Eigenprojekt E-Cart

## E-Mobility an der OTH

- **Formula Student mit Regenics**  
Voll und ganz von Studenten  
entworfenes  
Rennauto für internationale Wettbewerbe
- **Elektro-Smart**  
Eigenumbau eines Verbrenner-Smart  
zu einem komplett elektrisch  
angetriebenen Fahrzeug
- **Hochschulprojekte mit Unternehmen**  
AVL, Continental, BMW, ...



[1]



## E-Mobility an der OTH

- **Labor für Elektromobilität**  
Vorgesehener Rollenprüfstand  
für Messungen und umfassende Tests  
von Elektrofahrzeugen
- **Vorlesungen und Praktika**  
Elektromobilität  
Leistungselektronik  
Elektrische Maschinen und Antriebe  
Energietechnik  
Hocheffiziente elektrische Antriebe



[2]



## Eigenprojekt E-Kart

### Kenndaten:

- 2 Radnabenmotoren  
2x8kW Nennleistung
- **Gesamtgewicht**  
ca. 200 kg mit Fahrer
- **BLDC**  
Ansteuerungsverfahren

- **Beschleunigung:**

$$a = 5 \frac{m}{s^2} \rightarrow \Delta v = 0 - 80 \frac{km}{h} \text{ in } < 5s$$

### Studentische Arbeiten:

- Radnabenmotor samt BLDC auf dem Prüfstand vermessen (schon gemacht)
- Elektrischer Aufbau
- Batteriezustandsüberwachung und Anzeige
- Torque-Vectoring



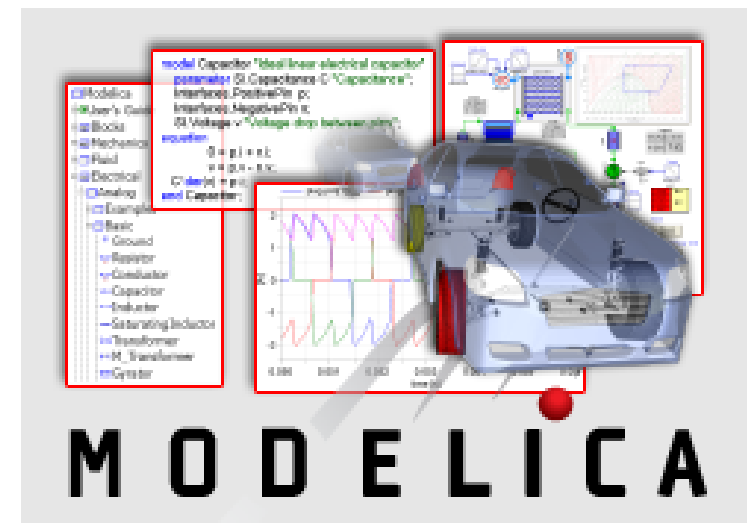
[3]



## 2. Modelica

## Modelica ...

- ... ist eine non-profit Organisation <https://modelica.org/>
- Die MA pflegt die Modellierungssprache Modelica und die Modelica Standard Library
- Die Sprache Modelica ist:
  - Frei / open source und nicht proprietär
  - Objektorientiert
  - Akausal und gleichungsorientiert

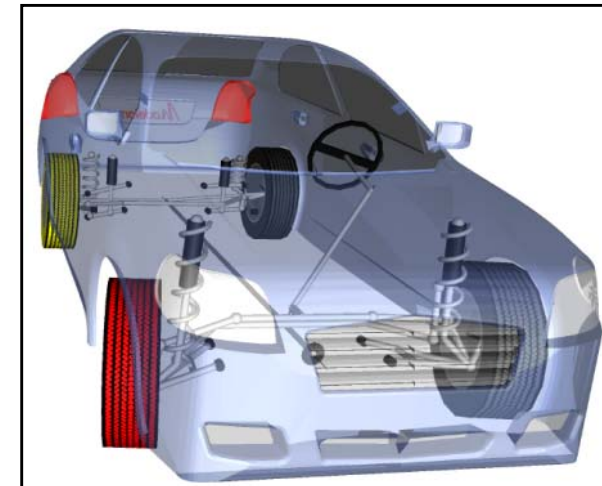




## Modelica ist ...

- ... eine Sprache zur Beschreibung komplexer physikalischer Systeme mit Komponenten aus vielen Domänen:

- Mechanik (Rotational, Translational, 3 D)
- Elektrik
- Thermodynamik
- Regelungstechnik
- ...



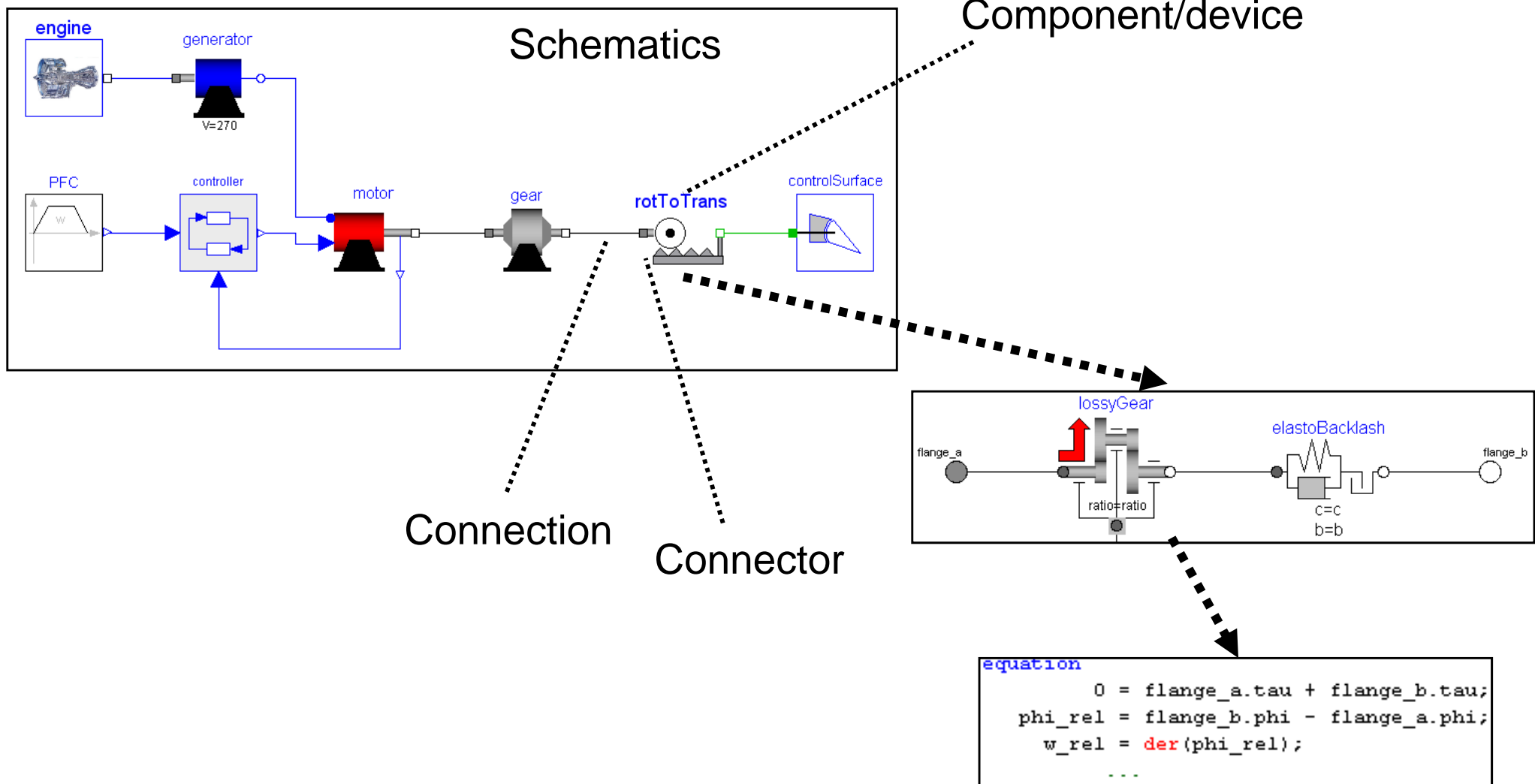
- Beschreibung mit algebraischen, Differenzial- und diskreten Gleichungen
- Alle Variablen mit Einheiten.

**Marssonde Climate Orbiter: Fehlschlag wegen Einheitenfehler!**

## Der Anwender wählt den Simulator:

- **Open Source / frei verfügbar**
  - OpenModelica
  - JModelica
- **Kommerziell**
  - Dymola / CATIA von Dassault Systemes
  - SimulationX
  - Wolfram System Modeler
  - MapleSim
  - LMS Imagine.Lab Amesim
- **Siehe [www.modelica.org/tools](http://www.modelica.org/tools)**

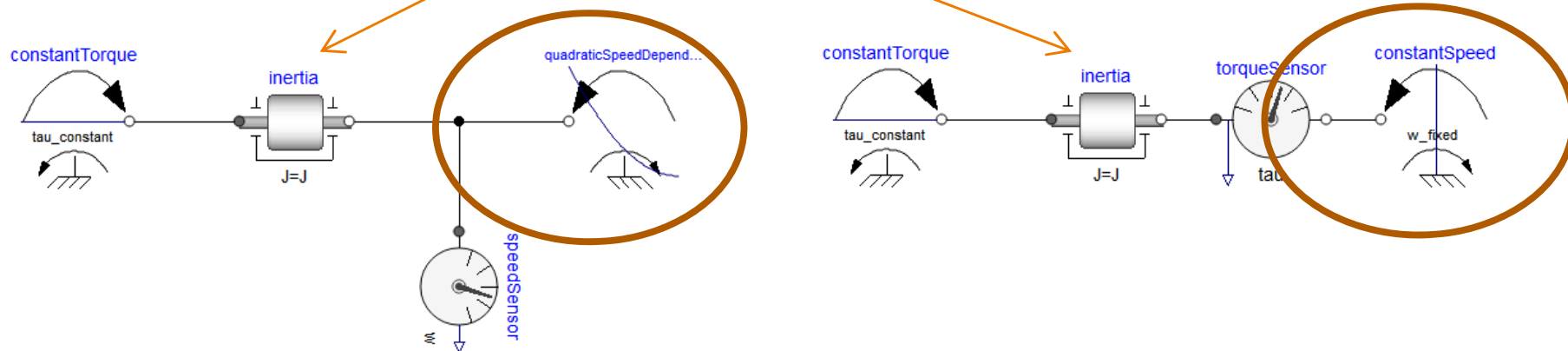
# Die Sprache Modelica ist objektorientiert:



# Modelica ist akausal und gleichungsorientiert:

- Keine Zuweisungen sondern Gleichungen

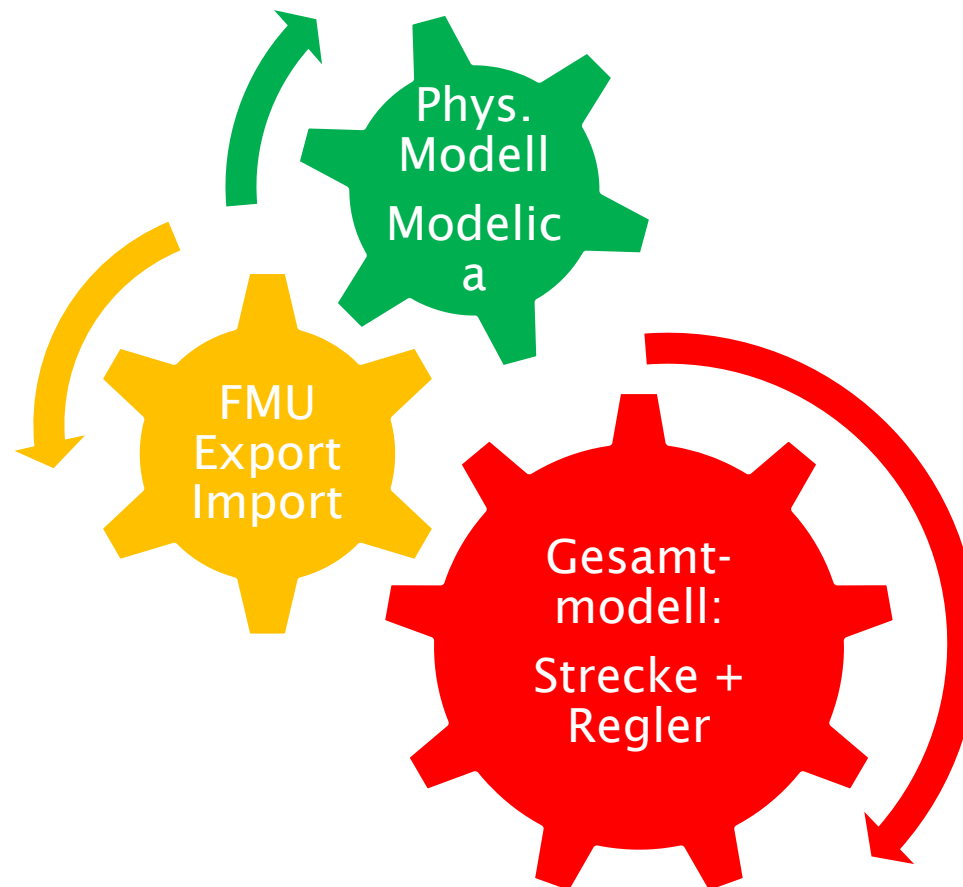
$$J \cdot \text{der}(\omega) = M - M_L$$



- Akausal: unabhängig von der späteren Verwendung

## Modelica ist kooperativ:

- **Functional Mockup Interface** [www.fmi.org](http://www.fmi.org)
- **Rapid Prototyping**
- **Frühe Integrationstests**
- **Virtuelle Inbetriebnahme**



## Modelica Conference 2019 ...

- ... findet 4.-6. März 2019 an der OTH Regensburg statt.



- **Sie sind herzlich eingeladen!**

# 3. EMOTH

## Elektromobilität OTH Regensburg

Möglichkeiten

Elektrotechnik und Fahrzyklen

Mechanik

Fahrermodell und Fahrbahnbeschaffenheit

## Elektro-Mobilitätsbibliothek der OTH

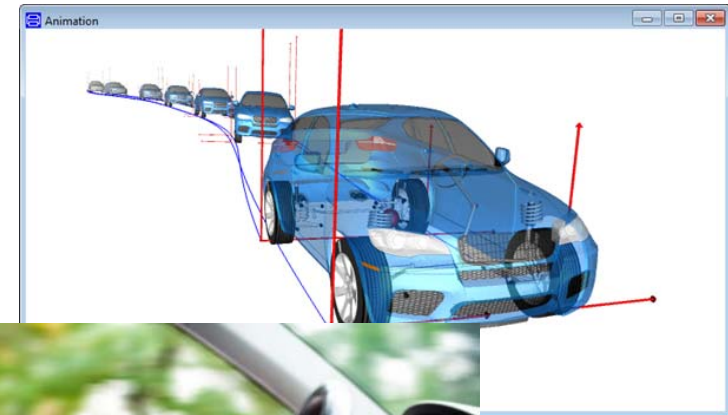
- Alexander Grimm ist Student an der OTH Regensburg im Master of Applied Research
- Gesamtprojekt über 3 Semester ist in 3 Teilprojekte gegliedert
- Thema:  
Flexible Simulation von Elektrofahrzeugen
  - Vorhersage der Fahrleistungen und des Verbrauches
  - mit Modelica
- Die Bibliothek wurde auf der Modelica Conference 2017 ex aequo mit einer Arbeit der RWTH Aachen mit dem 2. Preis honoriert. (Es wurde kein 1. Preis vergeben.)





# Möglichkeiten

- **Gesamter Antriebsstrang kann simuliert werden**
- **Ist für 3D-Simulation erweiterbar**
- **Fahrerverhalten kann ebenso berücksichtigt werden**
- **Fahrzyklusvorgabe**
- **Fahrbahnbeschaffenheit**
- **Nebenverbraucher**
- **Zusätzliche Energiezufuhr (Range Extender)**



[4]



[5]



[6]

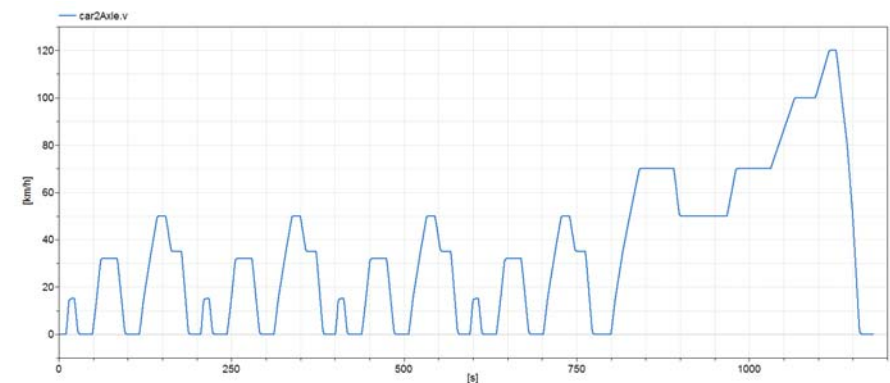
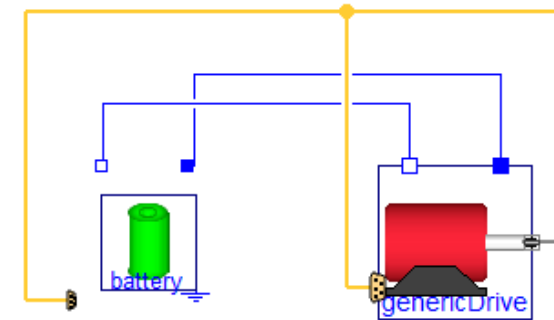
# Elektrotechnik und Fahrzyklen

## E-technische Modelle und Simulationen

- Batteriemodelle
- Motormodell samt leistungselektroink
- Rückspeisefähigkeit
- Nebenverbraucher

## Vordefinierte Fahrzyklen wie z.B.:

- UDC urban driving cycle
- NEDC new European driving cycle
- WLTC Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure



# Fahrermodell, Fahrbahnbeschaffenheit und Mechanik

## Fahrermodell:

- Entworfenes Reglerkonzept nach menschlichem Verhalten
- Vorschauzeit berücksichtigt

## Fahrbahnbeschaffenheit:

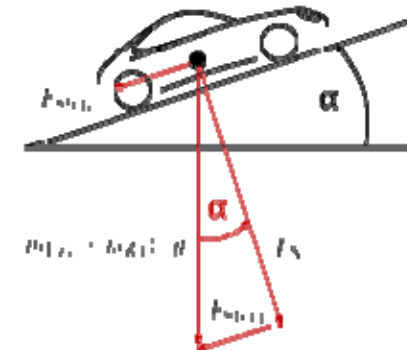
- Steigung kann berücksichtigt werden
- Fahrbahnbeschaffenheit mit Rollreibung definierbar

## Mechanik

- Fahrwiderstände
- Bremsen
- Getriebe



[5]



[7]

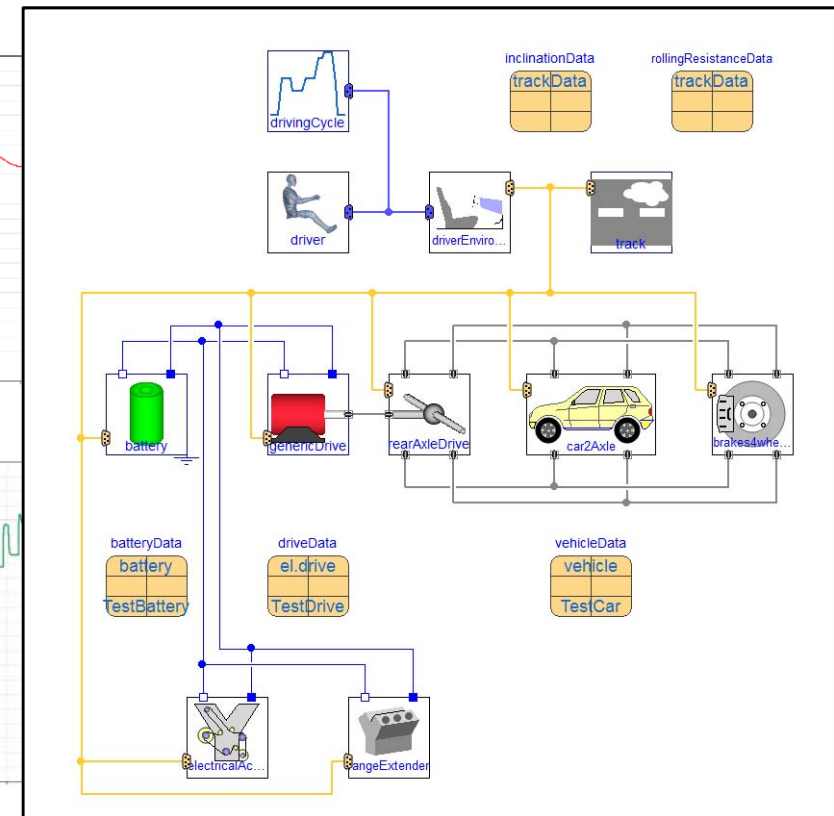
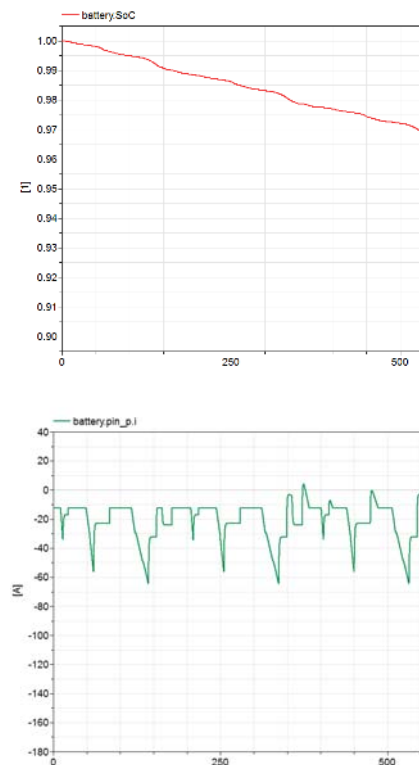
# 4. Zusammenfassung und Ausblick

Simulation mit Vorausblick  
Ausblick mit dem Projekt EMIL

## Simulation mit Vorausblick

Vorab Aussagen möglich über:

- Reichweite
- Beschleunigungen
- Bremsverhalten
- Verluste (Leistung)
- Geschwindigkeiten
- Energieverbrauch



## Ausblick zum Projekt mit dem EMIL

### Simulation des Elektrobusses EMIL:

- Bibliothek mit gesammelten Daten verbessern
- Verifizieren der Bibliothek

→Zusammenarbeit mit AVL + RFG



[8]

### Simulation sagt für die Planung voraus:

- Reichweite und Fahrverhalten vorab besser greifbar
- Routenplanung für Elektrobusse einfacher
- Vergleich mit neuen Bussen einfacher

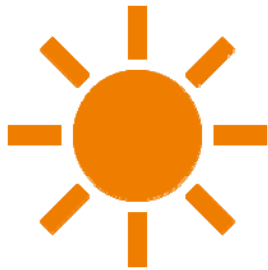


[9]

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

[anton.haumer@oth-regensburg.de](mailto:anton.haumer@oth-regensburg.de)

[alexander.grimm@st.oth-regensburg.de](mailto:alexander.grimm@st.oth-regensburg.de)



# Quellen

[1] <http://www.regenics.de/> , aufgerufen am 13.11.2017

[2] <http://www.maha-aip.de/Produkte/Pr%C3%BCfst%C3%A4nde/Abgasmessung/PKWs-Rollen-%C3%98-48> , aufgerufen am 14.11.2017

[3] <http://www.crgdeutschland.de/chassis/road-rebel/road-rebel-kz2-chassis-mit-bremse-ven-09-189-mg/a-6009972/#> , aufgerufen am 30.10.2017

[4] <http://www.modelon.com/blog/articles/dymola-tips-and-tricks-series-ii-animation-in-dymola/> , aufgerufen am 30.10.2017

[5] <https://www.aboalarm.de/blog/versicherung/kfz-versicherung-anderer-fahrer/> , aufgerufen am 30.10.2017

[6] <https://www.renault.ch/de/renault-modellpalette/elektroauto-modellpalette/zoe/neuer-zoe/> , aufgerufen am 30.10.2017



# Quellen

[7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrwiderstand> , aufgerufen am 30.10.2017

[8] <https://tourismus.regensburg.de/regensburg-erleben/wissenswertes/oepnv-in-regensburg.html> ,  
aufgerufen am 30.10.2017

[9] <https://www.glassdoor.co.in/Photos/AVL-India-Software-Office-Photos-E589240.htm> , aufgerufen  
am 30.10.2017