



Fahrzeugregelung - Übung (Antriebsleistung und Fahrwiderstände)

M.Sc. Thang Nguyen

Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller | Fachgebiet Kraftfahrzeuge | Fakultät Verkehrs- und Maschinensystem



### **Motivation**

Zum Vergleichen unterschiedlicher Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Fahrleistungen bietet es sich an, ein numerisches Programm auf Basis der Fahrwiderstandsgleichungen zu erstellen.

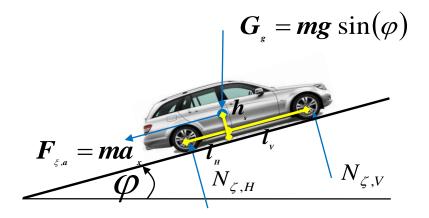
## **Spezifikationen**

- Wichtigste Fahrzeugparameter sollen enthalten sein.
- Einfache Parameteränderung soll ermöglicht werden.
- Reale Motorkennfeld soll eingelesen werden können.

# A: Zugkraftgleichungen



Summe aller Kräfte am Fahrzeug:



$$ma_{x} + \frac{J_{ers}}{r_{R}}\dot{\omega} = \sum_{i} \frac{M_{R}^{i}}{r_{R}} - mg\sin(\varphi) - F_{Lx} - F_{roll}^{i}$$

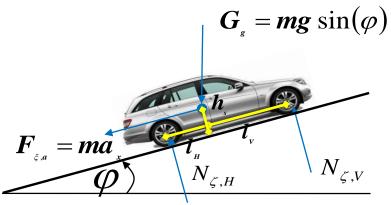
$$\Leftrightarrow \sum_{i} \frac{M_{R}^{i}}{r_{R}} = ma_{x} + \frac{J_{ers}}{r_{R}}\dot{\omega} + mg\sin(\varphi) + F_{Lx} + F_{roll}^{i} = Z_{B}$$

# A: Zugkraftgleichungen



 $\underline{\text{mit}}$  Rollwiderstand:  $F_{roll}^{ges} = k_r mg$ 

Luftwiderstand:  $F_{Lx} = \frac{1}{2} c_x A \rho_L (v_x)^2$   $F_{\xi x} = ma$ 



Steigungswiderstand:  $oldsymbol{F}_{\scriptscriptstyle St} = oldsymbol{mg} \sin(arphi)$ 

Beschleunigungswiderstand (siehe Vorlesungsfolien):

$$F_{B} = \left(m + \frac{J_{v} + J_{h}}{r_{R}^{2}}\right) a_{x} = \left(m + \frac{4J_{R} + (i_{D})^{2}J_{G} + (i_{D}i_{G})^{2}J_{M}}{r_{R}^{2}}\right) a_{x}$$

### **B: Motorkennlinien**



## Reale Motorkennlinie eines VKM (ICE):

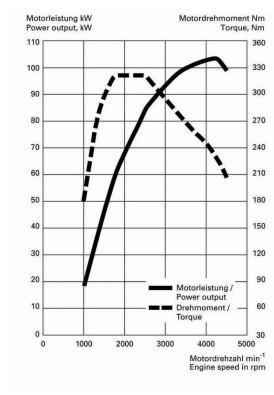
### Alternative:

Approximation mittels Polynom:

$$\boldsymbol{P}_{Mot} = \boldsymbol{P}_{0} + \sum_{i}^{3} \boldsymbol{P}_{i} \boldsymbol{\omega}_{Mot}^{i-1} = \boldsymbol{P}_{0} + \boldsymbol{P}_{1} \boldsymbol{\omega}_{Mot} + \boldsymbol{P}_{2} \boldsymbol{\omega}_{Mot}^{2} + \boldsymbol{P}_{3} \boldsymbol{\omega}_{Mot}^{3}$$

mit

$$oldsymbol{P}_{0} = 0$$
 $oldsymbol{P}_{2} = rac{oldsymbol{r}_{ ext{max}}}{oldsymbol{\omega}_{ ext{max}}^{2}}$ 
 $oldsymbol{P}_{1} = rac{oldsymbol{P}_{ ext{max}}}{oldsymbol{\omega}_{ ext{max}}^{3}}$ 
 $oldsymbol{P}_{3} = -rac{oldsymbol{P}_{ ext{max}}}{oldsymbol{\omega}_{ ext{max}}^{3}}$ 



### und dem Motormoment:

$$oldsymbol{M}_{\scriptscriptstyle{Mot}} = rac{oldsymbol{P}_{\scriptscriptstyle{Mot}}}{\mathcal{O}_{\scriptscriptstyle{Mot}}}$$

## **B: Motorkennlinien**



Reale Motorkennlinie eines VKM (ICE):

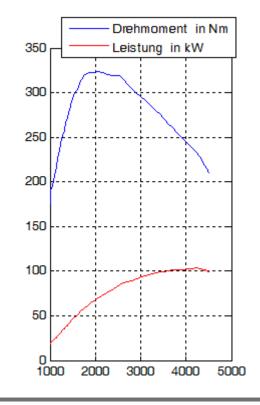
### **Alternative:**

Approximation mittels Polynom:

$$\boldsymbol{P}_{Mot} = \boldsymbol{P}_{0} + \sum_{i}^{3} \boldsymbol{P}_{i} \omega_{Mot}^{i-1} = \boldsymbol{P}_{0} + \boldsymbol{P}_{1} \omega_{Mot} + \boldsymbol{P}_{2} \omega_{Mot}^{2} + \boldsymbol{P}_{3} \omega_{Mot}^{3}$$

mit

$$P_{0} = 0$$
 $P_{2} = \frac{-\frac{max}{\omega_{max}^{2}}}{\omega_{max}^{2}}$ 
 $P_{1} = \frac{P_{max}}{\omega_{max}}$ 
 $P_{3} = -\frac{P_{max}}{\omega_{max}^{3}}$ 

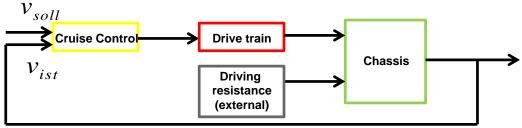


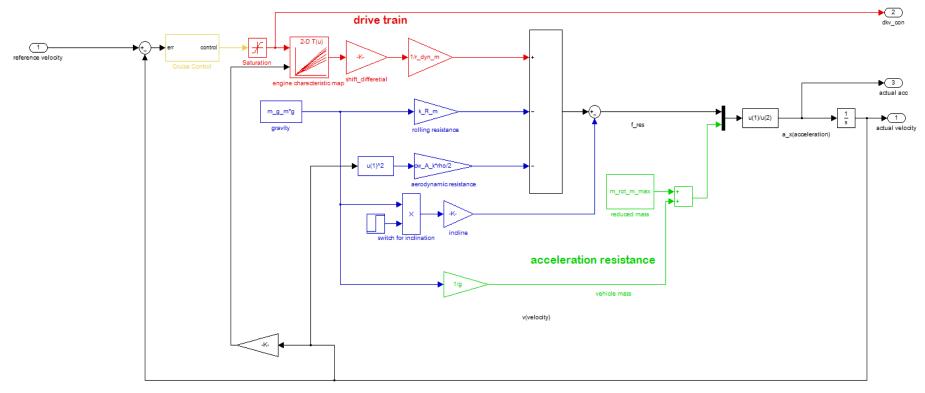
und dem Motormoment:

$$oldsymbol{M}_{_{ extit{Mot}}} = rac{oldsymbol{P}_{_{ extit{Mot}}}}{arOmega_{_{ extit{Mot}}}}$$

# Simulation der Geschwindigkeitsregelanlage



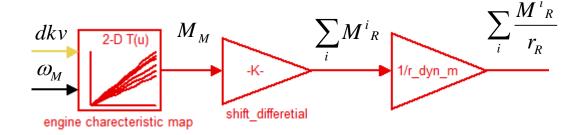


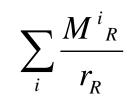


M.Sc. Thang Nguyen | Prof. Dr. Steffen Müller | Fachgebiet Kraftfahrzeuge | Fakultät Verkehrs- und Maschinensystem Folie 7

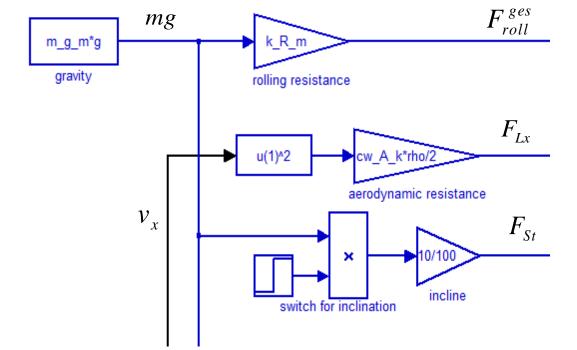
## Simulation der Geschwindigkeitsregelanlage







**Antriebsmoment:** 



## Fahrwiderstände (extern):

$$F^{i}_{roll} + F_{Lx} + mg \sin(\varphi)$$

$$F_{roll}^{ges} = k_r mg$$

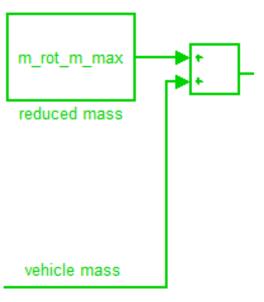
$$F_{Lx} = \frac{1}{2} c_x A \rho_L (v_x)^2$$

$$F_{St} = mg \sin(\varphi)$$

M.Sc. Thang Nguyen | Prof. Dr. Steffen Müller | Fachgebiet Kraftfahrzeuge | Fakultät Verkehrs- und Maschinensystem Folie 8

## Simulation der Geschwindigkeitsregelanlage





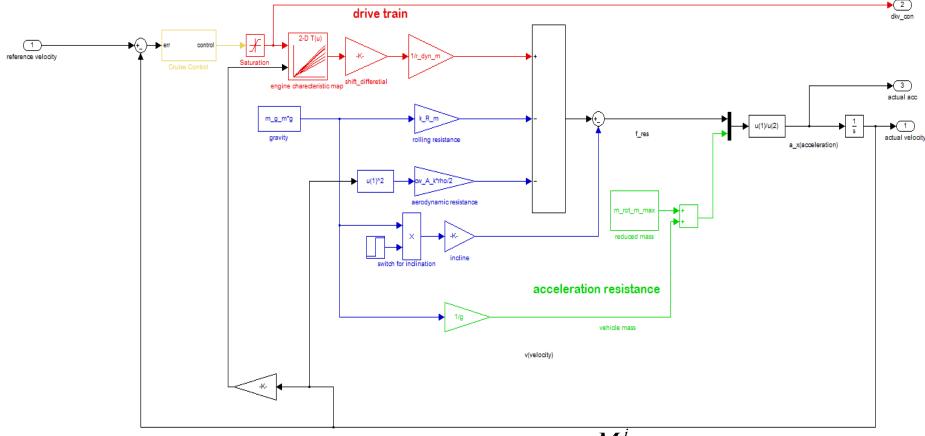
## Beschleunigungswiderstand:

$$F_{B} = \left(m + \frac{J_{v} + J_{h}}{r_{R}^{2}}\right) a_{x} = \left(m + \frac{4J_{R} + (i_{D})^{2}J_{G} + (i_{D}i_{G})^{2}J_{M}}{r_{R}^{2}}\right) a_{x}$$

$$m_{ers} = \frac{4J_R + (i_D)^2 J_G + (i_D i_G)^2 J_M}{r_R^2}$$

# Simulation der Geschwindigkeitsregelanlage





$$v_{x} = \int a_{x} = \int \frac{\sum_{i} \frac{M_{R}^{i}}{r_{R}} - F_{roll}^{i} - F_{Lx} - mg \sin(\varphi)}{m + m_{ers}}$$

M.Sc. Thang Nguyen | Prof. Dr. Steffen Müller | Fachgebiet Kraftfahrzeuge | Fakultät Verkehrs- und Maschinensystem Folie 10



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!