

Inhalt

Anforderungen

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Neue Modelle für das Motormanagement

Prof. Dr.-Ing. **Victor Gheorghiu**

Fachbereich Maschinenbau und Produktion

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

[Return](#)

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Anforderungen an Motor und Fahrzeug	Motorische Maßnahmen	Außermotorische Maßnahmen
<ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Emissionen• Erhöhung der Effektivität• Verbesserung des Ansprechverhaltens• Senkung des Kaufpreises• Erhöhung der Lebensdauer ...	<p>Optimierung der:</p> <ul style="list-style-type: none">• inneren Prozesse<ul style="list-style-type: none">– Gemischbildung– Verbrennung ...• Steuerung und Regelung• Konstruktion der Bauteile u. Systeme• Konzepte (GDI, CR, EGR, VTG, VVT)	<ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Fahrzeugmasse• Verbesserung der Aerodynamik• Synchronisieren der Ampel in den Städten• Begrenzung der Geschwindigkeit auf Autobahnen ...

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Anforderungen an Motor und Fahrzeug	Motorische Maßnahmen	Außermotorische Maßnahmen
<ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Emissionen• Erhöhung der Effektivität• Verbesserung des Ansprechverhaltens• Senkung des Kaufpreises• Erhöhung der Lebensdauer ...	<p>Optimierung der:</p> <ul style="list-style-type: none">• inneren Prozesse<ul style="list-style-type: none">– Gemischbildung– Verbrennung ... <p>Steuerung und Regelung</p> <ul style="list-style-type: none">• Konstruktion der Bauteile u. Systeme• Konzepte (GDI, CR, EGR, VTG, VVT)	<ul style="list-style-type: none">• Reduzierung der Fahrzeugmasse• Verbesserung der Aerodynamik• Synchronisieren der Ampel in den Städten• Begrenzung der Geschwindigkeit auf Autobahnen ...

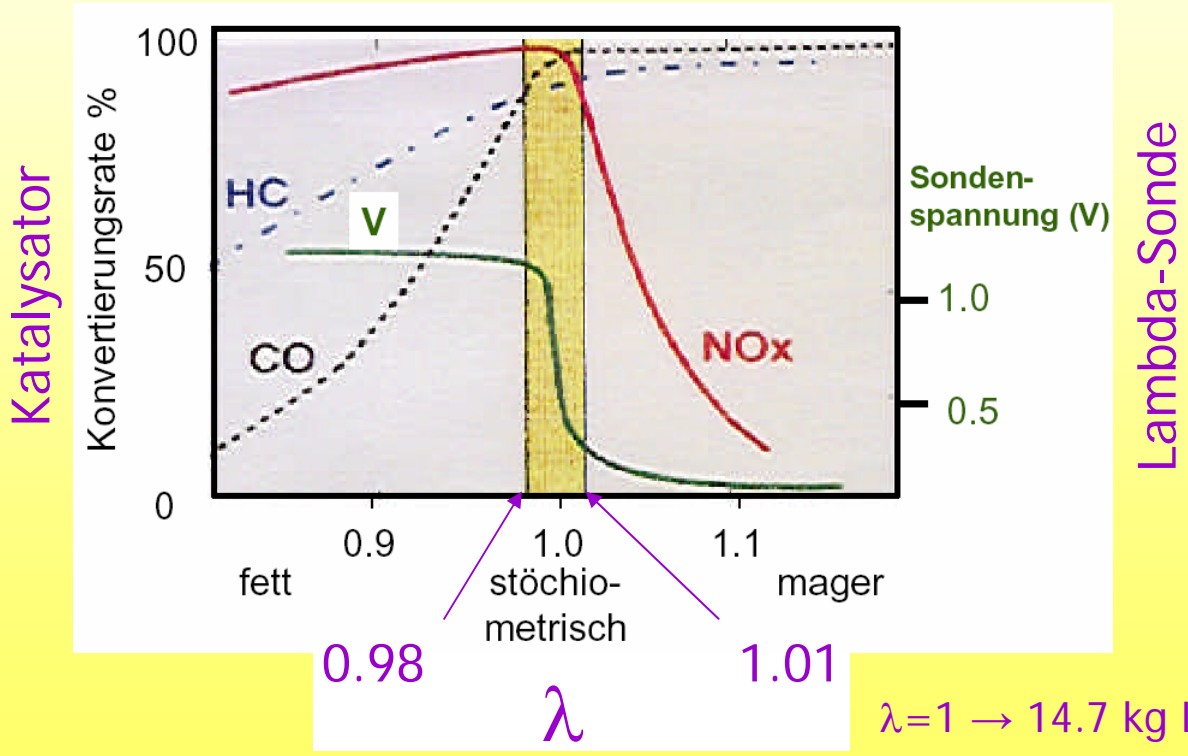
ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

- 1. Phase
- 2. Phase
- 3. Phase
- Probleme + Zukunft

Problematik des klassischen Ottomotors:
(d.h. mit Saugrohreinspritzung und **homogene** Gemischbildung)

Einhaltung des Lambda-Fensters



[Return](#)

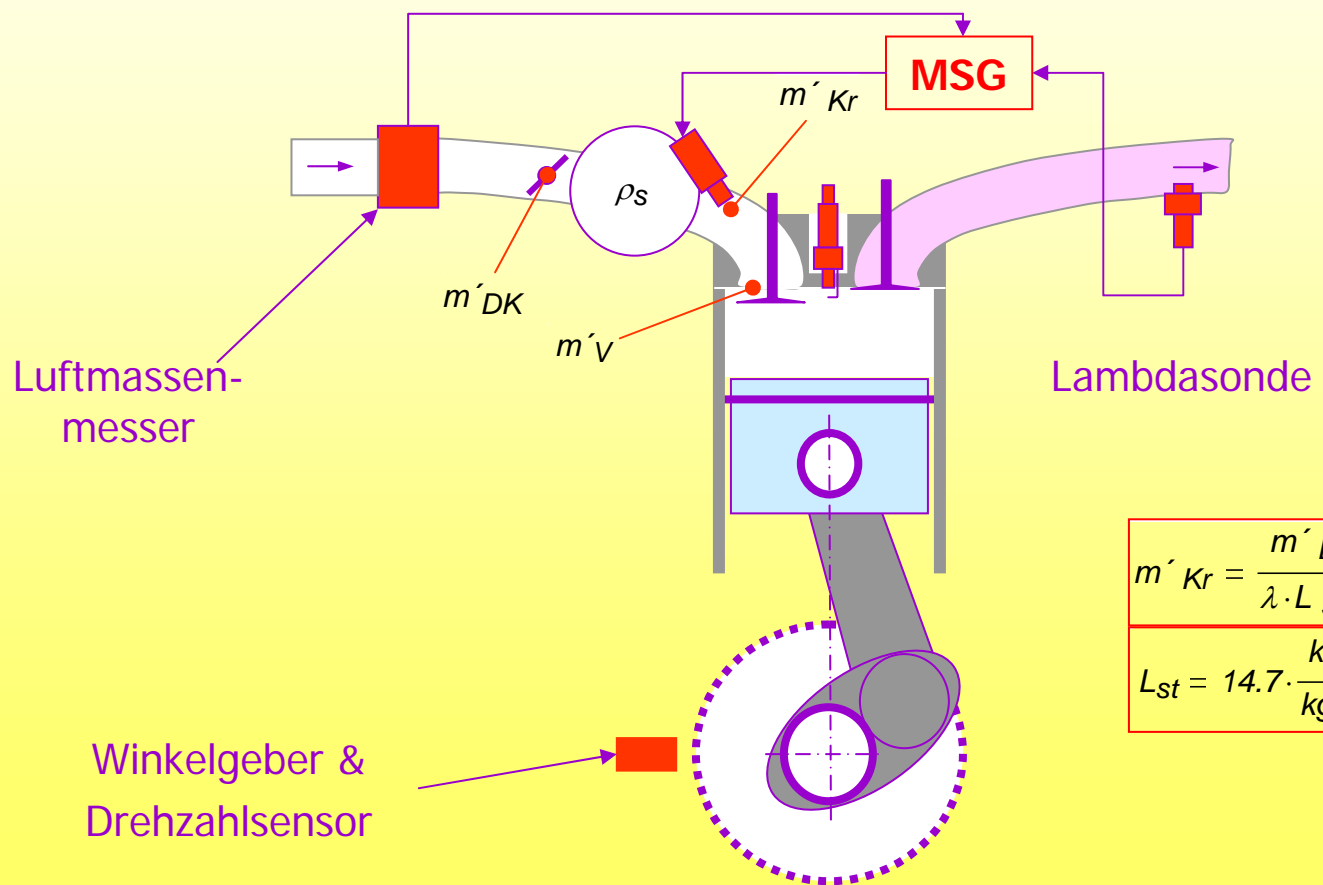
$\lambda=1 \rightarrow 14.7 \text{ kg Luft / kg Kr.}$

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

- 1. Phase
- 2. Phase
- 3. Phase
- Probleme + Zukunft

Problematik des klassischen Ottomotors: Einhaltung des Lambda-Fensters



$$m'_{Kr} = \frac{m'_{L}}{\lambda \cdot L_{st}}$$
$$L_{st} = 14.7 \cdot \frac{kgL}{kgKr}$$

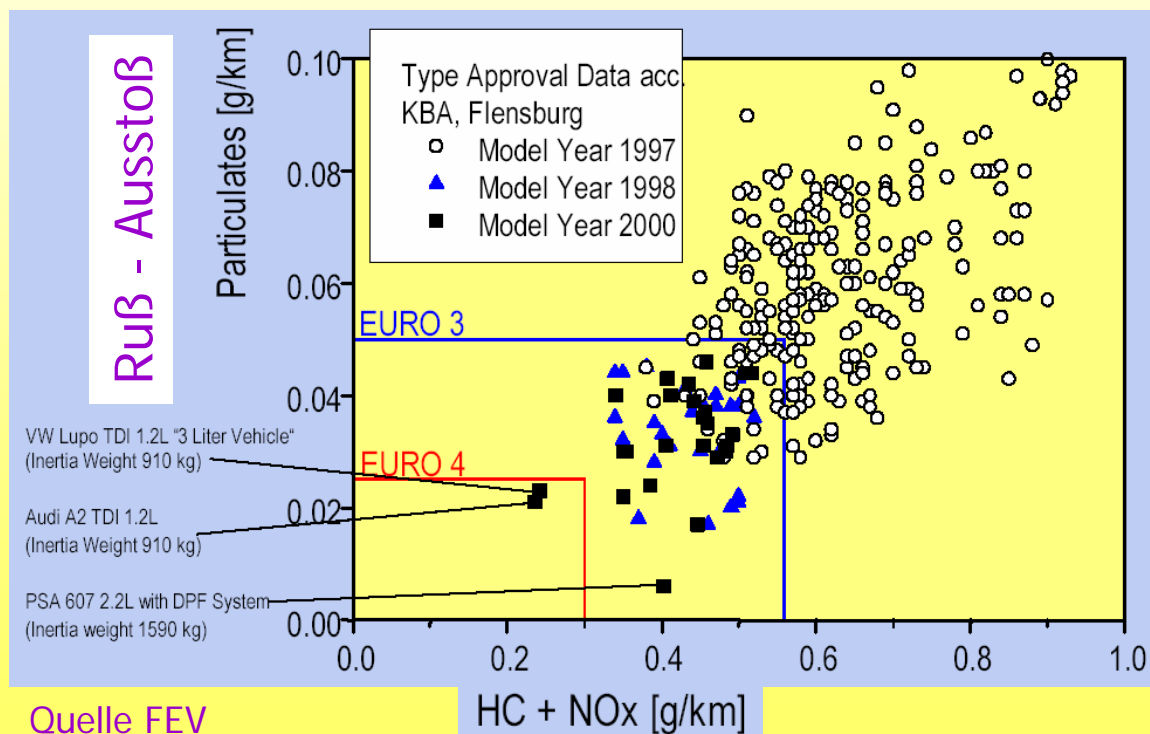
ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

- 1. Phase
- 2. Phase
- 3. Phase
- Probleme + Zukunft

Problematik des klassischen Dieselmotors: (d.h. mit Direkteinspritzung und inhomogene Gemischbildung)

Gleichzeitige Einhaltung der Ruß- und NOx-Grenzwerten ohne große Verbrauchseinbuße



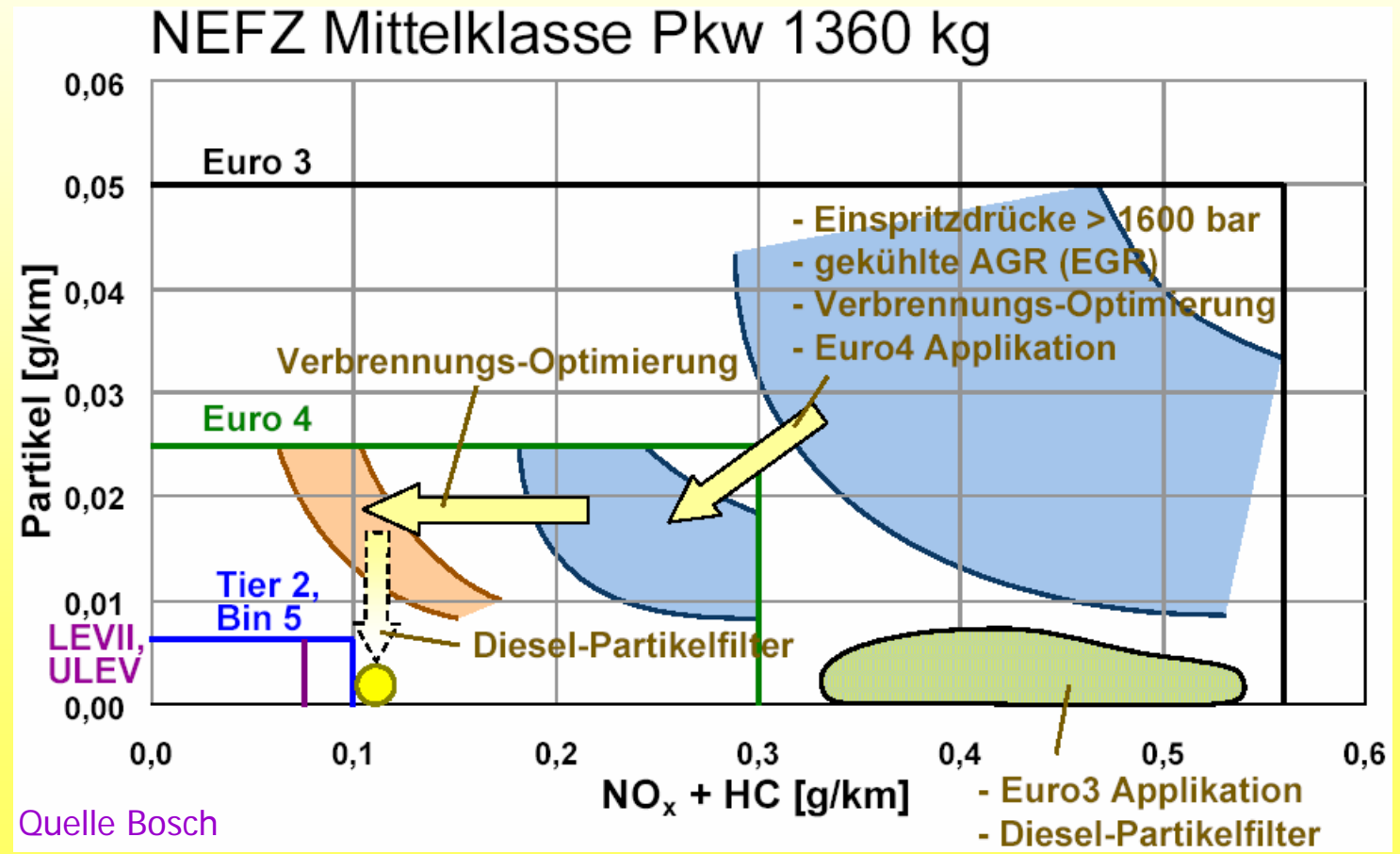
Quelle FEV

[Return](#)

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

- MODELLARTEN
- 1. Phase
- 2. Phase
- 3. Phase
- Probleme + Zukunft

Problematik des klassischen Dieselmotors: Gleichzeitige Einhaltung der Ruß- und NOx-Grenzwerten ohne große Verbrauchseinbuße



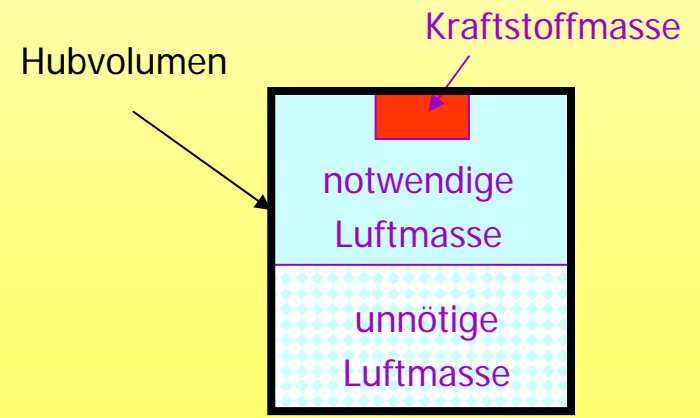
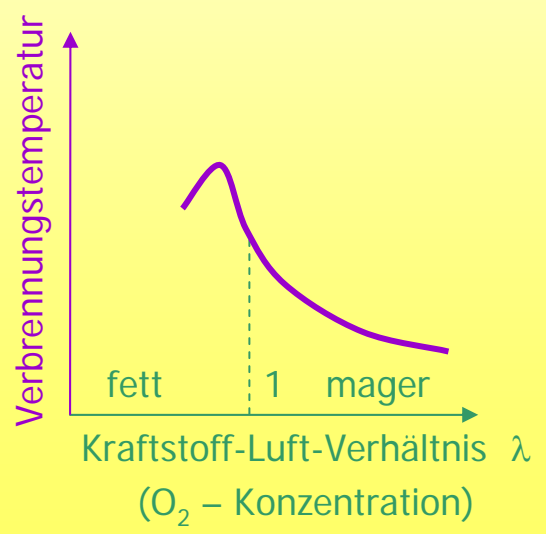
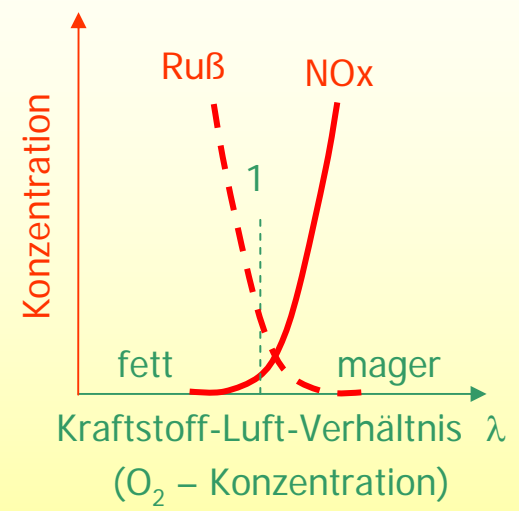
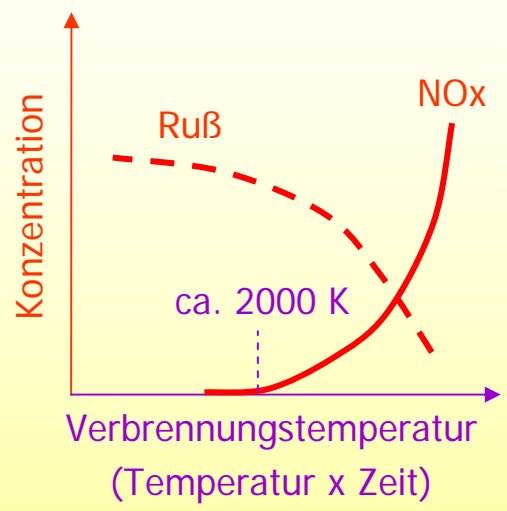
[Return](#)

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

- 1. Phase
- 2. Phase
- 3. Phase
- Probleme + Zukunft

Theorie



Zu viel unnötiger O_2 !!!

ANFORDERUNGEN an den MOTORSTEUERUNGEN

MODELLARTEN

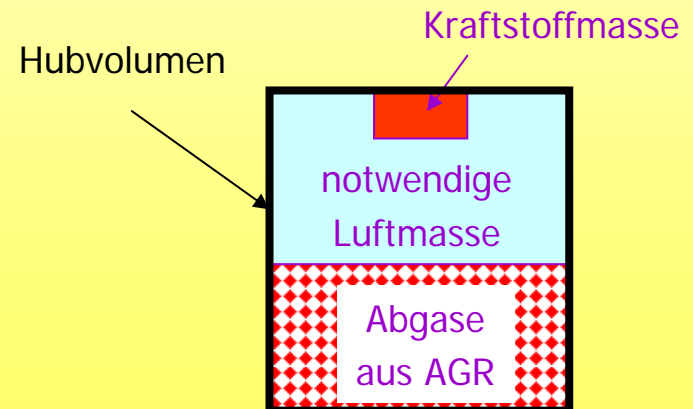
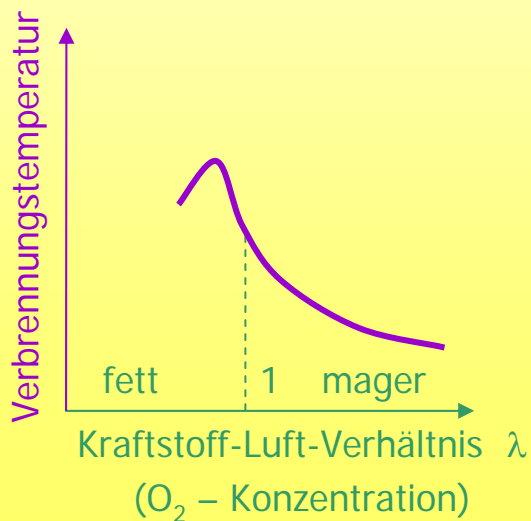
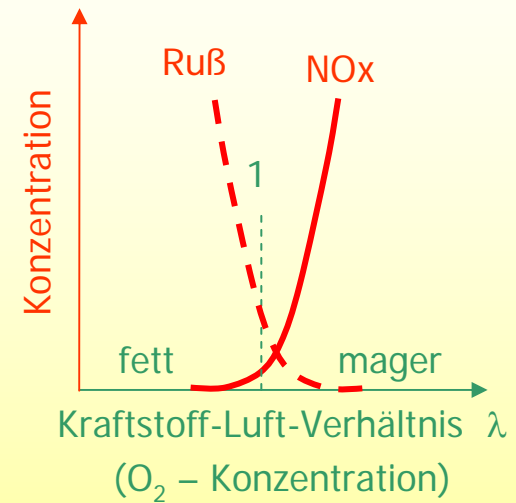
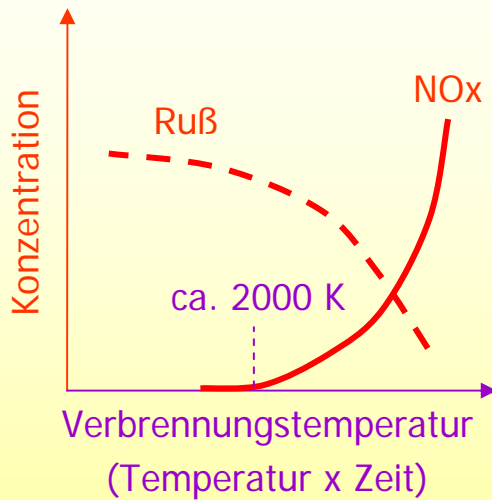
1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Theorie



MODELLARTEN FÜR MOTOR-STEUERGERÄTE (MSG)

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

	Modellierungsart	Steuerungs- und Regelungsart	Verwendungsart der Messsignale
1.	nur auf Kennfelder basierend	vorhersehbar	als Erregung
2.	physikalisch + kennfeldbasierend	vorhersehbar + anpassend	als Erregung
3.	analysierend + physikalisch (+ kennfeldbasierend)	vorhersehbar + anpassend + selbstprüfend	als Infoquelle + als Erregung

Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

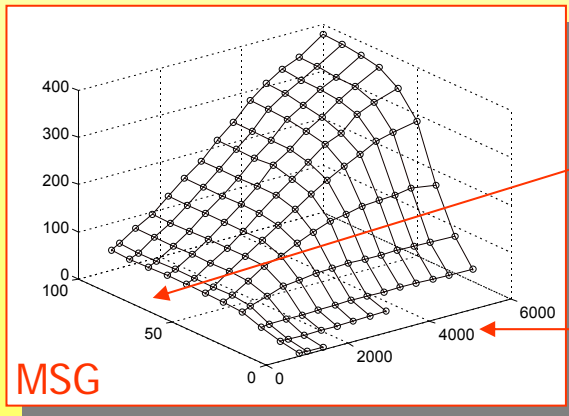
2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

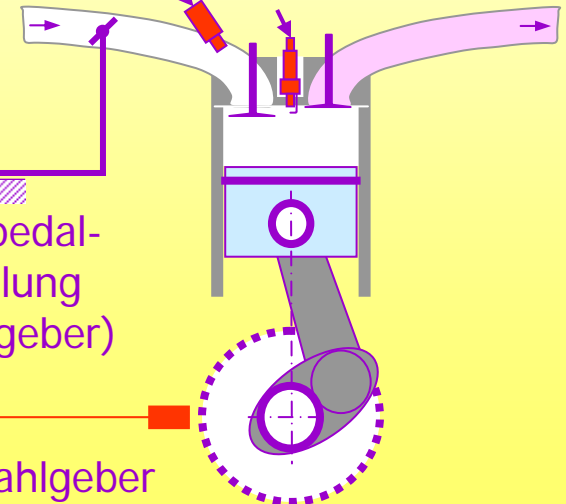
Modellierungsart	Steuerungs- und Regelungsart	Verwendungsart der Messsignale
nur auf Kennfelder basierend	vorhersehbar	als Erregung

Kennfelder (z.B. Einspritzdauer, Zündzeitpunkt usw.)



Gaspedal-
stellung
(Lastgeber)

Drehzahlgeber



Return

Inhalt

Anforderungen

MODELLARTEN

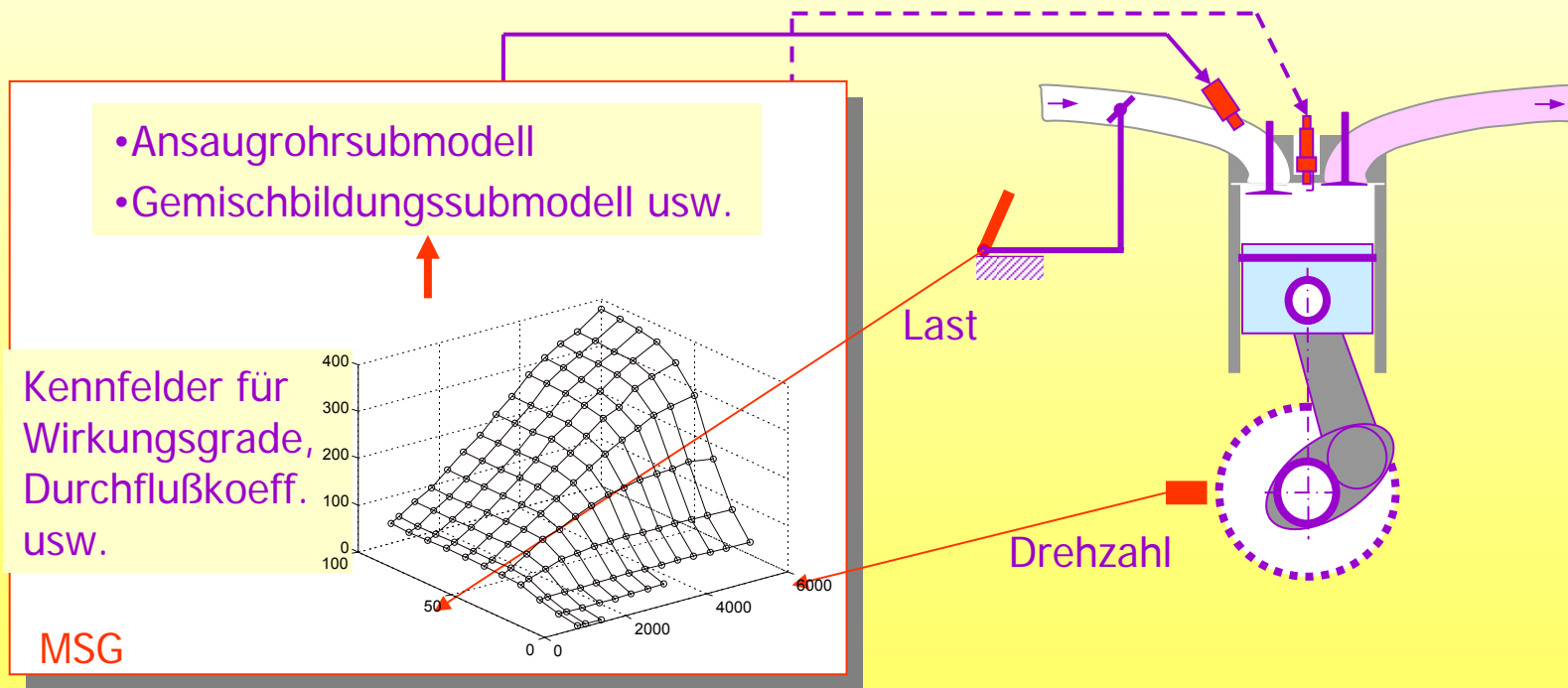
1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Modellierungsart	Steuerungs- und Regelungsart	Verwendungsart der Messsignale
physikalisch + kennfeldbasierend	vorhersehbar + anpassend	als Erregung



Return

Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

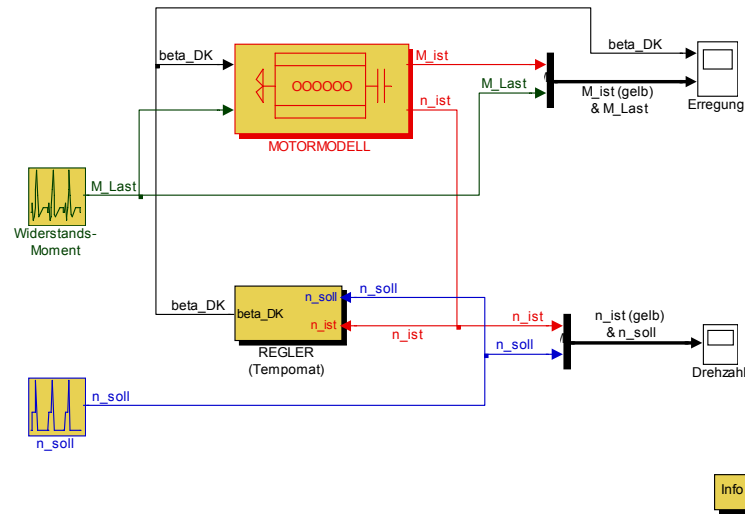
1. Phase

2. Phase

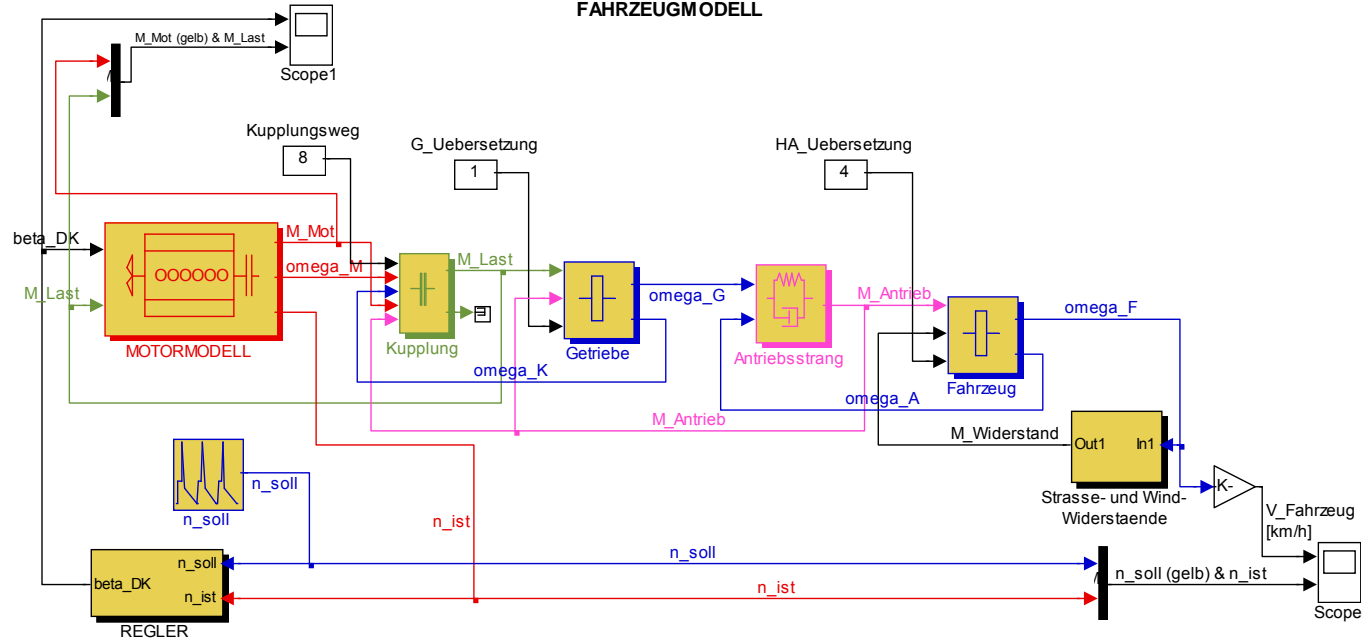
3. Phase

Probleme + Zukunft

Test des MOTORMODELLS bei vorgegebener soll-Drehzahl (n_{soll}) und variablem Widerstandsmoment (M_{Last})



FAHRZEUGMODELL



Return

Inhalt

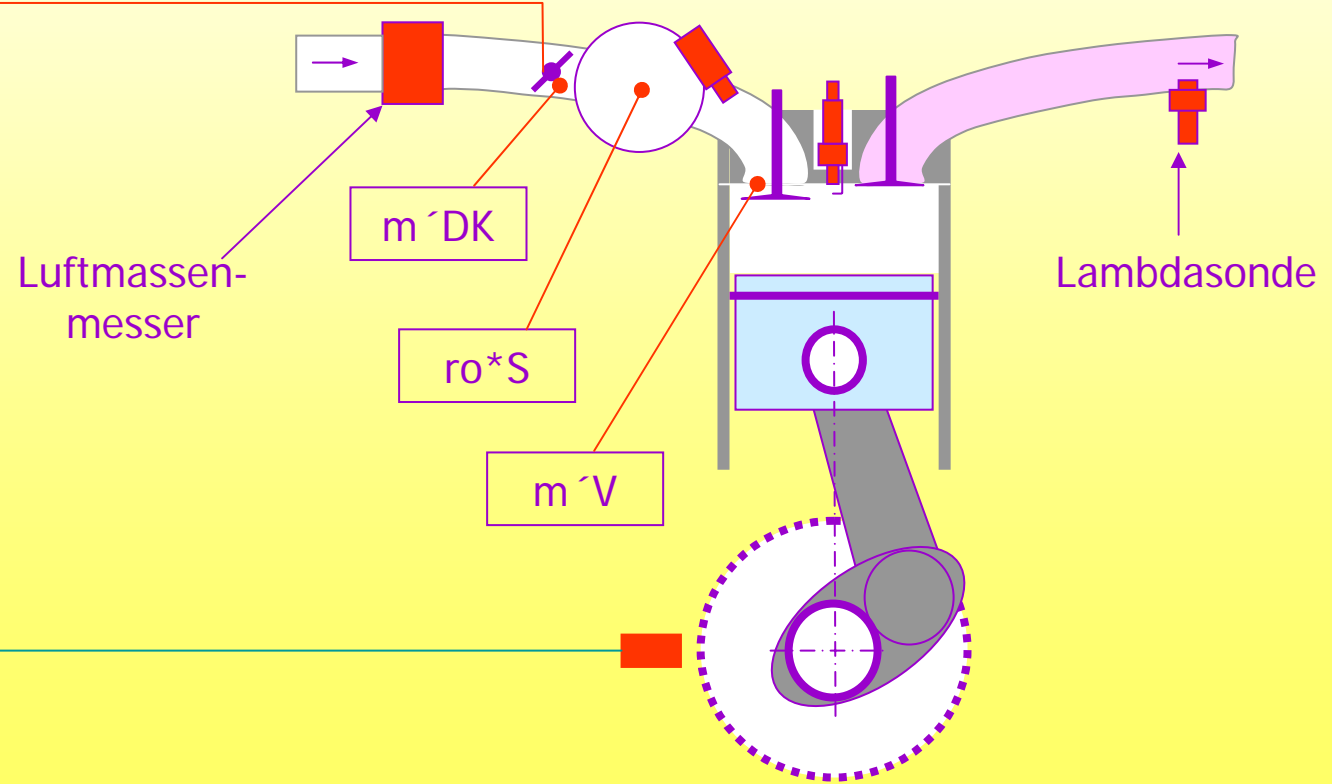
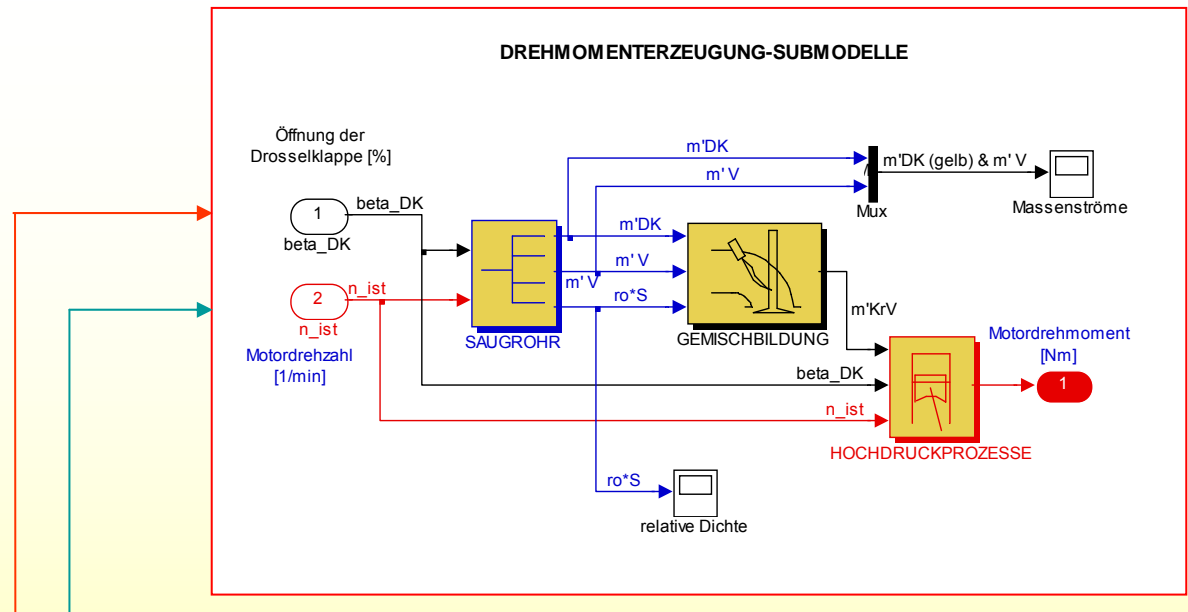
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

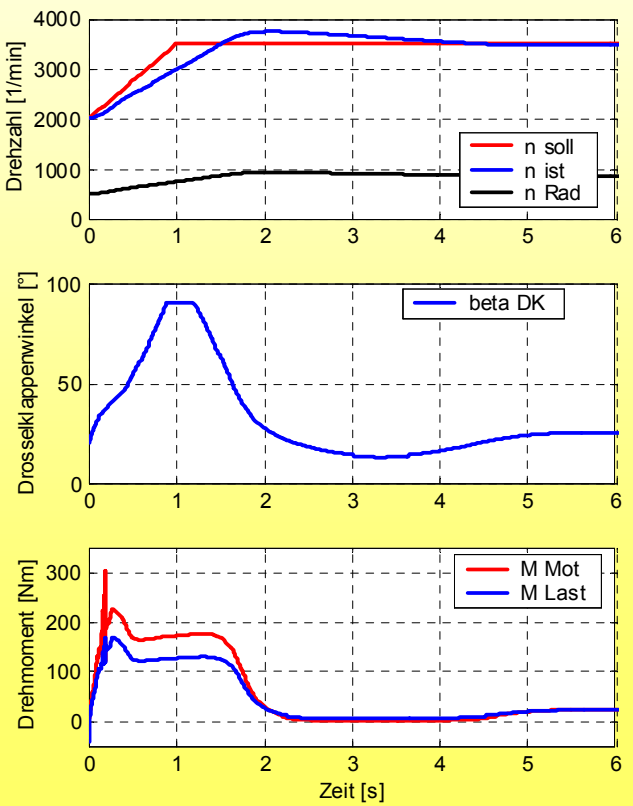
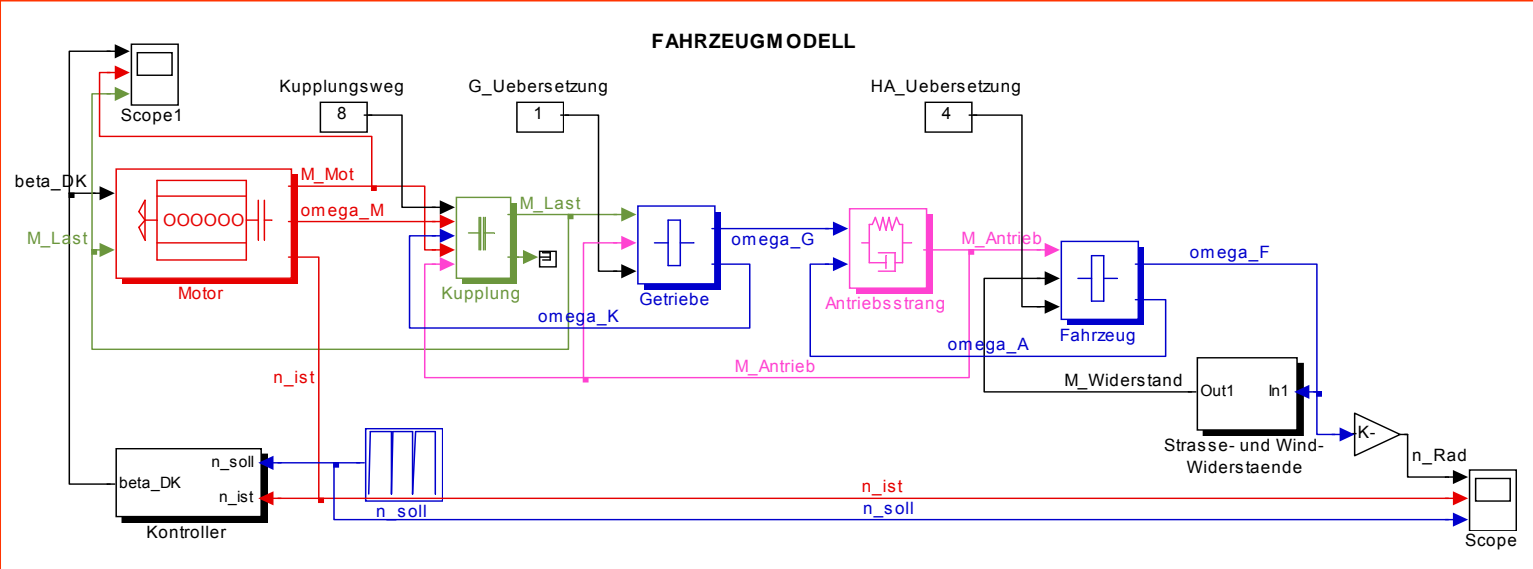
3. Phase

Probleme + Zukunft



Return

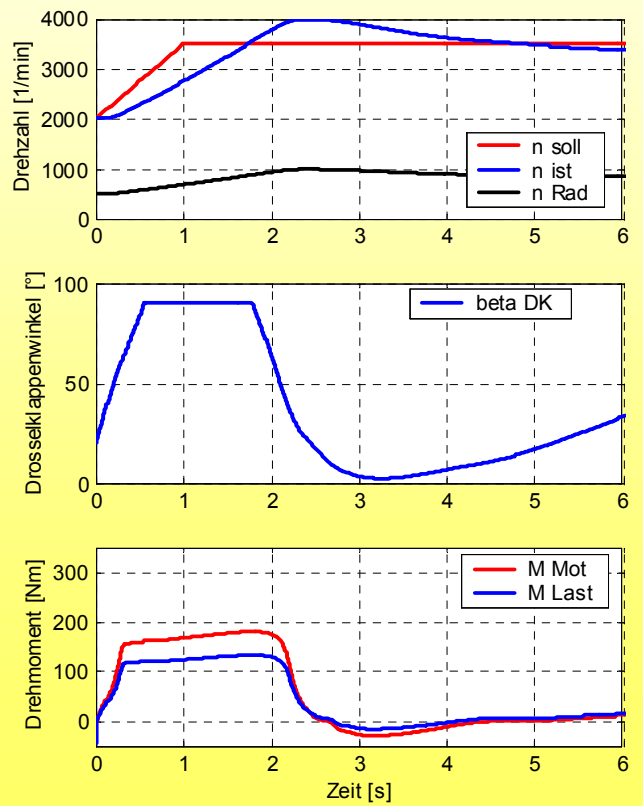
Inhalt
 Anforderungen
 MODELLARTEN
 1. Phase
 2. Phase
 3. Phase
 Probleme + Zukunft



Steuerung mit:

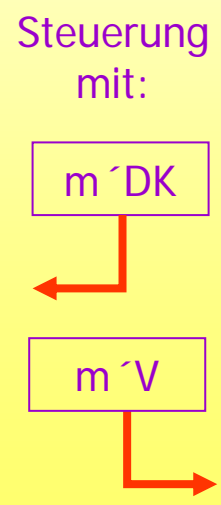
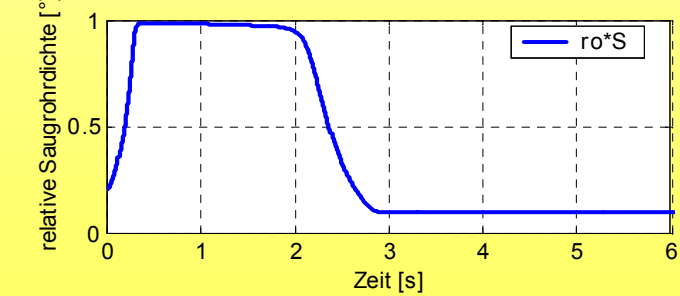
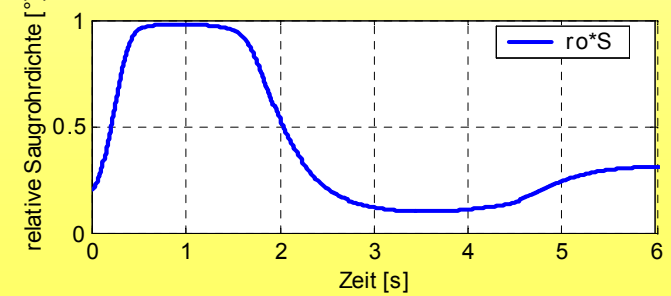
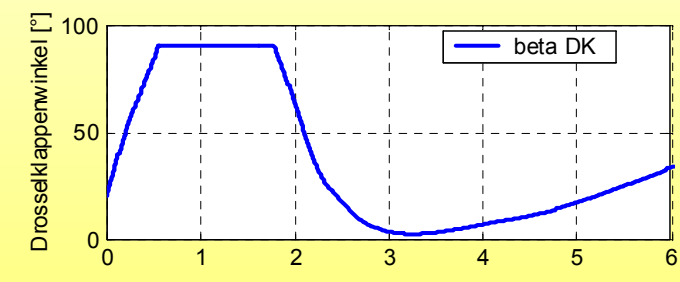
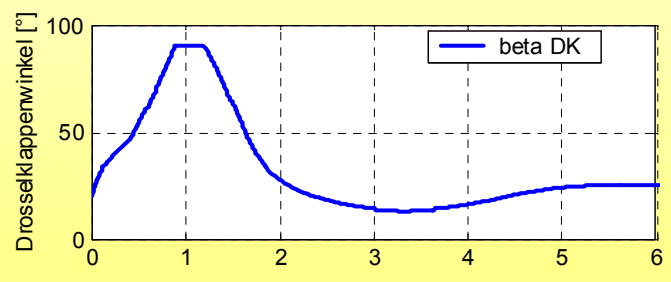
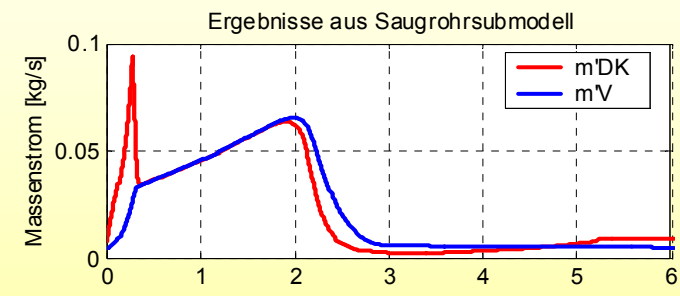
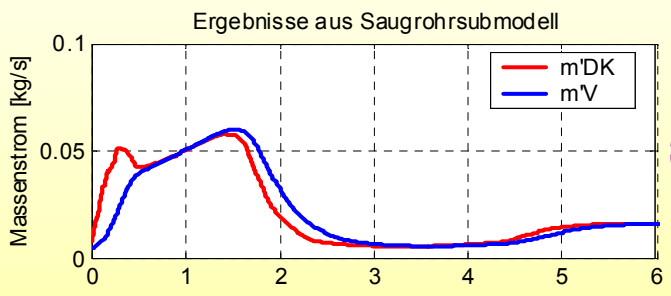
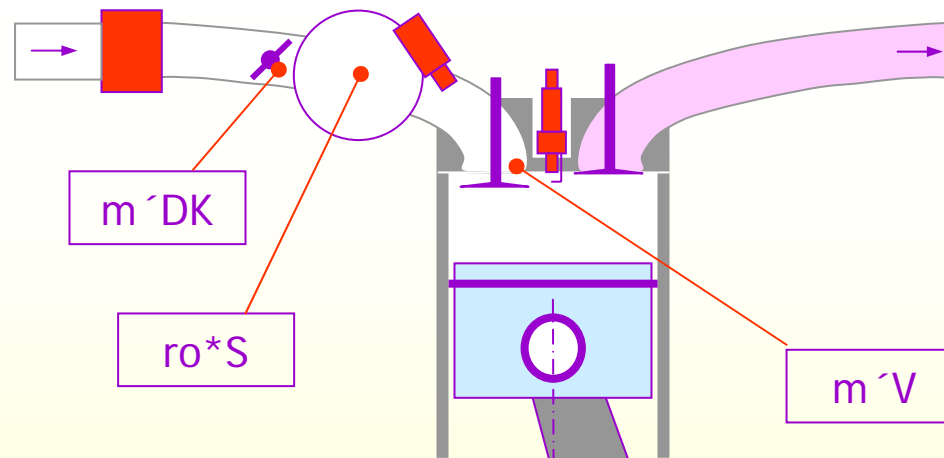
m_{DK}

m_V



Return

Inhalt
 Anforderungen
 MODELLARTEN
 1. Phase
 2. Phase
 3. Phase
 Probleme + Zukunft

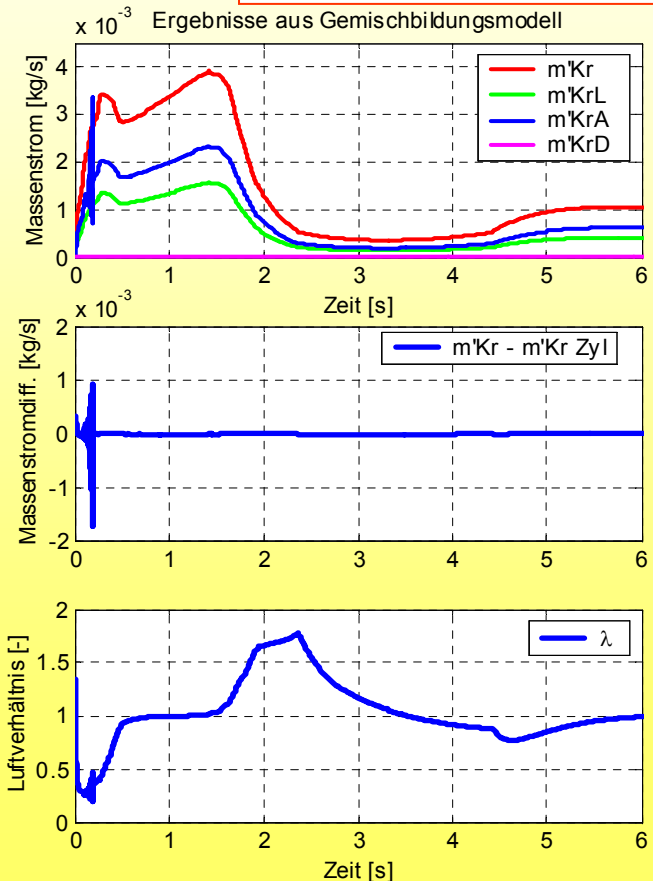
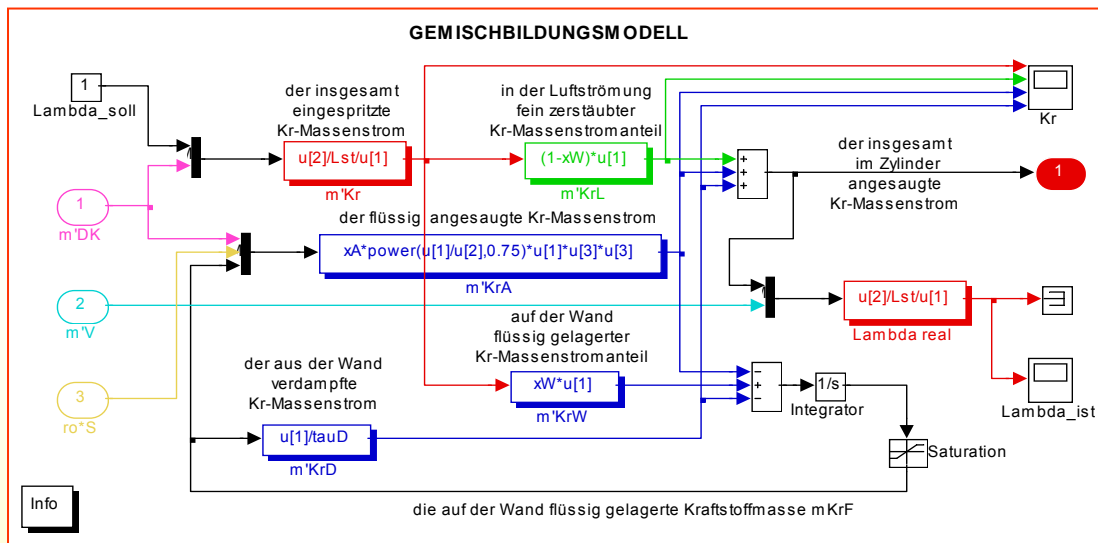


[Return](#)

Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

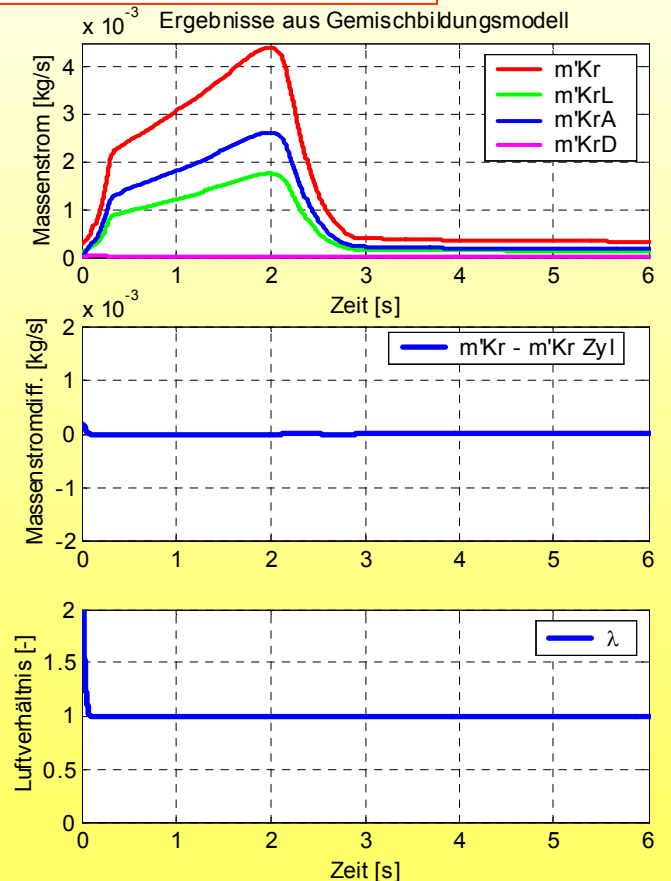
1. Phase
2. Phase
3. Phase
Probleme + Zukunft



Steuerung mit:

m^*DK

m^*V



Return

Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

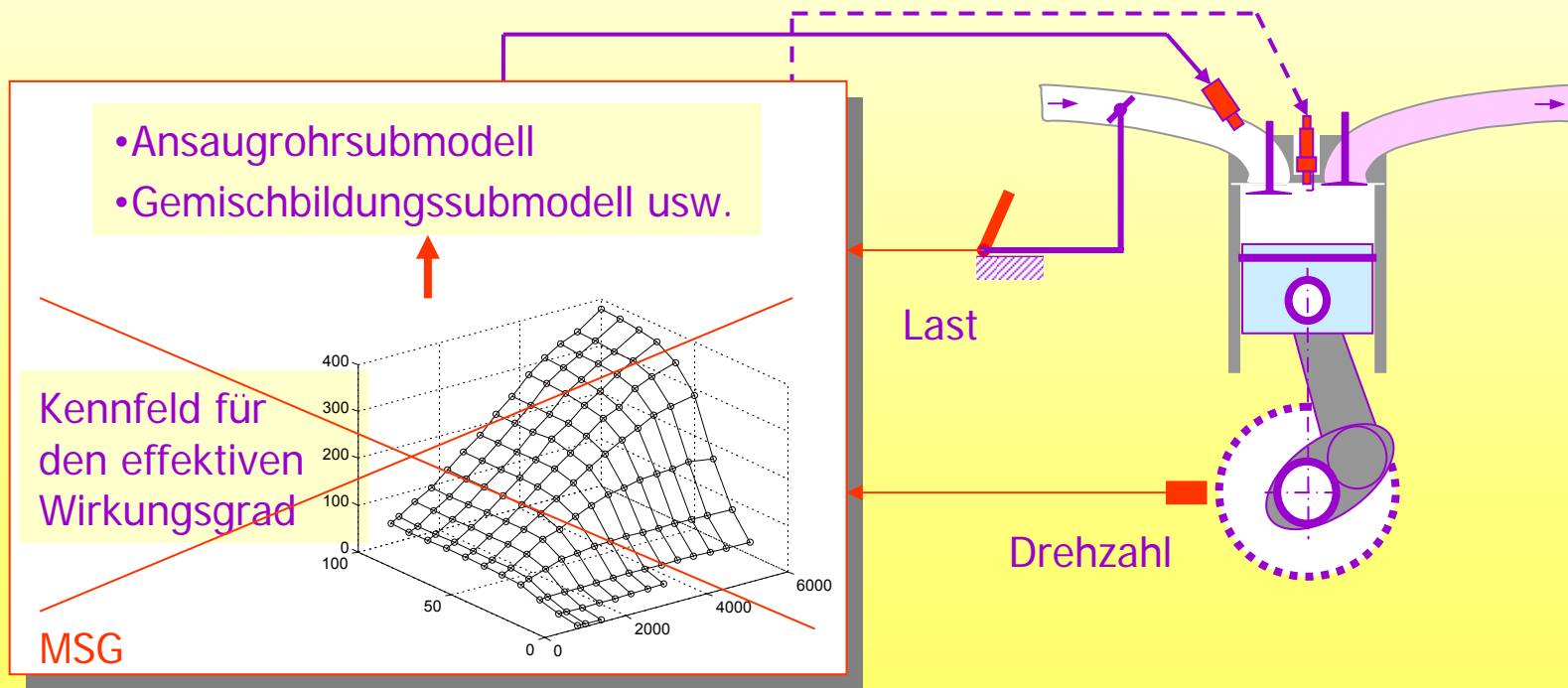
1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

Modellierungsart	Steuerungs- und Regelungsart	Verwendungsart der Messsignale
analysierend + physikalisch (+ kennfeldbasierend)	vorhersehbar + anpassend + selbstprüfend	als Infoquelle + als Erregung



[Return](#)

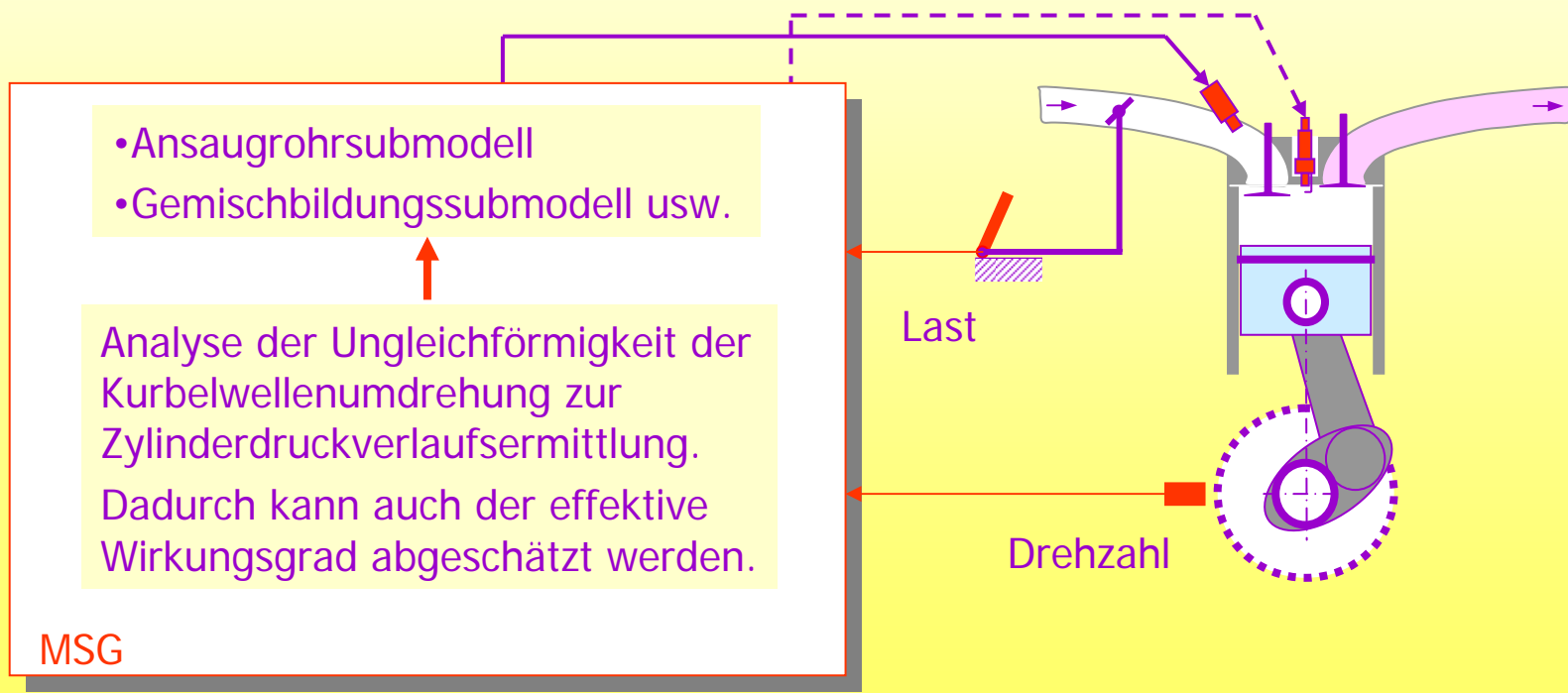
Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase
2. Phase

3. Phase
Probleme + Zukunft

Modellierungsart	Steuerungs- und Regelungsart	Verwendungsart der Messsignale
analysierend + physikalisch (+ kennfeldbasierend)	vorhersehbar + anpassend + selbstprüfend	als Infoquelle + als Erregung



Return

Inhalt

Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

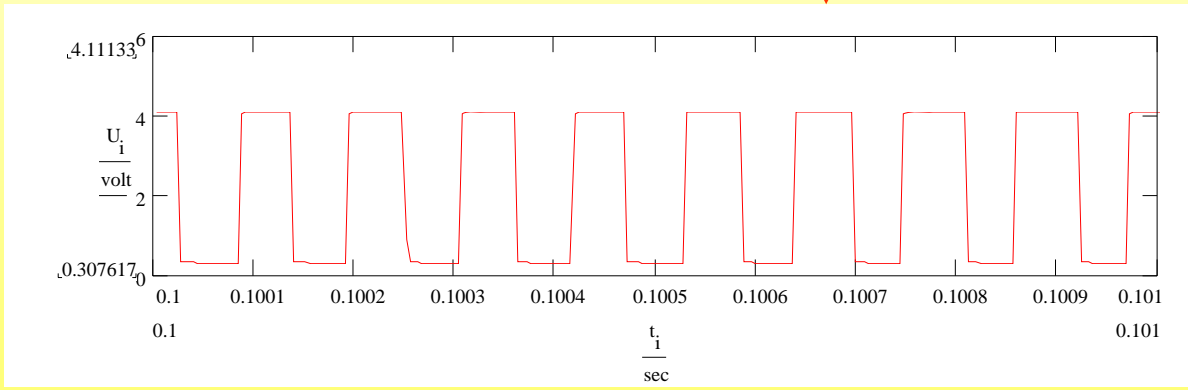
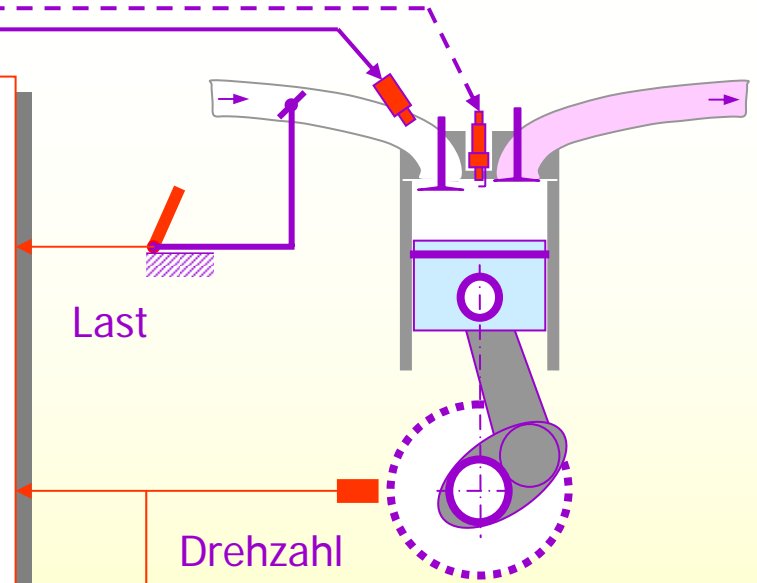
3. Phase

Probleme + Zukunft

- Ansaugrohrsubmodell
- Gemischbildungsubmodell usw.

Analyse der Ungleichförmigkeit der Kurbelwellenumdrehung zur Zylinderdruckverlaufsermittlung. Dadurch kann auch der effektive Wirkungsgrad abgeschätzt werden.

MSG



Zahnradsignal-Aufnahme (Abschnitt)

[Return](#)

AUDI 5 Zyl. TDI

Inhalt

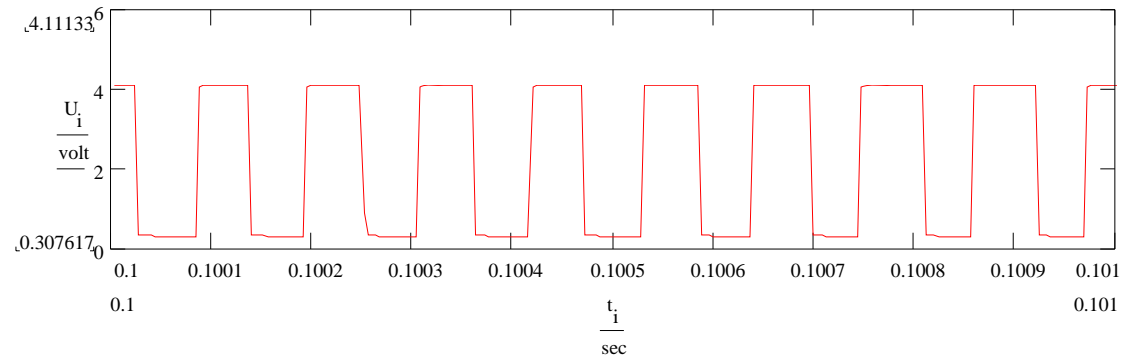
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

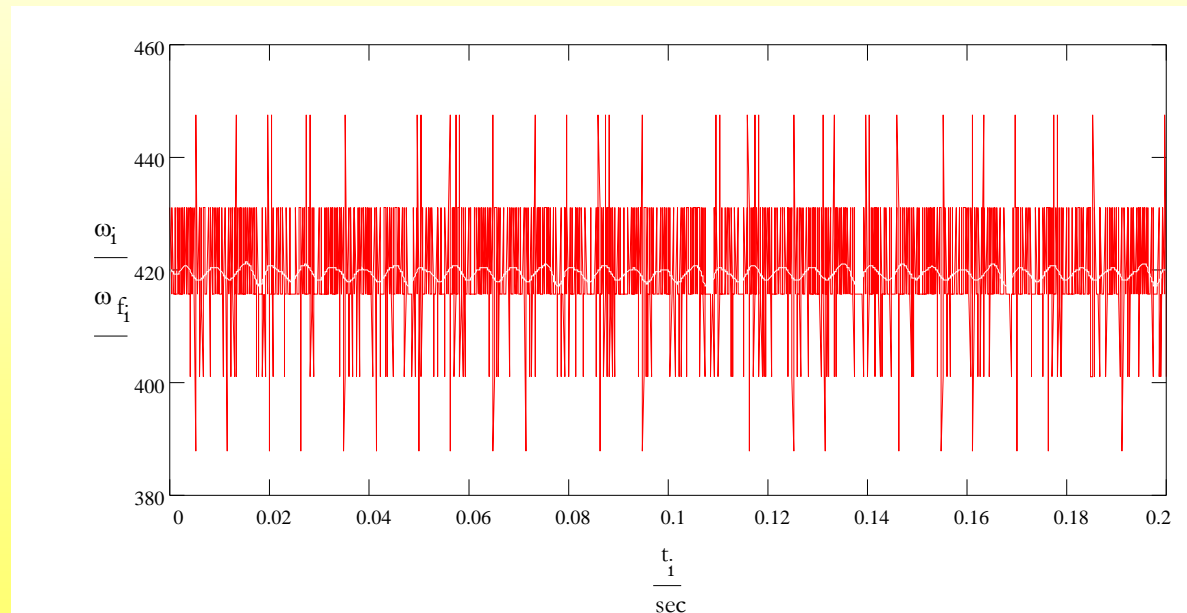
2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft



Zahnradsignal-Aufnahme (Abschnitt)



AUDI 5 Zyl. TDI

Roh- und filtrierte Winkelgeschwindigkeit

[Return](#)

Inhalt

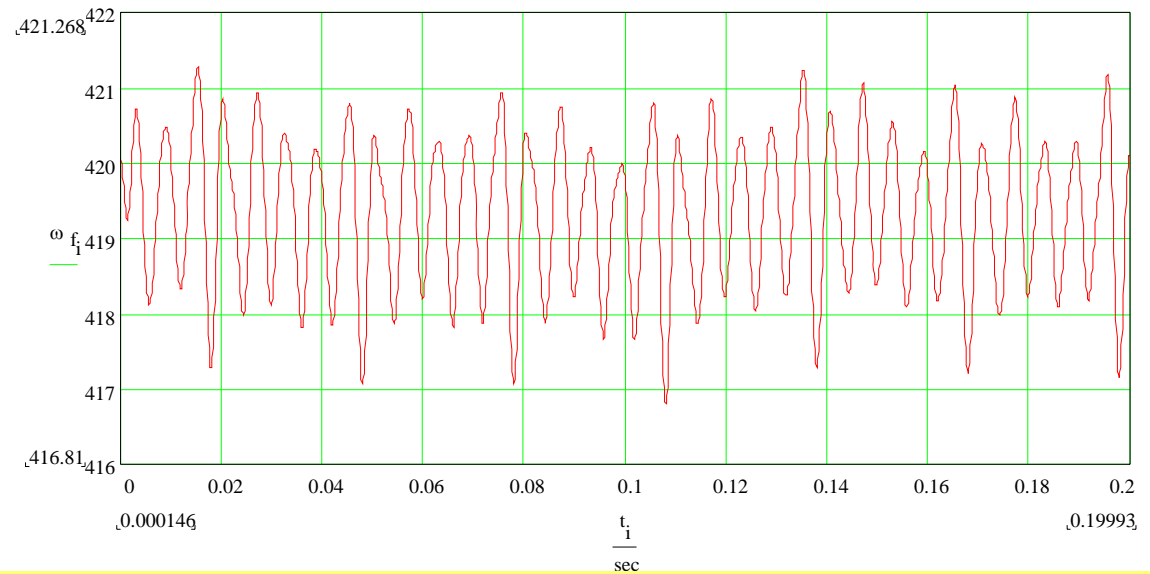
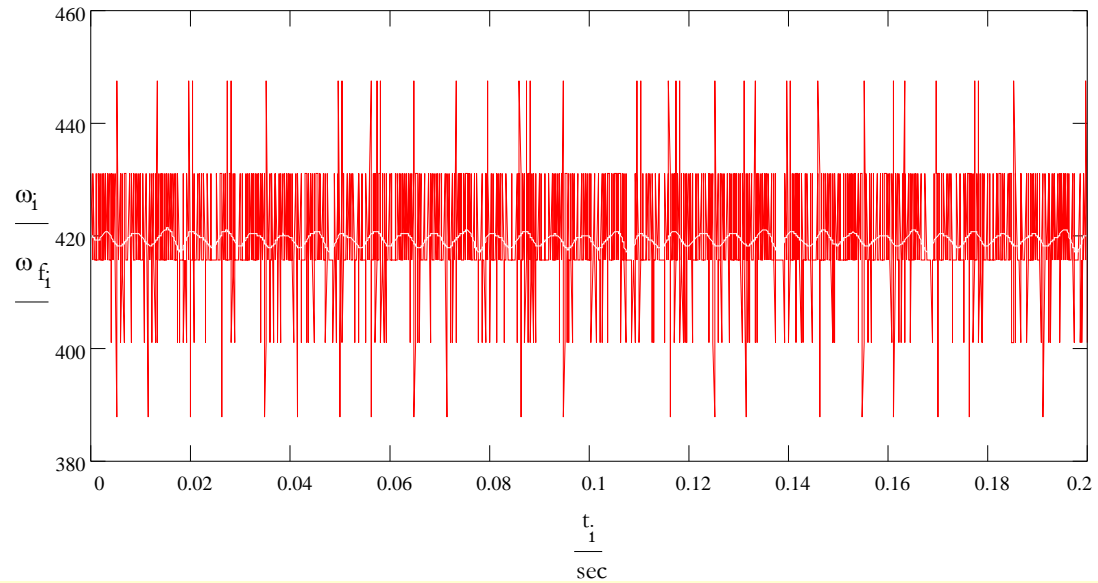
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft



[Return](#)

AUDI 5 Zyl. TDI

Filtrierte Winkelgeschwindigkeit

Inhalt

Anforderungen

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

$$\sum_{j=1}^z P_{\text{Gas}_j} - P_{\text{Nutz}} - P_{\text{Reib}} = \frac{d}{dt} E_{\text{kin}} + \frac{d}{dt} E_{\text{pot}}$$

$$P_{\text{Gas}_j} = (P_{\text{Zyl}_j} - P_0) \cdot A_K \cdot \left(\frac{d}{dt} s_j \right)$$

$$\frac{d}{dt} E_{\text{kin}} = M_{\text{Massen}} \cdot \omega + P_{\text{VT}} + P_{\text{EP}}$$

$$\sum_{j=1}^z (P_{\text{Zyl}_j} - P_0) \cdot A_K \cdot \left(\frac{d}{dt} s_j \right) - \overline{P}_i = M_{\text{Massen}} \cdot \omega$$

$$\frac{A_K}{\omega} \cdot \sum_{j=1}^z (P_{\text{Zyl}_j} - P_0) \cdot \left(\frac{d}{dt} s_j \right) - \overline{M}_i = M_{\text{Massen}}$$

$$M_{\text{Massen}} = J \cdot \left(\frac{d}{dt} \omega \right) + \frac{1}{2} \cdot J' \cdot \omega^2$$

$$J = J_0 + r^2 \cdot m_0 \cdot \sum_{j=1}^z (x'_j)^2$$

$$J' = \left(\frac{d}{d\alpha} J \right) = 2 \cdot r^2 \cdot m_0 \cdot \sum_{j=1}^z x'_j \cdot x''_j$$

[Return](#)

Inhalt

Anforderungen

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft

$$\mathbf{x} = 1 + \frac{1}{\Lambda} \cdot \sqrt{1 - \mu^2} - \frac{1}{\Lambda} \cdot \sqrt{1 - (\Lambda \cdot \sin(\alpha) - \mu)^2} - \cos(\alpha)$$

$$\mathbf{x}' = \left(\frac{d}{d\alpha} \mathbf{x} \right) = \frac{(\Lambda \cdot \sin(\alpha) - \mu) \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{1 - (\Lambda \cdot \sin(\alpha) - \mu)^2}} + \sin(\alpha)$$

$$\mathbf{x}'' = \left(\frac{d^2}{d\alpha^2} \mathbf{x} \right) = \frac{\left(\Lambda - 2 \cdot \Lambda \cdot \sin(\alpha)^2 + \Lambda^3 \cdot \sin(\alpha)^4 - 3 \cdot \Lambda^2 \cdot \sin(\alpha)^3 \cdot \mu \dots \right) + 3 \cdot \Lambda \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \mu^2 + \sin(\alpha) \cdot \mu - \sin(\alpha) \cdot \mu^3}{\sqrt{[1 - (\Lambda \cdot \sin(\alpha) - \mu)^2]^3}} + \cos(\alpha)$$

$$\mathbf{s} = \mathbf{x} \cdot \mathbf{r}$$

$$\left(\frac{d}{dt} \mathbf{s} \right) = \mathbf{r} \cdot \mathbf{x}' \cdot \boldsymbol{\omega}$$

$$\left(\frac{d^2}{dt^2} \mathbf{s} \right) = \mathbf{r} \cdot \left[\mathbf{x}'' \cdot \boldsymbol{\omega}^2 + \mathbf{x}' \cdot \left(\frac{d}{dt} \boldsymbol{\omega} \right) \right]$$

$$\mathbf{r} \cdot \Lambda \cdot \mathbf{K} \cdot \sum_{j=1}^z (\mathbf{p}_{Zyl_j} - \mathbf{p}_0) \cdot \mathbf{x}'_j - \overline{\mathbf{M}}_i = \left[\mathbf{J}_0 + \mathbf{r}^2 \cdot m_o \cdot \sum_{j=1}^z (\mathbf{x}'_j)^2 \right] \cdot \left(\frac{d}{dt} \boldsymbol{\omega} \right) \dots + \mathbf{r}^2 \cdot m_o \cdot \boldsymbol{\omega}^2 \cdot \sum_{j=1}^z \mathbf{x}'_j \cdot \mathbf{x}''_j$$

[Return](#)

Inhalt

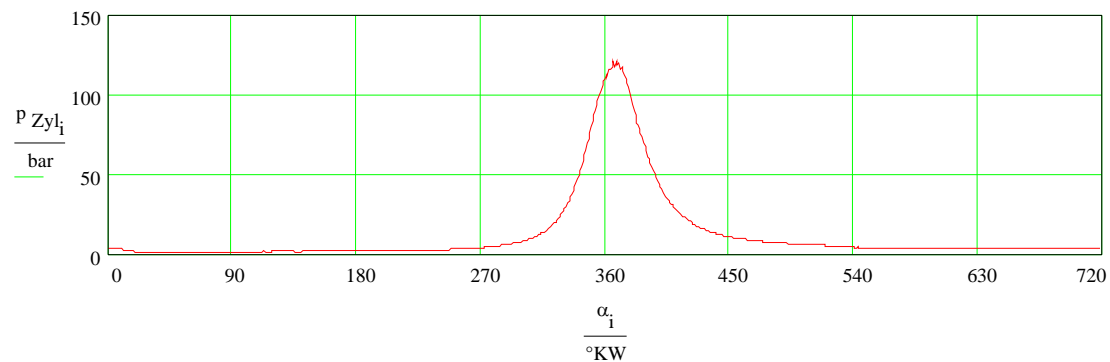
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

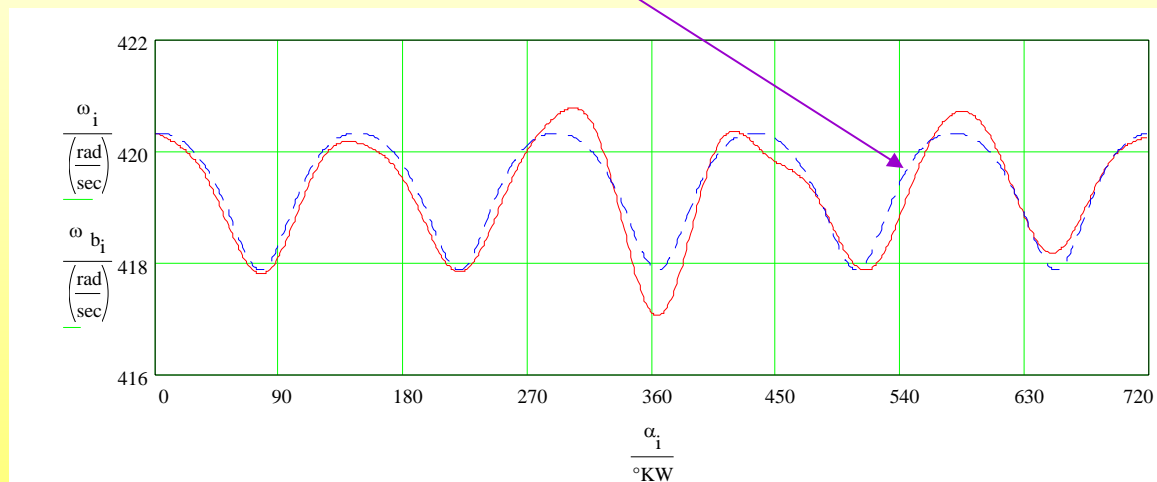
2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft



Zylinderdruck aus der Indizierung



Vergleich zwischen berechneter (aus dem Zylinderdruck) und gemessener (rot) Winkelgeschwindigkeit

AUDI 5 Zyl. TDI

[Return](#)

Inhalt

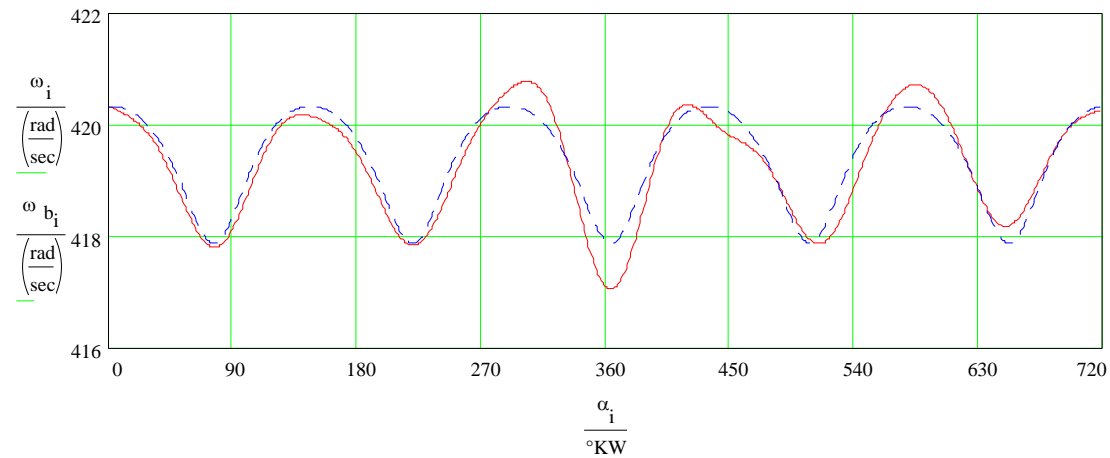
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

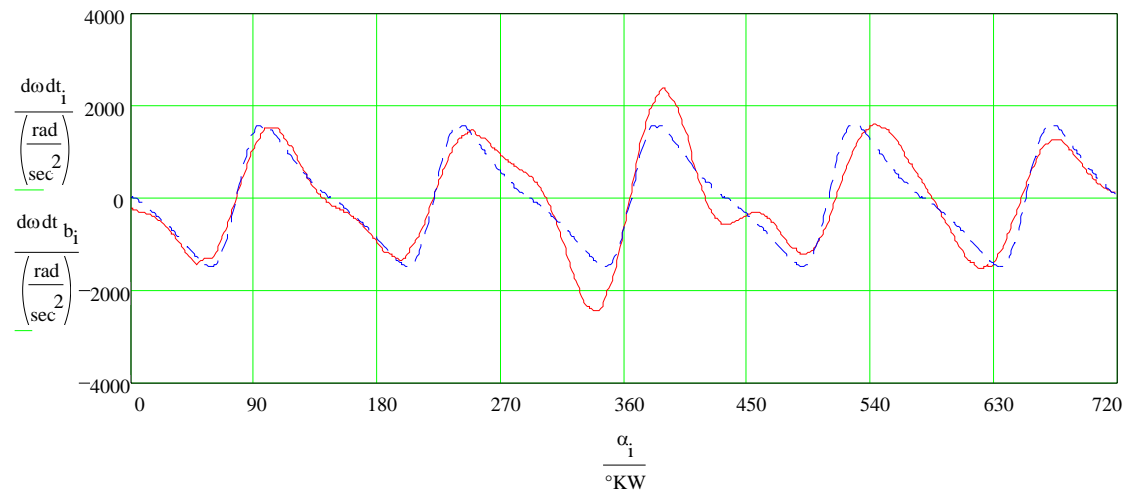
2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft



Vergleich zwischen berechneter (aus dem Zylinderdruck) und gemessener (rot) Winkelgeschwindigkeit



Vergleich zwischen berechneter (aus dem Zylinderdruck) und gemessener (rot) Winkelbeschleunigung

AUDI 5 Zyl. TDI

[Return](#)

Inhalt

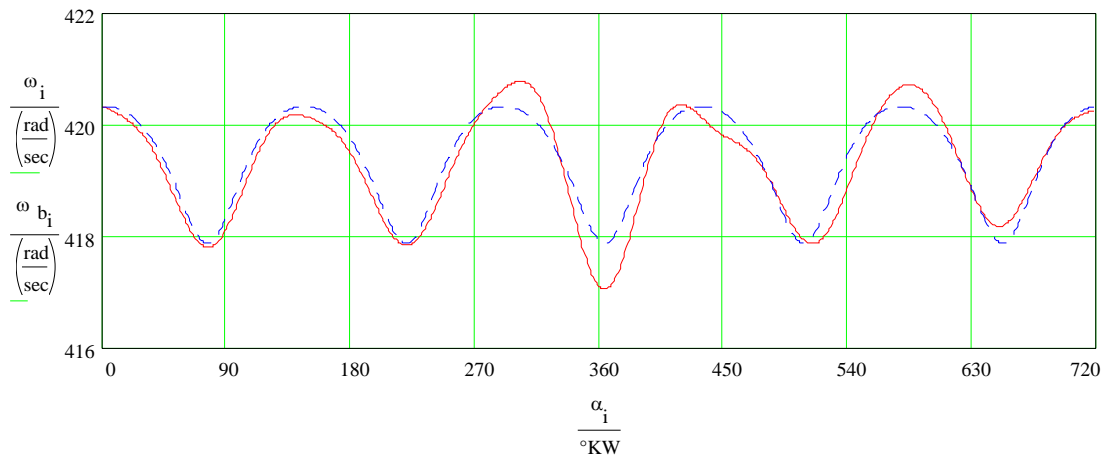
Anforderungen
MODELLARTEN

1. Phase

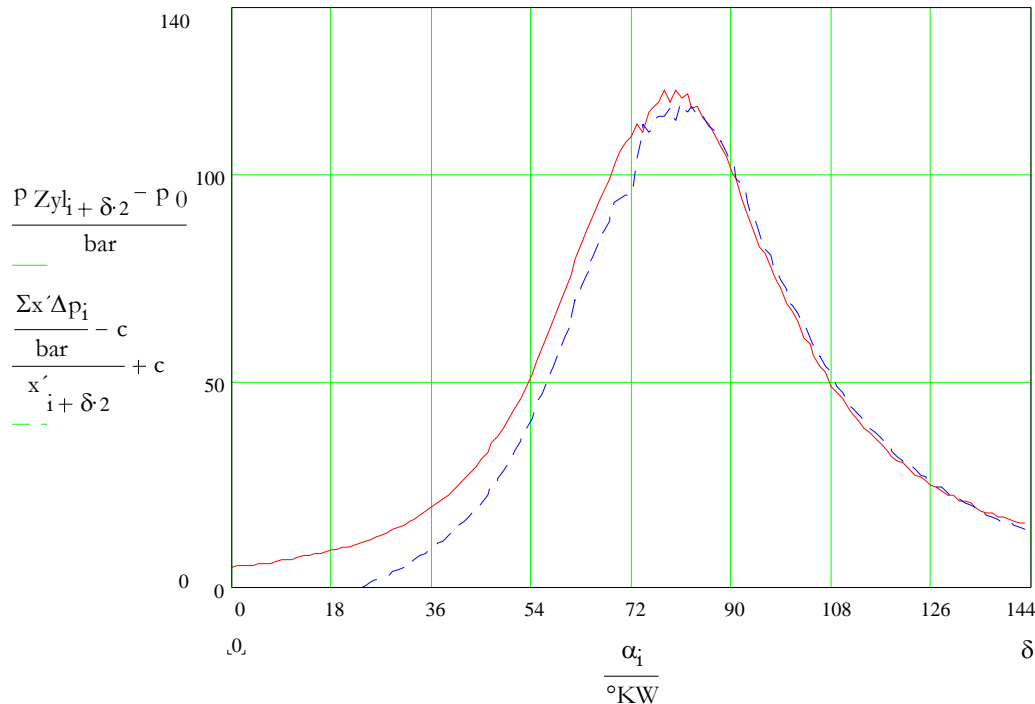
2. Phase

3. Phase

Probleme + Zukunft



Vergleich zwischen berechneter (aus dem Zylinderdruck) und gemessener (rot) Winkelgeschwindigkeit



Vergleich zwischen berechnetem (aus der Ungleichförmigkeit der KW-Umdrehung) und gemessenem (rot) Druckverlauf

[Return](#)

AUDI 5 Zyl. TDI

Inhalt

Anforderungen

MODELLARTEN

1. Phase

2. Phase

3. Phase

PROBLEME +

ZUKUNFT

Probleme:

1. Das Winkelgeschwindigkeitssignal ist sehr stark verrauscht (große Aufwand für die Filtrierung und gleichzeitig große Unsicherheit über das Ergebnis).
2. Die Indizierung und somit der Vergleich zwischen Experiment und Simulation wurde nur an einem Zylinder von fünf durchgeführt. Aus diesen Untersuchungen resultiert aber, dass die Zylinder unterschiedliche Druckverläufe aufweisen, was bisher noch nicht überprüft wurde.
3. Für die Erfüllung der zukünftigen Abgasvorschriften werden neue Drehzahlsensoren benötigt.

Zukunftsentwicklungen:

1. Es wird einen neuen Drehzahlsensor entwickelt, der weniger Verrauschen der Signale produziert.
2. Die Indizierung wird an allen fünf Zylinder gleichzeitig durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den Zylinder erfassen zu können.

[Return](#)