

Bachelorarbeit

Reduktion transienter NO_x Emissionen
eines
Dieselmotors durch Input-Shaping der
Einspritzparameter

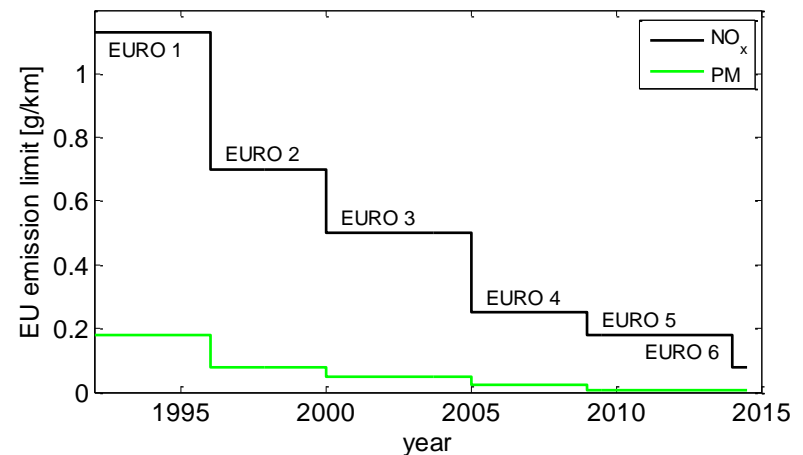


Einleitung

- Einführung / Aufgabenstellung
- Input – Shaping Methode
- Identifikation der Modelle
- Simulation
- Messungen am Prüfstand
- Ergebnisse / Erkenntnisse

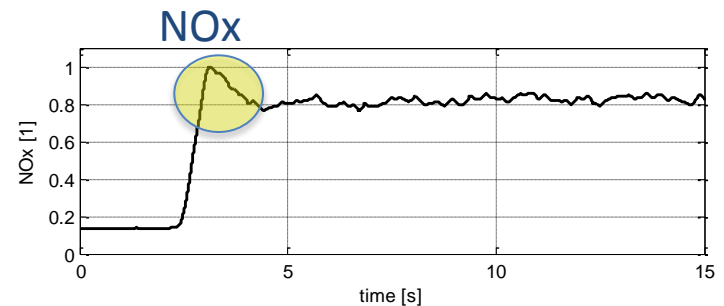
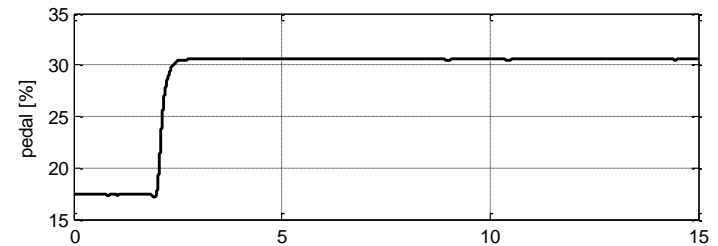
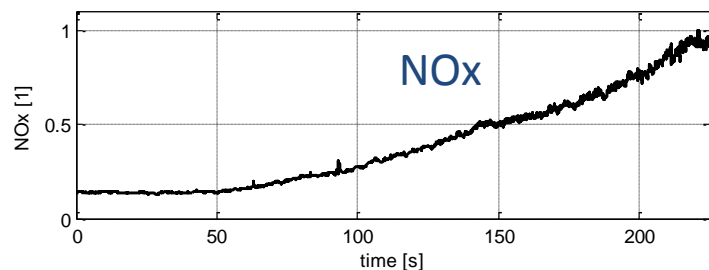
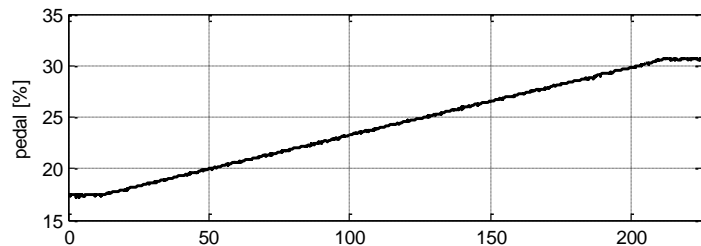
Einführung

- Gesetzliche Grenzwerte von Emissionen werden immer strenger
- Koordination von Systemen (z.B.: Luft- und dem Einspritzsystem) um diese einzuhalten
- Schwierigkeiten: -> Unterschiedliche Dynamik der Systeme
-> Begrenzter Zusammenhang der Systeme bei geschlossenem Regelkreis
- Performance (z.B.: Moment) muss aufrecht erhalten werden



Problembeschreibung - Motivation

- Optimierung der NOx-Emissionen wird für quasi stationäre Punkte durchgeführt
- Stationäre Kennfelder in transienten Szenarien -> schlechte Performance
- Transiente Betrachtung gewinnt an Bedeutung -> strengere Grenzwerte



Aufgabenstellung

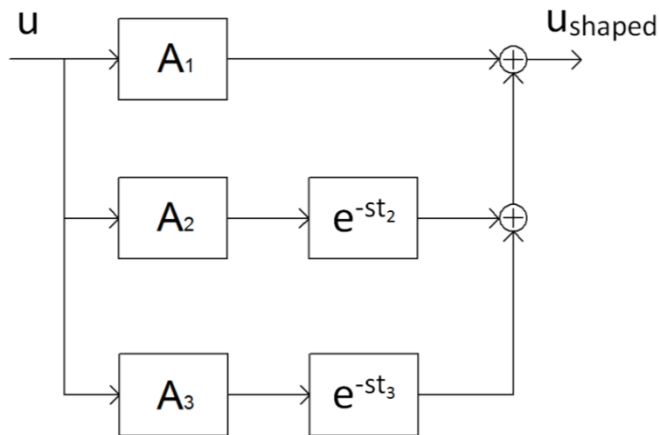
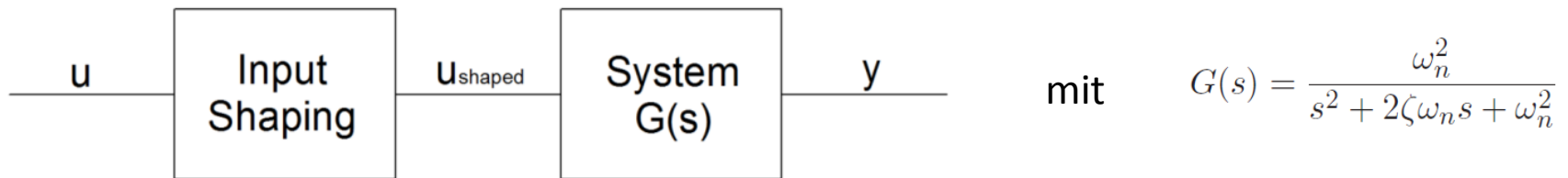
- **ZIEL: Erweiterung der Methode und des Arbeitsbereiches zur Reduktion der transienten Emissionen**

Aufgaben:

1. Einarbeitung in die Themen: transiente Emissionen und die bereits entwickelte Input-Shaping Methode
2. Bestimmung geeigneter Modelle
3. Implementierung der erweiterten Input-Shaping Methode
4. Evaluierung der Performance bzw. Vergleich zu transienten Zyklen

Input – Shaping Methode

- Vorsteuerung für bestimmte Sprünge bei bestimmten Drehzahlen
- Zusatz zur Standartregelung



$$V_{\Sigma} = \frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t_n} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n A_i e^{\zeta\omega_n t_i} \cos(\omega_d t_i)\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n A_i e^{\zeta\omega_n t_i} \sin(\omega_d t_i)\right)^2}$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$$

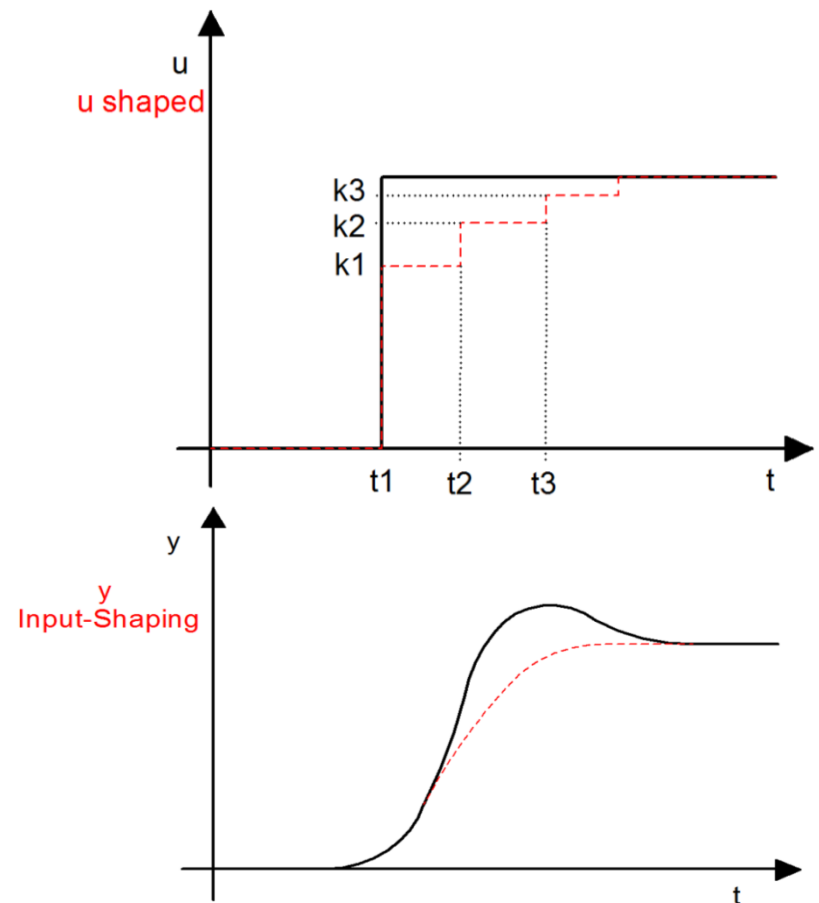
$$V_{\Sigma} = \frac{d}{d\omega_n} V_{\Sigma} = 0 \quad \sum_{i=1}^n A_i = 1. \quad K = e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

$$t_i = \left[0 \quad \frac{\pi}{\omega_d} \quad \frac{2\pi}{\omega_d}\right] \quad A_i = \left[\frac{1}{(1+K)^2} \quad \frac{2K}{(1+K)^2} \quad \frac{K^2}{(1+K)^2}\right]$$

Input – Shaping Methode

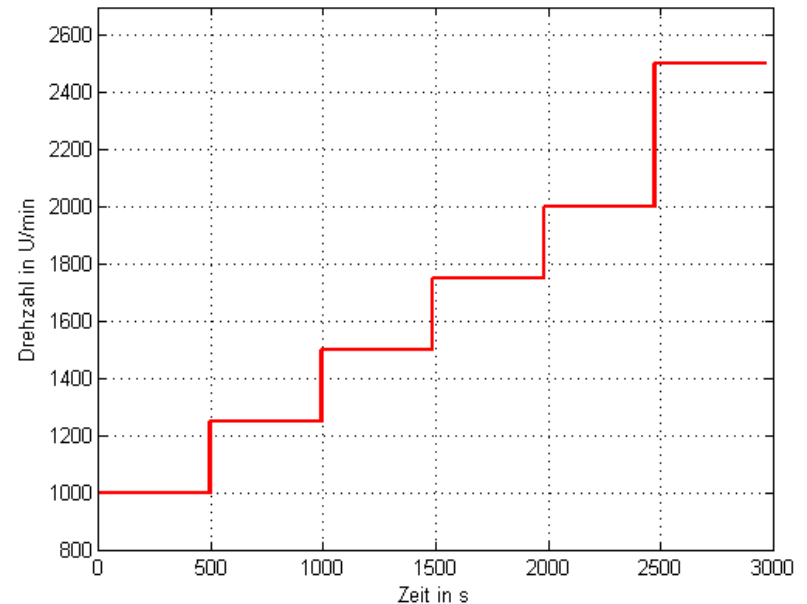
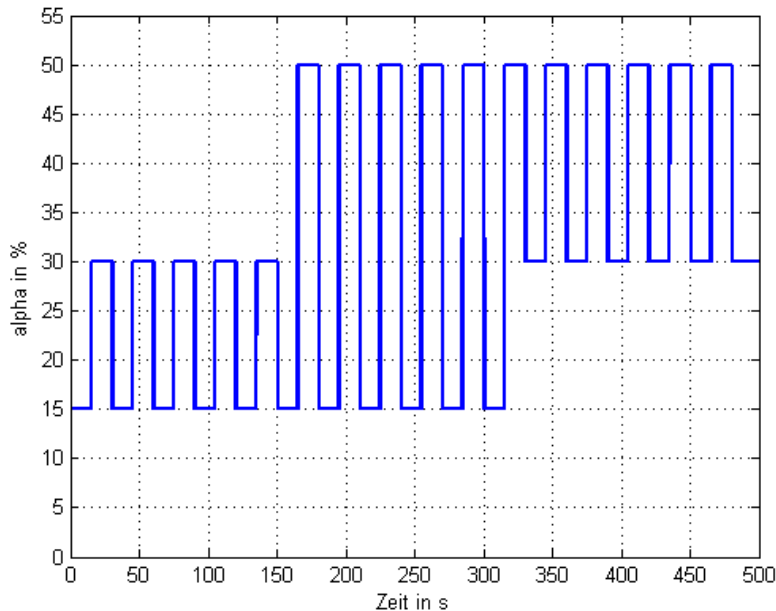
Eingang u und Sprungantwort y :

- Amplitude wird nach und nach erhöht
- Überschwingen wird reduziert
- Nach Ablauf der Zeit Amplitude = 1
- NOx-Emissionen weisen ähnliches Verhalten wie y auf



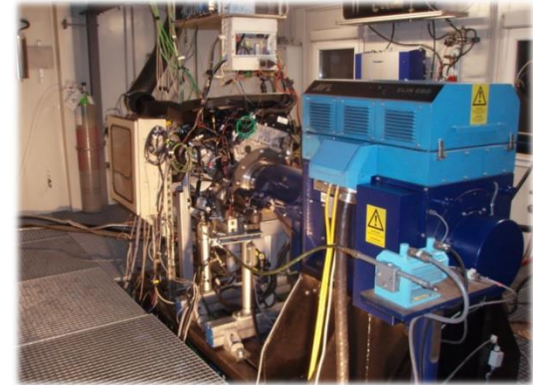
Messung am Prüfstand - Eingangsdaten

- Erste Messung um relevante Daten zu erhalten
- 3 Gaspedalsprünge: 15 -> 30, 15 -> 50, 30 -> 50 Alpha in %
- Wiederholung der Sprünge (5x) -> Um Unterschiede festzustellen
- 6 verschiedenen Drehzahlen -> [1000 1250 1500 1750 2000 2500] U/min



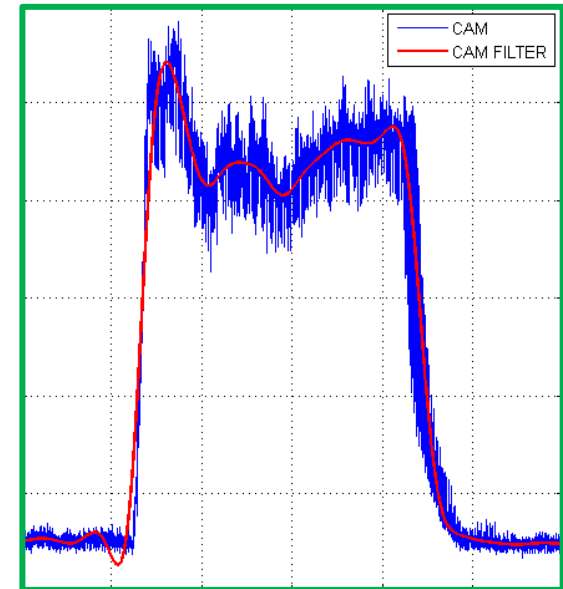
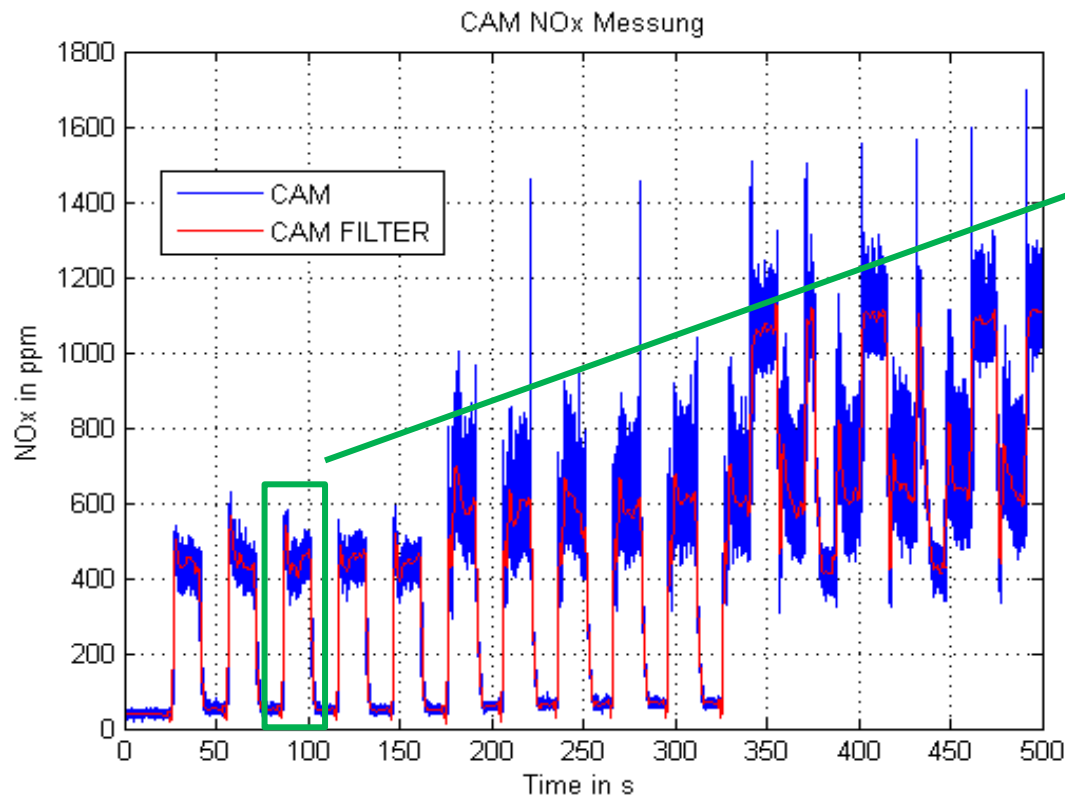
Messung am Prüfstand - Ausgangsdaten

- Ergebnis: Rastermessung mit gewünschten Einträgen
- Relevante Größen:
 - Zeitvektor in 0.005s Schritten
 - Gaspedalstellung α
 - Rail-Druck
 - Einspritzwinkel (Einspritzzeitpunkt)
 - NOx
- Bearbeitung der verschiedenen Vektoren aufgrund der unterschiedlichen Drehzahlen und Sprünge
- Filterung der Vektoren um Identifizierung zu ermöglichen



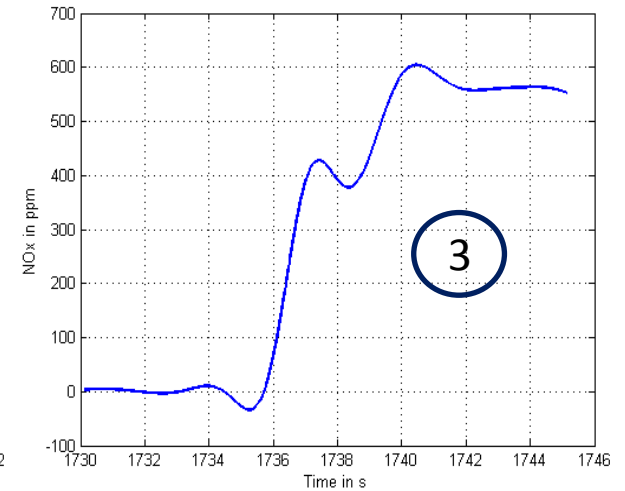
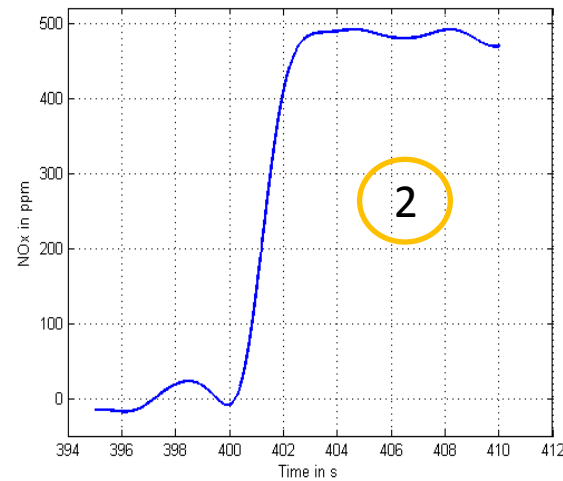
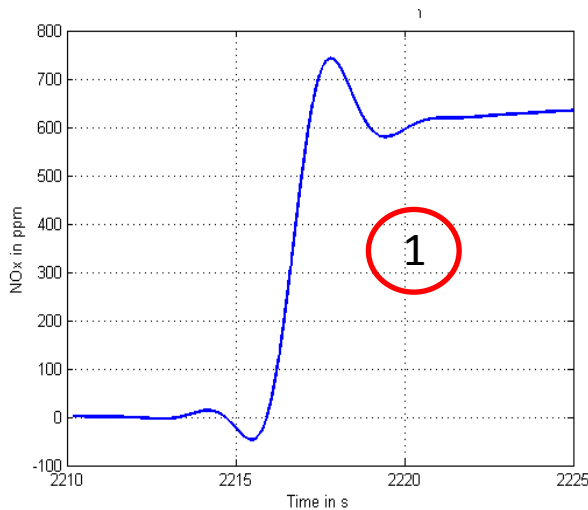
Ergebnisse der verschiedenen Drehzahlen

→ Aufteilung in verschiedene Drehzahlbereiche z.B.: 1000 U/min



Ergebnisse der verschiedenen Sprünge

- NOx – Emissionen -> System 2.Ordnung (1)
- In manchen Arbeitsbereichen des Motors kein Überschwingen (2)
- Sprünge mit Abweichungen von 2.Ordnung Systemen (3)



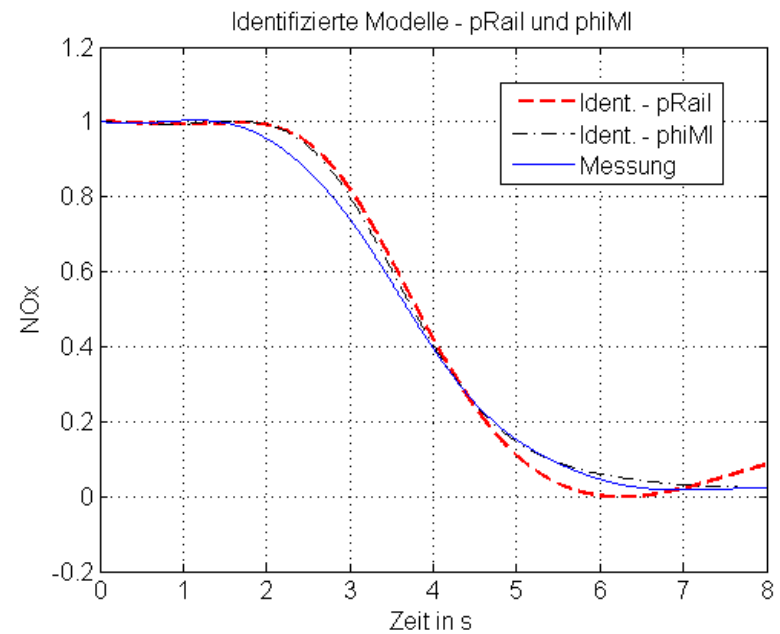
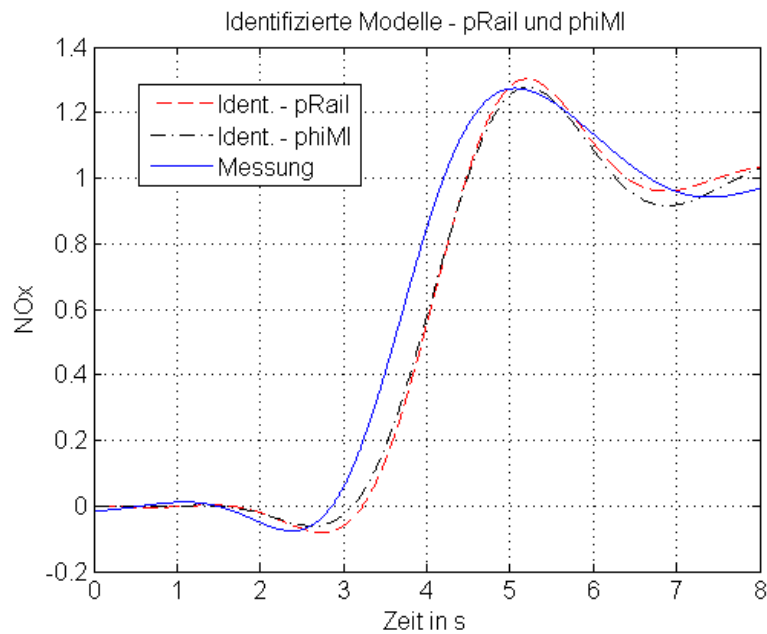
- Auch negative Sprünge realisiert (aufbereitet)

Identifikation der Modelle

-> Identifikation von pRail -> NOx bzw. phiMI -> NOx

-> Parameter der Übertragungsfunktion erhalten

-> Negative Sprünge ebenfalls identifiziert

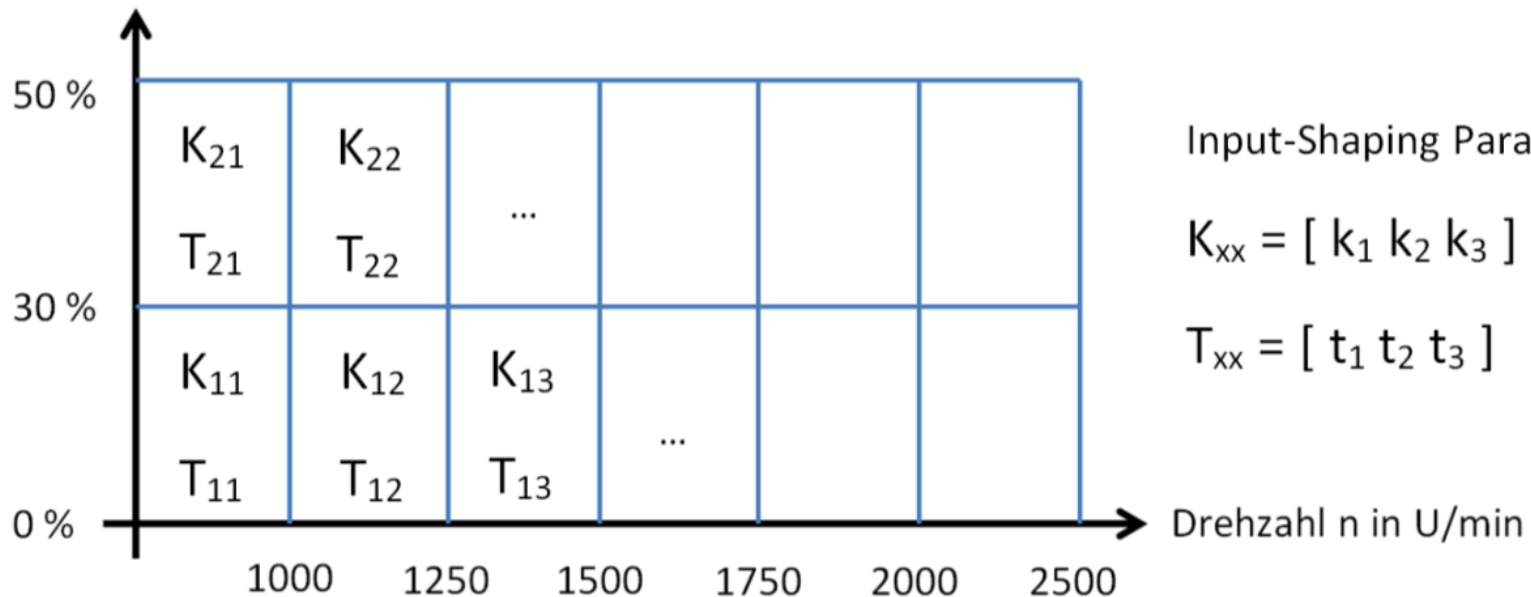


-> In den meisten Fällen: **Verbesserungen** (bessere Fit-Werte)

Input Shaping – Größerer Arbeitsbereich

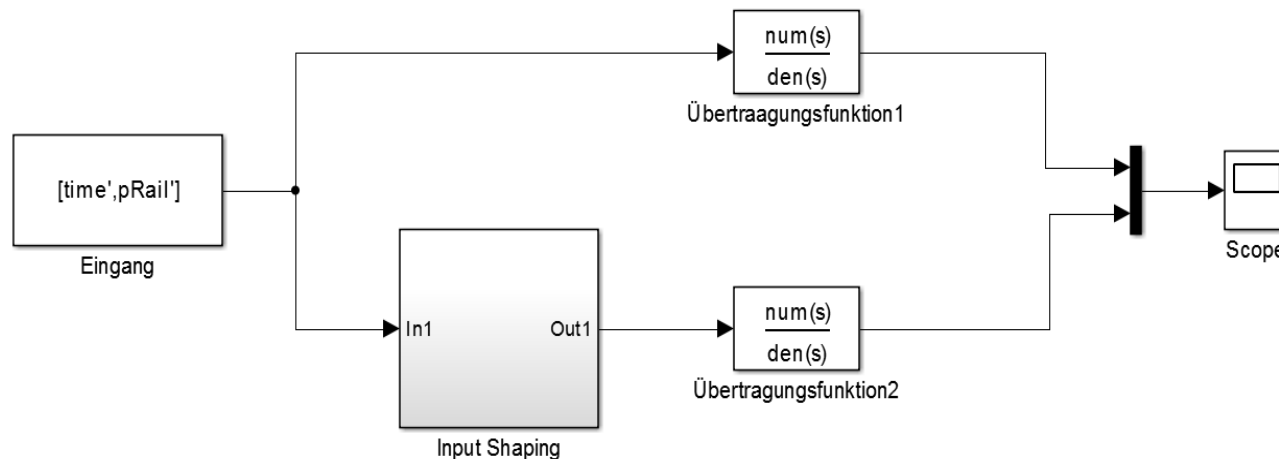
- Sprünge von 15% -> 30% und 30% -> 50% (bzw. negativ)
- Startwert von Alpha bestimmt Bereich
- Umschalten zwischen verschiedenen Input-Shaping Parametern

Gaspedalstellung α

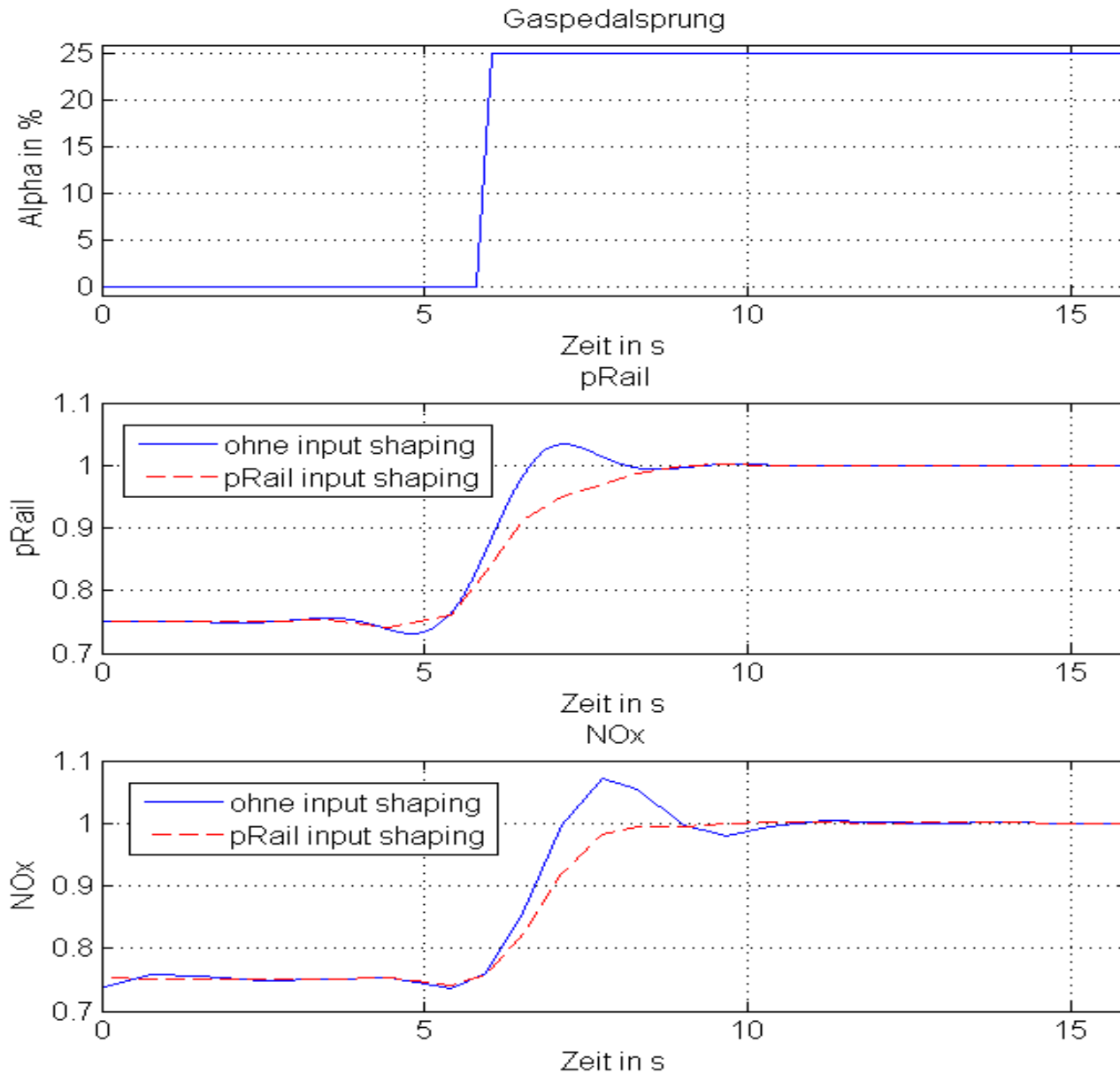


Simulation

- Eingang: Gemessene pRail bzw. phiMI Werte (gefiltert)
- Strecke: Identifizierte Übertragungsfunktion in den einzelnen Bereichen
- Input – Shaping: Erweiterte Methode durch Umschalten in den jeweiligen Bereichen (Gaspedalstellung, Drehzahl)

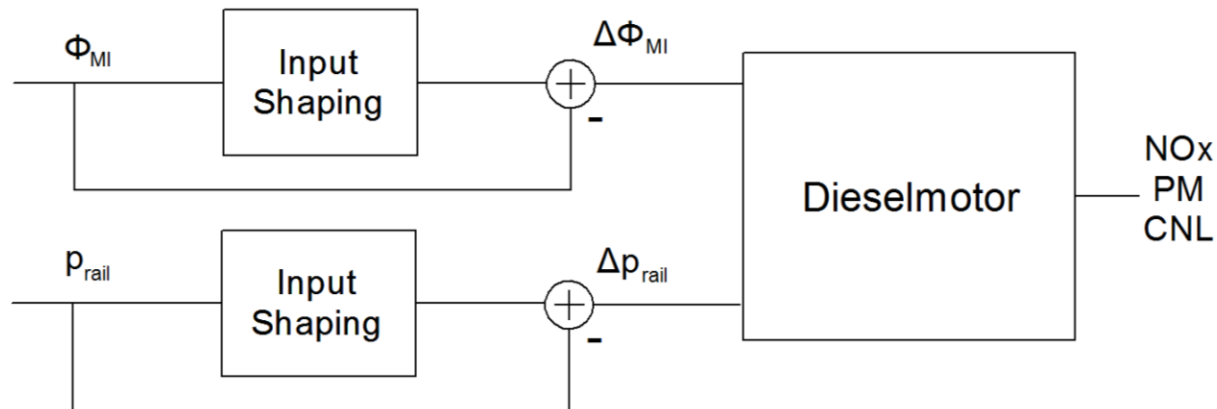


Simulation - Gaspedalsprung von 0 % - 25 % bei einer Drehzahl von 1000 U/min

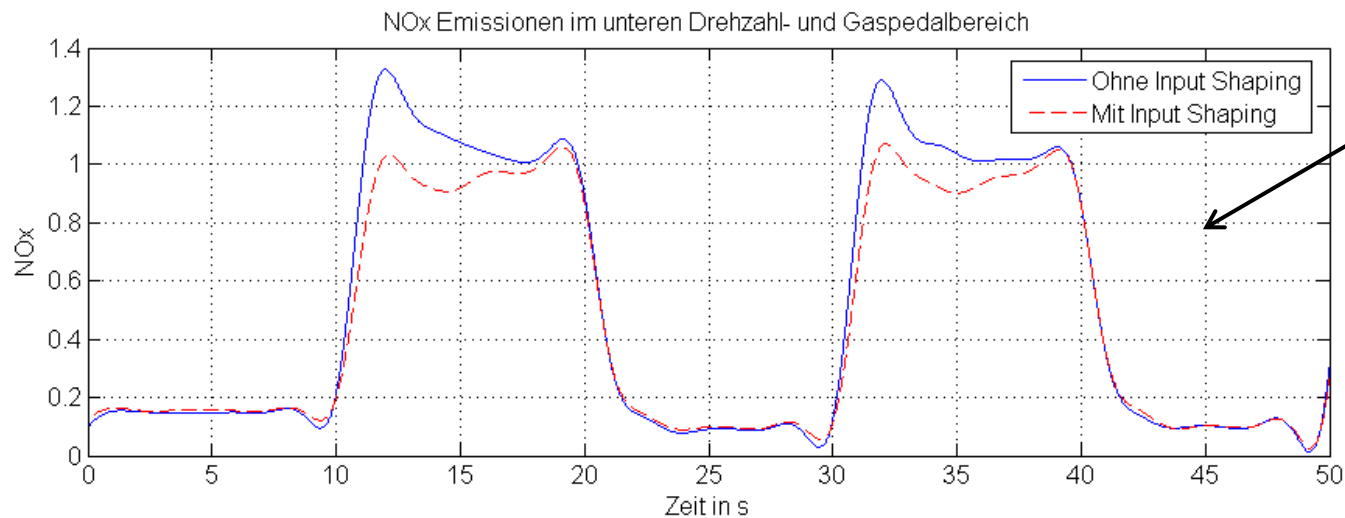
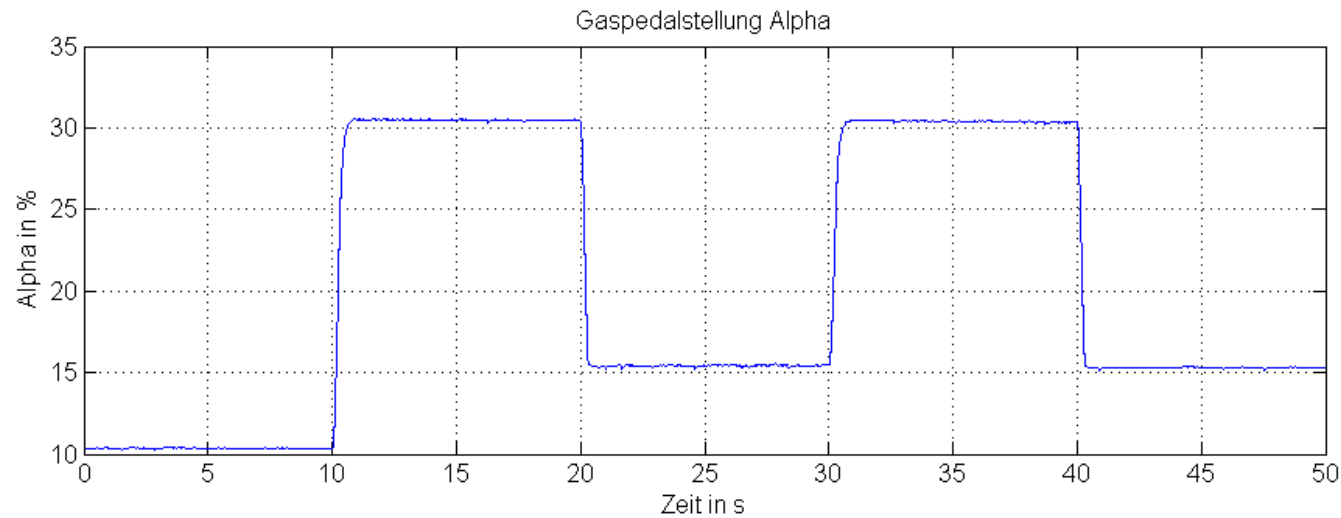


Messungen am Prüfstand

- Ohne Input Shaping
- pRail – Input Shaping
- phiMI – Input Shaping
- Beide Parameter (pRail und phiMI) werden geändert
- Cambustion fNOx 400 Messeinheit zur Messung der NOx-Emissionen



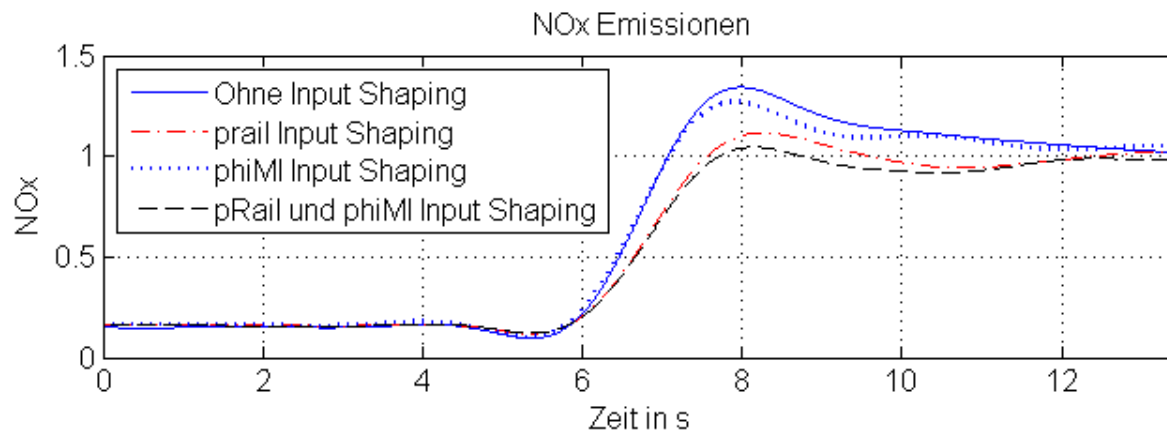
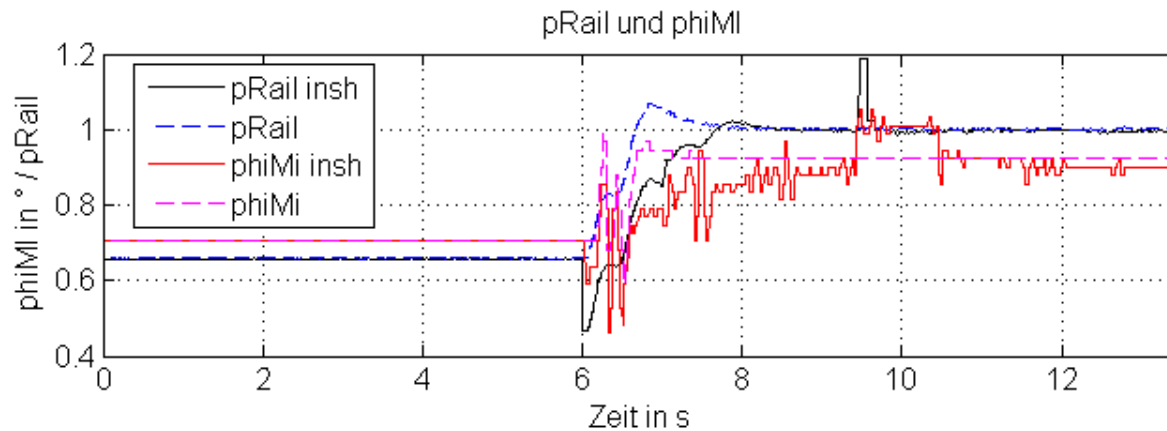
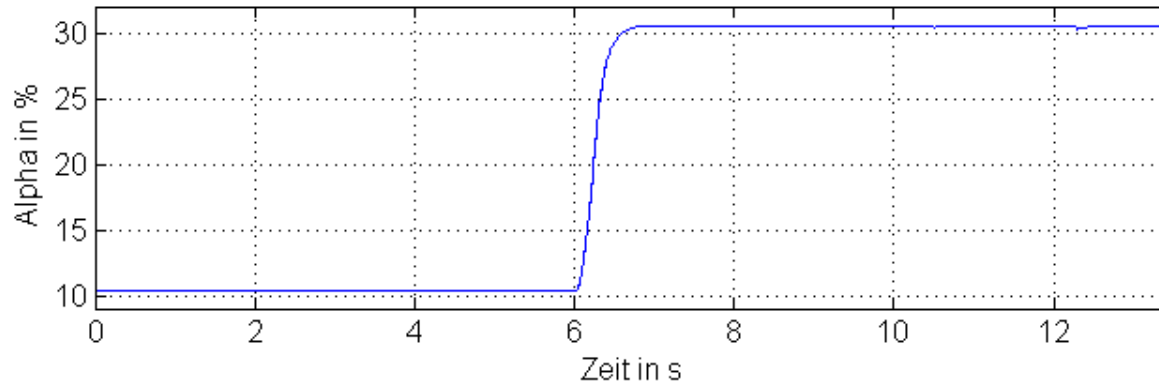
Zyklus bei $n = 1000$ U/min

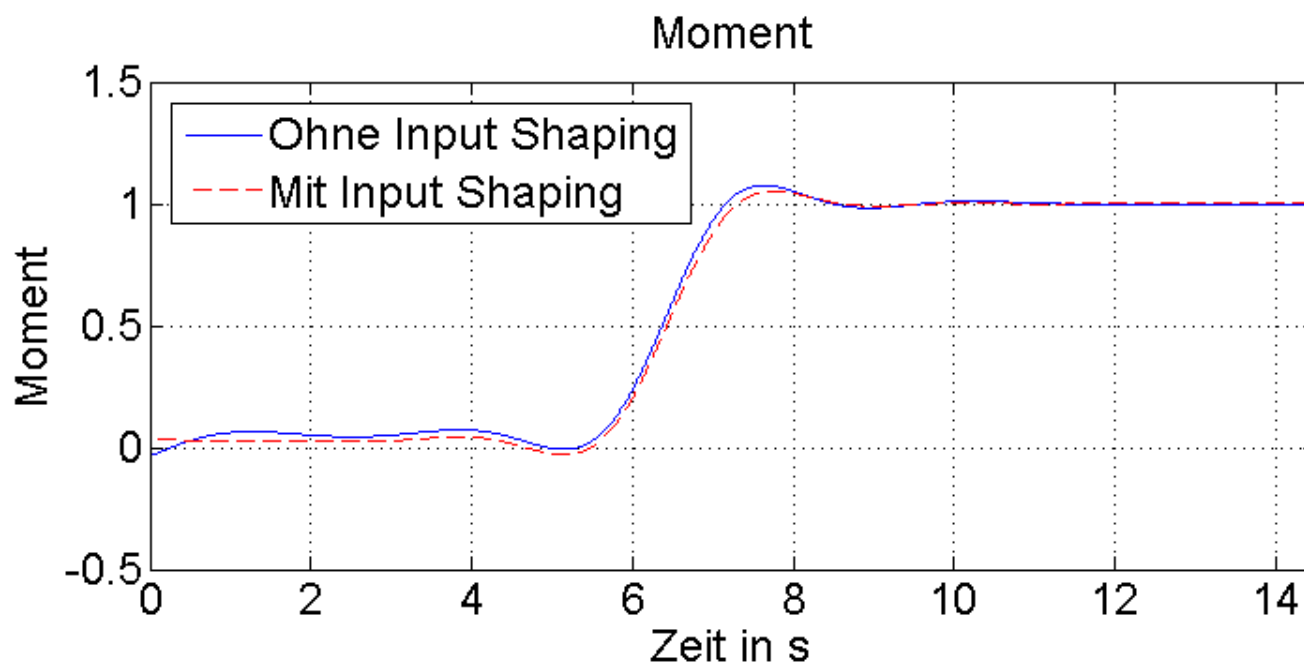
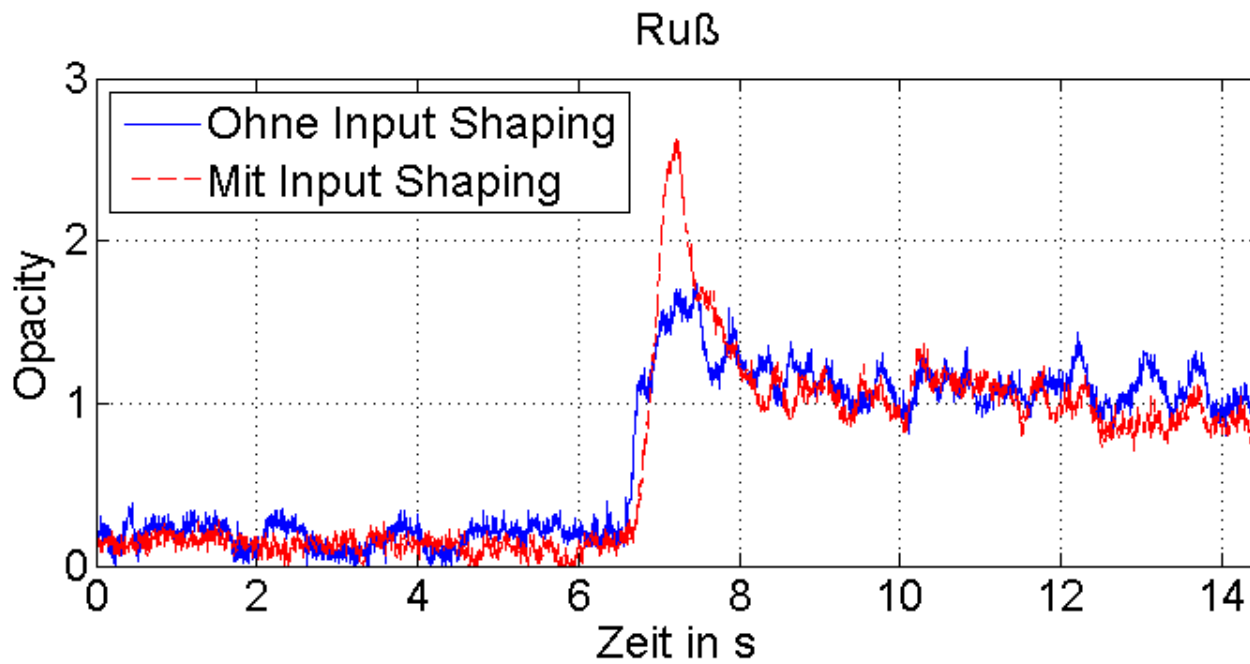


NOx-Emissionen
von 10s-40s um
10.3% reduziert

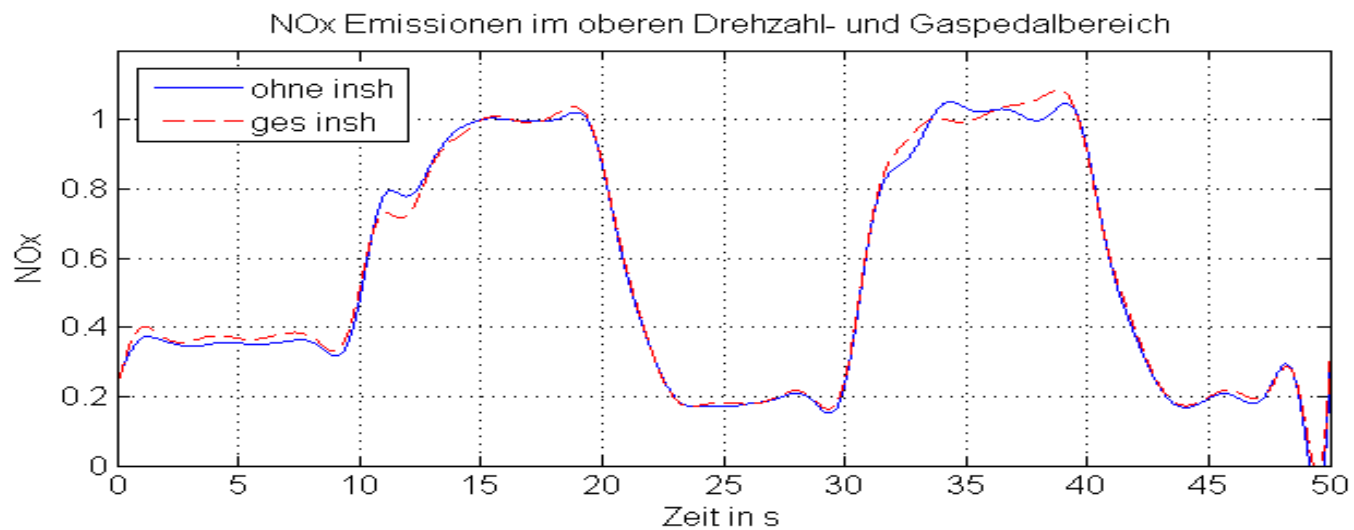
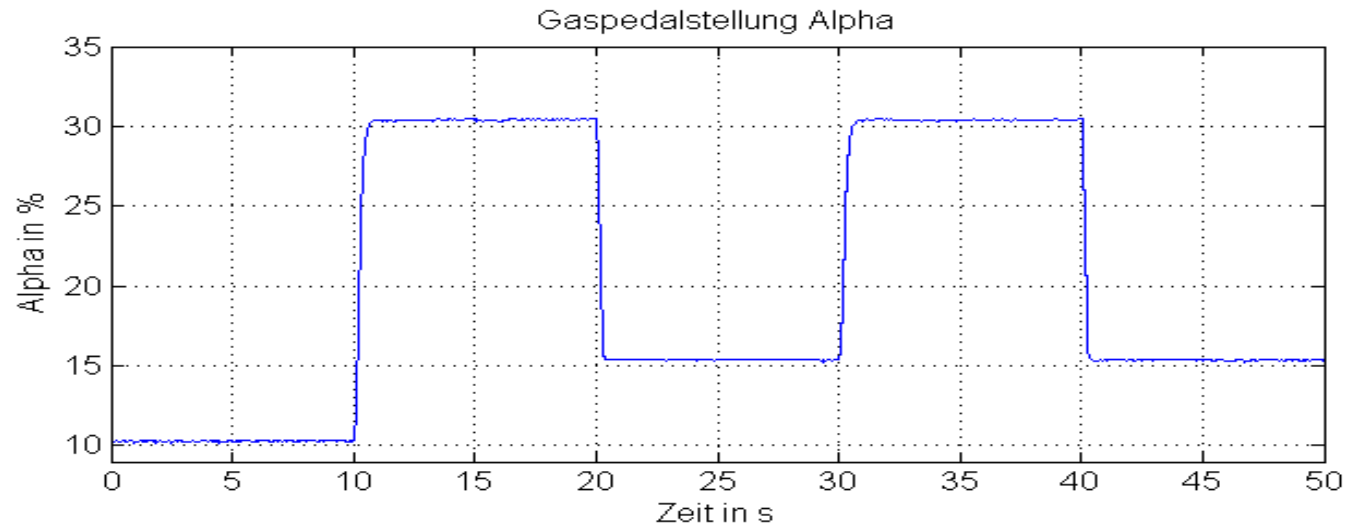
Messung - Gaspedalsprung bei einer Drehzahl von 1000 U/min

Gaspedalstellung Alpha

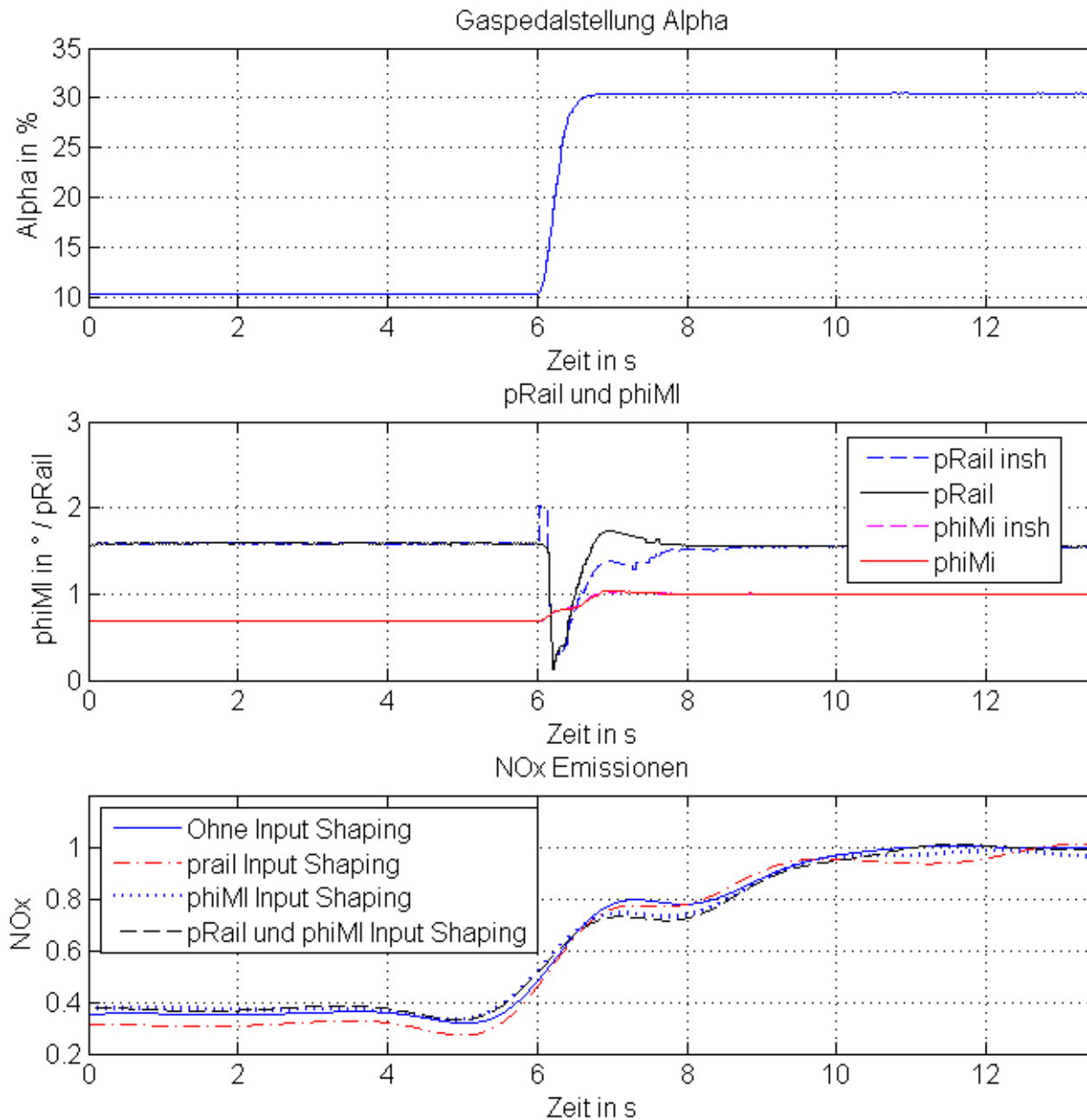




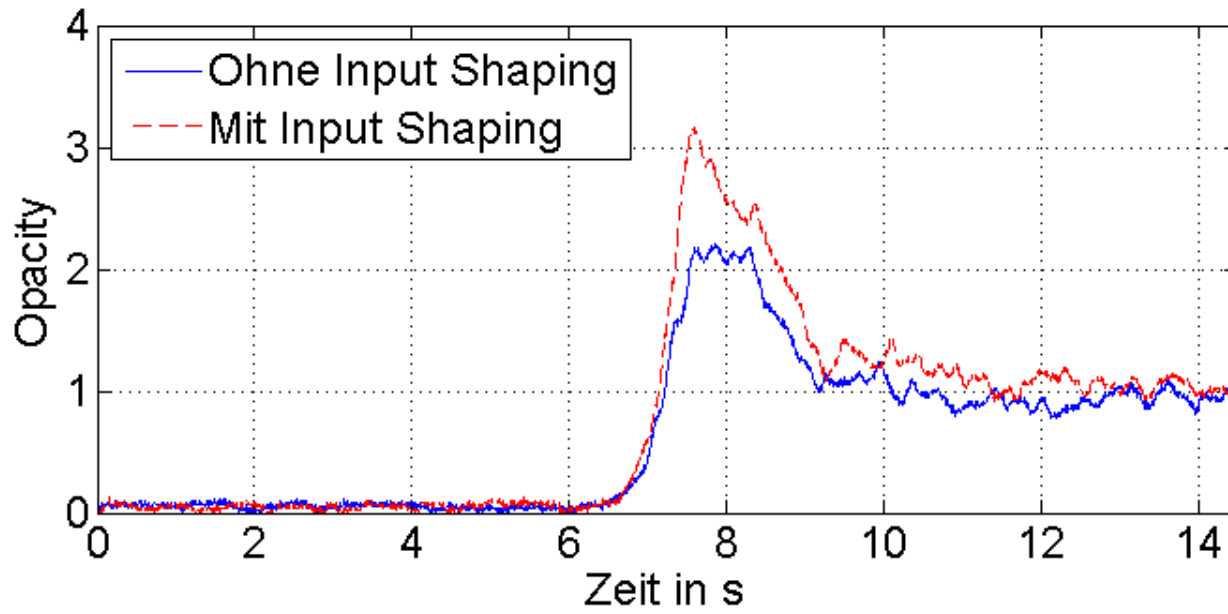
Zyklus bei $n = 1500$ U/min



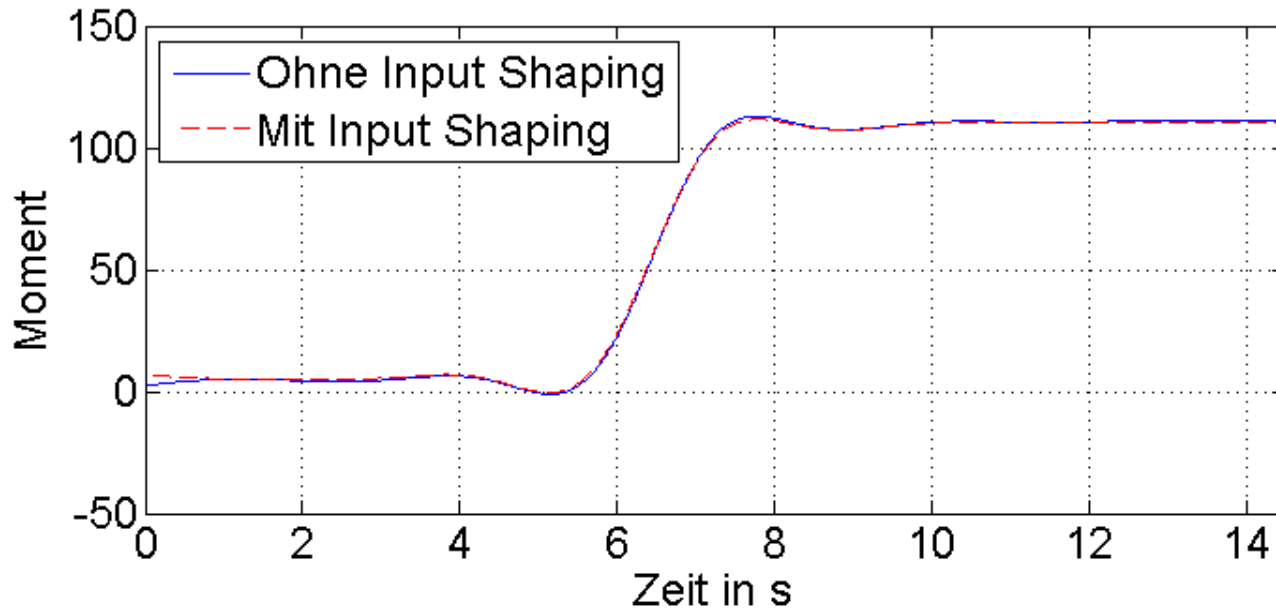
Messung - Gaspedalsprung bei einer Drehzahl von 1500 U/min



Ruß



Moment



Erkenntnisse

-> Input-Shaping im unteren Drehzahlbereich sinnvoll, bei höheren Drehzahlen tritt keine Verbesserung der NOx-Emissionen auf

Weiters:

- Bestes Ergebnis: Beide Parameter (p_{Rail} & ϕ_{MI}) werden geändert
- Partikelemissionen werden erhöht
- Moment bleibt erhalten
- Negative Sprünge benötigen zum Großteil kein Input-Shaping

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!