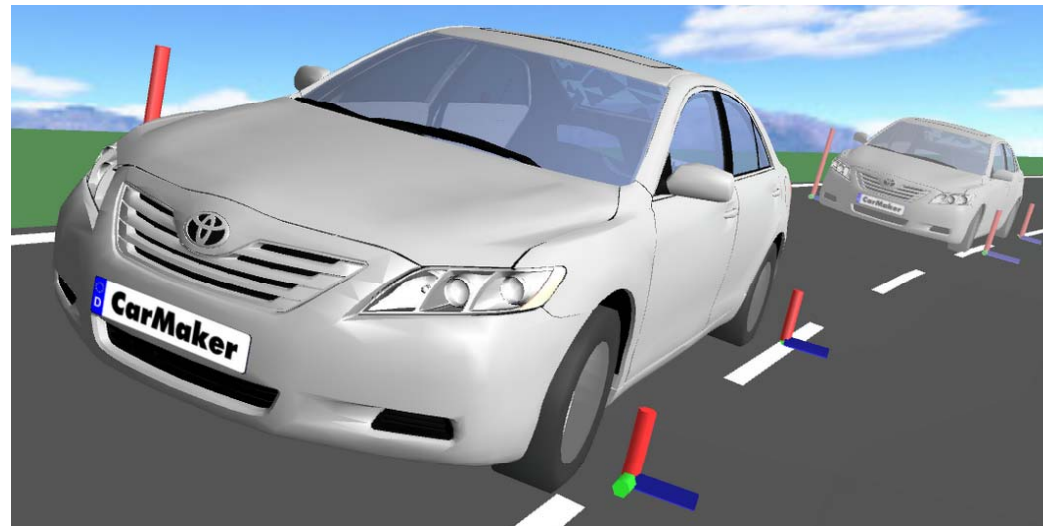


Implementierung verschiedener Fahrzeugregelungsalgorithmen am HIL Prüfstand



Michael Kobler

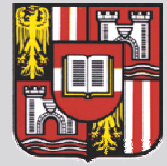
Betreuung: Thomas Schwarzgruber, Thomas Stanger



Ziel:

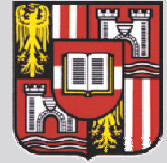
Regelung des Fahrverhaltens mit möglichst geringen Kraftstoffverbrauch

- Recherche und Auswahl von Regelstrategien
- Implementierung mittels IPG Carmaker von:
 - aussagekräftigen Testfällen
 - ausgewählten Regelstrategien
- Vergleich der Regelung
 - in Simulation
 - am Hardwareprüfstand

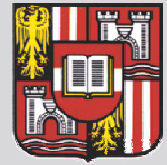


- **Vorbedingungen**
 - Kurvenfahrt und Querdynamik irrelevant für Kraftstoffverbrauch
 - Tauglich für Prüfstandsmotor (max. 120km/h, Handschaltung)

- **Fahrt mit Abstandsregelungssystem**
 - Beschleunigung vom Stand
 - Geschwindigkeitsvariation durch vorrausfahrendes KFZ
 - Zielgeschwindigkeiten von:
 - 40 - 60 km/h
 - 70 - 100 km/h



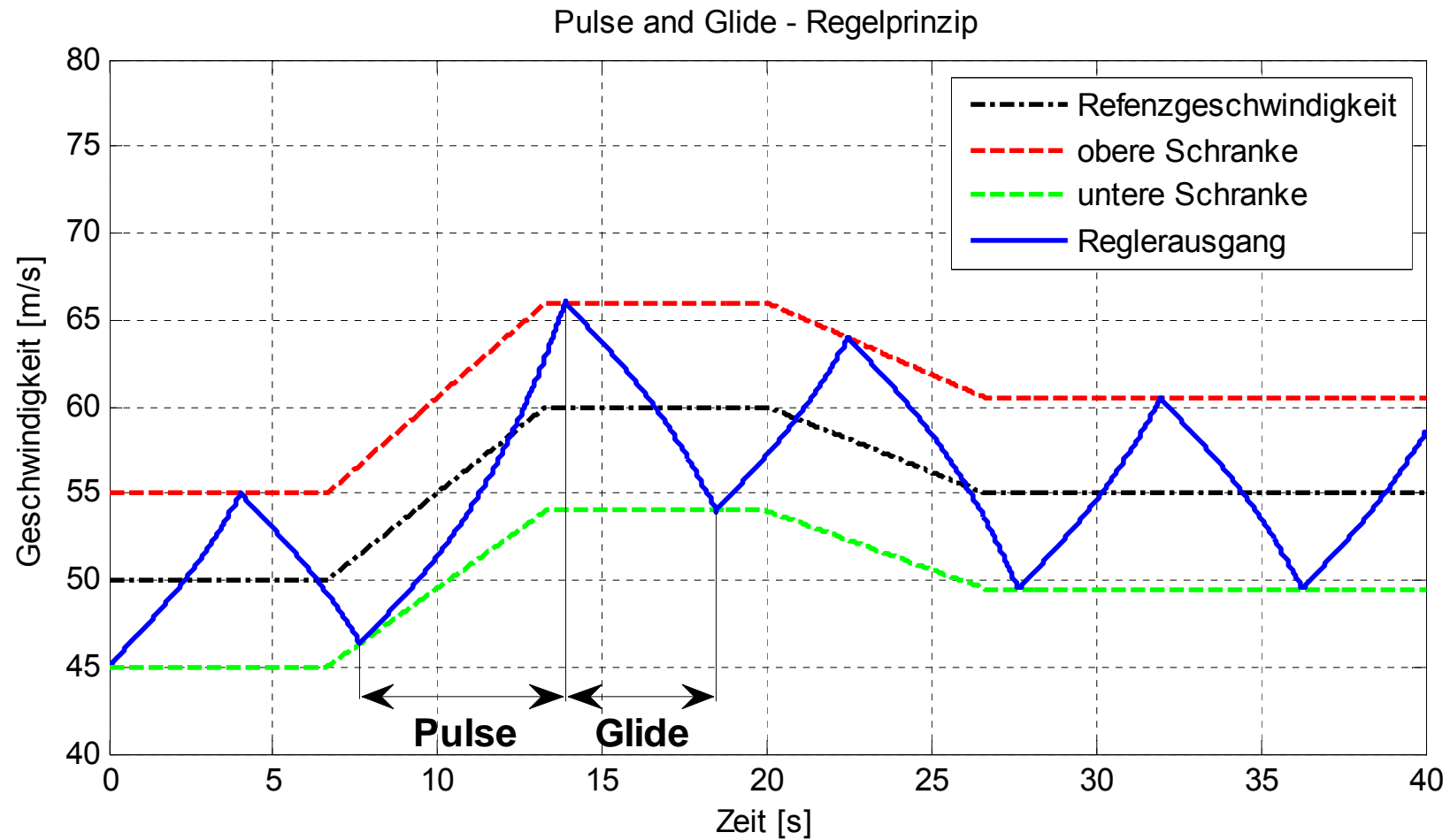
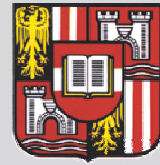
- Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit
 - Beschleunigung vom Stand
 - Längen von:
 - 2000m (bis 60 km/h)
 - 3000m (bis 90 km/h)
 - 4500m (bis 120 km/h)
 - Steigungen von -2% bis 5% als Lastsimulation



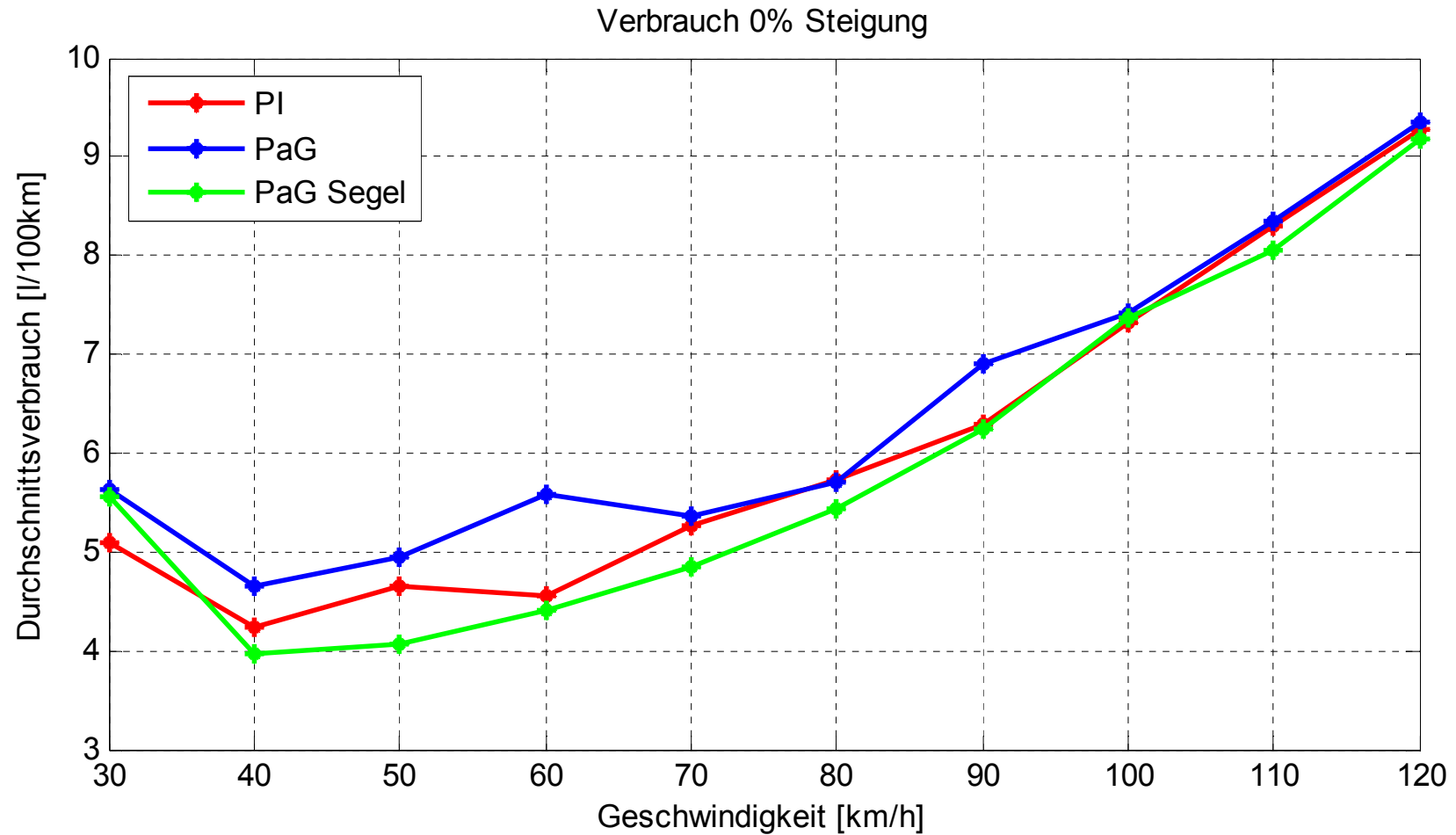
- PI-Regler
 - mit Antiwindup, Beschränkungen
 - als Referenzimplementierung

- „Pulse and Glide“ (PaG) Regler
 - Idee der Lastpunktverschiebung
 - Abwechselnd Last und Rollphasen
 - Variation mit und ohne Segeln
 - Segeln durch Leerlauf des Motors

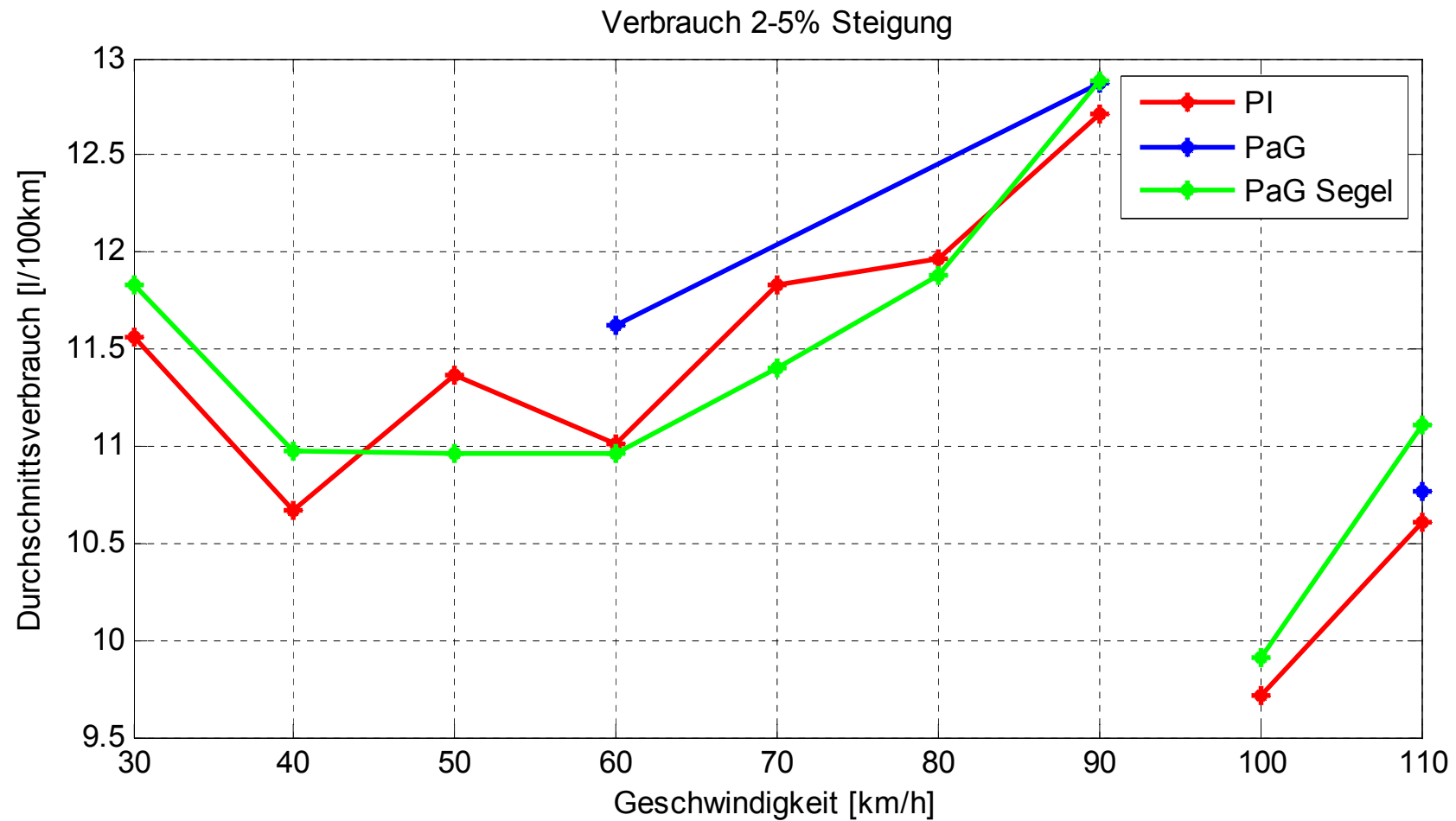
„Pulse and Glide“ - Regelprinzip



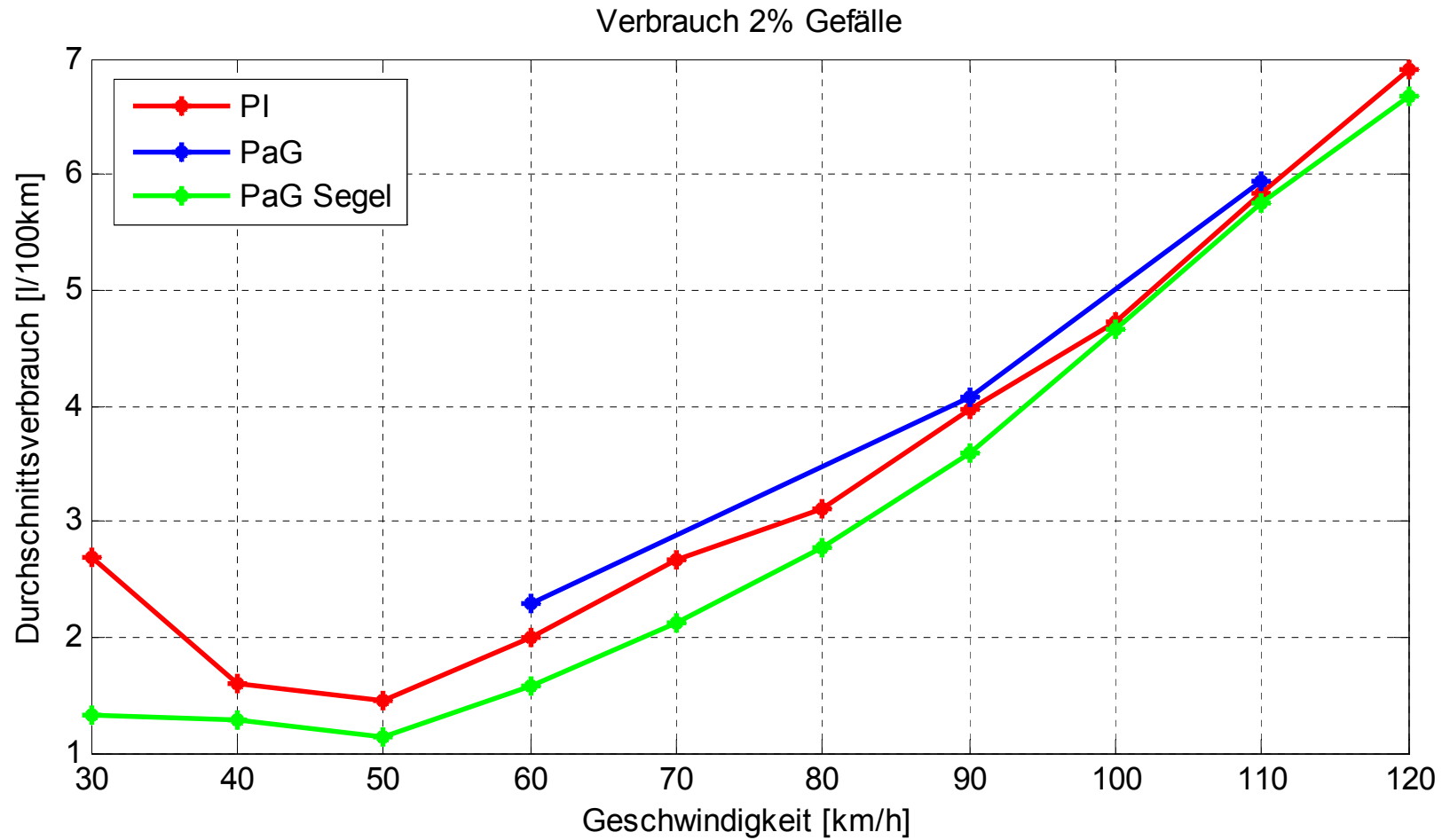
Auswertung Simulation (1/5)



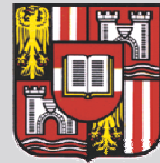
Auswertung Simulation (2/5)



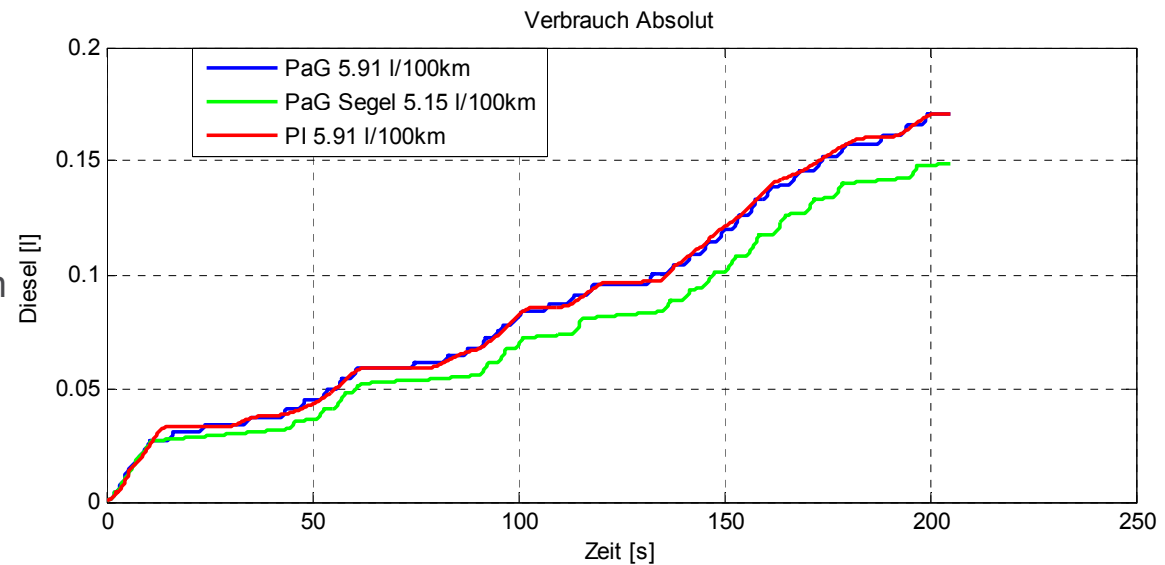
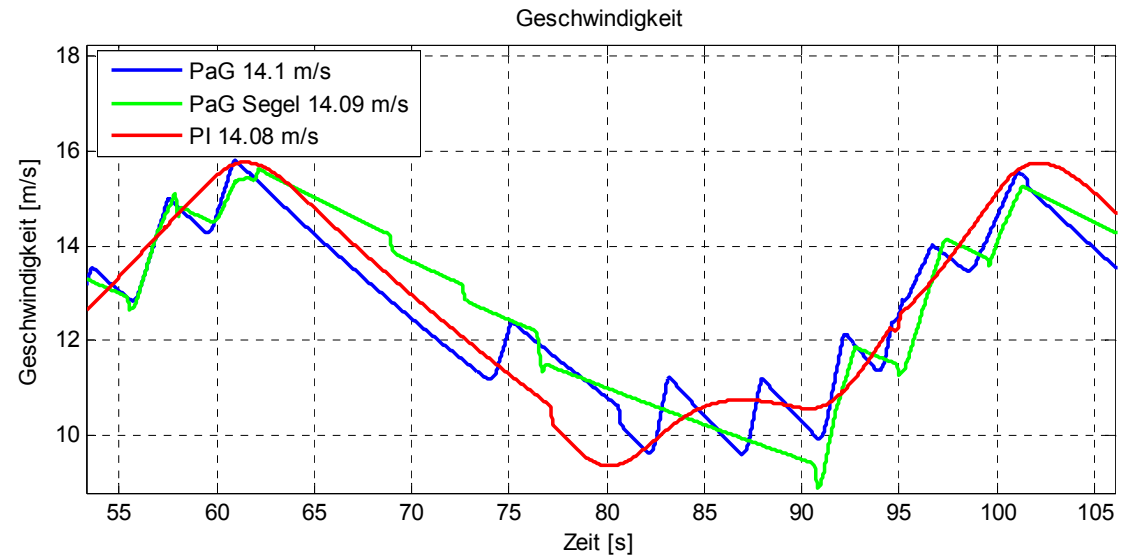
Auswertung Simulation (3/5)



Auswertung Simulation (4/5)



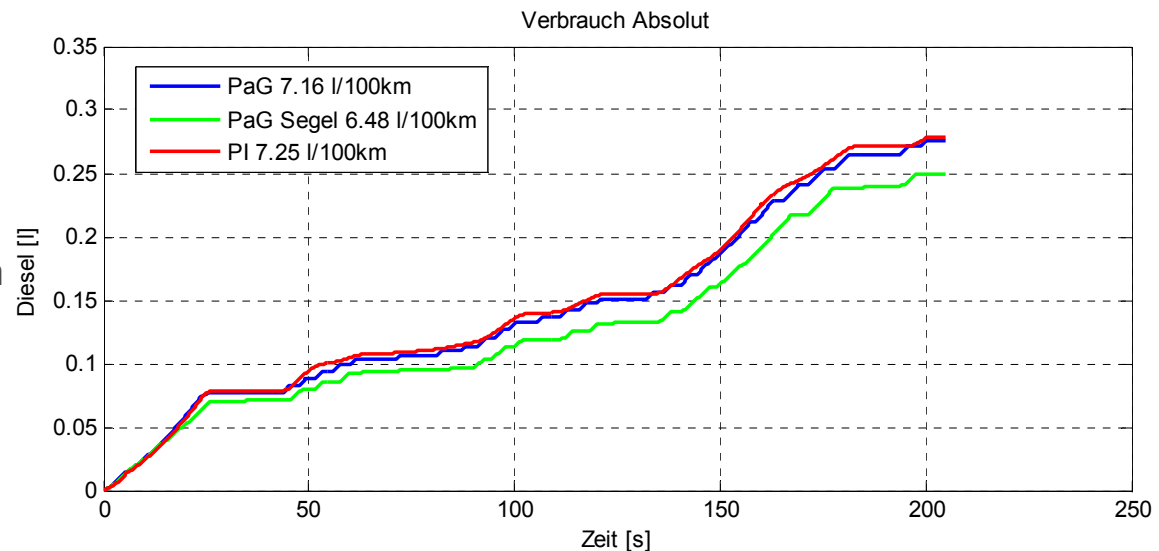
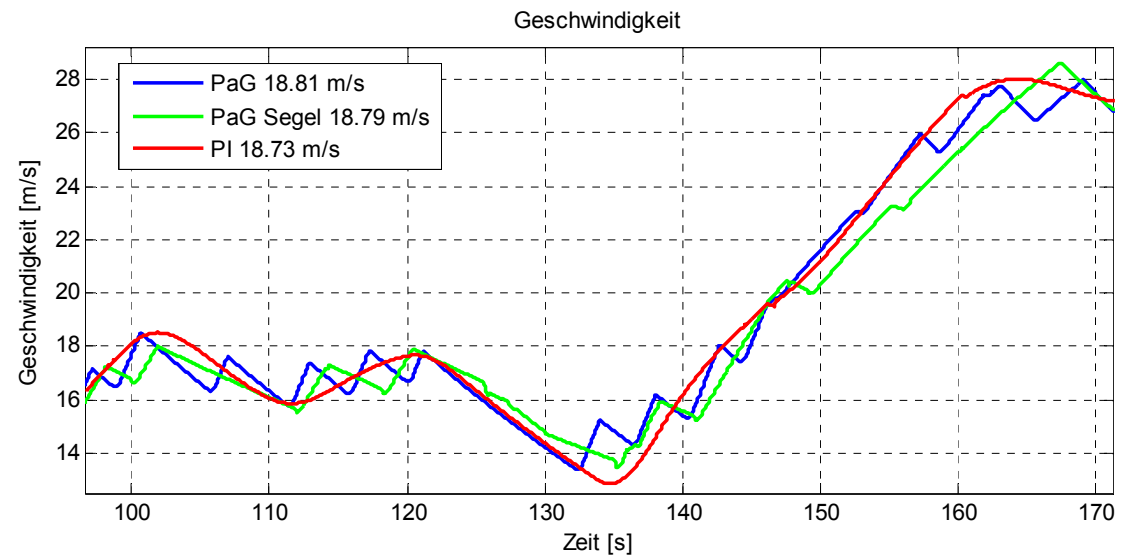
- ACC Test 1
- v : ca. 35 – 70 km/h
- Δv : +/- 0.1%
- Verbrauch:
 - PI: **5.91** l/100km
 - PaG: 5.91 l/100km
 - PaGS: **5.15** l/100km
- Δ Verbrauch: **0.76** l/100km
- 12.8 % Ersparnis



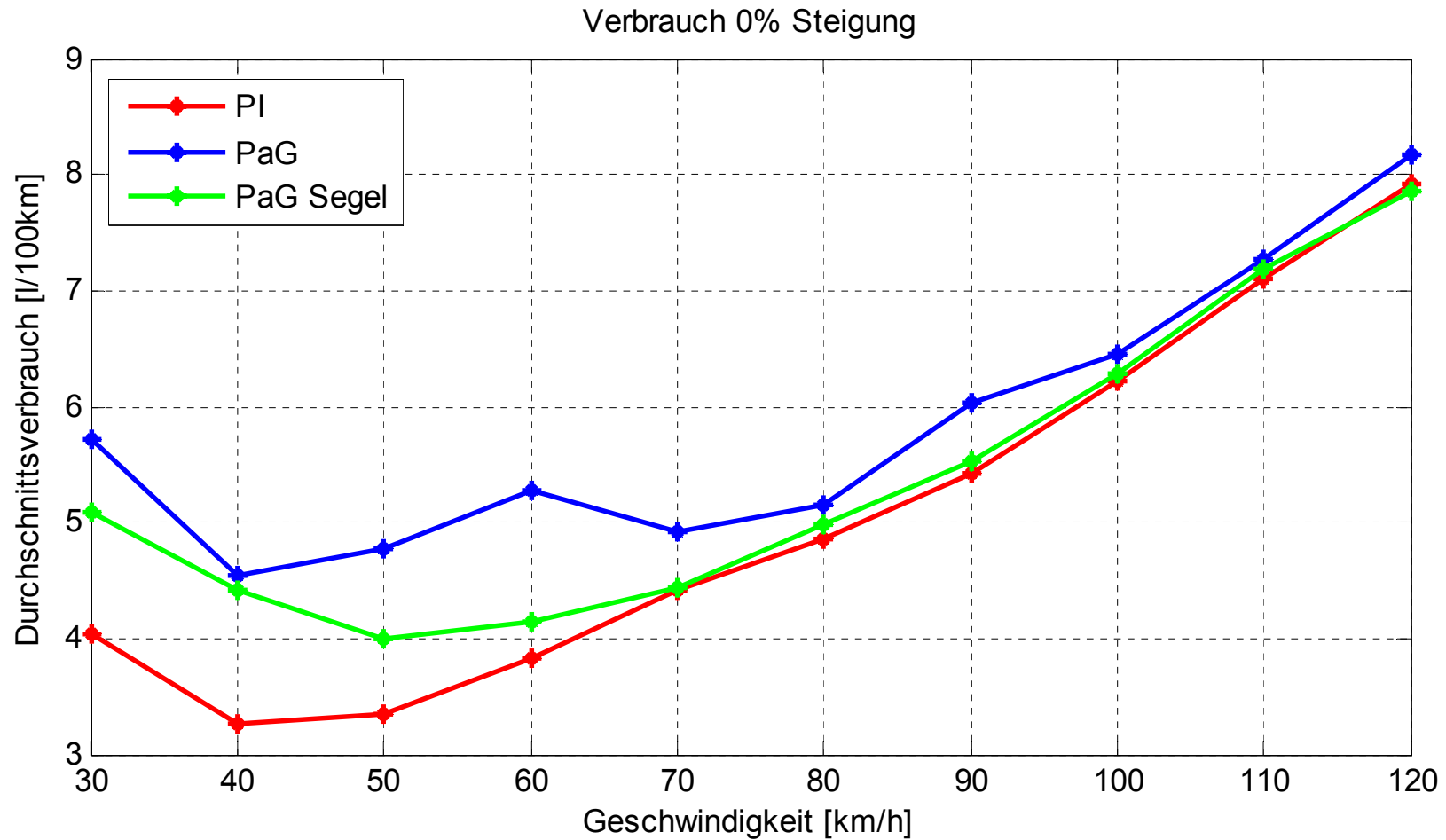
Auswertung Simulation (5/5)



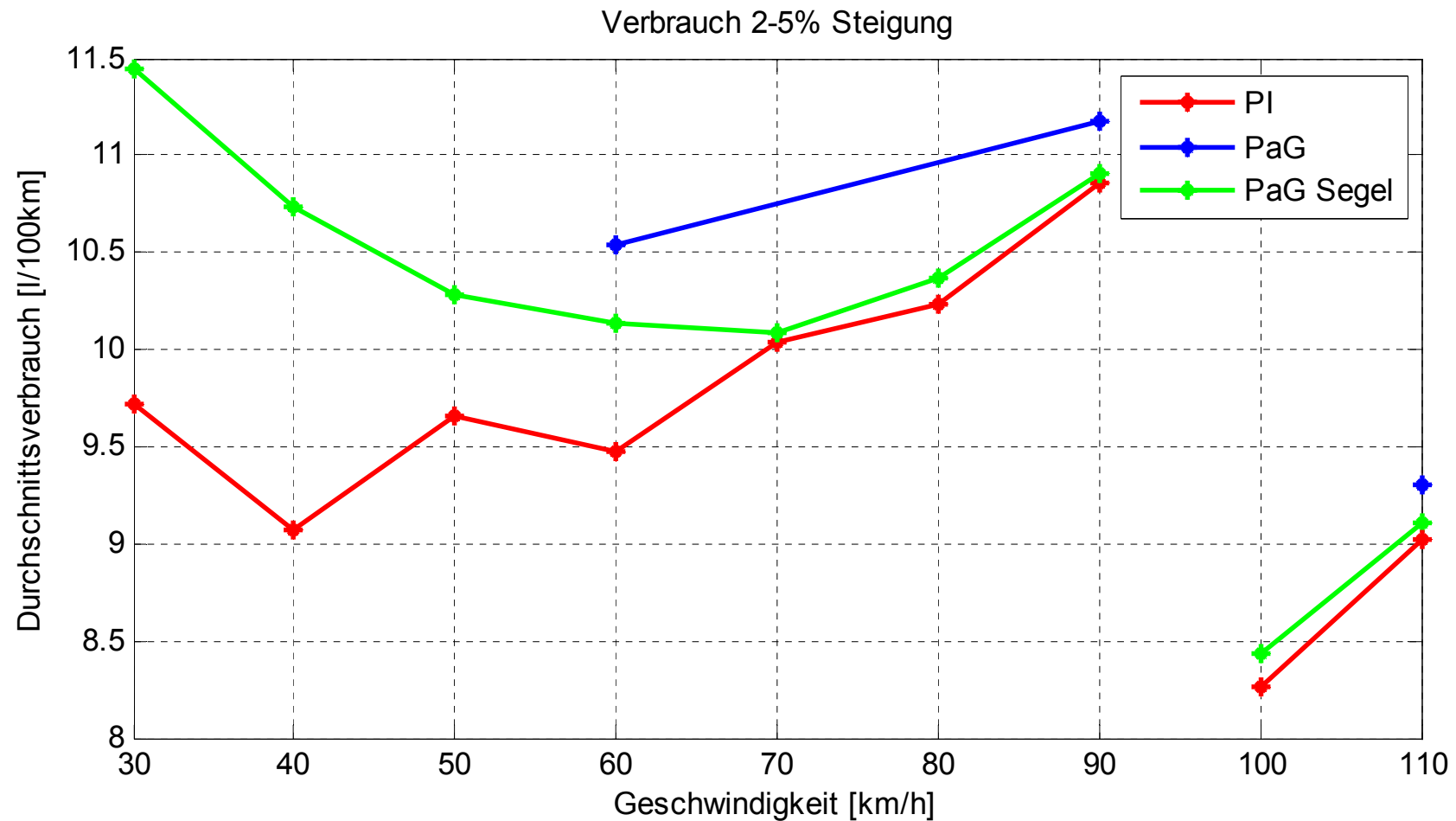
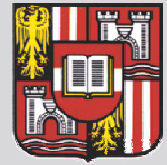
- ACC Test 2
- v : ca. 45 – 100 km/h
- Δv : +/- 0.5%
- Verbrauch:
 - PI: **7.25** l/100km
 - PaG: 7.16 l/100km
 - PaGS: **6.48** l/100km
- Δ Verbrauch: **0.77** l/100km
- 10.6 % Ersparnis



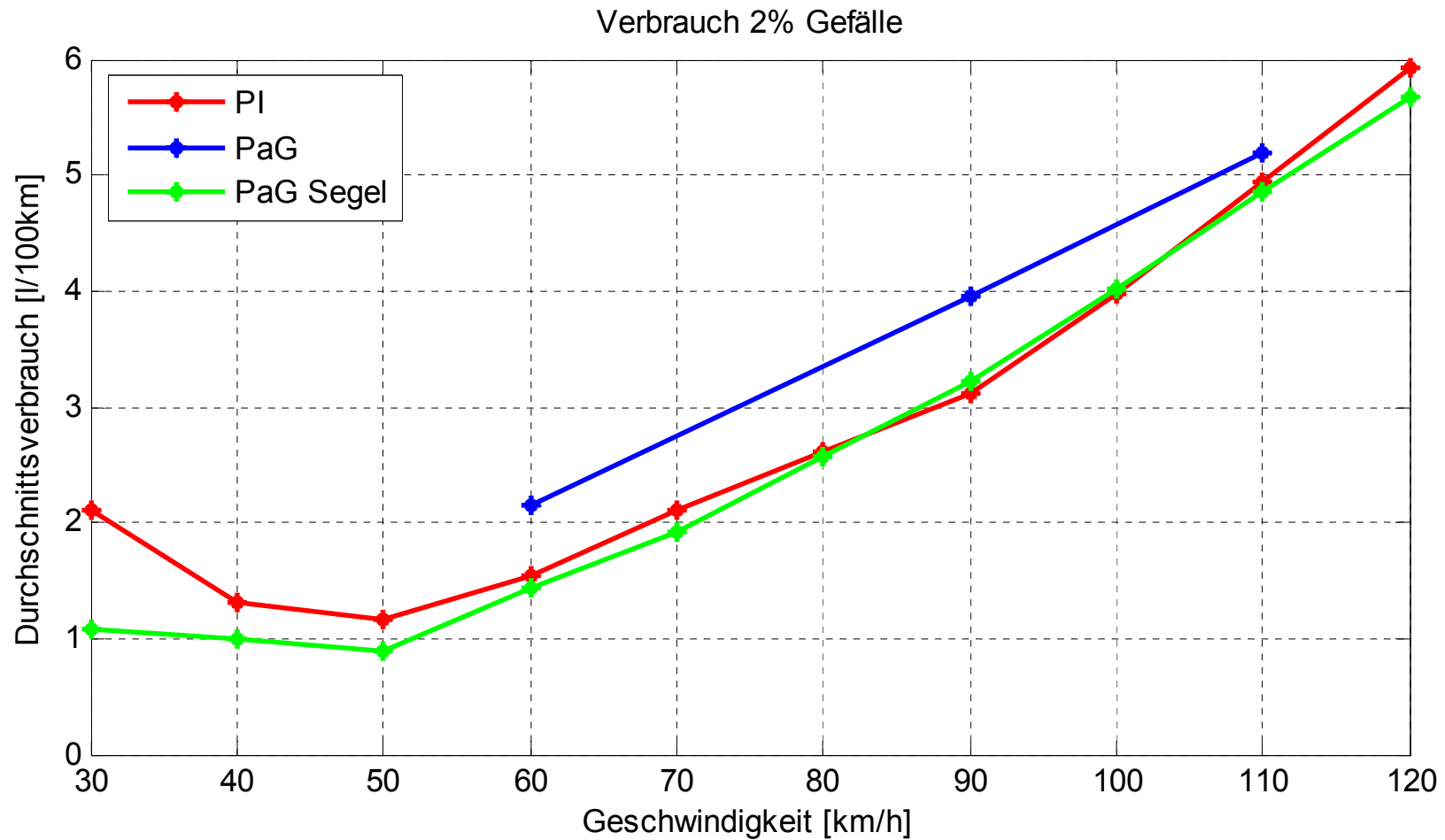
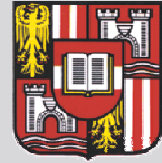
Auswertung Prüfstand (1/5)



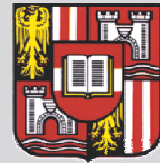
Auswertung Prüfstand (2/5)



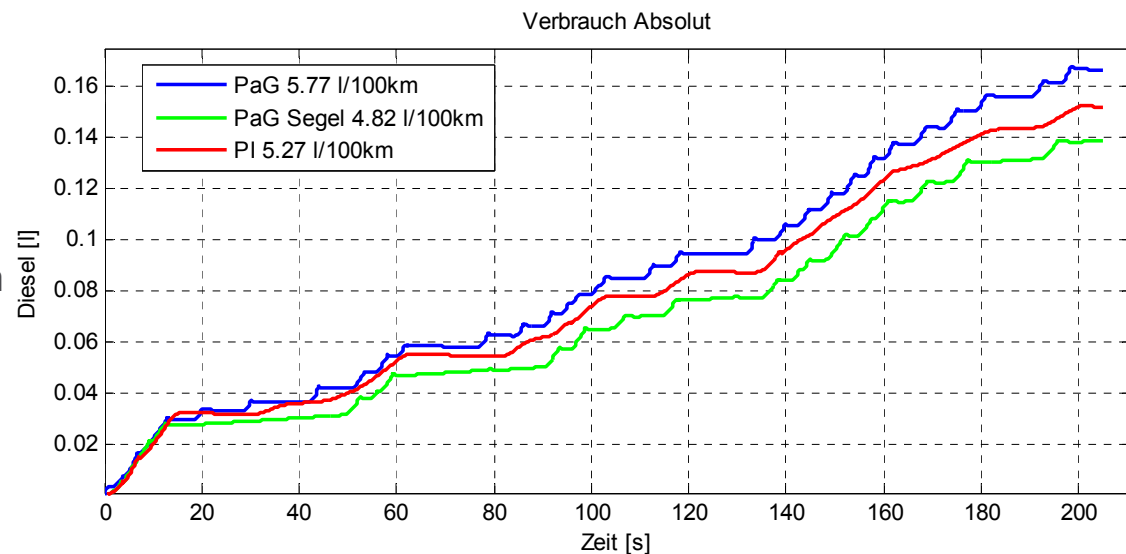
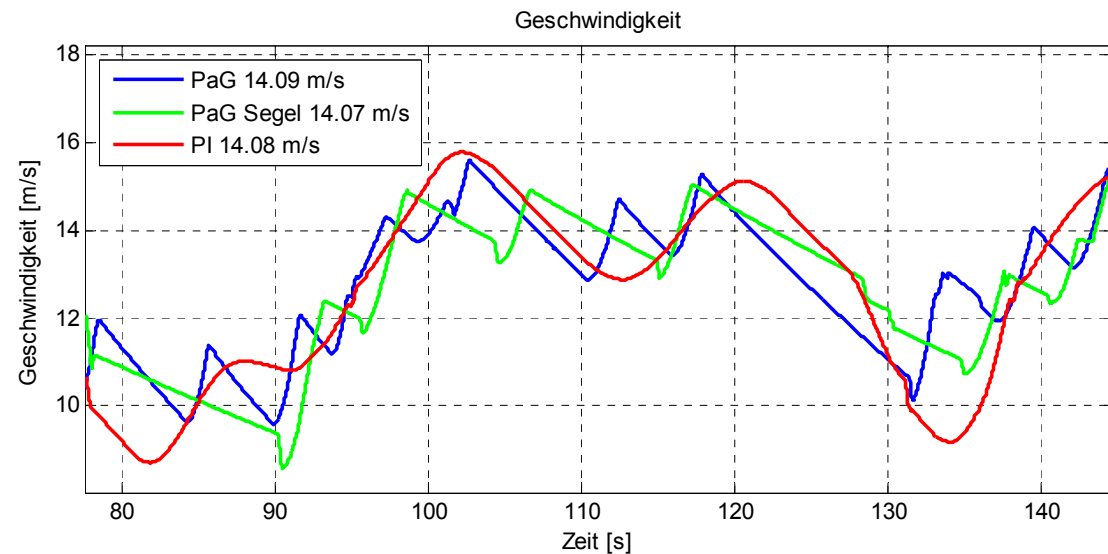
Auswertung Prüfstand (3/5)



Auswertung Prüfstand (4/5)



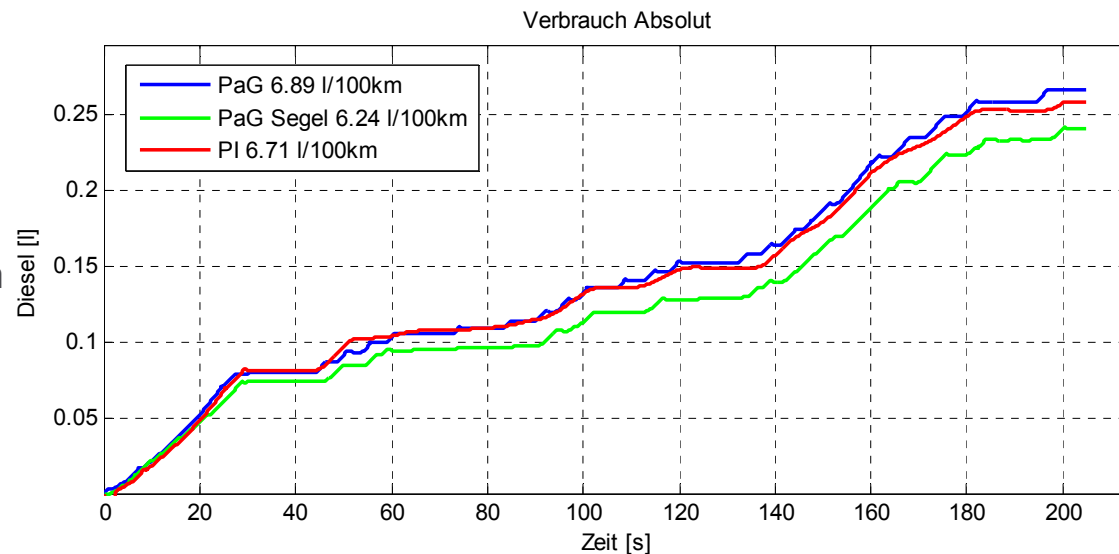
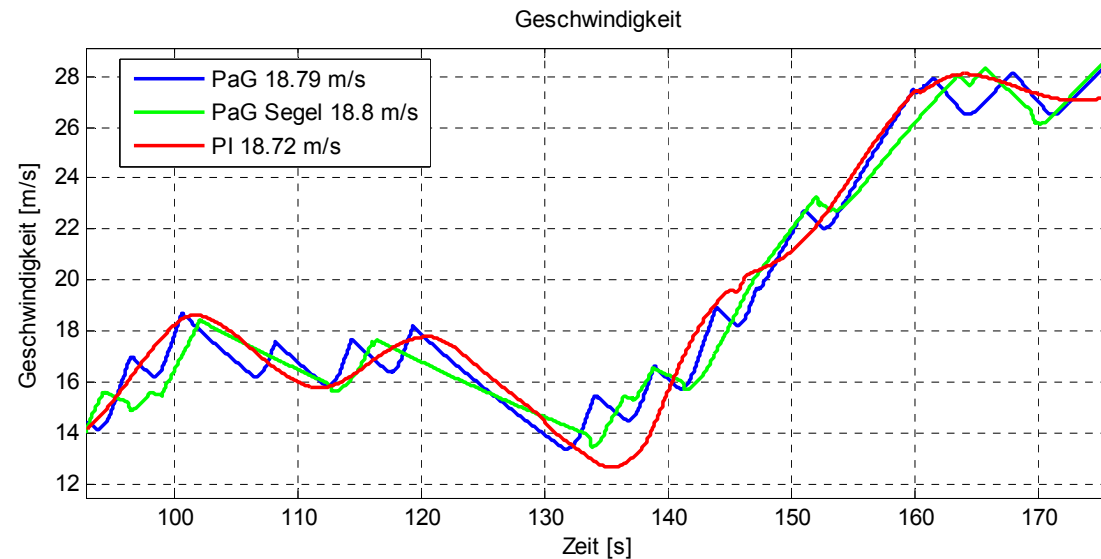
- ACC Test 1
- v : ca. 35 – 70 km/h
- Δv : +/- 0.1%
- Verbrauch:
 - PI: **5.27** l/100km
 - PaG: 5.77 l/100km
 - PaGS: **4.82** l/100km
- Δ Verbrauch: **0.45** l/100km
- 8.7 % Ersparnis



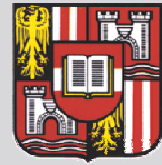
Auswertung Prüfstand (5/5)



- ACC Test 2
- v : ca. 45 – 100 km/h
- Δv : +/- 0.5%
- Verbrauch:
 - PI: **6.71** l/100km
 - PaG: 6.89 l/100km
 - PaGS: **6.24** l/100km
- Δ Verbrauch: **0.47** l/100km
- 7 % Ersparnis

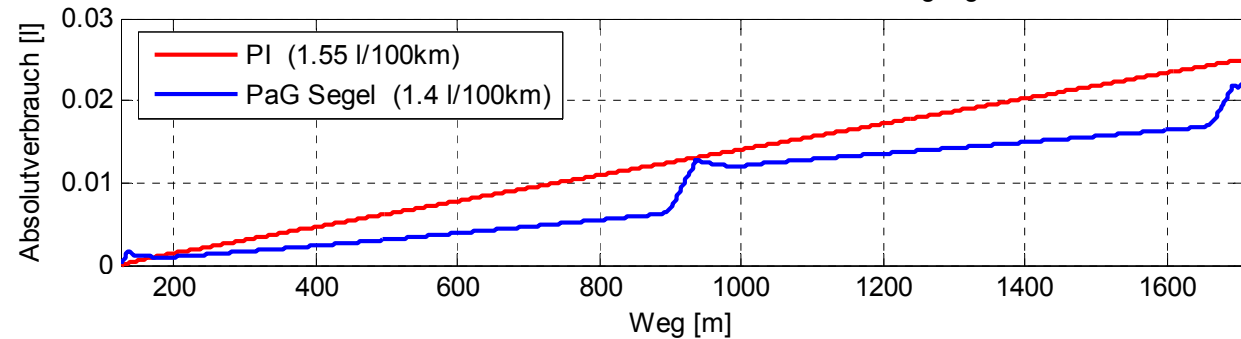


Detailauswertung (1/3)

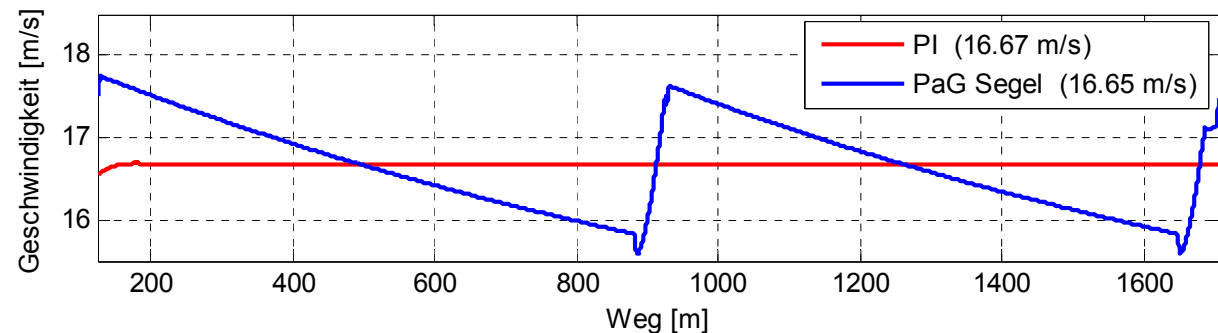


- 60 km/h
- -2% Steigung
- 1.41 l/100km vs. 1.56 l/100km
- **9.6 % Ersparnis**
- Δv : +/- 0.4%
- NOx (ppm) um 140% erhöht

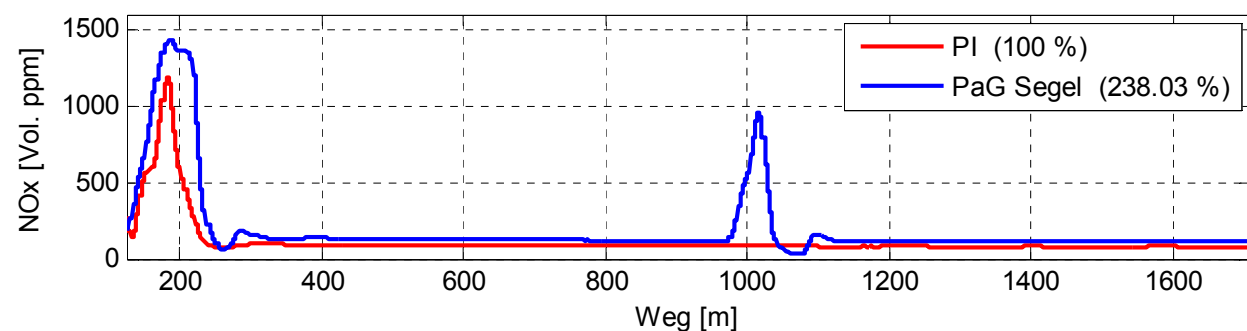
Verbrauch Absolut bei 60 km/h und -2% Steigung



Geschwindigkeit bei 60 km/h und -2% Steigung



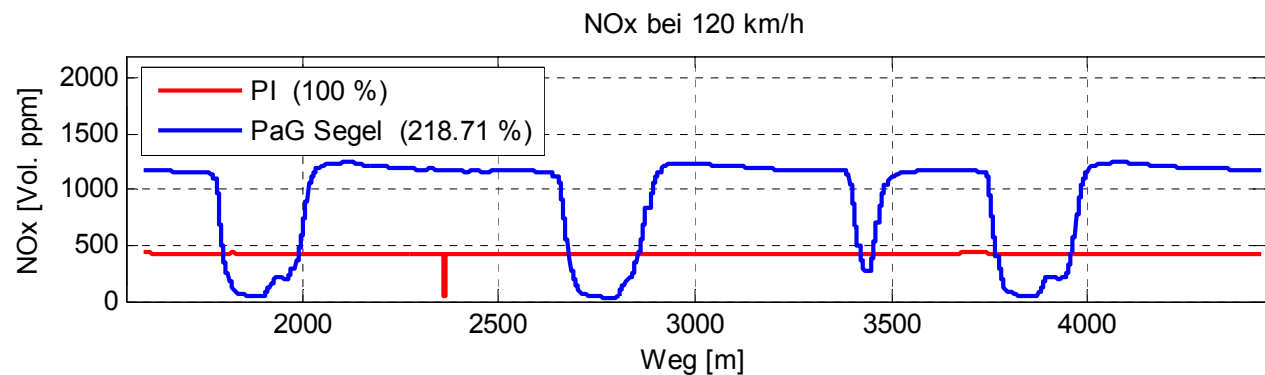
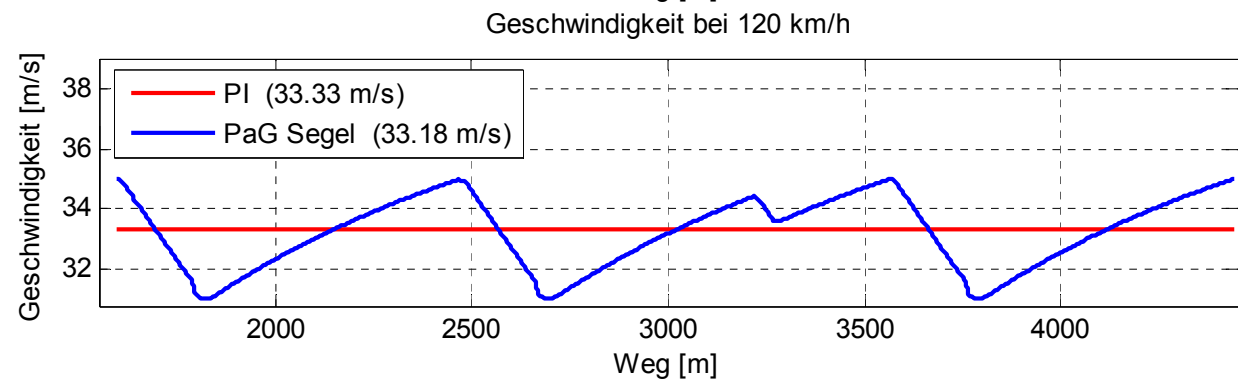
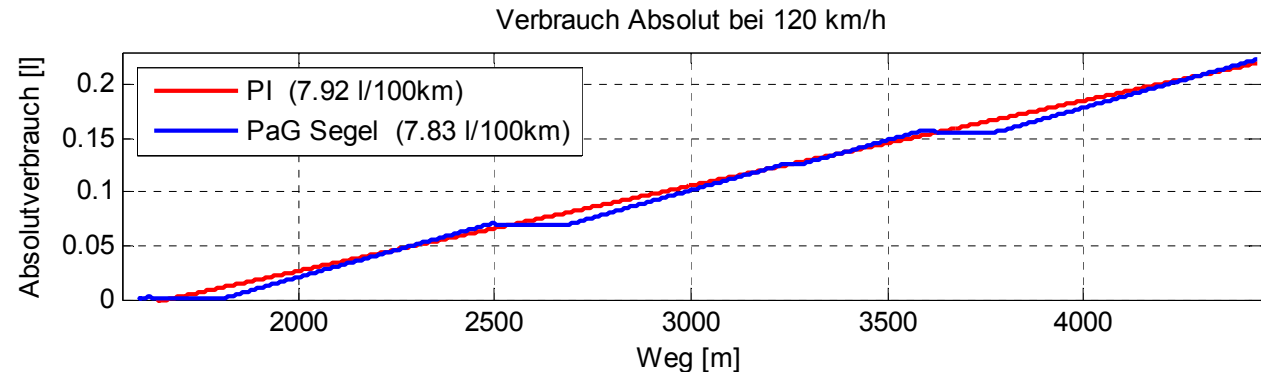
NOx bei 60 km/h und -2% Steigung

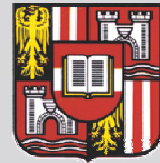


Detailauswertung (2/3)



- 120 km/h
- 0% Steigung
- 7.83 l/100km vs. 7.92 l/100km
- 1.1 % → Messtoleranz
- Δv : +/- 0.45%
- Nox (ppm) um 119% erhöht

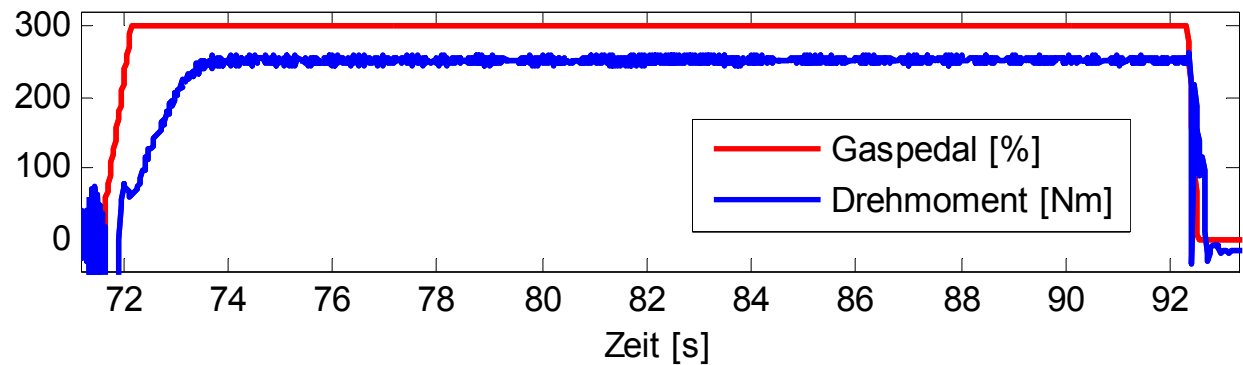




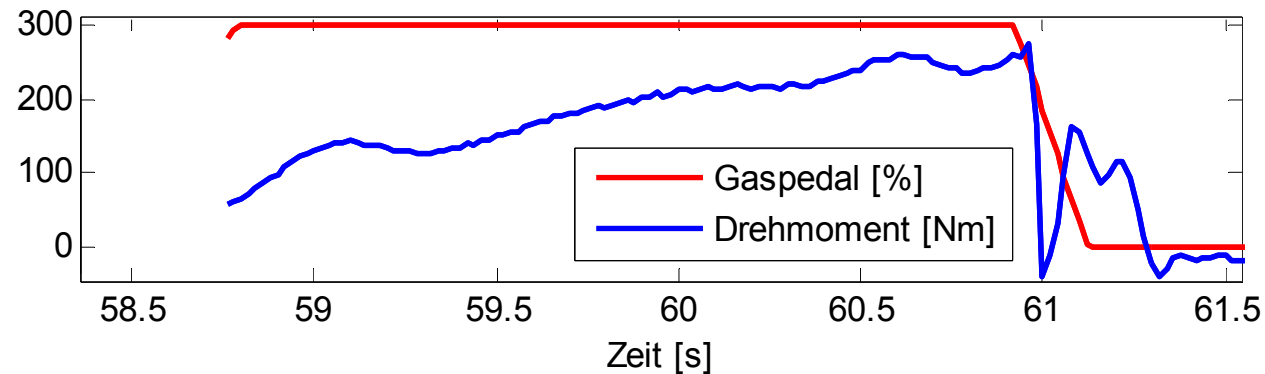
Detailauswertung (3/3)

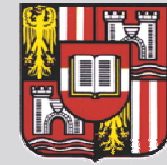
- Turboladerverzug: 1.3 – 1.8 s
- Ideales Drehmoment bei 120 km/h: ca. 90% des Pulses
- bei 60 km/h: weniger als 25% des Pulses

Drehmomentverlauf bei 120 km/h

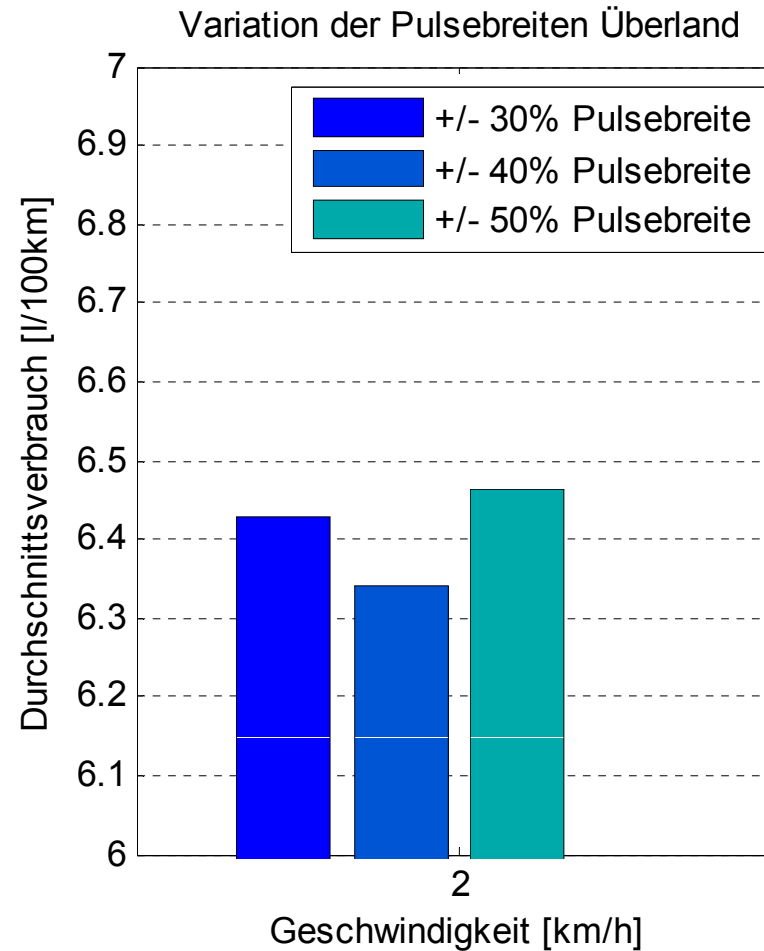
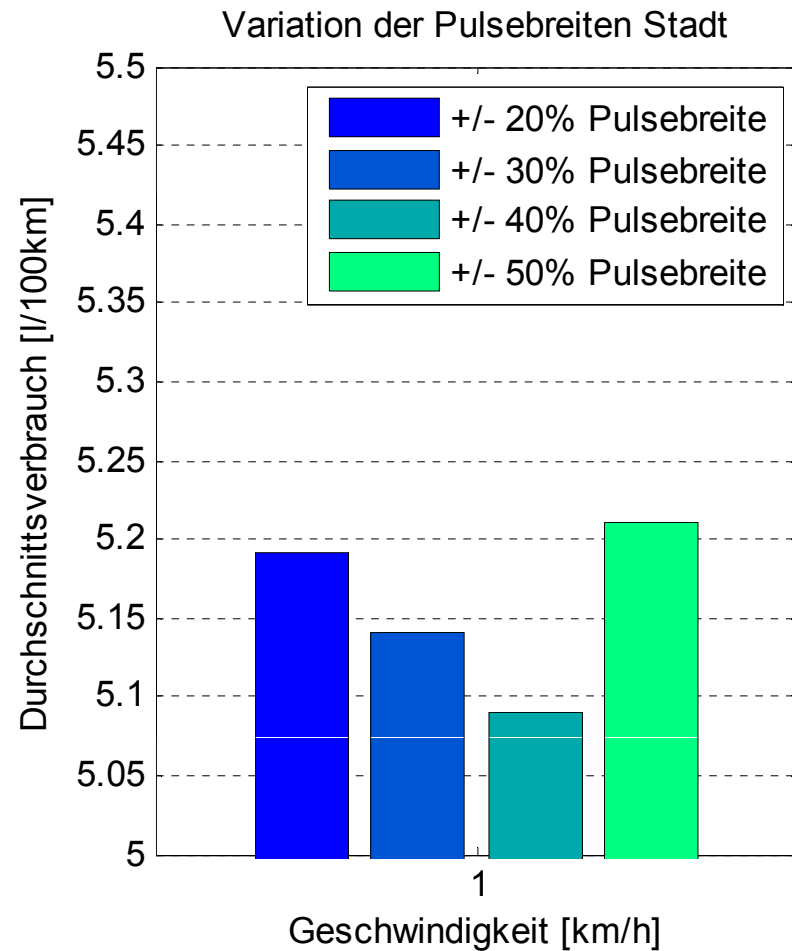


Drehmomentverlauf bei 60 km/h und -2%





Variation der Pulsebreiten





- „Pulse and Glide“ funktioniert gut in der Simulation
 - Ideal im mittleren Geschwindigkeitsbereich
 - Ideal bei wenig Last (Gefälle)
 - Suboptimal bei hohen Geschwindigkeiten und hoher Last
- „Pulse and Glide“ ist am Prüfstand generell schlechter als in Simulation
 - PI-Regler ist am Prüfstand besser bei konst. Geschwindigkeit
 - Möglicher Grund: Reaktionszeiten Turbolader
 - ACC: trotzdem noch 7-8 % Vorteil
- NOx Belastung steigt durch Lastwechsel



- Mögliche weitere Aspekte:
 - Implementierung einer Start-Stop Funktion fürs Segeln
 - Zusammenschaltung von PI und PaG
 - Implementierung eines PI-Reglers mit Segelfunktion
 - evt. Vergleich mit MPC Regler in Simulation

Ende



Fragen?



Ende



Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!

