

# Ein Antriebssystem für das Auto der Zukunft

L. Guzzella,  
<http://www.imrt.ethz.ch>



**Projekt Team C. Onder**

**C. Dönitz**

**I. Vasile**

**D. Wagner**

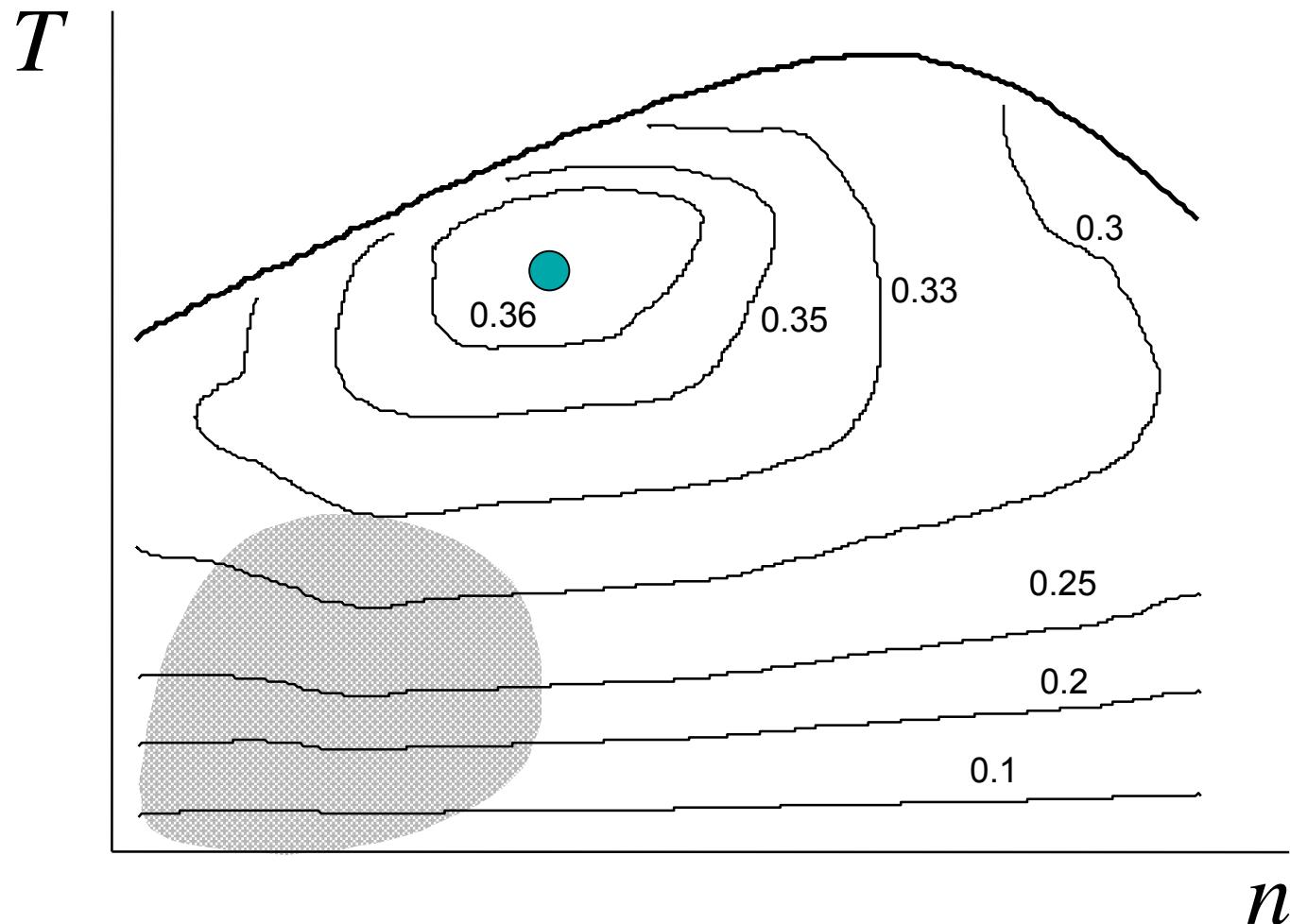
**Sponsoren**

**BfE**

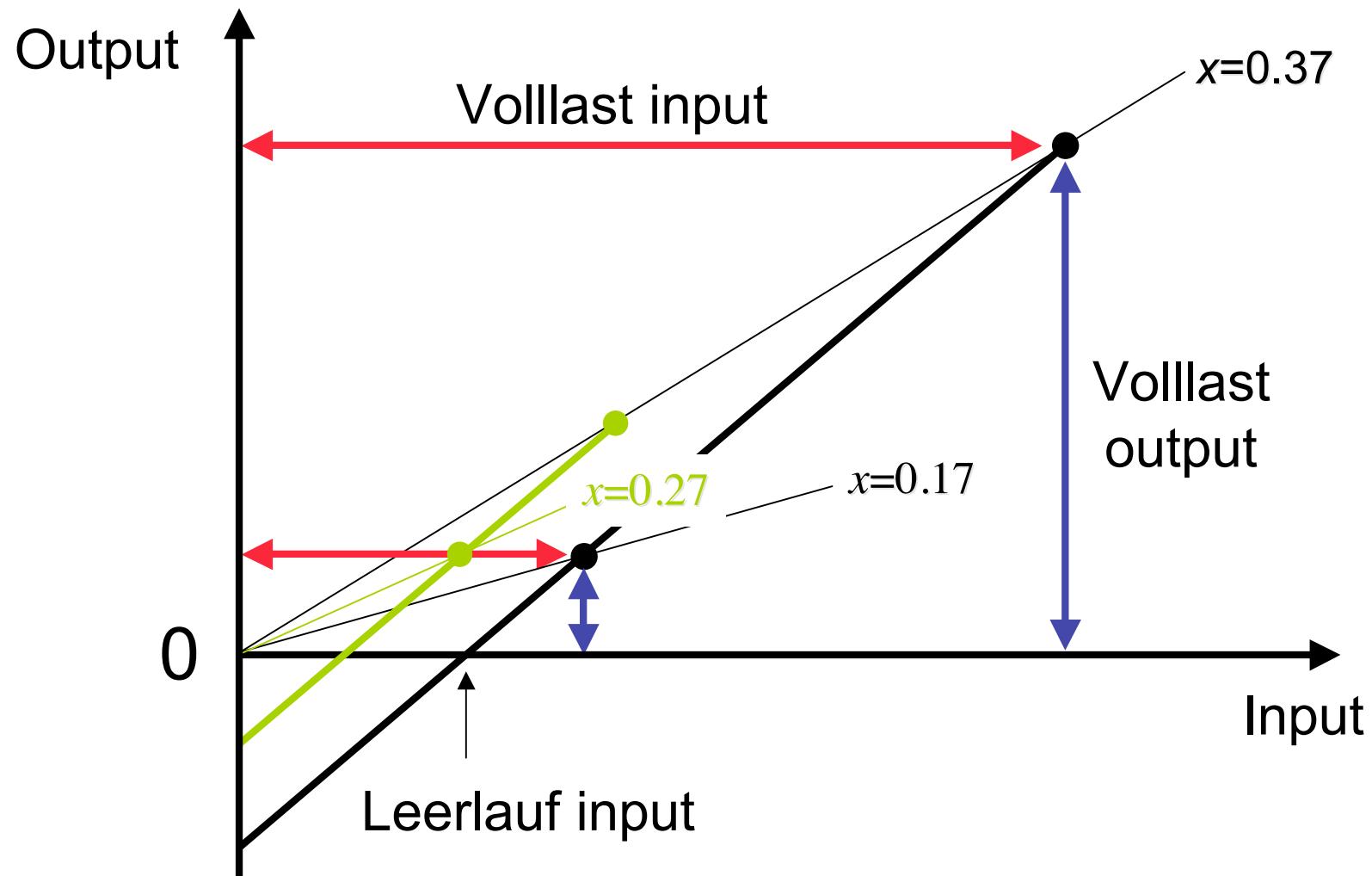
**Bosch**

**ETH**

# Teillastproblem



# Erklärung und Lösungsansatz



# Fahrleistung

Beschleunigungszeit 0→100 km/h

$$t_{0 \rightarrow 100} \approx \frac{770 \cdot m}{P_{\max}}$$

Limousine:  $A_f \cdot c_w = 0.7 \text{ m}^2$ ,  $c_r = 0.012$ ,  $m = 1'500 \text{ kg}$

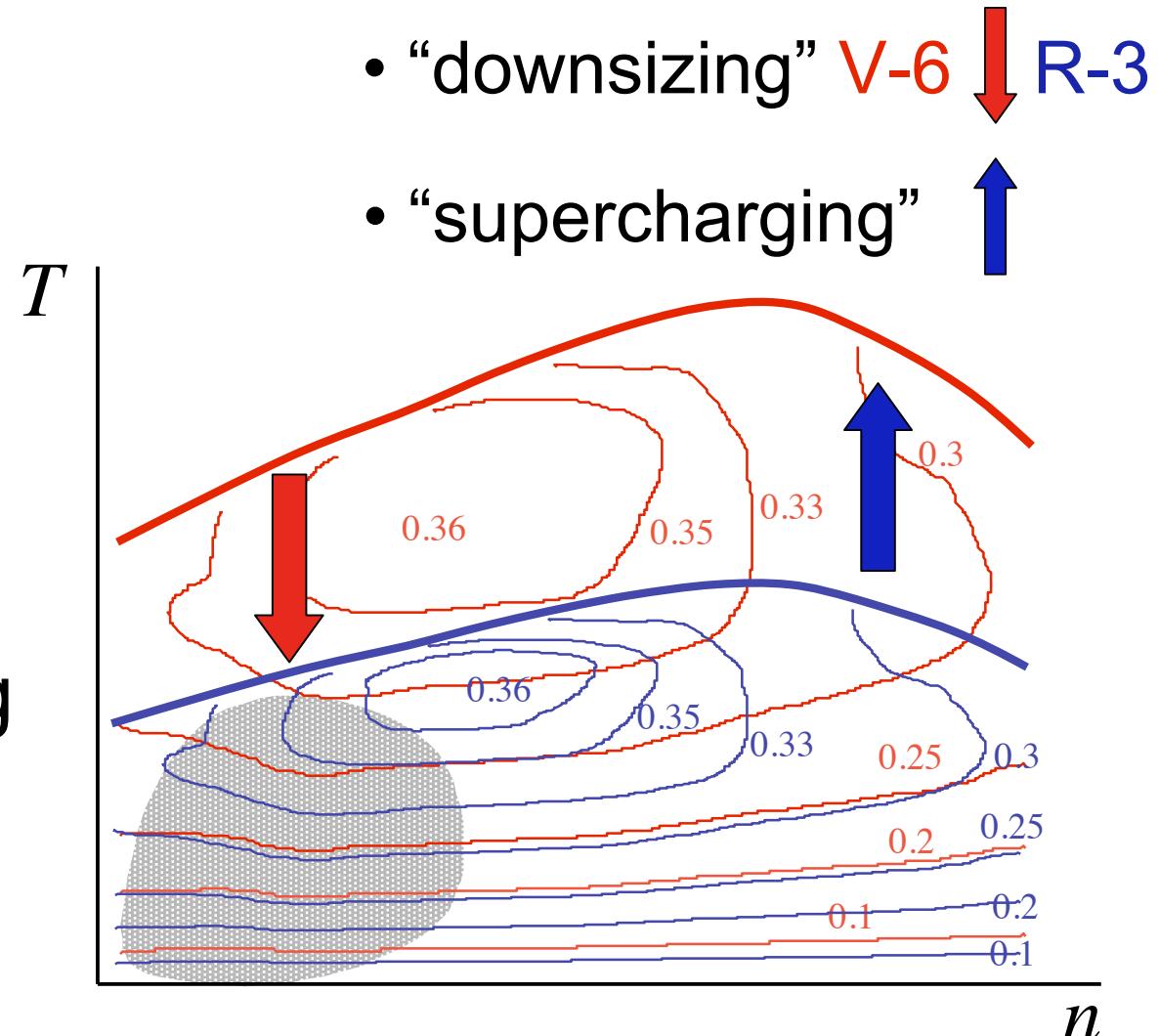
**115 kW Leistung benötigt für 0→100 km/h in 10 s**

**34 kW Maximalleistung im MVEG-95**

**7 kW Durchschnittsleistung im MVEG-95**

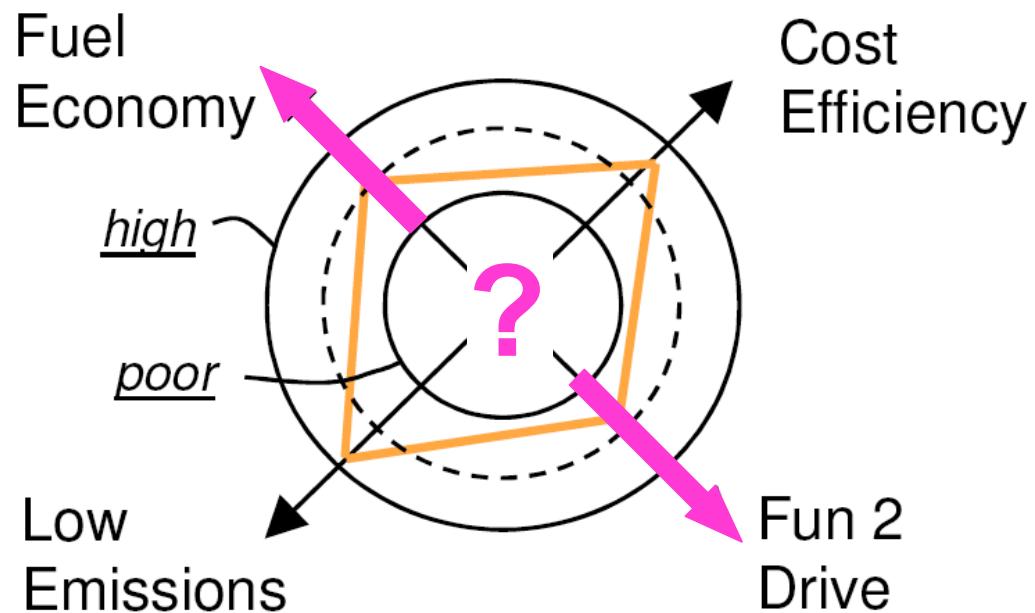
# Downsizing and Supercharging (DSC)

Ersetzen  
eines V-6  
durch einen  
R-3 Motor  
mit Aufladung

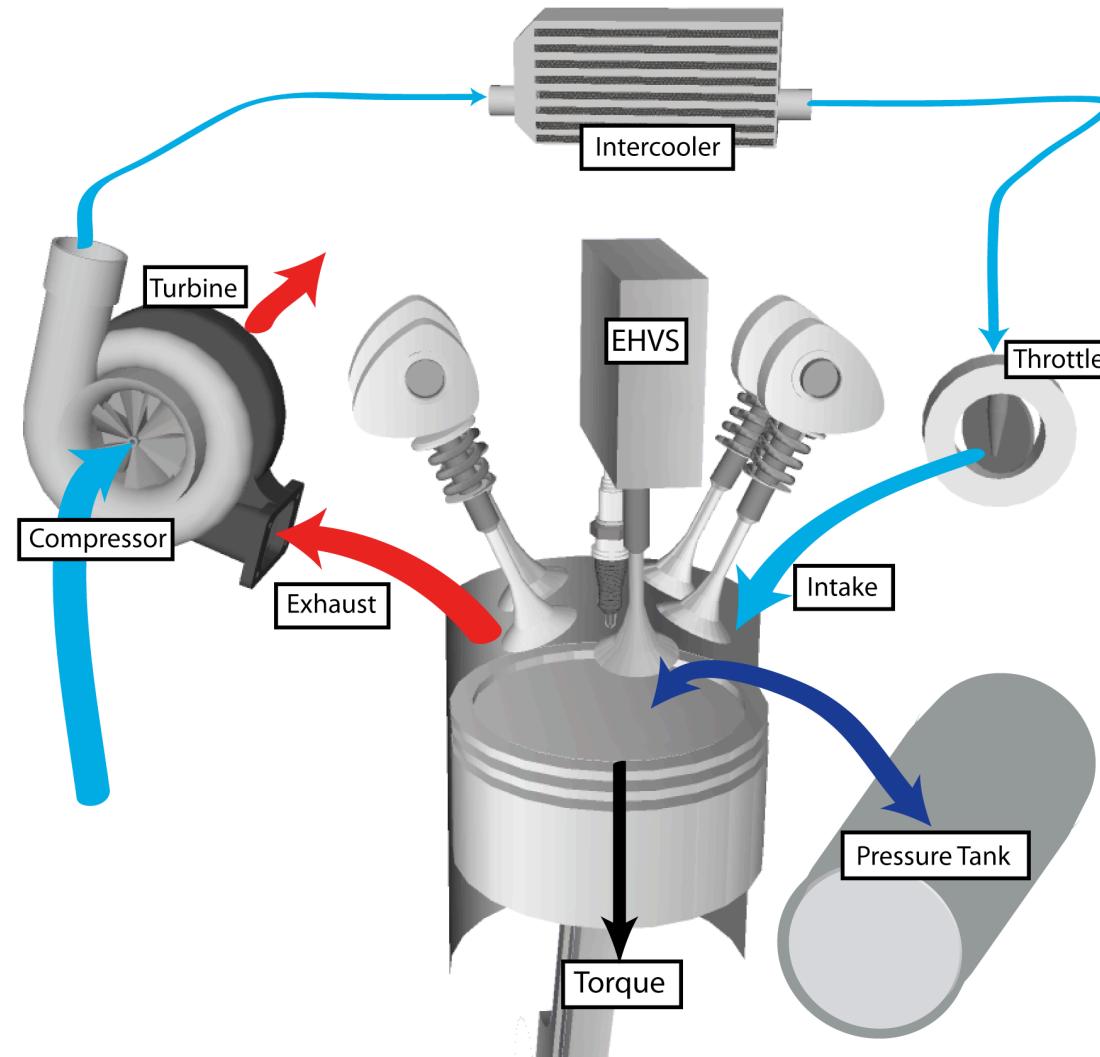


# DSC Probleme

- Spürbare Verbrauchsvorteile benötigen grosse DSC-Raten
- Auslegung des Turboladers als Kompromiss zwischen Wirkungsgrad und Ansprechverhalten
- Trotzdem bleiben spürbare Nachteile in der Fahrbarkeit
- Möglichkeit zum Start/Stopp, Rekuperation, ... fehlt



# Das Pneumatik-Hybrid Konzept

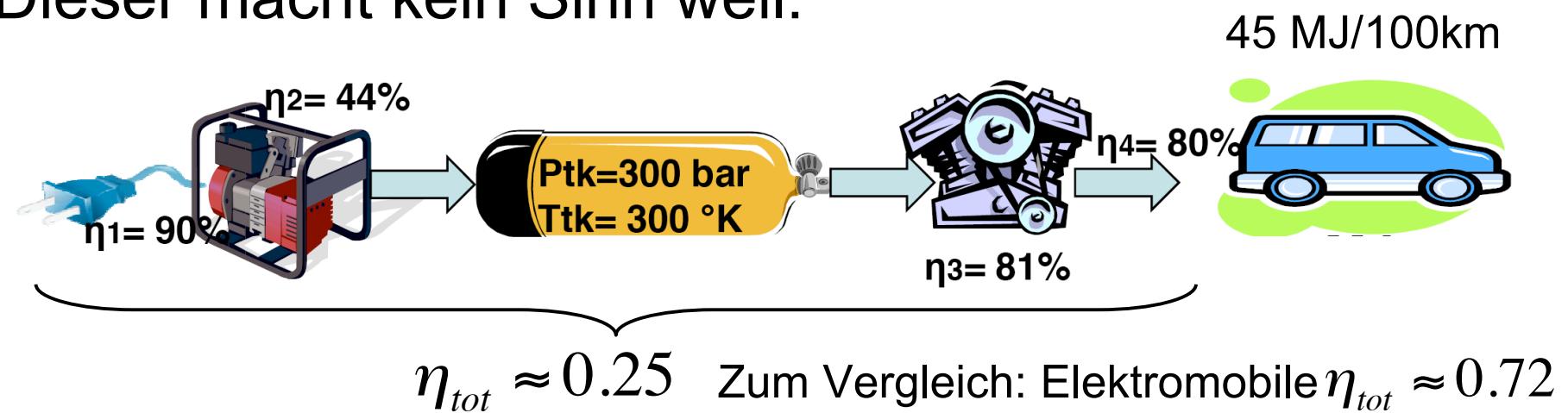


# Kosten/Nutzen-Optimierung

- Verbrennungsmotor immer im 4-Takt Betrieb
- Pneumatik-Betrieb mit 2-Takt Ansatz optimal aber teuer (alle Ventile vollvariabel)
- Pneumatik-Betrieb mit 4-Takt Ansatz fast gleich gut aber viel billiger (normale Nockenwelle!)
- Nur ein vollvariables Ladeventil pro Zylinder nötig, plus Druckspeicher (20-30 Liter, 20 bar)
- Konzepte bezüglich Verbrauchsersparnis etwa gleichwertig

# Kein Pneumatik-Motor!

Dieser macht kein Sinn weil:



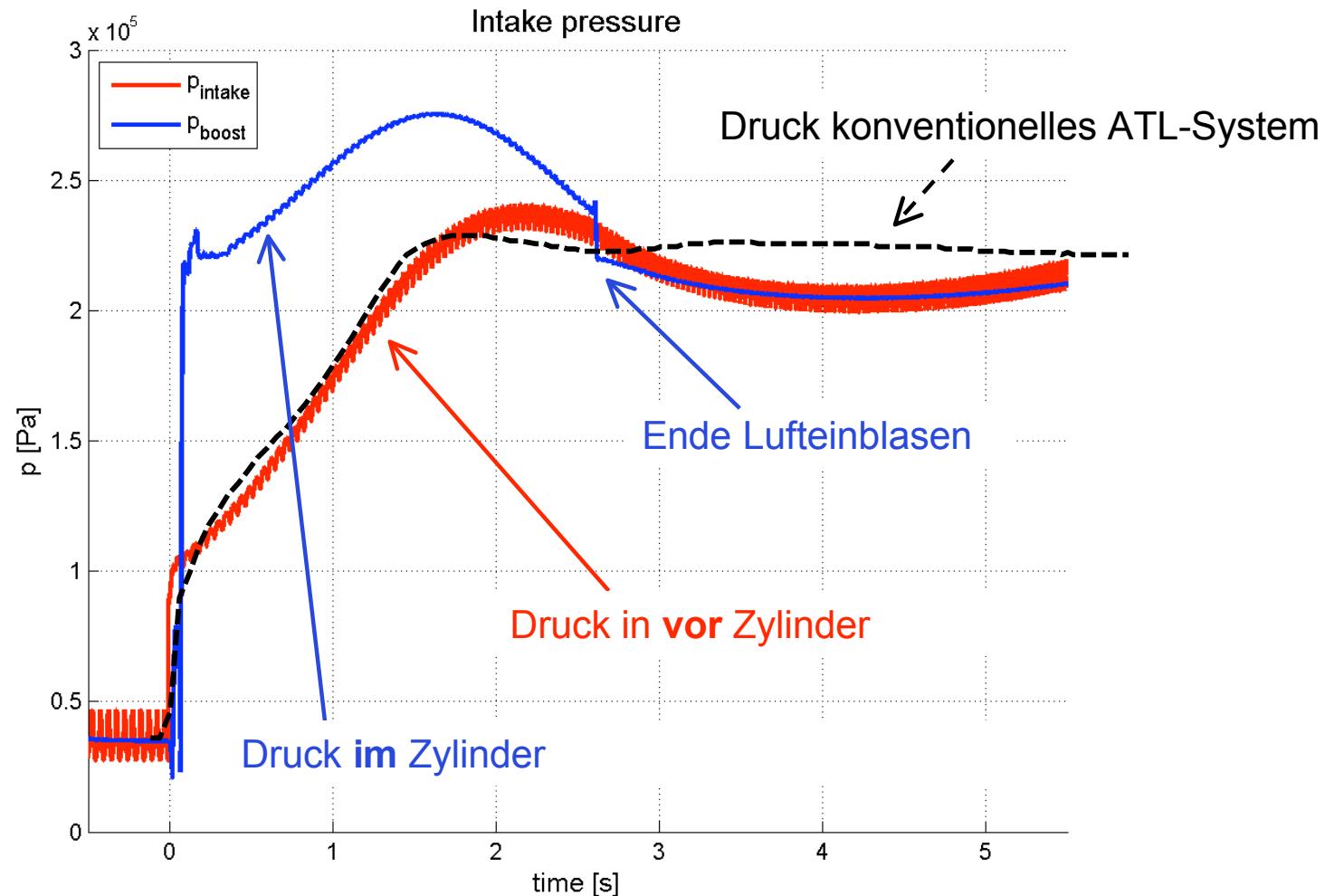
Benötigte Energie im Luftpumpe 70 MJ, dies entspricht 250 kg Luft- und 200 kg Tankmasse (beste Faserverbundtechnik) und 700 l Volumen.

Zum Vergleich: Batterien für die gleiche Strecke haben Masse von 120 kg.

# Betriebsarten

- DSC- $\eta^+$  Verbrennungsmotor
- „Boost“ Betrieb
- Rekuperation beim Bremsen
- Pneumatischer Start und pneumatische Fahrt bei kleinen Geschwindigkeiten
- „Recharge“ Betrieb: einige Zylinder feuern, andere Zylinder pumpen, auch für Betriebspunktverschiebungen

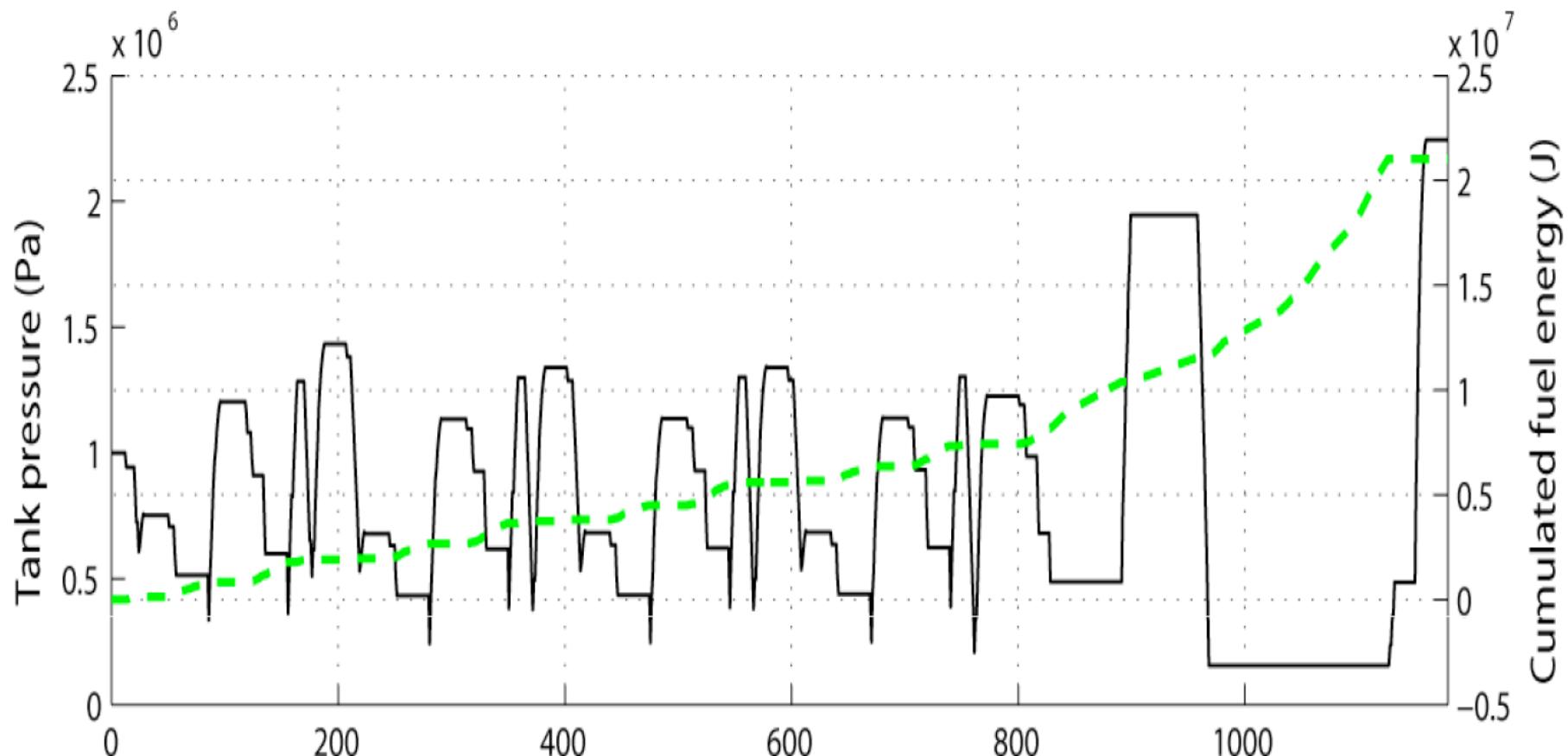
# Vergleich der Ladedrücke (Simulation)



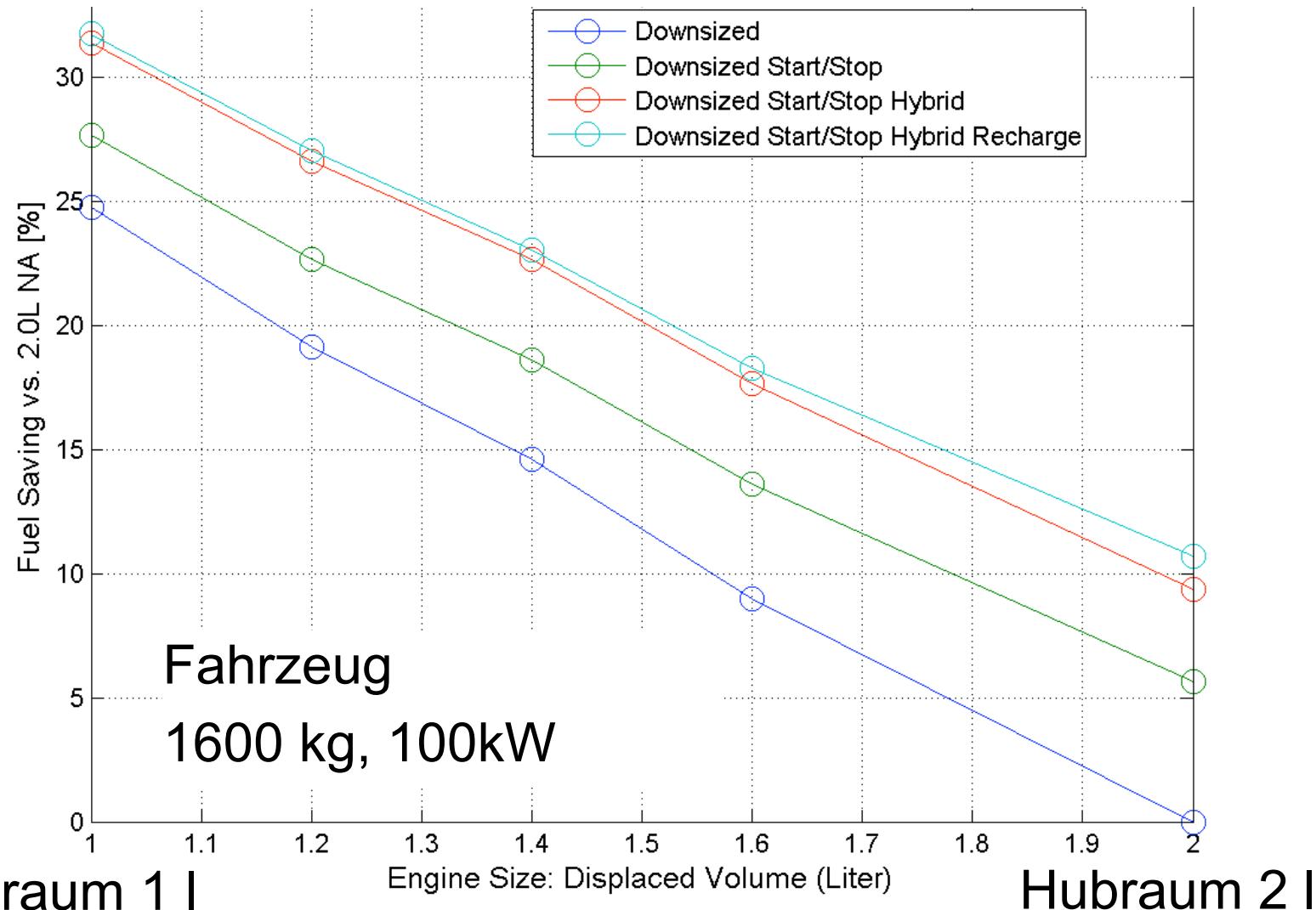
# Wieviele „boosts“ sind möglich?

- Bei einem 30l-Drucktank und 20 bar Startdruck sind etwa 15 boosts möglich
- Beachte: der grösste Teil der Antriebs-Energie kommt aus dem Kraftstoff
- Der Turbolader kann kompromisslos auf maximale Effizienz ausgelegt werden (minimaler Gegendruck)

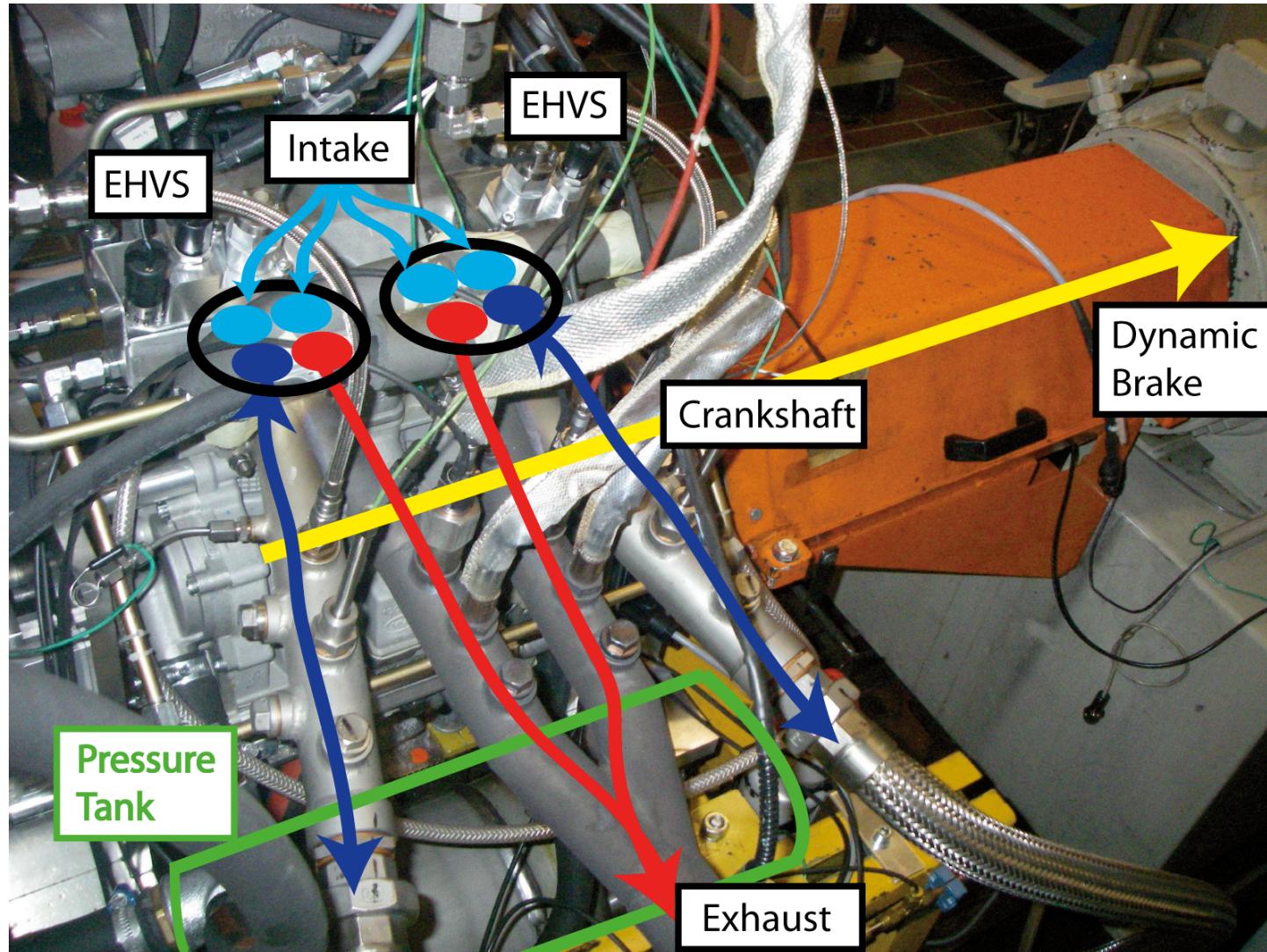
# Tankdruck während eines MVEG-95



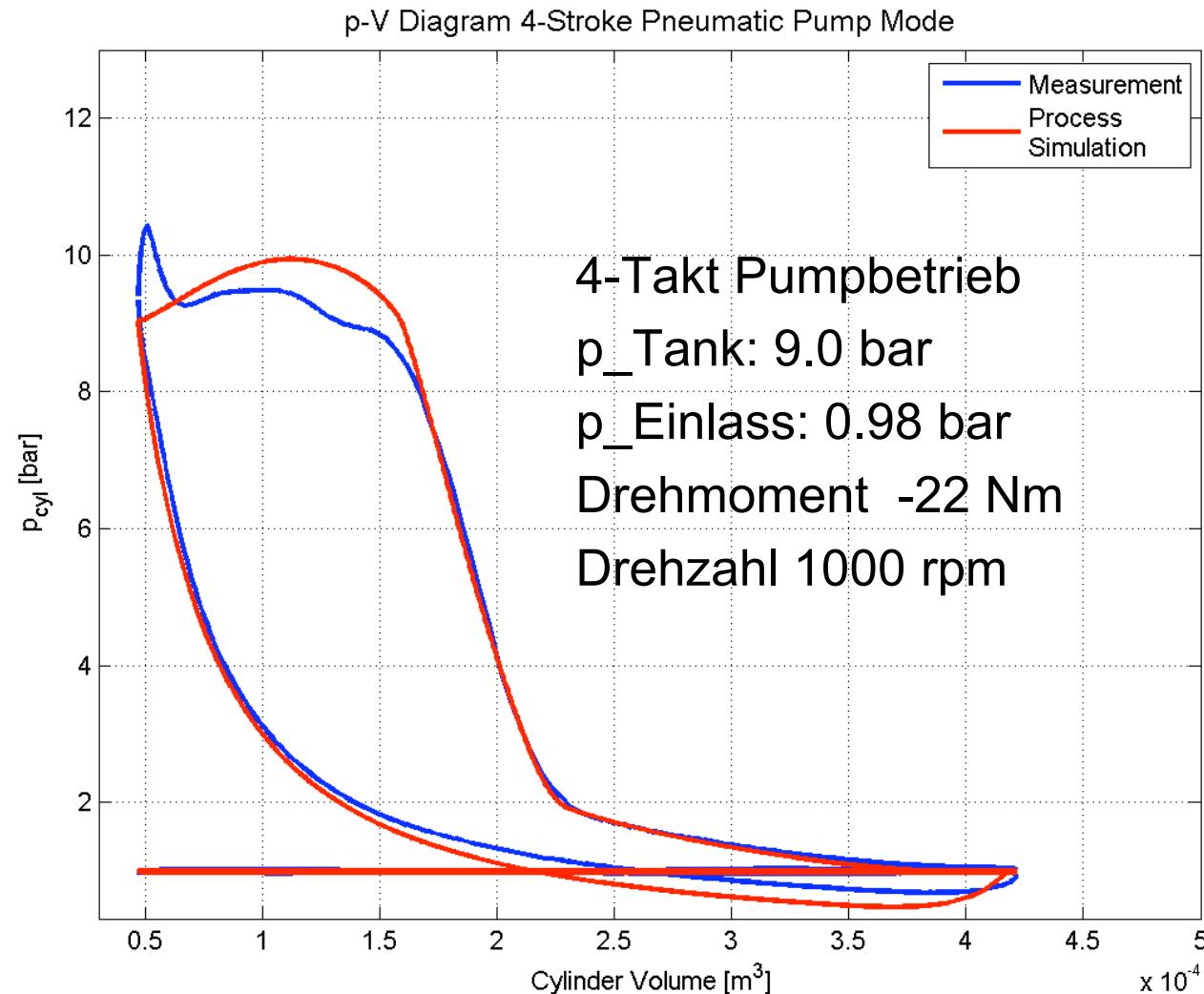
# Simulation Kraftstoffersparnis im MVEG-95



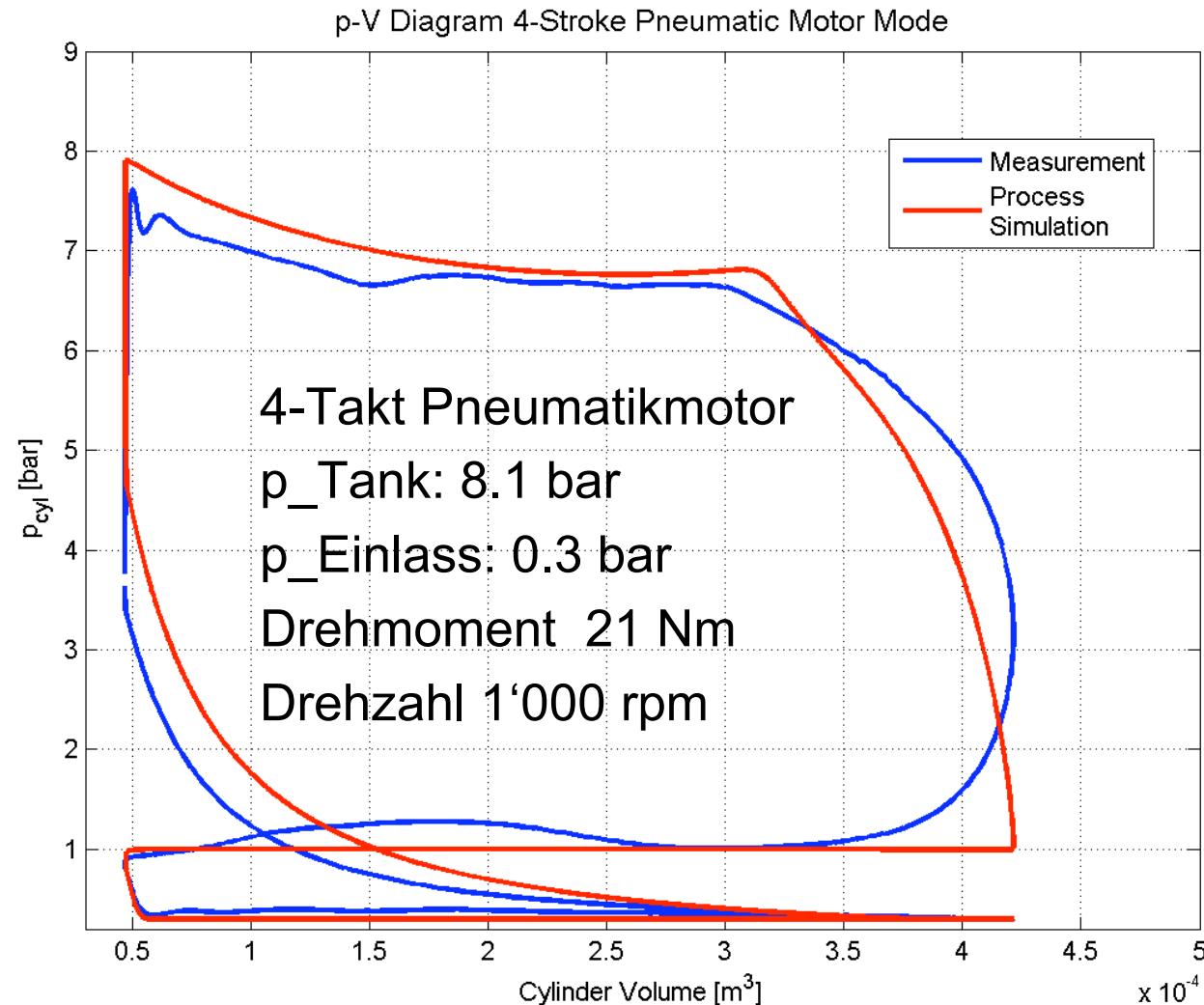
# Motor am Prüfstand



# Vergleich Messung und Simulation

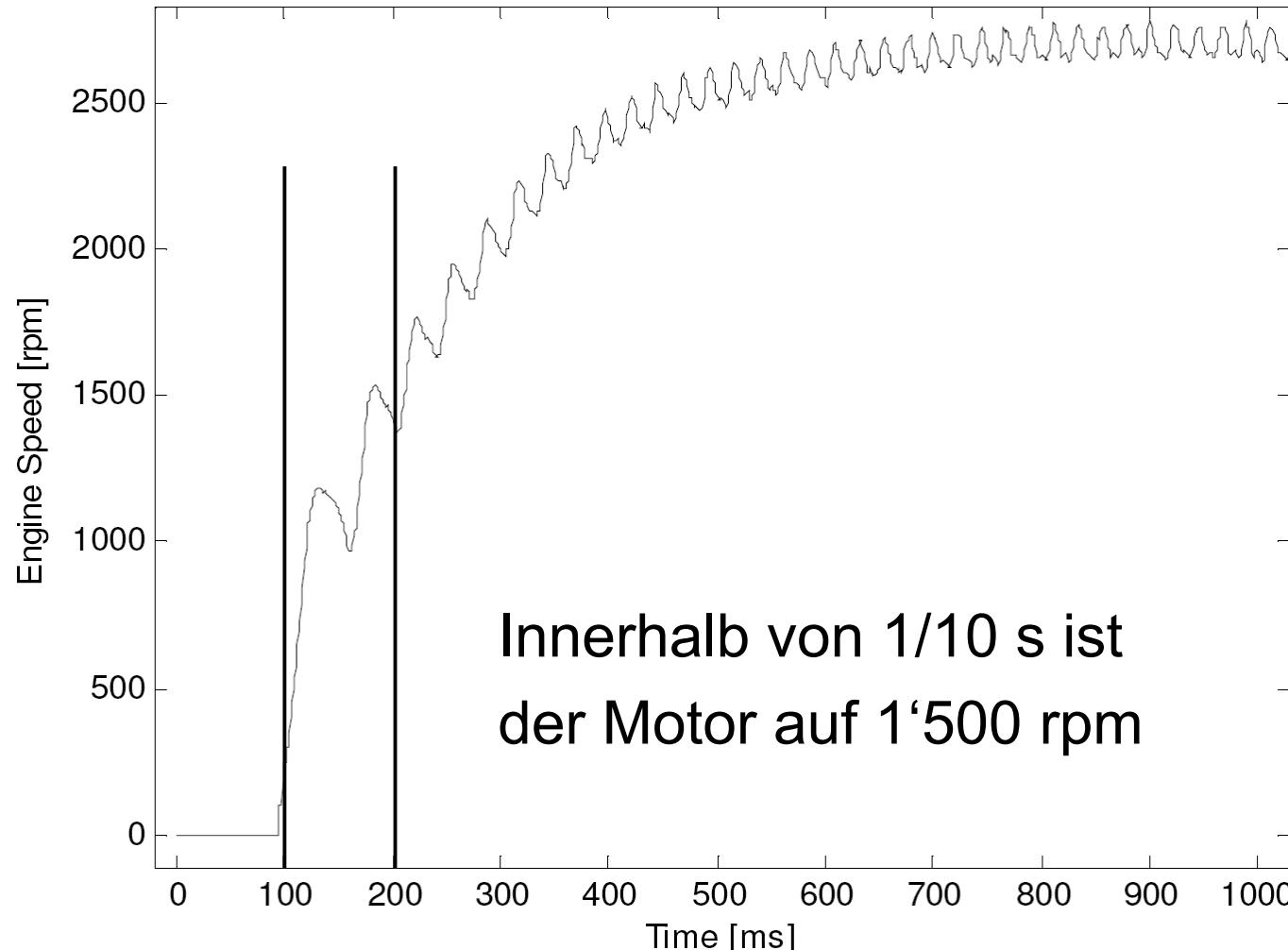


# Vergleich Messung und Simulation

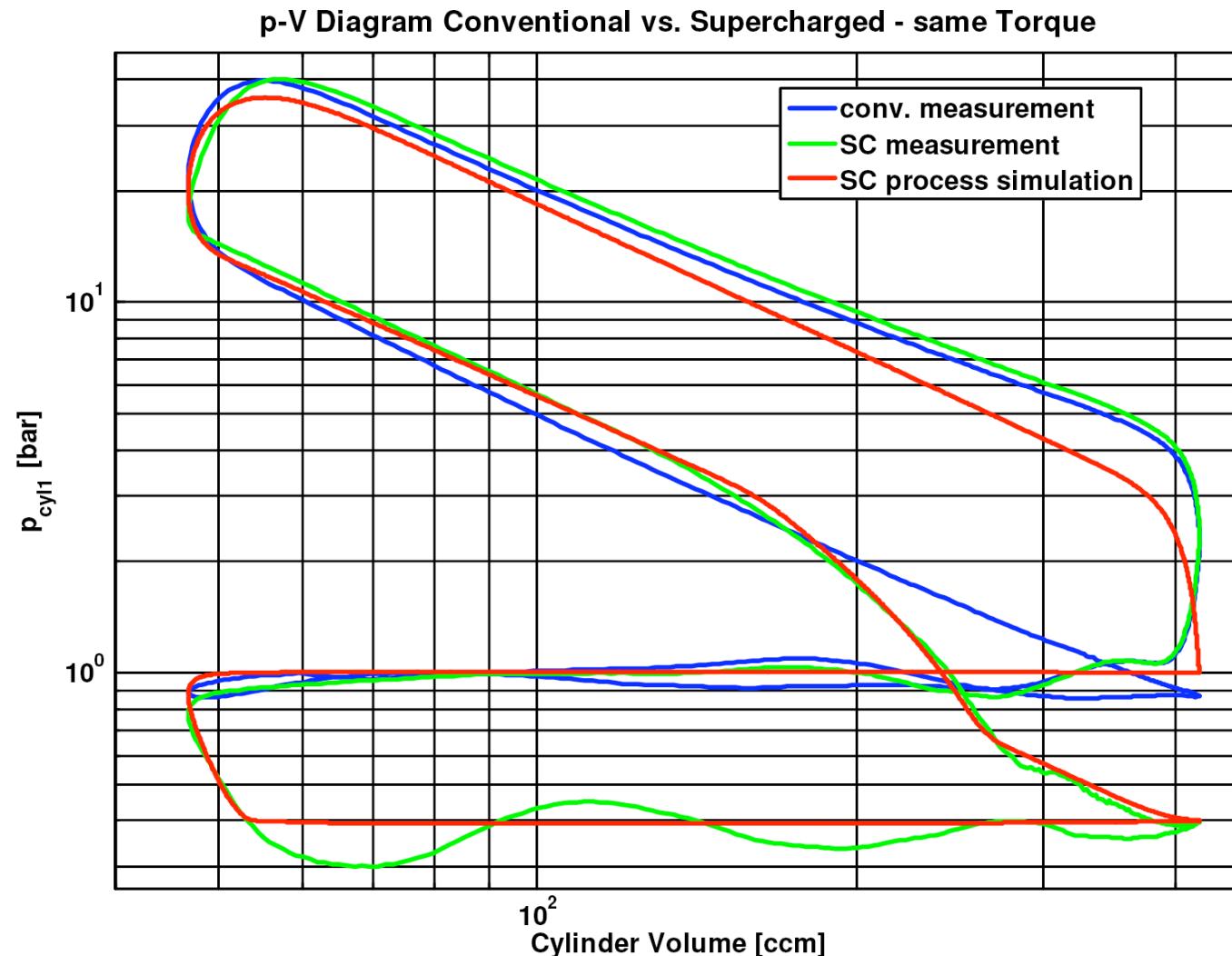


# Messung Pneumatischer Start

Pneumatic start - engine speed

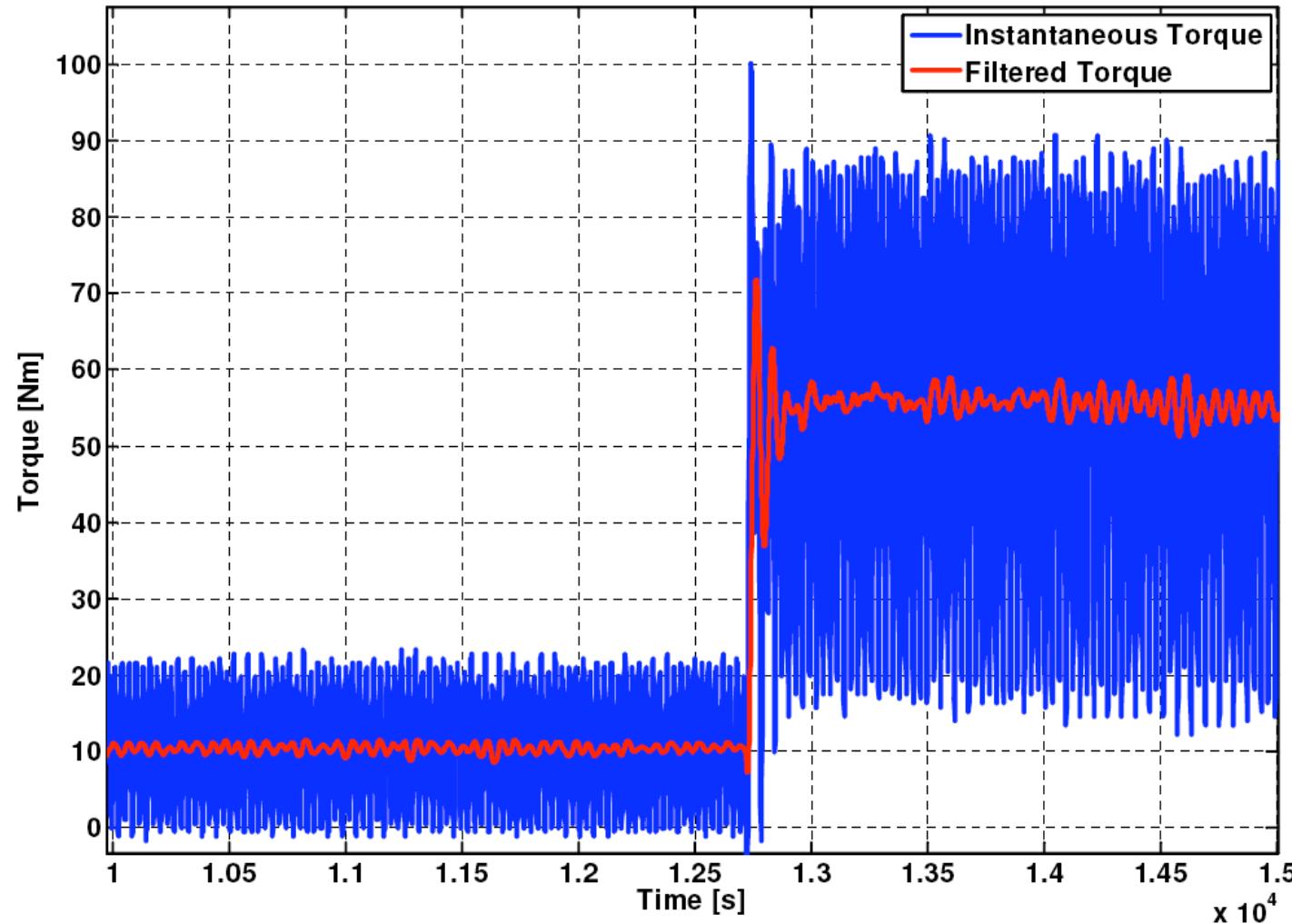


# „Supercharged“ Betrieb

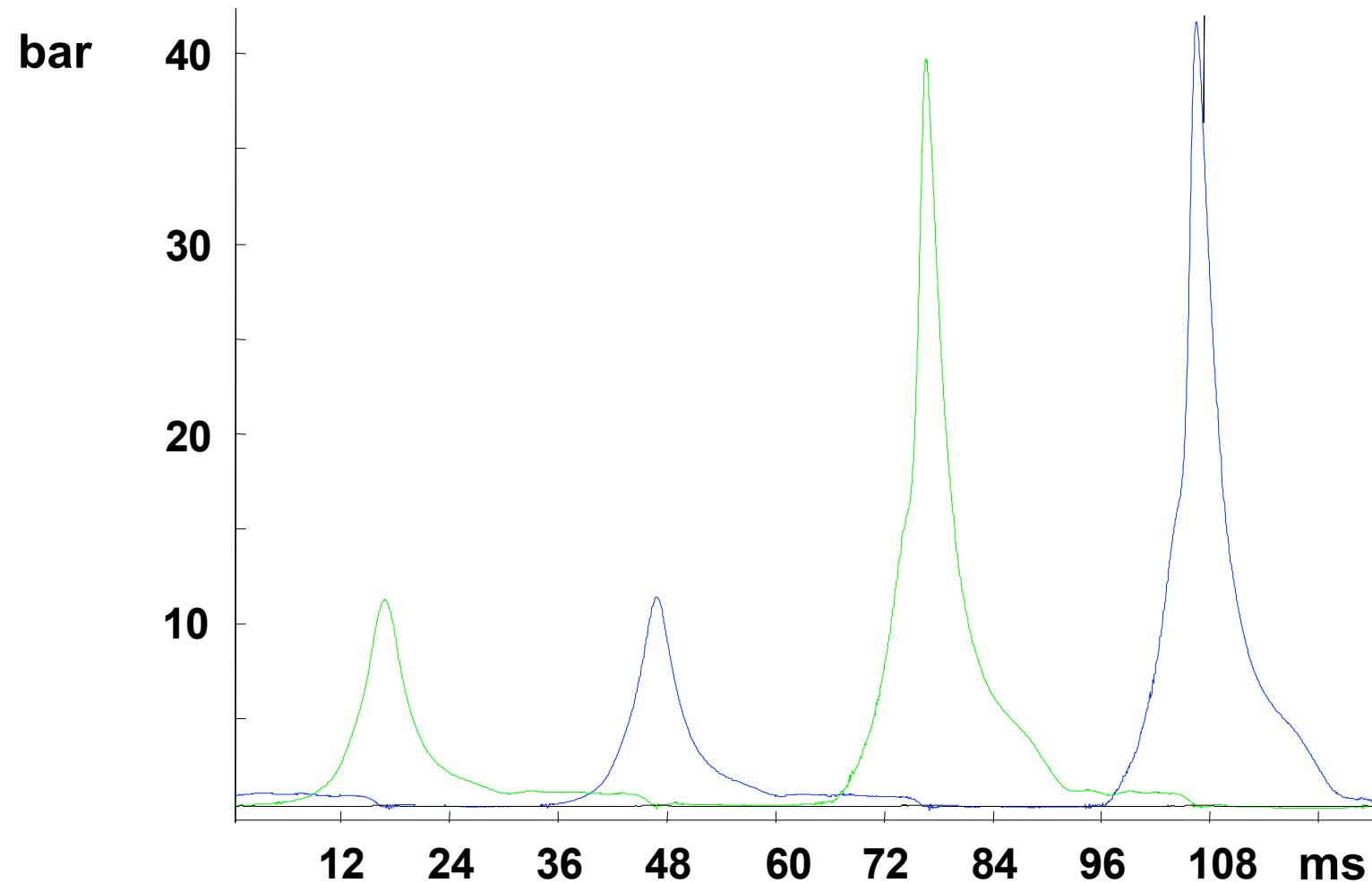


# Messung Drehmomentsprung

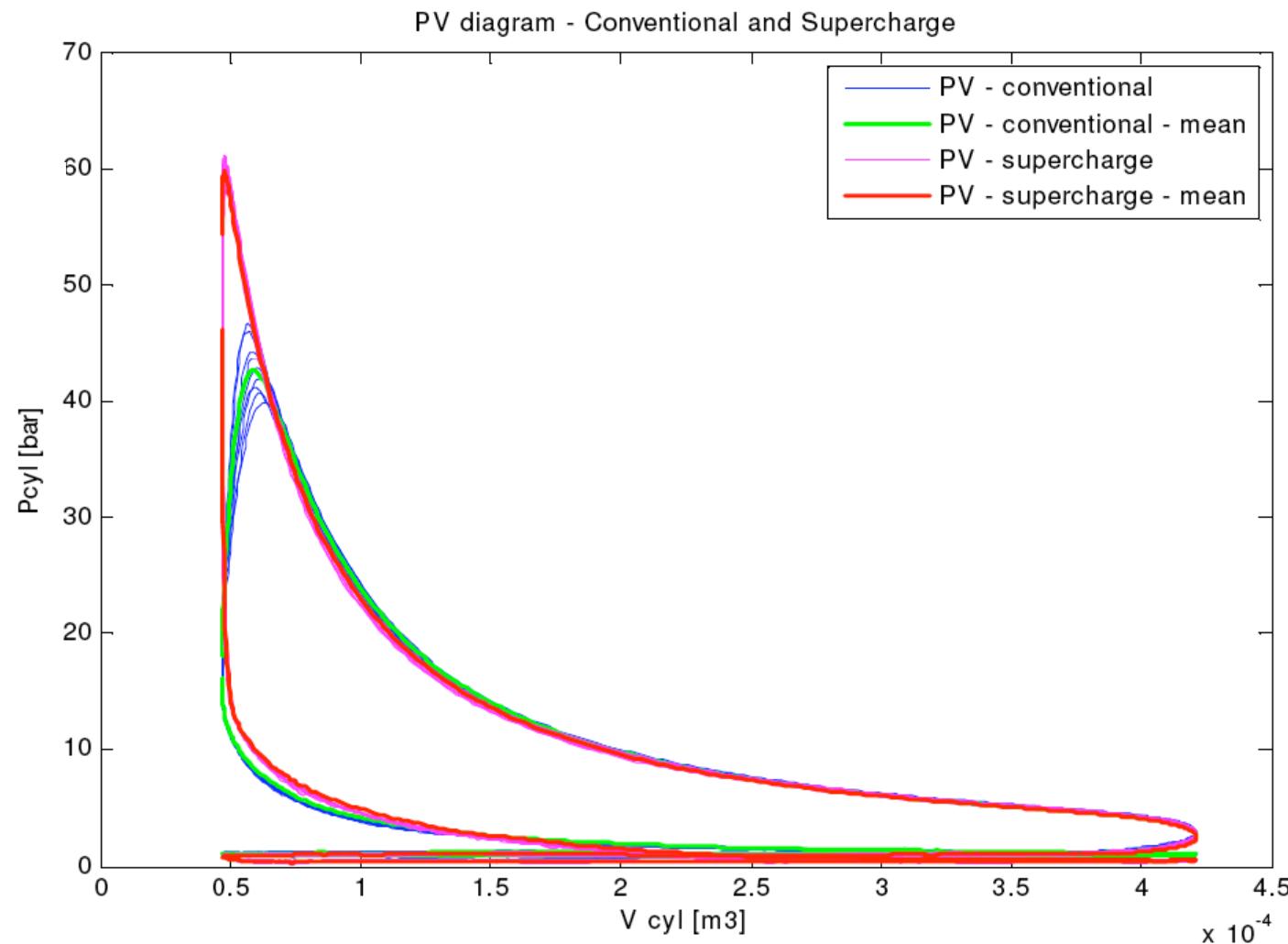
Torque step: conventional to supercharge



# Messung Drehmomentsprung (Zylinderdruck)



# Messung Verbrennungsqualität



# Wie weiter?

- Realisieren und Optimieren des Systems, besonders des Turboladers (Parameter, Steuerung und Regelung, ...)
- Messungen diverser Zyklen am Prüfstand
- Weiterentwicklung Richtung Serieneinsatz
- Rollen- und Strassentests mit Demonstrator-Fahrzeug (mit OEM)

# Merci für Ihre Aufmerksamkeit!