

Ein Antriebssystem für das Auto der Zukunft

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



Projekt Team

C. Onder

C. Dönitz

I. Vasile

D. Wagner

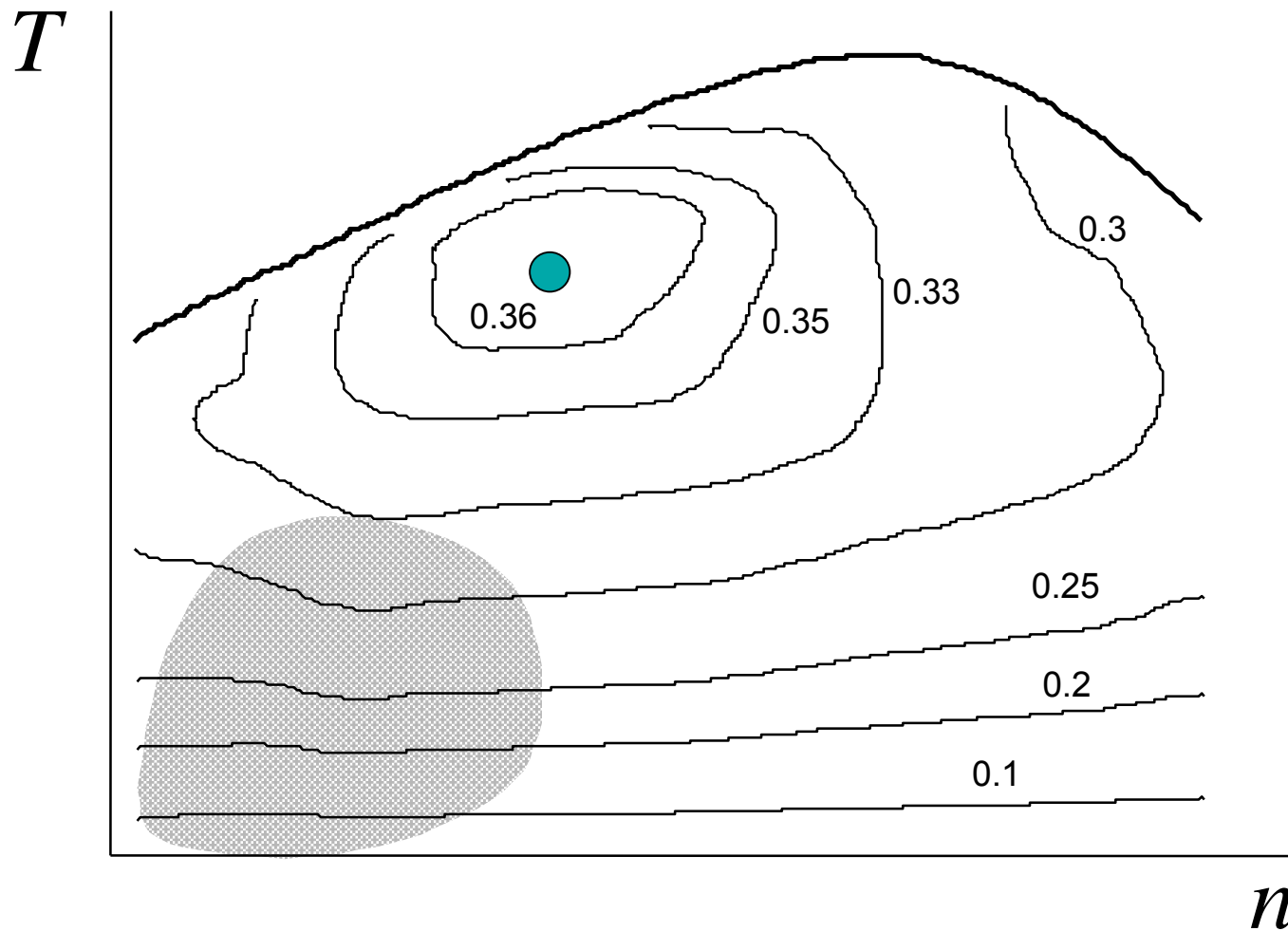
Sponsoren

BfE

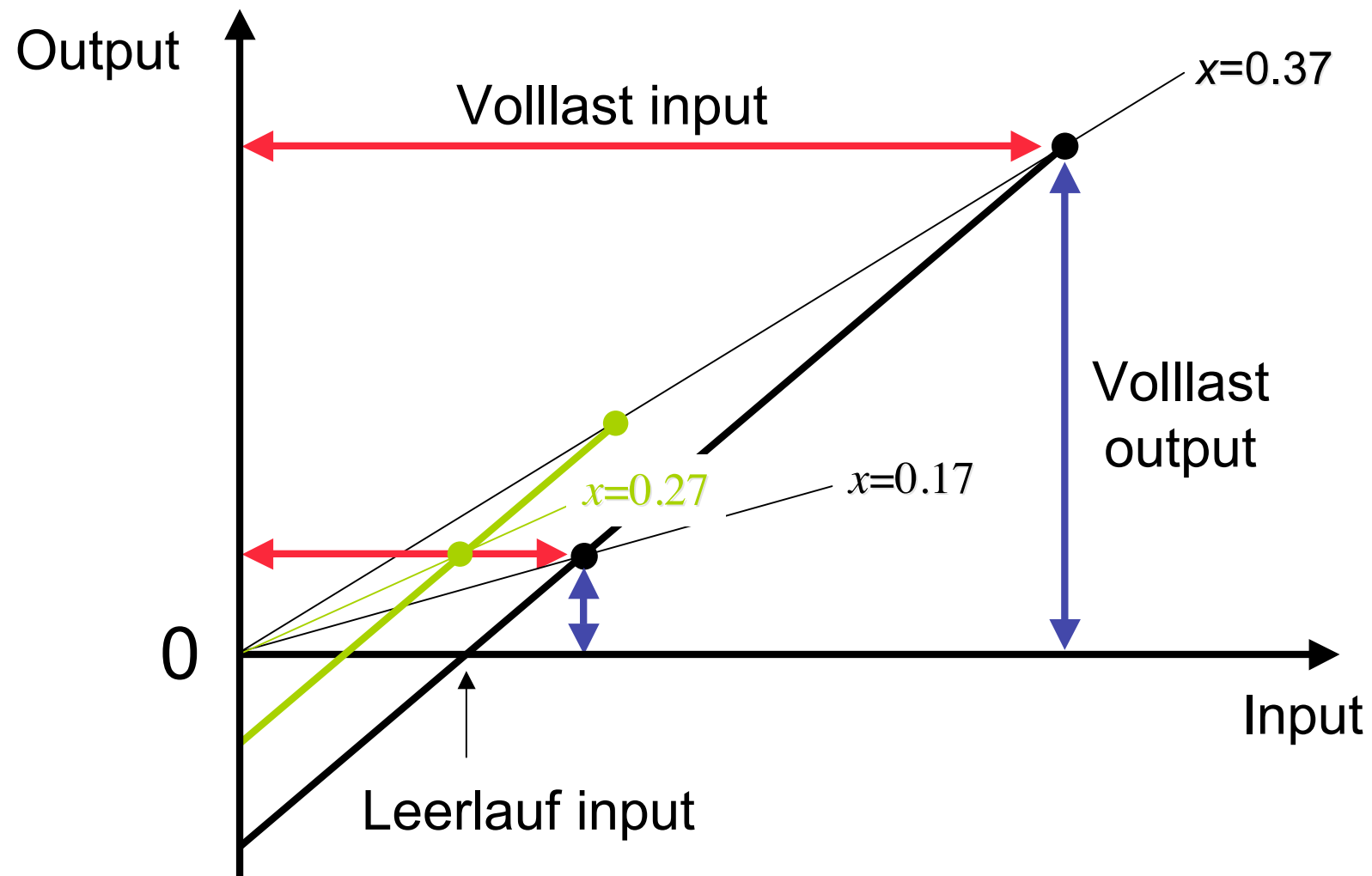
Bosch

ETH

Teillastproblem



Erklärung und Lösungsansatz



Fahrleistung

Beschleunigungszeit $0 \rightarrow 100$ 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 $0 \rightarrow 100$ km/h in 10 s

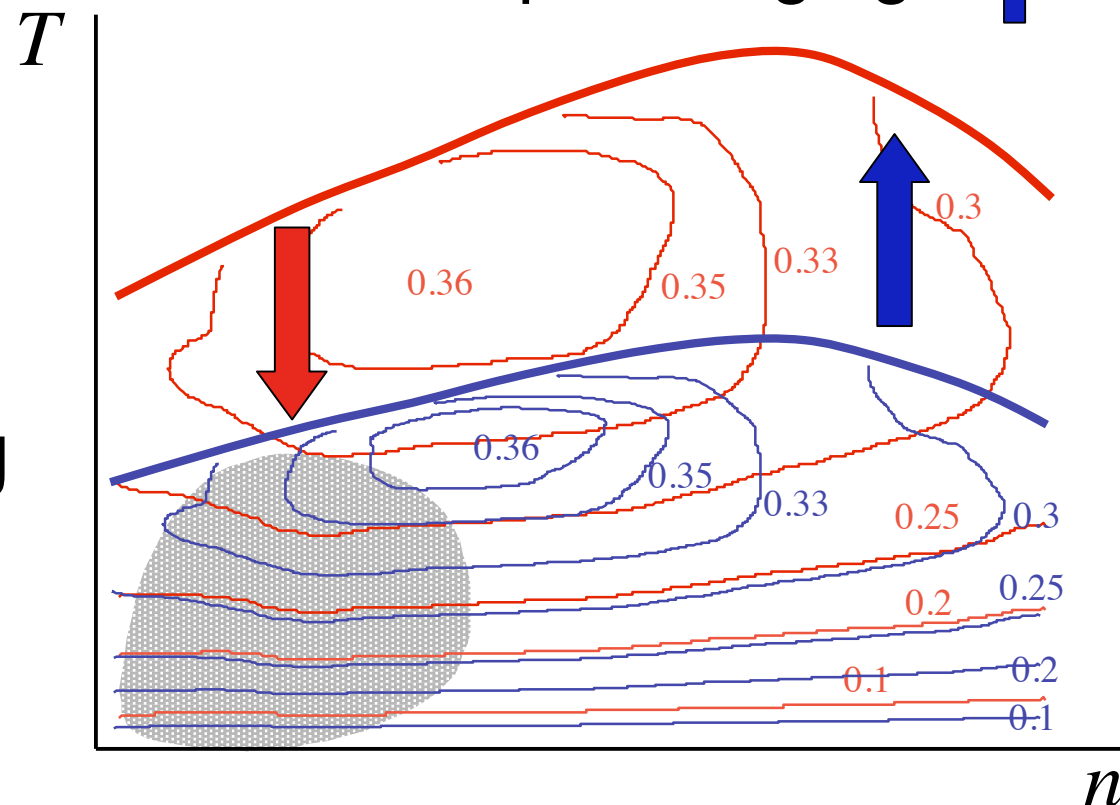
34 kW Maximalleistung im MVEG-95

7 kW Durchschnittsleistung im MVEG-95

Downsizing and Supercharging (DSC)

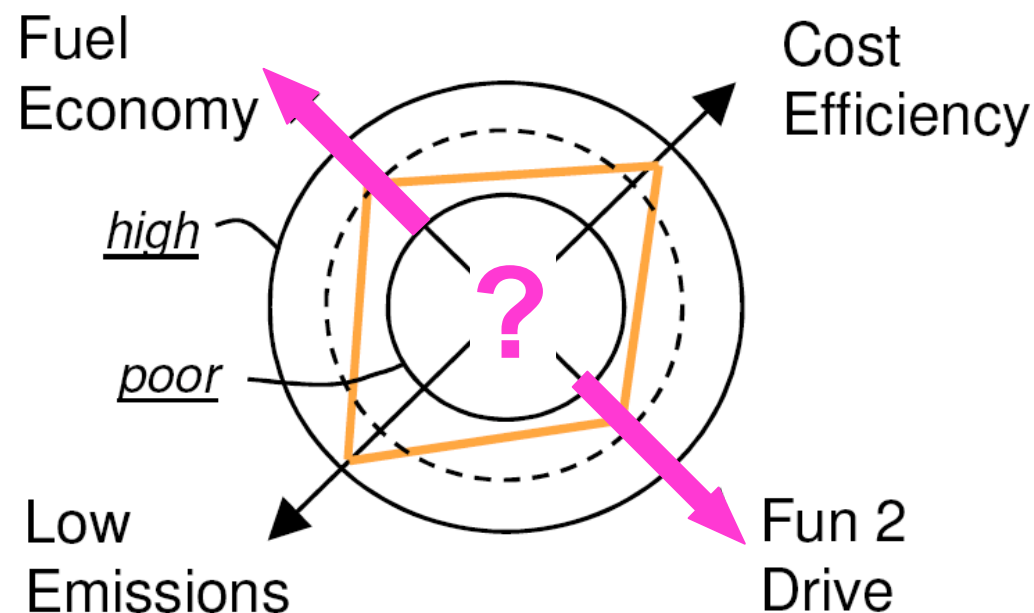
- “downsizing” V-6 ↓ R-3
- “supercharging” ↑

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

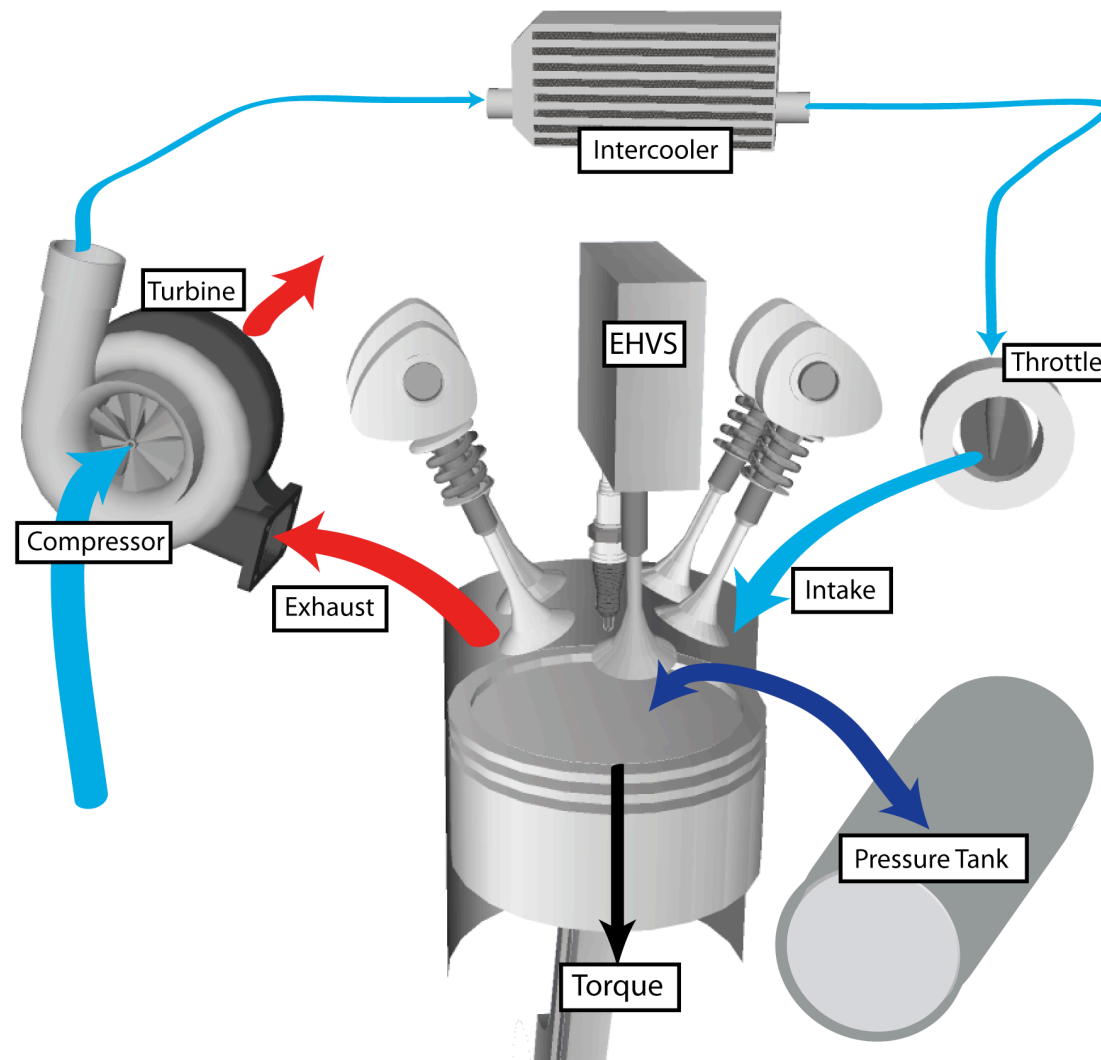


DSC Probleme

- 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

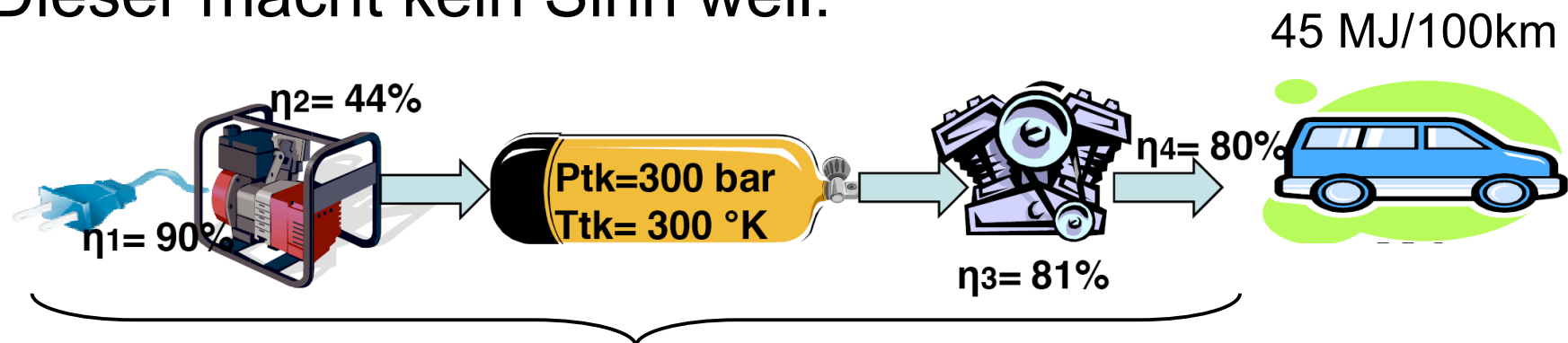


Kosten/Nutzen-Optimierung

- 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 Verbrauchersparnis etwa gleichwertig

Kein Pneumatik-Motor!

Dieser macht kein Sinn weil:



$$\eta_{tot} \approx 0.25 \quad \text{Zum Vergleich: Elektromobile } \eta_{tot} \approx 0.72$$

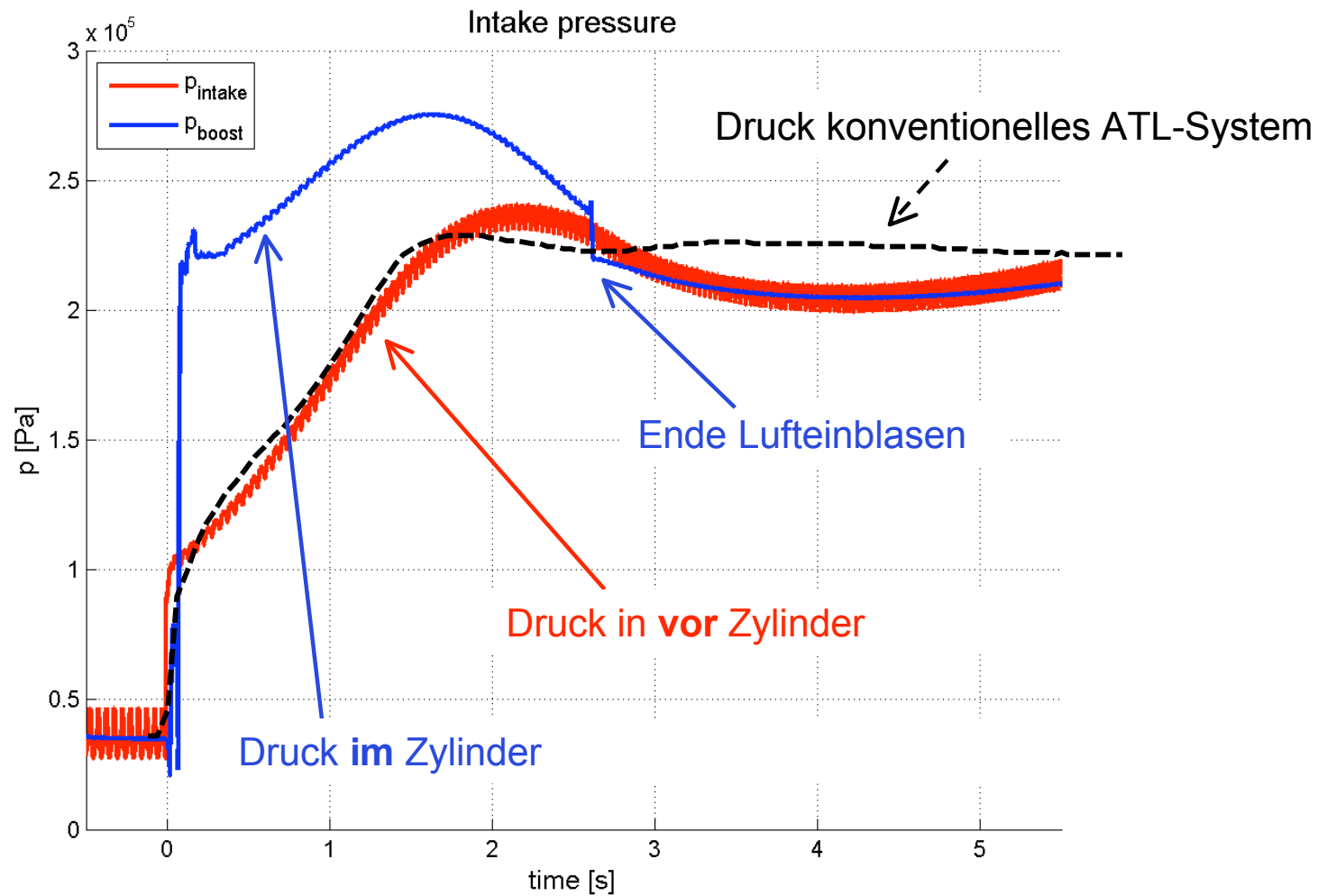
Benötigte Energie im Lufttank 70 MJ, dies entspricht 250 kg Luft- und 200 kg Tankmasse (beste Faserverbundtechnik) und 700 l Volumen.

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

Betriebsarten

- DSC- η^+ 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

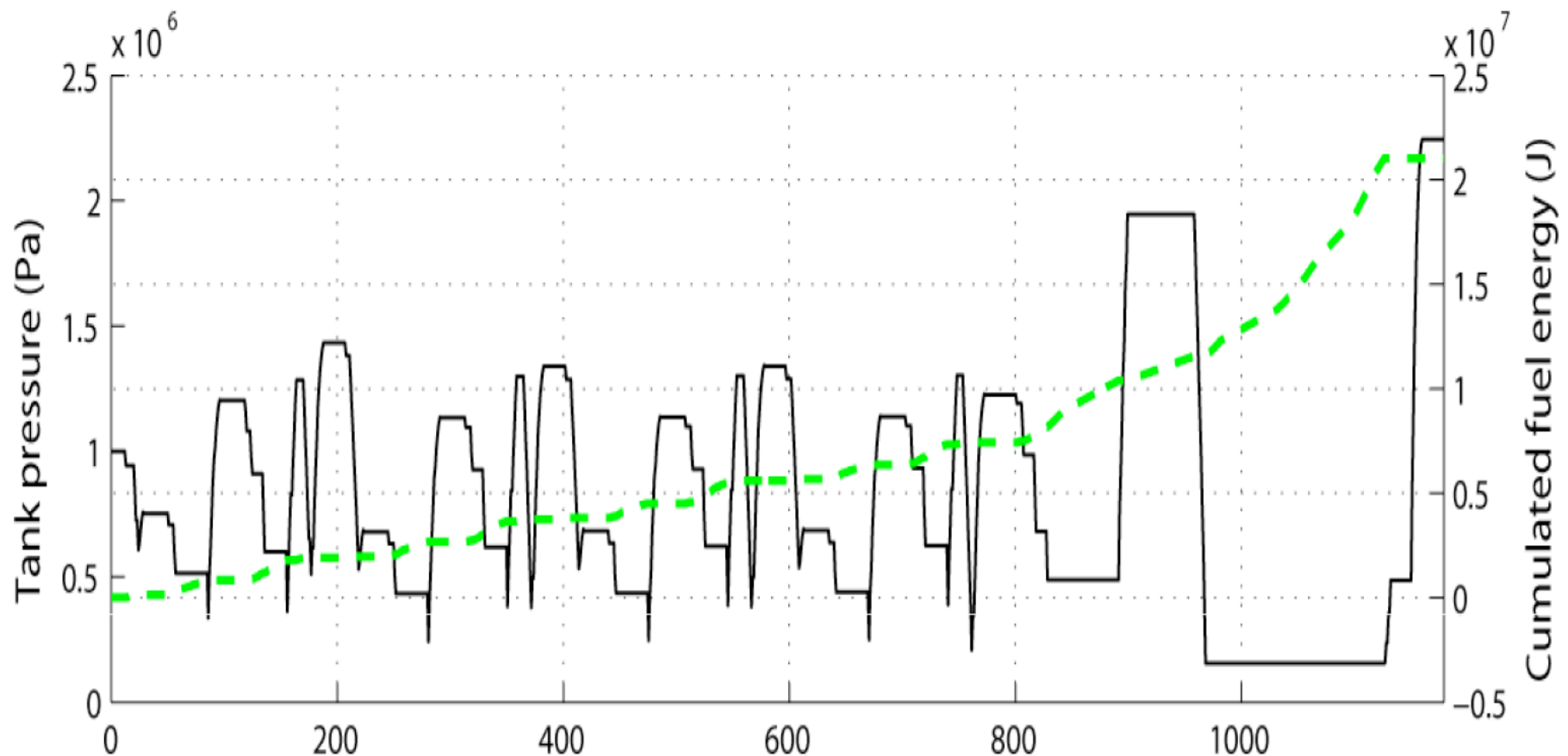
Vergleich der Ladedrücke (Simulation)



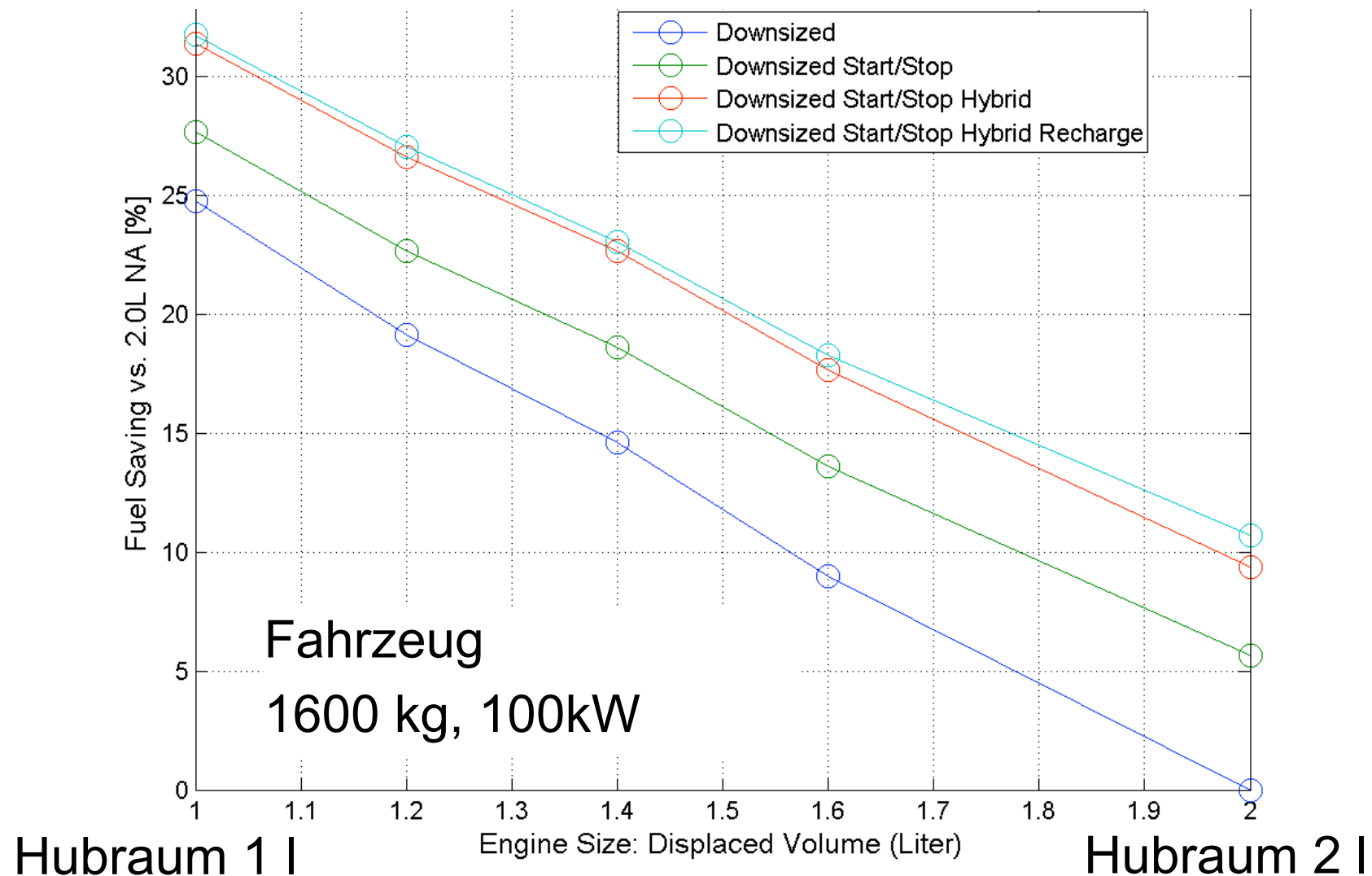
Wieviele „boosts“ sind möglich?

- 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)

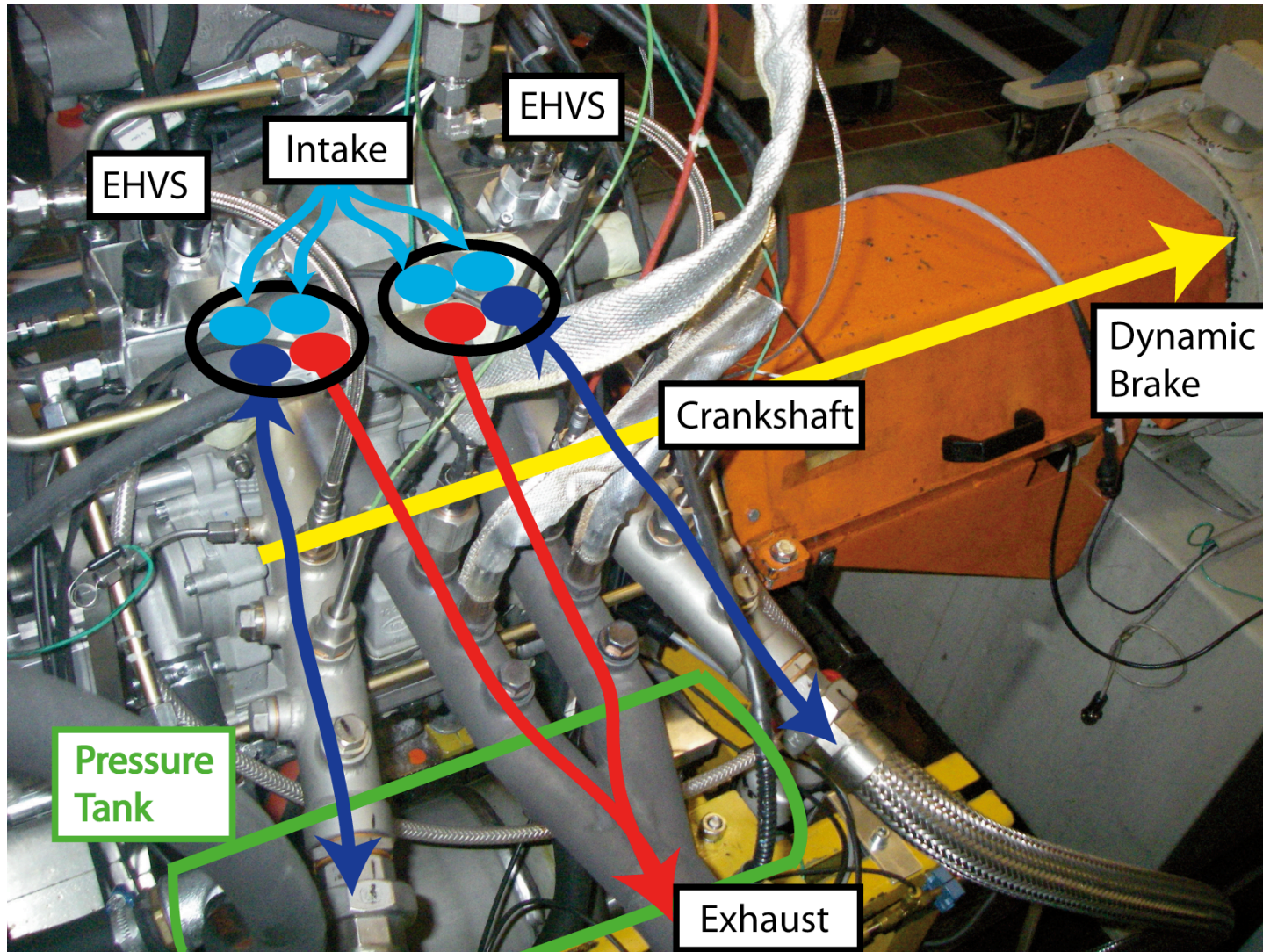
Tankdruck während eines MVEG-95



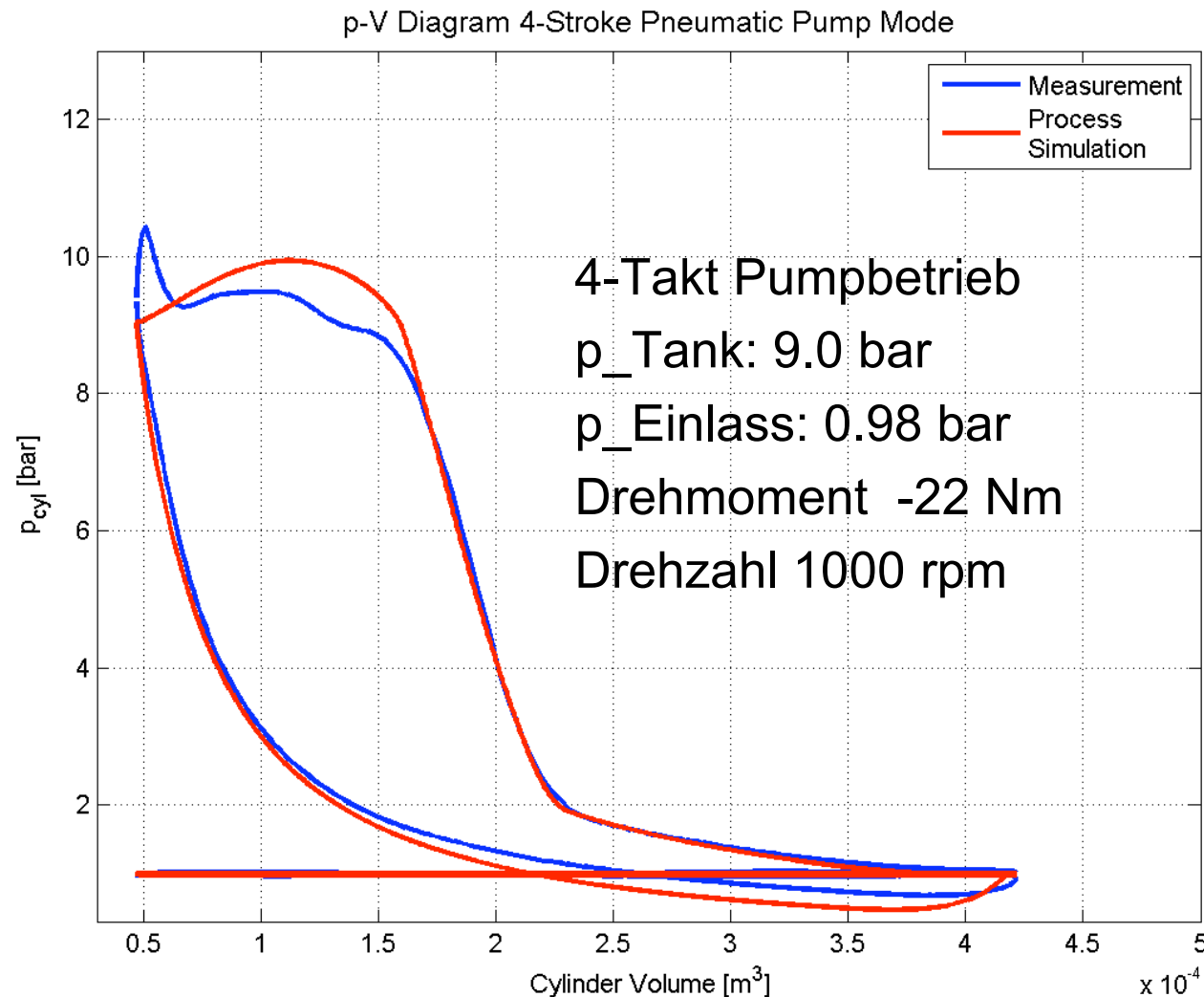
Simulation Kraftstoffersparnis im MVEG-95



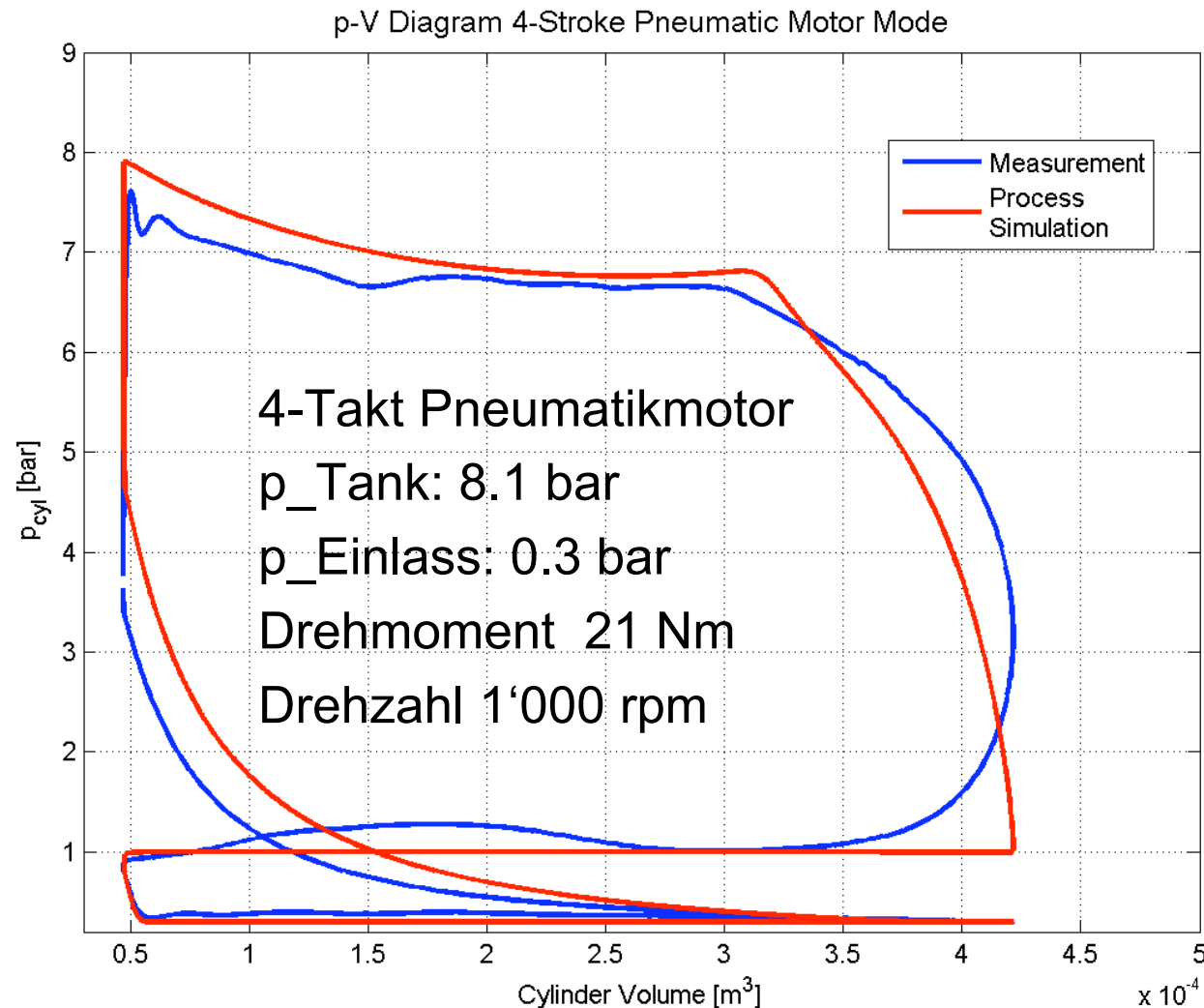
Motor am Prüfstand



Vergleich Messung und Simulation

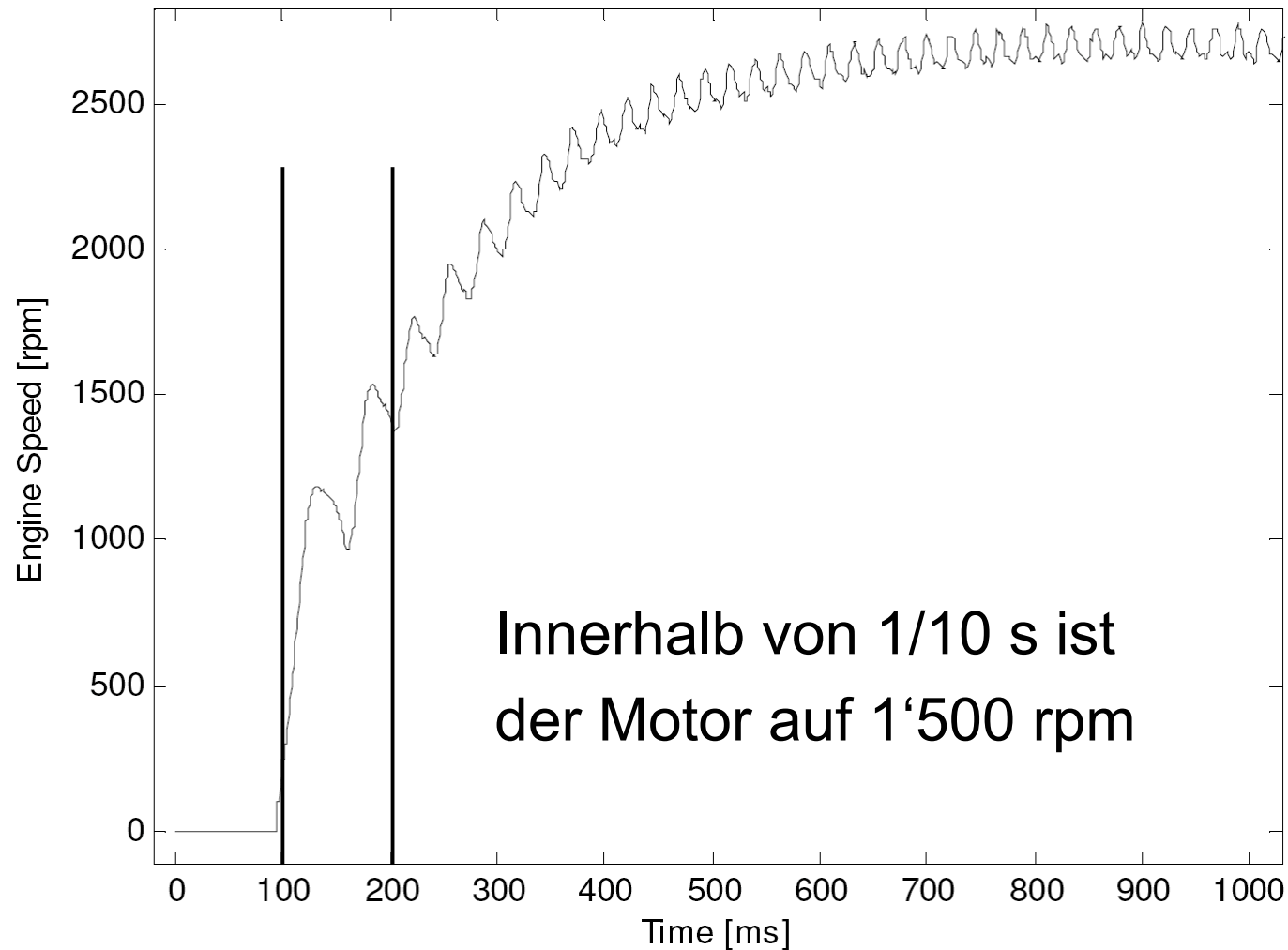


Vergleich Messung und Simulation



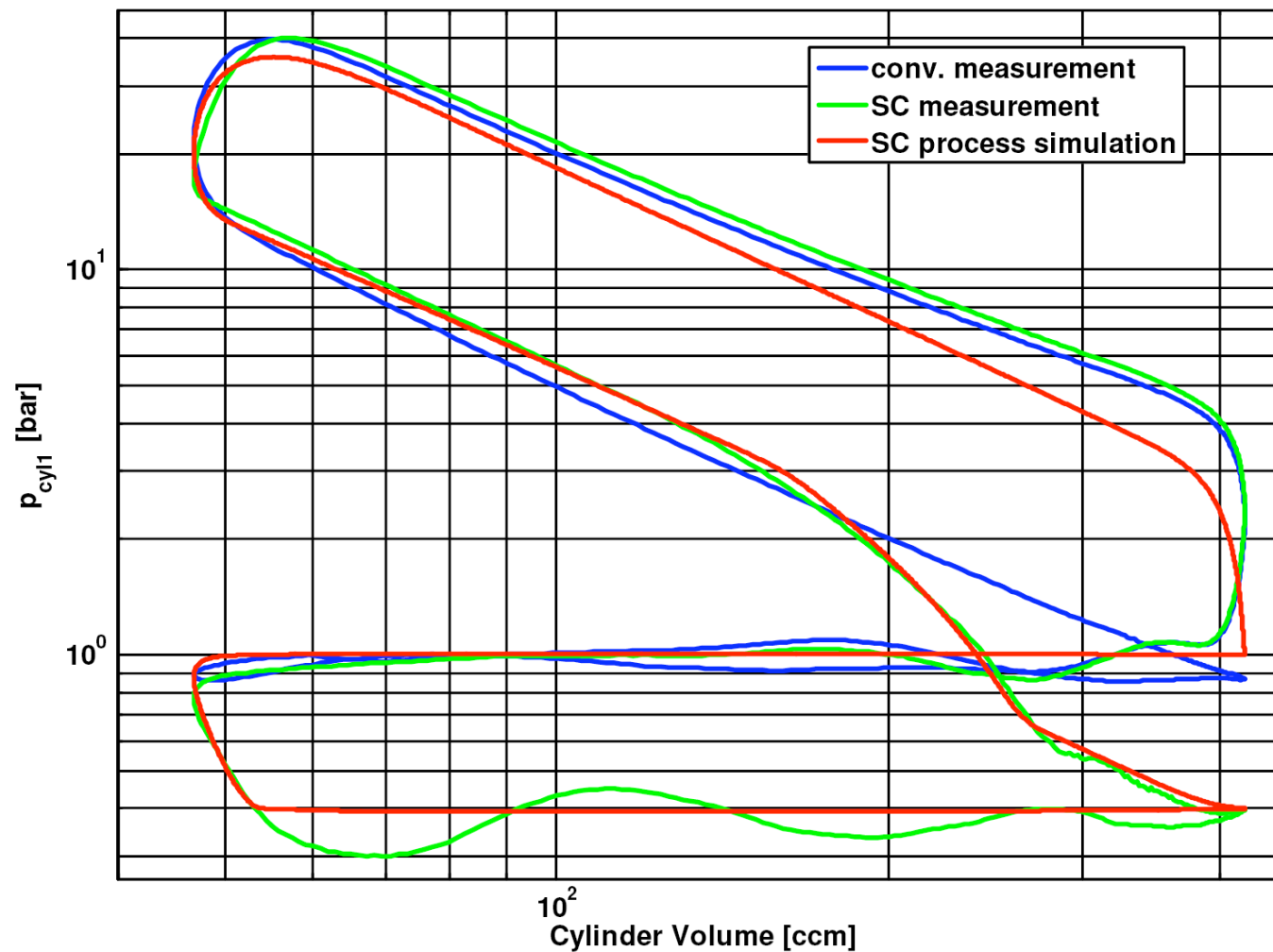
Messung Pneumatischer Start

Pneumatic start - engine speed



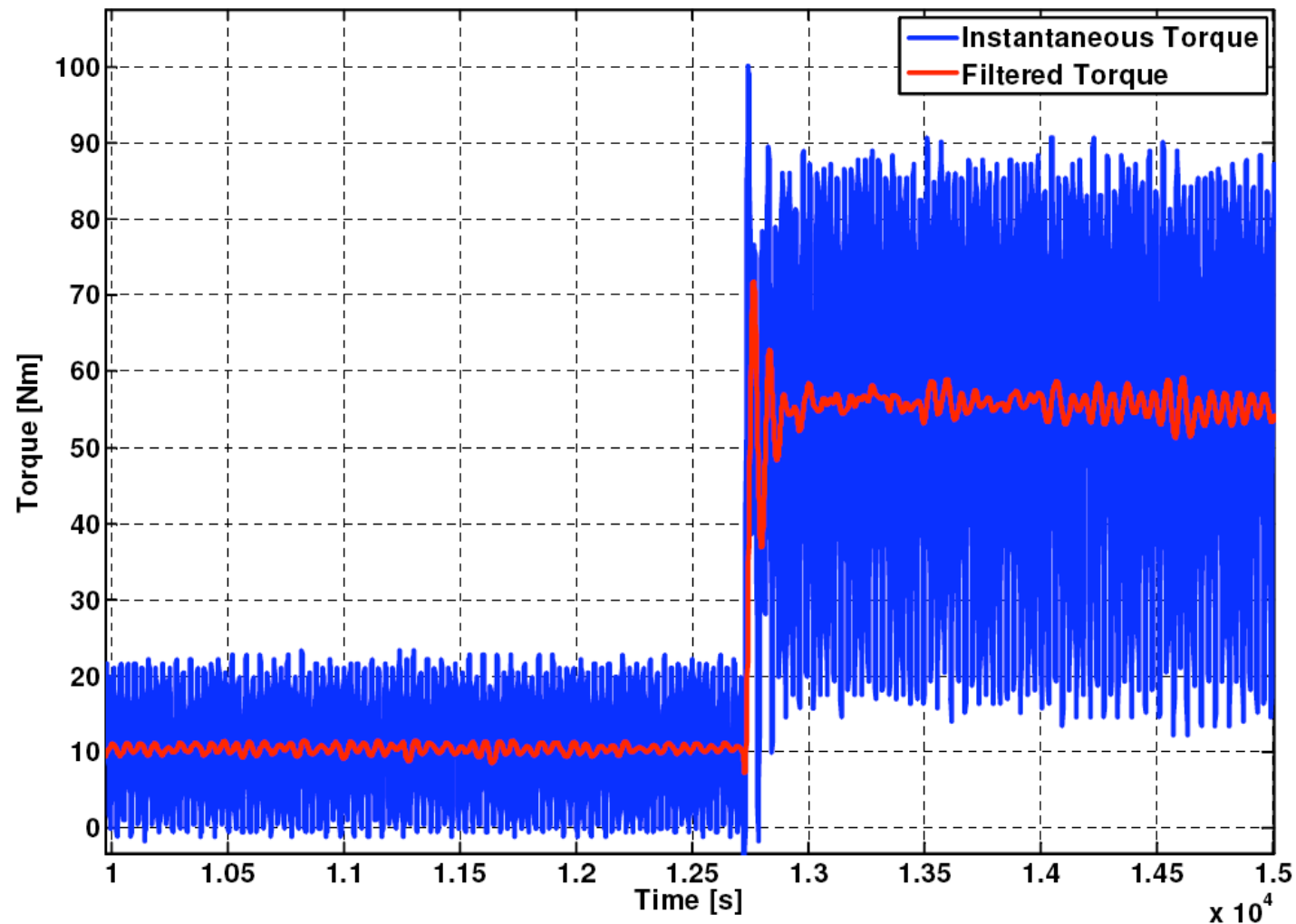
„Supercharged“ Betrieb

p-V Diagram Conventional vs. Supercharged - same Torque

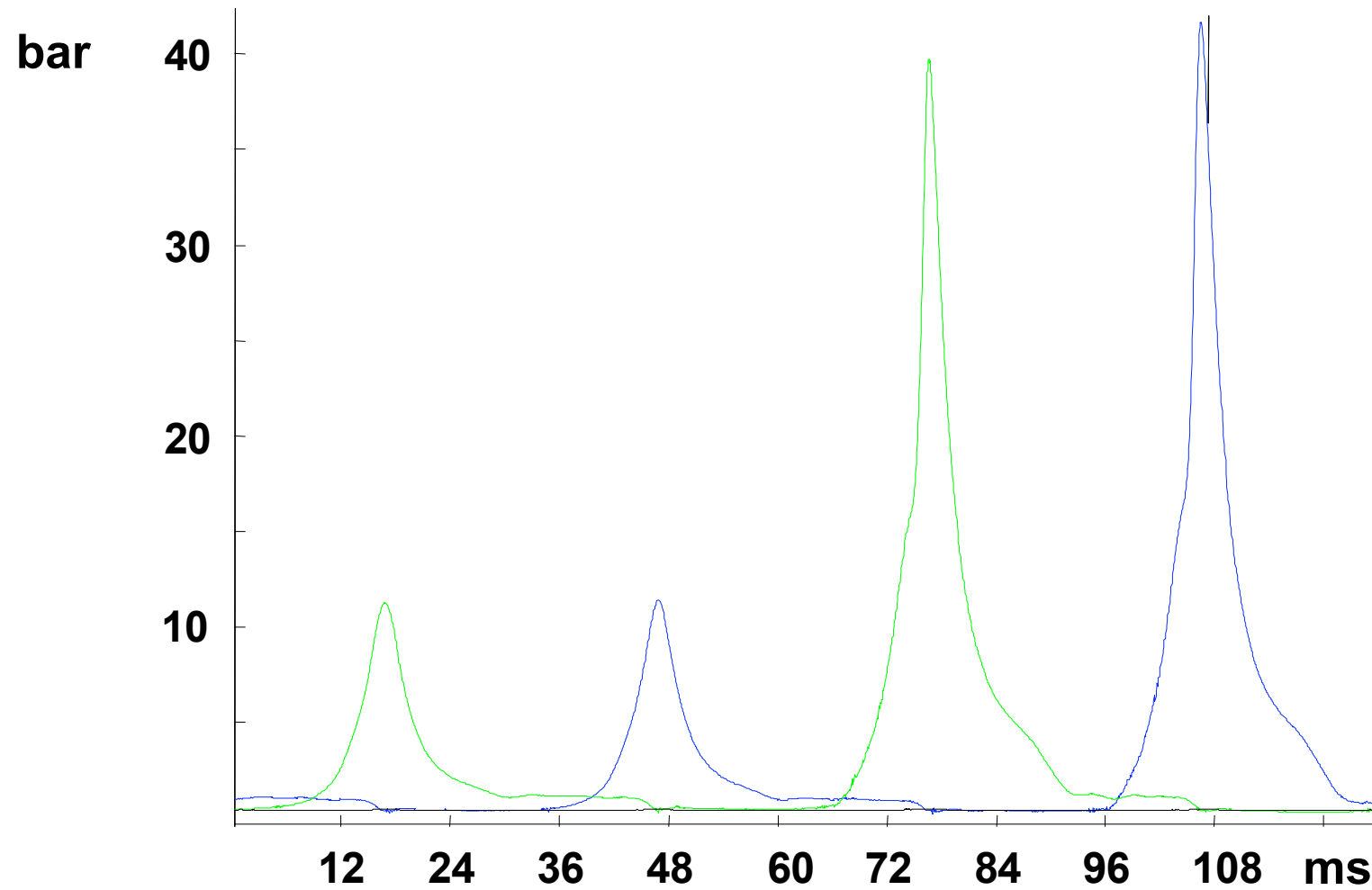


Messung Drehmomentsprung

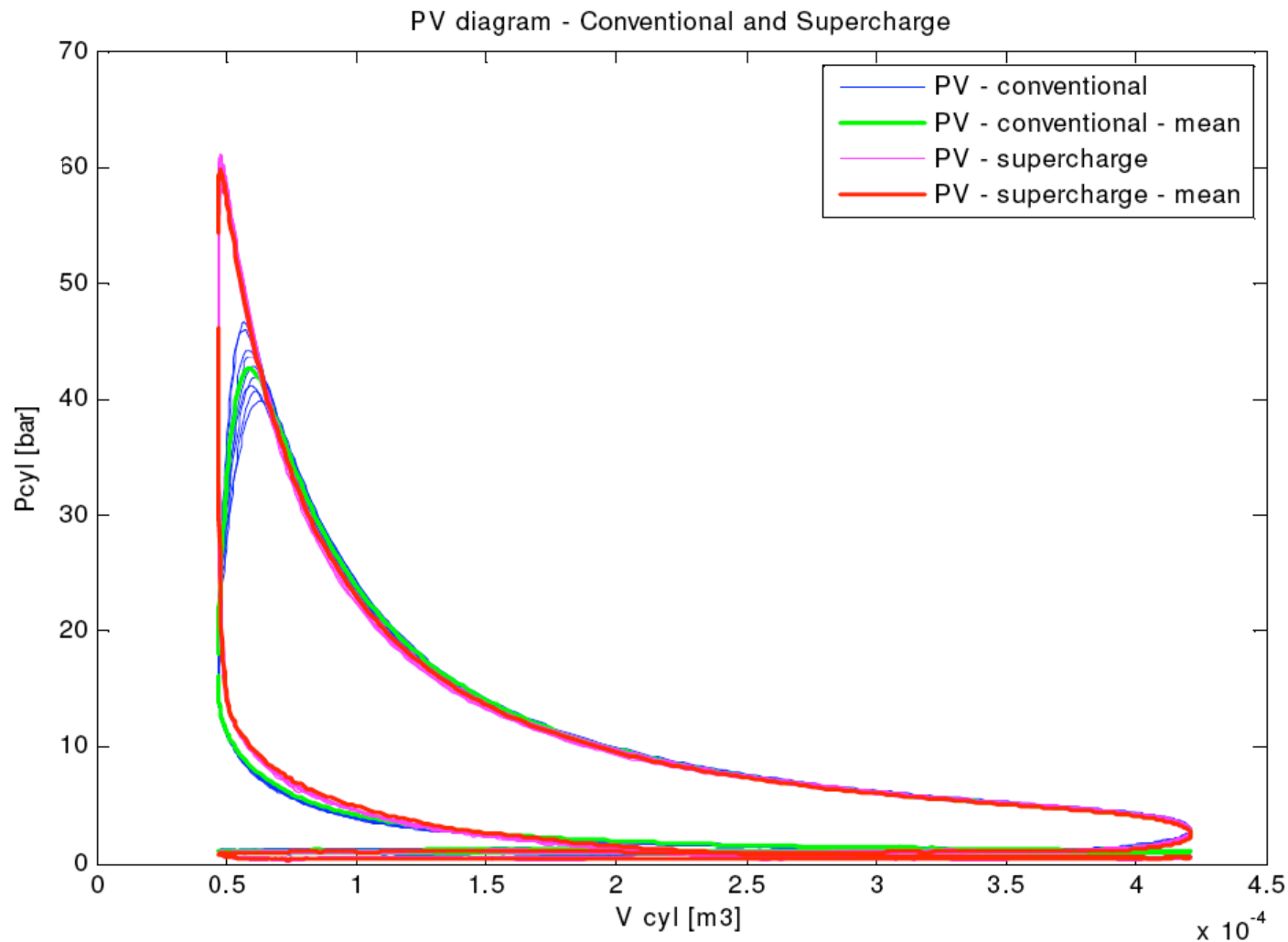
Torque step: conventional to supercharge



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!