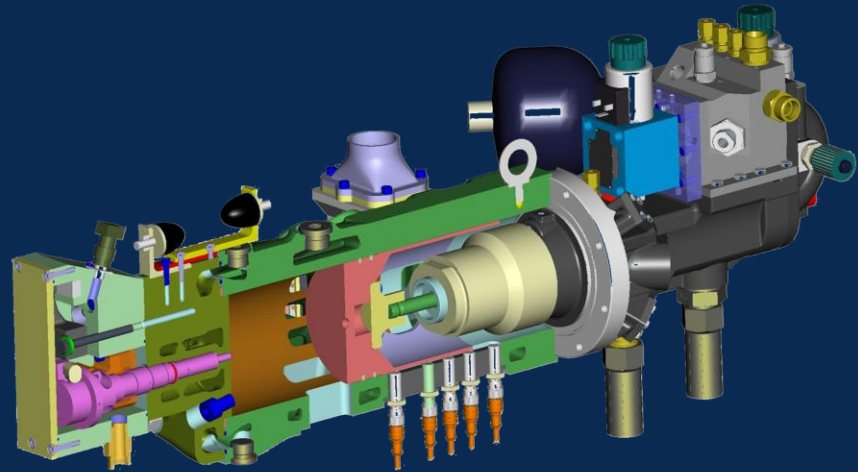


# Thermohydraulischer Lineargenerator Basis für einen dieselelektrohydraulischen Hybrid

Dipl.-Ing. Frank Hänel

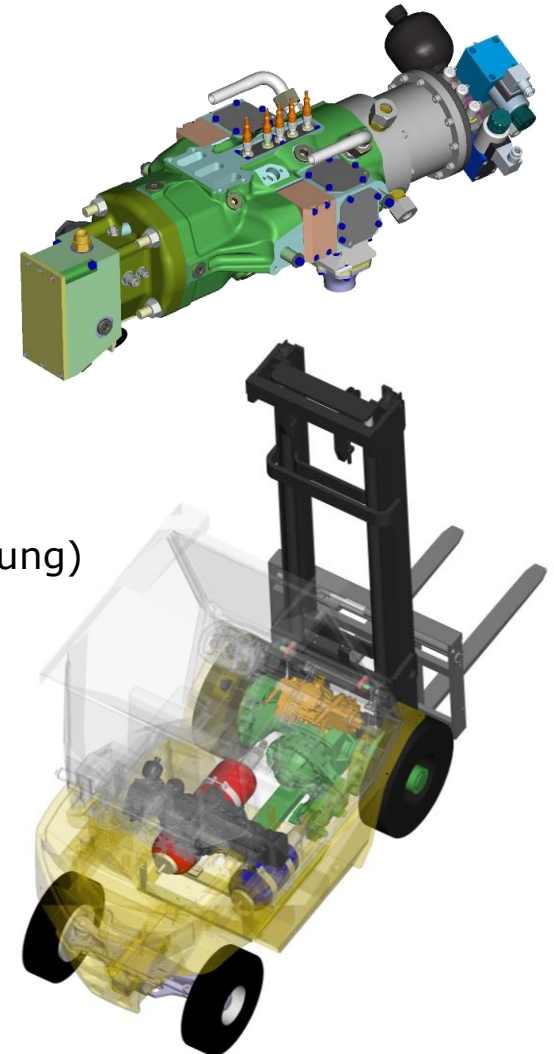


Karlsruhe, 15.02.2017

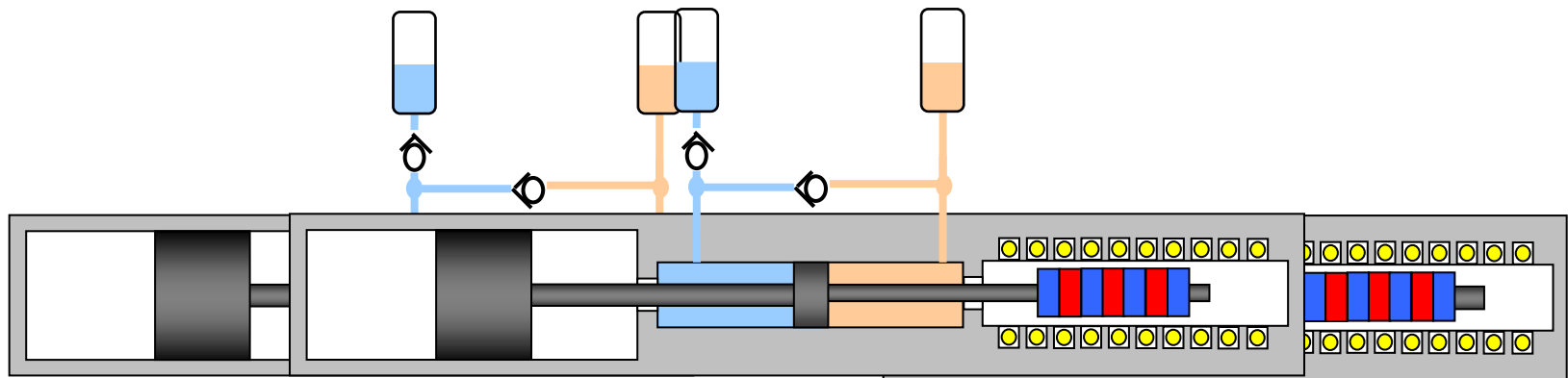
- 01 Thermohydraulische Freikolbenmaschine
- 02 Thermohydraulischer Lineargenerator
- 03 Teilsystem: Lineargenerator
- 04 Teilsystem: Hydraulik
- 05 Zusammenfassung
- 06 Ausblick

# 01 Thermohydraulische Freikolbenmaschine

- Alternatives Antriebskonzept
  - Ohne konventionellen Hubkolbenmechanik
  - Variabler unterer und oberer Totpunkt
  - Konstantdrucksystem (Hoch- und Niederdruckspeicher)
  - Ohne Leerlauf und Teillast
- 
- Prototyp der 4ten Generation (15 kW hydraulischer Leistung)
  - Aufbau und Inbetriebnahme in Beispielsapplikation
  - 20 Prozent Kraftstoff- und Emissionseinsparungen
  - Keine autarke Bordnetzversorgung gegeben



- Gleichzeitige Bereitstellung hydraulischer und elektrischer Leistung aus einem Primäraggregat

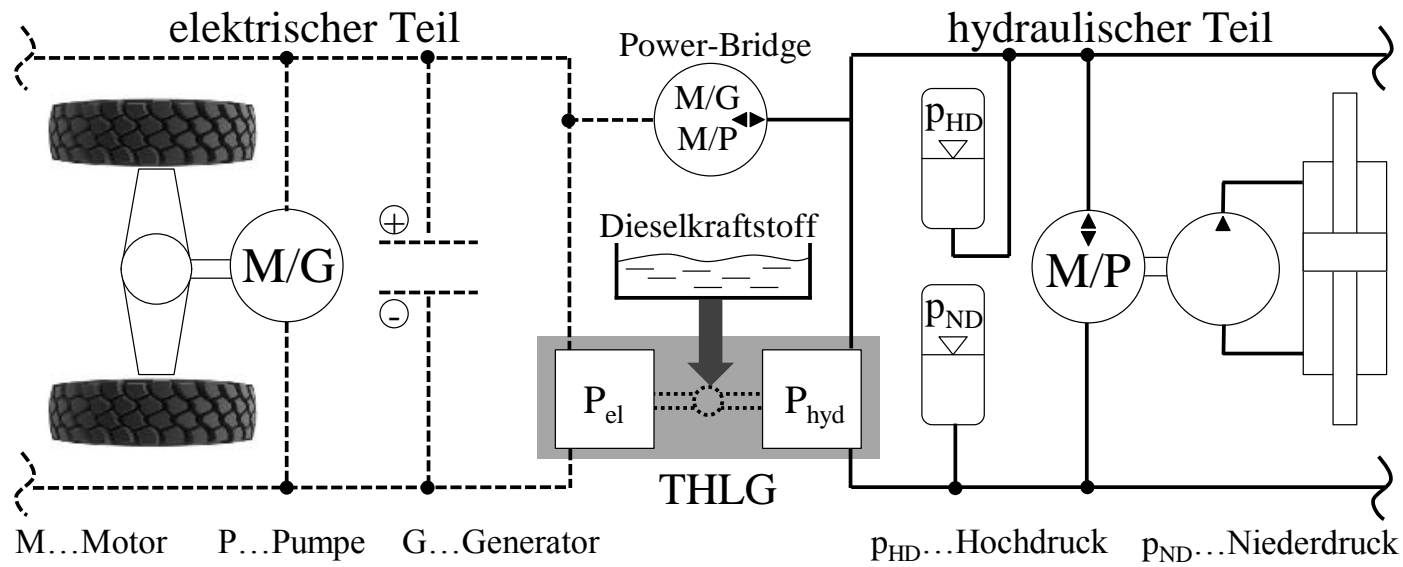


Thermohydraulische FKM Thermohydraulischer Lineargenerator (ThLHG) Elektrische FKM

- Erweiterung des bestehenden Prototypen um lineare elektromotorische Kraftabnahme
- DFG**-Projekt „Theoretische Grundlagen zur Verknüpfung von thermohydraulischer und thermoelektrischer Leistungswandlung in einem Aggregat – Thermohydraulischer Lineargenerator“
- Projektpartner: Professur für Baumaschinen, Prof. em. Kunze  
Professur für Elektrische Maschinen und Antriebe, Prof. Hofmann

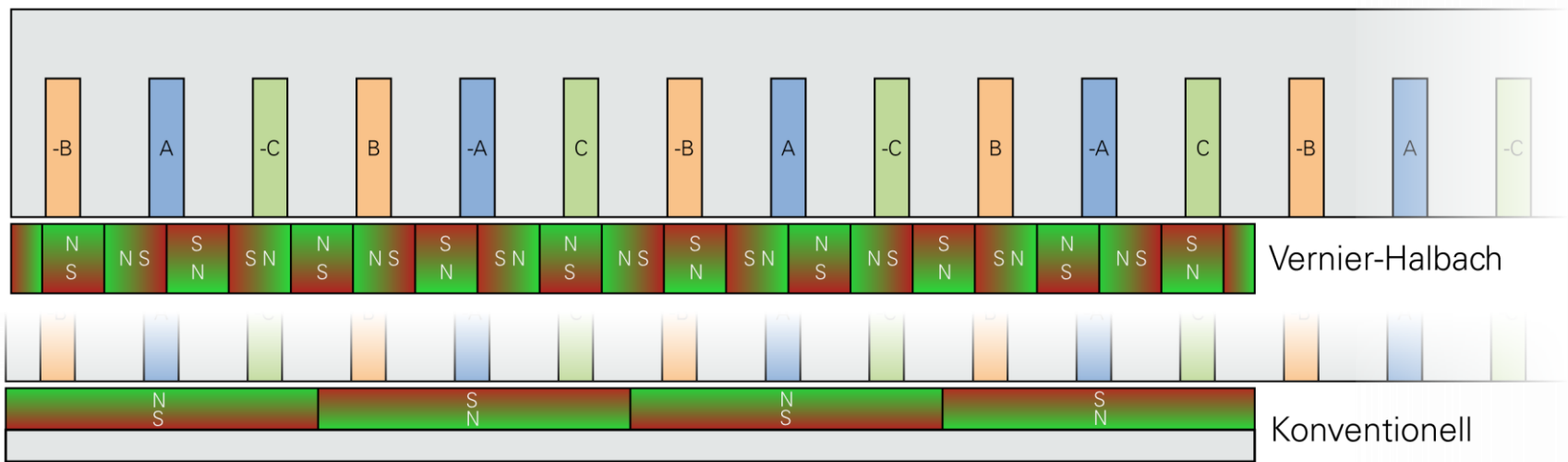
Neuartiges elektro-hydraulisches Antriebssystem:

- Variable hydraulische und elektrische Antriebsleistung für beide Teile des Gesamtsystems aus einem Aggregat (Primäraggregate)
- Verteilung zwischen beiden Teilsystemen durch elektro-hydraulischen Transformator
- Hydraulisches und elektrisches Rekuperationspotential

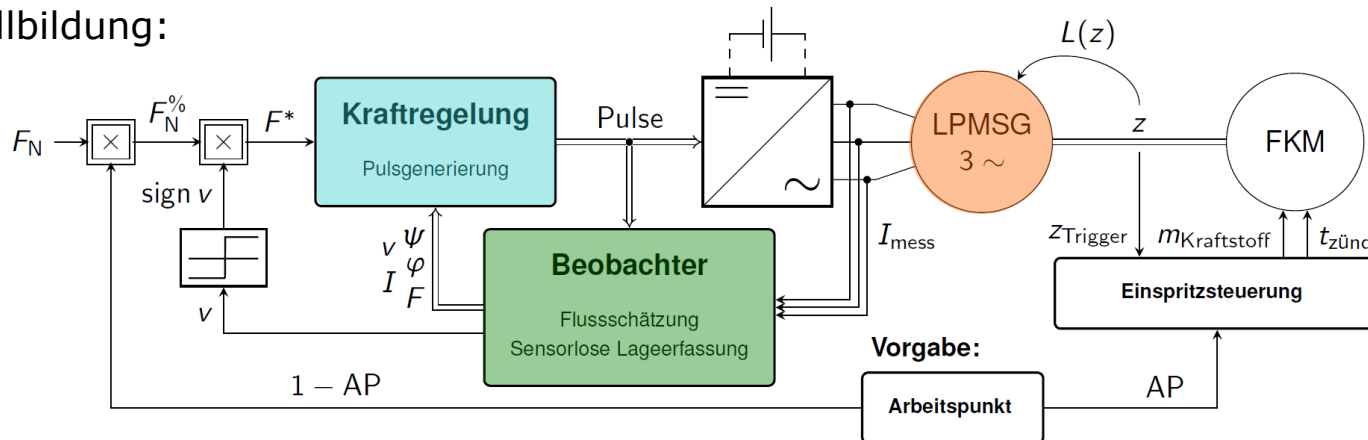


### Generatordesign/Entwurfsziele:

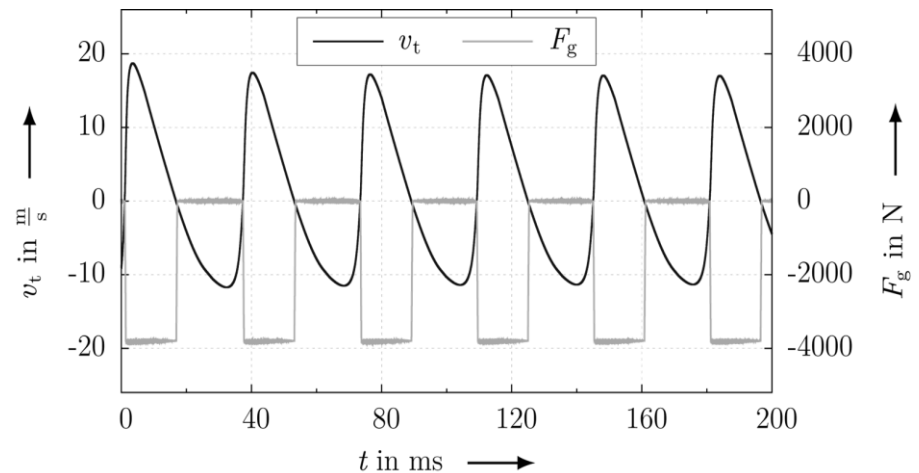
- Maximale Schubkraft und Leistungsdichte → Tubular-LPMSG mit Seltenerde-Magneten
- Hohe Regeldynamik und Zyklusfrequenz (Minimale Translatormasse) → Langer Außenstator  
→ Eisenloser Translator (Halbach-PM-Array)
- Minimale Rastkräfte → Vernier-Prinzip



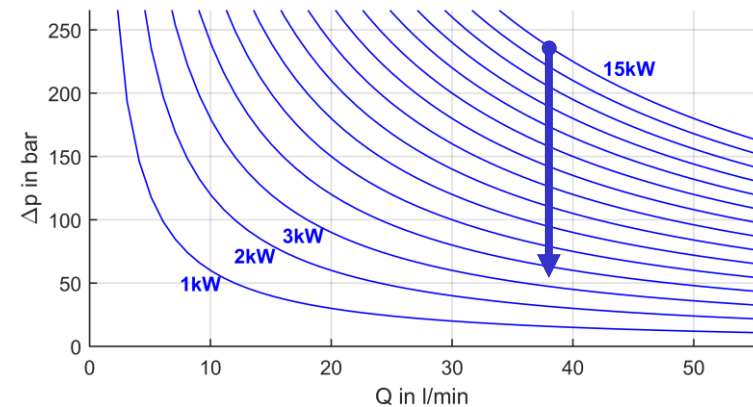
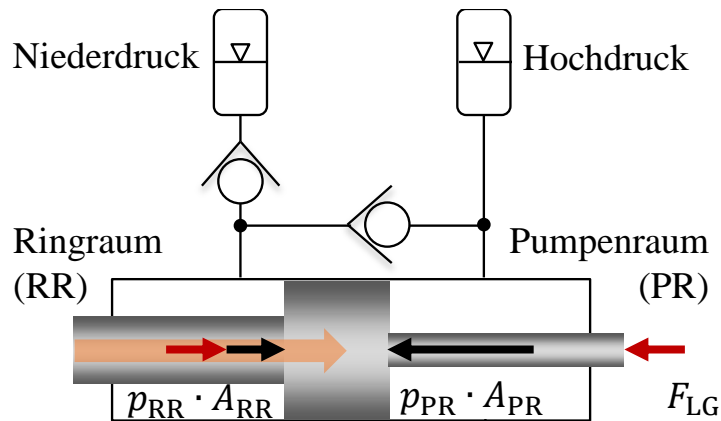
Modellbildung:



- LPMSG als unsymmetrisches Dreiphasen-Außenleiter-Modell (inkl. Randeffekten und Sättigungserscheinungen)
- Kraftregelung (FOC, DFC, PPC)
- Zustandsbeobachter (sensorlose Lageerfassung)



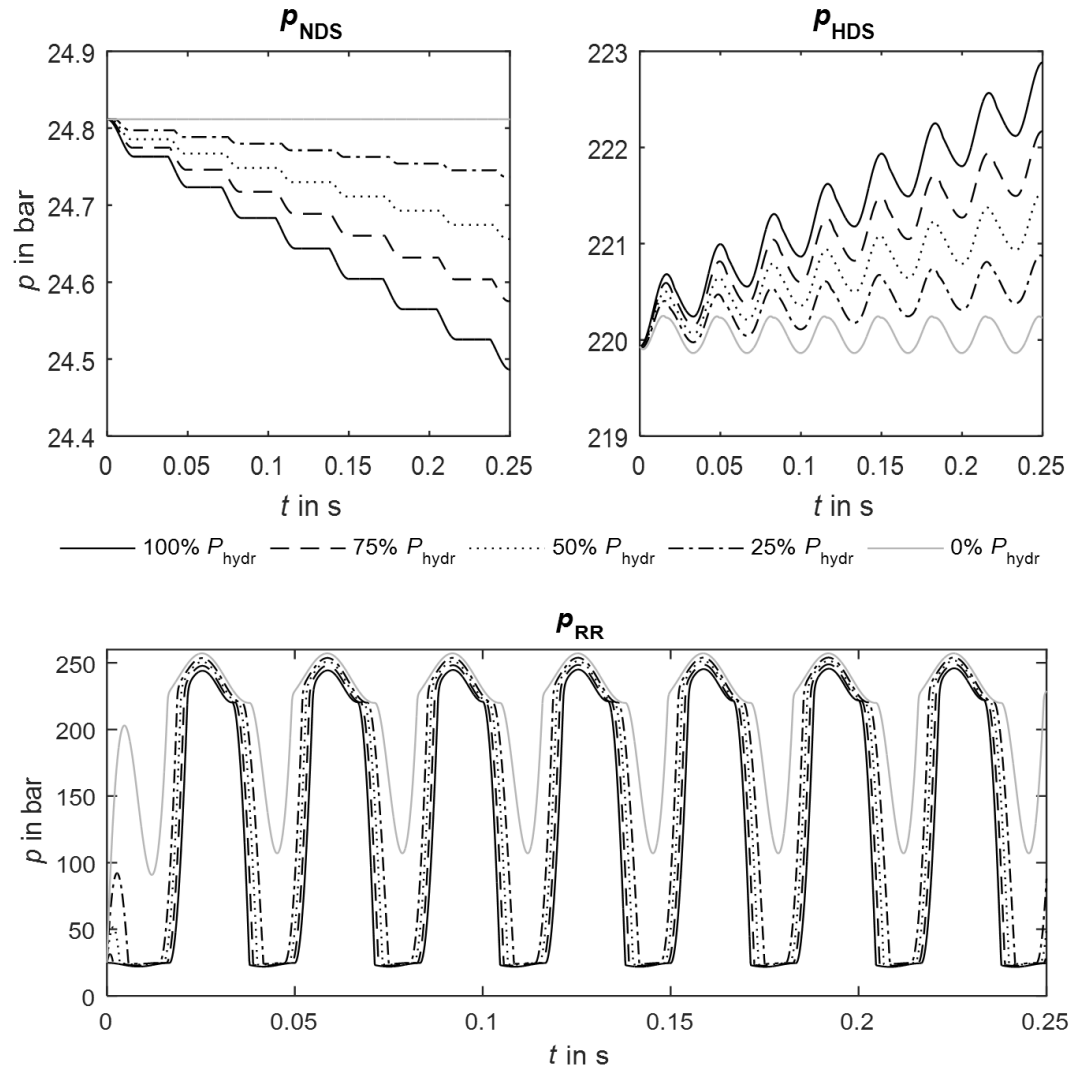
Konzept:



$$P_{\text{eff,hyd}} = \frac{1}{T} \cdot \left[ \int_{x_{\text{UT}}}^{x_{\text{OT}}} p_{\text{PR}}(x) \cdot A_{\text{PR}} \cdot dx - \int_{x_{\text{UT}}}^{x_{\text{OT}}} p_{\text{RR}}(x) \cdot A_{\text{RR}} \cdot dx + \int_{x_{\text{OT}}}^{x_{\text{UT}}} p_{\text{PR}}(x) \cdot A_{\text{PR}} \cdot dx - \int_{x_{\text{OT}}}^{x_{\text{UT}}} p_{\text{RR}}(x) \cdot A_{\text{RR}} \cdot dx \right]$$

- Problemstellung: Nachsaugverhalten ermöglichen
- Regelung des Kolbenhubs mittels Kraftstoffeinspritzung





Grundlagen zur Verknüpfung von thermohydraulischer und thermoelektrischer Leistungswandlung am Anwendungsfall einer Freikolbenmaschine:

- Systemkonfiguration (Analyse und Bewertung geeigneter Wirkprinzipien und Systemlösungen)
- Auslegung des Lineargenerators (Anforderungsdefinition und konzeptionelle Entwicklung sowie Regelung)
- Anwendbarkeit einer sensorlosen Lageerfassung (Linearbewegung)
- Auslegung einer verstellbaren Hydraulik (Anforderungsdefinition und konzeptionelle Entwicklung sowie Regelung)
- Regelung/Steuerung des Systemverhaltens (Entwicklung einer Regelung/Steuerung für das Gesamtsystem THLG)
- derzeitiger Forschungsstand: technische Umsetzung eines THLGs ist für **realistisch** einzuschätzen

Folgeprojekt in Beantragung:

- Funktionsdemonstrator des Lineargenerators nach dem Vernier-Prinzip
- Funktionsdemonstrator einer thermohydraulischen FKM mit variabler hydraulischer Last (Gussausführung)
- Erweiterung, Vertiefung und Validierung der Simulationsmodelle
- Verbrennungsmotorische Anpassungen (Ausgleich zusätzlicher Massen)
- Konzept einer integrierten Lösung

Bei Positiven Ergebnissen:

- Kopplung beider Funktionsdemonstratoren und Inbetriebnahme als THLG



**»Wissen schafft Brücken.«**

