

Der Freikolbenlineargenerator FKLG

Stromerzeugung mit hohem Wirkungsgrad

Dr.-Ing. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

APU-Workshop
Erlangen
26.10.2005

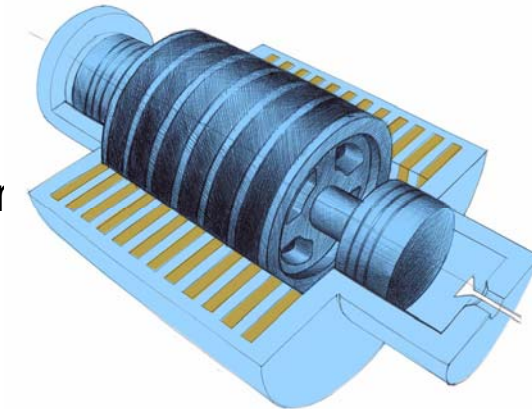


**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Inhalt

- 1 Das Institut für Fahrzeugkonzepte
- 2 Quo vadis ?
- 3 Übersicht und Historie der Freikolbenmotor
- 4 Der Freikolbenlineargenerator FKLG
 - Eigenschaften
 - Potenziale
 - Projektstatus
 - Anwendungsgebiete

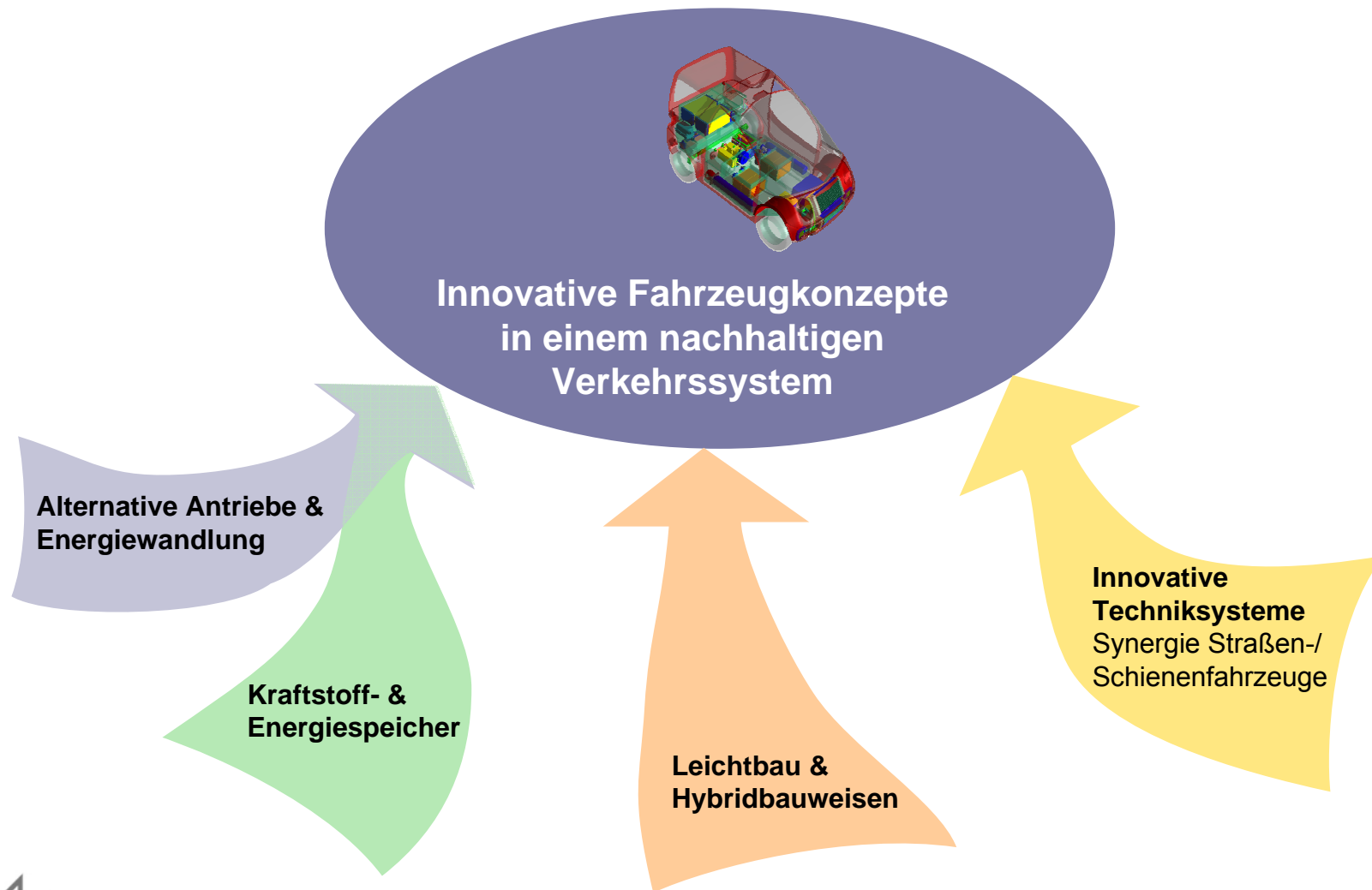


Es ist der Traum vieler Ingenieure, den Hubkolbenmotor vom Zwanglauf der Kurbelwelle zu befreien.

[S. Rotthäuser]



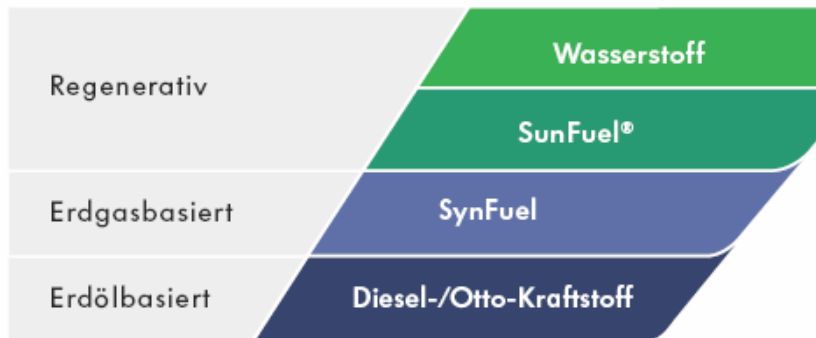
Das Institut für Fahrzeugkonzepte





Quo vadis ?

Quo vadis Kraftstoff ?



Quelle: Volkswagen AG

VDI nachrichten

Zuckersüße Alternative

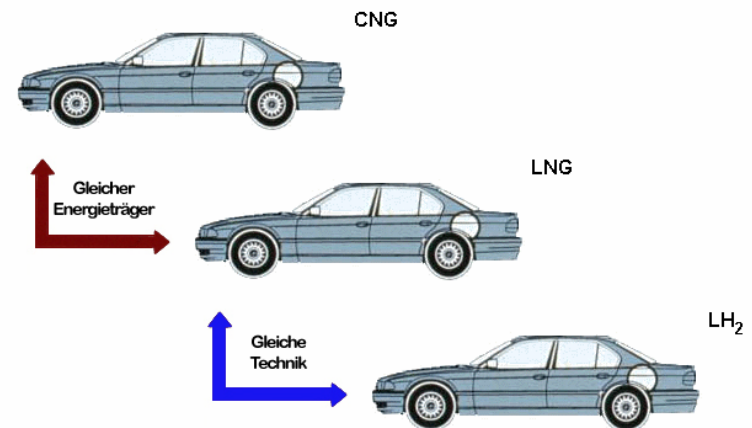
Fortsetzung von [Seite 2](#)

VDI nachrichten, Hamburg, 1. 7. 05 - In der EU soll Ethanol in den Tank, wenn auch vorerst nur als Beimischung. Ein Blick nach Brasilien zeigt, wie der Biosprit als Alternative zu fossilen Brennstoffen funktioniert. Auch hier war der umweltfreundliche Sprit aus Zuckerrohr lange ein Spielball der Preise für klassisches Benzin. Sein Ethanol will Brasilien jetzt in die Europäische Union exportieren.

Methanol



Quelle: DaimlerChrysler



Quelle: BMW



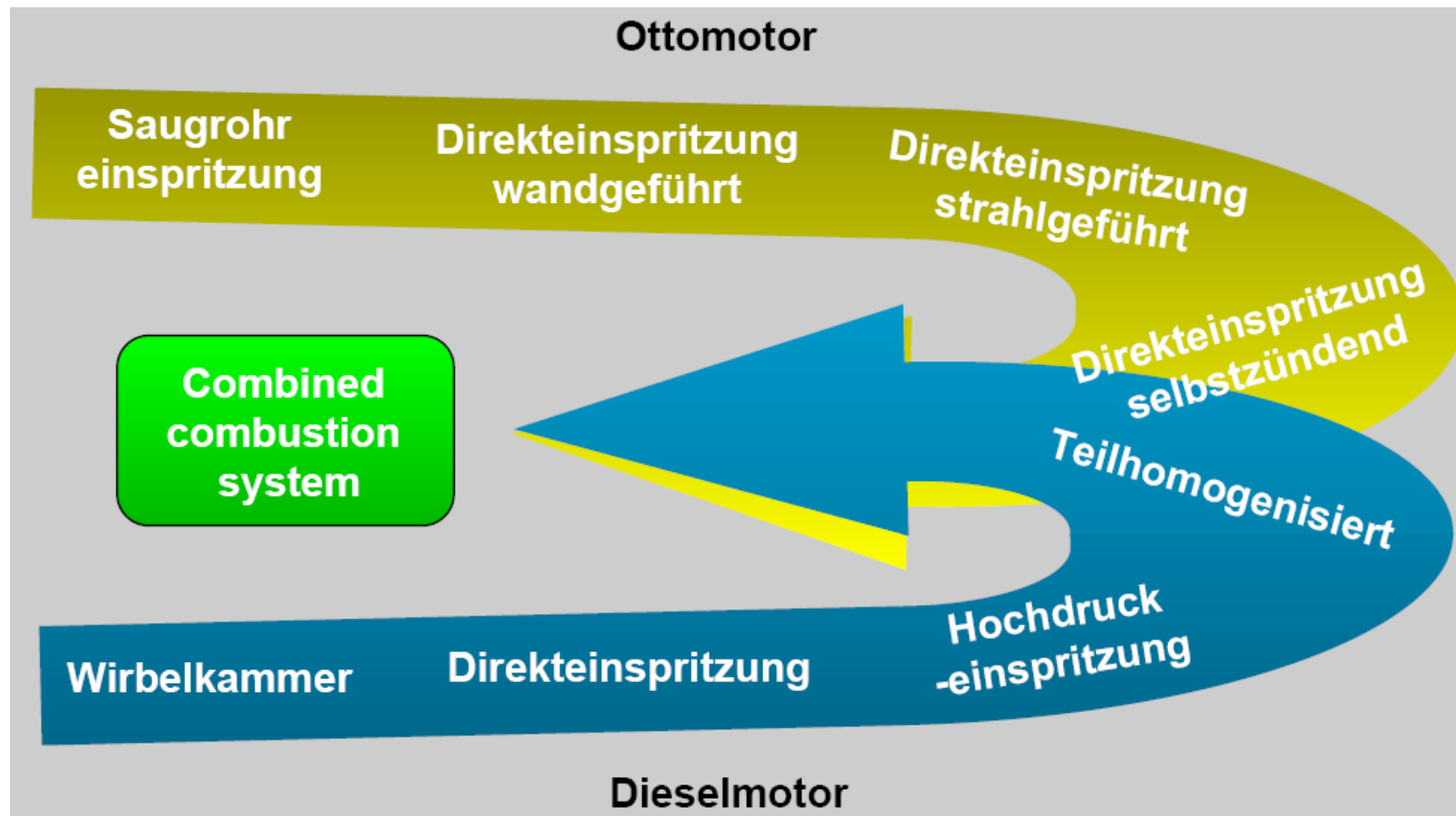
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop



Quo vadis Verbrennung ?



Weitere Namen: Homogene Raumzündung, HCCI, CAI, CCS

Quelle: Volkswagen



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop



Übersicht und Historie der Freikolbenmotoren



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop



Systematische Einteilung von Freikolbenmotoren

Energiewandlung



pneumatische Energie



hydraulische Energie



elektrische Energie

} Keine Bereitstellung
von mechanischer Energie

Bauweisen



Einzelkolben



Gegenkolben



Doppelkolben





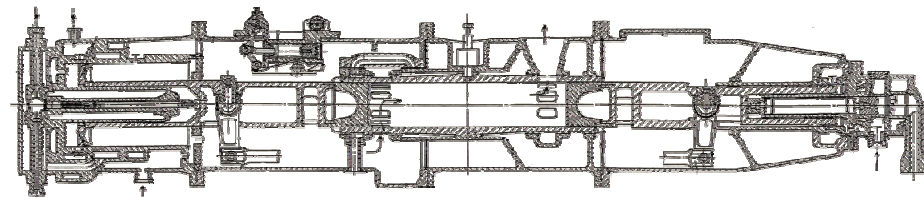
Pneumatische Energie

Junkers Freikolbenverdichter



Junkers, Patentanmeldung 1912

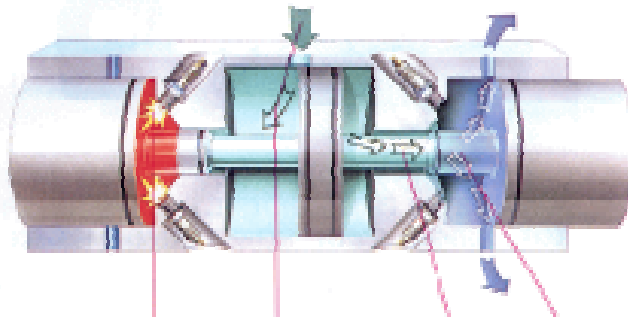
- ▶ 4-stufiger Luftverdichter
- ▶ Einsatz in U-Booten im 2. Weltkrieg
- ▶ Hohe Zuverlässigkeit
- ▶ Lizenzfertigung bis 1959 durch Kobe Steel





Pneumatische Energie

Stelzer Motor



Stelzer, 1982

- ▶ Doppelkolbenprinzip
- ▶ Verdichtung von Luft
- ▶ Bereitstellung von hydraulischer Energie





Hydraulische Energie

Innas Chiron Compressor



Innas, Niederlande, 1996

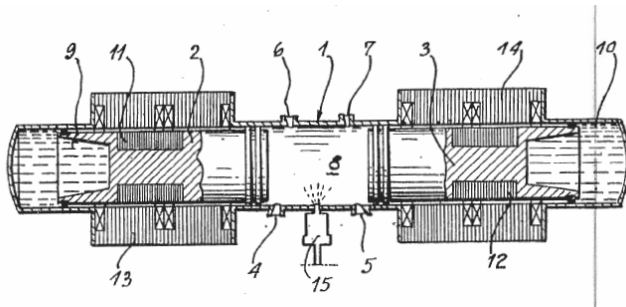
- ▶ Bereitstellung von hydraulischer Energie
- ▶ Direkteinspritzender Diesel mit Selbstzündung
- ▶ Kompressor mit variabler Frequenz, niedrigem Kraftstoffverbrauch und reduzierten Emissionen





Elektrische Energie

Erstes Patent 1971



Jarret, Frankreich, 1971

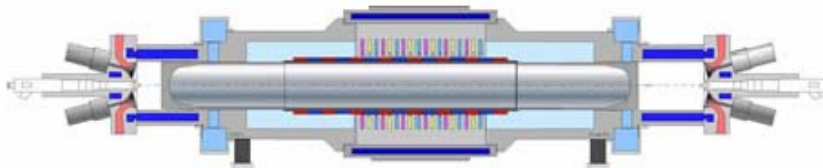
- Thermischer Motor mit innerer Verbrennung
- Patentanmeldung mit der Erwähnung der elektrischen Energieauskopplungsmöglichkeit





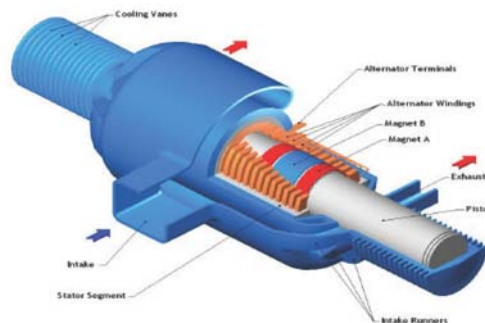
Elektrische Energie

aktuelle Projekte



Volvo-Konsortium

- ▶ FPEC: Free Piston Energy Converter
- ▶ 2-Takt mit Schlitzsteuerung
- ▶ Doppelkolbenprinzip
- ▶ HCCI

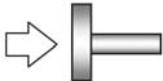
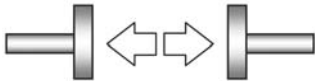

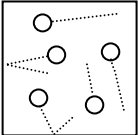
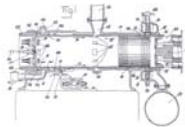
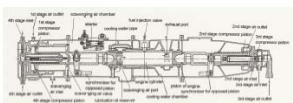

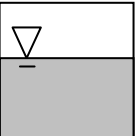



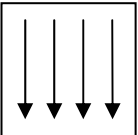
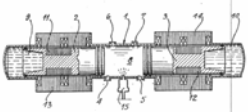



Sandia Laboratories, USA

- ▶ HFPA: Hydrogen Free Piston Alternator
- ▶ 2-Takt mit Schlitzsteuerung
- ▶ Doppelkolbenprinzip
- ▶ HCCI



Systematische Einteilung der Freikolbenmotoren

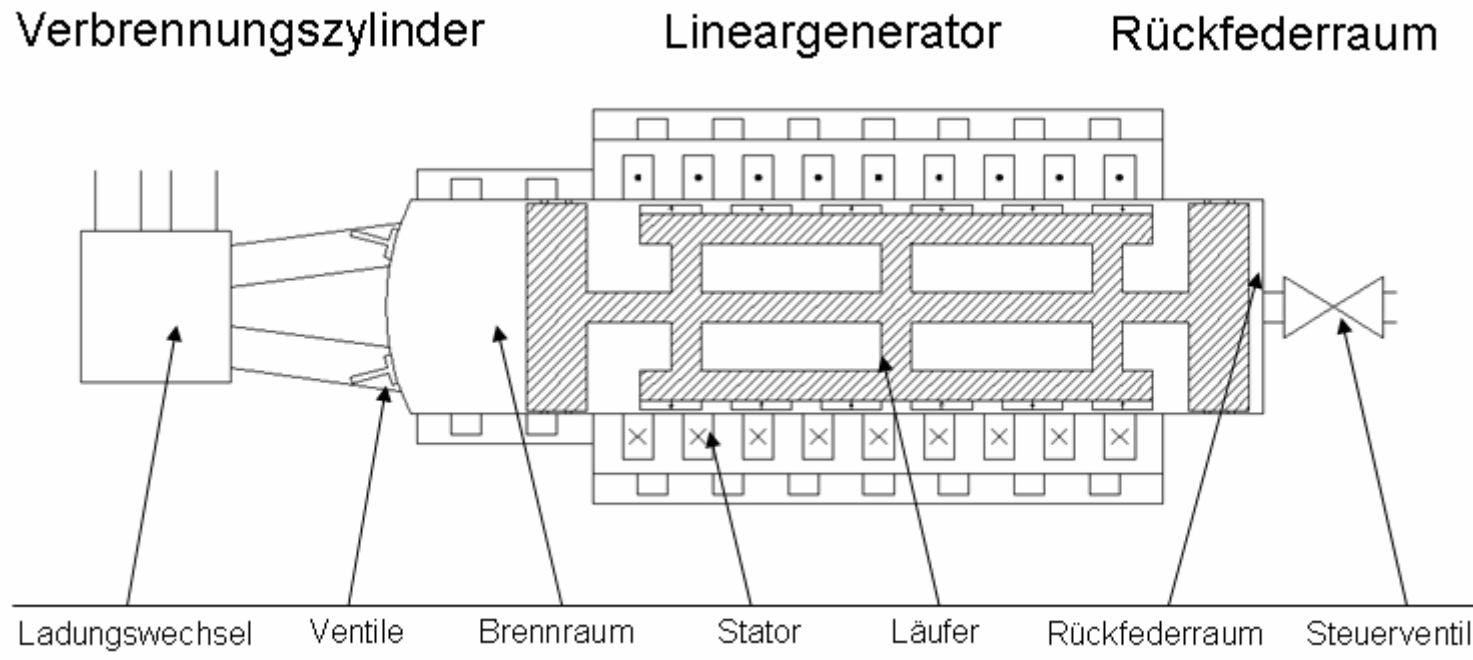
Bauweisen		Einzelkolben	Gegenkolben	Doppelkolben
Energiewandlung in				
pneumatische Energie		 Pescara, Frankreich, 1928	 Junkers, Deutschland, 1935	 Stelzer, Deutschland, 1982
hydraulische Energie		 Innas, Niederlande, 1996	 Hibi, Japan, 1970	 Tikkanen, Finnland, 1996
elektrische Energie		Freikolben-lineargenerator DLR, Deutschland, 2002	 Jarret, Frankreich, 1971	 Innas, Niederlande, im Bau



Der Freikolbenlineargenerator FKLG

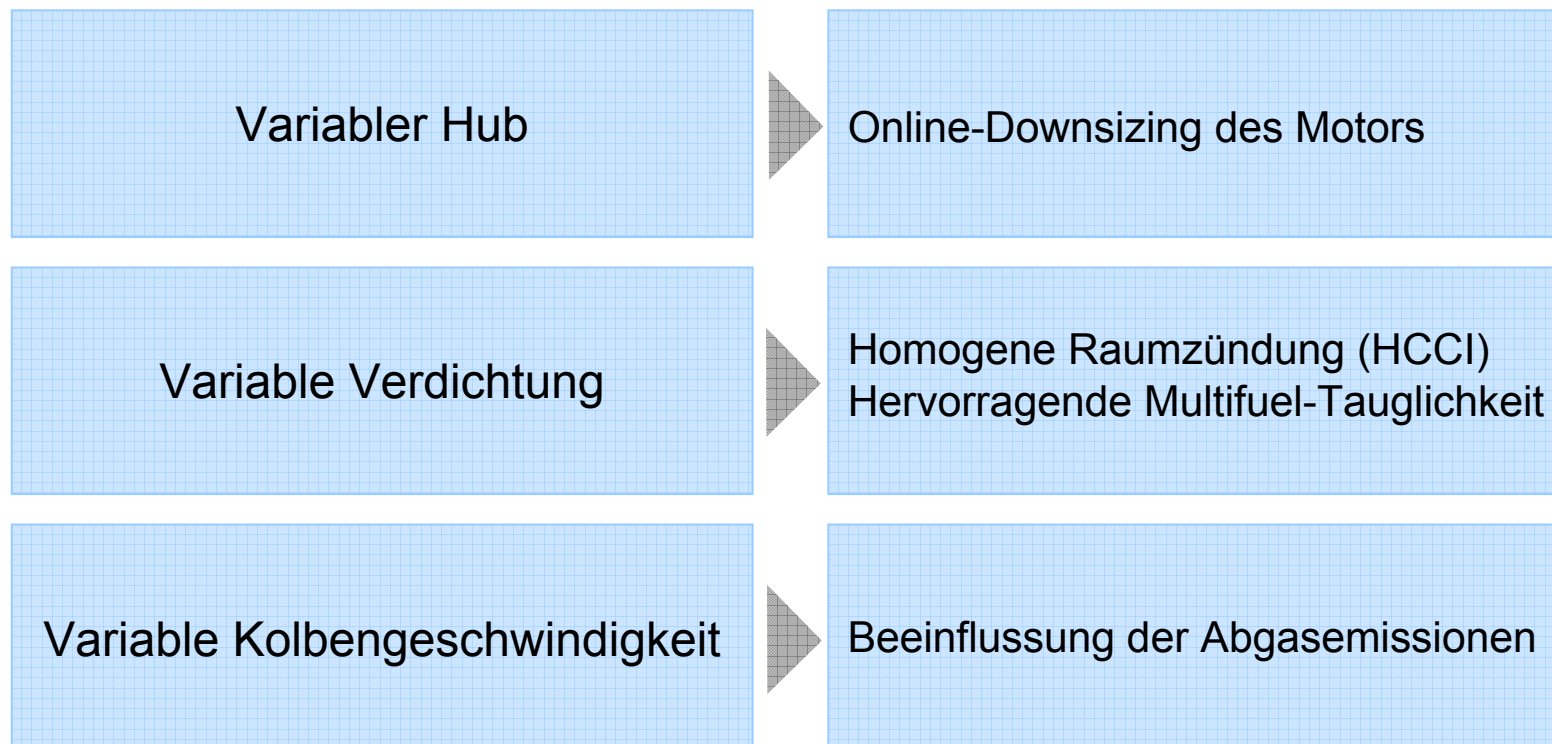


Der Freikolbenlineargenerator FKLG Funktionsprinzip



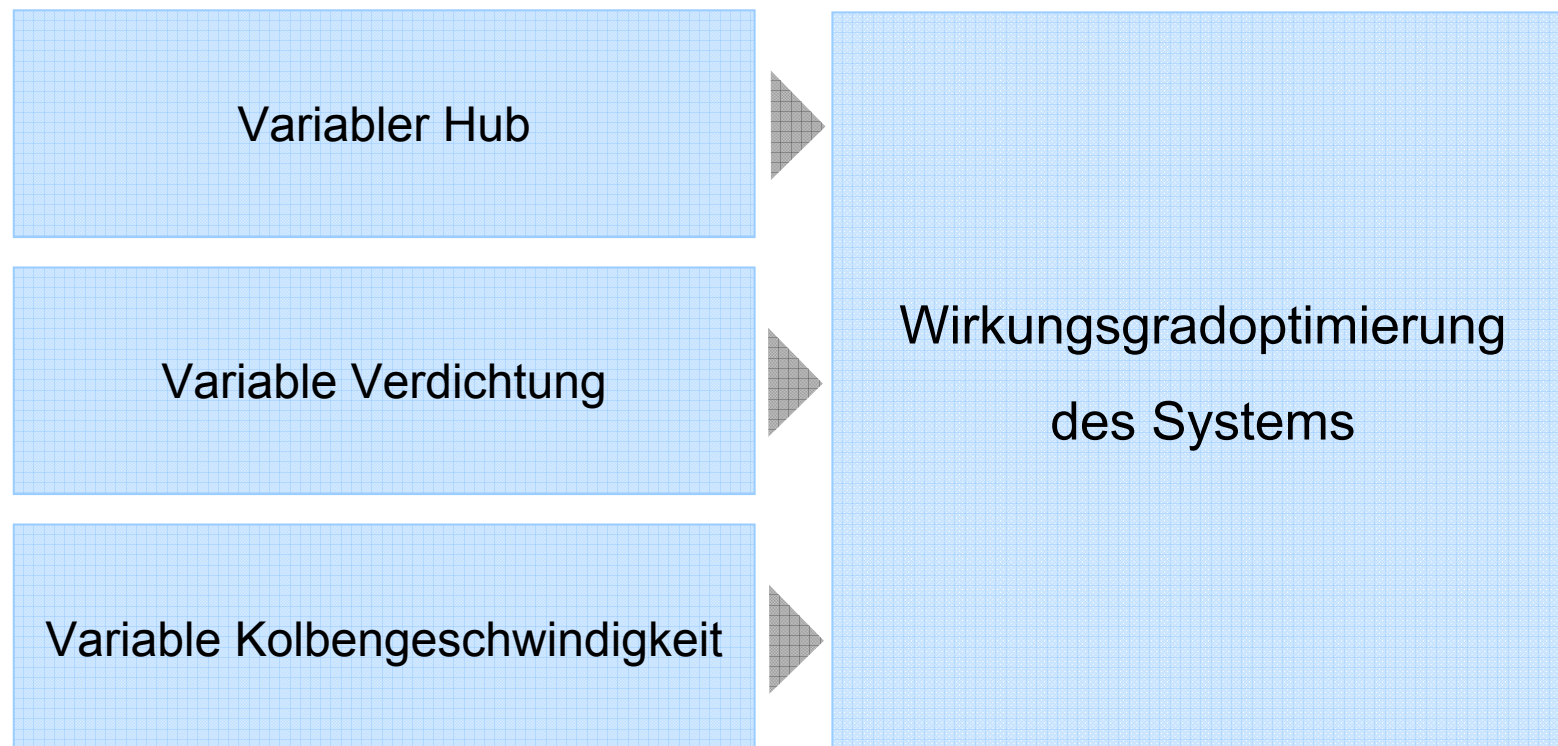


Der Freikolbenlineargenerator FKLG Eigenschaften





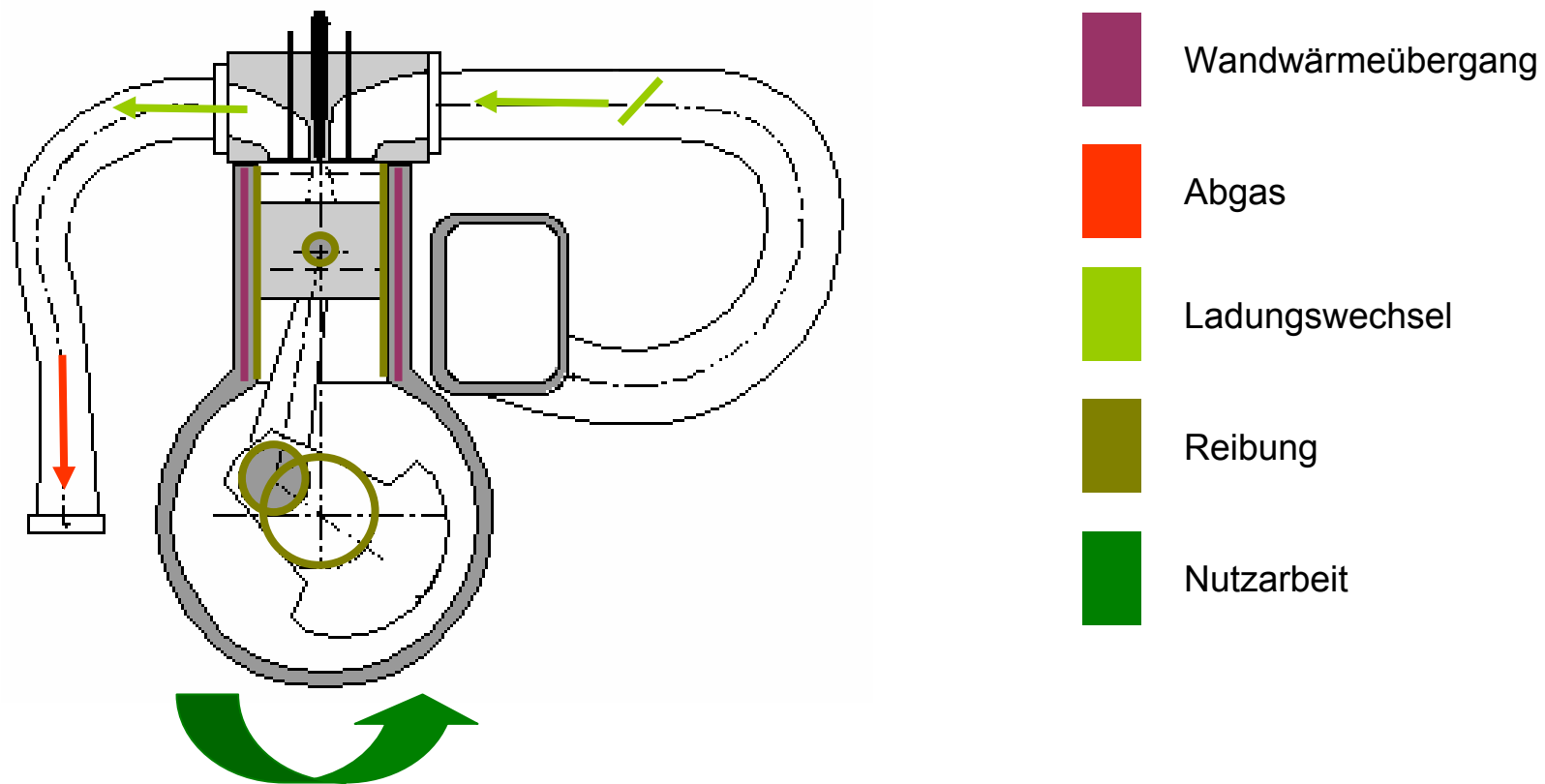
Der Freikolbenlineargenerator FKLG Eigenschaften





Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale

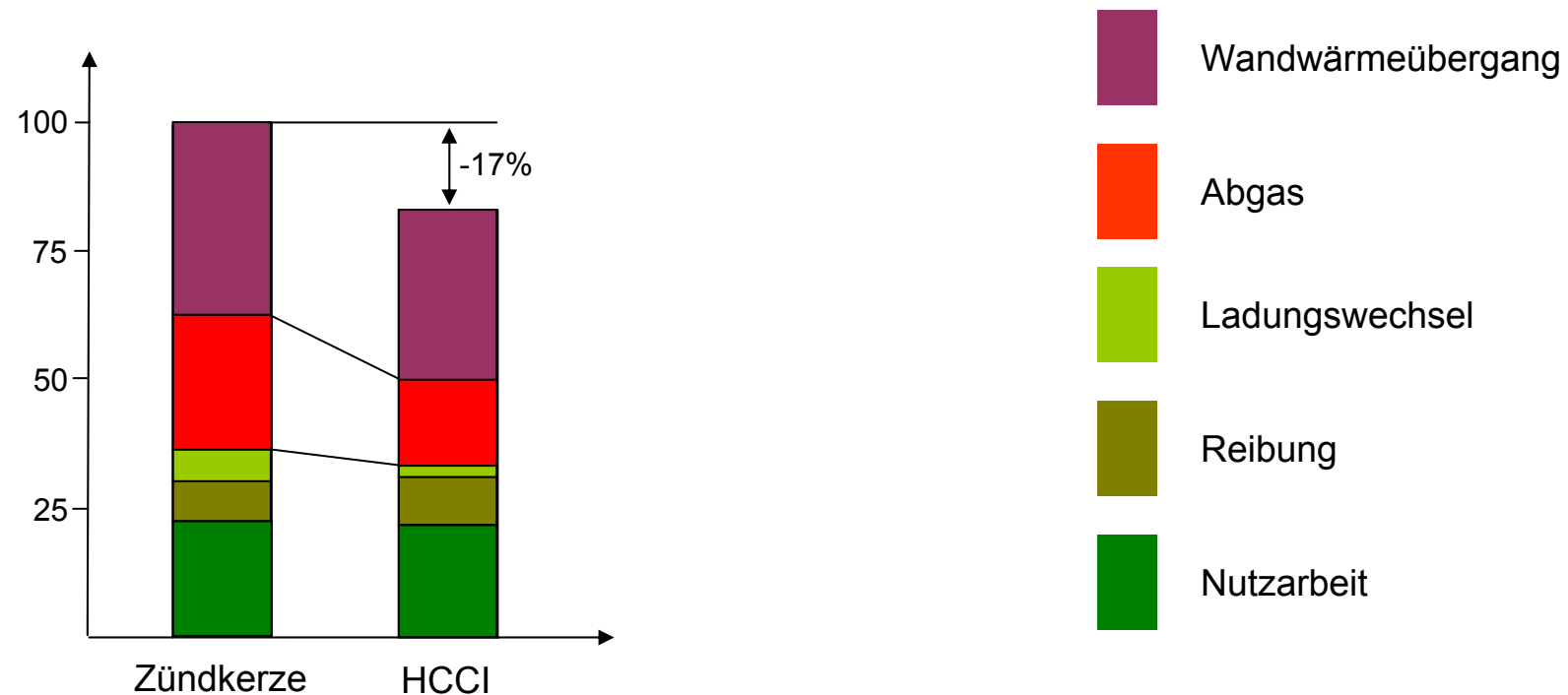
Verlustübersicht konventioneller Motor





Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale

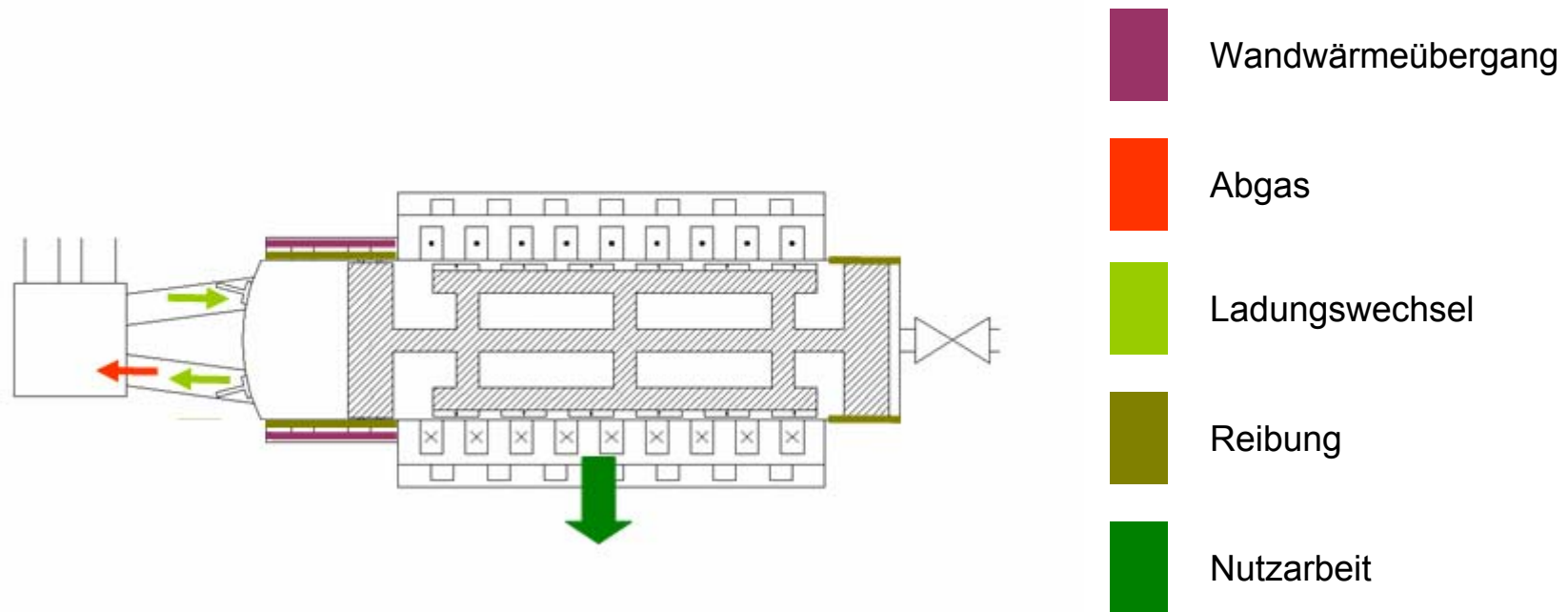
Verlustübersicht konventioneller Motor



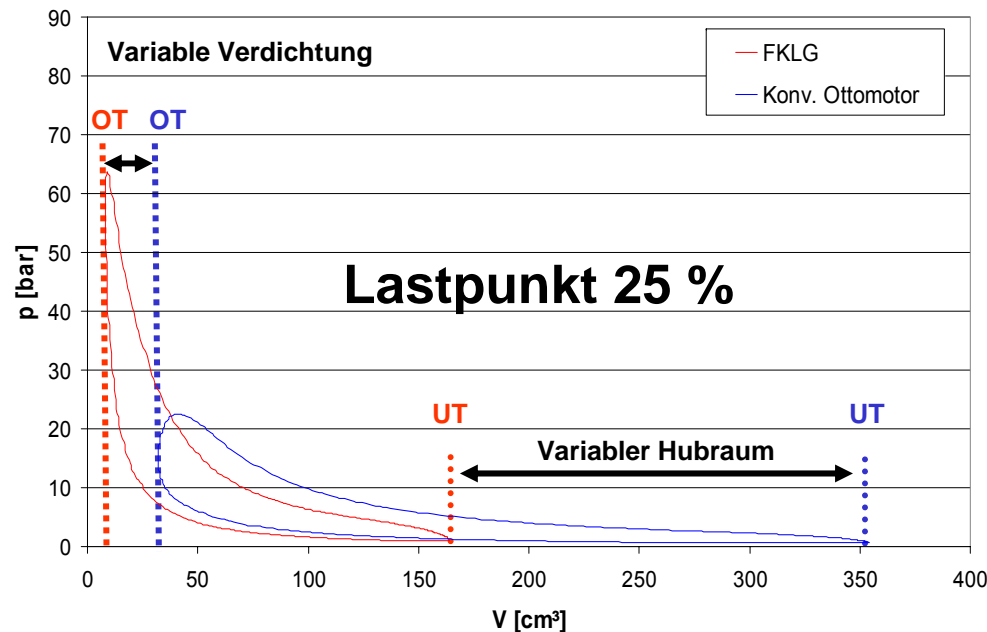


Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale

Verlustübersicht Freikolbenlineargenerator



Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale



Erste Abschätzung der Wirkungsgradpotentiale für

- Variabler Hubraum
- Variable Verdichtung

ohne HCCI-Brennverfahren im Vergleich zu einem konv. Ottomotor mit Kurbelwelle

Lastpunkt

25 %

50 %

75 %

100 %

FKLG:

$\eta_{th} = 42.5 \%$

$\eta_{th} = 45.5 \%$

$\eta_{th} = 42.2 \%$

$\eta_{th} = 38.4 \%$

Konv. Ottomotor:

$\eta_{th} = 37.6 \%$

$\eta_{th} = 38.6 \%$

$\eta_{th} = 39.3 \%$

$\eta_{th} = 38.2 \%$

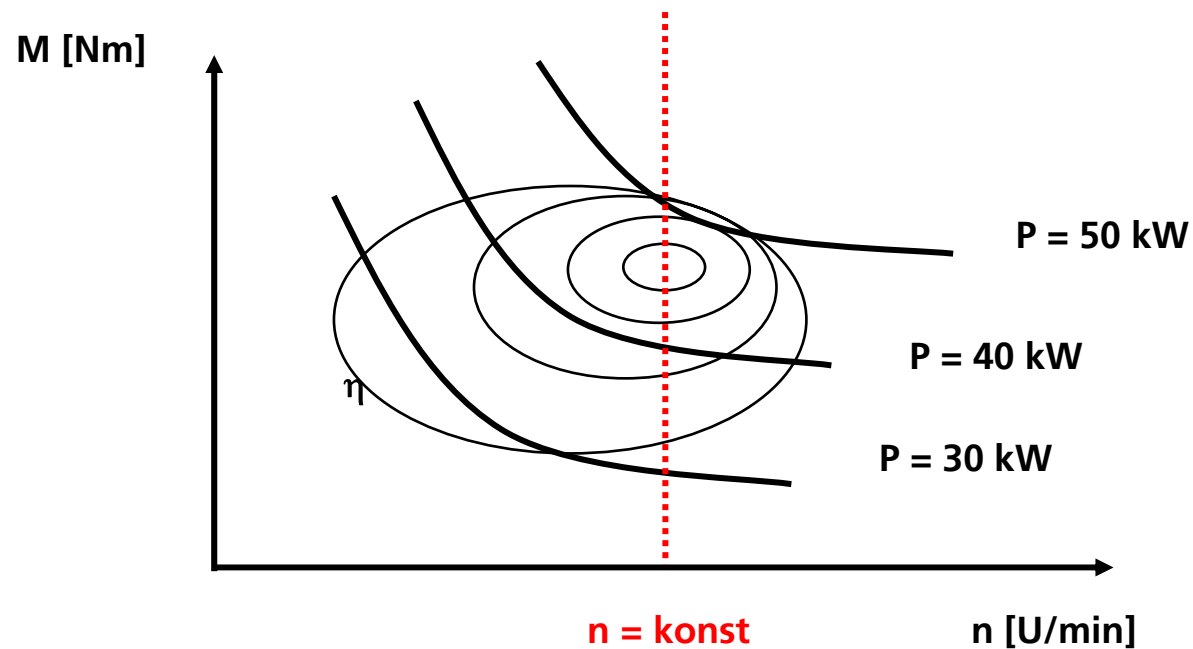


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop

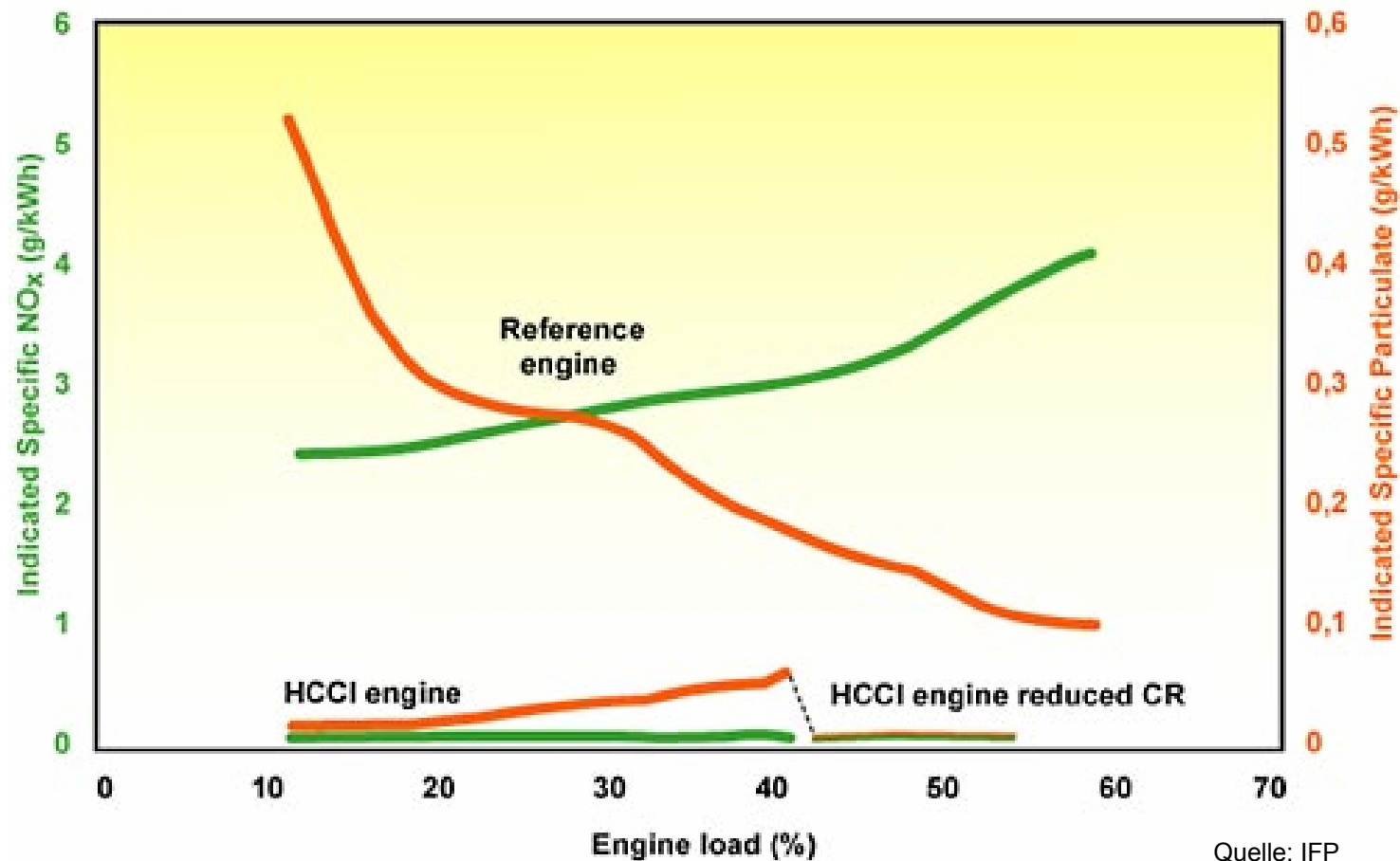
Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale



Verbesserter Wirkungsgrad durch
Optimierung bei konstanter Frequenz

Der Freikolbenlineargenerator FKLG Potenziale

HCCI - Homogenous Charge Compression Ignition



Quelle: IFP



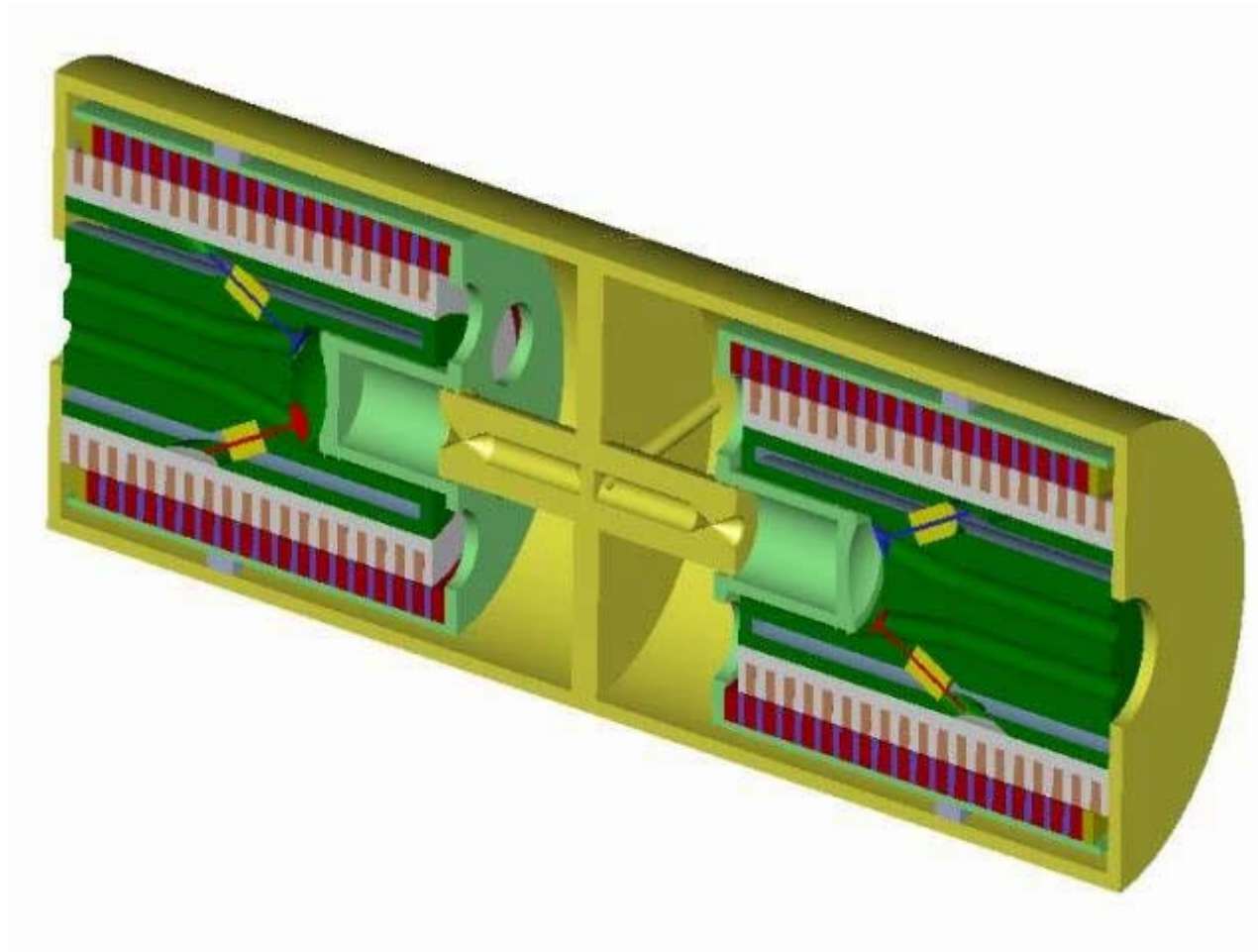
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop



Der Freikolbenlineargenerator FKLG Massenausgleich

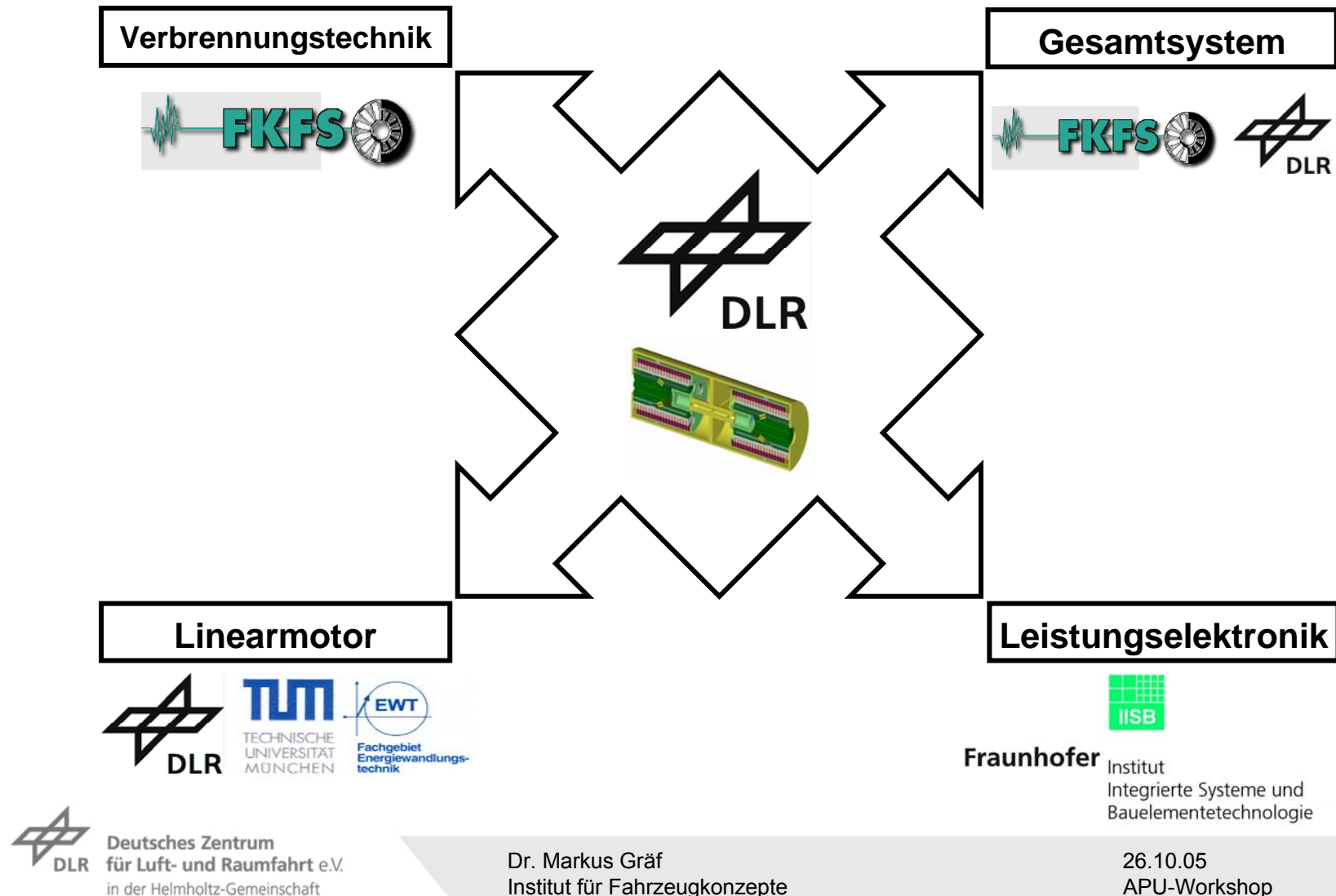




Der Freikolbenlineargenerator FKLG Zusammenfassung

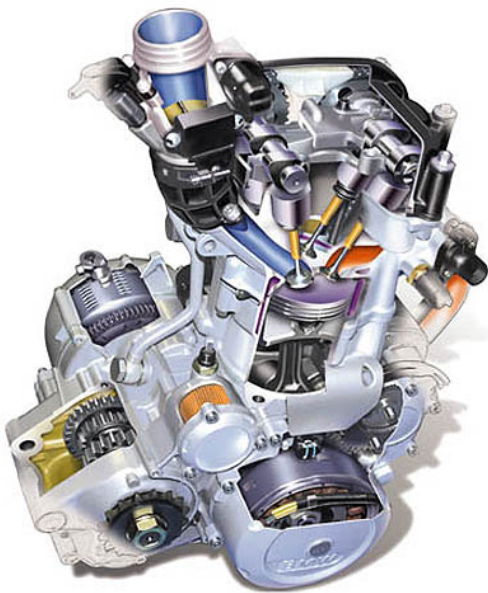
- ▶ Variabler Hubraum \Rightarrow Online-Downsizing des Motors
- ▶ Alle Verluste können reduziert werden
- ▶ Deutlich verbesserter Teillastwirkungsgrad
- ▶ Mit HCCI sehr niedrige Emissionen
- ▶ Absoluter Massenausgleich mit 2 Einheiten in äußerst kompakter Bauform
- ▶ Kostengünstige Herstellbarkeit
- ▶ Volvo Freikolbenmotor mit HCCI: 46 % Wirkungsgrad prognostiziert

Der Freikolbenlineargenerator FKLG Netzwerk

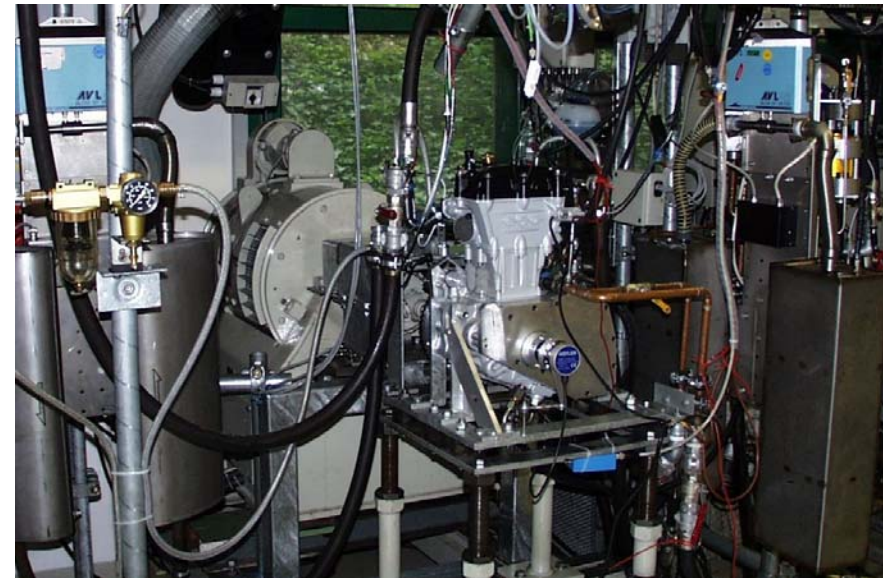


Der Freikolbenlineargenerator FKLG Projektstatus

Rückfederraum



Quelle: BMW



**Wirkungsgrad bei 94 %
ohne Optimierung**



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop



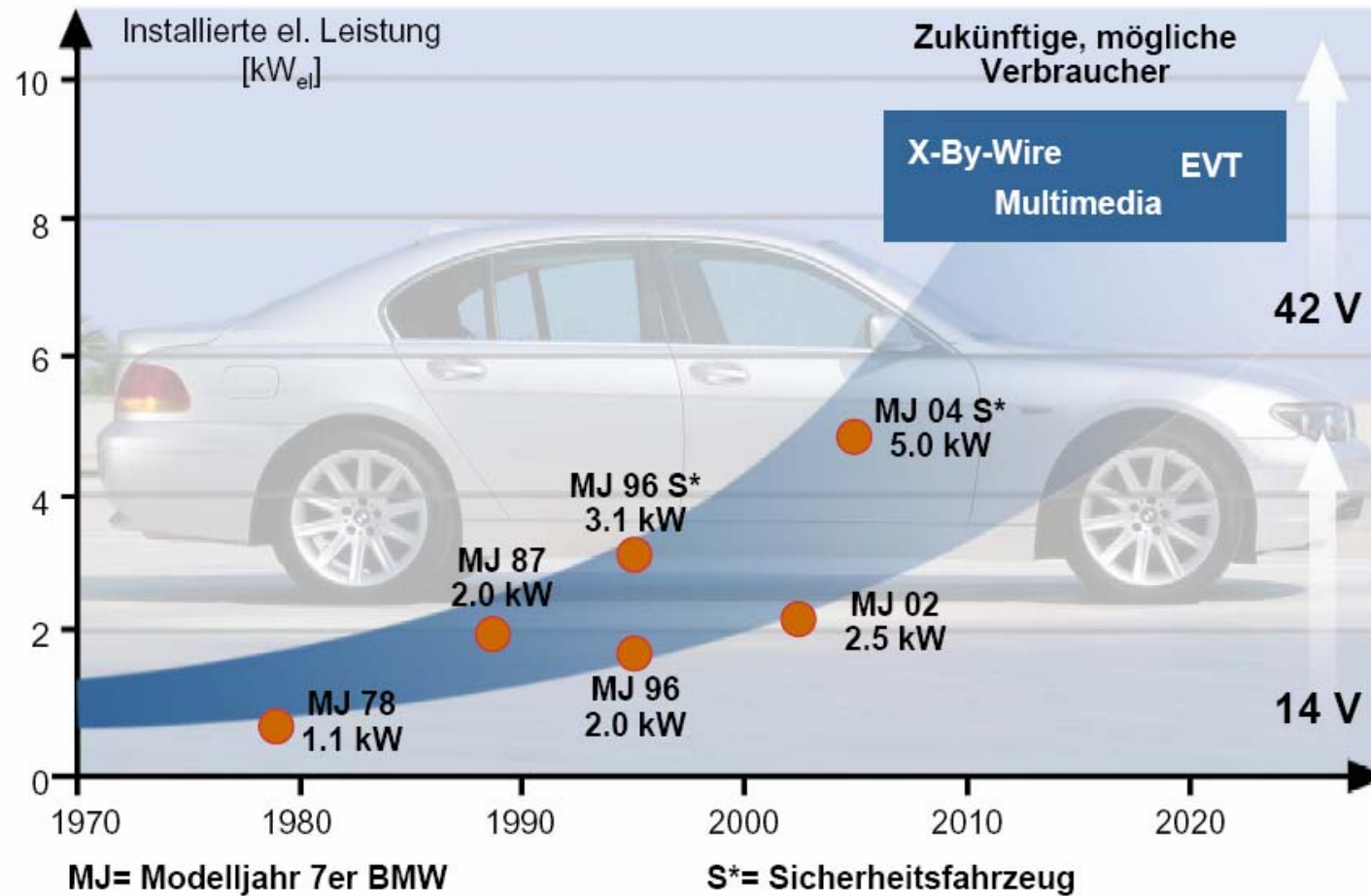
Der Freikolbenlineargenerator FKLG Anwendungen

1. APU für Bordnetz und Standklima (PKW 5-10 kW, LKW 10 kW)
2. Fahrzeugantrieb – NexGen Hybrid (40 kW - ...)
3. Stationäres Blockheizkraftwerk BHKW (5 kW - ...)



Der Freikolbenlineargenerator FKLG Anwendungen

APU für Bordnetz



Quelle: BMW



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

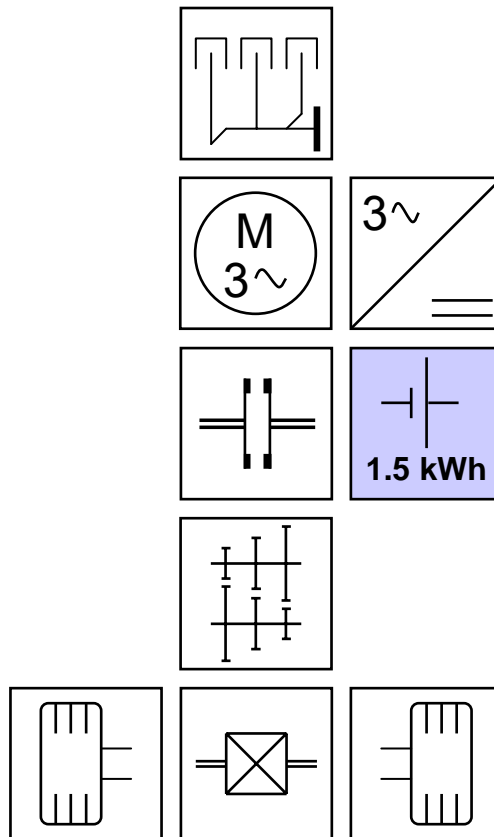
26.10.05
APU-Workshop



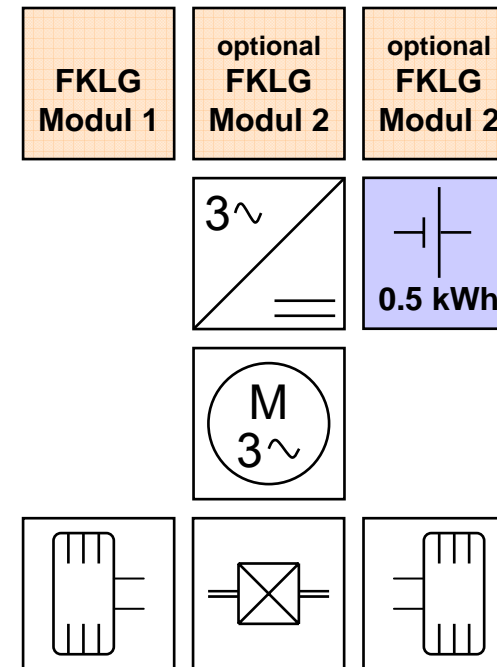
Der Freikolbenlineargenerator FKLG Anwendungen

NexGen Hybrid

Konventionelles Hybridfahrzeug



NexGen Hybridfahrzeug mit modularem Mehrzylinder-FKLG

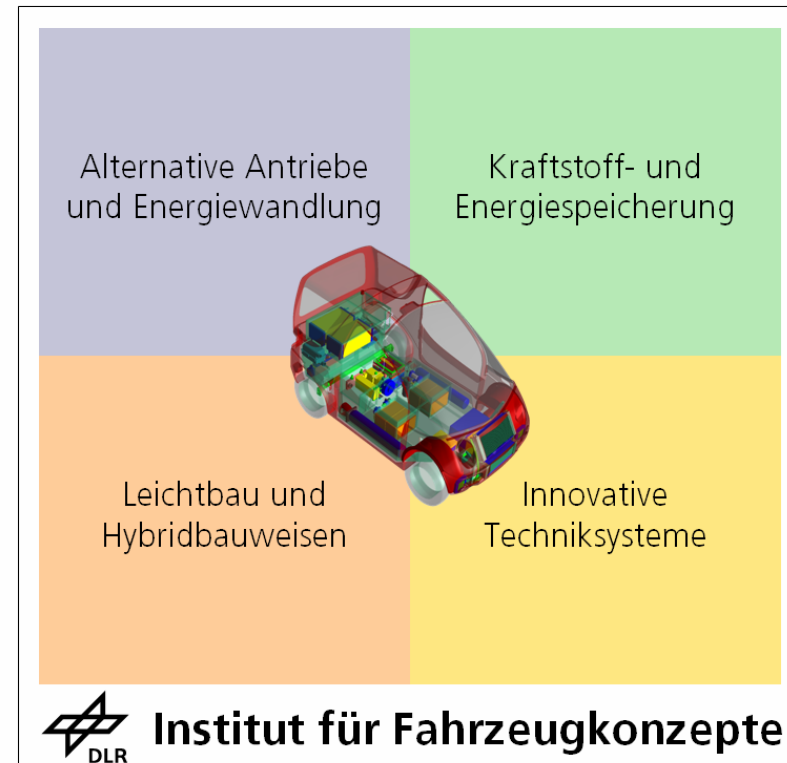


1. **Besserer Wirkungsgrad** durch verbesserte Teillasteigenschaften
2. **Besserer Wirkungsgrad** durch echte Zylinderabschaltung



Das Institut für Fahrzeugkonzepte

Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit !



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Markus Gräf
Institut für Fahrzeugkonzepte

26.10.05
APU-Workshop