

# CO<sub>2</sub>-freie Mobilität mit einem multivalenten Fahrzeug für variablen Erdgas/Wasserstoff-Mischbetrieb

Helmut Eichlseder, Manfred Klell, Klaus Schaffer,  
Daniel Leitner, Markus Sartory

Technische Universität / HyCentA Graz

11. Symposium Energieinnovation, Graz  
10. bis 12. Februar 2010

# Forschungsgesellschaft für Verbrennungs- kraftmaschinen und Thermodynamik mbH (FVT)

## Geschäftsführer: Univ. Prof. Dr. Helmut Eichlseder

- 2002 von der Leitung des Institutes für VKM und Thermodynamik gegründet (TU-Graz)
- Arbeit des FVT ist eng mit Arbeit des Institutes verknüpft (Institutsleitung: Prof. Eichlseder)
- Forschungsschwerpunkte im Bereich
  - Energie
  - Motor
  - Verkehr und Umwelt

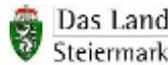


# Hydrogen Center Austria (HyCentA)

**Geschäftsführer: Dr. Manfred Klell**



**Erstes österreichisches Forschungszentrum für Wasserstoff mit  
Abgabestellen für LH2 und CGH2, eröffnet Oktober 2005**



# CO<sub>2</sub>-freie Mobilität mit einem multivalenten Fahrzeug für variablen H<sub>2</sub>NG-Mischbetrieb

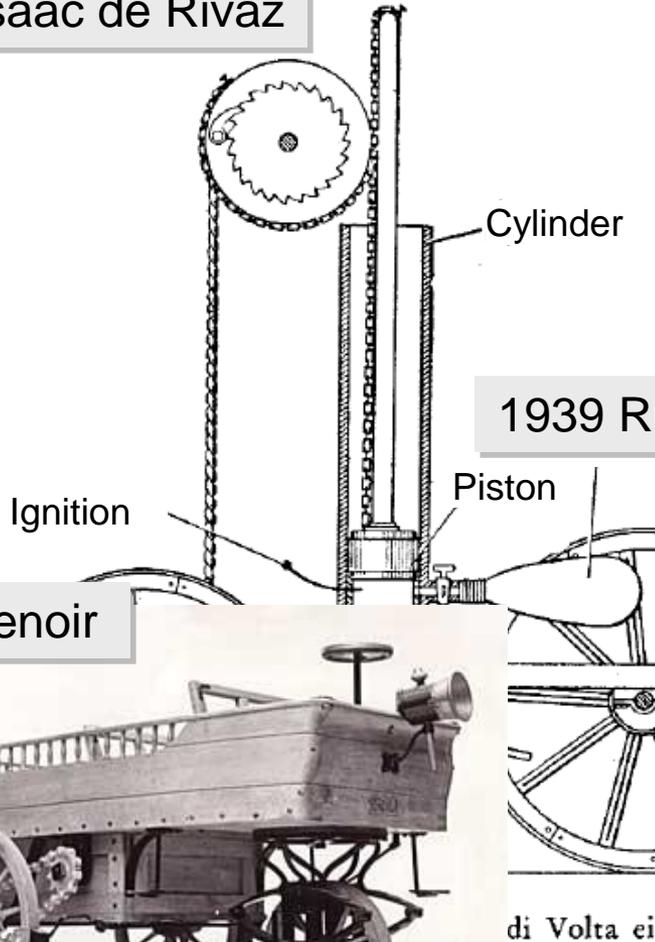
## Inhalt:

- **Geschichtliches und aktuelle H<sub>2</sub>-Konzepte**
- **H<sub>2</sub>NG-Mischbetrieb: Motivation**
- **Umsetzung eines H<sub>2</sub>NG-Fahrzeugkonzeptes**
- **Dezentrale Erzeugung von H<sub>2</sub> am HyCentA**
- **CO<sub>2</sub>-Emissionen**
- **Zusammenfassung**

# Geschichte: H<sub>2</sub> zum Antrieb von Fahrzeugen

Erste Anwendung bereits vor über 200 Jahren

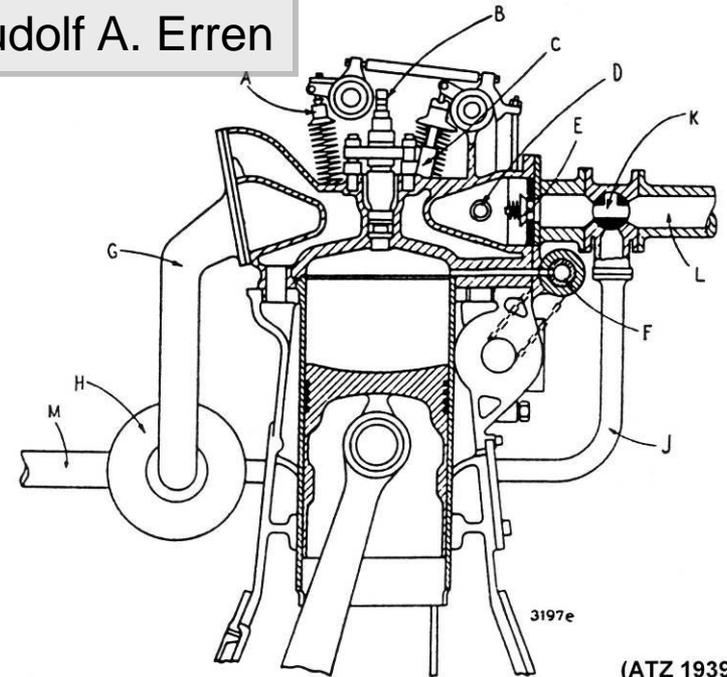
1807 François Isaac de Rivaz



1933 Norsk Hydro



1939 Rudolf A. Erren



1860 Etienne Lenoir



# Aktuelle Konzepte: H<sub>2</sub> zum Antrieb von Fahrzeugen

State of the Art - Kleinserien und Forschungsfahrzeuge mit H<sub>2</sub>-VKM

**Ford**

Saugrohrenblasung  
Kompressor-Aufladung



Niederdruck-  
Direkteinblasung  
Turbolader  
**MAN**



**BMW**

Saugrohr-Einblasung



Wankel  
Niederdruck-  
Direkteinblasung  
**Mazda**

# H<sub>2</sub>NG: Motivation

Der Weg zu CO<sub>2</sub>-freier Mobilität mit reinem Wasserstoff

## H<sub>2</sub>-Technologie heute



## Probleme:

- Erzeugung
- Infrastruktur
- Kosten



## Lösungsansatz:

- Brückenfunktion von H<sub>2</sub>NG mit VKM

## Zukünftig breiter Einsatz von H<sub>2</sub>-Technologie



Quelle: [www.netinform.net](http://www.netinform.net)

# H<sub>2</sub>NG: Motivation

## Brückenfunktion: Vorteile von H<sub>2</sub>NG in Verbindung mit VKM

### ■ Verbrennungskraftmaschine

- (anteilige) Absenkung der Emissionen von CO<sub>2</sub> entsprechend dem H<sub>2</sub>-Anteil
- Magerbetrieb mit hohem Luftüberschuss zur Absenkung von Emissionen und Steigerung des Wirkungsgrades
- Höheres Volllastpotential von H<sub>2</sub>NG im Vergleich zu reinem H<sub>2</sub>

### ■ Fahrzeugeinsatz

- Reichweitenvorteile durch die höhere Energiedichte
- Synergien bei gasführenden Komponenten im Fahrzeug (Drucktank, Leitungen, Ventile, Injektoren, ...)

### ■ Infrastruktur

- Graduelle Einführung einer regenerativen H<sub>2</sub>-Erzeugung
- Graduelle Einführung von Tankstelleninfrastruktur
- Dezentrale Erzeugung mit lokaler Wertschöpfung durch Verwendung von Biogas
- Graduelle Substitution von Erdgas durch Biogas
- Nutzung vorhandener Produktionslinien für VKM
- Brückenfunktion von CNG zu H<sub>2</sub> bezüglich Konsumentenverhalten

### ■ Kosten

- Verwendung „herkömmlicher“ VKM
- Mehraufwand nur durch zusätzlichen Gemischsensor und Bedatung von ECU

# Umsetzung: Multivalentes H<sub>2</sub>NG-Fahrzeug

Basis: Mercedes Benz E 200 NGT



# Adaption des Motors

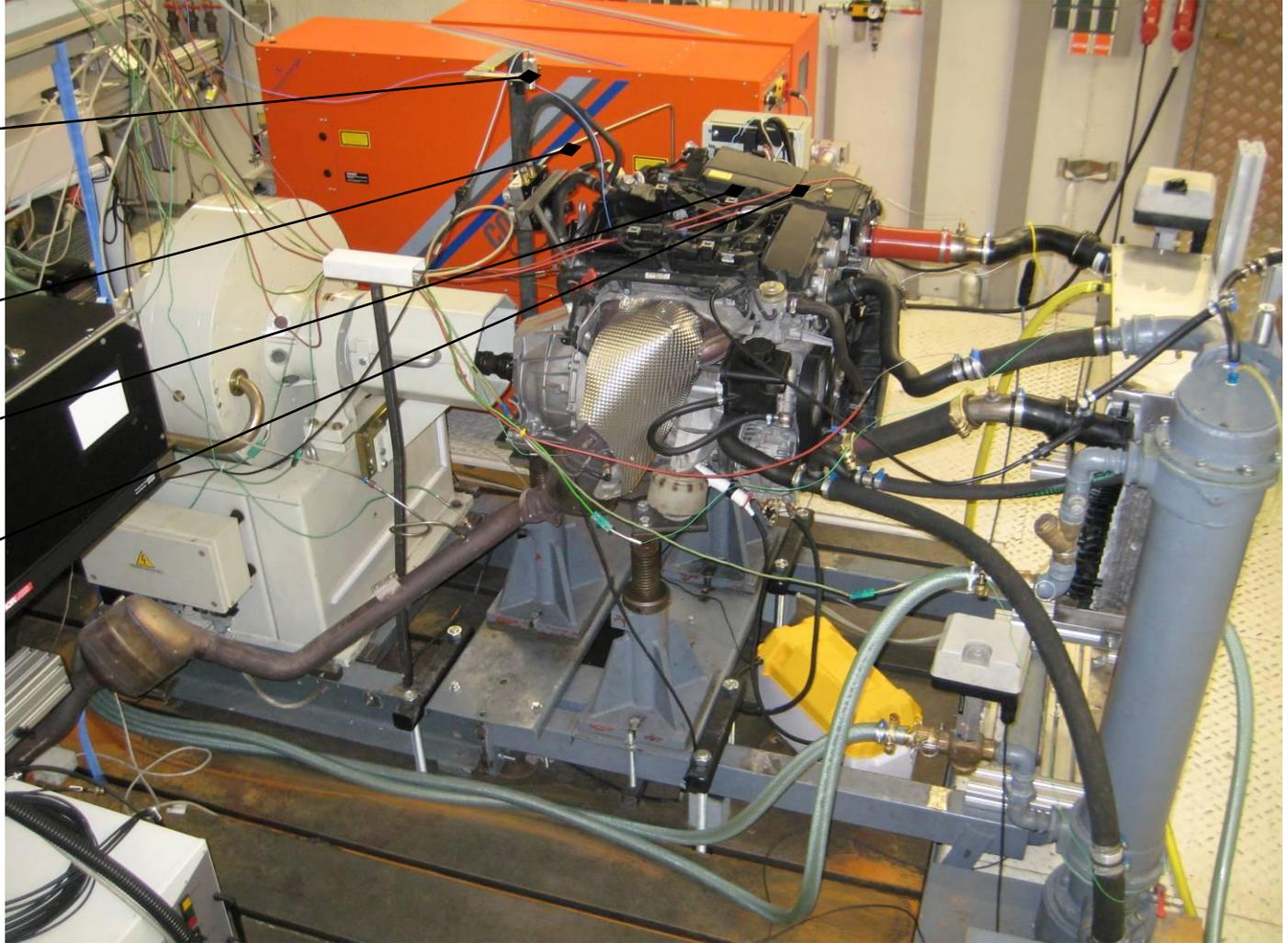
## Prüfstand

H<sub>2</sub>-Detektoren

H<sub>2</sub>-Druckleitung

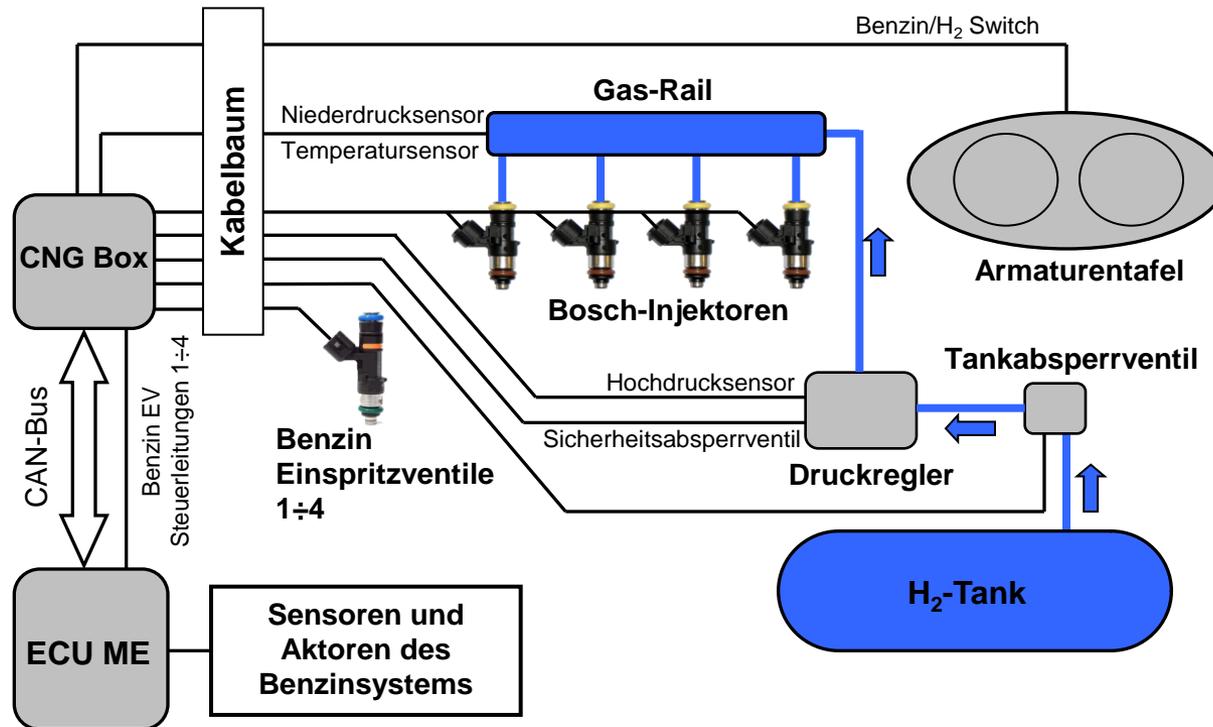
Alu-Sauganlage

H<sub>2</sub>-Injektoren



# Adaption des Motors

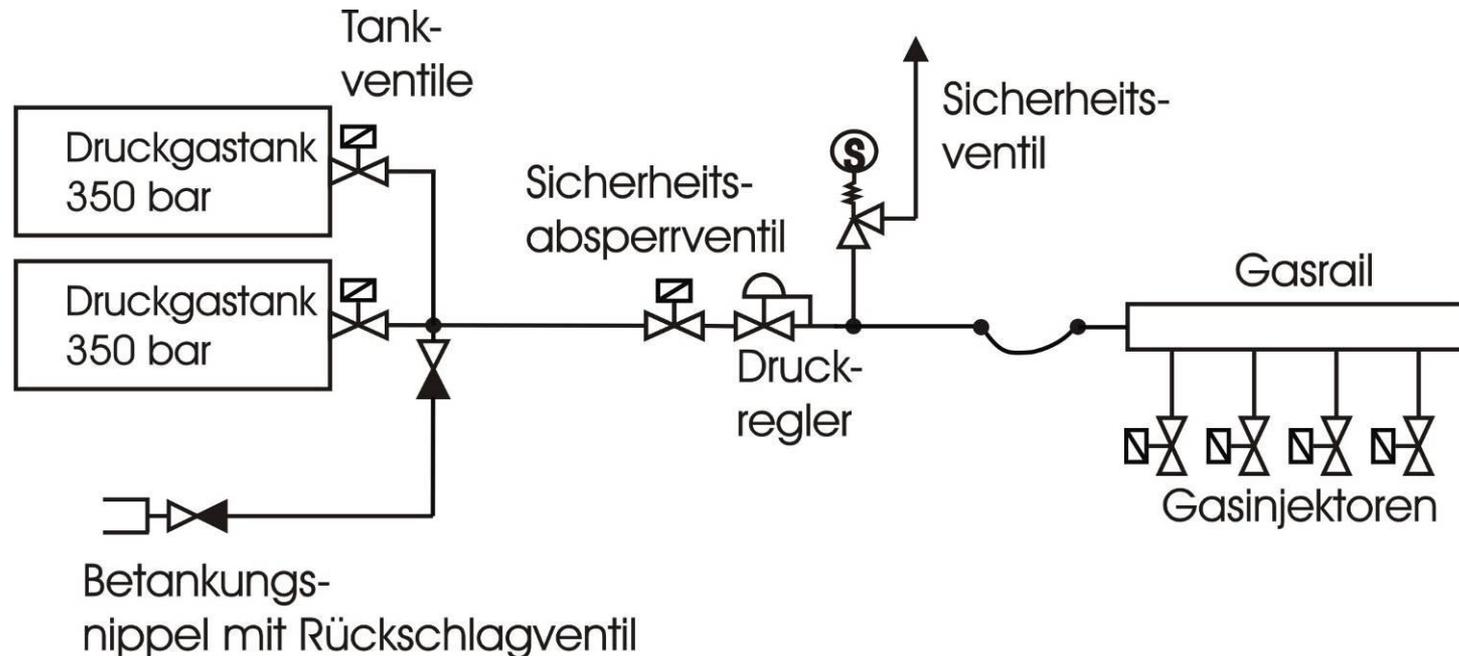
## Motormanagement



# Adaption des Fahrzeuges

## Gasversorgungssystem

- Einbau 350 bar Druckgaszylinder für 1.7 kg H<sub>2</sub> (56.6 kWh)
- Einbau Sicherheitseinrichtungen und Druckkonditionierung
  - Sicherheitsventile, Schmelzsicherungen, Durchflussmengenbegrenzer, Absperrventile, Druckregler,...
  - Betankungsnippel für 350bar GH2

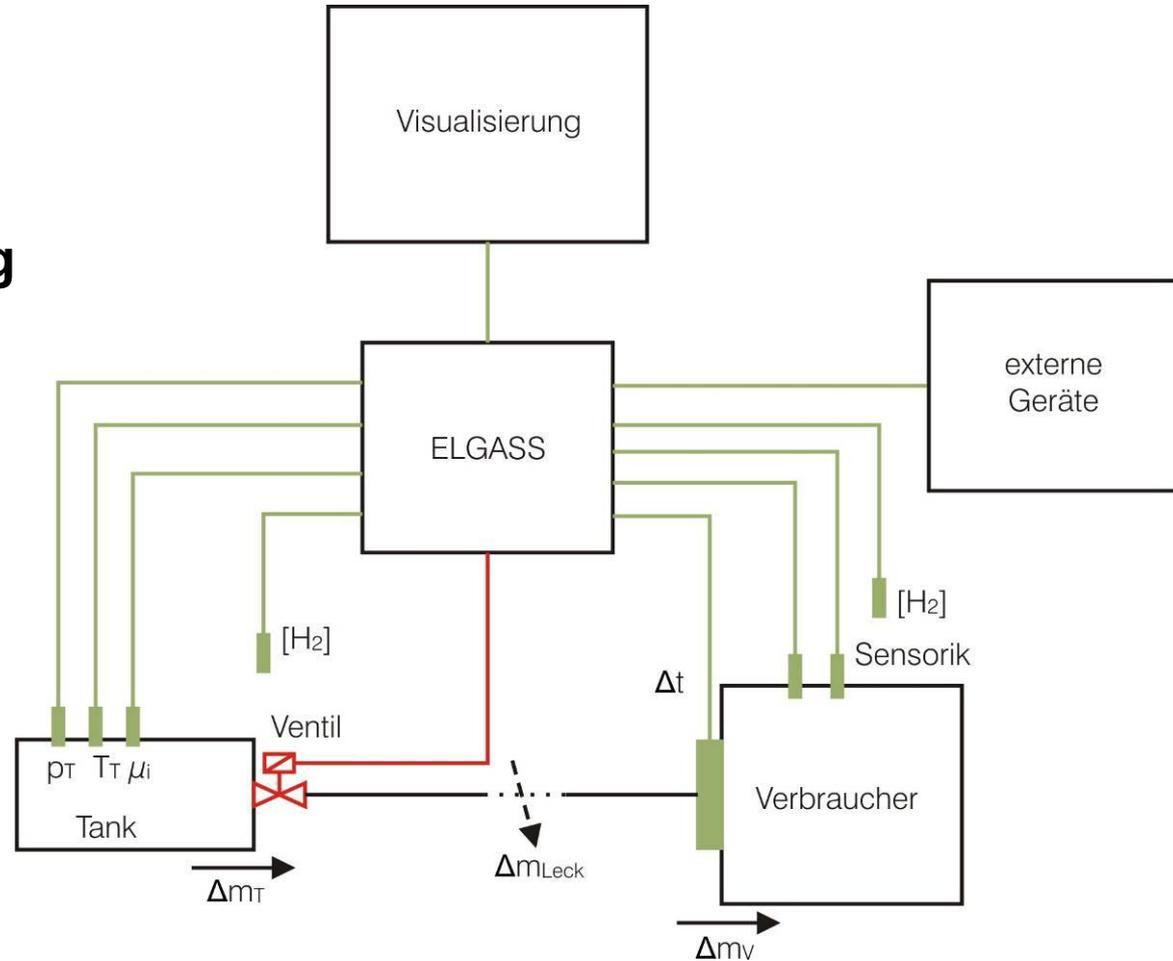


# Adaption des Fahrzeuges

## Elektronisches Gas Sicherheitssystem (ELGASS)

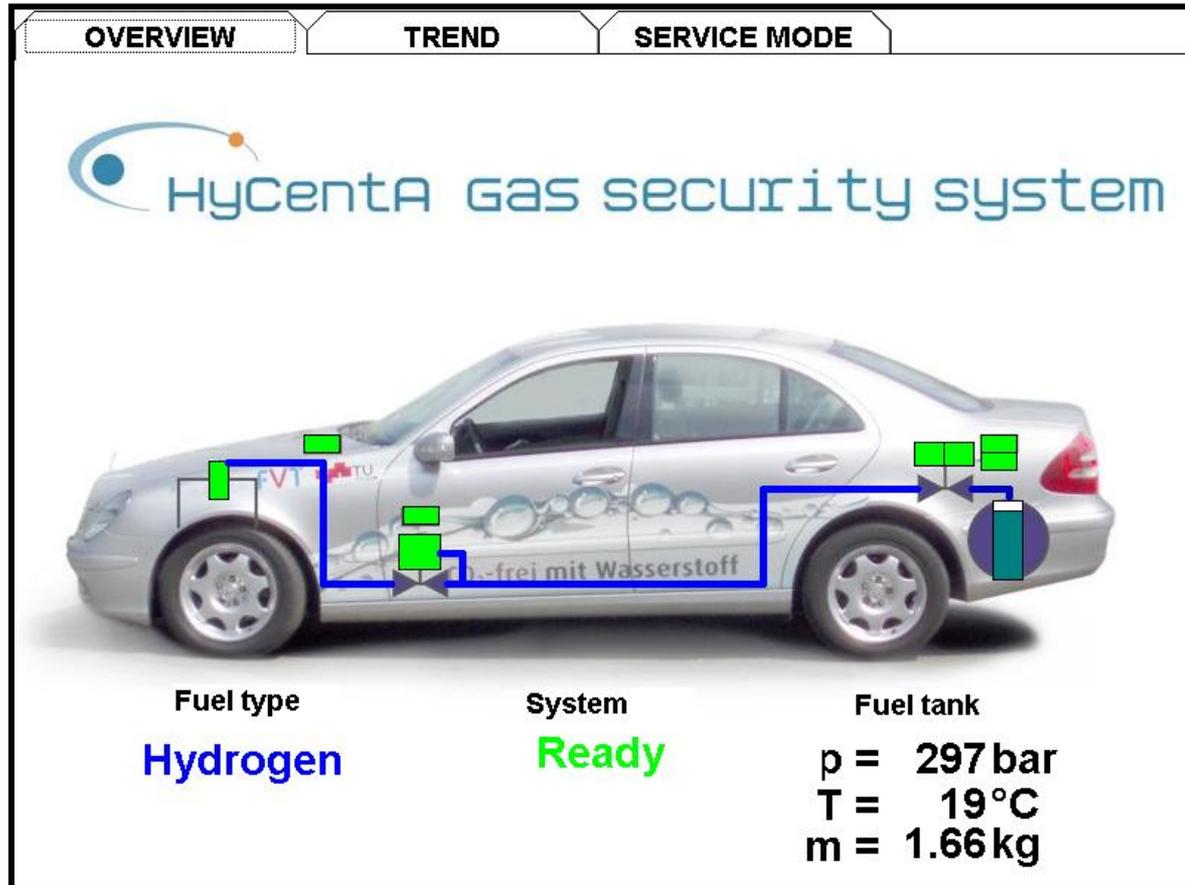
### Funktionen:

- Umschaltsteuerung
- Füllstandsberechnung
- Redundante Leckage-detektierung
- Visualisierung des Systemstatus
- Messdatenerfassung
- Einleitung von Notaus-Maßnahmen



# Adaption des Fahrzeuges

## ELGASS: Visualisierung des Systemstatus



- **Konstruktion und Ausführung des multivalenten Gasfahrzeuges in Anlehnung an**
  - Einzelverordnung (EG) Nr. 79/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Jänner 2009 über die Typengenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen und
  - Erdgasrelevante Regelwerke: ÖVGW G95 (ECE-R-110 u. 115)
- **Sept. 2009: TÜV-Abnahme durch TÜV Austria Automotive**
- **Okt. 2009: Abnahme des Fahrzeuges durch die Fachabteilung 17B – Kraftfahrwesen und Sicherheitsdienst**
- **Okt. 2009: Ausstellung des Einzelgenehmigungsbescheids**
  - Rechtsgrundlage §28 und §34 des Kraftfahrgesetzes 1967, BGBl. Nr. 267/1967 i.d.g.F.

# Pressepräsentation

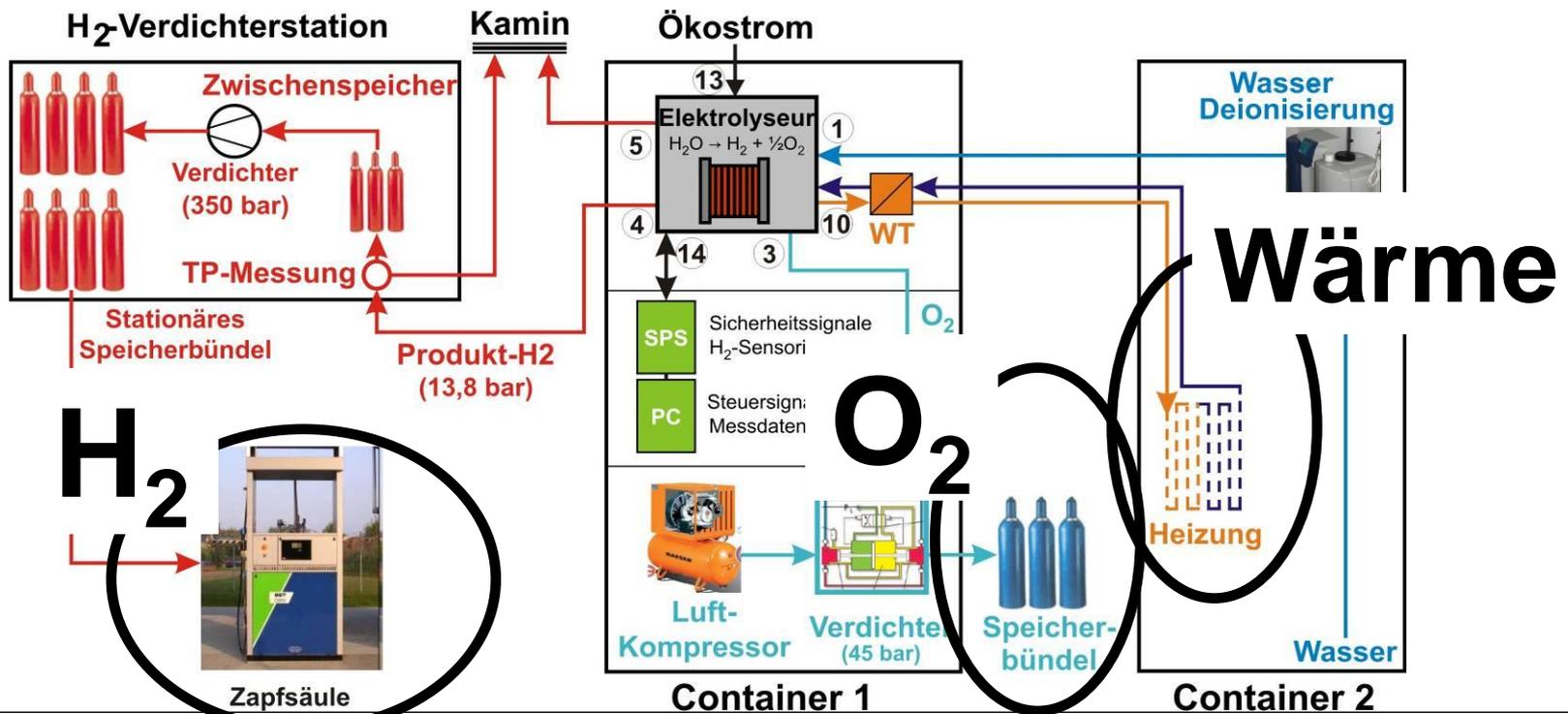
4. November 2009



# Gradueller Aufbau von H<sub>2</sub>-Erzeugung

Beispiel: Elektrolyse mit Ökostrom am HyCentA

- Dezentrale Produktion von Wasserstoff
- mit Ökostrom auf Basis von Sonnen-, Wasser- und Windenergie
- höchste Energieeffizienz durch Kopplung von H<sub>2</sub>-Erzeugung, Wärme- und Sauerstoffnutzung



# H<sub>2</sub>NG: Motivation

Der Weg zu CO<sub>2</sub>-freier Mobilität mit reinem Wasserstoff

## H<sub>2</sub>-Technologie heute



- ~~Probleme:~~
- Erzeugung
  - Infrastruktur
  - Kosten

## Zukünftig breiter Einsatz von H<sub>2</sub>-Technologie



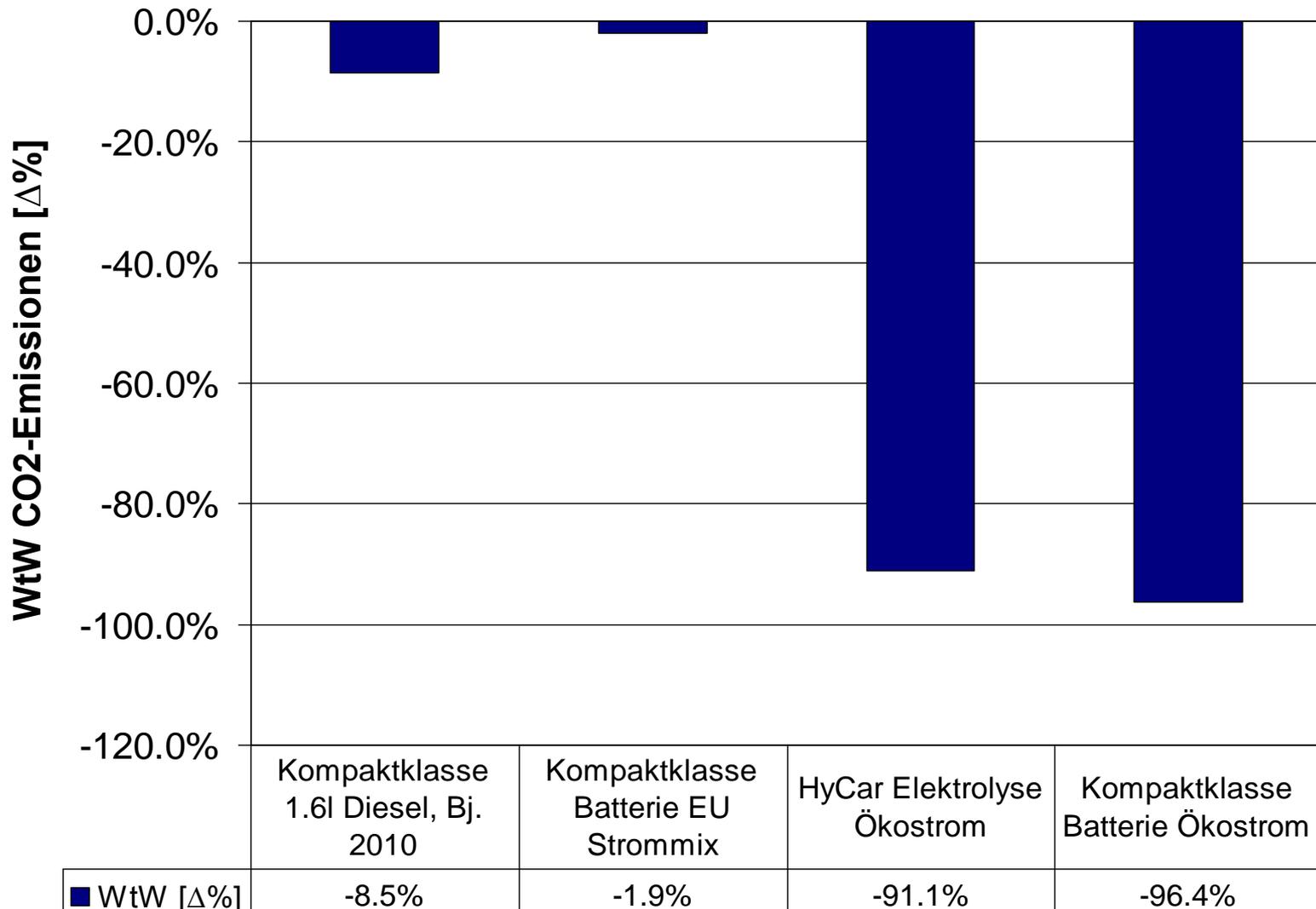
Quelle: www.netinform.net

## Lösungsansatz:

- Multivalente Fahrzeuge für variablen Erdgas/Wasserstoff Mischbetrieb

# CO<sub>2</sub>-Emissionen: Well to Wheel im NEFZ

Vergleichsbasis: Kompaktklasse 1.7l Diesel: 117gCO<sub>2</sub>/km Bj. 2000



- **Mischgase  $H_2 - CH_4$  weisen neben  $CO_2$ -Minderung günstige Eigenschaften für motorische Verbrennung auf**
  - Wirkungsgradpotential, Potential zur Emissionssenkung
  - Günstiges Vollastverhalten
  - Bessere Nutzbarkeit von Biogasen
- **„Multivalentes“ Versuchsfahrzeug wurde dargestellt und straßenzugelassen**
  - Adaptierung des Motors und neues Tanksystem
  - Eigenes elektronisches Gassicherheitssystem (HyCentA)
  - mit begrenztem Aufwand dargestellt
- **Einstiegsszenario und Brückentechnologie für Wasserstoff**
  - auf Basis kostengünstiger und ausgereifter Technologie
  - graduell möglich, z.T. Infrastruktur vorhanden
  - Reichweitenvorteil vs. reinem Wasserstoff

# Mitsubishi Evo IX

## Bivalentes Wasserstoff / Benzin Fahrzeug



# CO<sub>2</sub>-freie Mobilität mit einem multivalenten Fahrzeug für variablen Erdgas/Wasserstoff-Mischbetrieb

helmut.eichlseder@tugraz.at

klell@hycenta.at

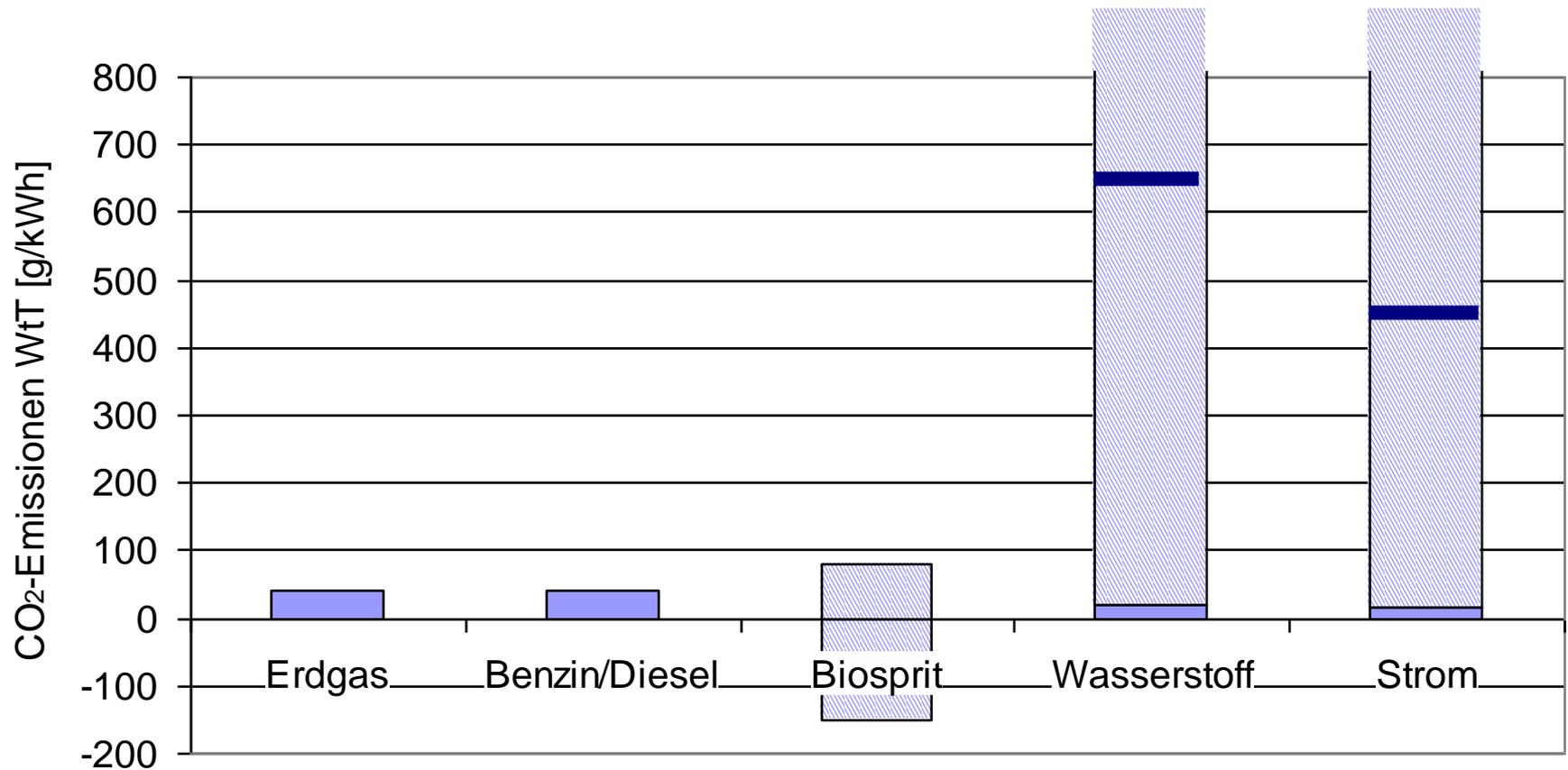
leitner@ivt.tugraz.at

sartory@hycenta.at

HYCAR-Projektpartner: FVT, HyCentA, Steirische Gas Wärme GmbH, Linde Gas GmbH und Continental Automotive AG (vormals Siemens VDO)

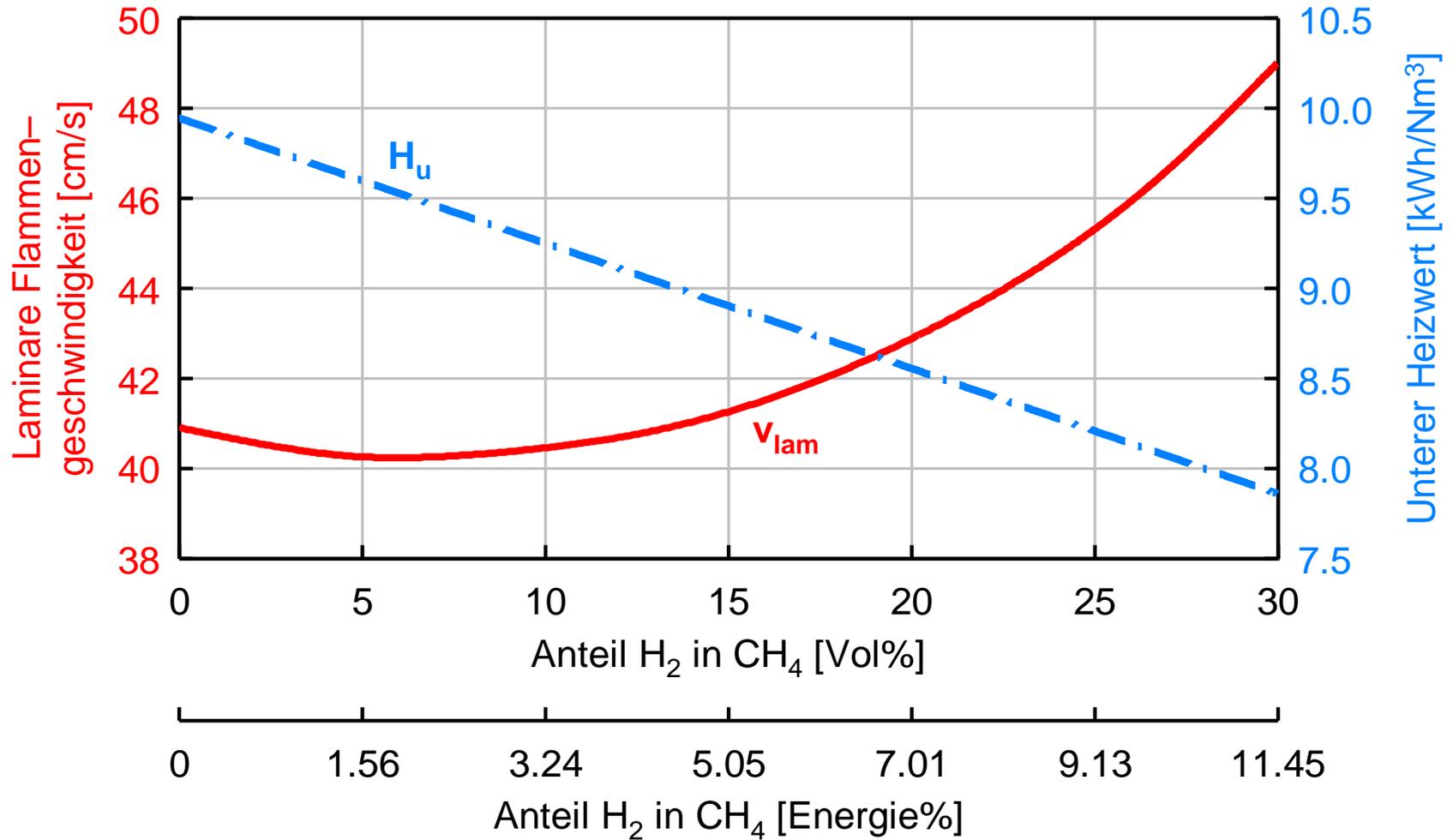
# CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Well to Tank



# Flammengeschwindigkeit

## Wasserstoff in Methan



# Motivation

## Eigenschaften Gemischbildungungsverfahren

### ■ Verbrennungskraftmaschine

→ (anteilige) Absenkung der Emissionen von  $\text{CO}_2$ , entsprechend  $\text{H}_2$ - und/oder Biogasanteil

#### Annahmen:

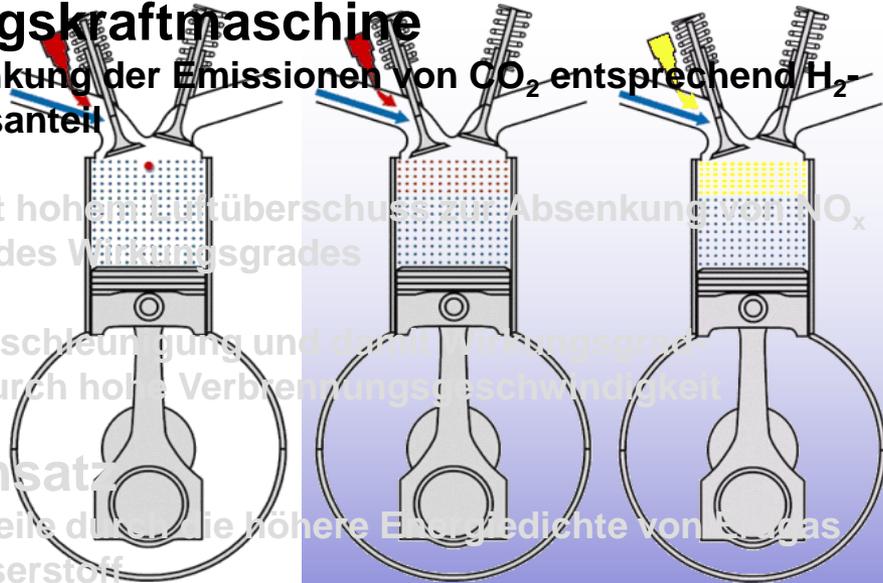
$\lambda = 1$  und Steigerung des Wirkungsgrades

$\lambda_a = \text{konst.}$

$\eta_e = \text{konst.}$

$n = \text{konst.}$

$V_H = \text{konst.}$



### ■ Fahrzeugeinsatz

→ Reichweitenvorteile durch die höhere Energiedichte von Erdgas gegenüber Wasserstoff

Kraftstoff	Benzin	Wasserstoff	Erdgas
Gemischbildung	Saugrohr	Saugrohr	Saugrohr
Gemischtemperatur [K]	293	293	293
Gemischheizwert [MJ/m <sup>3</sup> ]	3.59	2.97	3.40
Vollaspotenzial [%]	100	83	90

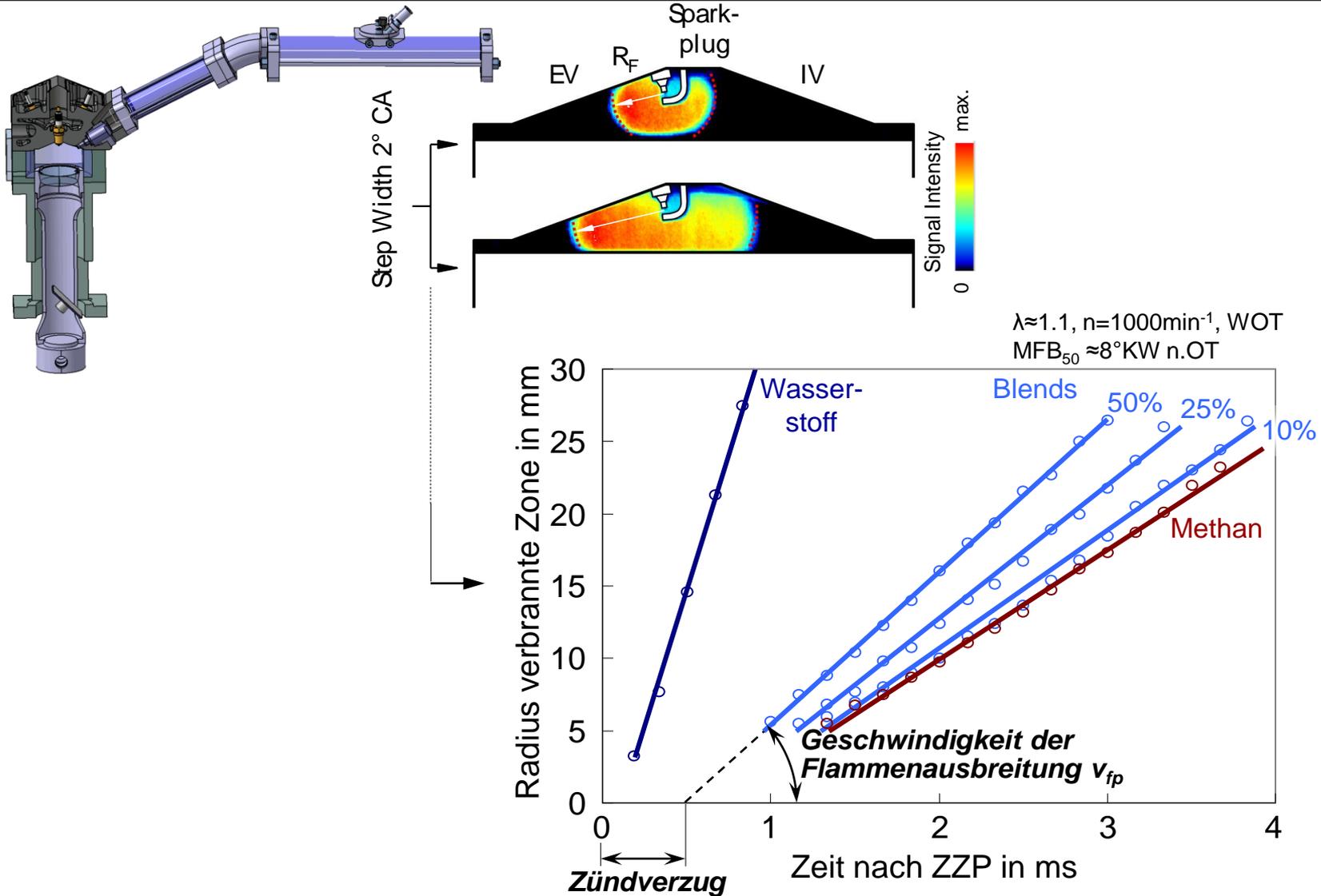
→ Brückenfunktion von CNG zu  $\text{H}_2$  bezüglich Konsumentenverhalten und Infrastruktur

# BLEND

→ Mögliche graduelle Einführung einer regenerativen  $\text{H}_2$ -Erzeugung

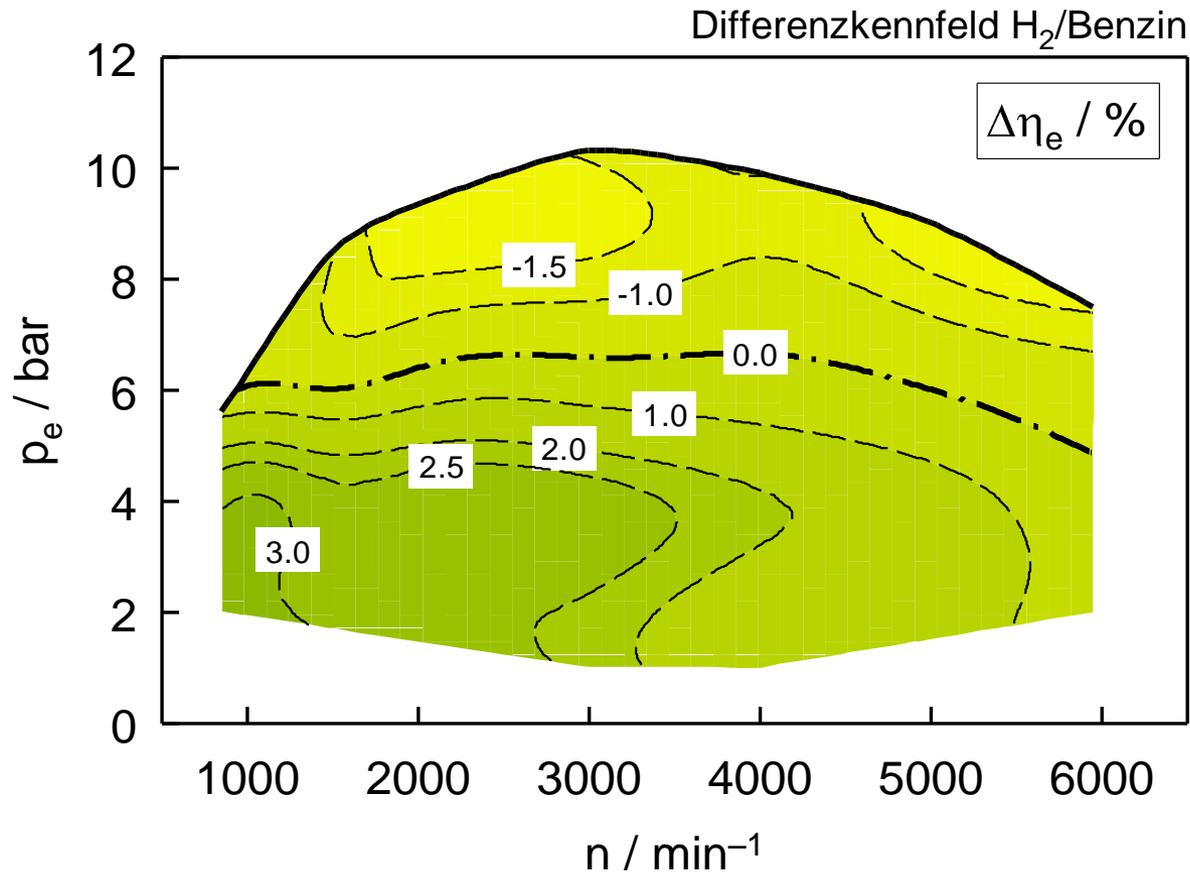
# Experimentelle Untersuchungen

## Transparentmotor



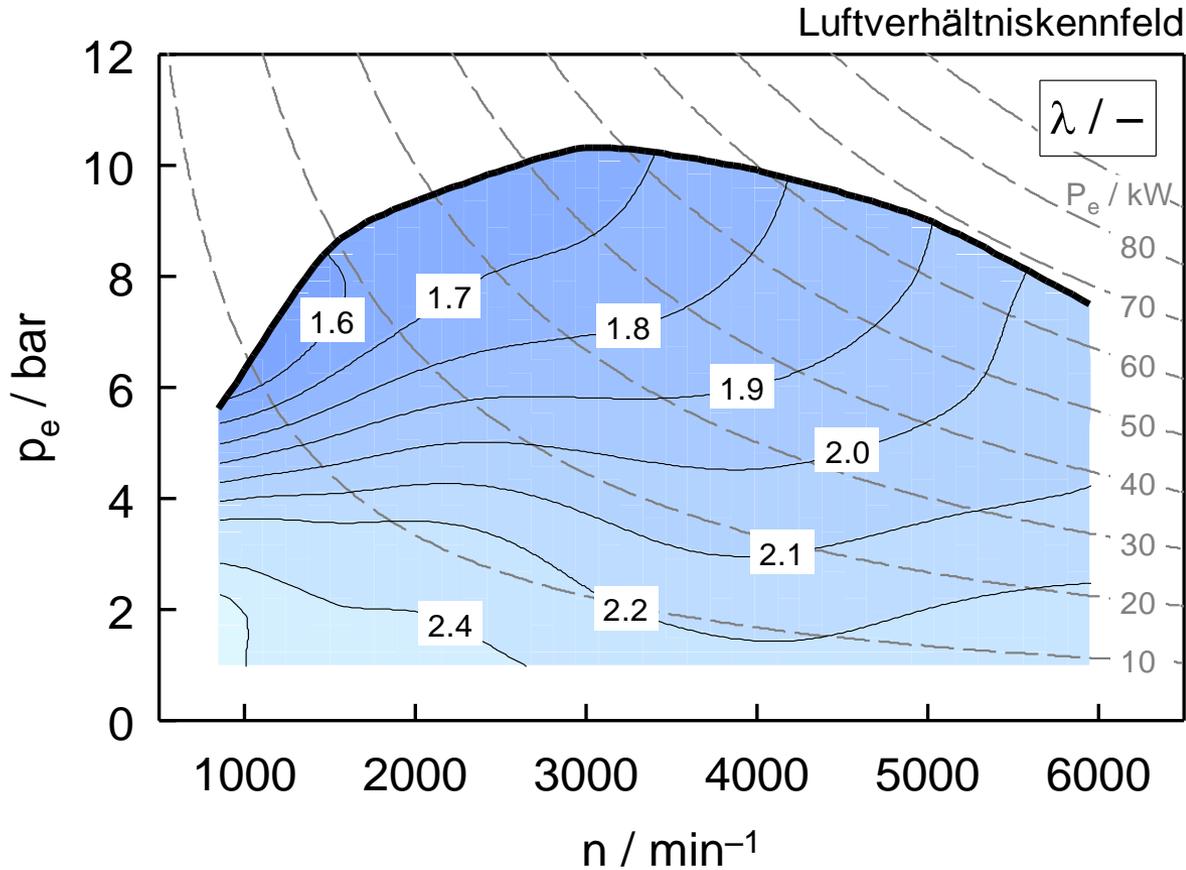
# Adaption des Motors

## Versuchsergebnisse



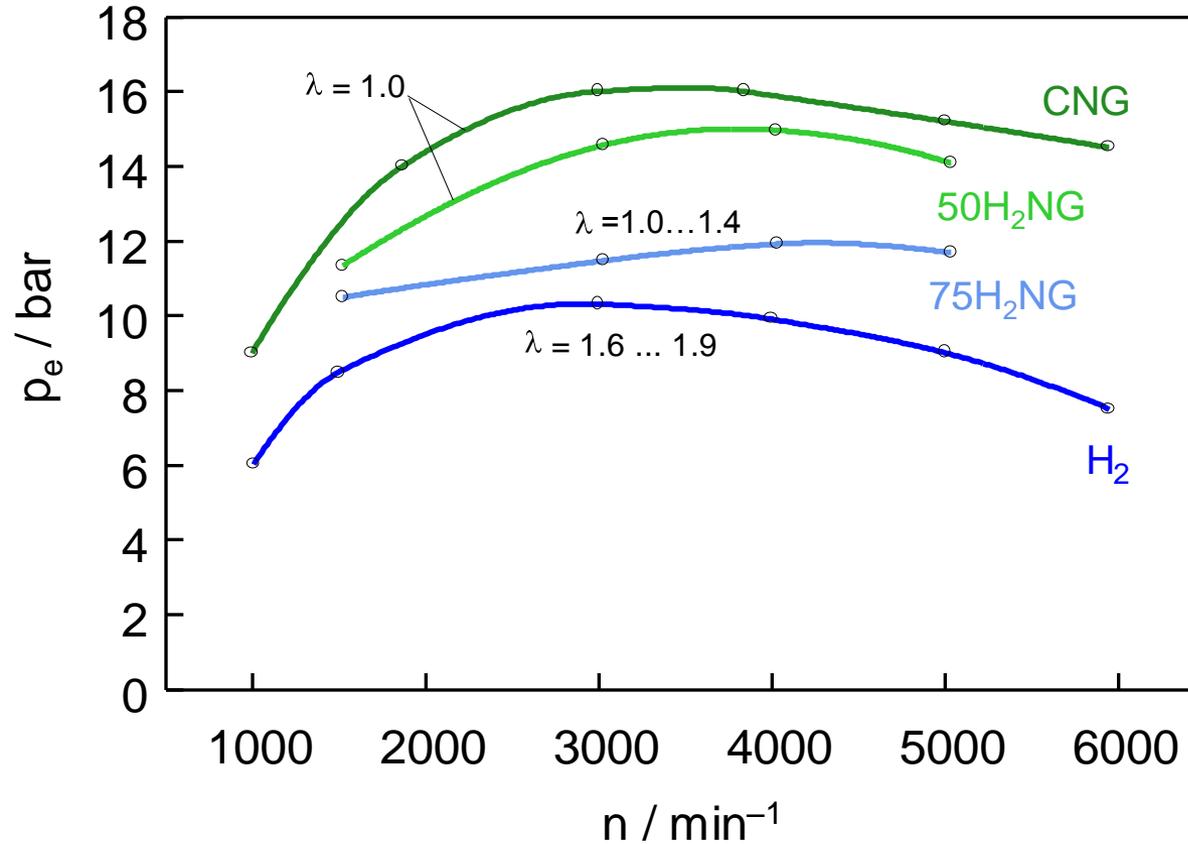
# Adaption des Motors

## Versuchsergebnisse Wasserstoffbetrieb



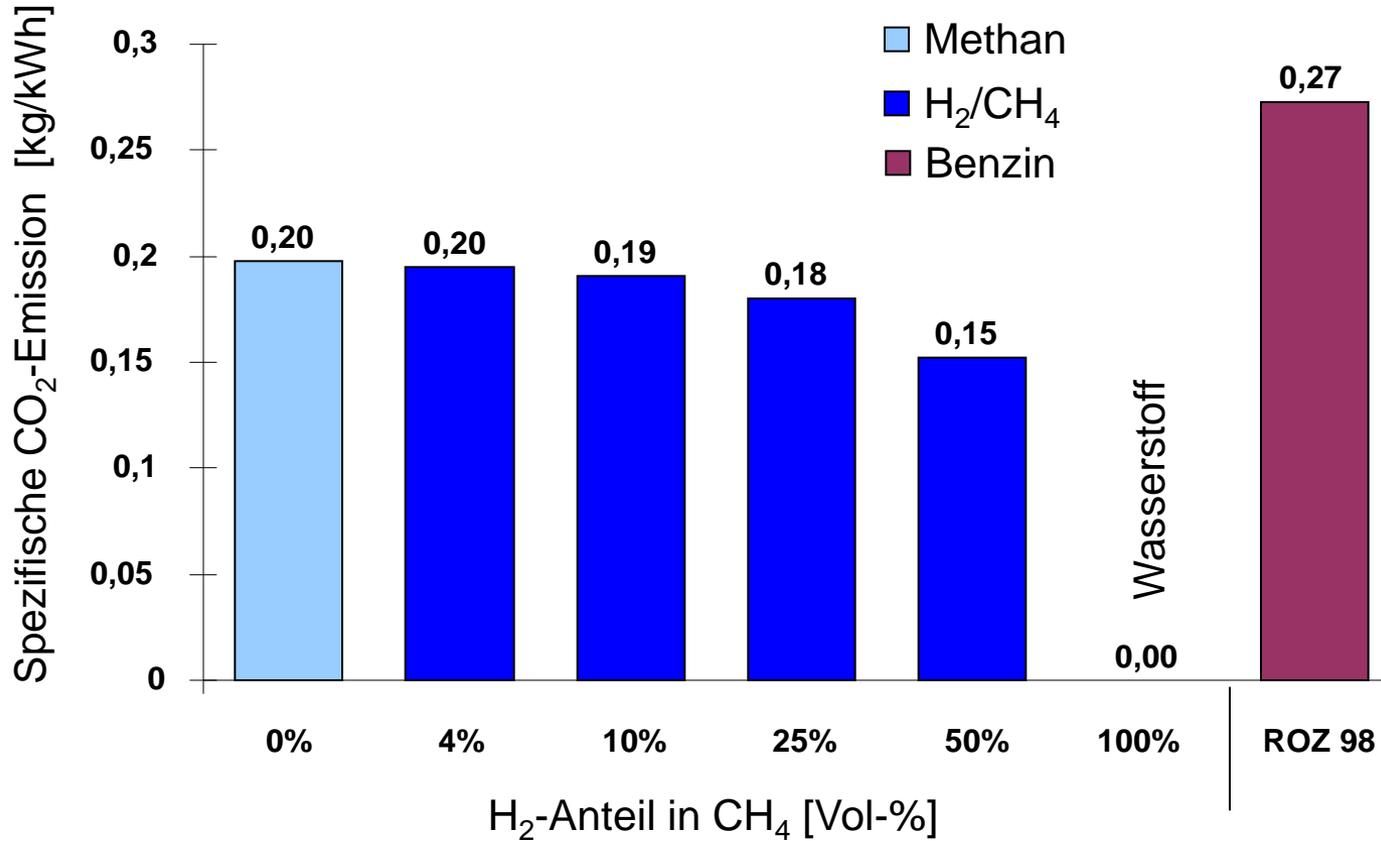
# Adaption des Motors

## Volllastpotenzial



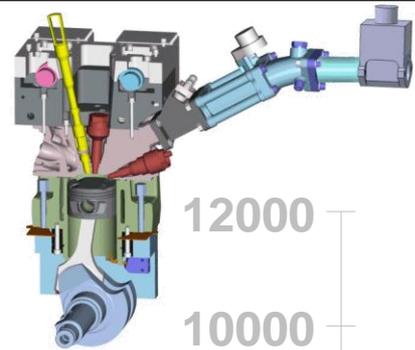
# Eigenschaften von H<sub>2</sub>NG

## CO<sub>2</sub>-Emissionen



# Experimentelle Untersuchungen

## Emissionen und Wirkungsgrad



$n=2000\text{min}^{-1}$ ,  $p_i=6\text{bar}$ ,  $\text{MFB}_{50} \sim 8^\circ\text{KW n.OT}$

