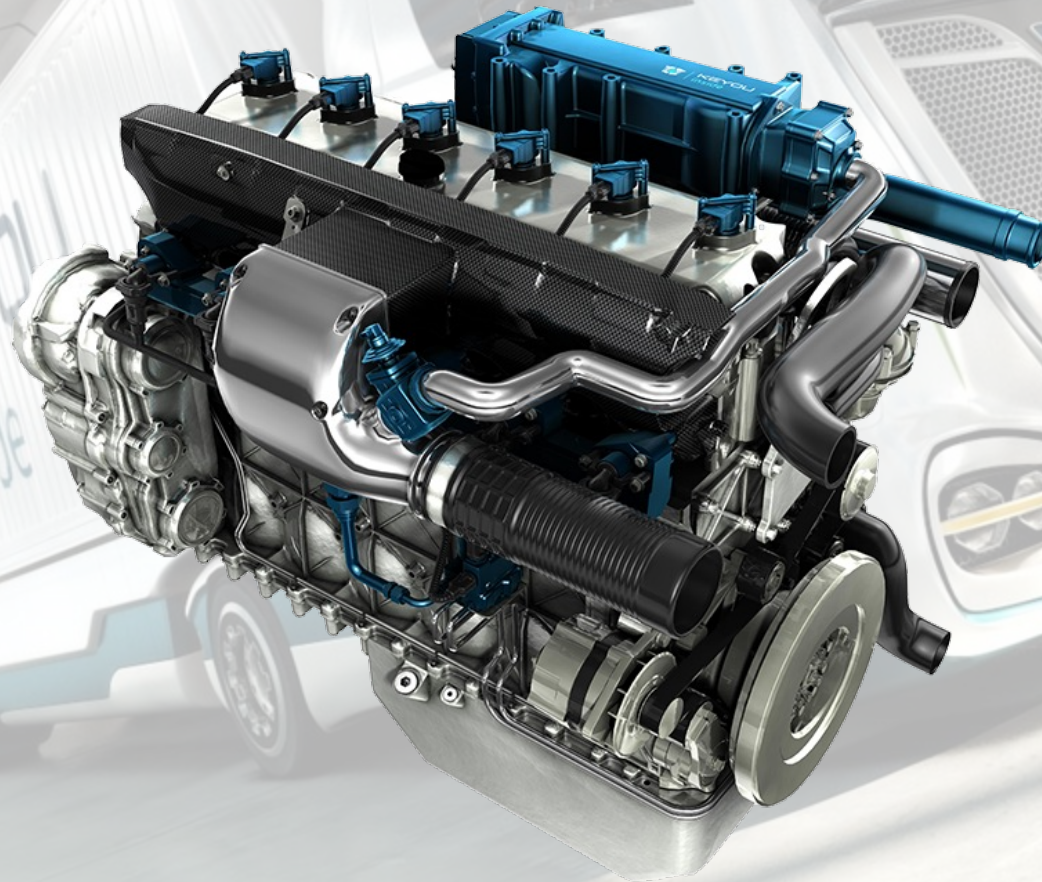


Der Wasserstoffmotor als moderne und effiziente Antriebstechnologie für Nutzfahrzeuge



Co-funded by the Horizon 2020 programme of the European Union



Federal Ministry for Digital and Transport



Sponsored by

Bavarian Ministry of Economic Affairs, Regional Development and Energy

Starkes Expertenteam & beeindruckende Traction



20+

Jahre Erfahrung

Unsere Gründer waren aktiv der Entwicklung und Markteinführung des weltweit ersten Rennwagens mit HICE-Antrieb im Jahr 2013 beteiligt

8

Patente

7 angemeldete Patente, 1 erteilt

70+

Engagierte Fachleute

Mit branchenführender Erfahrung und Kompetenz

44.5%

Weltrekord: Effizientester H2 Motor

Mit 44,5% Wirkungsgrad stellen wir aktuell den effizientesten Wasserstoffmotor

15+

Kunden, Lieferanten & Partner

Zahlreiche OEMs und führende Zulieferer aus der Automobilindustrie zählen zu unseren Partnern und Kunden

6

Auszeichnungen

Eine Award pro Jahr



GRÜNDER & MANAGEMENT



OLAF BERGNER

CFO

25 Jahre Finanzen Europa / Kanada (P7S1, Bertelsmann, ARBOmedia AG,)



THOMAS KORN

CEO, Co-Founder

13 Jahre BMW R&D Deutschland / USA
11 Jahre Start-Up Erfahrung



JÜRGEN NADLER

CMO

20 Jahre Business Consulting (u.a. BMW, Siemens, Telekom)



MARKUS SCHNEIDER

COO, Co-Founder

17 Jahre BMW Deutschland / USA / China / 5 Jahre Start-Up Erfahrung



ALVARO SOUSA

CTO, Co-Founder

8 Jahre BMW R&D Deutschland / USA / 11 Jahre Start-Up Erfahrung

Der weltweite Druck zur Dekarbonisierung erfordert emissionsfreie Antriebe

Wasserstoffmobilität im Schwerlastbereich – “the next big thing”



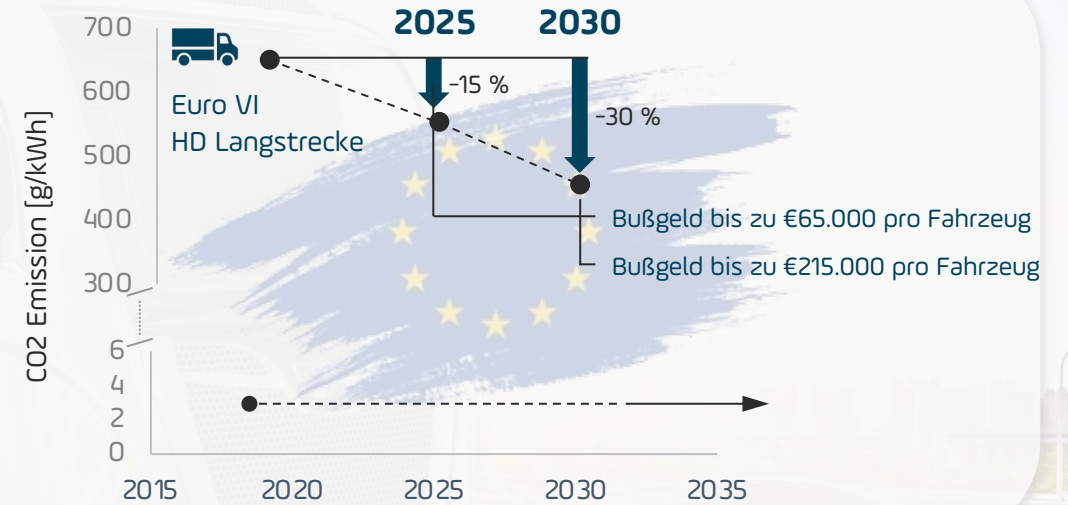
CO2 EMISSIONEN IM TRANSPORTSEKTOR

EU
25%

USA
23%

CHN
29%

Weltweit werden strengere CO2 Emissionsstandards für Schwerlastfahrzeuge auf den Weg gebracht



- ▶ Pro Jahr: - 1.5 % to -2 % CO2
- ▶ 2030: - 10 % to -25 % CO2



Wasserstoff in Verbrennungsmotoren erfordert ein perfekt abgestimmtes Gesamtsystem

Maximale Performance durch opt. Zusammenspiel aller H₂-Komponenten **KEYOU**

ZÜNDSYSTEM

Zündmodul & Zündkerzen: Spezifische Zündspannung und Zündenergie kombiniert mit den richtigen Zündkerzen.

SYSTEM ZUR H₂-DRUCKREGELUNG

Elektronisches Druckregelventil: Präzise Regelung über einen weiten Durchflussbereich mit schnellen Übergängen zwischen Nennleistung und Leerlauf.

EINBLASESYSTEM

Rail & Injektoren: Optimierter H₂-Einspritzvorgang mit bestmöglicher Gemisch-Homogenisierung im gesamten Kennfeld.

ECU MIT INTEGRIERTER H₂-SOFTWARE

Motorbetriebsstrategie: Kombiniertes qualitäts- und quantitativ geregelter Betrieb mit optimierter AGR-Betriebsstrategie.

KEYOU-inside System



Mit der KEYOU-Technologie werden konventionelle Dieselmotoren zu hochleistungsfähigen, emissionsfreien H₂-Motoren weiterentwickelt

VENTILSYSTEM

Ventile & Ventilsitze: Optimierte Werkstoffe zur Gewährleistung maximaler Lebensdauer bei fehlenden Schmiereigenschaften des Kraftstoffs.

KOLBENSYSTEM

Kolben & Kolbenringe: Optimierte Kolben- und Kolbenringauslegung für hohe Gemisch-Homogenisierung, Vermeidung von Verbrennungsanomalien

SYSTEM ZUR ABGASRÜCKFÜHRUNG

Kühler & Ventil: hohe Kühlleistung und exakte Regelung der AGR-Rate.

AUFLADESYSTEM

Turbolader: spezifische Auslegung infolge geringer Abgasenthalpie für hohe Aufladegrade und hohes Low-end Torque.

+ ABGASNACHBEHANDLUNG



Vorteil Endkunde: KEYOU hat bereits heute das **Know-how & die Expertise**, welche **Komponenten wie am besten als Gesamtsystem** wirken (=KEYOU-inside)



VORTEILE BEIDER TECHNOLOGIEN

Reichweite

Betankungszeit



Kraftstoffeffizienz

Kosten (TCO)



Wasserstoff-Reinheit (99.999 %)



Hoher Kühlungsbedarf



Time to market



Lebensdauer



UNTERSCHIEDE



Äquivalent zu Diesel



Wasserstoff-Reinheit (98 %)



Geringerer Kühlungsbedarf



Kürzere Time-to-Market



Äquivalent zu Diesel

	Diesel (Euro VI)	KEYOU (Zielwerte)	KEYOU (Aktuelle Werte)
CO ₂ [g/kWh]	1.000	0,08	0,5
NOx [g/kWh]	0,46	0,046	0,12
PM* [g/kWh]	0,01	0,002	0,009
THC** [g/kWh]	0,16	0,01	0,05
CO [g/kWh]	4	0,01	0,01

Gesetzl. Vorgaben

* Particulate Matter
** Volatile organic substances such as hydrocarbons

EU Definition für "ZERO EMISSION heavy duty vehicles":

< 1 g CO₂ / kWh

Moderne & umgerüstete H₂ Fahrzeuge mit KEYOU-inside

= 0,5 g CO₂ / kWh



REGULATION (EU) 2019/1242 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 20 June 2019

Zero-emission heavy-duty vehicle' means a heavy-duty vehicle without an internal combustion engine, or with an internal combustion engine that emits less than 1 g CO₂/kWh as determined in accordance with Regulation (EC) No 595/2009 and its implementing measures, or which emits less than 1 g CO₂/km as determined in accordance with Regulation (EC) No 715/2007



Bestandsfahrzeuge

RETROFIT & MEHR

Ausgereiftes und effizient produziertes Dieselfahrzeug als Ausgangspunkt für neues Produkt

Kosteneffiziente Umrüstung von Diesel auf Wasserstoff



DIESELFAHRZEUG

Standard



RETROFIT



Schnelle Integration
Hohe Leistung
Hohe Anwendbarkeit



NÄCHSTE GENERATION

€ / km

Gleicher Kundennutzen

- Gesamtnutzen
- Fahrreichweite
- Lebensdauer
- Alltagstauglichkeit
- Kosteneffizienz

2024
€ / km

2028
€ / km

Ausgereiftes und effizient produziertes Dieselfahrzeug als Ausgangspunkt für neues Produkt
Kosteneffiziente Umrüstung von Diesel auf Wasserstoff

DIESELMOTOR

DIESELTANK

Ausgereiftes und effizient produziertes Dieselfahrzeug als Ausgangspunkt für neues Produkt
Kosteneffiziente Umrüstung von Diesel auf Wasserstoff



H2 MOTOR

350 bar H2 TANK

Ausgereiftes und effizient produziertes Dieselfahrzeug als Ausgangspunkt für neues Produkt
Kosteneffiziente Umrüstung von Diesel auf Wasserstoff



H2 MOTOR

H2 Batterie
"next generation"

Der Wasserstoffmotor steht im Zentrum der Lösung Geplantes Angebot für Endkunden – H2 Mobility as a Service



H2 Mobility as a Service
€/km

Ziel: Komplettlösung zu dieseläquivalenten Gesamtkosten



Umrüstung
(Motor + Fahrzeug)



H2 Kraftstoff



SERVICE
(Komplettlösung für Kunde)

Service-Paket beinhaltet Service, Wartung & Reparatur



Ohne KEYOU-Service-Paket



Mit KEYOU-Service-Paket

WAS?

Voraussetzungen für Service, Wartung & Reparatur:

Fahrzeug-, Motor-
& H₂-System

- Anforderungen Werkstatt
- Handbuch Motormontage
- Serviceplan/Fahrplan & Checklisten
- Vollständiges Fahrzeug-Service-Handbuch

WANN, WO, WIE OFT UND WIE LANGE?

Drei unterschiedliche Service-Levels:

L1: Monatlich – ca. 5 h: Standzeit LKW ca. 1 Tag

- Basis-Service Fahrzeug @Flottenbetreiber

L2: Alle 4 Monate – ca. 8 h: Standzeit LKW ca. 1 Tag

- Haupt-Service Fahrzeug @Werkstatt

L3: Alle 6 Monate – ca. 1 Tag: Standzeit LKW ca. 1 Tag

- Full-Service Fahrzeug @ Werkstatt

HINWEIS: Alle Service-Levels werden von KEYOU-Ingenieuren begleitet!

Service-Paket beinhaltet Service, Wartung & Reparatur II

Service-Intervalle - Übersicht:



Detailübersicht Service Levels

L1: Monatlich – ca. 5 h

Grundlegende Fahrzeugwartung @Fuhrparkbetreiber*:

- Visuelle Inspektion des Motors
- Motorölstand prüfen
- Überprüfung des Zündkerzenabstands
- H2-System Dichtheitsprüfung
- Visuelle Inspektion des Getriebes

L2: Alle 4 Monate – ca. 8 h

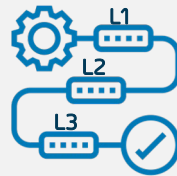
Detaillierte Fahrzeugwartung @ Werkstatt*:

- L1 Checkliste
- Wechsel von Motoröl und -filter
- Zylinderwartung (Kompressions- und Ventilspielmessung, Endoskopie...)
- H2-Sensoren zurücksetzen
- Wechsel von Getriebeöl und -filter (falls erforderlich)

L3: Alle 6 Monate – ca. 1 Tag:

Komplexe Fahrzeugwartung in der Werkstatt*:

- Pannentest
- Fahrwerk & Karosserie Service: Fahrtenschreiber-Prüfung
- H2-Sensoren Kalibrierung
- TÜV-Prüfung



*Beispiele

Arbeitspakete	L1	L2	L3
Allgemeine Motorinspektion	•	•	
Gesamtfahrzeuginspektion	•	•	
Gesamtinsp. des H2-Systems	•	•	
Detaillierte Motorwartung		•	
Detaillierte Fahrzeugwartung		•	
Detaillierte H2-Syst.-Wartung		•	
Komplettfahrzeugwartung			•



Pionierprogramm P8

18t LKW

Förderprojekte auf Entwicklungsseite für unterschiedliche Anwendungen

KEYOU gefördert durch
EU – European Innovation Council



Co-funded by the Horizon 2020 programme of the European Union

- ◆ **Projekt:** 09/2020 – 08/2022
- ◆ **Gesamtförderung:** 2,2 Mio. EUR
- ◆ **KEYOU-Förderung:** 2,2 Mio. EUR (gefördert: 1,6 Mio. EUR)
- ◆ **Beschreibung:** Entwicklung und Qualifizierung von Hardware- und Softwarekomponenten für einen H₂-Motor, der in einem 18-t-Lkw Demonstrationsfahrzeug auf Basis eines Daimler Actros eingesetzt werden soll.

18t LKW



KEYOU gefördert durch
Freistaat Bayern



Sponsored by

Bavarian Ministry of Economic Affairs,
Regional Development and Energy

- ◆ **Projekt:** 09/2020 – 02/2023
- ◆ **Gesamtförderung:** 2,5 Mio. EUR
- ◆ **KEYOU-Förderung:** 2,1 Mio. EUR (gefördert: MEUR 1,1 Mio. EUR)
- ◆ **Beschreibung:** Umrüstung eines Stadtbusses (basierend auf Solaris Urbino) mit HICE-Antriebsstrang und H₂-Speicher. Anwendung des H₂-Motors auf einen Mild-Hybrid-Antriebsstrang mit Prüfung unter realen Bedingungen.

12m Stadtbus



KEYOU gefördert durch
Deutsche Bundesregierung



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



- ◆ **Projekt:** 01/2021 – 06/2024
- ◆ **Gesamtförderung:** 23,4 Mio. EUR (gefördert: 14 Mio. EUR)
- ◆ **KEYOU-Förderung:** 1,6 Mio. EUR (gefördert: 1,1 Mio. EUR)
- ◆ **Beschreibung:** Entwicklung eines H₂-basierten Antriebssystem für Nutzfahrzeuge im mittleren Leistungsbereich und mit versch. Demonstratoren zu testen. Der HICE wird mit allen notwendigen Systemkomponenten ergänzt.

Unimog



KEYOU gefördert durch
Deutsche Bundesregierung



Federal Ministry
for Digital
and Transport



- ◆ **Projekt:** 01/2022 – 01/2026
- ◆ **Gesamtförderung:** 20 Mio. EUR
- ◆ **KEYOU-Förderung:** 8,3 Mio. EUR (gefördert: 5,8 Mio. EUR)
- ◆ **Beschreibung:** Entwicklung eines 13l-H₂-Motors für schwere Nutzfahrzeuge sowie Erprobung an zwei Demonstratoren (VOLVO). Erstmaliger Einsatz eines neuartigen Wasserstoff-Verbrennungsmotors mit Direkteinspritzung.

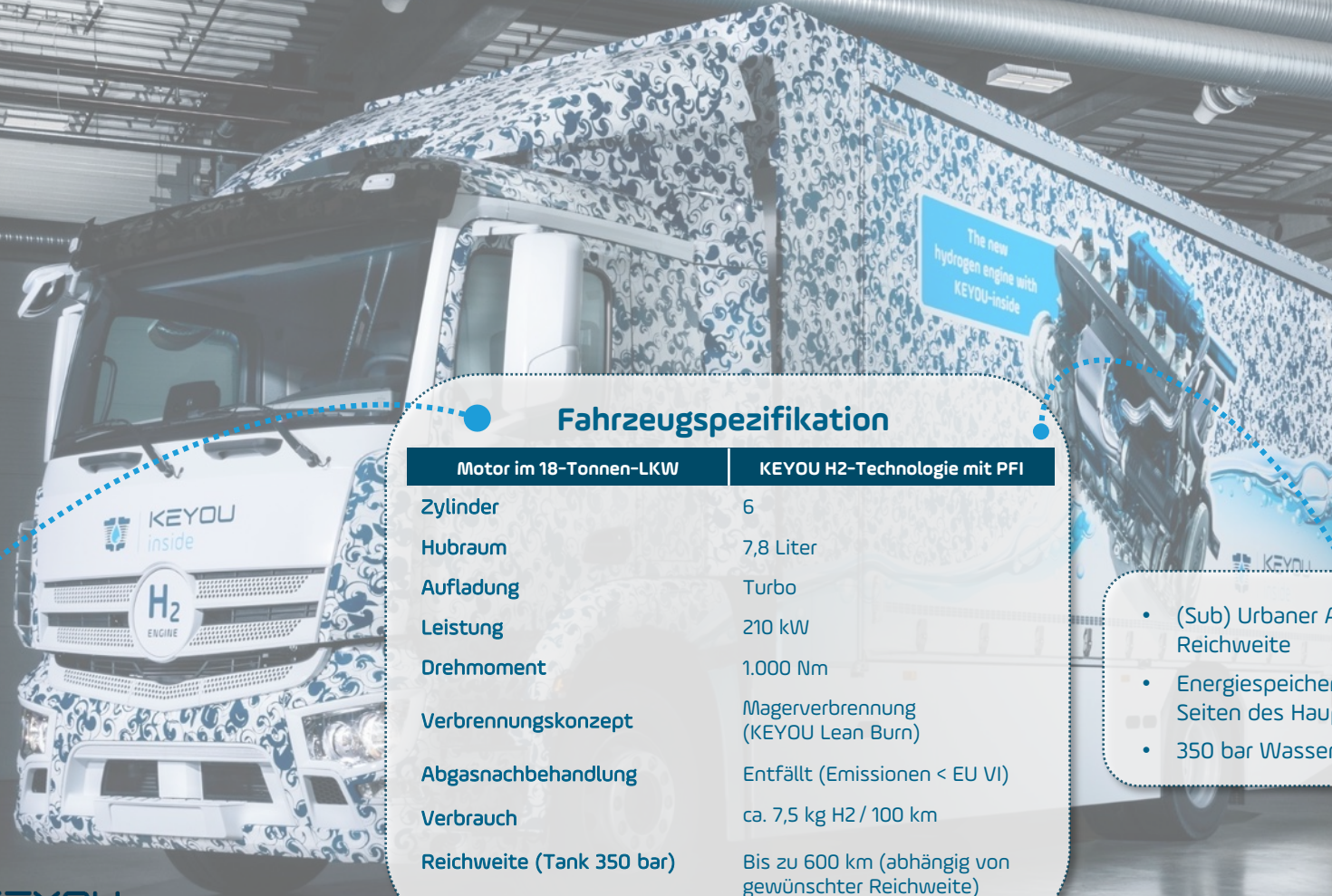
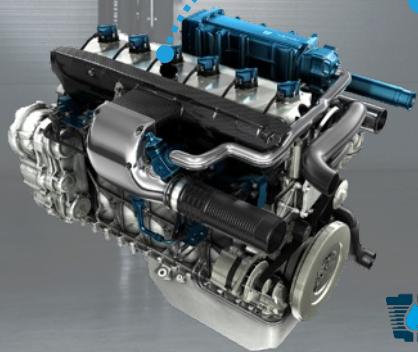
40t LKW





Weltpremiere IAA Transportation 2022: Präsentation der beiden Prototypfahrzeuge mit Wasserstoffmotor

Siehe auch KEYOU Pressemitteilung: [Hier klicken](#)



Fahrzeugspezifikation

Motor im 18-Tonnen-LKW	KEYOU H2-Technologie mit PFI
Zylinder	6
Hubraum	7,8 Liter
Aufladung	Turbo
Leistung	210 kW
Drehmoment	1.000 Nm
Verbrennungskonzept	Magerverbrennung (KEYOU Lean Burn)
Abgasnachbehandlung	Entfällt (Emissionen < EU VI)
Verbrauch	ca. 7,5 kg H ₂ / 100 km
Reichweite (Tank 350 bar)	Bis zu 600 km (abhängig von gewünschter Reichweite)

- (Sub) Urbaner Anwendungsfall: Mittlere bis lange Reichweite
- Energiespeicher hinter der Fahrerkabine und/oder an den Seiten des Hauptrahmens
- 350 bar Wasserstoff-Speichersystem



Erste erfolgreiche Testfahrten nach Fahrzeugaufbau

Ex-MAN Vorstand und Ex Rally Weltmeister testen KEYOU LKW



Holger Mandel

Christian Geistdörfer

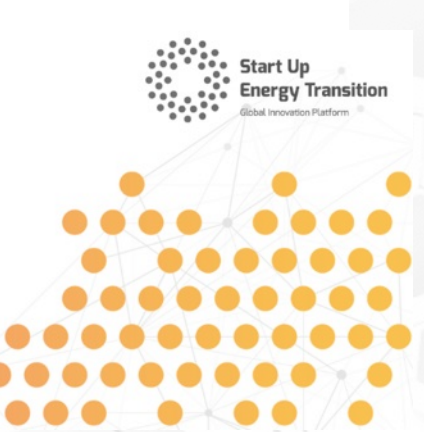
P8: Erste Auslieferungen Ende Q IV

Interesse, als Pionier durchzustarten?

Einfach E-Mail an: info@keyou.de – Betreff "Pionierkunde"

Follow us on   

www.keyou.de



KEYOU GmbH
Arnulfstraße 60
D-80335 Munich
Germany

Follow us:   



ANHANG

Politik & Technik

„The hydrogen engine is on its way“

Der Wasserstoffmotor ist in Industrie und Politik angekommen



ZERO EMISSION



Im Juni 2019 erklärte die Europäische Union, dass Wasserstoffmotoren eine von drei "emissionsfreien" Antriebstechnologien sind.

NATIONALE STRATEGIE



Seit Juni 2021 sind nicht nur Elektrofahrzeuge oder Brennstoffzellen, sondern auch H2-Motoren ein wesentlicher Bestandteil von Chinas Dekarbonisierungsstrategie.

AKTUELLE STUDIE



McKinsey erklärte: "Wasserstoffmotoren können bestehende Technologien nutzen [...], um das Wachstum der Wasserstoffinfrastruktur zu unterstützen."

ERSTE PKWs mit H2 Motor



Toyota entwickelt seit vier Jahren einen H2-Rennmotor, das Fahrzeug ging zuletzt auf die Rennstrecke; Ford hat in den USA ein Patent für ein Verbrennungsverfahren für einen H2 Motor angemeldet.

SERIEN PRODUKTION



Wie kürzlich in einer Pressemitteilung bekannt gegeben wurde, plant DEUTZ die Serieneinführung des H2-Motors für das Jahr 2024.

FAHRZEUG- UND MOTOR OEMS



Der H2-Motor ist kein Nischenprodukt mehr. Mehrere OEMs haben angekündigt, dass sie mit der Entwicklung begonnen haben.

ZULIEFERER



Für Zulieferer sind H2-Anwendungen wichtiger denn je. In Zusammenarbeit mit KEYOU werden H2-Komponenten entwickelt.

MOTOR SERVICE DIENSTLEISTER



Für das Jahr 2020 haben namhafte Motor Service Dienstleister angekündigt, dass sie H2-Motoren für verschiedene Anwendungen entwickeln.



RICHTLINIE (EU) 2019/1161 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Juni 2019

'**zero emission heavy-duty vehicle**' means a heavy-duty vehicle without an internal combustion engine, or **with an internal combustion engine that emits less than 1 g CO₂/kWh** as determined pursuant to Regulation (EC) No 595/2009 and its implementing measures, or which emits less than 1 g CO₂/km as determined pursuant to Regulation (EC) No 715/2007 and its implementing measures;"

Das HyCET-Projekt: Förderbescheid mit 5 Jahren Anlauf

PROJEKT-STECKBRIEF

HyCET Hydrogen Combustion Engine Trucks

BMDV Bundesministerium für Digitales & Verkehr

Investitionsvolumen 19,5 Mio. EURO

Gesamte Fördersumme 11,3 Mio. EURO

Konsortium

BMW (Konsortialführer), Volvo / KEYOU (40t LKW),
DEUTZ (18t LKW), DHL, Total,



DANIELA KLUCKERT
Parlamentarische Staatssekretärin BMDV



Durch das von uns geförderte Projekt HyCET wird eine Technologiebewertung des Wasserstoffverbrennungsmotors im schweren Güterverkehr vorgenommen. Die gewonnenen Ergebnisse im Praxisbetrieb tragen damit zum Technologiewettbewerb alternativer Antriebe in der Logistik bei.



WASSERSTOFFVERBRENNUNGSMOTOR ALS ALTERNATIVER ANTRIEB (NOW)

Erst kürzlich veröffentlichte die NOW eine interessante Studie zum Wasserstoffmotor. Neben vielen lesenswerten Erkenntnissen, sticht vor allem das Fazit der Studie heraus:



Zusammenfassend ist der Wasserstoffmotor eine funktionale und umsetzbare Antriebstechnologie. Damit hat er das Potenzial zum alternativen Antrieb.

Aktuell keine Förderung auf Endkundenseite (geplant) – Warum?

Es existieren zahlreiche Programme für die Förderung der Mobilitätswende im Nutzfahrzeugbereich. Neubeschaffung und Umrüstung wird dabei in vielen Fällen gleichgesetzt. Status Quo „Fahrzeuge mit H2 Motor“:



Förderprogramme auf Bundesebene: Der H2-Motor spielt bei länderübergreifenden Programmen bislang keine Rolle und wird nicht explizit erwähnt.

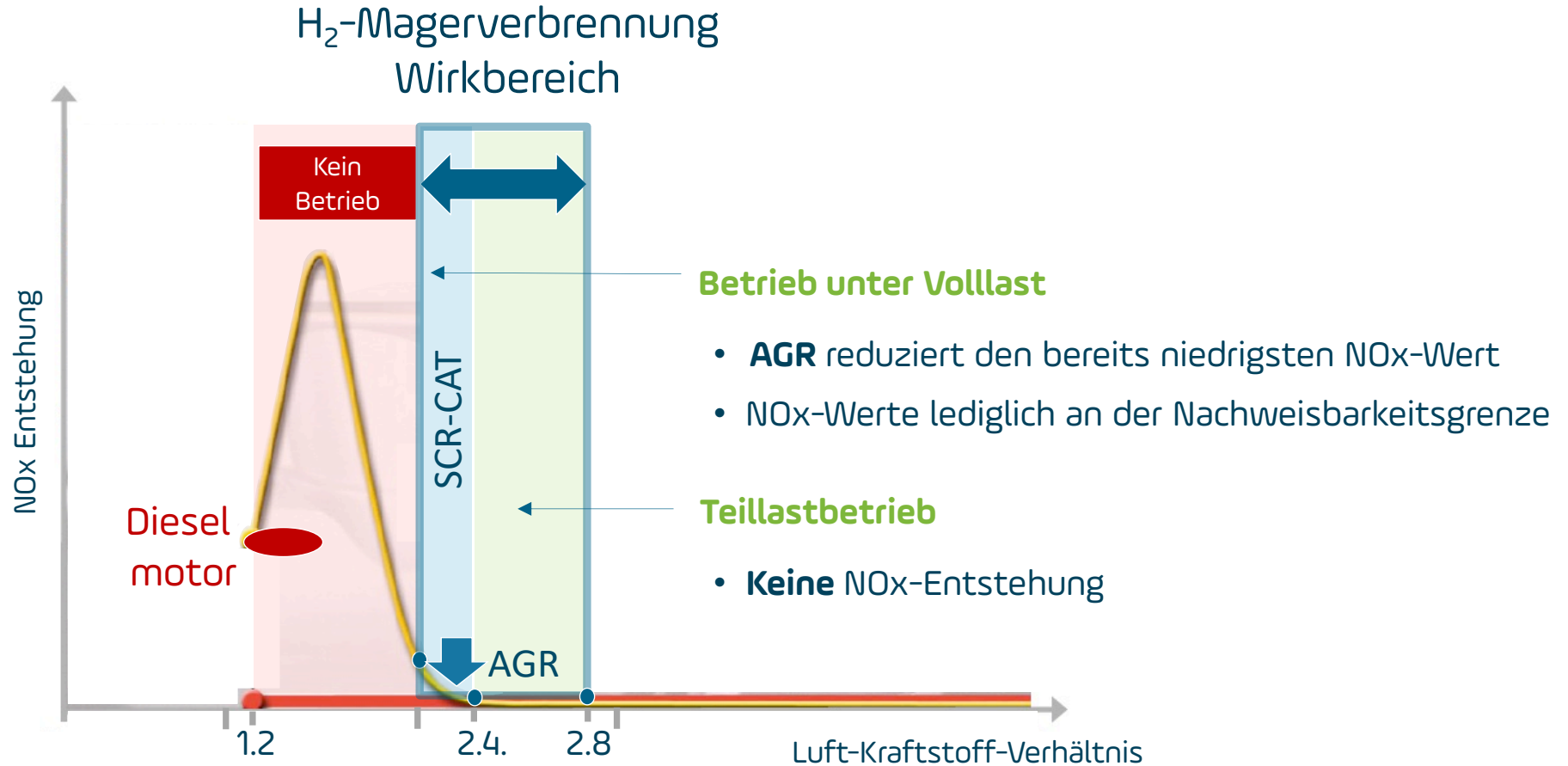


Förderprogramme auf Länderebene: Der H2-Motor wird auch hier nicht erwähnt. Allerdings sind einige Programme technologieoffen formuliert und lassen Auslegungsspielraum.

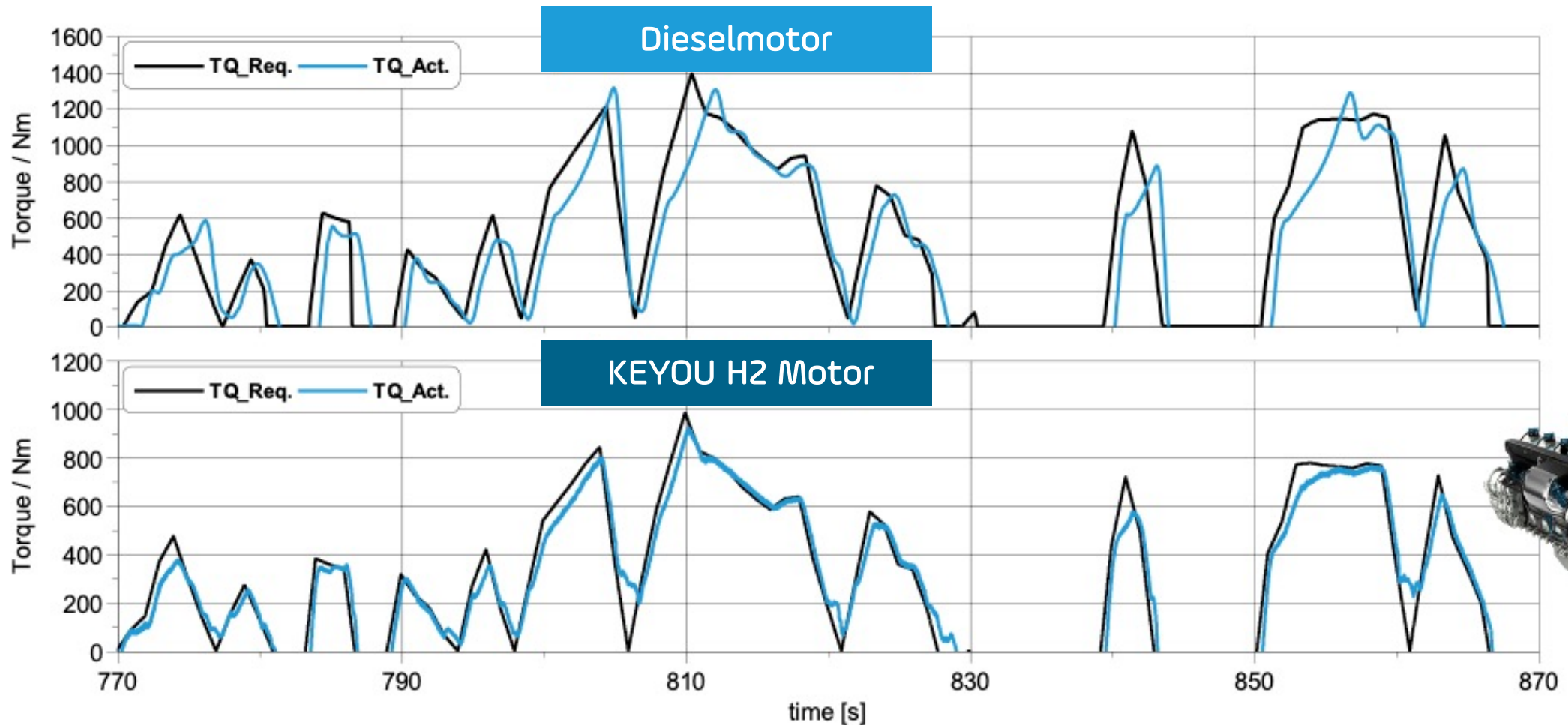


Ergebnis insgesamt: Der H2-Motor ist nach wie vor kein elementarer Bestandteil in Förderprogrammen (0 Treffer in Förderdatenbanken vs. 32 Treffer „Brennstoffzelle“).

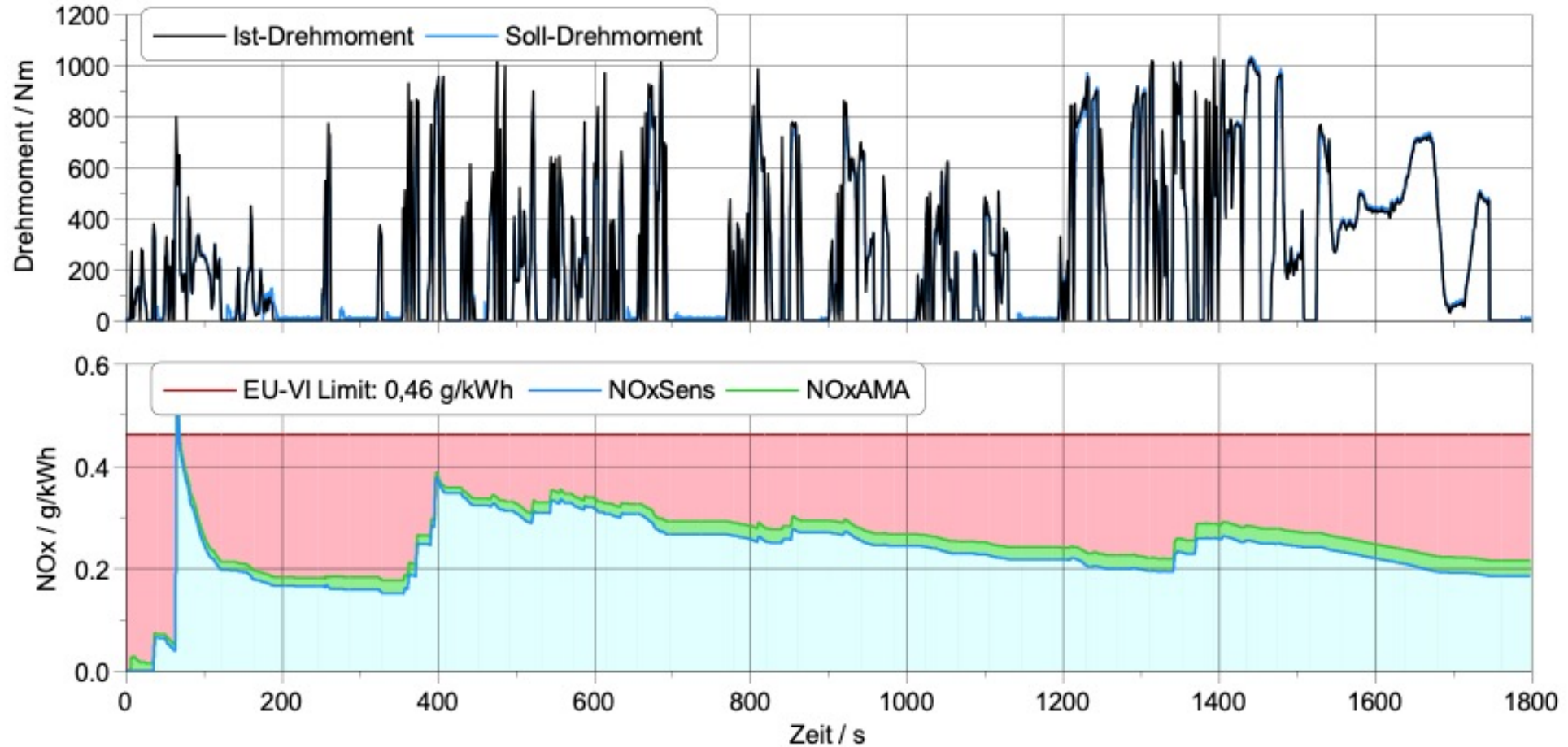
Entscheidendes Kriterium der Förderprogramme ist der Beitrag zum Klimaschutz, den eine Technologie leistet. Dieser ist nachweislich auch beim H2-Motor gegeben. Deshalb besteht hier Handlungsbedarf!



Dynamik des Wasserstoffmotors besser als Diesel



KEYOU H2 Motor ohne Abgasnachbehandlung deutlich unter Euro VI



Der Wasserstoffmotor für Neu- und Bestandsfahrzeuge als „Transformationsbeschleuniger“

Gute Argumente für den Einsatz des H2-Motors bei Nutzfahrzeugen



Vorteile der Technologie:

- Moderne Wasserstoffmotoren übertreffen Dieselmotoren hinsichtlich Wirkungsgrad
- Wasserstoffmotoren erfüllen die Zero Emission Anforderungen der EU-Gesetzgebung für Nutzfahrzeuge
- Fahrzeuge mit Wasserstoffmotoren emittieren keine für Menschen und Umwelt schädlichen Schadstoffe
- Wasserstoffmotoren können auf einer vorhandenen, ausgereiften Produktionsinfrastruktur, unabhängig von seltenen Erden und teuren Rohstoffen, kosteneffizient in Massen produziert werden
- Fahrzeuge mit Wasserstoffmotoren weisen den niedrigsten CO₂-Footprint im Lebenszyklus auf
- Fahrzeuge mit Wasserstoffmotoren können bereits heute wettbewerbsfähig zu Dieselfahrzeugen sein