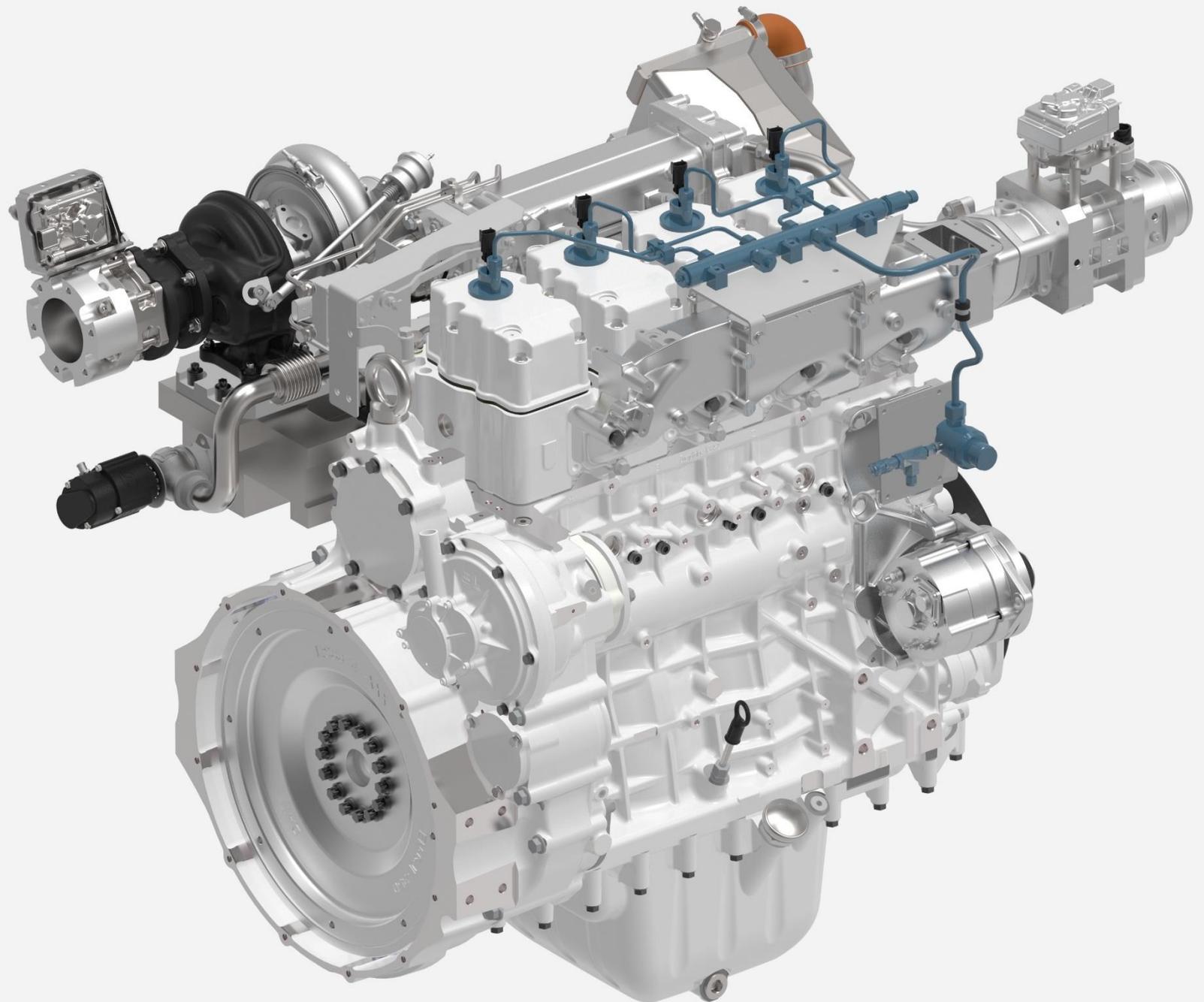

Wasserstoff motor

SSM-Fachtagung in Sursee
25. November 2021

LIEBHERR

Liebherr Machines Bulle



Agenda

- 1 Liebherr Produkte**
- 2 Liebherr Anwendungen und Einsatzorte**
- 3 Anwendungen mit Verbrennungsmotor**
- 4 Arbeitsbedingungen im Offroad-Sektor**
- 5 Klima-Neutralität in 2050**
- 6 Lösungen um Klimaneutralität „2050“ zu erreichen**
- 7 Wasserstoffmotor**
- 8 Zusammenfassung**

Organisation – Sparten



Erdbewegung



Mining



Mobil Krane



Turm-Drehkrane



Mischtechnik



Maritime Krane



Verzahntechnik



Luftfahrt und
Verkehrstechnik



Komponenten



Hausgeräte



Hotels

Geschäftsbereiche der COT



Verbrennungsmotoren



Einspritzsysteme



Hydraulikkomponenten



Großwälzlager



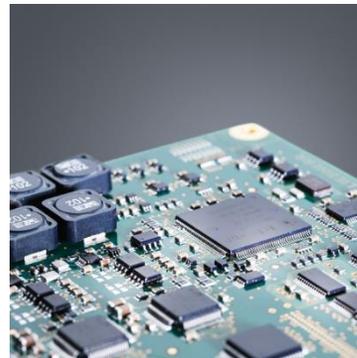
Getriebe & Seilwinden



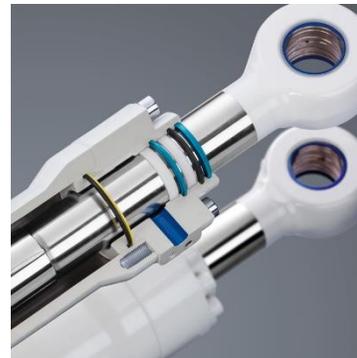
Elektrische Maschinen
und Steuerungstechnik



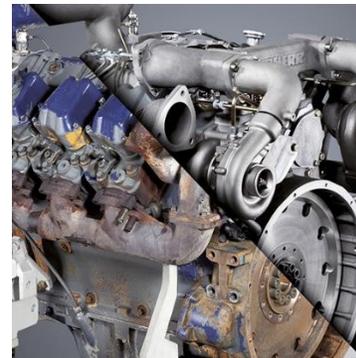
Elektronik – Hard-
und Software



Luftfahrt Elektronik



Hydraulik Zylinder



Remanufacturing



Antriebssysteme

Liebherr Machines Bulle SA



Zahlen und Fakten

- Ort: Bulle, Schweiz
- Gründung: 1978
- Anzahl Mitarbeiter: 1,500
- Gesamtfläche: 188,100 m²
- Umsatz 2019: CHF 457 Mio. (€ 408 Mio.)

Produkte

- Diesel Verbrennungsmotoren
- Gas Motoren
- Hydraulik Pumpen und Motoren
- Verteilergetriebe

Aktuelle Einsatzbereiche der Liebherr Diesel Motoren



Crawler excavators 20-100t



Crawler tractors 12-60t



Duty cycle excavators



Wheeled excavators 20-200t



Mobile construction cranes



Harbour mobile cranes



Mining excavators 100-150t



Pipelaying machines



Mobile cranes <1200t



Crawler cranes <300t



Reachstackers



Ship & offshore cranes



Wheel loaders



Articulated trucks



Racing trucks



Agricultural machines



Material handling excavators



Generator sets



Trucks

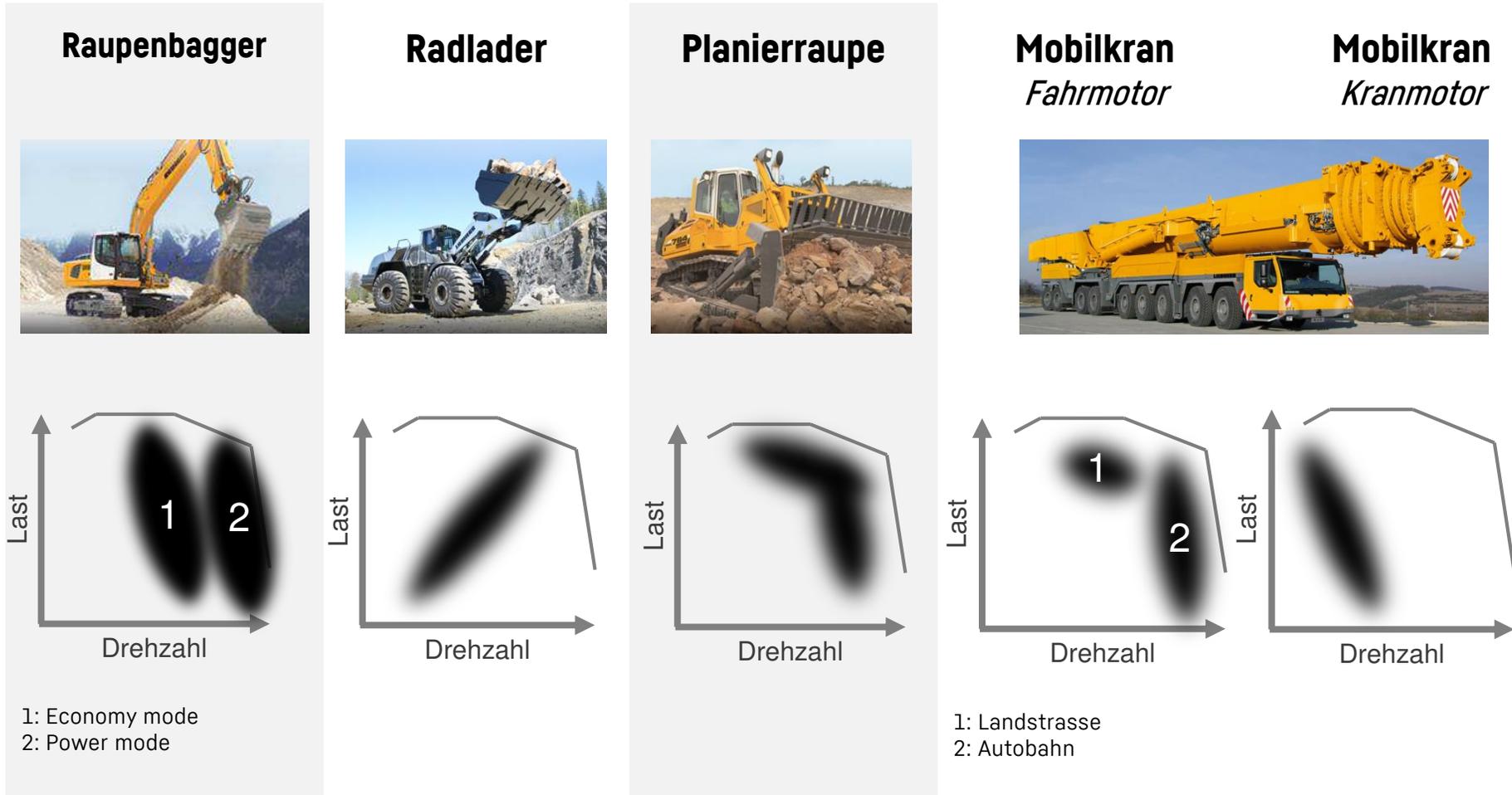


Pipe bending machines



Agricultural machines

Lastprofile in Abhängigkeit der Anwendung



Bemerkungen

Die zahlreichen Anwendungen bedingen einen Nutzbereich des gesamten Kennfelds

Einsatzbedingungen der Off-Highway Anwendungen

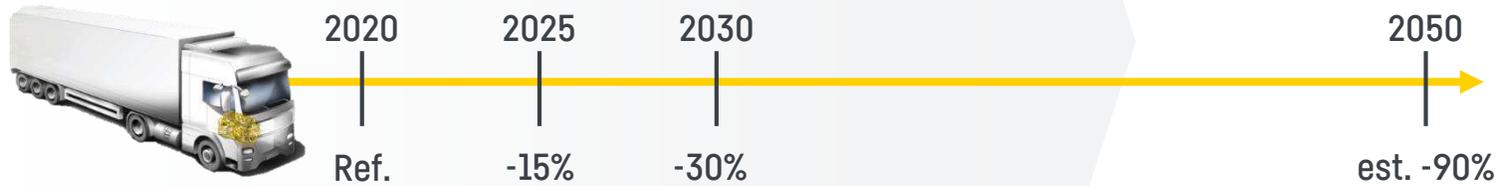
Leistungsbereich	– 120 kW - 4250 kW
Umgebungsbedingungen	– Temperatur - 40 °C ... + 50 °C – Feuchtigkeit: bis zu 95% – Arbeitshöhe: 5000m – Staub, Salz – Schräglage – Vibration/Shock Profil bis 10g
Bauraum	– Stark limitiert durch gesetzliche Vorgaben bzw. Nutzungserwartungen
Betriebsstunden / Jahr	– <6000h – Maximale Arbeitszeit bis zum Wiederbetanken
Lebensdauer	– 20'000h und mehr – Re-Motorisierung möglich – Zweitmarkt / Bestandsmaschinen
Dynamik	– bis zu 200 ms

Jeder Antrieb der Zukunft muss sich an diesen Eigenschaften messen

Nur der für die spezifische Anwendung geeignetste Antrieb wird sich durchsetzen

Klimaneutralität im Jahr 2050

CO2 Emissionsziele für Heavy Duty Fahrzeuge "Tank to Wheel"



CO2 Emissionsziele für Off-Road Fahrzeuge "Well to Wheel"



BEV



H2 Fuel Cell



H2 ICE



E-Fuel ICE

Drei verschiedene Technologien werden in Zukunft bei schweren On- und Off-Highway-Fahrzeugen eine Rolle spielen

Lösungen um Klimaneutralität „2050“ zu erreichen

Aktuelle emissionsfreie Technologie



H2-ICE

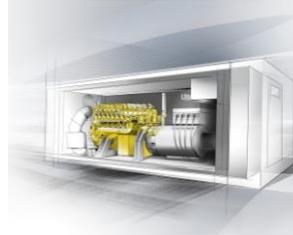


Brennstoffzelle

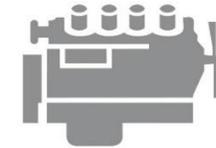


E-Antriebsstrang

Kohlenstofffreie Anwendung



Zukünftige emissionsfreie Technologie



Verbrennungsmotor mit
**CO2 neutralem
Kraftstoff**

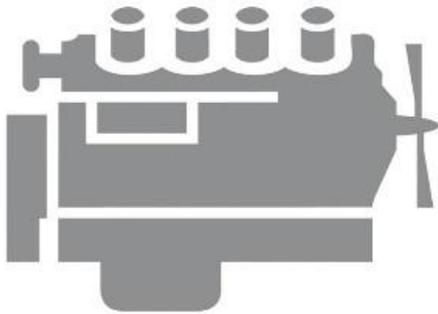


Quelle: Shell

Der Wasserstoffmotor ist eine der vier genannten Zero-Emission Technologien in Tank to Wheel & Well to Wheel Szenarien

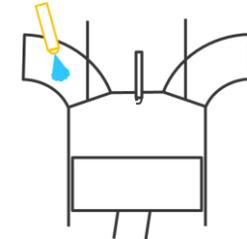
Wasserstoff-Verbrennungsmotoren

Wasserstoffmotor



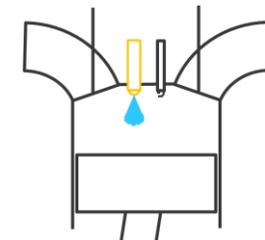
Saugrohr Einblasung

→ Injection in intake port



Direkte Einblasung

→ Injection in combustion chamber



Entwicklung von Wasserstoffmotoren

H2 Motor Entwicklung

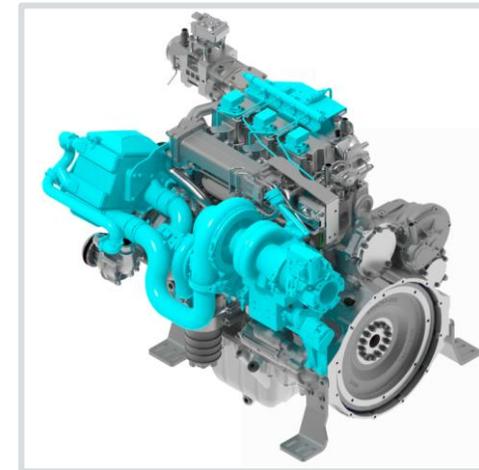
01. Auslegung des Motors

02. Integration der H2-Technologie

03. Analyse der Technologie

04. Einführung der Technologie

H2-DI Engine



Für die Entwicklung dieser Technologie wurden mehrere Auslegungswerkzeuge entwickelt

Ergebnisse der Untersuchungen



Zero-Emission-Technologie dank geringer CO₂-Emissionen (< 1 g/kWh)



Extrem niedrige NO_x-Emissionen durch eine spezielle Auslegung des Brennraums



Vergleichbare Schnittstellen (thermische & mechanische) zum Dieselmotor



Äquivalentes transientes Verhalten zum Dieselmotor



Vergleichbarer Motorwirkungsgrad zum Dieselmotor

Zusammenfassung

- **In der Zukunft wird es mehrere Technologien geben, um die CO2-Neutralität im Jahr 2050 zu erreichen**
- **Die Auswahl der richtigen Technologie für die verschiedenen Anwendungen wird in Abhängigkeit vom Arbeitsprofil der OffRoad-Maschine erfolgen**
- **Liebherr Machines Bulle SA entwickelt und untersucht verschiedene Zero-Emissions-Technologien auf Basis des Verbrennungsmotors mit**
 - Wasserstoff als Kraftstoff
 - CO2-neutralen Kraftstoffen
- **Verbrennungsmotoren werden eine Lösung für verschiedene Anwendungen im OffRoad-Bereich bleiben**

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

**Thank you
for your
attention !**

