

---

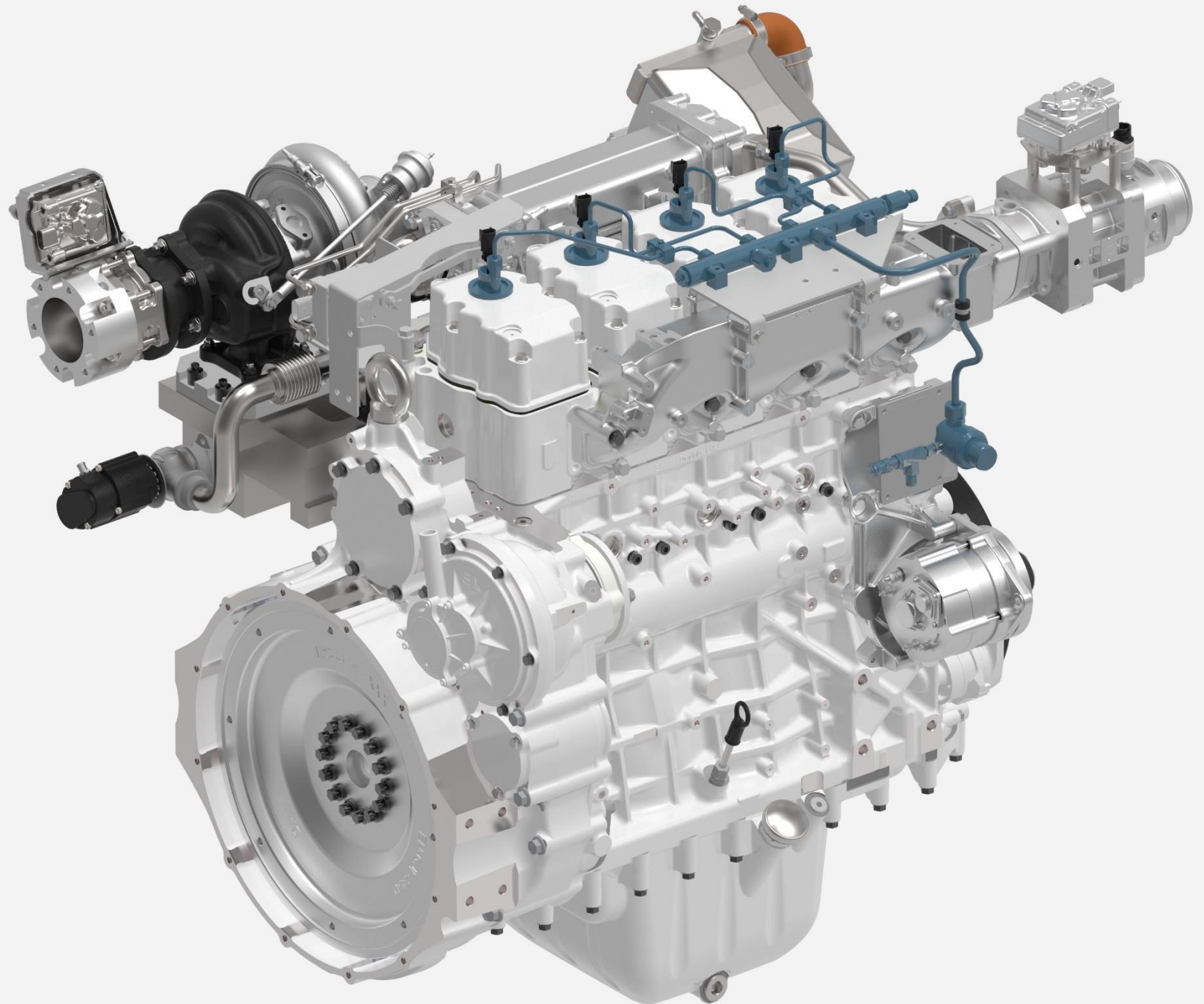
# Wasserstoff motor

---

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

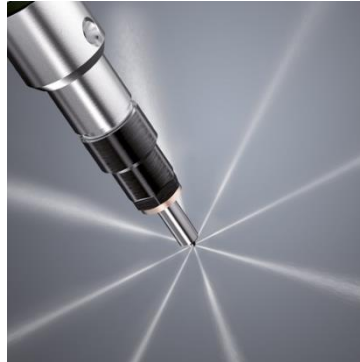


Hotels

# Geschäftsbereiche der COT



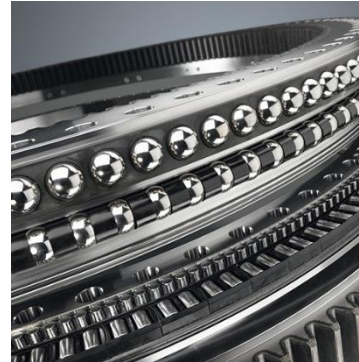
Verbrennungsmotoren



Einspritzsysteme



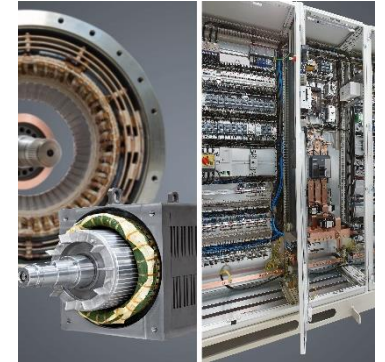
Hydraulikkomponenten



Großwälzlager



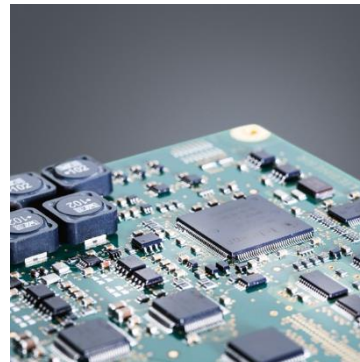
Getriebe & Seilwinden



Elektrische Maschinen  
und Steuerungstechnik



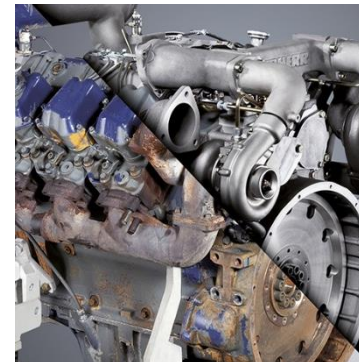
Elektronik – Hard-  
und Software



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 m<sup>2</sup>
- 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

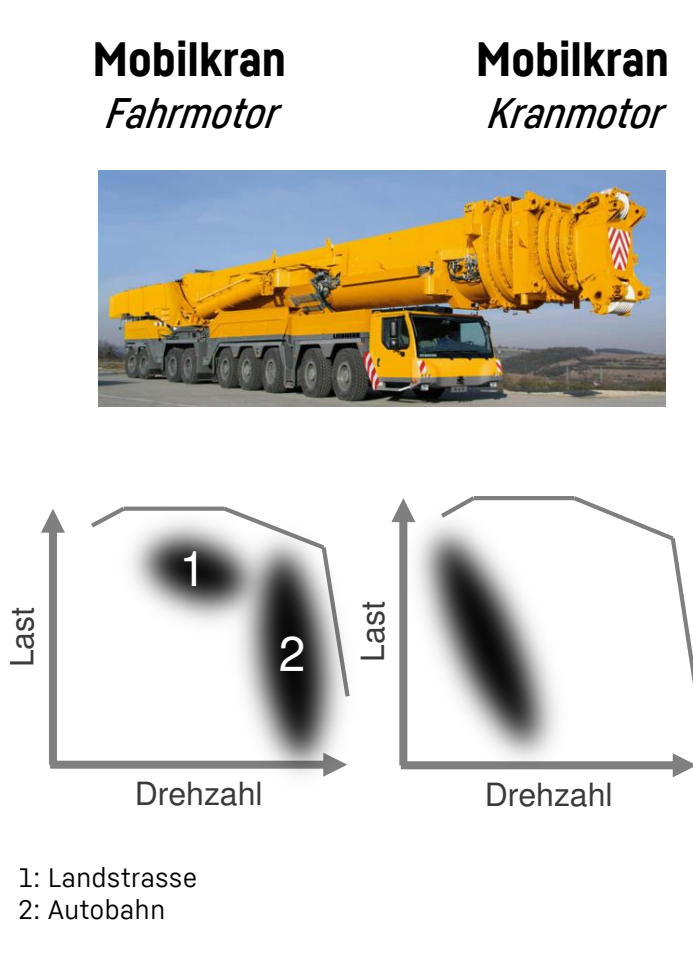
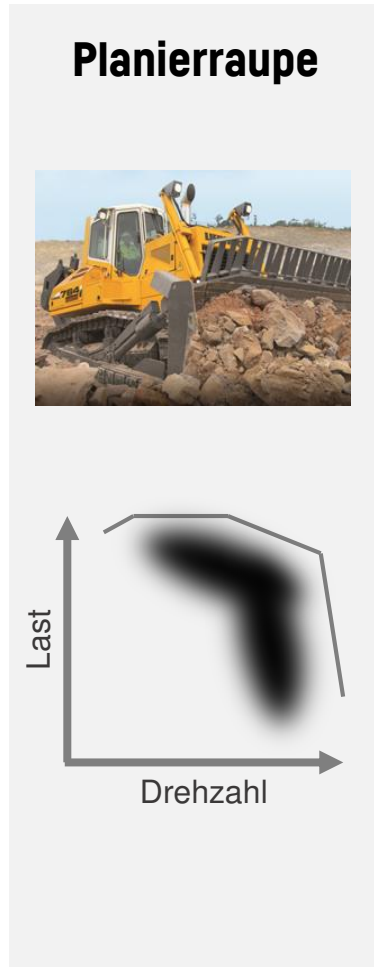
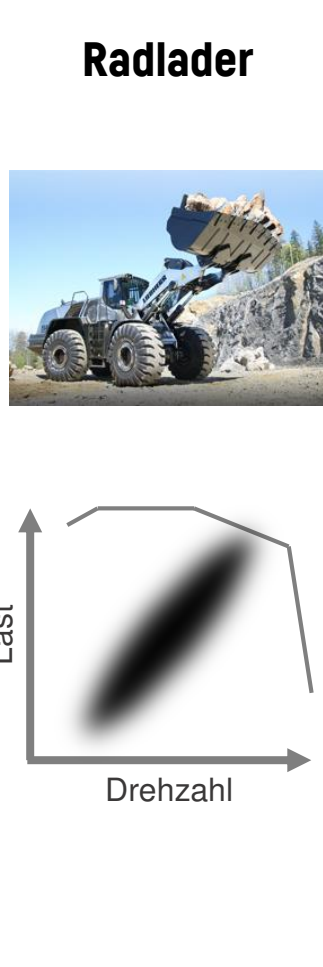
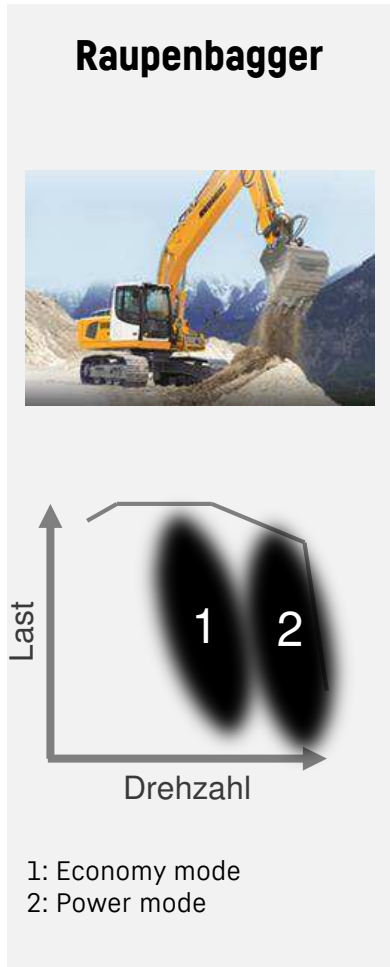


Pipe bending machines



Agricultural machines

# Lastprofile in Abhängigkeit der Anwendung



## Bemerkungen

Die zahlreichen Anwendungen bedingen einen Nutzbereich des gesamten Kennfelds

# Einsatzbedingungen der Off-Highway Anwendungen

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

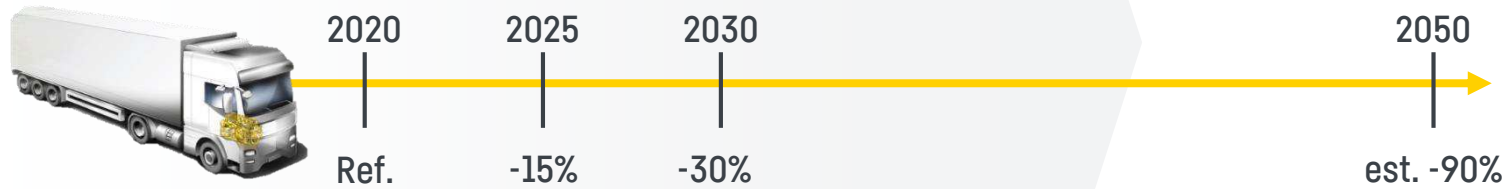
Jeder Antrieb der Zukunft muss sich an diesen Eigenschaften messen

Nur der für die spezifische Anwendung geeignetste Antrieb wird sich durchsetzen

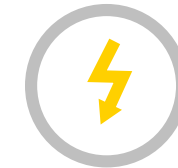
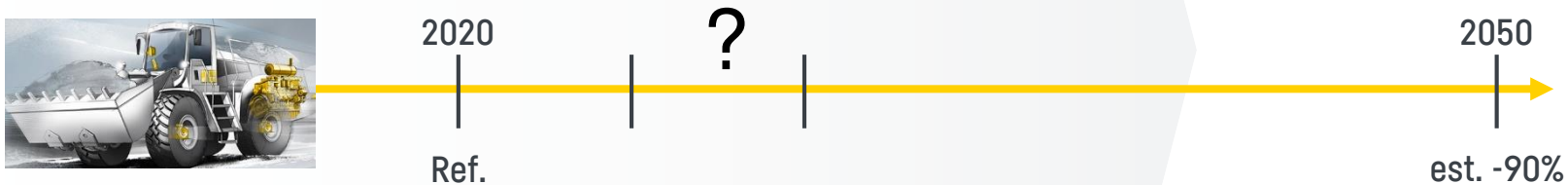


# Klimaneutralität im Jahr 2050

## 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

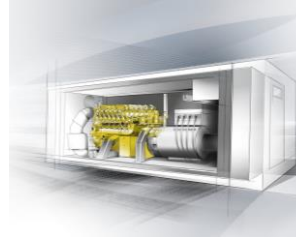


Brennstoffzelle

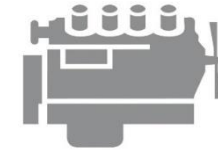


E-Antriebsstrang

## Kohlenstofffreie Anwendung



## Zukünftige emissionsfreie Technologie



Verbrennungsmotor mit  
CO2 neutralem  
Kraftstoff

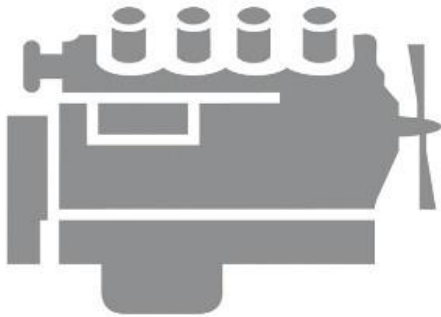


Quelle: Shell

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

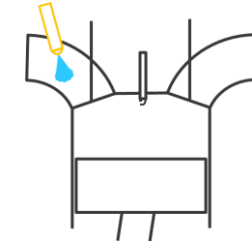
# Wasserstoff-Verbrennungsmotoren

## Wasserstoffmotor



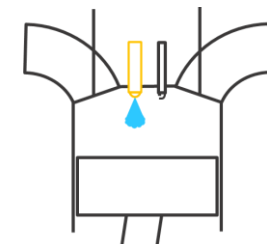
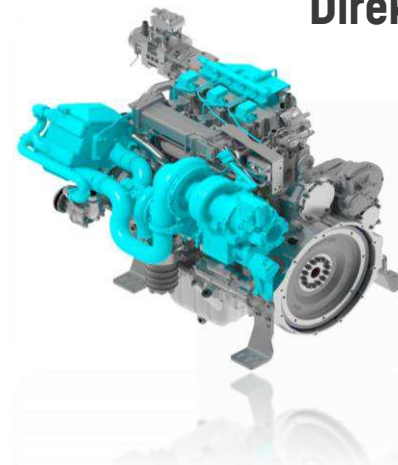
### Saugrohr Einblasung

→ Injection in intake port



### Direkte Einblasung

→ Injection in combustion chamber



# Entwicklung von Wasserstoffmotoren

## H2 Motor Entwicklung

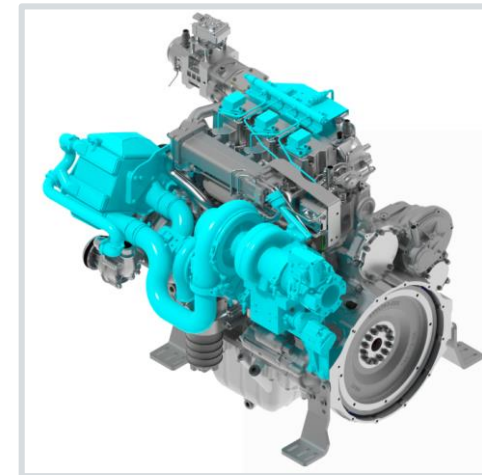
**01.** Auslegung des Motors

**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 CO<sub>2</sub>-Emissionen (< 1 g/kWh)**



**Extrem niedrige NO<sub>x</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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
  - CO<sub>2</sub>-neutralen Kraftstoffen
- **Verbrennungsmotoren werden eine Lösung für verschiedene Anwendungen im OffRoad-Bereich bleiben**

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

**Thank you  
for your  
attention !**

