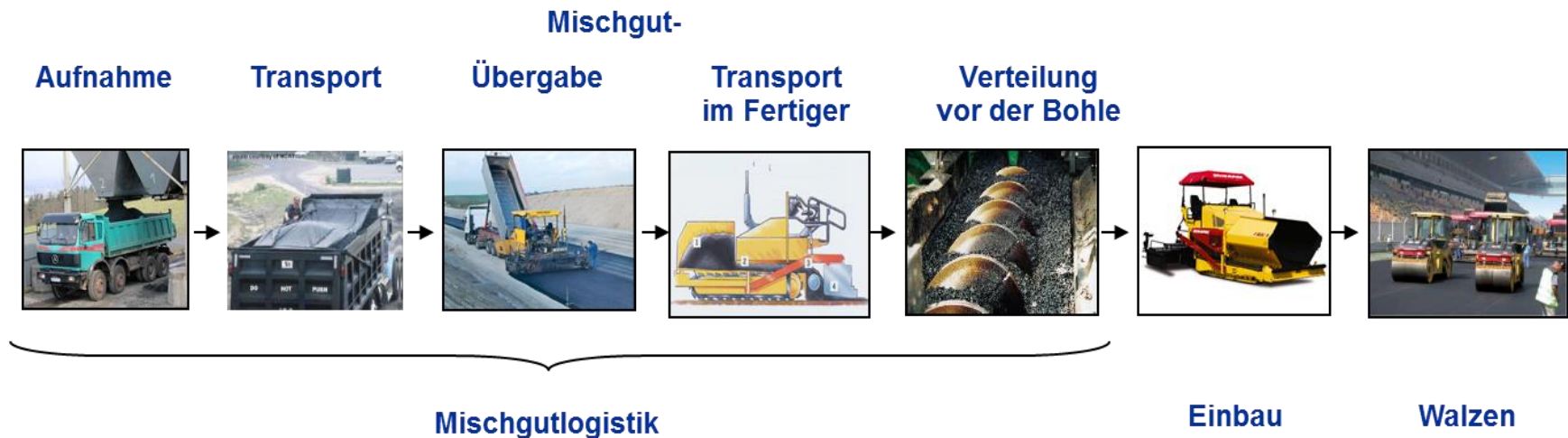


Von der Mechanik über die Mobilhydraulik zu elektrischen Antrieben bei mobilen Arbeitsmaschinen

Prof. Dr.-Ing. Alfred Ulrich
Technische Hochschule Köln
Institut für Bau- und Landmaschinentechnik

- **Prozesskette Straßenbau**
- **Aufbau und Funktion eines Straßenfertigers**
- **Mechanischer Antrieb** **1938**
- **Hydraulischer Antrieb** **1956** **(Hydraulikzylinder)**
- **Hydraulischer Antrieb** **1966** **(Vollhydrostatisch)**
- **Hydraulischer Antrieb** **1976** **(elektro-hydraulische-Regelkreise)**
- **Hydraulischer Antrieb** **1986** **(Proportionalventile)**
- **Hydraulischer Antrieb** **1996** **(CAN Bus)**
- **Diesel-Elektrischer Antrieb** **1996** **(Raupefertiger)**
- **Diesel-Elektrischer Antrieb** **2012** **(Radfertiger)**
- **Zusammenfassung**



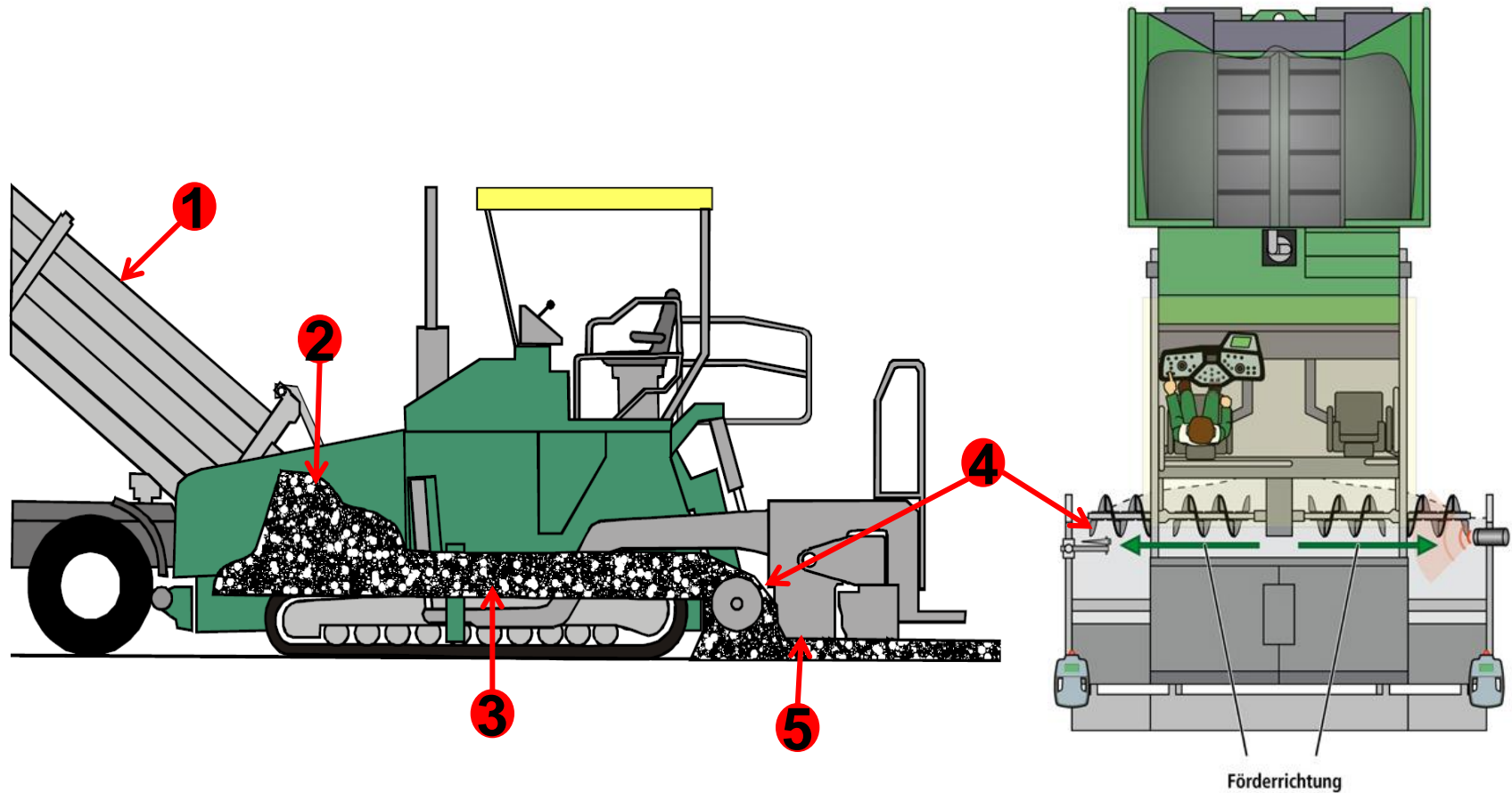
Qualitätsbeeinflussende Schwachstellen beim Einbau sind:

- Entmischung
- Temperaturverlust
- Informationsmangel
- Prozessfehler
- Handhabungsfehler

Arbeitsfunktionen:

1. Einbaubreite
2. Einbaustärke
3. Profil
4. Verdichtung
5. Ebenheit
6. Oberflächenstruktur
7. Richtung

Aufbau und Funktion eines Straßenfertigers

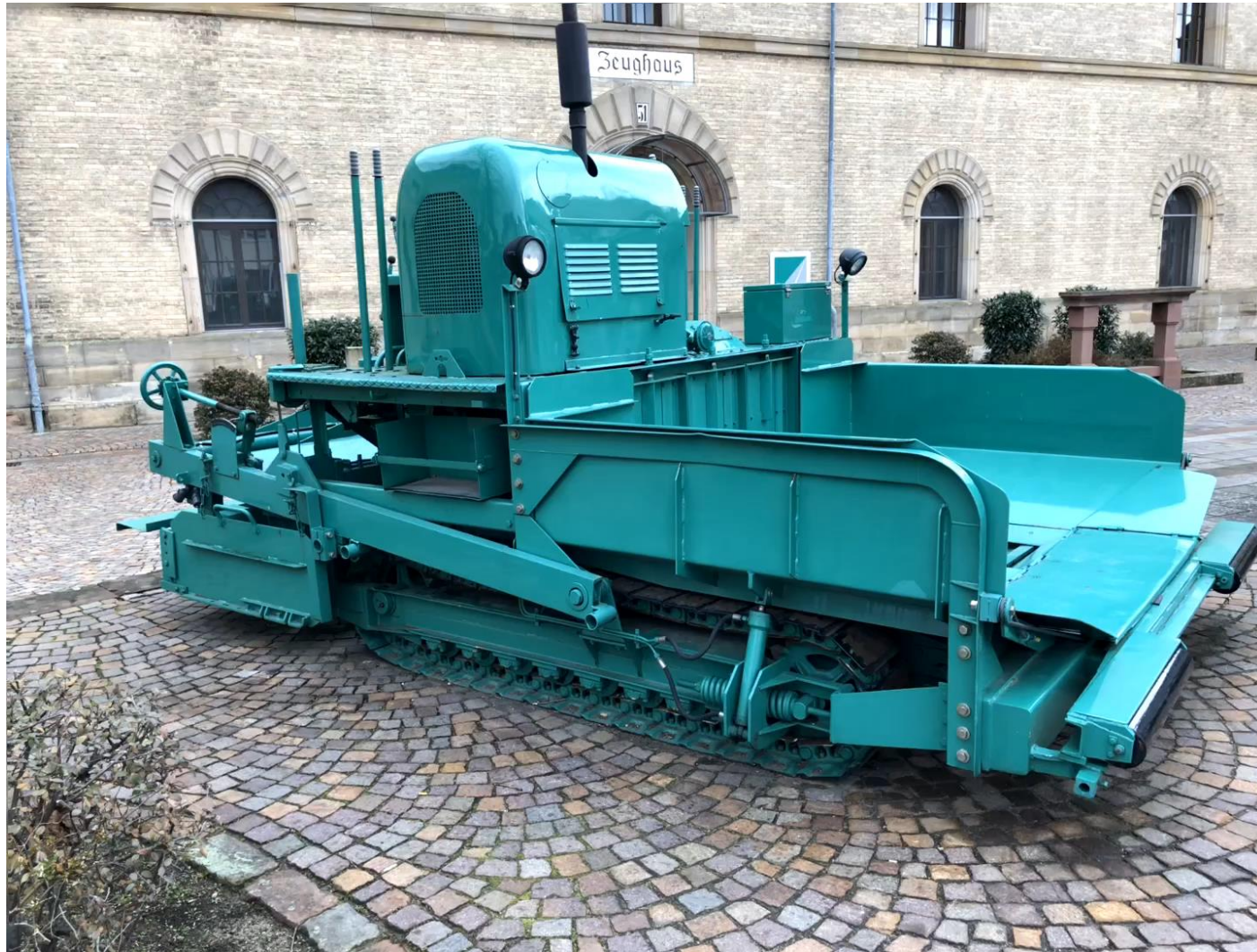


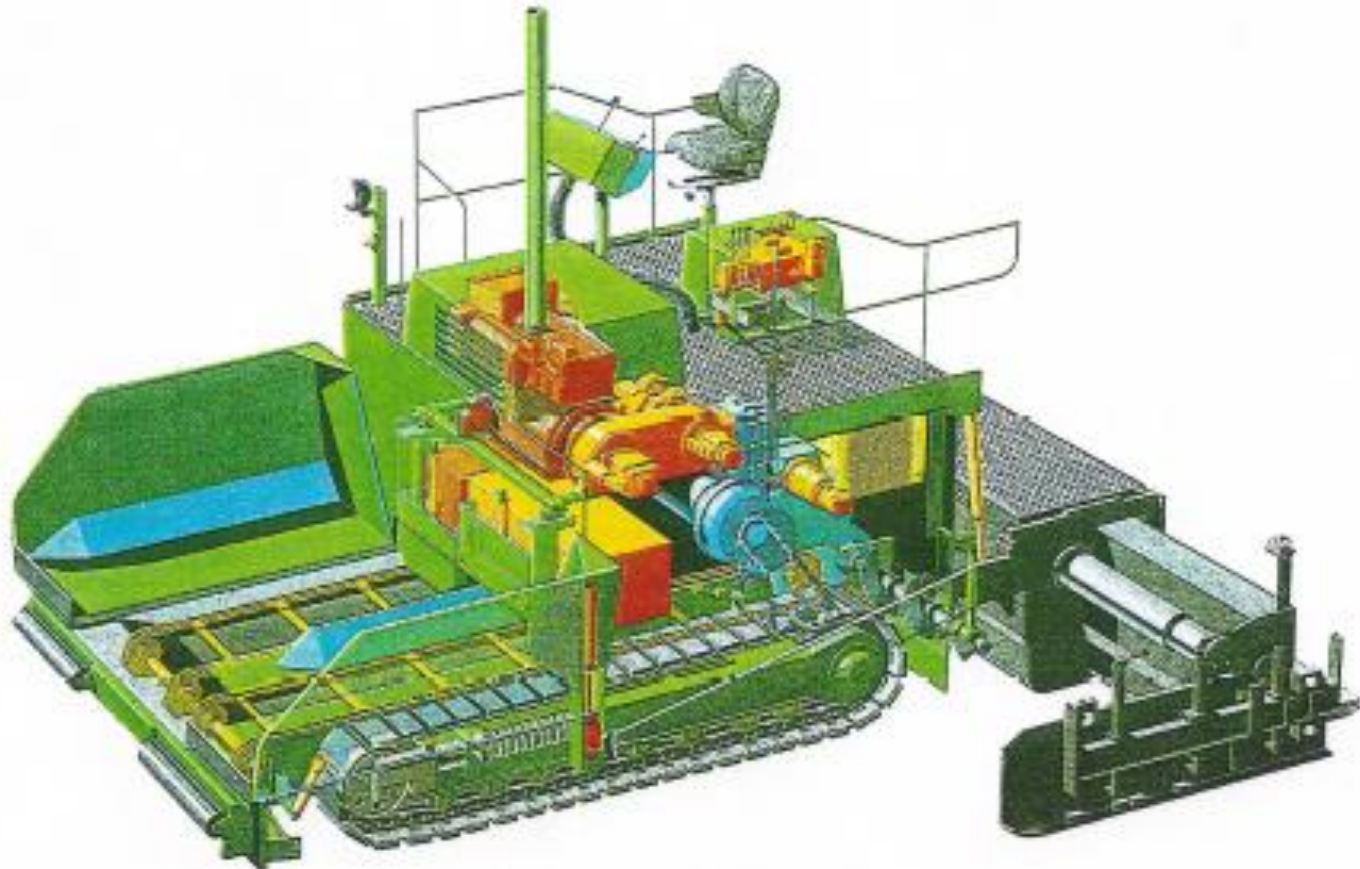
Quelle: Vögele
Einbaufibel

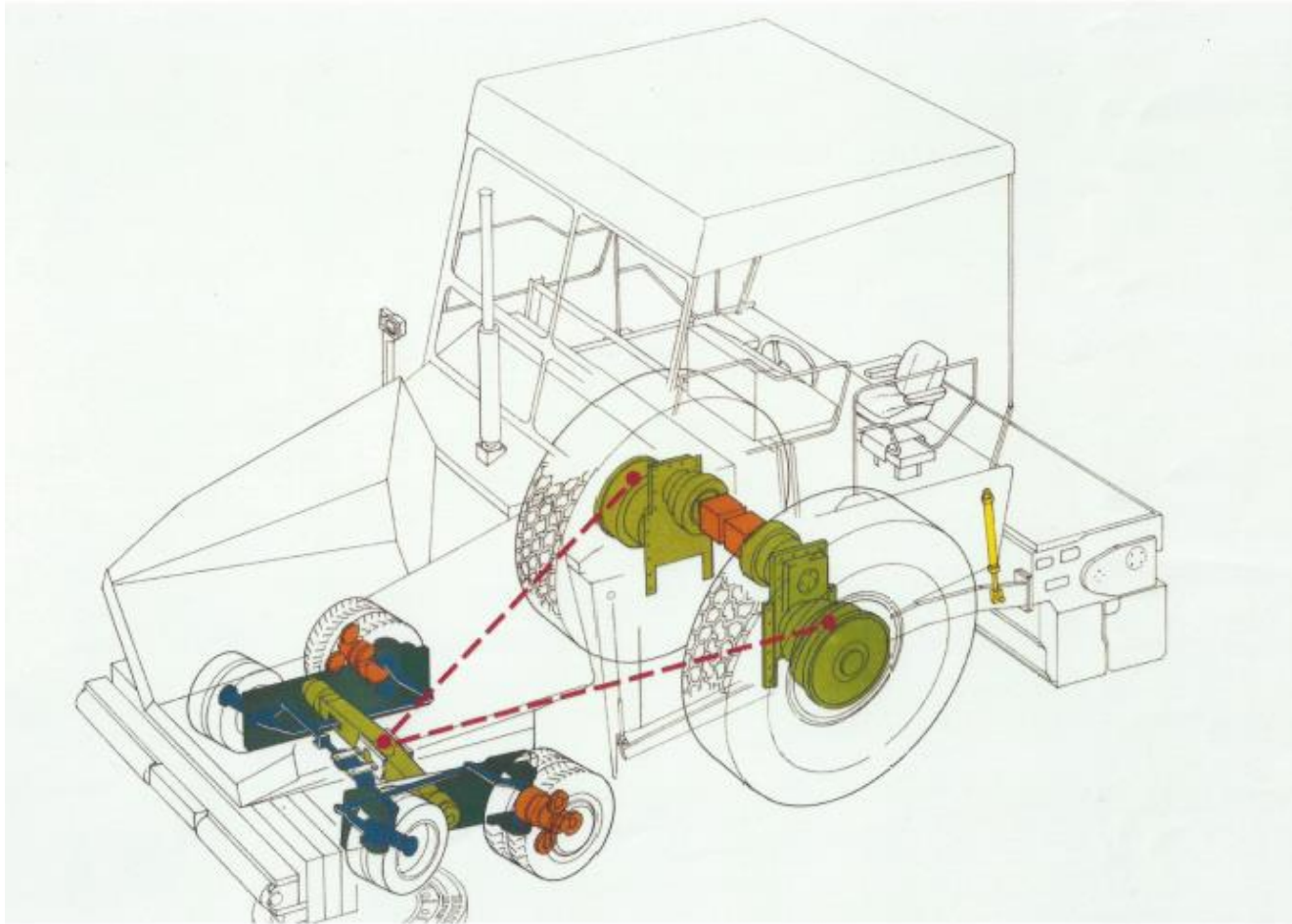


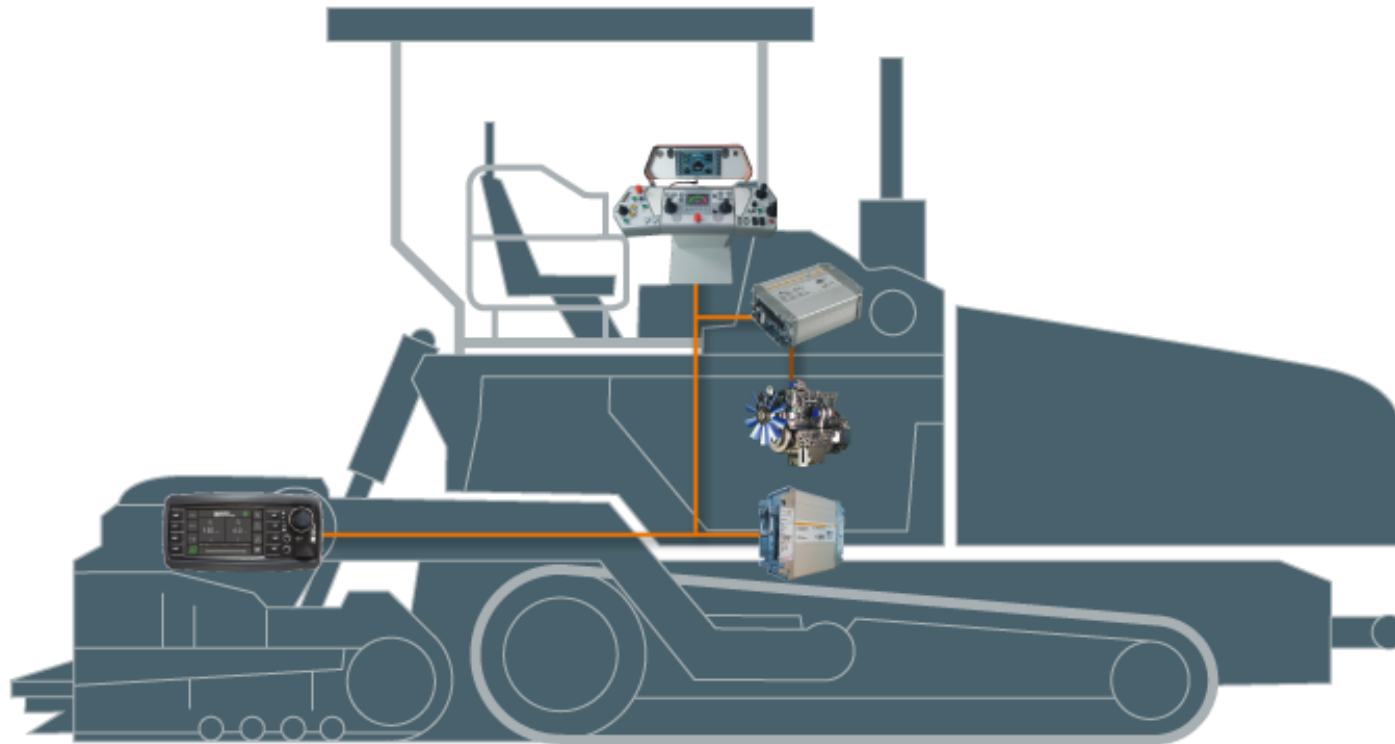
**Diesel-mechanisch angetriebener
Straßenfertiger, Baujahr 1938**

Hydraulischer Antrieb 1956 - Hydraulikzylinder







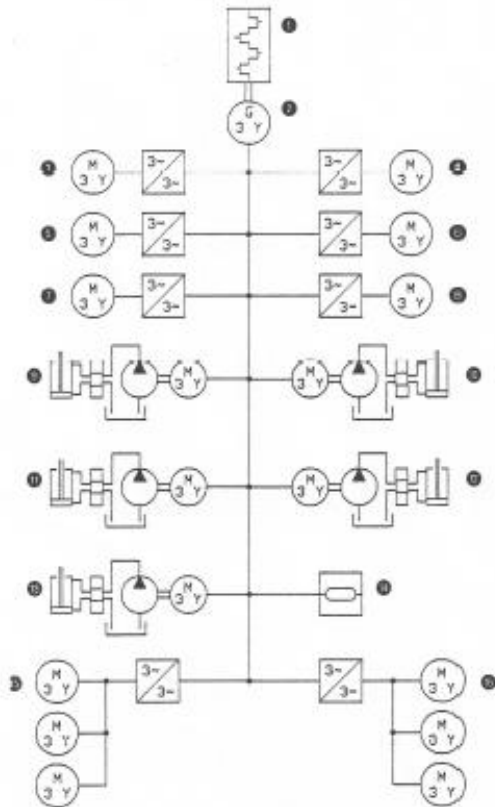


Diesel-Elektrischer Antrieb 1992 - Raupenfertiger S 1800 DE

- Erste diesel-elektrische Straßenbaumaschine
- In Serie ab 1994, insgesamt 7 Maschinen gebaut
- Im Vergleich zum hydraulischen Pendant Super 1800:
 - 61 kW Dieselmotor anstelle von 121 kW
 - 17 Liter Hydrauliköl anstelle von 350 Liter



Diesel-Elektrischer Antrieb 1994 - Raupenfertiger S 1800 DE



- 1 Dieselmotor
- 2 Drehstromgenerator
- 3 Fahrtrieb - links
- 4 Fahrtrieb - rechts
- 5 Förderband - links
- 6 Förderband - rechts
- 7 Verteilerschnecke - links
- 8 Verteilerschnecke - rechts
- 9 Behälterseitenwand - links
- 10 Behälterseitenwand - rechts
- 11 Einbaubohle-Nivellierholme
- 12 Einbaubohle Heben/Senken
- 13 Einbaubohle-Breitenverstellung
- 14 Einbaubohlenheizung
- 15 Vibratoren
- 16 Tamper



Reduzierung der Schalldruckpegel

- **Eigenmessungen auf Baustellen**
 - Schalldruckpegel um 10 bis 29 dB(A) verringert:
 - am **Fahrerohr** um 22 dB(A) auf **67 dB(A)**
 - in **7m Abstand** auf **79 dB(A)**
 - am **Bohlenbedienungsstand** um 10 dB(A) auf **86 dB(A)**
 - beim **Aufheizen der Bohle** um 29 dB(A) auf **60 dB(A)**

Erfahrungen mit einem lärm- und emissionsarmen Straßenfertiger
Vortrag BAUMA 1998/Utterodt 03.04.1998



Erzielte Einsparungen (nach 3.000 Bh, 182.000 t MG)

- von Juni 1995 bis Februar 1997 ergaben sich Einsparungen in Höhe von 51.530,- DM, davon

Treibstoffkosten	24.750,- DM (↓ um 55 %)
Abgasmenge	(↓ um 50 %)
Wartungskosten	2.780,- DM (↓ um 80 %)
Instandhaltungskosten	24.000,- DM (↓ um 60 %)

- Vorteile der umwelt- und arbeitsplatzspezifischen Einflüsse sind kostenseitig momentan nicht faßbar

Erfahrungen mit einem klim- und emissionsarmen Straßenfertiger
Vortrag BAUMA 1998-Uttendorf 03.04.1998



Vorteile des S 1800 DE

- erhebliche Lärmreduzierung
- stark vermindertes Umweltrisiko
- hohe Zuverlässigkeit
- deutlich geringere Treibstoffkosten
- geringere Instandhaltungskosten
- geringerer Wartungsaufwand
- perspektivisch längere Lebensdauer

Erfahrungen mit einem lärm- und emissionsarmen Straßenfertiger
Vortrag BAUMA 1998/11/1998/03.04.1998

Forschungsprojekt

Alternativ angetriebener, energieeffizienter Diesel-Elektrischer Hybrid-Straßenfertiger (DEHS)“

im Rahmen der BMBF-Förderlinie
„Forschungsprofil in Neuen Technologien (ProfilINT)“
im Rahmen des Programms
„Forschung an Fachhochschulen“

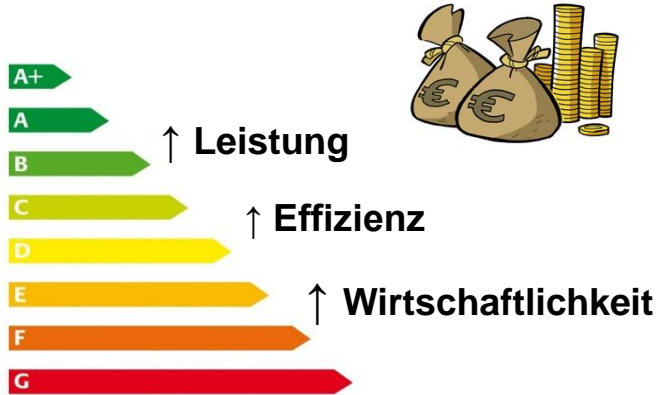
Ziele

- Aufbau Demonstrator mit hybridem Antriebsstrang
- Vergleichbare Einbauleistungen wie hydraulisches Pendant
- Prozess-, leistungs- und bedarfsoptimierte Antriebe/Regelung
- Reduzierung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauches um ca. 50 %
- Reduzierung der mitgeführten Hydraulikölmenge um ca. 90 %
- Reduzierung des Schalleistungspegels um 10 dB
- Möglichst kostengünstig (Herstellkosten hydraulisches Pendant)
- Akzeptanz schaffen (Anwender, Service, Hersteller)

Vorgehen

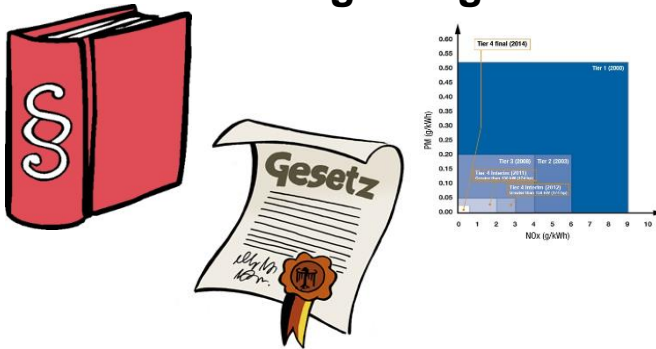
- Erstellung eines 3D-CAD Modells des Demonstrators
- Analytische Untersuchungen des Ist-Zustandes
- Experimentelle Untersuchungen des Ist-Zustandes
 - Versuchsplanung und Installation der Messtechnik
 - Einbauversuche mit dem Demonstrator und mit ungebundenem, gebrochenem Material (Grauwacke 5/32) unter definierten Randbedingungen (reproduzierbar)
 - Messungen im Baustellenbetrieb beim Einbau von Bedarfs- und Antriebskenngrößenermittlung
- Konzeptionierung und Entwurf des Antriebsstrangs
- Komponentenauswahl
- Beschaffung nach Richtlinien des Landes NRW
 - Vergleichsangebote / Ausschreibung
 - Entsperrung der Mittel
 - Bestellung
- Bau des Demonstrator
- Einbautests

Motivation



Umweltschutz

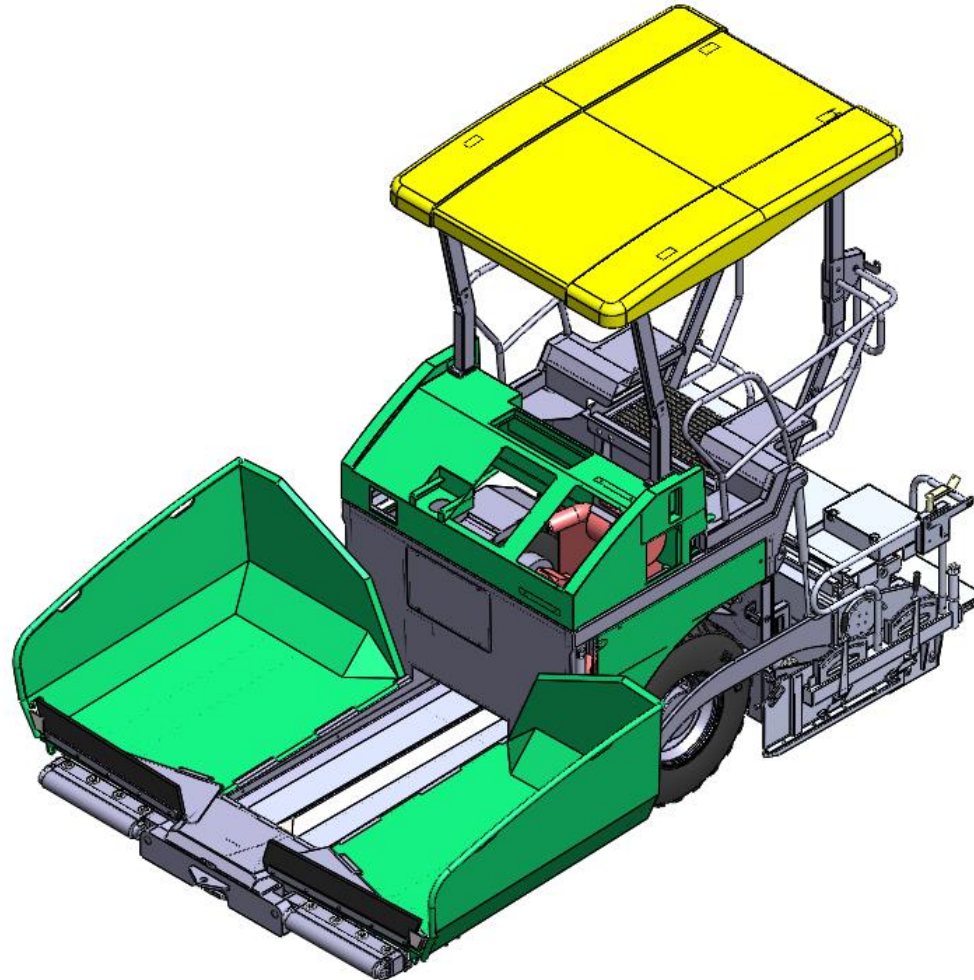
Gesetzgebung



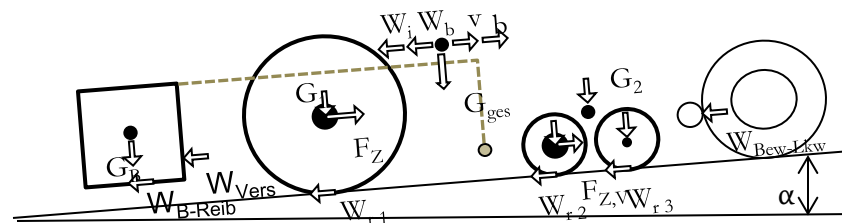
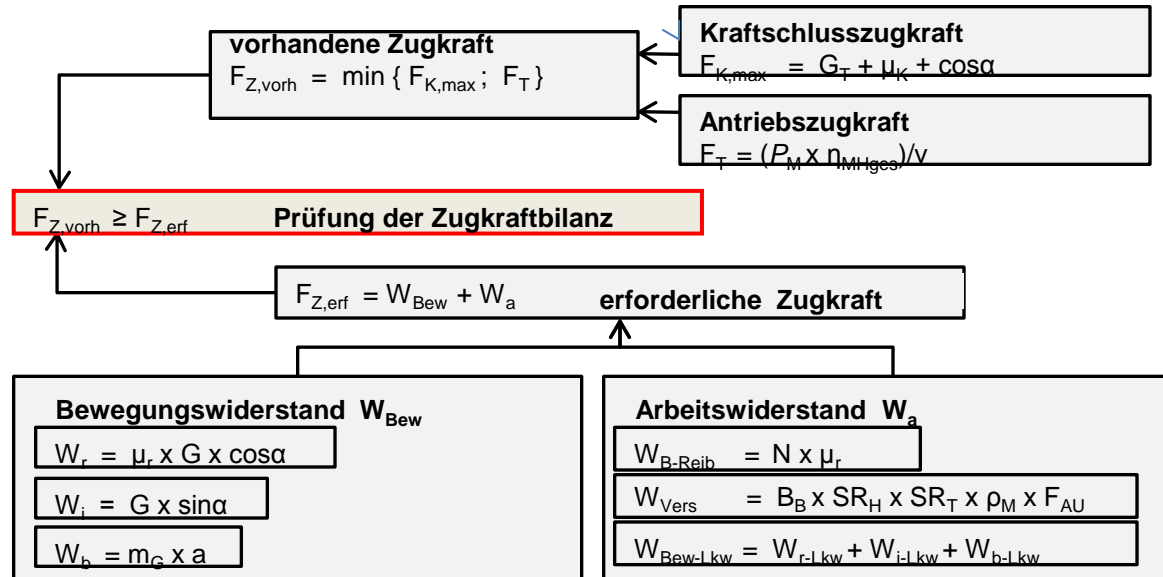
Belastung am Arbeitsplatz

GEFÖRDERT VOM

Erstellung eines 3D Modells



Analytische Untersuchung - Fahrtrieb: Prüfung der Zugkraftbilanz



Experimentelle Untersuchungen

- Einbauversuche im Mischwerk Köln Niehl (Einbaumaterial Grauwacke)
- Messungen im Baustellenbetrieb

S 1302-2 / KLB / STRABAG



S 1302-2 / KLB / STRABAG



S 1300-2 / KLB / STRABAG



S 1302-2 / KLB / STRABAG



S 1302-2 / KLB / STRABAG



S 1300-2 / KLB / STRABAG

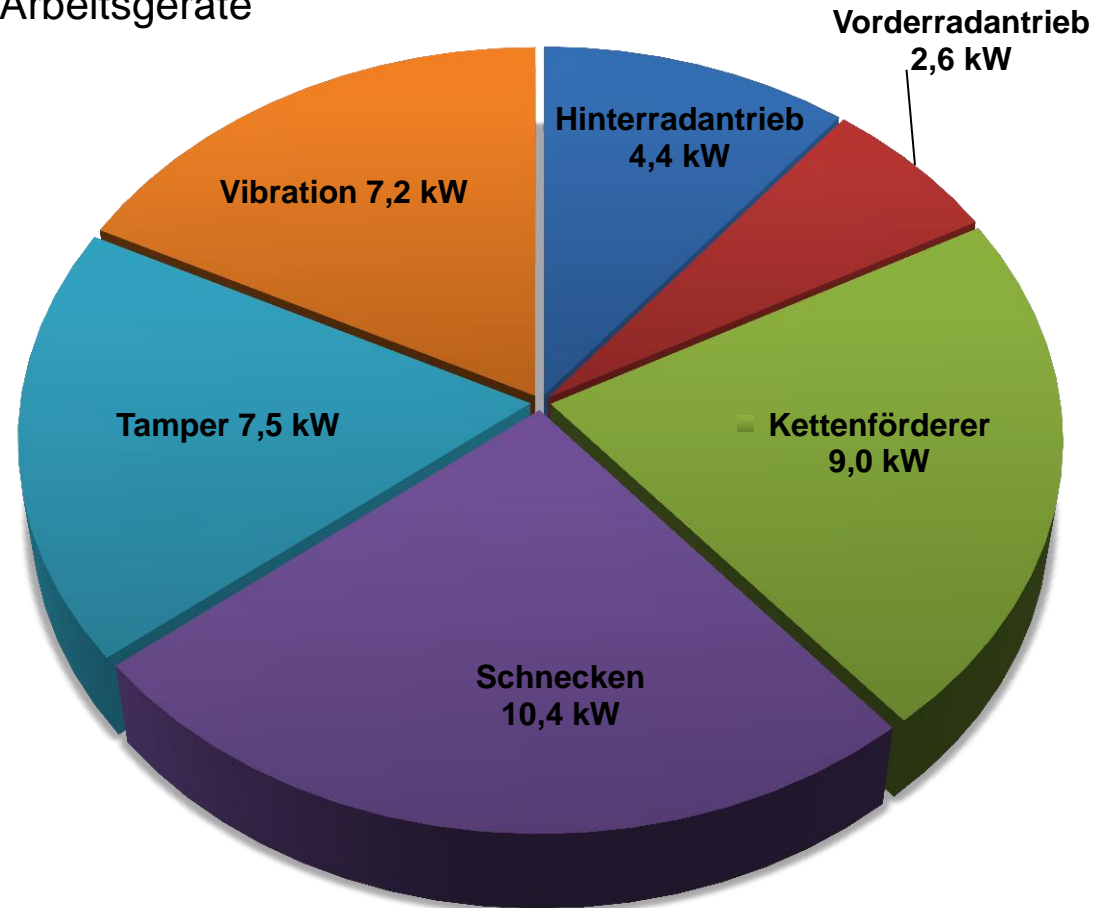


Analyse Gesamtleistung

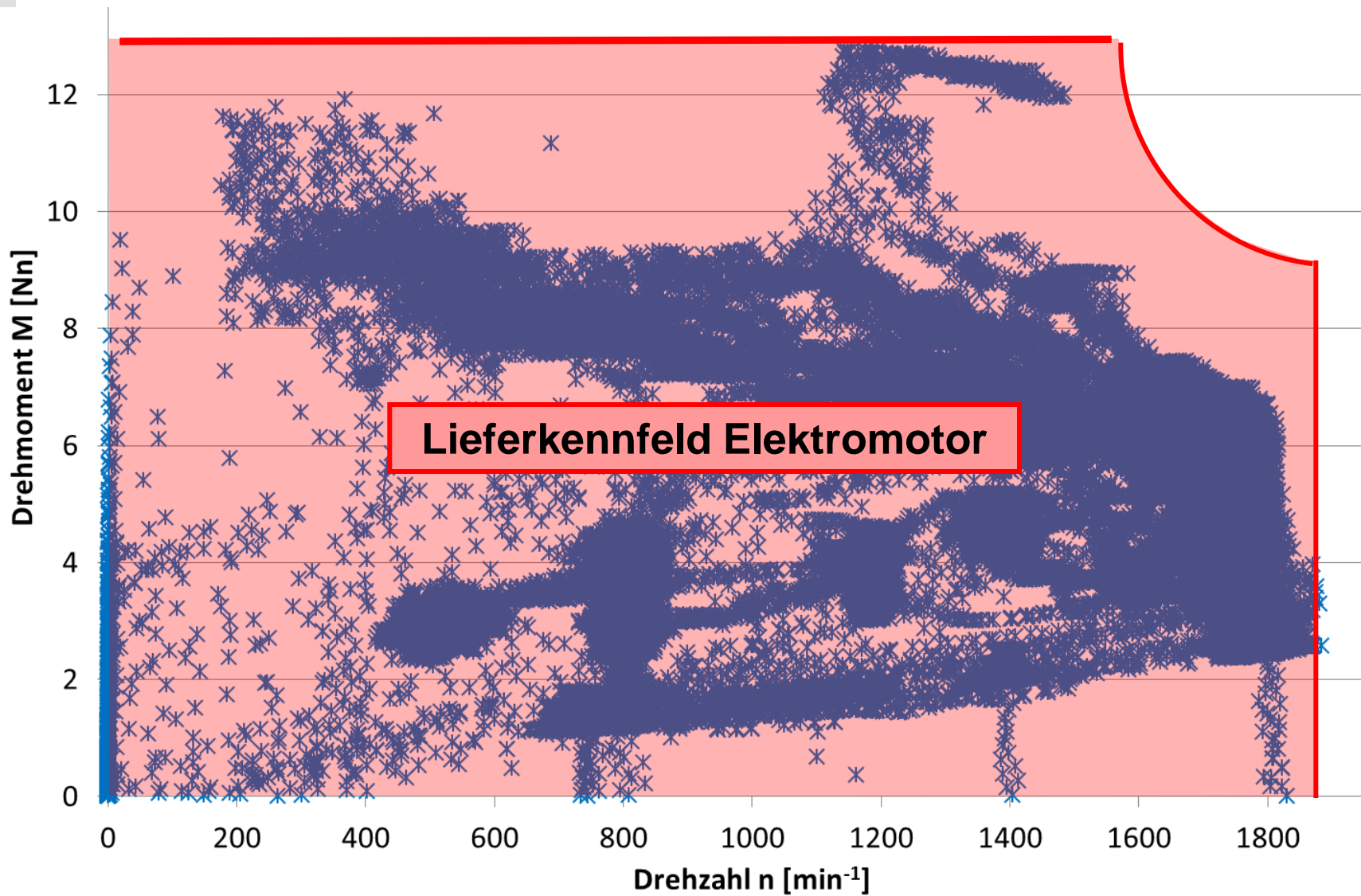
Vollastversuche

Maximale mechanische Leistung der Arbeitsgeräte bei:

- Einbaugeschwindigkeit 6 m/min
- Kraft an der Schubrolle 15 kN
- Einbaustärke >20 cm
- Einbaubreite 3,4 m
- Hohe Materialvorlage
- Grauwacke 19/32
- ...



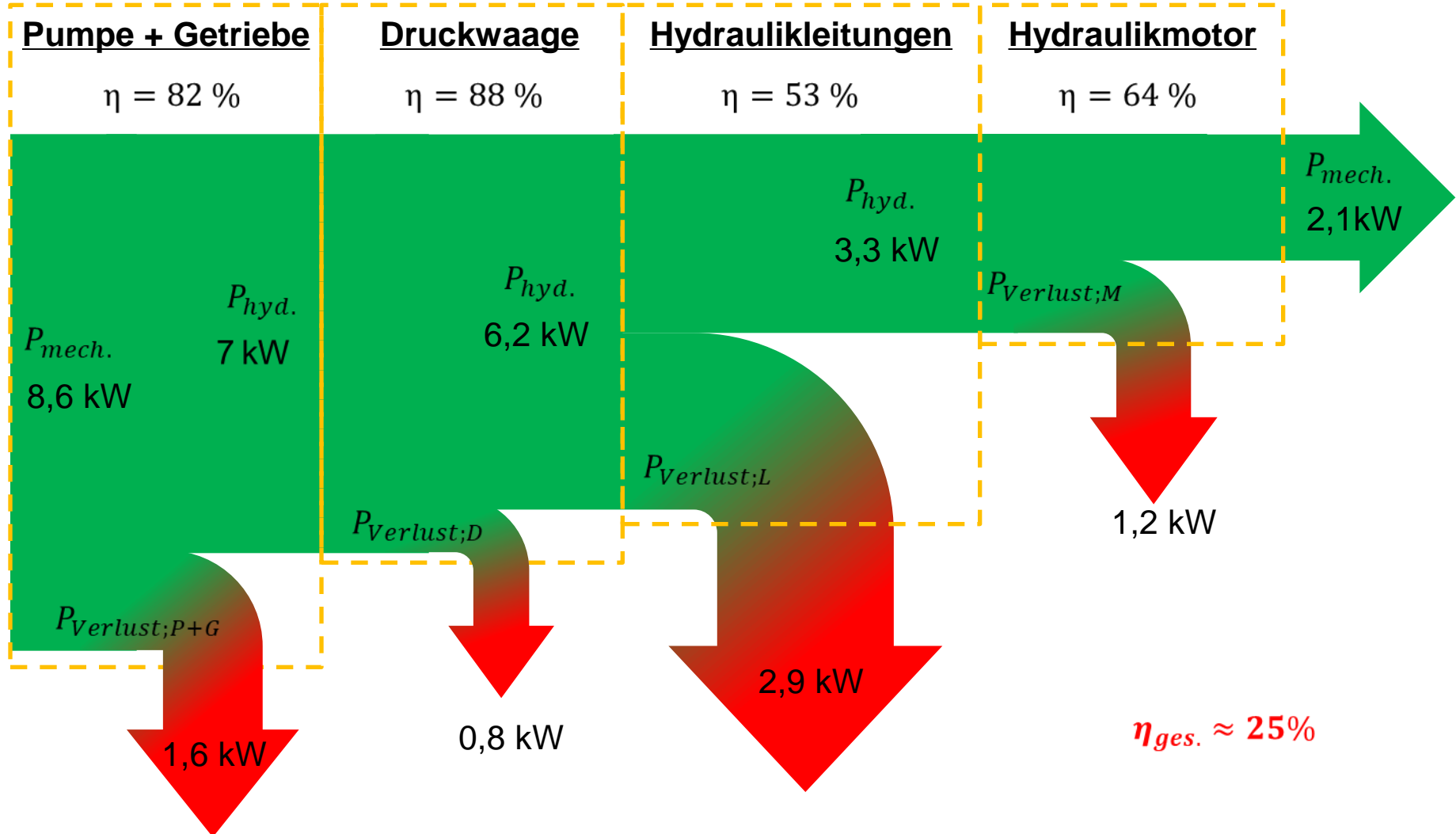
Bedarfskennfeld Tamperantrieb



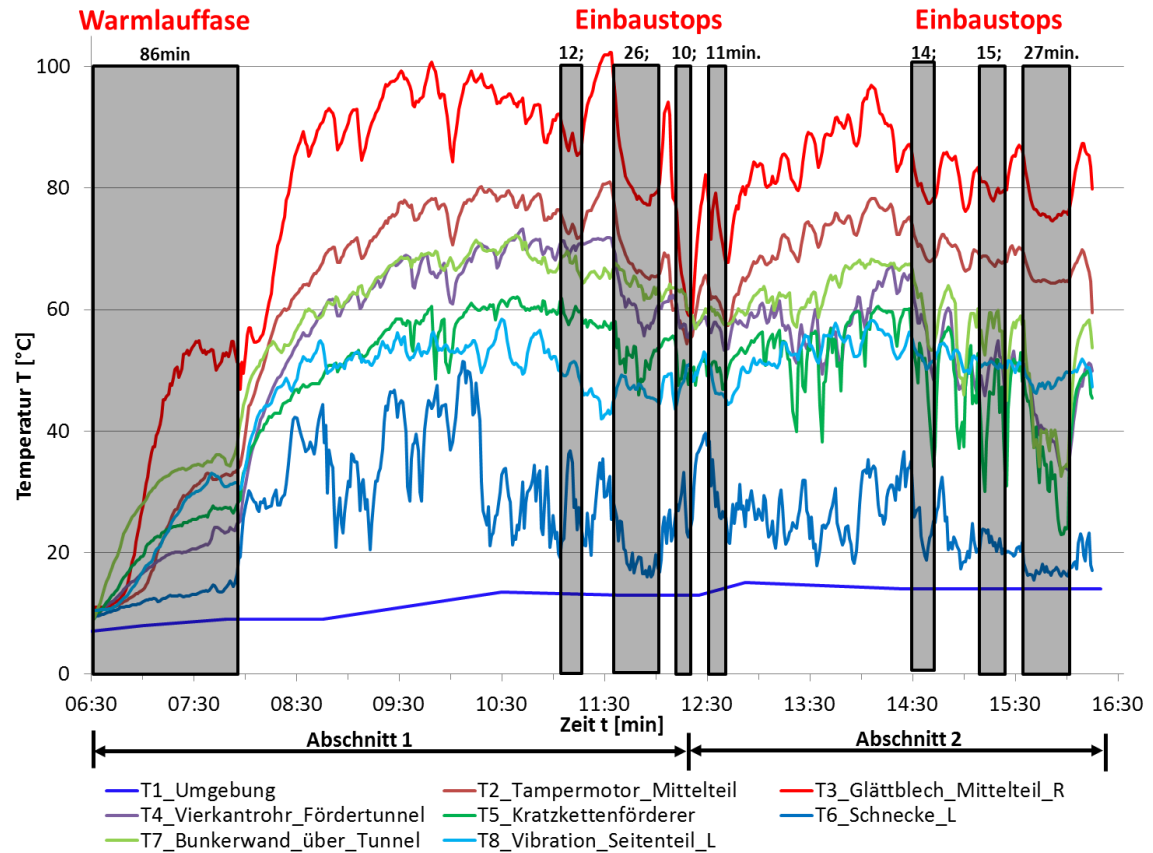
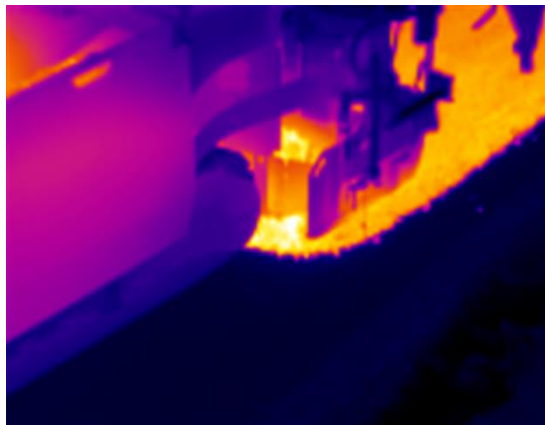
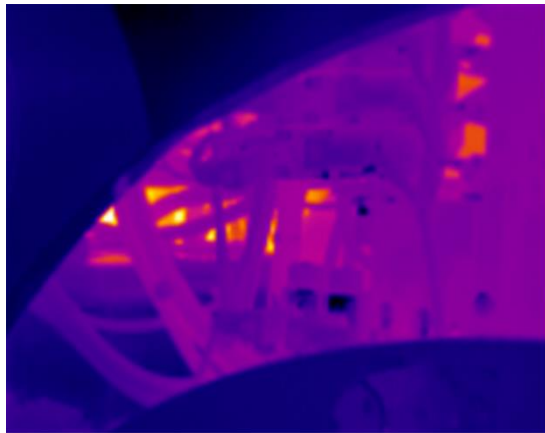
Lieferkennfeld Elektromotor

Diesel-Elektrischer Antrieb 2012 - Radfertiger

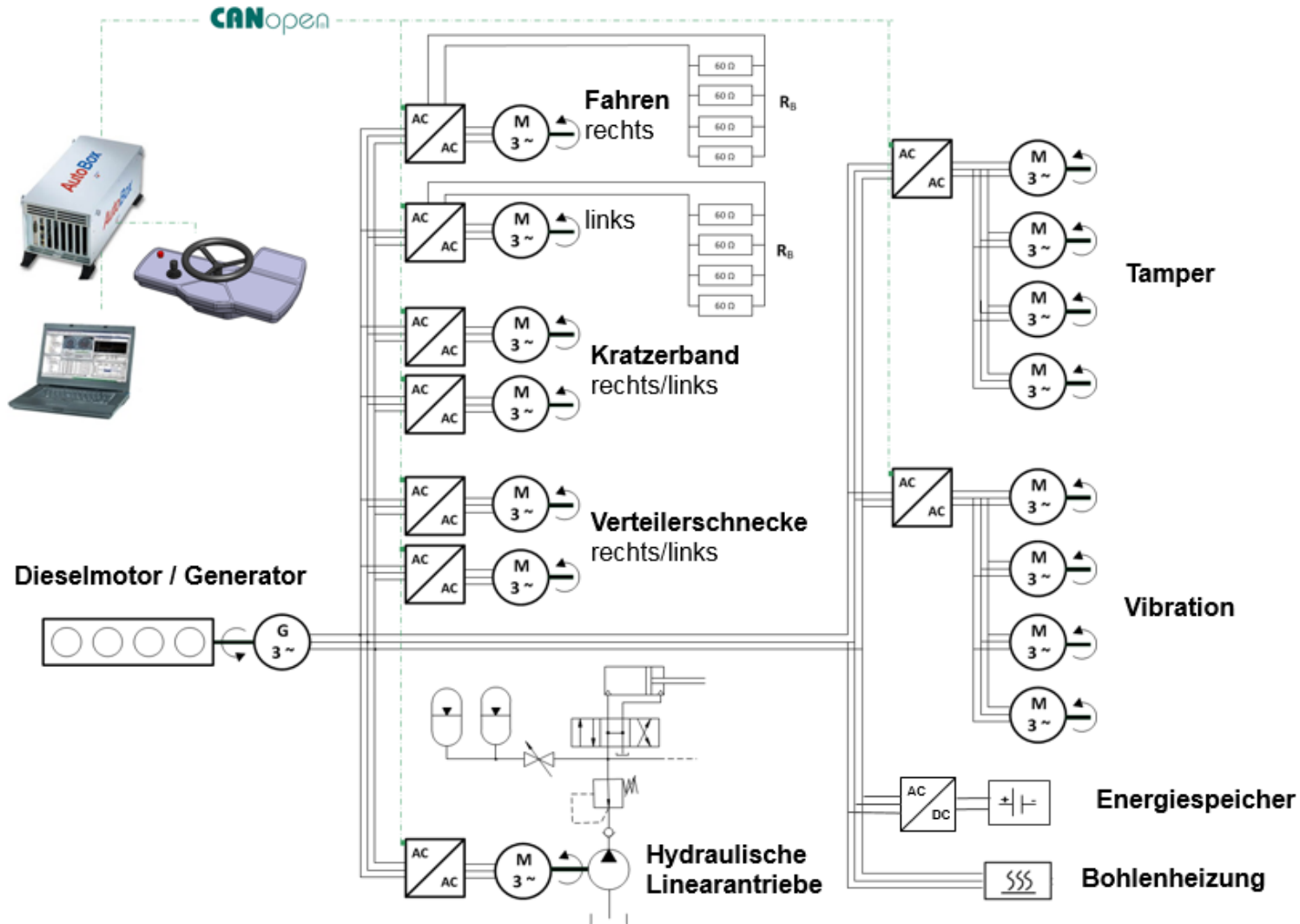
Energiebilanz des Tamperantriebs bei 1800 min^{-1} , Einbau 20 cm Grauwacke mit 5 m/min



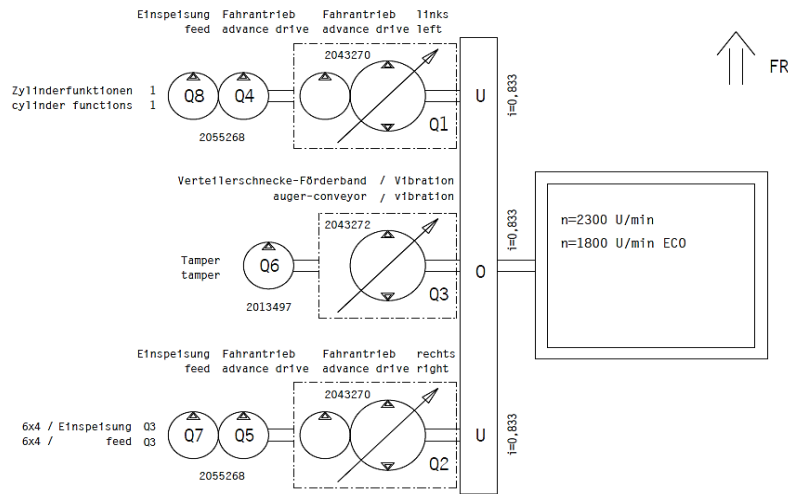
Temperaturen in Fertiger und Bohle beim Einbauprozess



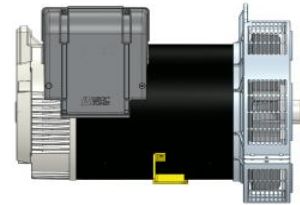
Gesamtkonzept des diesel-elektrischen Fertigers



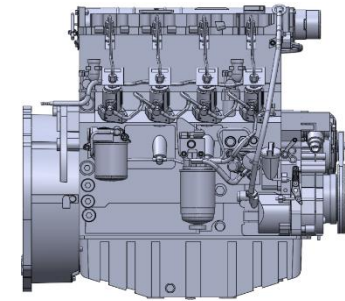
Diesel-Hydraulischer- Antrieb



Diesel-Elektrischer-Antrieb



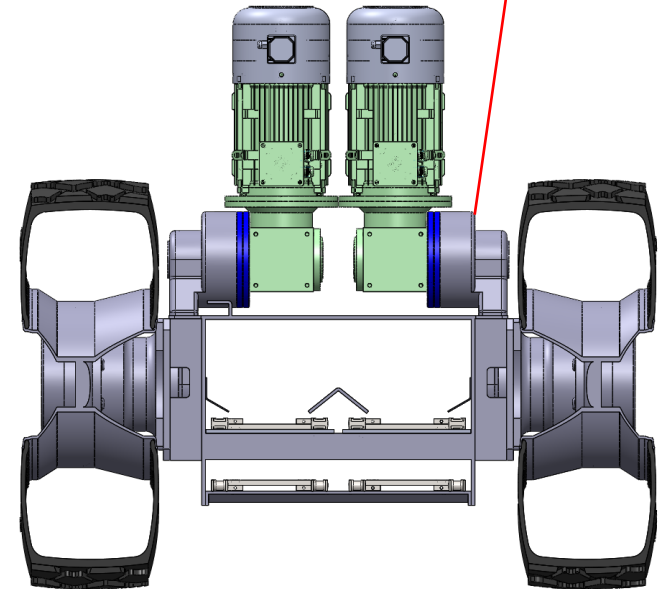
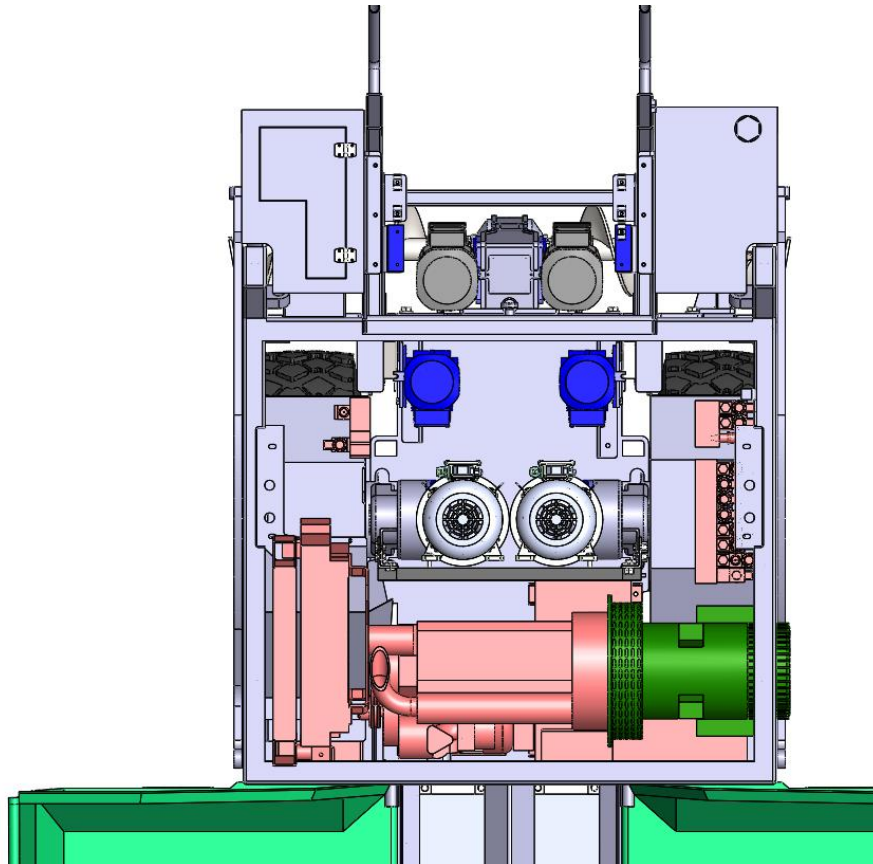
Generator Leroy Somer
60 kVA , 400 V
50 Hz bei 1500 min⁻¹



Deutz BF4 M 2011
Ca. 40 kW (modifizierter Datensatz)
Konstante Drehzahl 1500 min⁻¹

Fahrtrieb: Prüfung der Zugkraftbilanz

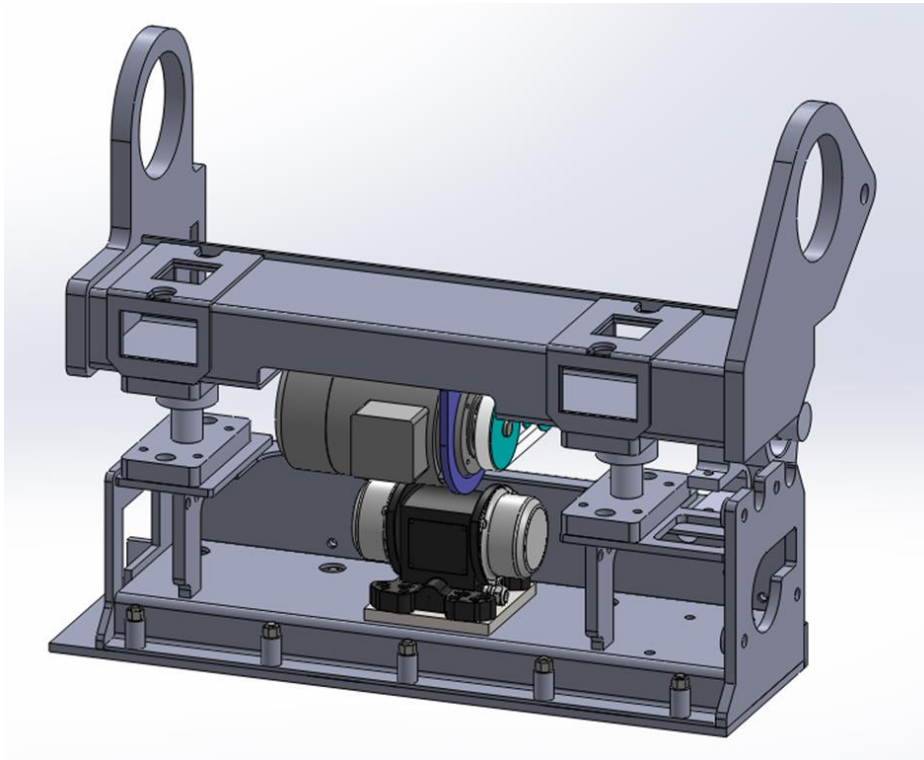
Bonfiglioli Fahrgetriebe aus
Serien 1303-2



Einbaubohle

Elektrische Antriebe Bohle

- 4(6) x 0,2 kW Vibrationsmotoren
- 3 x 2,2 kW am Tamper



Vibrationsmotoren:

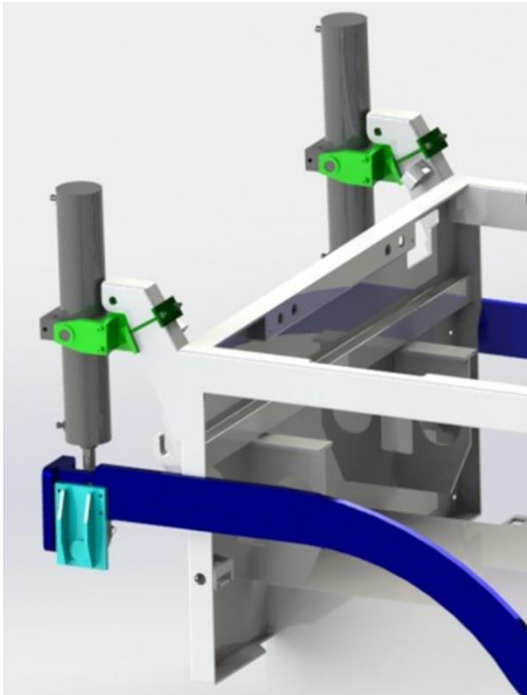
- Schutzart IP 65
- Oberflächentemperatur bis 120° C
- Fliehkraft 1760 N
- Fliehkraft einstellbar in 8 Stufen



Linearhydraulik

Variante A:

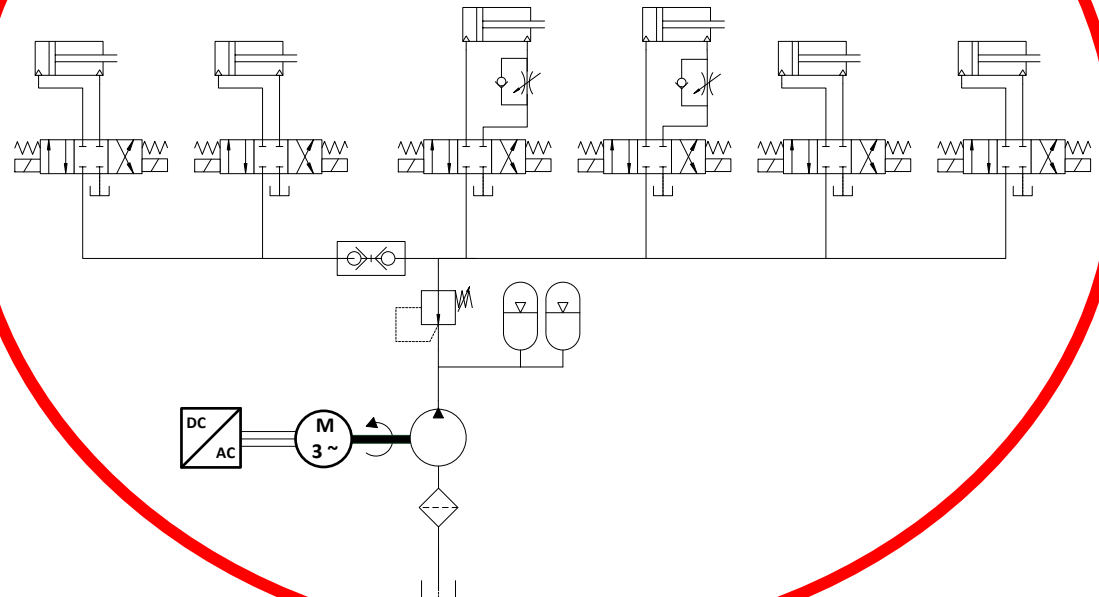
„Elektrozylinder mit Schwimmechanik“



und/oder

Variante B:

Bedarfsgeregelte elektromotorisch angetriebene zentrale Hydraulik



Ausbau



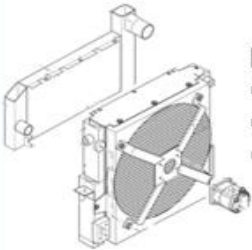
Pumpenverteilergetriebe

- 3 Verstellpumpen
- 5 Konstantpumpen



Generator mit Riementrieb

- 12 kW für Bohlenheizung



Kühlsystem

- Kombi-Kühler
- Ladeluft-Kühler
- Hyd. Lüfterantrieb

Hydraulische Komponenten

- Pumpen
- Motoren
- Schläuche
- Ventile
- 120 L Tank



Weitere Verwendung



Fahrgetriebe



Linear-Hydraulik



Modifizierung

Dieselmotor

- 37 % Leistungsreduzierung
- Konst. 1500 min⁻¹

Hydraulik

- Volumenstromregelung
- Tankvolumen reduziert



Einbau



Synchron-Generator

- 60 kVA, 400V
- 50Hz bei 1500 min⁻¹



Antriebe

- PM-Synchronmotoren
- Asynchronmotoren
- Getriebe



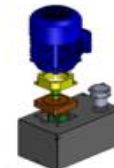
Leistungselektronik

- Frequenzumrichter
- Motorschutzschalter
- Schütze



Steuerung

- CANopen
- dSpace Autobox
- Matlab/Simulink



Hydraulik

- 20 L Tank
- Pumpe, ASM-Motor
- 2 x 4,5 L Speicher



Kühlsystem

- Drückend
- El. Lüfterantrieb



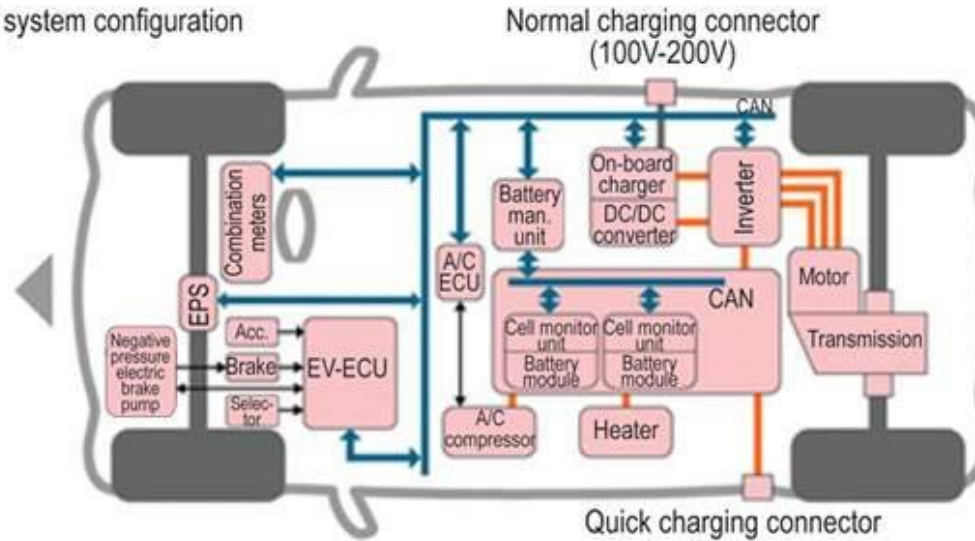
Bremswiderstände

- 2 x 4 je 60 Ω

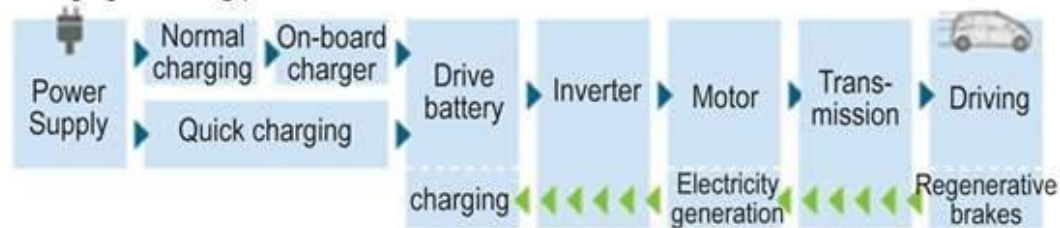
**Einen Dank an das Team von
wiss. Mitarbeitern und
stud. Hilfskräfte**



■ EV system configuration



Charging-to-driving process



Aussichten - Frequenzumrichter

Vergleich: Kosten ca. 50%, Bauvolumen ca. 50%, Funktionalität gestiegen



Diesel-Elektrischer Antrieb 1992 - Raupenfertiger



Diesel-Elektrischer Antrieb 2012 - Radfertiger



Frequenzumrichter

Fahrtrieb, Kratzerband, Verteilerschnecke
Vibration und Tamper



Frequenzumrichter SK1

Fahrtrieb und Tamper



Frequenzumrichter SK3

Kratzerband, Verteilerschnecke
Vibration, Hydraulik

„Handy“ um 1990



~ 10.000 DM
~ 6 kg
Gesprächszeit ca. 30 min

20 Jahre später



~ 25 €
< 100 g
Gesprächszeit > 400 min

Diesel-elektrische und hybride mobile Arbeitsmaschinen:

- Schwere Muldenkipper > 200 t
- LeTourneau Radlader
- Flurförderfahrzeuge
- Komatsu Hybrid-Bagger
- ...



Quelle: bricksnspace.wordpress.com

Batterietechnik:

Li-Ion 2015

~ 150 Wh/kg

~ 500 €/kWh

Li-Ion 2020 ?

> 300 Wh/kg

< 250 €/kWh



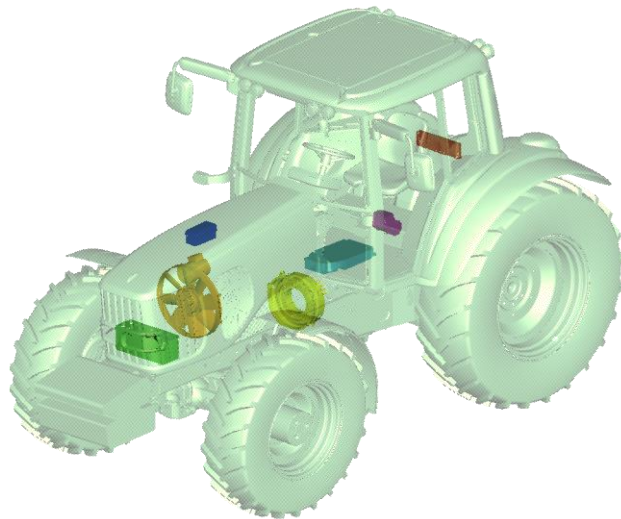
Quelle: still.de



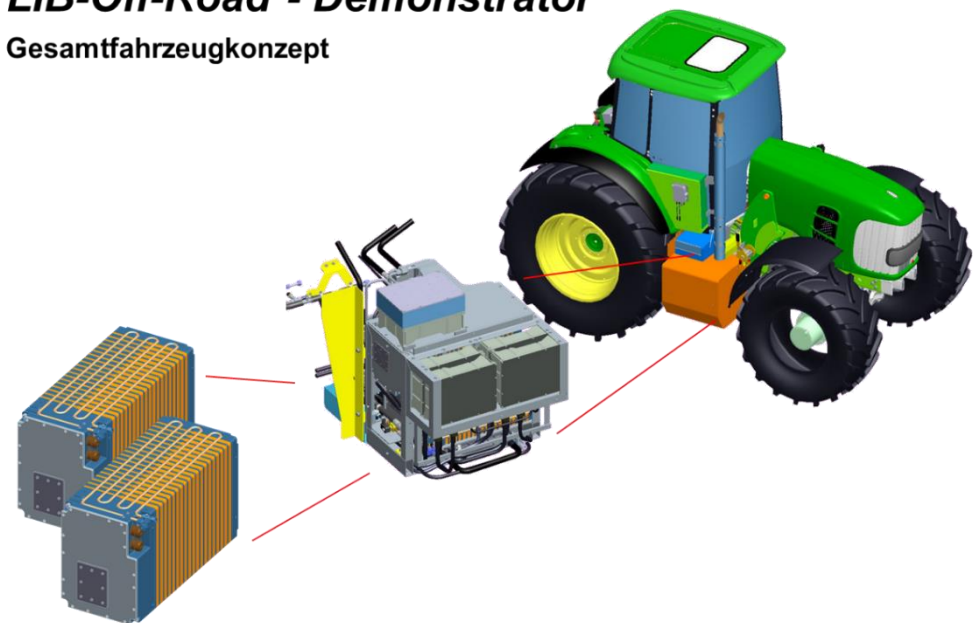
Quelle: bauforum24.biz

LIB-Off-Road - Demonstrator

Gesamtfahrzeugkonzept

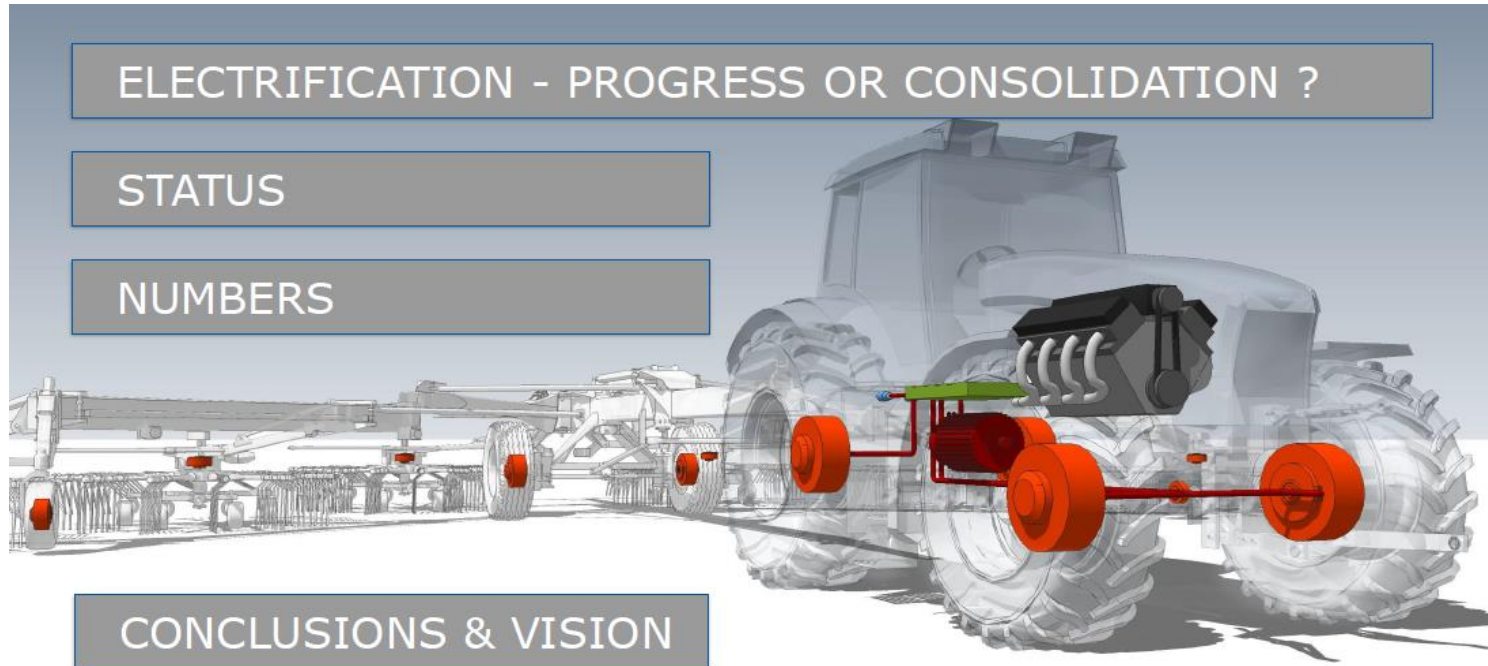


Traktor mit μ -Hybrid Antrieb
2008



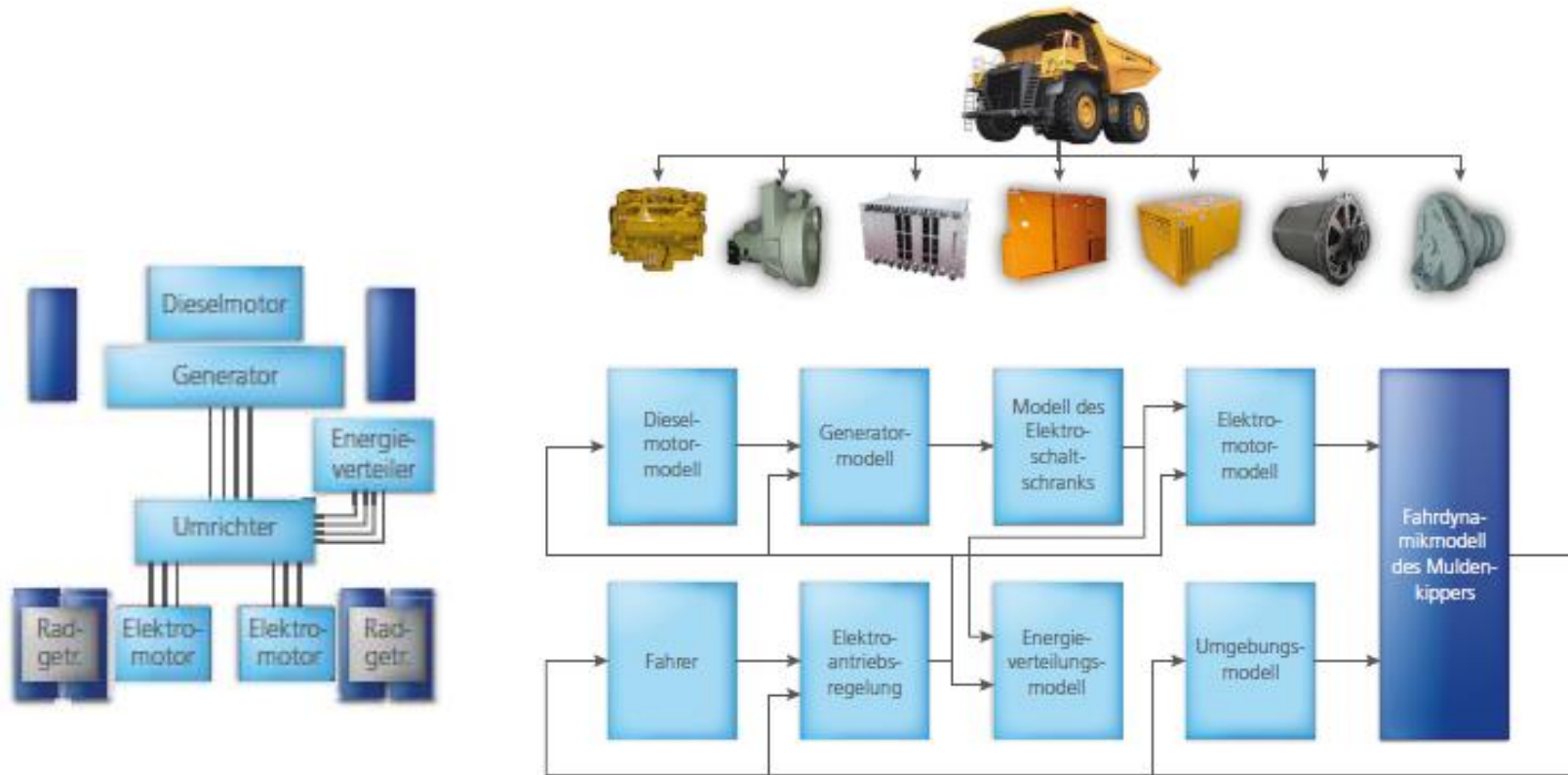
Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien in Off-Road Nutzfahrzeugen
2012

Entwicklung von diesel-elektrischen Antrieben in der Landtechnik



Diesel-elektrische Antriebe
TU Dresden
Lehrstuhl Agrarsystemtechnik
Prof. Dr.-Ing. T. Herlitzius

Entwicklung von diesel-elektrischen Antrieben bei Muldenkippern (SANY-China)



Diesel-elektrischer Antrieb

Fahrzeugdynamisches Modell eines diesel-elektrisch angetriebener Muldenkippers

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**