

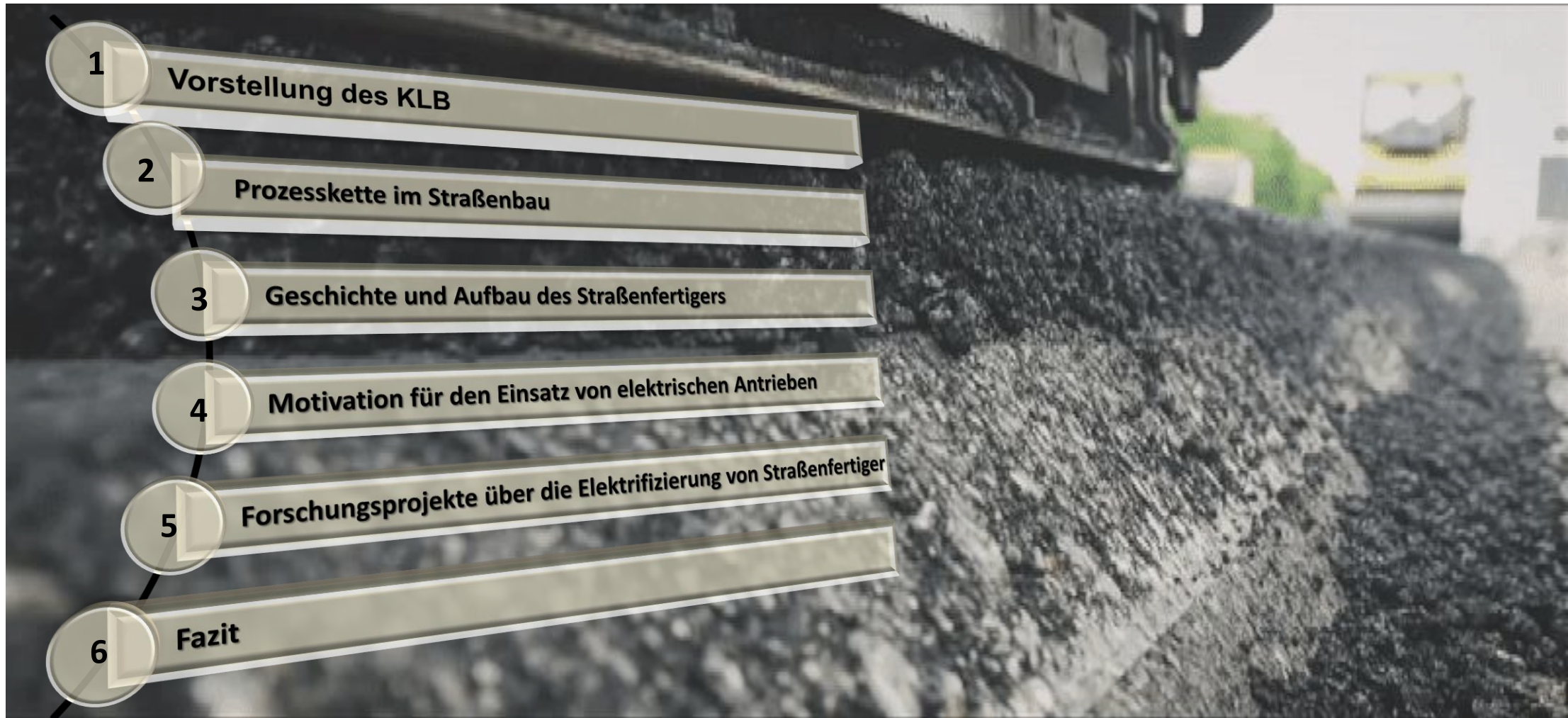
VDI Vortrag – Köln, 23.03.2022



Von der Mobilhydraulik zu elektrischen Antrieben bei einer Straßenbaumaschine



Agenda



1. Vorstellung KLB



- Forschungsaktivitäten seit 2006, Gründung KLB 2008 durch Prof. Dr.-Ing Alfred Ulrich (Leiter des Labors)
- Bestandteil des Instituts für Bau- und Landmaschinentechnik
- 47 genehmigte Forschungsprojekte (Marz 2022)
- Ca. 15 Mitarbeiter, Jährlicher Umsatz ca. 1Mio.€
- Bereich mobile Arbeitsmaschinen
(Landmaschinen, Baumaschinen, Kommunalmaschinen, Forstmaschinen und Sondermaschinen)
- Verantwortlich für den Studiengang Bau- und Baustoffmaschinen
- **Forschung trifft Lehre**

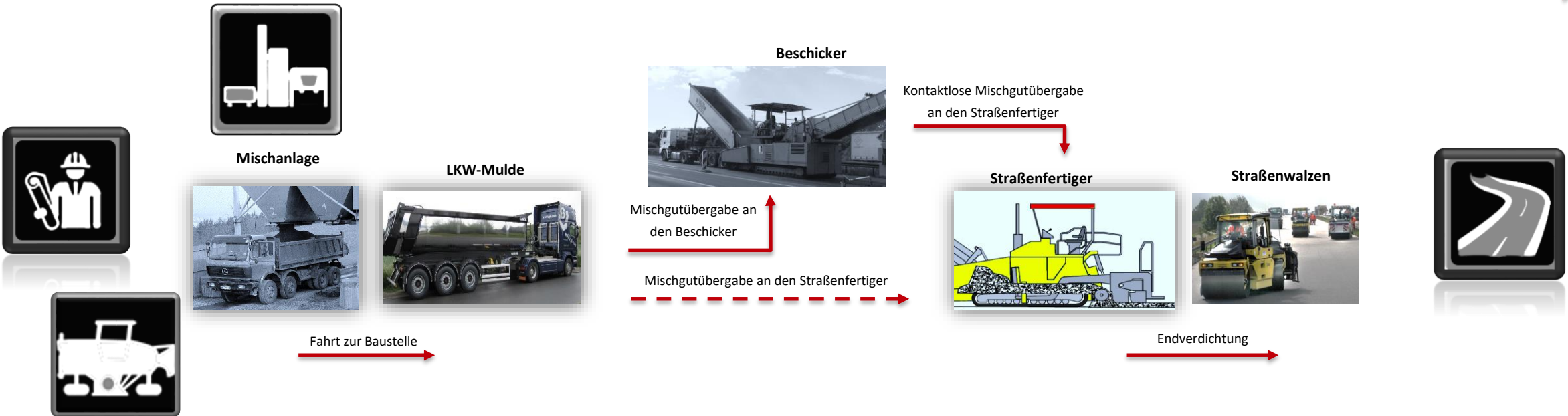
Forschungsnahe Ausbildung von Bachelor- und Masterabsolventen

Forschungsschwerpunkte

- ❖ Energieeffiziente Arbeitsprozesse, Arbeitsfunktionen und Antriebstechnik
- ❖ Wechselwirkung Arbeitswerkzeug – Baustoff
- ❖ Automatisierung von Arbeitsfunktionen
- ❖ Fahrdynamik – Fahrsicherheit - Fahrkomfort



2. Prozesskette im Straßenbau



3. Geschichte und Aufbau des Straßenfertigers

❖ Geschichte

- **1929** Entwicklung des ersten Schleppverteilers durch Vögele. Das Gerät ist noch nicht selbstfahrend und wird vom beschickenden Lkw gezogen¹.
- **1930er-Jahre** Erster Barber-Greene-Fertiger in USA gebaut, bestehend aus einer Zugmaschine und einer Einbaubohle mit Stampfer¹.
- **1950** Entwicklung des ersten Schwarzdeckenfertigers ausgestattet mit modernen Elementen wie Materialkübel, Förderband und Schnecke¹.



Bis in den 1960er-Jahre besaßen die Maschinen einen rein mechanischen Antrieb².



Straßenfertiger aus den 1950er-Jahren noch ohne schwimmende Bohle¹



ABG Titan 300 von 1967¹

- **1970er-Jahre** Übergang vom mechanischen zum hydraulischen angetriebenen Straßenfertiger².
- **1976** ABG (Allgemeine Baumaschinen Gesellschaft mbH) bringt die vollständig ausfahrbaren Einbaubohlen auf den Markt → Verdoppelung der Grundarbeitsbreite¹.
- **1981** Vögele meldet die Pressleiste zum Patent an. Durch einen nach der Bohle geschalteten Stampfer wird das Einbaumaterial weiter verdichtet¹.
- **1983** Entwicklung des Doppelstampfer durch ABG. Durch einen zusätzlichen Stampfer vor der Bohle wird das Einbaumaterial besser vorverdichtet¹.

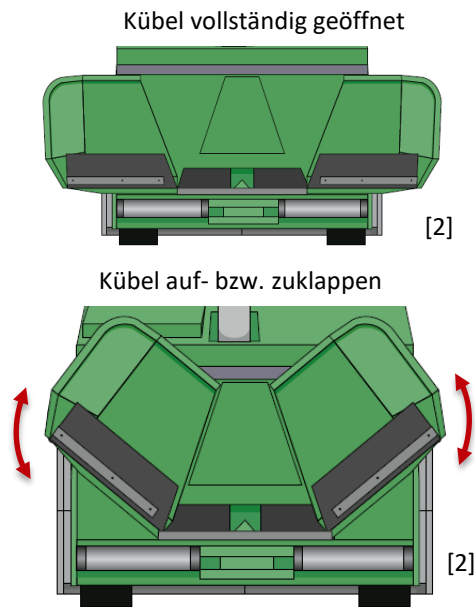
1. Marc Kappel, Angewandter Straßenbau – Straßenfertiger im Einsatz, 3.Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden 2020
2. Alfred Ulrich, Neu Straßenbautechnik; Tiefbau 11/1996, Heft 11, 108. Erich Schmidt Verlag, München 1996



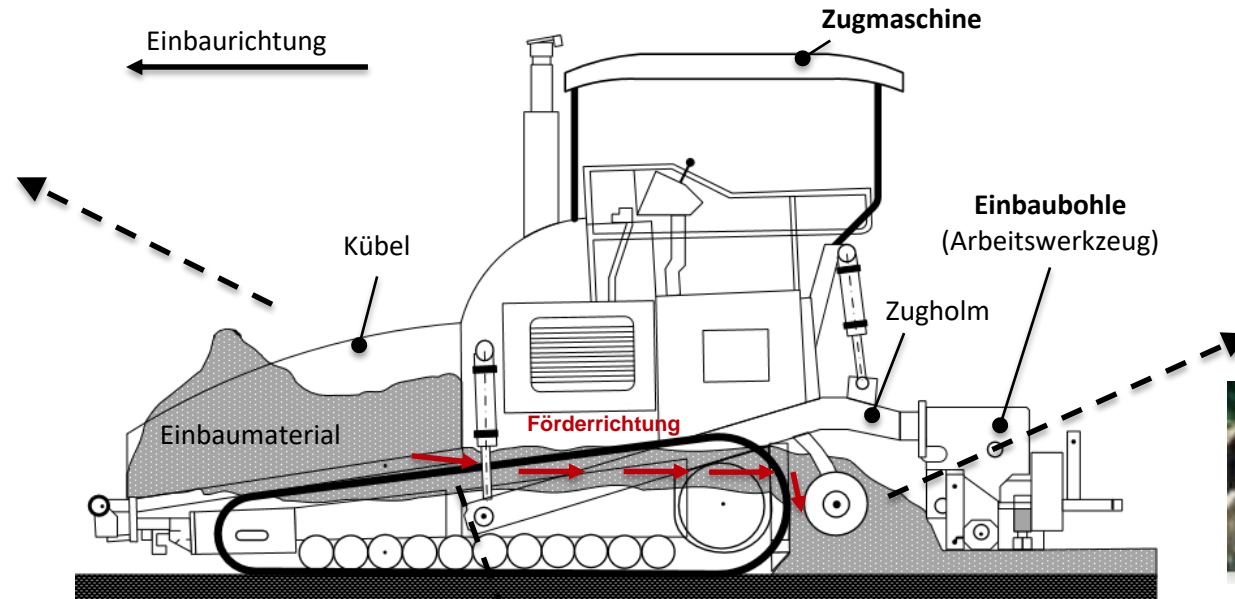
3. Geschichte und Aufbau des Straßenfertigers

❖ Aufbau (Maschinenfunktionen mit den jeweiligen Antrieben)

1. Mischgutaufnahme



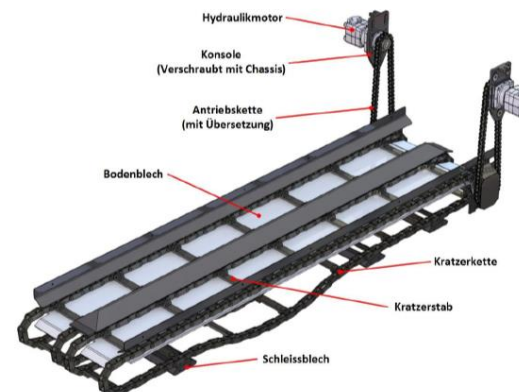
Kübel-Verstellung über jeweils einen Hydraulikzylinder (links und rechts)



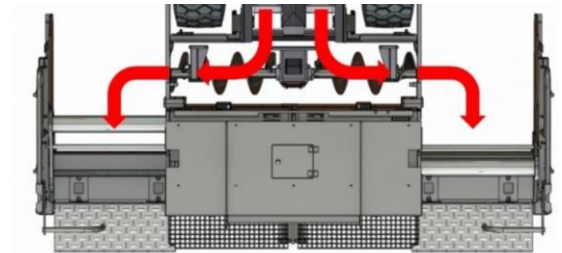
2. Mischgutförderung



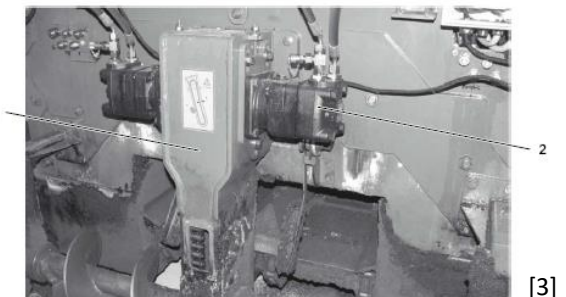
Kratzkettenförderer / Kratzerband (links und rechts)



3. Mischgutverteilung



Verteilerschnecke (links und rechts)



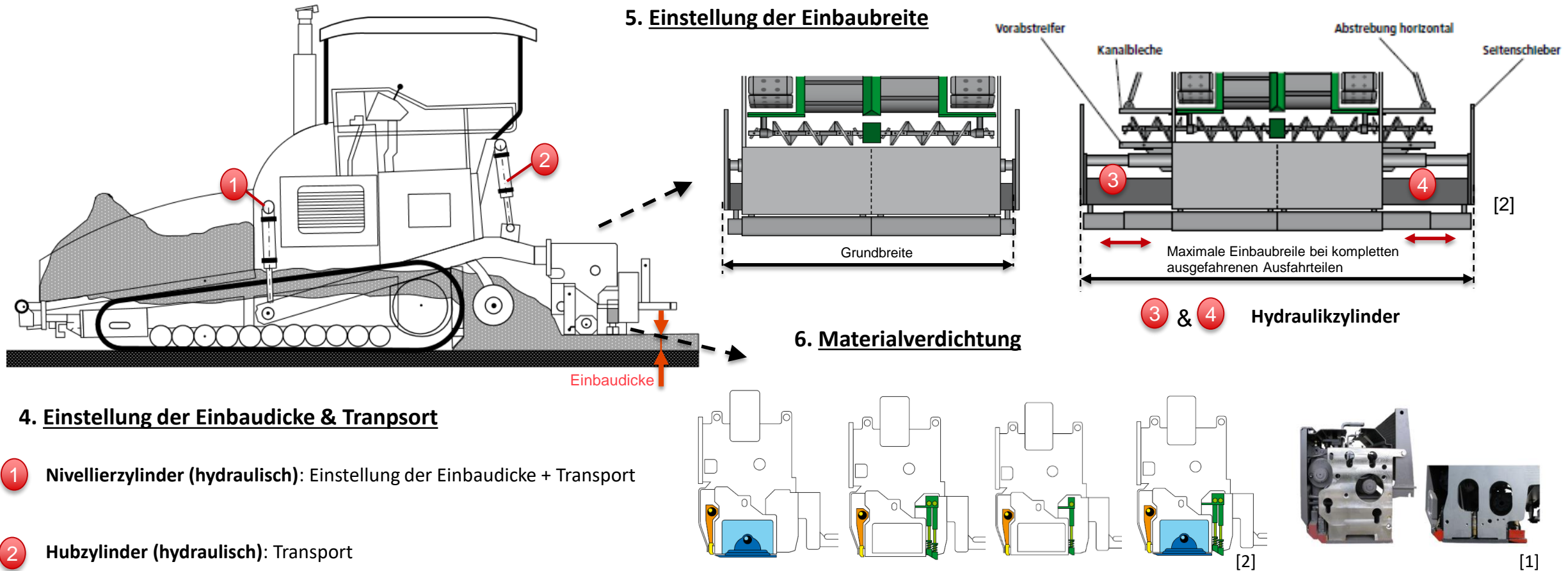
1: Getriebekasten; 2: Hydraulikmotor

[2] Vögele Einbaufibel; [3] VÖGELE Betriebsanleitung



3. Geschichte und Aufbau des Straßenfertigers

❖ Aufbau (Maschinenfunktionen mit den jeweiligen Antrieben)



4. Einstellung der Einbaudicke & Transport

- 1 Nivellierzylinder (hydraulisch): Einstellung der Einbaudicke + Transport
- 2 Hubzylinder (hydraulisch): Transport

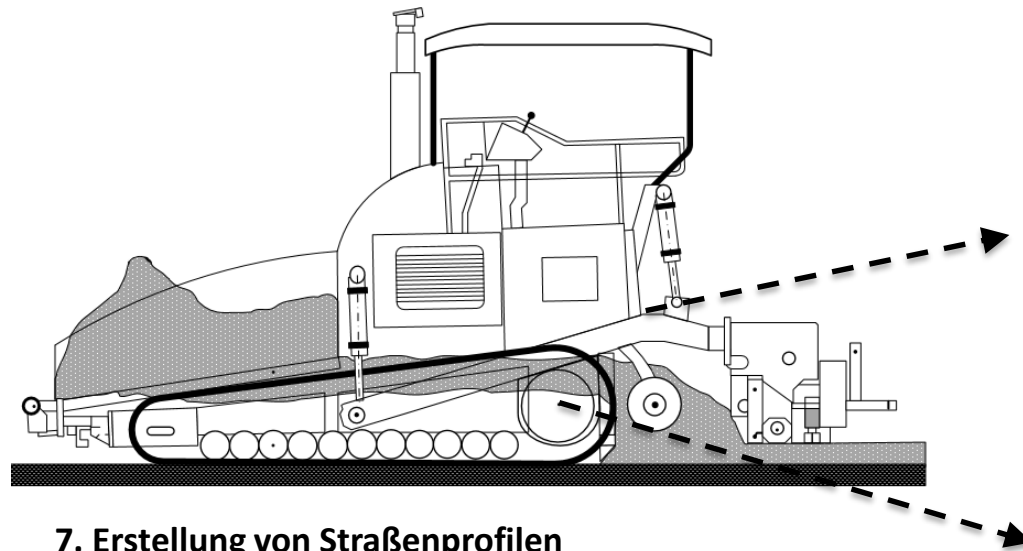
Verdichtungsaggregate sind durch Hydraulikmotoren angetrieben

[1]: Marc Kappel , Angewandter Straßenbau – Straßenfertiger im Einsatz, . 3.Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden 2020; [2] VÖGELE Einbaufibel

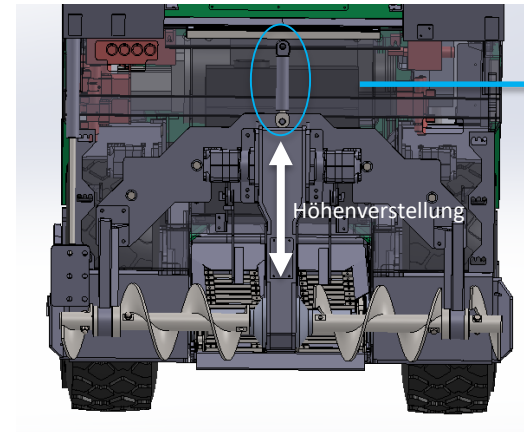


3. Geschichte und Aufbau des Straßenfertigers

❖ Aufbau (Maschinenfunktionen mit den jeweiligen Antrieben)



8. Verstellung der Schneckenhöhe



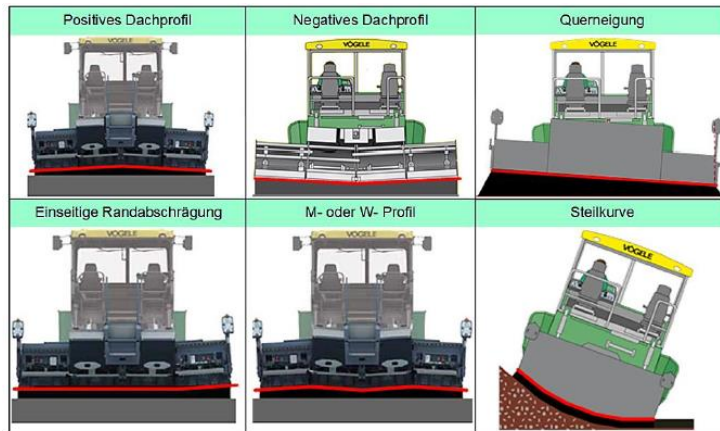
Hydraulikzylinder



oder

Mechanisch über einen Spannschloss

7. Erstellung von Straßenprofilen

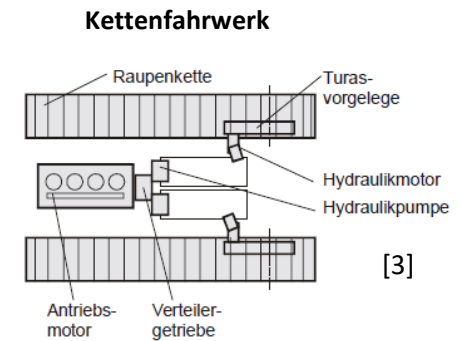
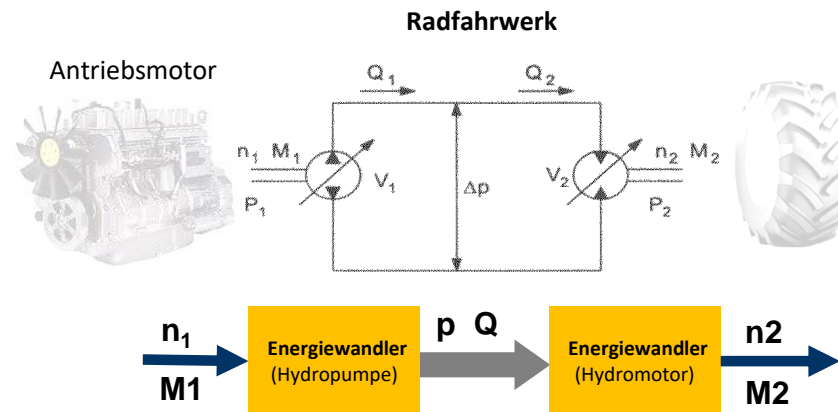


Die Verstellung ist überwiegend rein mechanisch

[2]

[2] VÖGELE Einbaufibel

9. Fahrtrieb: hydrostatisch



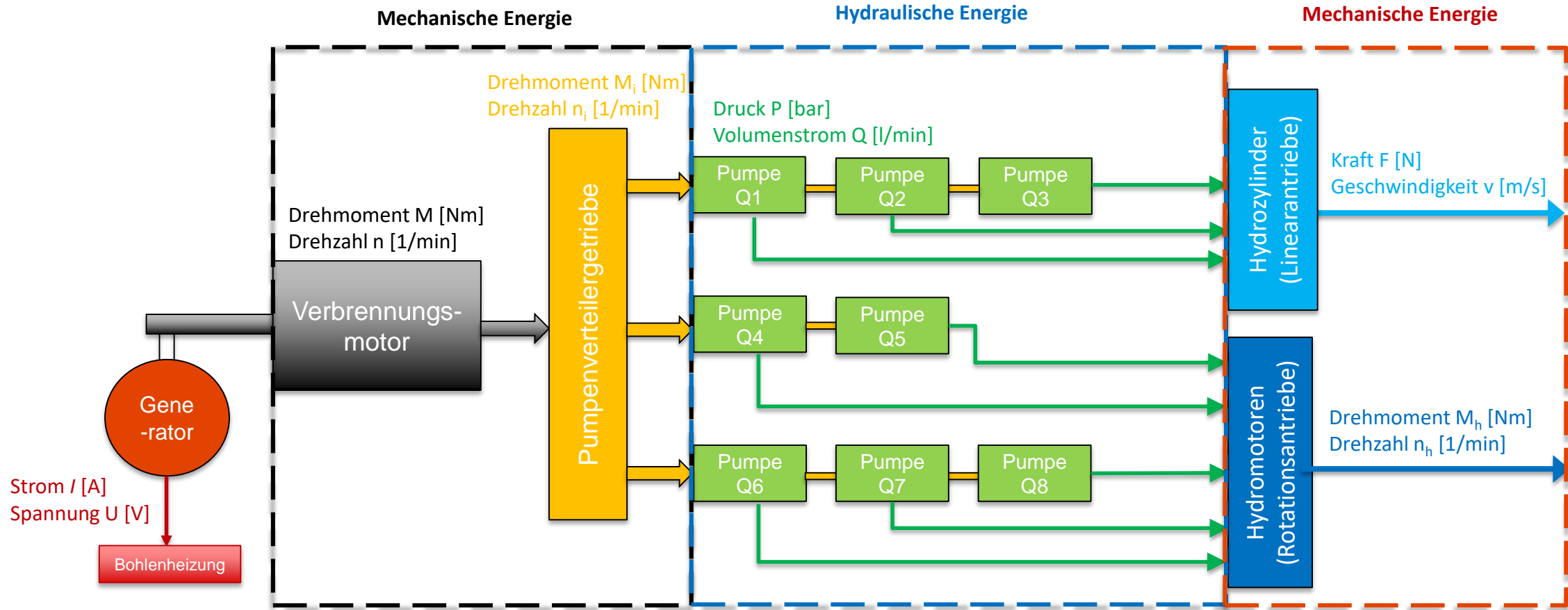
[3]

[3] Steinmetzger, Grundlage der Maschinentechnik, Weimar 2003



3. Geschichte und Aufbau des Straßenfertigers

❖ Aufbau (Maschinenfunktionen mit den jeweiligen Antrieben)



Energiefluss beim dieselhydraulischen Antriebskonzept

4. Motivation für den Einsatz von elektrischen Antrieben

Nachteile von Dieselmotoren und Hydraulikmedien

- Inakzeptanz der Umweltgefährdung bei Betrieb der Straßenfertiger in Wasserschutzgebieten, an Flüssen, Seen und Deichen
- Verbrennungsmotoren arbeiten wegen variabler Leistungsabnahme nur zum Teil im Bereich des optimalen Wirkungsgrades
 - Vergeudung von Treibstoff
 - Zusätzliche Abgasbelastung und Geräuschentwicklung
 - Ungünstiger Gesamtwirkungsgrad in der Energieausnutzung
- Verschleiß der hydrostatischen Antriebssysteme der Straßenfertiger bei extremen Arbeitsbedingungen
 - Intensive Wartung / gezwungene Reparaturarbeit
 - Umweltverschmutzung durch austretendes Hydraulikmedium
- Steigende Treibstoffkosten

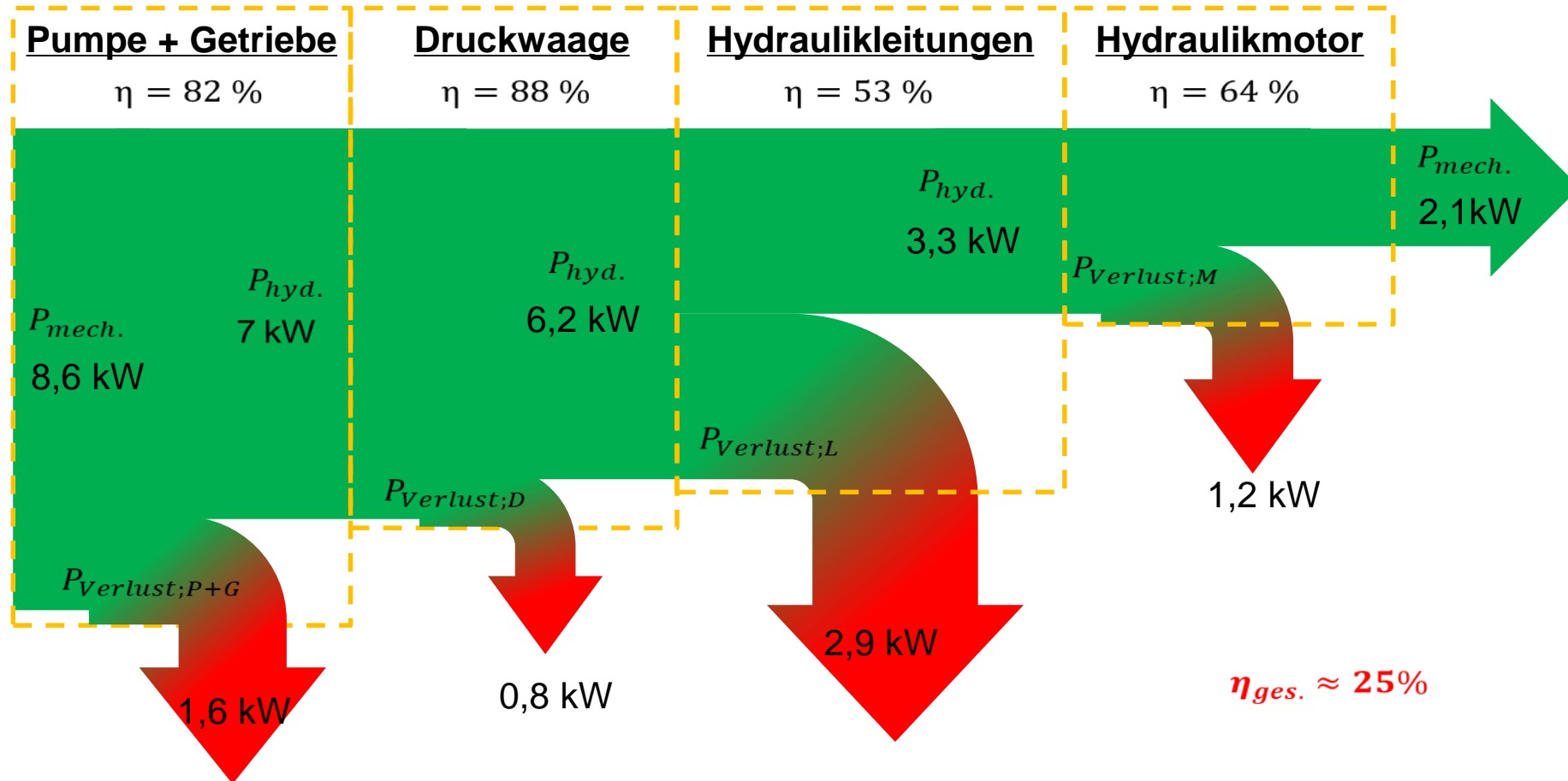
Vorteile der Elektrifizierung

- ❖ Energieeffizienz
- ❖ Treibstoffeinsparung
- ❖ Reduzierung von Schadstoffemissionen
- ❖ Bessere Regelbarkeit der elektrische Antriebe



4. Motivation für den Einsatz von elektrischen Antrieben

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



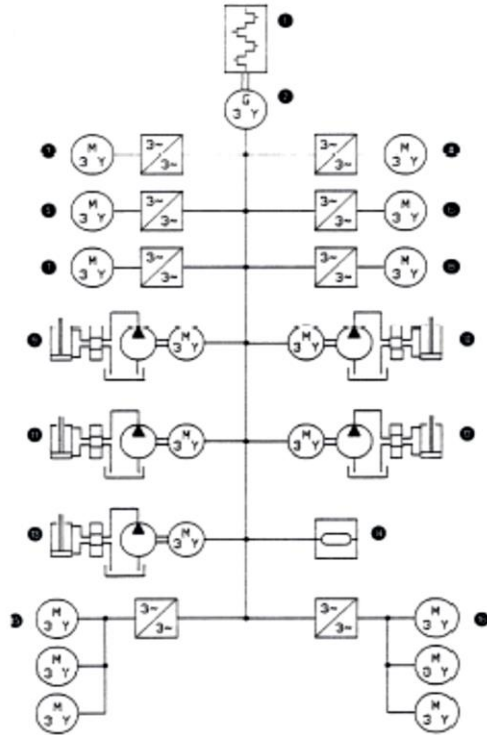
5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

1

EU Forschungsprojekte: *Operator-Assisted Mobile Road-Robot for Heavy-Duty Civil Engineering Applications "Road-Robot"*

Förderzeitraum: 01.06.1992-31.05.1996 Förderkennzeichen: FP3-ESPRIT2 / ID 6660

Partner: **Joseph Vögele AG, RWTH Aachen** (Gesellschaft für Automatisierung, Prozesssteuerung), **Advanced Robotics Research Ltd** (United Kingdom), **FACE (NL), Ikerlan (E), UNIVERSIDAD NOVA DE LISBOA.**



Diesel-Elektrischer Antrieb 1992 - Raupenfertiger S 1800 DE



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

1

- Erste diesel-elektrische Straßenbaumaschine
- In Serie ab 1994, insgesamt 8 Maschinen gebaut
- Im Vergleich zum hydraulischen Pendant Super 1800:
 - 61 kW Dieselmotor anstelle von 121 kW
 - 17 Liter Hydrauliköl anstelle von 350 Liter



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

2

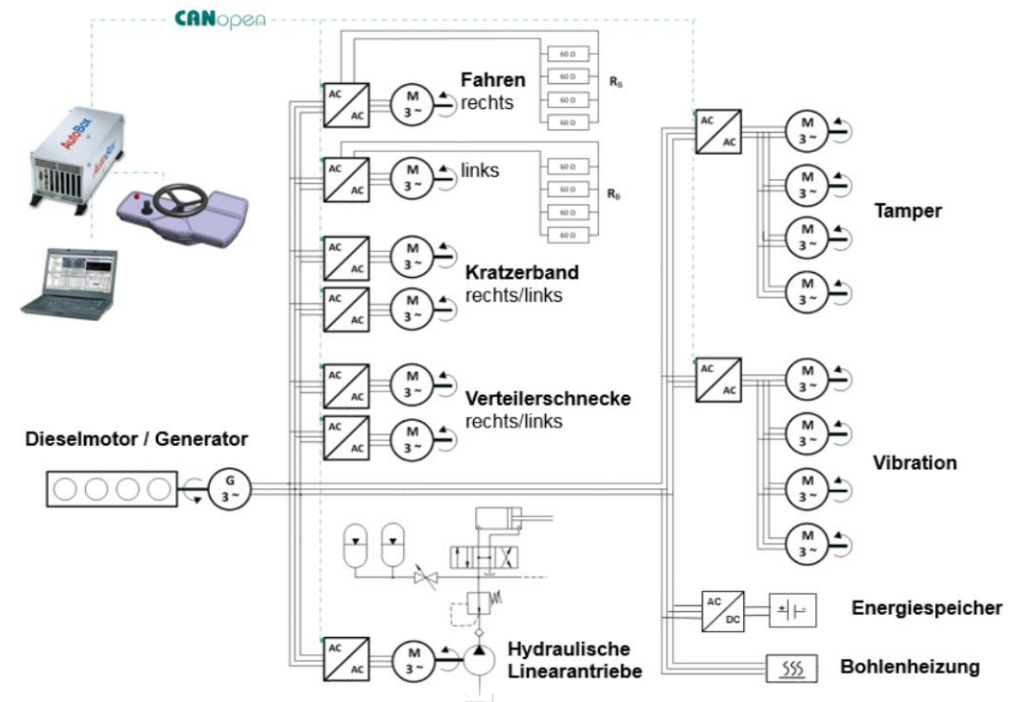
DE Forschungsprojekt: **Dieselelektrischer-Hybrid-Straßenfertiger „DEHS“**

Förderzeitraum: 01.05.2012 - 31.10.2015 Förderkennzeichen: BMBF (ProfiN) / 17PNT033

Partner: Technische Hochschule Köln (KLB)

Ziele

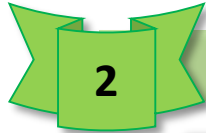
- Aufbau Demonstrator mit hybridem Antriebsstrang
- Vergleichbare Einbauleistungen wie hydraulisches Pendant
- Prozess-, leistungs- und bedarfsoptimierte Antriebe/Regelung
- Reduzierung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauches um ca. 50 %
- Reduzierung der mitgeführten Hydraulikölmenge um ca. 90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



Gesamtkonzept des diesel-elektrischen Fertigers



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger



DE Forschungsprojekte: *Dieselektrischer-Hybrid-Straßenfertiger „DEHS“*

Ausbau	Weitere Verwendung	Einbau
<p>Pumpenverteilergetriebe</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 Verstellpumpen ▪ 5 Konstantpumpen   <p>Generator mit Riementrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 12 kW für Bohlenheizung  <p>Kühlsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kombi-Kühler ▪ Ladeluft-Kühler ▪ Hyd. Lüfterantrieb <p>Hydraulische Komponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pumpen ▪ Motoren ▪ Schläuche ▪ Ventile ▪ 120 L Tank  	<p>Fahrgetriebe</p>  <p>Linear-Hydraulik</p>  <p>Modifizierung</p>  <p>Dieselmotor</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 37 % Leistungsreduzierung ▪ Konst. 1500 min⁻¹ <p>Hydraulik</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volumenstromregelung ▪ Tankvolumen reduziert 	<p>Synchron-Generator</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 60 kVA, 400V ▪ 50Hz bei 1500 min⁻¹ <p>Antriebe</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PM-Synchronmotoren ▪ Asynchronmotoren ▪ Getriebe <p>Leistungselektronik</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Frequenzumrichter ▪ Motorschutzschalter ▪ Schütze <p>Steuerung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CANopen ▪ dSpace Autobox ▪ Matlab/Simulink <p>Hydraulik</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 20 L Tank ▪ Pumpe, ASM-Motor ▪ 2 x 4,5 L Speicher <p>Kühlsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Drückend ▪ El. Lüfterantrieb <p>Bremswiderstände</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 x 4 je 60 Ω       



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

2

DE Forschungsprojekte: *Dieselelektrischer-Hybrid-Straßenfertiger „DEHS“*

Experimentelle Untersuchungen

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



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

2

DE Forschungsprojekte: *Dieselelektrischer-Hybrid-Straßenfertiger „DEHS“*

Erzielte Ergebnisse

- Reduzierung der Hydraulikölmenge von 120 Liter auf 20 Liter (85% Ersparnis -> geplant 90%)
- Verringerung des Kraftstoffverbrauches von 14 Liter/Stunde auf 5,5 Liter/Stunde (65% Einsparung -> geplant war 50%)

Aussichten - Frequenzumrichter

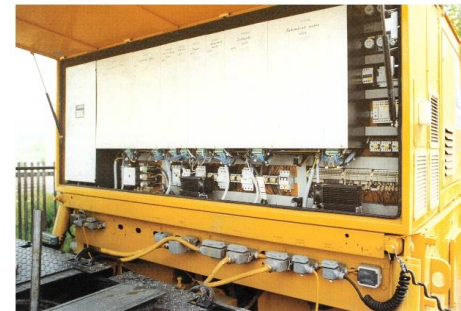
Vergleich: Kosten ca. 50%, Bauvolumen ca. 50%, Funktionalität gestiegen



Diesel-Elektrischer Antrieb 1992 - Raupenfertiger



Diesel-Elektrischer Antrieb 2012 - Radfertiger



Frequenzumrichter
Fahrantrieb, Kratzerband, Verteilerschnecke
Vibration und Tamper



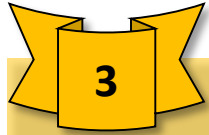
Frequenzumrichter SK1
Fahrantrieb und Tamper



Frequenzumrichter SK3
Kratzerband, Verteilerschnecke
Vibration, Hydraulik



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger



DE Forschungsprojekte: *Autonom arbeitenden Maschinen im Straßenbau 4.0* „Robot Straßenbau 4.0“

Förderzeitraum: 01.10.2017 - 31.07.2021 Förderkennzeichen: FE 88.0158/2017 Forschungsträger: **bast**



Partner:

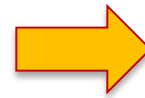


Ziele

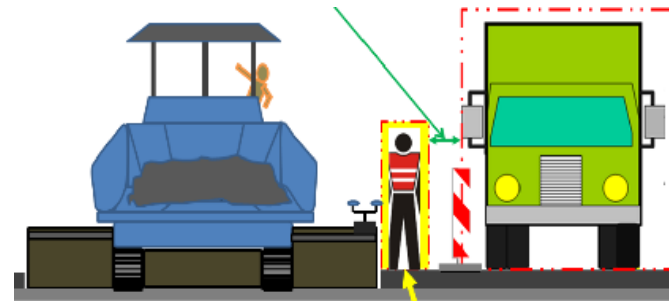
- Sicherheit an der Straßenbaustelle erhöhen
- Bedingungen für das Personal verbessern
- Gleichzeitig wird eine höhere Qualität der Straße angestrebt

Umsetzung

Automatisierung und Vernetzung der Arbeitsfunktionen der im Straßenbau beteiligten Baumaschinen



Arbeitsbereich laut Arbeitsstättenverordnung



Beispiel: Arbeitsbereich an einer Baustelle



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger



DE Forschungsprojekte: **Autonom arbeitende Maschinen im Straßenbau 4.0 „Robot Straßenbau 4.0“**

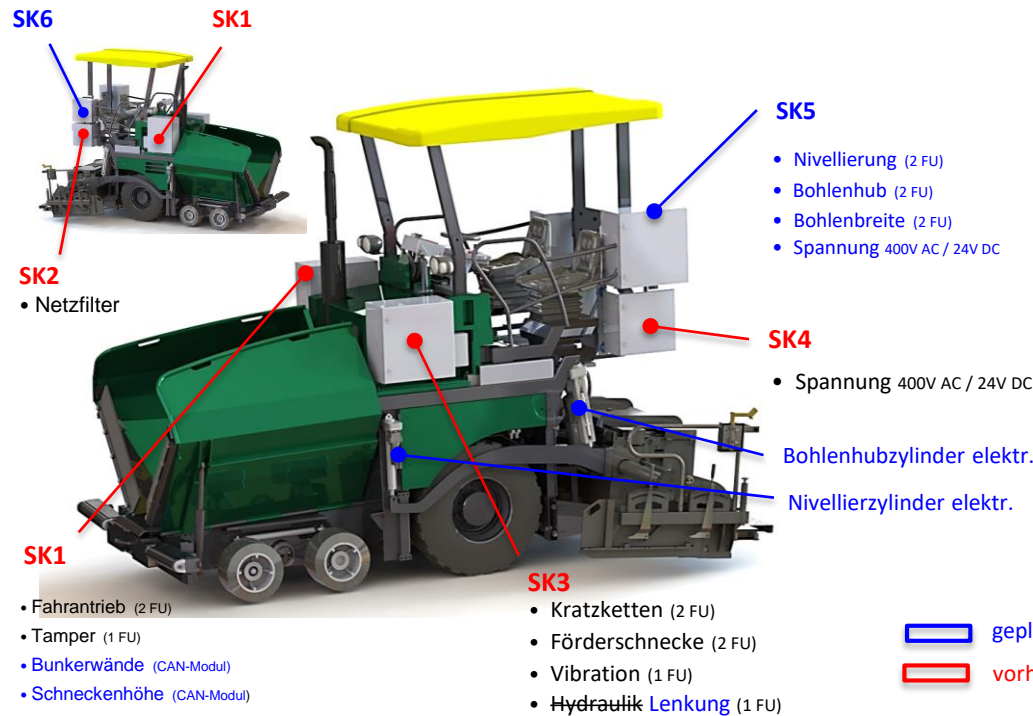
Umsetzung

Automatisierung und Vernetzung der Arbeitsfunktionen der im Straßenbau beteiligten Baumaschinen

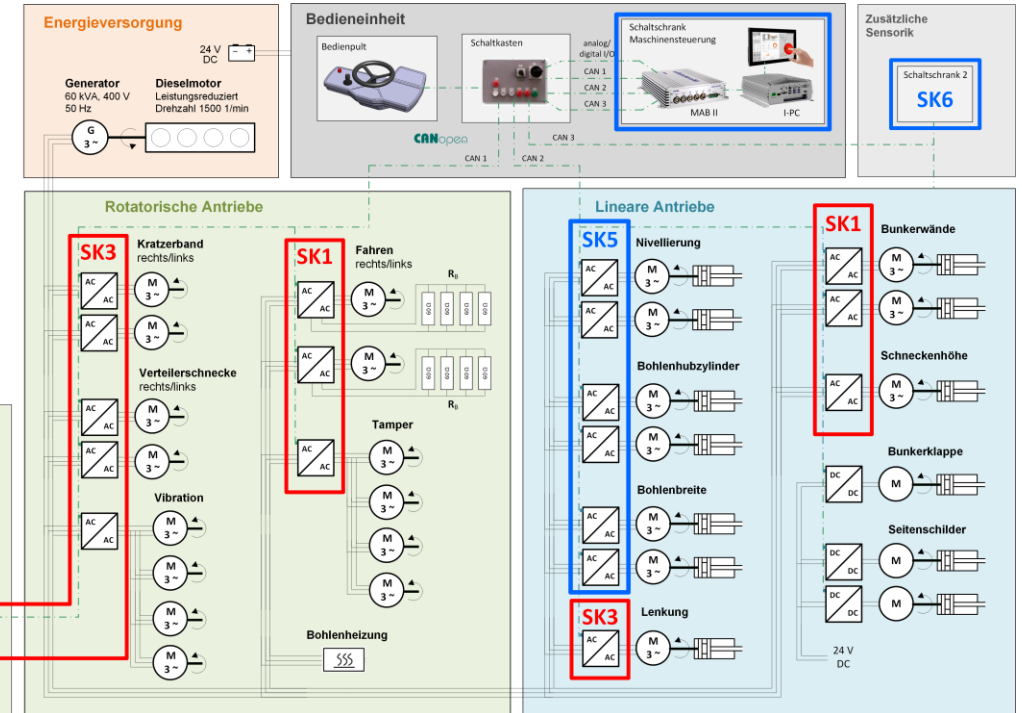
u.a.



Aufbauend auf vorherigem Forschungsprojekt des *DEHS* müssen die bestehenden hydraulischen linearen Antriebe im Straßenfertiger durch elektrische Aktoren ersetzt und die zugehörigen Regelungen entwickelt werden.



 geplant
 vorhanden

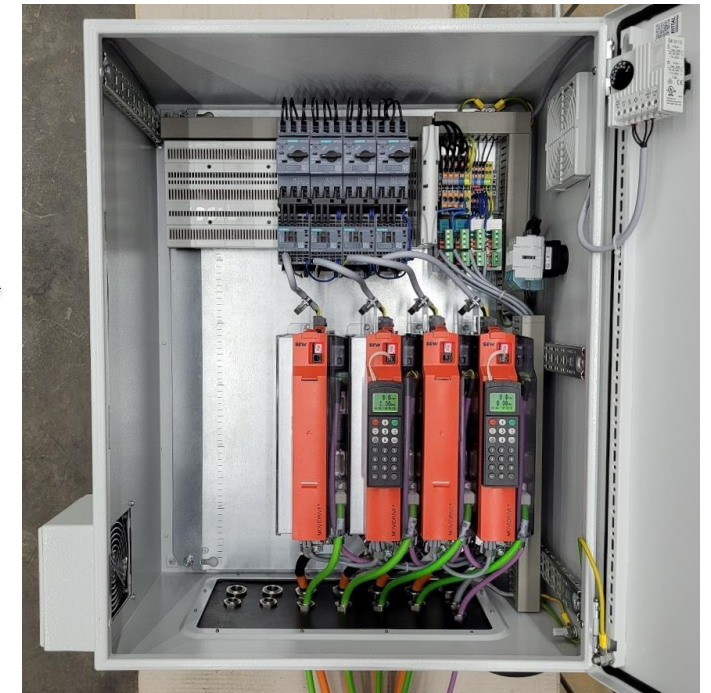
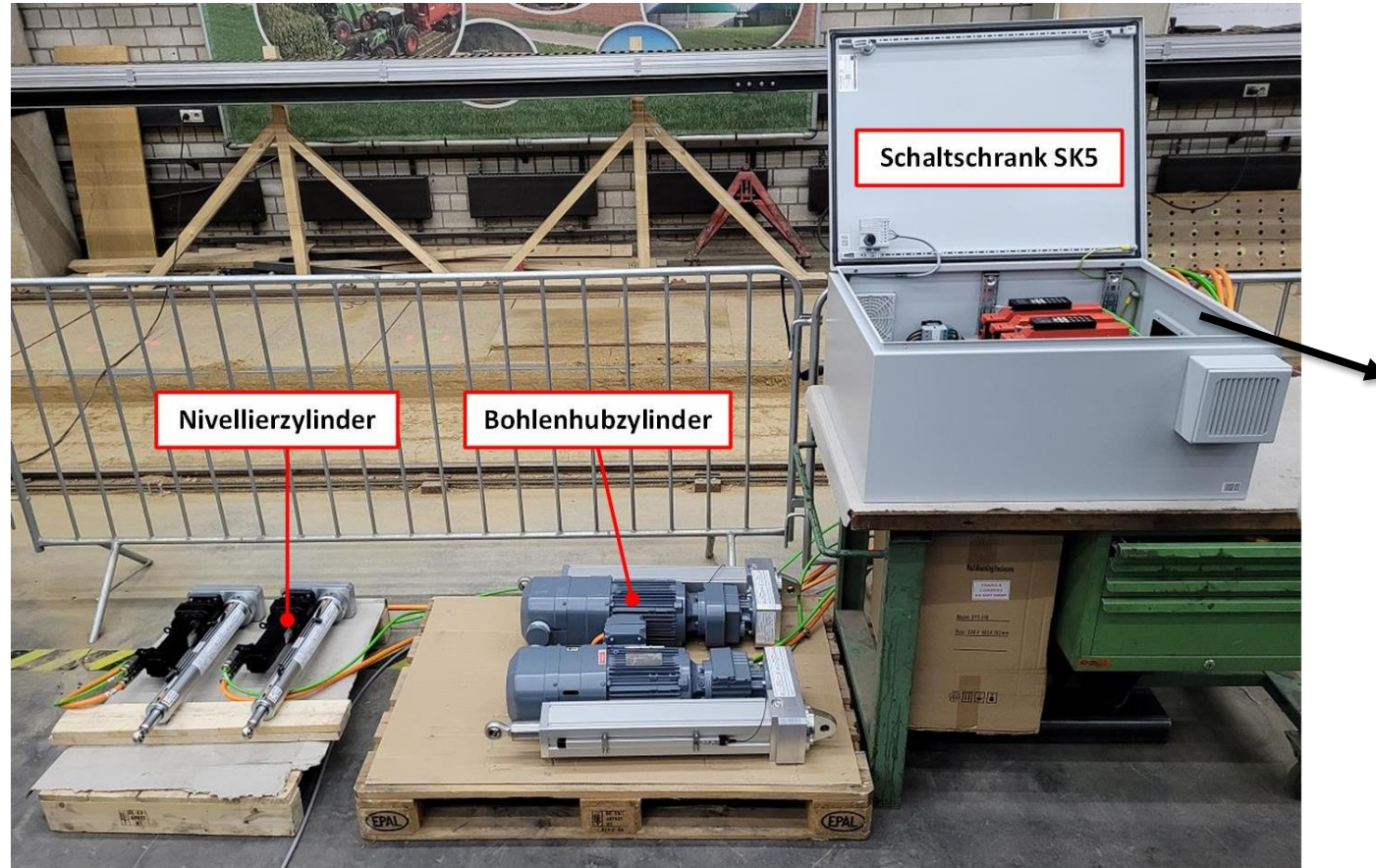


5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger

3

DE Forschungsprojekte: **Autonom arbeitende Maschinen im Straßenbau 4.0 „Robot Straßenbau 4.0“**

Elektrische Nivellierung und Bohlenhub



Frequenzumrichter Schaltschrank SK5



5. Forschungsprojekte zur Elektrifizierung von Straßenfertiger



DE Forschungsprojekte: **Autonom arbeitende Maschinen im Straßenbau 4.0 „Robot Straßenbau 4.0“**

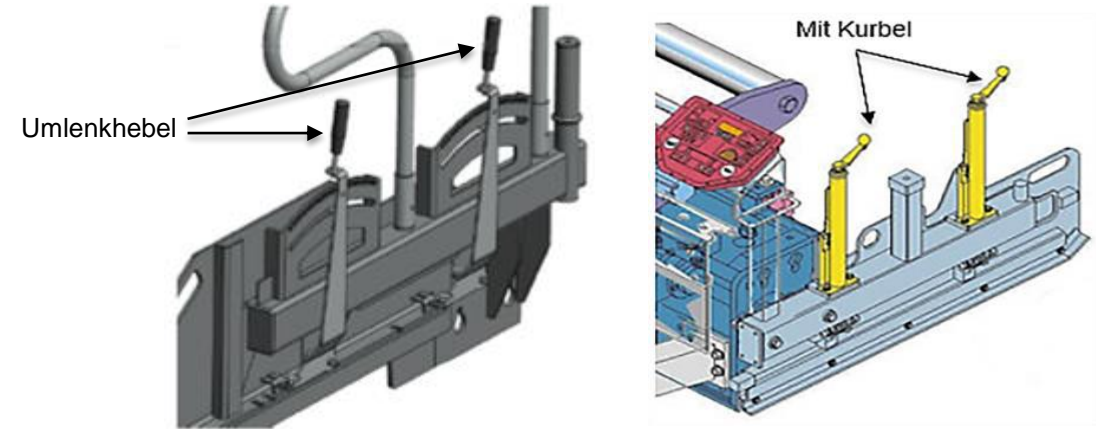
Verstellung der Seitenschilde

Die Seitenschilde dienen zur **seitlichen Begrenzung der Einbaubohle**.
Diese vermeiden den seitlichen Austritt des Mischgutes aus der Maschine.



[1]

Die vorkommenden Mechanismen zur Verstellung (in die Höhe)



Mechanik

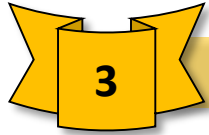


Anwendung bei größeren
Straßenfertigern und
breiter Bohle)

[1]

Hydraulisch



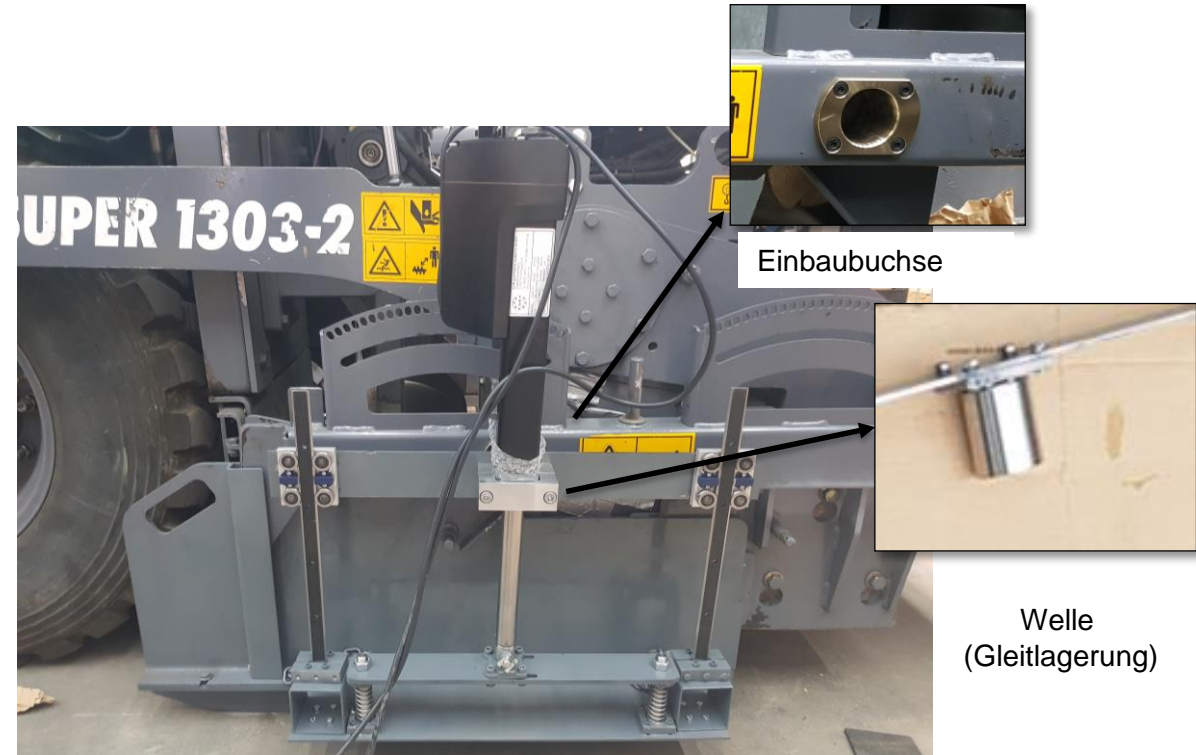


DE Forschungsprojekte: **Autonom arbeitende Maschinen im Straßenbau 4.0 „Robot Straßenbau 4.0“**

Verstellung der Seitenschilde



vorher



nachher



- Durch die Verwendung von linearen Antrieben anstelle von hydraulischen in mobilen Arbeitsmaschinen kann ebenfalls die nötige Leistung für die jeweiligen Arbeitsfunktionen erzeugt werden.
- Durch Elektrifizierung der Baumaschine wird die Dieselmotorleistung und somit der Kraftstoffverbrauch stark reduziert. Zudem wird der Hydraulikölverbrauch deutlich verringert → Umweltfreundlichere Baumaschinen.
- In Hinblick auf die Automatisierung bzw. Vollautomatisierung (autonome Baumaschine) von Baumaschinen eignen sich die Elektroantriebe am Besten, aufgrund Ihrer besseren Regelbarkeit gegenüber Hydroantrieben. Hydroantriebe reagieren meistens träge.

- Eine Herausforderung ist jedoch der größere Bauraumbedarf beim Einbau mancher Elektroantriebe.
→ Dies kann beispielweise durch die Adaption der Maschinenkonstruktion seitens Baumaschinenhersteller bei serieller Produktion gelöst werden.



ANY QUESTIONS?



Marius Nono Tamo, M.Sc.
marius.nono@th-koeln.de
+49 221 8275 2585
www.mobilearbeitsmaschine.de

