

Elektrische Antriebe in selbstfahrenden Landmaschinen



Dipl.-Ing. (FH) Michael Gallmeier
Prof. i.R. Dr. Dr. habil. Hermann Auernhammer

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt (WZW)
Department Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und biogene Rohstoffe

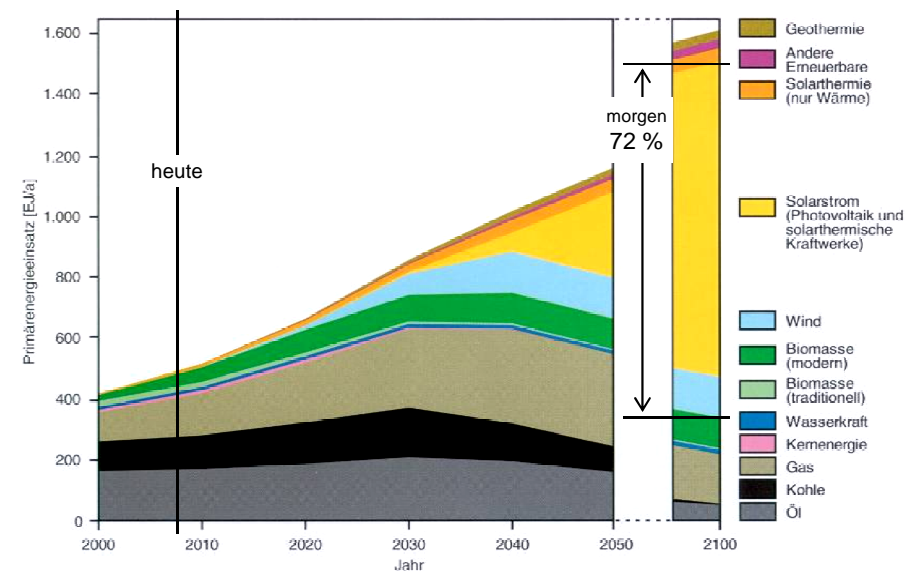
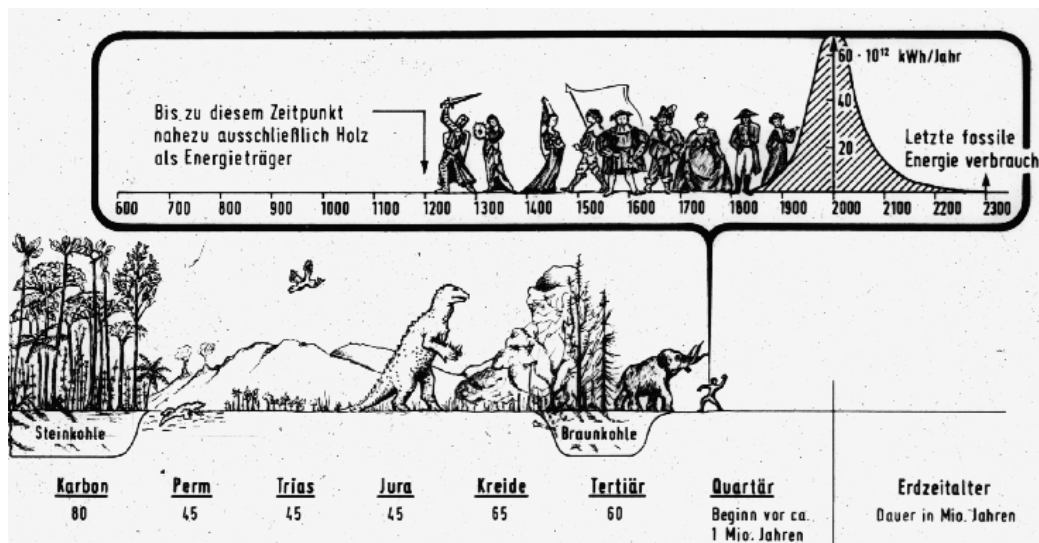
Pressekonferenz
Weihenstephan
28. März 2008



Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik



Energie heute und morgen



Quelle: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Berlin, 2003

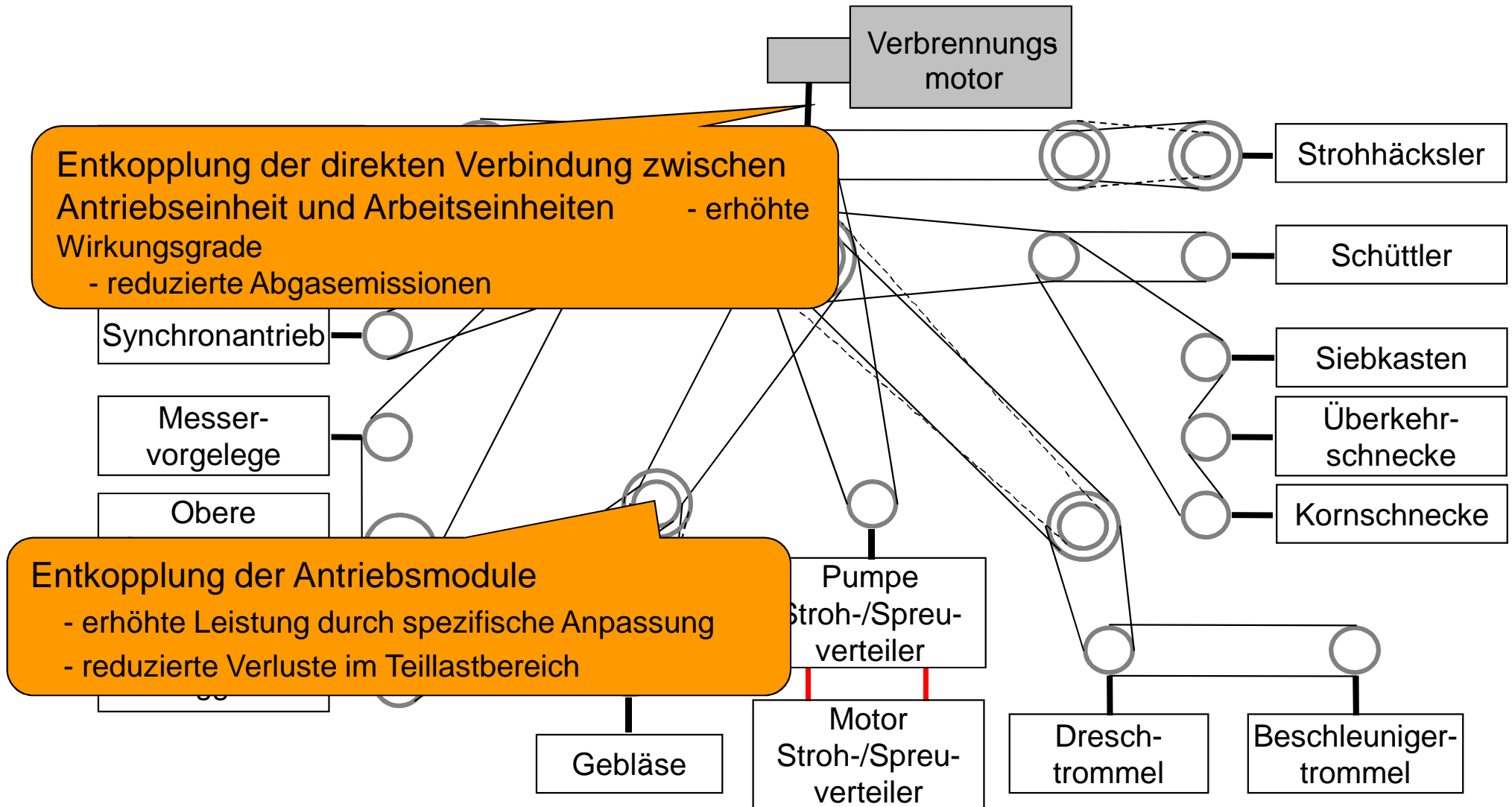
- **Endlichkeit der „fossilen Energievorräte“ absehbar:**
 - Energie effizienter nutzen (heutige Systeme kritisch hinterfragen)
 - Einsatz der Zukunftsenergien vorbereiten (nationalen Vorsprung erarbeiten)
- **Zukunft führt ins „Elektroenergie-Zeitalter“:**
 - Elektrische Energie dominant (auch diese effizient nutzen)
 - Mobile Technik keine Ausnahme (Antriebsstrukturen entwickeln)

Vergleich von elektrischen, mechanischen und hydraulischen Antrieben (im Traktor)

Bewertungskriterien	Elektrisch	Mechanisch	Hydraulisch
Leistungsgewicht	gut	gut	gering
Leistungsdichte	gering	gut	sehr gut
Energieübertragung	sehr gut	gut	gut
Energiespeicherung	sehr gut	gut	gut
Steuer- und Regelbarkeit	sehr gut	gering	gut
Wirkungsgrad	sehr gut	gut	gering
Konstruktive Gestaltung	sehr gut	gut	sehr gut
Kosten	teilweise hoch	hoch	gering
Mobile Notstromversorgung	sehr gut	nicht	nicht

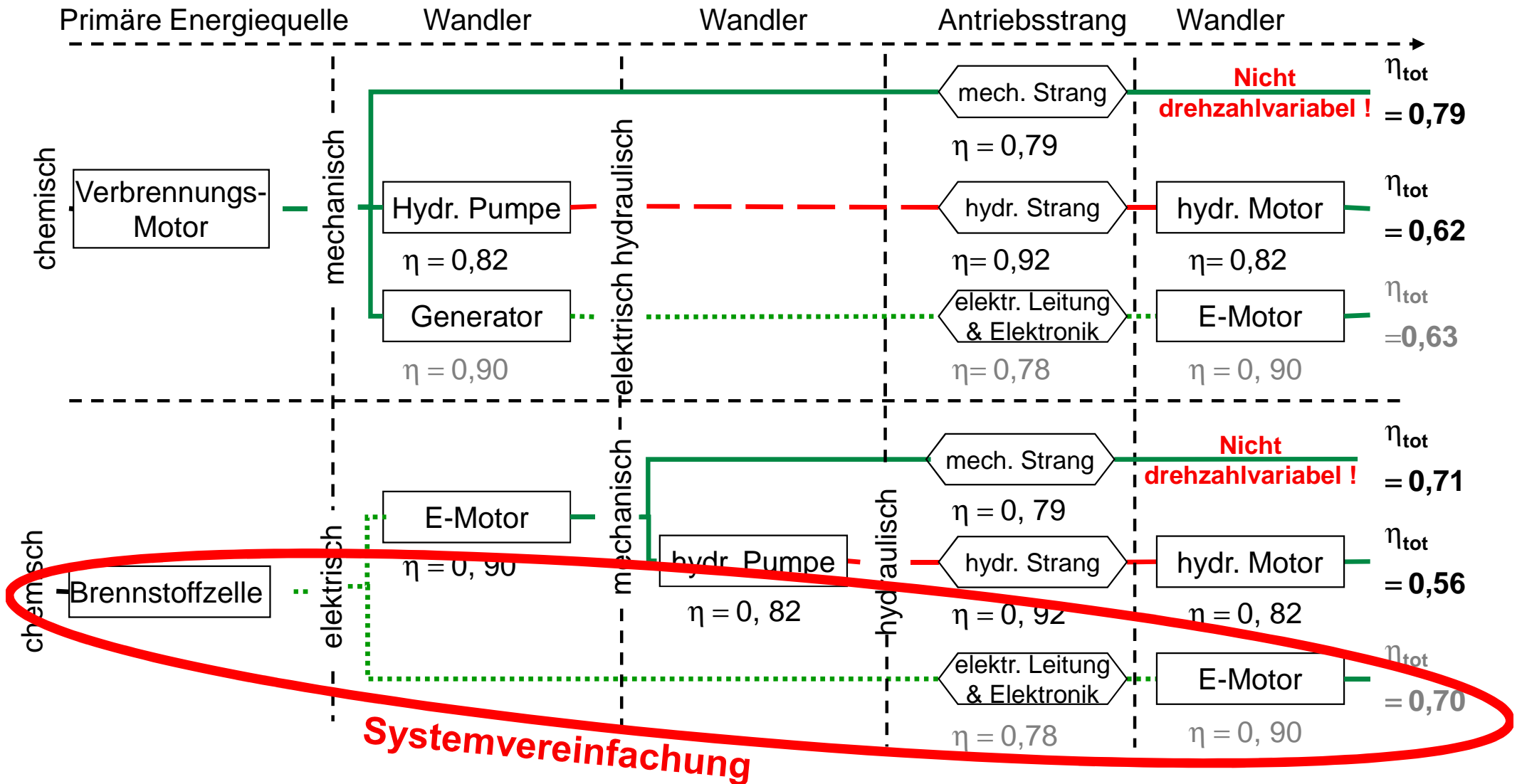
Aumer, W., Lindner, M., Geißler, N., Herlitzius, T.: Elektrischer Traktor: Vision oder Zukunft? Landtechnik 63 (2008), 14-15

Antriebsstrukturen heute und mögliche Verbesserungen



Beispiel CLAAS Lexion 580 Mähdrescher

Antriebsstrukturen heute - Potenziale



Forschungsstrategie „Elektrische Antriebe“

Zweimotoren-Maschine bietet **ideale Plattform** für modulares Forschungskonzept



Hybrid

Generelles elektrisches Konzept

Vorsatz und Einzug

Keine mechanische Leistungsverzweigung im Vorsatz

Stufenloser Antrieb beim Einzug ohne Zusatzgetriebe



Hybrid

Optimierung des elektrischen Konzepts

Fahrantrieb

Antriebsschlupf-Regelung mit Erweiterung ESP

(Rekuperation)



Hybrid

Antriebsintegration in Bauteil

Häckseltrommel

Drehzahlentkoppelung zum Dieselmotor und Schleifmanagement

(Rekuperation)



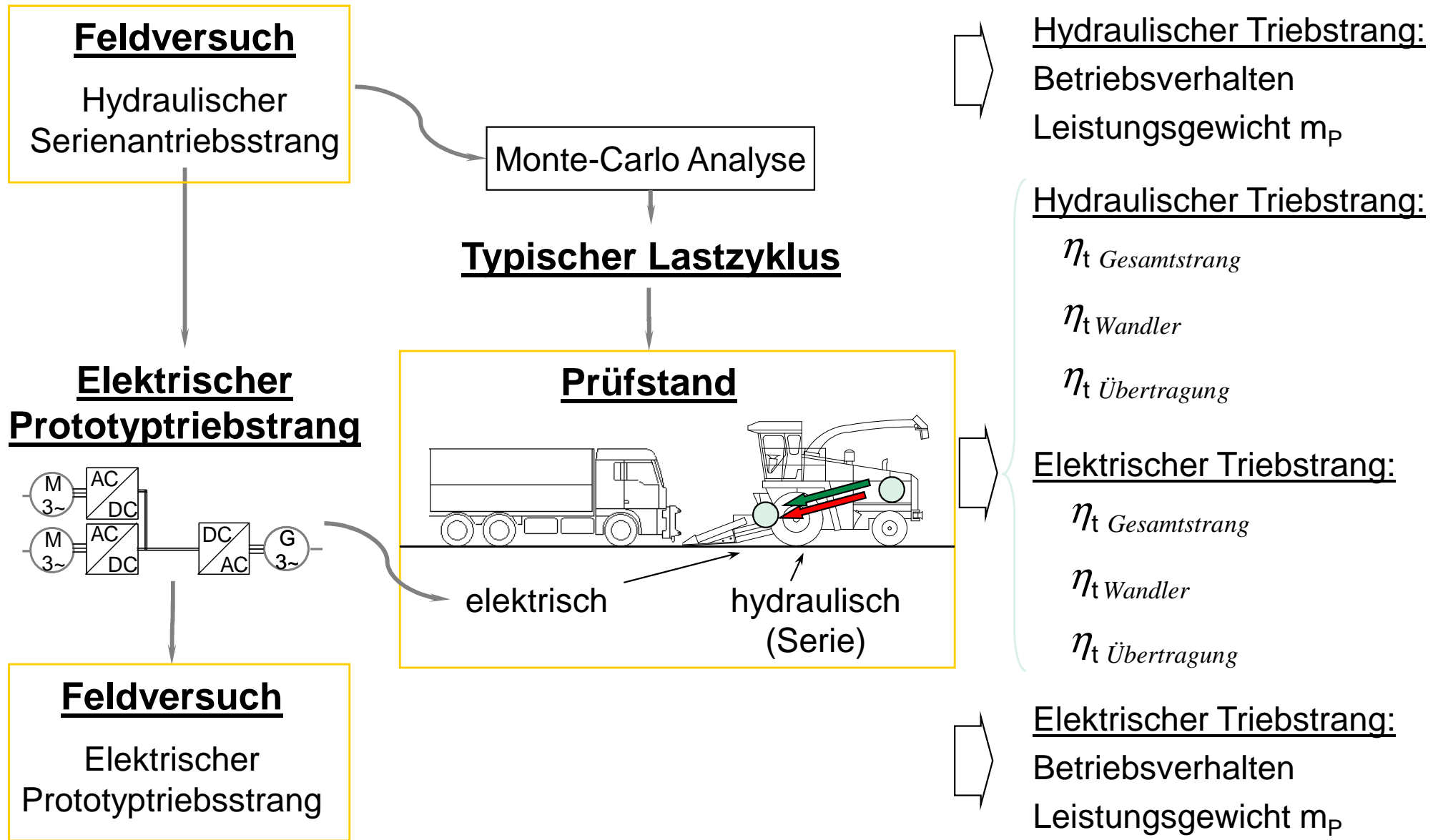
Brennstoffzelle

Generelles elektrisches Konzept

Leistungs-BUS

Systemvereinfachung

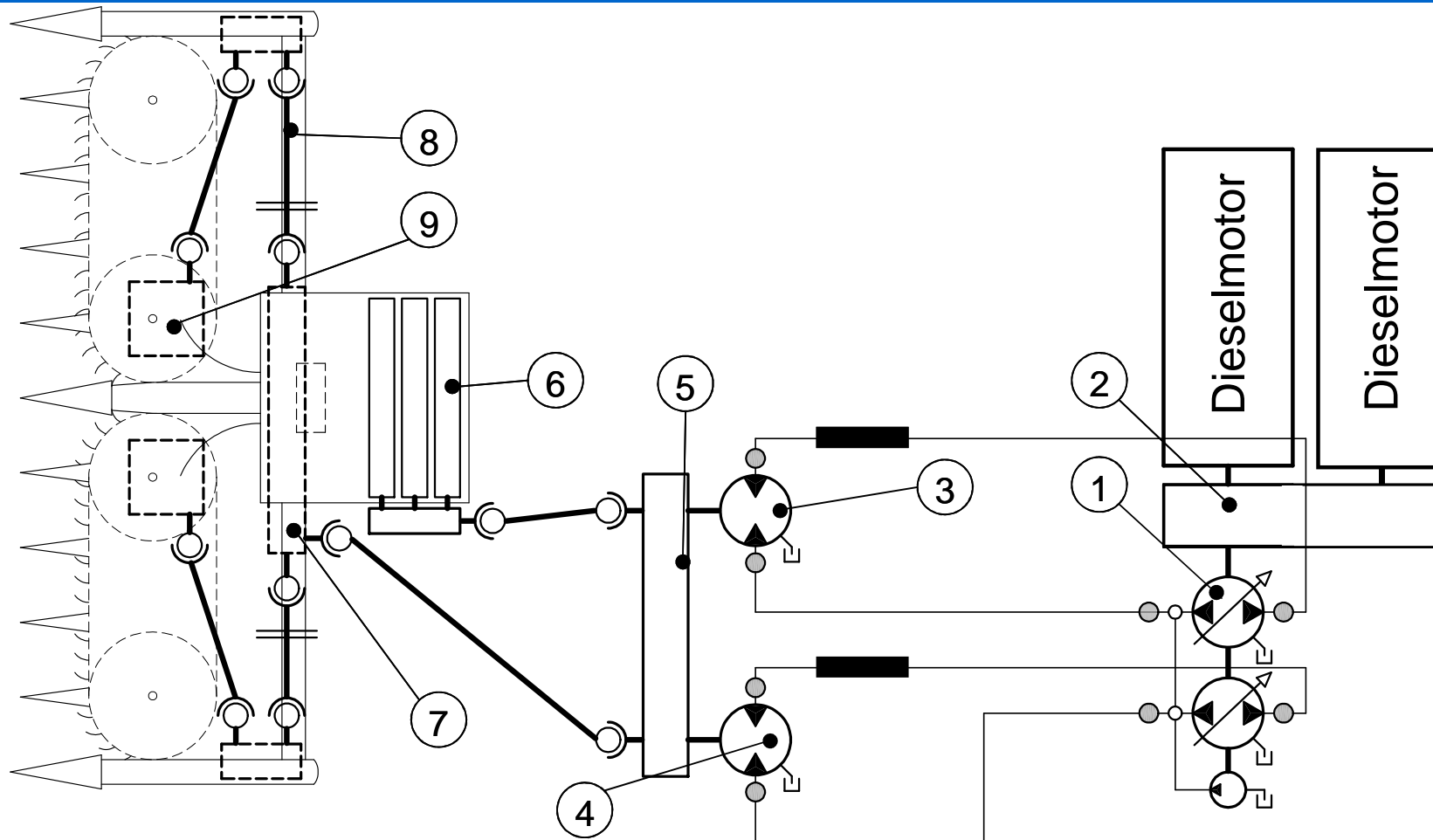
Methodisches Vorgehen



Versuchsträger Big X mit easyCollect

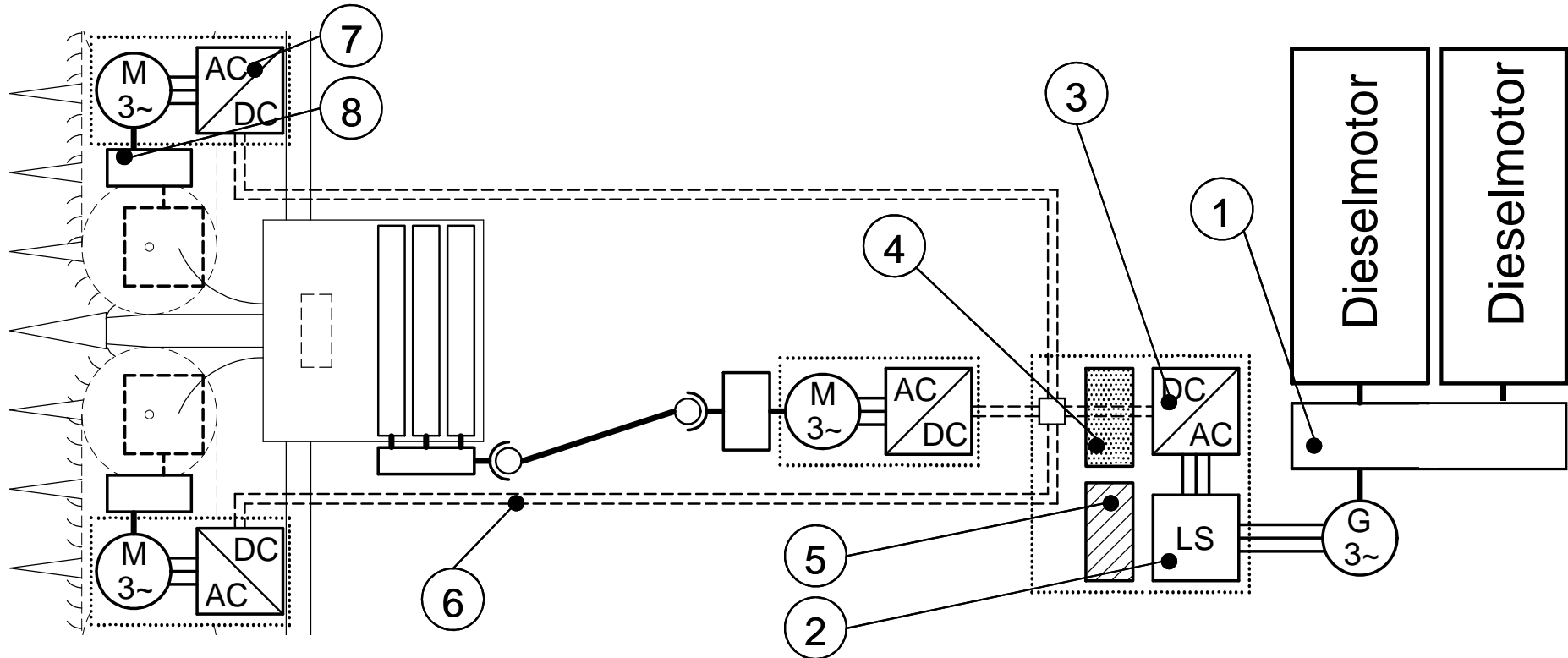


Hydraulischer Vorsatz- und Einzugsantrieb (heutige Serie)



- | | | |
|---------------------------|--|-------------------------------|
| 1. Pumpenturm | 5. Untersetzungsgetriebe | 8. Mech. Triebstrang Vorsatz |
| 2. Motorverteilergetriebe | 6. Baugruppe Einzug | 9. Kollektorradwinkelgetriebe |
| 3. Hydr. Einzugsmotor | 7. T-Getriebe zur Drehmomentaufteilung | ● Druckmessumformer |
| 4. Hydr. Vorsatzmotor | | ■ Volumenstrom Messrohr |

Dieselektrische Vorsatz- und Einzugsantrieb ohne Kühlsystem

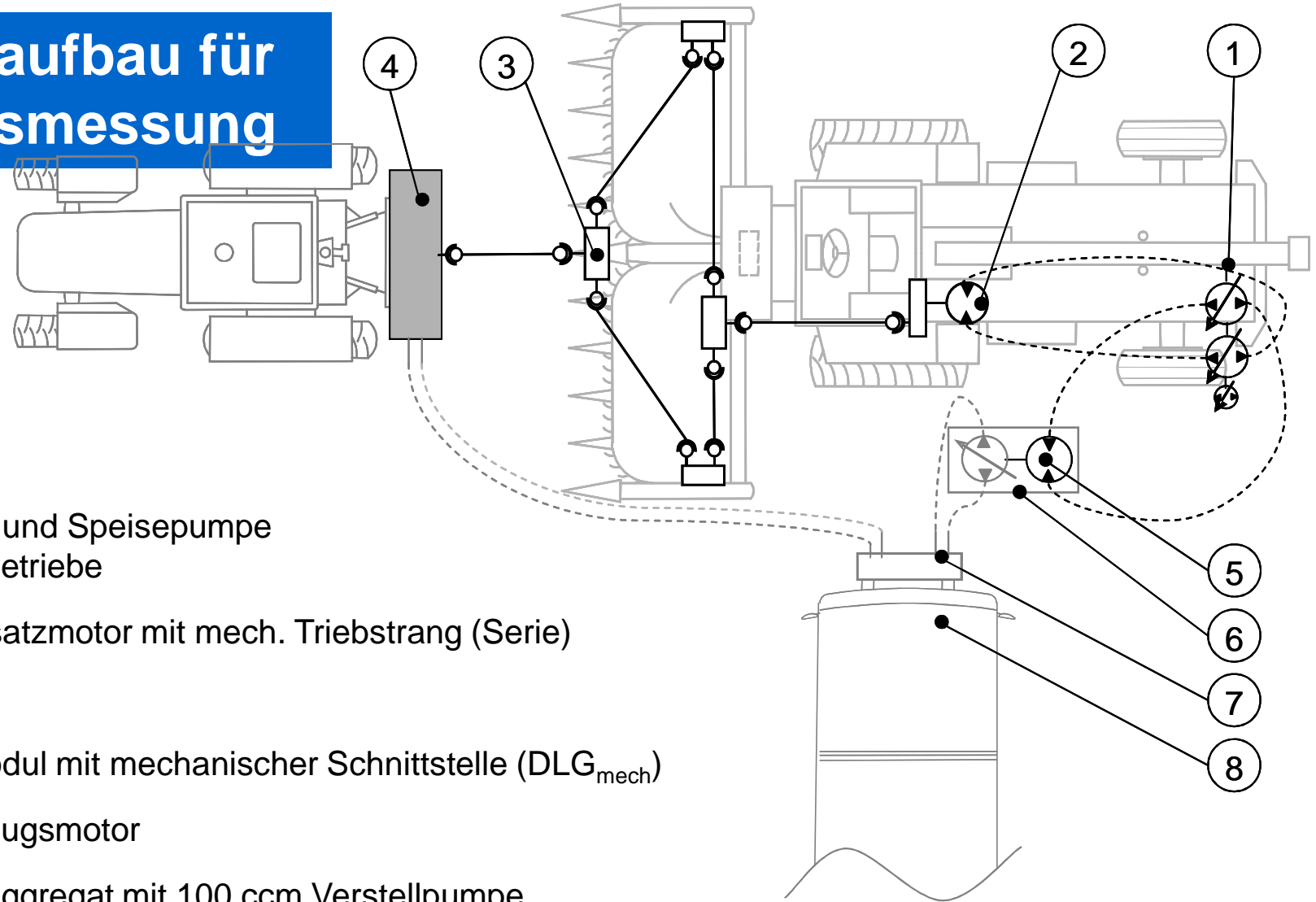


- | | | |
|------------------------|--|----------------------------------|
| 1. Synchrongenerator | 4. Zwischenkreiskondensatoren & Bremswiderstände | 6. Zwischenkreis (400 – 750 VDC) |
| 2. Leistungsschalter | 5. Steuerung und Sicherheit | 7. Motor mit Wechselrichter |
| 3. Gleichrichterbrücke | | 8. Planetengetriebe |

Dieselelektrische Lösung



Versuchsaufbau für Vergleichsmessung



1. Einzugs-, Vorsatz- und Speisepumpe am Motorverteilergetriebe
2. Hydraulischer Vorsatzmotor mit mech. Triebstrang (Serie)
3. Summiergetriebe
4. DLG PowerMix Modul mit mechanischer Schnittstelle (DLG_{mech})
5. Hydraulischer Einzugsmotor
6. Hydraulikpumpenaggregat mit 100 ccm Verstellpumpe
7. Hydraulische Schnittstelle DLG PowerMix (DLG_{hydr})
8. DLG PowerMix Zugleistungsmesswagen



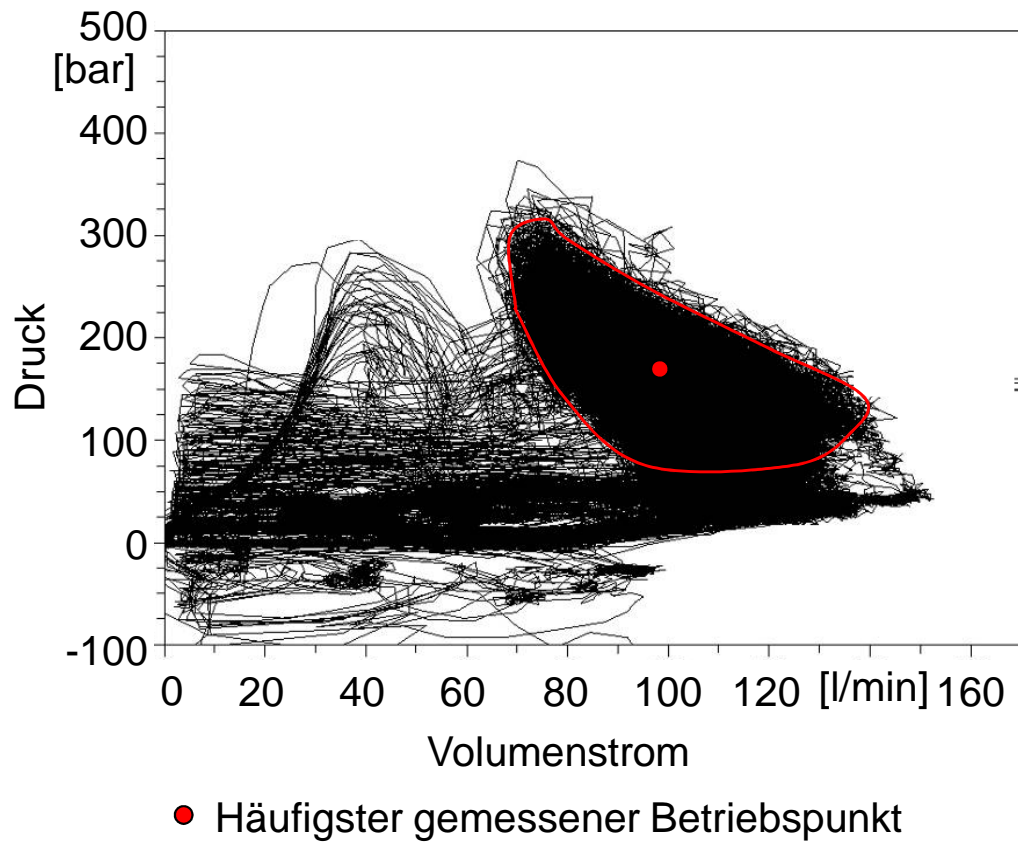
Ergebnisse

- ⇒ Betriebsverhalten im Feldversuch
- ⇒ Wirkungsgrade unter stationären Bedingungen
- ⇒ Energieeffizienz während typischer Einsatzzyklen
- ⇒ Leistungsgewicht
- ⇒ Leistungsdichte
- ⇒ Kosten im Vergleich

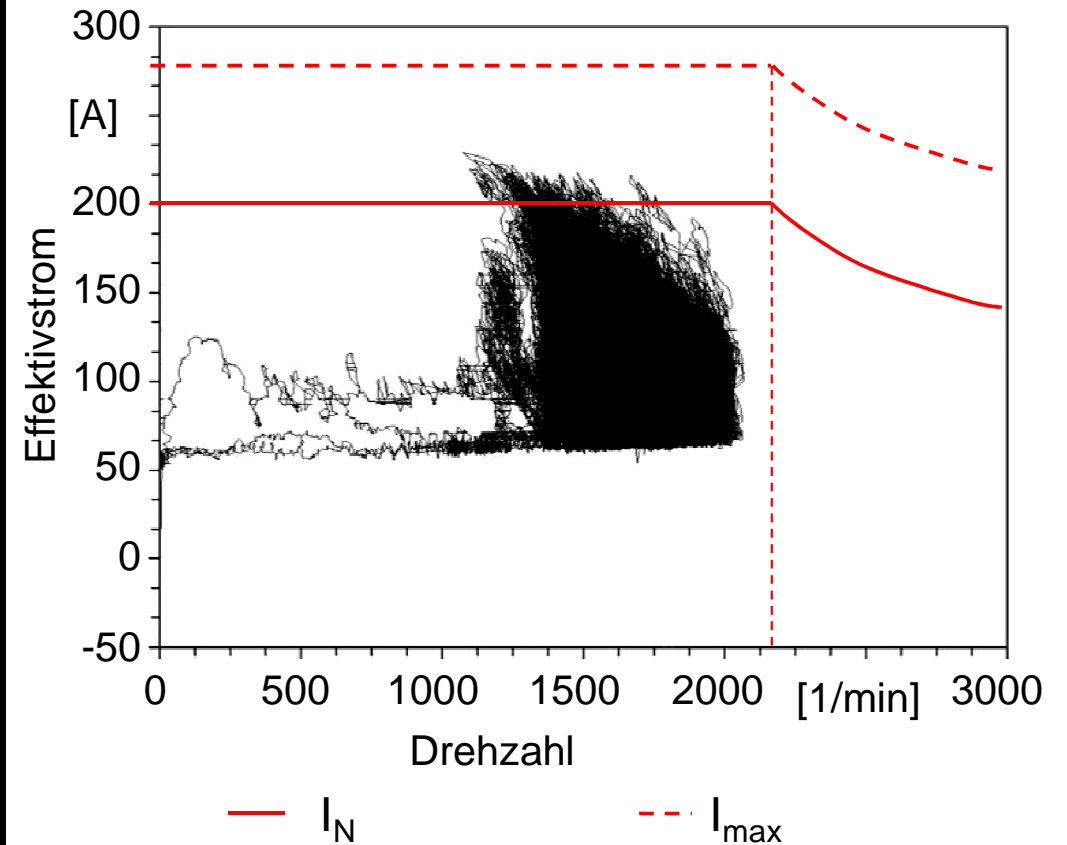
Betriebsverhalten

- hydraulischer und elektrischer Einzugsantrieb im Feldversuch -

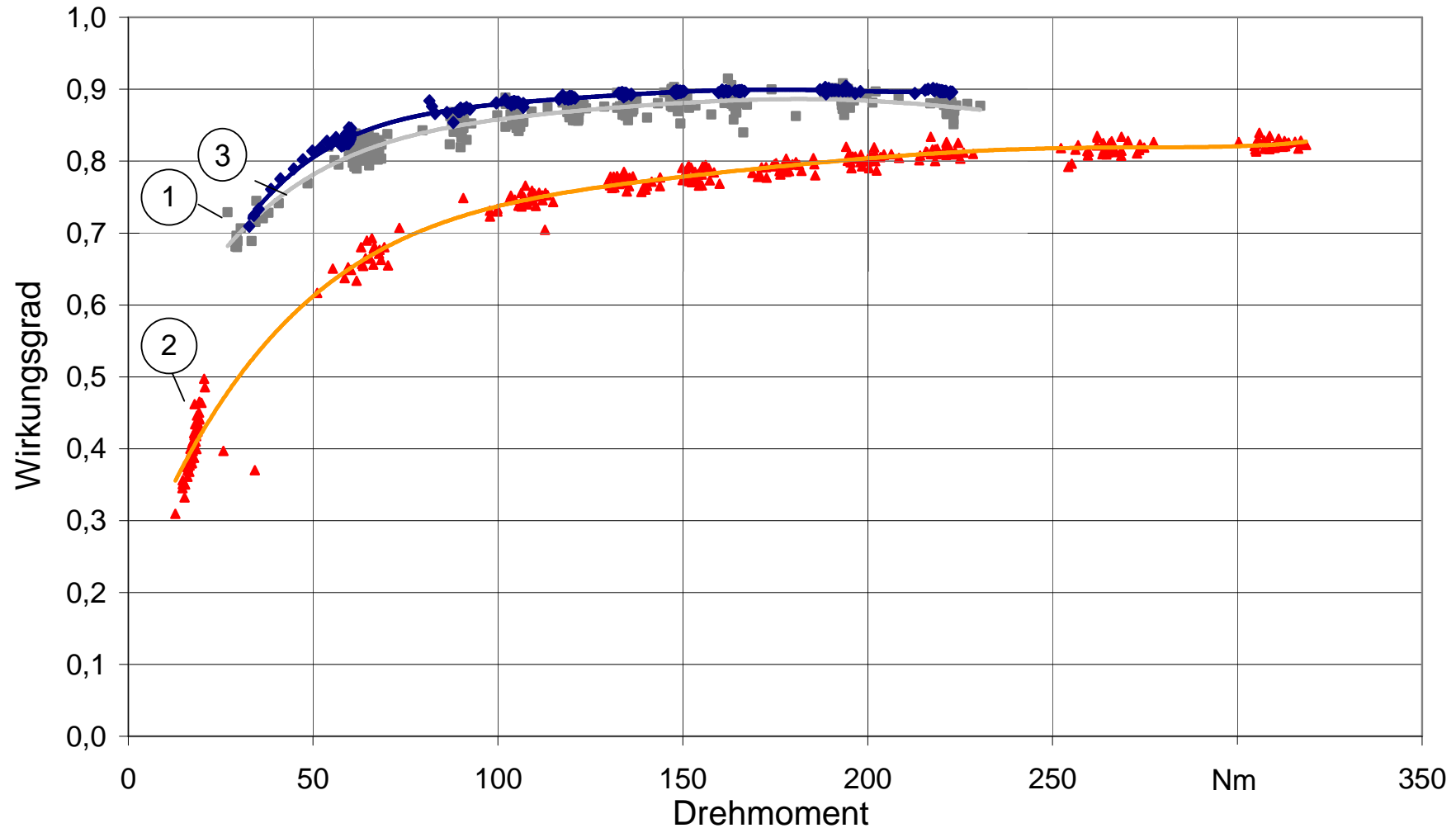
Hydraulischer Antrieb



Elektrischer Antrieb

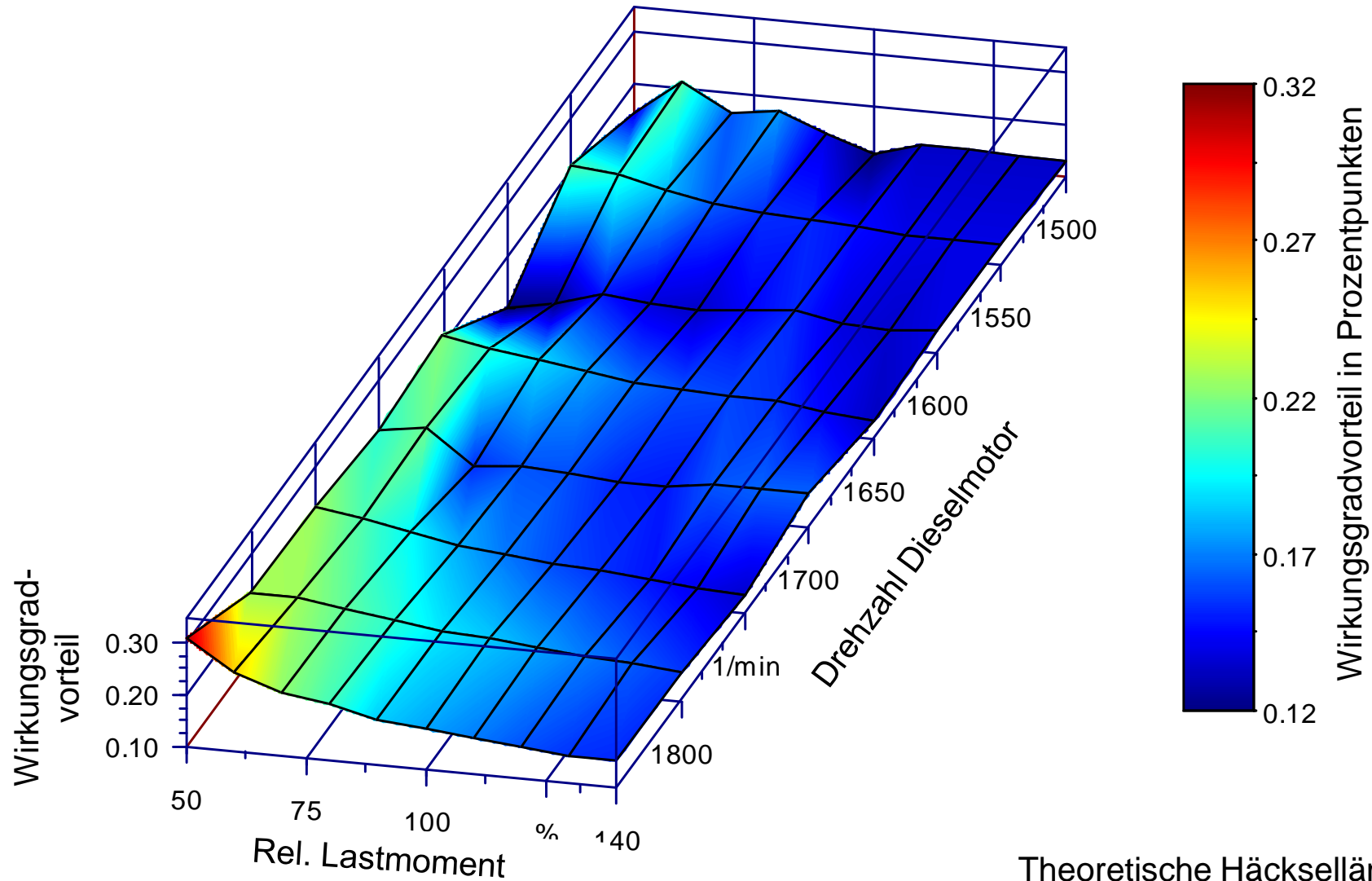


Wirkungsgrade der Baugruppenantriebe in Abhängigkeit von der Last ($n_{\text{Diesel}} = 1750 \text{ 1/min}$; $x_{\text{th}} = 8 \text{ mm}$)

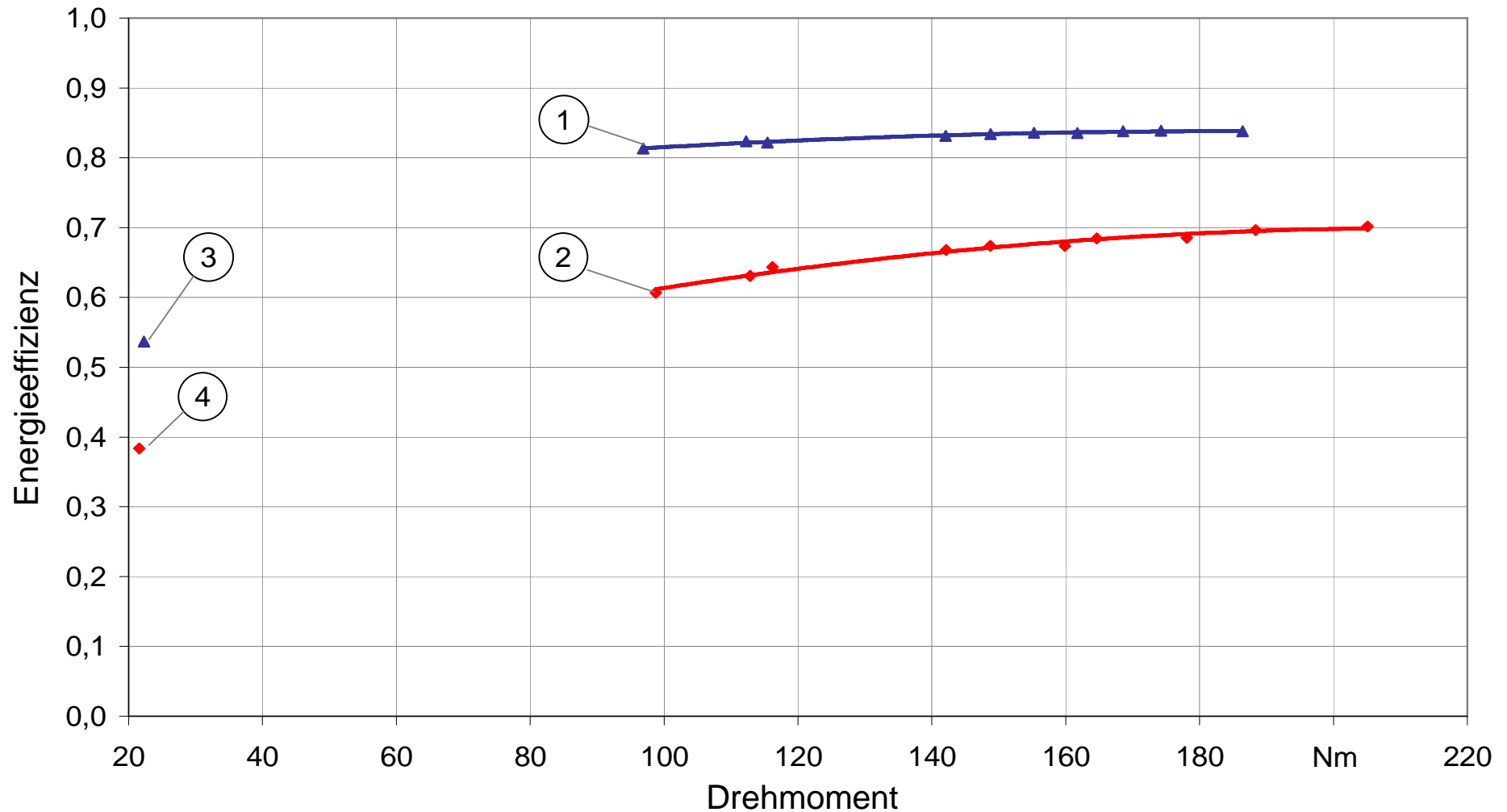


- ① hydraulischer Einzugsantrieb ② Hydraulisch-mechanischer Vorsatzantrieb ③ elektrischer Einzugsantrieb

Wirkungsgradvorteil des elektrischen Triebstrangs



Energieeffizienz im typischen Zyklus im Vergleich



1 Elektrischer Triebstrang

2 hydraulischer Triebstrang

3 Leerlauf Elektrik

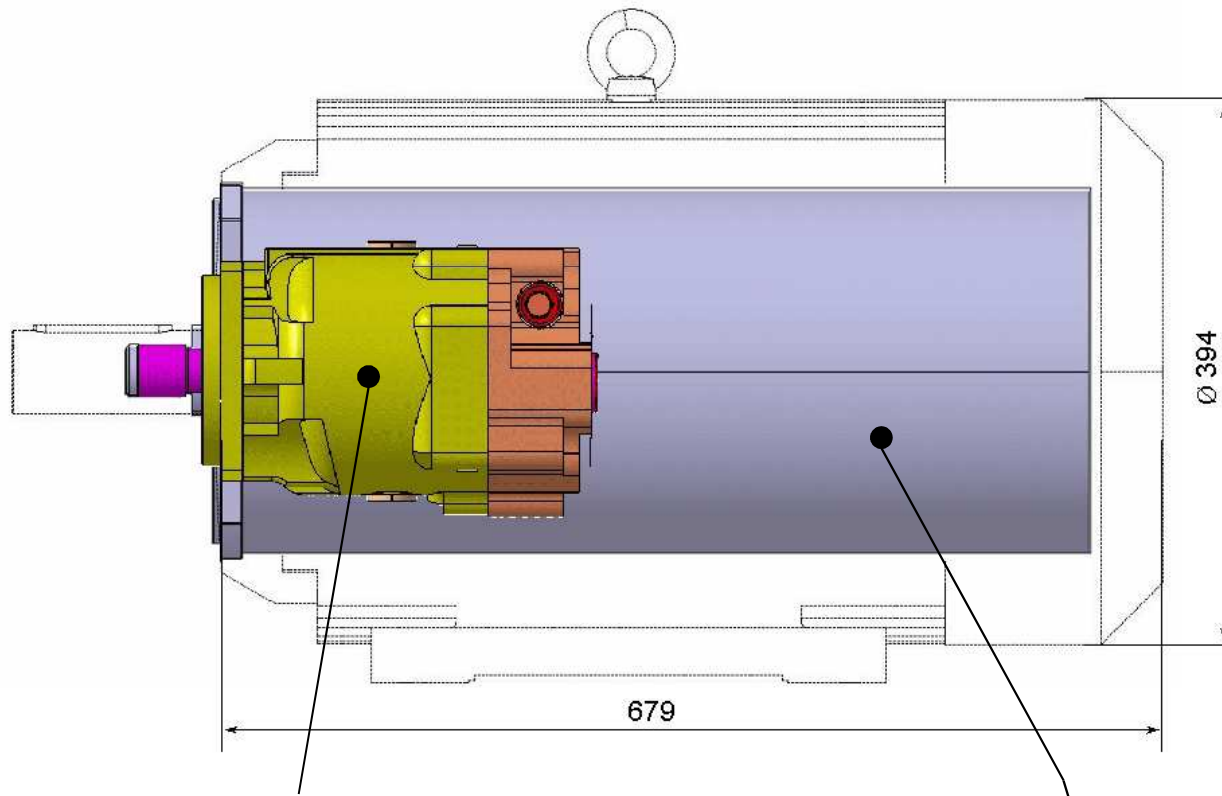
4 Leerlauf Hydraulik

Leistungsgewicht der Komponenten und Triebstränge

- Deutliche Nachteile im Bereich der elektrischen Wandler:
 - ⇒ Im Mittel um den Faktor 3,0 schwerer als hydraulische Pendants
- Neue Lösungskonzepte ermöglichen trotzdem Vorteile im Leistungsgewicht :
 - ⇒ elektrischer Vorsatzantrieb: 11,3 kg/kW
 - ⇒ hydraulisch-mechanischer Vorsatzantrieb: 15,9 kg/kW
- Bilanz für Gesamttriebstrang Vorsatz und Einzug:
 - ⇒ dieselektrische Lösung: 689,6 kg 17,2 kg/kW
 - ⇒ hydraulische Lösung: 565,6 kg 14,1 kg/kW

Aber: Vergleich der in Serie und Versuch tatsächlich verbauten Lösungen nur bedingt aussagekräftig

Baugröße und Leistungsdichte der Komponenten



Hydraulischer Motor (Serie)

→ 7,6 dm³

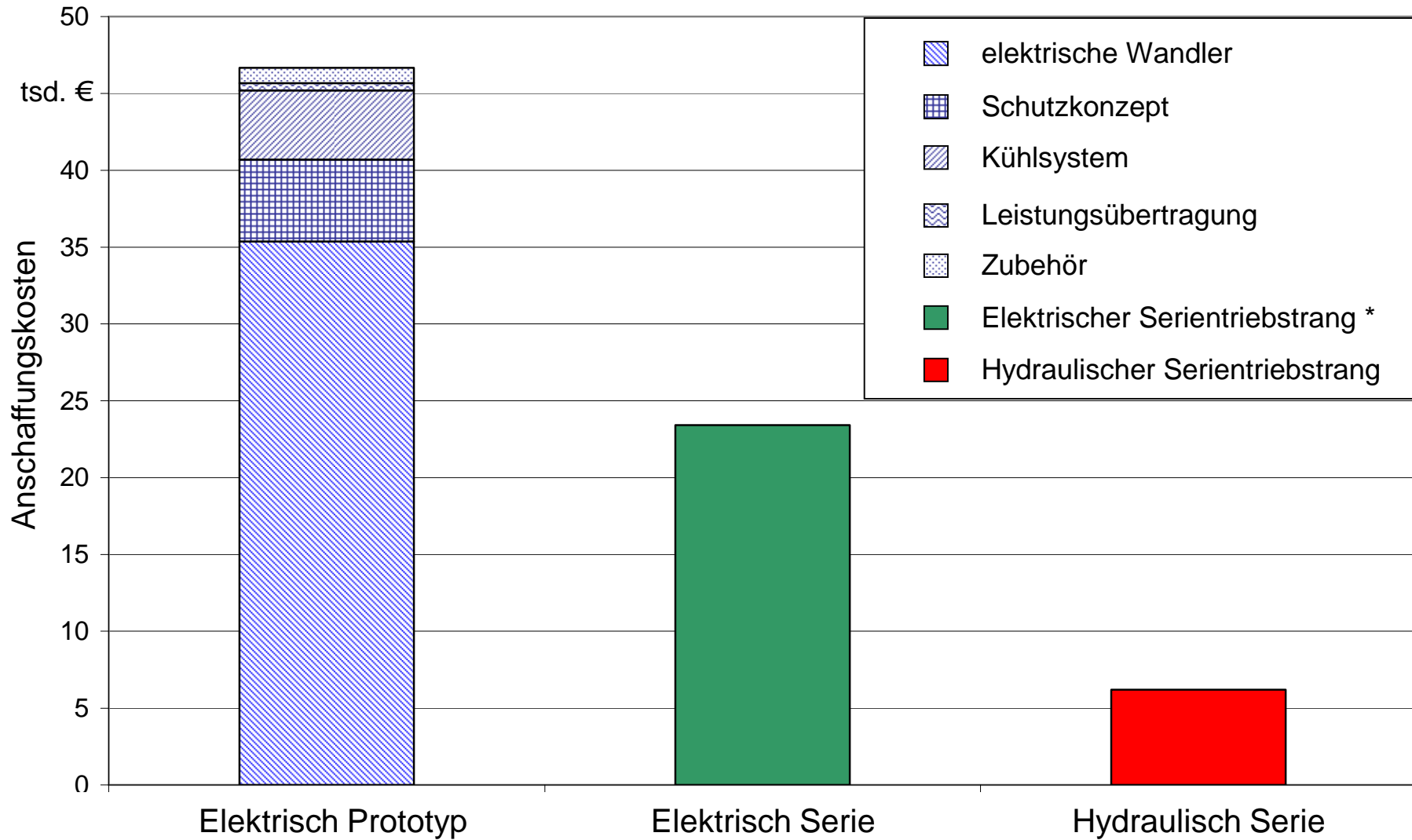
→ 3,566 kW/dm³

Elektrischer Motor (Prototyp)

→ 29,6 dm³

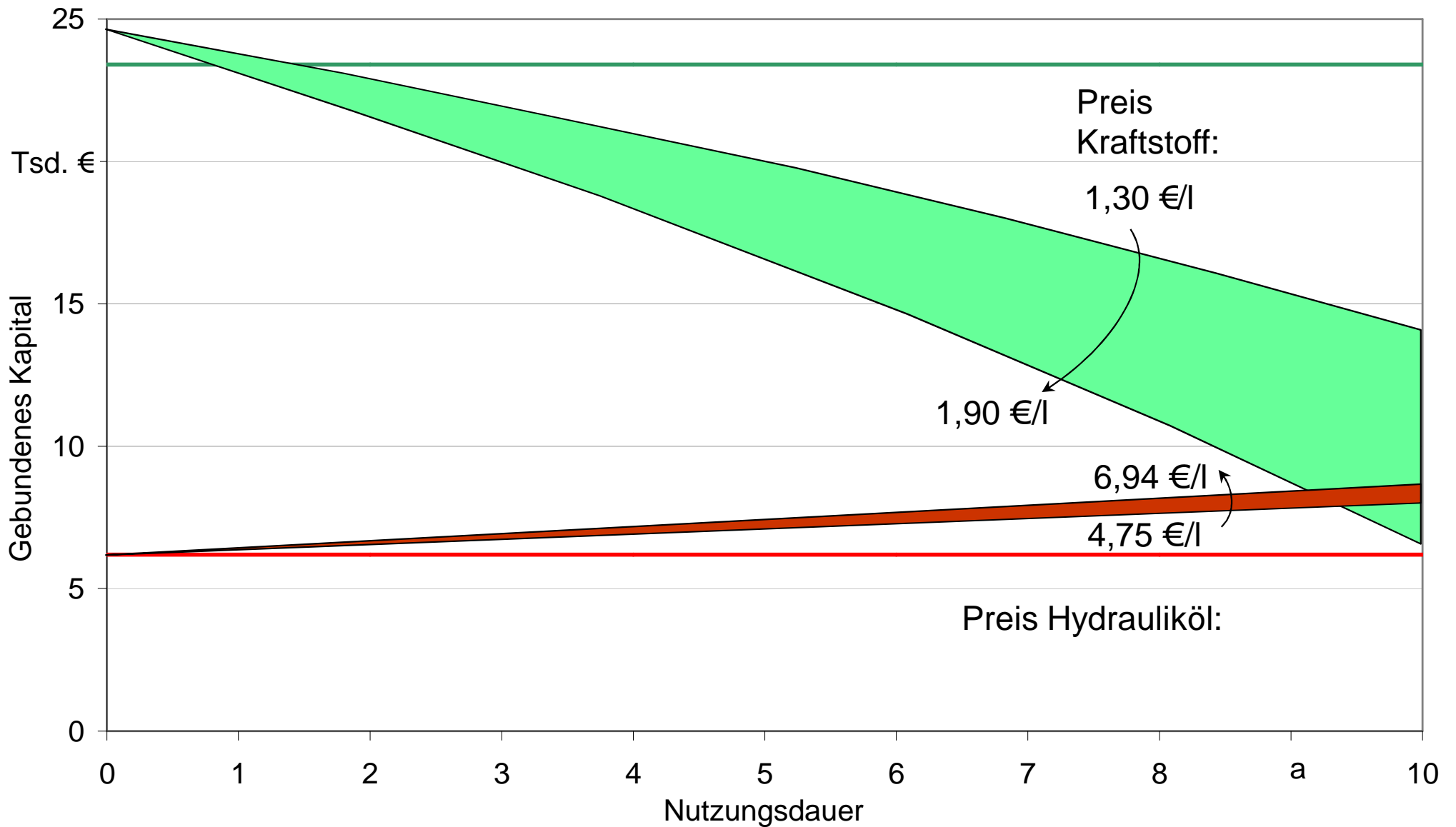
→ 0,916 kW/dm³

Anschaffungskosten



*) abgeschätzt

Betriebskosten aus heutiger Sicht



Zusammenfassung

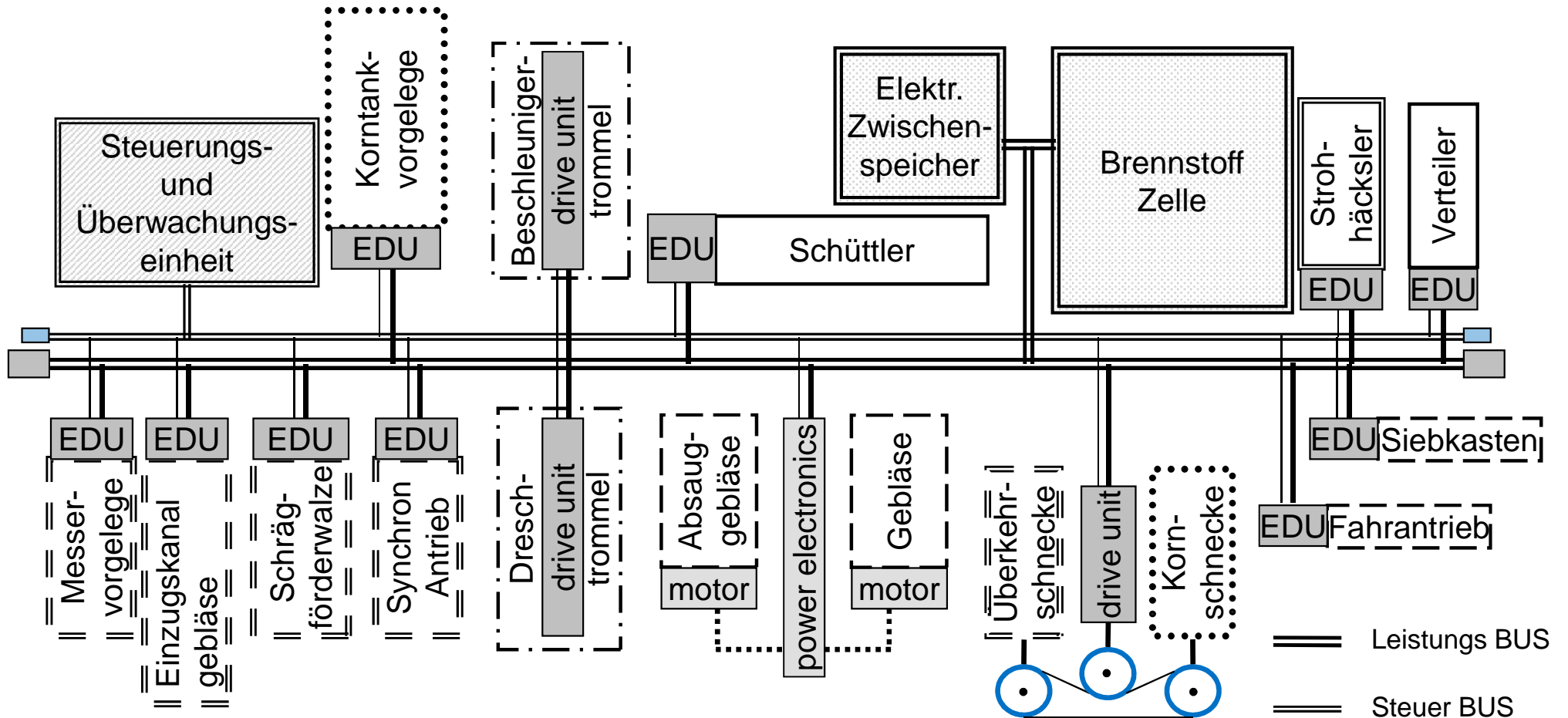
Vorteile dieselektrischer Antriebstechnik:

- ⇒ Regelung der Antriebe und Rückführung von Prozessparametern erlaubt einfache Integration ins Triebstrangmanagementsystem
- ⇒ Wirkungsgradvorteile über weite Teile des Betriebskennfelds von 16 Prozentpunkten (13,5 bis 30 Prozentpunkte)
- ⇒ Energieeffizienzvorteile im typischen Einsatzzyklen zwischen 14 und 20 Prozentpunkten

Nachteile dieselektrischer Antriebstechnik

- ⇒ Leistungsgewicht des Gesamttriebstrangs um 22% höher
- ⇒ Leistungsdichte um Faktor 3,9 schlechter
- ⇒ Amortisierung der höheren Anschaffungskosten nach voller Nutzungsdauer

Der Antriebsstrang von morgen?



Danke !

- **DBU:** Für die finanzielle Unterstützung!
- **KRONE:** Für Projektleitung, personelle und materielle Unterstützung!
- **Servax & Reel:** Für die große Flexibilität und das Engagement zur kurzfristigen Anpassung!
- **DLG:** Für die Bereitstellung des DLG PowerMix Messwagens
- **LfL:** Und hier ganz besonders der Werkstatt, für die große Flexibilität und Hilfsbereitschaft in der Zusammenarbeit
- **Lehrstuhl:** Allen Mitarbeitern
- **Ihnen:** Für Ihr Kommen!