

Webkonferenz des VDI AKLT Bezirksverein Köln

**Was tanken wir morgen in unseren heute noch
dieselgetriebenen mobilen Arbeitsmaschinen?**

Biokraftstoffe?!

Ergebnisse aus Forschungsvorhaben des TFZ

Webkonferenz Straubing, Köln am 19. Januar 2022

Dr. Edgar Remmele

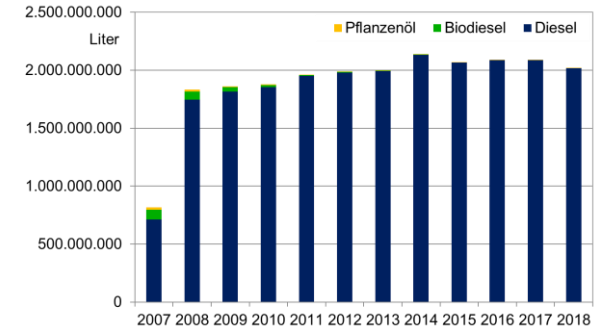
Was tanken wir morgen in mobilen Arbeitsmaschinen?

1. Status quo und Herausforderungen
2. Bewertungskriterien und Eigenheiten verschiedener Antriebsoptionen
3. Biokraftstoffe in Land- und Forstmaschinen der Abgasstufe I bis V – Ergebnisse aus Feldversuchen, Prüfstands- und PEMS-Messungen
4. Biokraftstoffe - eine nachhaltige Alternative?
5. Fazit und Handlungsbedarf



Kraftstoffverbrauch Land- und Forstwirtschaft in Deutschland

- Rund 2 Milliarden Liter bzw. 1,7 Millionen Tonnen
99,9 % Dieselkraftstoff DIN EN 590
0,1 % Reinkraftstoffe Biodiesel und Rapsölkraftstoff



≙ ca. 5 % des deutschen Dieselkraftstoffverbrauchs

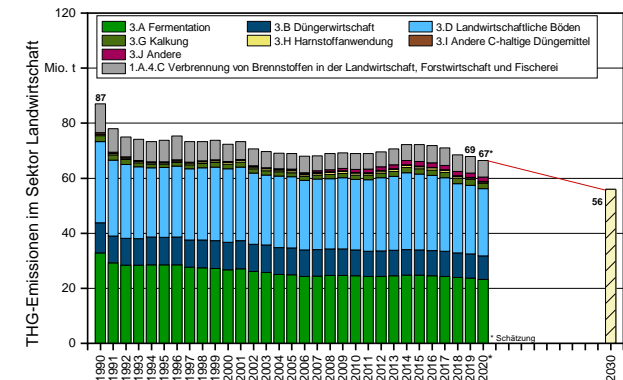
≙ ca. 7 Mio. t CO₂-Äquivalente an Treibhausgasemissionen (well to wheel)

≙ ca. 5,4 Mio. t CO₂-Äquivalente an THG (tank to wheel)

≙ ca. 7,5 % der Gesamt-Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft

- Zum Vergleich:
10 Mio. t CO₂-Äquivalente Minderungsziel
Sektor Landwirtschaft von 2020 bis 2030

max. THG Reduktion durch Verbrauchsreduzierung
und Diesel-Substitution: min. 4,2 Mio. t CO₂-Äqu.



Was tanken wir morgen in mobilen Arbeitsmaschinen?

1. Status quo und Herausforderungen
2. Bewertungskriterien und Eigenheiten verschiedener Antriebsoptionen
3. Biokraftstoffe in Land- und Forstmaschinen der Abgasstufe I bis V – Ergebnisse aus Feldversuchen, Prüfstands- und PEMS-Messungen
4. Biokraftstoffe - eine nachhaltige Alternative?
5. Fazit und Handlungsbedarf



Bewertungskriterien für erneuerbare Kraftstoffe und el. Strom für den Antrieb landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen

Chemische und physikalische Eigenschaften (Viskosität, Energiedichte,...)

Kompatibilität mit Bestandsmaschinen

Treibhausgasemissionen

Lokale Schadstoffemissionen

Umweltgefährdung, Anwendergefährdung

Energieeffizienz, Wirkungsgrad Antriebssystem

Verfügbarkeit Rohstoffe bzw. Strom (Eigenstromnutzung,...)

Verfügbarkeit am Markt

Regionale Wertschöpfung und Eigenversorgung

Wertigkeit Koppelprodukte (Eiweißstrategie,...)

Rechtlicher Rahmen (Steuern, CO₂-Abgabe,...)

Betankung bzw. Ladevorgang öffentlich / am Hof, Dauer










Akzeptanz beim Landwirt in der Gesellschaft („Image“)


Investitions- und Betriebskosten

Zeitschiene




Kraftstoffbezeichnung, Normen, Gesundheits- und Umweltgefährdung verschiedener Kraftstoffe


Kraftstoffbezeichnung	Norm	Kurzbezeichnung	Symbol	Gefahrstoffkennzeichnung
Dieselmotorkraftstoff	DIN EN 590	B7		
Fettsäure-Methylester (FAME) „Biodiesel“	DIN EN 14214	B100		ohne
Rapsölmotorkraftstoff	DIN 51605	PÖ		ohne
Pflanzenölmotorkraftstoff	DIN 51623	PÖ		ohne
Erdgas und Biomethan zur Verwendung im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung ins Erdgasnetz	DIN EN 16723-2	CNG		
Flüssigerdgas	DIN EN 16723-2	LNG		




entzündlich




systemische Gesundheitsgefährdung



komprimierte Gase, giftig

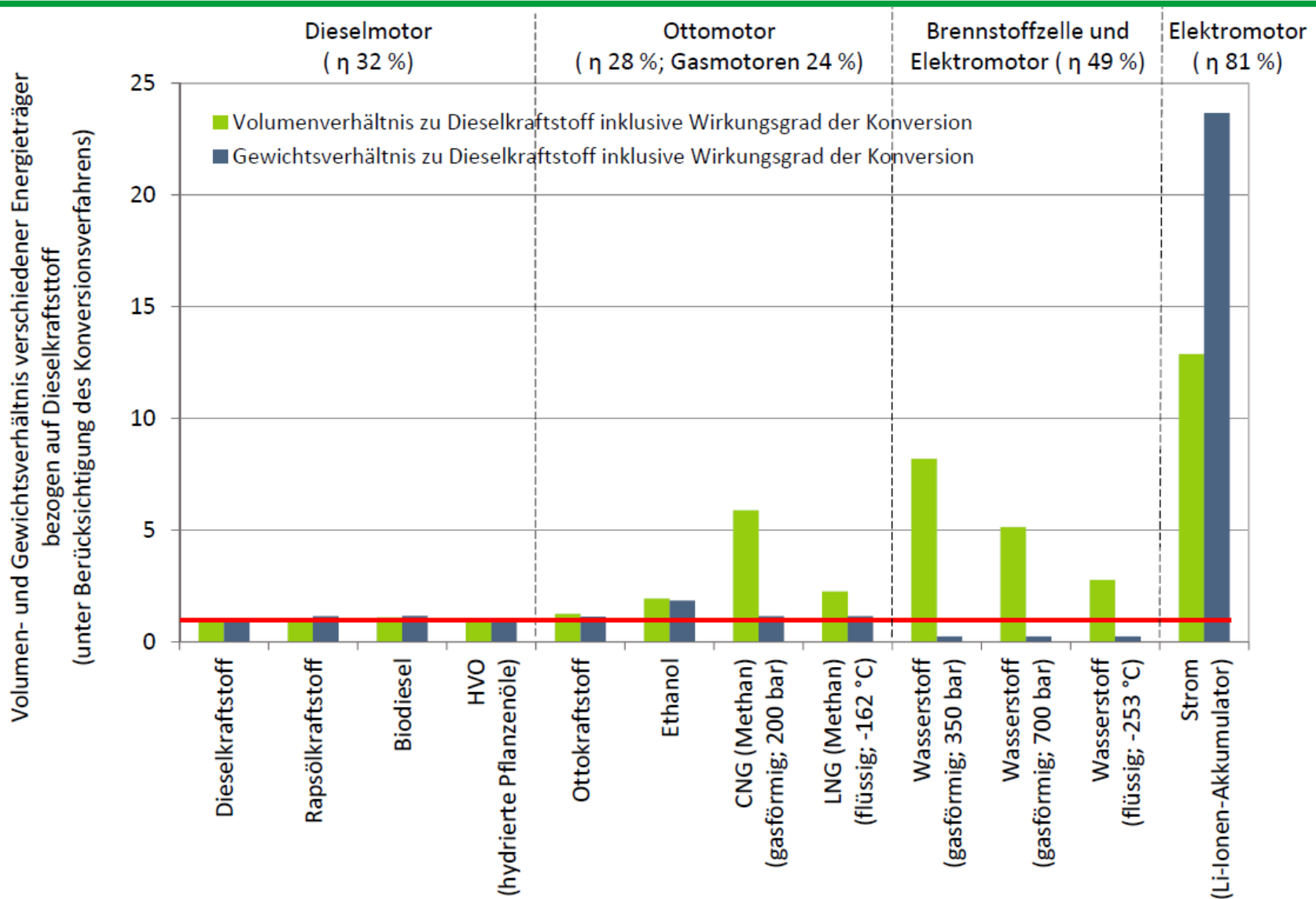


umweltgefährlich

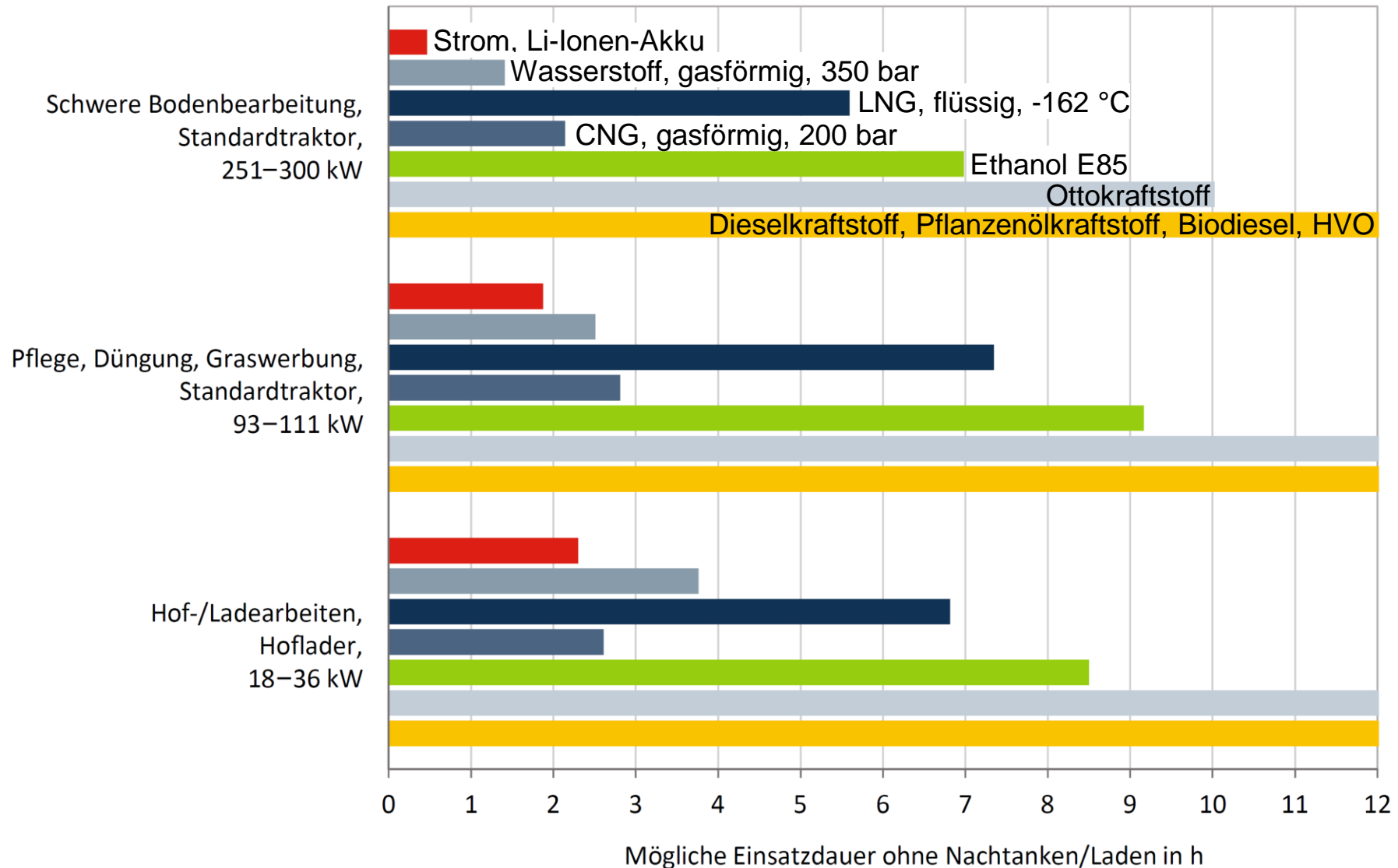


Ätz- oder Reizwirkung

Volumen- und Gewichtsverhältnis für die Bevorratung verschiedener Energieträger und Strom auf Fahrzeugen



Mögliche Einsatzzeiten von Maschinen unterschiedlicher Leistung für bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten



Was tanken wir morgen in mobilen Arbeitsmaschinen?

1. Status quo und Herausforderungen
2. Bewertungskriterien und Eigenheiten verschiedener Antriebsoptionen
3. Biokraftstoffe in Land- und Forstmaschinen der Abgasstufe I bis V – Ergebnisse aus Feldversuchen, Prüfstands- und PEMS-Messungen
4. Biokraftstoffe - eine nachhaltige Alternative?
5. Fazit und Handlungsbedarf



Biokraftstoffe auf den Bayer. Staatsgütern und Staatsforsten

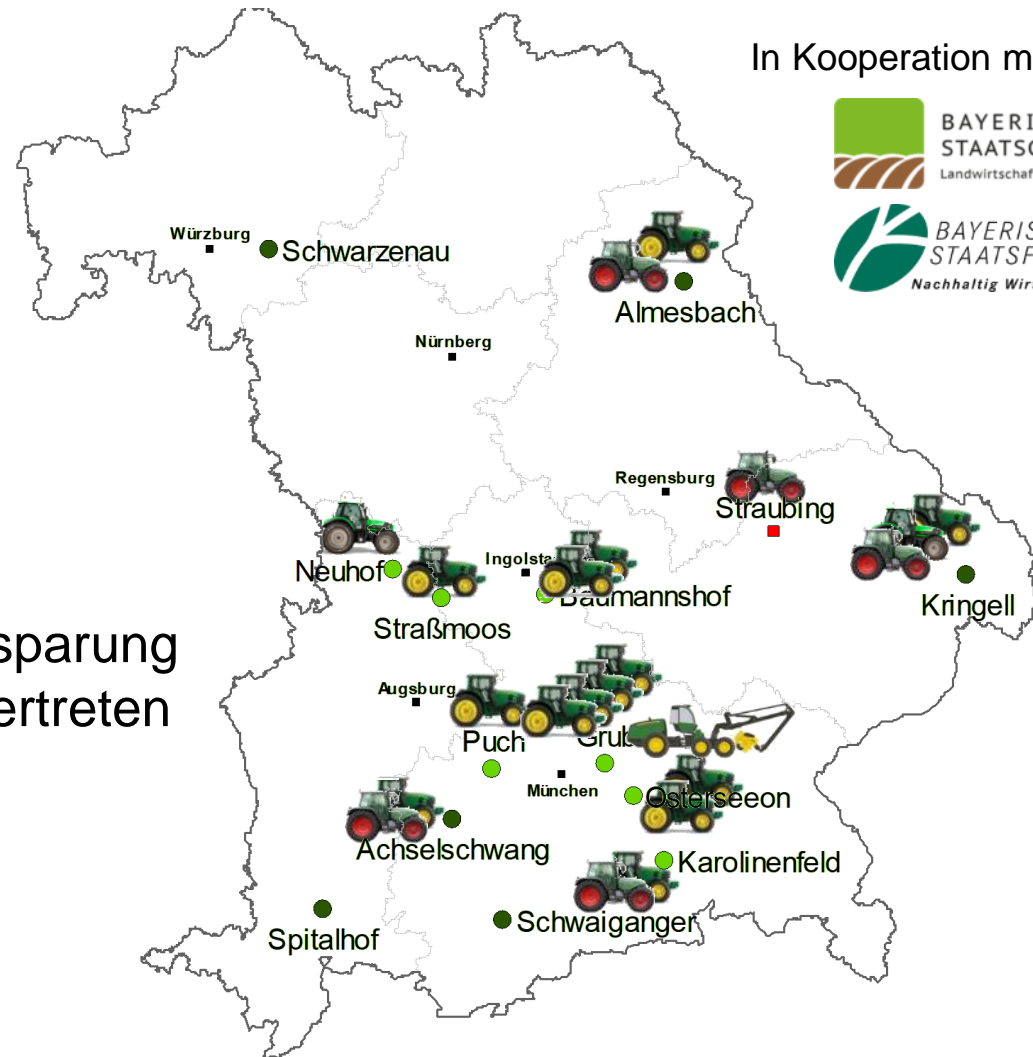
- Demonstrations- und Forschungsvorhaben seit Ende der 1980er Jahre

Aktuell im Einsatz:

- Rapsölkraftstoff:
22 Traktoren
1 Harvester
über 80.000 Betriebsstunden
über 2.000 t Treibhausgaseinsparung
alle Abgasstufen (Stufe I-V) vertreten
- Biodiesel: 7 Traktoren
- HVO: 5 Traktoren
- Elektroantrieb: 6 Maschinen

→ **Umsetzung Klimaschutzoffensive Bayern**

In Kooperation mit:



Emissionsmessungen NRSC und NRTC am Traktorenprüfstand

Emissionsanalytik nach der Abgasnachbehandlung (AGN)

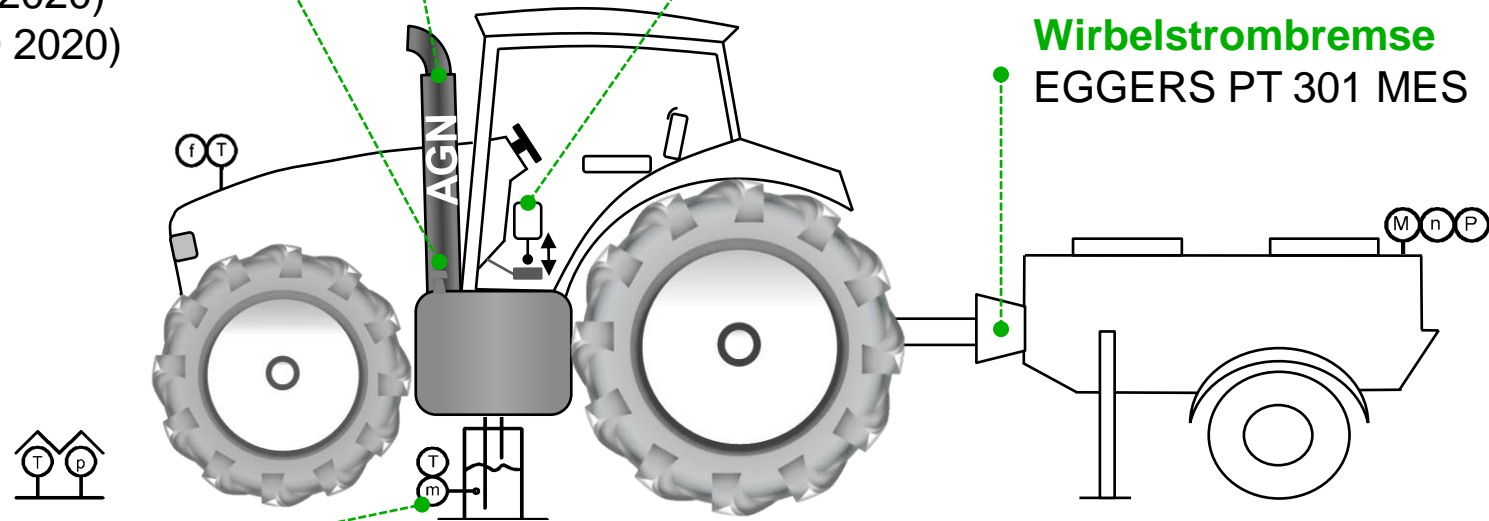
FTIR (AVL SESAM)
PM Verdünnungstunnel
Particle Analyzer (DMS500)

Gaspedalsteller
RACO K6E4-105

Emissionsanalytik vor der AGN

FID (M&A ThermoFID)
NDIR (ABB AO 2020)
NDUV (ABB AO 2020)


Wirbelstrombremse
EGGERS PT 301 MES



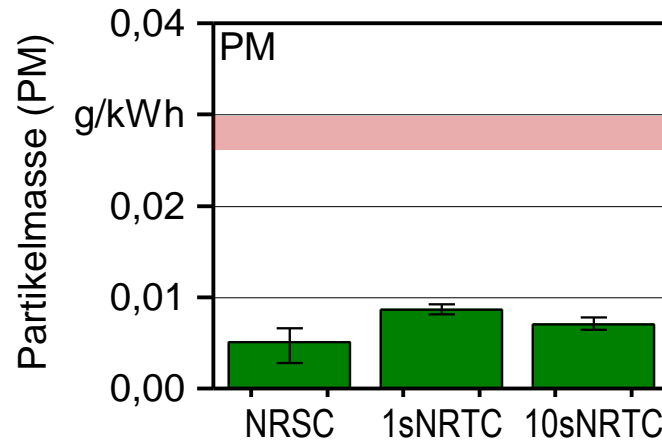
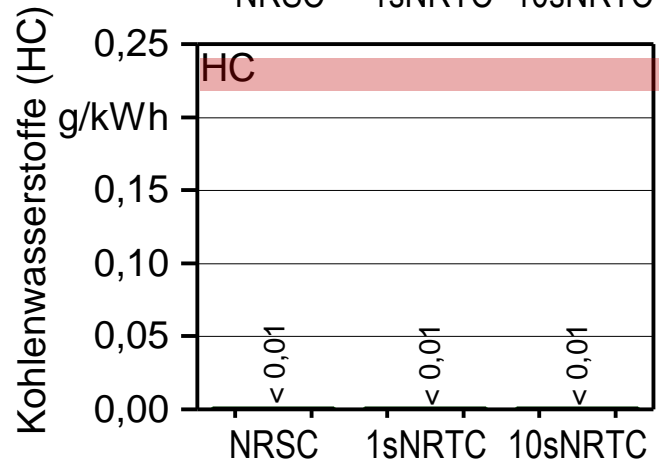
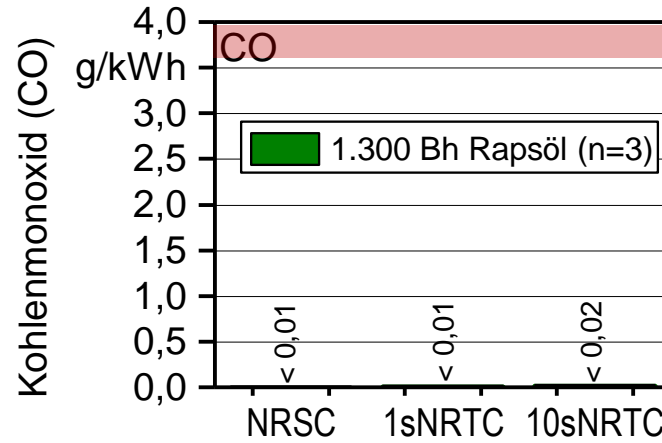
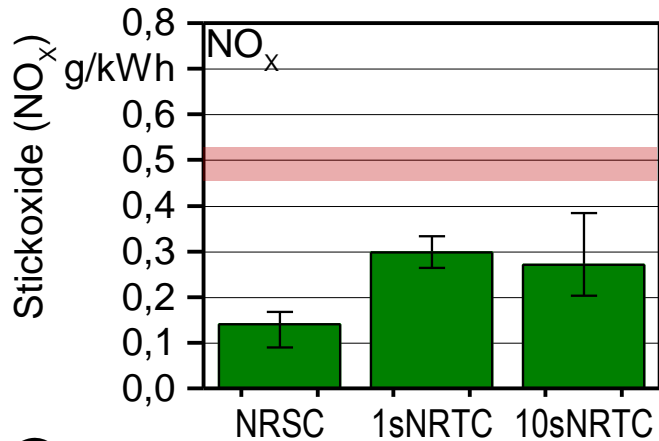
Kraftstoff- und Harnstoffverbrauchsmessung

Mettler-Toledo KB60.2
Mettler-Toledo KA32s

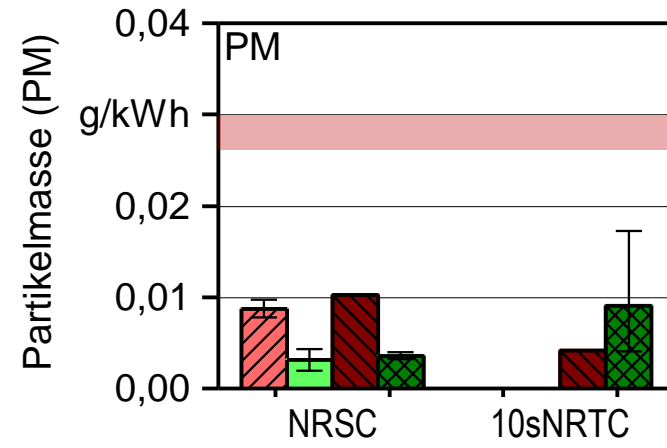
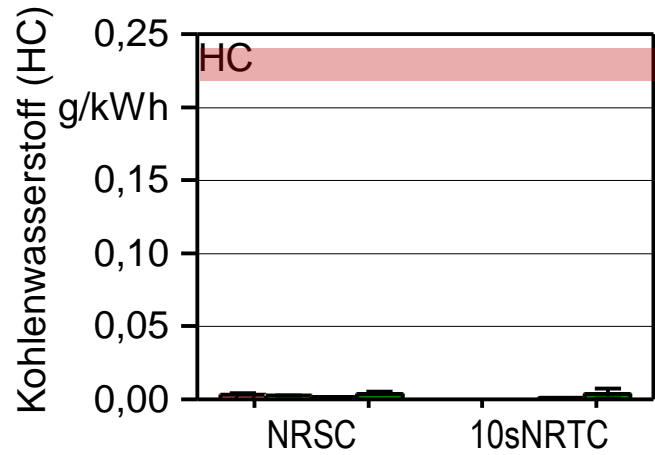
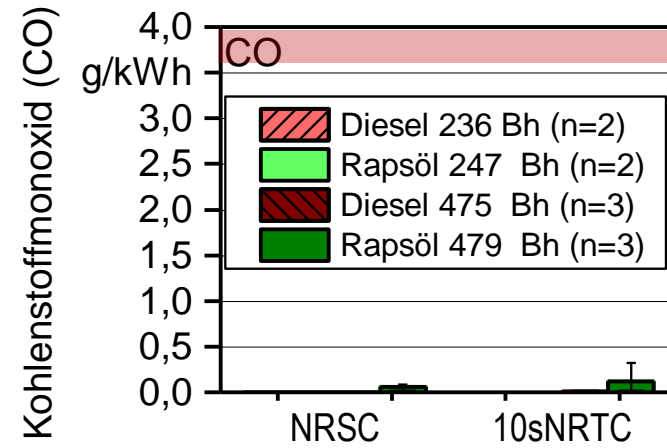
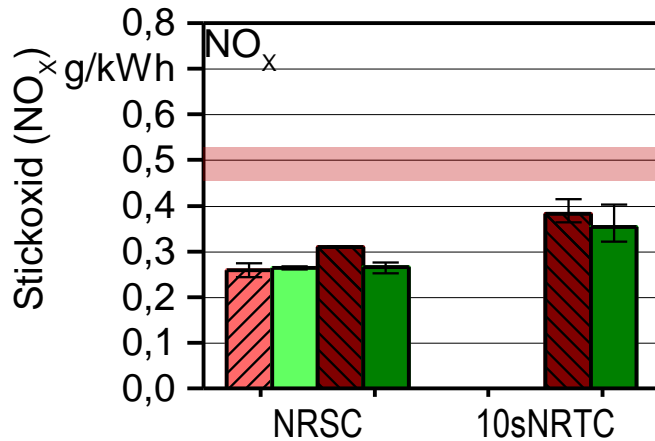
Feldtesttraktoren mit Rapsölkraftstoff nach DIN 51605

Pflanzenöltraktoren	Abgasstufe	Stunden	Baujahr	Tanks	Leistung (kW)	Motorkomponenten
 Fendt Farmer Vario 412	I	8400	2003	1	94	4 Zylinder, PLD -
 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160	II	6200	2005	1	119	6 Zylinder, PLD -
 Fendt 820 Vario ^{greentec} (2 Stück)	IIIA	8400 & 8600	2009	2	152	6 Zylinder, CR -
 John Deere 6930 (2 Stück)	IIIA	5900 & 6050	2008	1	134	6 Zylinder, CR -
 John Deere 6630 (2 Stück)	IIIA	2500 & 4200	2010 & 12	1	96	6 Zylinder, CR -
 John Deere 7830	IIIA	3200	2010	1	173	6 Zylinder, CR -
 Deutz-Fahr Agrottron 650 M	IIIA	3950	2010	2	136	6 Zylinder, CR -
 John Deere 5080R	IIIA	1750	2013	1	66	4 Zylinder, CR -
 Fendt Vario 718 SCR	IIIB	1800	2012	2	133	6 Zylinder, CR DOC, SCR
 John Deere 6125R (2 Stück)	IIIB	750 & 3850	2013 & 16	1	92	4 Zylinder, CR DOC, DPF
 John Deere 6115R	IIIB	1050	2015	1	85	4 Zylinder, CR DOC, DPF
 John Deere 6100RC	IIIB	2650	2014	1	74	4 Zylinder, CR DOC, DPF
 John Deere 6210R (2 Stück)	IIIB	3800 & 4600	2012	1	154	6 Zylinder, CR DOC, DPF
 Fendt 724 Vario S4	IV	2500	2014	2	174	6 Zylinder, CR DOC, DPF, SCR
 John Deere 6215R*	IV	1200	2015	1	158	6 Zylinder, CR DOC, DPF, SCR
 Deutz-Fahr 6165.4 TTV	V	200	2020	2	115	4 Zylinder, CR DOC, DPF, SCR
 John Deere 6135R	V	500	2018	1	99	4 Zylinder, CR DOC, DPF, SCR
 John Deere 6250R	V	1100	2018	1	184	6 Zylinder, CR DOC, DPF, SCR

Stufe IV: Abgasemissionen John Deere 6215R am Prüfstand



Stufe IV: Abgasemissionen Fendt Vario 724 S4 am Prüfstand

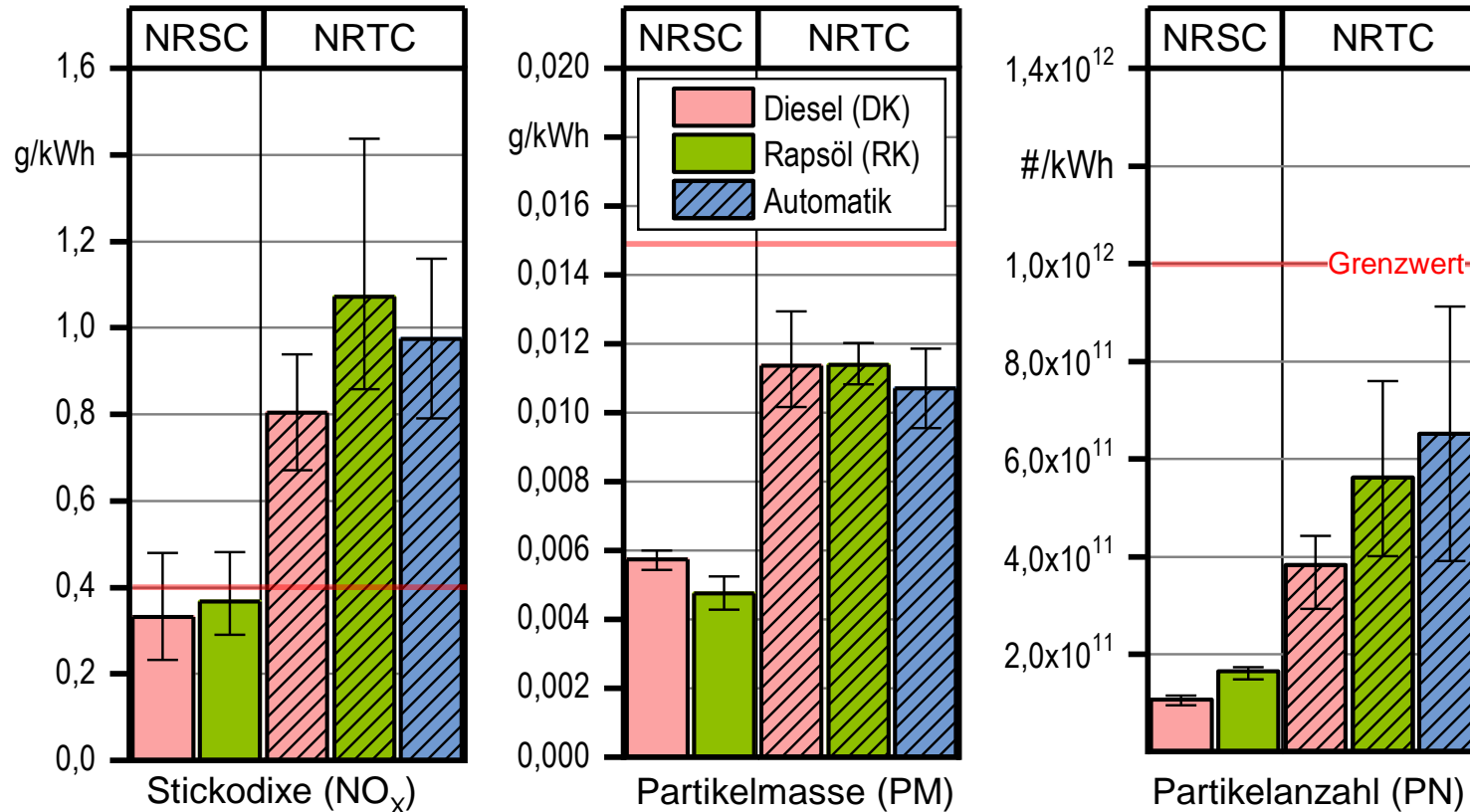


Deutz-Fahr 6165.4 TTV (DE-F) am Traktorenprüfstand Traktor mit Ausrüstung Zwei-Kraftstoff-System der Firma bioltec



Stufe V: Abgasemissionen Deutz-Fahr 6165.4 TTV (DE-F) Traktor mit Ausrüstung Zwei-Kraftstoff-System der Firma bioltec

Prüfzyklen: Non-Road Steady Cycle (NRSC) und Transient Cycle (NRTC)



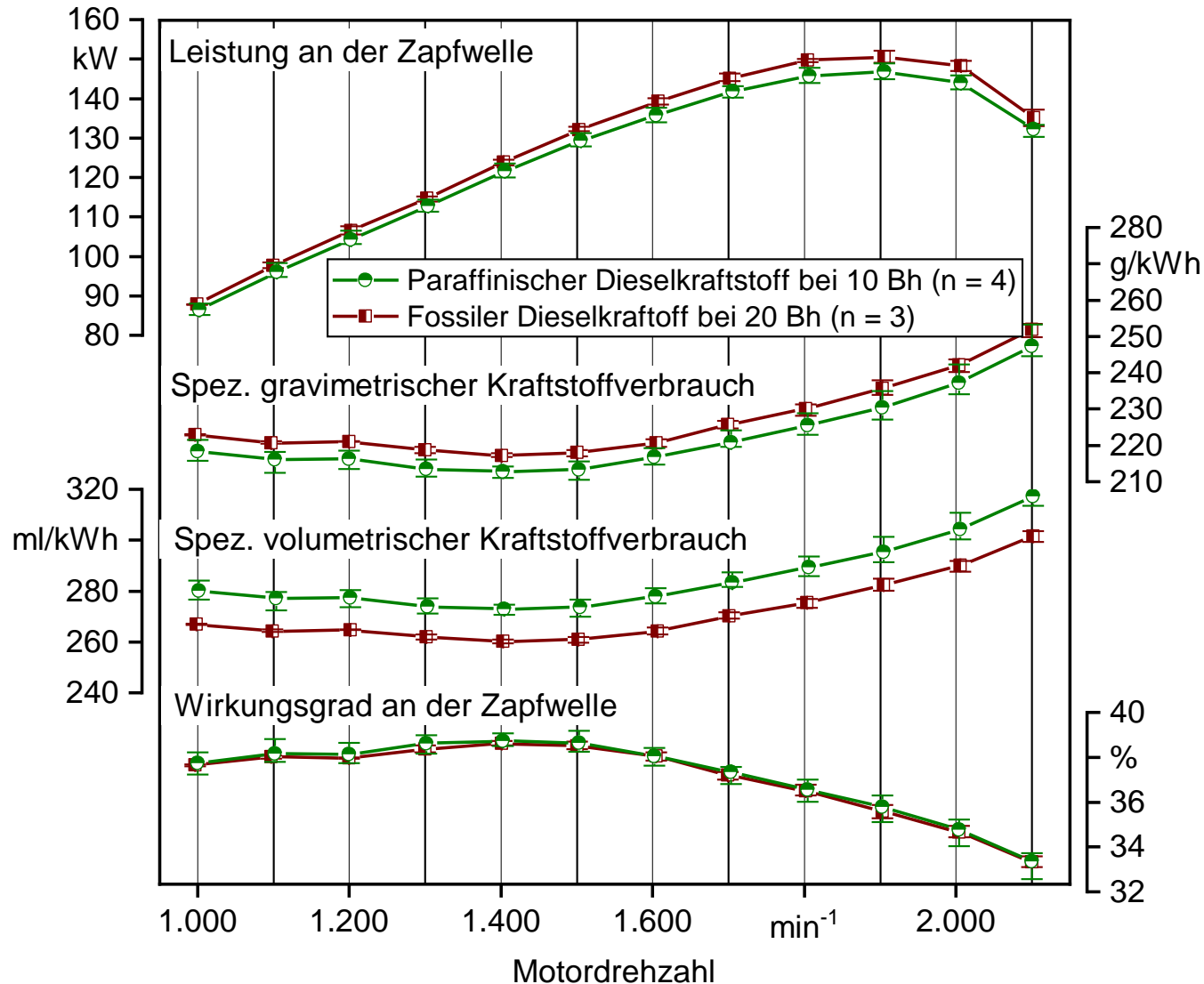
spezifische Abgasemissionen nach der Abgasnachbehandlung (je n = 3)



Stufe V: Valtra T214 Direct (VA-K) mit Paraff. Kraftstoff "HVO"

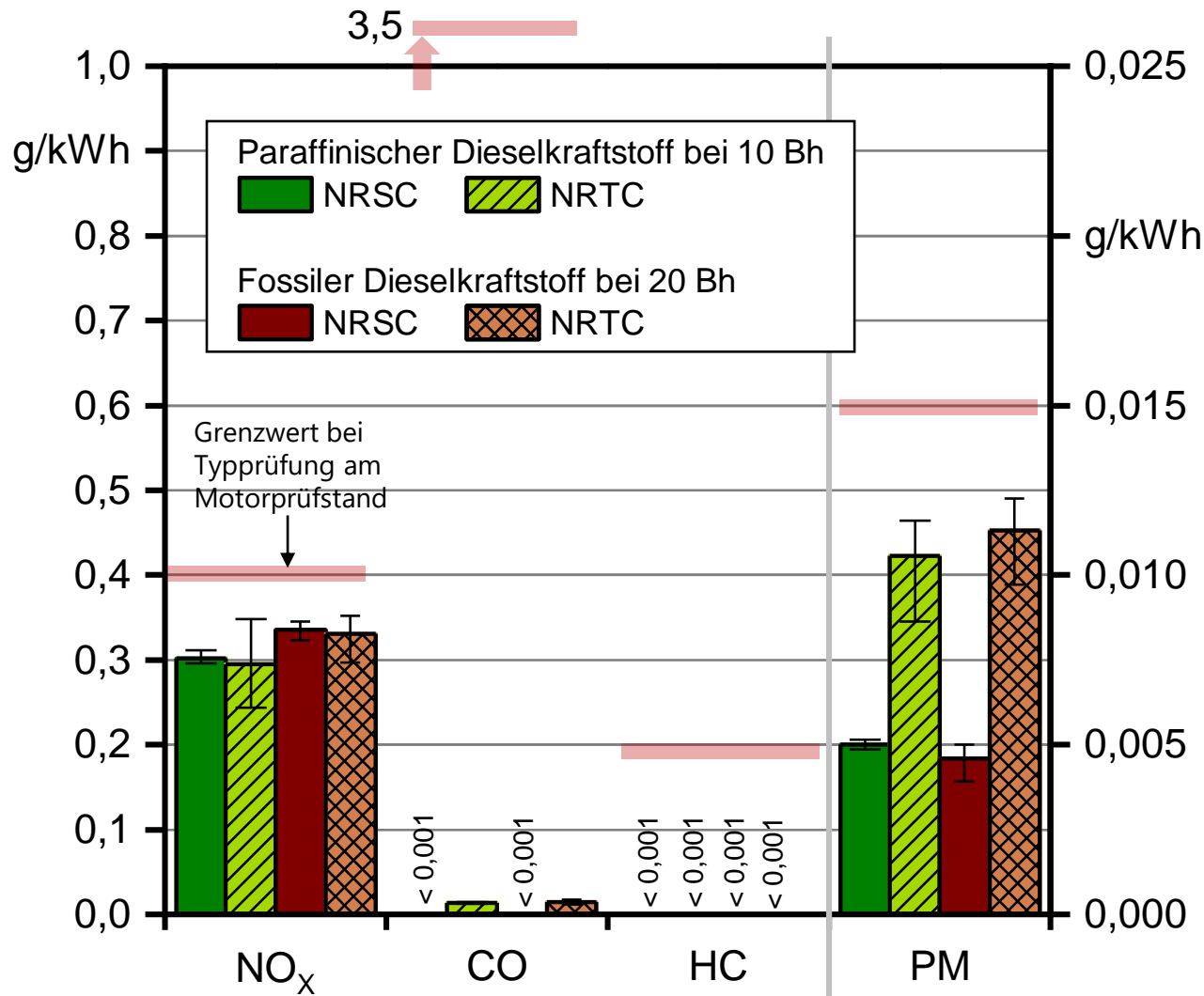


Stufe V: Leistungsmessung Valtra T214 Direct (VA-K)



Stufe V: Abgasemissionen nach der Abgasnachbehandlung

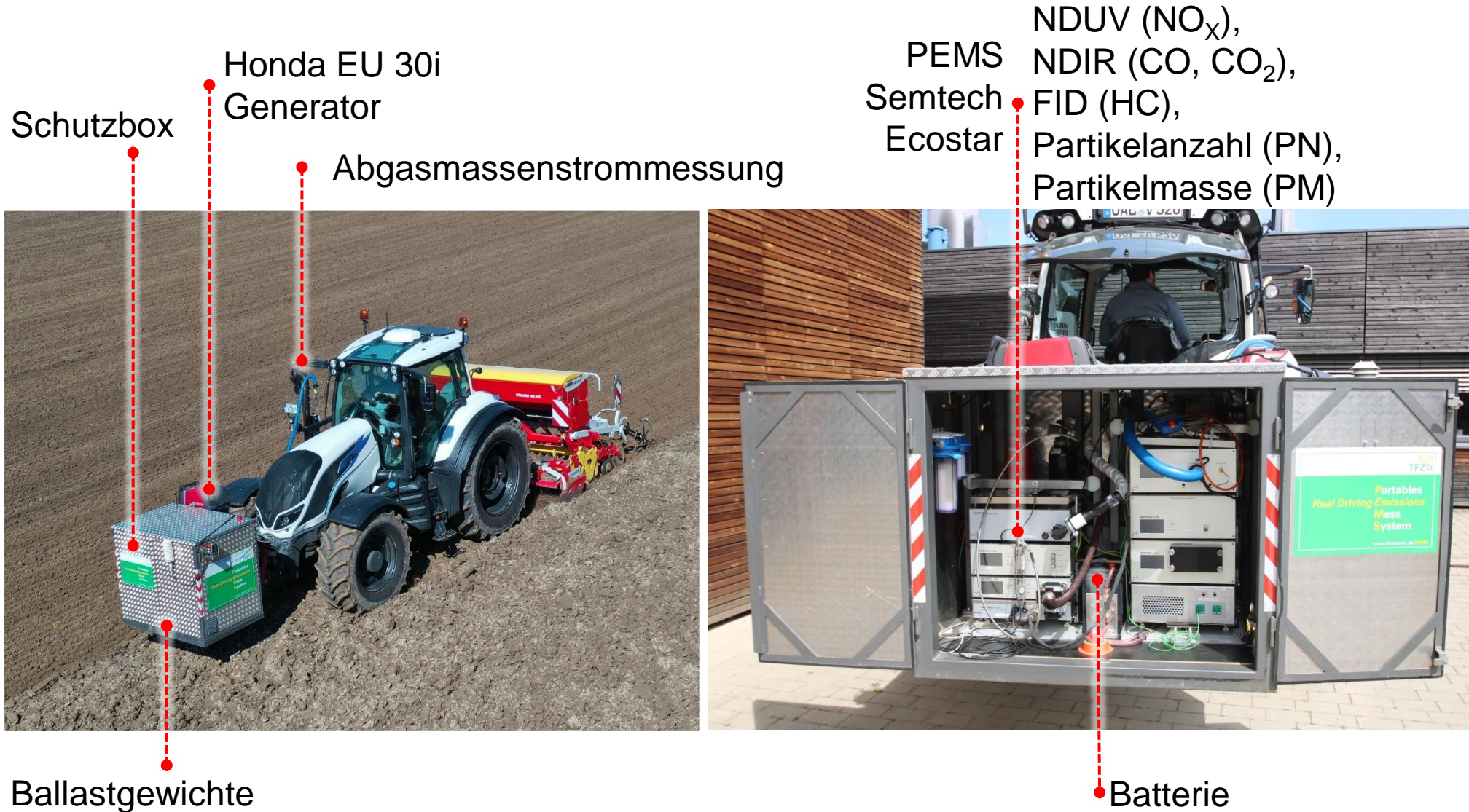
spez. Emissionen für NO_x, CO und HC
bez. auf Zapfwellenarbeit



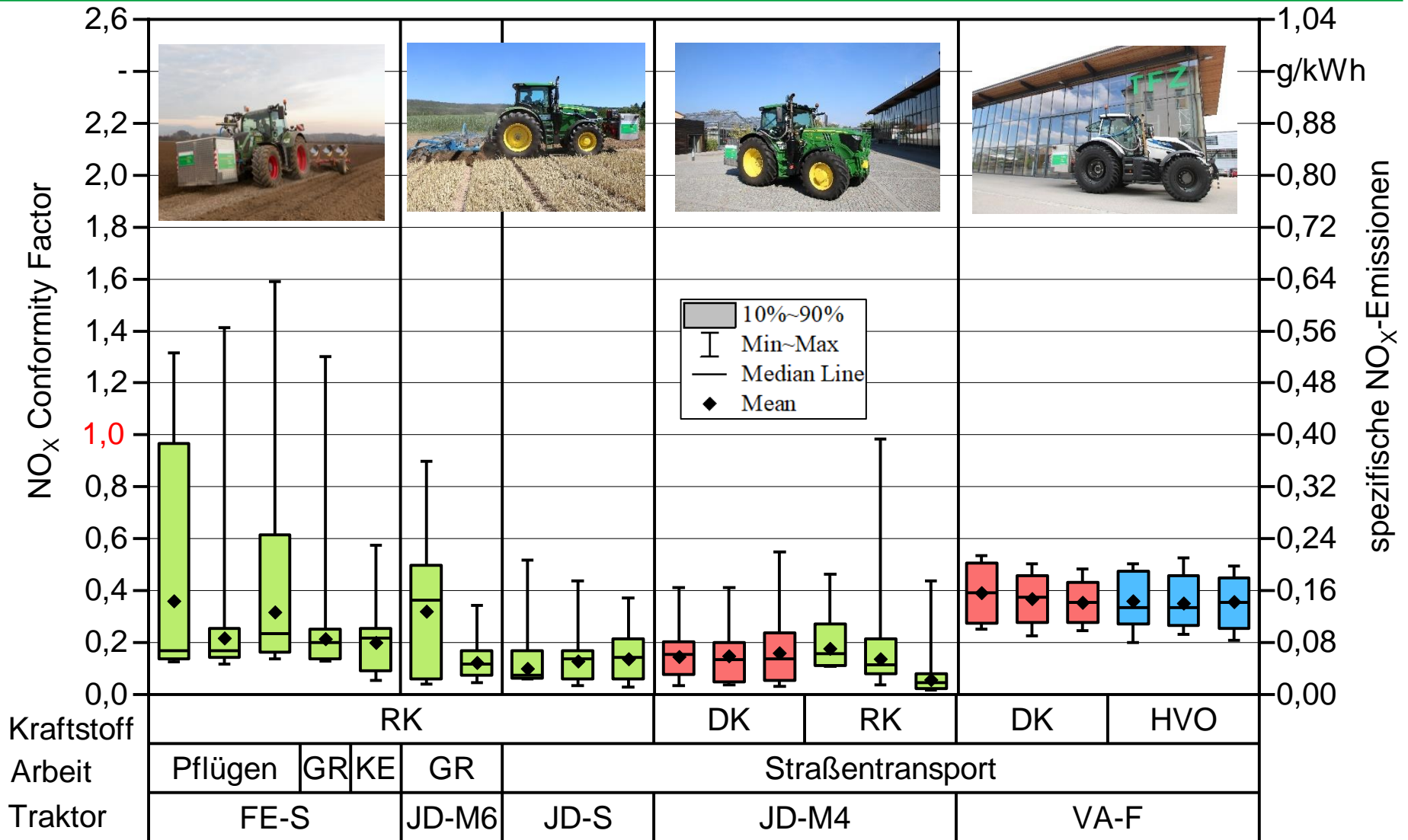
spez. Emissionen für PM
bez. auf Zapfwellenarbeit



Messung der Real Driving Emissions (RDE) mit einem Portable Emission Measurement System (PEMS)



Real Driving NO_x-Emissionen von Abgasstufe IV/V Traktoren



PEMS Messungen – Harvester im Betrieb mit Rapsölkraftstoff



6-Zylinder PowerTechPlus Motor

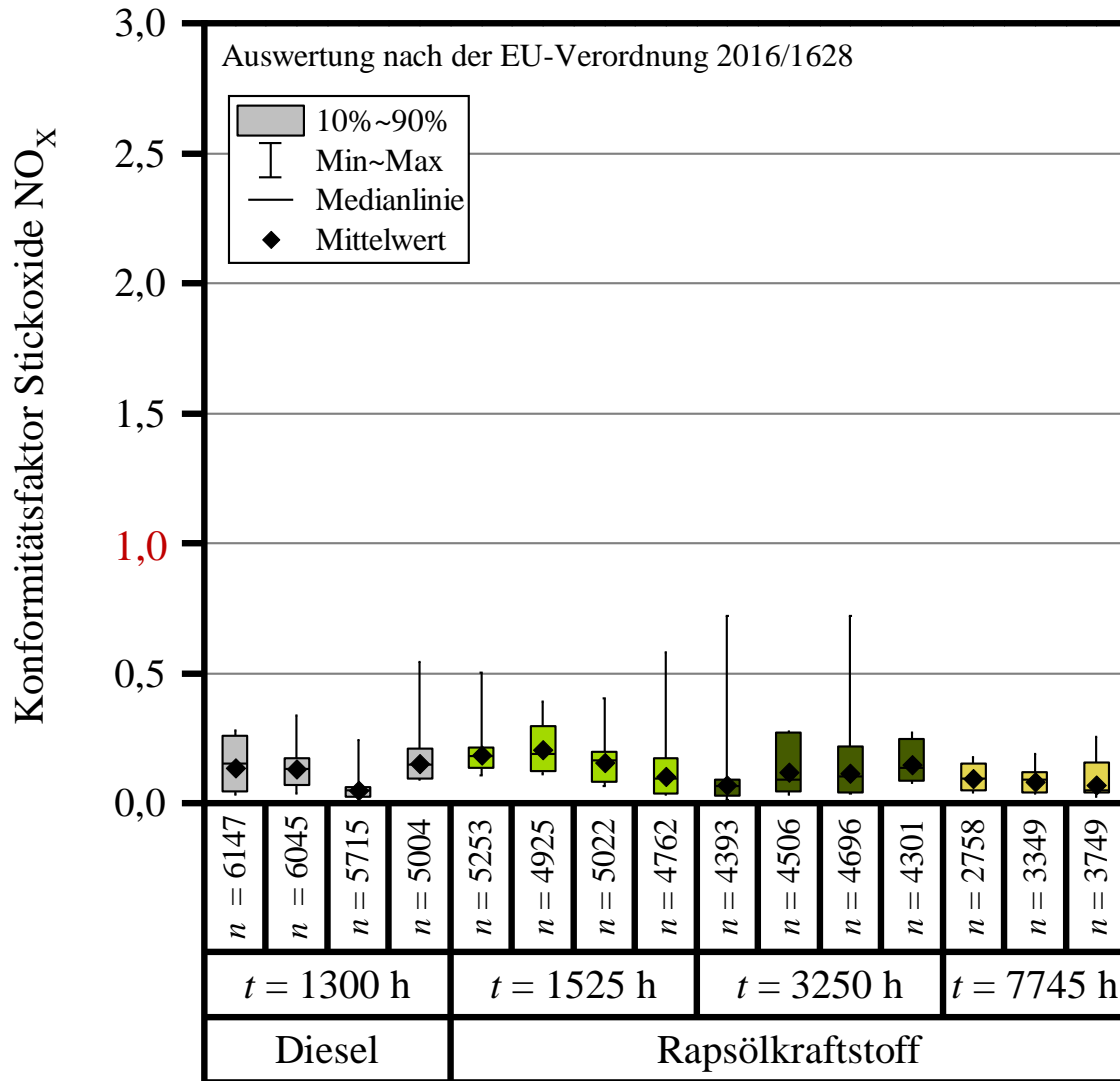
9,0 l Hubraum

200 kW @ 1600 – 1900 min⁻¹

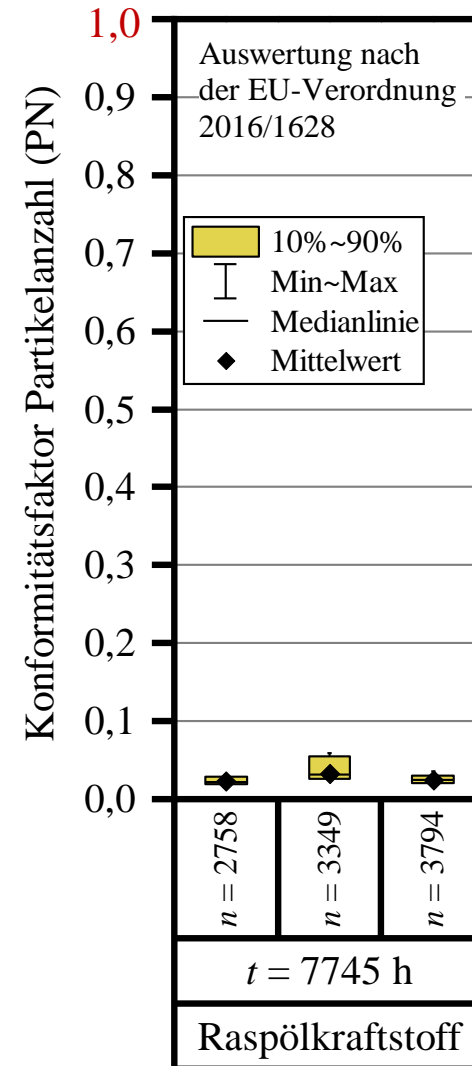
SCR-System mit Partikelfilter

Abgasstufe IV / Tier 4final

Stickoxide und Partikelanzahl im realen Betrieb



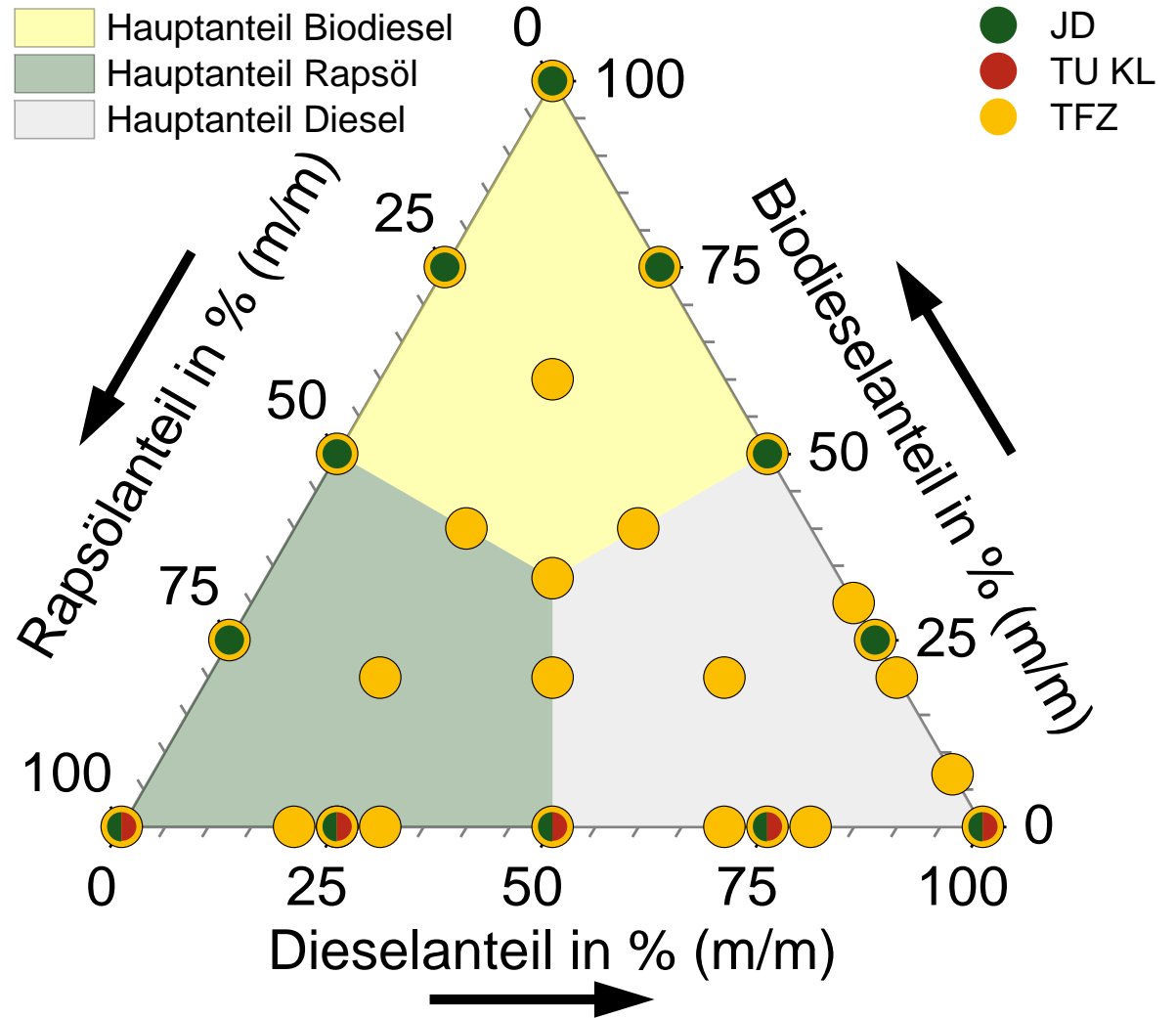
n: Anzahl Mittelwertfenster ; t: Betriebsstunden



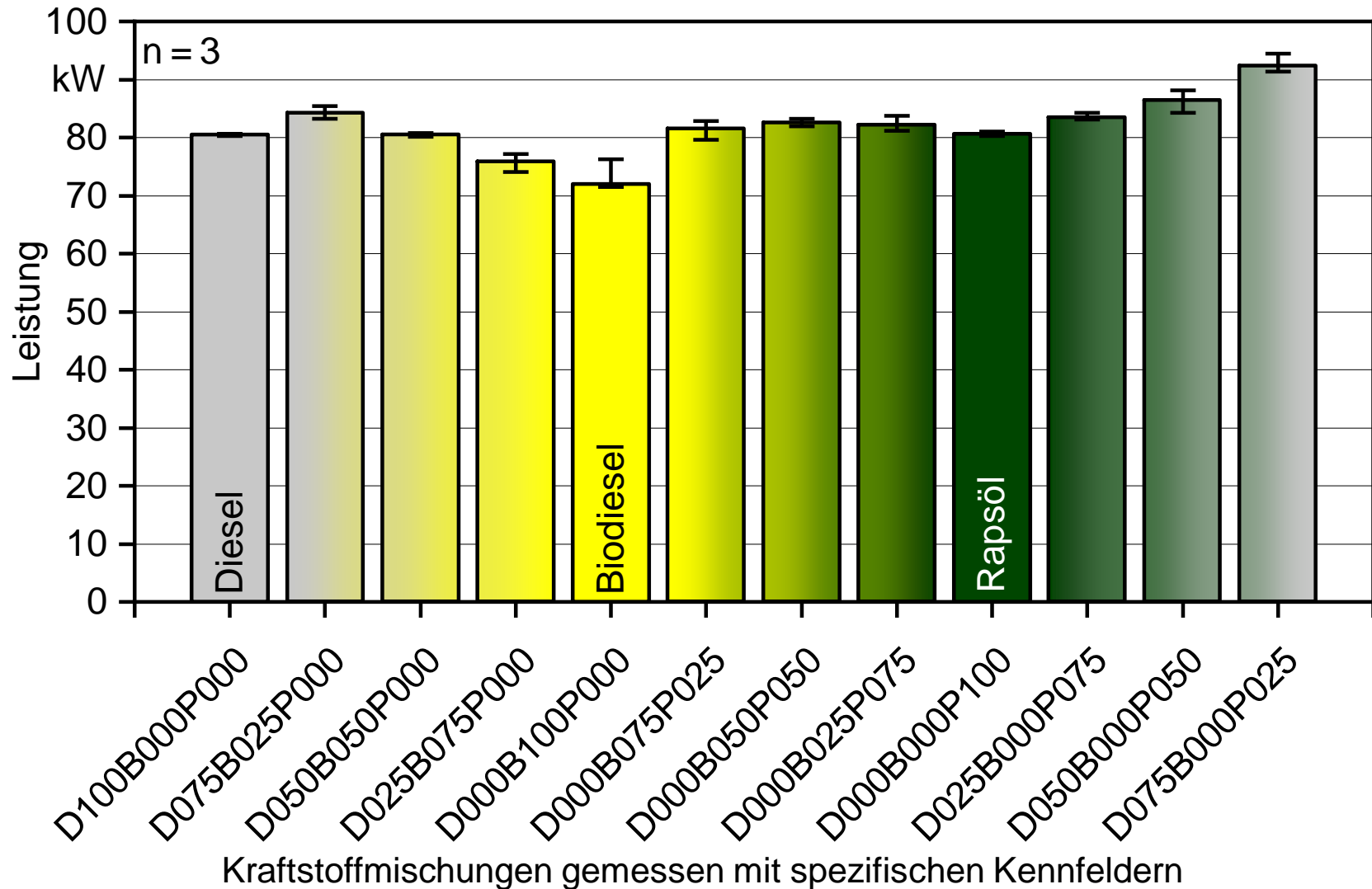
Der “Multi-Fuel-Traktor” - die Lösung für die Zukunft?



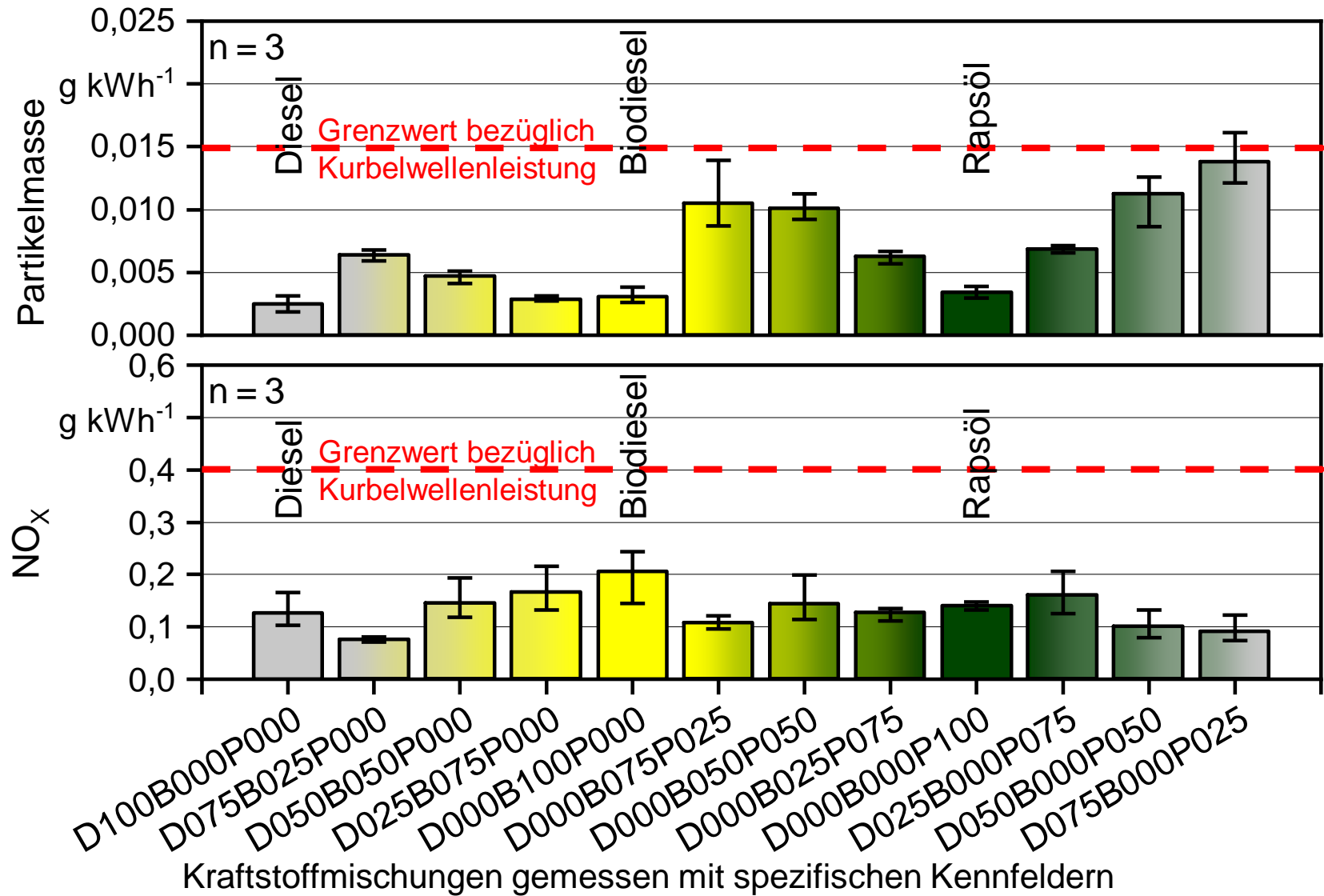
Getestete Kraftstoffe und Kraftstoffmischungen



Vollastleistung an der Zapfwelle bei Nenndrehzahl JD 6135R



Emissionsmessung PTO NRSC – JD 6135R

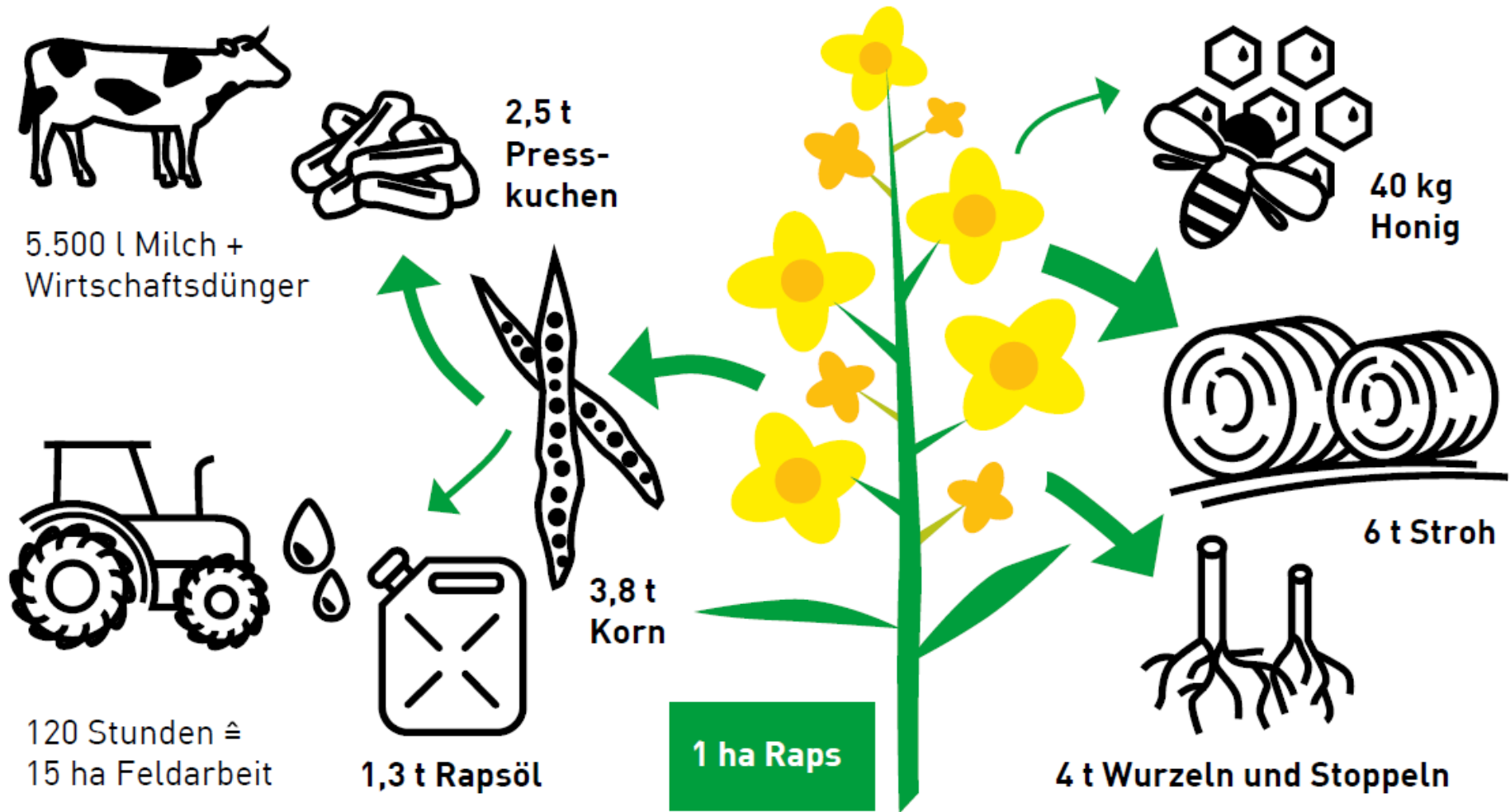


Was tanken wir morgen in mobilen Arbeitsmaschinen?

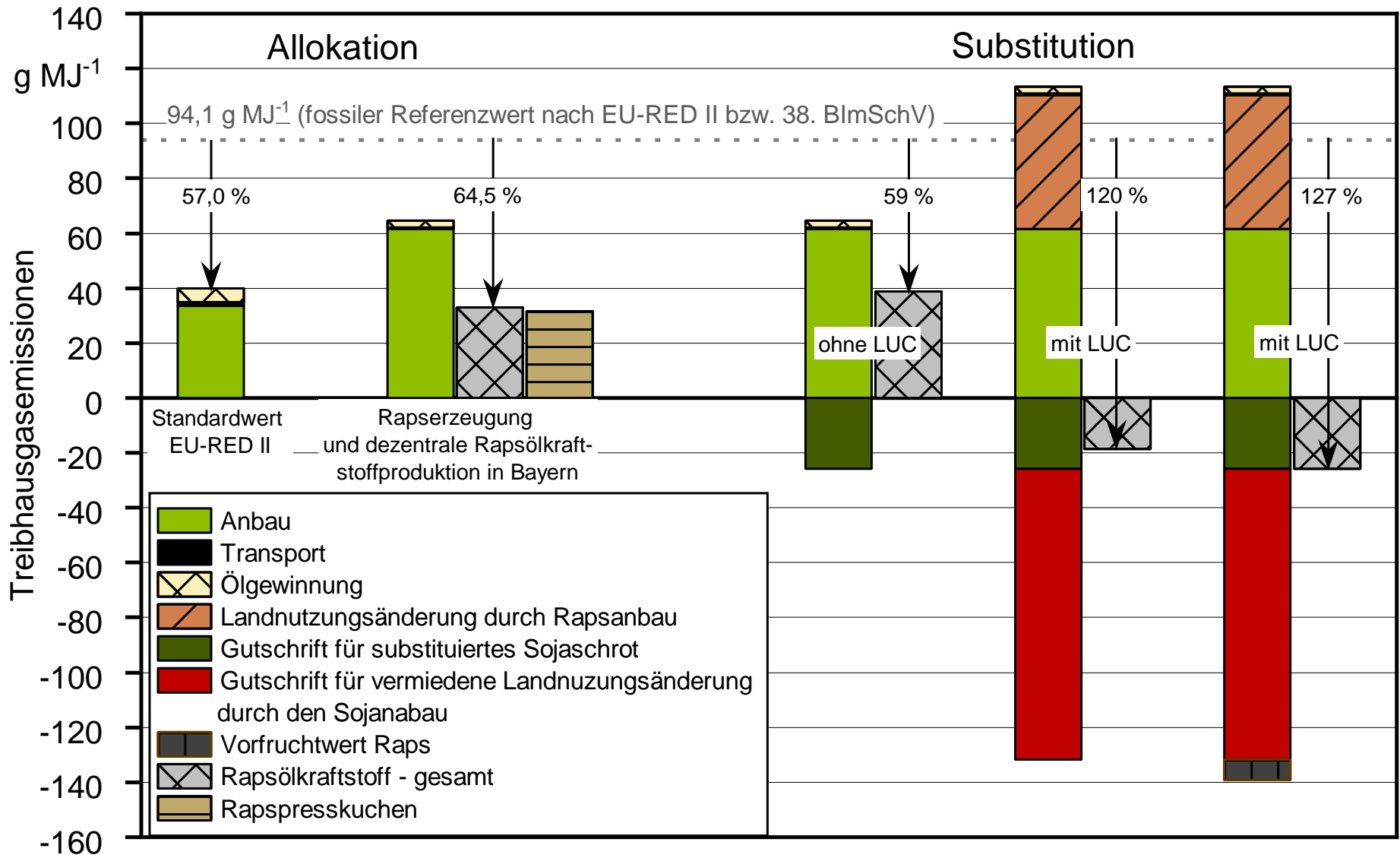
1. Status quo und Herausforderungen
2. Bewertungskriterien und Eigenheiten verschiedener Antriebsoptionen
3. Biokraftstoffe in Land- und Forstmaschinen der Abgasstufe I bis V – Ergebnisse aus Feldversuchen, Prüfstands- und PEMS-Messungen
4. Biokraftstoffe - eine nachhaltige Alternative?
5. Fazit und Handlungsbedarf



Raps für Tank, Teller und Trog • Die Multipurpose-Pflanze



Errechnete Treibhausgaseinsparung von Rapsölkraftstoff aus dezentraler Produktion unter Variation der Rechenmethode



Potenzial des Biodieselanteils in B7-Kraftstoff in Pkw u. Kombi

- **Jährlicher Diesel-Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft**
ca. 2.000 Millionen bzw. 2 Milliarden Liter B7
darin Beimischungsanteil Biodiesel 7 %
ca. 140 Millionen Liter Biodiesel
- **Jährlicher Diesel-Kraftstoffverbrauch in Pkw und Kombi**
ca. 20.600 Millionen Liter B7 (Fünfjahresmittelwert)
darin Beimischungsanteil Biodiesel 7 %
ca. 1.442 Millionen Liter Biodiesel
- **Mit zunehmender Elektrifizierung des Pkw- und Kombi-Segments** stehen ca. 1,5 Milliarden Liter Biodiesel bzw. Pflanzenöle für **sinnvolle Reinkraftstoffanwendungen** zur Verfügung.

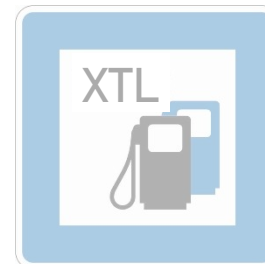
Was tanken wir morgen in mobilen Arbeitsmaschinen?

1. Status quo und Herausforderungen
2. Bewertungskriterien und Eigenheiten verschiedener Antriebsoptionen
3. Biokraftstoffe in Land- und Forstmaschinen der Abgasstufe I bis V – Ergebnisse aus Feldversuchen, Prüfstands- und PEMS-Messungen
4. Biokraftstoffe - eine nachhaltige Alternative?
5. Fazit und Handlungsbedarf



Was tanken Traktoren morgen?

- Maschinen mit **geringer Leistungsanforderung** und kurzen Einsatzzeiten am Tag (Hoflader, Futtermischwagen, Spezialtraktor, Einachsgeräteträger etc.), Innenwirtschaft: (batterie)elektrischer Antrieb
- **autonom fahrende Systeme** in der Bestandspflege auf dem Feld: elektrischer Antrieb
- **im mittleren Leistungsspektrum:** Verbrennungsmotoren mit dem gasförmigen Kraftstoff Biomethan (CNG)
- **im mittleren und hohen Leistungsbereich:** Verbrennungsmotoren mit hochenergiedichten flüssigen Kraftstoffen wie Paraffinischer Kraftstoff, Pflanzenölkraftstoff und Biodiesel



Handlungsbedarf

- **Strategie** zur Umstellung auf regenerative Energieträger erforderlich (messbare Zielwerte) - Berücksichtigung **Bestandsmaschinen**
- Wettbewerbsverzerrung innerhalb der Europäischen Union vermeiden – Strategie **auf europäischer Ebene** wünschenswert
- Langfristig angelegte **Lenkungsinstrumente** notwendig (CO₂-Bepreisung, Energiesteuer, ordnungspolitische Vorgaben...!?)
- **Besteuerung** der Energieträger idealerweise nach deren Energiegehalt und nach deren Treibhausgasemissionen
- **Systemisch denken**: heimische Eiweißfuttermittelproduktion ist mit regionaler Biokraftstoffproduktion gekoppelt, Kraftstoffverbrauch im Sektor Land- und Forstwirtschaft ist mengenmäßig begrenzt: kontrollierbarer Markt
- **Maschinen** mit alternativen Antriebssystemen **entwickeln und anbieten**
- **Kommunikation und Wissenstransfer** (Politik, Landtechnik, Landwirte)
- **Lange Nutzungsdauer** landw. Maschinen: **Transformation jetzt beginnen**

Weiteführende Informationen



Aktuelles aus der Forschung des TFZ



Alternative Antriebssysteme für Landmaschinen
Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift 519)



Monitoring Biokraftstoffsektor. 4. Auflage.
Leipzig: DBFZ (DBFZ-Report Nr. 11)

Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr
DBFZ-Report Nr. 44
erscheint in KW 4 2022



Branchenplattform Biokraftstoffe
in der Land- und Forstwirtschaft



Herzlichen Dank an die Kolleginnen und Kollegen
der Abteilung Erneuerbare Kraftstoffe,
insbesondere Dr. J. Ettl, Dr.-Ing. P. Emberger und Dr. K. Thuneke

In Zusammenarbeit mit:



Gefördert durch:



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr. Edgar Remmele
Tel.: + 49 (9421) 300 - 130
E-Mail: edgar.remmele@tfz.bayern.de
Internet: <http://www.tfz.bayern.de>

Photo: TFZ