

Ausstieg aus fossilen Energieträgern in der Landtechnik

**Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten
zu alternativen Antriebssystemen und Kraftstoffen
im Land- und Forstwirtschaftssektor**

**Online-Vortrag beim Netzwerk Zukunftsraum Land LE 14–20
Straubing, Wien am 30.11.2021**

Dr. Edgar Remmele

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- **Einordnung und Bewertung**
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



„Kraftstoffmatrix“ • Matrix Verkehrsträger - Energieträger

Motorisierte Zweiräder	Personenkraftwagen	Leichte Nutzfahrzeuge und Lastkraftwagen (< 7,5 t)	Schwere Lastkraftwagen (≥ 7,5 t)	Busse (urban, regional und überregional)	Mobile Maschinen und Geräte Offroad (geringe Leistungsanforderung)	Mobile Maschinen und Geräte Offroad (hohe Leistungsanforderung)	Schienenfahrzeuge	Schiffe für Übersee- und Binnenschifffahrt	Flugzeuge	
										Pflanzenöl
										Biodiesel (FAME)
										HVO
										FT-Diesel
										OME
										DME
										Ethanol
										FT-Benzin
										Methanol
										CNG
										LNG
										FT-Kerosin
										ATJ
										HEFA
										Wasserstoff (Fuel Cell)
										Strom

Dieselsubstitute

Benzin-substitute

Gas-substitute

Kerosin-substitute

	Sehr gut geeignet und bevorzugte Verwendung
	Sehr gut geeignet und gute Alternative
	Geeignet
	Wenig geeignet oder wenig sinnvoll

	Hohes Potenzial für Elektrifizierung des Verkehrssektors
	Mittleres Potenzial für Elektrifizierung des Verkehrssektors
	Geringes Potenzial für Elektrifizierung des Verkehrssektors
	Kein Potenzial für Elektrifizierung des Verkehrssektors

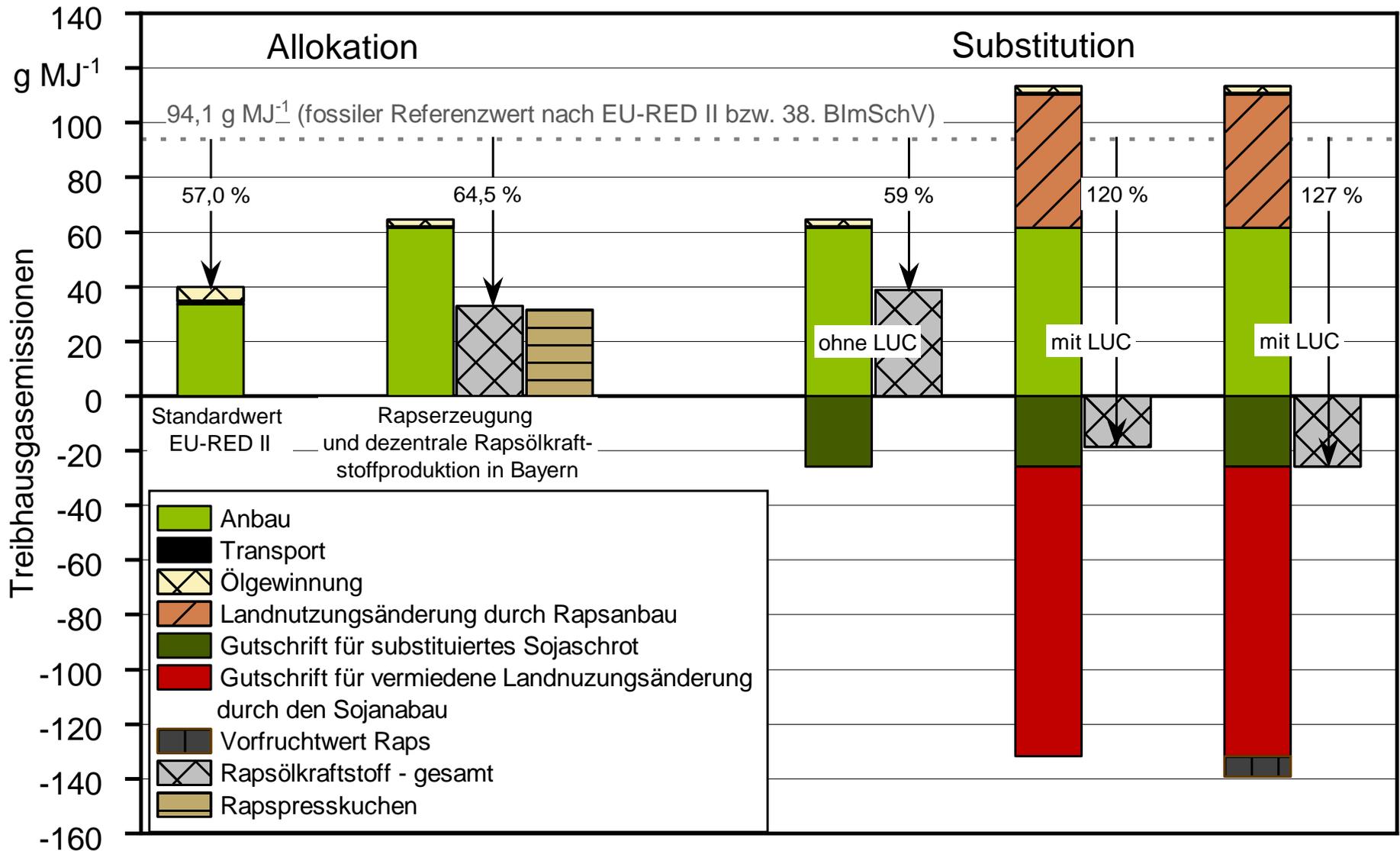
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Was tanken Traktoren morgen?

- Maschinen mit **geringer Leistungsanforderung** und kurzen Einsatzzeiten am Tag (Hoflader, Futtermischwagen...), 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 Pflanzenölkraftstoff und Biodiesel



Errechnete Treibhausgaseinsparung von Rapsölkraftstoff aus dezentraler Produktion unter Variation der Rechenmethode



Bewertungskriterien für erneuerbare Kraftstoffe und el. Strom

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



Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- **Kraftstoffqualität und Normung**
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



Qualitätsanforderungen an Pflanzenölkraftstoffe

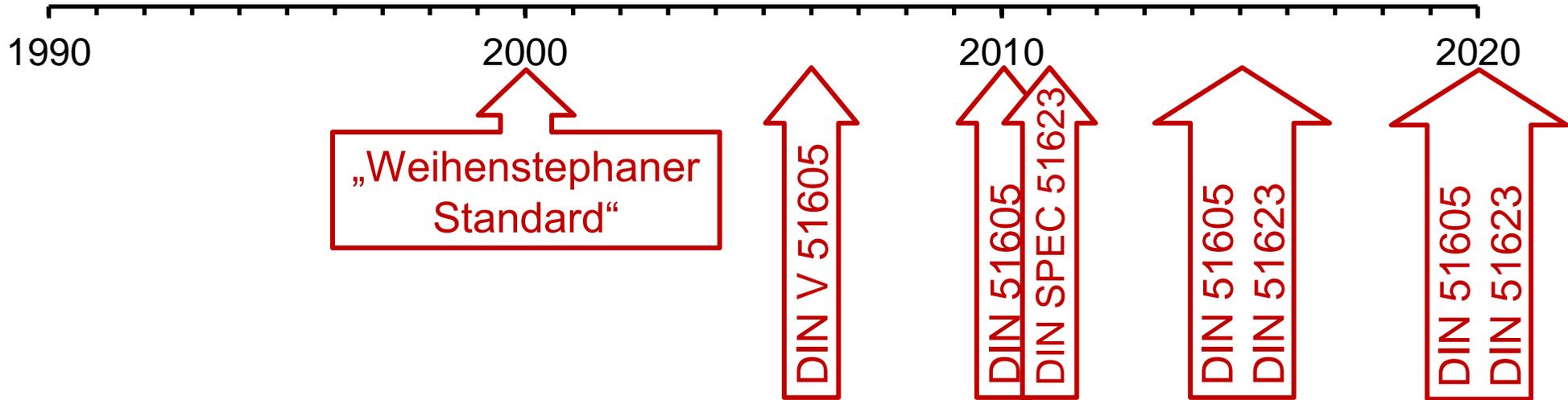
Eigenschaften / Inhaltsstoffe	Einheiten	Grenzwerte		Prüfverfahren
		min.	max.	
<i>für Rapsöl charakteristische Eigenschaften</i>				
Dichte (15 °C)	kg/m³	900	930	DIN EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Flammpunkt nach P-M	°C	220		DIN EN 22719
Heizwert	kJ/kg	35000		DIN 51900-3
Kinematische Viskosität (40 °C)	mm²/s		38	DIN EN ISO 3104
Kälteverhalten				Rotationsviskosimetrische Prüfbedingungen werden anzuwenden
Zündwilligkeit (Cetanzahl)				Prüfverfahren werden anzuwenden
Kohlenrückstand	Masse-%		0,40	DIN EN ISO 10370
Iodzahl	g/100 g	100	120	DIN 53241-1
Schwefelgehalt	mg/kg		20	ASTM D5453-03
<i>variable Eigenschaften</i>				
Gesamtverschmutzung	mg/kg		25	DIN EN 12662

CEN
WS 56

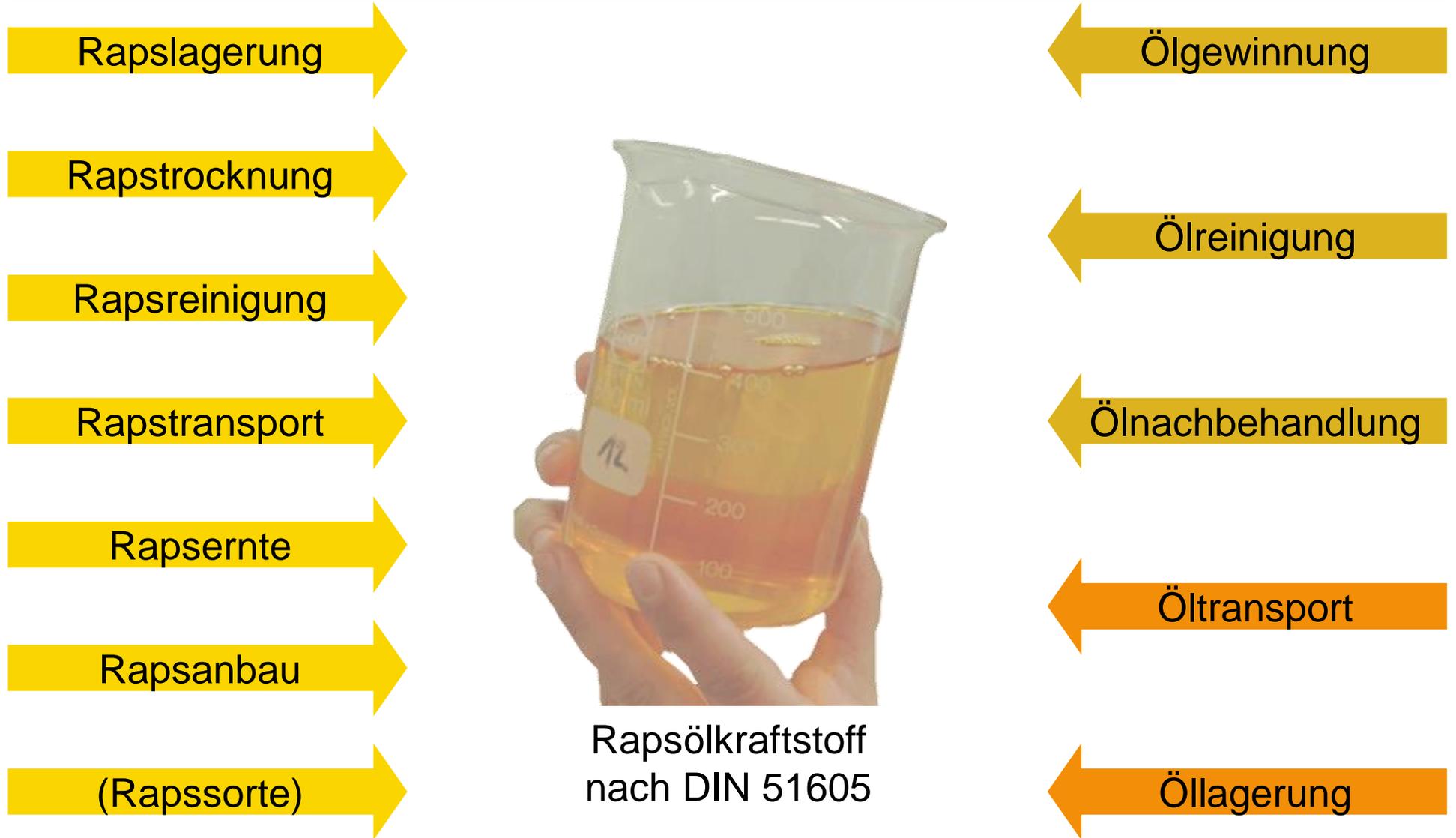


DIN Pflanzenölkraftstoff

DIN Rapsölkraftstoff



Einflussfaktoren auf die Rapsölkraftstoffqualität



Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung



Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- **System Motor-AGN-Kraftstoff**
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



Systemoptimierung: Motor – AGN – Kraftstoff

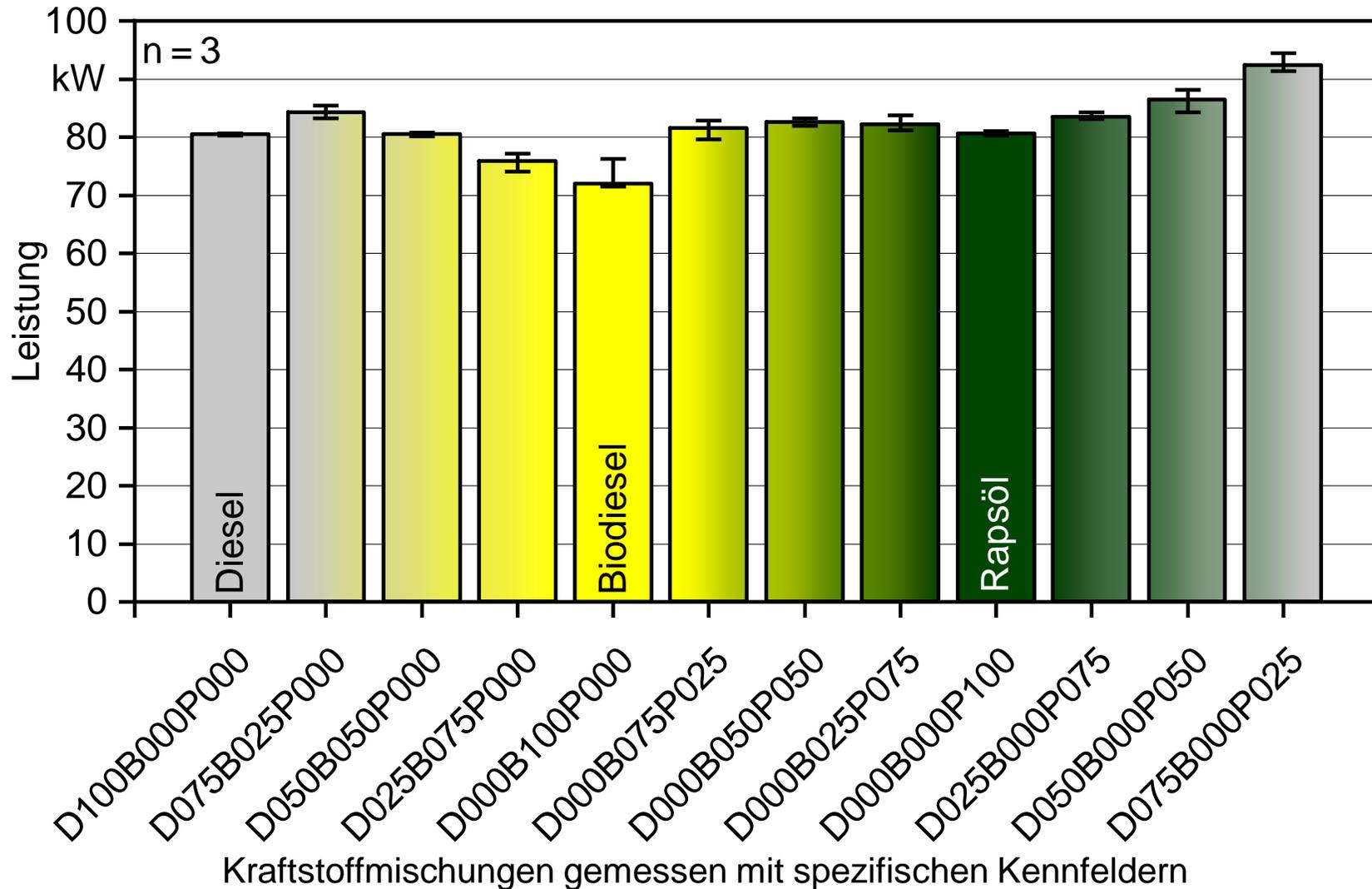
- „ZündKraft“
Zünd- und Verbrennungsverhalten
alternativer Dieselkraftstoffe
- „Evolum“
Einspritz- und Verbrennungsverhalten
von Pflanzenölkraftstoff und Übertragung
auf ein Motorsystem Stufe IV/V
- „SAVEbio“
Strategien zur Ablagerungsvermeidung an
Einspritzdüsen beim Multi-Fuel Einsatz biogener Kraftstoffe



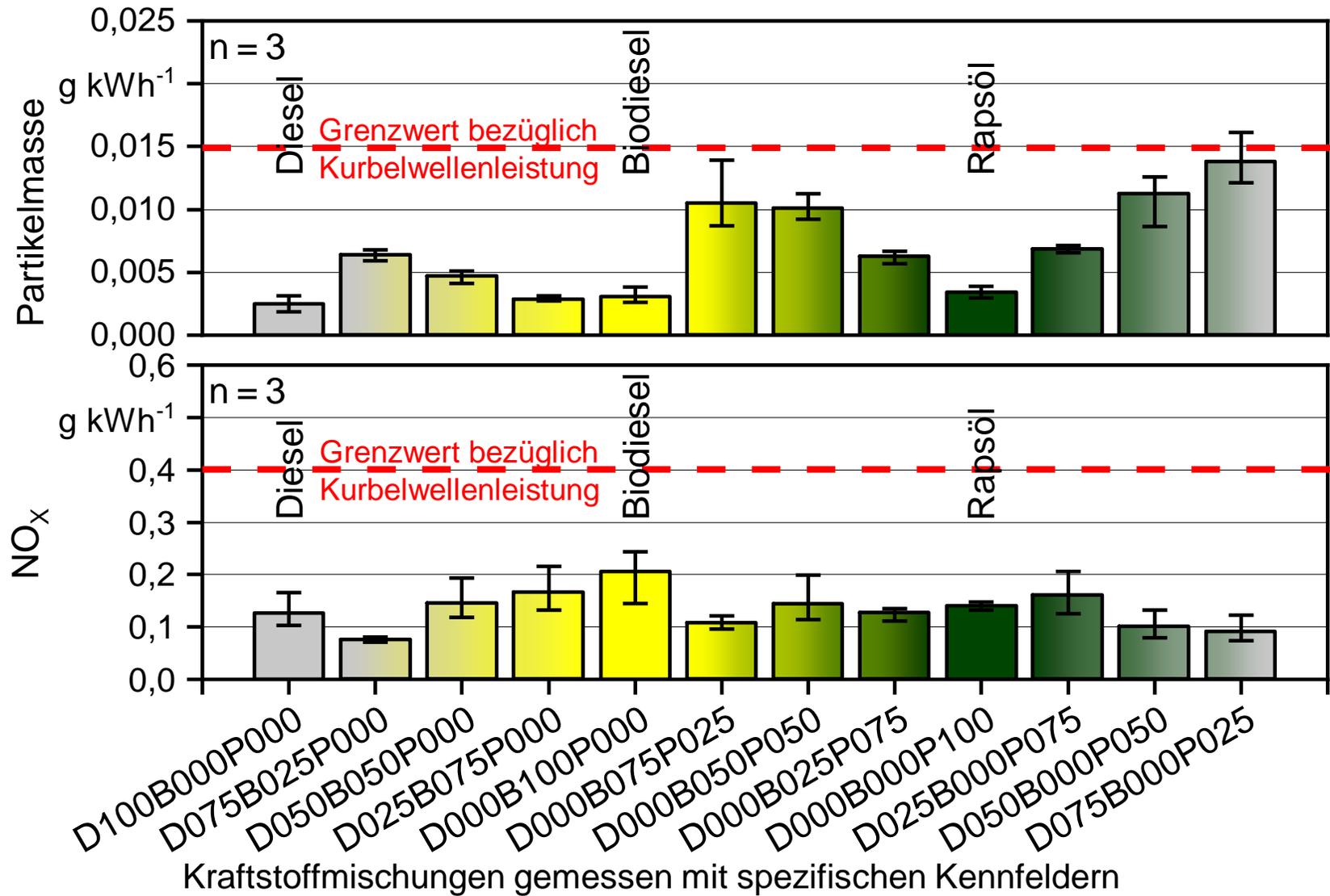
Stufe V: Multi-Fuel-Traktor am Traktorenprüfstand



Vollastleistung bei Nenndrehzahl PTO – JD 6135R



Emissionsmessung PTO NRSC – JD 6135R



Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- **Betriebs- und Emissionsverhalten**
- Feldversuche

2. Herausforderungen

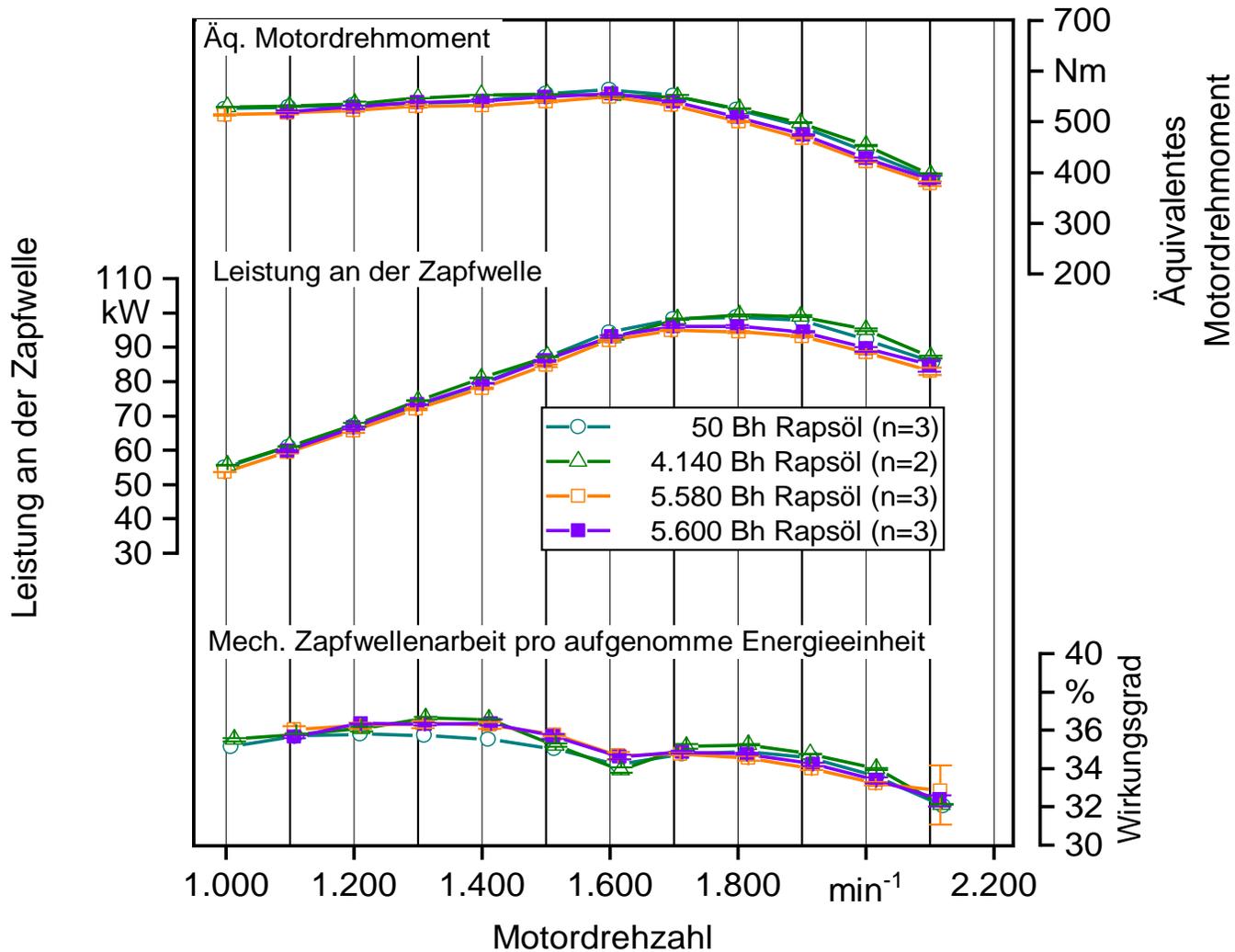
für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

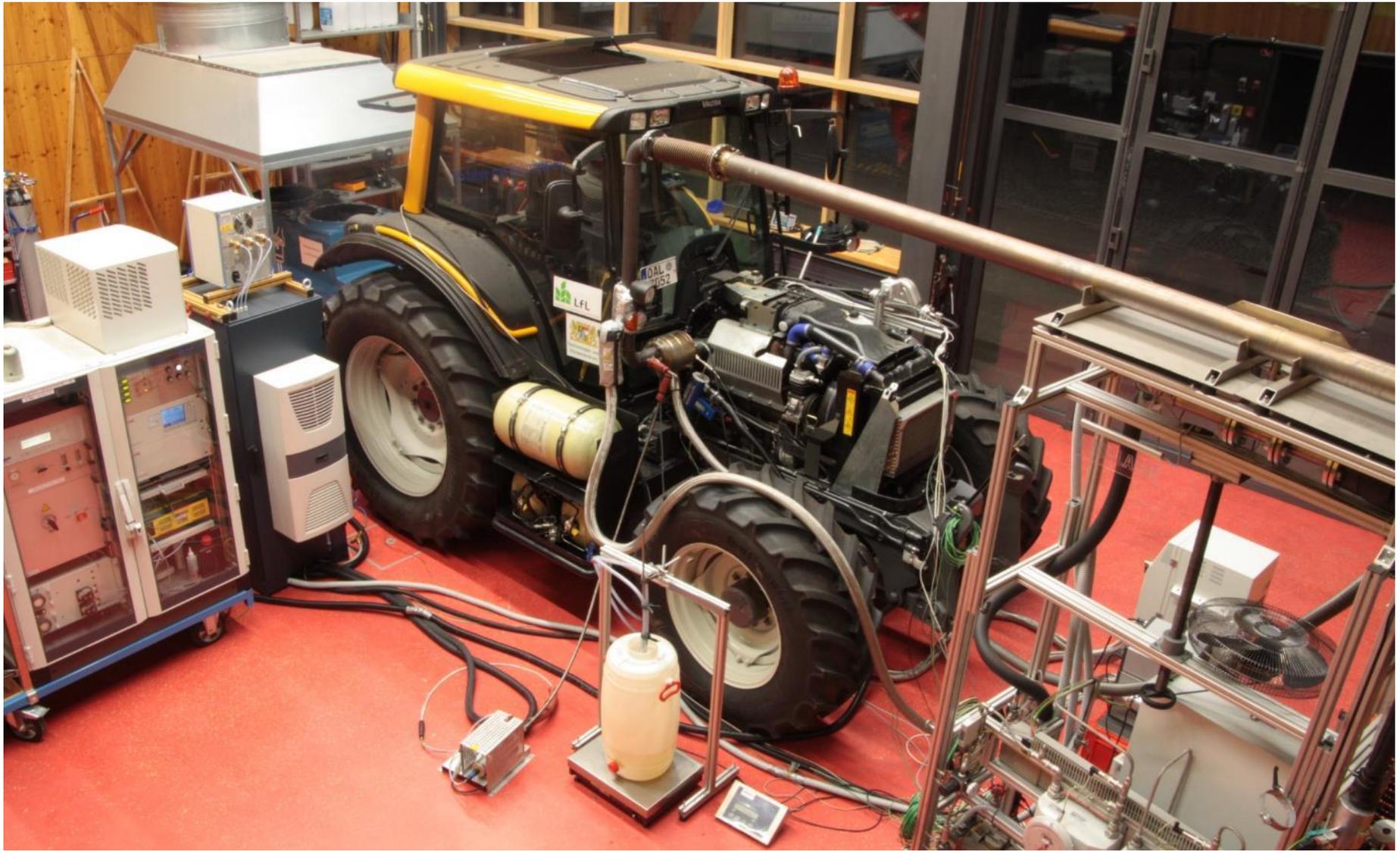
für die Umsetzung in der Praxis



John Deere 6930 – Leistung und Wirkungsgrad



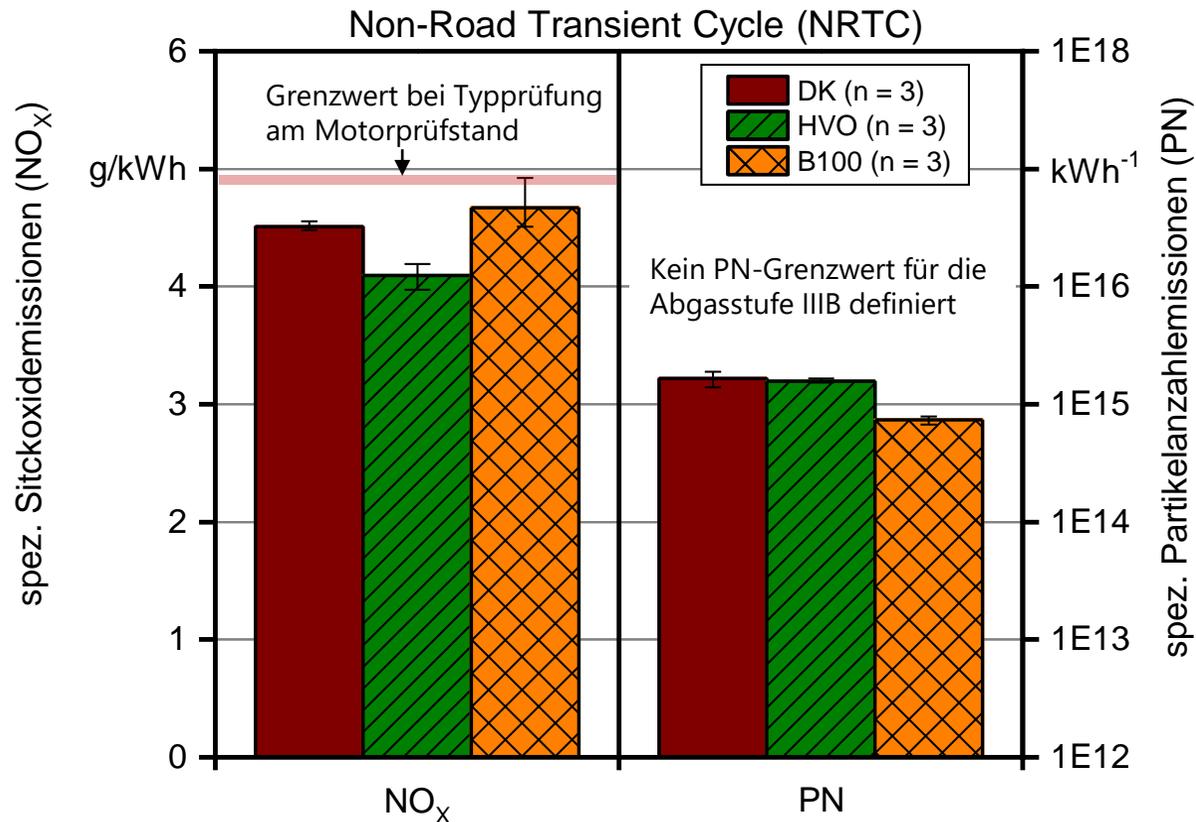
Valtra N101 HiTech Biogas (Dual Fuel) am Traktorenprüfstand



Steyr 4075 kompakt (Abgasstufe IIIB) mit Biodiesel und HVO



Steyr 4075 kompakt (Abgasstufe IIIB) mit Biodiesel und HVO



PEMS Messungen – Messung im Betrieb



6-Zylinder PowerTechPlus Motor

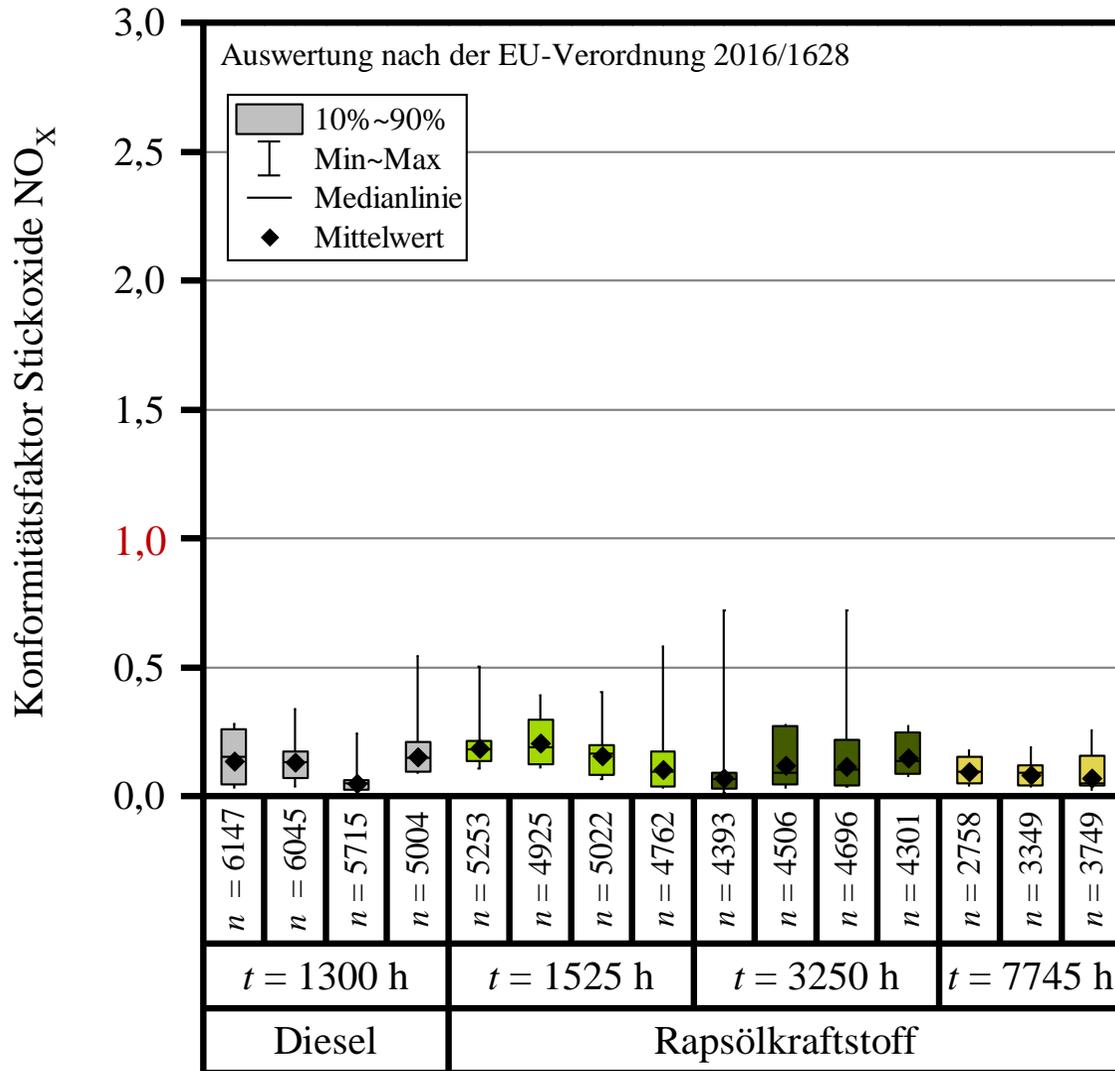
9,0 l Hubraum

200 kW @ 1600 – 1900 min⁻¹

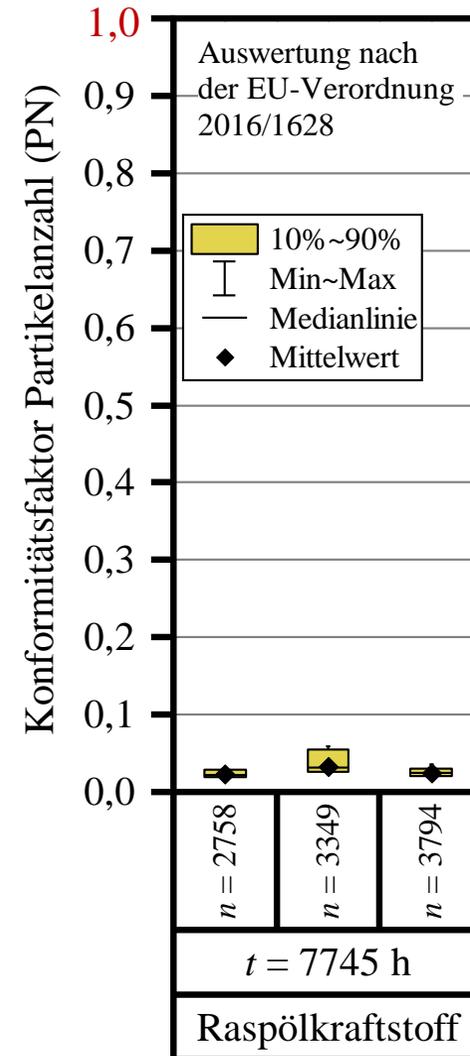
SCR-System mit Partikelfilter

Abgasstufe IV / Tier 4final

Stickoxide und Partikelanzahl im realen Betrieb



n: Anzahl Mittelwertfenster ; t: Betriebsstunden



Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- **Feldversuche**

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



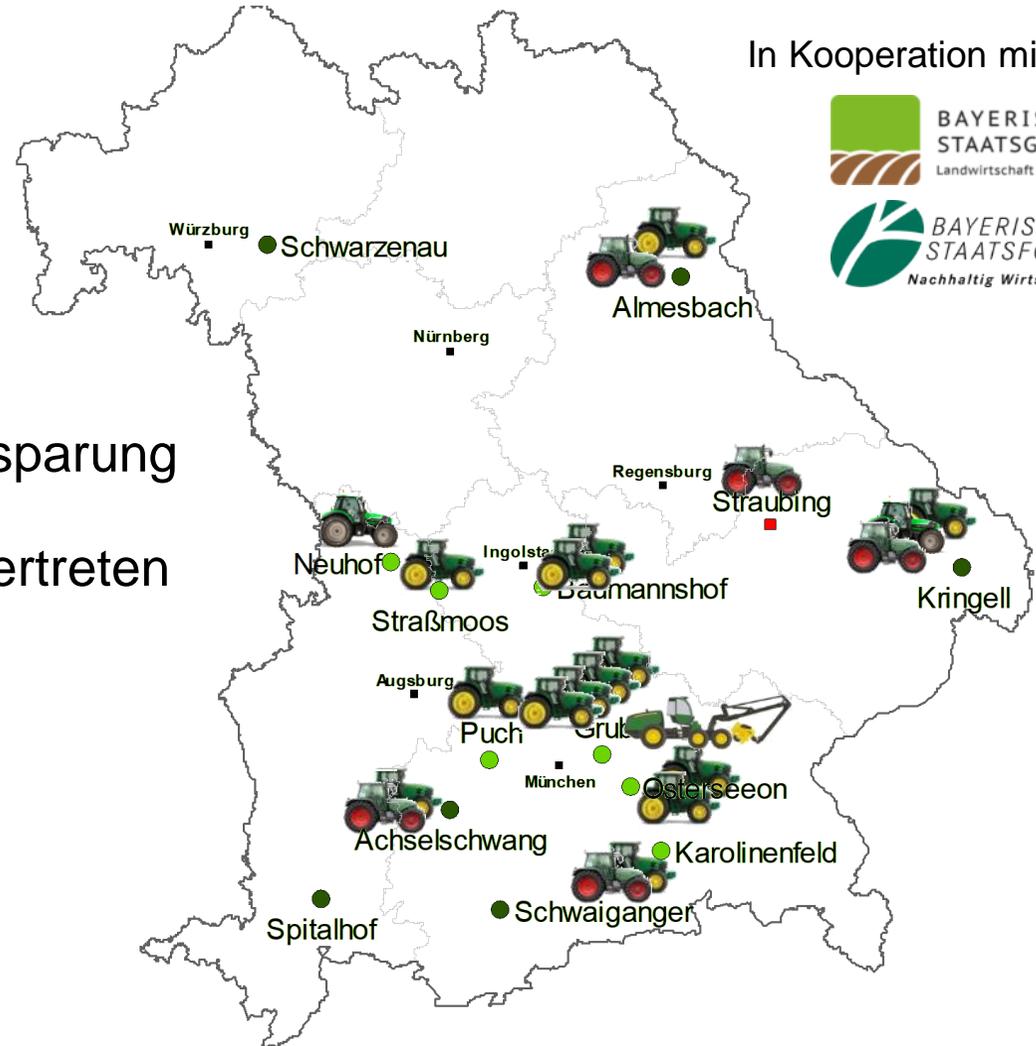
Bio im Tank – Fuhrpark wird klimafreundlicher: Ministerin übergibt schadstoffarmen Traktor • PM vom 10.10.2020

Kaniber: „Wir wollen mit innovativer Technik als Freistaat Vorbild sein für die privaten Erzeuger. Wir nehmen Klimaschutz sehr ernst.“



Rapsölkraftstoff auf den Bayer. Staatsgütern und Staatsforsten

- 22 Rapsölkraftstoff-Traktoren
- 1 Rapsölkraftstoff-Harvester
- über 80.000 Betriebsstunden
- über 2.000 t Treibhausgaseinsparung
- alle Abgasstufen (Stufe I-V) vertreten



Traktoren - 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

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



Herausforderungen für das Phasing-out fossiler Energieträger I

- Kommunikation! „Wir müssen darüber reden.“

Wer mit wem?

- Politik
- Behörden
- Landwirte
- Landmaschinenindustrie
- Werkstätten
- Kraftstoffproduzenten und –handel
- Wissenschaft
- Gesellschaft

Was?

Problembewusstsein schaffen - Lösungen kommunizieren

Wie und womit?

Verbändevertretungen, Vortragsveranstaltungen, Fachmedien,
Social Media, Lehrinhalte von Fachschulen und Hochschulen, Fachkongresse

Herausforderungen für das Phasing-out fossiler Energieträger II

- dauerhaft Angebot und Nachfrage nach alternativen Antriebssystemen in der Land- und Forstwirtschaft schaffen - Auflösen des Henne-Ei-Problems
→ Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Kraftstoffe
(CO₂-Abgabe, Energiesteuer, Förderprogramme, ordnungspol. Eingriffe...)
- Aufgaben der Landmaschinenindustrie und der Motorenhersteller
 - Typzulassungen für Maschinen mit erneuerbaren Kraftstoffen
 - Multifueltauglichkeit?
 - Wartung und Ersatzteilversorgung sicherstellen
 - Schulung des Werkstattpersonals
 - F+E bei alternativen Antriebssystemen
- (Umrüst-)Lösungen für Maschinen im Bestand schaffen – Landmaschinen haben einen langen Nutzungszyklus...
- Infrastruktur für Kraftstoffbereitstellung und Betankung (am Hof) aufbauen

Herausforderungen für das Phasing-out fossiler Energieträger III

- Den Systemansatz verfolgen:
Verknüpfung der Kraftstoffstrategie mit der Eiweißstrategie
- Bewertung der Umweltwirkungen/Treibhausgasemissionen
 - Systemgrenzen der Fragestellung/Zellsetzung entsprechend wählen
 - THG-Minderungsleistung transparent bewerten
- Über den Tellerrand schauen:
 - Was macht der Bausektor und die Baumaschinenindustrie?
 - über die Ländergrenzen hinweg voneinander lernen
 - ...
- Forschung fortführen und intensivieren

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am TFZ

1. Forschungs- und Entwicklungsprojekte

am Technologie- und Förderzentrum

- Einordnung und Bewertung
- Kraftstoffqualität und Normung
- Qualitätssicherung und -verbesserung
- System Motor-AGN-Kraftstoff
- Betriebs- und Emissionsverhalten
- Feldversuche

2. Herausforderungen

für das Phasing-out fossiler Energieträger
im Sektor Land- und Forstwirtschaft

3. Rahmenbedingungen

für die Umsetzung in der Praxis



Rahmenbedingungen für die Umsetzung in die Praxis I

- auf internationaler Ebene
 - Novellierung der Energiesteuerrichtlinie COM(2021) 563 final
 - 👍 Bezug der Energiesteuer auf den Energiegehalt
 - ☠️ stufenweise jährliche Anhebung des Mindeststeuersatzes für Gasöl/Dieselmotorkraftstoff für Verwendungszweck gemäß Artikel 8 Absatz 2 wäre hilfreich
 - 🕯️ keine Anhebung/Gleichstellung der Energiesteuer für nachhaltige Biokraftstoffe auf das Niveau für fossile Kraftstoffe
 - Leitlinien für staatliche Klima-, Energie- und Umweltbeihilfen (CEEAG)
 - 🕯️ Vermeidung bürokratischer Hürden
 - 👍 Förderwürdige Kraftstoffe - Bezug auf die RED 2018/2001
 - Vereinfachung beim Typzulassungsverfahren für dieselmotorkraftstoffähnliche erneuerbare Kraftstoffe, vgl. Richtlinie 2016/1628

Rahmenbedingungen für die Umsetzung in die Praxis II

- auf nationaler Ebene
 - 🔔 Notifizierung der Energiesteuerbegünstigung für Biodiesel und Pflanzenölkraftstoff gemäß § 57 EnergieStG (nach der CEEAG?) ab 01.01.2022 ?!
 - Umsetzung der novellierten Energiesteuerrichtlinie in nationales Recht
Anreize für erneuerbare Kraftstoffe setzen
 - Fortschreibung der CO₂-Abgabe (Brennstoffemissionshandelsgesetz)
 - Förderung alternativer Antriebssysteme
 - Investition Maschinenbeschaffung und Maschinenumrüstung
 - Investition Betankung- und Ladeinfrastruktur
 - Beratung und Demonstration, Kommunikation
 - Forschung und Entwicklung
 - Ziele setzen!
Strategie entwickeln, kontrollieren, ggf. nachsteuern

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)



Branchenplattform Biokraftstoffe
in der Land- und Forstwirtschaft



Vielen Dank

Zusammenarbeit mit:



FENDT

VALTRA

NESTE

uföp

Gefördert durch:



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

G FNR



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