

**Universität Rostock
Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und
Verbrennungsmotoren**



Rapsöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft

**Sachstandsbericht zum 100-Traktoren-
Demonstrationsvorhaben**

Rapsöl Gemeinschaftstagung

16./17.06.2005, Veitshöchheim

**gefördert durch
FNR / BMVEL**

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Hassel

**Dipl.-Chem. S. Berndt,
Dipl.-Ing. W. Harkner,**

**Dipl.-Ing. E. Flügge,
Dr. rer. nat. U. Schümann,**

**Dipl.-Ing. J. Golisch,
Dipl.-Ing. V. Wichmann**

Gliederung

1. Rahmenbedingungen
2. Besonderheiten beim Einsatz von Rapsöl als Dieselkraftstoff und motorseitige Anpassungsmaßnahmen
3. Zwischenstand des „100-Traktorenprogramms“
4. Zusammenfassung und Ausblick

Rahmenbedingungen

Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe

politisch:

- + Schonung fossiler Ressourcen
- + Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz
- + Schaffung von Einkommensperspektiven für die Landwirtschaft

EU-Richtlinie 2003/30/EG vom 8.5.2003 „Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“

- + Substitution von 2% (31.12.2005) bzw. 5,75% (31.10.2010) aller Otto- und Dieselkraftstoffe im Verkehrssektor durch Biokraftstoffe
- + Steuerbegünstigung z. Z. bis 2009

ökonomisch:

- ± Preisdifferenz zum Agrardiesel
- Einsatz nur in pflanzenöltauglichen Motoren, hauptsächlich umgerüstete Seriedieselmotoren
- hohe Umrüstkosten, Frage der Produkthaftung nicht geklärt
- Praxistauglichkeit, Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für neue Motorengeneration z. Z. noch nicht nachgewiesen
- Norm, Kraftstoffqualität, Qualitätssicherung

Gliederung

1. Rahmenbedingungen
2. Besonderheiten beim Einsatz von Rapsöl als Dieselkraftstoff und motorseitige Anpassungsmaßnahmen
3. Zwischenstand des „100-Traktorenprogramms“
4. Zusammenfassung und Ausblick

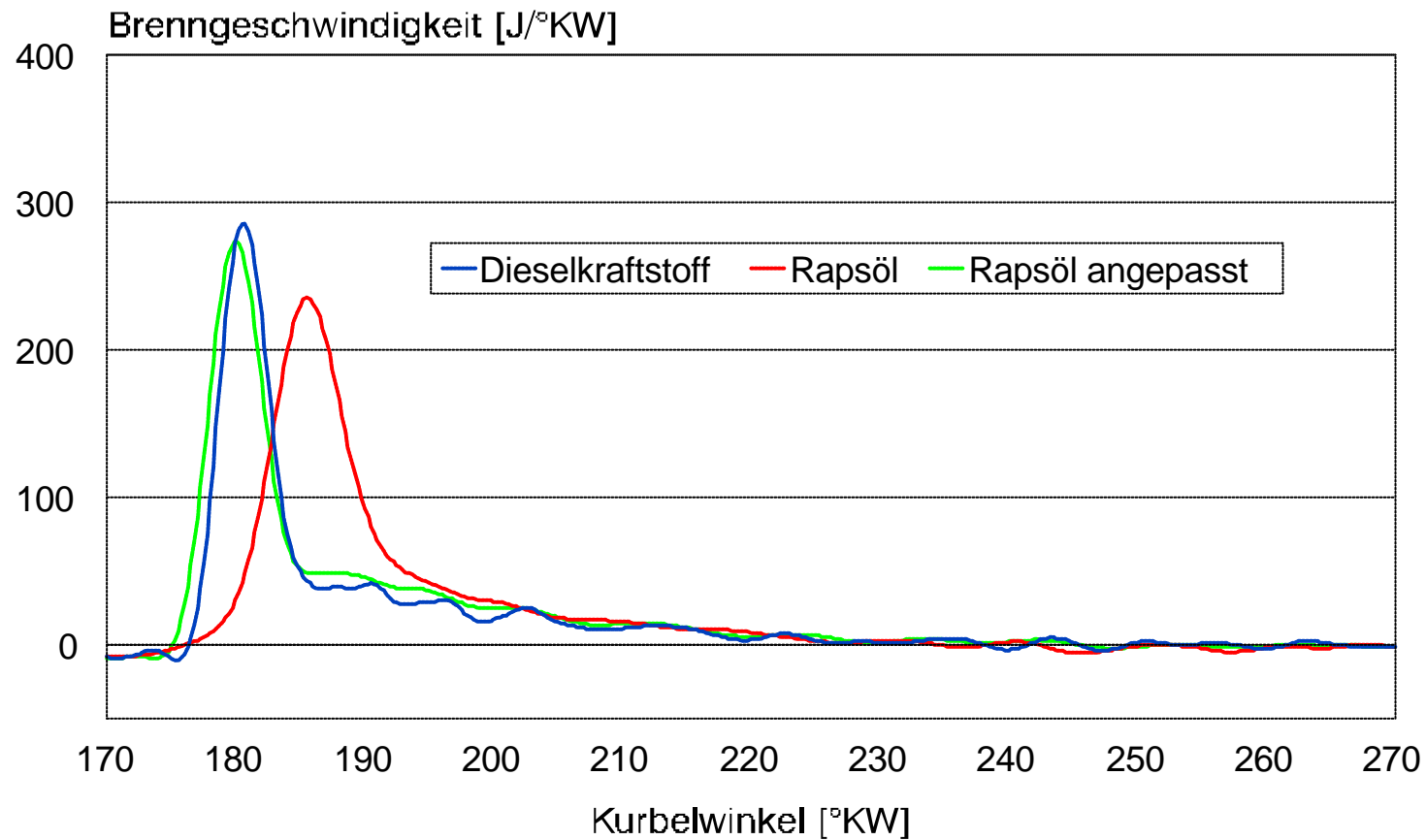
Kennwert	Einheit	DK EN 590; März 2004	Rapsöl E DIN 51605; Juni 2005	Biodiesel EN 14214; Nov 2003
Dichte (15°C)	kg/m³	820 - 845	900 - 930	860 - 900
Viskosität (40°C)	mm²/s	2,00 - 4,50	< 36	3,50 - 5,00
Flammpunkt	°C	> 55	> 220	> 120
CFPP	°C	0 bis -20	-	0 bis -20
Heizwert	kJ/kg	(43000)	> 36000	(37100)
Oxidations- stabilität	h	andere Norm!	6	6
S-Gehalt	mg/kg	50 bzw. 10	10	10
P-Gehalt	mg/kg	-	12	10

Anpassungsmaßnahmen bei Seriidieselmotoren

- Maßnahmen zur Kraftstoffvorwärmung mit Temperaturregelung,
- Vorwärmung des Motorblockes,
- vergrößerte Leitungsquerschnitte und
- vergrößerte Kraftstofffilter, z.T.
- Veränderungen der Einspritzstrahllage

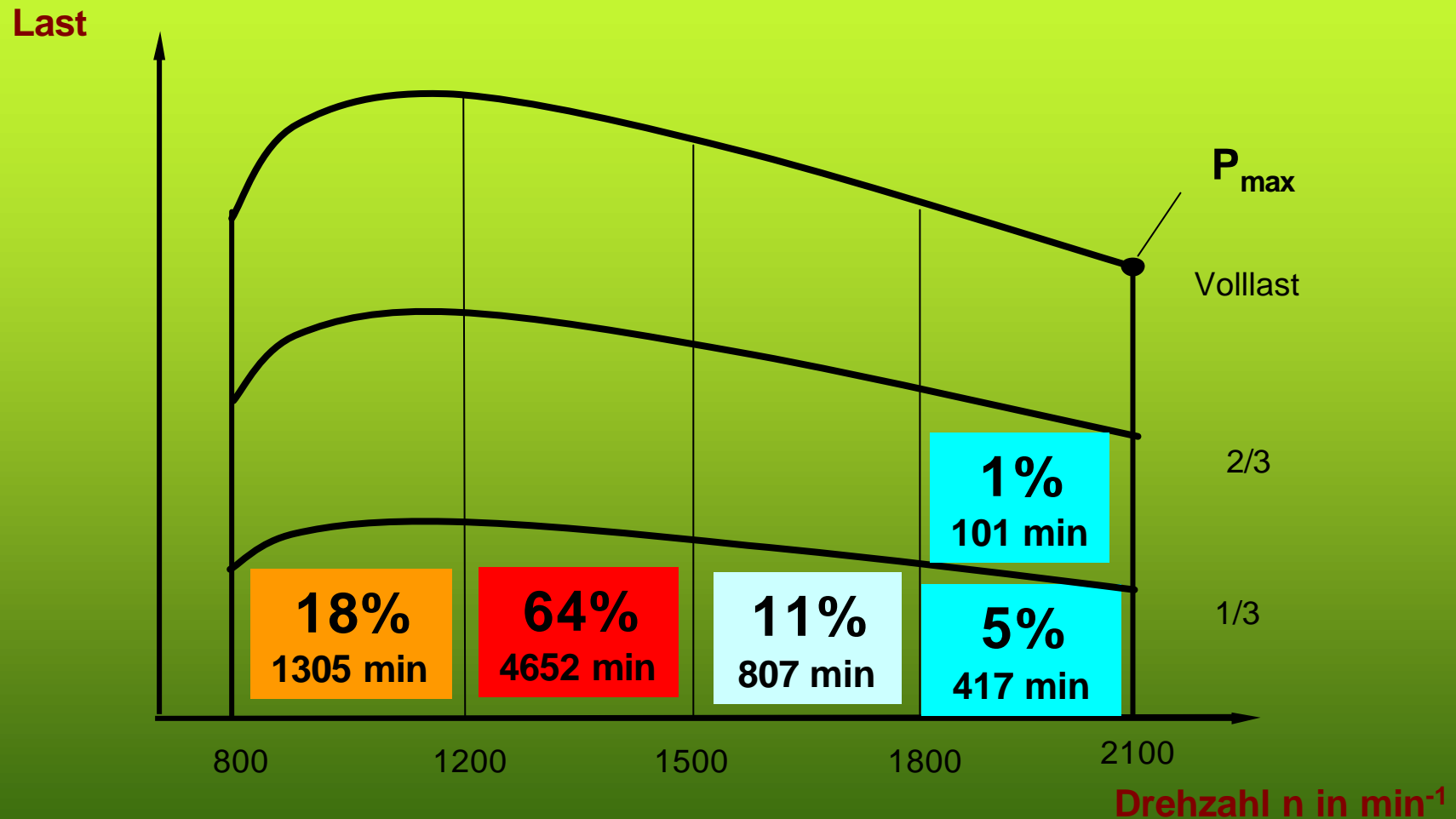
Brennverhalten

Vergleich der Verbrennung von Dieselkraftstoff und Rapsöl (Raffinat) im Leerlauf



Arbeitseinsatz Traktor 62, Leistung 118 kW (160 PS)

Untersuchungszeit 26.03. – 26.04.03, 20 Arbeitstage, 7304 min ~ 122 h



Gliederung

1. Rahmenbedingungen
2. Besonderheiten beim Einsatz von Rapsöl als Dieselkraftstoff und motorseitige Anpassungsmaßnahmen
3. Zwischenstand des „100-Traktorenprogramms“
4. Zusammenfassung und Ausblick

Örtliche Verteilung der umgerüsteten Traktoren im Bundesgebiet

Gruber KG (10x) ●

Igl-Landtechnik (1x) ●

Firma Hausmann (32x) ●

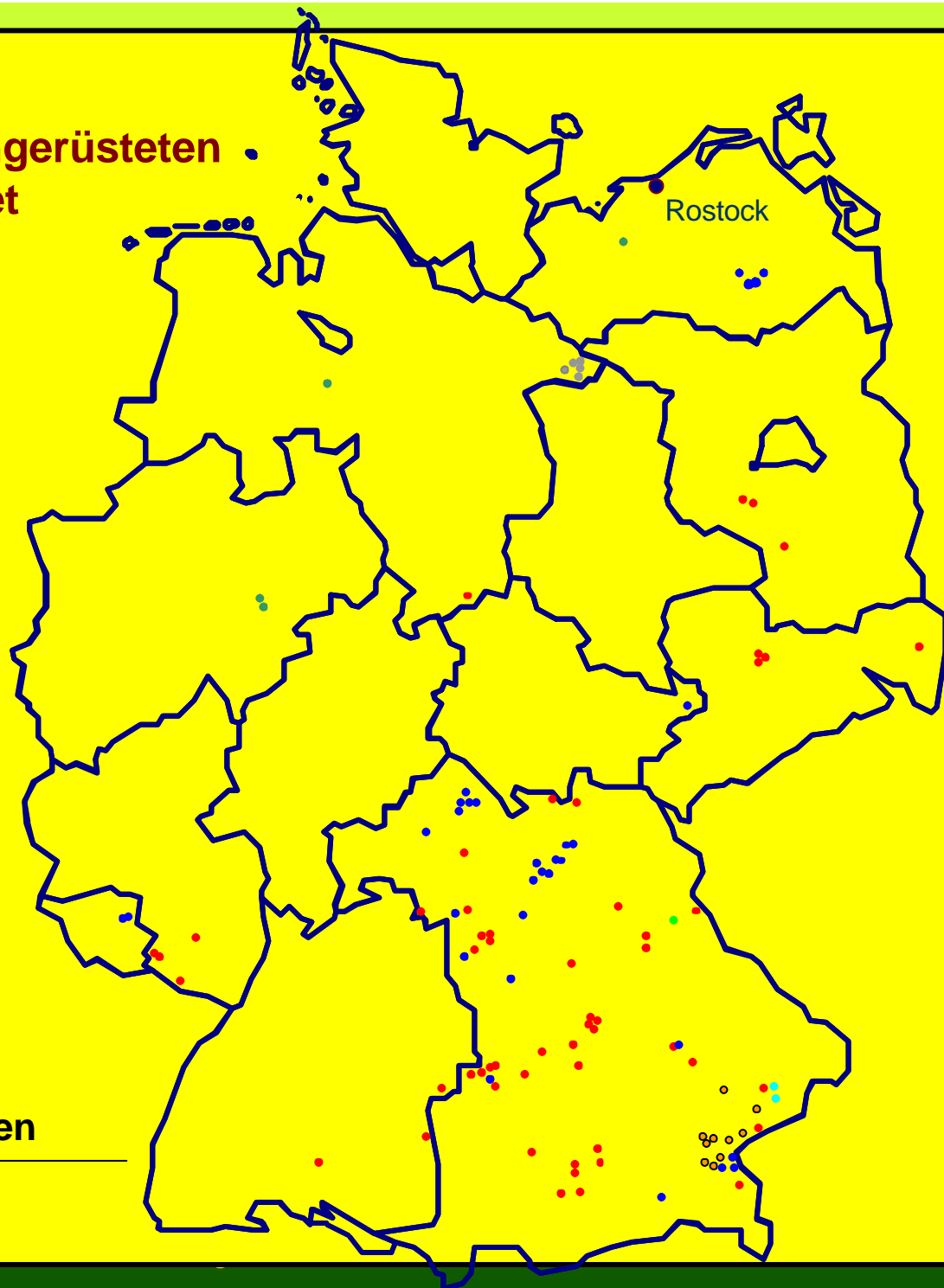
LBAG Lüchow (5x) ●

Stangl-Landtechnik / NETec (2x) ●

TC Bastorf (5x) ●

VWP (56x) ●

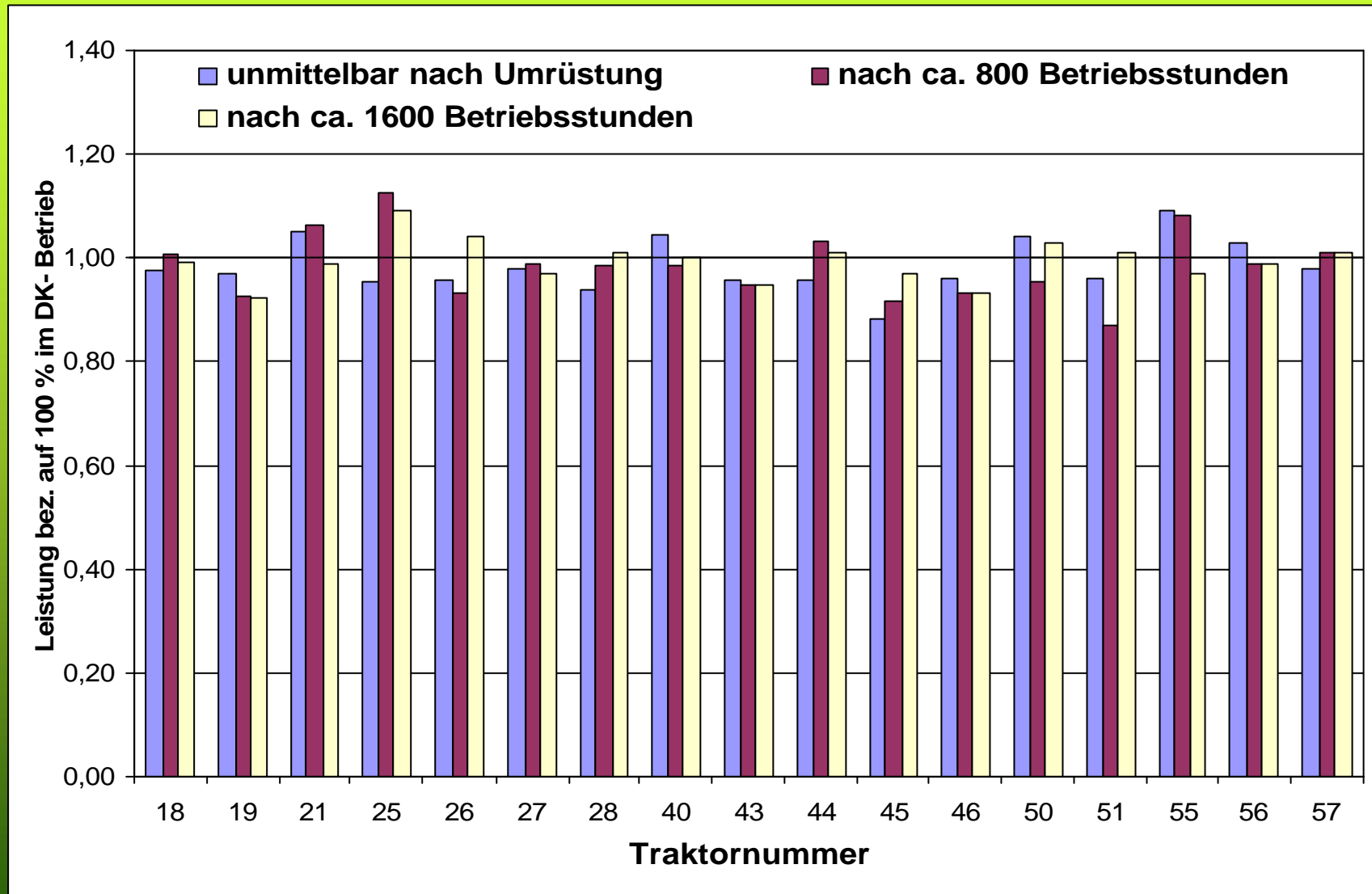
insgesamt 111 Traktoren



Von den Umrüstern jeweils umgerüstete Anzahl an Traktorentypen der Jahre 2001/2002

Gruber KG	10x	CASE			
			Stangl-Landtechnik /		
			NETec	2x	JOHN DEERE
Igl-Landtechnik	1x	CASE			
			TC Bastorf	2x	CASE
Firma	18x	FENDT		1x	RENAULT
Hausmann	6x	JOHN DEERE		1x	FENDT
	4x	CASE		1x	JOHN DEERE
	1x	DEUTZ-FAHR			
	1x	CLAAS			
	1x	SAME			
	1x	LAMBORGHINI			
LBAG Lüchow	4x	FENDT			
	1x	NEW HOLLAND			
			Vereinigte	41x	DEUTZ-FAHR
			Werkstätten für	7x	JOHN DEERE
			Pflanzenöl-	6x	FENDT
			technologie	1x	WELTE
				1x	NEW HOLLAND
insgesamt 111 Traktoren					

Leistung ausgewählter umgerüsteter Traktoren bezogen auf den DK-Betrieb



Abgasgrenzwerte

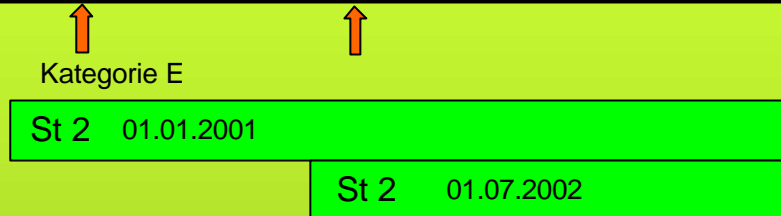
Richtlinie 2000/25/EG (vom 22.05.2000), Richtlinie 97/68/EG (vom 16.12.1997)



130 – 559,9 kW, 11 Traktoren

Typgenehmigung für Motortyp

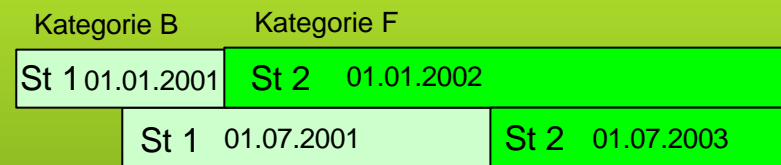
Erstzulassung Traktor



75 – 129,9 kW, 78 Traktoren

Typgenehmigung für Motortyp

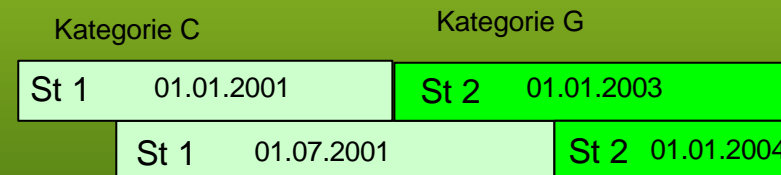
Erstzulassung Traktor



37 – 74,9 kW, 22 Traktoren

Typgenehmigung für Motortyp

Erstzulassung Traktor



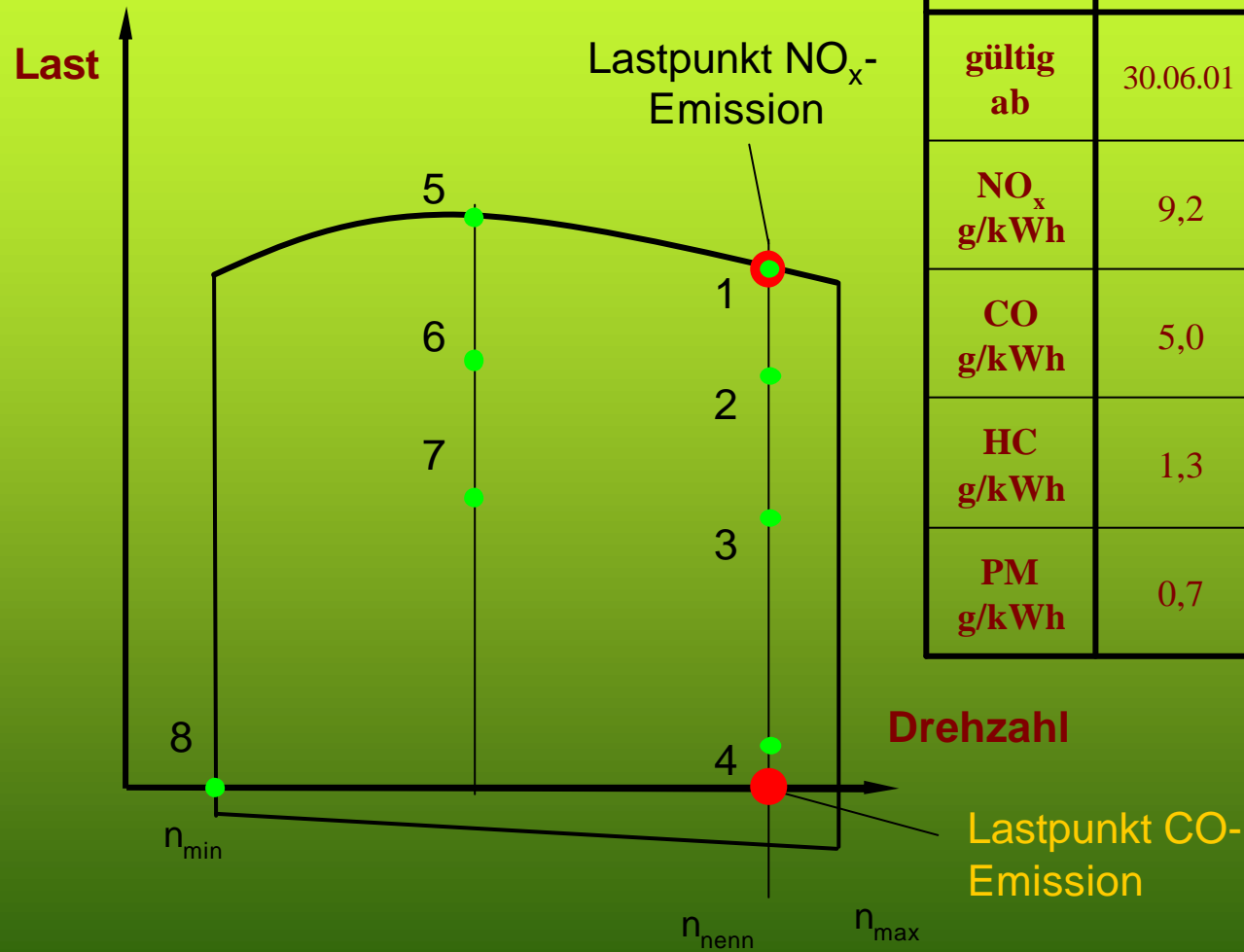
	St 1	St 2
CO	5,0	3,5
HC	1,3	1,0
NO _x	9,2	6,0
PM	0,54	0,2
CO	5,0	5,0
HC	1,3	1,0
NO _x	9,2	6,0
PM	0,7	0,3
CO	6,5	5,0
HC	1,3	1,3
NO _x	9,2	7,0
PM	0,85	0,4

g / kWh

→ Die Traktoren des Projektes müssen die Abgasvorschriften der Stufe 1, die zum Zeitpunkt ihrer Erstzulassung galten, im DK- und im RÖ-Betrieb erfüllen. Eine Dynamisierung der Anforderungen über die Traktorenlebensdauer besteht nicht.

Abgasgrenzwerte für Traktoren im Leistungsbereich 75 bis 130 kW

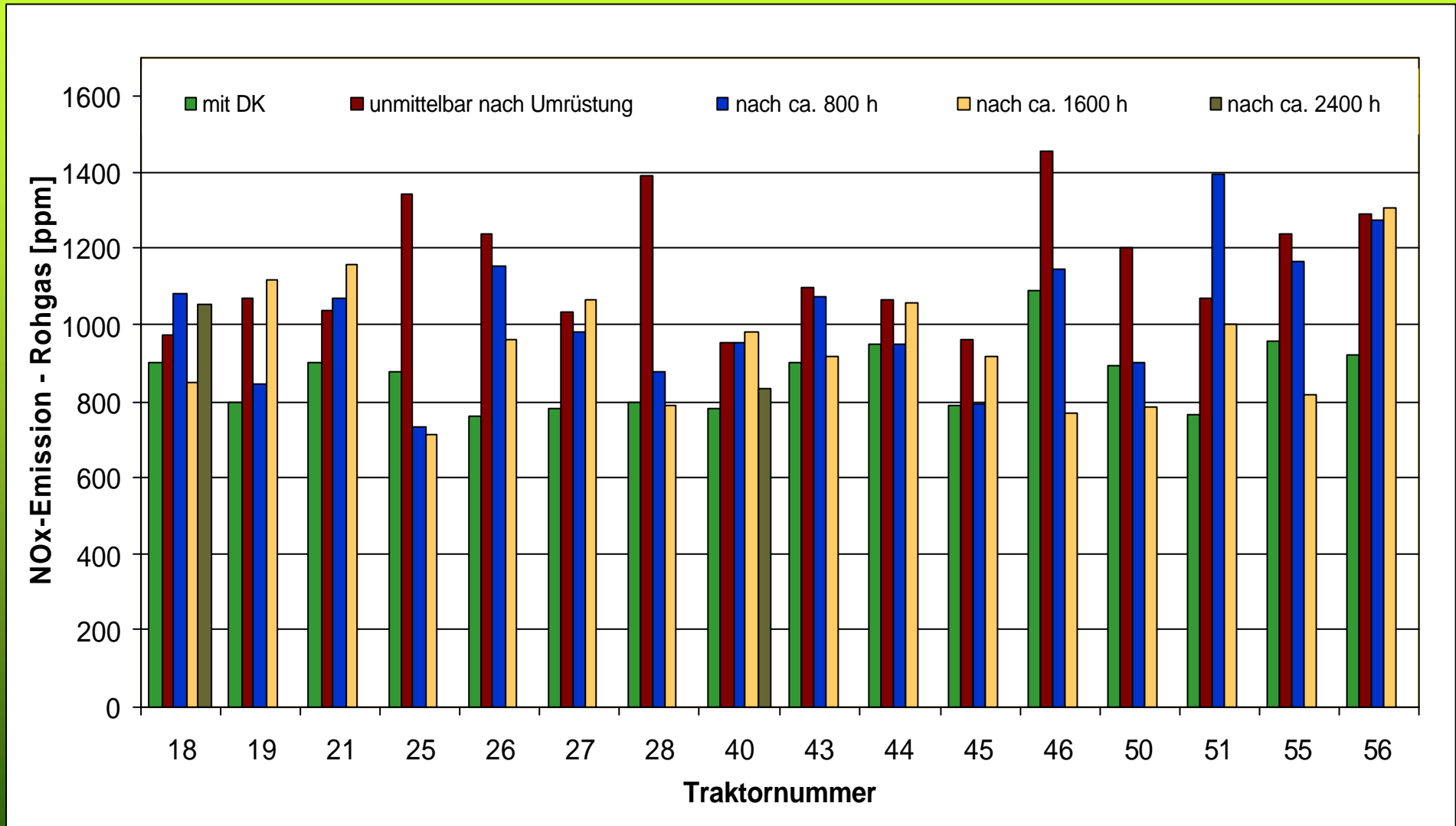
- Messpunkte der Abgasprüfung nach Richtlinie 2000/25/EG



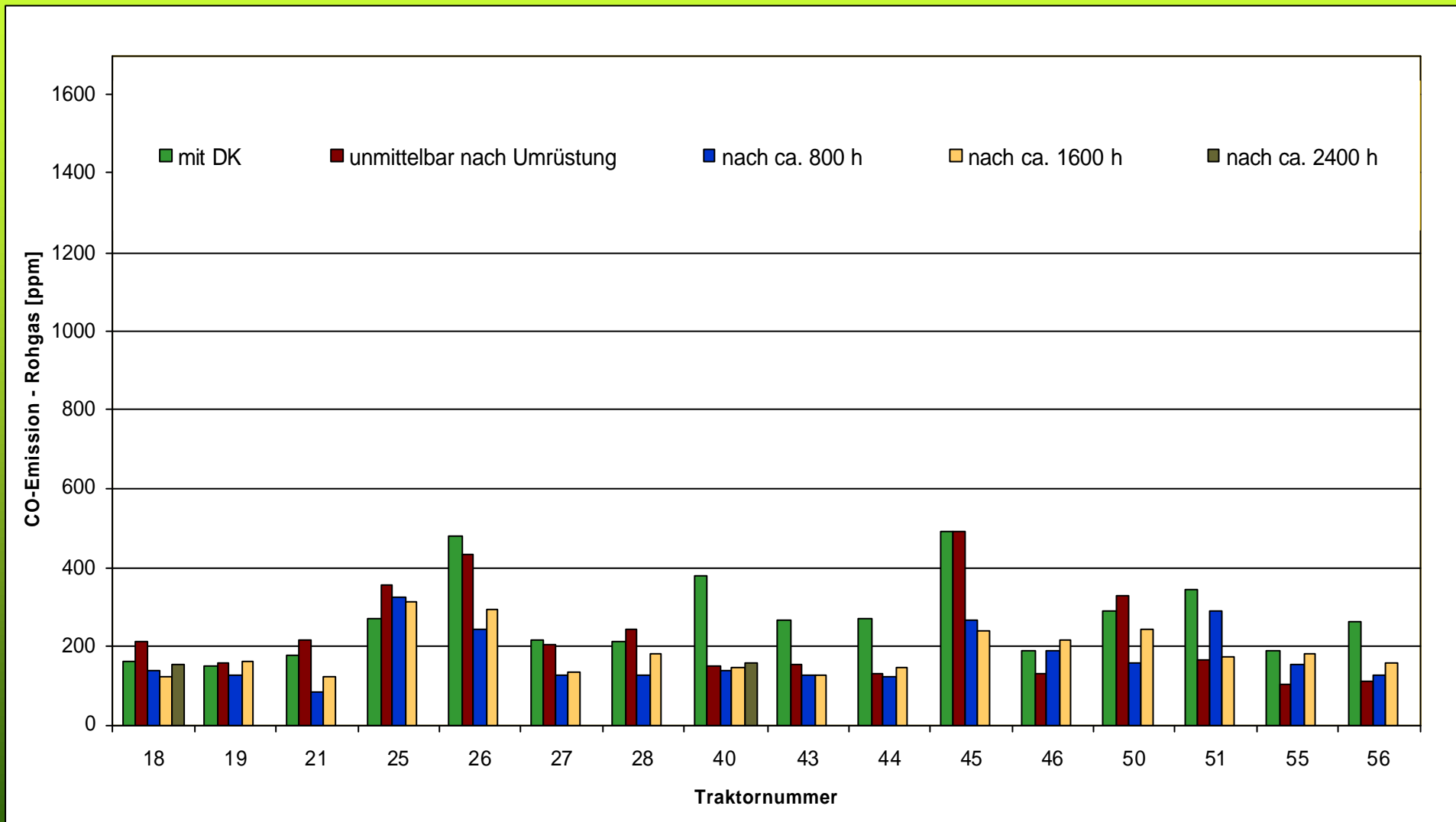
	Stufe 1 Traktor	Stufe 2 Traktor	Stich- versuch	LKW
gültig ab	30.06.01	30.06.03	13.03.03	1.10.00
NO_x g/kWh	9,2	6,0	8,838	5,0
CO g/kWh	5,0	5,0	1,554	2,1
HC g/kWh	1,3	1,0	0,04	0,66
PM g/kWh	0,7	0,3	0,096	0,1

8-Phasenzyklus. Identisch mit C1-Zyklus nach ISO-Norm 8178-4

NO_x-Emission ausgewählter umgerüsteter Traktoren im Vollastpunkt (Stand 30.11.2004)



CO-Emission ausgewählter umgerüsteter Traktoren im Nulllastpunkt (Stand 30.11.2004)



Betriebsstörungen und Schäden

Von 111 umgerüsteten Traktoren arbeiteten:

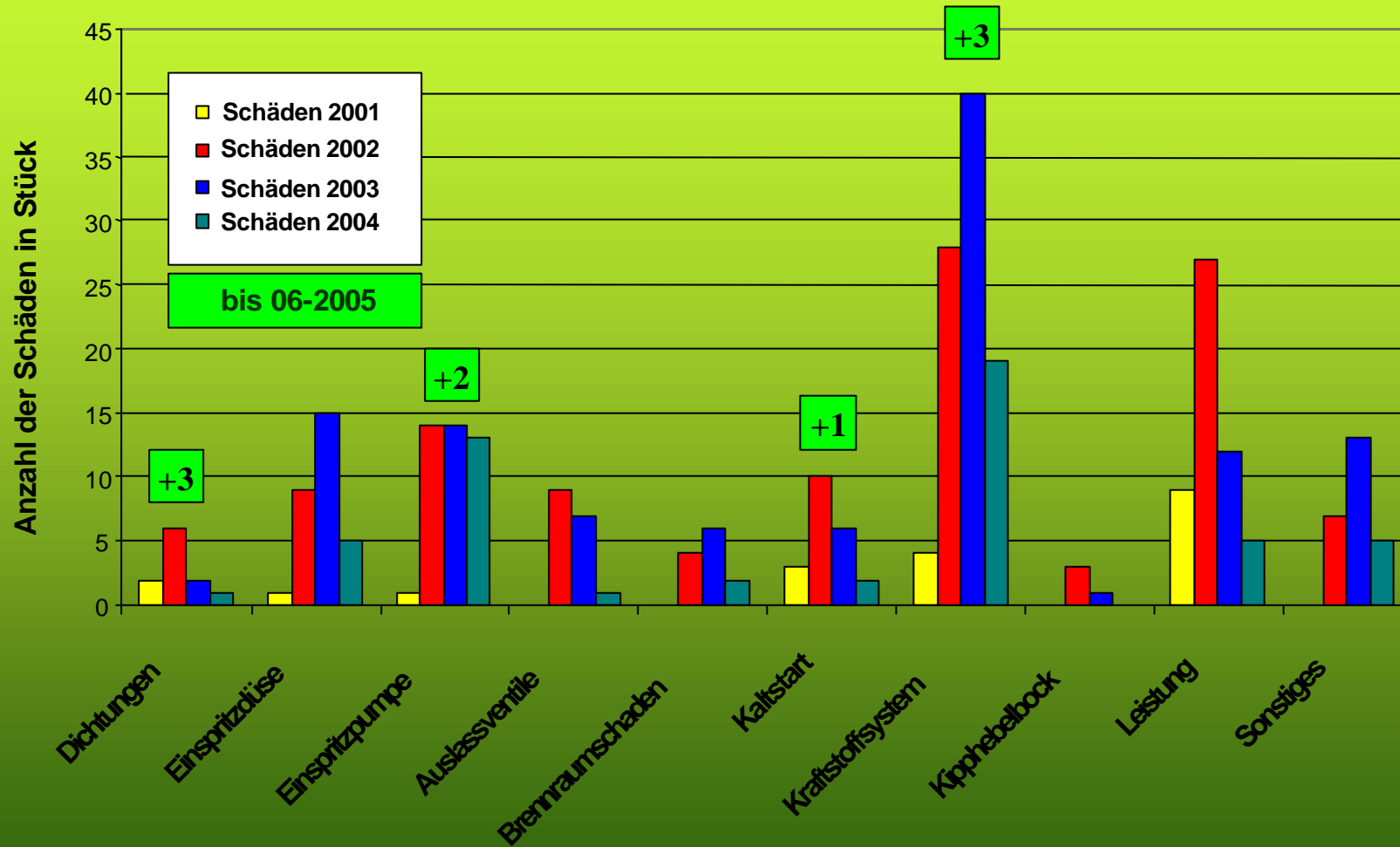
(Stand 30. November 2004)

- 30 Traktoren bisher ohne Störungen
- 35 Traktoren mit geringfügigen Störungen,
Kosten < 1.000 €
- 36 Traktoren mit Störungen, Kosten > 2.000 €
- 10 Traktoren mit schweren Störungen,
Kosten > 15.000 €

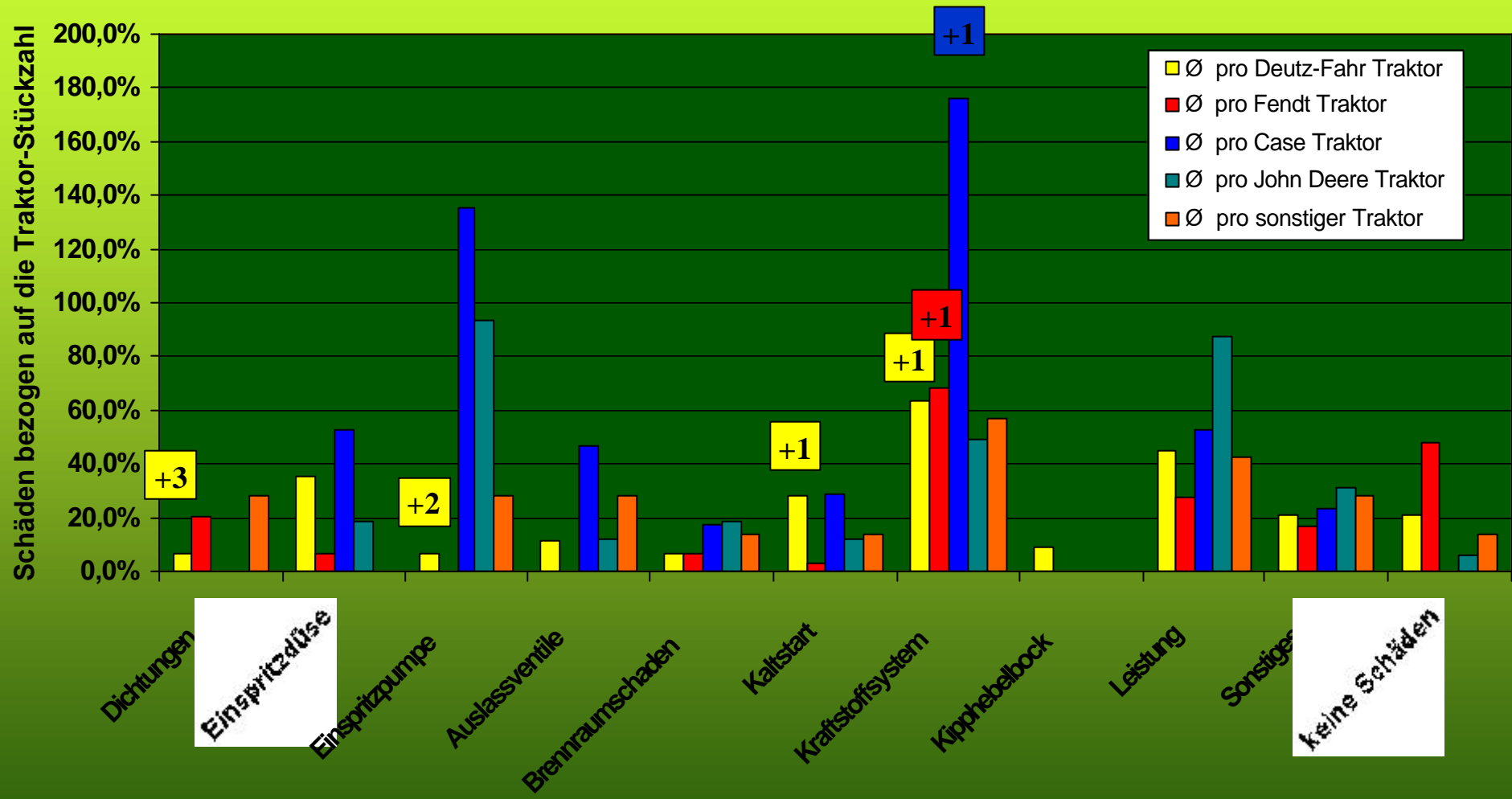
Bei den größeren Störungen sind Mehrfachschäden an einem Traktor möglich.

Arten der Betriebsstörungen und Schäden

Betriebsstörungen aller Traktoren in den Jahren 2001 bis 2004



Zuordnung der Betriebsstörungen bezogen auf die Traktorenhersteller

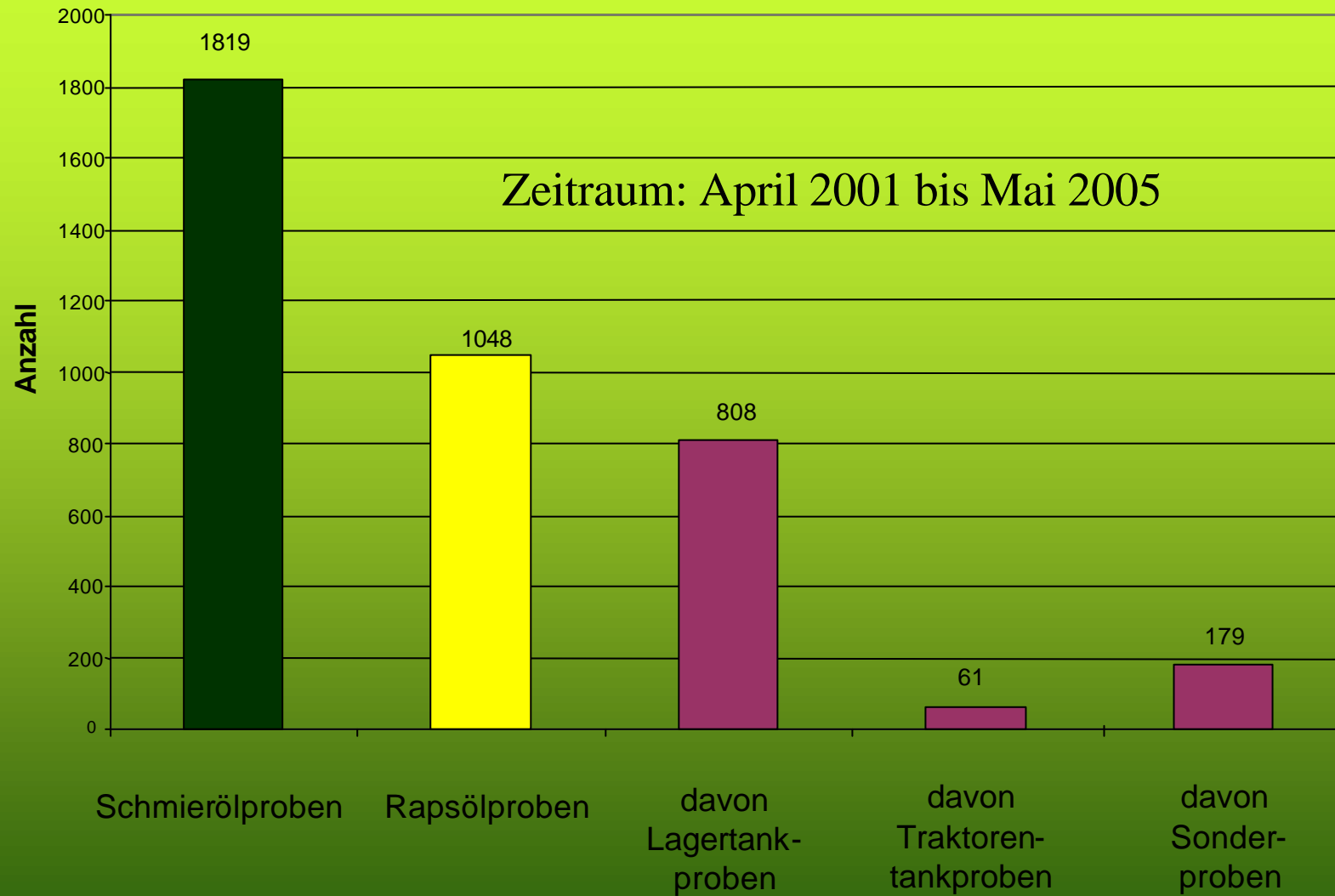


Erkenntnisse aus den Störungen im Rapsöl-Betrieb

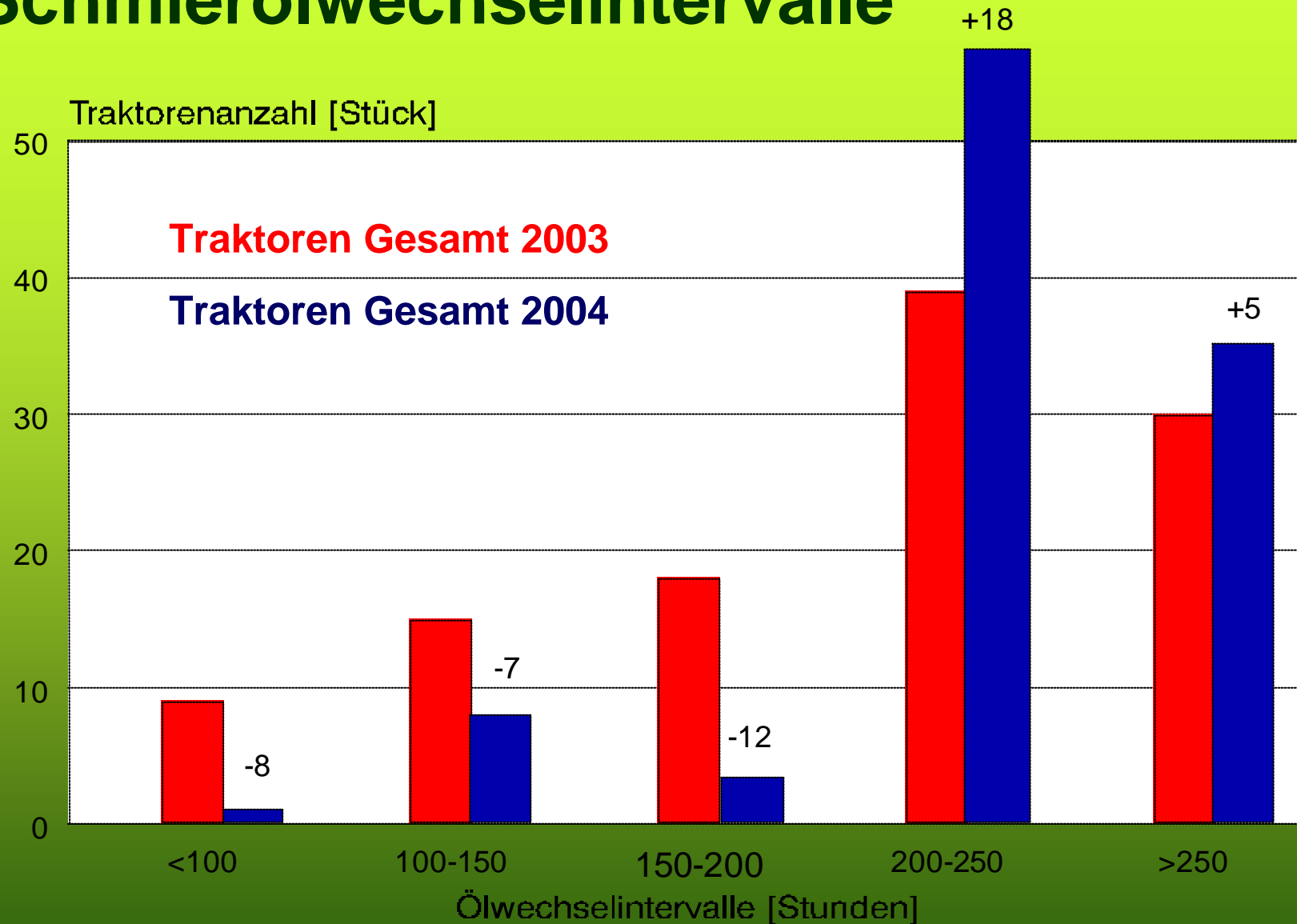
- 1. Die Störungsanfälligkeit hängt wesentlich vom Ausgangstraktor und dessen Motor ab.**
- 2. 16 von 24 Fendt-Traktoren der Baureihen 4XX und 7XX laufen bisher ohne Störungen, 5 Traktoren mit geringen Störungen.
Motoren: BF4M 2013 C und BF6M 2013 C.**
- 3. 10 von 42 Deutz-Fahr-Traktoren der Baureihen Agrotron laufen bisher ohne Störungen, 19 Traktoren mit geringen Störungen.
Motoren: BF4M 1012EC, BF6M 1013EC, BF6M 1013E, BF6M 1013FC**
- 4. Pumpe-Leitung-Düse-Systeme der Deutz-Motoren-Baureihe 1013 und 2013 zeigten sich bisher den Anforderungen des Rapsölbetriebes gewachsen.**

Der Langzeittest ist noch nicht abgeschlossen! Die durchschnittliche Laufleistung der Traktoren beträgt z. Z. erst 2.200 Betriebsstunden!

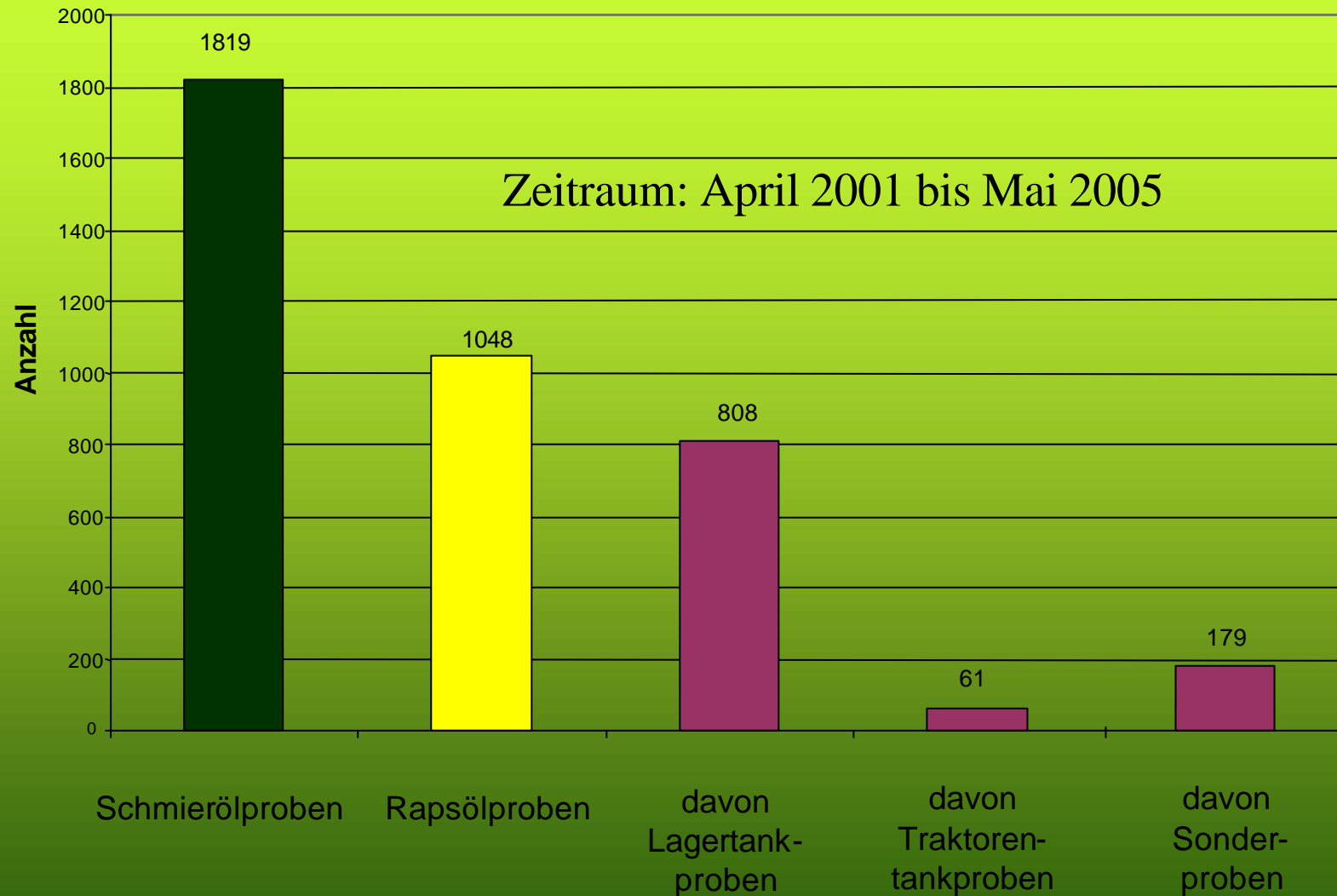
Analysierte Proben „100-Traktorenprogramm“



Schmierölwechselintervalle



Analysierte Proben „100-Traktorenprogramm“



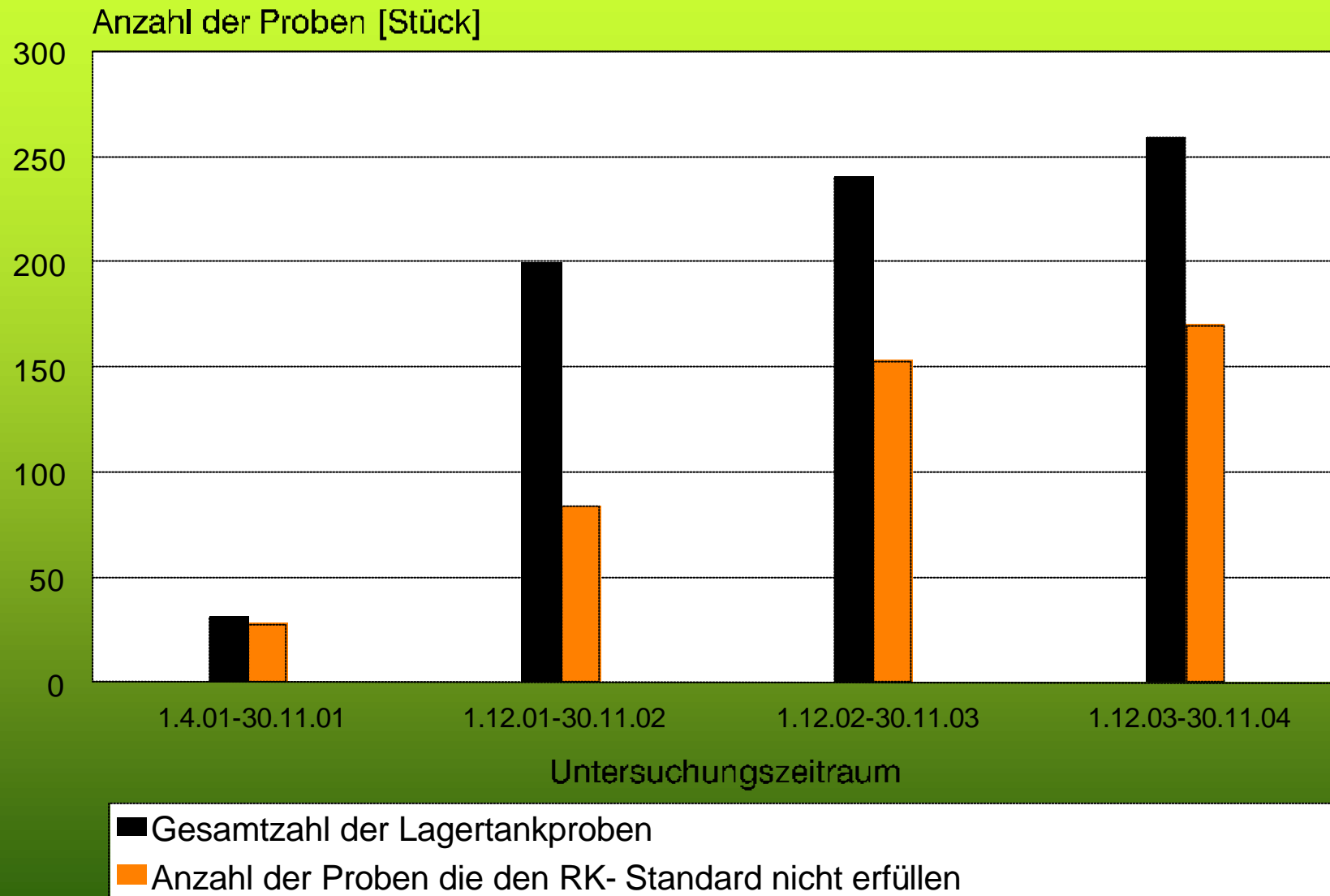
Rapsölkraftstoffnormung in Deutschland

- „RK-Qualitätsstandard 05/2000“
- **E DIN 51605: 2005-06**
**„Kraftstoffe für pflanzenöлтаugliche Motoren
– Rapölkraftstoff – Anforderungen und
Prüfverfahren“ – Einsprüche bis 30.09.2005**

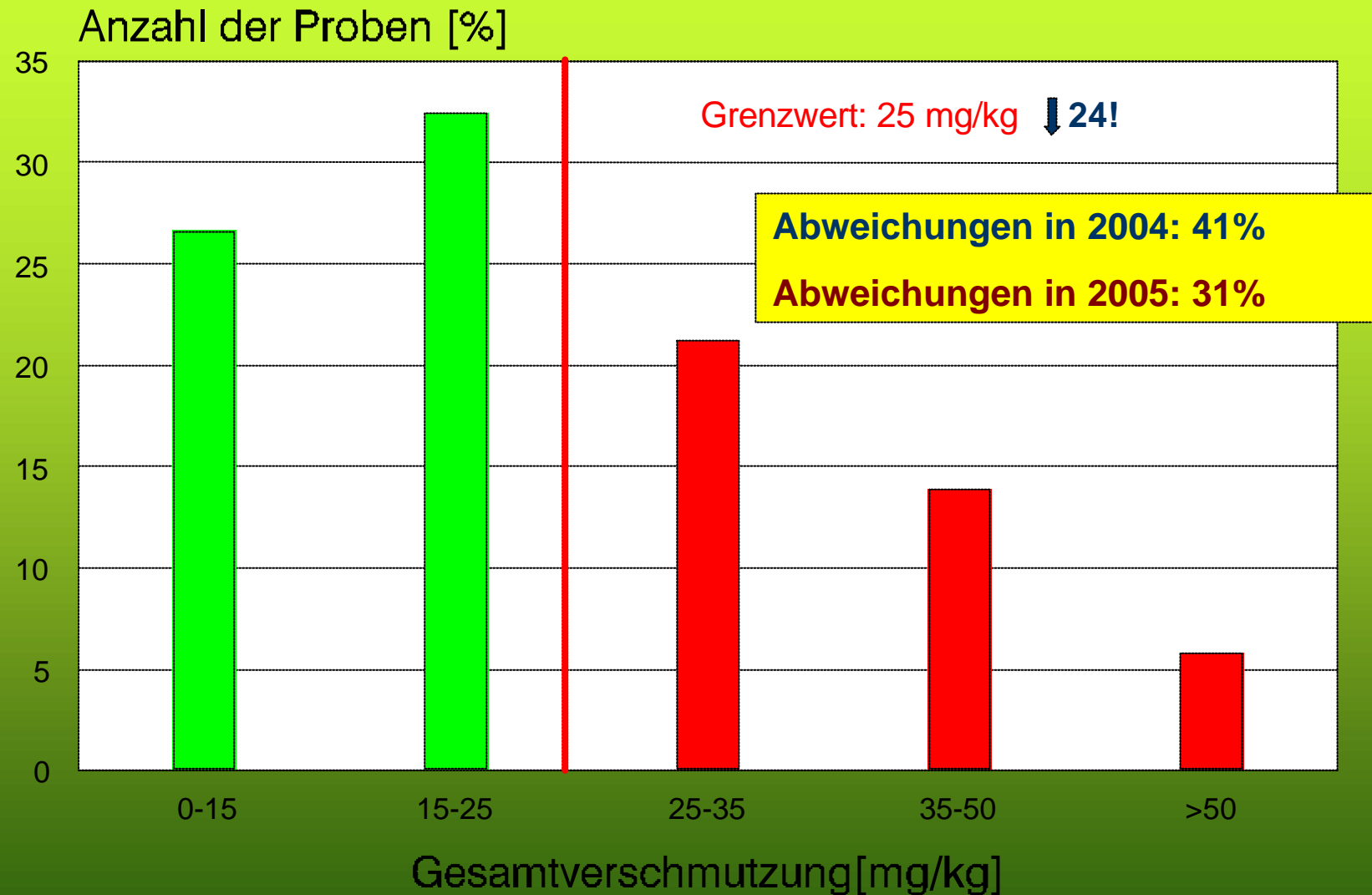
Kennwerte nach „RK-Qualitätsstandard - 05/2000“

Parameter	Prüfvorschrift	Einheit	Grenzwert nach „RK-Qualitätsstandard 05/2000“ E DIN 51605: 2005-06	Rapsöl - Raffinat	Rapsöl - kalt gepresst
Gesamtverschmutzung	DIN EN 12662	mg/kg	max. 25 max. 24	5	11
Säurezahl	DIN EN ISO 660 DIN EN 14104	mg KOH/g	max. 2,0	0,23	1,5
Oxidationsstabilität 110°C	ISO 6886 DIN EN 14112	h	min. 5 min. 6	9,1	6,5
Phosphorgehalt	ASTM D3231-99 DIN EN 14107	mg/kg	max. 15 max. 12	2	8
Wassergehalt	DIN EN ISO 12937	Masse-%	max. 0,075	0,039	0,062
Schwefelgehalt	ASTM D5453-93 DIN EN ISO 20884 DIN EN ISO 20846	mg/kg	max. 20 max. 10	<0,2	6,0
Summengehalt an Ca + Mg	- DIN EN 14538	- mg/kg	- max. 12	1,4	15

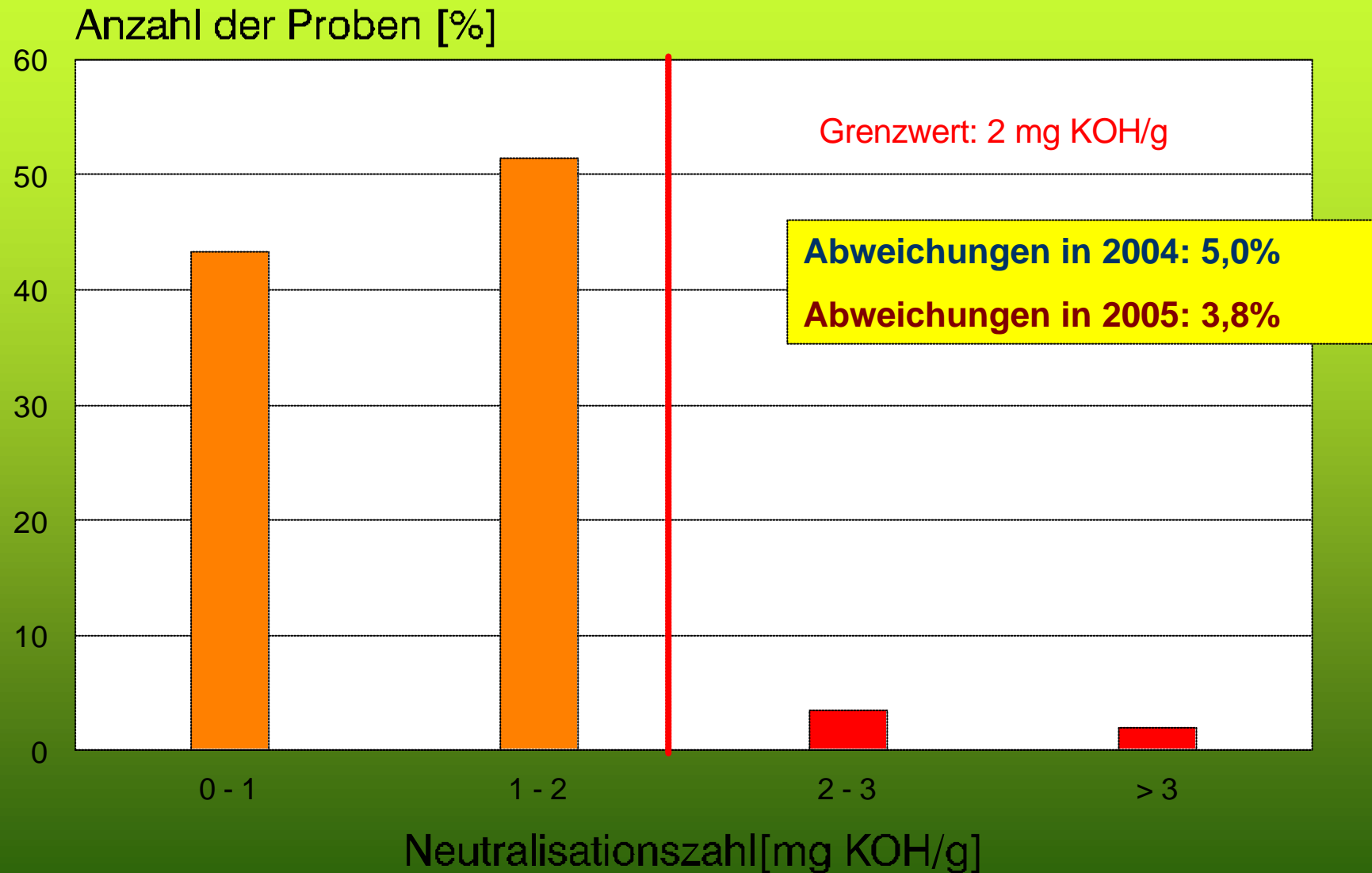
Abweichungen vom „RK-Qualitätsstandard 05/2000“ bei 730 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 2001 - 2004



Abweichungen der Gesamtverschmutzung vom RK-Qualitätsstandard bei 259 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 12/2003 - 11/2004

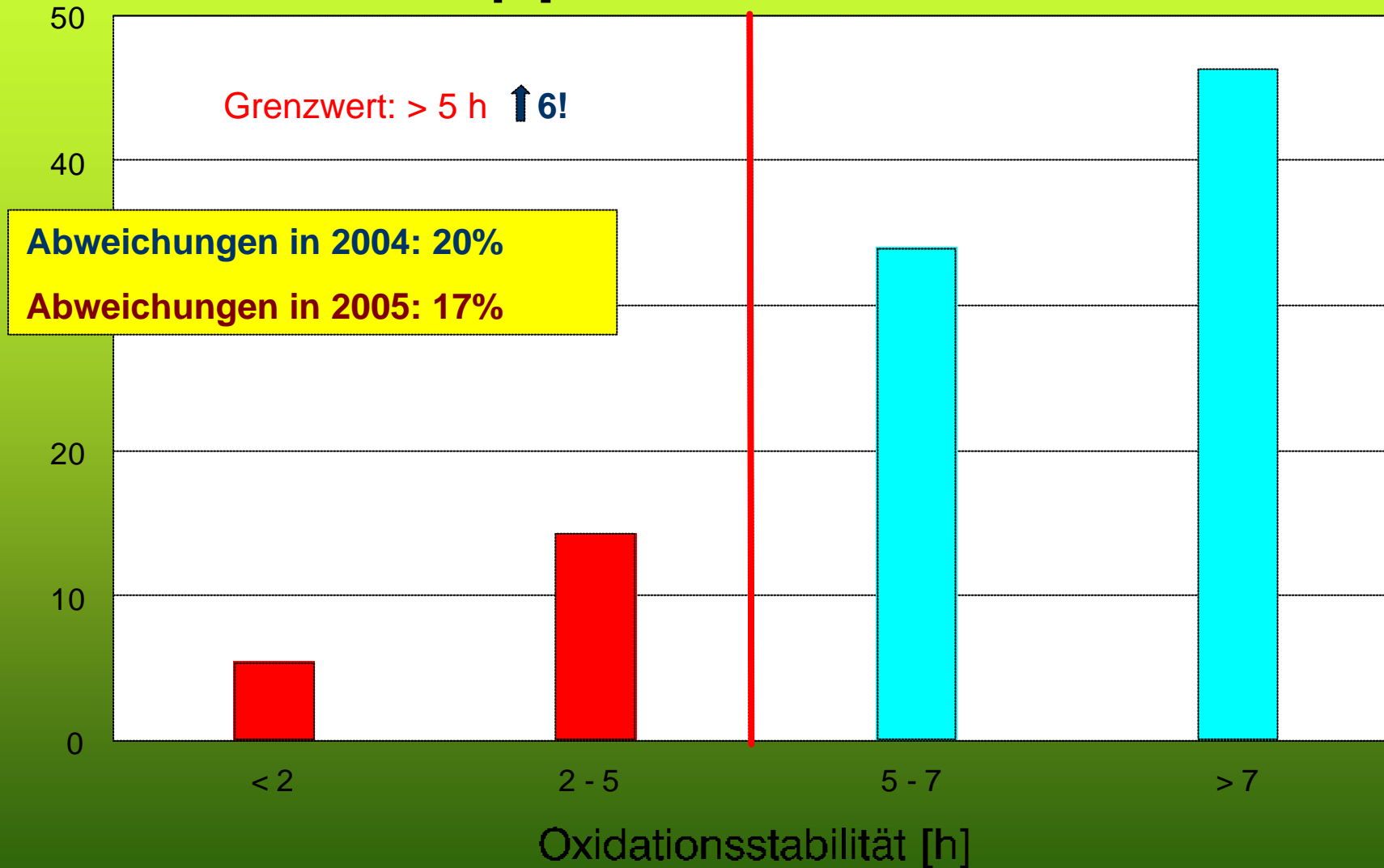


Abweichungen der Neutralisationszahl vom RK-Qualitätsstandard bei 259 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 12/2003 - 11/2004

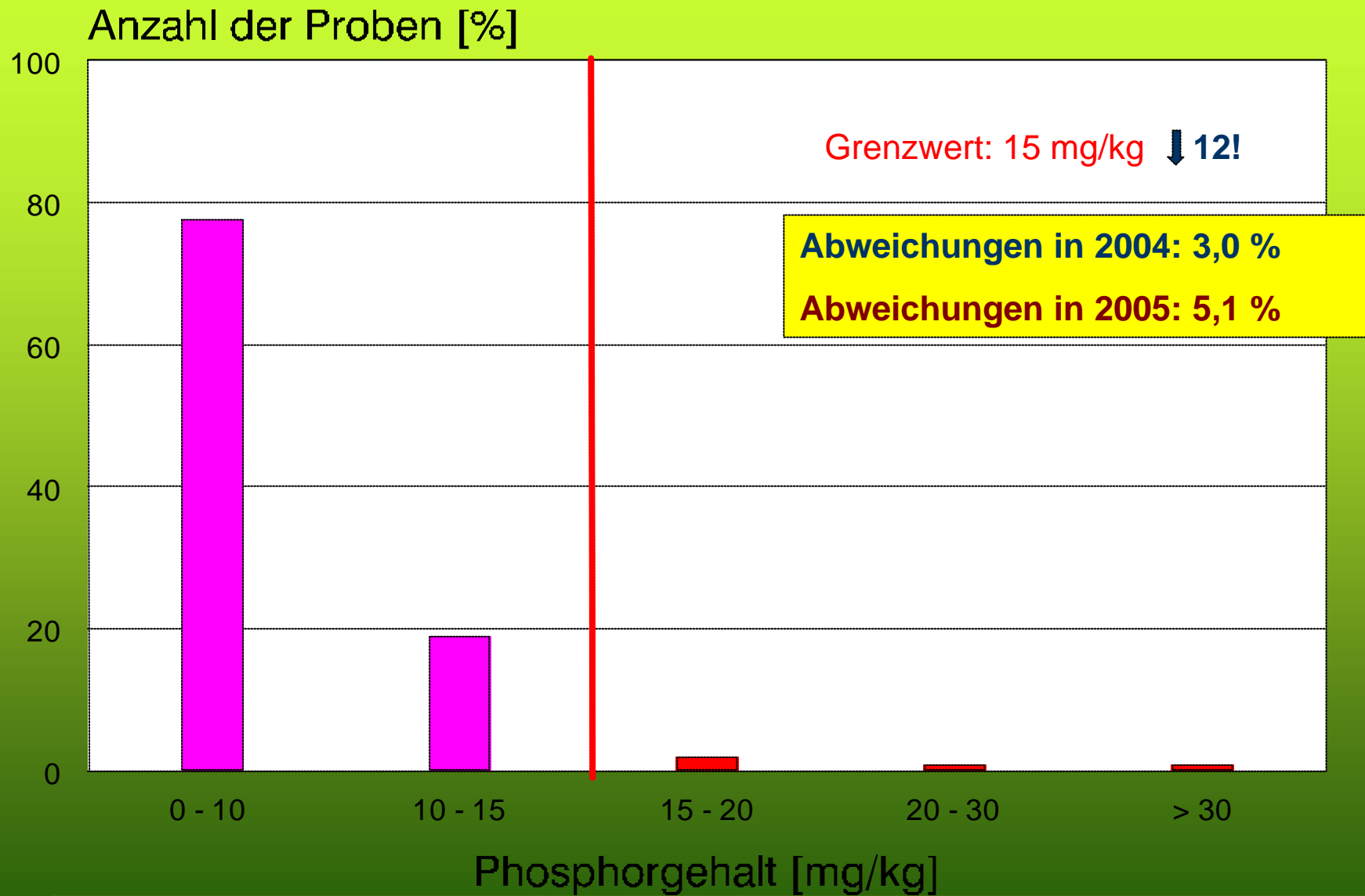


Abweichungen der Oxidationsstabilität vom RK-Qualitätsstandard bei 259 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 12/2003 - 11/2004

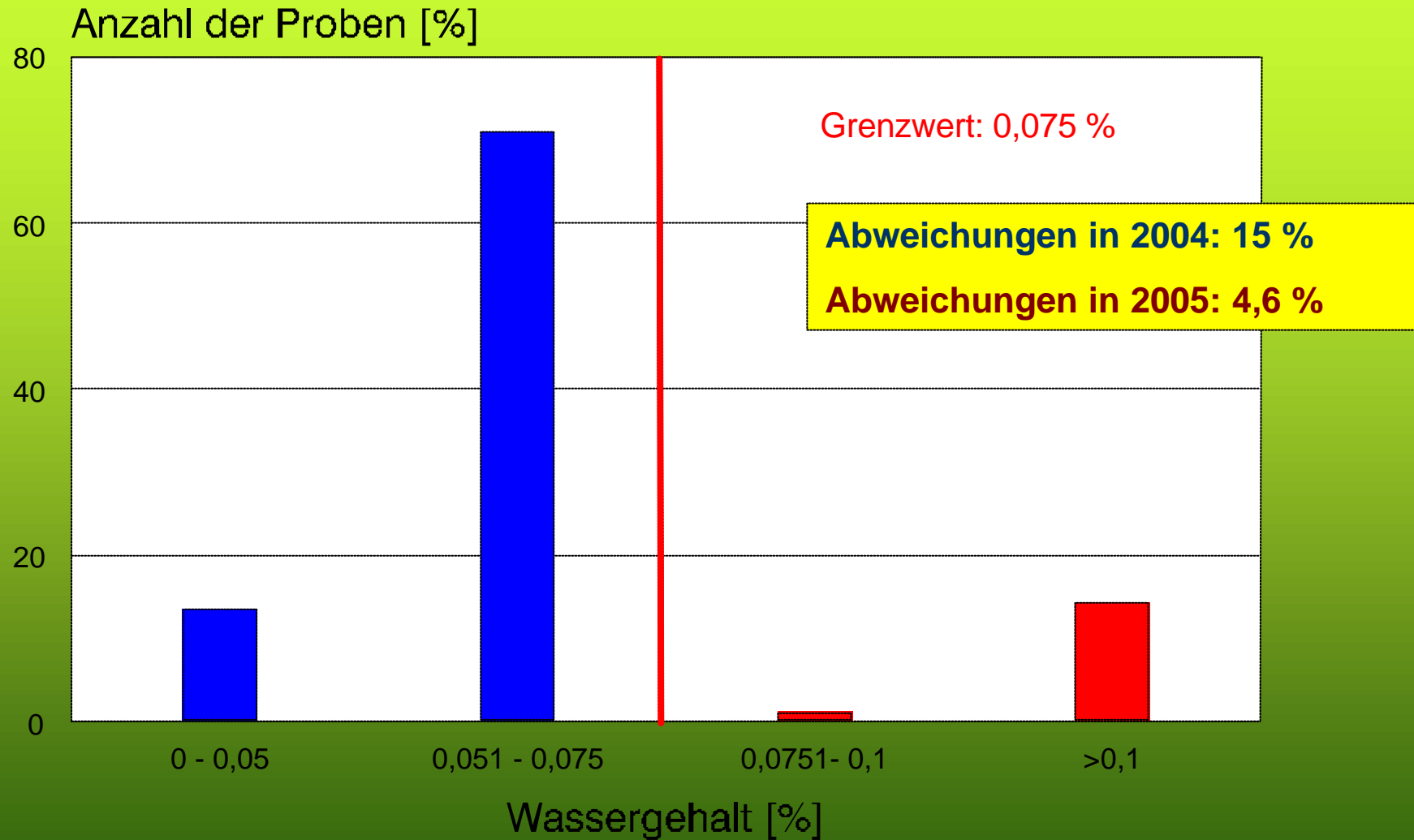
Anzahl der Proben [%]



Abweichungen des Phosphorgehalts vom RK-Qualitätsstandard bei 259 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 12/2003 - 11/2004



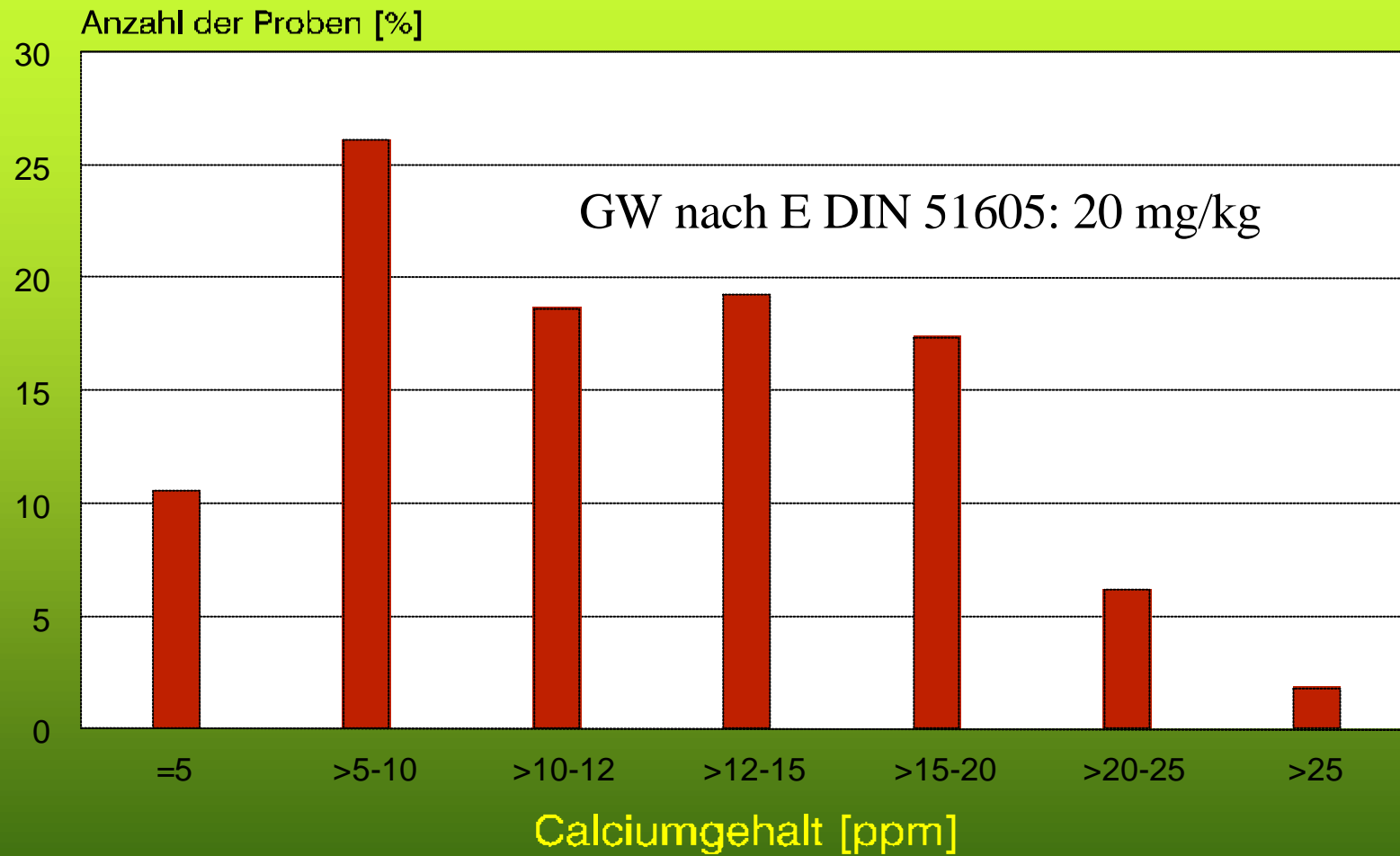
Abweichungen des Wassergehalts vom RK-Qualitätsstandard bei 259 analysierten Lagertankproben im Zeitraum 12/2003 - 11/2004



Ursachen der Grenzwertüberschreitungen

- ungeeignete Pressbedingungen, fehlende Reinigungsschritte, fehlende bzw. nicht sachgerecht betriebene Sicherheitsfilter, verschmutzte Lagerbehälter, schlechte Saatqualität oder -lagerung

Calciumgehalte in Lagertankproben



untersuchte Menge: 161 Lagertankproben

Zeitraum 01.12.03 - 31.11.04

Gliederung

1. Rahmenbedingungen
2. Besonderheiten beim Einsatz von Rapsöl als Dieselkraftstoff und motorseitige Anpassungsmaßnahmen
3. Zwischenstand des „100-Traktorenprogramms“
4. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Der Einsatz von naturbelassenem Pflanzenöl als Kraftstoff landwirtschaftlicher Traktoren ist eine mögliche Strategie zur Schonung natürlicher Ressourcen.
- Die Anpassung von Traktorenmotoren an den Rapsölbetrieb stellt besondere Anforderungen an das Umrüstkonzep (Motorbetrieb im gesamten Kennfeld).
- Für 46 Traktoren ist die Projektlaufzeit abgeschlossen. 65 Traktoren nehmen noch teil. Die Traktoren haben bisher eine durchschnittliche Betriebsstundenzahl von 2200 h erreicht. Wesentliche Erkenntnisse, insbesondere zum Verschleißverhalten, werden zum Ende der Projektlaufzeit erwartet.
- Die Umrüstmaßnahmen bewirken, dass die Traktoren nach der Umrüstung annähernd die gleiche Leistung wie im DK-Betrieb erbringen.
- Im Rapsölbetrieb sind die Stickoxidemissionen unter Vollast geringfügig höher. Die Kohlenmonoxidemissionen im Teillastbetrieb verändern sich kaum. Verschlechterungen der Emissionswerte sind über die bisherige Projektlaufzeit nicht aufgetreten.

Zusammenfassung

- Die Störungsanfälligkeit hängt wesentlich vom Ausgangstraktor und dessen Motor ab; bewährt haben sich bisher Fendt-Traktoren der Baureihen 4XX und 7XX.
- Pumpe-Leitung-Düse-Systeme der Deutz-Motoren-Baureihe 1013 und 2013 zeigten sich bisher den Anforderungen des Rapsölbetriebes gewachsen.
- Defekte Einspritzeinrichtungen sind die Hauptfehlerursache im Programm. Verteilereinspritzpumpen und Einspritzdüsen sind wesentliche Störungen, bisher ist kein Langzeitbetrieb der Einspritzpumpen „Bosch VP44“ sowie „Stanadyne“ mit Rapsöl möglich.
- Ein erhöhter Eintrag von Rapsöl in das Motorenschmieröl ist bei allen Traktoren festzustellen. Der Rapsöleintrag bestimmt die Ölwechselintervalle (~200Bh). Hohe Rapsölgehalte bei hohen Betriebstemperaturen erhöhen das Risiko der Schmieröleindickung.
- Die Rapsölkraftstoffqualität muss deutlich verbessert werden. Der Aufbau eines umfassenden Qualitätsmanagementsystems ist unbedingt erforderlich, um diesen Kraftstoff am Markt zu etablieren.

Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte für den zukünftigen Einsatz von Rapsöl in Motoren

1. Grundlagenuntersuchungen zum Einspritzverhalten und zur Gemischbildung (Strahlausbreitung usw.)
2. Weiterentwicklung der Rapsölverbrennung zur Einhaltung zukünftiger Abgasnormen - Nutzung von Erkenntnissen aus DK-Brennverfahren
3. Weiterentwicklung von Pumpe-Leitung-Düse Einspritzsystemen
4. Konstruktion und Entwicklung einer rapsöлтаuglichen elektronisch geregelten Verteilereinspritzpumpe für Motoren kleinerer Leistungen bis ca. 60 kW
5. Ermittlung von geeigneten Motorenschmierölen für den Betrieb von Motoren mit Rapsöl
6. Formulierung der Qualitätsanforderungen des Rapsölmotors an den Kraftstoff auf der Basis von Prüfstandsuntersuchungen, eventuell Modifizierung des Normentwurfs
7. Einführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen für Rapsölkraftstoff

Forschungsprojekte - Rapsölqualitätssicherung

Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich

Projektphase 1

„Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis“

Status: abgeschlossen im Juni 2003

Projektphase 2

*„Technologische Untersuchung und Erarbeitung von
Qualitätssicherungsmaßnahmen“*

Status: läuft seit Januar 2005

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!