

Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

ISSF 2025 – Stuttgart

7. April 2025

*Frank-Olaf Mähling, Ricardo Gomes,
Justin Langston, DP Chalasani
Evonik Oil Additives*



Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. **Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen**
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

Re-raffinierte Basisöle sind eine wichtige Säule der Kreislaufwirtschaft



- Regulatorische Vorgaben unterstützen den globalen Trend zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft zur Ressourcenschonung und Abfallreduzierung.
- Der Circular Economy Act als Teil des European Clean Industrial Deal fordert eine verpflichtende Nutzung neuer Rohstoffquellen wie recycelter und biobasierter Materialien als Ersatz für fossile Rohstoffe.
- Die RRBO-Volumenprognose liegt für 2025 im Bereich von 5 Mio. mt/a, mit einer geschätzten CAGR von 6% für die nächsten fünf Jahre.
- Die Herstellung von RRBO verbraucht 50 % weniger Energie verglichen mit der Raffination von Rohöl zur Herstellung von frischem Basisöl (Quelle: API)
- Bei guten Wachstumschancen ist zu erwarten, dass mehr Raffinerien RRBO anbieten und die Verfügbarkeit in den Gruppen I bis III zunimmt.

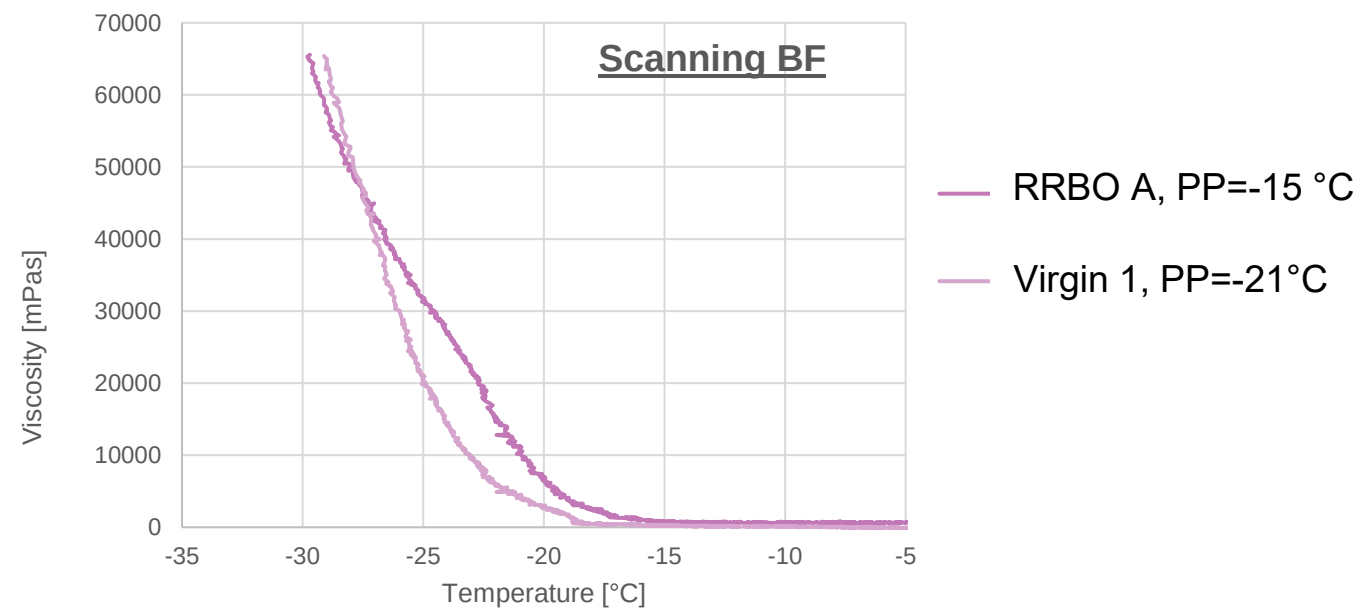
Ölformulierer betrachten RRBO als neues alternatives Basisöl

- Mehrere Schmierstoffhersteller nutzen die Gelegenheit und ziehen RRBO für ihr Schmierstoffportfolio in Betracht.
- Ziel der Verwendung von RRBO ist es, den Ressourcenbedarf, die Emissionen und ggf. die Kosten zu reduzieren, ohne die Leistung zu beeinträchtigen.
- Die Qualität und Leistung von RRBO nähert sich den neuen Grundölen der gleichen Kategorie an.
- RRBO gehören zu der üblichen API-Grundölgruppe, die durch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften definiert ist.
- Der PPD-Bedarf einer RRBO-basierten Formulierung kann anders als mit Frischöl sein. RRBO ist in vielen Fällen schwieriger zu behandeln, um alle spezifizierten Parameter zu erfüllen, insbesondere bei modernen Motorölformulierungen.
- Laboruntersuchungen sind erforderlich, um die Leistung von Flüssigkeiten auf Basis von re-raffinierten Grundölen zu bewerten.

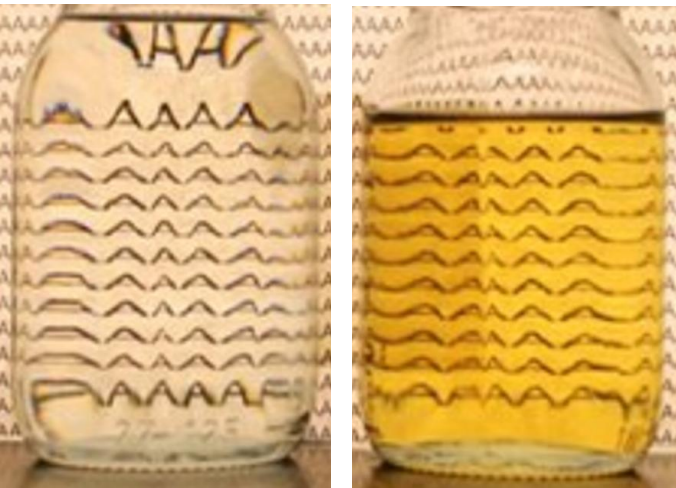
Beispiele für verfügbare RRBO und ihre physikalischen Eigenschaften im Vergleich zu frischen mineralölbasierten Basisölen

		Virgin Base Oils		Re-Refined Base Oils						
		Virgin 1	Virgin 2	RRBO A	RRBO B	RRBO C	RRBO D	RRBO E	RRBO F	RRBO G
	API Group	I	II+	I+	II	II	II	II	I	I+
Flash Point Cleveland open cup	°C	194	206	210	204	227	224	248	> 220	> 230
Color	-	0,5	0,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	0,5-1	1-2
KV100 Ubbelohde	mm²/s	3,98	4,40	4,40	4,03	4,75	4,66	6,76	4,45	5,77
KV40 Ubbelohde	mm²/s	19,45	21,21	21,36	18,62	24,5	24,15	43,46	22,23	32,78
VI	-	99	117	116	115	113	107	110	111	118
Pour Point	°C	-21	-15	-15	-24	-15	-12	-12	<-9	-21
Sulfur Content	[mg/kg]	1538	< 6	433	133	16	50	50	< 2000	< 2000

Scanning Brookfield und Aussehen sind ähnlich, aber nicht identisch



Visual appearance and particles



Scanning BF @ -25°C	Viscosity [mPas]
Virgin 1	19800
RRBO A	31400

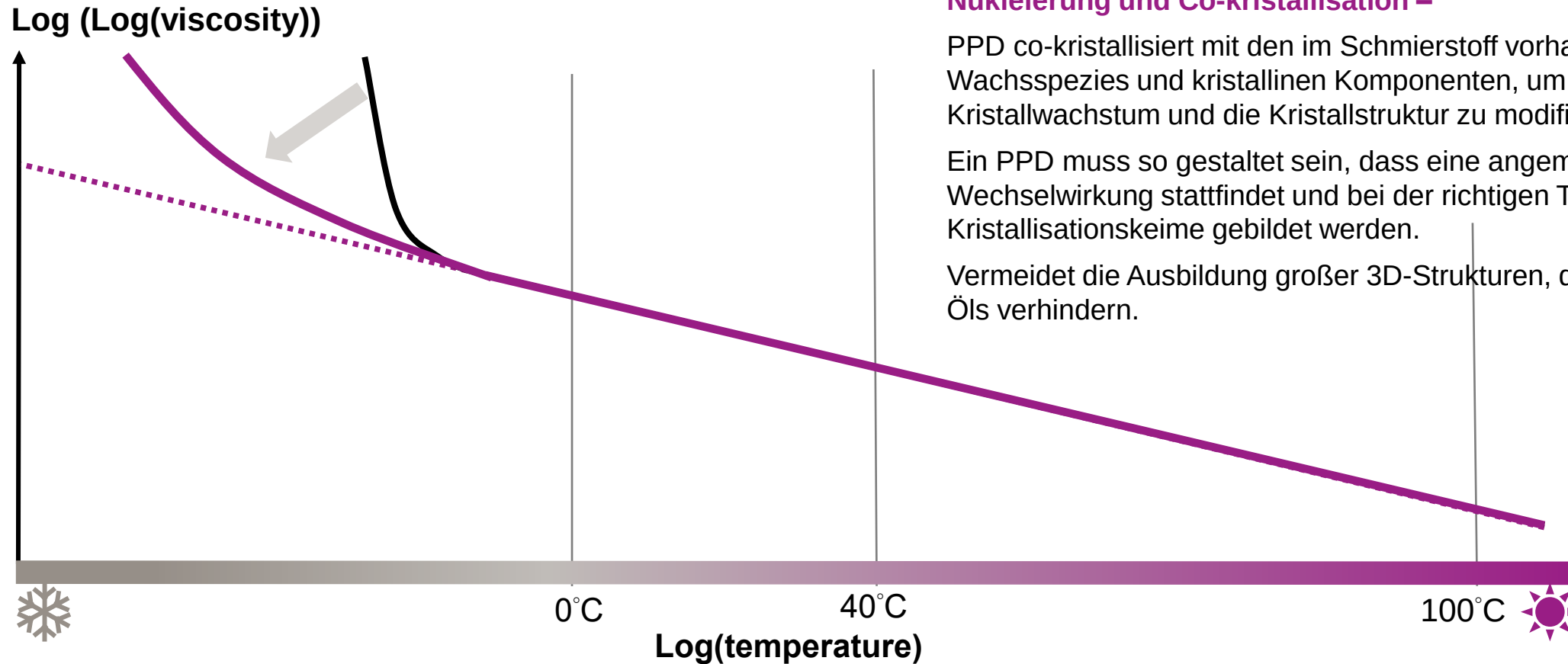
PODS	Virgin 1	RRBO A
ISO CODE 4µm	15	18
ISO CODE 6µm	12	15
ISO CODE 14µm	7	8

Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
- 2. Mechanismus der PPD-Wirkung**
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

Ein PPD senkt die Viskosität bei niedrigen Temperaturen



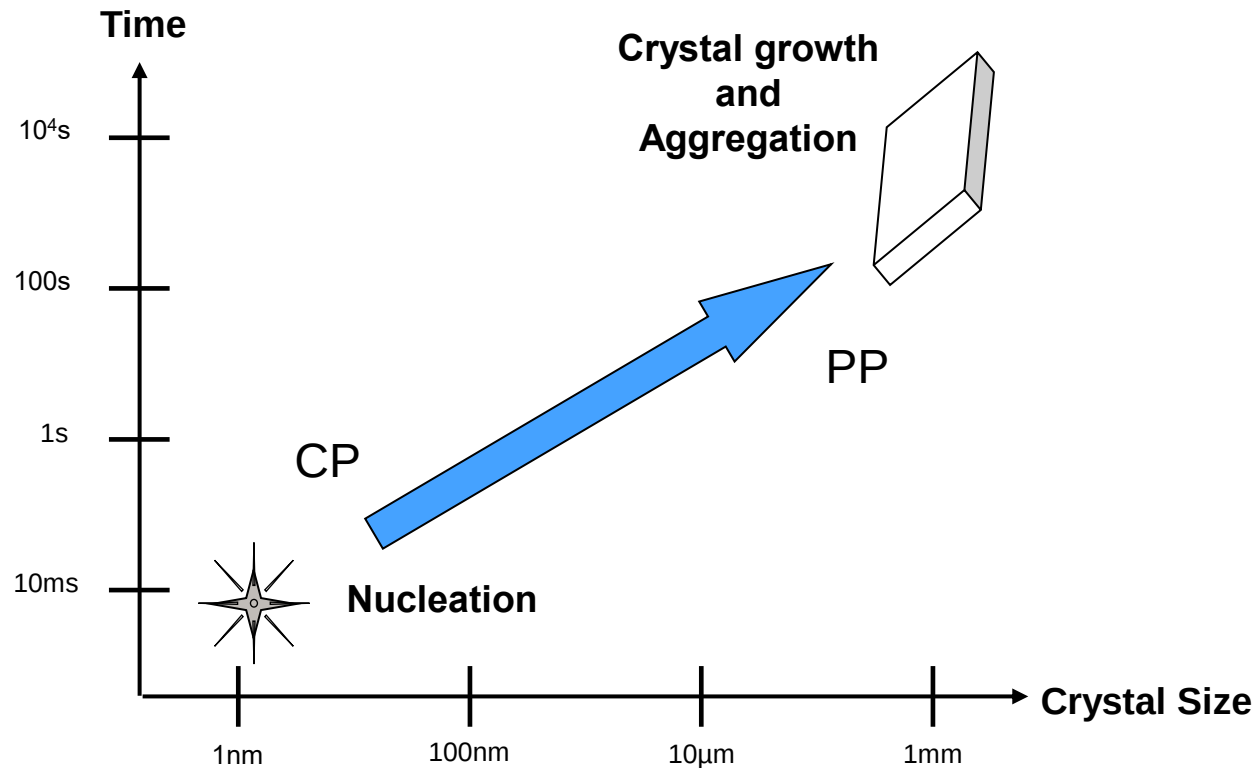
Nukleierung und Co-kristallisation –

PPD co-kristallisiert mit den im Schmierstoff vorhandenen Wachsspezies und kristallinen Komponenten, um das Kristallwachstum und die Kristallstruktur zu modifizieren.

Ein PPD muss so gestaltet sein, dass eine angemessene Wechselwirkung stattfindet und bei der richtigen Temperatur viele Kristallisationskeime gebildet werden.

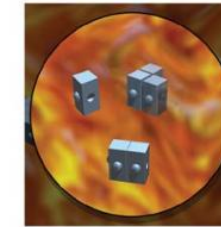
Vermeidet die Ausbildung großer 3D-Strukturen, die ein fließen des Öls verhindern.

N-Paraffine beginnen zu kristallisieren, wenn die Temperaturen unter den Trübungspunkt fällt

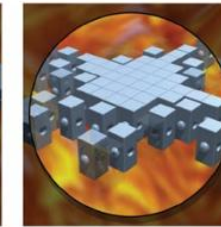


How VISCOPEX® PPDs modify wax crystals at low temperatures

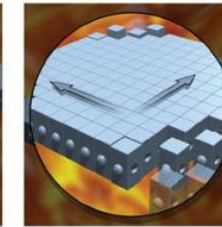
Without VISCOPEX® PPD (with temperature dropping from 1 to r)



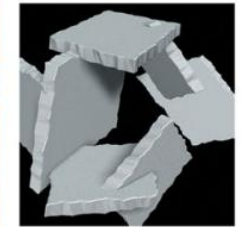
Crystallization of wax molecules below cloud point temperature



Mainly lateral growth forms needles or plates

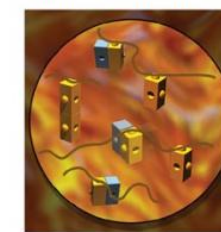


Wax crystal structure continues to grow

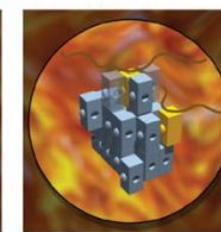


Large, structured 3D crystal network formation, crystal size > 100µm, oil ceases to flow

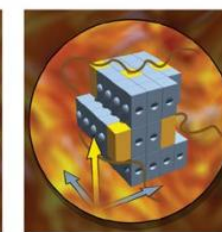
With VISCOPEX® PPD (with temperature dropping from 1 to r)



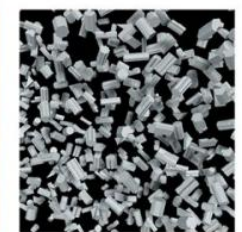
Co-crystallization occurs between wax molecules and VISCOPEX® PPD crystalline units



VISCOPEX® PPD modifies wax crystal growth



Interlocking of wax crystals is prevented, leading to smaller and more random structure



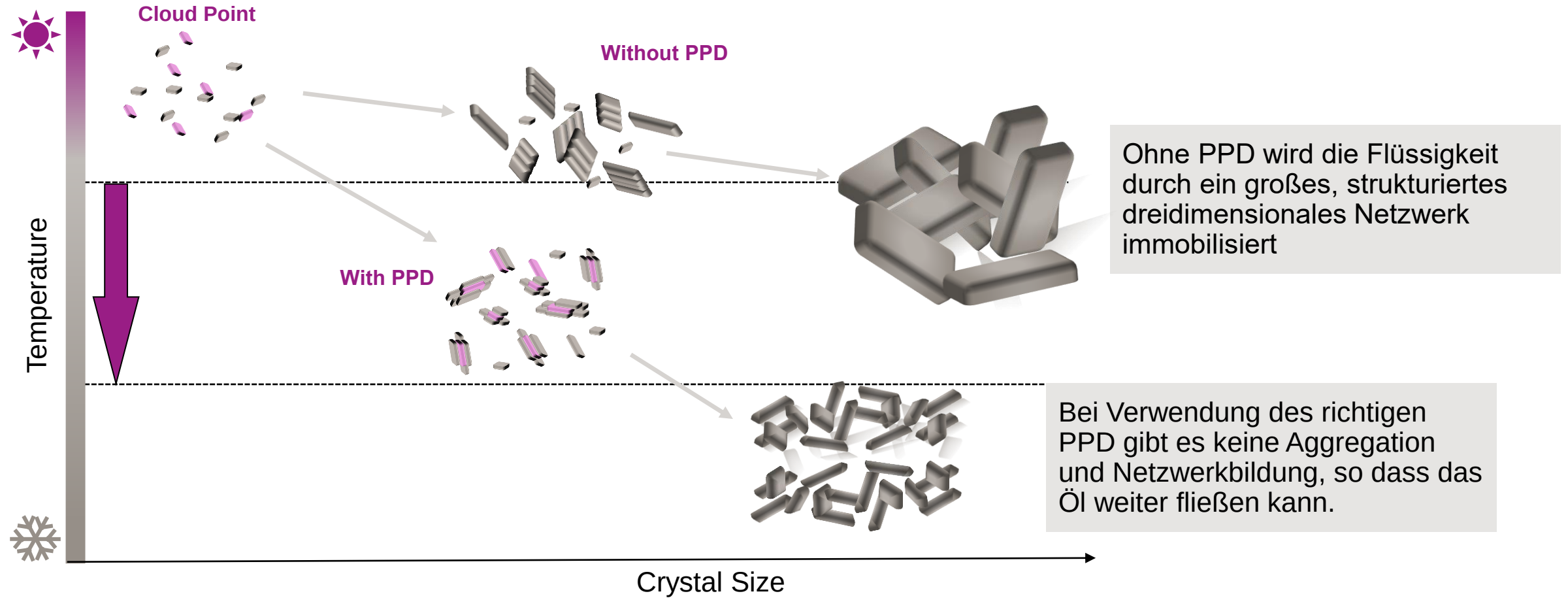
No aggregation of gel-like wax network, oil continues to flow without yield stress

Crystalline unit formed by n-paraffins

Crystalline unit formed by VISCOPEX® PPD

VISCOPEX® Polymer backbone

Der Pour Point wird durch das modifizierte Kristallwachstum abgesenkt



Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
- 3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO**
 - **Prüfmethoden**
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

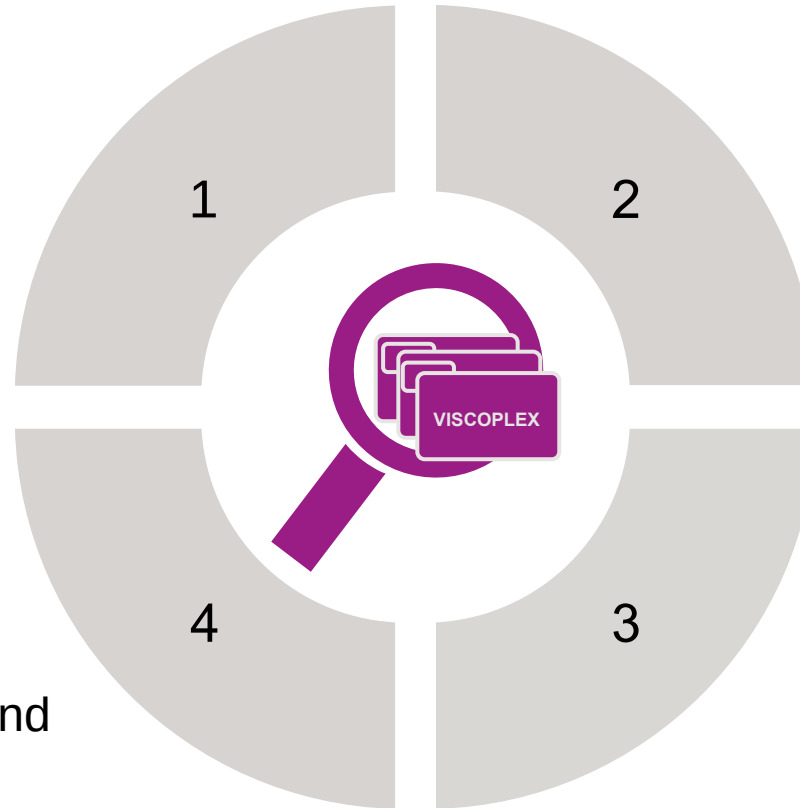
Entscheidende Faktoren für die Auswahl eines PPD

Basisöle

- Rohölquelle / Region
- Raffinationsprozess
- Alternative Öle
- Viskositätsklassen

Anforderungen während der Nutzungsphase

- Tieftemperatureigenschaften verändern sich mit der Zeit
- Berücksichtigung von Frisch- und Gebrauchtöleigenschaften in
 - ILSAC GF-7 – Motoröl
 - OEM Anforderungen



Additive

- Additiv-(DI)-Pakete
- Reibungswertverminderer
- VI Verbesserer

Spezifikationen

- Prüfverfahren und die damit verbundenen Abkühlraten
- Beispiele:
 - Brookfield (OEM specific) – Hydraulic + IGO + UTTO
 - SAE J300 – Engine Oil
 - SAE J306 – Automotive Gear Oil

Die Tests der Tieftemperaturfließfähigkeit besitzen große Unterschiede in den Abkühlraten

Referenz	Testmethode	Kühlrate	Testdauer	Scherrate, s ⁻¹	Verfügbar seit	Typische Anwendung		
						Engine	Driveline	Industrial
ASTM D97	Pour Point	Fast Controlled shock cool	Up to 2 h	Low 0.1 – 0.2	1927	✓	✓	✓
ASTM D2983	Brookfield Viscosity	Fast with hold Shock cool	16 h	Low 0.1 – 12	1971		✓	✓
ASTM D4684	MRV TP-1 :Yield Stress and Apparent Viscosity	Slow Programmed cool	45 - 53 h	Low 17.5	1987	✓		
ASTM D5133	Scanning Brookfield Viscosity (technique) – Gelation Index	Slow Programmed cool	35 h	Low 0.25	1992	✓		
ASTM D5293	Cold Cranking Simulator	Very Fast	5 m	Very high 10 ⁴ – 10 ⁵	1991 (1967)	✓		
	PPD has no effect on CCS viscosity due to very high shear rate							

Der PP ist kein zuverlässiger Indikator für die Tieftemperatureigenschaften.
 Strengere Anforderungen an die Tieftemperaturperformance werden nach MRV TP-1, Brookfield-Viskosität und Gel-Index bestimmt.

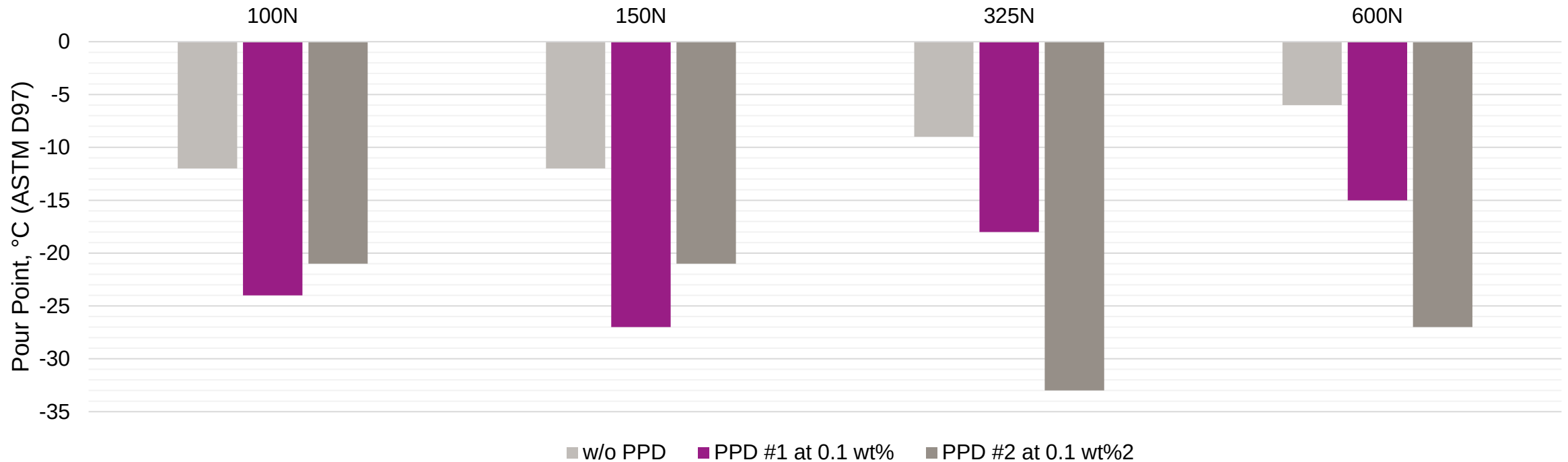
Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - **PPD Ansprechverhalten**
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

Grp II Grundöle

Einfluss der Viskositätsklasse auf das PPD-Ansprechverhalten



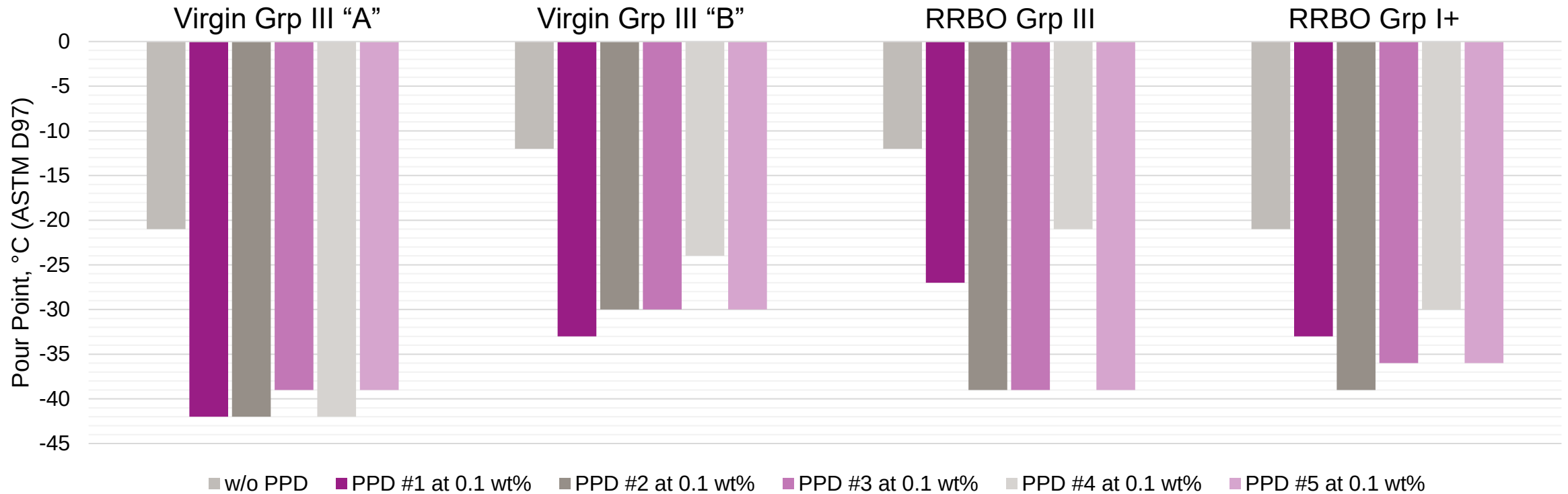
PPD #2 ist "wärmer" als PPD #1

Die optimale Wahl des PPD wird durch die Viskositätsklasse beeinflusst

Einfluss der Basisöl-Quelle auf das PPD-Ansprechverhalten

Frishes Basisöl vs. RRBO

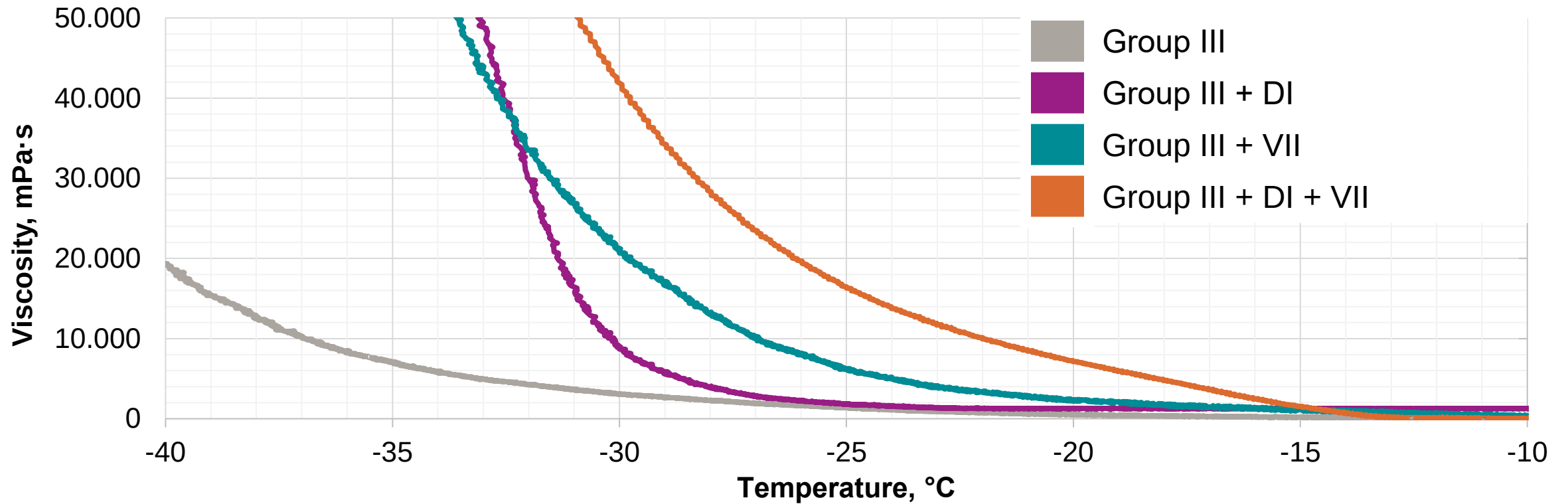
Beispiele: 6cSt Basisöle



Die PPD-Antwort kann bei gleicher Viskosität unterschiedlich sein

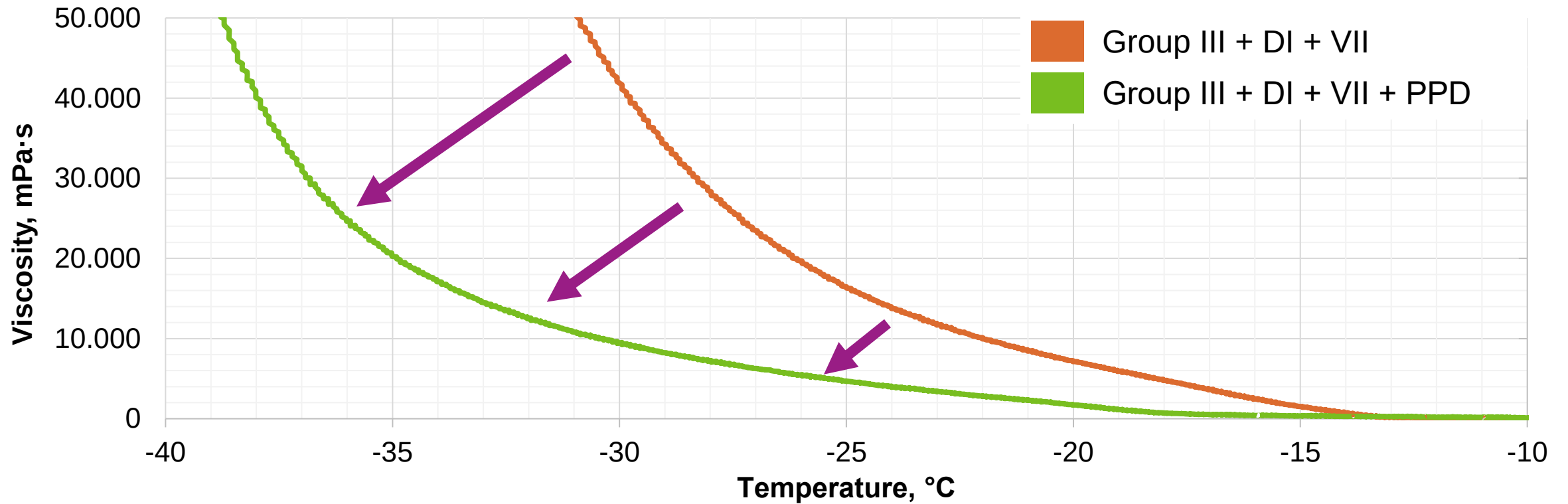
Lösungen für RRBO liegen vor, PPD #2, #3 und #5 sind in diesen RRBO am besten

Grundöl, DI-Paket und VI Improver haben Einfluß auf die PPD-Auswahl



Der Viskositätsverlauf der Formulierung unterscheidet sich stark von dem des reinen Basisöls

Der richtige PPD verbessert die Kaltfließeigenschaften vollständig formulierter Flüssigkeiten



Mit dem PPD wird die Wachskristallisation gesteuert und das Temperaturbetriebsfenster erweitert

Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - **Formulierungsbeispiel**
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
5. Zusammenfassung

Die Formulierung nachhaltiger Industrieschmierstoffe gelingt mit dem richtigen PPD

Scherstabile Hydraulikflüssigkeiten mit hohem VI wurden mit dem gleichen PPD, VI-Verbesserer und Additivpaket formuliert – im Vergleich zu Monogrades können solche Formulierungen hydraulische Geräte produktiver und effizienter machen.

	Virgin Group II			Re-Refined Group II		
ISO VG	32	46	68	32	46	68
Amount of PPD #3 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Viscosity Index	150	150	150	150	150	150
Pour point (°C)	-51	-42	-39	-48	-42	-39
Brookfield viscosity at -30C (mPa·s)	2300	7500	18,300	4100	9200	20,000



Die richtige PPD-Auswahl ermöglicht die Formulierung nachhaltiger Industrieschmierstoffe

Das **HVLP 46 auf Basis von RRBO** erfüllt die Erwartungen voll und kann eine hohe Produktivität und Effizienz bei hydraulischen Geräten, z.B. Baggern gewährleisten.

Ein **geringerer CO₂-Fußabdruck der Formulierung verbessert die Nachhaltigkeit** weiter.

	Virgin Group II			Re-Refined Group II		
ISO VG	32	46	68	32	46	68
Amount of PPD #3 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Viscosity Index	150	150	150	150	150	150
Pour point (°C)	-51	-42	-39	-48	-42	-39
Brookfield viscosity at -30C (mPa·s)	2300	7500	18,300	4100	9200	20,000



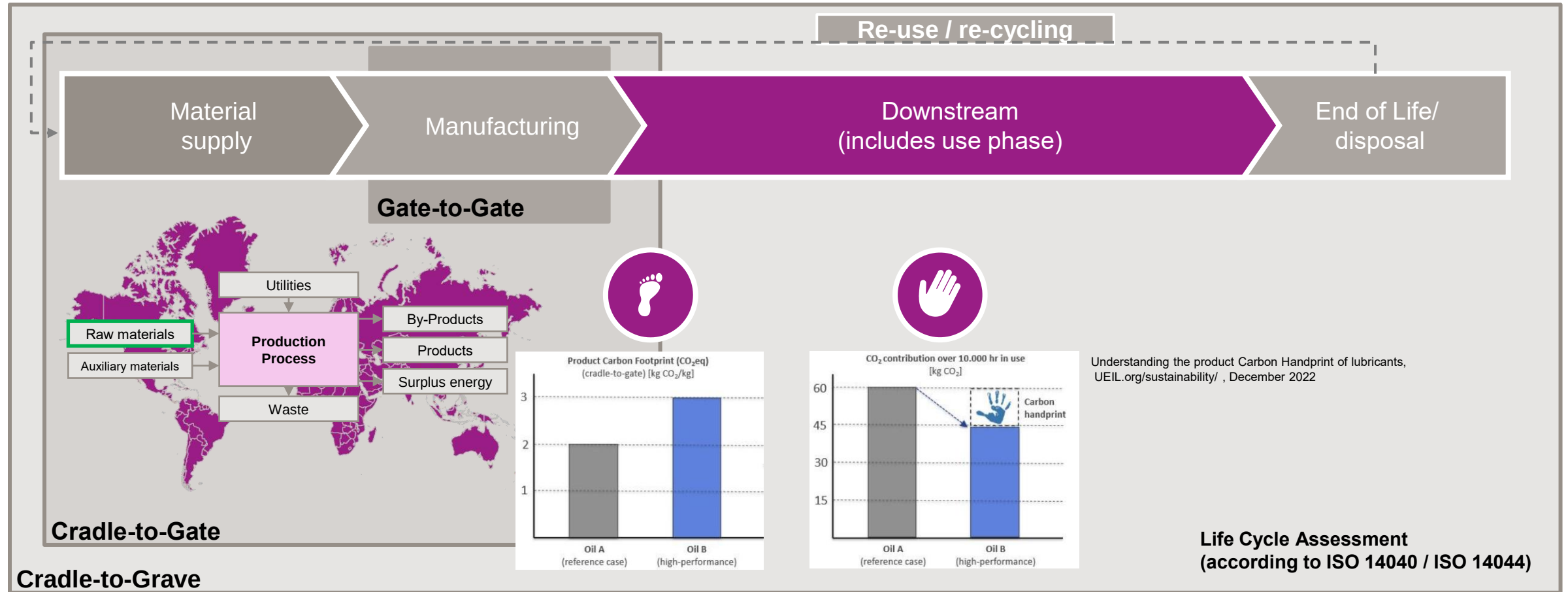
Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. **Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids**
5. Zusammenfassung

Lebenszyklusanalysen..

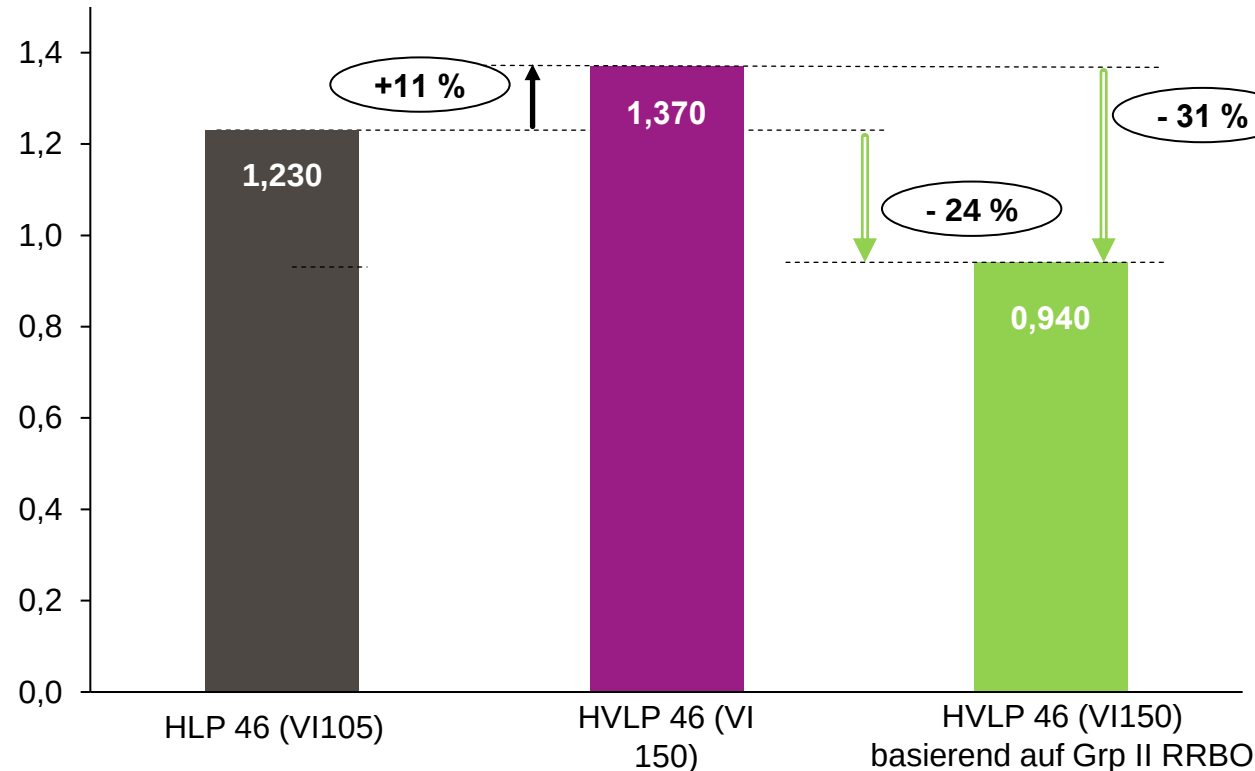
helfen bei der Quantifizierung des PCF und der Effizienz in der Nutzungsphase



Effiziente Hydraulikflüssigkeit auf Basis von RRBO mit gut ausgewähltem PPD

Vergleich des Cradle-to-Gate Carbon Footprints* verschiedener Formulierungen

kg CO₂ eq./ kg formulation



*CML2001 - Jan. 2016, Global Warming Potential (GWP 100), incl bio. C, incl LUC, no norm/weight

Ergebnisse

- Da der Anteil des re-raffinierten Grundöls in der hydraulischen Formulierung hoch ist, sind die Auswirkungen auf den PCF signifikant.
- Der PCF-Wert von Formulierungen mit hohem VI ist im Vergleich zu herkömmlichen Einbereichsölen wegen der stärkeren Additivierung höher.
- Formuliert mit RRBO kann der PCF des Öls mit hohem VI-Wert unter den des Einbereichsöls reduziert werden.
- Der geringe PCF ist zusammen mit den Energieeinsparungen in der Nutzungsphase ein wesentlicher Vorteil der vorgestellten Formulierung für die Umwelt.

Auswahlkriterien für PPDs in Schmierstoffformulierungen mit Re-Raffinaten

Agenda

1. Trend zum Einsatz von re-raffinierten Grundölen
2. Mechanismus der PPD-Wirkung
3. Auswahlkriterien für PPD's in RRBO
 - Prüfmethoden
 - PPD Ansprechverhalten
 - Formulierungsbeispiel
4. Produktfußabdruck (PCF) eines formulierten Hydraulikfluids
- 5. Zusammenfassung**

Die Identifikation des richtigen PPD kann komplex sein

Wir unterstützen bei der Wahl des idealen PPD für re-raffinierte Grundöle

- PPDs können an eine Vielzahl von Grundölen, Performance-Paketen und VI-Verbesserern angepasst werden, um die neuesten Normen zu erfüllen.
- Die Auswahl eines PPD wird stark von den Prüfmethoden und den Anforderungen bei niedrigen Temperaturen beeinflusst.
- Gute Kälteeigenschaften des reinen Grundöls sind nicht hinreichend für die gute Fließfähigkeit eines fertig formulierten Schmierstoffs.
- Ein sorgfältig ausgewählter PPD kann für eine ganze Palette von Schmierstoffen eingesetzt werden und die hohe Performance von Formulierungen mit re-raffinierten Basisölen gewährleisten.

Evonik bietet eine breite Palette von VISCOPLEX® PPD an, um die Anforderungen an Automobil- und Industrieöle zu erfüllen.



EVONIK

Leading Beyond Chemistry