

DIE GROSSE PALETTE DER „SYNTHETISCHEN SCHMIERSTOFFE“

ARTEN, EIGENSCHAFTEN, ANWENDUNGEN

Soll die Schmierung einer Komponente oder Maschine optimiert werden oder das Öl wesentlich seltener gewechselt werden, sind häufig Produkte auf Synthesebasis das Mittel der Wahl. Deren synthetische Grundöle sind „künstlich“ mit chemischen Verfahren kreiert. Ihre Moleküle sind nach Maß konstruiert und in der Regel sehr robust. Allein daraus resultieren die meist längere Lebensdauer des Öles sowie der höhere Viskositätsindex, der den Einsatz von reibungsmindernden, dünneren Ölen ermöglicht. Dank dieser Eigenschaften und mit metallorganischen Additiven kombiniert, verbessern sie die Energieeffizienz von Motoren, Hydrauliksystemen und Getrieben, ermöglichen deren nachhaltigeren Einsatz und tragen damit zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen bei.

Die Familie der „Synthetischen Schmierstoffe“ ist groß und bunt. Ihre Mitglieder unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung sowie ihren Eigenschaften. Allerdings sind sie nicht immer mit allen ihren synthetischen Verwandten oder mineralischen Grundölen verträglich oder mischbar.

Synthetische Schmierstoffe werden nicht, wie ihre mineralischen Kollegen, auf der Grundlage von Rohöl, sondern auf der Basis von Erdgasderivaten oder anderen Rohstoffen produziert. Polyalphaolefine (PAO), die zu den gängigsten synthetischen Grundölen gehören, werden zum Beispiel aus Ethylen und aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen hergestellt. Diese Kohlenwasserstoffe werden überwiegend aus Erdgas gewonnen. Deren Moleküle werden durch einen chemischen Prozess, die Polymerisation, unter Einfluss von Katalysatoren umgebaut. Dabei werden die dünnflüssigen, niedermolekularen Verbindungen (Monomere) der Kohlenwasserstoffe über Kettenwachstumsreaktionen zu schmierfähigen Makromolekülen (Polymere) verknüpft.

Im Gegensatz zu Mineralölen, bei denen eine einzige Ölcharge Millionen unterschiedlicher Molekülstrukturen enthalten kann, sind die Molekülgrößen und -formen in einem synthetischen Öl wesentlich homogener. Außerdem ist die Konsistenz der chemisch umgebauten Moleküle deutlich höher. Sie sind viel widerstandsfähiger und können den harten Betriebsbedingungen besser standhalten, ohne zu oxidieren oder sich thermisch schnell zu zersetzen. Daraus resultiert einer der großen Vorteile synthetischer Schmierstoffe: sie können selbst bei erhöhter Betriebstemperatur wesentlich länger eingesetzt werden als mineralische und tragen so zum nachhaltigen Betrieb von Motoren und Maschinen bei.

Ein weiterer Pluspunkt synthetischer Grundöle ist ihr höherer Viskositätsindex (VI). Er wird mit Hilfe der bei 40 °C und 100 °C gemessenen Viskositäten errechnet. Je höher der Viskositätsindex eines Öls ist, desto geringer verändert sich dessen Viskosität mit der Temperatur. Aufgrund ihres guten Viskositäts-Temperatur-Verhaltens können synthetische Schmierstoffe für eine bestimmte Anwendung sehr oft mit einer niedrigeren Viskosität als mineralische gewählt werden. Allein dadurch minimieren sie die bei der Schmierung zwangsläufig auftretenden Platsch- und Reibungsverluste und eröffnen damit ein enormes Potenzial an Energieersparnis.

Das wohl bekannteste Beispiel, wie sie die Reibung reduzieren und gleichzeitig die Energieeffizienz steigern können, sind die heute aktuellen niedrigviskosen Premium-Motoröle auf Synthesebasis. Wiesen Mehrbereichs-Motoröle früher eine Viskosität von meist SAE 20W-50 auf, liegt diese heute oft bei SAE 0W-20 und darunter. Dank der niedrigviskoser synthetischen Öle laufen Motoren reibungsärmer und kraftstoffsparender.

Nach diesem Prinzip kann auch der Betrieb von Hydrauliken, Lagern und Getrieben von synthetischen Schmierstoffen profitieren, wenn z.B. ein synthetisches Hydrauliköl HLP 32 anstelle eines mineralischen HLP 46 oder bei Getriebeölen ein synthetisches CLP 220 anstelle eines mineralischen CLP 320 zum Einsatz kommt.

Auch der Wärmeübergang erfolgt bei dünnen Ölen besser. Dies bringt entscheidende Vorteile mit sich:

Dank der Reibungsreduzierung, die zusätzlich durch neuartige, metallorganische Additive verstärkt wird, sinkt auch die Temperatur an der Reibstelle und meist auch der gesamten Ölfüllung. Schon bei der Konstruktion könnte das Tankvolumen reduziert werden, weil das Öl thermisch weniger belastet wird und sich Oxidation und Ölalterung verlangsamen. Das Öl bleibt länger verwendungsfähig.

Die Oberflächen der geschmierten Komponenten glätten sich durch den Additiveinfluss ein. Ein tragfähiger Schmierfilm, der abrasiven Verschleiß verhindert, bildet sich leichter. Entsprechend gehen die Reparaturanfälligkeit der Komponenten und deren Ausfallzeiten zurück.

➔ Niedrigviskose Schmierstoffe auf Synthesebasis können Verluste an Energie so vermindern, dass energieverbrauchende Produktionsanlagen sparsamer laufen oder energieerzeugende Anlagen mehr Strom produzieren.

Insgesamt ermöglichen Schmierstoffe auf Basis synthetischer Grundöle einen wesentlich nachhaltigeren Einsatz von Schmierstoffen sowie der von ihnen versorgten Komponenten und tragen somit zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei.

MINERALISCH ODER SYNTHETISCH – GRUNDÖLE IM ÜBERBLICK

Basis und zu über 75 % Hauptbestandteil aller Schmierstoffe sind deren Grundöle, die je nach Einsatzgebiet mit Additiven bzw. Wirkstoffen versehen werden. Diese Grundöle müssen diverse Verarbeitungsschritte durchlaufen und unterscheiden sich hinsichtlich Leistungsvermögen und Preisniveau. Grundöle werden unterteilt in konventionelle, mittels Raffination aus Rohöl gewonnene Mineralöle (Gruppen I bis III) und in synthetische Öle (Gruppen IV und V), die in chemischen Verfahren hergestellt werden.

Gruppe	Beschreibung	Preisfaktor	Einsatz-Bereich [°C]*	Dichte 20 °C [g/ml]*	Viskositätsindex (VI)*	Verträglichkeit/Mischbarkeit
I	Solvent-Raffinate, aus konventioneller Raffination	1	-20 – 100	0,8 – 0,9	75 – 100	➔ Vorsicht beim Wechseln der Ölsorten oder beim Einsatz von Spülölen. Selbst Restmengen von Ölen gleicher Basis, aber mit unterschiedlicher Additivierung, können u.a. das Luft- und Wasserabscheideverhalten verschlechtern.
II	Raffinate aus katalytischer Entparaffinierung, aromatenarm	1,5 – 2	-25 – 110	0,8 – 0,9	85 – 115	
III	Teilsynthetische Hydrocrack-Raffinate, aromaten-/schwefelfrei	2 – 3	-30 – 120	0,8 – 0,9	110 – 135	
IV	Syntheseöle auf PAO-Basis	2 – 5	-30 – 140	0,8 – 0,9	135 – 160	
V	Pflanzenöle (HETG)	3 – 4	-10 – 80	0,8 – 0,9	180 – 200	➔ Öle auf Glykol-, Silikon- und PFPE-Basis sind nur mit Ölen gleicher Basis mischbar und verträglich
	Synthetische Ester	3 – 6	-30 – 170	0,9 – 1,0	140 – 190	
	Glykole (Polyalkylen) PAG	3 – 5	-30 – 200	1,0 – 1,2	200 – 240	
	Silikone	50 – 100	-50 – 250	0,9 – 1,1	200 – 350	
	Perfluorierte Polyether (PFPE)	100 – 400	-40 – 290	1,8 – 2,0	110 – 150	

**) Angaben sind ca.-Werte aus den Produktinformationen der Hersteller. Sie können sich in Abhängigkeit von Viskosität, Additivierung und Verwendungszweck ändern.*

Gruppen I bis III

Die mineralischen Grundöle der **Gruppe I** sind Vakuumdestillate des Rohöles und werden nur noch für Anwendungen mit technisch geringen Ansprüchen eingesetzt.

Bei den heute am häufigsten verwendeten Basisölen der **Gruppe II** handelt es sich um aromaten- und schwefelarme Mineralölraffinate, die unter Wasserstoffatmosphäre durch Wärmebehandlung, ähnlich wie Gruppe I-Öle, gewonnen werden.

Die **Gruppe III** umfasst Hydrocracköle, stark wärmebehandelte, aromaten- und schwefelfreie Mineralölraffinate. Beim Hydrocracken handelt es sich um ein katalytisches Spaltverfahren in Gegenwart von Wasserstoff bei einer Temperatur von 400 °C und einem Druck von 13-17 MPa. Dabei werden Kohlenwasserstoff-Verbindungen von Gasöl oder Rohparaffin zu langkettigen Molekülen umgewandelt.

Gruppe III-Grundöle werden von allen mineralischen Grundölen am intensivsten optimiert. Dadurch zeichnen sie sich gegenüber den Ölen der Gruppen I und II durch einen deutlich höheren Viskositätsindex von bis zu 150, eine bessere Oxidationsbeständigkeit sowie ein verbessertes Kälteverhalten aus. Die auf ihrer Basis produzierten Endprodukte werden von ihren Herstellern oft mit dem Etikett „HC Syntheseöl“, „Semi-Synth“ oder gar „Synthetisch“ versehen. Dabei darf der Begriff „Syntheseöl“ jedoch in Deutschland, anders als in den USA, nicht für HC-Öle sondern nur für PAO- und Ester-Grundöle verwendet werden.

Gruppe IV

Polyalphaolefine (PAO)

Polyalphaolefine sind die am häufigsten verwendeten synthetischen Grundöle. Hergestellt werden sie auf der Basis von Ethylen. Dieses wird aus Zwischenprodukten der Erdöl- und Erdgasraffination gewonnen. Da Polyalphaolefine in ihrem chemischen Aufbau Mineralölen ähneln, werden sie häufig auch als „Synthetische Mineralöle“ oder „Synthetische Kohlenwasserstoffe“ (Synthetic Hydro-Carbons) SHC bezeichnet

Eigenschaften

- Gutes Viskositäts-Temperatur-Verhalten.
- Erhöhte natürliche Oxidations- und thermische Stabilität.
- Geringe Verdampfungsneigung.

- Mischbar und verträglich mit fast allen Mineral- und Esterölen.
- Gegenüber Lacken und Dichtungen ähnliches Verhalten wie mineralische Grundöle.

Anwendungen

Polyalphaolefine werden mit einem Anteil von bis zu 95 % zur Herstellung von vollsynthetischen Motoren-, Getriebe- und Kompressorölen verwendet. Darüber hinaus basieren z.B. biologisch abbaubare HEPR-Hydraulikfluids (Hydraulic Oil Environmental Polyalphaolefine and Related Products) auf ihnen. Außerdem sind PAO's auch in einigen physiologisch unbedenklichen Schmierstoffen (NSF-H1) für die Nahrungs- und Pharmaindustrie enthalten.

Gruppe V

Der Grundöl-Gruppe V werden alle anderen Basisöle zugeteilt, die nicht in die Gruppen I bis IV fallen. Zu den wichtigsten synthetischen Basisölen der Gruppe V zählen Polyglykole (PAG), synthetische Ester, Silikonöle und Perfluorpolyetheröle (PFPE).

Polyglykole (PAG)

Polyalkylenglykole, kurz als Polyglykole (PAG) bezeichnet, sind mehrwertige Alkohole und damit keine Öle im herkömmlichen Sinne. PAG-Öle haben im Vergleich zu Ölen auf Mineralöl-, PAO- oder Esterbasis und den meisten Additivtypen eine deutlich höhere Dichte von 1,0 – 1,2 g/cm³ anstelle von ca. 0,9 g/cm³. Daher sind Öle auf PAG-Basis nicht mit herkömmlichen Ölen mischbar. Sie weisen ein erhöhtes Lösungsvermögen von Wasser auf, das sich nicht absetzt und somit auch nicht abgezogen werden kann. Einige dieser Öle sind sogar hygroskopisch.

Eigenschaften

- Sehr gutes Viskositäts-Temperatur-Verhalten.
- Weiter Temperatureinsatzbereich, gute Hoch- und Tieftemperatureigenschaften.
- Sehr hohe Alterungs- und Oxidationsstabilität.
- Sehr gute Hochdruck-(EP) Eigenschaften auch ohne zusätzliche Additive.
- Nicht mit anderen Ölen mischbar.
- Verträglichkeit mit Dichtungen (Ausnahme EPDM), Anstrichen und Lacken.
- Probleme mit Aluminium an der Schmierstelle möglich.

Anwendungen

Da Polyglykölöle über eine hohe natürliche Druckaufnahmefähigkeit verfügen, werden sie vorrangig zur Schmierung von Wälz- und Gleitlagern und von Schneckengetrieben eingesetzt. Als Hochtemperaturöle finden sie u.a. Verwendung in Kompressoren- und Härteölen, in Metallbearbeitungs- und Wärmeträgerflüssigkeiten und in Schmierstoffen gemäß NSF-H1 für die Nahrungsmittelindustrie.

Außerdem dienen sie als Basis für schwerentflammbare Hydraulikfluids, aber auch für biologisch abbaubare Hydraulikflüssigkeiten des Typs HEPG (Hydraulic Oil Environmental PolyGlykol). Da Polyglykole jedoch schnell Wasser absorbieren, ist die Verwendung von HEPG überschaubar. Anders sieht es dagegen mit dem Einsatz in Bremsflüssigkeiten aus, die mit Ausnahme des Typs DOT 5 ebenfalls auf PAG-Basis hergestellt werden.

Synthetische Ester

Synthetische Ester basieren nicht wie natürliche Ester auf Pflanzenölen oder tierischen Fetten! Ihre chemischen Bausteine heißen Carbonsäuren und Alkohole. Natürliche Ester sind dagegen biogenen Ursprungs. Sie dienen überwiegend als Basis für Hydrauliköle des Typs HETG (Hydraulic Oil Environmental Triglycerid). HETG werden vor allem in der Land- und Forstwirtschaft und anderen umweltsensiblen Bereichen verwendet. Obwohl auch diesen Produkten Additive zugesetzt werden, ist ihre Alterungsbeständigkeit deutlich geringer als die ihrer synthetischen Gegenstücke. Synthetische Ester lassen sich auf nahezu jede gewünschte Struktur und Anwendung „abstimmen“. Ganz gleich, ob eine hervorragende Oxidationsstabilität, biologische Abbaubarkeit, gute Schmierfähigkeit, ein hoher Viskositätsindex oder gute Tieftemperatureigenschaften gewünscht sind. Mit dem passenden synthetischen Ester lassen sich nahezu alle Eigenschaften so realisieren, dass nur ein geringer Anteil von Zusatzadditiven benötigt wird.

Synthetische Ester neigen von Haus aus zur Hydrolyse, einer wasserinduzierten chemischen Reaktion, die zu einem raschen Anstieg der Säurezahl in Verbindung mit einem Viskositätsverlust führen kann. Die Neigung zur Hydrolyse kann jedoch bei der Produktion des Esters durch den Einsatz verzweigter Carbonsäuren chemisch verhindert werden.

Eigenschaften

- Gute Langzeiteigenschaften verleihen hohe Alterungsstabilität.
- Neigung zur Hydrolyse, problematisch in feuchter Umgebung.
- Mischbar mit Mineralölen und Polyalphaolefinen (PAO).
- Esterbasische Lacke können eventuell angelöst werden.
- Dichtungsmaterialien neigen zum Quellen.

Anwendungen

Grundöle auf Basis synthetischer Ester kommen häufig in Kältemaschinenölen zum Einsatz. Außerdem werden sie für die Herstellung von Hochtemperatur-Kettenschmierstoffen, von niedrigviskosen Metallbearbeitungsölen, Spindelölen und schwer entflammaren Schmierstoffen genutzt. Als biologisch schneller abbaubares Hydrauliköl wird der Typ HEES auf der Basis synthetischer Ester derzeit am häufigsten verwendet. Um die Löslichkeit einiger Additive zu verbessern, können synthetische Ester mit Polyalphaolefinen kombiniert werden.

Silikone

Ihr Namensgeber ist das Element Silizium. Durch chemische Synthese hergestellt, sind Silikonöle polymerisierte Siloxane mit organischen Seitenketten. Silikonöle können einen extrem hohen Viskositätsindex erreichen und zeichnen sich durch ihre thermische und oxidative Stabilität aus. Allerdings sind die relativ teuren Produkte chemisch inert. Das heißt, sie reagieren nicht oder nur schwach mit möglichen Reaktionspartnern, wie Metalloberflächen. Auch die

Additivierung mit schmierwirksamen Wirkstoffen, die in Lösung bleiben sollen, ist problematisch. Die farblosen Silikonöle benetzen die Oberflächen durch ihre Kriechfähigkeit optimal. Allerdings lassen sie sich durch handelsübliche Lösungsmittel nicht entfernen. Deshalb müssen nach deren Laboruntersuchung die Test-Geräte komplett manuell gereinigt werden. OELCHECK untersucht Silikonöle daher nur mit bestimmten Geräten. Die Probe muss unbedingt mit dem Hinweis „Silikonöl“ versehen sein!

Eigenschaften

- Weiter Temperatureinsatzbereich.
- Überaus fließfähig auch bei tiefen Temperaturen.
- Hervorragende Oxidationsstabilität, hohe thermische Stabilität.
- Nicht mit Grundölen auf anderer Basis mischbar.
- Eine Zugabe von wenigen mg/kg kann als Antischaum-Additiv die Oberflächenspannung verändern.
- Durch ihr inertes Verhalten sind Silikonöle verträglich mit Lacken, Kunststoffen, Dichtungen und anderen Werkstoffen.

Anwendungen

Silikonöle kommen überwiegend in reiner Form zum Einsatz in Wärmeträgerölen sowie Isolierflüssigkeiten. Als Schmiermittel werden sie fast nur für Kunststoffe verwendet. Sie dienen als Trennmittel und als Basisflüssigkeit für abdichtende Silikonfette. Außerdem sind sie Grundlage einiger Hydrauliköle gemäß NSF-H1 für die Pharmaindustrie. Als Entschäumer reduzieren sie die Schaumbildung besonders in Schmierstoffen mit einer hohen Konzentration an Additiven. Silikonöle sind zudem Hauptbestandteil von Bremsflüssigkeiten gemäß DOT 5. Sie verleihen diesen einen höheren Trocken- und Nasssiedepunkt von mindestens 260 bzw. 180 °C sowie eine niedrigere Viskosität. Diese Eigenschaften erlauben für diese Bremsflüssigkeit schnellere Reaktionszeiten sowie eine längere Haltbarkeit.

Perfluorpolyetheröle (PFPE)

Die hochpreisigen Perfluorpolyetheröle entstehen durch Polymerisation von fluorierten Alkoholen. Die atomare Bindung vom Fluor zum Kohlenstoff ist dabei eine der stabilsten chemischen Verbindungen schlechthin. Die nicht brennbaren PFPE-Produkte sind überaus inert, chemisch sowie thermisch stabil und damit selbst bei Temperaturen von über 200 °C beständig gegen aggressive Medien sowie ionisierende Strahlung.

Eigenschaften

- Hoher Viskositätsindex ermöglicht hohe Einsatztemperaturen.
- Absolute oxidative und thermische Stabilität, die höchste aller Grundöltypen.
- Kein nennenswerter Verdampfungsverlust bis ca. 300 °C.
- Schon alleine wegen einer Dichte von ca. 2 g/cm³ sind PFPE-Öle mit keinem anderen Grundöl mischbar!
- Die „schweren“ Öle verhalten sich neutral gegenüber Farben, Kunststoffen, Dichtungen und Werkstoffen.

Anwendungen

Perfluorpolyetheröle kommen dann zum Einsatz, wenn herkömmliche Schmierstoffe keine ausreichende Leistung erbringen. Dies kann etwa bei Schmierstellen in strahlungsintensiven Bereichen und in chemisch aggressiver Umgebung der Fall sein. Bei Vakuumpumpen, wie z.B. in der Halbleiterherstellung, zerstören aggressiv ätzende Gase klassische Pumpenöle in kurzer Zeit. Hier schaffen PFPE-Grundöle Abhilfe. Perfluorpolyetheröle sind auch das Mittel der Wahl für Schmierstellen unter Sauerstoff-Überdruck (z.B. Sauerstoffarmaturen) und bei Verlustschmierung von Ketten bei extrem hohen Temperaturen. Als PTFE-verdicktes Schmierfett eignen sie sich als Gleit- und Wälzlagerfett für Heißluftventilatoren und für Anwendungen, bei denen eine Lebensdauerschmierung gefragt ist, wie z.B. in der Luft- und Raumfahrt.