

**Substitution von PBT* - Stoffen
in Produkten und Prozessen**

* **p**ersistent, **b**ioakkumulierbar, **t**oxisch

Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe

*für die Hersteller und gewerblichen
Anwender gewässerrelevanter Chemischer Produkte*

TEIL FÜNF

Hinweise zur Substitution gefährlicher Stoffe

5.5 Hochdruckzusätze in Kühlschmierstoffen

Februar 2003

Impressum

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
Bismarckplatz 1
14191 Berlin
Telefon: +49 (0)30 8903-0
Telefax: +49 (0)30 8903-2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
Fachgebiet: II 3.2
FKZ 201 28 213

Autor: Böhm, Eberhard

Redaktionelle Bearbeitung: Reihlen, Antonia; Weiß, Matthias



ÖKOPOL – Institut für Ökologie und Politik GmbH
Nernstweg 32 – 34
D – 22765 Hamburg
<http://www.oekopol.de>



Fraunhofer Institut
Systemtechnik und
Innovationsforschung

Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
<http://www.isi.fhg.de/>

Dieses Vorhaben wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes im Rahmen des Umweltforschungsplanes – Förderkennzeichen 201 28 213 erstellt und mit Bundesmitteln finanziert.

Inhaltsverzeichnis

5.5	Hochdruckzusätze in Kühlschmierstoffen	4
5.5.1	Stoffcharakterisierung Chlorparaffine	4
5.5.1.1	Funktionalität von Chlorparaffinen in Kühlschmierstoffen	4
5.5.1.2	Eigenschaften und stoffbezogene Regelungen	4
5.5.1.3	Marktvolumen und Freisetzungspotenziale im Lebenszyklus	5
5.5.2	Verfügbare Alternativen	6
5.5.2.1	Organische Schwefelverbindungen	6
5.5.2.2	Organische Phosphorverbindungen	8
5.5.2.3	Polymerester	9
5.5.3	Strategie zur Substitution von Chlorparaffinen	10
	Anhang - Literatur	11

5.5 Hochdruckzusätze in Kühlschmierstoffen

5.5.1 Stoffcharakterisierung Chlorparaffine

5.5.1.1 Funktionalität von Chlorparaffinen in Kühlschmierstoffen (KSS)

Chlorparaffine mit 10-20 Kohlenstoffatomen¹ und Chlorgehalten zwischen 35-70% werden in der Metallverarbeitung als Hochdruckzusätze, so genannte EP-Additive, in Kühlschmierstoffen verwendet. Dabei kommen heute überwiegend Chlorparaffine mit mittlerer Kettenlänge (C14-17) zum Einsatz, die kurzkettigen Chlorparaffine werden nach Angaben der Schmierstoffindustrie von deutschen Herstellern schon seit einigen Jahren in Kühlschmierstoffen nicht mehr eingesetzt. Die Funktion dieser Additive besteht darin, unter Grenz- bzw. Mischreibungsbedingungen mit der Metalloberfläche zu reagieren und eine schützende bzw. reibungsvermindernde Schutzschicht auszubilden. Damit wird der Werkzeugverschleiß verringert und die Oberflächenqualität des Werkstücks verbessert. Bei Chlorparaffinen wird diese Wirkungsweise dadurch erklärt, dass Chlorverbindungen abgespalten werden, die mit der Metalloberfläche eine Bindung eingehen (Korff 94). Chlorparaffine erhöhen zudem die Hitzebeständigkeit der Kühlschmierstoffe.

5.5.1.2 Eigenschaften und stoffbezogene Regelungen

Die kurzkettigen Chlorparaffine (SCCP) besitzen eine hohe aquatische Toxizität, eine hohe Bioakkumulationsfähigkeit und sind biologisch schwer abbaubar. Ergebnis der EU-Risikobewertung (RA SCCP 99) ist, dass ein Risiko für aquatische Ökosysteme besteht, weshalb entsprechende Risikominderungsmaßnahmen für die Verwendung von SCCPs erforderlich sind. Außerdem besteht ein begründeter Verdacht auf eine kanzerogene Wirkung der SCCP (Kennzeichnungspflicht als Kanzerogen Kategorie III).

Toxikologische und ökotoxikologische Bewertung von MCCP²

Die mittelkettigen Chlorparaffine (MCCPs) weisen ein ähnliches ökotoxisches Profil wie kurzkettige Chlorparaffine auf:

- Abbauverhalten: schwer abbaubar im OECD Screening Test, persistent in der Umwelt.
- Bioakkumulation: MCCP sind stark bioakkumulierend im Fischtest (BCF > 1000).
- MCCPs werden in der menschlichen Muttermilch in Konzentrationen > 10 µg/kg Fett nachgewiesen. Die Klassifizierung mit R64 ist vorgeschlagen: Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.

1 Bei den kurzkettigen (C10-13 = SCCP), mittelkettigen (C14-17 = MCCP) und langkettigen (> C18 = LCCP) Chlorparaffinen handelt es sich jeweils um komplexe Gemische homologer Polychlor-n-alkane mit unterschiedlicher Kettenlänge und unterschiedlichem Chlorierungsgrad. SCCP können beispielsweise einen Chlorgehalt zwischen 48 und 71 Gewichtsprozent aufweisen.

2 Draft Risk Assessment MCCP (2003)

- Aquatische Toxizität: MCCPs wirken sehr giftig auf aquatische Organismen (R50).
- Im Entwurf der EU Risikobewertung ist eine Klassifizierung mit R50/53 vorgeschlagen.

Stoffbezogene Regelungen

- Gemäß EU-Richtlinie 2002/45/EG ist die Verwendung von SCCP in Stoffen und Zubereitungen in der Metallver- und Metallbearbeitung in Konzentrationen über 1% verboten. Diese Vorschrift ist von den Mitgliedsstaaten bis zum 6.7.2003 umzusetzen und spätestens am 6.1.2004 anzuwenden.
- EU Wasserrahmenrichtlinie: Priorisiert nach Wasserrahmenrichtlinie sind nur die kurzkettigen Chlorparaffine (SCCP). Aufgrund der sehr ähnlichen ökotoxikologischen Profile ist aber zu erwarten, dass für die mittelkettigen und die kurzkettigen Chlorparaffine vergleichbare Maßnahmen zu Minderung der Einträge in die Gewässer ergriffen werden.
- Risikobewertung nach EU-Altstoffverordnung (793/93/EWG): Auch für MCCP liegt der Entwurf einer Risikobewertung (RA MCCP 03) vor. Minderungsbedürftige Risiken für Oberflächengewässer wurden unter anderem im Bereich der Einleitung von Abwässern identifiziert, die durch die Formulierung und Anwendung von Kühlschmierstoffen mit Chlorparaffinen verunreinigt sind.

5.5.1.3 Marktvolumen und Freisetzungspotenziale ³ im Lebenszyklus

Die Verwendung von mittelkettigen Chlorparaffinen als Hochdruckadditive in Kühlschmierstoffen stieg in Europa in den Jahren 1994-1997 von 2.611 t/a (4,6% des EU-Marktvolumens) auf 5.953 t/a (9% des EU-Marktvolumens von MCCP ⁴) an (RA MCCP 03). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die in EP-Additiven früher in größerem Umfang verwendeten SCCPs zum Teil durch MCCPs substituiert wurden. Auch die Substitution von MCCPs ist in Deutschland nach Angaben der Schmierstoffhersteller relativ weit fortgeschritten. In wassermischbaren KSS sind mittelkettige Chlorparaffine heute fast vollständig ersetzt. Praktisch werden sie nur noch in Metall-Umformungsprozessen mit hoher Beanspruchung verwendet.

Die Produktion von MCCPs wurde in Deutschland im Jahre 1998 eingestellt. Neben ihren negativen Umwelteigenschaften ist auch aus Sicht der Produktionstechnik die Substitution der Chlorparaffine sinnvoll: Da der Einsatz von Chlorparaffinen mit einem Chloreintrag in den Prozess verbundenen ist, kann durch die Substitution der zusätzliche Aufwand zum Korrosionsschutz in den nachgeschalteten Prozessschritten vermieden werden.

Auf europäischer Ebene entfallen 67% der als EP-Additive verwendeten MCCPs auf nicht-wassermischbare und 33% auf emulgierbare (wassermischbare) Kühlschmierstoffe (RPA MCCP 02). Der typische Gehalt in nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen beträgt 5-10%

³ Die Freisetzung ist nicht gleichbedeutend mit dem Umwelteintrag, weil z.B. eine Rückhaltung in Kläranlagen erfolgen kann.

⁴ Eine Übersicht über die allgemeine Verwendung von mittelkettigen Chlorparaffinen befindet sich in Kapitel 5.1.2.1.

(in Hochleistungsprozessen allerdings auch bis zu 70%). In emulgierbaren Kühlschmierstoffen liegt der MCCP-Gehalt im Bereich von 5% im Konzentrat und in der Anwendung entsprechend bei ungefähr 0,25% (RPA MCCP 02).

Marktvolumen MCCP etwa 65.000 t/a in der EU (1997)			
Anwendung in Kühlschmierstoffen: 5.953 t/a (RA MCCP 03)			
Davon 3.969 t/a in nichtwassermischbaren KSS und 1984 t/a in emulgierbaren KSS			
Lebenszyklus	Freisetzung MCCP pro Jahr	Eintragspfad und Quelltyp	% im Vergleich zum jeweiligen Marktvolumen
Formulierung von KSS	12 t/a	Luft und Abwasser aus Anlagen	0,2%
Anwendung und Entsorgung von nichtwassermischbaren KSS	381 t/a	Abwasser aus Anlagen	10% v. 3969 t/a
Anwendung und Entsorgung von Emulsionen	992 t/a	Abwasser aus Anlagen	50% v. 1984 t/a
Summe	1384 t/a		23% v. 5953 t/a
Quelle: RA MCCP 03			

Tabelle 5.5.1: Marktvolumen und Freisetzung von MCCP in der EU (Verwendung als EP-Additiv)

5.5.2 Verfügbare Alternativen

Chlorierte Paraffine als EP-Additive können in vielen Metallbearbeitungsverfahren durch schwefel- oder phosphorhaltige Additive ersetzt werden. Auch synergistische Wirkungen durch die Kombination verschiedener Verbindungen (z.B. Phosphorsäureester und Schwefel-Additive) werden genutzt. Dabei sind es jeweils die Heteroatome (Schwefel, Phosphor), die unter Grenz- bzw. Mischreibungsbedingungen abgespalten werden und mit der Metalloberfläche zu Salzen reagieren, die eine verschleißmindernde Schutzschicht bilden. Schließlich haben polymere Ester, auch in Kombination mit anderen Additiven, in den letzten Jahren eine ständig zunehmende Bedeutung als EP-Additive erlangt.

Es gibt aber auch Anwendungen, in denen sich die Alternativen als ungeeignet erweisen. Um auch hier den Einsatz von Chlorparaffinen zu vermeiden kann es notwendig sein, den gesamten Prozess zu überprüfen und gegebenenfalls zu verändern oder umzuorganisieren (RPA MCCP 02).

5.5.2.1 Organische Schwefelverbindungen

Schwefelhaltige EP-Zusätze haben ein breites Anwendungsgebiet, und werden insbesondere in nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen eingesetzt. Polare Substanzen sind besonders geeignete Schwefelträger, da sie eine gute Adsorptionsfähigkeit haben und den Schwefel gleichzeitig gut verfügbar machen. Dadurch ist eine schnelle Reaktion zum Metallsulfid möglich. Sehr unterschiedliche schwefelhaltige, organische Verbindungen werden als EP-Additive eingesetzt (Kohlenwasserstoffe, Ester, Alkohole, Olefine, Fettsäuren, Fettsäureester). Sie basieren sowohl auf Mineralöl als auch auf nachwachsenden Rohstoffen. Polysulfide, in denen Schwefelbrücken aus 3-5 Schwefelatomen die organische Reste miteinander verbinden, sind besonders effizient (z.B. geschwefeltes Polyisobuten, Polypropylen oder Polystyrol (Korff 94, RPA MCCP 02).

Auch verschiedene, überbasische Sulfonate werden mit Erfolg als Alternative zu kurz- und mittelkettigen Chlorparaffinen eingesetzt, insbesondere in Kombination mit geschwefelten Alkylestern (RPA MCCP 02). Typische Vertreter sind hochbasige Calciumsalze von verzweigten, langkettigen Alkyl- und Benzylsulfonsäuren. Diese Additive gelten als geeignet, Chlorparaffine in Bearbeitungsverfahren mit hohen Druck- und Temperaturbedingungen zu ersetzen.

Technische Eignung und Kosten

Die Polarität des organischen Restes und die Affinität zur Metalloberfläche, sowie die Länge der Schwefelbrücken bestimmen die Wirksamkeit der Schwefelverbindungen als verschleißmindernde EP-Additive. Welche schwefelhaltige Verbindung als Ersatz für MCCPs am besten geeignet ist, hängt sehr stark von den jeweiligen Prozessbedingungen (Temperatur, Bearbeitungsgeschwindigkeit, Reibung, Viskosität) ab. Am häufigsten kommen geschwefelte Ester in Frage, die überwiegend in paraffinischen Ölen gut löslich sind und in vielen Verfahren eingesetzt werden können. Polysulfide sind aufgrund des labilen Schwefels in den Brücken reaktiver und entsprechend effektiver (Korff 94, RPA MCCP 02). Die Kosten schwefelhaltiger Additive sind meist vergleichbar mit denen der Chlorparaffine. Zur Verbesserung der Leistung wird die Kombination u.a. mit Phosphorsäureestern empfohlen. Elementarer Schwefel und andere "aktive" Schwefelverbindungen sind besonders reaktiv gegenüber Kupfer. Um Kupferkorrosion zu vermeiden, dürfen entsprechende Additive nicht bei der Bearbeitung von Buntmetallen eingesetzt werden (Hübner 94).

Stand der Anwendung

Schwefelhaltige Additive haben aufgrund der Vielzahl möglicher Verbindungen ein breites Anwendungsfeld. Dies betrifft sowohl die Spanne der zulässigen Bearbeitungstemperaturen als auch der Bearbeitungsverfahren (von einfachen Anforderungen bis zur Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe oder Hochdruckumformung bei komplizierten Geometrien der Werkstücke). Die meist gute Löslichkeit in paraffinischen Ölen ist die Voraussetzung dafür, dass diese Additive Chlorparaffine auch in Anwendungen mit Konzentrationen > 10% ersetzen können. Zu den meisten Produkten liegen mehrjährige positive Erfahrungen, auch in Kombination mit anderen Additiven vor, so dass für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen das spezifische Substitut für Chlorparaffine ausgewählt werden kann.

Ökologisch-gesundheitliche Vorteile, Nachteile

Geschwefelte Ester weisen im Gegensatz zu anderen Schwefelverbindungen eine helle Farbe, einen relativ guten Geruch und eine gute Hautverträglichkeit auf. Die Toxizität ist gering. Sie sind im Allgemeinen in die Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft.

Organische Polysulfide können dagegen hautreizend und sensitivierend wirken, einige sind mit R43 einzustufen und entsprechend zu kennzeichnen. Die Einstufung hängt teilweise auch von der Art der stabilisierenden Additive ab. Polysulfide sind außerdem brennbar und erzeugen bei thermischer Zersetzung brennbare und toxische Verbindungen (RPA MCCP 02). Die vorliegenden Sicherheitsdatenblätter deuten auf eine gute biologische

Primär-Abbaubarkeit und eine geringe Toxizität hin (Einstufung WGK 1). Allerdings sollten grundsätzlich zusätzliche Informationen über die Abbaubarkeit im OECD-Standard-Abbautest bei den Zulieferern eingeholt werden.

5.5.2.2 Organische Phosphorverbindungen

Als Additive in Kühlschmierstoffen findet auch eine Vielzahl organischer Phosphorverbindungen Verwendung. Zu nennen sind:

- neutrale Phosphorsäureester (Tri-n-butylphosphat, Tri-2-ethylhexylphosphat, Tri-oleylphosphat),
- neutrale Arylphosphate (Triphenylphosphat, Trikresylphosphat, Diphenylkresylphosphat, Phenyldikresylphosphat),
- saure Phosphorsäure-monoester und -diester und deren Salze,
- saure Arylphosphate und deren Salze,
- Mono-, Di- und Triester der o-Phosphorsäure und alkylaryl- bzw. arylsubstituierte Phosphorsäuren mit Polyethylenglykolen oder Polypropylenglykolen und deren Amin- bzw. Alkanolaminsalze,
- Phosphonsäuren, Phosphonsäurederivate und organische Phosphite.

Besondere Bedeutung haben hiervon die neutralen Phosphorsäureester sowie die sauren Phosphorsäure-monoester und -diester.

Aufgrund der Notwendigkeit Chlorparaffine in Kühlschmierstoffen zu ersetzen, finden organische Phosphorverbindungen, die bereits als Hilfsstoffe in verschiedenen anderen Branchen eingesetzt wurden, in den letzten Jahren auch zunehmend in Kühlschmierstoffen Verwendung. Ihr Einsatzgebiet reicht von den nichtwassermischbaren KSS bis zu den emulgierbaren Produkten (ggf. zusammen mit geeigneten Emulgatoren). Je nach Anwendungsfall können ihre Gehalte zwischen 3 und 25% variieren. Bei den phosphorhaltigen Additiven ist die Schutzwirkung geringer als bei den chlor- oder schwefelhaltigen Additiven, sie werden vorwiegend als Verschleißschutz (Schmierwirkung) eingesetzt. Ihre Bedeutung bei den EP-Additiven liegt vor allem in der Kombination mit schwefelhaltigen Additiven.

Technische Eignung und Kosten

Organische Phosphorverbindungen sind als Bestandteil von Kühlschmierstoffen insbesondere wegen ihrer Schmierwirkung für den Verschleißschutz bei der Metallbearbeitung von Bedeutung. Ein 1:1 Ersatz von Chlorparaffinen durch Organophosphate ist in der Regel nicht möglich.

Bei einer Reihe von organischen Phosphorverbindungen ist zu berücksichtigen, dass die Moleküle durch Hydrolyse zersetzt werden können (RPA MCCP 02). Das schränkt ihre Verwendbarkeit in emulgierbaren Kühlschmierstoffen entsprechend ein. Des Weiteren brennen manche Verbindungen (z.B. Zinkalkyldithiophosphat) unter den Temperaturen der Hochdruckmetallbearbeitung nicht rückstandsfrei von den bearbeiteten Werkstücken ab bzw. dun-

dunsten nicht ab. Die Rückstände müssen gegebenenfalls zeitaufwendig entfernt werden. Der Einsatz von Zinkphosphatverbindungen in KSS ist außerdem hinsichtlich einer erforderlichen Abwasserbehandlung nachteilig.

Die technische Eignung und die Kosten (Produkt- und Zusatzkosten) sind sehr fallspezifisch. Generelle Aussagen sind nicht möglich.

Stand der Anwendung

Insbesondere im Umgang mit unterschiedlichen Phosphorsäureestern wurden in der Regel positive Erfahrungen gemacht. Sie können wie die schwefelhaltigen Additive gezielt für spezifische Anwendungen genutzt werden. Aufgrund der Vielfalt der Verbindungen und ihrer Kombinierbarkeit, sind mit zunehmenden Erfahrungen weitere Verbesserungen und Anwendungserfolge zu erwarten.

Ökologisch-gesundheitliche Vorteile, Nachteile

Da eine Vielfalt von organischen Phosphorverbindungen zur Anwendung kommt, variieren auch die ökologisch-gesundheitlichen Eigenschaften. Die biologische Abbaubarkeit hängt stark von der Struktur der Verbindungen ab. Die den Autoren vorliegenden Sicherheitsdatenblätter für einige der Produkte deuten auf eine potentielle, nicht aber auf eine leichte biologische Abbaubarkeit hin. Eine Beurteilung möglicher toxischer Wirkungen in Gewässern oder des Bioakkumulationspotentials ist anhand der Sicherheitsdatenblätter hingegen nicht möglich: Daten zur Wasserlöslichkeit⁵ und zum $\log K_{ow}$ fehlen. Allerdings deutet die Einstufung in WGK 1 auf eher unproblematische Eigenschaften hin. Obwohl die Vorteile im Vergleich zu Chlorparaffinen offensichtlich sind, sollte die Datenlage im Hinblick auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften verbessert werden.

5.5.2.3 Polymerester

Polymerester, die aus Dicarbonsäuren und Diolen polykondensiert werden, finden ebenfalls zunehmend Anwendung als EP-Additive. Ein relativ neues Produkt mit besonders günstigen Eigenschaften sind Copolymere aus Olefinen und ungesättigten Dicarbonsäuren, die mit Alkoholen kurzer bis mittlerer Kettenlänge verestert sind. Da diese speziellen Polymerester aus C=C-Bindungen verknüpft werden, sind es "echte" Polymere, deren Hydrolyse nicht das Molekül als Ganzes zerstört.

Mit den speziellen hydrolysefesten Polymerestern sind Additive verfügbar, die auch emulgierbaren Produkten lange Standzeiten verleihen. Nach Herstellerangaben ist die Prozesssicherheit bei Verwendung dieser Produkte hoch. Beim Verschleißschutz und der Oberflächengüte werden die Eigenschaften der Chlorparaffine erreicht. Die Gleiteigenschaften sind günstig, die Viskosität der Additive ist in einem relativ weiten Bereich einstellbar. Zusammen mit Verschleißschutzmitteln und anderen EP-Additiven können Kühlschmierstoffe hergestellt werden, die den chlorparaffinhaltigen technisch gleichwertig sind. Darüber hinaus eignen

⁵ Im akuten Fisch-Test wurden Effekte zwischen 10 und 100 mg/l beobachtet. Die Relevanz der Ergebnisse kann allerdings nur beurteilt werden, wenn die Daten zur Wasserlöslichkeit vorliegen.

sich diese Produkte auch für die Bearbeitung von Buntmetallen. Die besonderen Eigenschaften dieser speziellen Polymerester schlagen sich jedoch in wesentlich höheren Kosten verglichen mit phosphorhaltigen Additiven nieder.

Ökologisch-gesundheitliche Vorteile, Nachteile

Anhand der vorliegenden Daten lassen sich die umweltbezogenen Eigenschaften der Polymerester nicht beurteilen. Bevor diese Alternativen zum Einsatz kommen, sollte ermittelt werden, ob und in welchem Umfang eine Freisetzung in die Umwelt erfolgen kann und wie sich die entsprechenden Stoffe unter Umweltbedingungen verhalten werden.

5.5.3 Strategie zur Substitution von Chlorparaffinen

Chlorparaffine sind in fast allen traditionellen Verwendungen substituierbar, wie die technischen Erfahrungen im Bereich Teilefertigung für den Automobilbau zeigen. Besondere Probleme beim Ersatz von Chlorparaffinen gibt es allerdings bislang noch beim Umformen komplexer Werkstücke insbesondere aus Edelstahl.

In Deutschland wurde der Einsatz von Chlorparaffinen bereits weitgehend reduziert. In Zusammenarbeit zwischen Kühlschmierstoffherstellern und –anwendern wurden Substitutionsprodukte entwickelt und erprobt, die es z.B. den Automobilherstellern ermöglichen, heute vollständig auf den Einsatz von Chlorparaffinen zu verzichten.

Im Gegensatz zu den sehr universell einsetzbaren Chlorparaffinen sind beim Einsatz der Substitute die spezifischen Randbedingungen und technischen Anforderungen stärker zu berücksichtigen und aus der Vielzahl der angebotenen Ersatzprodukte ist das jeweils geeignete Produkt auszuwählen. Da die Substitute bereits seit einigen Jahren angeboten, erprobt und angewendet werden, liegen den Herstellern inzwischen detaillierte Erfahrungen vor, die bei der Auswahl genutzt werden können. Die Erfahrungen der Automobilhersteller und deren Zulieferer sind auf viele andere metallbearbeitende Betriebe übertragbar. Mögliche ökologische und gesundheitliche Vorteile der Ersatzstoffe gegenüber den Chlorparaffinen lassen sich anhand der vorliegenden Sicherheitsdatenblätter allerdings nur teilweise nachvollziehen. Genauere Informationen zum möglichen Umweltverhalten der jeweiligen Produktkomponenten sollten von den Zulieferern erfragt werden.

Anhang - Literatur

Hübner 94: J. Hübner: Aufbau moderner Kühlschmierstoffe. Tribologie + Schmierungstechnik. 41. Jg., 1994, Heft 2, S. 97 - 104

Korff 94: J. Korff: Additive für Kühlschmierstoffe; Band 433, Kontakt & Studium, Tribologie: Additive für Schmierstoffe; Expert Verlag, 1994

OSPAR CP: Draft OSPAR Background Document on the Grouping of Substances for Assessment Purposes, Based on the Example of Short-, Medium- and Long-Chained Chlorinated Paraffins

RPA MCCP 02: Risk & Policy Analysts Limited (Norfolk): Information on Substitutes for Medium Chain Chlorinated Paraffins, Task 2 Final Report, March 2002

RA MCCP 03: Draft EU Risk Assessment für chlorierte Paraffine, C14-17, CHLORO, Februar 2003 (Berichterstatter Vereinigtes Königreich)

RA SCCP 99: EU Risk Assessment für chlorierte Paraffine, C10-13, CHLORO, Dezember 1999 (Berichterstatter Vereinigtes Königreich)

Firmen, die im Projekt Sicherheitsdatenblätter zu Kühlschmierstoffadditiven zur Verfügung gestellt haben:

Akzo Nobel Chemicals GmbH

Carl Becker Chemie, Niederlassung der Lubrizol Coating Additives GmbH

Clariant GmbH

DOG Deutsche Ölfabrik Gesellschaft für chemische Erzeugnisse mbH Co KG

Lubrizol Deutschland GmbH

Rhein Chemie Rheinau GmbH