

Ein nachhaltiges Entwicklungskonzept für Schmierstoffe für die Produktion von Morgen

Dwuletzki, H. (1)

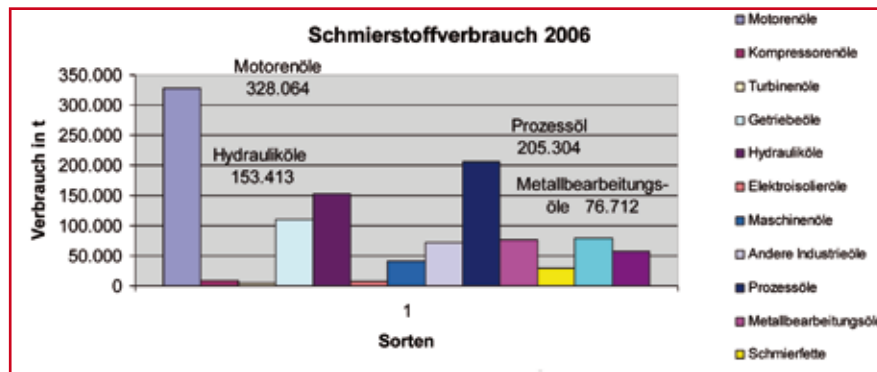


Bild 1: Schmierstoffverbrauch im Jahr 2006

Herausforderungen der Zukunft

Die Entwicklungen der jüngsten Zeit in Deutschland machen deutlich, dass umwelt-, energie- und rohstoffpolitische Aspekte der modernen Produktion von Morgen mehr und mehr in das Bewusstsein der Öffentlichkeit rücken. Entscheidende globale Herausforderungen sind:

- Wachsende Weltbevölkerung: Vielleicht 10 Milliarden im Jahr 2030?
- Wachsende Märkte: Beispiel der BRIC-Staaten,
- Wachsende Nachfrage: „Jedem Chinesen einen VW (Piech)“,
- Wachsender Verbrauch von Rohstoffen. Wachstum - das Credo der Volkswirtschaftler - entwickelt sich zur weltpolitischen Katastrophe, falls die Produzenten die Umstellung auf die Verwendung von nachhaltigen, umweltneutralen Rohstoffen „verschlafen“.

Welche Möglichkeiten bieten sich z.B. einem Schmierstoffhersteller, um aktiv Wege aus dieser Rohstoff-Falle zu finden?

Rohstoffe für den Schmierstoffeinsatz

Die aktuellen Verbrauchswerte von Schmierstoffen aus dem Jahr 2006 sind für Deutschland bekannt; vgl. Bild 1 [1]. Hieraus ergeben sich bei vorsichtiger Schätzung ca. 97 % nichtwassermischbare Schmier-

stoffe, die zum überwiegenden Teil auf Mineralöl und Mineralölderivaten basieren. Vorsichtig kann der Anteil Mineralöl hieran auf ca. 90 % veranschlagt werden, d.h. der Markt verbraucht ca. 1.000.000 Tonnen Mineralöl pro Jahr in Deutschland. Zu diesen Zahlen bedürfen der weiteren Anmerkungen:

Laut Umweltbericht der BP 2006 [2] werden die Erdölreserven folgendermaßen geschätzt:

- Gesamte Ölvorräte:
 - optimistisch-politisch: 3.000 Mrd. Barrel
 - realistisch: 1.800 – 2.200 Mrd. Barrel
- BP-Angaben gesicherte: 1.200 Mrd. Barrel
- In ca. 150 Jahren wurden davon ca. 875 Mrd. Barrel (30 %) gefördert, wobei ca. 80 % hiervon in den letzten 30 Jahren verbraucht wurden. Die Fördermengen pro Tag entwickelten sich dem entsprechend:

1997: 71 Mill. Barrel

- 2000: 60 Mill. Barrel
- 2005: 81 Mill. Barrel
- 2020: 120 Mill. Barrel geschätzt

Der weltweite jährliche Verbrauch von Erdöl liegt z. Zt. bei ca. 24 Mrd. Barrel. Der Weltenergiebericht für das Jahr 2010 der International Energy Agency (IEA[3]) hat dieser alarmierenden Entwicklung nahezu unbeobachtet von der Weltöffentlichkeit Rechnung getragen, da dieser den Zeitpunkt des „peak oil“ von 2020 (IEA-Bericht 2009) auf 2006 korrigieren musste. Peak oil beschreibt das Gleichgewicht der täglichen Rohölförderung mit dessen Verbrauch. Das bedeutet, dass bereits seit 2006 das tägliche Fördermaximum erreicht wurde und nicht weiter steigerbar ist. Für 2035 wird die tägliche Fördermenge des mit konventionellen Mitteln förderbaren Rohöls mit ca. 20 Mill. Barrel angesetzt und die Gesamtmenge mit 99 Mill. Barrel.

Erstaunlicherweise ist dieser Bericht von der Weltöffentlichkeit scheinbar unbemerkt geblieben. Oder war der Inhalt bereits bei allen führenden Ölkonzernen hinlänglich bekannt?

So erläuterte z.B. Phil Watts (CEO Royal Dutch) vor der UNO bereits am 25.09.2001 [4]: „Shell betreibt den Ausstieg aus dem Kohlenwasserstoffzeitalter und investiert in Wasserstoff“ und die BP formuliert das Kürzel BP für British Petroleum um in: Beyond Petroleum.

Vor diesem Hintergrund gewinnen solche Projekte an Relevanz, die aufgelegt wurden, um die zukünftige Energie/Mineralölversorgung abzusichern; z.B. mittels Gas-To-Liquid (GTL)- oder Biomass-To-Liquid (BTL)-Strategie als Ersatz von Kohlenwasserstoffen in Treibstoffen durch Bio-basierte Energieträger.

Generell wird diese Ersatzstrategie auch von den führenden Mineralöl- und Chemiekonzernen verfolgt: Die globale Landwirtschaft wird mehr und mehr zum Energielieferanten und sieht sich zunehmend in der Zwickmühle zwischen der klassi-

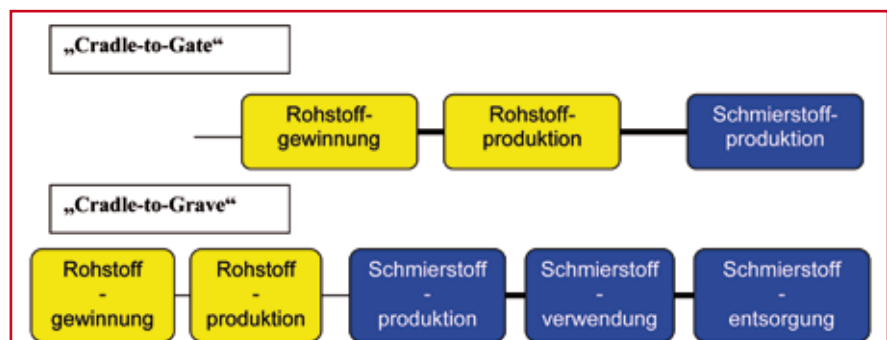


Bild 2: Zweistufiges LCA-Konzept zur Ermittlung der Umwelteinflüsse durch Schmierstoffe

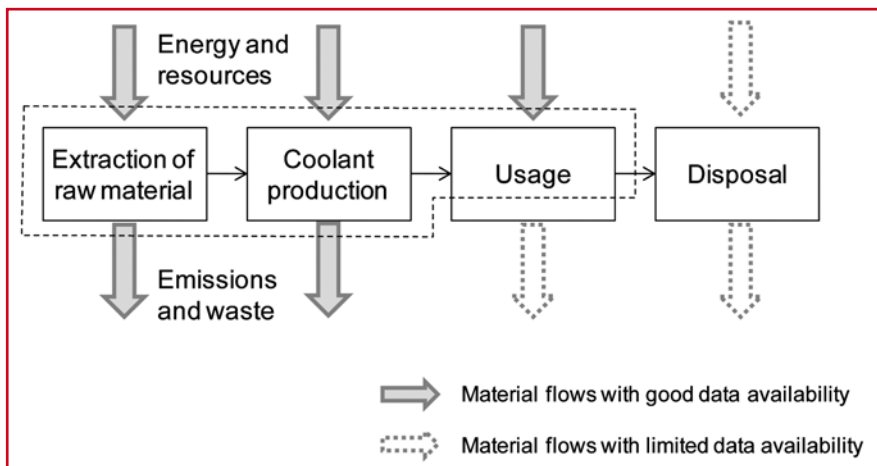


Bild 3: Datenströme für eine LCA-Analyse

schen Aufgabe als Lebensmittelproduzent und dem modernen Energieversorger der Zukunft. So stellt z.B. die Evonik das Konzept der ihrer Rohstoffbeschaffung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) in den Mittelpunkt ihrer zukünftigen Strategie [5].

Bei einer prognostizierten Bevölkerungszahl in 2025 von ca. 8 bis 9 Mrd. Menschen werden die Grenzen der Belastbarkeit der Landwirtschaft als alternativer Energieproduzent bald erreicht sein. Der gestiegene Maiseinsatz zur energetischen Ethanolgewinnung in USA führte umgehend zu einem Anstieg der Tortilla-Preise in Mexico und zeigt, dass die Welt sich in einen Teufelskreis hineinbewegt, in dem der Energiehunger der Industrie mit dem Hunger der Bevölkerung konkurriert.

Das Konzept der nachhaltigen Schmierstoffentwicklung

Die klassische Schmierstoffentwicklung beruht auf dem Ansatz, dem Anwender eine auf die Gesamtkosten bezogene Profitabilität der Produktion zu ermöglichen. In keiner Weise werden hierbei Kosten für Nachhaltigkeit, Umweltbelastung und Ressourceneffizienz hinzugerechnet.

Zukünftige Entwicklungen werden diese berücksichtigen müssen, d.h. die

- Verwendung von Rohstoffen in Abhängigkeit von deren Umweltbelastung,
- Ermittlung von Daten, die diesen Einfluss deutlich machen,
- Bewertung von Rohstoffen und Chemikalien in Form einer LCA,
- Umweltkenntnisse der Rohstoffe werden das Design der Produkte bestimmen, bevor diese entwickelt und in den Markt gebracht werden.

Auf der Basis von Rohstoffdaten wie z.B. des Life Cycle Assessment (LCA) können folgende Einflüsse abgeschätzt werden:

- Verwendung des Rohstoffs,
 - Verbrauch des Rohstoffs,
 - Entsorgung des Rohstoffs,
- wobei das Life Cycle Impact Assessment die Umwelteinflüsse aufzeigt hinsichtlich:
- Erderwärmung, Treibhauseffekt,
 - Abiotischer Ressourcenverbrauch,
 - Eutrophierung,
 - Ozonabbau,
 - Acidifizierung,
 - und andere (z.B. Sommer Smog).

Diese allgemeinen Kriterien können auf Schmierstoffe angewandt werden:

In einem zweistufigen Konzept wird der Einfluss der Schmierstoffproduktion sowie der Schmierstoffverwendung auf die ökologische Belastung ermittelt, wobei zuerst in einer Cradle-to-Gate –Betrachtung die Produktion eines Schmierstoffs und im zweiten Schritt der zusätzliche Einfluss durch die Schmierstoffanwendung und

–entsorgung (als Cradle-to-Grave) ermittelt wird (vgl. Bild 2 und 4):

Eine Vielzahl der notwendigen Daten sind relativ einfach zu generieren, andererseits dürften aussagefähige Daten zum Schmierstoffgebrauch und der Entsorgung (vgl. Bild 3) im Detail schwerer erhältlich sein: (Daten mit freundlicher Genehmigung TUI Braunschweig, IWF, Prof. Dr. Herrmann)

Im Zuge einer Basismodellrechnung werden die Umwelteinflüsse von Schmierstoffen mit unterschiedlichem Aufbau betrachtet, wobei der wesentliche Unterschied darin besteht, dass mineralöhlhaltige und mineralölfreie Schmierstoffsysteme miteinander verglichen werden.

Der Vergleich der Umweltbelastung von Schmierstoffen, die auf (a) Mineralöl, (b) Glycerin oder (c) polymerem, viskosem Wasser basieren zeigt Bild 5.

Der Einsatz und die Verwendung von Mineralöl als Basisflüssigkeit für Schmierstoffe haben den größten Einfluss, so dass dieser Schmierstofftyp als Normierungsgröße mit 100 % für den relativen Vergleich zu mineralölfreien Systemen dient. Diese grundsätzliche Betrachtung legt nahe, mineralölfreie Schmierstoff-Formulierungen als möglichen Weg aus der oben geschilderten Ressourcenfalle hin zu ökologisch nachhaltigen Produkten der Zukunft anzusehen.

Berfluid – ein wasserbasiertes, viskoses Schmierstoffsystem mit außerordentlich positiven Umwelteigenschaften

Die wesentlichen Eigenschaften von nichtwassermischbaren Schmierstoffen

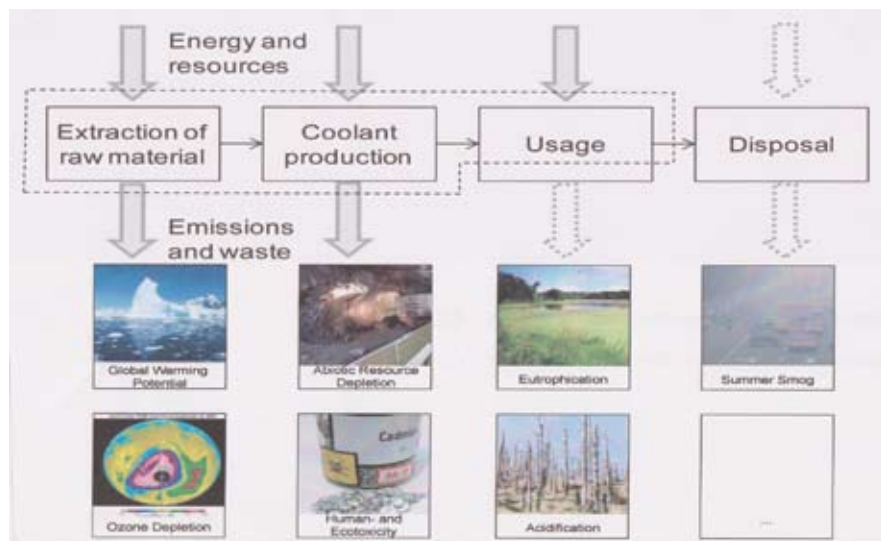


Bild 4: Auswirkungen der Stoffströme auf Umwelteinflüsse

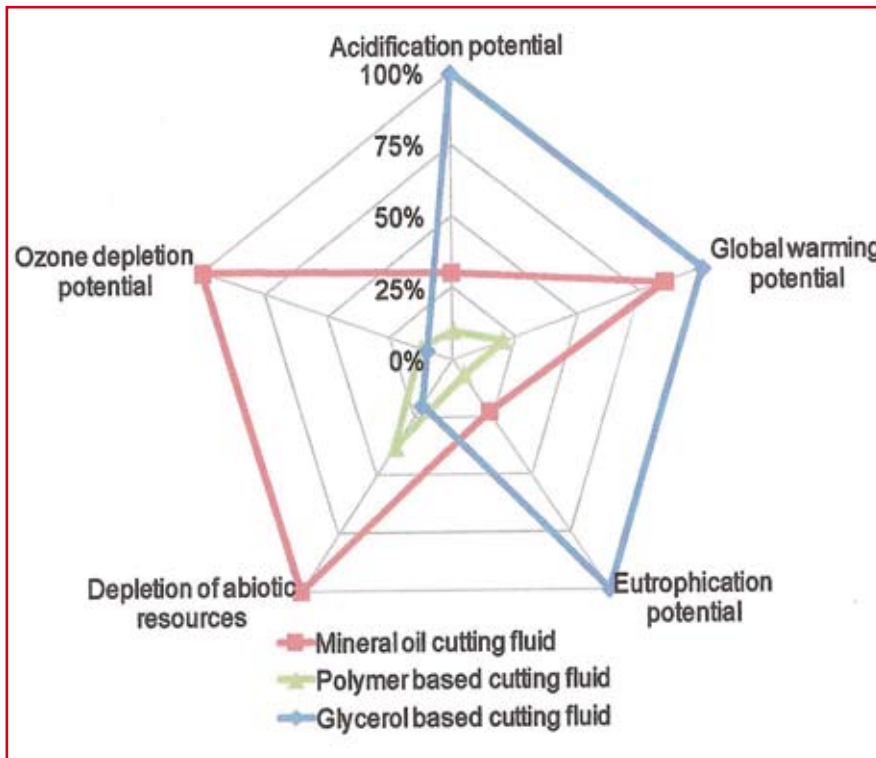


Bild 5: LCA-basierte Umwelteinflüsse verschiedener Schmierstoff-Systeme

für die Metallbearbeitung umfassen unter anderem:

- Prozess-optimal niedrige Viskosität bedingt: hohe Verdampfungsneigung, niedrigen Flammpunkt.
- Hohes Maß an Sicherheitsauflagen: Brandschutzanlagen und Explosionsschutzvorrichtungen, Hohe Wartungs- und Versicherungskosten.
- Hoher Einfluss auf Arbeitsplatzsicherheit und Umweltbelastung
- Auswirkungen auf die möglichen Gesundheitsbelastungen: Neues GHS-Kennzeichen ab 2010 für alle Viskositäten $V_{40} < 20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$: H 304 „Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein“.
- Tribologische Wirksamkeit: „Schmiervermögen“.
- Korrosionsschutz,
- Einfaches Handling, da der Anlieferungszustand = Anwendungszustand ist,
- Inhouse-Monitoring des Mediums sehr einfach und wenig aufwendig,
- Sehr selten mikrobielle Belastung der nichtwassermischbaren Medien.

Besonders die Schmierungseigenschaften und die unkomplizierte Handhabung haben zur weiten Verbreitung dieses Schmierstofftyps beigetragen. Unter

Zugrundelegung der oben geschilderten Life Cycle Einflussgrößen sind auf Kohlenwasserstoffen basierte Medien zunehmend kritisch zu bewerten. Dennoch muss ein geeignetes Ersatzmedium die wesentlichen Eigenschaften von Mineralöl aufweisen: Schmierungseigenschaften und Viskosität.

Unter Verwendung biogener Polymere gelang es, eine viskose, gut schmierende Basisflüssigkeit zu entwickeln („Berufluid“), die ähnliche tribologische Eigenschaften aufweist wie konventionelle nichtwassermischbare Metallbearbeitungsmedien. (siehe Bilder 7a und 7b: Vergleich des Reichert- und Brugger-Lasttragevermögens)

Völlig überraschend ergibt der Vergleich mit isoviskosen Grundölen bereits deutliche Verbesserungen im Lasttragevermögen des nichtadditivierten „viskosen Wassers“:

Praxiserfahrungen mit viskosen, wasserbasierten Berufluid-Systemen

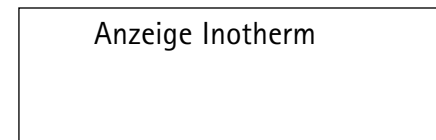
Die positiven tribologischen Eigenschaften ermutigten zu umfangreichen Feldversuchen, um das Potential dieser neuen, ökologisch weitgehend neutralen Schmierstoffklasse in der Praxis zu prüfen.

Es wurden Erfahrungen gesammelt bei Zerspanungsoperationen mit geometrisch nicht definiertem Werkzeug (Schleifen):

- Hochgeschwindigkeitsschleifen in der Werkzeugherstellung,
 - Walzenschleifen,
 - Zahnradschleifen,
- bei Zerspanungsoperationen mit geometrisch definierten Werkzeugen:
- Drehen, Bohren, Fräsen,
 - Tiefbohren,
 - Abwälzfräsen,
- sowie verschiedenen Umformoperationen:
- Gewindewalzen,
 - Umformen von Blechen.

Bleihaltige als auch bleifreie Armaturen-Messing-Legierungen können mit additiviertem viskosem Wasser problemlos bearbeitet werden; Walzen für die Her-

Anzeige



stellung von Blechen auch im NE-Bereich lassen sich mit niedrig viskosen Berufluid-Typen erfolgreich schleifen.

Ausgelöst durch die erfolgreichen Versuche, erprobt die Firmengruppe ETNA und ETNA-BEHEM zur Zeit, mit mineralölfreien, viskosen, wasserlöslichen Umformmedien die Übertragung dieser Grundsatzidee auf ein Kerneinsatzge-

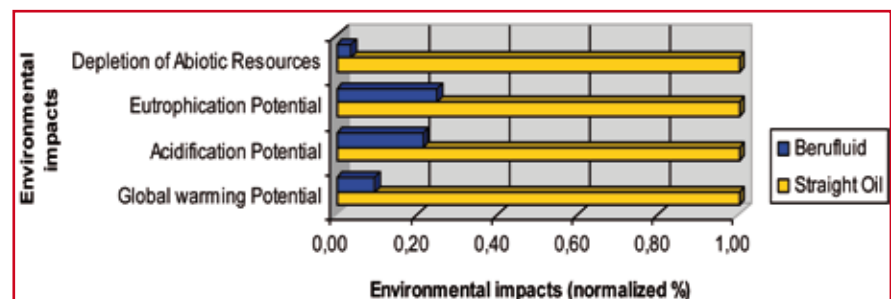


Bild 6: Umwelteinfluss von verschiedenen Schmierstoffarten

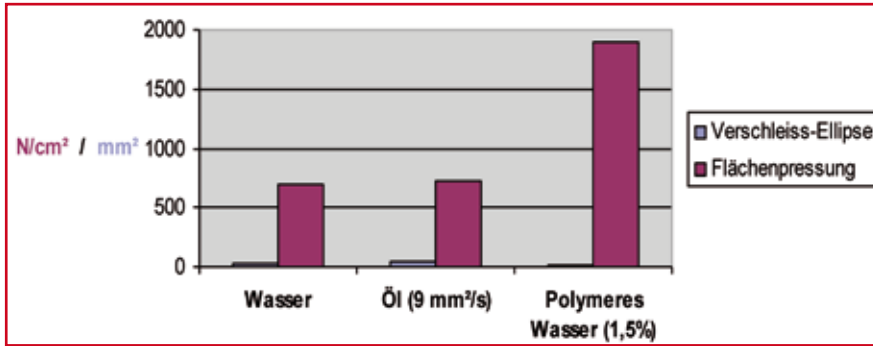


Bild 7a: Reichert-Reibverschleiß-Vergleich

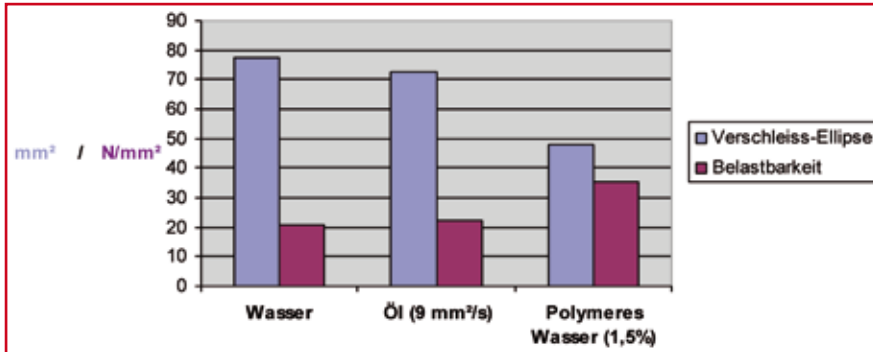


Bild 7b: Brugger-Vergleich

biet mineralölbasierter Hochleistungsschmierstoffe: Der Kupferrohrherstellung. Einige erfolgreiche Versuche zeigen schon jetzt ein erfreulich hohes Potential dieser neuartigen Systeme („NMO-Lubricants“) auf, die in der Zukunft ihr großes ökologisches Potential entfalten werden.

Zusammenfassung

Auf der Basis von grundlegenden LCA-Daten von Rohstoffen wurden Schmierstoffsysteme entwickelt, deren Verwendung eine sehr geringe Belastung der Umwelt bedeuten. Neben dem Ersatz von

wertvollem Mineralöl werden erstaunliche Bearbeitungsergebnisse in der Praxis erzielt, die ermutigen, diesen Weg der nachhaltigen, ressourcenschonenden Schmierstoffentwicklung weiterzuziehen.

Literatur

- [1] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Referat 423, Amtliche Mineralöl-daten; Entwicklung der Inlandsschmierstoff-ablieferungen 2005 und 2006
- [2] BP Statistical Review of World Energy 2007, www.bp.com
- [3] Energiebericht der Internationalen Energie-behörde 2009 und 2010; www.iea.org
- [4] In: J. Rifkin, The Hydrogen economy, Pen-guin Putnam, 2002, S. 188
- [5] EVONIK-Magazin, 2. Ausgabe, Seite 42, 2010
- [7] C. Herrmann, European Forum on Metal-working Fluids, Bad Nauheim 2010
- [8] Polymer Water as Optimal Cutting Fluid - An Analysis of Environmental Advantages, In: 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Madison 2011; A. Zein, G. Öhl-schläger, C. Herrmann,
- [9] H. Dwuletcki, Schleiftagung Fellbach, 2011

(1) *Dipl. Chem., Dr. rer. nat. Heinz Dwuletcki, Carl Bechem GmbH, Hagen, Germany*