

Akademische Edition Umweltforschung

Publikationsreihe des interdisziplinären
Umwelt-Forums der RWTH Aachen

Band 50/2012

Jana Bressling

**Life Cycle Assessment der
alterungsbedingten Umweltverträglichkeit
biogener Hydraulik-Schmierstoffe**

Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Dott
Institut für Hygiene und Umweltmedizin

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2012)

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0968-2

ISSN 1437-532X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Biogene Hydraulik-Schmierstoffe auf Basis synthetischer Ester (Kategorie: HEES) besitzen im ungebrauchten Zustand eine gute Umweltverträglichkeit, so dass sie in der Regel in die WGK 1 oder als „nicht wassergefährdend“ eingestuft werden. Die während der Lagerung und tribologischen Anwendung auftretenden chemischen und toxikologischen Veränderungen, spielen bei der Einstufung von Schmierstoffen in Wassergefährdungsklassen bisher keine Rolle. Die Alterungs- bzw. Oxidationsstabilität gewinnt jedoch einen Bedeutungszuwachs, da sie neben der Lagerungszeit die Einsatzdauer von Schmierstoffen im tribologischen System bestimmt. Da es bei Unfällen oder Hydraulikleckagen immer zu direkten und unkontrollierten Einträgen in die Umwelt kommt, ist es unerlässlich abschätzen zu können, ob eine Umweltgefährdung durch Gebrauchtöle bzw. Altöle besteht. Mit einem vermehrten Einsatz biogener Hydraulik-Schmierstoffe in umweltsensiblen Bereichen besteht somit die Notwendigkeit für ein geeignetes Untersuchungs- und Bewertungskonzept im Rahmen eines Life Cycle Assessments (LCA).

Die in dieser Arbeit angewandten aquatischen Testverfahren mit dem Water Soluble Fraction (WSF)-Konzept erlauben ein einfaches und schnelles Screening des alterungsbedingten ökotoxischen Potentials von Schmierstoffen durch oxidative Prozesse und tribologische Anwendung und ermöglichen darüber hinaus den Einsatz miniaturisierter Testverfahren. Zum Nachweis des genotoxischen Potentials hat sich der umu-Test als geeigneter Indikatortest für auftretende geno- und zytotoxische Effekte durch oxidative Reaktionen herausgestellt. Da Hydraulik-Schmierstoffe nicht selten in die Umwelt gelangen, ist die Prüfung der aeroben biologischen Abbaubarkeit für die Bewertung ihrer Umweltverträglichkeit unerlässlich. Der optimierte O_2/CO_2 -Headspace Test hat sich dabei als geeignetes Verfahren für die Untersuchung biogener Schmierstoffe im Rahmen eines LCA bewährt und stellt somit eine vergleichbare Methode der geforderten Prüfverfahren für die Vergabe von Umweltzeichen dar. Darüber hinaus ermöglicht die Kombination aus biologischen Testverfahren und chemischer Analytik eine ganzheitliche Untersuchung der Auswirkungen und Ursachen alterungsbedingter Veränderungen von Hydraulik-Schmierstoffen nach tribologischer Anwendung. Die Quantifizierung des Metallgehaltes in Gebrauchtölen sowie die Bestimmung des wässrig verfügbaren Metallgehaltes ermöglicht eine bessere Interpretation und Unterscheidung der alterungsbedingten aquatischen Ökotoxizität. Die zusätzliche Charakterisierung der gebrauchsbedingten Veränderungen der ökologischen Eigenschaften erlaubt eine umfassende Bewertung und ist ein noch weitgehend unbekannter, aber wichtiger Aspekt in Hinsicht auf die Ökobilanz von Schmierstoffen. Eine solche methodische Vorgehensweise ermöglicht somit die Rückkopplung der gewünschten Produkteigenschaften auf die Herstellungsweise.

Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse konnte gezeigt werden, dass die Optimierung der Schmierstoffsynthese auf Basis pflanzlicher Edukte (HOSO) zu einer erfolgreichen Reproduzierbarkeit synthetischer Ester und somit auch zu einer gleich bleibenden Umweltverträglichkeit führt. Die Lagerung einfacher synthetischer Ester und komplexer Ester-Mischungen führt zu einer oxidativ bedingten Toxizitätszunahme mit zunehmender Temperatur und Lagerungszeit. Die alterungsbedingte Toxizität korreliert dabei mit dem steigenden DOC-Gehalt der WSF. Die für Hydraulik-Schmierstoffe typische kinematische Viskosität von $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ wirkt sich positiv

auf die Lagerung bei Raumtemperatur aus, da sie einen langsameren oxidativen Abbau durch Sauerstoffdiffusion bewirkt. Das Alterungsverhalten synthetischer Ester bei tribologischer Anwendung ist unabhängig von ihrem vorherigen Syntheseprozess bzw. ihrer Lagerung, so dass biogene Hydraulik-Schmierstoffe durchaus auch nach vorheriger Lagerung noch in umweltverträglichen hydraulischen Anlagen eingesetzt werden können. Die Langzeituntersuchung im umweltfreundlichen Tribosystem führt trotz Metalleintrag zu einer Abnahme des bereits durch Lagerungsprozesse vorhandenen öko- und genotoxischen Potentials. Bei kurzer Gebrauchsdauer hingegen korreliert der Metallgehalt mit der Ökotoxizität, da hier die tribologische Belastung im Vordergrund steht. Die Beeinflussung und Veränderung der Toxizität ist daher nicht ausschließlich vom Metallgehalt im Schmierstoff abhängig, sondern hauptsächlich von seiner alterungsbedingten Veränderung durch den Gebrauch.