

Ökobilanzierung von Kühlschmierstoffsystemen in der Metallbearbeitung – Bewertung von Umweltauswirkungen am Beispiel der Kurbelwellenfertigung

Motivation

Der Einsatz von Kühlschmierstoff (KSS) ist in der industriellen Metallbearbeitung weit verbreitet, da durch ihre Kühl-, Schmier- und Spülwirkung ein leistungsfähiger und wirtschaftlicher Zerspanungsprozess ermöglicht wird. Durch ihren Einsatz wird der Werkzeugverschleiß gesenkt, die Oberflächengüte verbessert und thermisch bedingte Fehler werden minimiert. In der Regel werden hierzu konventionelle wassermischbare (Emulsion oder Lösung) oder nichtwassermischbare (Bearbeitungsöl) KSS auf Mineralölbasis eingesetzt. Die Gewinnung, Produktion, Verwendung und Entsorgung von Mineralöl ist jedoch mit vielfältigen, negativen ökologischen Einflüssen verbunden. Darüber hinaus hat die Auswahl des jeweiligen KSS auch aus Prozesskettensicht einen ökologischen Einfluss. Ein großer Anteil des eingesetzten Kühlschmierstoffs wird innerhalb des Prozesses über die Anhaftung am Werkstück ausgeschleppt. Abhängig davon welche Art von KSS in dem darauf folgenden Prozessschritt eingesetzt wird, muss ein aufwendiger Zwischenwaschschritt erfolgen. Um diesen Problemen entgegen zu wirken wurde von der Oemeta Chemische Werke GmbH ein Multifunktionsöl „Hycut“ entwickelt, welches sowohl als nichtwassermischbares Bearbeitungsöl, als auch als wassermischbare Emulsion eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zu den konventionellen KSS wurde es auf Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt. Der Einsatz des nativ-basierten Multifunktionsöls lässt gegenüber dem Einsatz des mineralölbasierten Kühlschmierstoffs demnach Umweltvorteile erwarten. In diesem Sinne wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig die potentiellen Umweltwirkungen des Multifunktionsöls „Hycut“ anhand einer Ökobilanz (basierend auf ISO 14040 (ohne externe Kritische Prüfung)) untersucht und denen eines konventionellen, mineralölbasierten Referenzschmierstoffsystems gegenübergestellt.

Methode - Ökobilanz

Im Sinne einer ganzheitlichen Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten wird der gesamte Lebensweg eines Produktes betrachtet – von der Rohstoffgewinnung über Produktherstellung und Nutzung bis zur Entsorgung, also „von der Wiege bis zur Bahre“. Dabei werden entlang des Lebensweges sowohl die verbrauchten Ressourcen als auch die entstandenen Emissionen bei allen betrachteten Prozessen, z.B. bei den Produktions- und Entsorgungsprozessen, der Energieerzeugung, den Transporten etc., erfasst und in Umweltwirkungen umgerechnet. Die Ergebnisse werden in Bezug auf eine Leitsubstanz ausgedrückt. Beispielsweise wird das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) auf die Leitsubstanz CO₂ bezogen und in kg CO₂-Äquivalenten angegeben. Weitere hier betrachtete Umweltaspekte sind die Versauerung (in kg SO₂-eq), die Nährstoffanreicherung in Böden und Gewässern (Eutrophierung in kg PO₄-eq) und der sogenannte abiotische Ressourcenverbrauch (in kg Antimon(Sb)-eq), also der Verbrauch an mineralischen und fossilen Rohstoffen wie Metalle, Erdöl, Erdgas und Kohle. Für die lebenswegübergreifende Bewertung von Produkten und Dienstleistungen hat sich die Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) durchgesetzt. Die Methode ist international anerkannt und genormt (ISO 14040). Zur



Durchführung der Ökobilanz wurde für diesen Beitrag die Software Umberto mit der ecoinvent-Datenbank verwendet.

Untersuchungsrahmen der Fallstudie

Die Ökobilanz (in Anlehnung an ISO 14040 (ohne externe Kritische Prüfung)) wurde im Rahmen einer Fallstudie bei einem Motorenwerk eines deutschen Automobilherstellers in Österreich durchgeführt. Es wurde hierbei die Prozesskette zur Kurbelwellenproduktion betrachtet, die sich aus den unterschiedlichsten Bearbeitungsprozessen, wie z.B. Fräsen, Drehen, Tiefbohren und Schleifen zusammensetzt. Die Prozesskette zeichnet sich dabei durch einen häufigen Wechsel von wassermischbaren und nichtwassermischbaren KSS, entsprechend den spezifischen Anforderungen bei den einzelnen Bearbeitungsprozessen, aus (siehe Abbildung 1).

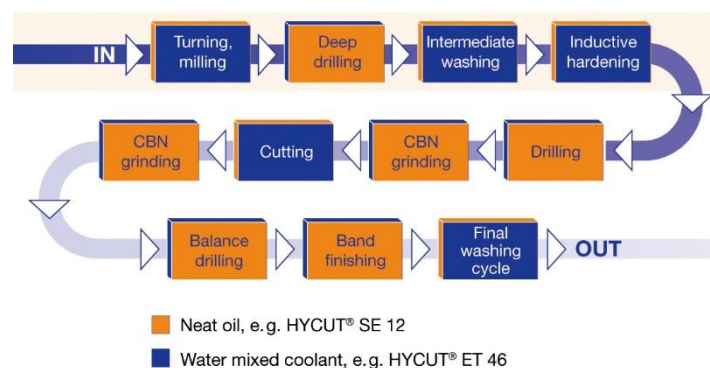


Abbildung 1: Prozesskettenlayout

Die Prozesskette wird in der Praxis bereits mit dem esterbasierten Multifunktionsöl „Hycut“ betrieben, welches so aufgebaut ist, dass die wassermischbaren und nichtwassermischbaren Komponenten kompatibel sind. Ein gegenseitiges Einschleppen von KSS-Anhaftungen an Bauteilen muss hiermit nicht vermieden werden, sondern ist sogar erwünscht. Dies führt im Vergleich zu den mineralölbasierten Referenzprodukten zu einem deutlich effizienteren Einsatz der Kühlschmierstoffe in der gesamten Fertigungslinie, da Zwischenwaschschritte und KSS-Verluste hier weitgehend vermieden werden können. Insbesondere die Wiederverwendung des Waschmediums aus der Bauteilreinigung als KSS für die Bearbeitungsprozesse wirkt sich in der Ökobilanz positiv aus. Um die Vorteile des Multifunktionsöles voll nutzen zu können wurde von den Planern das Design der Fertigungslinie auf den besonderen Prozessstoff abgestimmt. So wurden mehrere Anlagen zur Bauteilreinigung nicht installiert, die üblicherweise benötigt werden um KSS-Verschleppungen zu vermeiden. Darüber hinaus kann durch Rohrleitungen der verbrauchte Reiniger aus dem verbliebenen Zwischenwäscher zu Recyclingzwecken direkt in eine KSS-Anlage verpumpt werden.



Für die Fallstudie wurden zwei unterschiedliche Szenarien abgebildet. Das „Hycut“-Szenario, welches ein System aus kompatiblen Schmierstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe beschreibt und das Referenz-Szenario, welches den Einsatz von konventionellen, mineralölbasierten KSS beschreibt. Für beide Szenarien bildet die Jahresproduktion an Kurbelwellen (4- und 6-Zylinder) innerhalb dieser Prozesskette die Funktionelle Einheit (FU). Die mit der Jahresproduktion jeweils verbundenen Kühlschmierstoffverbräuche und Entsorgungsmengen bilden damit die Grundlage für die vergleichende Ökobilanz.

Sachbilanzierung und Wirkungsabschätzung

In der durchgeführten Fallstudie wurden die zwei dargestellten Szenarien miteinander verglichen. Dabei zeigt Abbildung 2, dass beim Einsatz des Hycut-Systems in allen betrachteten Umweltwirkungskategorien deutlich geringere Umweltwirkungen (40-60%) über den gesamten Lebensweg resultieren als im Referenzsystem.

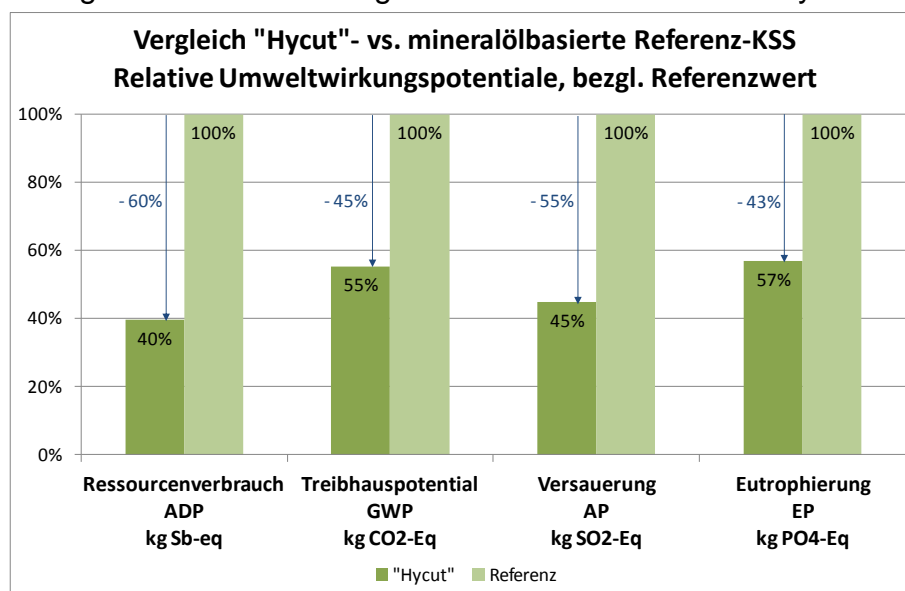





Abbildung 2: Übersicht der relativen Umweltwirkungspotentiale

Für das Treibhauspotential GWP konnte für den untersuchten Fall eine Einsparung von rund 470 t CO₂-eq für die Jahresproduktion ermittelt werden. Diese Einsparung ist z.B. vergleichbar mit der Umweltbelastung, die durch den jährlichen Fahrbetrieb von 158 PKWs¹ verursacht wird. Weitere Vergleiche sind in Tabelle 1 dargestellt.

¹ Bei einer Fahrstrecke von 20 000 km / Jahr und 0,15 kg CO₂-eq / Pkm (Personenkilometer)



Tabelle 1: Vergleiche zur Einsparung an Treibhauspotential GWP

Kennzahl	Einheit	Einsparung
relative Einsparung	%	45%
absolute Einsparung	t CO ₂ -eq	474
Vergleich PKW	Anzahl PKW 	158
Vergleich Personen	Anzahl Personen 	43²
Vergleich Flug	Anzahl Erdumrundungen 	51³

Die ermittelten absoluten Werte sind fallspezifisch und hängen von der Vergleichsbasis, dem betrachteten System und den einbezogenen Prozessen ab. Die relativen Werte deuten auf die generelle Tendenz in dem Vergleich hin. Somit konnte anhand der Ökobilanz gezeigt werden, dass der Einsatz des Multifunktionsöls „Hycut“ in der Metallbearbeitung zu deutlich geringeren Umweltwirkungen führt als ein nutzengleiches konventionelles, mineralölbasiertes KSS-System.

² Bei einem Verbrauch von 11 t CO₂-eq / Jahr (durchschnittlicher Deutscher)

³ Bei einer Flugstrecke von 40 000 km um die Welt und 0,23 kg CO₂-eq / Pkm (Personenkilometer)

