

TEXTE

89/2019

Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engel

Teil 3: PROSA - Biobasierte Schmierstoffe und
Hydraulikflüssigkeiten
Abschlussbericht

TEXTE 89/2019

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 95 308 0
UBA-FB FB000009/3

Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engel

Teil 3: PROSA - Biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten
Abschlussbericht

von

Horst Fehrenbach, Christin Zeitz, Susanne Köppen, Andreas Detzel,
Benedikt Kauertz
Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH, Heidelberg

Kirsten Wiegmann, Klaus Josef Hennenberg, Katja Moch
Öko-Institut e.V., Darmstadt

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt

Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH
Wilckensstrasse 3
69120 Heidelberg

Abschlussdatum:

September 2018

Redaktion:

Fachgebiet III 1.3 Ökodesign, Umweltkennzeichnung, umweltfreundliche
Beschaffung
Bettina C. Uhlmann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2019

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den
Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Der vorliegende Bericht ist Teil des Forschungsvorhabens „*Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engels*“ (kurz: „Blauer Engel Bio-Stoff“) und behandelt das Thema biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten. Es wurden die bestehenden Kriterien für eine nachhaltige Nutzung von Biomasse aus der Machbarkeitsstudie zu übergreifenden Aspekten biobasierter Produkte auf diese verbrauchernahe Produktgruppe angewandt.

Das Vorhaben beschäftigt sich mit der Bewertung der Nachhaltigkeit biobasierter Produkte in Bezug auf deren Behandlung und in Bezug auf konkrete Anforderungen für die Vergabe des Umweltzeichens. Die Arbeitsergebnisse sollen in der Praxis Anwendung finden. Im Vordergrund steht die Auseinandersetzung mit Fragen zur Herkunft der Biomasse und die mit ihrer zusätzlichen Ressourceninanspruchnahme möglicherweise verbundenen Nutzungskonkurrenzen sowie die grundsätzliche Frage nach einer nachhaltigen Nutzung der begrenzten Ressource Fläche.

Die gesamte Arbeit ist nach der vom Öko-Institut entwickelten Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt. PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenberechnung und der Nutzen-Analyse die erforderlichen Teil-Methoden zur integrativen Entwicklung der relevanten Vergabekriterien. Die Ökobilanz umfasst eine Analyse der Umweltauswirkungen, die bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen gemäß ISO 14024 relevant sind. Neben Ressourcenverbrauch und Treibhauseffekt wurden Umweltauswirkungen wie Versauerung, Eutrophierungspotenzial und Naturrauminanspruchnahme betrachtet.

Abstract

As part of the research project "*Implementation of sustainability criteria for the material use of biomass within the framework of the Ecolabel Blue Angel*", we worked on the development of criteria for eco-labels with a special focus on the product group of bio-based lubricants and hydraulic fluids. Criteria for the sustainable use of biomass have been further developed.

In addition to working on specific bio-based product groups, the project focused primarily on a comprehensive level and deals with the evaluation of the sustainability of bio-based products with regard to their treatment and with regard to specific requirements for the award of the eco-label. The work results should be applied in practice. The main focus is on questions concerning the origin of biomass and the possible competition for use associated with its additional use, as well as the fundamental question of a sustainable use of the limited resource of land.

The analysis is based on PROSA - Product Sustainability Assessment method developed by the Oeko-Institut. With the market and environment analysis, the life cycle assessment, the life cycle cost calculation and the benefit analysis, PROSA comprises the necessary sub-methods for the integrated development of the relevant award criteria. The life cycle assessment examined for the derivation of criteria for the eco-label in accordance with ISO 14024, the environmental impacts relevant to the manufacture, application and disposal of the product. Environmental impacts like resource consumption and greenhouse effect, acidification, eutrophication potential and land consumption are treated.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	20
2	Methodisches Vorgehen.....	21
3	Teil I.....	22
3.1	Definition der Produktgruppe.....	22
3.2	Markt- und Umfeldanalyse	23
3.2.1	Markttrends	23
3.2.1.1	Marktsättigung	24
3.2.1.2	Preise	26
3.2.2	Technologietrends.....	26
3.2.2.1	Herstellungsverfahren	26
3.2.2.2	Einsatzbereiche	26
3.2.2.3	Mögliche Substitutionen von fossilen Rohstoffen	26
3.2.3	Nationale und internationale Umweltzeichen.....	27
3.2.4	Qualitätsaspekte	31
3.2.4.1	Eingesetzte Rohstoffe	31
3.2.4.2	Produktqualität	32
3.2.4.3	Umweltrelevanz und Anforderungen an die Umweltfreundlichkeit	33
3.3	Konsumtrends.....	34
3.3.1	Nutzenanalyse	34
3.3.1.1	Gebrauchsnutzen	34
3.3.1.2	Symbolischer Nutzen	34
3.3.1.3	Gesellschaftlicher Nutzen	34
3.3.1.4	Zusammenfassung der Nutzenanalyse	35
4	Teil II.....	36
4.1	Nachhaltigkeitsbewertung.....	36
4.1.1	Nachhaltigkeitsanforderungen	36
4.1.2	Grundsätzliche Einschätzung der Nachhaltigkeit zur Produktgruppe.....	37
4.1.2.1	Rohstoffe	37
4.1.2.2	Gesamtproduktionsweg	38
4.1.3	Geeignete Zertifizierungssysteme zur Nachweisführung von Nachhaltigkeit	38
4.1.3.1	Chain of Custody	39
4.1.4	Offene Fragen zur Nachhaltigkeit	39
4.2	Lebenszyklusanalyse	40

4.2.1	Funktionale Einheit	40
4.2.2	Systemgrenzen	40
4.2.2.1	Herstellung	40
4.2.2.2	Nutzung	42
4.2.2.3	Entsorgung	42
4.2.2.4	Mineralölbasierte Referenzprodukte	42
4.2.3	Betrachtete Wirkungskategorien	43
4.2.4	Ergebnisse der Übersichts-Ökobilanz.....	43
4.2.4.1	Ebene der Wirkungsabschätzung	43
4.2.4.2	Normierung der Wirkungsabschätzungsergebnisse	48
4.2.5	Schlussfolgerungen aus der Lebenszyklusanalyse	50
4.3	Screening von Human- und Ökotoxikologie	52
4.3.1	Mögliche Expositionen	52
4.3.1.1	Lebensmittelkontakt	52
4.3.1.2	Hautkontakt	52
4.3.1.3	Eintrag in die Umwelt	52
4.3.2	Hinweise auf human- oder ökotoxikologische Befunde	53
4.3.3	Zusammenfassung.....	53
4.4	Analyse der Lebenszykluskosten	53
4.4.1	Beschaffungskosten	54
4.4.2	Betriebs- und Unterhaltskosten	54
4.4.3	Entsorgungskosten.....	55
4.4.4	Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse.....	55
5	Teil III: Ableitung der Anforderungen an ein Umweltzeichen	56
5.1	Geltungsbereich.....	56
5.2	Allgemeine Anforderungen.....	56
5.2.1	Quantitative Anforderungen bezüglich des biogenen Materialanteils.....	56
5.2.2	Nachhaltigkeitsanforderungen an die Rohstoffherkunft	57
5.2.3	Anforderungen an eine positive Entwicklung der Lebenswegbilanz	57
5.2.3.1	THG-Einsparung	57
5.2.3.2	Landnutzungsänderungen	57
5.3	Verbraucherinformation.....	58
6	Quellenverzeichnis.....	59
7	Anhang.....	61

7.1	Anhang I: die berücksichtigte Wirkungskategorien der vereinfachten Ökobilanz	61
7.1.1	Kumulierter Primärenergiebedarf.....	61
7.1.2	Treibhauspotential	61
7.1.3	Versauerungspotential.....	61
7.1.4	Eutrophierungspotential	61
7.1.5	Naturrauminanspruchnahme (NFP).....	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Screening-PROSA für die Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen.....	21
Abbildung 3-1	Definition von „bio“ im Zusammenhang mit Schmierstoffen	22
Abbildung 3-2	Gesamtmarkt an Bioschmierstoffen in Deutschland in 2011	23
Abbildung 3-3	Gesamt mengen an Schmierstoffen unterschieden nach Arten sowie nach biobasiert und nicht-biobasiert in Deutschland in 2011	25
Abbildung 3-4	Normungsgremien und Ausschüsse innerhalb des CEN Komitees TC411 „biobasierte Produkte“	31
Abbildung 3-5	Einsatzmengen an Pflanzenölen und Tierfetten für die Herstellung von Bioschmierstoffen in Deutschland	32
Abbildung 4-1	Entwicklung der Anbaufläche für Palmöl in Indonesien von 2000 bis 2012.....	38
Abbildung 4-2	Systemgrenze der Übersichts-Ökobilanz für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten (Bsp. Rapsöl)	41
Abbildung 4-3	Prozessschritte der Grundölraffination (eigene Darstellung).....	43
Abbildung 4-4	Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA) durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten	44
Abbildung 4-5	Treibhauspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten (oben mit aLUC, unten ohne aLUC).....	45
Abbildung 4-6	Versauerungspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten.....	46
Abbildung 4-7	Eutrophierungspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten.....	47
Abbildung 4-8	Naturrauminanspruchnahme durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten.....	48
Abbildung 4-9	Normierung der Wirkungsabschätzungsergebnisse für biobasierte Schmierstoffe und Hydrauliköle.....	50
Abbildung 4-10	Verlauf der Betriebskosten bei unterschiedlichen Ölwechselintervallen für biobasierte und mineralölbasierte Schmierstoffe	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Schmierstoffarten nach technischen Anwendungsbereichen unter Angabe des biobasierten Marktanteils im jeweiligen Segment (Quelle: Busch 2016)	24
Tabelle 3-2	Geltende Umweltzeichen und Normen für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten	27
Tabelle 3-3	Kriterien der Umweltzeichen und Normen für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten	28
Tabelle 3-4	Kriterienliste des EU Ecolabel für Schmierstoff nach dem finalen Entwurf zur Überarbeitung der Vergabekriterien.....	30
Tabelle 3-5	Zusammenfassung der Nutzenanalyse	35
Tabelle 4-1	Nachhaltigkeitskriterien der ISO-Norm ISO 13065	36
Tabelle 4-2	Grundlage zur Normierung und Rangbildung für die betrachteten Wirkungskategorien.....	49
Tabelle 4-3	Normierung der Ergebnisse in den Wirkungskategorien für die biobasierten Schmierstoffe als Nettobetrag unter jeweiligem Abzug der Werte für den nicht biobasierten Schmierstoff.....	49
Tabelle 7-1	Die Naturnähe-Klassen nach dem Hemerobiekonzept (UBA 1999).....	62
Tabelle 7-2	Gesamtemissionen und -verbräuche in Deutschland, umgelegt auf einen Einwohner (Einwohnerdurchschnittswert, EDW) sowie Bewertungsvorschlag des UBA zur ökologischen Bedeutung.....	63

Abkürzungsverzeichnis

CBA	Cost-benefit analysis
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EEL	European Ecolabel
EN	Europäische Norm
EuBP	European Bioplastics
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
HEES	Hydraulic Oil Environmental Ester Synthetic
HEPG	Hydraulic Oil Environmental Polyglycole
HEPR	Hydraulic Oil Environmental Polyalphaolefine and Related Hydrocarbons
HETG	Hydraulic Oil Environmental Triglyceride
IfBB	Institute for Bioplastics and Biocomposites
INRO	Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
PAO	Polyalphaolefine
RED	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) (engl.: Renewable Energy Directive)
RSB	Roundtable on Sustainable Biomaterials
RSPO	Roundtable on Sustainable Palm Oil
RTRS	Roundtable on Responsible Soy

Zusammenfassung

Hintergrund

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engels*“ (kurz: „Blauer Engel Bio-Stoff“), wurde die vorliegende PROSA-Studie zur Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen mit speziellem Blick auf die Produktgruppe der biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten durchgeführt. Es wurden die bestehenden Kriterien für eine nachhaltige Nutzung nachwachsender Rohstoffe weiter entwickelt.

Das Vorhaben fokussierte neben der Bearbeitung konkreter biobasierter Produktgruppen vor allem auf übergreifender Ebene und beschäftigt sich mit der Bewertung der Nachhaltigkeit biobasierter Produkte in Bezug auf deren Behandlung und in Bezug auf konkrete Anforderungen für die Vergabe des Umweltzeichens. Die Arbeitsergebnisse sollen in der Praxis Anwendung finden. Im Vordergrund steht die Auseinandersetzung mit Fragen zur Herkunft der Biomasse und die mit ihrer zusätzlichen Inanspruchnahme möglicherweise verbundenen Nutzungskonkurrenzen sowie die grundsätzliche Frage nach einer nachhaltigen Nutzung der begrenzten Ressource Fläche.

Die gesamte Arbeit ist nach der vom Öko-Institut entwickelten Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt. PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenberechnung und der Nutzen-Analyse die erforderlichen Teil-Methoden zur integrativen Entwicklung der relevanten Vergabekriterien. Da soziale Aspekte bislang nicht oder nicht quantifizierbar in Umweltzeichen einbezogen werden, wurde im Rahmen dieser Studie keine Sozialbilanz durchgeführt. Die Ökobilanz umfasst eine Analyse der Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen gemäß ISO 14024 relevant sind. Neben Energieverbrauch und Treibhauseffekt wurden Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungspotenzial und Flächenverbrauch betrachtet.

Produktgruppe

Die Produktgruppe der biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten verbindet die Eigenschaft von Schmierstoffen und Hydraulikölen mit der Eigenschaft der Herstellung aus biogenen Rohstoffen. Unter Schmierstoffen versteht man technische Fette oder Öle, die der Reduzierung der Reibung und der Vermeidung von Verschleiß dienen. Die Anforderungsprofile der Schmierstoffe sind über Standards (DIN, EN oder ISO) spezifiziert. Eine zentrale physikalische Kenngröße für Schmierstoffe ist die Viskosität. Unter Hydraulikflüssigkeiten werden Schmierstoffe verstanden, die als Fluide zur mechanischen Energieübertragung in Hydrauliksystemen eingesetzt werden. Sie bedürfen daher zusätzlicher physikalischer Eigenschaften, z.B. eine geringe Kompressibilität.

Biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten sind auf der Basis von Pflanzenölen oder Tierfetten hergestellt. Sie sind in der Regel biologisch gut abbaubar. Da sich biogene Rohstoffe im Schmierstoffmarkt v.a. dort durchgesetzt haben, wo die Anforderung entweder in der biologischen Abbaubarkeit oder in spezifischen Anwendungseigenschaften ausschlaggebend ist, ist es notwendig die verschiedenen technischen Anwendungsbereiche der Schmierstoffe differenziert zu betrachten.

Markt- und Umfeldanalyse

Der Markt für biogene Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten besteht in der Substitution der entsprechenden, auf Mineralölbasis basierten Produkte. Der Gesamtmarkt für Schmierstoffe insgesamt stellt daher das theoretische Potenzial für diese Produktgruppe dar. In Deutschland ist das Marktvolumen der Schmierstoffe in den vergangenen Jahren annähernd konstant geblieben. Die Inlandsabsatzzahlen bewegen sich in einem Bereich um 1 Mio. Tonnen/Jahr (MWV 2016).

Die Marktanteile der biobasierten Schmierstoffe werden nicht explizit statistisch erhoben. Insbesondere ist nicht präzise erfassbar, wie hoch sich der absolute Anteil des biobasierten Materials in dem handelsfertigen Schmierstoff beläuft.

Die größten biobasierten Marktanteile liegen im Bereich der Hydrauliköle mit 9.100 t, was etwa 8 % entspricht. Sägekettensägeöle, Schalöle und Metallbearbeitungsöle liegen mit absoluten Anteilen von zwischen 4.000 und 5.000 t und teilweise bereits hohen relativen Anteilen von 50 % (Sägekettensägeöle) und 38% (Schalöle) an zweiter Stelle.

Im größten Schmierstoffmarkt – den Motoren- und Getriebeölen – haben biobasierte Stoffe bis vor einigen Jahren kaum eine nennenswerte Rolle gespielt. Nach Busch (2016) ist der Anteil bei Motorenölen zuletzt deutlich gestiegen und liegt seit 2012 über 14.000 t, was etwa 5 % am Motorenölmarkt entspricht. Eine technisch denkbare Verdopplung würde eine Erhöhung auf über 30.000 t mit sich führen. In einem Bereich bis ca. 100.000 t wird somit ein grundsätzlich realisierbarer Absatzmarkt gesehen.

Mehr Marktanteile v.a. im Bereich der Motoröle werden von verschiedenen schwer zu prognostizierenden Randbedingungen abhängen wie sich die Motoren- und Antriebstechnik entwickeln wird (Stichwort E-Mobilität) und ob es der biobasierten Produktionsschiene technisch gelingt, in den Markt der synthetischen Schmierstoffe einzudringen.

Bei der Trendbetrachtung ist zu beachten, dass die Beschaffungskosten für Schmierstoffe und Hydrauliköle über die vergangenen Jahre für einen Liter bei ca. 1 bis 1,50 € für Mineralöle liegen, für Bioöle dagegen bei 3 bis 5 € und sich die Preise für Bioschmierstoffe in den Jahren von 2004 bis 2014 nahezu verdoppelt haben.

Ausgehend von den biogenen Ölen und Fetten als Grundlage gestalten sich die Verarbeitungsschritte in Abhängigkeit von den jeweiligen Spezifikationen und Qualitäten. Im einfachen Falle der Herstellung von z.B. Kettensägeölen beschränkt sich die Verarbeitung auf das Additiveren von Pflanzenölen mit Stoffen, die der Haftverbesserung, der Erhöhung der Viskosität oder der Haltbarkeit dienen. Die Additive bleiben im Gesamtanteil in der Regel unterhalb von 5 %. Bei Hydraulikflüssigkeiten stellen die synthetischen Ester (HEES) die bedeutendste Produktfamilie dar. Sie werden durch Veresterung von Triglyzeriden (ungesättigt, teilgesättigt und gesättigt) mit kürzeren oder länger-kettigen Alkoholen hergestellt. Steigende Qualitätsanforderungen z.B. für Motoröle können zu mehr oder weniger neuartigen Herstellungsverfahren führen.

Als Rohstoffe für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten werden tierische Fette und Rapsöl (je 25 %), Palmkernöl (20%), Palmöl (15%) und Rizinusöl (5%) eingesetzt. Letzteres wird ausschließlich für den Bereich der Hydraulikflüssigkeiten verwendet.

Die ersetzten fossilen Basisöle entstammen zumeist der iso-Paraffin-reichen Fraktion der Wachsdestillate aus der Vakuumdestillation. Höhere Qualitäten an Schmierstoffen werden heutzutage auf der Basis halb- bis vollsynthetischer Basisöle hergestellt, wie z.B. Hydrocrack-Öle oder poly-alpha-Olefine (PAO).

Umweltzeichen für biobasierte Schmierstoffe werden bereits seit 1989 vergeben (RAL UZ- 48). Im Vordergrund stand zu Beginn die biologische Abbaubarkeit für im offenen Anwendungsbereich. Das jüngste RAL Umweltzeichen für „biologische abbaubare Schmierstoffe und Hydrauliköle“ (DE-UZ 178) stellt auf das Schutzziel „Wasser“ ab (DE- UZ 178)¹. Das EU Eco-Label für Schmierstoffe existiert seit

¹ Die Schutzziele erscheinen in den neuen Vergabekriterien nicht mehr im Logo.

2005. Es befindet sich gerade in Revision. Erste Entwürfe für eine Revision der European Ecolabel Kriterien für Schmierstoffe liegen seit Ende 2016 vor (JRC 2016, 2016a). Darin sind neben einer Angleichung an neue globale Rechtsnormen im Bereich der Toxizitätsbewertung als eine wesentliche Veränderung ein Kriterium enthalten zu „*Origin, traceability and advertising of renewable raw materials*.“ Als Prinzip wird dabei verankert, dass der Anbau nachwachsender Rohstoffe Kriterien für nachhaltiges Management zu erfüllen hat und durch 3rd Party-Zertifizierung die Herkunft der verarbeiteten Pflanzenöle nachhaltig betriebenen Anbau nachzuweisen ist.

Damit greifen die Vorschläge von JRC einen wesentlichen Kern der im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Empfehlungen auf. JRC benennen im Erarbeitungsprozess auch konkrete Zertifizierungssysteme wie den RSPO, RTRS (Round Table on Responsible Soy) oder die staatlichen Standards MSPO (Malaysian Sustainable Palm Oil) und ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil). In der letzten Version ist nur RSPO genannt. Generell werden für die Anerkennung von Zertifizierungssystemen die Erfüllung der Anforderungen nach ISO Guide 65/66² vorausgesetzt.

Nachhaltigkeitsbewertung

In Bezug auf die Nachhaltigkeitsanforderungen an die Rohstoffherkunft wurden die Kriterien der ISO-Norm 13065 („Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie“) zu Grunde gelegt. Diese umfassen umweltbezogene, soziale und wirtschaftliche Themen. Es müssen sämtliche Kriterien dieser Norm für die Erzeugung der Biomasse erfüllt sein.

Um die Konkurrenz um biogene Rohstoffe zwischen verschiedenen Nutzungen (z.B. Energie und stoffliche Verwendung) mit den gleichen strengen Maßstäben zu beurteilen wie das bei der energetischen Nutzung von Biomasse getan bzw. eingefordert wird, wurde im Rahmen dieses Vorhabens separat eine sog. *übergreifenden Machbarkeitsstudie für biobasierte Produkte* erarbeitet. Hier wurde ein umfassender Prüfkatalog auf Basis der Norm ISO 13065 (ISO/PC 248)³ entwickelt, der eine vergleichbar ambitionierte Bewertung von Zertifizierungssystemen zulässt, wie für die energetische Nutzung. Zertifizierungssysteme die diese Prüfung bestehen, können im Rahmen des Blauen Engel zugelassen werden. Im Fokus standen dabei vor allem Zertifizierungssysteme, die eine Zertifizierung landwirtschaftlicher Biomasse berücksichtigen.

Nach der ausführlichen Analyse in der Machbarkeitsstudie, konnte sich diese Arbeit darauf beschränken, diejenigen Zertifizierungssysteme zu identifizieren, die die relevante Rohstoffbasis für Schmierstoffe und Hydrauliköle auf adäquate Weise abdecken. Für biobasierte Schmierstoffe und Hydrauliköle wird empfohlen auf folgende Zertifizierungssysteme für die Vergabekriterien des Blauen Engels zurückzugreifen:

- ▶ *Roundtable for Sustainable Biomaterials (RSB)*
- ▶ *International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)*
- ▶ *Roundtable for Sustainable Palm Oil (RSPO)*
- ▶ *Roundtable on Responsible Soy (RTRS).*

Die Zertifizierung von biobasierten Produkten ist eine wesentliche Grundlage für die Ausweitung einer nachhaltigeren Produktion. Dennoch kann Zertifizierung nicht zur Lösung aller potenziellen Nachhaltigkeitskonflikte dienen. Insbesondere kann damit nicht „Nachhaltigkeit per se“ im umfassenden ge-

² ISO/IEC Guide 65:1996: General requirements for bodies operating product certification systems
ISO/IEC Guide 66:1999: General requirements for bodies operating assessment and certification/registration of environmental management systems (EMS)

³ Diese beziehen sich auf Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie

währleistet werden. Eine Reihe sehr wichtiger Aspekte wie der Konflikt mit Nahrungsmittelsicherheit und andere indirekten Effekte können nur sehr unzureichend bis kaum durch Zertifizierung ausgeräumt werden. Indirekte Landnutzungsänderungen sind daher auch nicht in der prEN 16751:2014 zu Nachhaltigkeitskriterien bei biobasierten Produkten eingeflossen.

Lebenszyklusanalyse und Lebenszykluskosten

Im Rahmen der Studie wurde eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass:

- ▶ Beim fossilen Ressourcenaufwand und Treibhauseffekt ist Rapsöl durchgängig im Vorteil gegenüber der fossilen Referenz.
- ▶ Bei Rizinus-, Palm- und Palmkernöl trifft dies beim Treibhauseffekt nur zu, wenn man die Risiken der Landnutzungsänderung nicht einbezieht.
- ▶ Bei Versauerung und Eutrophierung sind die Pflanzenöle durchgängig deutlich im Nachteil gegenüber der fossilen Referenz.
- ▶ Dies gilt auch für die Naturrauminanspruchnahme, wobei hier Palmkernöl aufgrund der dauerhaften Plantagenwirtschaft günstiger abschneidet als die intensive einjährige Kultur Raps.

Bei den Pflanzenölen besteht somit im Gesamtbild kein klarer Vor- oder Nachteil für eine der Optionen, wobei aufgrund der Unsicherheiten bei der Klimabilanz durch den Punkt Landnutzungsänderung das Ergebnis für Kokosöl, Palm- und Palmkernöl am deutlichsten in Frage steht.

Die Analyse der Lebenszykluskosten zeigt Folgendes: Grundsätzlich ist bei längeren Nutzungsphasen, sprich längeren Wechselintervallen das Verhältnis von höheren Produktkosten gegenüber den sich verringern den Betriebskosten im Vergleich von biobasierten mit mineralölbasierten Schmierstoffen ausgeglichen. Im Bereich der Hydrauliköle, die hier die wesentlichen Anwendungsbereiche darstellen, sind je nach Nutzungsweise eher geringere Gesamtkosten durch biobasierte Öle zu erwarten.

Screening von Human- und Ökotoxikologie

Eine Exposition mit Schmierstoffen ist in verschiedener Weise möglich. Die Tatsache, dass biobasierte Schmierstoffe insgesamt ein deutlich geringeres human- und ökotoxikologisches Potenzial aufweisen als analoge Produkte auf Mineralölbasis, stellt einen zentralen Vorteil dar. Dieser Vorteil bildet letztlich die Grundlage der bisherigen Umwelt-Kennzeichnung für diese Produktgruppe.

Die dort gesetzten Kriterien (die sich derzeit auf der Ebene des EU Eco Labels in Revision befinden), sollten auch die Risiken durch die im mengenmäßigen Anteil zwar limitierten, jedoch sehr vielfältigen Additive eingrenzen. Eine Weiterentwicklung von human- oder ökotoxikologischen Anforderungen im Zuge der Revision sollte sich daher auf diesen Bereich konzentrieren.

Ableitung der Anforderungen an ein Umweltzeichen

Es werden zwei verschiedene Produktkategorien (Standardprodukte und überwiegend biogene Produkte) für die Ausweisung nachhaltiger biogener Inhaltsstoffe im Rahmen des Blauen Engel unterschieden, für die quantitative Anforderungen für die Produktdeklaration für den Endverbraucher gelten.

- ▶ *Standardprodukte:* für Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten, die nicht ausschließlich aus biogenem Rohstoff hergestellt sind (z.B. Ester u.a.)
 - a.) Ein Massenanteil von mindestens 25 % der Trockenmasse des Produkts muss auf Kohlenstoffverbindungen basieren (Nachweis über Produktinformation), davon mind. 80 % (bezogen auf den C-Gehalt) als nachhaltig zertifiziert (siehe Punkt b). Der Wassergehalt des Produkts liegt bei maximal 50 %.

- b.) Ein Massenanteil von mindestens 80 % der Kohlenstoffverbindungen muss aus nachhaltiger Biomasse stammen (Nachweis: „Massenbilanz Nachhaltigkeit“). Die restlichen Kohlenstoffverbindungen können fossil oder nicht-nachhaltige Biomasse sein.
 - c.) Dieser Anteil (nachhaltiger Biomasse) kann produktgruppenspezifisch abgeändert werden.
 - d.) Benennung: „Nachhaltige Biomasse als Rohstoff (x % Trockenmassenanteil)“.
- ▶ *Überwiegend biogene Produkte:* für Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten, die überwiegend aus biogenem Rohstoff hergestellt sind.
- a.) Ein Masseanteil von mindestens 90 % der Trockenmasse des Produkts muss auf Kohlenstoffverbindungen basieren (Nachweis über Produktinformation). Der Wassergehalt des Produkts liegt bei maximal 50%.
 - b.) Ein Massenanteil von 100 % der biogenen Kohlenstoffverbindungen muss aus direkt genutzter nachhaltiger Biomasse stammen (Nachweis über „Segregation“).
 - c.) Benennung: Direkte Nutzung von nachhaltiger Biomasse (X % Trockenmassenanteil)
- ▶ *Auf der Verpackung muss ausgewiesen werden, wie hoch die Anteile an biogenen und fossilen Kohlenstoffverbindungen sind und welcher Anteil aus Segregation bzw. Massenbilanz stammt.*

Biomasse, die als Rohstoff für die Herstellung von biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten verwendet wird, muss den Anforderungen für eine nachhaltige Biomasseproduktion entsprechen. Es wurden Zertifizierungssysteme aufgeführt, die den Anforderungen genügen. Diese Nennung von Zertifizierungssystemen wird bis zum Jahr [2022 oder 2023] erneut geprüft.

Um die prinzipielle Rückverfolgbarkeit sicherzustellen, ist die Verwendung eingekaufter Zertifikate auf der Basis von Book & Claim ausgeschlossen. Der Einkaufsnachweis der Rohstoffe oder Halbprodukte erfolgt auf der Grundlage von Verfahren gemäß Segregation oder Massenbilanz.

Insgesamt muss das biobasierte Produkt über den Lebensweg eine THG-Einsparung gegenüber dem entsprechenden nicht-biobasierten Vergleichsprodukt aufweisen. Alternativ kann der Nachweis durch Vorlage einer entsprechenden Bilanzierung gemäß ISO 14040/44 oder ISO 14067 erfolgen.

Die Anforderung ist als Netto-Treibhausgaseinsparung (in g CO₂Äquiv./kg Endprodukt) anzugeben beträgt mindestens 2 kg CO₂Äq/kg Schmierstoff oder Hydrauliköl.

Emissionen aus Landnutzungsänderungen sind ebenfalls zu berücksichtigen. Dafür wird vorgeschlagen, dass:

- ▶ Die Biomasse wird in einem Land erzeugt, in welchem im Mittel der letzten 10 Jahre die Ausdehnung der
 - Anbaufläche der entsprechenden Feldfrucht oder
 - der Agrarfläche insgesamt, wenn ein direkter Zusammenhang zwischen der entsprechenden Feldfrucht und der Landnutzungsänderungen nicht hergestellt werden kann,
- ▶ zu weniger als 3 % zu Landnutzungsänderung zu Lasten von Wald und/oder Grünland und/oder anderen Naturräumen geführt hat.
- ▶ Die Biomasse wird in einem Land erzeugt, in welchem im Durchschnitt der letzten 10 Jahre der mittlere jährliche Verlust von Wald und/oder Grünland und/oder anderen Naturräumen verursacht durch die Ausdehnung der Agrarfläche weniger als 3 % beträgt.
- ▶ Wenn für das Herkunftsland der Biomasse einer der beiden genannten Schwellenwerte überschritten ist,

1. jedoch nachgewiesen werden kann, dass zumindest in den drei jüngsten Jahren liegen beide Werte unter 1 % liegen oder
2. für die Biomasse per Zertifizierung nachgewiesen werden kann, dass die Produktion der Biomasse, auf einem Ansatz beruht, der ein niedriges iLUC Risiko sicherstellt (z.B. nach RSB Low iLUC oder etwas Gleichwertiges).

gelten die Kriterien als erfüllt.

Für den Verbraucher sind Informationen über das Produkt und dessen Herstellung auszuweisen, entweder auf dem Anlieferungsbeleg oder auf der Verpackung. Die folgenden Angaben müssen enthalten sein:

- ▶ Erklärung über den biogenen Anteil im Produkt
- ▶ Erklärung zum Nachhaltigkeitsnachweis (z.B. Nennung des Zertifizierungssystems)
- ▶ Ggf. die Einsparung an Treibhausgasemissionen gegenüber dem fossilen Vergleichsprodukt in kg CO₂-Äquiv./kg Endprodukt.

Summary

Background

As part of the research project "Implementation of sustainability criteria for the material use of biomass within the framework of the Ecolabel Blue Angel", we worked on the development of criteria for eco-labels with a special focus on the product group of bio-based lubricants and hydraulic fluids. Criteria for the sustainable use of biomass have been further developed.

In addition to working on specific bio-based product groups, the project focused primarily on a comprehensive level and deals with the evaluation of the sustainability of bio-based products with regard to their treatment and with regard to specific requirements for the award of the eco-label. The work results should be applied in practice. The main focus is on questions concerning the origin of biomass and the possible competition for use associated with its additional use, as well as the fundamental question of a sustainable use of the limited resource of land.

The analysis is based on PROSA - Product Sustainability Assessment method developed by the Oeko-Institut. With the market and environment analysis, the life cycle assessment, the life cycle cost calculation and the benefit analysis, PROSA comprises the necessary sub-methods for the integrated development of the relevant award criteria. The life cycle assessment examined for the derivation of criteria for the eco-label in accordance with ISO 14024, the environmental impacts relevant to the manufacture, application and disposal of the product. Environmental impacts like energy consumption and greenhouse effect, resource consumption, eutrophication potential, noise, toxicity, etc. are treated.

Product Group

Market and environment analysis

Sustainability Assessment

With regard to the sustainability requirements for the origin of raw materials, the criteria of ISO standard 13065 ("Sustainability criteria for bioenergy") were taken as a basis. These include environment-related, social and economic topics. All criteria of this standard for the production of biomass must be met.

In order to assess the competition for biogenic raw materials between different uses with the same strict standards as is done or demanded for the energetic use of biomass, a so-called comprehensive feasibility study for biobased products was developed separately within the scope of this project. A comprehensive test catalogue based on the ISO 13065 (ISO/PC 248) standard was developed here. This permits a comparable ambitious evaluation of certification systems as for energy use. Certification systems that pass this test can be approved within the framework of the Blue Angel. The main focus was on certification systems that take into account the certification of agricultural biomass.

After the detailed analysis in the feasibility study, this work was limited to identifying those certification systems that adequately cover the relevant raw material basis for lubricants and hydraulic fluids. Following certification systems for the award criteria of the Blue Angel are recommended:

- ▶ Roundtable for Sustainable Biomaterials (RSB)
- ▶ International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)
- ▶ Roundtable for Sustainable Palm Oil (RSPO)
- ▶ REDCert.

The certification of bio-based products is essential for the expansion of more sustainable production. However, certification cannot solve all potential sustainability conflicts. In particular, this does not guarantee "sustainability per se" in a comprehensive way. A number of very important aspects such as the conflict with food safety and other indirect effects can only be resolved very inadequately or hardly by certification. Indirect land use changes have therefore not been included in prEN 16751:2014 on sustainability criteria for biobased products.

Life cycle analysis and life cycle costs

Screening of human and ecotoxicology

Derivation of the requirements for a climate-protection-related environmental label

These additions apply the existing award criteria of the Blue Angel to bio-based lubricants and hydraulic fluids whose carbon compounds are wholly or partly produced from biomass.

It is proposed that, in contrast to the current criteria, the proof of sustainability should be transferred to all biomass, from now on.

A distinction is made between two different product categories for the labelling of sustainable biogenic ingredients under the Blue Angel, standard products and predominantly biogenic products. For these, the following quantitative requirements for the product declaration for the end consumer apply:

- ▶ *Standard products:* For lubricants and hydraulic fluids, which are not exclusively produced from biogenic raw materials
 - a.) A carbon content of at least 40 % must be based on biogenic carbon compounds (proof via product information), of which at least 80 % (based on C content) must be certified as sustainable (see point b).
 - b.) A mass fraction of at least 80 % of the carbon compounds must come from sustainable biomass (proof: "mass balance sustainability"). The remaining carbon compounds can be fossil or non-sustainable biomass.
 - c.) This proportion (sustainable biomass) can be modified according to product group. If palm oil is used, it must come 100% from certified cultivation.
 - d.) Title: "Sustainable biomass as raw material (x % dry matter content)".
- ▶ *Predominantly biogenic products:* for lubricants and hydraulic fluids, which are predominantly made of biogenic raw materials.
 - a.) A mass fraction of at least 75 % of the lubricants and hydraulic fluids must be based on carbon compounds (proof via product information). No water content specifications for the product.
 - b.) A mass fraction of 100 % of the biogenic carbon compounds must come from directly used sustainable biomass (proof of "segregation").
 - c.) Designation: Direct use of sustainable biomass (X % dry matter content).

The packaging must show the proportions of biogenic and fossil carbon compounds and what proportion comes from segregation or mass balance.

Biomass used as a raw material for the production of bio-based lubricants and hydraulic fluids must meet the requirements for sustainable biomass production. Certification systems that meet the re-

quirements have been listed. This designation of certification systems will be re-examined by the year [2022 or 2023].

To ensure traceability in principle, the use of purchased certificates on the basis of Book & Claim is excluded. Proof of purchase of raw materials or semi-finished products is based on segregation or mass balance procedures.

Overall, the bio-based product must have a lifetime GHG savings compared to the corresponding non-bio-based reference product. Alternatively, proof can be provided by submitting a corresponding balance sheet in accordance with ISO 14040/44 or 14067. The requirement shall be expressed as a net greenhouse gas saving (in g CO₂ equiv./kg end product) of at least 2 kg CO₂ equiv./kg lubricant or hydraulic fluid.

Emissions from land-use changes must also be taken into account. It is proposed that:

- ▶ Biomass is produced in a country in which, on average over the last 10 years, the expansion of the
 1. the area under cultivation of the corresponding crop; or
 2. the total agricultural area if a direct link between the corresponding crop and land-use changes cannot be established, has led to less than 3% land use change at the expense of forests and/or grassland and/or other natural areas.
- ▶ Biomass is produced in a country where the average annual loss of forests and/or grassland and/or other natural areas over the last 10 years is less than 3% due to the expansion of agricultural land.
- ▶ If the country of origin of the biomass exceeds one of the two thresholds mentioned,
 1. it can be shown, however, that both values are below 1 % for at least the last three years, or
 2. for biomass by certification, it can be demonstrated that biomass production is based on an approach that ensures a low iLUC risk (e.g. according to RSB Low iLUC or something equivalent)

the criteria are considered fulfilled.

1 Einleitung

Die vorliegende PROSA-Studie dient der Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen mit speziellem Blick auf Produktgruppen **biobasierter Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten**.

Diese Studie ist Teil des Forschungsvorhabens „*Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engels*“ (kurz: „Blauer Engel Bio-Stoff“), welche neben der Bearbeitung dieser konkreten biobasierten Produktgruppe vor allem auf übergreifender Ebene die Frage der Bewertung der Nachhaltigkeit biobasierter Produkte generell behandeln und konkrete Anforderung für die Vergabe des Umweltzeichens für die Praxis erarbeiten soll. Außerdem werden in diesem Projekt PROSA-Studien und Vergabekriterien für biobasierte Kunststoffe sowie für biobasierte Wasch- und Reinigungsmittel erstellt.

Im Vordergrund steht die Auseinandersetzung mit Fragen zur Herkunft der Biomasse (v.a. mit Blick auf den Schutz hochwertiger Naturräume) und die mit ihrer zusätzlichen Inanspruchnahme möglicherweise verbundenen Nutzungskonkurrenzen (mit Blick auf die Debatte zu „Tank vs. Teller“) sowie die grundsätzliche Frage nach einer nachhaltigen Nutzung der begrenzten Ressource Fläche, die eine über die Grenzen der einzelnen Nutzungsarten hinausreichende Auseinandersetzung bedeutet.

Der Blaue Engel als „starkes“ Label zeigt neben der direkten Orientierung für den Kauf von Produkten der Erfahrung nach einen erheblichen Ausstrahlungseffekt auf alle anderen Informationssysteme und auf Innovationsziele der Hersteller und hat darüber hinaus prägenden Einfluss auf nationale und europäische gesetzliche Entwicklungen. Somit können auf Basis dieser Analysen Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche gegeben werden:

für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,

- ▶ für Ausschreibungskriterien für die öffentliche und umweltfreundliche Beschaffung,
- ▶ für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (hier konkret: das Umweltzeichen „Der Blaue Engel“, für das europäische Umweltzeichen oder diverse Umwelt-Rankings),
- ▶ für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen),
- ▶ für produktbezogene Innovationen bei Unternehmen.

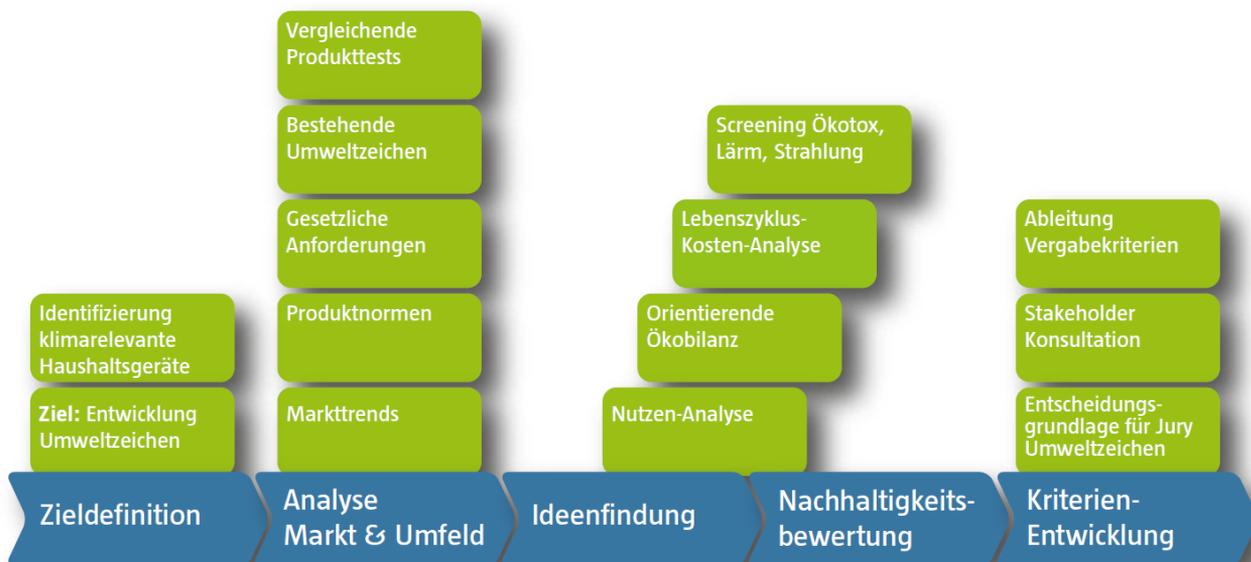
2 Methodisches Vorgehen

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes relevant sind – neben Energieverbrauch und Treibhauseffekt kommen Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungs-Potenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der vom Öko-Institut entwickelten Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt (Abbildung 2-1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenberechnung und der Nutzen-Analyse die erforderlichen Teil-Methoden zur integrativen Entwicklung der relevanten Vergabekriterien.

Da soziale Aspekte bislang kaum oder nicht quantifizierbar in Umweltzeichen einbezogen werden, wird im Rahmen dieser Studie keine Sozialbilanz durchgeführt. Grundsätzlich eignet sich die Methode PROSA jedoch auch zur Identifizierung von sozialen Hot-Spots, die entlang des Lebensweges von Produkten auftreten.

Abbildung 2-1 Screening-PROSA für die Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen



Screening-PROSA für die Entwicklung von Vergabekriterien für Umweltzeichen

3 Teil I

3.1 Definition der Produktgruppe

Die Produktgruppe der biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten verbindet die Eigenschaft von Schmierstoffen und Hydraulikölen mit der Eigenschaft der Herstellung aus biogenen Rohstoffen.

Unter Schmierstoffen versteht man technische Fette oder Öle, die der Reduzierung der Reibung und der Vermeidung von Verschleiß, fallweise aber auch zum Kühlen (Abfuhr der Wärme bei reibungsintensiven Prozessen), Dichten (Unterstützung der mechanischen Dichtungen), Reinigen oder Schützen von Oberflächen vor Korrosion durch chemische Einflüsse dienen. Je nach dem speziellen Anwendungsbereich liegt der Schwerpunkt auf ein oder mehrere dieser Eigenschaften, zu deren Ausprägung in der Regel Additive eingesetzt werden. Die Anforderungsprofile der Schmierstoffe sind über Standards (DIN, EN oder ISO) spezifiziert. Eine zentrale physikalische Kenngröße für Schmierstoffe ist die Viskosität.

Unter Hydraulikflüssigkeiten werden Schmierstoffe verstanden, die als Fluide zur mechanischen Energieübertragung in Hydrauliksystemen eingesetzt werden. Sie bedürfen daher zusätzlicher physikalischer Eigenschaften, z.B. eine geringe Kompressibilität.

Biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten sind auf der Basis von Pflanzenölen oder Tierfetten herstellt. Sie sind in der Regel biologisch gut abbaubar. In Abbildung 3-1 ist die hier betrachtete Produktgruppe im rechten oberen Quadranten definiert.

Abbildung 3-1 Definition von „bio“ im Zusammenhang mit Schmierstoffen

		Abbaubarkeit	
		schwer	leicht
Ursprung	Nachwachsend (Pflanzenöl, Tierfett)	Biobasiert Sehr selten (toxische Additive)	Biologisch Abbaubar und biobasiert Pflanzenöle, synthetische Ester
	Mineralisch (Erdöl, Kohle, Erdgas)	Biokompatibel z. B. Weißöle	Biologisch abbaubar Synthetische Ester

Quelle: Murrenhof (2012), nach DIN CEN/TR 16227

Nach FNR (2012) muss Bioschmierstoff folgende drei Kriterien erfüllen:

- ▶ Erneuerbar: Bioschmierstoffe müssen zu einem wesentlichen Teil biobasiert sein, d. h. zu mindestens 25 % aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt sein.
- ▶ Biologisch abbaubar: Bioschmierstoffe müssen biologisch abbaubar sein, und zwar zu mehr als 60 % entsprechend OECD 301.
- ▶ Nicht umweltgefährdend: Bioschmierstoffe dürfen nicht als umweltgefährdend eingestuft sein (z.B. Prüfung nach den Richtlinien OECD 201/202/203).

Da sich biogene Rohstoffe im Schmierstoffmarkt v.a. dort durchgesetzt haben, wo die Anforderung entweder in der biologischen Abbaubarkeit oder in spezifischen Anwendungseigenschaften aus-

schlaggebend ist, ist es notwendig die verschiedenen technischen Anwendungsbereiche der Schmierstoffe differenziert zu betrachten, die üblicherweise nach folgenden Gruppen differenziert werden:

- ▶ Motorenöle
- ▶ Kompressorenöle
- ▶ Turbinenöle
- ▶ Getriebeöle
- ▶ Hydrauliköle
- ▶ Elektroisolieröle
- ▶ Prozessöle
- ▶ Metallbearbeitungsöle
- ▶ Sägekettenöle, Sägegatteröle
- ▶ Schalöle
- ▶ Schmierfette.

3.2 Markt- und Umfeldanalyse

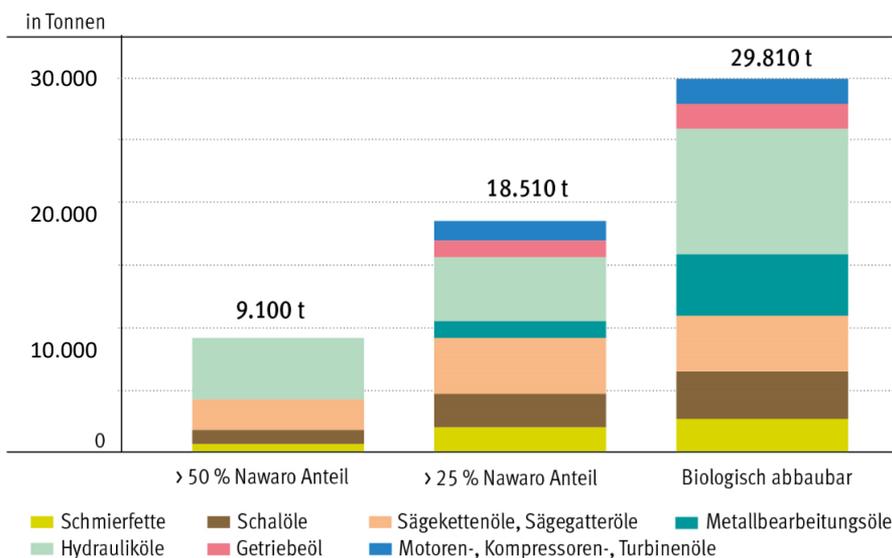
3.2.1 Markttrends

Der Markt für biogene Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten besteht in der Substitution der entsprechenden auf Mineralölbasis basierten Produkten. Der Gesamtmarkt für Schmierstoffe insgesamt stellt daher das theoretische Potenzial für diese Produktgruppe dar.

In Deutschland ist das Marktvolumen der Schmierstoffe in den vergangenen Jahren annähernd konstant geblieben. Die Inlandsabsatzzahlen bewegen sich in einem Bereich um 1 Mio. Tonnen/Jahr (MWV 2016).

Die Marktanteile der biobasierten Schmierstoffe werden nicht explizit statistisch erhoben. Insbesondere ist nicht präzise erfassbar, wie hoch sich der absolute Anteil des biobasierten Materials in dem handelsfertigen Schmierstoff beläuft. Abbildung 3-2 zeigt Erhebungen der FNR (2014). Danach liegen die größten Anteile im Bereich der Hydrauliköle.

Abbildung 3-2 Gesamtmarkt an Bioschmierstoffen in Deutschland in 2011



Quelle: <https://mediathek.fnr.de/gesamtmarkt-bioschmierstoffe-in-deutschland.html>

Böttger (2014) weißt für diese Teilgruppe 9.100 t in 2011 aus, was einem Marktanteil von knapp 8 % entspricht. Weiter folgen Sägekettenöle, Schalöle und Metallbearbeitungsöle mit absoluten Anteilen von zwischen 4.000 und 5.000 t und teilweise bereits hohen relativen Anteilen von 50 % (Sägekettenöle) und 38% (Schalöle). Im größten Schmierstoffmarkt – den Motoren- und Getriebeölen – spielen biobasierte Stoffe nach den Erhebungen von FNR (2014) und Böttger (2014) kaum eine nennenswerte Rolle (mit jeweils etwa 2.000 t unter oder knapp über 1 % Marktanteil).

Nach Busch (2016) haben sich die Entwicklungen nach 2011 jedoch etwas verschoben: Während biobasierte Hydrauliköle und Kettenöle eher rückläufig sind oder stagnieren, ist der Anteil bei Motorenölen in 2012 sprunghaft gestiegen und liegt um die 14.000 t, was 5 % am Motorenölmarkt entsprechen würde.

Tabelle 3-1: Schmierstoffarten nach technischen Anwendungsbereichen unter Angabe des biobasierten Marktanteils im jeweiligen Segment (Quelle: Busch 2016)

Sortengruppe	2011	2012	2013	2014
Motorenöle	2.852	14.077	14.234	13.465
Kompressorenöle	46	82	66	51
Turbinenöle	30	57	50	48
Getriebeöle:	1.445	2.574	3.270	3.322
Hydrauliköle	6.594	4.961	5.186	4.927
Elektroisoliertöle	117	94	125	142
Sägekettenöle, Sägegatteröle	3.454	2.230	2.451	3.938
Schalöle	1.708	796	1.138	1.760
Prozessöle	2.013	1.897	1.902	1.778
Metallbearbeitungsöle	1.635	665	657	648
Schmierfette	2.045	1.295	1.456	1.577
Basisöle	1.275	6.444	6.357	8.842
SUMME	23.213	35.173	36.892	40.497

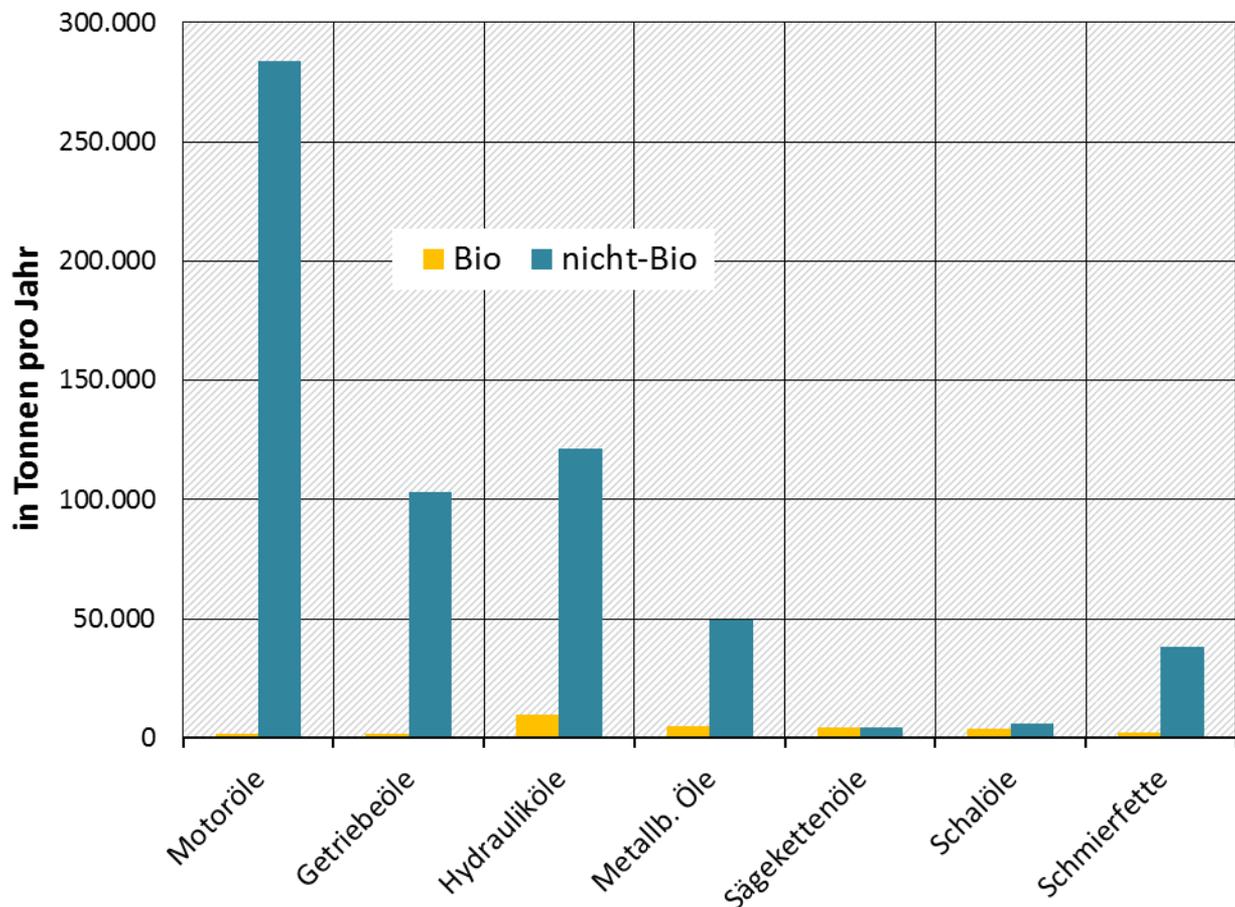
Quelle: Busch (2016)

3.2.1.1 Marktsättigung

FNR (2014) gehen „aufgrund der Umweltvorteile und der zwischenzeitlich erreichten Gebrauchstauglichkeit ... von einem Potential von bis zu 90 % oder ca. 900.000 t Bioschmierstoffen (mit Prozessölen) für Deutschland aus....“. Das entspräche der derzeit insgesamt für die stoffliche Nutzung eingesetzten Pflanzenölmenge und 16 % der in Deutschland insgesamt verbrauchten Pflanzenöle. Diese Zahlen sind als hypothetische Annahme zu verstehen. Sie unterstellen, dass in technisch schwierigen, vom Marktvolumen aber bedeutenden Bereichen eine nahezu vollständige Substitution der mineralölbasierten bzw. synthetischen Schmierstoffe möglich sein wird.

An dieser Stelle lohnt sich zunächst ein Blick auf die Märkte der spezifischen Einsatzbereiche. Eine Marktsättigung lässt sich bei den Anwendungsbereichen mit bereits hohen Anteilen relativ leicht einschätzen: Dies sind die in der offenen Anwendung eingesetzten Sägeketten- und Schalöle. Die rund 8.000 t in diesen Bereichen könnten vom Prinzip her verdoppelt werden, wodurch diese Märkte dann weitgehend gesättigt wären.

Abbildung 3-3 Gesamt mengen an Schmierstoffen unterschieden nach Arten sowie nach biobasiert und nicht-biobasiert in Deutschland in 2011



Eigene Darstellung auf der Basis von FNR (2014)

Eine Sonderbetrachtung verdient außerdem der Bereich der Hydrauliköle, die bei aktuell 10.000 t (nach FNR 2014) noch ein theoretisch größeres Volumen bedienen können. Nimmt man an, dass 50 % des Hydraulikölbedarfs auf Dauer durch biogenes Öl gedeckt werden könnte, zeichnet sich hier ein Volumen von 60.000 t – sprich eine Versechsfachung ab.

Ein großes Potenzial zeichnet sich auch bei den Motor- und Getriebeölen ab, welches nach Busch (2016) seit 2012 wohl auch schrittweise gehoben wird. Der biobasierte Marktanteil liegt demnach bereits bei 5 %, eine weitere Verdopplung, die vorderhand als technisch denkbar erscheint, würde eine Erhöhung auf über 30.000 t mit sich führen.

In einem Bereich bis ca. 100.000 t wird somit ein grundsätzlich realisierbarer Absatzmarkt gesehen.

Mehr Marktanteile v.a. im Bereich der Motoröle werden von verschiedenen schwer zu prognostizierenden Randbedingungen abhängen wie:

- ▶ wie sich die Motoren- und Antriebstechnik entwickeln wird (Stichwort E-Mobilität).
- ▶ wie sich die Qualitätsanforderungen an die Motoröle weiter entwickeln werden (Stichwort Synthetik-Anteile)
- ▶ ob es der biobasierten Produktionsschiene technisch gelingt, in den Markt der synthetischen Schmierstoffe einzudringen (analog zu den fortschrittlichen Kraftstoffen auf quasi beliebiger Biomassebasis, synthetisch designte Schmierstoffe wie z.B. poly-alpha-Olefine).

3.2.1.2 Preise

Die Beschaffungskosten für Schmierstoffe und Hydrauliköle liegen nach FNR (2014) über die vergangenen Jahre für einen Liter bei ca. 1 bis 1,50 € für Mineralöle und 3 bis 5 € für Bioöle. Nach Burg (2014) haben sich die Preise für Bioschmierstoffe in den Jahren von 2004 bis 2014 nahezu verdoppelt.

Die Lebenswegkosten bezogen auf die Funktionseinheit können je nach Art und Spezifikation des Schmierstoffs und der Einsatzweise dagegen deutlich stärker konvergieren. So zeigt ein von der FNR (2012) veröffentlichter Kostenvergleich von Mineralöl mit Bioöl am Beispiel des Hydrauliksystems eines Baggers, dass bei günstigen aber realistischen Annahmen die Gesamtnoten mit Bioöl niedriger liegen können als bei der Mineralöl-Variante.

3.2.2 Technologietrends

3.2.2.1 Herstellungsverfahren

Ausgehend von den biogenen Ölen und Fetten als Grundlage gestalten sich die Verarbeitungsschritte in Abhängigkeit von den jeweiligen Spezifikationen und Qualitäten.

Im einfachen Falle der Herstellung von z.B. Kettensägeölen beschränkt sich die Verarbeitung auf ein Additieren von Pflanzenölen mit Stoffen, die der Haftverbesserung (z.B. Kautschuk), der Erhöhung der Viskosität (z.B. Polymere) oder der Haltbarkeit (Mineralölkomponenten) dienen. Die Additive bleiben im Gesamtanteil in der Regel unterhalb von 5 %.

Im Falle von Hydraulikflüssigkeiten sind naturbelassene, lediglich additivierte Pflanzenöle kaum mehr in Anwendung. Solche werden nach der DIN ISO 15380 unter der Bezeichnung HETG geführt. Die Polyalkylenglykole (HEPG) werden ebenfalls nur noch in geringem Maße eingesetzt. Die bedeutendste Produktfamilie sind die synthetischen Ester (HEES), hergestellt durch Veresterung von Triglyzeriden (ungesättigt, teilgesättigt und gesättigt) mit kürzeren oder länger-kettigen Alkoholen.

Steigende Qualitätsanforderungen z.B. für Motoröle können zu mehr oder weniger neuartigen Herstellungsverfahren führen.

3.2.2.2 Einsatzbereiche

Wie weiter oben bereits beschrieben, stellen die **Hydrauliköle** aktuell den quantitativ größten Einsatzbereich dar. **Sägekettenöle** und **Schalöle** weisen dagegen die höchste Durchdringung auf.

Grundsätzlich sind biobasierte Produkte in allen Segmenten der Schmierstoffe anwendbar.

3.2.2.3 Mögliche Substitutionen von fossilen Rohstoffen

Die Verwendung von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikölen bedeutet in der Regel eine direkte Substitution der fossilen bzw. mineralölbasierten Analogons.

Die ersetzten fossilen Basisöle entstammen zumeist der iso-Paraffin-reichen Fraktion der Wachsdestillate aus der Vakuumdestillation. Diese Fraktion bedarf einer mehrstufigen Raffination (Extraktion von Aromaten, Abscheidung von n-Paraffinen und Hydrierung), weswegen die Herstellung insgesamt vergleichsweise aufwändig ist (siehe Ökobilanz in Teil II).

Höhere Qualitäten an Schmierstoffen werden heutzutage auf der Basis halb- bis vollsynthetischer Basisöle hergestellt, wie z.B. Hydrocrack-Öle oder poly-alpha-Olefine (PAO). Die Einteilung der verschiedenen Grundölqualitäten orientiert sich u.a. am Viskositätsindex (VI). Die am meisten verbreitete Klassifizierung ist die vom API (American Petroleum Institute).

Grundsätzlich können alle Qualitätsklassen auch durch biobasierte Rohstoffe hergestellt werden. Entscheidend ist, dass (ggf. durch spezifisches Processing) am Ende die erforderlichen Spezifikationen erfüllt werden.

3.2.3 Nationale und internationale Umweltzeichen

Für biobasierte Schmierstoffe werden bereits seit 1989 Umweltzeichen (RAL UZ- 48) vergeben. Anfangs stand dabei die biologische Abbaubarkeit für im offenen Anwendungsbereich eingesetztes Sägekettenöl im Vordergrund. In den 90er Jahren wurden die Anwendungsbereiche erweitert und insbesondere auf Hydrauliköle ausgedehnt. Das jüngste RAL Umweltzeichen für „biologische abbaubare Schmierstoffe und Hydrauliköle“ (DE-UZ 178) stellt auf das Schutzziel „Wasser“ ab (DE- UZ 178)⁴.

Das EU Eco-Label für Schmierstoffe existiert seit 2005. Es befindet sich gerade in Revision. Erste Entwürfe für eine Revision der European Ecolabel Kriterien für Schmierstoffe liegen seit Ende 2016 vor (JRC 2016, 2016a).

Auf der Ebene der technischen Normen (DIN, CEN) werden gleichfalls Kriterien mit Umweltbezug definiert. Tabelle 3-2 gibt eine Übersicht über die geltenden Umweltzeichen und Normen. Nachfolgend werden in Tabelle 3-3 die wesentlichen Kriterien daraus kurz zusammengefasst.

Tabelle 3-2 Geltende Umweltzeichen und Normen für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten

Jahr	Zeichen oder Norm
1989	„Blauer Engel“ für schnell abbaubare Sägekettenöle (DE- UZ 48)
1991	„Blauer Engel“ für schnell abbaubare Schmierstoffe und Schalöle (DE- UZ 64)
1996	„Blauer Engel“ für schnell abbaubare Hydrauliköle (DE- UZ 79)
2002	ISO 15380 Spezifikationen für umweltverträgliche Hydraulikflüssigkeiten (Kategorien HETG, HEES, HEPG, HEPR)
2005	EU Eco-Label für Schmierstoffe, Direktive 2005/360/EC („Euromargerite“)
2011	CEN Technischer Bericht 16227:2011 Empfehlungen für die Terminologie und Charakterisierung von Bioschmierstoffen
2014	„Blauer Engel“ für biologische abbaubare Schmierstoffe und Hydrauliköle (DE- UZ 178) „schützt das Wasser“
2016	DIN EN 16807 Bioschmierstoffe - Kriterien und Anforderungen
2017	erster Entwurf für eine Revision der European Ecolabel Kriterien für Schmierstoffe (JRC 2017)

Eigene Zusammenstellung

⁴ Die Schutzziele erscheinen in den neuen Vergabekriterien nicht mehr im Logo.

Tabelle 3-3 Kriterien der Umweltzeichen und Normen für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten

UZ/Norm Kriterien	DE- UZ 178	EU Eco-Label 2005/360/EC	CEN/TR 16227:2011
menschliche Gesundheit	<p>Ausschluss aller:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffe mit der Einstufung <i>krebserregend, mutagen</i> oder <i>fortpflanzungsgefährdend</i> ^{a)} • <i>besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC)</i> ^{b)} • mit der Einstufung <i>akut toxisch Kat. 1-3</i> ^{a)} <p>Konzentrationsbezogene Einschränkungen bei Einstufung ^{a)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • akut toxisch Kat. 4 • aspirationsgefährlich • zielorgantoxisch • hautreizend 	<p>Ausschluss von Produkten mit Zuweisung von R 20, R 21, R 22, R 23, R 24, R 25, R 26, R 27, R 28, R 33, R 34, R 35, R 36, R 37, R 38, R 39, R 40, R 41, R 42, R 43, R 45, R 46, R 48, R 49, R 50, R 51, R 52, R 53, R 59, R 60, R 61, R 62, R 63, R 64, R 65, R 66, R 67, R 68 sowie Kombinationen davon.</p>	
Wirkung auf die Umwelt	<p>Ausschluss aller Stoffe mit der Einstufung: ^{a)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>akute aquatische Toxizität toxisch Kat. 1</i> • <i>gewässergefährdend chronisch Kat. 1</i> <p>Konzentrationsbezogene Einschränkungen bei Einstufung ^{a)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>gewässergefährdend chronisch Kat. 2-4</i> 	<p>aquatische Toxizität: krit. Konzentration: 100 mg/l für einzelne wesentlichen Bestandteile und für Hydrauliköle 1.000 g/l für Verlustschmierstoffe. Weitere Grenzen für die einzelnen Inhaltsstoffe</p>	<p>nicht umweltgefährdend entsprechend OECD 201, 202, 203</p>
Erneuerbarkeit	<p>Begriff „Bio“ darf verwendet werden ^{d)}, wenn Gehalt an biogenem C <25 Masse-% im Endprodukt.</p>	<p>>50 % bei Hydraulikölen >45% bei Schmierfetten, >70 % bei Verlustschmierstoffen</p>	<p>Gehalt an nachwachsenden Rohstoffen >25% (Radiokarbonanalyse)</p>
weitere Stoffbeschränkungen	<p>Ausschluss aller Stoffe der</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>OSPAR-Liste</i> ^{c)} • EU-Liste prioritärer Stoffe (WRRL) • Wassergefährdungsklasse WGK 2 oder 3 <p>Ausschluss von</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organische Halogenverbindungen, • Nitritverbindungen, • Metalle und Metallverbindungen (Ausnahme Na, K, Mg, Ca, Li, Al) • Mineralöl (außer in Additiven max. 5%) 	<p>Unzulässigkeit von</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organischen Halogenverbindungen, • Nitritverbindungen, • Metalle und Metallverbindungen (Ausnahme Na, K, Mg, Ca, Li, Al) 	
Abbaubarkeit und Bioakkumulationspotenzial	<p>Biologische Abbaubarkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteil <i>leicht biologisch abbaubarer Stoffe</i> im Endprodukt >95 Gew.-% • Anteil <i>nicht biologisch abbaubarer Stoffe</i> <2 Gew.-% 	<p>Biologische Abbaubarkeit: Für Hydrauliköle und Verlustschmierstoffe Nicht biologisch abbaubar < 5%</p>	<p>Biol. Abbaubarkeit: >60 % für Schmieröle >50% für</p>

UZ/Norm Kriterien	DE- UZ 178	EU Eco-Label 2005/360/EC	CEN/TR 16227:2011
	Bioakkumulationspotenzial: die Produkte müssen darauf untersucht werden BCF >500; log Pow-Wert ≥3,0 und ≤10	Vollständig aerob biologisch abbaubar >90% Für Schmierfette: Nicht biologisch abbaubar < 10% Vollständig aerob biologisch abbaubar >75%	Schmierfette (OECD 301)
Leistung	Nachweis der für den jeweiligen Einsatzbereich einschlägigen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit	Für Hydraulikflüssigkeiten gelten Anforderungen nach ISO-Norm 15380 Sägekettenöle müssen RAL UZ 48 erfüllen, Schmierfette, Betontrennmittel und sonstige Verlustschmierstoffe müssen „gebrauchstauglich“ sein.	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für bestimmte Anwendung entsprechend anerkannter Tests
Weiteres			Produkt mit EU-Ecolabel (2005/360/EC) ist ein Bioschmierstoff

- a) nach den Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008
- b) nach den Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
- c) http://www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000_000000_000000
- d) Im Sinne der DIN CEN/TR 16227:2011-1042, Nachweis gemäß ASTM D-686643 oder DIN CEN/TS 16137 (DIN SPEC 91236)

Revision der European Ecolabel Kriterien für Schmierstoffe

Das EEL für Schmierstoffe befindet sich in Überarbeitung. JRC (2016, 2016a) hat hierzu Vorschläge erarbeitet, die Kriterien des European Ecolabel zu erneuern und um zusätzliche Anforderungen zu ergänzen. Tabelle 3-4 zeigt die den letzten und voraussichtlichen finalen Stand der Kriterienliste nach der letzten Sitzung der zuständigen Arbeitsgruppe vom 27. Juni 2018.

Neben einer Angleichung an neue globale Rechtsnormen im Bereich der Toxizitätsbewertung ist als eine wesentliche Veränderung das neue Kriterium 4 gesehen: „Origin, traceability and advertising of renewable raw materials.“ Als Prinzip wird dabei verankert, dass

- ▶ der Anbau nachwachsender Rohstoffe Kriterien für nachhaltiges Management zu erfüllen hat und
- ▶ durch 3rd Party-Zertifizierung die Herkunft der verarbeiteten Pflanzenöle nachhaltig betriebenen Anbau nachzuweisen ist.

Damit greifen die Vorschläge von JRC einen wesentlichen Kern der im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Empfehlungen auf. JRC benennen im Erarbeitungsprozess auch konkrete Zertifizierungssysteme wie den RSPO, RTRS (Round Table on Responsible Soy) oder die staatlichen Standards MSPO (Malay-

sian Sustainable Palm Oil) und ISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil). In der letzten Version ist nur RSPO genannt. Generell werden für die Anerkennung von Zertifizierungssystemen die Erfüllung der Anforderungen nach ISO Guide 65/66⁵ vorausgesetzt. Als generelle Kriterien führt JRC vor allem mit Blick auf Palmöl und Sojaöl folgendes an:

- ▶ **Ökonomisches Kriterium:** continuous efficiency improvements; documentation on the improvement of production conditions and continuous increases in yield which lead to work and employment
- ▶ **Umweltkriterium:** rainforest or other areas of high conservation value may not be destroyed to make way for new plantations
- ▶ **Sozialkriterium:** working conditions must be consistent with industry standards and minimum wages must be paid. The RSPO also addresses health and safety at work.

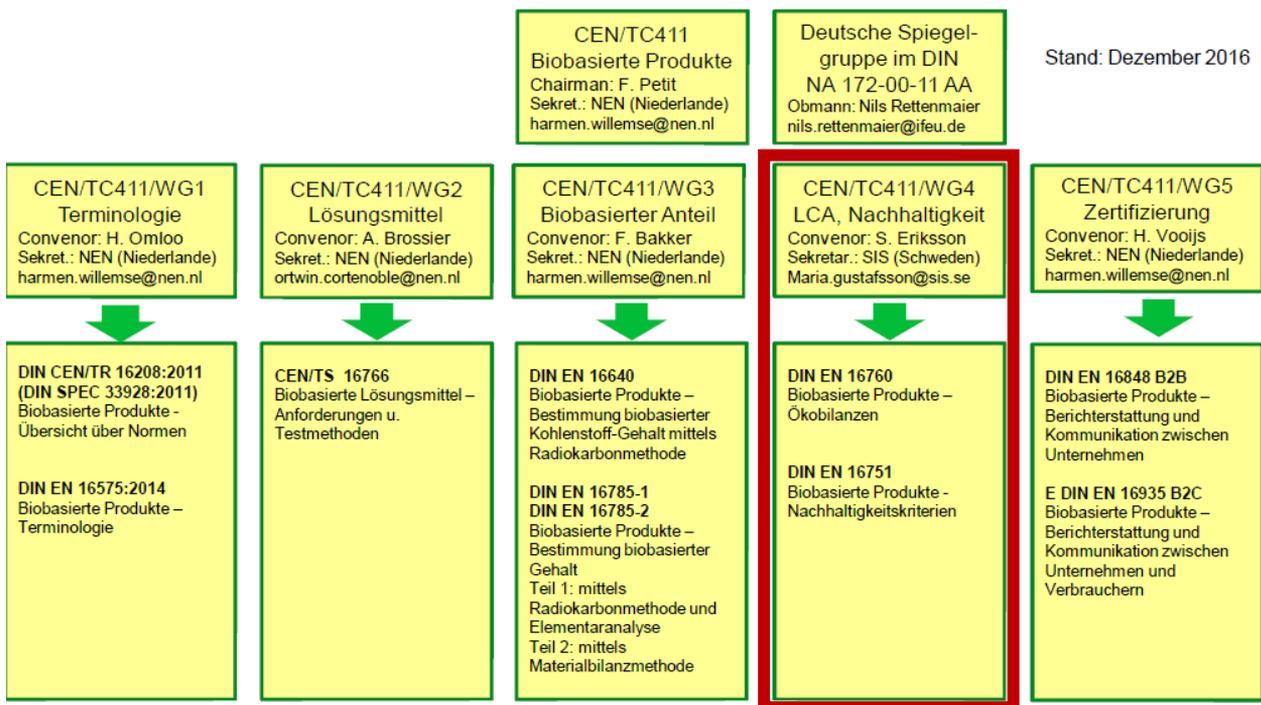
Tabelle 3-4 Kriterienliste des EU Ecolabel für Schmierstoff nach dem finalen Entwurf zur Überarbeitung der Vergabekriterien

Criteria
Criterion 1: Excluded and limited substances
Criterion 2: Additional aquatic toxicity
Criterion 3: Biodegradability and bioaccumulative potential
Criterion 4: Origin, traceability and advertising of renewable raw materials
Criterion 5: Packaging/container requirements
Criterion 6: Minimum technical performance
Criterion 7: Consumer information regarding use and disposal
Criterion 8: Information appearing on the EU Ecolabel

Quelle: <http://www.vsi-schmierstoffe.de/regelwerke/ecolabel.html>

⁵ ISO/IEC Guide 65:1996: General requirements for bodies operating product certification systems
 ISO/IEC Guide 66:1999: General requirements for bodies operating assessment and certification/registration of environmental management systems (EMS)

Abbildung 3-4 Normungsgremien und Ausschüsse innerhalb des CEN Komitees TC411 „biobasierte Produkte“



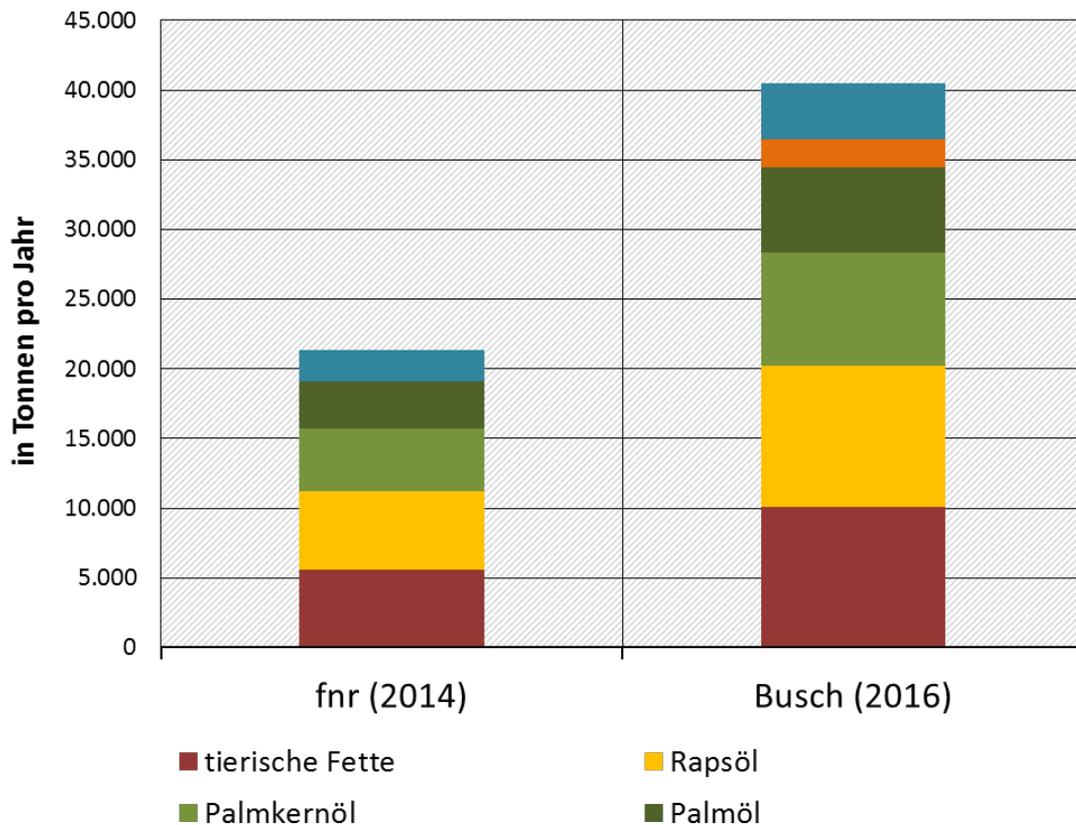
Quelle: CEN Komitees TC411 „biobasierte Produkte“

3.2.4 Qualitätsaspekte

3.2.4.1 Eingesetzte Rohstoffe

Nach FNR (2014) setzen sich die Rohstoffe für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten zu jeweils 25 % aus tierischen Fetten und Rapsöl zusammen. Diese Zusammensetzung findet sich auch bei Busch (2016) bei jedoch deutlich höheren Inputmengen (siehe Abbildung 3-5). Die weiteren Hauptquellen sind Palmkernöl (20%), Palmöl (15%) und Rizinusöl (5%). Letzteres wird ausschließlich für den Bereich der Hydraulikflüssigkeiten verwendet.

Abbildung 3-5 Einsatzmengen an Pflanzenölen und Tierfetten für die Herstellung von Bioschmierstoffen in Deutschland



Quelle: FNR 2014, Busch 2016^

Darstellung ifeu

3.2.4.2 Produktqualität

Die wesentlichen technischen Qualitätsanforderungen an Schmierstoffe und Hydrauliköle sind über Normen über das Normungsgremium ISO/TC28/SC4 WG3 und WG16 festgelegt. Relevante Normen sind:

- ▶ ISO 6743-4 „Lubricants, industrial oils and related products – Classification – Part 4: Family H (Hydraulic systems)“
- ▶ ISO 15380 „Lubricants, industrial oils and related products (class L) – Family H (hydraulic systems) – Specification for categories HETG, HEES, HEPG, HEPR“.

Grundsätzlich eint diese Produktgruppe die Anforderung an Verringerung von Reibung und den Verschleiß zwischen zwei festen, sich gegeneinander bewegende Körpern. Weitergehende Anforderungen beruhen auf der Art des Einsatzes und können Folgendes umfassen:

- ▶ Kühlung der gegeneinander bewegten Bauteile
- ▶ Wegspülen von Verschmutzungen
- ▶ Kraftübertragung (Druckflüssigkeiten oder Hydraulikflüssigkeiten).

Viskosität

Sie ist eine maßgebliche Größe zur Spezifizierung von Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten. Sie drückt das Maß für Zähflüssigkeit aus: Je größer die Viskosität ist, desto dickflüssiger ist das Fluid, und

umgekehrt. Verwendet wird der Viskositätsindex (VI), der die Änderung der Viskosität mit der Temperatur beschreibt: Je höher der VI, desto konstanter ist die Viskosität bei Temperaturänderung.

Bioschmierstoffe haben mit etwa 200 einen im Vergleich zu unadditivierten Mineralölen (100) deutlich höheren Viskositätsindex (FNR 2012).

Alterungsverhalten

Der Einsatz und damit die Belastung des Schmierstoffs führen unausweichlich zu dessen Alterung, die im Übrigen auch allein bei der Lagerung erfolgt. Beim Einsatz treten jedoch zusätzlich Verunreinigungen und (Fremdstoffe, Abrieb, Wasser) auf. Der Kontakt mit Metallen und die Temperaturveränderungen kann außerdem die Alterung beschleunigen. Die chemischen Prozesse hinter der Alterung können sehr vielfältig sein, wie z.B. das Aufbrechen von Molekülketten (durch Cracken, Hydrolyse oder Oxidation) oder das Gegenteil, die Polymerisation von kürzeren Ketten (FNR 2012).

Bereits dadurch, dass Bioschmierstoffen das Wesen der besseren biologischen Abbaubarkeit innewohnt, könnte ihnen eine schnellere Alterung unterstellt werden. Tatsächlich zeigt sich in der Praxis, dass biobasierte Produkte hier nicht ungünstiger abschneiden. Letztlich kann durch gezielte Additivierung auch hier die Alterung verlangsamt werden.

3.2.4.3 Umweltrelevanz und Anforderungen an die Umweltfreundlichkeit

Wenngleich in einigen Fällen biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten aufgrund ihrer technischen Eigenschaften ihren Markt gewonnen haben, so bilden doch die Umweltaspekte ein zentrales Argument. Ganz grundsätzlich wird ihnen eine

- ▶ geringere toxische Potenz
- ▶ geringere Wassergefährdung
- ▶ gute biologische Abbaubarkeit

beigemessen. Aufgrund der Vielfältigkeit der Produktgruppe sind natürlich Einzelnachweise dafür erforderlich. Auch liegen nicht allen Aspekten durchgängig Vorteile vor. So weisen auch Bioöle bei Havarien auf Gewässer durch die Ausbildung aufschwimmender Filme (Floater-Eigenschaft) eine Wassergefährdung auf. Und die Frage toxischer Effekte muss schlussendlich am fertig formulierten Endprodukt (inklusive der Beimischungen und Additive) bewertet werden. Die bisher vorliegende Umweltkennzeichnung greift diese Aspekte umfassend auf (siehe Tabelle 3-3).

Für biobasierte Produkte stellen sich die Hauptanforderungen hinsichtlich des Umweltverhaltens bei der Bereitstellung der Biomasse als Ausgangsrohstoff. Wie in der Einleitung betont, ist die Frage zur Herkunft der Biomasse eine Schlüsselfrage: werden neue Flächen in Anspruch genommen mit entsprechenden Risiken für hochwertige Naturräume? Entstehen möglicherweise Nutzungskonkurrenzen (siehe „Tank vs. Teller“)? Entspricht die Art der Biomassegewinnung einer nachhaltigen Nutzung der begrenzten Ressource Fläche? Diese Aspekte werden in der „Machbarkeitsstudie zu übergreifenden Aspekten: Stoffliche Nutzung von Biomasse“ intensiv behandelt. In Folge dessen, sind Anforderungen, die auf die biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten zu stellen sind, auch in dieser Studie aufzugreifen. Dies erfolgt in Kapitel 4.1.

3.3 Konsumtrends

Abgesehen von Schmierfetten und Sägekettenölen sind technische Öle in der Regel eher nicht in verbrauchernahen Märkten gehandelt. Sie unterliegen daher Konsumtrends eher nur in indirekter Weise. Gerade bei Sägekettenölen ist aufgrund des Umweltaspekts der Abbaubarkeit bereits eine große Marktdurchdringung gegeben. Auch Motorenöle werden z.T. auch von Verbrauchern direkt erworben. Doch stellen auch gerade hier die technischen Qualitäten (neben dem Preis) die entscheidenden Argumente dar.

Letztlich ist es eine Frage, wie sich der generelle Trend zu biobasierten Produkten weiter fortsetzt. Wird dieser unter der großen Strategie der Bioökonomie durch politische Prioritätensetzung voran gebracht, wobei dies die Umsetzung durch die beteiligte Wirtschaft voraussetzt, besteht gerade für den Schmierstoffsektor noch ein hohes Potenzial. Technische Eignung, sogar Vorteile und ggf. positives gesellschaftliches Image stoßen in diesem Sektor auf eine insgesamt günstige Ausgangslage. Eine Kernfrage wird dabei die Bewertung der biobasierten Produkte an sich darstellen.

3.3.1 Nutzenanalyse

3.3.1.1 Gebrauchsnutzen

Schmierstoffe und Hydrauliköle sind unverzichtbare Betriebsmittel in zahlreichen technischen Prozessen. Biobasierte Schmierstoffe und Hydrauliköle stehen in ihrer Qualität den üblichen mineralölbasierten Pendanten in nichts nach. Ihr Gebrauchsnutzen steht damit außer Frage.

3.3.1.2 Symbolischer Nutzen

Biobasierte Produkte bilden den Kern einer Entwicklung in Richtung einer Bioökonomisierung der Wirtschaft, die gleichsam eine Abkehr von Materialien aus fossilen Rohstoffquellen bedeutet. Biobasierte Schmierstoffe und Hydrauliköle sind zu jenen Produkten, die aufgrund ihrer guten Produktqualität sowohl nach technischen als auch umweltseitigen Anforderungen bei der Anwendung ein erfolgversprechendes Beispiel für biobasierte Produkte an sich. Sie werden dementsprechend in der Gesellschaft positiv wahrgenommen.

3.3.1.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Wesentlicher gesellschaftlicher Nutzen ist der Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz insbesondere durch den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen. Die stoffliche Nutzung von Biomasse, zumal in technisch hochwertigen Anwendungen, weist wie verschiedene Studien zeigen (Rettenmaier et al. 2014, Fehrenbach et al. 2017) ökologische Vorteile gegenüber einer direkten energetischen Nutzung von Biomasse (siehe auch Abschnitt 4.2).

Vor allem die bessere Umweltverträglichkeit der Materialien bei den überwiegend in der Natur verbleibenden Verlustschmierstoffen bringt zusätzliche Umweltentlastung gegenüber mineralölbasierten Substituten. Hydrauliköle dagegen ermöglichen neben dem Potenzial eines Recyclings eine energetische Verwertung am Lebenswegende im Sinne einer Kaskadennutzung.

Zu bedenken ist dabei die nachhaltige Bereitstellung der Bioöle bei Anbau. Die Herkunft der Rohstoffe kann für die Gesamtbewertung des Nutzens von maßgeblicher Bedeutung sein (siehe Abschnitt 4.1)

3.3.1.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 3-5 zusammengefasst.

Tabelle 3-5 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
▶ Leistung (Kernanforderungen)	Sehr hohe Produktqualität gemäß technischen Anforderungen, v.a. Viskosität, Beständigkeit, werden über DIN Normen festgelegt
▶ Haltbarkeit	Im technischen System hoch, in der Umwelt rasche Abbaubarkeit
▶ Zuverlässigkeit in der Funktion	Durch hohe Produktqualität gewährleistet
▶ Versorgungssicherheit	Steht als nachwachsender Rohstoff im Umfang des Bedarfs ausreichend zur Verfügung
▶ Verfügbarkeit	Steht als nachwachsender Rohstoff im Umfang des Bedarfs ausreichend zur Verfügung
Symbolischer Nutzen	
▶ Identität	Biobasierte Produkte weisen positives Image auf, ihre Nutzung anstelle von fossilbasierten Produkten steht für ressourcenschonendes Handeln
▶ Konsonanz mit gesellschaftlichen Meta-Präferenzen	Einklang mit den strategischen Zielen der Bioökonomie
Gesellschaftlicher Nutzen	
▶ Bekämpfung von Armut, Hunger und Fehlernährung	Herkunft aus nachhaltiger Produktion muss vorausgesetzt werden
▶ Förderung von Gesundheit	Basisöl ohne toxische Eigenschaften
▶ Förderung Klima- und Ressourcenschutz	Ökobilanzielle Vorteile
▶ Sicherung Biodiversität	Herkunft aus nachhaltiger Produktion muss vorausgesetzt werden

Eigene Zusammenstellung

4 Teil II

Anhand der im Rahmen dieses Projekts erstmals in die PROSA-Systematik eingeführten Nachhaltigkeitsbewertung, der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck über Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten der hier betrachteten Produktgruppe der biobasierten Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wo die Verbesserungspotenziale in diesen Produktgruppen liegen.

4.1 Nachhaltigkeitsbewertung

4.1.1 Nachhaltigkeitsanforderungen

Die in der übergreifenden Machbarkeitsstudie für biobasierte Produkte dargelegte Methodik zu Bewertung der Nachhaltigkeit bezieht sich zur Identifizierung von Nachhaltigkeitsanforderungen auf der ISO-Norm ISO 13065 („Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie“).

Auf dieser Basis wurden Zertifizierungssysteme bewertet, inwieweit sie die Nachhaltigkeitsanforderungen der ISO-Norm beinhalten. Deren Kriterien sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt.

Tabelle 4-1 Nachhaltigkeitskriterien der ISO-Norm ISO 13065

Themen	Kriterien
Umweltbezogen	
Treibhausgas (THG)	▶ Emittierte und entzogene THG-Menge über den Lebensweg
Wasser	▶ Wassermenge und -qualität von Wasserentnahme und -freisetzung
Boden	▶ Bodenqualität und Ertragsfähigkeit
Luft	▶ Emissionen in die Luft
Biodiversität innerhalb des Produktionsgebiets	▶ Biodiversitätswerte innerhalb des Produktionsgebietes und die direkt durch den Wirtschaftsteilnehmer beeinflusste Umgebung
Gebiete zum Schutz der Biodiversität	▶ Biomasse aus gesetzlichen Schutzgebieten zur Erhaltung der Biodiversität innerhalb der IUCN Kategorien I – III
Energieeffizienz	▶ Energienutzung und -effizienz
Abfälle	▶ Abfallmanagement liegt vor
Sozial	
Menschenrechte	▶ Umgang mit der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte
Arbeitnehmerrechte	▶ Umgang mit Zwangs- oder Pflichtarbeit ▶ Umgang mit Kinderarbeit ▶ Umgang mit dem Recht auf Tarifverhandlungen
Arbeitsbedingungen	▶ Umgang mit Arbeitsbedingungen, einschließlich der sozialen Sicherheit und Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz
Landnutzungsrechte und Landnutzungsänderung	▶ Umgang mit Landnutzungsrechten
Wassernutzungsrechte	▶ Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Wasser für den menschlichen Gebrauch und die Lebensmittelproduktion in wasserarmen Ländern
Wirtschaftlich	
Wirtschaftliche Nachhaltigkeit	▶ Informationen zu betrügerischen, irreführenden oder unlauteren Geschäfts- und Verbraucherpraktiken ▶ Informationen zum finanzbezogenen Risikomanagement

Eigene Zusammenstellung auf Basis ISO 13065.2015

4.1.2 Grundsätzliche Einschätzung der Nachhaltigkeit zur Produktgruppe

4.1.2.1 Rohstoffe

Viele der in Tabelle 4-1 zusammengefassten Nachhaltigkeitskriterien zielen vorwiegend auf die Rohstoffbereitstellung. Bei den Rohstoffen für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten handelt es sich abgesehen von Tierfetten ausschließlich um Pflanzenöle. Neben dem in Deutschland und Europa angebauten Rapsöl werden vorwiegend in (sub)tropischen Ländern produzierte Pflanzenöle verwendet, wie Palmkernöl, Palmöl und Rizinusöl.

Ölpalmenplantagen stehen in besonderem Verdacht schwerwiegende Konflikte mit Nachhaltigkeit zu verursachen. Die Gründe liegen dabei

- ▶ in der massiven Ausdehnung der Anbaufläche; weltweit hat sich die Produktion von 2000 bis 2015 nahezu verdreifacht (USDA), vor allem in Indonesien, wo nach FAO (2014) jährlich etwa 500.000 ha neue Plantagenfläche entsteht (siehe Abbildung 4-1)
- ▶ in den damit verursachten massiven Verlusten an hochbiodiversen Wäldern bei gleichzeitiger Freisetzung umfangreicher Kohlenstoffsinken (Zerstörung von Torfwäldern)
- ▶ in der schlechten Durchsetzung der gesetzlichen Schutzvorgaben in Ländern wie Indonesien, oft in Verbindung mit Korruptionssachverhalten; dadurch entstehen auch Konflikte mit Landnutzungsrechten.

Auf der anderen Seite ist die Ölpalme die weltweit ertragsreichste Ölpflanze. Während Rapsöl in Deutschland mit 3- bis 4 Tonnen pro ha gewonnen wird, erreicht Palmöl Erträge bis zu 6 Tonnen pro ha.

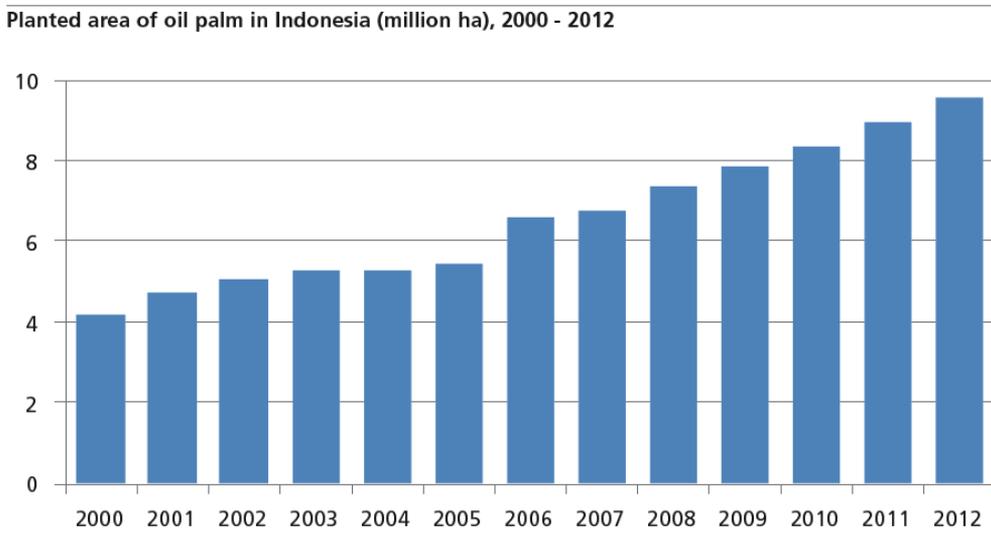
Rizinusöl wiederum kann auf anspruchsloseren Böden angebaut werden, was als Vorteil in Bezug auf die Nahrungsmittelkonkurrenz angesehen wird.⁶ Faktisch wird Rizinusöl jedoch überwiegend in Großplantagen angebaut, der weltgrößte Produzent ist Indien, gefolgt von China und Brasilien.⁷

Grundsätzlich ist für alle Anbaubiomasse der Nachweis einer nachhaltigen Produktion gemäß den Kriterien in Tabelle 4-1 und in der praktischen Umsetzung mit einem der weiter unten angeführten Zertifizierungssysteme erforderlich.

⁶ <http://www.castoroil.in/crop/castorcultivation.html>

⁷ <http://www.fediol.be/web/castor/1011306087/list1187970111/f1.html>

Abbildung 4-1 Entwicklung der Anbaufläche für Palmöl in Indonesien von 2000 bis 2012



Source: Ministry of Agriculture, 2013

Quelle: FAO (2014)

Für Reststoffströme wie z.B. Tierfett stellen die bisher üblichen Standards keine rohstoffbezogenen Nachhaltigkeitskriterien auf. Konflikte aus der Landnutzung sind hier nicht gegeben. Andererseits sind Konflikte mit konkurrierenden Nutzungen nicht ausgeschlossen.

4.1.2.2 Gesamtproduktionsweg

Die Kriterien in Tabelle 4-1 beziehen sich nicht nur auf den Anbau der Rohstoffe. Für die Treibhausgasbilanz gilt generell der Lebenswegansatz. Auswirkungen auf Wasser, Boden, Luft können auch durch Verarbeitungsprozesse erfolgen. Die Energiebilanz und der Umgang mit Abfällen sind überwiegend prozessabhängig. Die gilt ebenfalls für die sozialen und ökonomischen Kriterien.

4.1.3 Geeignete Zertifizierungssysteme zur Nachweisführung von Nachhaltigkeit

Für diese hier betrachtete Produktgruppe können gemäß der *übergreifenden Machbarkeitsstudie für biobasierte Produkte* grundsätzlich folgende Zertifizierungssysteme herangezogen werden:

- ▶ *Roundtable for Sustainable Biomaterials (RSB)*: grundsätzlich alle biobasierten Rohstoffarten und Produkte, bei vollständigem Erfüllungsgrad der Nachhaltigkeitsanforderungen.
- ▶ *International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)*: grundsätzlich alle biobasierten Rohstoffarten und Produkte, bei hohem Erfüllungsgrad der Nachhaltigkeitsanforderungen; der Standard ISCCplus gilt explizit für biobasierte Produkte.
- ▶ *Roundtable for Sustainable Palm Oil (RSPO)*: grundsätzlich nur Palmöl und Palmkernöl; bei hohem Erfüllungsgrad bezüglich der Nachhaltigkeitsanforderungen.

Weitere Systeme bzw. Standards, die ggf. nach weiterer Prüfung gegenüber den oben genannten als gleichwertig aufgefasst werden können, sind:

- ▶ *Malaysian Sustainable Palm Oil (MSPO)*: nationale Norm von Standards Malaysia, veröffentlicht als MS 2530.
- ▶ *Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO)*: wurde bisher nicht eingehend geprüft.

4.1.3.1 Chain of Custody

Die vorausgehend genannten Zertifizierungssysteme beinhalten alle eine Nachweisführung nach dem Prinzip der Massenbilanz und erfüllen daher auch in diesem Punkt die Anforderungen.

RSPO bietet über das Label *GreenPalm* auch Zertifizierung nach dem Book&Claim-Prinzip. Diese Art der Nachweisführung wird hier als nicht ausreichend eingestuft.

4.1.4 Offene Fragen zur Nachhaltigkeit

Die Zertifizierung von biobasierten Produkten anhand der genannten Systeme wird als großer Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Produktion gewertet. Dennoch kann Zertifizierung nicht zur Lösung aller potenziellen Nachhaltigkeitskonflikte dienen. Insbesondere kann damit nicht „Nachhaltigkeit per se“ umfassend gewährleistet werden. Eine Reihe sehr wichtiger Aspekte wie der Konflikt mit Nahrungsmittelsicherheit und andere indirekten Effekte (siehe auch iLUC-Debatte) können nur sehr unzureichend bis kaum durch Zertifizierung ausgeräumt werden (Fehrenbach 2014).

4.2 Lebenszyklusanalyse

Da bisher kaum Ökobilanzen für Bioschmierstoffe in der Literatur vorliegen, wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie für die Produktgruppe eine sogenannte „Screening-LCA“ („Übersichtsökobilanz“) durchgeführt. Dabei wird bezüglich der Rohstoffbereitstellung auf die Ergebnisse der übergreifenden Machbarkeitsstudie für biobasierte Produkte zurückgegriffen, in welcher eine Übersichtsökobilanz zur Bewertung der potenziellen Vielfalt an Rohstofftypen durchgeführt wurde.

Für die hier vorliegende Produktgruppe sind als Rohstofftypen ausschließlich diverse Pflanzenöle und tierische Altstoffe von Bedeutung.

4.2.1 Funktionale Einheit

Die Funktionalität von Schmierstoffen ergibt sich aus ihren Anwendungsspezifikationen.

Im vorliegenden Fall werden folgende konkreten Produkte bilanziert:

- a. Verlustschmierstoff: Sägekettensöl auf Basis Rapsöl mit 3% Additiven⁸
- b. Hydrauliköl: (HEES, sprich Ester aus Fettsäuren mit Alkoholen), auf Basis verschiedener Ausgangsöle (z.B. Palmkernöl, Rizinusöl, Tierfett).

Für die vergleichende Bewertung wird folgendes angesetzt:

- a. einfache offen angewandte Schmierfette (nicht umgeesterte Pflanzenöle) ersetzen einfache auf Paraffinbasis erzeugte Schmierstoffe.
- b. Hochleistungshydrauliköle (synthetische Ester der Klasse der HEES) ersetzen äquivalente Produkte auf Grundölbasis oder Weißöl.

Die Bezugsgröße ist dabei jeweils 1 Tonne Schmierstoff bzw. Hydrauliköl, da bezüglich der Funktionalität eine Nutzengleichheit zwischen dem biobasierten und dem mineralölstammigen Produkt unterstellt wird.

4.2.2 Systemgrenzen

Abbildung 4-2 zeigt die Systemgrenzen für die Übersichts-Ökobilanz am Beispiel eines Verlustschmierstoffs auf der Basis von Rapsöl.

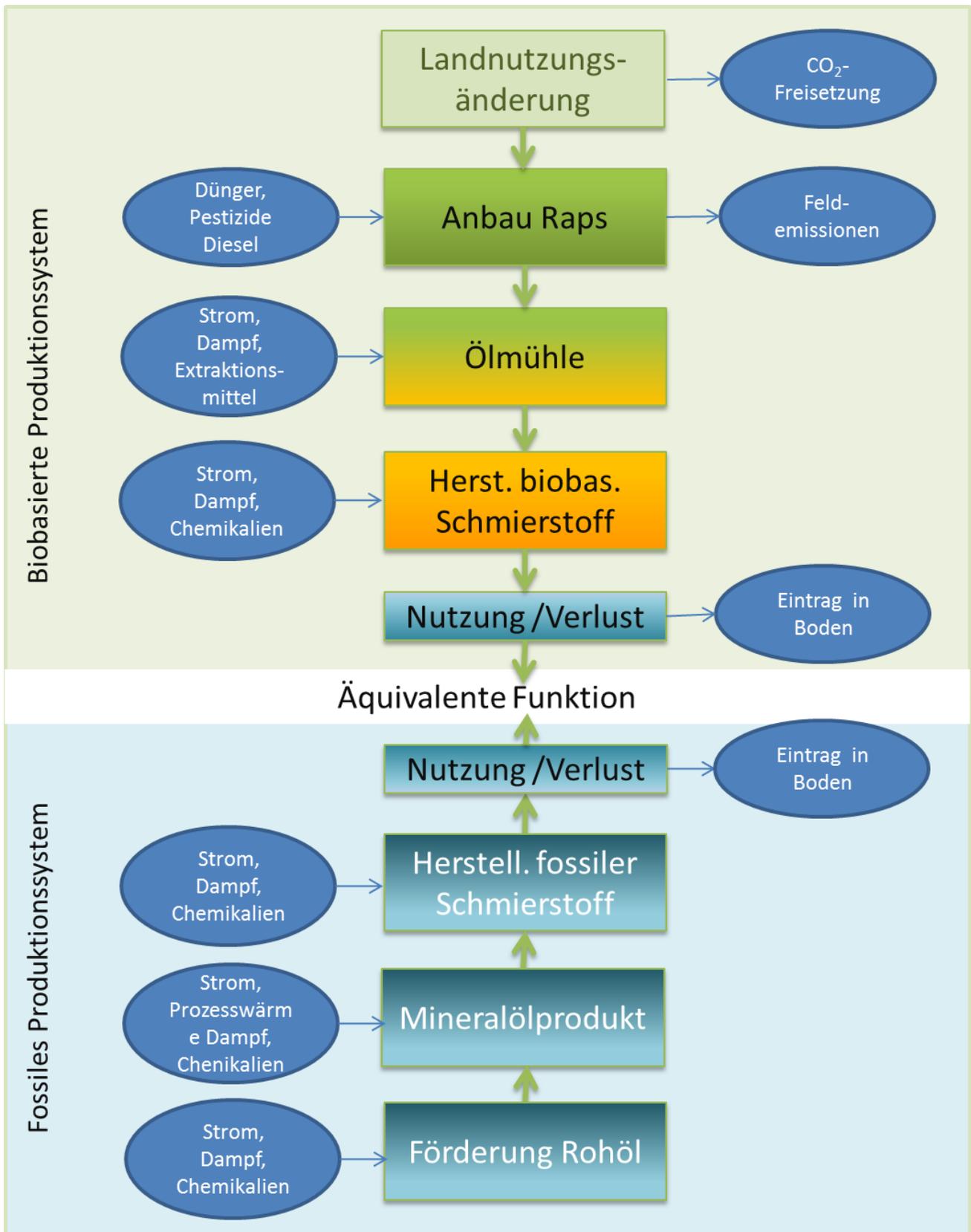
4.2.2.1 Herstellung

Die Herstellung umfasst den Anbau der Biomasse, ggf. unter Einbeziehung von Landnutzungsänderung, den Transport, den ersten Verarbeitungsschritt zum Pflanzenöl und den weiteren Verarbeitungsschritt zum Schmierstoff bzw. Hydrauliköl. Für Tierfett beginnt der Lebensweg mit der Erfassung dieses Rückstands aus der Tierkörperbeseitigung.

Der zweite Verarbeitungsschritt umfasst für den **Verlustschmierstoff** eine Additivierung des Pflanzenöls (hier Rapsöl) mit 3 % synthetischem Kautschuk zur Haftverbesserung.

⁸ Hierbei wird Kautschuk zur Haftverbesserung angesetzt

Abbildung 4-2 Systemgrenze der Übersichts-Ökobilanz für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten (Bsp. Rapsöl)



Im Falle von **Hydrauliköl** werden folgende Ausgangsstoffe betrachtet:

- a. Rapsöl

- b. Palmöl
- c. Palmkernöl
- d. Rizinusöl
- e. Tierfett.

Die Verarbeitung zu Hydrauliköl erfolgt als Veresterung mit Alkoholen (hier Butanol). Die Produkte entsprechen somit der Klasse der HEES.

4.2.2.2 Nutzung

Die **Verlustschmierstoffe** gehen naturgemäß bei der Nutzung verloren, das bedeutet:

- ▶ Ein Teil oxidiert bei der Anwendung als Sägekettenöl direkt zu CO₂, der restliche Teil gelangt zunächst als Öl in die Umwelt, wo es nach dem entsprechenden Abbauezeitraum ebenfalls zu CO₂ umgesetzt wird.
- ▶ Bei den biobasierten Schmierstoffen wird dies als klimaneutral gewertet, während bei den mineralölbasierten Referenzprodukten das fossile CO₂ entsprechend in die Bilanz eingeht.
- ▶ Nur qualitativ bewertet werden können die ökologischen Auswirkungen des Eintrags der Öle in die Umwelt, da die Übersichts-Ökobilanz für einen derart komplexen Sachverhalt keine adäquate Wirkungsbewertung bietet.

Beim **Hydrauliköl** wird davon ausgegangen, dass die Nutzung ohne Unterschied gegenüber dem mineralölbasierten Referenzprodukt erfolgt, sich hier somit keine Differenzierung für die Ökobilanz ergibt. Mengeneinsatz, Standzeiten, Verluste werden der Einfachheit halber gleichgesetzt, wenngleich je nach Fall hier zwischen biobasierten und mineralölbasierten Hydraulikflüssigkeiten durchaus deutliche Unterschiede bestehen können. In vielen Fällen werden die biobasierten hier im Vorteil gesehen.

4.2.2.3 Entsorgung

Diese ist nur bei den **Hydraulikölen** zu betrachten. Auch hier wird grundsätzlich von der Gleichartigkeit der Entsorgung ausgegangen. Gebrauchte Hydrauliköle fallen in die Altölkategorie 1 und können somit stofflich zu Zweit raffinaten aufgearbeitet werden. Wie sich speziell die biobasierten Anteile bei diesen Aufarbeitungen (Hydrierung oder Solvent Extraktion)⁹ verhalten, ist bisher nicht hinreichend untersucht. In erster Näherung ist davon auszugehen, dass sich biobasierte und mineralölbasierte Altöle gleichartig verhalten.

Aus diesem Grund ergeben sich auch im Lebenswegabschnitt der Entsorgung für den Vergleich keine Unterschiede mit der einen Ausnahme: wie immer die Nutzung des Altöls am Ende erfolgt, es wird schlussendlich in einem thermischen Schritt zu CO₂ oxidiert, was beim biobasierten Öl sich am Ende klimaneutral rechnet, während das mineralölbasierte Öl die Last der fossilen CO₂-Emission trägt.

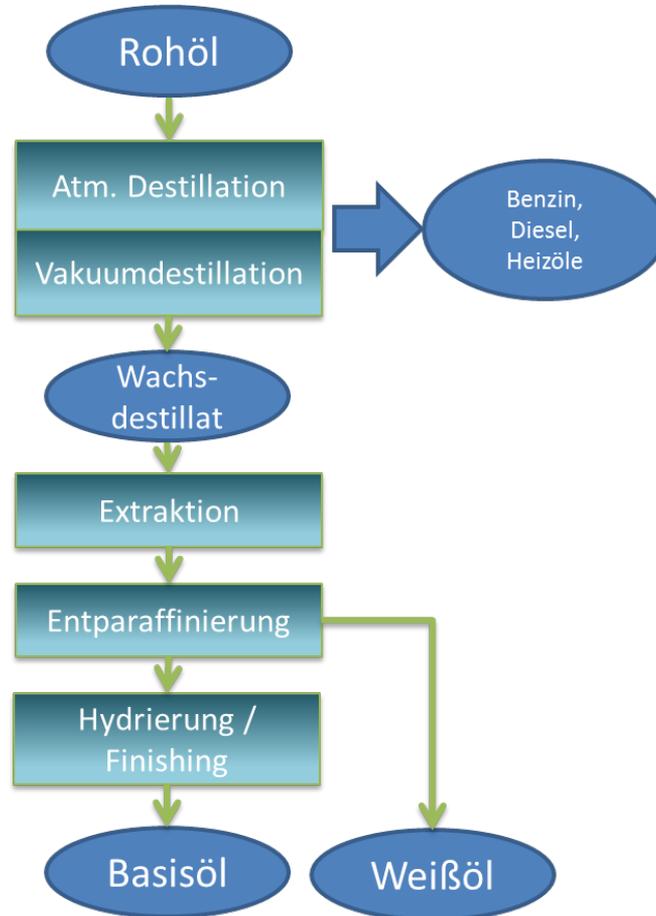
4.2.2.4 Mineralölbasierte Referenzprodukte

Wie oben angeführt, werden für Verlustschmierstoffe (Sägekettenöle) als Referenzprodukt einfache auf Paraffinbasis erzeugte Schmierstoffe angesetzt. Für Hydrauliköle der HEES wird von einem Ersatz äquivalenter Produkte auf Grundölbasis oder Weißöl ausgegangen.

⁹ In Deutschland sind die wichtigsten Unternehmen hierbei die Firmen PURAGLOBE (Anlage in Elsteraue) und AVISTA (Anlage in Uetze-Dollbergen)

Der Herstellungsweg für die beiden Produktarten verläuft über weite Abschnitte gleichermaßen und umfasst die in Abbildung 4-2 aufgeführten grundsätzlichen Schritte. In der Grundölraffination differenzieren sich die Stoffströme wie in Abbildung 4-3 dargestellt auf.

Abbildung 4-3 Prozessschritte der Grundölraffination (eigene Darstellung)



Eigene Darstellung

4.2.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet (Erläuterungen zu den Wirkungskategorien siehe Anhang I):

- ▶ Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA)
- ▶ Treibhauspotenzial (GWP)
- ▶ Versauerungspotenzial (AP)
- ▶ Eutrophierungspotenzial (EP)
- ▶ Naturrauminanspruchnahme (NFP).

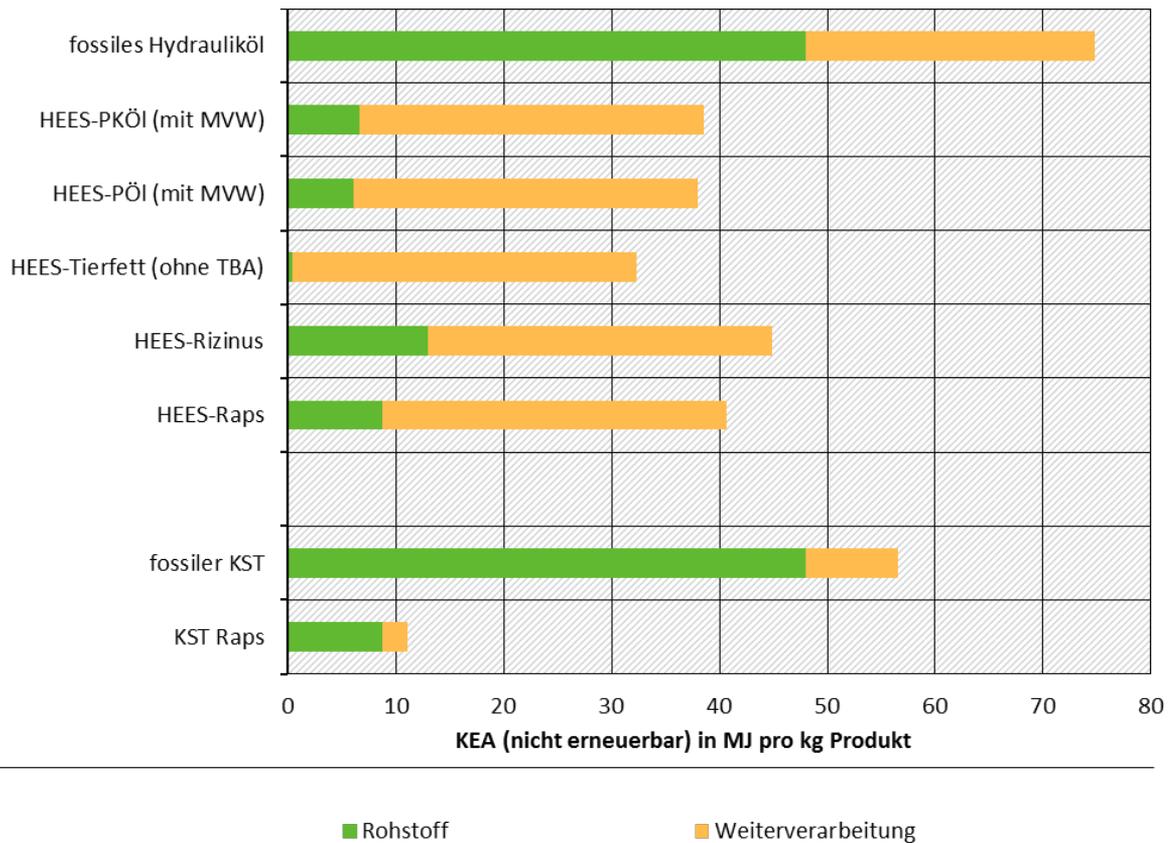
4.2.4 Ergebnisse der Übersichts-Ökobilanz

4.2.4.1 Ebene der Wirkungsabschätzung

In Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-8 sind die Ergebnisse für die fünf ausgewählten Wirkungskategorien dargestellt.

In dem für den **Ressourcenverbrauch** stellvertretenden kumulierten Primärenergiebedarf (KEA_{fossil}) zeigt sich ein eindeutig vorteilhaftes Ergebnis für alle biobasierten Optionen. Die Einsparungen gegenüber den mineralölbasierten Referenzen liegen beim Sägekettenöl im Bereich von 45 MJ pro kg Produkt. Bei den Hydraulikölen liegen die Netto-Einsparungen zwischen 30 MJ (rizinusölbasiert) und 43 MJ (tierfettbasiert) pro kg Produkt.

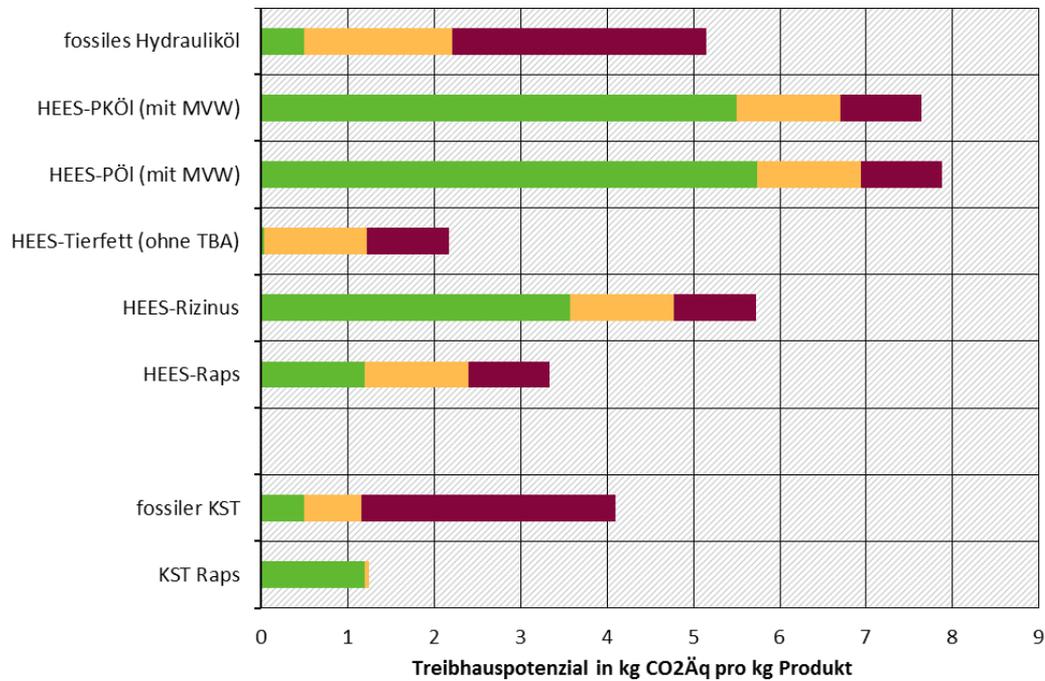
Abbildung 4-4 Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA) durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten



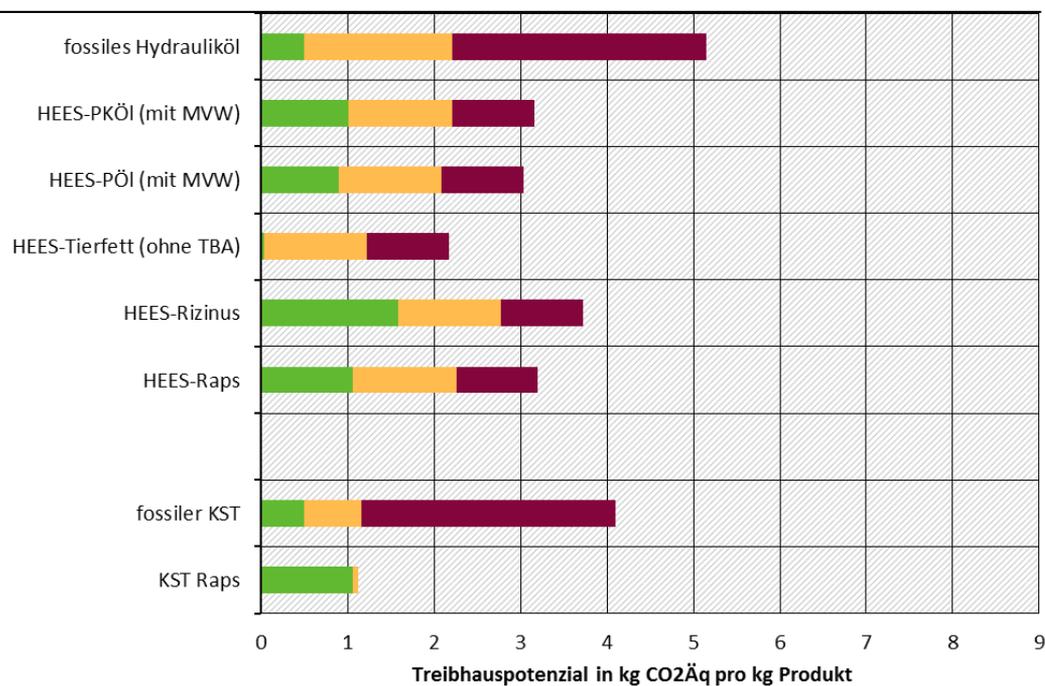
KST: Kettenschmierstoff, HEES: durch Umesterung erzeugtes biobasiertes Hydrauliköl; Eigene Darstellung
 PÖl: Palmöl; PKÖl: Palmkernöl; MVW: Methanverwertung; TBA: Tierkörperbeseitigungsanlage

Beim **Treibhauspotenzial** zeigt sich ein vergleichbares Bild mit einem Unterschied: Bezieht man die Landnutzungsänderung ein, weisen Hydrauliköle auf Basis von Palmkernöl, Palmöl und Rizinusöl pro kg Produkt eine um bis zu 2,5 kg CO₂-Äq. schlechtere Bilanz auf als die mineralölbasierten Referenzen. Lässt man die als aLUC berechnete Landnutzungsänderung außer Betracht, führt HEES aus Palmkernöl zu einer Nettoeinsparung von 2 CO₂-Äq.. Das beste Ergebnis erreichen hier das Hydrauliköl auf Basis von Tierfett sowie Sägekettenöl aus Rapsöl mit jeweils einer Nettoeinsparung von 3,0 CO₂-Äq. pro kg.

Abbildung 4-5 Treibhauspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten (oben mit aLUC, unten ohne aLUC)



■ Rohstoff (inkl. aLUC, exkl. Einbau biog. CO2) ■ Weiterverarbeitung ■ End-of-life



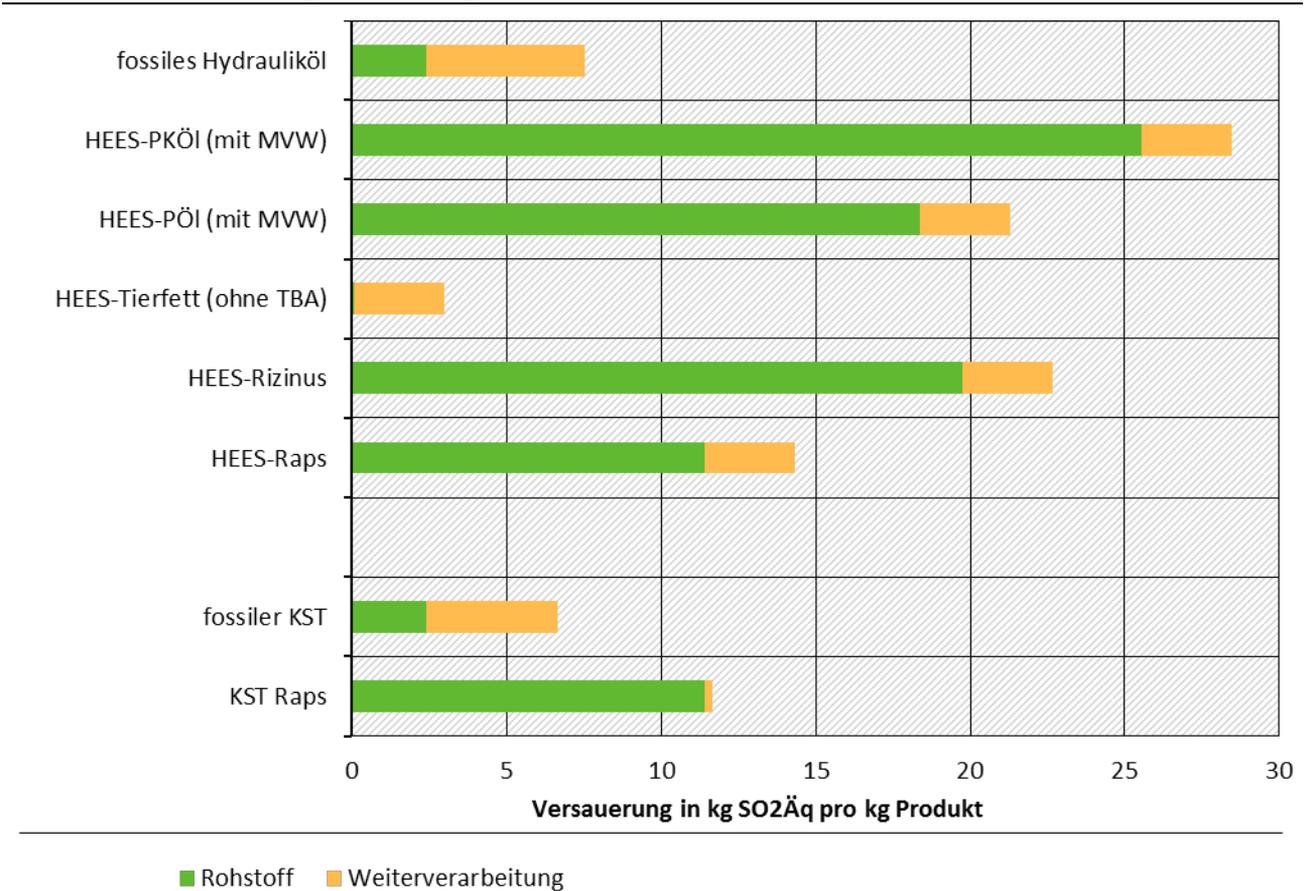
■ Rohstoff (exkl. aLUC, exkl. Einbau biog. CO2) ■ Weiterverarbeitung ■ End-of-life

KST: Kettenschmierstoff, HEES: durch Umesterung erzeugtes biobasiertes Hydrauliköl; PÖl: Palmöl; PKÖl: Palmkernöl; MVW: Methanverwertung; TBA: Tierkörperbeseitigungsanlage

Eigene Darstellung

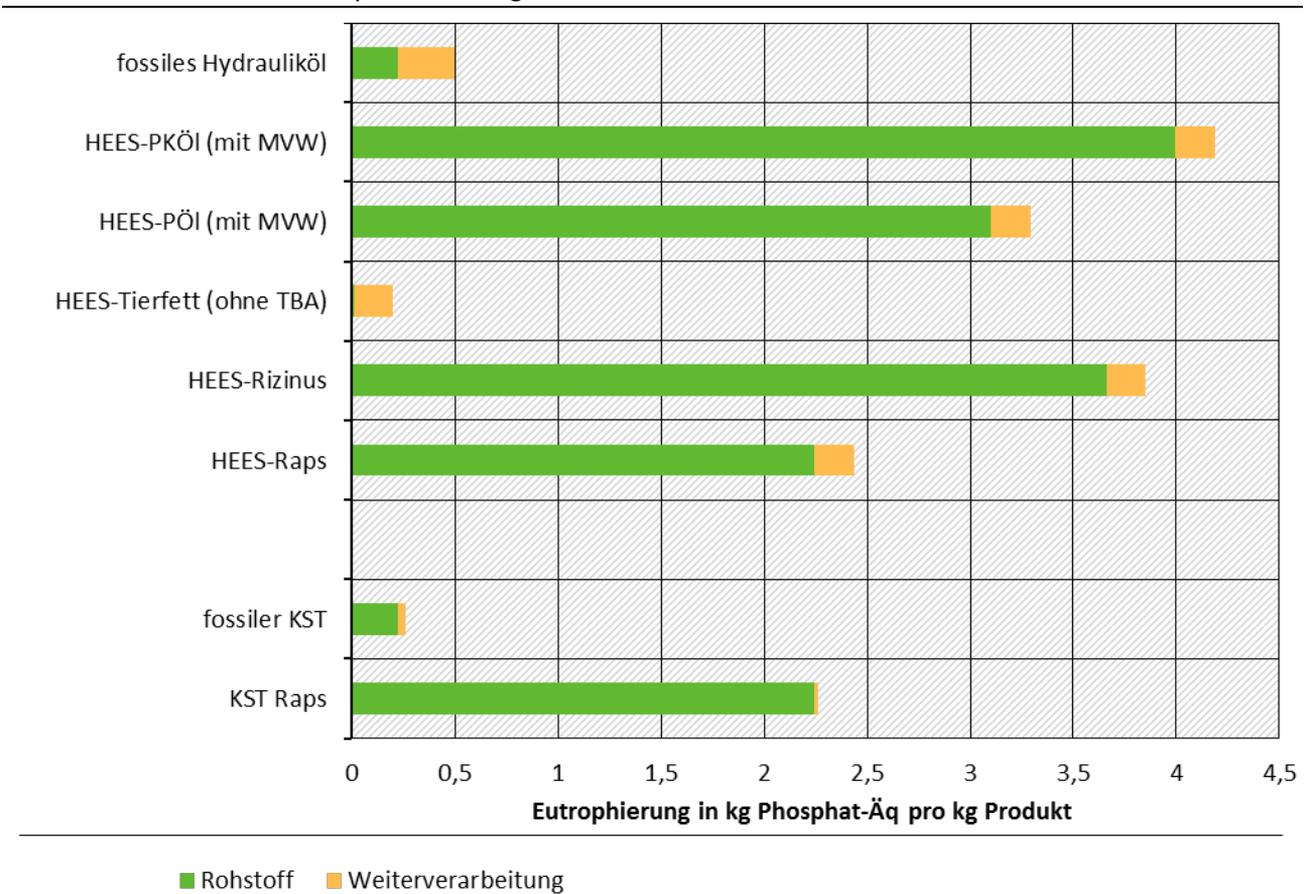
Die Ergebnisse für **Versauerung-** und **Eutrophierung** weisen dagegen in eine andere Richtung. Hier weisen biobasierte Produkte aus angebauten Rohstoffen deutliche Nachteile auf. Hauptfaktoren hierzu sind die Ammoniakemissionen aus der Düngemittelanwendung, was jede Art von Anbaubiomasse betrifft. Dazu kommen bei den aus tropischen Ländern importierten Pflanzenölen die höheren Stickoxid- und Schwefeldioxidemissionen aus den Energieanlagen der Verarbeitung wie auch die Emissionen aus den Hochseetransporten. Bei den mineralölbasierten Schmierstoffen liegen die Verarbeitungsemissionen höher als bei den biobasierten, werden jedoch durch die erheblich höheren Emissionen durch den Düngereinsatz im Anbau weit übertroffen. Lediglich die Schmierstoffe auf Basis der Tierfette sind auch in diesen Wirkungskategorien gegenüber den mineralölbasierten Referenzen im Vorteil.

Abbildung 4-6 Versauerungspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten



KST: Kettenschmierstoff, HEES: durch Umesterung erzeugtes biobasiertes Hydrauliköl; Eigene Darstellung
 PÖL: Palmöl; PKÖL: Palmkernöl; MVW: Methanverwertung; TBA: Tierkörperbeseitigungsanlage

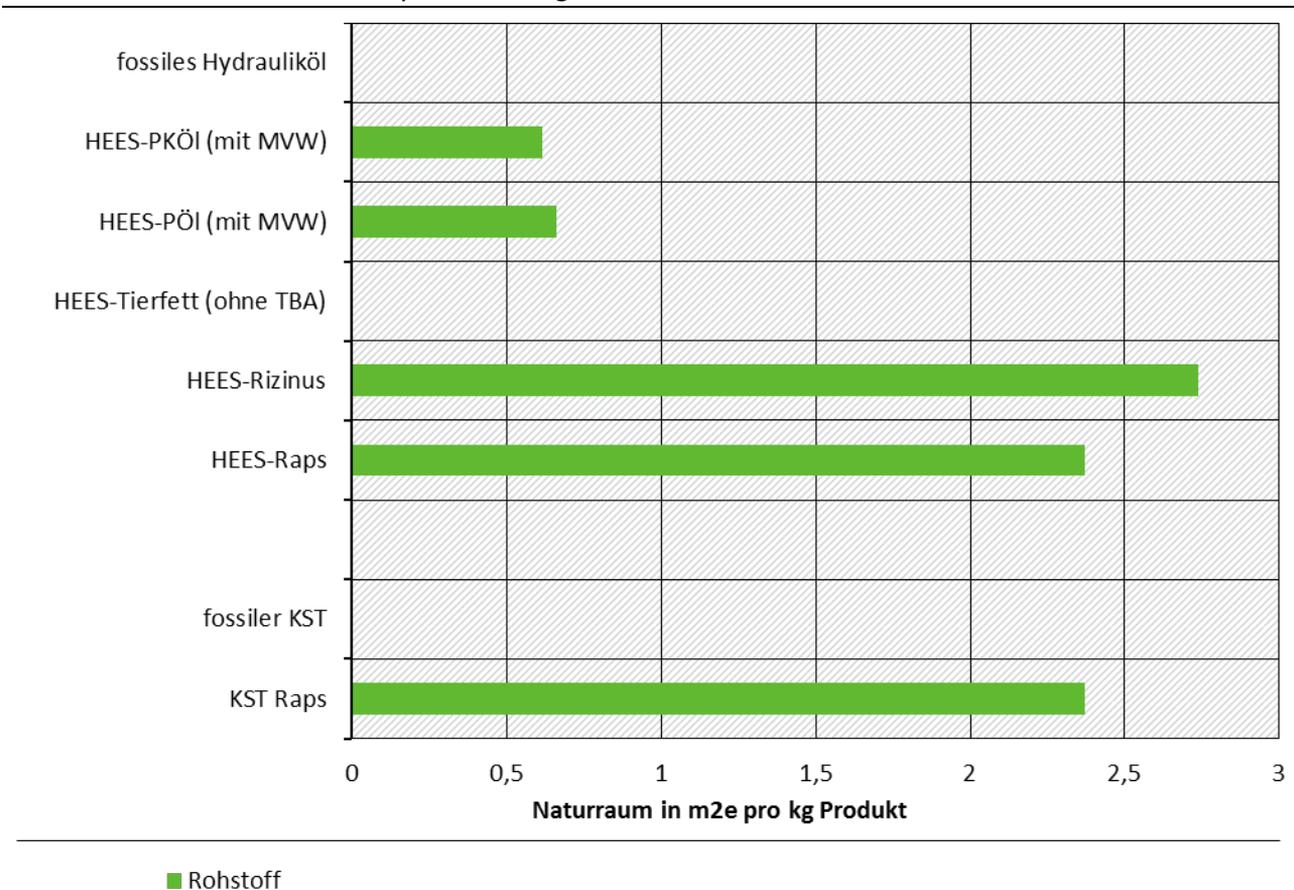
Abbildung 4-7 Eutrophierungspotenzial durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten



KST: Kettenschmierstoff, HEES: durch Umesterung erzeugtes biobasiertes Hydrauliköl; Eigene Darstellung
 PÖI: Palmöl; PKÖI: Palmkernöl; MVW: Methanverwertung; TBA: Tierkörperbeseitigungsanlage

Die **Naturrauminanspruchnahme** durch Anbaubiomasse schlägt sich auch in dieser Wirkungskategorie nachteilig nieder. Dies gilt in besonderem Maße für Rapsöl aufgrund des vergleichsweise geringen Flächenertrags bei vergleichsweise großer Naturferne der Rapskultur.

Abbildung 4-8 Naturrauminanspruchnahme durch ausgewählte Lebenswege von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten



Eigene Darstellung

4.2.4.2 Normierung der Wirkungsabschätzungsergebnisse

Da die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung gegenläufige Ergebnisse zeigen (z. B. Vorteile der biobasierten Schmierstoffe bei KEA und Treibhauseffekt, Nachteile bei Versauerung, Eutrophierung und Naturraum), bedarf es einer Auswertung mit Blick auf die „Gewichtigkeit“ der Vor- oder Nachteile. Hierzu wird eine verbal-argumentative Bewertungsweise angesetzt, die vom Umweltbundesamt ursprünglich entwickelt wurde und deren Anwendung transparent einsetzbar ist (UBA 1999). Die zwei hierzu eingesetzten Grundelemente der Bewertung sind im Einklang mit der ISO 14044 (Absatz 4.4.3) und lauten Normierung und Rangbildung. Die Vorgehensweise befindet sich derzeit im UBA in Revision. Ein erster Vorschlag zur Aktualisierung wurde von Detzel et al. (2016) erarbeitet. Darüber hinaus sind aus einem laufenden Vorhaben des UBA (o.J.) Ergebnisse bereits teilweise in diese Untersuchung eingeflossen.

Die Normierung und der bewertende Vergleich beinhalten folgende Schritte:

- ▶ Die Bezugsmenge wird auf das mögliche Gesamtvolumen für Schmierstoffe skaliert; mit Blick auf die Analyse in Abschnitt 3.2 werden hier 10.000 t pro Jahr angesetzt.
- ▶ Die auf dieses Volumen skalierten Ergebnisse der Wirkungsabschätzung werden für die drei beispielhaften Pflanzenöle als Rohstoffe mit den Ergebnissen für die fossile Option saldiert.
- ▶ Der in Tabelle 4-3 aufgeführte Wert von -3.400 EDW (für Ressourcen, KEA_{fossil}) bedeutet, dass 10.000 t rapsölbasierter Schmierstoff anstelle der gleichen Menge an fossil basierendem Schmier-

stoff den Primärenergieverbrauch um so viel entlastet, wie es dem Verbrauch von 3.400 Personen entspricht.

Tabelle 4-2 Grundlage zur Normierung und Rangbildung für die betrachteten Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit jeweils pro Kopf	Einwohnerdurchschnittswert EDW	Quelle	Rangbildung
Ressourcen (KEA fossil)	MJ	147.770	AGEB AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland	mittel
Treibhauseffekt	kg CO ₂ Äq.	11.776	Aggregiert durch ifeu auf der Basis der Daten des UBA aus <i>Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atm. Emissionen</i>	sehr groß
Versauerung	kg SO ₂ Äq.	31,5		groß
Eutrophierung, terrestrisch	kg PO ₄ ³⁺ Äq.	5,03		groß
Flächenverbrauch	m ² *a	4.435	StBA FS 3 R 5.1, (Stand 2011)	sehr groß
bewertet nach Naturferne	m ² *a (NFP)	1.536	bewertet durch ifeu	
Einwohnerzahl		80.523.700	StBA 12.01.2015	

Eigene Zusammenstellung

Tabelle 4-3 Normierung der Ergebnisse in den Wirkungskategorien für die biobasierten Schmierstoffe als Nettobetrag unter jeweiligem Abzug der Werte für den nicht biobasierten Schmierstoff.

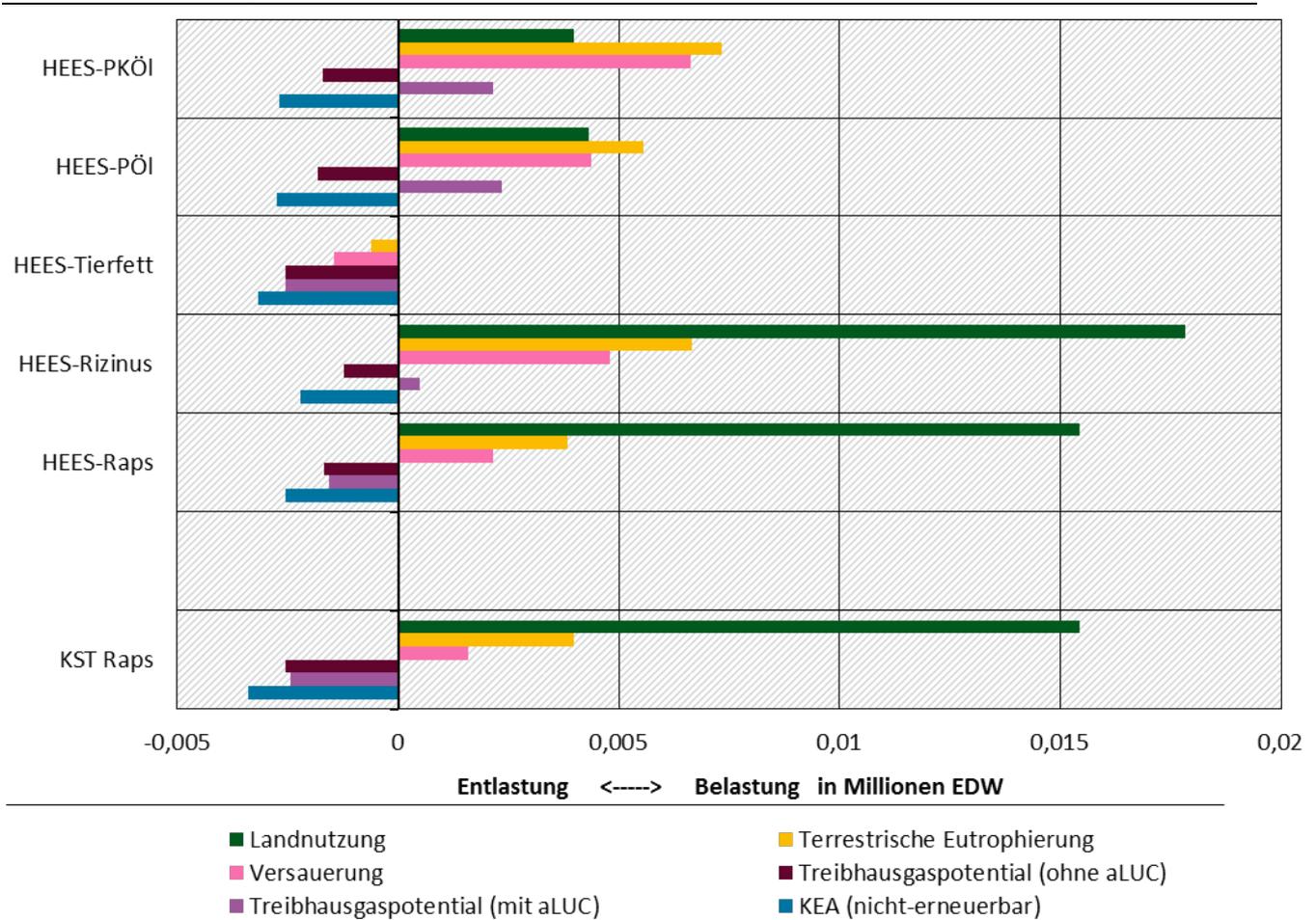
in EDW	KST Rapsöl	HEES Rapsöl	HEES Rizinusöl	HEES Tierfett	HEES Palmöl	HEES Palmkernöl
Ressourcen (KEA fossil)	-3.400	-2.500	-2.200	-3.200	-2.700	-2.700
Treibhauseffekt mit aLUC,	-2.400	-1.600	500	-2.600	2.400	2.200
ohne aLUC,	-2.600	-1.700	-1.200	-2.600	-1.800	-1.700
Versauerung	1.600	2.200	4.800	-1.400	4.400	6.600
Eutrophierung	4.500	3.900	6.700	-600	5.600	7.300
Naturraum	15.000	15.000	18.000	-1	4.300	4.000

KST: Kettenschmierstoff, HEES: durch Umesterung erzeugtes biobasiertes Hydrauliköl

Abbildung 4-9 zeigt die normierten Ökobilanzergebnisse aus Tabelle 4-3 für die fünf Wirkungskategorien. Daraus zeigt sich ein ähnlich gemischtes Bild wie bei den biogenen Ölröhstoffen. Auch hier spielt es eine entscheidende Rolle, ob das Material mit Landnutzungsänderung verbunden ist oder nicht.

In der Gesamtschau der Ökobilanzergebnisse auf normierter Basis (siehe Abbildung 4-9) sind die Ergebnisse der fünf Wirkungskategorien in die einheitliche Skala der Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) überführt.

Abbildung 4-9 Normierung der Wirkungsabschätzungsergebnisse für biobasierte Schmierstoffe und Hydrauliköle



Eigene Darstellung

Bei den **Verlustschmierstoffen** wird ein vergleichsweise geringer zusätzlicher Prozessaufwand zur Herstellung des Schmierstoffs aus dem Pflanzenöl benötigt. Im Gegensatz dazu zählen die fossilen Schmierstoffe zu den aufwendigsten Produkten der Mineralö Raffinerie. Daher führt die Ökobilanz für biobasierte Schmierstoffe verglichen mit fossilen Schmierstoffen gegenüber der Ökobilanz für die Rohstoffe (Rapsöl versus Mineralöl) zu deutlich besseren Ergebnissen. (siehe übergreifende Machbarkeitsstudie für biobasierte Produkte).

Mit der üblichen Rohstoffbasis Rapsöl weist die Bilanz in die gleiche Ergebnisrichtung wie die Rapsöl-Ökobilanz, d.h. sicherer Vorteil bei fossilem Ressourcenaufwand und Treibhauseffekt und Nachteile bei Versauerung/Eutrophierung, sowie deutlicher Nachteil bezüglich Naturrauminanspruchnahme.

Bei den **biobasierten Hydraulikölen** ist der gegenüber Verlustschmierstoffen größere Prozessaufwand (Veresterung hier beispielhaft mit Butanol) vergleichbar mit dem bei den fossilen Ölen (Grundö Raffination plus PAO-Zuschlag). Daher verhält sich die Differenz zwischen biobasierten und fossilen Hydraulikölen weitgehend analog zur Rohstoffbasis (Rapsöl, Palmkernöl, Tierfett etc.).

4.2.5 Schlussfolgerungen aus der Lebenszyklusanalyse

Folgende Kernaspekte lassen sich aus der Übersichts-Ökobilanz zusammenfassen:

- ▶ Beim fossilen Ressourcenaufwand und Treibhauseffekt ist Rapsöl durchgängig im Vorteil gegenüber der fossilen Referenz.

- ▶ Bei Rizinus-, Palm- und Palmkernöl trifft dies beim Treibhauseffekt nur zu, wenn man die Risiken der Landnutzungsänderung nicht einbezieht.
- ▶ Bei Versauerung und Eutrophierung sind die Pflanzenöle durchgängig deutlich im Nachteil gegenüber der fossilen Referenz.
- ▶ Dies gilt auch für die Naturrauminanspruchnahme, wobei hier Palmkernöl aufgrund der dauerhaften Plantagenwirtschaft günstiger abschneidet als die intensive einjährige Kultur Raps.

Bei den Pflanzenölen besteht somit im Gesamtbild kein klarer Vor- oder Nachteil für eine der Optionen, wobei aufgrund der Unsicherheiten bei der Klimabilanz durch den Punkt Landnutzungsänderung das Ergebnis für Kokosöl, Palm- und Palmkernöl am deutlichsten in Frage steht.

4.3 Screening von Human- und Ökotoxikologie

Das Screening von Human- und Ökotoxikologie erfolgt nach den möglichen Expositionen. Diese werden wie folgt unterschieden:

- ▶ Lebensmittelkontakt (z.B. in der Lebensmittelindustrie, Abfüllungen, Schneidprozesse,)
- ▶ Hautkontakt (z.B. im Arbeitsbereich)
- ▶ direkter Eintrag in die Umwelt (z.B. Verlustschmierstoffe in Forst und Landschaftspflege)
- ▶ mittelbarer bzw. nicht bestimmungsgemäßer Eintrag in die Umwelt (z.B. unsachgemäßer Eintrag von Schmierstoffen in die Umwelt).

Hierzu werden die bereits in verschiedenen Umweltstandards (v.a. DE- UZ 178 und der Vorschlag für die Aktualisierung des EU Eco Labels von JRC 2016) vorgegebenen Tests und Anforderungsprofile geprüft, inwieweit diese Aspekte ausreichend abgedeckt sind.

Es ist eine Ausgangsvoraussetzung des Umweltzeichens DE- UZ 178, dem Anwender die Möglichkeit geben, Produkte mit geringem (öko-)toxikologischen Gefährdungspotenzial und guter biologischer Abbaubarkeit auswählen zu können. Dementsprechend umfassend ist der Katalog an ausgeschlossenen Gefahreinstufungen (siehe Abschnitt 3.2.3).

4.3.1 Mögliche Expositionen

4.3.1.1 Lebensmittelkontakt

Kontakt mit Lebensmitteln kann durch Schmiermittel in der Lebensmittelindustrie auf verschiedene Weise auftreten (Overkamp 2016):

- ▶ Bei Verarbeitungs- und Abfüllprozessen von Lebensmitteln: die Maschinen, die hierzu eingesetzt werden, weisen stets Komponenten auf, die der Schmierung oder des Einsatzes von Trennmitteln bedürfen. Hier kann es zu Kontakt kommen.
- ▶ Die Verpackungsmittel können ebenfalls mit einem Trennmittel oberflächenbehandelt sein, oder im Falle von Metallverpackungen (Dosen), die vor Abfüllung einer Umformung unterzogen werden.
- ▶ Bei Schneidprozessen (z.B. Teilen von Teigformlingen), da die Messerklingen mit Trennmitteln benetzt sein müssen.

Dementsprechend hoch sind die Einschränkungen entsprechend der Gefahrenhinweise (CLP-VO Anforderungen in DE- UZ 178).

Für die Anwendungsbereiche mit Lebensmittelkontakt sind bislang keine biobasierten Schmierstoffe vorgesehen. Somit ist diese Art der Exposition hier derzeit nicht relevant.

4.3.1.2 Hautkontakt

Hautkontakt kann überall in Arbeitsbereichen mit Schmierstoffeinsatz auftreten. Insbesondere die Anwendung von Schmierfetten oder das Handling jeglicher Art von Produkt aus der Gruppe kann mit Hautkontakt verbunden sein.

4.3.1.3 Eintrag in die Umwelt

Ein zwangsläufiger Fall von Exposition ist der Eintrag von Verlustschmierstoffen in die Umwelt. Im ungünstigsten Fall verbleibt die Gesamtheit an eingesetzten Verlustschmierstoffen vollständig in der Umwelt. Im Falle von Sägekettenölen ist von einem Teil an thermischer Zersetzung bei der Anwendung anzunehmen, der große Anteil geht als Anhaftung an Sägemehl und Säge an Ort und Stelle oder in Produkte.

4.3.2 Hinweise auf human- oder ökotoxikologische Befunde

Pflanzliche Basisöle weisen keinerlei toxikologische Eigenschaft vor, d.h. die entsprechenden Toxizitätsschwellen in den für die Vergabe von H-Sätzen¹⁰ werden durchweg unterschritten. Sie erfüllen im Grunde alle Kriterien für einen „nicht wassergefährdenden Stoff“ (nwg) nach Wasserhaushaltsgesetz, jedoch sind sie aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaft als Floater¹¹ seit 2007 in die Wassergefährdungsklasse I (WGK I) eingestuft. Seit Inkrafttreten der Bundesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vom 1.08.2017 sind Neuerungen bei der Einstufung zu beachten, z.B. Einführung einer Kategorie „allgemein wassergefährdend“.

Schmierstoffe bestehen jedoch nur zu 80 bis 93 % aus Basisöl. Der Anteil an Additiven liegt zwischen 7 bis 20 %. Diese Additive sind jeweils einzeln zu bewerten. Sie umfassen Antioxidantien, Korrosionsinhibitoren, Dispergiermittel, Biozide und viele mehr. JRC (2016a) fassen die Vielzahl an in Verwendung befindlichen Einzelsubstanzen zusammen, worunter sich häufig Einstufungen bezüglich Human- und Ökotoxizität wie auch Haut- oder Augenreizung finden. JRC (2016a) befassen sich dabei auch mit weitergehenden Aspekten wie den Anteilen und möglichen Wirkungen von Nanomaterialien.

Additive sind jedoch auch für mineralölbasierte Schmierstoffe erforderlich. Die Regelung der Höchstanteile in Verbindung mit den spezifischen toxikologischen Anforderungen für die Vergabe des Umweltzeichens sollte sich bei der Formulierung von Schmierstoffen daher zu einer Bevorzugung von weniger umwelt- und gesundheitsbelastenden Additiven bewegen.

4.3.3 Zusammenfassung

Eine Exposition mit Schmierstoffen ist in verschiedener Weise möglich. Die Tatsache, dass biobasierte Schmierstoffe insgesamt ein deutlich geringeres human- und ökotoxikologisches Potenzial aufweisen als analoge Produkte auf Mineralölbasis, stellt einen zentralen Vorteil dar. Dieser Vorteil bildet letztlich die Grundlage der bisherigen Umwelt-Kennzeichnung für diese Produktgruppe.

Die dort gesetzten Kriterien (die sich derzeit auf der Ebene des EU Eco Labels in Revision befinden), sollten auch die Risiken durch die im mengenmäßigen Anteil zwar limitierten, jedoch sehr vielfältigen Additive eingrenzen. Eine Weiterentwicklung von human- oder ökotoxikologischen Anforderungen im Zuge der Revision sollte sich daher auf diesen Bereich konzentrieren.

4.4 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus Sicht des Nutzers des Schmierstoffs abgeschätzt.

Berücksichtigt werden dabei folgende Kostenarten:

- ▶ Investitionskosten (Kosten für die Beschaffung des Schmierstoffs)
- ▶ Betriebs- und Unterhaltskosten
- ▶ Entsorgungskosten.

Zu den Biomasse-Rohstoffen wurden Erzeugerpreise bzw. Marktpreise erhoben. Diese stellen einen grundlegenden Faktor für die Lebenszykluskosten im Vergleich zu den üblichen fossilen Rohstoffen dar, da in der weiteren Verarbeitung die „Bio“-Eigenschaft nicht notwendigerweise zu höheren Verarbeitungskosten führt.

¹⁰ Gefahrenhinweise (hazard statements) im Rahmen des *global harmonisierten Systems zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS)*, entsprechen den R-Sätzen des früheren europäischen Kennzeichnungssystems.

¹¹ Floater: Stoff, der auf dem Gewässer aufschwimmende Schichten bildet („Ölfilm“).

Zu beobachten ist vielfach, dass die Preise für Biomasseprodukte den Preisentwicklungen des Erdöls folgen. Die Zusammenhänge sind jedoch komplexer. Letztlich sind die Ernteerträge hier der wichtigste Faktor.

Die Umsetzung der Benefit-Analysen erfolgt abschließend, wenn die ökologischen und ökonomischen Analysen abgeschlossen sind.

4.4.1 Beschaffungskosten

Bioschmierstoffe sind in ihrer Beschaffung deutlich teurer als mineralische Öle – je nach Öl um den Faktor drei bis fünf. Die Literpreise für Hydrauliköle betragen ca. 1€ bis 1,50€, während für Bioöle im Schnitt 3€ bis 5€ pro Liter investiert werden müssen. Die exakten Preise hängen von der Spezifikation Schmierstoffes und der Liefermenge ab (Theissen 2006).

FNR 2014 zeigt eine deutliche Steigerung der Preise von Mineralölen. Aufgrund der steigenden Anforderungen an die technische Leistungsfähigkeit der Öle steigt der Herstellungsaufwand, was zu einer zunehmenden Preisdifferenz mit mineralölbasierten Schmierstoffen führt (FNR 2014).

Die höheren Kosten sind zum einen auf höhere Rohstoffkosten zurück zu führen. Zum anderen werden sie durch hohe Entwicklungskosten verursacht, die auf kleinere Mengen umgelegt werden. Hinzu kommen ein erhöhter Vertriebsaufwand durch intensive Beratungstätigkeit beim Kunden sowie mögliche Schäden bei einer unsachgemäßen Umstellung (Theissen 2006).

4.4.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Die oben beschriebenen höheren Investitionskosten werden durch mögliche Einsparungen in den Betriebskosten ausgeglichen. Die Betriebskosten werden vor allem durch den Abstand der Ölwechsel beeinflusst. Aufgrund des geringen Preises von Mineralöl hat sich in der Vergangenheit ein häufiger und vorsorglicher Ölwechsel nach einer gewissen Anzahl von Betriebsstunden eingebürgert, unabhängig vom tatsächlichen Ölzustand. Hinzu kommt, dass das Öl meist nur teilweise ausgetauscht wird, da sich große Teile an schwer zugänglichen Stellen befinden. Dadurch wird das frische Öl mit großen Teilen an altem und verschmutztem Öl vermischt.

Eine Alternative bietet die gute Instandhaltung des Öls, etwa mithilfe eines Filters. Damit kann die Lebensdauer der Ölfüllung stark erhöht werden. Dabei machen der geringere Ölbedarf sowie die Verminderung von Verschleiß und Störungen den Mehraufwand für die Ölpflege wieder wett. Zudem hat der Ölpreis bei verlängerten Ölwechselintervallen einen geringeren Einfluss auf die Gesamtkosten (FNR 2012). Abbildung 4-10 zeigt den Verlauf der Betriebskosten bei unterschiedlichen Ölwechselintervallen.

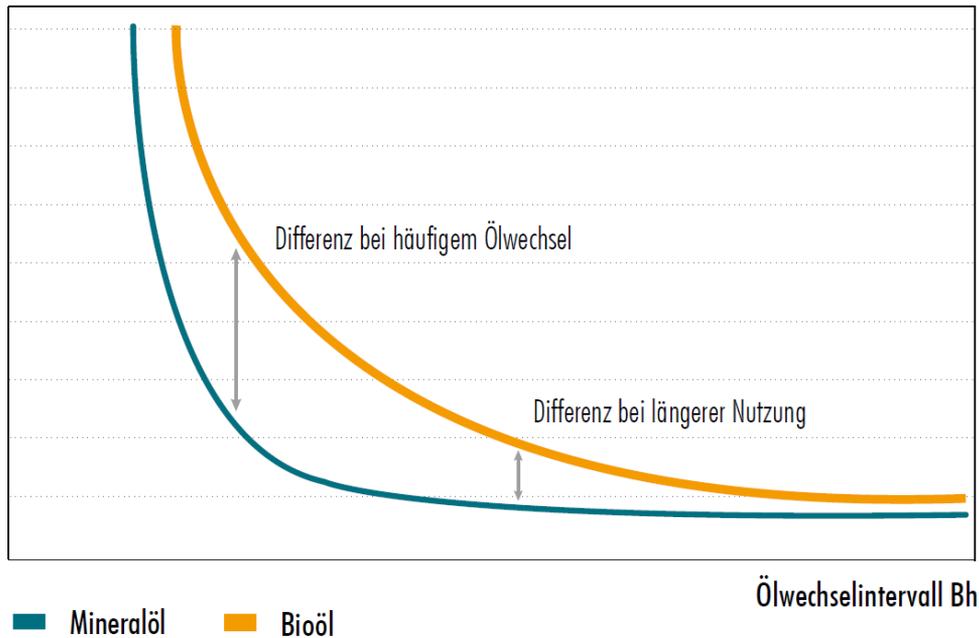
FNR (2012) berechnet den Einfluss exemplarisch für einen 60-Tonnen-Bagger. Hierbei wird deutlich, dass die dreimal so hohen Kosten für Bioöl angesichts der Einsparungen bei den Gesamtkosten von Bagger und Personal nicht relevant sind.

Zusätzlich zu den quantifizierbaren Kosten sind qualitative Einflüsse zu nennen, die kostensenkend wirken können. So wirken sich die niedrigeren Reibwerte der Bioöle positiv auf den Treibstoffverbrauch aus. Dazu kommen ein geringeres Haftungsrisiko bei der Nutzung biologisch abbaubarer Öle und die Tatsache, dass gegebenenfalls lukrative Angebote innerhalb von Schutzgebieten angenommen werden können.

Bezüglich des Aufwands zur Lagerung dürften sich keine wesentlichen Einsparungen gegenüber mineralölbasierten Schmierstoffen ergeben, da biobasierte Schmierstoffe aufgrund der „Floater“-Eigenschaft nicht als nicht wassergefährdet eingestuft sind sondern in der WGK 1. Somit sind auch hier organisatorische und bauliche Maßnahmen (im Mindestfall eine stoffundurchlässige Bodenfläche) erforderlich,

wengleich im geringeren Maßstab als für die in WGK 2 eingestuften mineralölbasierten Schmierstoffe.

Abbildung 4-10 Verlauf der Betriebskosten bei unterschiedlichen Ölwechselintervallen für biobasierte und mineralölbasierte Schmierstoffe



Quelle: IFAS

4.4.3 Entsorgungskosten

Biobasierte Schmierstoffe fallen wie alle Schmierstoffe bei ihrer Entsorgung in die Kategorie „Altöle“. Somit ist die Entsorgung in der Altölverordnung geregelt. Als leicht abbaubare Öle fallen sie in Kategorie 4 und dürfen energetisch und stofflich verwertet werden. Eine erneute Aufbereitung ist hierbei nicht notwendig.

4.4.4 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Grundsätzlich ist bei längeren Nutzungsphasen, sprich längeren Wechselintervallen das Verhältnis von höheren Produktkosten gegenüber den sich verringern den Betriebskosten im Vergleich von biobasierten mit mineralölbasierten Schmierstoffen ausgeglichen. Im Bereich der Hydrauliköle, die hier die wesentlichen Anwendungsbereiche darstellen, sind je nach Nutzungsweise eher geringere Gesamtkosten durch biobasierte Öle zu erwarten.

5 Teil III: Ableitung der Anforderungen an ein Umweltzeichen

5.1 Geltungsbereich

Diese Ergänzungen zur Vergabegrundlage für Schmierstoffe (DE-UZ 178 bzw. die Weiterentwicklungen) gelten für alle jene Schmierstoffe, die als biobasiert zu bezeichnen sind, d.h. sie sind aus Biomasse hergestellt. Sie können grundsätzlich alle üblichen Anwendungsbereiche für Schmierstoffe umfassen, wie: Kettenschmierstoffe für Motorsägen, Hydraulikflüssigkeiten, Getriebschmierstoffe, Schmierfette.

5.2 Allgemeine Anforderungen

5.2.1 Quantitative Anforderungen bezüglich des biogenen Materialanteils

Es werden folgende zwei verschiedene Produktkategorien für die Ausweisung nachhaltiger biogener Inhaltsstoffe im Rahmen des Blauen Engel unterschieden, für die quantitative Anforderungen und entsprechend notwendige Benennungsregeln für die Produktdeklaration für den Endverbraucher gelten:

Standardprodukte: für Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten die nicht ausschließlich aus biogenem Rohstoff hergestellt sind (z.B. Ester u.a.)

- a.) Ein Massenanteil von mindestens 25 % der Trockenmasse des Produkts muss auf Kohlenstoffverbindungen basieren (Nachweis über Produktinformation), davon mind. 80 % (bezogen auf den C-Gehalt) als nachhaltig zertifiziert (siehe Punkt b). Der Wassergehalt des Produkts liegt bei maximal 50 %.
- b.) Ein Massenanteil von mindestens 80 % der Kohlenstoffverbindungen muss aus nachhaltiger Biomasse stammen (Nachweis: „Massenbilanz Nachhaltigkeit“). Die restlichen Kohlenstoffverbindungen können fossil oder nicht-nachhaltige Biomasse sein.
- c.) Dieser Anteil kann produktgruppenspezifisch abgeändert werden.
- d.) Der Trockenmassenanteil an nachhaltiger Biomasse wird ausgewiesen ($a * b$). Es ergibt sich ein Mindestanteil von $25\% * 80\% = 20\%$ (untere Grenze).
- e.) Benennung: „Nachhaltige Biomasse als Rohstoff (x % Trockenmassenanteil)“.

Überwiegend biogene Produkte: für Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten die nicht ausschließlich aus biogenem Rohstoff hergestellt sind.

- d.) Ein Massenanteil von mindestens 90 % der Trockenmasse des Produkts muss auf Kohlenstoffverbindungen basieren (Nachweis über Produktinformation). Der Wassergehalt des Produkts liegt bei maximal 50 %.
- e.) Ein Massenanteil von 100 % der Kohlenstoffverbindungen muss aus direkt genutzter nachhaltiger Biomasse stammen (Nachweis über „Segregation“).
- f.) Der Trockenmassenanteil an nachhaltiger Biomasse wird ausgewiesen ($a * b$). Es ergibt sich ein Mindestanteil von $90\% * 100\% = 90\%$ (untere Grenze).
- g.) Benennung: Direkte Nutzung von nachhaltiger Biomasse (X % Trockenmassenanteil).

Auf der Verpackung muss ausgewiesen werden, wie hoch die Anteile an biogenen und fossilen Kohlenstoffverbindungen sind und welcher Anteil aus Segregation bzw. Massenbilanz stammt.

5.2.2 Nachhaltigkeitsanforderungen an die Rohstoffherkunft

Biomasse, die als Rohstoff für die Herstellung von biobasierten Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten verwendet wird, muss den Anforderungen der eingesetzten Biomasse für eine nachhaltige Biomasseproduktion:

- ▶ des *Roundtable on Sustainable Biomaterials* (RSB),
- ▶ des *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO),
- ▶ des *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC PLUS),
- ▶ des *Forest Stewardship Council* (FSC),
- ▶ des *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes* (PEFC)
- ▶ eines vergleichbaren Zertifizierungssystems genügen,
- ▶ oder einen gleichwertigen Einzelnachweis für die Erfüllung der Prüfkriterien führen.

Diese Nennung von Zertifizierungssystemen wird bis zum Jahr [2022 oder 2023] erneut geprüft.

Um die prinzipielle Rückverfolgbarkeit sicherzustellen, ist die Verwendung eingekaufter Zertifikate auf der Basis von Book & Claim ausgeschlossen. Der Einkaufsnachweis der Rohstoffe oder Halbprodukte erfolgt auf der Grundlage von Verfahren gemäß Segregation oder Massenbilanz.

5.2.3 Anforderungen an eine positive Entwicklung der Lebenswegbilanz

5.2.3.1 THG-Einsparung

Insgesamt muss das biobasierte Produkt über den Lebensweg eine THG-Einsparung gegenüber dem entsprechenden nicht-biobasierten Vergleichsprodukt aufweisen. Der Bilanzraum für biobasierte Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten umfasst dabei:

- ▶ den Anbau (bei Pflanzenölen)
- ▶ die Gewinnung von Herstellung von Pflanzenölen
- ▶ die Verarbeitung zu Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten
- ▶ Transporte zwischen den Verarbeitungsschritten.

Erfolgt die THG-Bilanzierung im Rahmen eines Zertifizierungsprozesses (siehe Kapitel 5.2.2), kann die Anforderung des Zertifizierungssystems herangezogen werden.

Alternativ kann der Nachweis durch Vorlage einer entsprechenden Bilanzierung gemäß ISO 14040/44 oder ISO 14067 erfolgen.

Hierbei ist eine pauschale prozentuale Einsparanforderung (analog zum Beispiel der Biokraftstoffe mit 50 % Mindesteinsparung gegenüber fossilem Kraftstoff nach RED) aufgrund der Variabilität des entsprechenden Referenzsystems nicht anwendbar. Die Anforderung ist daher als (Netto-)Treibhausgaseinsparung in g CO₂-Äquiv./kg Endprodukt formuliert. Ausgehend von ca. 5 kg CO₂-Äq/kg mineralölbasiertem Schmierstoff über den Lebensweg wird hier eine Nettoeinsparung vorausgesetzt in Höhe von:

➔ mindestens **2 kg CO₂-Äq/kg** Schmierstoff oder Hydraulikflüssigkeit.

5.2.3.2 Landnutzungsänderungen

Die möglichen Emissionen aus Landnutzungsänderungen sind wie folgt zu berücksichtigen:

- ▶ Die Biomasse wird in einem Land erzeugt, in welchem im Mittel der letzten 10 Jahre die Ausdehnung der
 - Anbaufläche der entsprechenden Feldfrucht oder

- der Agrarfläche insgesamt, wenn ein direkter Zusammenhang zwischen der entsprechenden Feldfrucht und der Landnutzungsänderungen nicht hergestellt werden kann, zu weniger als 3 % zu Landnutzungsänderung zu Lasten von Wald und/oder Grünland und/oder anderen Naturräumen geführt hat.
- ▶ Die Biomasse wird in einem Land erzeugt, in welchem im Durchschnitt der letzten 10 Jahre der mittlere jährliche Verlust von Wald und/oder Grünland und/oder anderen Naturräumen verursacht durch die Ausdehnung der Agrarfläche weniger als 3 % beträgt.
- ▶ Wenn für das Herkunftsland der Biomasse einer der beiden genannten Schwellenwerte überschritten ist,
 - jedoch nachgewiesen werden kann, dass zumindest in den drei jüngsten Jahren beide Werte unter 1 % liegen oder
 - für die Biomasse per Zertifizierung nachgewiesen werden kann, dass die Produktion der Biomasse, auf einem Ansatz beruht, der ein niedriges iLUC Risiko sicherstellt (z.B. nach RSB Low iLUC oder etwas Gleichwertiges)

gelten die Kriterien als erfüllt.

5.3 Verbraucherinformation

Für den Verbraucher sind Informationen über das Produkt und dessen Herstellung wichtig bzw. sollen als ökologisches Kriterium für die Kaufentscheidung herangezogen werden können. Entsprechend sind die nachfolgend aufgeführten Punkte auf einem Anlieferungsbeleg auszuweisen bzw. auf der Verpackung:

- ▶ Erklärung über den biogenen Anteil im Produkt
- ▶ Erklärung zum Nachhaltigkeitsnachweis (z.B. Nennung des Zertifizierungssystems)
- ▶ Ggf. die Einsparung an Treibhausgasemissionen gegenüber dem fossilen Vergleichsprodukt in kg CO₂Äquiv./kg Endprodukt.

6 Quellenverzeichnis

- Böttger, M (2014): Marktanalyse für den Bereich der Bioschmierstoffe; Beitrag im zum FNR- Bioschmierstoff-Kongress, Hagen, 12. – 13. November 2014
- Burg, S. (2014): Herausforderungen an einen mittelständischen Schmierstoffhersteller bei der Entwicklung von biobasierten Hochleistungsschmierstoffen; Vortrag auf dem Bioschmierstoff-Kongress der FNR am 12. – 13. November 2014 in Hagen
- Busch R. (2017): Marktanalyse – Verwendung von Pflanzenölen in der Industrie; in FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Bioschmierstoff-Kongress 2017.
- CML (2013): CML-IA database that contains characterization factors for life cycle impact assessment (LCIA) for all baseline characterization methods mentioned in [CML 2002]. Database CML-IA v3.7, Institute of Environmental Sciences, Leiden University, Leiden, 2013;
- Detzel, A., Kauertz, B., Grahl, G., Heinisch, J.: Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen; Studie im Auftrag des UBA; Texte | 19/2016
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pruefung-aktualisierung-der-oekobilanzen-fuer>
- EU Kommission. (2005). Entscheidung RL 118/26. Fehrenbach, H. (2014): ILUC und Nachhaltigkeitszertifizierung – (Un-)Vereinbarkeit, bleibende Lücken, Chancen; in Hirschl, B. et al.: Biokraftstoffe zwischen Sackgasse und Energiewende - Sozial-ökologische und transnationale Perspektiven; oekom verlag, 2014; ISBN: 9783865818836
- FAO (2014): Pilot Testing of GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy in Indonesia; Environment and natural resources management working paper 60; E-ISBN 978-92-5-108570-7 (PDF) Rome 2014
- Fehrenbach, H. Grahl, B., Giegrich, J., Busch, M. (2015): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment; Int J Life Cycle Assess (2015) 20:1511–1527
- Fehrenbach, H., Köppen, S., Breitmayer, E., Essel, R., Baur, F., Kay, S., Wern, B., Bienge, K., Geibler, J.v., Kauertz, B., Detzel, A., Wellenreuther, F., Carus, M. (2017): Biomassekaskaden - Mehr Ressourceneffizienz durch stoffliche Kaskadennutzung von Biomasse - von der Theorie zur Praxis; im Auftrag des Umweltbundesamts; FKZ 3713 44 100; Veröffentlichung 2017 erwartet
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (2014). Marktanalyse nachwachsende Rohstoffe.
- FNR - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (2014a). Basisdaten Biobasierte Produkte.
- Fuchs Schmierstoffe (2014). Biologisch schnell abbaubare Industrieschmierstoffe.
- Harms, H.-H., Römer, A., & Renius, K. T., Westenthanner, U. Brenndörfer, M. (1997). Ermittlung von Anforderungen an biologisch abbaubare Öle auf pflanzlicher Basis zur Verwendung in zentral versorgten Getriebe- und Hydrauliksystemen von Landmaschinen.
- JRC (2016) Revision of European Ecolabel Criteria for Lubricants - Technical Report 1.0: Draft criteria proposal for revision of EU Ecolabel criteria, (December 2016).
- JRC (2016a) Revision of European Ecolabel Criteria for Lubricants - Preliminary report -, (December 2016).
- Murrenhoff, H. (2012). Bioschmierstoffe – Ein Überblick zu Vor- und Nachteilen der eingesetzten Produktgruppen.
- Oertel, D. (2007). Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe Sachstandsbericht zum Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe." Zucker, (114).
- Rettenmaier, N., Detzel, A., Keller, H., Kauertz, B., Gärtner, S., Reinhardt, J. (2014): Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse -

Anlage: Lebenszyklusanalyse für ausgewählte bio-basierte Produkte Langfassung des AP 4-Berichts;
im Auftrag des Umweltbundesamts; FKZ 3710 93 109; Texte 01/2014;

RWTH Aachen (IFAS). (2012). Technische Bioöle - Grundlagen - Produkte - Rahmenbedingungen,

UBA - Umweltbundesamt (1999): Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung
von Wirkungsin-dikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung
nach ISO 14042 und 14043. Version '99; UBA Texte 92/99

UBA (o.J.) Projekt für die Aktualisierung der UBA-Methodik zur Ökobilanzierung (UBA-Projekt-Nr.: 23128); lau-
fendes Projekt durchgeführt durch ifeu/Integrah/Öko-Institut

7 Anhang

7.1 Anhang I: die berücksichtigten Wirkungskategorien der vereinfachten Ökobilanz

- ▶ Kumulierter Primärenergiebedarf (KEA)
- ▶ Treibhauspotenzial (GWP)
- ▶ Versauerungspotenzial (AP)
- ▶ Eutrophierungspotenzial (EP)
- ▶ Naturrauminanspruchnahme (NFP)

7.1.1 Kumulierter Primärenergiebedarf

Die energetischen Rohstoffe werden anhand des Primärenergieverbrauchs bewertet. Als Wirkungsindeikatorwert wird der nicht-regenerative (d.h. fossile und nukleare) Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand (KEA) angegeben.

7.1.2 Treibhauspotential

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotenzial des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamttreibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2007 berücksichtigt.

7.1.3 Versauerungspotential

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schadwirkung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2013 berücksichtigt.

7.1.4 Eutrophierungspotential

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffs relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2013 berücksichtigt.

7.1.5 Naturrauminanspruchnahme (NFP)

Für die Naturraumbeanspruchung wird das von UBA (1999) empfohlene Konzept der Naturnähe-Klassen, bzw. Hemerobioklassen angewendet (siehe unten stehende Tabelle). Dieses wurde im Rahmen der UBA-Projekte von IFEU, Integrah, GVM (2014) und IFEU, Integrah, Öko-Institut (2016) aktualisiert. Dabei wurde ein Charakterisierungsmodell entwickelt, das ermöglicht die Sachbilanzergebnis-

se auf Ebene der einzelnen Klassen zu aggregieren nach dem Konzept des Naturfernepotenzials (NFP) (Fehrenbach et al. 2015).

Tabelle 7-1 Die Naturnähe-Klassen nach dem Hemerobiekonzept (UBA 1999).

Naturraumbeanspruchung nach Hemerobieklassen	
Klasse I	unbeeinflusste Natur (z.B. Primärwald)
Klasse II	naturnahe forstwirtschaftliche Nutzung
Klasse III	bedingt naturnahe forst- und landwirtschaftliche Nutzung
Klasse IV	halbnatürliche forst- und landwirtschaftliche Nutzung
Klasse V	bedingt naturferne forst- und landwirtschaftliche Nutzung
Klasse VI	naturferne landwirtschaftliche Nutzung
Klasse VII	überbaute, versiegelte Fläche, Deponien, Halden, Abbauflächen

Anmerkung: Klasse I schließt sich für vom Menschen bewirtschaftete Systeme per se aus und tritt daher in den Bilanzen nicht in Erscheinung.

Die Naturnähe-Klassen nach dem Hemerobiekonzept (UBA 1999).

7.2 Grundlagen zur Normierung und Rangbildung

Tabelle 7-2 Gesamtemissionen und -verbräuche in Deutschland, umgelegt auf einen Einwohner (Einwohnerdurchschnittswert, EDW) sowie Bewertungsvorschlag des UBA zur ökologischen Bedeutung.

Wirkungskategorie	Einheit jeweils pro Kopf	Einwohnerdurchschnittswert EDW	Quelle	Rangbildung
Ressourcen (KEA fossil)	MJ	147.770	AGEB AG Energiebilanzen e.V.: Energieverbrauch in Deutschland	mittel
Treibhauseffekt	kg CO ₂ Äq.	11.776	Aggregiert durch ifeu auf der Basis der Daten des UBA aus <i>Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atm. Emissionen</i>	sehr groß
Versauerung	kg SO ₂ Äq.	31,5		groß
Eutrophierung, terrestrisch	kg PO ₄ ³⁺ Äq.	5,03		groß
Flächenverbrauch	m ² *a	4.435	StBA FS 3 R 5.1, (Stand 2011)	sehr groß
bewertet nach Naturferne	m ² e * a	1.536	bewertet durch ifeu	
Einwohnerzahl		80.523.700	StBA 12.01.2015	