

fnr.de

BIOSCHMIERSTOFFTAGUNG

ONLINE-FACHTAGUNG • 9. FEBRUAR 2021



GÜLZOWER FACHGESPRÄCHE
BAND 61

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages


Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: rcfotostock/Adobe.Stock

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Artikelnummer 1.148
FNR 2021

Rechte vorbehalten.

Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind die Verfasser verantwortlich.

Der Tagungsband ist nur eingeschränkt barrierefrei

ISBN 978-3-942147-43-9

GÜLZOWER FACHGESPRÄCHE BAND 61

BIOSCHMIERSTOFFTAGUNG • 9. FEBRUAR 2021

Veranstalter

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Organisation

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Ansprechpartnerin: Dr. Gabriele Peterek
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-119
Fax: 03843/6930-102
g.peterek@fnr.de

<https://veranstaltungen.fnr.de/bioschmierstofftagung-2021/>

Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), OT Gülzow, Hofplatz 1, 18276 Gülzow-Prüzen

INHALT

Impressum	2
Einleitung	6
Bioschmierstoffe im Kontext der BMEL-Forschungsförderung	7
<i>Dr. Norbert Holst, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)</i>	

METALLBEARBEITUNGSÖLE, KÜHLSCHMIERSTOFFE

Tribologische Konditionierung zum Verschleiß- und Korrosionsschutz mit Hilfe von biobasierten Kühlschmierstoffen	14
<i>Dr. Oliver Thordsen, ML Lubrication GmbH</i>	
Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung (ECO ₂ il)	28
<i>Prof. Dr.-Ing. Nico Hanenkamp, Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg</i>	
Entwicklung und Einsatz von Biostatika aus nachwaschenden Rohstoffen zur Stabilisierung wasserbasierter Fluide wie den Kühlschmierstoffen	42
<i>Dr. Hubertus Wichmann, Technische Universität Braunschweig, Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie</i>	

INDUSTRIESCHMIERSTOFFE, ADDITIVE

Vollsynthese maßgeschneiderter, bioabbaubarer und hydrolysebeständiger Industrieschmierstoffe	52
<i>Dr. Thomas Kiltthau, Klüber Lubrication München SE & Co. KG</i>	
Biotechnologische Herstellung von Schmierstoffadditiven auf Basis nachwachsender Rohstoffe	60
<i>Rolf Luther, FUCHS SCHMIERSTOFFE GmbH</i>	
Potenziale algenbasierter Bioschmierstoffadditive	69
<i>Prof. Dr.-Ing. Ralf M. Gläbe, Prof. Dr. Imke Lang, Prof. Dr. Juliane Filser, Prof. Dr.-Ing. Jörg Thöming, Prof. Dr.-Ing. Roland Larek, Hochschule Bremen</i>	
Proteinmodifikation aus landwirtschaftlichen Reststoffen für den Einsatz in Schmierstoffen	80
<i>Dr. Thomas Herfellner, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV</i>	

HYDRAULIKÖLE, SCHMIERFETTE, VERDICKER

Entwicklung Glycerin/Chitosan-basierter Fluide für Antriebe 84

Prof. Dr. Ludger Frerichs, Malte Otten, Technische Universität Braunschweig Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

Einfluss von Bio-Hydrauliköl auf die Effizienz einer mobilen Arbeitsmaschine 97

Sebastian Deuster, RWTH Aachen University; Lehrstuhl und Institut für fluidtechnische Antriebe und Systeme

Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten 107

*Mohammad Vafaei, RWTH Aachen, MSE – Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung,
Max Jopen, TU Dortmund – Fakultät für Chemie und Chemische Biologie*

Polyhydroxyalkanoate (PHA) als Verdickungs- und Bindemittel in technischen Schmierstoffen. 117

Dr. Inna Bretz, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits und Energietechnik UMSICHT

„LUBRISSA: Entwicklung eines neuartigen Schmierfettansatzes“ 128

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), FUCHS Schmierstoffe GmbH

EINSATZ VON BIOSCHMIERSTOFFEN IN DER ÖFFENTLICHEN BESCHAFFUNG

Vorstellung des Projekts NOEBIO 130

Zusammenfassung 131

EINLEITUNG

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) hat am 9. Februar 2021 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Online-Fachtagung „Bioschmierstoffe“ durchgeführt, bei der über 280 Fachleute virtuell anwesend waren.

Im Fokus dieser 4. Fachtagung „Bioschmierstoffe“ stand die Präsentation aktueller Forschungsergebnisse aus den acht Verbundvorhaben des BMEL-Förderaufrufs „Entwicklung und Erprobung innovativer biobasierter Schmierstoffe“. Ergänzt wurde der fachliche Einblick durch drei Vorträge zu Forschungsansätzen, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in diesem Bereich fördert.

In einem Fachgespräch, das die FNR im Jahr 2017 organisiert hatte, wurden die Nutzung neuer, innovativer Rohstoffquellen für biobasierte Grundflüssigkeiten und biobasierte Additive, die Entwicklung neuer Syntheseverfahren für diese Grundflüssigkeiten sowie innovative Extraktions- und Herstellungsverfahren für Additive als Forschungsschwerpunkte favorisiert. Diese Themen wurden im Rahmen des Forschungsprogramms Nachwachsende Rohstoffe in den Förderaufruf „Entwicklung und Erprobung innovativer biobasierter Schmierstoffe“ überführt.

Aus den eingereichten Projektskizzen konnten acht Projektvorschläge zu Verbundvorhaben weiterentwickelt werden, die im Zeitraum 1. bis 3. Quartal 2019 mit finanzieller Förderung durch das BMEL ihre Arbeiten begonnen haben. Nachdem die Startphase hinter allen Forschenden liegt, war ein guter Zeitpunkt erreicht, gemeinsam inne zu halten und auf bereits Erreichtes zu schauen, vor allem aber über die zukünftigen Arbeiten und Ansätze mit allen Marktbeteiligten zu diskutieren.

Im vorliegenden Tagungsband in der Reihe „Gülzower Fachgespräche“ wird der aktuelle Stand der Forschung in Form von Veranstaltungsbeiträgen zusammen mit einigen weiteren Informationen rund um das Thema Bioschmierstoffe zusammengefasst.

Mein Dank gilt allen, die zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben.



Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.



Bioschmierstoffe im Kontext der BMEL-Forschungsförderung

Dr. Norbert Holst, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

www.fnr.de

FÖRDERPROGRAMM NACHWACHSENDE ROHSTOFFE FÖRDERAUFRUF BIOSCHMIERSTOFFE

Förderprogramm
Nachwachsende Rohstoffe

Bioschmierstofftagung
Online-Meeting FNR,
09.02.2021
Dr. Norbert Holst

Gefördert durch:
Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Gliederung

- ▶ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- ▶ Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe (ab Mai 2015)
- ▶ Förderziele, Förderbereiche, Förderschwerpunkte
- ▶ Fachgespräch Bioschmierstoffe und Förderaufruf
- ▶ 8 Verbundvorhaben im Förderaufruf Bioschmierstoffe

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Fakten

Gründung :	Oktober 1993
Sitz:	18276 Gülzow-Prüzen (Mecklenburg–Vorpommern)
Finanzierung:	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Land M-V
Mitarbeiter:	133
Status:	eingetragener Verein mit 83 Mitgliedern (stimmberechtigt: 7)
Aufgaben:	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Forschung, Entwicklung und Demonstration (Projekträgerschaft) • Fachinformation & Fachberatung • Öffentlichkeitsarbeit • Internationale und EU-Aktivitäten
Zielgruppen:	gewerbliche Unternehmen, KMU, private und öffentliche Forschungsinstitute, Hochschulen, Behörden



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Stand: 06.01.2021

3

Aufgaben der FNR

Projekträgerschaft FPNR - Forschung, Entwicklung und Demonstration

- Rohstoffpflanzen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aquatischer Biomasse,
- biogene Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft, der Aquakultur, der verarbeitenden Industrie, Gewerbe und Haushalten,
- Erzeugung, Bereitstellung, Verarbeitung und Nutzung nachwachsender Ressourcen,
- ressourceneffiziente und umweltschonende Herstellung biobasierter Produkte und Bioenergieträger und
- übergreifende Themen einschließlich eines Dialogs mit der Gesellschaft.



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

4

Aufgaben der FNR

Durchführung WKF - Forschung, Entwicklung und Demonstration

- Erschließung des CO₂-Minderungs-, Energie- und Substitutionspotenzials von Wald und Holz
- Anpassung der deutschen Wälder an den Klimawandel



Durchführung Klimaschutzprogramm - Forschung und Entwicklung

- Energetische Nutzung von Wirtschaftsdünger
- Moorbodenschutz und Torfminderung

Durchführung Konjunkturpaket - Demonstration

- Waldprämie
- Klimafreundliches Bauen mit Holz



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

5

Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Ziele (1)

Das FPNR dient unmittelbar oder mittelbar folgenden Zielen:

- der nachhaltigen Erzeugung und Bereitstellung nR
- der effizienten und umweltschonenden Ressourcennutzung
- der Vermeidung von Treibhausgasen bzw. deren Bindung und dem Erhalt der natürlichen Ressourcen (Biodiversität)
- der nachhaltigen Produktion von Industrie- und Konsumgütern sowie von Energie und Energieträgern
- dem Recycling und der Kaskadennutzung
- der Entwicklung neuer Technologien und integrierter Nutzungskonzepte entlang der gesamten Wertschöpfungskette, z. B. im Rahmen von Bioaffineriekonzepten.



Quelle: FNR/Hakova



Quelle: NBB/IZ



Quelle: Hagendorn



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

6

Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Ziele (2)

Das FPNR dient unmittelbar oder mittelbar folgenden Zielen:

- der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft insbesondere im ländlichen Raum durch neue und/oder verbesserte Prozesse und Produkte
- der Entwicklung von umsetzbaren Nachhaltigkeitskonzepten sowie möglichst Sektorübergreifenden Nachhaltigkeitsstandards im internationalen Kontext
- der besseren Wahrnehmung globaler Verantwortung für eine umwelt- und sozialverträgliche Gestaltung der biobasierten Wirtschaft.



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

7

Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Ziele (3)

Das FPNR dient unmittelbar oder mittelbar folgenden Zielen:

- der Stärkung der internationalen Zusammenarbeit
- dem Ausbau von internationalen Forschungs-, Technologie- und Rohstoffkooperationen
- der Verbesserung des gesamtgesellschaftlichen Dialogs zu den Potenzialen einer nachhaltigen Bioökonomie und
- der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen insbesondere im ländlichen Raum.



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

8

Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Förderbereiche und Förderschwerpunkte

Erzeugung und Bereitstellung

- Züchtung von **Rohstoffpflanzen aus landwirtschaftlicher Produktion**
- Nachhaltiges **Stoffstrom-Management** zur optimalen Versorgung mit biogenen Ressourcen
- Stärkung der nachhaltigen **Forstwirtschaft** zur Sicherung der Waldfunktionen
- Dezentrale Erzeugung von Wertstoffen in **aquatischen Systemen**

Verarbeitung und Nutzung

- Entwicklung innovativer **Konversionsverfahren** auf der Basis nachwachsender Rohstoffe
- **Verarbeitung** biogener Rohstoffe zu Zwischen- und insbesondere Endprodukten
- Optimierung biogener **Reststoffnutzungen** und Erschließung von **Recycling-Potenzialen**
- **Wärmeversorgungskonzepte** sowie biogene **Bau- und Dämmstoffe** für Gebäude

Übergreifende Themen

- Nachhaltige Erzeugung/Verwertung unter besonderer Berücksichtigung der Ressource **Wasser**
- Informationen und **gesellschaftlicher Dialog** zu Bioökonomie und **Nachhaltigkeit**



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

9

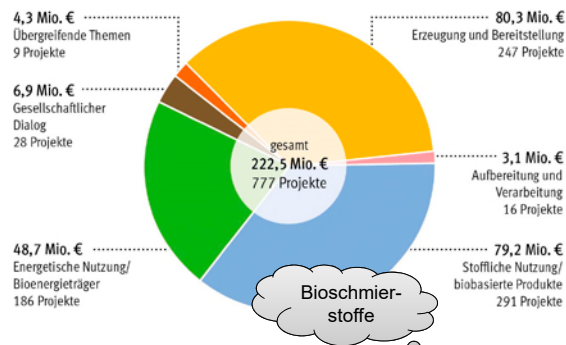
Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe

Durchführung FPNR - Forschung, Entwicklung und Demonstration

	Förderung seit 1993	Aktuell gebundene Mittel
Fördersumme	1.053 Mio. €	222,5 Mio. €
Projektanzahl	4.018	777



Quelle: FNR



Quelle: FNR (Januar 2021)

© FNR 2021



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

10

Förderauf Ruf Bioschmierstoffe

Entwicklung

- Fachgespräch (04/2017)
 - Status quo und Evaluierung des zukünftigen FuE-Bedarfs
- Veröffentlichung des Förderaufrufs (10/2017)
 - Modul 1: Biobasierte Grundflüssigkeiten für Bioschmierstoffe
 - Modul 2: Biobasierte Additive für Bioschmierstoffe
- Vorhaben im Förderauf Ruf Bioschmierstoffe (Q1 2019 bis Q3 2022)
 - Förderung von 8 Verbundvorhaben, Pressemitteilung am 15.03.2019
 - Projektlaufzeiten: zwischen dem 01.01.2019 und dem 31.07.2022
- Bioschmierstofftagung (02/2021)



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

11

Förderauf Ruf Bioschmierstoffe

Gegenstand und Ziele

- Entwicklung und Erprobung biobasierter Grundflüssigkeiten zur Herstellung von innovativen und leistungsstarken Bioschmierstoffen insbesondere in den Sortengruppen Hydrauliköle, Getriebeöle, Metallbearbeitungsöle und Schmierfette.
- Entwicklung und Erprobung biobasierter Additive zur Herstellung innovativer und leistungsstarker Bioschmierstoffe.
- Entwicklung von Bioschmierstoffen, die Innovationen im jeweiligen Einsatzbereich darstellen und eine besondere Produktperformance aufweisen.
- Anwendungsorientierte FuE-Vorhaben mit angemessener Beteiligung der gewerblichen Wirtschaft.



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

12

Förderaufruf Bioschmierstoffe

Acht Verbundvorhaben mit insgesamt 31 Teilvorhaben

FKZ	Projektleitung	Thema	Laufzeit
22007118	Klüber Lubrication München SE & Co. KG	Vollsynthese maßgeschneiderter bioabbaubarer und hydrolysebeständiger Industrieschmierstoffe (Verbundvorhaben mit 3 Teilvorhaben)	01.04.2019-31.03.2022
22028018	TU Braunschweig	Entwicklung Glycerin/Chitosan-basierter Fluide für Antriebe in der Mobil- und Stationärhydraulik (Verbundvorhaben mit 4 Teilvorhaben)	01.08.2019-31.07.2022
22003418	RW TH Aachen	Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten (Verbundvorhaben mit 3 Teilvorhaben)	01.01.2019-31.12.2021
22006118	FUCHS Schmierstoffe GmbH	Entwicklung eines neuartigen Schmierfettansatzes unter Nutzung pflanzlicher Verdickersysteme auf Lupenbasis (Verbundvorhaben mit 2 Teilvorhaben)	01.04.2019-31.03.2022
22004118	Hochschule Bremen	Potenziale algenbasierter Bioschmierstoffadditive (Verbundvorhaben mit 5 Teilvorhaben)	01.04.2019-31.03.2022
22002618	TU Braunschweig	Entwicklung und Einsatz von Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stabilisierung wasserbasierter Fluide wie den Kühlschmierstoffen (Verbundvorhaben mit 3 Teilvorhaben)	01.05.2019-30.04.2022
22004618	ML-Lubrication GmbH	Tribologische Konditionierung zum Verschleiß- und Korrosionsschutz mit Hilfe von biobasierten Kühlschmierstoffen (Verbundvorhaben mit 4 Teilvorhaben)	01.04.2019-31.12.2021
22005218	Universität Erlangen-Nürnberg	Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung (Verbundvorhaben mit 7 Teilvorhaben)	01.06.2019-31.05.2022



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

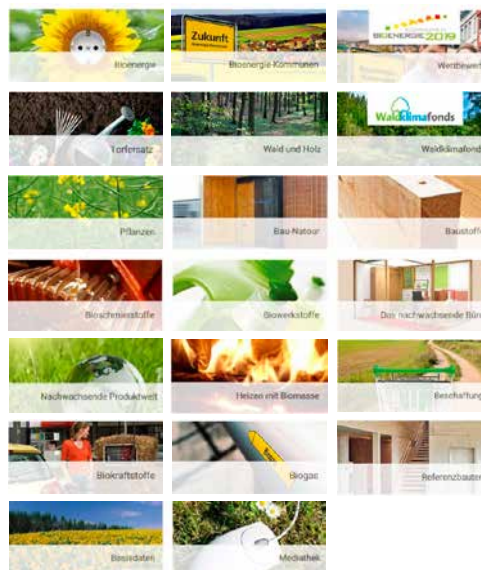
<https://www.fnr.de/projektfoerderung/projektdatenbank-der-fnr/>

13

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e. V.**
 OT Gülzow
 Hofplatz 1
 D-18276 Gülzow-Prützen
 Tel.: +49 3843 6930-0
 Fax: +49 3843 6930-102
 E-Mail: info@fnr.de
 Internet: www.fnr.de



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

14

Metallbearbeitungsöle, Kühlschmierstoffe

Tribologische Konditionierung zum Verschleiß- und Korrosionsschutz mit Hilfe von biobasierten Kühlschmierstoffen

Dr. Oliver Thordsen, ML Lubrication GmbH



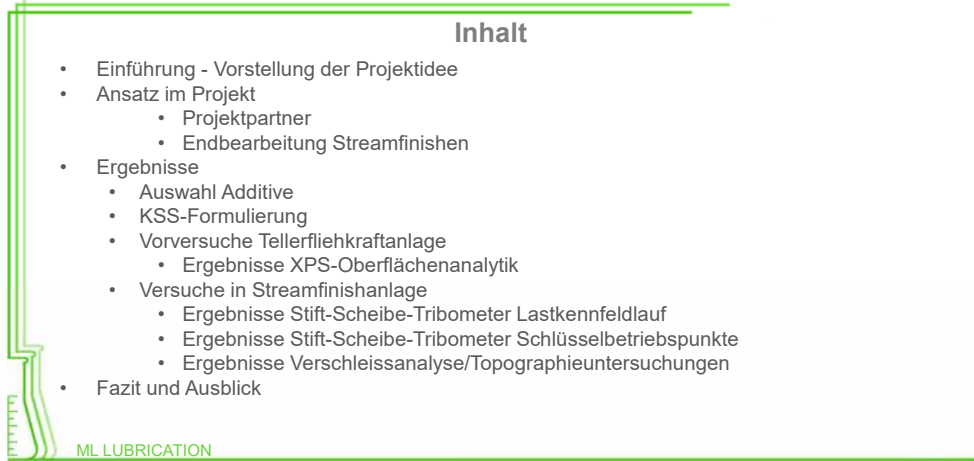
Fraunhofer IWM **ML LUBRICATION** **OTEC**

GSE GS Electroplating

Liquid Solutions

Tribologische Konditionierung zum Verschleiß- und Korrosionsschutz mit Hilfe von biobasierten Kühlschmierstoffen

FNR-Bioschmierstofftagung 2021, Dr. Oliver Thordsen



ML LUBRICATION

Inhalt
• Einführung - Vorstellung der Projektidee
• Ansatz im Projekt <ul style="list-style-type: none">• Projektpartner• Endbearbeitung Streamfinishen
• Ergebnisse <ul style="list-style-type: none">• Auswahl Additive• KSS-Formulierung• Vorversuche Tellerfliehkraftanlage<ul style="list-style-type: none">• Ergebnisse XPS-Oberflächenanalytik• Versuche in Streamfinishanlage<ul style="list-style-type: none">• Ergebnisse Stift-Scheibe-Tribometer Lastkennfeldlauf• Ergebnisse Stift-Scheibe-Tribometer Schlüsselbetriebspunkte• Ergebnisse Verschleissanalyse/Topographieuntersuchungen
• Fazit und Ausblick

ML LUBRICATION

Fraunhofer IWM – MikrotribologieCentrum μ TC

- 100 MA in 8 Gruppen
 - Tribologie an Keramiken, Metallen und Polymeren
 - Beschichtungszentrum DLC, Diamant
 - Simulation auf verschiedensten Skalen
 - Hochtemperaturtribologie, Wasserstoffentstehung
- 48 Tribometer und Prüfstände für verschiedenste Anwendungen
- Kopplung von Simulation und Experiment
- im Projekt:
 - Analytik mit XPS, FIB, TEM, WLI
 - Reibungsmessungen am Stift-Scheibe-Tribometer und Zwei-Scheiben-Prüfstand
 - Messungen mit Radionuklidtechnik im niedrigsten Verschleißratenregime
 - Einlaufbetrachtungen



ML LUBRICATION

ML LUBRICATION



ML LUBRICATION

- Unabhängiges, mittelständisches Unternehmen
- Tochtergesellschaften in den USA, China und Weißrussland, Partner in Indien, Mexiko, Brasilien, Japan & Türkei
- Sitz in Schweinfurt (90 Mitarbeiter in SW)
- spezialisiert auf Entwicklung & Herstellung von:
 - Kühlschmierstoffen zur Zerspaltung und Umformung
 - Korrosionsschutzprodukten
 - Industriellen Reinigern
 - Emulgator-/Additivpackages
 - Prozeßmedien für Bearbeitungsprozesse diverser Materialien

ML LUBRICATION

Die GSE in Zahlen und Fakten

Wir verbinden Oberflächen und stellen uns vor.

GS Electroplating GmbH

Produktion flexibel
Im Ein- bis Drei-Schicht-
betrieb an 5 Wochentagen

42 Festangestellte
(36 Produktion,
6 Verwaltung)

zusätzliche
Mitarbeiter/innen
zum flexiblen Einsatz

1850m² Produktions- und
Logistikfläche
250m² Verwaltungsfläche

Insgesamt 4 galvanische Anlagen
mit z. T. flexibler Verwendung
3 Vollautomaten, 1 Handanlage

aktuell ca. 250 Kunden
aus Deutschland
und Europa

tätig in Branchen
Automotive,
Maschinen- und
Anlagenbau,
Stanzumformtechnik,
Metallbearbeitung,
Verpackung,
Elektroindustrie
Luftfahrt

ca. 3 Mio. EUR Umsatz in 2019

GSE Oberflächen, die verbinden. 7 / 11.02.2021

Unsere Verfahren. Vielseitig mit Fokus Aluminium

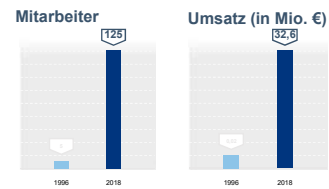
VERFAHREN	BEIZEN	PASSIVIEREN	HARTELOXAL	ELOXAL
Kurz- beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Entfernung von Verunreinigungen und Grat- oder Spannbildungen (Vorbeizen) Erzielung einer kleb- und bondbaren Oberfläche zum Aufbringen von elektronischen Bauelementen (Nachbeizen) 	<ul style="list-style-type: none"> Chemische Oberflächenbehandlung mit Chrom (VI)-freien Lösungen zur Herstellung von Haftvermittlungsschichten Vollwertiger Ersatz für das Gelbchromatieren hinsichtlich Korrosionsschutz, elektrischer Leitfähigkeit Neu seit 2016 	<ul style="list-style-type: none"> Herstellung einer Schutzschicht durch elektrochemische Oxidation (mit hohen Stromstärken) Erzielung einer verschleißfesten, hitze-, korrosionsbeständigen und elektrisch isolierenden Oberfläche mit einer Schichtdicke von bis zu 200 µm 	<ul style="list-style-type: none"> Herstellung einer Schutzschicht durch elektrochemische Oxidation (mit geringen Stromstärken) Erzielung einer korrosionsbeständigen und gut isolierenden Oberfläche Eloxieren nach Kundenwunsch (verdichtet oder offenporig)
Umsatz- anteil* (2019)				
Anwendun- g	 Automobilindustrie	 Maschinenbau	 Anlagenbau	

* Restlicher Umsatz entfällt auf sonstige Dienstleistungen wie z. B. Gestellbau, Bemusterung etc.
GSE Oberflächen, die verbinden. 8 / 11.02.2021

OTEC Präzisionsfinish GmbH

ÜBERBLICK

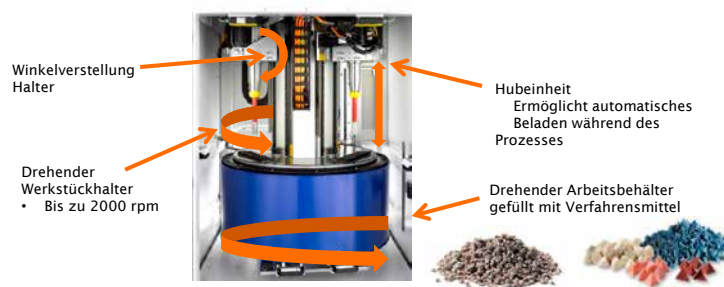
- Technologieführer im Gleitschleifen
 - Weltweiter Vertrieb
 - Anlagen- Entwicklung & Verfahrensmittelvertrieb
- Mittelständisches, familiengeführtes Unternehmen aus Straubenhardt (Baden-Württemberg)



PERFEKTE OBERFLÄCHEN WELTWEIT

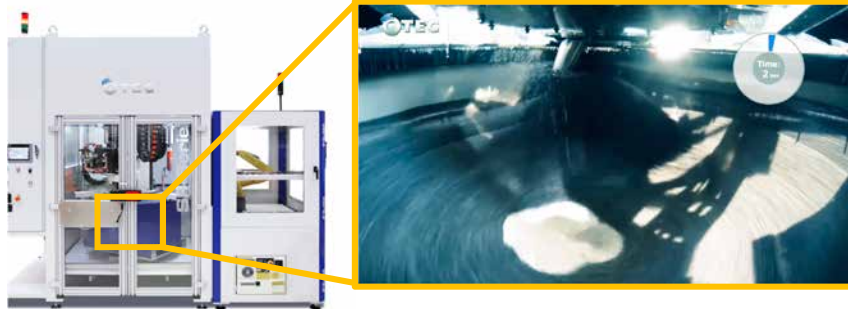
OTEC MASCHINEN

SERIE SF – STREAMFINISH - Prinzip



PERFEKTE OBERFLÄCHEN WELTWEIT

OTEC MASCHINEN
SERIE SF - STREAMFINISH

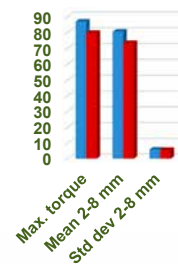
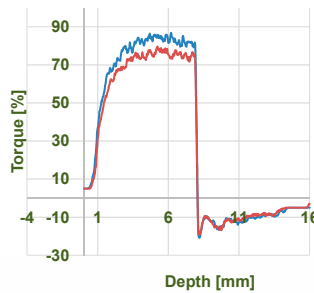


[Link zum kompletten Video \(Youtube\)](#)

PERFEKTE OBERFLÄCHEN WELTWEIT

Auswahl Additive: Microtap Tapping Torque Test

Leistungstest für KSS



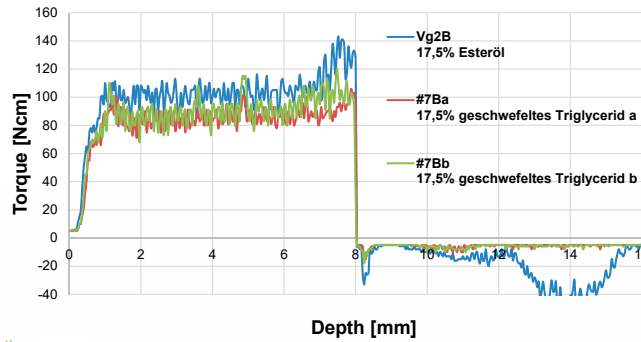
Forming, aluminum, Vap. Tool, 800 RPM, 8 mm

**Leistungsprüfung mit dem Microtap Tapping Torque Tester:
Einzige etablierte Methode, die auf einer Metallbearbeitungsoperation basiert**

ML Lubrication

Auswahl Additive: Microtap Tapping Torque Test

Project	Application	Material	Concentration	Max. torque	Speed	Tool size
AT-2019-239	Cutting	Steel	100%	450 Ncm	1200 RPM	M4

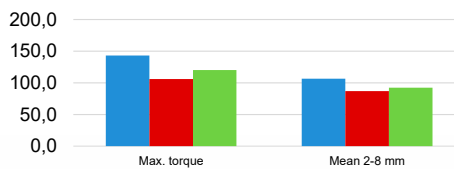


ML Lubrication

Auswahl Additive: Microtap Tapping Torque Test

Project	Application	Material	Concentration	Max. torque	Speed	Tool size
AT-2019-239	Cutting	Steel	100%	450 Ncm	1200 RPM	M4

Product	Vg2B 17,5% Esteröl	#7Ba 17,5% geschwefeltes Triglycerid a	#7Bb 17,5% geschwefeltes Triglycerid b
Max. torque	143,0	106,0	120,0
Mean 2-8 mm	106,4	86,8	92,3
Mean % 2-8 mm	100,0	81,6	86,7
Mean % 0-8 mm	100,0	81,8	86,6
Mean % rewind	100,0	28,4	31,1
Std dev 2-8 mm	11,4	5,9	10,6



Im Rahmen dieser Vorversuche wurden diverse Phosphor- und Schwefeladditive auf Basis nachwachsender pflanzlicher Ester sowie raffiniertes Rapsöl geprüft. Die Ergebnisse wurden auf dem Stift-Scheibe-Tribometer verifiziert.

ML Lubrication

KSS-Testformulierungen: 2-Komponenten-System

Wassermischbare Kühlschmierstoffe: komplexe Vielstoffgemische

- zur Vereinfachung der Formulierungsarbeiten für die Additivversuche wurden mit einem 2-Komponenten-System gearbeitet
- Komponente 1: Ölphase – Additiv + Emulgator
- Komponente 2: wasserlösliche Phase – Korrosionsschutz + Biostase



ML Lubrication

Vorversuche bei Otec in Tellerfliehkraftanlage



3% Wasserphase W6 6% Ölphase
3% W6 + 6% Ölphase

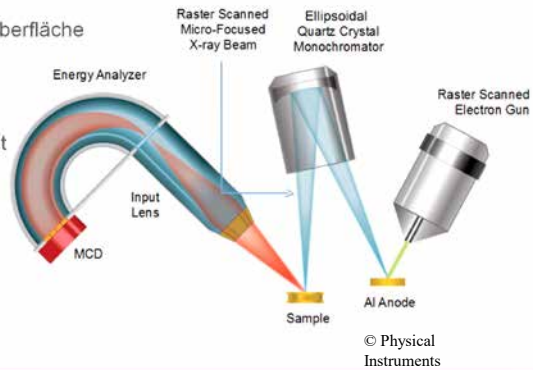
Mischungsverhältnis für Tellerfliehkraftanlage
Ölphase mit geschwefeltem Triglycerid A (TGA)

ML Lubrication

Ergebnisse: Oberflächenanalytik

Vorstellung XPS: Röntgenphotoelektronenspektroskopie

- Elementzusammensetzung an der Oberfläche und oberflächennahen Bereich
- Bestrahlung mit Röntgenstrahlung
- Emission von Bindungselektronen
→ Bindungsenergie = Element
- Informationstiefe: 2 nm
- Tiefenprofile mit Argon-Ionen

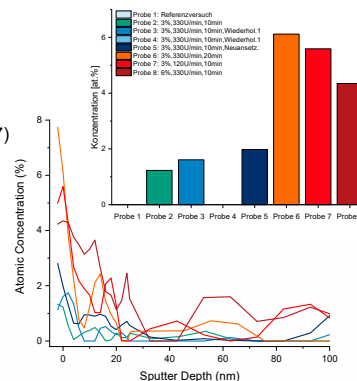


Fraunhofer **KIT**
MIKROTRIBOLOGIE CENTRUM μ TC

ML LUBRICATION

Ergebnisse: Oberflächenanalytik - Schwefel

- **Schwefeleinbringung erfolgreich**
- Besonders hohe Schwefelkonzentrationen an der OF bei:
 - Verdoppelung der Prozesszeit (Probe 6)
 - geringerer Tellerumdrehungsgeschwindigkeit (Probe 7)
 - Änderung des Mischungsverhältnisses (Probe 8)
- Schwefelverlauf im Vergleich:
 - Konzentration fällt in den ersten 10 nm stark ab.
 - Ab einer Tiefe von 20-30 nm stellt sich Rauschen ein.



Fraunhofer **KIT**
MIKROTRIBOLOGIE CENTRUM μ TC

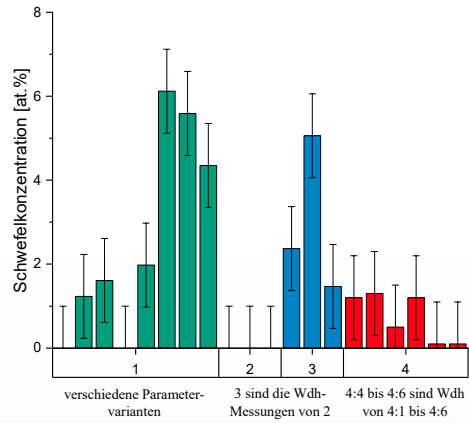
ML LUBRICATION

Ergebnisse: Oberflächenanalytik - Schwefel

- Einbringen von Schwefel an Tellerfliehkraftanlage
- 1. wasserbasierte Endbearbeitung
 - große Streuung mit wasserbasierten KSS → Stabilität der Emulsion
 - kurzzeitiger Wechsel auf ölbasierter Endbearbeitung

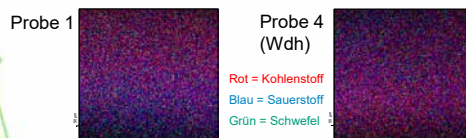


ML LUBRICATION

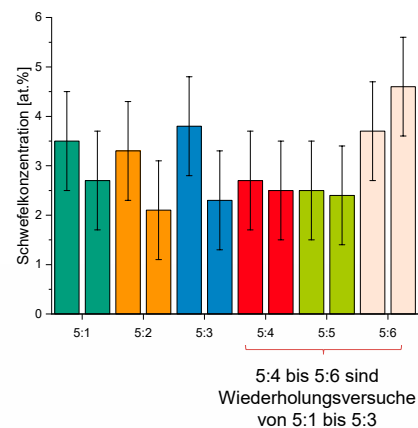


Ergebnisse: Oberflächenanalytik - Schwefel

- Einbringen von Schwefel an Tellerfliehkraftanlage
- 2. Ölbasierter Endbearbeitung
 - geringere Streuungen der S-Konzentrationen
 - Über ein Mapping konnte eine homogene Verteilung des S bestätigt werden



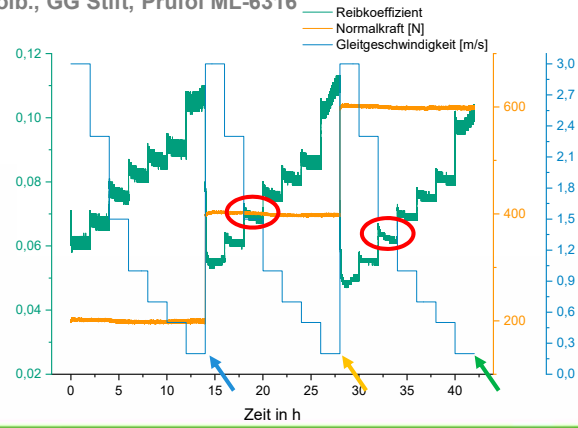
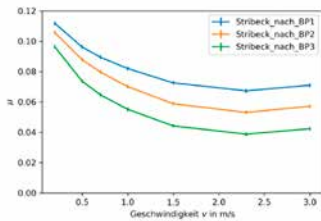
ML LUBRICATION



Ergebnisse Stift-Scheibe-Tribometer nach Streamfinishen

Lastkennfeld – 42CrMo4-Scheibe ölb., GG Stift, Prüföl ML-6316

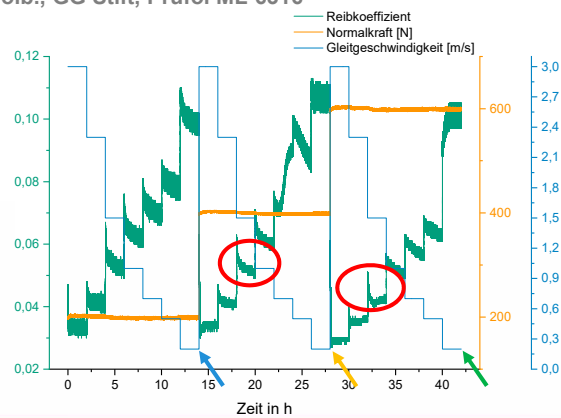
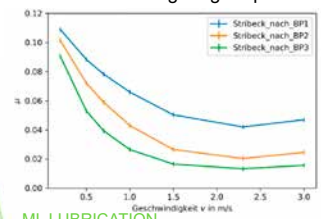
- Mit Mineralöl VG 5 ohne Additiv gefinisht
- **Interessante BPe:**
 - 600 N mit 1,5 m/s
 - 400 N mit 1,5 m/s



Ergebnisse Stift-Scheibe-Tribometer nach Streamfinishen

Lastkennfeld – 42CrMo4-Scheibe ölb., GG Stift, Prüföl ML-6316

- Mit Mineralöl VG 5 plus 17,5% geschwefeltem Triglycerid A gefinisht
- **Interessante BPe:**
 - 600 N mit 1,5 m/s
 - 400 N mit 1,5 m/s
- Es stellen sich geringere μ ein.

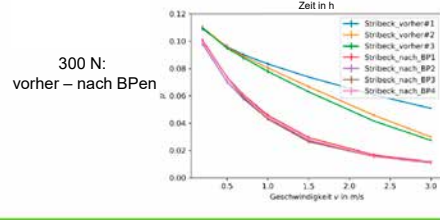
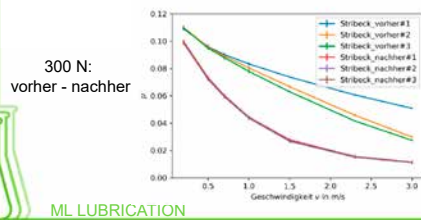
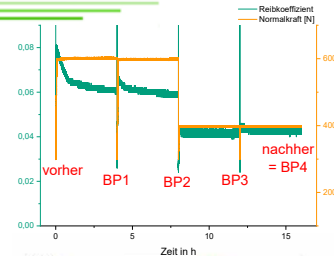


Stift-Scheibe-Tribometer – Einlauf mit 2 Schlüsselbetriebspunkten

Versuch mit ölb. Scheibe, gefinisht mit Mineralöl VG 5 ohne Additiv, Prüföl ML-6316

Betriebspunkte:

- 3 initiale Stribeckkurven 300 N (vorher)
- 600 N 1,5 m/s 8 h → nach 4 h (BP1) & 8 h (BP2)
- 400 N 1,5 m/s 8 h → nach 4 h Stribeckkurve (BP3)
- 3 finale Stribeckkurven 300 N (nachher = BP4)

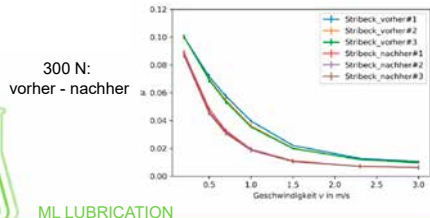
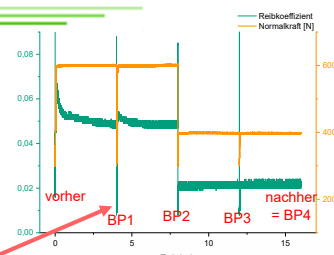


Stift-Scheibe-Tribometer – Einlauf mit 2 Schlüsselbetriebspunkten

Versuch mit ölb. Scheibe, gefinisht mit Mineralöl VG 5 plus 17,5% geschwefeltem Triglycerid A, Prüföl ML-6316

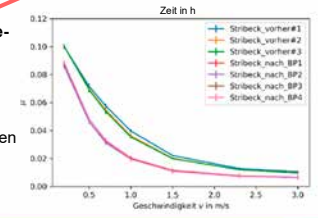
Betriebspunkte:

- 3 initiale Stribeckkurven 300 N (vorher)
- 600 N 1,5 m/s 8 h → nach 4 h (BP1) und 8 h (BP2)
- 400 N 1,5 m/s 8 h → nach 4 h Stribeckkurve (BP 3)
- 3 finale Stribeckkurven 300 N (nachher = BP4)



Einlauf bereits nach BP 1 abgeschlossen!

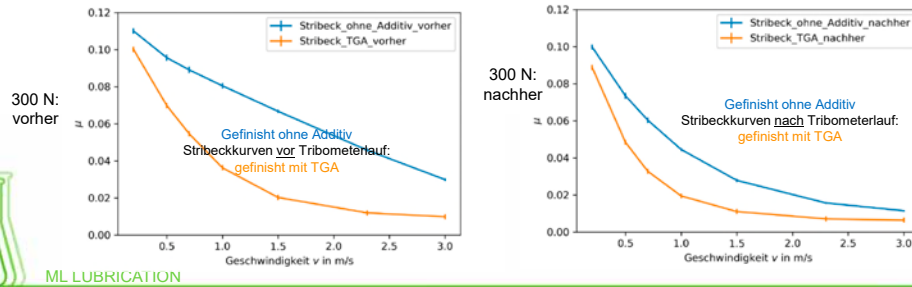
300 N: vorher - nach BPen



Stift-Scheibe-Tribometer – Einlauf mit 2 Schlüsselbetriebspunkten

Vergleich ohne Additiv gefinisht vs. geschwefeltes Triglycerid A (TGA)

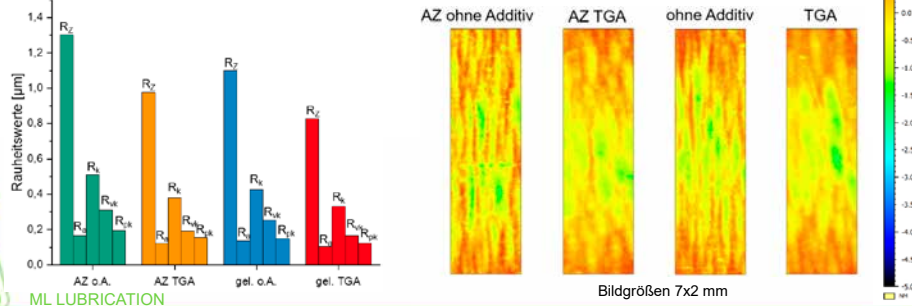
- Stribeckkurven vorher (AZ = ungelauten) und nachher im Vergleich:
 - Deutlich niedrigere Reibungskoeffizienten nach Finishen mit geschw. Triglycerid A
 - Hinweise auf kürzere Einlaufphase nach Finishen mit geschw. Triglycerid A



Stift-Scheibe-Tribometer – Einlauf mit 2 Schlüsselbetriebspunkten

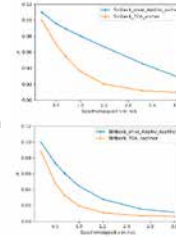
Verschleißanalyse an SST-Scheiben mit Weißlichtinterferometrie WLI

- Ausgangszustände (AZ = ungelauten) weichen leicht voneinander ab
- Unterschiede im Reibverlauf auf Topographieunterschiede, Tribochemie oder Gefügeänderung zurückzuführen?



Fazit und Ausblick

- In Vorversuchen wurden Additive auf der Basis nachwachsender Rohstoffe ausgewählt.
- Sowohl wassermischbare als auch nicht wassermischbare KSS-Formulierungen wurden für Versuche auf Tellerfliehkraft- und Streamfinish-Anlagen erstellt.
- Nach Versuchen auf Tellerfliehkraftanlagen unter Verwendung eines geschwefelten Triglycerids konnte die Bindung von Schwefel per XPS auf den Probenoberflächen nachgewiesen werden.
- Die Untersuchung der Proben aus den Streamfinish-Versuchen zeigten im SST:
 - Deutlich niedrigere Reibungskoeffizienten nach Finishen mit geschwefeltem Triglycerid
 - Hinweise auf kürzere Einlaufphase nach Finishen mit geschwefeltem Triglycerid
- Noch ausstehend:
 - Differenzierung der Einflüsse von Tribochemie, Topographie und Gefügeveränderungen
 - Weitere Analytik & Verschleißuntersuchungen (Radionuklidtechnik)
 - Genauere Untersuchung der Einlaufphase im SST
 - Erstellung einer optimierten Kühlschmierstoff-Formulierung
 - Integration der Oberflächenmodifikation durch Eloxal-Verfahren
 - Variation der Endbearbeitungsparameter im Streamfinish-Prozess für optimierte Vorkonditionierung



ML LUBRICATION






Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung (ECO₂il)

Prof. Dr.-Ing. Nico Hanenkamp, Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

FNR Bioschmierstoff-Tagung 2021

Entwicklung biobasierter Metallbearbeitungsöle für die kryogene Minimalmengenschmierung (ECO₂il)

Prof. Dr.-Ing. Nico Hanenkamp, Trixi Meier M. Sc.

Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen • Dr.-Mack-Str. 81 • Technikum 1 • 90762 Fürth

- 1** Projektvorstellung
- 2** Kryogene Minimalmengenschmierung
- 3** Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
- 4** Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen
- 5** Zusammenfassung und Ausblick

Projektvorstellung



Allgemeine Informationen

Verbundvorhaben ECO₂il

Projektrahmen

- Projektlaufzeit: 01.06.2019 – 31.05.2022
- Zuwendungshöhe: 392.126,09 €

Projektziel

„Das Gesamtziel des Verbundvorhabens besteht darin, biobasierte Schmierstoffe zu entwickeln, die zur Anwendung als Kühlschmierstoff in neuen kryogenen Kühlkonzepten einer Minimalmengenschmierung für die Bearbeitungstechnologien Drehen, Fräsen und Bohren geeignet sind.“

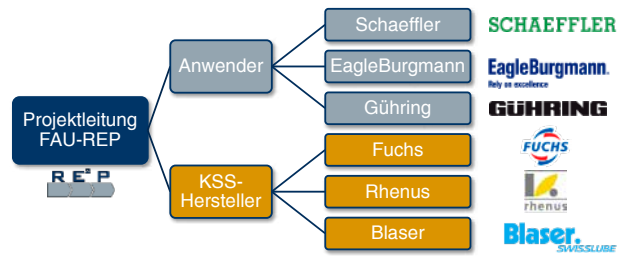
Zuwendungsbescheid vom 01.04.2019

Projektstruktur

- Förderkennzeichen 22005218



- Organigramm



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

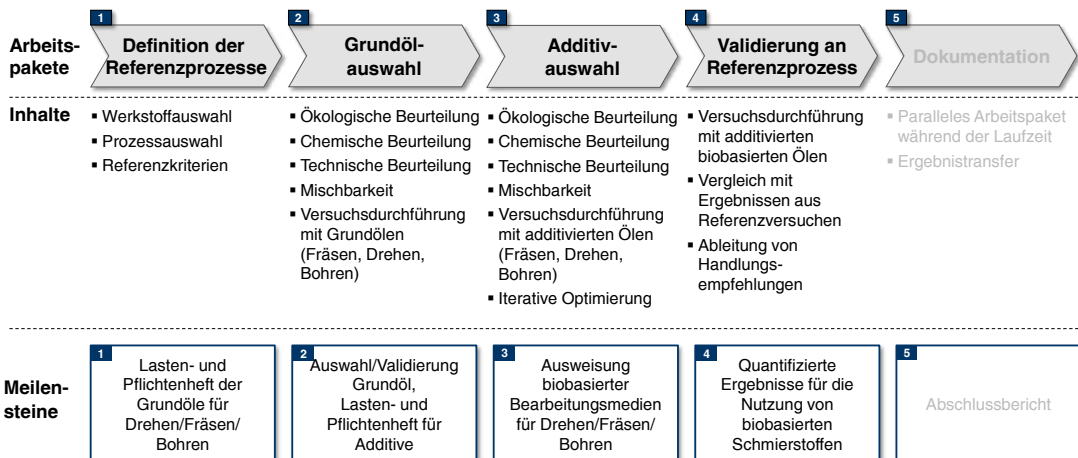
09.02.2021

3

Projektvorstellung



Projekthalt



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

4

- 1 Projektvorstellung
- 2 **Kryogene Minimalmengenschmierung**
- 3 Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
- 4 Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Kryogene Minimalmengenschmierung



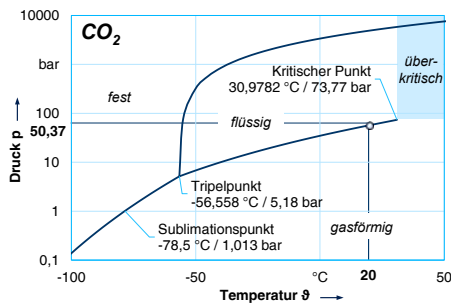
Herausforderungen bei konventionellen Kühlschmierstrategien



Kryogene Minimalmengenschmierung

Kryogene Kühlung mit CO₂ und Minimalmengenschmierung

Kohlenstoffdioxid (CO₂)



Eigenschaften CO₂

- farblos, geruchlos, ungiftig, nicht entflammbar
- Sublimationspunkt bei $\vartheta = -78,5 \text{ °C}$, $p = 1,013 \text{ bar}$

© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

7

Minimalmengenschmierung (MMS)

- gasförmiges Trägermedium für geringe Ölmengen (< 50ml/h)
- Keine primäre Kühlwirkung
- Verlustschmierung
- geringerer Aufwand für Wartung, Pflege, Entsorgung und Bauteilreinigung
- kein direkter Kontakt des Personals mit KSS

Kryogene Minimalmengenschmierung (kMMS)

- flüssiges kryogenes Trägermedium für geringe Ölmengen (< 50ml/h)
- Prozessschmierung und -kühlung (interne oder externe Zuführung, ein- oder zweikanalige Zuführung von kryogenem Medium und Öl)
- Reduktion der Prozesswärme und des temperaturinduzierten Verschleißes
- Erhöhung des Zeitspannvolumens

- 1 Projektvorstellung
- 2 Kryogene Minimalmengenschmierung
- 3 Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle**
- 4 Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle



Öle

Versuchsgrundöle		
Name	chem. Struktur	Anteil RRM (Renewable Rawmaterial)
SE 01	Monoester	75 - 99%
SE 02	Azelainsäureester	25 – 50%
SE 03	Bis(2-ethyl-hexyl)azelate	50 – 75%
SE 04	Monoester	48%
SE 05	Diester	92%
SE 06	Triester	81%
SE 07	Monoester	100%
SE 08	Dicarbonsäureester	< 40%
SE 09	Monoester	> 50%
SE 10	Polyolester	> 80%
FA 01	Fettalkohol	0%
NE 01	Triglycerid	100%
NE 02	Triglycerid	100%
NE 03	Triglycerid	100%
KW 01	-	75 - 99%
KW 02	Hydrocracköl	0%

Eigenschaftsspektrum			
Eigenschaft	Messmethode	Wertebereich	Einheit
Viskosität 40	Stabinger	<10 10 - 20	mm²/s
Viskosität 100	Stabinger	<2 2 - 5	mm²/s
Viskositätsindex	Stabinger	<90 120 – 150 >150	
Dichte (15°C)	DIN 51757	< 0,08 0,08 - 0,09 > 0,9	g/ml
Kettenlänge (Anzahl C-Atome)		< C10 C10 - C20 > C20	
Polarität	Non Polarity Index	unpolar schwach polar polar	
Pourpoint	DIN ISO 3016:2017	> -50 -50 bis -80 < -80	°C
Esteranteil		0 > 95	%
Wassergehalt	DIN 51777-1	< 0,05 0,05-0,1	%
Schwefelgehalt	DIN 51399-1 ICP	< 0,01	%
Phosphorgehalt	DIN 51399-1 ICP	< 0,01	%

SE: Synthetischer Ester FA: Fettalkohol
NE: Natürlicher Ester KW: Natürlicher Kohlenwasserstoff

© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

9

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle

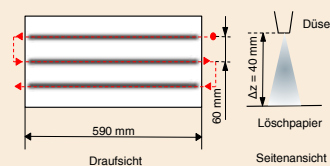


Experimentelle Randbedingungen



Sprühbild-
untersuchung

Statische
Mischversuche



Ölauftrags-
versuche

Dynamische
Mischversuche



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

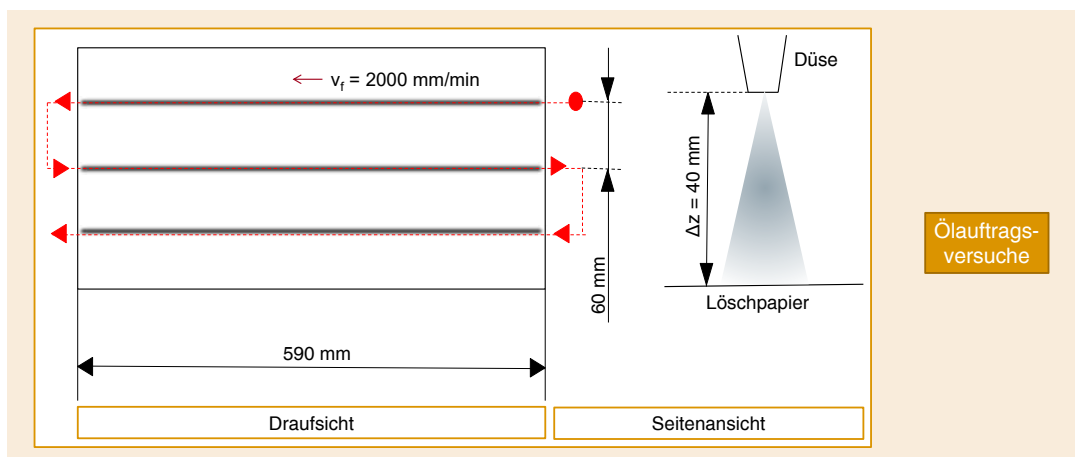
10

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
Experimentelle Randbedingungen



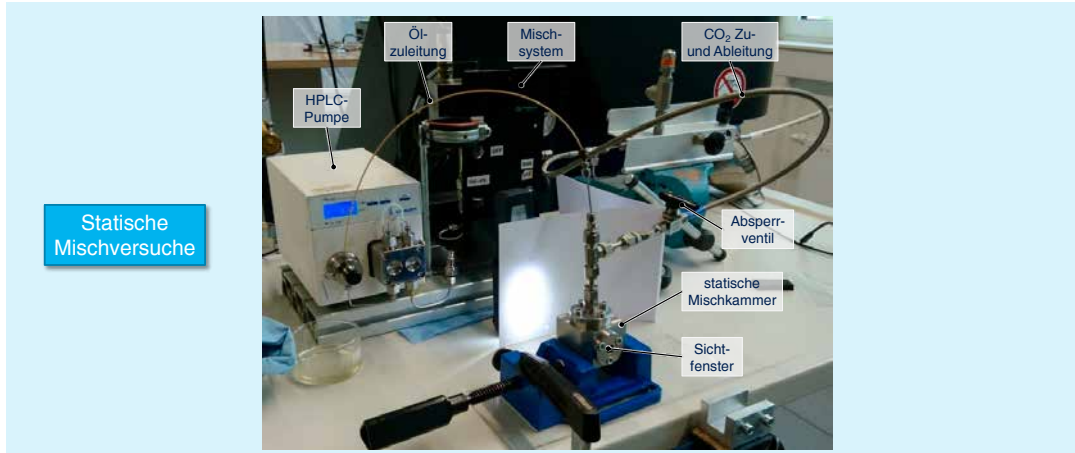
Sprühbild-
 untersuchung

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
Experimentelle Randbedingungen



Ölauftrags-
 versuche

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
Experimentelle Randbedingungen

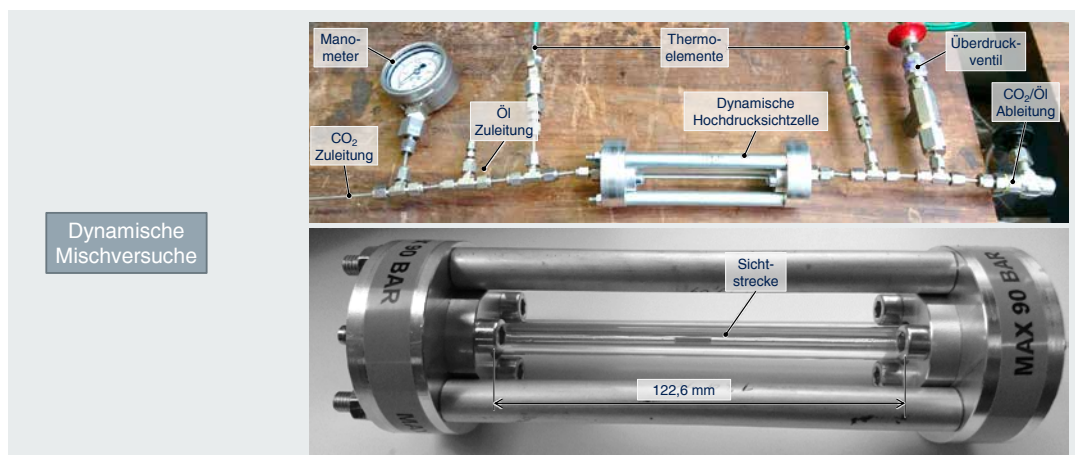


© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

13

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
Experimentelle Randbedingungen



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

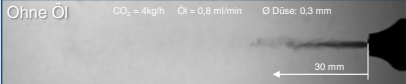


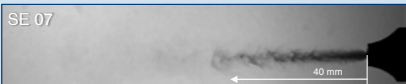
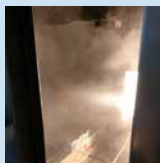

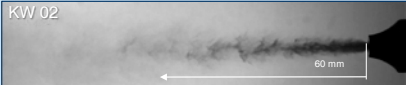


09.02.2021

14

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle

Sprüh- und Ölauftragsversuche



Freistrahlbildung		Nebelbildung	
<p>Ohne Öl CO₂ = 4kg/h Öl = 0,8 ml/min Ø Düse: 0,3 mm</p> 	<ul style="list-style-type: none"> gleichmäßiger Strahl keine Nebelbildung reines CO₂ 	 <p>Keine Nebelbildung: CO₂ ohne Öl</p>	 <p>Geringe Nebelbildung: NE 01, NE 03, SE 07, KW 02</p>
<p>SE 07</p> 	<ul style="list-style-type: none"> gleichmäßiger Strahl geringe Nebelbildung SE 01, SE 02, SE 07, SE 08, SE 09, SE 10, NE 01, NE 03 	 <p>mittlere Nebelbildung: SE 01, SE 02, SE 09, SE 10</p>	 <p>starke Nebelbildung: NE 02, SE 08, KW 01, SE 10</p>
<p>KW 02</p> 			
<p>NE 02</p> 	<ul style="list-style-type: none"> gleichmäßiger Strahl mittlere bis starke Nebelbildung NE 02, KW 01, KW 02 		
<p>NE 03</p> 		<ul style="list-style-type: none"> sichtbare Tröpfchenbildung Pulsierende, schwallartige Ölausstöße NE 01, NE 03 	

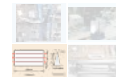
© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen








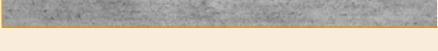
09.02.2021

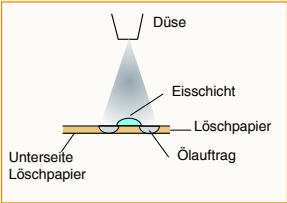
15

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle

Sprüh- und Ölauftragsversuche



Ölauftragsversuche		Beobachtung	
<p>KW 02 CO₂ = 4kg/h Öl = 0,8 ml/min 20 mm</p> 	<p><u>Bewertungskriterien</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Gleichmäßigkeit des Auftrags Breite des Ölauftrags Intensität des Ölauftrags Eisbildung und fehlender Ölauftrag 	<ul style="list-style-type: none"> Starke Eisbildung und mittig fehlender Ölauftrag KW 02, SE 01 Starke Eisbildung und intensiver Ölauftrag NE 03, SE 08 	
<p>KW 01</p> 			
<p>SE 07</p> 			
<p>SE 02</p> 			
<p>SE 09</p> 			
<p>SE 01</p> 			
<p>NE 01, NE 03</p> 			
<p>NE 02</p> 			



Düse
Eisschicht
Löschpapier
Ölauftrag
Unterseite Löschpapier

© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

16

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle

Mischbarkeitsuntersuchungen



Statische Mischversuche

Durchführung: $T = 20\text{ °C}$, $p = 50\text{ bar}$

$V_{\text{CO}_2(\text{g})} = 0,1\text{ ml}$
 $V_{\text{CO}_2(\text{l})} = 0,7\text{ ml}$
 $V_{\text{Öl}} = 0,2\text{ ml}$

$V_{\text{ges}} = 1\text{ ml}$



Variante 1:
Lösung
CO₂ in Öl



Variante 2:
Lösung
Öl in CO₂



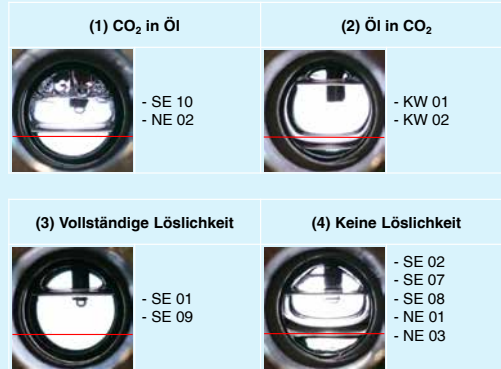
Variante 3:
Vollständige
Löslichkeit



Variante 4:
Keine
Löslichkeit



Ergebnisse:



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

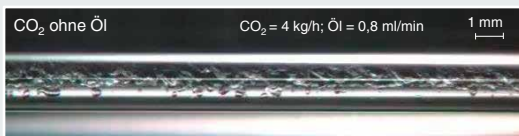
17

Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle

Mischbarkeitsuntersuchungen



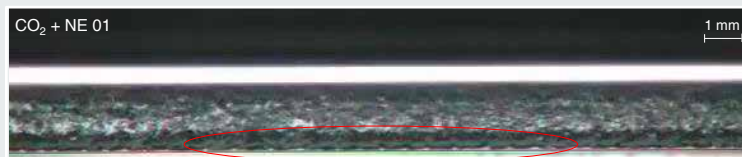
Dynamische Mischversuche



500-fache Verlangsamung



SE 01, SE 02, SE 08, SE 09, SE 10, FA 01, NE 02,
KW 01, KW 02,



Laminare Randströmung: SE 07, NE 01, NE 03

© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

18

- 1 Projektvorstellung
- 2 Kryogene Minimalmengenschmierung
- 3 Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
- 4 Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen



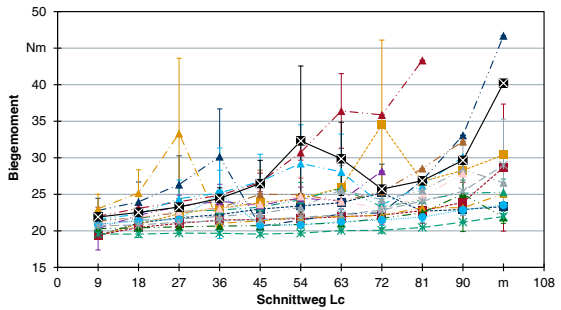
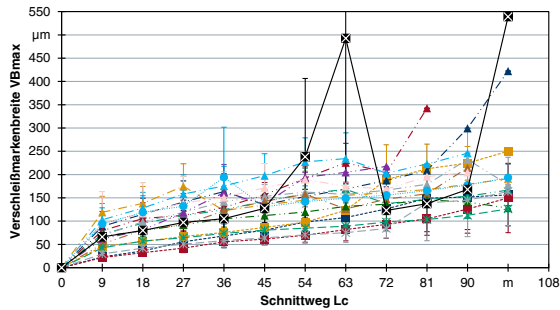
Experimentelle Randbedingungen Zerspanungsuntersuchungen



Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen

Fräsen: Verschleiß-/Kraftmessung

Prozess	Fräsen	v_c	264 m/min	f_z	0,06 mm/U
Werkstoff	1.4404	n	10500 U/min	a_p	0,8 mm
CO ₂	8 kg/h	Öl	0,8 ml/min	a_p	8 mm



- NE 01
- NE 02
- NE 03
- SE 01
- SE 02
- SE 03
- SE 04
- SE 05
- SE 06
- SE 07
- SE 08
- SE 09
- SE 10
- FA 01
- KW 01
- KW 02
- KSS



© REP – Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

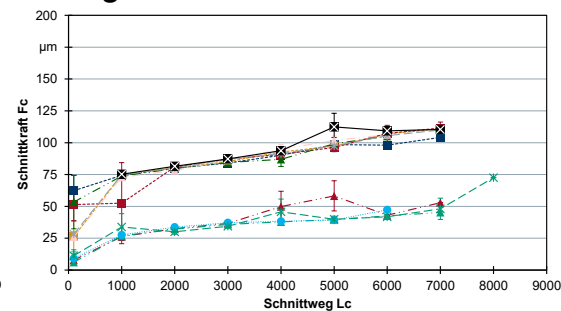
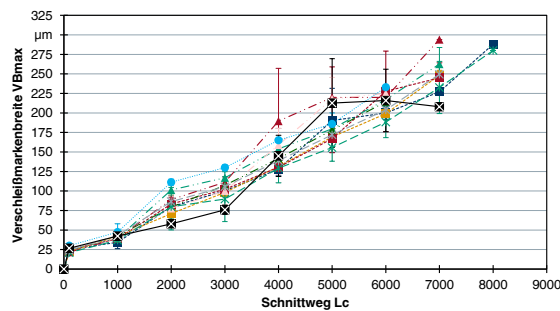
09.02.2021

21

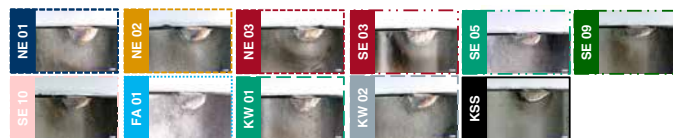
Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen

Schlichtdrehen: Verschleiß-/Kraftmessung

Prozess	Drehen	v_c	200 m/min	f	0,12 mm/U
Werkstoff	1.3505	Öl	0,8 ml/min	a_p	0,1 mm
CO ₂	2,5 kg/h				



- NE 01
- NE 02
- NE 03
- SE 03
- SE 05
- SE 09
- SE 10
- FA 01
- KW 01
- KW 02
- KSS



© REP – Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

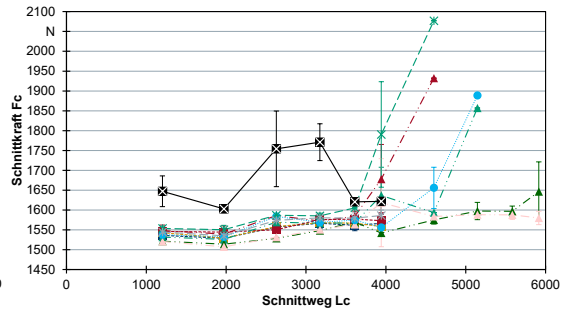
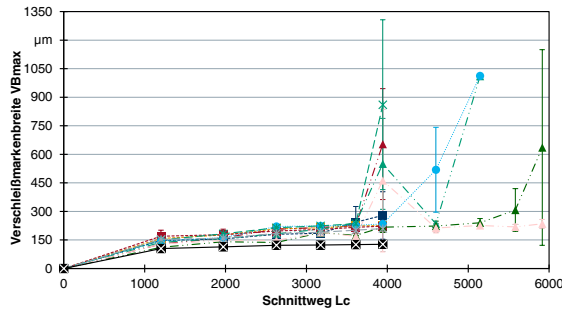
09.02.2021

22

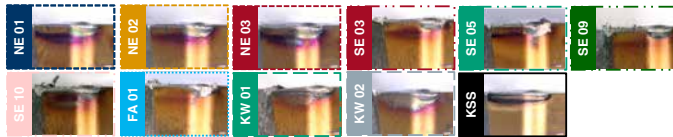
Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen

Schruppdrehen: Verschleiß-/Kraftmessung

Prozess	Drehen	v_c	160 m/min	f	0,25 mm/U
Werkstoff	1.4404	Öl	0,8 ml/min	a_p	3 mm
CO ₂	12 kg/h				



NE 01 NE 02 NE 03 SE 03 SE 05 SE 09
 SE 10 FA 01 KW 01 KW 02 KSS



© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

23

- 1 Projektvorstellung
- 2 Kryogene Minimalmengenschmierung
- 3 Chemische und technologische Bewertung der biobasierten Grundöle
- 4 Kryogene Minimalmengenschmierung mit biobasierten Ölen
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick



Verbundvorhaben ECO₂il

Zusammenfassung

- hohes Potenzial beim Einsatz natürlicher Estergrundöle (u.a. Kokos-, Raps- und Sonnenblumenöl) für die kryogene Minimalmengenschmierung im Vergleich zur konventionellen Überflutungskühlung hinsichtlich:
 - Standweg
 - Verschleißmarkenbreite und -bild
 - Prozesskräfte
 - Werkzeugschwingung
- Entwicklung einer Systematik zur chemischen und technischen Bewertung von Grundölen

Ausblick






© REP — Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen

09.02.2021

25

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente Produktionsmaschinen • Dr.-Mack-Str. 81 - Technikum 1 • 90762 Fürth



**Prof. Dr.-Ing.
Nico Hanenkamp**

Leitung
+49 (0) 911 / 65078648 -11
nico.hanenkamo@fau.de

**M. Sc.
Trixi Meier**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
+49 (0) 911 / 65078648 -20
trixi.meier@fau.de

Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Ressourcen- und Energieeffiziente
Produktionsmaschinen

Dr.-Mack-Str. 81 | Technikum 1
90762 Fürth
www.rep.tf.fau.de | www.ncatec.de

Entwicklung und Einsatz von Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stabilisierung wasserbasierter Fluide wie den Kühlschmierstoffen

Dr. Hubertus Wichmann, Technische Universität Braunschweig, Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie

Bioschmierstoff-Tagung 2021

9. Februar 2021



Entwicklung und Einsatz von Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stabilisierung wasserbasierter Fluide wie den Kühlschmierstoffen



Hubertus Wichmann

Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie

Übergeordnetes F&E-Ziel

- Bereitstellung einer Produktfamilie von Kühlschmierstoffen für verschiedene Anwendungen mit folgenden Eigenschaften:
 - Mineralöl-frei
 - Biozid-frei
 - basierend auf Wasser und nachwachsenden Rohstoffen
 - umwelt- und humanverträglich
 - biologisch abbaubar, wasserlöslich
 - gleichwertig in der technischen Performance
- Basisfluid / Ansatz:
 - Wasser (Trägerflüssigkeit, Kühlwirkung, > 35% nicht entflammbar)
 - Glycerin (Schmierwirkung, verdickend, lösungsvermittelnd, > 30% biostatistisch wirksam)
 - CM-Chitosan (verdickend, pH-regulierend, Korrosionsschutz)

2

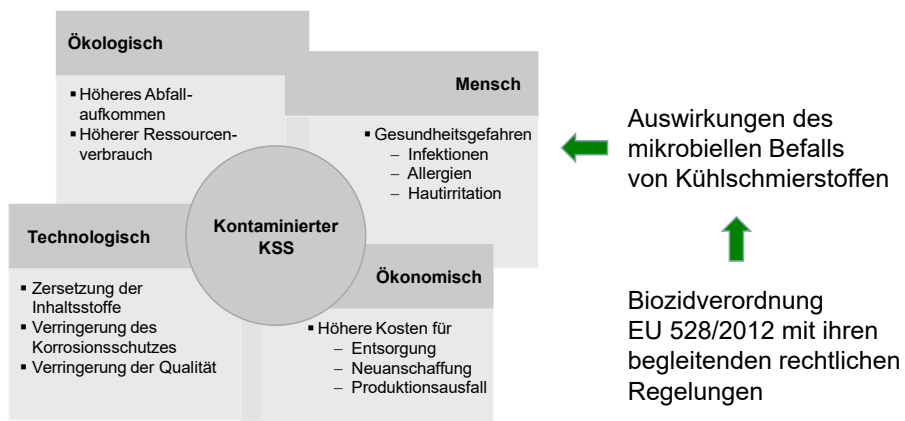
Aktueller Stand der F&E-Arbeiten

- **Stahlbearbeitung:**
Schleifen einer 100Cr6-Legierung → F&E abgeschlossen.
- **Aluminiumbearbeitung:**
Polieren, tiefbohren, anfasen, gewindeformen bei Al-Legierungen verschiedener Härte → F&E abgeschlossen.
- **Hydraulik-Anwendung:**
Machbarkeitsstudie erfolgreich abgeschlossen. Vorstellung des laufenden Verbundprojektes nachfolgend durch Herrn Prof. Frerichs.



3

Einordnung des Biostatika-Projekts



- **Eigener bisheriger F&E-Ansatz:**
Verwendung von Glycerin als Biostatikum.
- **Perspektivisch:**
Deutlich erweiterte Auswahl an Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen. Erforschung und Nutzung individueller Multifunktionalitäten der Biostatika in tribologischen Systemen; neue NaWaRo-Additive.

4

Wesentliche Arbeitspakete des Biostatika-Projekts

- Recherche zur Identifizierung potentieller Biostatika aus Pflanzen sowie pflanzlichen Rückständen (*IÖNC*)
- Beschaffung, Testung und Konditionierung biostatistisch wirksamer Stoffe und Mischungen (*MuH, IÖNC*)
- Evaluation der Verfügbarkeit identifizierter Wirkstoffe (*DAW, IÖNC*)
- Formulierungsversuche mit Kühlschmierstoffen (*KSS*) und Feststellung der biostatistischen Hemmwirkung (*DAW, MuH, IÖNC*)
- Entwicklung von Verfahren zur Additivanalytik incl. der Biostatika und zur Verfolgung chemischer Veränderungen in den Fluiden (*IÖNC*)
- Physikalisch-chemische und tribologische Eigenschaften der neuartigen *KSS*-Formulierungen (*DAW, IWF, IÖNC*)
- Praxistests der neuartigen *KSS*-Formulierungen (*DAW, MuH, IWF, IÖNC*)
- Umweltverträglichkeit, biologische Abbaubarkeit und Einsatzprognosen der biostatistischen Wirkstoffe (*DAW, IÖNC*)

Projektpartner:

DAW AEROCIT Schmierungstechnik GmbH, Werdau / „*DAW*“
 Mikrobiologie und Hygienekonzepte – Dr. Klages, Braunschweig / „*MuH*“
 Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, TU BS / „*IWF*“
 Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie, TU BS / „*IÖNC*“

5

Recherche – Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen

	antimikrobielle Wirksamkeit	Wasser- löslichkeit	pH- Stabilität	geruchsarm	keine Toxizität	geringe Flüchtigkeit	natürliche Verfügbarkeit
Alkohole	+	+	+	+	~	~	+
Ätherische Öle (Terpene, Cumarine)	+	-	+	-	~	-	+
Polyphenole	~	~	-	+	+	+	+
Saponine	~	+	+	+	+	+	+
Sulfide	+	-	+	-	~	-	+
Glucosinolate	+	-	-	+	~	+	+
Alkaloide	+	-	+	+	~	+	+

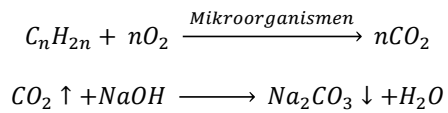
+ : zutreffend ~ : teilweise zutreffend - : nicht zutreffend

➔ Bisher wurden mehr als 70 interessante Einzelverbindungen identifiziert.
 38 Substanzen wurden bereits getestet.

6

Labortests / Mikrobiologie - BSB₂₀-Test, DIN EN 1899-1

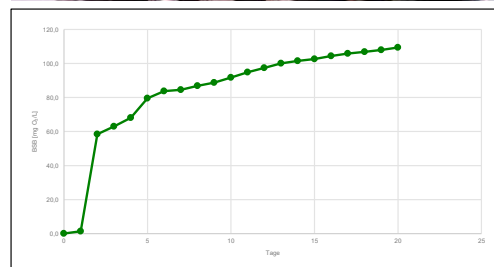
Menge an Sauerstoff, die zum biotischen Abbau im Wasser vorhandener organischer Verbindungen benötigt wird.



Durchführung

Gesamtvolumen: 250 mL
 Probenvolumen: 233,5 mL
 Impfwasser: 2,5 mL
 Nährlösung: 12,5 mL
 Puffer, Salze, etc.: 1,5 mL
 pH-Einstellung NaOH: nach Bedarf

Messdauer: 20 Tage



7

Labortests / Mikrobiologie – Impfwasser-Analyse

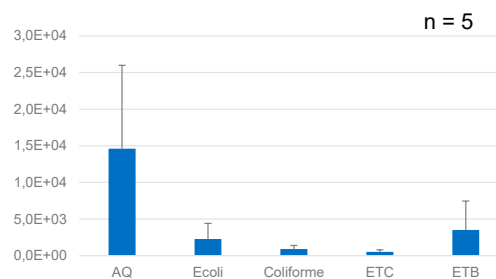
	Gesamtkeimzahl [KBE/mL]
Compact Dry	$2,5 \cdot 10^4$
Dip Slides	$10^4 - 10^5$
Zählkammer	$4,8 \cdot 10^4$
Optische Dichte	$< 1,5 \cdot 10^8$

Gesamtkeimzahl zwischen
 $10^4 - 10^5$ KBE/mL

Dip Slides,
 Compact Dry und
 Zählkammer geeignet

ATP-Bestimmung, spätere Anwendung
 am Kühlschmierstoff

Trübungsmessung ungeeignet



AQ - Heterotrophe Bakterien: Kohlenstoff
 abbauend (z.B. *Citrobacter*, *Escherichia*,
Klebsiella, *Pseudomonas*, *Serratia*)

E.coli: Abwasserkeime, Darmkeime

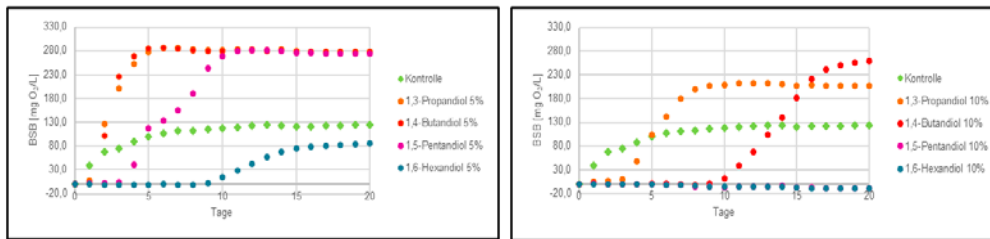
Coliforme: Abwasserkeim (z.B.: *Citrobacter*,
Enterobacter, *Escherichia*, *Klebsiella*)

ETC - Enterococcus: ubiquitäre Keime, Erdboden

ETB - Enterobacteriaceae: Darmkeime, ubiquitär
 (z.B. *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*,
Klebsiella)

8

Labortests / Mikrobiologie – Ergebnisse, exemplarisch



n = 2; pH 7-8

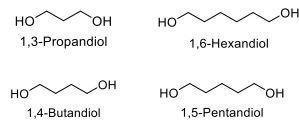
Alkohole: Einfluss der Kettenlänge auf antimikrobielle Wirkung

Ergebnis

1,3-Propandiol < 1,4-Butandiol < 1,5-Pentandiol < 1,6-Hexandiol

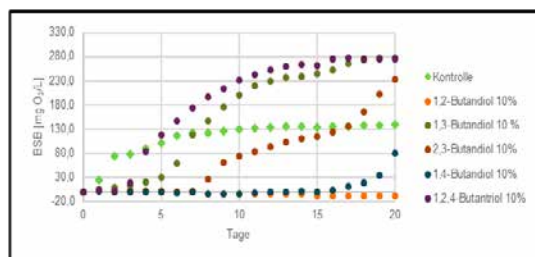
Hemmung steigt mit zunehmender C-Kettenlänge/molarer Masse

1,5-Pentandiol/1,6-Hexandiol hemmen bei 10% vollständig

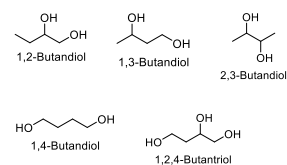


9

Labortests / Mikrobiologie – Ergebnisse, exemplarisch



n = 2; pH 7-8



Alkohole: Einfluss von Anzahl und Stellung der OH-Substituenten auf antimikrobielle Wirkung

Ergebnisse

Butantrirole < Butandiole

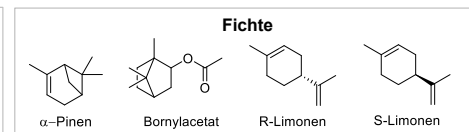
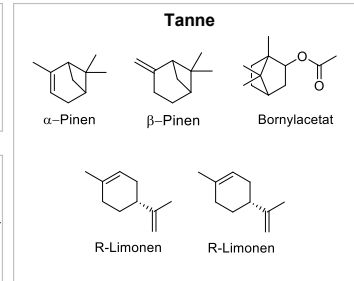
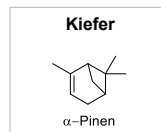
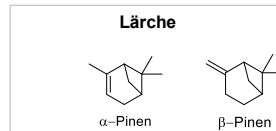
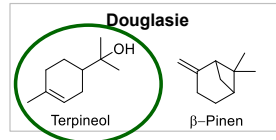
1,3-Butandiol < 2,3-Butandiol < 1,4-Butandiol < 1,2-Butandiol

1,2-Butandiol hemmt bei 10% vollständig

10

Labortests / Mikrobiologie – Ergebnisse, exemplarisch

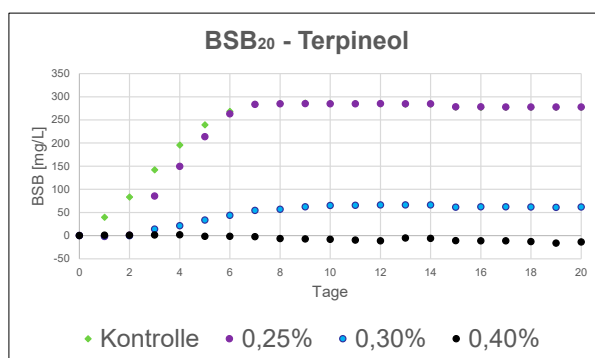
Terpene natürlichen Ursprungs (Auswahl)



11

Labortests / Mikrobiologie – Ergebnisse, exemplarisch

Terpeneol



Antimikrobielle Wirkung

Compact Dry (10 Tage):
0,25 vol.-%

BSB₂₀-Test:
0,4 vol.-%

Stabilität der Lösung von Terpeneol / Tween 80 / H₂O

Messparameter

Zeit: 12 Tage

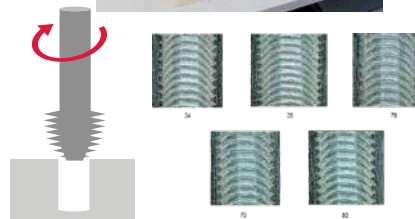
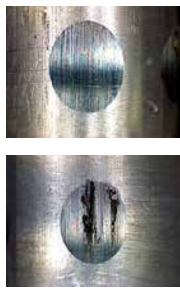
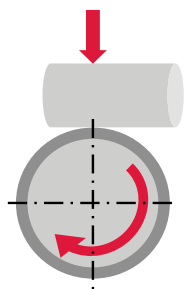
Temperatur: 20 °C

Messmethode: GC/MS

→ stabile Lösung über mind. 12 Tage

12

Labortests / Tribologie



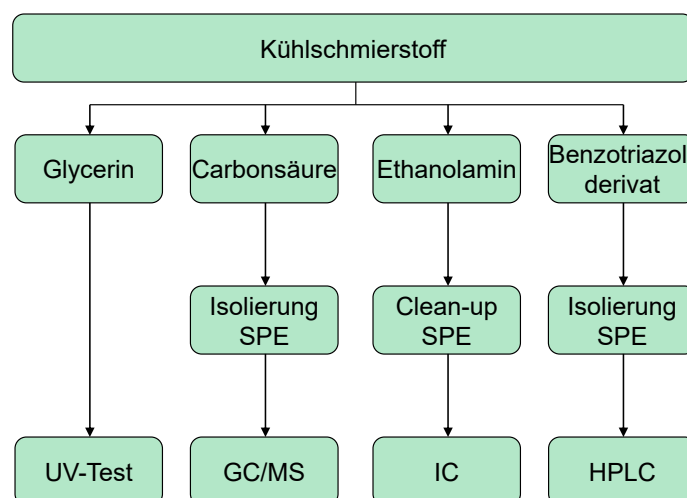
Brugger-Test (Abb.) und Reichert-Test

Tapping-Torque-Test

13

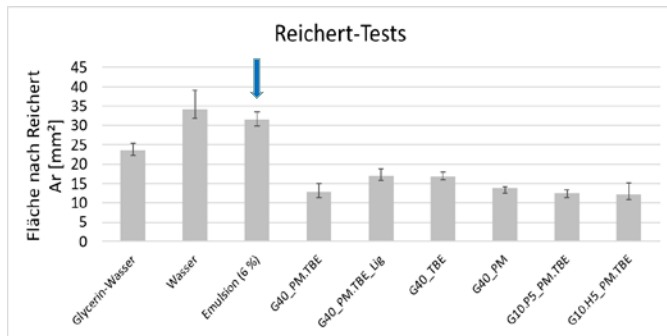
Labortests / physikalisch-chemisch, analytisch

- Schaumverhalten
- Pourpoint
- Viskosität
- Oxidationsstabilität
- Korrosivität
- pH-Wert-Stabilität
- Additivanalytik ➤



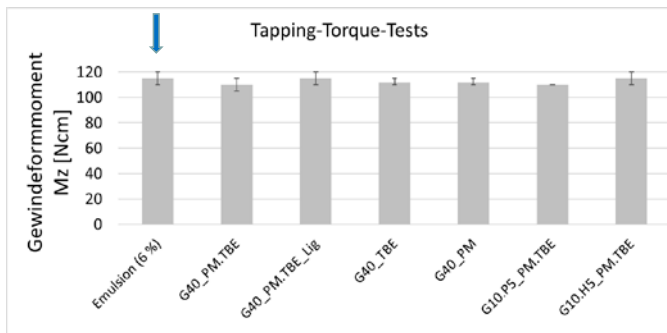
14

Labortests / Tribologie – Ergebnisse, exemplarisch



Reichert-Test (Verschleiß):

- Verschleißmessung bei Ring-auf-Zylinder Kontakt
- Sehr gute Triboperformance der neuartigen KSS Formulierungen
- Performance besser als reines Glycerin-Wasser, noch deutlichere Vorteile ggü. Referenzemulsion
- Verbesserung der Performance durch Additivvariation

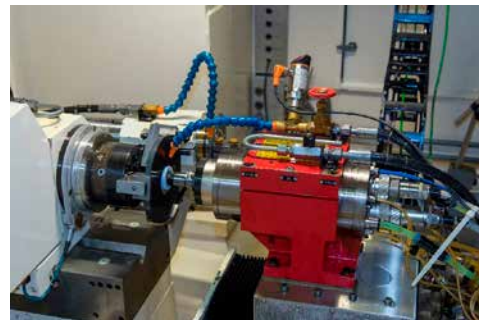


Tapping-Torque-Test

- Messung des Gewindeformmoments unter Kühlschmierung
- Geringe Verbesserung ggü. Referenzemulsion erkennbar
- Additivänderung führt zu leichter Veränderung

15

Maschinenversuche – Innenrundscheifen, 100Cr6



Fotos
H. Engel, IWF

16

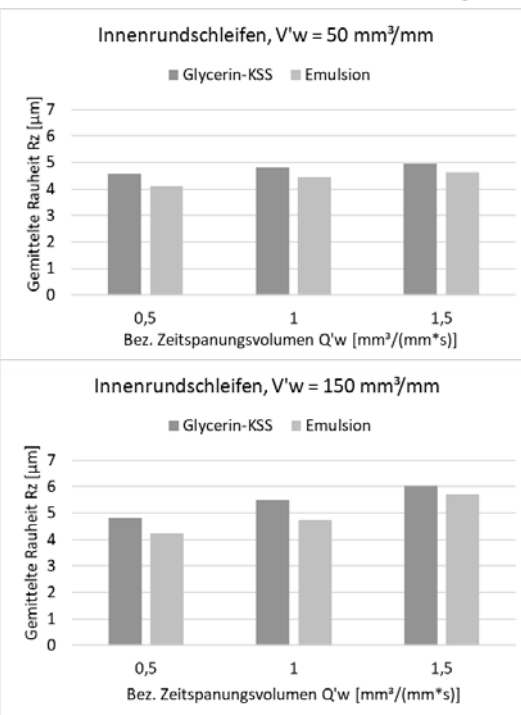
Maschinenversuche – Referenzformulierung

Substanz	Konzentration [g/L]	Funktion im KSS
Glycerin	504 (40 vol-%)	Verbesserung Schmierfähigkeit Biostatikum
PEG	25	Verbesserung Schmierfähigkeit
Ether	20	Verbesserung Schmierfähigkeit Schaumhemmung
Thiadiazol-Derivat	3,5	Verschleißinhibitor
Carbonsäure	4	Korrosionsschutz
Triethanolamin	10	Korrosionsschutz pH-Wert-Einstellung
2-Amino-2-methyl-1-propanol	1	Korrosionsschutz pH-Wert-Einstellung
Wasser	557,5	Basisflüssigkeit Kühlung

Viskosität: 4,4 mm²/s (25 °C)
 Bruggen-Wert: 33,0 N/mm²
 Dichte: 1,128 g/mL (20 °C)
 pH-Wert: 8 - 9

17

Maschinenversuche – Ergebnisse, exemplarisch



- Qualifizierung der neuen KSS-Formulierungen im Praxistest
- Charakterisierung über Rauigkeiten und Prozesskräfte in normaler und tangentialer Belastungsrichtung
- Hier: exemplarische Darstellung der gemittelten Rauheit Rz bei zwei verschiedenen bezogenen Zerspanungsvolumina (V'w)

Fazit:

- Referenzemulsion bessere Performance (geringere Rauigkeiten)
- Differenz der Rauigkeiten bei höheren Abtragsraten (beim größten Q'w) am geringsten → Bessere Performance des Glycerin-KSS bei größeren Belastungen

18

Ausblick

- Fortsetzung der Arbeiten in allen Projektbereichen
 - Recherche
 - Laborarbeit – Mikrobiologie
 - Tribologie
 - Physikalisch-chemische Tests
 - Analytik
 - Praxistests, Stahlschleifen
 - Publikation, Berichtswesen

- Das Thema *Biostatika aus NaWaRo* wird in diesem Projekt nicht umfassend bearbeitet werden können. Es wurden gute Ansatzpunkte für Anschlussarbeiten identifiziert.

Industrieschmierstoffe, Additive

Vollsynthese maßgeschneiderter, bioabbaubarer und hydrolysebeständiger Industrieschmierstoffe

Dr. Thomas Kiltthau, Klüber Lubrication München SE & Co. KG



ProProRoh

Vollsynthese maßgeschneiderter, bioabbaubarer und hydrolysebeständiger Industrieschmierstoffe

Projektlaufzeit: April 2019 – März 2022

Gefördert vom



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft



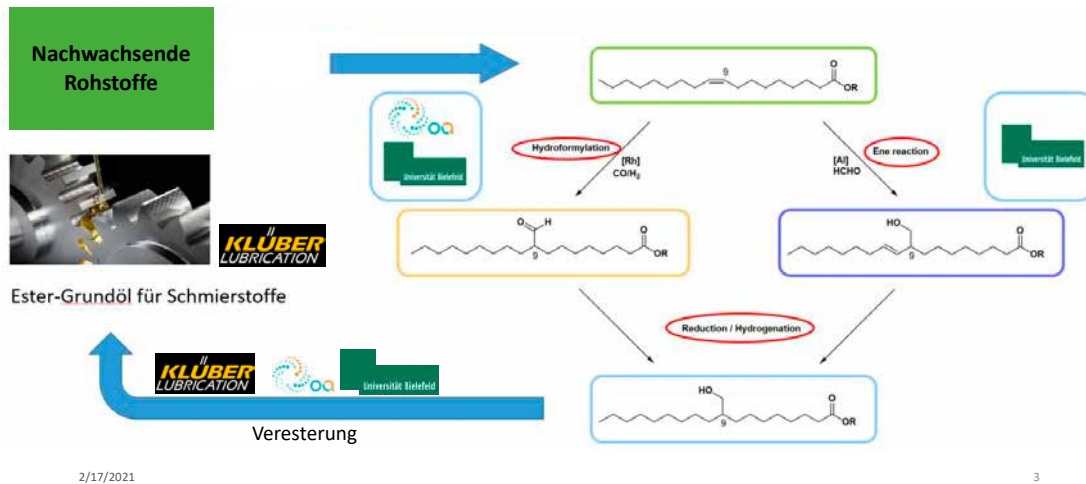
Stand der Technik vor Projektstart

Hydroformylierung bzw. En-Reaktion

- 1.) Review Artikel von Prof. Hapiot (Eur. J. Lipid Sci. Technol. **2016**, 118, 26-35)
Hydroformylation of vegetable oils
- 2.) Research Artikel von Prof Börner (ACS Catalysis **2014**, 4 (7), 2130-2136)
Rhodium-Catalyzed Nonisomerizing Hydroformylation of Methyl Oleate
- 3.) Research Artikel von Prof. Hapiot (Green Chem. **2016**, 18, 6687-6694 und **2017**, 19, 1940-1948)
Hydroformylierung an Sonnenblumenöl mit anschließender Hydrierung zum Methylolprodukt oder Aminierung/Hydrierung zum Aminomethylprodukt
- 4.) Research Artikel von Prof. Metzger (*Synthesis* **1992**, 5, 463-465)
Lewis-Säure induzierte kationische Addition; En-Addition von Formaldehyd an ungesättigten Fettsäuren

2/17/2021 2

ProProRoh Überblick



Kooperationspartner und Aufgaben

Kooperationspartner: KLÜBER LUBRICATION, Universität Bielefeld, OQ

Aufgaben:

- Aufbau einer Substanzbibliothek
- Synthese von neuartigen Estern basierend auf dem neuen Building Block
- Performance-Test in ausgewählten Schmierstoffformulierungen
- Bewertung der Performance (Rheologie, Toxikologie, Anwendungen, Ökonomie)
- Scale up – Pilotmuster (Schmierstoffe)
- Nachhaltigkeitsbewertung


Aufgaben:

- Prozessentwicklung und – optimierung/En-Reaktion
- Produktentwicklung
- Scale up – kg Labormuster
- Nachhaltigkeitsbewertung
- Aufbau einer Substanzbibliothek






Aufgaben:

- Prozessentwicklung und – optimierung/ Hydroformylierung und Reduktion
- Scale up – Pilotmuster (neuer Building Block/Ester)
- Ökonomische Bewertung der Hydroformylierung
- Nachhaltigkeitsbewertung

2/17/2021



OQ Chemicals

CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)OCC
 Fettsäure(ester)

Hydroformylierung

[Rh], CO/H₂

CCCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)OCC

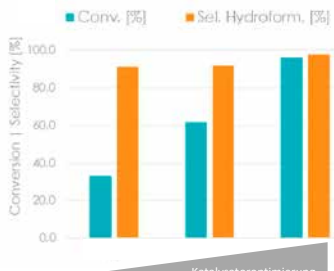
Hydrierung

Kat., H₂

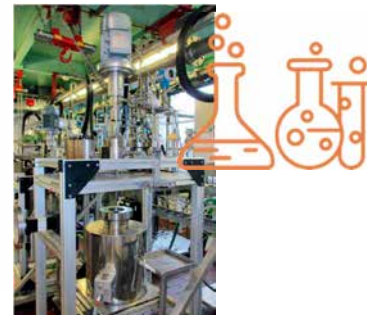
CCCCCCCCC(CO)CCCCCCCC(=O)OCC

I

- Machbarkeit
- Labormaßstab
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator




Optimierung	Conv. [%]	Sel. Hydroform. [%]
1	~35	~90
2	~60	~90
3	~95	~95








2/17/2021

Dr. Julia Zimmerer
Technology Center Specialty Chemicals, OQ Chemicals

5



OQ Chemicals

CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)OCC
 Fettsäure(ester)

Hydroformylierung

[Rh], CO/H₂

CCCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)OCC

Hydrierung

Kat., H₂


CCCCCCCCC(CO)CCCCCCCC(=O)OCC

I

- Machbarkeit
- Labormaßstab
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator

II


- Scale up, Technikum
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator
- Herstellung größerer Mustermengen








2/17/2021

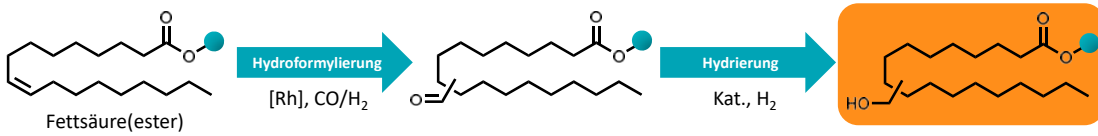
Dr. Julia Zimmerer
Technology Center Specialty Chemicals, OQ Chemicals

6



OQ Chemicals



I


- Machbarkeit
- Labormaßstab
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator

II

- Scale up, Technikum
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator
- Herstellung größerer Mustermengen

III


- Ökonomische Evaluierung
- Katalysator-Recycling








2/17/2021

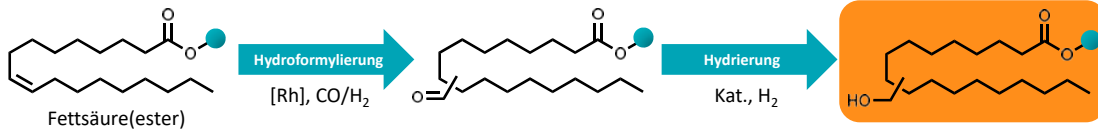
Dr. Julia Zimmerer
Technology Center Specialty Chemicals, OQ Chemicals

7




OQ Chemicals




I

- Machbarkeit
- Labormaßstab
- Optimierung
- Umsatz
- Selektivität
- Katalysator



III


- Ökonomische Evaluierung
- Katalysator-Recycling



2/17/2021


Dr. Julia Zimmerer
Technology Center Specialty Chemicals, OQ Chemicals

8

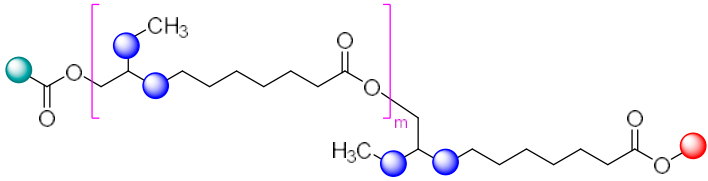


Universität Bielefeld

Universität Bielefeld



Allgemeine Struktur der neuartigen modularen Schmierstoffklasse:



modularer Charakter


durch:

- = Alkyl-/Alkenyl-Einheit
- m = "repetitive Einheit"
- = (subst.) Alkyl-Rest
- = (subst.) Alkyl-Rest

2/17/2021


Prof. Dr. Harald Gröger; Universität Bielefeld

9

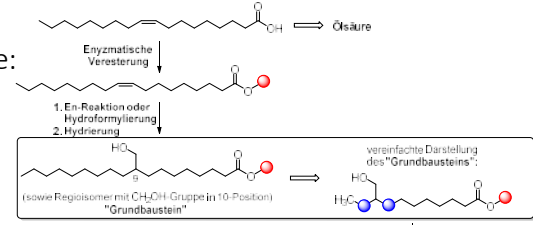


Universität Bielefeld

Universität Bielefeld



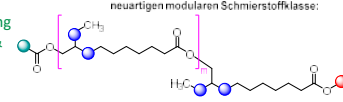
Gesamtsynthesekonzept der neuen Schmierstoff-Moleküle:



Selektiver Katalysator

Maßgeschneiderte Einstellung definierter Kettenlängen;
Vermeidung nachträglicher Spaltung bei Veresterung; Ökonomisches & sanftes Herstellverfahren

Allgemeine Struktur der neuartigen modularen Schmierstoffklasse:



modularer Charakter

durch:

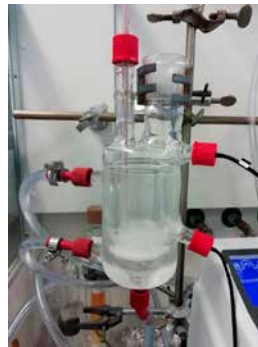
- = Alkyl-/Alkenyl-Einheit
- m = "repetitive Einheit"
- = (subst.) Alkyl-Rest
- = (subst.) Alkyl-Rest

2/17/2021

Prof. Dr. Harald Gröger; Universität Bielefeld

10

Ausgewähltes Beispiel: Aufbau eines kontinuierlich betriebenen Reaktors zur Herstellung der Oligomere mit eingestellter Kettenlänge

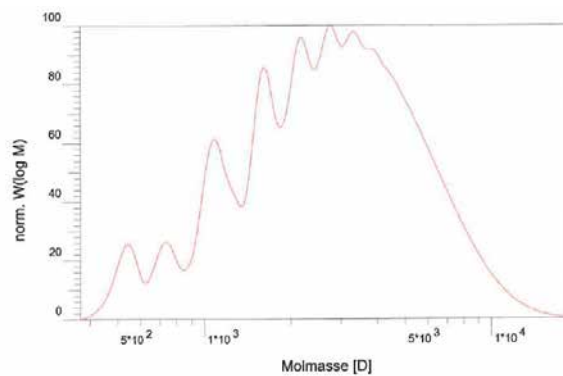


2/17/2021

Prof. Dr. Harald Gröger; Universität Bielefeld

11

Ausgewähltes Beispiel: definierte Einstellung einer Kettenlänge zur Entwicklung maßgeschneiderter Schmierstoffe



2/17/2021

Prof. Dr. Harald Gröger; Universität Bielefeld

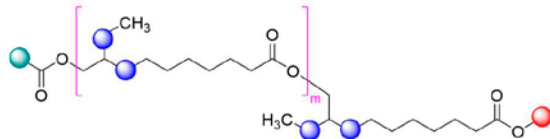
12



Klüber Lubrication



Veresterung



Produkteigenschaften:

- Hydrolysestabilität (BBT)
- Biologisch abbaubar (OECD 301 F)
- Tieftemperaturverhalten (PP)
- Thermische Stabilität (DSC, TGA)
- Kinematische Viskosität
- Säurezahl



2/17/2021

Dr. Thomas Kilthau; Klüber Lubrication

13



Klüber Lubrication



	Kin.Visk. @40°C [mm²/sec]	Kin. Visk. @100°C [mm²/sec]	VI	TAN [mgKOH/g]	Pour Point [°C]
Typ 1	120	19	177	< 1	-24

BBT
OECD 301 F



	Kin. Visk. @40°C [mm²/sec]	Kin. Visk. @100°C [mm²/sec]	VI	TAN [mgKOH/g]	Pour Point [°C]
Typ 2	320	40	171	< 1	-30

BBT
OECD 301 F



	Kin.Visk. @40°C [mm²/sec]	Kin.Visk. @100°C [mm²/sec]	VI	TAN [mgKOH/g]	Pour Point [°C]
Typ 3	1400	148	220	< 1	-18

BBT
OECD 301 F



2/17/2021

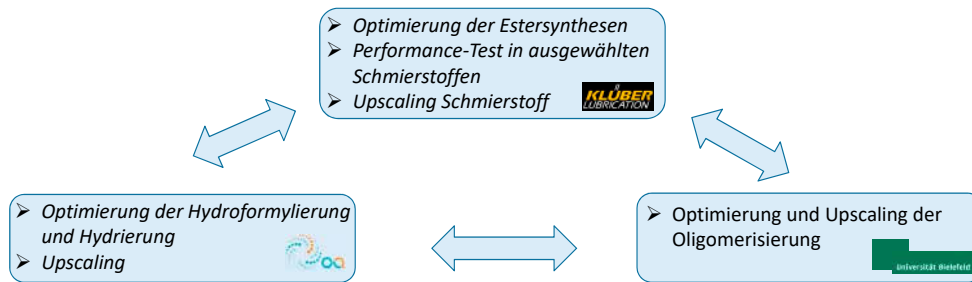
Dr. Thomas Kilthau; Klüber Lubrication

14

Zukünftige Arbeiten



Was ist für 2021 geplant?



2/17/2021

Dr. Thomas Kiltbau; Klüber Lubrication

15

Biotechnologische Herstellung von Schmierstoffadditiven auf Basis nachwachsender Rohstoffe

Rolf Luther, FUCHS SCHMIERSTOFFE GmbH



Agenda



- 01** | **Motivation**
Nachwachsende Rohstoffe für Schmierstoffe
- 02** | **Enzymatische Prozesse**
Selektive Eingriffe
- 03** | **Kohlenstoffreiche Abfallströme**
Strategische Allianz ZeroCarbFP (BMBF)
- 04** | **Nachhaltigkeitsanalyse**
Kriterien für die Umweltverträglichkeit der Prozesse

12



01 Motivation: Veränderungen der Rohstofflandschaft

- **Portfolioverarmung im petrochemischen Bereich:**
 - ↳ Optimierung der Raffinerien zugunsten von Kraftstoffen
 - ↳ Verringerung der Komplexität
 - ↳ Spezialisierung in der mineralöl-fokussierten Grundstoffchemie
- ⇒ **geringere Verfügbarkeit**
- **Regulatorische Komplexität (REACH)**
- ⇒ **reduzierte Verfügbarkeit bei Additiven**
- **Aspekte Abbaubarkeit & Nachhaltigkeit werden wichtiger**
- ⇒ **biogene Rohstoffe und CO₂ Footprint**



- ✿ **Schmierstoff als Konstruktionselement mit hohem interdisziplinärem Anteil in der Entwicklung ⇒ 'design to application'**
- ✿ **Einsatz von funktionalisierten Grundflüssigkeiten**
- ✿ **Höhere Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems im Wettbewerb, neue Technologien.**



01 Motivation: Biogene Anteile in Schmierstoffen

- **Seit etwa 15 Jahren wird die Produktgruppe 'Bio-Schmierstoffe' unter erweitertem Blickwinkel betrachtet: 'Bio' nicht nur als biologisch schnell abbaubar, sondern auch im Sinne des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe**
- **Die Umweltverträglichkeit bezieht sich auf schnelle biologische Abbaubarkeit, geringe Toxizität und Anteil an nachwachsenden Rohstoffen (→ EN 16807)**
- **Als nachwachsende Rohstoffe kommen bisher überwiegend Pflanzenölkomponenten und deren Derivate sowie tierische Fette zum Einsatz**
- **Für eine Mengenbetrachtung noch wichtiger: Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen als Komponenten in konventionellen Schmierstoffen, ggf. als Substitut für petrochemische Additive**
- **In Folge der Diskussionen um Nachhaltigkeit und die Tank/Teller-Problematik bei Bio-Kraftstoffen wurden die Herkunftsfrage auch für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe wichtiger**
- **Neuer Ansatz: Waste-to-Value-Konzepte auf Basis von kohlenstoffreichen Abfallströmen.**



01 Motivation: Anteile der natürlichen Rohstoffquellen

Rohstoff	Anteil 2011 [%]	Anwendungen
Rapsöl	25	Sägeketten, Entschalung, Hydraulik, Additive
Tierische Fette	25	Metallbearbeitung, Hydraulik, Additive
Palmkernöl	20	Metallbearbeitung, Motor, Hydraulik
Palmöl	15	Metallbearbeitung, Motor, Hydraulik
Rizinusöl	5	Schmierfette
Sonnenblumenöl	< 2	Nischenprodukte
Andere	8	

(direkt und indirekt, Schätzung)



02 Enzymatische Prozesse: Nutzung unterschiedlicher C-Quellen

- **Biologisch abbaubare Additive und funktionalisierte Grundflüssigkeiten für Schmierstoffe: Neue Ziele, neue Quellen, neue Chemie**
- **Welche Alternativen zu Pflanzenölen und tierischen Fetten gibt es?**
- **Syntheseprozesse sind anzustreben, bei denen die Produkte zielgerichtet, besser reproduzierbar und umweltfreundlicher herzustellen sind als heute (Nebenprodukte, Aufreinigung, Energieaufwand)**
- **Enzymatische Prozesse können hier neue Wege eröffnen: Für die enzymatische Synthese können kohlenstoffreiche Abfallströme verwendet werden**
- **Weitere Quellen für Fettsäuren: Algen und Hefen.**



02 Enzymatische Prozesse: Algenöle – eine alternative Quelle?

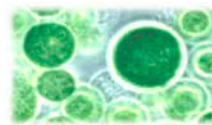
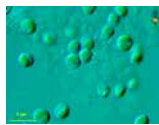


Lipidgehalt verschiedener Algentypen:

Spezies	Lipidgehalt [%]
Chlorella ellipsoidea	85
Chlorella pyrenoidosa	85
Chlorella sorokiniana	39
Chlorella vulgaris	28
Ochromonas danica	53
Thalassiosira fluviatilis	50
Euglena gracilis	23
Monodus	32
Navicula pelliculosa	32
Nitzschia closterium	23
Nitzschia palea	40
Oocystis polymorpha	18
Scenedesmus quaricuada	38
Tribonema aequale	23
Urinema gigas	21

Quelle: Karleskind A.; Oils and fats manual Volume 12, Lavoisier Publishing, Springer Verlag, Berlin, S. 259, 1996

- Photosynthetische Mikroalgen können im Vergleich zu Landpflanzen einen bis zu 10fach höheren Biomassertrag erbringen
- Die Algenbiomasse enthält eine technisch relevante Lipidfraktion von ca. 20 Gew.%, deren stoffliche Nutzung im Schmierstoffbereich großes Potential versprechen
- Möglicher Einsatz von algen-basierten Ölen und funktionalisierten Lipiden in Schmierstoffen
- Enzymatische Modifikation der Algenöle zu Funktionsflüssigkeiten.

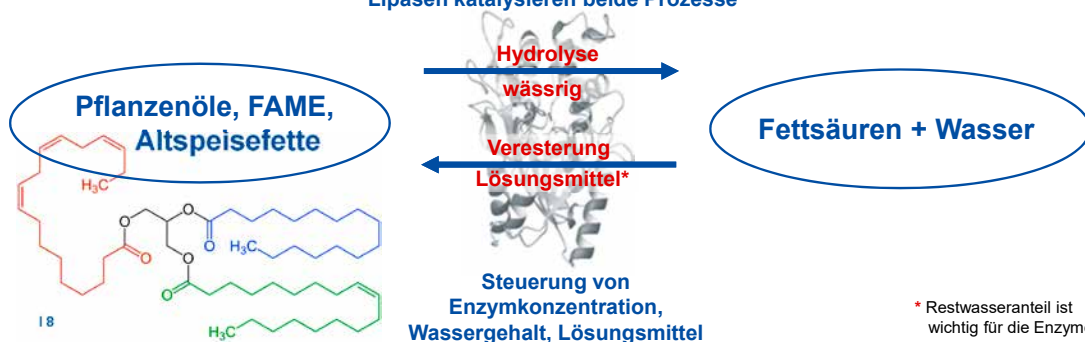


02 Enzymatische Prozesse: Enzymatische Hydrolyse bzw. Veresterung

Enzymatische Hydrolyse bzw. Veresterung mittels Lipasen sind Alternativen zur Hochdruck-Dampfspaltung bzw. zur Esterherstellung mit metallorganischen Katalysatoren

- ↳ hohe Produktselektivität (z.B. Glycerin-mono-oleat)
- ↳ reduzierte thermische Belastung der Reaktanden

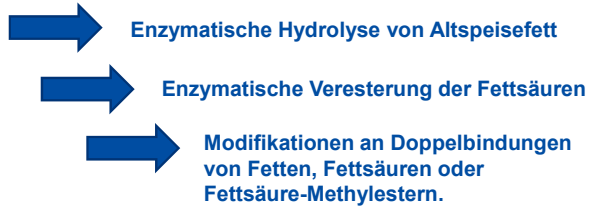
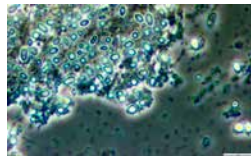
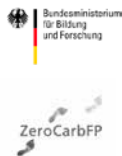
Lipasen katalysieren beide Prozesse



* Restwasseranteil ist wichtig für die Enzyme!

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: Biokatalyse-Projekt ZeroCarbFP

- Als Teil der Strategischen BMBF-Allianz **ZeroCarbFP** werden enzymatische Syntheseprozesse für die Produktion von hochwertigen Schmierstoffadditiven auf Basis biogener Rohstoffe und kohlenstoffreicher Abfallströme entwickelt
- Konkret werden Abfallströme einerseits als Nährstoffe für die Enzymproduktion und als Rohstoffe für die Herstellung der Zielprodukte eingesetzt: **'Waste to Value Konzept'**
- Die Basismaterialien sind gebrauchte Speisefette und -öle, Rückstände aus der Biodiesel-Produktion und Lignozellulose.



19

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: Biokatalyse-Projekt ZeroCarbFP

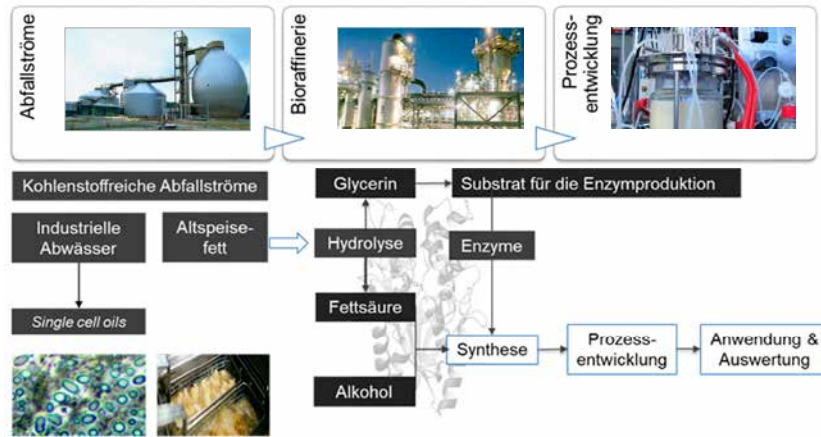
Innovation Alliance
ZeroCarbFP

Identifizierung nachhaltiger Rohstoffquellen für innovative Produkte, basierend auf Biomasse ohne Beeinträchtigung von Nahrungsmitteln ("Waste to Value")



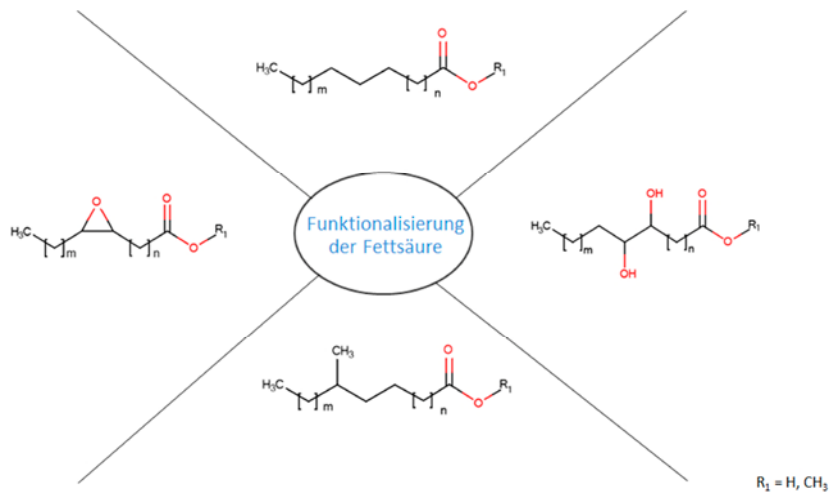
110

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: ZeroCarbFP – "Waste to value" Konzept



111

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: Modifikation zu funktionalisierten Fettsäuren

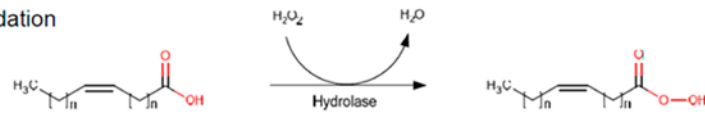


112

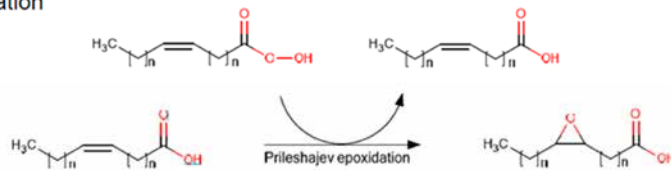
03 Kohlenstoffreiche Abfallströme:

Modifikation an der Fettsäurekette am Beispiel der enzymatischen Epoxidierung

- Peroxidation



- Epoxidation



113

Literatur: Cecilia Orellana-Coca, Dietlind Adlercreutz*, Maria M. Andersson, Bo Mattiasson, Rajni Hatti-Kaul *Chemistry and Physics of Lipids* 135 (2005) 189-199

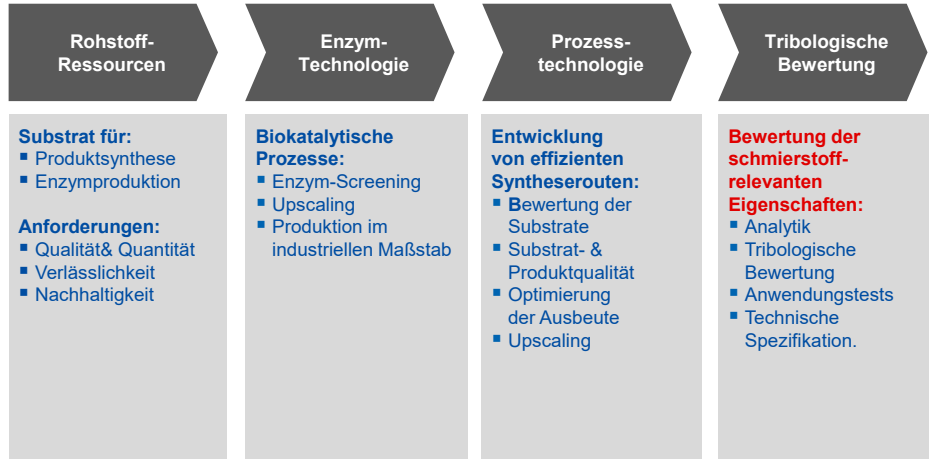
03 Kohlenstoffreiche Abfallströme:

Biokatalytische Prozessentwicklung am Beispiel der enzymatischen Epoxidierung



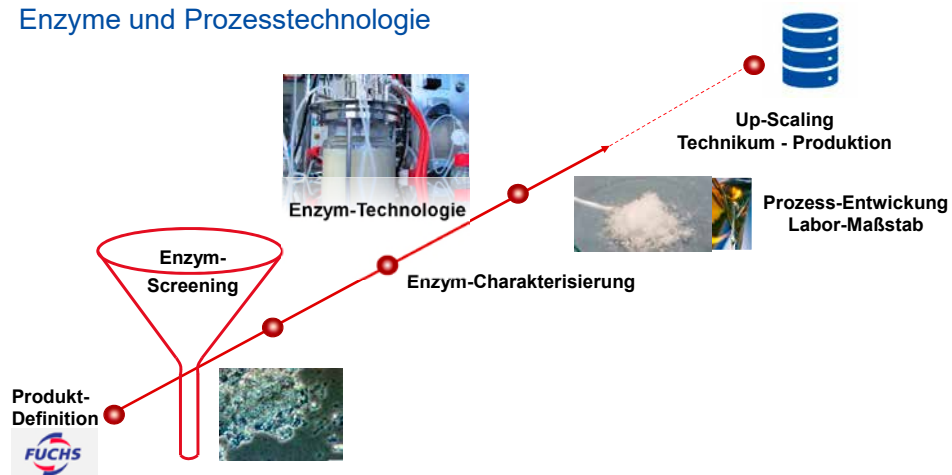
114

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: Systematische Entwicklungsschritte



115

03 Kohlenstoffreiche Abfallströme: Enzyme und Prozesstechnologie

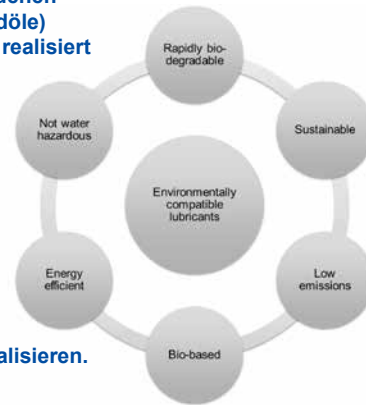




04 Nachhaltigkeitsanalyse:

Kriterien für die Umweltverträglichkeit der Prozesse

- Es wurde ein nachhaltiger Ansatz zur Herstellung von verschiedenen Zwischenprodukten und Produkten (Additive, funktionelle Grundöle) entwickelt, der die bestmögliche Nutzung eines Rohstoffstroms realisiert
- Beispiele für erneuerbare Kohlenstoffquellen sind Klärschlämme, industrielles Abwasser oder Altspesiefette
- Ölhaltige Mikroorganismen produzieren aus kohlenstoffreichen Abfällen wertvolle Plattform-Chemikalien (Building Blocks)
- Um Abfallkomponenten bestimmten enzymatischen Prozessen zugänglich zu machen, sind vorgeschaltete Prozessschritte erforderlich
- Zur Herstellung von umweltverträglichen Additiven sind neuartige Produktionsnetzwerke ("Bioraffinerie") zu schaffen, um ökologische und ökonomische Synergien zu realisieren.



117

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Potenziale algenbasierter Bioschmierstoffadditive

Prof. Dr.-Ing. Ralf M. Gläbe, Prof. Dr. Imke Lang, Prof. Dr. Juliane Filser, Prof. Dr.-Ing. Jorg Thöming, Prof. Dr.-Ing. Roland Larek, Hochschule Bremen



Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences

ALBINA

Hochschule Bremen
Logo of Hochschule Bremen

HSB

Potenziale algenbasierter Bioschmierstoffadditive
- in der Metallverarbeitung -

FNR Bioschmierstoff-Tagung 2021, 09.02.2021
Prof. Dr.-Ing. Ralf M. Gläbe
Frau Prof. Dr. rer. nat. J. Lang, Frau Prof. Dr. rer. nat. J. Filser,
Prof. Dr.-Ing. J. Thöming, Prof. Dr.-Ing. R. Larek

Quelle: Bernd Günther, 2015



Motivation – Bioschmierstoffe ...

1 Mio. Tonnen Schmierstoff
(2011 in Deutschland)

3% biol. abbaubar

1% mit
>50% NAWARO

Ziel:
Erhöhung des
NAWARO-Anteils
→ Einsatzfähigkeit
einzelfallabhängig



Quelle: FNR

2

Motivation – Bioschmierstoffe ...

1 Mio. Tonnen Schmierstoff
(2011 in Deutschland)

3% biol. abbaubar

1% mit
>50% NAWARO

Ziel:
Erhöhung des
NAWARO-Anteils
→ Einsatzfähigkeit
einzelfallabhängig

Additivanteile in Kühlschmierstoffkonzentraten unterschiedlicher Grundöle

Metalworking fluids	Type I	Type II	Type III
Composition	Based on synthetic components	Based on mineral oil semisynthetic (biostable)	Based on mineral oil conventional, soluble oils
Mineral oil content, per cent	0	20-40	60-70
AW/EP* additive, per cent	Up to 15	Up to 15	Up to 15
Emulsifier/Detergents, per cent	Up to 10	20-40	10-20
Corrosion inhibitors, per cent	Up to 20	5-40	5-15
Other additives, per cent	Up to 5	Up to 10	Up to 8
Water, per cent	Up to 60	Up to 10	Up to 5
Working fluid	Solution	Microemulsion	Emulsion
Droplet size, µm	0.01-0.1	0.1-1	1-10

* AW/EP: Anti Wear, Extreme Pressure

Quelle: FNR, Pedisic 2003 3

Motivation – Bioschmierstoffe ...

1 Mio. Tonnen Schmierstoff
(2011 in Deutschland)

3% biol. abbaubar

1% mit
>50% NAWARO

Ziel:
Erhöhung des
NAWARO-Anteils
→ Einsatzfähigkeit
einzelfallabhängig

Bearbeitungsmedien (Kühlschmierstoffe)
bestehen aus bis zu 15%
(mineralölbasierten) AW/EP-Additiven

Ansatz:
Substitution der Additive
durch NAWARO

→ Erhalt der Funktion des Grundöls
→ NAWARO-Substitut für die Additive

Quelle: FNR, Pedisic 2003 4

Inhalt

- 1 Motivation
- 2 Ziel, Forschungsansatz, Methoden
- 3 Warum Mikroalgen?
- 4 Team
- 5 Aktueller Stand des Forschungsvorhabens
- 6 Zusammenfassung

Motivation – Metallbearbeitung

Quelle: Produktion Nr. 41, 2013; MAV

Quelle: R. Gläbe, HS-Bremen

Quelle: Ralf Roletschek

Quelle: S. Mesing, HS-Wismar


Herstellung metallischer Komponenten mit trennenden und umformenden Fertigungsverfahren erfordert Kühlung und Schmierung durch Kühlschmierstoffe (KSS)

- Bohren
- Tiefziehen
- Drehen
- Fließpressen
- Fräsen
- Gewindewalzen
- Schleifen
- ...
- ...

Durch den Zusatz von Additiven

- EP/AW-Additive
- K-Schutz
- Emulgatoren
-

erhalten die KSS spezifische Eigenschaften.



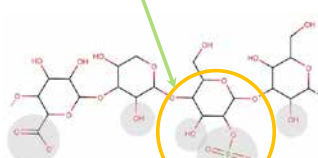
ALBINA – Ziel, Forschungsansatz

EP-Additiv
überbasisches
Ca-Sulfonat

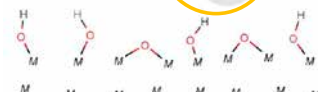
$$\left[\text{R}_1 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_3 \right]_2 \text{Ca} + \text{CaCO}_3$$

Substitution

strukturanalogen
sulfatiertes
Polysaccharid



Metall-
oberfläche




Hypothese

- Für die Verschleißminderung in der Metallbearbeitung werden spezifische Verbindungen benötigt – unabhängig von deren Ursprung.

Ziel


- Substitution von EP-Additiven in der Metallbearbeitung durch strukturanaloge Bestandteile aus Mikroalgen (Saccharide, Proteine)

- ALgenbasiert
Biologisch
NACHwachsend

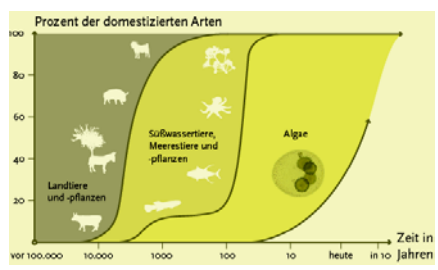


Quelle: Koch et al, 2020

7



Warum Mikroalgen?



Prozent der domestizierten Arten

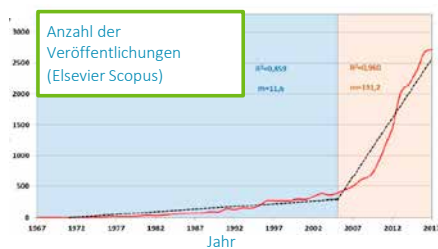
Landtiere und -pflanzen

Süßwassertiere, Meerestiere und -pflanzen

Alge

Zeit in Jahren

- Nachwachsender Rohstoff
- Produktion ist nicht an die Nutzung von Agrarflächen gebunden
- Biomasseertrag um 1-2 Größenordnungen über dem von Landpflanzen bezogen auf den Flächenbedarf
- Mehr als 44.000 Algenarten wiss. beschrieben
- Industrielle Kultivierung von ca. 20 Stämmen ist Stand der Technik
- Großes Potential von Algeninhaltsstoffen zur Nutzung als Bioöle, Antioxidantien, Emulgatoren, Korrosionsschutz....
- Nutzung von CO₂ aus Abgasen möglich



Anzahl der Veröffentlichungen (Elsevier Scopus)

Anzahl der wis. Veröffentlichungen zum Suchbegriff „microalga“*

Quelle: Subitec, Garrido-Cardenas 2018

8



Partner und grundlegendes Vorgehen


Verbundpartner	Vorgehensweise
     	<p>Auswahl und Kultivierung von Mikroalgen sowie Extraktion der relevanten Bestandteile</p>  <p>Aufreinigung und Analytik der Extrakte</p>  <p>Ökotoxikologische Prüfung</p>  <p>Zerspanungstechnische Leistungsüberprüfung</p>  <p>Umformtechnische Leistungsüberprüfung</p> 

Quelle: I. Lang HS-Bremerhaven, A. Siol, Y. Sakka Uni Bremen, R. Gläbe HS-Bremen, S. Mesing, HS-Wismar

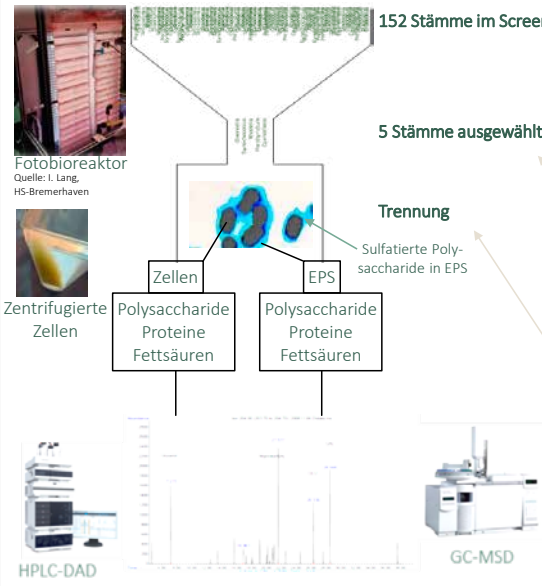


Assoziierte Partner und Industriearbeitskreis IAK

Assoziierte Partner	Partner aus der Schmierstoffindustrie und Branchenverband
<p>Chemische und mikrobiologische Analyse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bremer Umweltinstitut GmbH  <ul style="list-style-type: none"> • Technische Mikrobiologie Dr. Jutta Höffler GmbH 	<p>sind fest in das Vorhaben eingebunden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Additiv Chemie Luers GmbH • Blaser Swisslube AG • Jokisch GmbH • Kajo GmbH • Klüber Lubrication Deutschland SE & Co. KG • Lanxess Deutschland GmbH • Oemeta Chemische Werke GmbH • Rhenus Lub GmbH & Co KG • swb Erzeugung GmbH & Co KG • VSI Verband der Schmierstoffindustrie 



Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Kultivierung und Extraktion



152 Stämme im Screening

5 Stämme ausgewählt

Trennung

Sulfatierte Polysaccharide in EPS

Zellen: Polysaccharide, Proteine, Fettsäuren


EPS: Polysaccharide, Proteine, Fettsäuren

HPLC-DAD

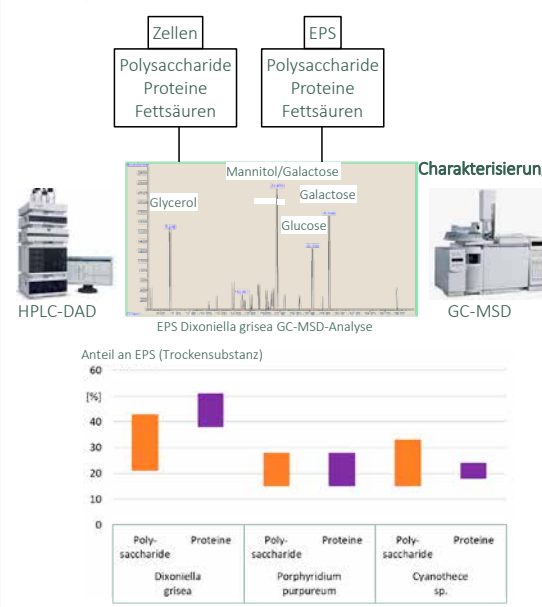
GC-MSD

- I. 152 Algenstämme im Screening
- II. Auswahlkriterien
 - Hohe Biomassenausbeute
 - Kultivierungsparameter (Licht/Temperatur/C-Quelle/Salinität)
 - Physiologische Parameter
- III. Fünf Algenstämme identifiziert
 - *Dixoniella grisea*
 - *Cyanothece sp.*
 - *Synechococcus elongatus*
 - *Rhodella violaceae*
 - *Porphyridium purpureum*
- IV. Trennung in Zellen und EPS mittels
 - Ultraschall
 - Filtration
 - Zentrifugation
 - Alkoholische Extraktion
- V. Ausblick
 - Optimierung der Kultivierungsparameter für eine hohe Biomassenausbeute

11



Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Analytische Charakterisierung



Zellen: Polysaccharide, Proteine, Fettsäuren

EPS: Polysaccharide, Proteine, Fettsäuren

Charakterisierung

HPLC-DAD

GC-MSD

EPS *Dixoniella grisea* GC-MSD-Analyse

Anteil an EPS (Trockensubstanz)

Algenstamm	Polysaccharide (%)	Proteine (%)
<i>Dixoniella grisea</i>	~45	~55
<i>Porphyridium purpureum</i>	~25	~75
<i>Cyanothece sp.</i>	~35	~65

Quelle: Borah (2018), A. Siol, UFT-Bremen

- I. Analytische Charakterisierung
 - Polysaccharide
 - Derivatisierung
 - Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MSD)
 - Proteine
 - Derivatisierung
 - Hochleistungsflüssigkeitschrom.-Diodenarraydet. (HPLC-DAD)
- II. Polysaccharide mit einem hohen Anteil an Galactose, viele liegen als Oxime vor
- III. Zusammensetzung der EPS ist abhängig von Algenstamm und Kultivierungsbedingungen
- IV. Ausblick
 - Abstimmung Kultivierungsbedingungen mit Analytik → Optimierung der EPS Zusammensetzung
 - Für die Umformung polare Stoffe mit industriell verwendeten Lösevermittler in Öle (GTL, pfl. Öle) einformulieren

12

Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Ökotoxikologische Bewertung

Zellen EPS Medium

Daphnia magna *Arthro bacter globiformis* *Enchytraeus crypticus* *Folsomia candida*

I. Ökotoxikologische Screenings

- 1. Daphnien-Immobilisationstest (OECD Nr. 202)
- 2. Sedimentkontakttest (Engelke et al., 2014)
- 3. Enchyträen-Immobilisationstest (Willuhn et al. 1996)
- 4. Collembolen-Immobilisationstest (McKee et al. 2019)

II. Toxizität der Zellen und EPS abhängig von

- Algenstamm
- Kultivierungsbedingungen

III. Ausblick

Zusammenhang zwischen den Kultivierungsbedingungen und der toxischen Wirkung auf die Testorganismen identifizieren

Toxtest EPS und Zellen: *Cyanothece* sp.

■ **EPS**

Kultivierungsbed.	<i>D. magna</i>	<i>A. globiformis</i>	<i>E. crypticus</i>	<i>F. candida</i>
# 1	No toxicity	No toxicity	No toxicity	No toxicity
# 2	No toxicity	Not measurable	No toxicity	No toxicity

■ **Zellen**

Kultivierungsbed.	<i>D. magna</i>	<i>A. globiformis</i>	<i>E. crypticus</i>	<i>F. candida</i>
# 1	No toxicity	<50%	No toxicity	NA
# 2	No toxicity	No toxicity	No toxicity	No toxicity
Testdauer	48 h	3 h	48 h	14 d

Quelle: Y. Sakka, Uni Bremen, wikipedia.de

13

Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Technische Bewertung Umformung

Zellen
TBD

**EPS + Lösevermittler
in Öl → Umformung**

EPS + Emulsion
→ Zerspanung

Relative Flächenpressung $\frac{P_{max}}{P_0}$

Umformverfahren Schmierstoffprüfverfahren

Quelle: Lange, 1981

I. Ringstauchversuch als Schmierstoffprüfverfahren mit verschiedenen Ölen die EPS enthalten

- Stauchen einer Aluminium-Ringprobe von 6,6 mm auf $h = 3,3$ mm

II. Bewertungskriterien

- Maximale Presskraft F
- Außen- und Innendurchmesser D, d
- Balligkeit r

III. Fortschritte bei der Lösung von polarer EPS in unpolaren Ölen (GTL-Öl, Pflanzenöl, Mineralöl) → Einsatz industriell verwendeter Lösevermittler

IV. Ausblick

- Konzentration EPS erhöhen
- Schmierstoffprüfverfahren
 - Streifenzugversuch
- Umformverfahren
 - Tiefziehen
 - Napffließpressen


14

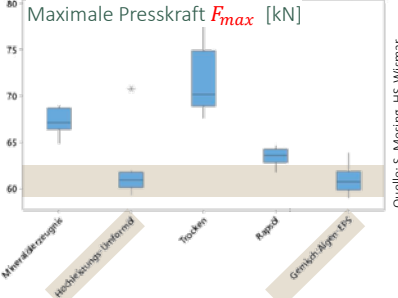
Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Technische Bewertung Umformung

Zellen
TBD

EPS + Lösevermittler
in Öl → Umformung

EPS + Emulsion
→ Zerspanung



Quelle: S. Miesing, HS-Wismar

- I. Ringstauchversuch als Schmierstoffprüfverfahren mit verschiedenen Ölen die EPS enthalten
 - Stauchen einer Aluminium-Ringprobe von 6,6 mm auf $h = 3,3$ mm
- II. Bewertungskriterien
 - Maximale Presskraft F
 - Außen- und Innendurchmesser D, d
 - Balligkeit r
- III. Fortschritte bei der Lösung von polarer EPS in unpolaren Ölen (GTL-Öl, Pflanzenöl, Mineralöl) → Einsatz industriell verwendeter Lösevermittler
- IV. Ausblick
 - Konzentration EPS erhöhen
 - Schmierstoffprüfverfahren
 - Streifenzugversuch
 - Umformverfahren
 - Tiefziehen
 - Napffließpressen

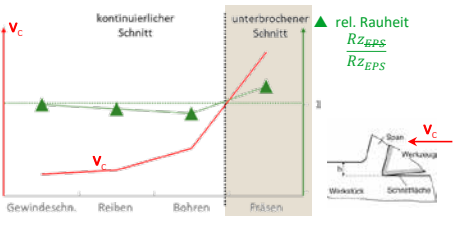
15



Aktueller Stand des Forschungsvorhabens: Technische Bewertung Zerspanung

Zellen
TBD

EPS + Lösevermittler
in Öl → Umformung

EPS + Emulsion
→ Zerspanung



Quelle: R. Gläbe HS-Bremen, link.springer.com

- I. Qualifizierung von Zerspanprozessen
 - Bohren und Reiben eingeschränkt geeignet
 - Fräsen geeignet

Bewertungskriterien:
Standweg, Kräfte, Biegemoment, WZ-Temperatur, Oberflächenrauheit
- II. Qualifizierung der IR-Messtechnik zur in-situ Bestimmung des Werkzeugverschleißes
- III. Fräsprozess → Kriterium Standweg
 - Konzentrationsabhängige Wirkung
 - Niveau konvent. Additive erreichbar
- IV. Ausblick
 - Prozess: High Speed Cutting
 - Werkstoff: TiAl6V4
 - Ergänzende Tests mit Referenzsubstanzen Polysaccharide (Carrageen) und Protein (Novotec CL800)

16

Logo bar: HSB, Hochschule Bremerhaven, Universität Bremen, ECO LOGY, CHEMISCHE VERFAHRENS-TECHNIK, ALBINA

Danksagung an den Projektträger und den Förderer

Die Mitglieder des Forschungsvorhabens ALBINA an den Hochschulen Bremen (Koordination), Bremerhaven und Wismar sowie an den Instituten für Allgemeine und theoretische Ökologie und chemische Verfahrenstechnik der Universität Bremen danken der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) sowie dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das dieses Vorhaben durch einen Beschluss des deutschen Bundestages fördert.

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft**



FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

21

Logo bar: HSB, Hochschule Bremerhaven, Universität Bremen, ECO LOGY, CHEMISCHE VERFAHRENS-TECHNIK, ALBINA



Hochschule Bremen
City University of Applied Sciences
Natur und Technik

Algenbasierte, biologische und nachwachsende Schmierstoffzusätze

FORSCHUNGSPROJEKT ALBINA

Bei erpandenden und unternehmensspezifischen Prozessen werden oft Kühlschmierstoffe aus Mineralölen und mineralischen Zusätzen eingesetzt.

Probleme dabei sind:

- endliche Resources
- nicht biologisch abbaubar / Sondermüll
- hohe Entsorgungskosten

Alternative pflanzliche Öle benötigen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Ralf M. Gläbe
Hochschule Bremen
Fakultät 5, Abteilung Maschinenbau
ralf.glaebe@hs-bremen.de

Kontakt über www.albina-additive.de

Dr. Thomas Koch
Hochschule Bremen
Fakultät 5, Abteilung Maschinenbau
thomas.koch@hs-bremen.de





Proteinmodifikation aus landwirtschaftlichen Reststoffen für den Einsatz in Schmierstoffen

Dr. Thomas Herfellner, Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV

BIOSCHMIERSTOFF TAGUNG 2021

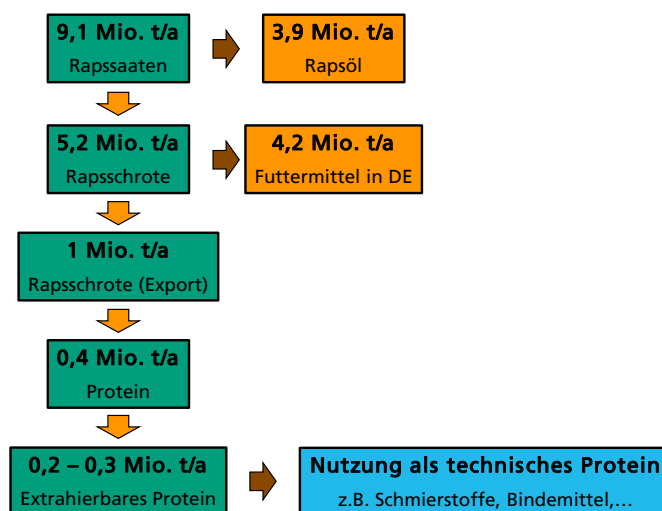
Proteinmodifikationen aus landwirtschaftlichen Reststoffen für den Einsatz in Schmierstoffen

Dr. Thomas Herfellner, Fraunhofer IVV, 9. Februar 2021

1
© Fraunhofer



Warum Raps?

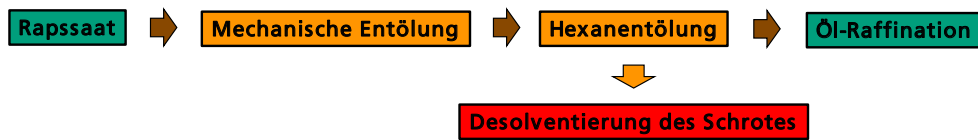


© Fraunhofer



Pflanzliche Speicherproteine

Auswirkung der Rapsentölung auf die Proteinlöslichkeit



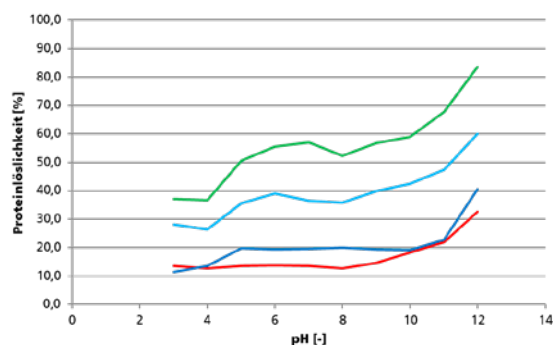
- Desolventierung auf sehr geringe Restgehalte an Hexan (ppm-Bereich) wegen Futtermiteinsatz
- Hohe thermische Belastung (Proteindenaturierung) führt zu schlechter Extrahierbarkeit der Proteine wegen verringerter Proteinlöslichkeit
- Derzeit: Prozesse sind nur auf maximale Ölgewinnung ausgelegt
- Umstellung der Produktion auf 2-3 Produkte (Öl, Protein, Fasern) notwendig
- Forschungsbedarf nötig

© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Proteingewinnung

Auswirkung der Rapsentölung auf die Proteinlöslichkeit



Rohstoffbezeichnung	TS [%]	Protein [% TS]	Fett [% TS]	Asche [% TS]
RES	89,8	38,4	3,6	7,4
RPK 1	94,2	37,7	2,3	7,2
RPK 2	91,4	40,8	2,3	7,4
RPK 3	92,0	44,5	2,8	7,3

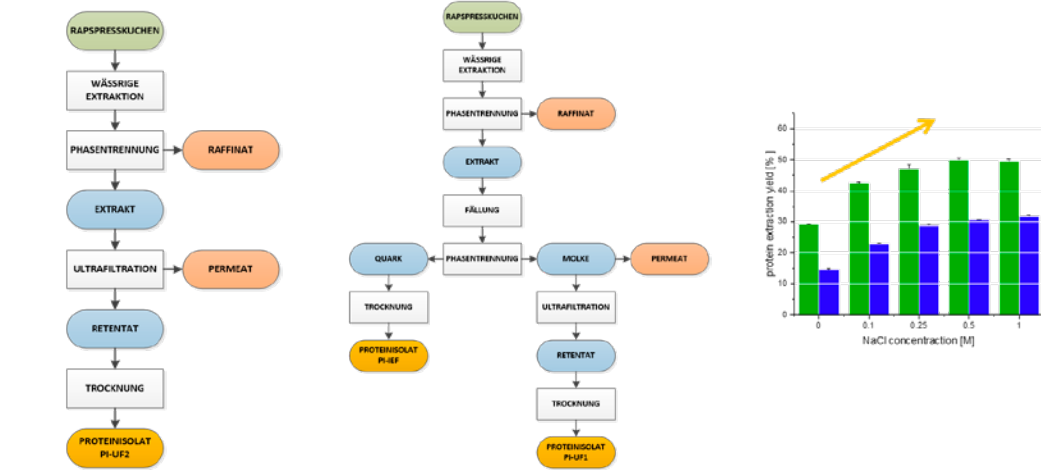


© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Proteingewinnung

Steuerung des Isolationsprozesses



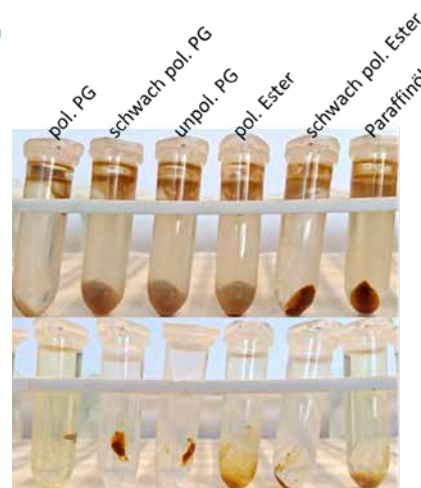
© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Proteinanwendung

Löslichkeit von Proteinen in unterschiedlichen Medien

- Pflanzliche Speicherproteine sind v.a. in wässrigen Medien sehr gut löslich -> wasserbasierte Systeme, Emulsionen sind hervorragend geeignet
- Schwach polare Medien sind bedingt geeignet
- Unpolare Medien sind nicht geeignet, um Proteine zu lösen
- Auch Dispersionen (auch unpolar) sind sehr gut geeignet



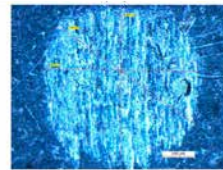
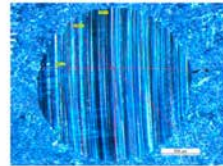
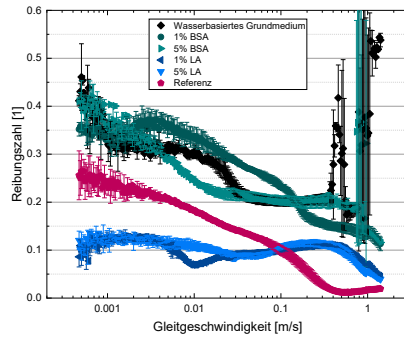
© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Proteinanwendung

Potenziale für wasserbasierte Schmierstoffe

- Untersuchungsschwerpunkt: Einfluss von Proteinen auf Reibwerte, Reibkräfte
- Untersuchungsmedium: Wasserbasiertes Grundfluid
- Methodik: Tribomesszelle (Anton Paar)



© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Ihnen!



Dr. Thomas Herfellner
Abteilungsleiter
Verfahrensentwicklung Pflanzliche Rohstoffe
Telefon +49 8161 491-447
thomas.herfellner@ivv.fraunhofer.de

www.ivv.fraunhofer.de
www.ivv.fraunhofer.de/de/recycling-umwelt/biobasierte-technische-produkte
www.ivv.fraunhofer.de/de/recycling-umwelt/biobasierte-additive

8
© Fraunhofer

Fraunhofer
IVV

Hydrauliköle, Schmierfette, Verdicker

Entwicklung Glycerin/Chitosan-basierter Fluide für Antriebe

Prof. Dr. Ludger Frerichs, Malte Otten, Technische Universität Braunschweig Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge



Technische
Universität
Braunschweig

INSTITUT FÜR
mobile Maschinen
und Nutzfahrzeuge





**Entwicklung Glycerin/Chitosan-basierter Fluide
für Antriebe in der Mobil- und Stationärhydraulik**
Bioschmierstoff-Tagung 2021

Prof. Dr. Ludger Frerichs und M. Sc. Malte Otten
9. Februar 2021



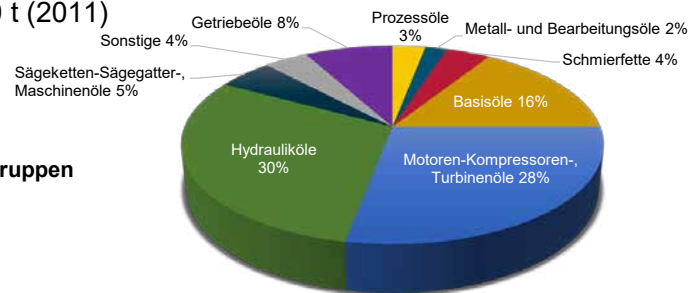
Agenda

- **Motivation**
- Inhalte des Projektes
- Durchführung und Status quo
- Zusammenfassung und Ausblick

Fakten

- Mineralöl ist bis heute bedeutendste Basis für technische Schmierstoffe [GEL15]
- Schmierstoffmarkt in Deutschland in 2011 vs. 2016 [FNR18]
 - Gesamt: 1,030 vs. 1,034 Mio. t
 - davon Hydrauliköle: 0,132 vs. 0,105 Mio. t
 - davon biobasiert: 0,007 vs. 0,016 Mio. t (5 % vs. 15 %)
- Nur 75% Rücklaufquote bei Hydraulikfluiden trotz Altölverordnung [SAN06]
- Gesamtmenge Pflanzenöle und Fette im Schmierstoffmarkt Deutschland 47500 t (2017) vs. 23500 t (2011) [FNR18, FNR19]

Anteile nach Sortengruppen
nach [FNR19]



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 3



Untersuchungen zu Schmierstoffen

- Entwicklung eines Glycerin-basierten biozidfreien Kühlschmierstoffs für die industrielle Stahlbearbeitung, IÖNC TU Braunschweig, Industriepartner, DBU-Projekt, 2008 –2010
- Entwicklung eines Glycerin-basierten Kühlschmierstoffs für die industrielle Bearbeitung von Aluminiumlegierungen, IÖNC TU Braunschweig, Industriepartner, Industrie/FNR-Projekt, 11/2016 –10/2019
- Entwicklung und Einsatz von Biostatika aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stabilisierung Wasser-basierter Fluide wie den Kühlschmierstoffen, IÖNC TU Braunschweig, Industriepartner, FNR-Projekt, 05/2019 – 04/2022



Hydraulikfluide im Labor

vgl. Vortrag dazu auf der heutigen Bioschmierstoff-Tagung, 10:10 Uhr, von Dr. Hubertus Wichmann, IÖNC, TU Braunschweig



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 4



Voruntersuchungen zu Hydraulikfluiden

- Lfd. Projekt baut auf Verbundprojekt „Entwicklung eines biozidfreien Glycerin/Chitosan-basierten Hydraulikfluids“, TU Braunschweig, Industriepartner, DBU-Projekt, 2011-2014
- Projektpartner:
 - Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie, IÖNC, TU BS
 - Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, IWF, TU BS
 - Industriepartner



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 5



Fazit der Voruntersuchungen

Ergebnisse:

- Praxisrelevante Eigenschaften einstellbar
- Konkurrenzfähig zu marktüblichen Produkten in Labortests
- Leistungsfähigkeit auf einfachem Prüfstand bestätigt

Motivation für weiterführende Forschung:

- Neuartige Fluidvariante wurde bisher nur in einfacher Anlage eingesetzt, praxisgerechte Untersuchungen sind erforderlich zur Bewertung der Eignung für Praxiseinsatz
- Hydraulikfluide als wesentliche Nutzungsrichtung. Trotz Elektrifizierung wird die Hydraulik für viele Anwendungen unverzichtbar bleiben.



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 6



Agenda

- Motivation
- **Inhalte des Projektes**
- Durchführung und Status quo
- Zusammenfassung und Ausblick



Projektziele

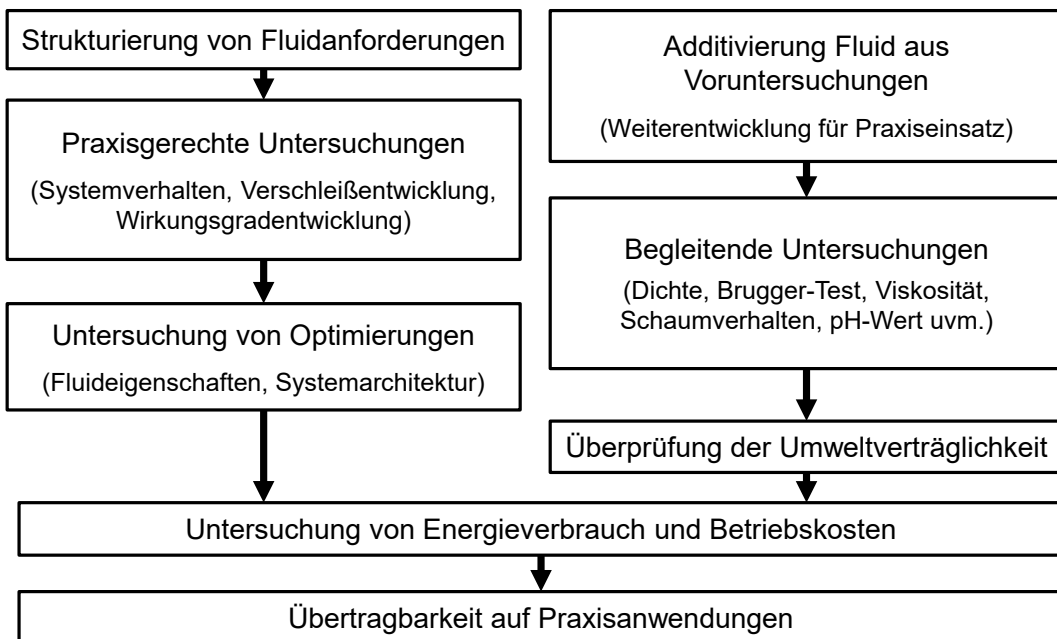
- Weiterentwicklung des Hydraulikfluids für Praxiseinsatz in mobilen und stationären Anlagen
- Technische Vergleichbarkeit mit kommerziellen HFC-Produkten (schwerentflammbare Hydraulikfluide, Wasserglykole)
- Definition möglicher Einsatzspektren des Fluids (Druck- und Temperaturbereiche)
- Optimierung der Fluideigenschaften für unterschiedliche Einsätze (Mobile Maschinen, stationäre Anlagen)
- Anwendungsgerechte Untersuchung verschiedener Formulierungen in unterschiedlichen Hydraulikanlagen (offener/geschlossener Kreislauf, verschiedene Hydrostat-Bauformen)



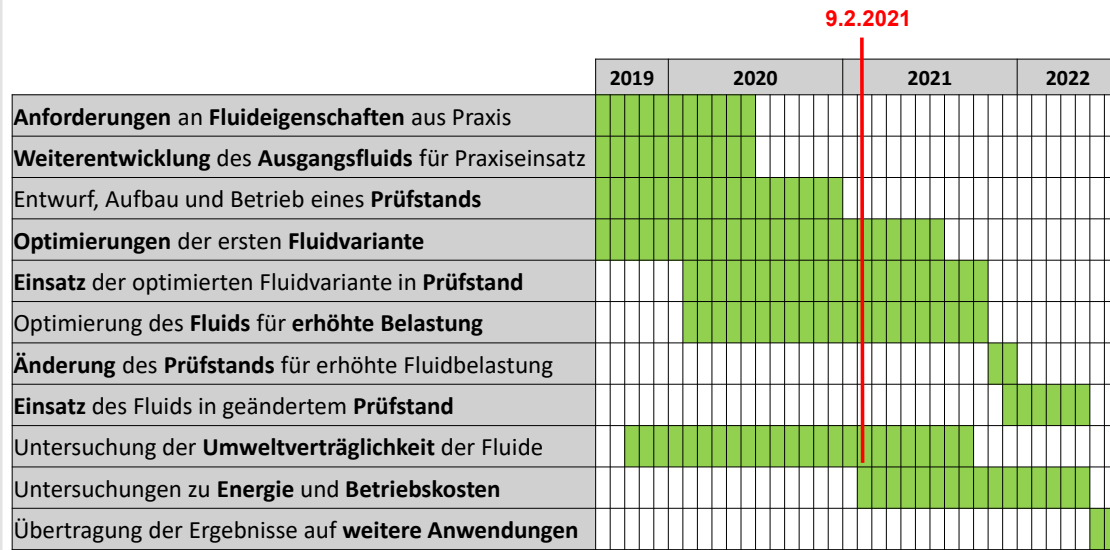
Projektkonsortium und Kompetenzen



Arbeitsplan



Projektplan



Agenda

- Motivation
- Inhalte des Projektes
- **Durchführung und Status quo**
- Zusammenfassung und Ausblick

Bestandteile des Fluids

Erste Formulierung:

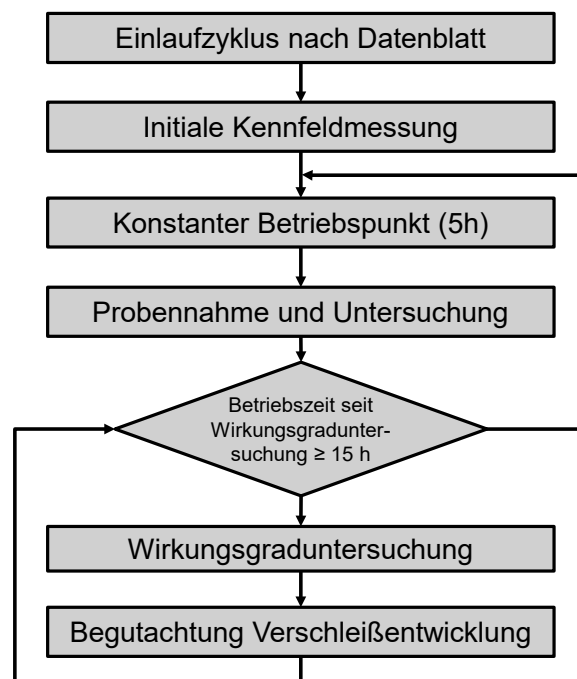
Bestandteil	Funktion
Wasser	Kühlung/Wärmekapazität, schwerentflammbar
Glycerin	Verbesserung Schmierfähigkeit, antimikrobiell
Carboxymethylchitosan (konditioniert)	Viskositätseinstellung, pH-Wert
Carboxymethylchitosan (unkonditioniert)	Viskositätseinstellung, pH-Wert
Fettsäuren	Korrosions- und Verschleißschutz
Amine	Korrosionsschutz, pH-Wert
Triazole	Buntmetallschutz
Fettalkoholderivat	Entschäumer

➡ Formulierung für erste Labor- und Praxistests verwendet

➡ Weitere Optimierung zur Steigerung der Leistungsfähigkeit

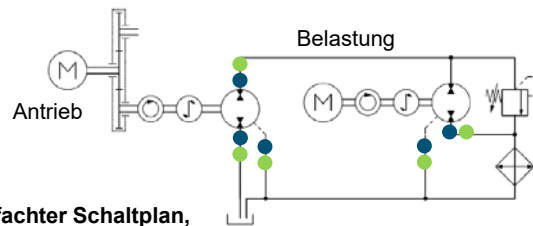


Untersuchungsstrategie in der Hydraulikanlage



Erste Lastzyklen in der Hydraulikanlage

- Einfacher Aufbau (offener Kreis)
- Konstante Belastung ermöglicht Aussagen über Verschleißentwicklung und Wirkungsgrade
- Ableitung von Verschleißerscheinungen und Fluidveränderungen aus Messdaten
- Begleitende Untersuchungen:
 - Viskositätsmessungen und pH-Wert Bestimmung
 - Gel-Permeations-Chromatographie zur Untersuchung des Chitosanderivats
 - Quantitative Bestimmung der Additive in Hinblick auf Langzeitstabilität



Legende:

- Durchflussmessung
- Druckmessung

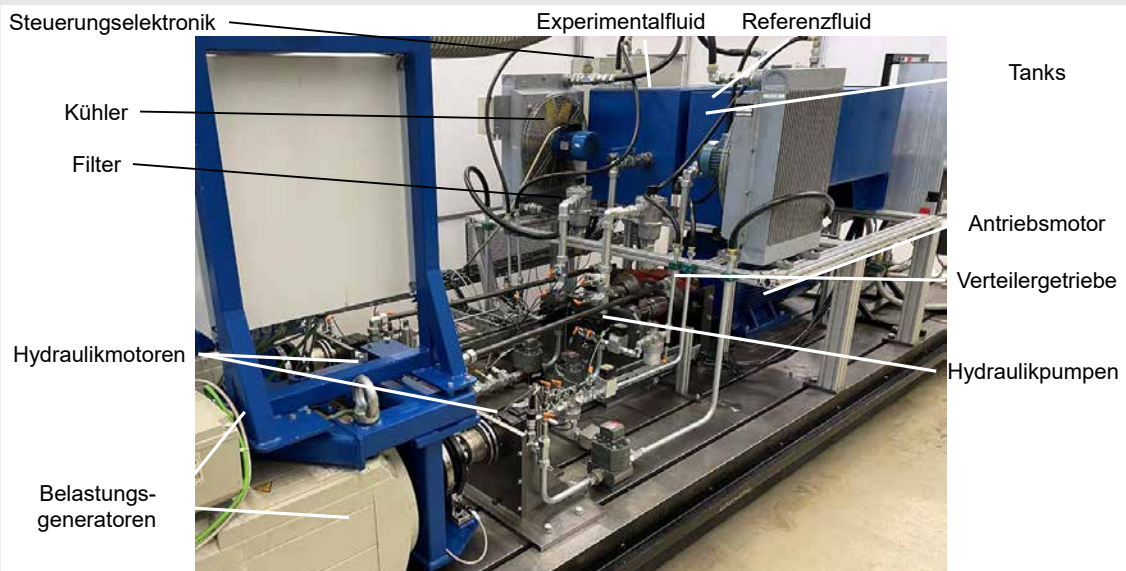
Vereinfachter Schaltplan,
offener Kreis



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 15



Hydraulikanlage „offener Kreis“



Versuchsstand, offener Kreis

Druck: 210 bar (max.)
Förderstrom: 59 l/min (max)
Tankgröße: 130 l

Innenzahnradpumpe: 16 ccm
Innenzahnradmotor: 16 ccm



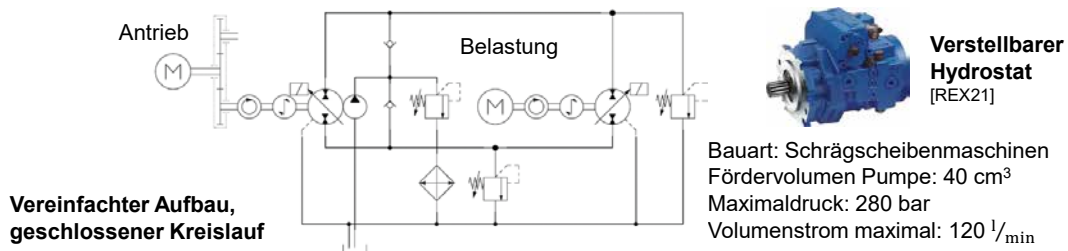
Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 16



Hydraulikanlage „geschlossener Kreis“

Weiterführende Untersuchungen:

- Geschlossener Kreislauf für praxisgerechte Belastungen
- Aufbau wird sich an kommerziellen Fluidprüfständen orientieren
- Verschiedene Lastzyklen in Planung
- Optimierung der Fluide aus offenem Kreislauf
- Untersuchung der Entwicklung von Wirkungsgrad und Anlagenverhalten mit verschiedenen Hydrostatbauarten mit begleitenden Fluiduntersuchungen



Vereinfachter Aufbau, geschlossener Kreislauf



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 17



Labortests zu Viskosität und Schaumverhalten

Viskositätsmessungen nach DIN 51562 und Viskositätsindex nach DIN ISO 2909

	Erste Fluidvariante	Referenzfluid
Viskosität 25 °C	42,4 mm ² /s	34,2 mm ² /s
Viskosität 40 °C	21,4 mm ² /s	20,6 mm ² /s
Viskosität 50 °C	14,3 mm ² /s	15,3 mm ² /s
Viskositätsindex	84	153

Referenz: HFC-Fluid, Houghto-Safe NL1 LV



Viskositätsmessung

Bestimmung des Schaumverhaltens nach DIN 51566

	Erste Fluidvariante	Referenzfluid
Schaumvolumen nach 5 min	20 mL	170 mL
Zeit bis 0 mL Schaumvolumen	0:50 min	1:40 min



Bestimmung Schaumverhalten



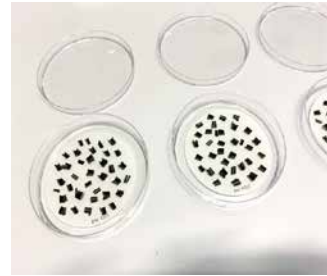
Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 18



Labortests zu Korrosion und Reibverschleiß

Bestimmung der Korrosionsschutzeigenschaften nach DIN 51360

	Erste Fluidvariante	Referenz
Korrosionsgrad	0	0



Spänetest

Reibverschleißtest nach Brugger nach DIN 51347

	Erste Fluidvariante	Referenz
1. Messung	3,8 x 3,1 mm	4,0 x 3,1 mm
2. Messung	4,1 x 3,1 mm	3,9 x 3,0 mm
3. Messung	4,1 x 3,2 mm	3,8 x 3,0 mm
Brugger-Wert	40,7 N/mm ²	43,1 N/mm ²

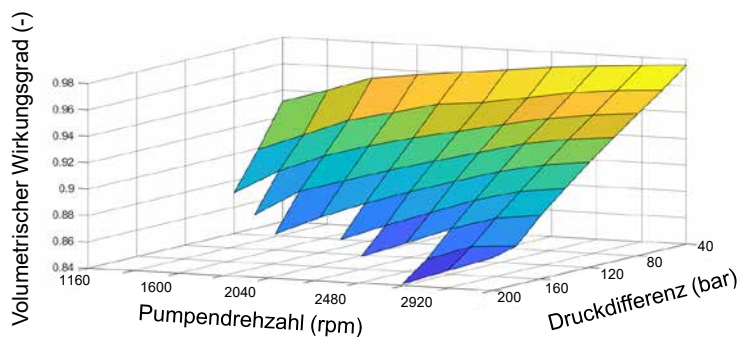


Prüfkörper des Brugger-Tests



Ermittlung von Wirkungsgradkennfeldern

- Kennfeldmessungen η_{vol} und η_{hm} vor und nach Dauerbetrieb ($P_{ab} = P_{zu} \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{hm}$)
- Veränderungen in den Kennfeldern können auf Verschleißeffekte oder Veränderung der Fluideigenschaften hindeuten



Wirkungsgradkennfeld η_{vol}
Innenzahnradpumpe mit Experimentalfluid



Leichter Abrieb am Außenring des Innenzahnradmotors mit Experimentalfluid (nach 15 h)



Wirkungsgrade der Hydrostaten

Volumetrischer Wirkungsgrad der Pumpen:

- Vol. Wirkungsgrade mit Experimentalfluid geringerer als mit Referenzfluid
- Grund: Viskosität erster Fluidvariante durch Belastung reduziert ($18,7 \text{ mm}^2/\text{s}$)
- Wirkungsgradunterschiede bei Hydromotoren deutlich geringer

Relativer Unterschied der vol. Wirkungsgrade mit erster Fluidvariante gegenüber Referenz (nach Einlaufzyklus und funktionalen Tests)

		Druck (bar)								
		40	60	80	100	120	140	160	180	200
Drehzahl (rpm)	1160	-7,39%	-10,47%	-13,91%						
	1380	-6,61%	-9,13%	-11,84%	-15,20%					
	1600	-6,07%	-8,10%	-10,20%	-13,05%	-16,37%				
	1820	-5,66%	-7,44%	-9,28%	-14,96%	-18,44%				
	2040	-5,36%	-7,00%	-8,63%	-10,80%	-13,25%	-16,32%	-19,61%		
	2260	-5,16%	-6,68%	-8,18%	-10,09%	-12,31%	-14,15%	-17,99%		
	2480	-4,14%	-5,53%	-6,77%	-8,19%	-9,86%	-11,92%	-14,24%	-17,01%	-19,36%
	2700	-4,17%	-5,55%	-6,79%	-8,17%	-9,93%	-12,00%	-14,28%	-17,17%	-16,25%
	2920	-4,19%	-5,54%	-6,80%	-8,12%	-9,88%	-11,86%	-14,41%	-13,93%	-15,85%
	3140	-3,77%	-5,00%	-6,06%	-7,16%	-8,42%	-9,74%	-11,19%	-13,47%	-15,44%

Unterschied positiv über 1% -1% < Unterschied <1% Unterschied negativ über 1%



Wirkungsgrade der Hydrostaten

Hydraulisch-mechanischer Wirkungsgrad der Pumpen:

- Experimentalfluid zeigt bessere Wirkungsgrade als Referenzfluid
- Innere Reibung in Pumpe mit Experimentalfluid geringer (Viskositätseinfluss!)
- Kaum Unterschiede bei Hydromotoren messbar

Relativer Unterschied der hydr.-mech. Wirkungsgrade mit erster Fluidvariante gegenüber Referenz (nach Einlaufzyklus und funktionalen Tests)

		Druck (bar)								
		40	60	80	100	120	140	160	180	200
Drehzahl (rpm)	1160	8,06%	5,44%	4,61%						
	1380	10,03%	6,41%	5,23%	4,65%					
	1600	11,42%	7,84%	5,94%	5,08%					
	1820	12,23%	8,61%	6,54%	6,12%	5,34%				
	2040	12,95%	9,52%	7,45%	5,83%	5,30%	4,64%			
	2260	13,95%	9,88%	7,87%	6,35%	5,89%	5,79%	4,57%		
	2480	11,19%	7,58%	5,36%	5,25%	7,13%	3,77%	3,80%		
	2700	15,98%	11,04%	8,38%	6,85%	5,78%	5,34%	4,64%	4,13%	2,60%
	2920	16,07%	11,13%	8,71%	6,82%	5,72%	5,23%	4,52%	3,70%	
	3140	14,54%	11,31%	9,22%	7,25%	6,21%	5,46%	4,91%		

Unterschied positiv über 1% -1% < Unterschied <1% Unterschied negativ über 1%



Agenda

- Motivation
- Inhalte des Projektes
- Durchführung und Status quo
- **Zusammenfassung und Ausblick**



Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung:

- Aus Voruntersuchungen an der TU Braunschweig wurde ein Hydraulikfluid auf Basis biogener Rohstoffe entwickelt
- Fluid wird mit Erfahrungen aus praxisähnlicher Belastung weiterentwickelt
- Erste Fluid-Formulierung hat Labortests bestanden
- Prüfstand wurde in Betrieb genommen, erste Ergebnisse gewonnen
- Viskositätsstabilität weiter zu untersuchen

Ausblick:

- Untersuchung von Fluidvarianten in verschiedenen Systemtopologien
- Weiterentwicklung des Fluids für verschiedene Einsätze



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektpartner:



Kontakt:

Prof. Dr. Ludger Frerichs
Technische Universität Braunschweig
Institut für mobile Maschinen und
Nutzfahrzeuge

Langer Kamp 19a
38106 Braunschweig

Tel.: +49 (0) 531 391-2670
Fax: +49 (0) 531 391-5951
imn@tu-braunschweig.de
www.tu-braunschweig.de/imn



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 25



Literatur

Quellennachweise:

[BÖT14] M. Böttger: Oleochemie (Bioschmierstoffe). In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Bd. 34, Gülzow-Prüzen, 2014, 451-506

[BUC19] Bucher Hydraulics GmbH, Datenblatt QXEH (100-P-000096-DE-10/02.2019), 2019

[FNR18] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Sektorstudie zum Aufkommen und zur stofflichen end energetischen Verwertung von Kohlehydraten in Deutschland (2011-2016), online unter: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>, zuletzt aufgerufen: 01.02.2021

[FNR19] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Gesamtmenge von eingesetzten Pflanzenölen und Fetten im Schmierstoffmarkt in Deutschland 2017, online unter: <https://basisdaten.fnr.de/biobasierte-produkte/bioschmierstoffe>, zuletzt aufgerufen: 01.02.2021

[GEL15] Gelinski, Sabrina: „Entwicklung eines biozidfreien Glycerin/Carboxymethylchitosan-basierten Hydraulikfluids“, Dissertation, Cuvillier Verlag, 2015

[REX21] Bosch Rexroth AG, <https://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/produktgruppen/mobilhydraulik/pumpen/axialkolbenpumpen/verstellpumpen-geschlossener-kreislauf>, zuletzt aufgerufen: 09.01.2021

[SAN06] Sander, Knut; Jepsen Dirk; Zangl Stéphanie; Schilling Stephanie: Stoffstrom- und Marktanalyse zur Sicherung der Altölentsorgung. In: Umweltbundesamt (Hrsg.): Forschungsbericht 204 31 32, ISSN 1862-4804



Ludger Frerichs | 09.02.2021 | Seite 26



Einfluss von Bio-Hydrauliköl auf die Effizienz einer mobilen Arbeitsmaschine

Sebastian Deuster, RWTH Aachen University; Lehrstuhl und Institut für fluidtechnische Antriebe und Systeme

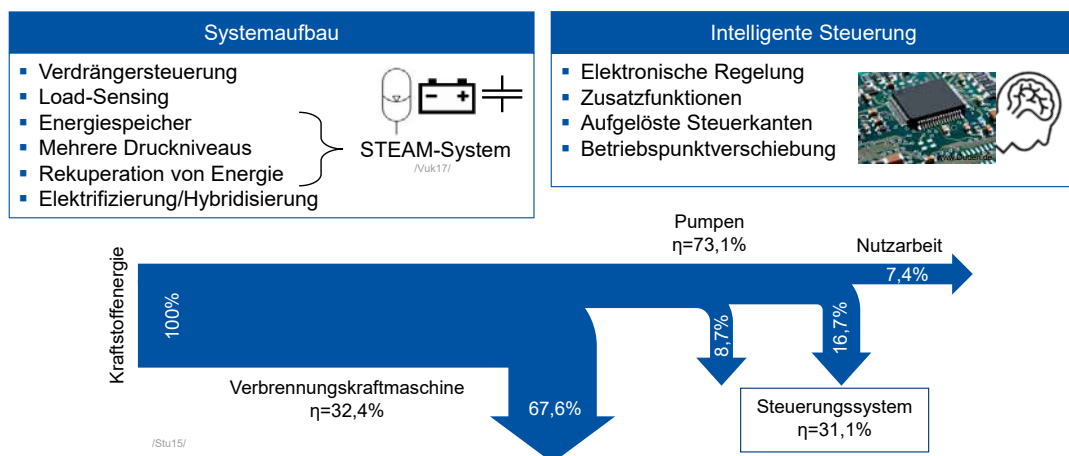


BioMobil

Einfluss von Bio-Hydrauliköl auf die Effizienz einer mobilen Arbeitsmaschine



Effizienzsteigerung mobiler Maschinen




2 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

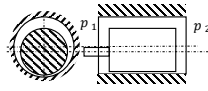


Effizienzoptimierung durch Anpassung der Fluidviskosität

Verlustarten

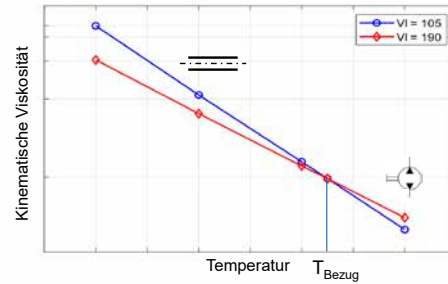
- **Hydraulisch-mechanisch**
 - z.B. Rohrreibung: Δp_{Rohr}
 - Sinken mit abnehmender Viskosität
- **Volumetrisch**
 - z.B. Spaltströmung: Δp_{Spalt}
 - Steigen mit abnehmender Viskosität





Angepasstes Fluid


- Mindestviskosität erforderlich
- Höherer Viskositätsindex
 - Geringere Viskosität unterhalb Bezugstemperatur
 - Höhere Viskosität oberhalb der Bezugstemperatur
 - Biohydrauliköl

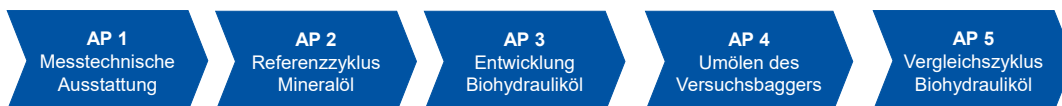


3 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021



Projektaufbau

Übergeordnete Ziele	Projektpartner
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfluss von Biohydrauliköl auf den Kraftstoffverbrauch einer mobilen Arbeitsmaschine ▪ Bilanzanalyse der Verlustleistungen bei der Verwendung unterschiedlicher Öle ▪ Ermittlung von thermohydraulisch relevanten Systempunkten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Panolin AG <ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung des Biohydrauliköls – Unterstützung Entwicklung und Auslegung eines Biohydrauliköls – Ölanalytik <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>



4 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021



Agenda

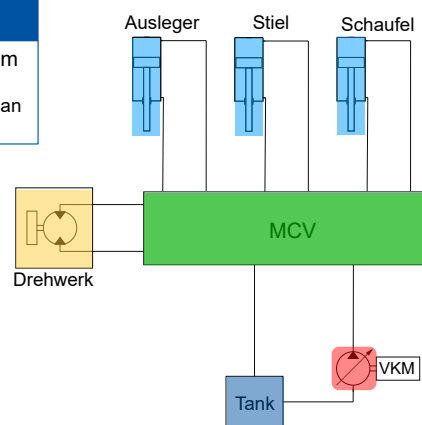
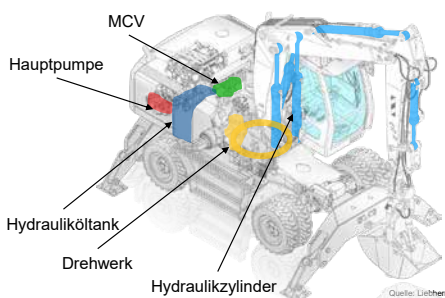
- 1 Einleitung und Motivation
- 2 Messtechnische Ausstattung des Versuchsbaggers
- 3 Bestimmung der optimalen Fluidparameter
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

5 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Versuchsbagger

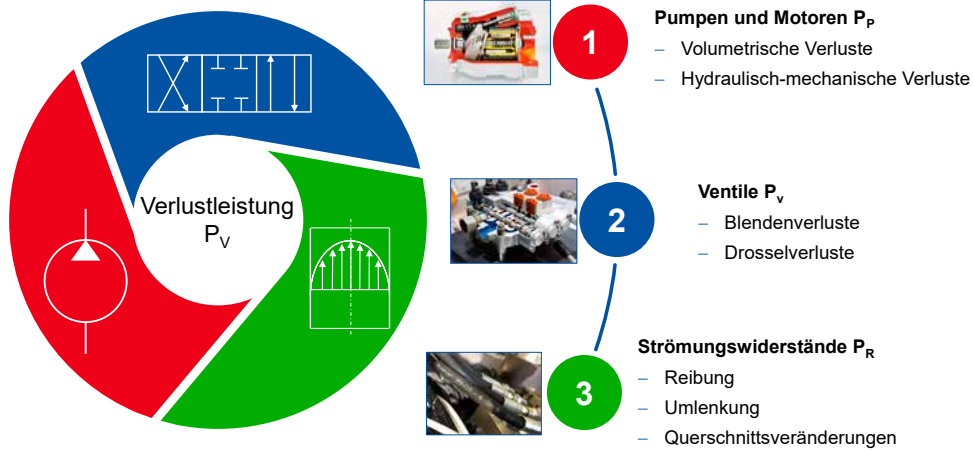
Hydrauliksystem

- Hydraulisch-mechanisches Ein-Kreis-Load-Sensing-System
 - Hauptpumpe versorgt Hydraulikaktoren
 - Erfassung des höchsten Lastdrucks im System, Rückmeldung an verstellbare Hauptpumpe



6 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Verlustleistung hydraulischer Systeme mobiler Arbeitsmaschinen

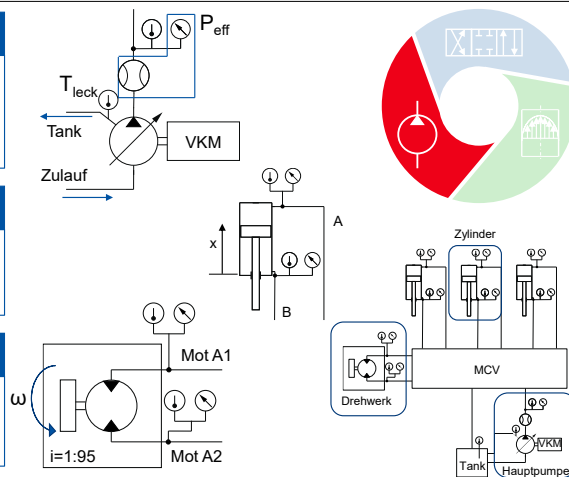


7 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021



Pumpe und Verbraucher P_P

- | Hauptpumpe |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausgangsleistung P_{eff} ▪ Temperatur/Viskosität des Öls ▪ T_{leak} minimale Schmierfilmdicke in tribologischen Kontakten der Pumpe |
| Zylinder |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zylinderhub und Geschwindigkeit ▪ Druck Kolben-/Stangenseite ▪ Temperatur/Viskosität des Öls |
| Hydraulikmotor Drehwerk |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Drehzahl über Winkelgeschwindigkeit ▪ Abtriebsleistung ▪ Temperatur/Viskosität des Öls (A1/A2) |



8 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021



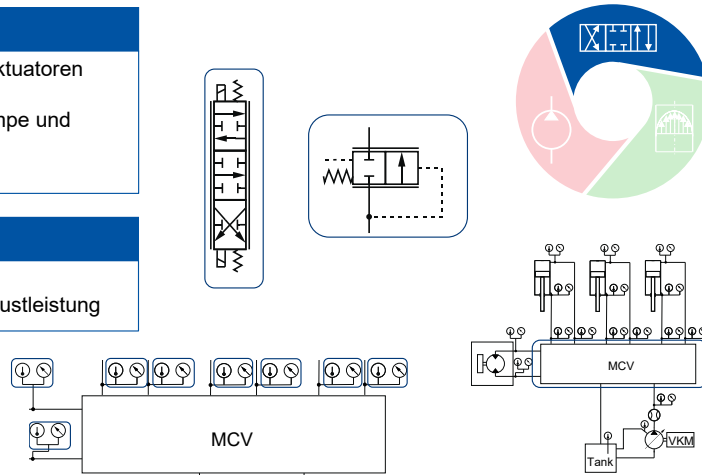
Ventile und Druckwaagen P_V

Proportionalventile

- Versorgung der entsprechenden Aktuatoren
- Druckverlust über Steuerkanten
- Druckdifferenz zwischen Hauptpumpe und Leitung zu Aktoren
- Verlustleistung in Wärme

Druckwaagen

- Regelung Verbraucherdruck
- Umsetzung in systembedingte Verlustleistung



9 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Strömungswiderstände P_R

Rohrreibung

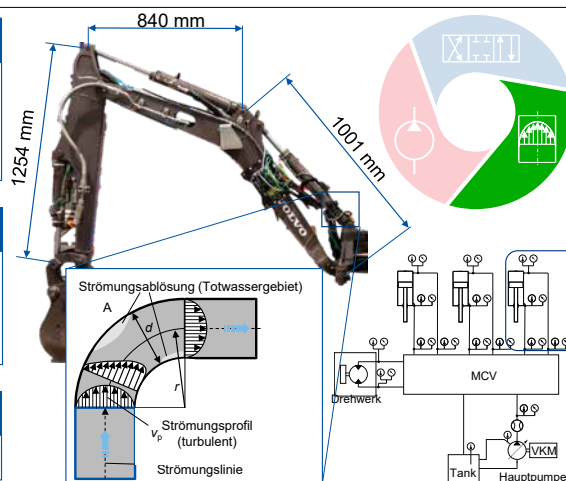
- Lange Leitungsführung
- Rohr-/ Schlauchwand
- Druckdifferenz zwischen MCV und Aktuatoren
- Reibung führt zu Fluiderwärmung

Umlenkungen

- Krümmung von Schläuchen
- Geschweifte Bögen an Zylinder
- Totwassergebiete
- Sekundärströmungen

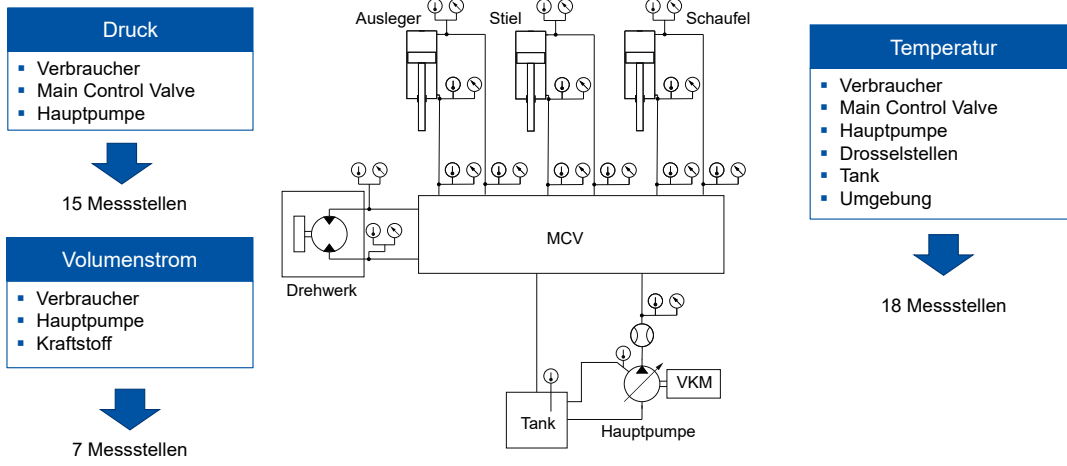
Querschnittsveränderungen

- Einlass in den Zylinder



10 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Messstellen-Sensorik



11 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Umsetzung Messequipment



12 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Agenda

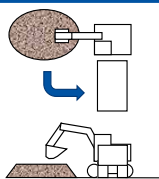
- 1 Einleitung und Motivation
- 2 Messtechnische Ausstattung des Versuchsbaggers
- 3 Bestimmung der optimalen Fluidparameter
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

13 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Referenzzyklus

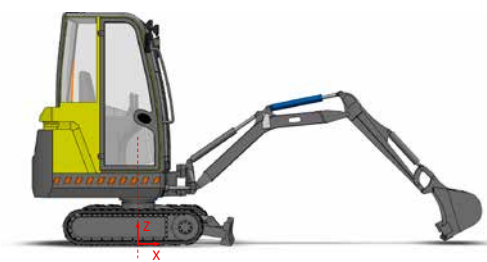
90° Dig and Dump Zyklus

- Kies wird um 90 ° umgesetzt
- Versuchshalle ifas
- Warmgefahrener Zustand
- Konstante Umgebungstemperatur
- Einheitlicher Basaltsplitt



Referenzpunkte

- Position der Löffelspitze
- Bewegung/Geschwindigkeit der Aktuatoren
- Masse des Splitts
- Zykluszeit
- Tanktemperatur



14 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

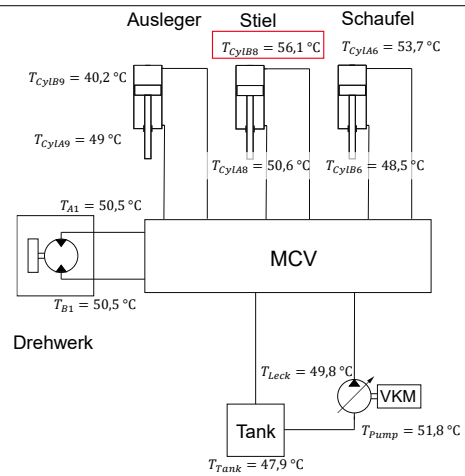
Ermittlung der maximalen Fluidtemperatur

Temperaturverteilung

- Maximale lokale Temperatur während des Zyklus
- Erfassung der Temperatur an relevanten Drosselstellen
- Warmgefahrener Zustand:
 - $\Delta T_{Tank} = \Delta T_{Beginn} - \Delta T_{Ende} \rightarrow$ stationäres Verhalten

Maximale Temperatur

- Einfahren des Stielzylinders
- Reibung an Zylinderwand und Querschnittsverengung
- $T_{max} = 56,1 \text{ } ^\circ\text{C}$



15 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

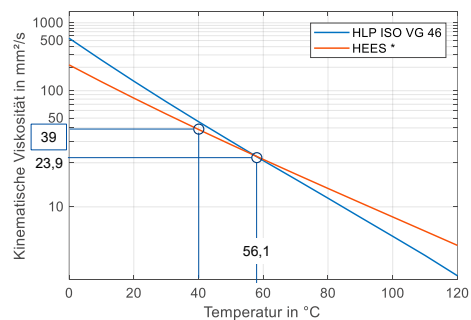
Entwicklung Biohydrauliköl

Auswertung der Messergebnisse

- Ermittlung der minimalen Viskosität
 - Tragfähiger Schmierfilm
 - Interne Leckage gering halten

Auswahl und Entwicklung eines Biohydrauliköls

- Synthetischer Ester (HEES)
- Anpassen der minimalen Viskosität anhand der Messergebnisse mit Mineralöl
- Höherer VI von Biohydrauliköl



16 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Agenda

- 1 Einleitung und Motivation
- 2 Messtechnische Ausstattung des Versuchsbaggers
- 3 Bestimmung der optimalen Fluidparameter
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

17 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Zusammenfassung

Motivation

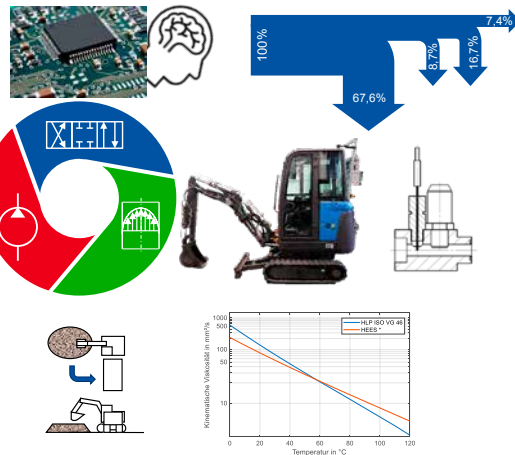
- Konzepte zur Effizienzsteigerung
- Projektmotivation
- Viskositätsabhängige Verluste

Messtechnik

- Planung
- Leistungsverluste
- Ausstattung
- Implementierung

Durchführung

- Versuchsdurchführung
- Temperaturverteilung
- Temperaturgrenzen
- Fluidauslegung



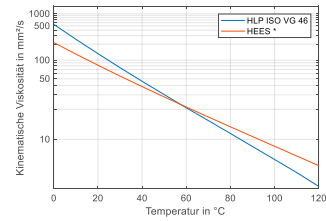
18 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021

Ausblick



Entwicklung Biohydrauliköl

- Formulierung des Biohydrauliköl
- Hydrauliköl ausgelegt für das System
- Umölen des Hydrauliksystems



Vergleichszyklus Biohydrauliköl

- Vergleichbare Zyklen
- Kraftstoffverbrauch
- Vergleich und Analyse der Ergebnisse

19 Bioschmierstoff-Tagung
Sebastian Deuster
09.02.2021



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

/Stu15/ Sturm, C., „Bewertung der Energieeffizienz von Antriebssystemen mobiler Arbeitsmaschinen am Beispiel Bagger“, KIT Scientific Publ., Karlsruhe, 2015.
/Vuk17/ Vukovic, M. Hydraulic hybrid systems for excavators. Dissertation, RWTH Aachen; Shaker Verlag GmbH, 2017.



Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten

Mohammad Vafaei, RWTH Aachen, MSE – Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung, Max Jopen, TU Dortmund – Fakultät für Chemie und Chemische Biologie



Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten

Schmierstofftagung, 10.02.2021

Mohammad Vafaei | Max Jopen
RWTH Aachen, MSE – Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung
TU Dortmund – Fakultät für Chemie und Chemische Biologie



Einleitung und Motivation



Motivation

- Negative Auswirkungen von fossilen Materialien auf die Umwelt sind weithin bekannt
- Ein häufig verwendetes Schmiermittel in Wälzlagern ist Fett, das hauptsächlich aus petrochemischen Stoffen hergestellt wird
- Hoher Einsatz von Schmierfetten in der Industrie
- Die Herstellung von Schmierfetten auf Basis nachwachsender Rohstoffe hilft, natürliche Ressourcen zu sparen und die Umweltbelastung zu verringern



Stand der Technik

- Normalerweise besteht ein Schmierfett aus ca. 15 bis 20 Gew.-% Verdicker, Grundöl, sowie geringen Mengen an Additiven (ca. 2 Gew.-%)
- Es sind einige biobasierte Fette auf dem Markt erhältlich, die meist auf Esterölen basieren

Problemstellung

- Laut Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) sind die verfügbaren Fette maximal 85% biobasiert, da das Verdickersystem nicht biobasiert ist
- Um ein vollständig biologisch abbaubares Schmierfett zu entwickeln, müssen zunächst Grundöl und Verdickersystem aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden

Einleitung und Motivation

Marktübliche Schmierfette	Zielschmierfette
Grundöl: 65 – 95% Mineralöl: naphthenisches Öl, paraffinisches Öl, aromatisches Öl Synthetisches Öl: Polyalphaolefine, Organohalogene, Cycloaliphaten, Silikone, Polyester, Sila-KW	Biobasierte Basisöle: Rapsöl, Sonnenblumenöl, Olivenöl, Rizinusöl, Sojabohnenöl
Verdicker: 3 – 30% Seifen, Silika, PTFE, Harnstoffe, Bentonite, Polyharnstoffe	Biobasierte Verdicker: Polyharnstoffe, Polyester, Polyamide
Additive: 0 – 10% Reibungsmodifizierer, Anti-Verschleiß-Additiv, Stockpunktverbesserer, Viskositätsindexverbesserer, Antioxidantien, Reinigungsmittel, Hochdruckadditiv, Korrosionsinhibitor, Antischaummittel, Dispergiermittel	

3 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen

MSE Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung | RWTH AACHEN UNIVERSITY tu technische universität dortmund | BECHER

Einleitung und Motivation

Zielsetzung

Ziel des Projekts

- Entwicklung eines kompletten biobasierten Fettes mit Grundöl und Verdickersystem, das mit klassischen petrochemischen Fetten vergleichbar ist
- Entwicklung und Synthese stabiler biobasierter Polymer-Verdickersysteme

AK Weberskirch TU Dortmund

- Entwicklung und Produktion von stabilen biobasierten Verdickersystemen
- Rheologische Tests an Fetten und Nachweis der Stabilität

Carl Bechem GmbH

- Schmierstoffcharakterisierung mit Tests am Fette in größere Menge
- Chemische Eigenschaften
- Fettherstellung in größere Menge

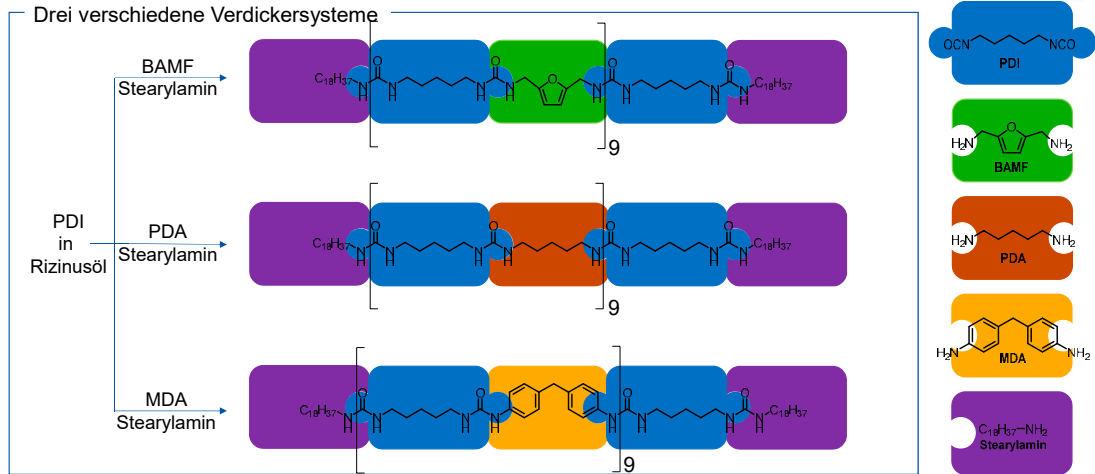
MSE RWTH Aachen

- Tribologische Untersuchungen an den biobasierten Fetten, wie z. B. Schmierfilmdicken- und Reibungsmessungen mit dem Kugel-Scheibe-Tribometer

4 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen

MSE Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung | RWTH AACHEN UNIVERSITY tu technische universität dortmund | BECHER

Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyharnstoffverdickern In-situ Polymerisation



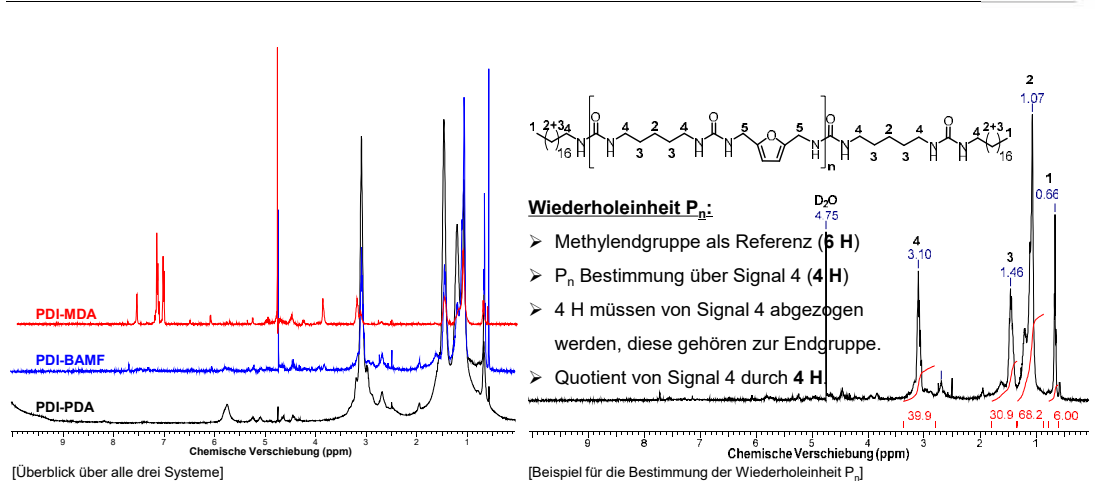
5 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyharnstoffverdickern Strukturaufklärung ¹H-NMR



6 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen

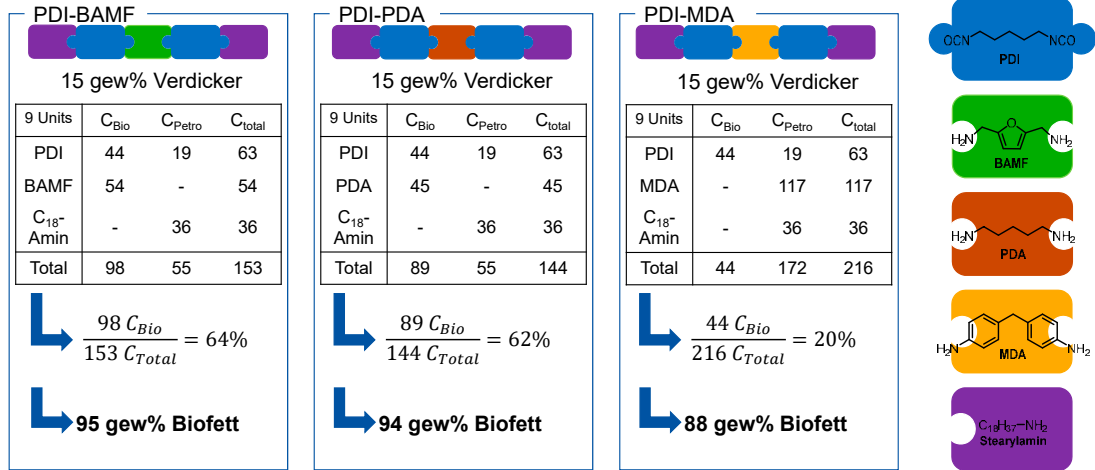


technische universität dortmund



Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyharnstoffverdickern

Anteil an biobasiertem Kohlenstoff

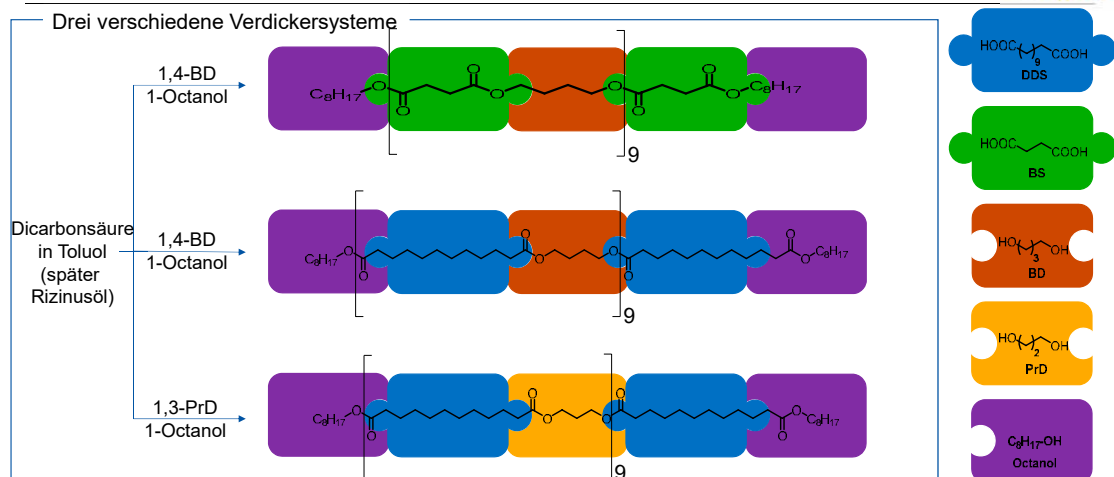


7 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen



Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyesterverdickern

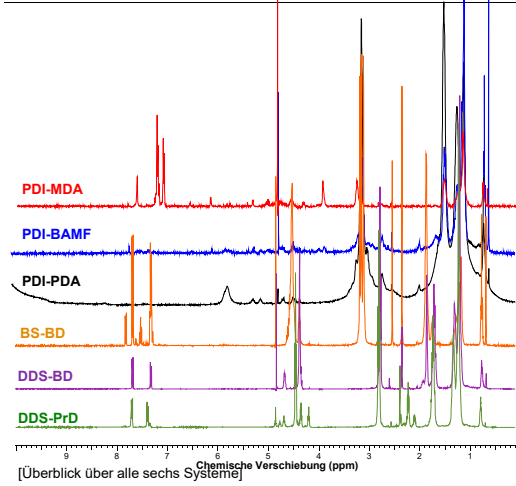
In-situ-like Polymerisation



8 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen



Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyesterverdickern Strukturaufklärung ¹H-NMR



Repeating Unit P_n:

- Methylendgruppe als Referenz (6 H)
- P_n Bestimmung über ein Signal
- Subtraction vom Signal, falls Protonen zur Endgruppe gehören.
- Quotient von Signalfäche und **Anzahl Protonen**

Protonen

[Bestimmung des realen Polymerisationsgrad]

	P _{n,theo.}	P _{n,det.}
BS-BD	9.0	9.9
DDS-BD	9.0	8.2
DDS-PrD	9.0	8.8

9 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Synthese und Entwicklung von biobasierten Polyesterverdickern Potenzieller Anteil an biobasiertem Kohlenstoff



BS-BD
20 gew% Verdicker

9.9 Units	C _{Bio}	C _{Petro}	C _{total}
BS	40	-	40
BD	40	-	40
C ₈ -OH	16	-	16
Total	96	-	96

$\frac{96 C_{Bio}}{96 C_{Total}} = 100\%$
100 gew% Biofett
Potenziell biologisch Abbaubar

DDS-BD
20 gew% Verdicker

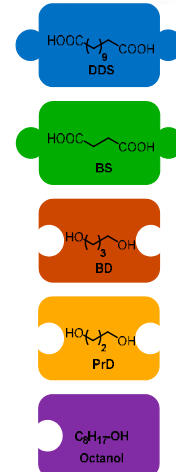
8.2 Units	C _{Bio}	C _{Petro}	C _{total}
DDS	98	-	98
BD	40	-	33
C ₈ -OH	16	-	16
Total	147	-	147

$\frac{147 C_{Bio}}{147 C_{Total}} = 100\%$
100 gew% Biofett
Potenziell biologisch Abbaubar

DDS-PrD
20 gew% Verdicker

8.8 Units	C _{Bio}	C _{Petro}	C _{total}
DDS	98	-	106
PrD	26	-	26
C ₈ -OH	16	-	16
Total	148	-	148

$\frac{148 C_{Bio}}{148 C_{Total}} = 100\%$
100 gew% Biofett
Potenziell biologisch Abbaubar



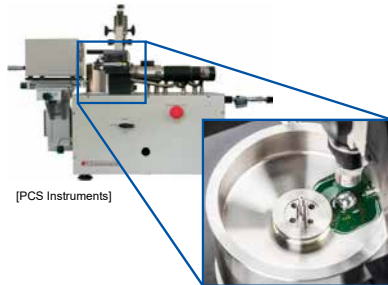
10 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



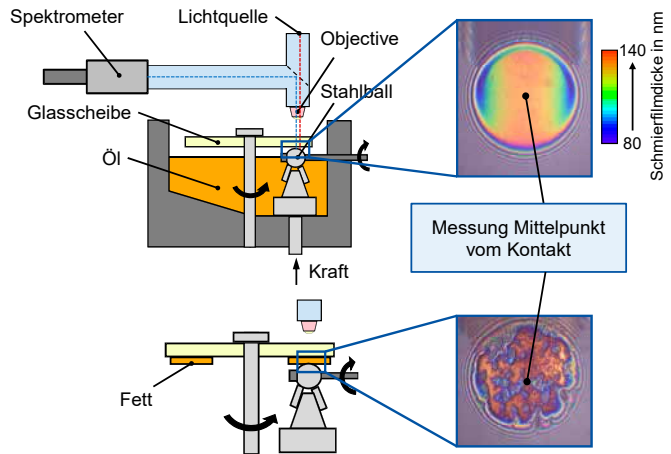
technische universität dortmund



Kugel/Scheibe Tribometer Schmierfilmdickenmessung



[PCS Instruments]



Druck	180 bis 1100 MPa
Temperatur	-15 bis 150 °C
Rollgeschwindigkeit	1 bis 4000 mm/s
Slide-Roll-Ratio (SRR)	0 bis 200 %

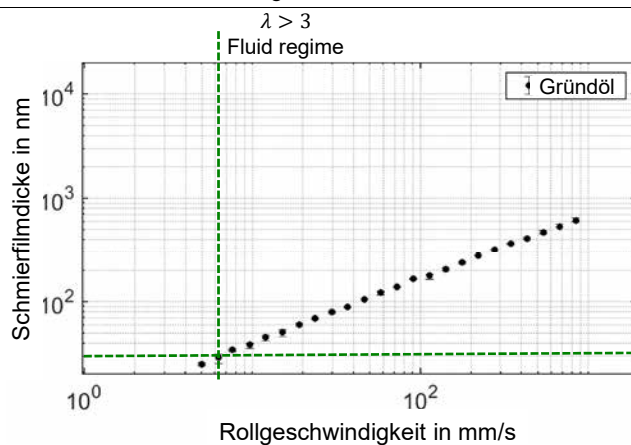
11 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen Schmierfilmdickenmessung im EHD-Kontakt



Schmierstoffeigenschaften	
Schmierfett	-
Verdicker	-
Gründöl	Rizinusöl
Viskosität (40 °C)	240 mm ² /s
Betriebsbedingung	
Temperatur	40 °C
Druck	700 MPa
Kontakt	Stahlball / Glasscheibe

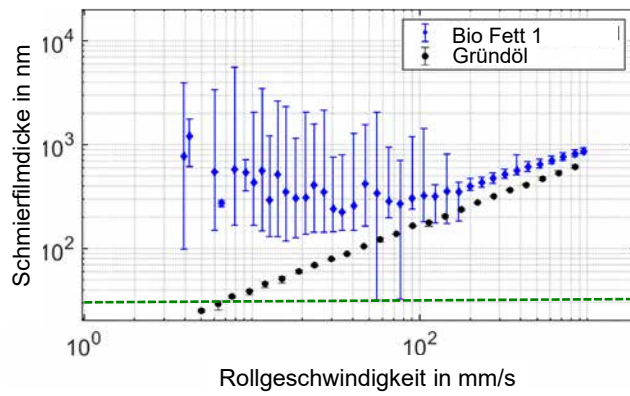
12 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen
Schmierfilmdickenmessung im EHD-Kontakt



Schmierstoffeigenschaften	
Schmierfett	Bio Fett 1
Verdicker	PDI-BAMF
Grundöl	Rizinusöl
Viskosität (40 °C)	240 mm ² /s
Betriebsbedingung	
Temperatur	40 °C
Druck	700 MPa
Kontakt	Stahlball / Glasscheibe

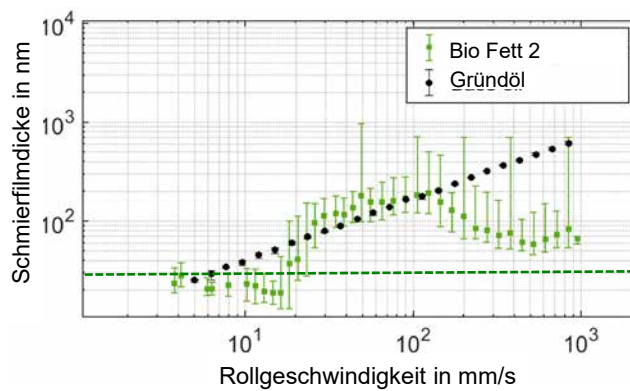
13 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen
Schmierfilmdickenmessung im EHD-Kontakt



Schmierstoffeigenschaften	
Schmierfett	Bio Fett 2
Verdicker	PDI-MDA
Grundöl	Rizinusöl
Viskosität (40 °C)	240 mm ² /s
Betriebsbedingung	
Temperatur	40 °C
Druck	700 MPa
Kontakt	Stahlball / Glasscheibe

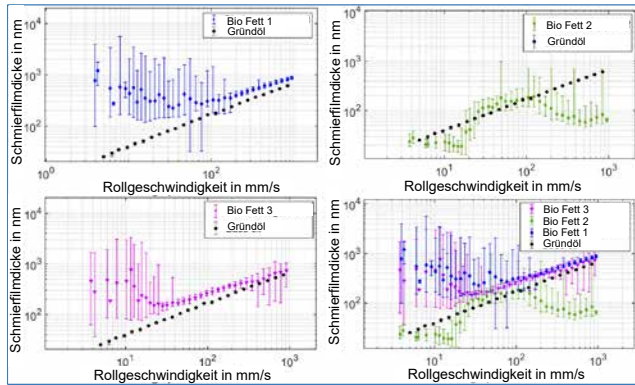
14 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



technische universität dortmund



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen Schmierfilmdickenmessung im EHD-Kontakt



Schmierstoffeigenschaften	
Schmierfett	Bio Fette 1, 2, 3
Verdicker	PDI-BAMF, MDA, PDA
Grundöl	Rizinusöl
Viskosität (40 °C)	240 mm ² /s
Betriebsbedingung	
Temperatur	40 °C
Druck	700 MPa
Kontakt	Stahlball / Glasscheibe

- Starvation geschieht bei niedrigeren Rollgeschwindigkeiten unter Verwendung von Verdickern PDI-MDA
- Schmierfilmdicken vom Bio Fett 1 und 3 sind höher als Bio Fett 2

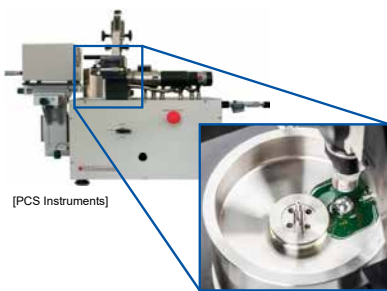
15 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen



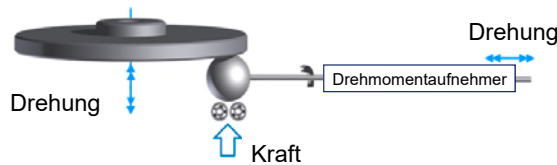
technische universität dortmund



Kugel/Scheibe Tribometer Reibungsmessung



Druck	180 bis 1100 MPa
Temperatur	-15 bis 150 °C
Rollgeschwindigkeit	1 bis 4000 mm/s
Slide-Roll-Ratio (SRR)	0 bis 200 %

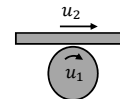


- Reibungstest werden mit Stahlkugel und Scheibe durchgeführt
- Rollgeschwindigkeit steigt während der Messung

$$u_{Roll} = \frac{(u_1 + u_2)}{2}$$

- Gleiteffekte werden durch das Slide-Roll-Ratio (SRR) eingestellt und es ist während der Messungen konstant

$$SRR = \frac{u_{sliding}}{u_{rolling}} = 2 \cdot \left| \frac{u_1 - u_2}{u_1 + u_2} \right| \cdot 100\%$$



- $u_1 = u_2$
Rolling, SRR = 0
- $u_1 \neq u_2$
Relative Geschwindigkeit,
 $0 < SRR < 200\%$
- u_1 or $u_2 = 0$
Sliding, SRR = 200%

16 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vataei | Jopen

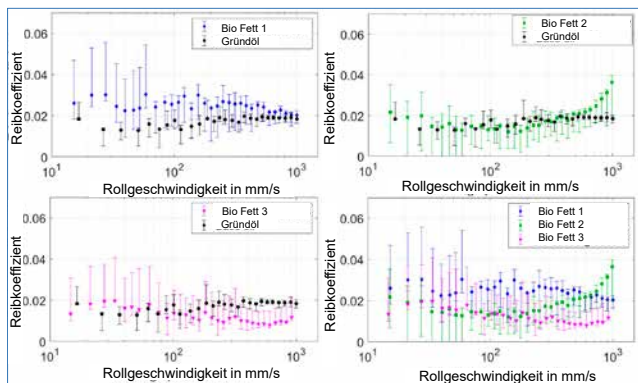


technische universität dortmund



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen

Reibungsmessung im EHD-Kontakt



Schmierstoffeigenschaften	
Schmierfett	Bio Fette 1, 2, 3
Verdicker	PDI-BAMF, MDA, PDA
Grundöl	Rizinusöl
Viskosität (40 °C)	240 mm ² /s
Betriebsbedingung	
Temperatur	40 °C
Druck	700 MPa
Kontakt	Stahlball / Stahlscheibe
Slide-to-Roll-Ratio	15%

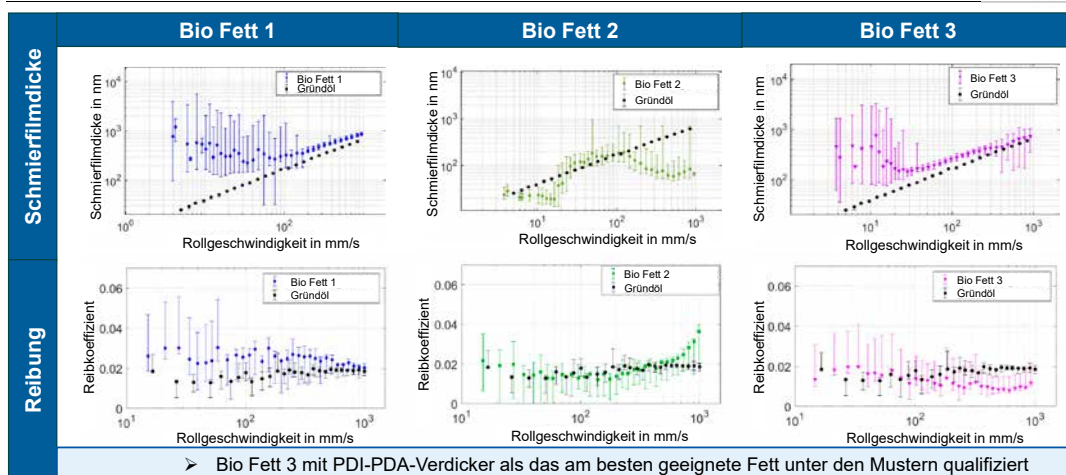
- Ähnliche Reibungsergebnisse zwischen entwickelten Fetten und Grundöl
- Der Reibungskoeffizient des Bio Fetts 3 ist relativ niedriger als der anderer biobasierter Fette

17 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen



Qualifizierung von entwickelten Schmierstoffen

Schmierfilmdickenmessung und Reibungsmessung im EHD-Kontakt



18 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten Vataei | Jopen





Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Es wurden Polyurea biobasierte Verdickersysteme entwickelt und rheologische Tests an entwickelten biobasierten Fetten mit Rizinusölbasis durchgeführt
- Das tribologische Verhalten der entwickelten biobasierten Fette wurde durch Schmierfilmdicke- und Reibungsmessungen mit einem Kugel-Scheiben Tribometer ermittelt

Fazit

- Die Bio Fette 1 und 3 zeigten eine höhere Schmierfilmdicke unter den Prüflingen
- Die Reibungskoeffizienten des Bio Fettes 3 waren kleiner als die der anderen
- Weil das biobasierte Fett 3 ein vorteilhaftes Filmbildungs- und Reibungsverhalten aufweist, schien dieser Verdickertyp in Kombination mit Rizinusöl am besten für die Biofettproduktion geeignet zu sein

Zukünftige Arbeit

- Entwickeltes Bio Fett 3 wird optimiert, um eine höhere Qualität zu erreichen
- Das Bio Fett 3 wird mit klassischen petrochemischen Fetten verglichen, um die Leistungsfähigkeit zu vergleichen
- Polyesterfette werden im nächsten Schritt evaluiert

19 Entwicklung biobasierter Verdickersysteme zur Herstellung von Schmierfetten
Vafaei | Jopen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Mohammad Vafaei | Max Jopen

RWTH Aachen, MSE – Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung
TU Dortmund – Fakultät für Chemie und Chemische Biologie



Polyhydroxyalkanoate (PHA) als Verdickungs- und Bindemittel in technischen Schmierstoffen

Dr. Inna Bretz, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits und Energietechnik UMSICHT

PHAt POLYHYDROXYALKANOATE (PHA) ALS VERDICKUNGS- UND BINDEMittel IN TECHNISCHEM SCHMIERSTOFFEN

Bioschmierstoff-Tagung
Online | 9. Februar 2021

Dr. Inna Bretz
Fraunhofer UMSICHT



AGENDA



1. Einleitung
 - Schmierstoffe
 - Polyhydroxyalkanoate
2. Vorstellung des PHAt-Projektes
3. Ausgewählte Ergebnisse
 - PHAs in Schmierstoffen
 - PHAs in Gleitlacken
4. Zusammenfassung und Ausblick



AGENDA



1. Einleitung
 - Schmierstoffe
 - Polyhydroxyalkanoate
2. Vorstellung des PHAt-Projektes
3. Ausgewählte Ergebnisse
 - PHAs in Schmierstoffen
 - PHAs in Gleitlacken
4. Zusammenfassung und Ausblick



EINLEITUNG



Definition der Schmierfette und Verdicker

- DIN 51825: »Schmierfette sind konsistente Schmierstoffe, die aus Mineralöl und/oder Syntheseöl sowie einem **Dickungsmittel** bestehen«
- Der Verdicker bildet eine dreidimensionale Struktur aus, die die schmierwirksamen Bestandteile (Öl, Additive) bindet und bei einer Belastung wieder abgibt
- Klassische Arten von Verdicker
 - Metallseifen, Metallkomplexseifen (Lithium, Calcium, Natrium, Aluminium)
 - Organische Verdicker (Polyharnstoff, PTFE, Polymere)
 - Anorganische Verdicker (Bentonit, Gel)
- Klassische Verdickertypen sind unter Umweltgesichtspunkten bedenklich, da sie nicht biologisch abbaubar sind und oft ein toxisches Risiko besitzen



www.fuchs.com

Seite 4
© Fraunhofer



EINLEITUNG



- Potential für biobasierte Polymere:
 - Teilweise oder vollständige Substitution (abhängig von der Anwendung) von herkömmlichen Verdickertypen
 - Hoher Anteil an nachwachsenden Rohstoffen, Schonung fossiler Ressourcen
 - Biologische Abbaubarkeit
 - kein toxikologisches Potential
 - Formulierung von Bioschmierstoffen im Vergleich zu bisherigen Schmierstoffen die Umwelt weniger belasten (unvermeidbare Tropf- oder Leckageverluste in umweltsensiblen Bereichen)
 - Gesetzliche Regularien: nationale und internationale

Seite 5
© Fraunhofer

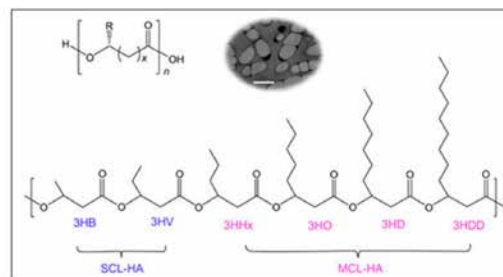


EINLEITUNG



Poly-3-Hydroxyalkanoate (PHA)

- Natürliche lineare Polymere, biologisch abbaubar
- PHA = Teil des Energiestoffwechsel der Bakterienzellen
 - Energiespeicher und daher in allen Bakterienzellen vorhanden
 - Verschiedene Stämme reichern PHA in großen Mengen in ihren Zellen an
 - Bis zu 80% der Zellbiomasse
- verschiedene Carbonsäuren als Co-Substrate
 - scl-PHAs (short chain length-PHAs)
 - mcl-PHAs (middle chain length-PHAs)
 - lcl-PHAs (long chain length-PHAs)



Li, Z.; Yang, J.; Loh, X. J. NPG Asia Mater 2016, 8, 265.

Seite 6
© Fraunhofer



AGENDA



1. Einleitung
 - Schmierstoffe
 - Polyhydroxyalkanoate
2. Vorstellung des PHAt-Projektes
3. Ausgewählte Ergebnisse
 - PHAs in Schmierstoffen
 - PHAs in Gleitlacken
4. Zusammenfassung und Ausblick



VORSTELLUNG DES PHAt -PROJEKTES



Polyhydroxyalkanoate (PHA) als Verdickungs- und Bindemittel in technischen Schmierstoffen

- BMBF Förderprogramm »Maßgeschneiderte biobasierte Inhaltsstoffe für eine wettbewerbsfähige Bioökonomie« im Rahmen der »Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030«

- Gefördert durch:

- Projektträger:

- Initiiert durch:

- 1. Phase: 01.10.2017 – 30.08.2020 (Verlängerung bis zum 31.03.2021)
- 2. Phase: Folgeprojekt »PHAtCuS« (01.04.2021- 31.03.2024)

Seite 8
© Fraunhofer



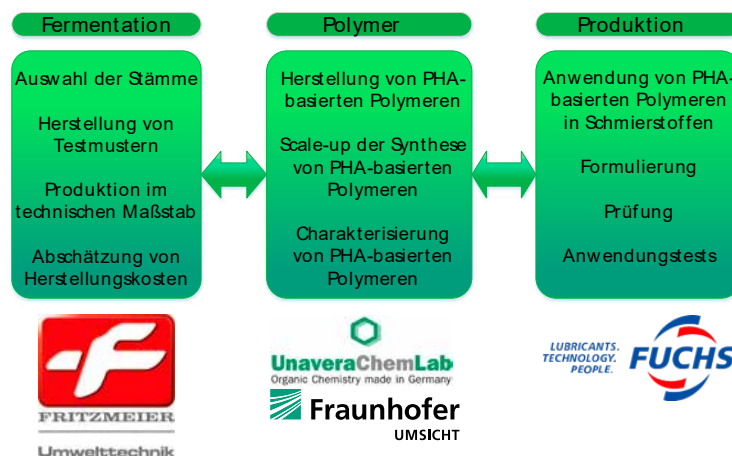
VORSTELLUNG DES PHAt -PROJEKTES

- Ziel: Entwicklung von biobasierten und biologisch abbaubaren Verdickungsmitteln und Bindemitteln für Schmierstoffe und Gleitlacke
 - Verwendung von PHA als Verdickungsmittel in flüssigen Schmiermitteln, insbesondere in Bioschmierstoffen (gemäß EN16807 oder 2011/381/EU)
 - Entwicklung von Verdickersystemen auf PHA-Basis, insbesondere für konsistente Schmierstoffe
 - Verwendung von PHA als Bindemittel für Gleitlacke auf Polymerbasis
 - Die Eigenschaften der neuen Schmierfette müssen gegenüber denen mit konventionellen Verdickern mindestens gleichwertig sein

Seite 9
© Fraunhofer



VORSTELLUNG DES PHAt -PROJEKTES



Seite 10
© Fraunhofer



AGENDA



1. Einleitung
 - Schmierstoffe
 - Polyhydroxyalkanoate
2. Vorstellung des PHAt-Projektes
3. Ausgewählte Ergebnisse
 - PHAs in Schmierstoffen
 - PHAs in Gleitlacken
4. Zusammenfassung und Ausblick



AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE



- Definition der technisch relevanten Eigenschaften für Schmierstoffe und Schmierfette
 - Löslichkeit in verschiedenen Kohlenwasserstoffen
 - Einfluss auf Rheologie (Verdickerwirkung)
 - Temperaturverhalten (in Kälte und Wärme)
 - Ölabscheideverhalten
 - Oxidative und thermische Stabilitäten
 - Ausreichende Wasserstabilität des formulierten Fetts
 - Beeinflussung des Verschleißverhaltens (nicht abrasiv)
 - Beeinflussung des Reibwerts in tribologischen Systemen



AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE



- Einsatz von PHAs in Schmierstoffen
- Mischbarkeitstest von verschiedenen PHA-Typen (10%) in Grundöl (@FUCHS):



- Erste Tests zeigen eine unzureichende Kompatibilität von PHA mit herkömmlichen Grundölen:
 - Keine verdickende Wirkung der Polymere festgestellt
 - Bildung von Sediment und Entmischung nach Ende der Rührzeit

Seite 13
© Fraunhofer



AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE



- Reine PHA-Typen sind aufgrund der hohen Polarität nicht mit herkömmlichen Grundölsarten (z. B. Kohlenwasserstoffen) verträglich
- Modifikation entsprechend den Anforderungen & Adaption der gewünschten Eigenschaften
 - Modifikation der natürlichen PHA-Polymer-Kettenlängen und/oder
 - Implementierung von Seitenketten zum Erhalt verzweigter Strukturen



Seite 14
© Fraunhofer



AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE



- Materialeigenschaften des modifizierten PHA sind sehr variabel
 - Große Menge an Variationsmöglichkeiten durch:
 - Wahl der PHAs
 - Wahl der Reaktionspartner
- Mögliche Konsistenz
 - Flüssig, leicht eindickend
 - Geleeartig
 - Hartgelphase



→ Auswahl der Komponenten getroffen

Seite 15
© Fraunhofer



AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE



- Einsatz von PHAs in Gleitlacken
 - Oligomere modifizierte PHAs
 - Herstellung von Gleitlackformulierungen mit einem ausgewählten Bindemittelsystem
 - Prüfung von Haftung, Reibwerten, Verschleißverhalten und Korrosionsschutz
- Vielversprechende Formulierungen
 - grifftrockene und feste Schichten
 - transparente, glänzende und glatte, agglomeratfreie Schichten
 - Die erhaltenen Härten liegen im Bereich von bekannten hart/elastischen PU-Bindemitteln.



@FUCHS LUBRITECH GmbH

Seite 16
© Fraunhofer



AGENDA



1. Einleitung
 - Schmierstoffe
 - Polyhydroxyalkanoate
2. Vorstellung des PHAt-Projektes
3. Ausgewählte Ergebnisse
 - PHAs in Schmierstoffen
 - PHAs in Gleitlacken
4. Zusammenfassung und Ausblick



ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK



- Kommerziell erhältliche PHA-Typen zeigen unzureichende Kompatibilität, Sedimentation und Abtrennung des Polymers von der Grundölphase
- Im Rahmen der vorgestellten Projektarbeit wurden ca. 150 Polymere synthetisiert und charakterisiert
- Modifikationen zielen auf Verbesserung der Kompatibilität und Verdickungswirkung
- Erste Modifikationen von PHA in verschiedenen Verhältnissen zeigen Verdickungseffekt in bestimmten Grundölen
- Variation des Verhältnisses PHA/Grundöl kann zur Bildung von stabilen Gelphasen führen
- Oligomere modifizierte PHAs können in den Bindemittelformulierungen eingesetzt werden
- Gleitlacke: Homogenität und Oberflächenbeschaffenheit der Schichten für ausgewählte Formulierungen wurde erreicht



ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK



- Weitere Modifikationen sollen die Verträglichkeit der biobasierten Polymere mit verschiedenen Basisölen verbessern
- Variationen der Edukte und des Verhältnisses in den Ansätzen sollen die Verdickungswirkung der PHAs verbessern
- Schmierstoffspezifische Tests in additivierten Fettformulierungen sollen Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Anwendungen aufzeigen
- Verifizierung der hohen Härten mit weiteren Chargen für ausgewählte Formulierungen
- Verbesserung der Homogenität und Oberflächenbeschaffenheit der Schichten ausgewählter Formulierungen

Seite 19
© Fraunhofer



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



<https://phat-projekt.de/>



Kontakt:
Dr. Inna Bretz
Fraunhofer UMSICHT
Stellv. Abteilungsleiterin Zirkuläre und Biobasierte Kunststoffe
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen
Telefon: +49 208 8598-1313
E-Mail: inna.bretz@umsicht.fraunhofer.de



Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieser Präsentation (u. a. Texte, Grafiken, Fotos, Logos etc.) und die Präsentation selbst sind urheberrechtlich geschützt. Eine Weitergabe von Präsentation und/oder Inhalten ist nur mit schriftlicher Genehmigung zulässig.

Ohne schriftliche Genehmigung dürfen dieses Dokument und/oder Teile daraus nicht weitergegeben, modifiziert, veröffentlicht, übersetzt oder reproduziert werden, weder durch Fotokopien, Mikroverfilmung, noch durch andere – insbesondere elektronische – Verfahren. Der Vorbehalt erstreckt sich auch auf die Aufnahme in oder die Auswertung durch Datenbanken. Zuwiderhandlungen werden gerichtlich verfolgt.

© Fraunhofer UMSICHT | 2021

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-
und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen
Dr. Inna Bretz
Stellv. Abteilungsleiterin Zirkuläre und Biobasierte Kunststoffe
Tel.: 0208-8598-1313
E-Mail: inna.bretz@umsicht.fraunhofer.de

„LUBRISSA: Entwicklung eines neuartigen Schmierfettansatzes“

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), FUCHS Schmierstoffe GmbH

LUBRISSA: Entwicklung eines neuartigen Schmierfettansatzes

unter Nutzung pflanzlicher Verdickersysteme auf Lupanbasis



Ziel

Entwicklung einer neuartigen, leistungsfähigen Schmierfettplattform, die ausschließlich auf pflanzlichen Verdickersystemen basiert.

Aufgaben

Schmierfette mit rein pflanzlichen Verdickern gibt es bisher nicht am Markt. Hergestellt werden sollen die Verdicker aus pflanzlichen Ölen sowie Lupanverbindungen aus Reststoffen der Holzverarbeitung. Lupane weisen eine hohe Zahl an funktionellen Gruppen auf, mit denen es möglich ist, pflanzliche Öle zu einem Fett zu verdicken und damit ein stabiles Oleogel zu bilden. Das neuartige Schmierfett soll durch die Kombination von Ölen und Lupanen Härtegrade nach NLGI (National Lubricating Grease Institute) von 0 bis 3 erreichen, um so einen großen Einsatzbereich für dieses biobasierte Produkt zu eröffnen.

Status Quo

Nach dem heutigen Stand der Technik werden vor allem Metallseifen, anorganische Füllstoffe, Kunststoffe und Polyharnstoffe als verdickende Komponenten in Schmierfetten eingesetzt. Am Markt dominieren dabei seit vielen Jahrzehnten die Seifenverdicker, insbesondere diejenigen auf Basis von Lithiumseifen.



Vorteile

Bisher basieren leistungsfähige Schmierfette meist auf Verdickersystemen, die nicht vollständig biologisch abbaubar, toxisch problematisch oder von Rohstoffverknappungen wie bspw. Lithium betroffen sind. Durch die Verwendung von Lupanen als Verdickersystem kann eine effektive biobasierte Alternative geschaffen werden. Dies eröffnet auch neue Perspektiven in der Entsorgung und der Rezyklierung von gebrauchten Schmierfetten.

Da Lupane aus biobasierten Reststoffen hergestellt werden können, wird mit ihrem Einsatz zudem ein Beitrag zur Nachhaltigkeit und Schonung fossiler Rohstoffe geleistet.

Projektdaten und -partner

Verbundvorhaben: Entwicklung eines neuartigen Schmierfettansatzes unter Nutzung pflanzlicher Verdickersysteme auf Lupanbasis

- [Teilvorhaben 1: Entwicklung eines Verfahrens zur Gewinnung von Lupanen](#)
Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), FKZ 22020218
- [Teilvorhaben 2: Entwicklung eines leistungsfähigen Schmierfettsystems](#)
FUCHS Schmierstoffe GmbH, FKZ 22006118

Projekt-Laufzeit:

April 2019 – März 2022

Einsatz von Bioschmierstoffen in der öffentlichen Beschaffung

Vorstellung des Projekts NOEBIO



NOE **B**IO

Biobasierte Schmier- und Verfahrensstoffe in der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen

- Im Rahmen des Projektes werden für Entscheidungsträger auf Bundesebene (Beschaffungsverantwortliche) Unterstützungs- und Informationsangebote erarbeitet, die die Berücksichtigung biobasierter Produkte im Einkauf (exemplarisch hier umweltschonende Schmier- und Verfahrensstoffe) vereinfachen und den Einsatz dieser umweltfreundlichen Substitute unterstützen.
- Das Projekt liefert ferner möglichst belastbare Zahlen zu substituierbaren Mengen in der öffentlichen Beschaffung (Schwerpunkt Bundesebene) sowohl für den reinen Produkteinkauf, als auch den indirekten Einsatz über Dienstleistungsvergaben.
- Darüber hinaus fördert das Projekt exemplarisch den dialogischen Austausch zwischen Anbietern und potenziellen Anwendern sowie weiteren relevanten Stakeholdern durch Dialoge in verschiedenen Formaten zum Thema.
- Projektpartner in dem Verbundvorhaben sind die TAT Technik Arbeit Transfer gGmbH, Rheine, und das ifas - Institut für fluidtechnische Antriebe und Systeme der RWTH Aachen University. Sie werden unterstützt durch weitere Mitglieder der Bundesweiten Arbeitsgemeinschaft Umweltschonende Schmier- und Verfahrensstoffe (AG BioÖl).

Weitere Informationen unter <https://tat-zentrum.de/noebio>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

über seinen Projektträger:



ZUSAMMENFASSUNG

Während bei Arbeiten in umweltsensiblen Bereichen Bioschmierstoffe schon oft das Mittel der Wahl sind, spielen sie bei industriellen Prozessen kaum eine Rolle. Das wollen BMEL und FNR mit der Förderung von acht Forschungsverbänden, bestehend aus 31 Einzelprojekten, an denen sich auch 15 Industrieunternehmen beteiligen, ändern. Als Ergebnis des Förderaufrufs „Entwicklung und Erprobung innovativer biobasierter Schmierstoffe“ starteten die Arbeiten zwischen Januar und Mai 2019. Allen Projekten gemeinsam ist, dass sie die Vorleistungen der Natur für die Entwicklung von biobasierten Schmierstoffen nutzen wollen.

Die während der Bioschmierstofftagung präsentierten Zwischenergebnisse der Forschungsvorhaben dokumentieren den aktuellen Stand und das hohe wissenschaftliche Niveau der Forschung in den nachfolgend aufgeführten drei Themenblöcken.

Im Themenblock „Metallbearbeitungsöle, Kühlschmierstoffe“ wurden eindrucksvoll innovative Produkt- und Prozessentwicklungen vorgestellt, wie bspw. im Verbundvorhaben zur Entwicklung eines Kühlschmierstoffs, dem durch spezielle Additive zusätzliche Funktionalitäten wie Verschleiß- und Korrosionsschutz implementiert werden, die bei der Endbearbeitung von Werkstoffen deren Eigenschaften diesbezüglich verbessern. Oder das Verbundvorhaben, in dem die Einsatzmöglichkeiten von Pflanzeninhaltsstoffen, die Pflanzen eine spezifische Krankheits- oder Schädlingsresistenz verleihen, als Wirkstoffadditive gegen Mikroorganismen in wassermischbaren Kühlschmierstoffen untersucht werden. Außerdem ein Verbundvorhaben, in dem die Eignung und der Einsatz biobasierter Kühlschmierstoffe in neuen sogenannten kryogenen Kühlkonzepten einer Minimalmengenschmierung für die Bearbeitungstechnologien Drehen, Fräsen und Bohren untersucht werden.

Im Themenblock „Industrieschmierstoffe, Additive“ wurden die in einem Verbundvorhaben erzielten Ergebnisse zur chemokatalytischen Synthese von maßgeschneiderten neuartigen Molekülstrukturen zum Einsatz als Basisöle für biologisch abbaubare und hydrolysebeständige Industrieschmierstoffe vorgestellt. Einen weiteren Beitrag lieferten die sehr guten Ergebnisse der Verbundvorhaben zur Erforschung und Erprobung biobasierter Schmierstoffadditive aus Inhaltsstoffen von Algen oder aus Proteinmodifikationen landwirtschaftlicher Reststoffe oder aus Reststoffen der Lebensmittelverarbeitung.

Im Themenblock „Hydrauliköle, Schmierfette, Verdicker“ wurden die Ergebnisse eines Verbundvorhabens zur Weiterentwicklung eines neuartigen Hydraulikfluids auf Basis von Glycerin und Chitosan für die Erprobung im Praxiseinsatz in mobilen Hydraulikanlagen vorgestellt. Eindrucksvolle Beiträge zur Entwicklung von biobasierten Verdickern insbesondere zur Herstellung von biobasierten Schmierfetten lieferten die Ergebnisse der Verbundvorhaben zur chemokatalytischen Synthese maßgeschneiderter Polymere und der biochemischen Synthese von Polyhydroxyalkanoaten sowie deren Untersuchungen zum Einsatz als Verdickungs- und Bindemittel in Schmierstoffen.

Bei der Tagung wurde deutlich, dass neben dem klassischen Einsatz von Pflanzenölderivaten verstärkt auch der Einsatz von Reststoffen aus der Verarbeitung von Ölsaaten und Pflanzenölen oder von Schlachtabfällen als Rohstoffquelle zur Herstellung neuer Grundflüssigkeiten und neuer Additive für innovative Bioschmierstoffe erforscht wird. Schlachtabfälle, Altfette, Glycerin, Chitin und Cellulose fallen als Reststoffe bei der Verarbeitung biogener Rohstoffe an und stehen als kostengünstige Grundstoffe zur Herstellung von Basisflüssigkeiten bspw. zur Herstellung von Hydraulik- und Getriebeölen sowie Kühlschmierstoffen oder als Verdicker für Schmierfette zur Verfügung.

Neben den auf der Tagung vorgestellten Forschungsvorhaben des BMEL und BMBF fördert das BMEL auch den Einsatz von Bioschmierstoffen. Im vorliegenden Tagungsband wird auch das Projekt NOEBIO – Biobasierte Schmier- und Verfahrensstoffe in der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung – Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen vorgestellt. Hier werden für Beschaffungsverantwortliche des öffentlichen Sektors Unterstützungsangebote erarbeitet, die den Einkauf von Bioschmierstoffen erleichtern, so dass diese Produkte verstärkt in öffentlichen Ausschreibungen berücksichtigt werden.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Artikelnummer 1.148
mediathek.fnr.de
FNR 2021

