
Technische Nutzung von Pflanzenölen – weiteres Themengebiet zur Etablierung von Wertschöpfungsketten mit Hanf

Hochschule Merseburg und Hanf

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Bendix

▷ Campus Merseburg



▷ **Hochschulstadt Merseburg 1**

- **1954 gegründeter Campus - strategisch gut gelegen**
- **Areal ohne störendes Beiwerk, erweiterungsfähig**
- **kurze Wege**
zwischen Wohnheim - Hörsaal - Praktikum - Mensa
- **Gebäude: frei von Betonkrebs (Bausünden der 70´ Jahre)**
historischer Beklemmung
- **nah am Ortskern einer Kleinstadt**
- **geringe Entfernung zur Großstadt Leipzig**
- **Nähe zu Industrieunternehmen mit fachlichen Bezügen**
- **Entscheidungsträger mit biographischen Bezügen**
- **Historisch begründetes Renommee**
Chemie, Verfahrenstechnik, Kunststoffe, Maschinenbau

▷ **Chemiestandort Merseburg 1**

- 1916 Chemiestandort Leuna – Ammoniakwerk
 - 1923 Methanolsynthese – synthetische Treibstoffe
 - 1938 Caprolactam zur Erzeugung von Perlon (Kunstfaser)
 - 1954 Technische Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg
 -
 - **Aktuell 1: „grüne Kraftstoffe“**
- ReFuelEU Aviation (nachhaltiger Flugkraftstoff - SAF): 25.04.2023 EU;
 Mindestbeimischung: 2025–2%, 2030–6%, 2035–20%, 2040–34%, 2050–70%
- Flughafen Leipzig/Halle: NetZeroLEJ
- Zentrum für die Produktion und den Einsatz nachhaltiger Flugkraftstoffe
- Böhlen – Lippendorf:
- HyKero-Anlage: bp, EDL, Johnson Matthey; Fischer Tropsch Synthese, 50.000t/Jahr;
- Leuna
- Leuna 100 Herstellung grünen Methanols für die Schiff- und Luftfahrt
 C1 Green Chemicals, CreativeQuantum, Leibniz-Institut für Katalyse e. V. (LIKAT), ...
- Technologieplattform (DLR federführend) **Power-to-Liquid-Kraftstoffe**

▷ **Chemiestandort Merseburg 2**

- **1916 Chemiestandort Leuna – Ammoniakwerk**

- **Aktuell 2: „grüner Wasserstoff“**
- **Hydrogen Lab Leuna: Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES**
- **„Hydrogen Competence Hub“ - ein zentraler Hub für Aus- und Weiterbildung (Hochschule Merseburg, Otto-von-Guericke-Universität, Hochschule Anhalt)**

- **Aktuell 3: „grüne Biorohstoff“**
- **UPM: Bioraffinerie (Produktionsstart 2024, 550Mio €)**
Laubholz zu Monoethylen- und –propylenglykole + ...
- **Digitalisierung pflanzlicher Wertschöpfungsketten (DiP)**
klimaresiliente Pflanzenbausysteme
stofflich-chemischen Verwertung von Pflanzen

- **Aktuell 4: „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft“**
- **Center for the Transformation of Chemistry**

▷ **Hochschulstadt Merseburg 2**

- 1954 Technische Hochschule für Chemie Leuna-Merseburg
- 1964 Technische Hochschule für Chemie „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg
- 1975 Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg (THLM)
- 1992 Fachhochschule Merseburg – 1993 Aufhebung der THLM,
- 2004 Hochschule Merseburg
- Ab 2024 Ansiedlung Großforschungszentrum
Center for the Transformation of Chemistry (CTC), bis 2038 300 Arbeitsplätze

Die Hochschule Merseburg ist das Zentrum für angewandte Wissenschaften im Süden Sachsen-Anhalts.

Ingenieur- und Naturwissenschaften



Wirtschaftswissenschaften und Informationswissenschaften

**Soziale Arbeit.
Medien. Kultur**

▷ Studiengänge in Merseburg

FACHBEREICH	BACHELORSTUDIENGÄNGE	MASTERSTUDIENGÄNGE
Ingenieur- und Naturwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • angewandte Chemie • Chemie- und Umwelttechnik • Maschinenbau (Mechatronik / Physik- / Kunststofftechnik) • Wirtschaftsingenieurwesen (dual) • Engineering and Management • angewandte Informatik • Elektrotechnik und Automatisierungstechnik • Technisches Informationsdesign • Ingenieurpädagogik • Green Engineering Gest. nachhalt. Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige Verfahrenstechnik und Chemie • Maschinenbau • Polymer Materials Science • Automatisierungstechnik und Informatik
Wirtschaftswissenschaften und Informationswissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftslehre • Wirtschaftsingenieurwesen (Management) • Wirtschaftsinformatik • berufsbegleitend Betriebswirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Projektmanagement • Controlling und Management • Informationsdesign und Medienmanagement • Wirtschaftsinformatik • Wirtschaftsingenieurwesen
Soziale Arbeit. Medien. Kultur	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur- und Medienpädagogik • Soziale Arbeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Angewandte Medien- und Kulturwissenschaften • systematische soziale Arbeit • Sexologie • Angewandte Sexualwissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Bendix

HS Merseburg, Raum: Hg/C/3/05, Tel.: 49 3461 462021

E-Mail: dietmar.bendix@hs-merseburg.de

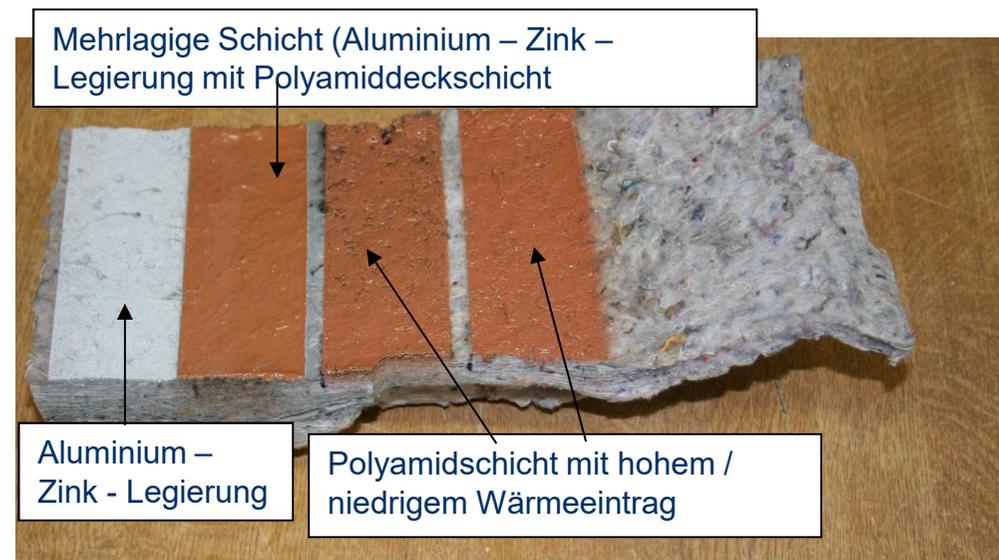
seit 2009	Hochschule Merseburg , Lehrbeauftragter / Professor für Energietechnik Fachhochschule Jena, Vertretungsprofessor / Lehrbeauftragter
2008 – 2009	bioenergy systems GmbH – Geschäftsführer
2004 – 2007	ATZ Entwicklungszentrum – Abteilungsleiter Werkstofftechnik
1997 – 2004	Institut für Umweltschutz- und Entsorgungstechnik (USET e.V.) wissenschaftlicher Mitarbeiter
2003 - 2004	T & M ENGINEERING GmbH / Consult
2002 - 2003	BHF Verfahrenstechnik GmbH
2001 - 2002	university of Minnesota
2001	Martin - Luther - Universität Halle – Wittenberg

Ausbildung

1999	Dr. – Ing. Verfahrenstechnik
1990 - 1997	Studium der Verfahrenstechnik Technische Hochschule Merseburg / Martin - Luther - Universität Halle – Wittenberg

▷ Hanf – ein ewiges Thema – eigener Kontakt

- 1999 – 2002 Substitution von Glasfasern in Spritzgießteilen durch Pflanzenfasern (DBU):
Prof. Diepenbrock (Heinrich Rennebaum) Anbau Hanf;
Prof. Hebecker (Dietmar Bendix) thermische Verarbeitung
- 2005 Hanffaser für Fahrzeuginnenverkleidungen, Erhaltung des Bitterstoffes (gleichen botanischen Familie [Cannabaceae] wie Hopfen, Versuche als Hopfenersatz im Bier) – Verringerung von Marderschäden



▷ Hanf – ein ewiges Thema

- Beschreibung als Heilmittel (Malaria, Rheuma) China 2800v.C.
- Funde in Europa: Eisenberg ca. 5500 Jahre alt
- Hanfpapier, Hanfgewebe, Hanfsehnen (Waffen)
- Landwirtschaftspolitik im nationalsozialistischen Deutschland (Vervierfachung der Produktion)
- Harry J. Anslinger: Anti – Cannabis – Kampagnen (1937 Rassismus, Konkurrenz zu Kunstfasern, 1961 Einheitsabkommen über die Betäubungsmittel)
- Anzeigepflicht des Anbaus von Nutzhanf in Europa (52 Hanfsorten gestattet)
- Medizinalhanf, Leuna, Aurora (Göttin der Morgenröte)

HANF & dessen vielfältige NUTZUNG



Hanfblätter

- besonders saugfähig
- reduzieren den Ausstoß von Kohlendioxid und produzieren neuen Sauerstoff
- die hohe Dichte des Laubs verhindert Unkrautbildung

LEBENSMITTEL

Tees und Öle; werden gerne zum Backen und Kochen verwendet

KOSMETIKA & MEDIZIN

Öle, Samen, Medikamente, Cremes, Seifen, Kosmetika



Hanfwurzeln

- sorgen aufgrund ihrer Beschaffenheit für gute Belüftung des Bodens
- fügen dem Boden organische Nährstoffe zu und steigern somit zukünftige Ernteerträge

MEDIZIN

zur natürlichen Behandlung von Fieber, Neurodermitis und Magenleiden

HAUS & GARTEN

als Tierstreu, Kompost oder Milch, sowie zur Unterstützung des ökologischen Gleichgewichts im Beet



Hanfblüten

- Wirkstoffe (Cannabinoide) finden bei verschiedenen medizinischen Krankheitsbildern ihre Anwendung
- Hauptwirkstoffe sind Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) und Cannabidiol (CBD)
- haben eine starke antiemetische (Brechreiz lindernde), sowie appetitanregende Wirkung

SCHMERZTHERAPIE

Multiple Sklerose, Chronisches Schmerzsyndrom

PSYCHIATRIE

Schlafstörungen, Angststörungen, AIDS, Bipolare Störungen, Psychosen, Epilepsie, Depressionen

ONKOLOGIE

schmerzlindernd bei Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen oder Kachexie

SONSTIGE MEDIZIN

AIDS, Autoimmunerkrankungen wie Morbus Chron etc.

Hanfsamen



- enthalten hohe Mengen an gesunden Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren
- sind besonders proteinhaltig
- reduzieren das Risiko von Herz-Kreislauferkrankungen, Diabetes & Osteoporose

LEBENSMITTEL

Hanföl, Samenherzen, Brot, Nahrungsergänzungen, Bier etc.

PFLEGEPRODUKTE

Shampoos, Seifen, Lotionen, Kosmetika, Balsame

INDUSTRIE

Farben, Lacke, Tinte, Treibstoffe, Lösungsmittel etc.

MEDIZIN

Öle, Medikamente



Hanffasern

- sind langlebiger als Fasern aus Baumwolle
- verfügen über natürliche antimikrobielle Eigenschaften
- weniger anfällig für Schimmel- oder Bakterienbefall

PAPIERINDUSTRIE

Druckerpapier, Zeitungen, Kartonagen, Zigarettenpapier

TEXTILINDUSTRIE

Säcke, Seile und Schnüre, Netze, Segeltücher, Stoffe, Kleidung und Schuhe, Windeln etc.

AUTOINDUSTRIE

Kunststoffe der Türinnen- und Kofferraumverkleidung

SONSTIGES

Dämmstoff für den Hausbau, Abdichtungen und Isolierungen, Komposte

Quelle: © 2021 hanf-magazin.com

▷ Hanf – Hochschule Merseburg bisher

- Bioenergie Plus (Unternehmen Revier 2019 – 2021)
- Backwaren mit Hanf (Sommerwerk / Landesinnungsverband Bäckerhandwerk SA)
- „Langer Tag des Hanfes“ (19.10.2019)
- „Baufachtagung Industrienutzhanf“ (17.12.2019)
- Online-Tagung, 03.12.2020, Hochschule Merseburg
Frische Perspektiven auf den neuen Strukturwandel in der Metropolregion
Mitteldeutschland - Modellregionen etablieren und Wertschöpfungsketten stärken



▷ Hanf – Ziel- und Nebenprodukte

➤ Medizinalhanf:

– hohe Wertschöpfung mit Zielprodukt,
geringe Menge an Nebenprodukten

➤ Nahrungsmittel / Körperpflege: Öl, Blätter, Proteine

NP: Faser, Schäbe – geringe Menge durch Sortenwahl

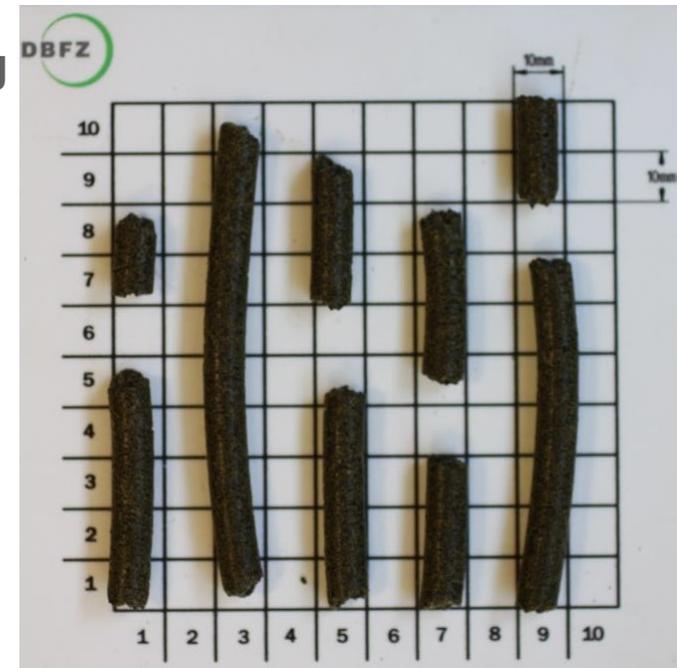
➤ Baustoffe: Faser / Schäbe - große Mengen

NP: Öl (geringere Qualität, geringer Erlös bei
Vermarktung als Nahrungsmittel),

Presskuchen: Futtermittel / energetische Nutzung



Hanfpellets als
Regelbrennstoff:
SO₂, NO_x Emission;
Asche/Schlacke



▷ Hanföl als Treibstoff 1

➤ Physikalisch – chemische Eigenschaften von Hanföl

Kenngröße	Angegebene Werte	Einheit	Literaturstelle
Dichte bei 15 °C	0,924 – 0,932	kg/dm ³	[3][5][6][7][12]
Flammpunkt	308	°C	[7]
Heizwert	36200 - 37100	kJ/kg	[3][6][7]
Kinematische Viskosität bei 40 °C	27,4 - 29,3	mm ² /s	[6][7]
Cetanzahl	39,5	-	[7]
Koksrückstand	0,51 - 0,6	Masse-%	[6][7]
Jodzahl	140 - 175	g Jod/100 g	[5][6][7][8][9][12]
Aschegehalt	0,010 – 0,011	Masse-%	[6][7]
Schwefelgehalt	< 0,5	mg/kg	[7]
Verseifungszahl	190 - 193	mg KOH/g	[5][8][12]
Unverseifbares	0,5 – 1	%	[5][8][9]
Erstarrungspunkt	-15 bis -27	°C	[5][9]

Quelle: Emberger et al.; Prüfung von Hanföl

hinsichtlich seiner Eignung als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Motoren, Straubing 2007

▷ Hanföl als Treibstoff 2

- Fettsäurezusammensetzung Hanföl im Vergleich zu Rapsöl
- 70..80% Linol- / Linolensäure; reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren
schnelltrocknendes Öl (wie Leinöl)

Fettsäure	Anteil in Gew.-% am Gesamtfettsäuregehalt	
	Hanföl [13][14][15]	Rapsöl (mit geringem Erucasäuregehalt) [4]
C 16:0 Palmitinsäure	3,2 – 6,6	2,5 – 7,0
C 18:0 Stearinsäure	1,6 – 3,2	0,8 – 3,0
C 18:1 Ölsäure	8,2 – 14,6	51,0 – 70,0
C 18:2 Linolsäure	54,8 – 59,6	15,0 – 30,0
C 18:3 Linolensäure	17,3 – 27,1	5,0 – 14,0
C 20:0 Arachidinsäure	0,6 – 1,6	0,2 – 1,2
C 20:1 Eicosensäure	1,0 – 1,5	0,1 – 4,3

Quelle: Emberger et al.; Prüfung von Hanföl

hinsichtlich seiner Eignung als Kraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren, Straubing 2007

▷ Hanföl als Treibstoff 3

➤ Hanfölproben

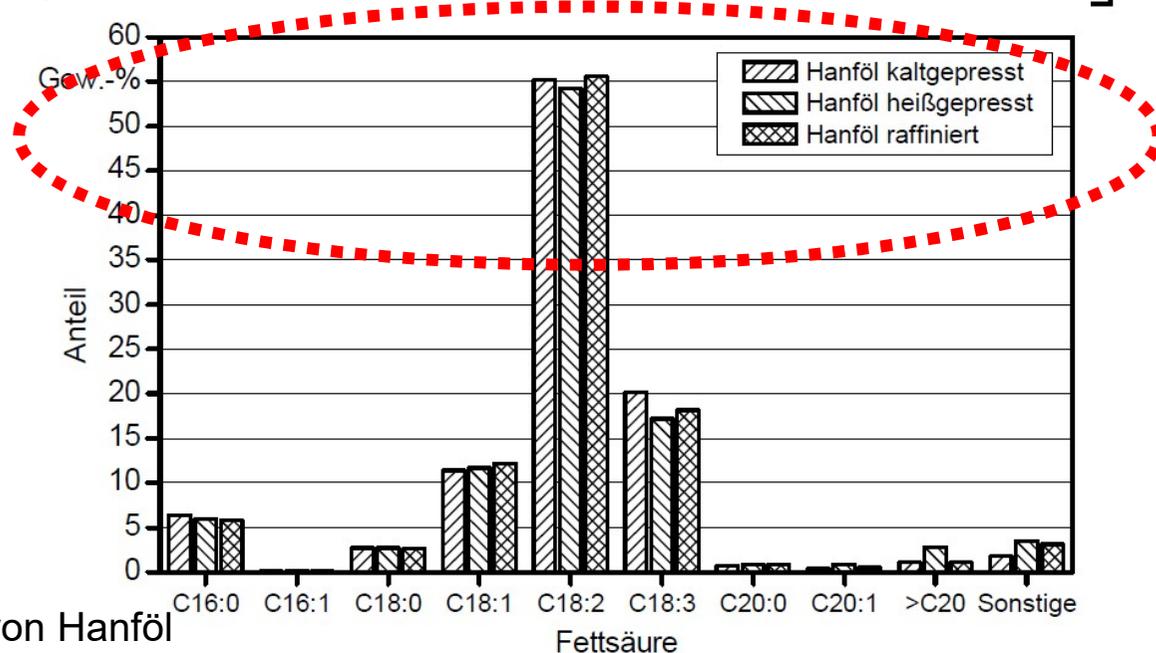
➤ weitere Einflussgrößen:
Hanfsorte, Anbaudichte,
Erntezeitpunkt,
Ernteart / Notreife
Feldröste, Schälungsart

➤ Fettsäureverteilung (EN 14103)

geringe Unterschiede

Hoffnung auf einen
quasihomogenen
Ausgangsstoff

	Hanföl kaltgepresst	Hanföl heißgepresst	Hanföl raffiniert
Herstellungsart	Kaltpressung Filtration	Heißpressung Filtration	Kaltpressung Filtration Raffination: Neutralisation Bleichung Desodorierung
Herstellungsort	unbekannt	unbekannt	England
Herstellungsdatum	September 2006	Dezember 2005	unbekannt
Lagerungsbedingungen	Luftdicht unter Stickstoffatmosphäre bei 8 bis 10 °C Lagerungstemperatur	Luftdicht unter Stickstoffatmosphäre bei 8 bis 10 °C Lagerungstemperatur	unbekannt



Quelle: Emberger et al.; Prüfung von Hanföl

hinsichtlich seiner Eignung als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Motoren, Straubing 2007

▷ **Hanföl als Treibstoff 4**

- Hoher Gehalt an Sauerstoff bei Pflanzenölen:
geringerer Heizwert, Korrosionsprobleme, Emissionswerte
- derzeit Hydrierung zur Erreichung von Dieselkraftstoffqualität
(seit 01.04.2024 marktverfügbar:
Paraffinischer Diesel HVO – Hydrotreated Vegetable Oils)
- keine Marktchance für Hanföl bei HVO:
zu geringe Mengen,
zu geringe Wertschöpfung (Preis etwa 0,15€/l mehr als „normaler“ Diesel,
unabhängig von der Pflanzenölarart; Rapsöl: 1€/kg, Hanföl ab 4€/kg)

	Kohlenstoff in Gew.-%	Wasserstoff in Gew.-%	Sauerstoff in Gew.-%	Stickstoff in Gew.-%
Hanföl raffiniert	77,7	11,3	11,0	< 0,005
Rapsölkraftstoff ¹	77,4	11,9	10,7	< 0,011
Diesekraftstoff ¹	86,0	13,6	0,4	0,050

Quelle: Emberger et al.; Prüfung von Hanföl
hinsichtlich seiner Eignung als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Motoren, Straubing 2007

▷ Hanföl als Bioschmierstoff 1

➤ Bioschmierstoff – Förderprogramm FNR 2019 – 2023 (technische Bioöle 2012)
Erfahrungen – erkennbare Lücke – bisher keine Hanfprodukte integriert

➤ Ansatzpunkt: Kältetauglichkeit aufgrund der Fettsäurezusammensetzung

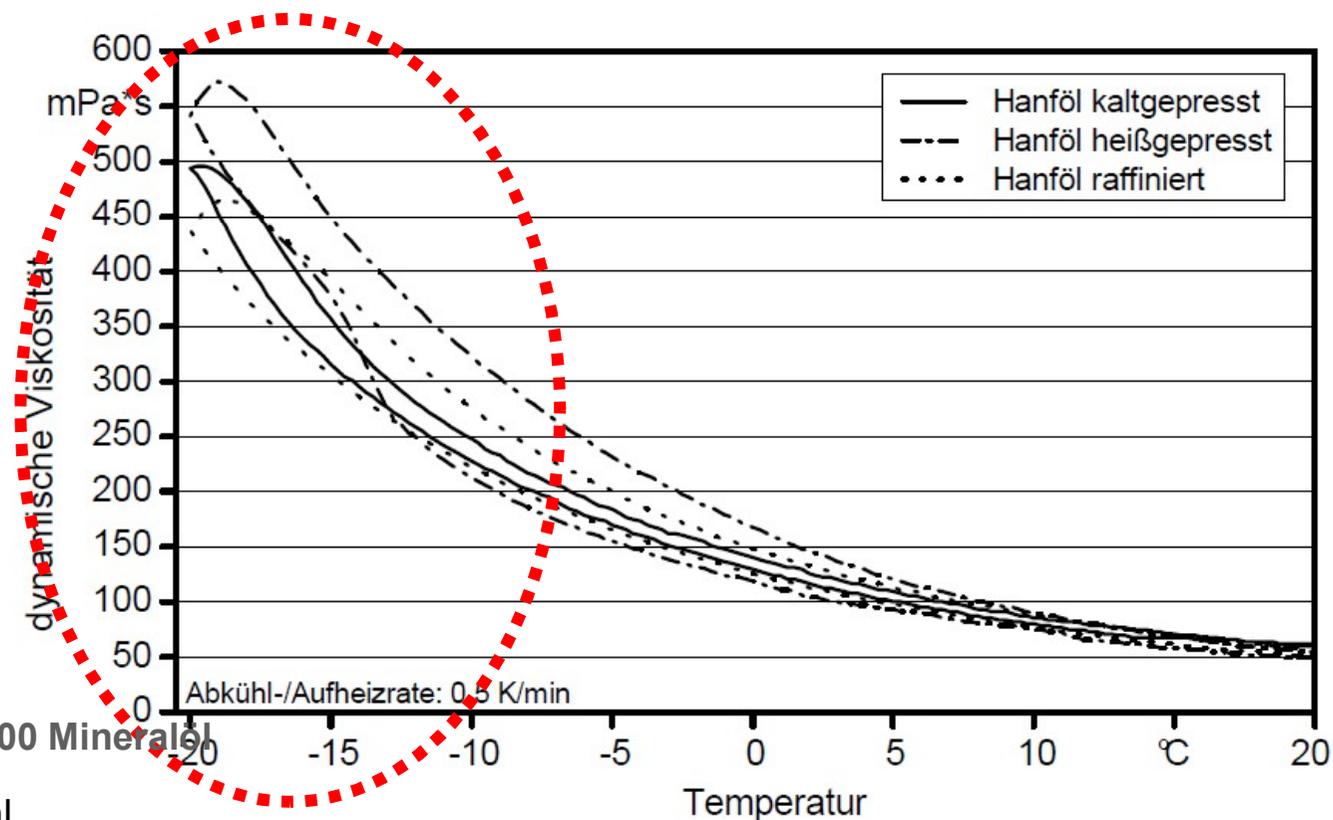
Abnahme der
Viskosität mit
steigender Anzahl
an Doppel-
bindungen im
Triglycerid
[Bockisch 1993]

➤ Viskositätsindex

Viskositätsänderung
mit der Temperatur

Bioschmierstoffe

mit rund 200 versus 100 Mineralöl



Quelle: Emberger et al

hinsichtlich seiner Eignung als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Motoren, Straubing 2007

▷ Hanföl als Bioschmierstoff 2

- Reibungsminimierung, Temperierung, Verschmutzungsentfernung, Kraftübertragung, Trennmittel
- Schmieröle und Druckflüssigkeiten: Grundöl + Additive
- Schmierfette: Öl + Verdicker (schwammartige Struktur) + Additive
- Vorteile Bioschmierstoff (im Vergleich zu mineralölbasierten Produkten):

Verschleißschutzeigenschaften

niedriger Stockpunkt

➤ Native Pflanzenöl:

-10...70°C,

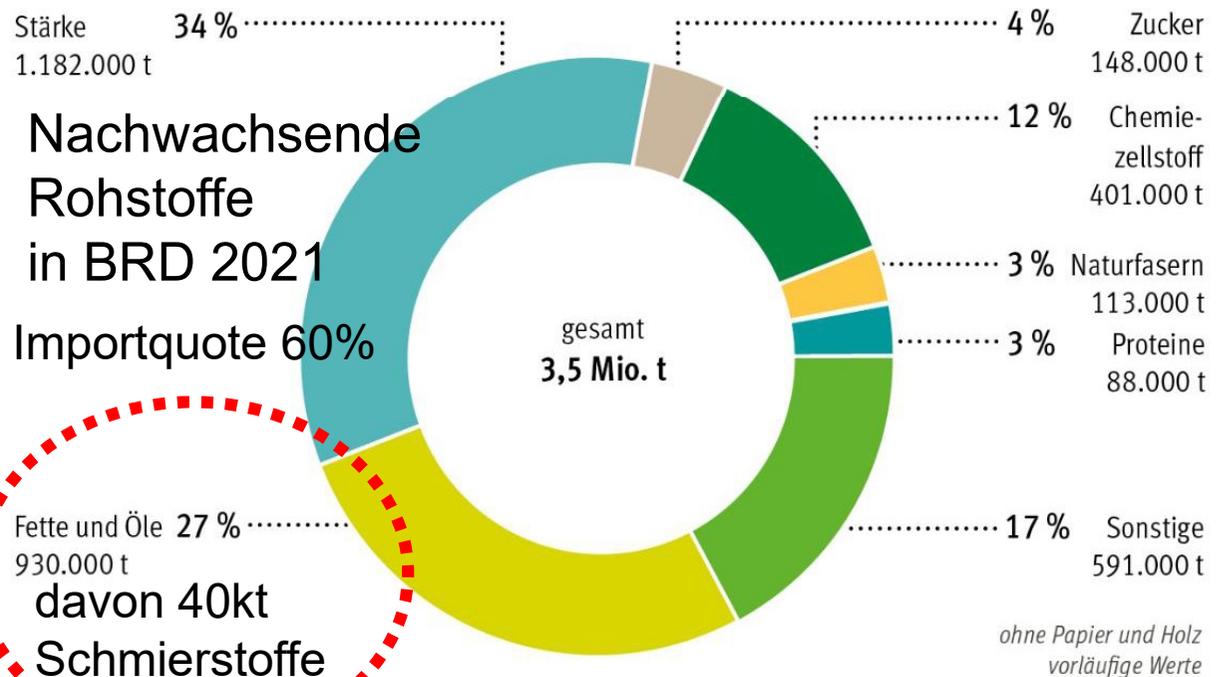
höhere Wasserlöslichkeit, Abbaubarkeit

➤ Pflanzenölbasierte synthetische Ester, quasi nicht wasserlöslich

wasserlöslich

➤ <https://bioschmierstoffe.fnr.de/>

Quelle: FNR (2023)



Quelle: FNR, BMEL (2023)
© FNR 2023

▷ **Hanföl als Bioschmierstoff - Zielanwendung**

Nachrangig (derzeit nicht Zielanwendung):

- **Multifunktionsöle für Landmaschinen – Spezialmarkt nachrangig**
- **Metallbearbeitungsöle – Korrosion**
insbesondere mikrobiologisch induzierte Korrosion
- **Getriebe- und Motorenöle - Massenmarkt**

Vorrangige Zielanwendung -

- **Verlustschmierstoffe (Kettensäge / Sägegatter, Spurkranz, Fahrradkette, Kugellager, Drahtseile) –**

- **Schalöle (Trennmittel für wiederverwendbare Schalung im Erdbau)**

Bioschmierstoffe etabliert – Vorteil Niedertemperaturanwendung / Entmischung

Spätere Zielanwendungen

- **Hydraulikflüssigkeit – Massenmarkt,**

Nische: land- / forstwirtschaftlicher Einsatz

– Verluste bei Maschinenwechsel / Schlauchplatzer

- **Lebensmittelverträgliche Schmierstoffe**

(lebensmittelrechtliche Zulassung)

▷ **Hanföl als Bioschmierstoff - Grundöl**

- **Screening aktuell verfügbarer Hanföle:**
Sorten, Anbauvarianten, Anbauort, Verarbeitung
Hauptbestandteile (Fettsäureverteilung)
physikalische Eigenschaften (Viskosität, Haftung, Schmierfilm)
Alterungsverhalten
(Entmischung, Hydrolyse, Polymerisation, Cracken, Oxidation bei
Scherung / Verunreinigung (Katalysatorwirkung) / Wärme / Druck / Strahlung)
- **Beeinflussbarkeit der Eigenschaften**
katalytische Hydrierung (Säuregruppe entfernen, Doppelbindung erhalten)
Veresterung

▷ **Hanföl als Bioschmierstoff - Verdicker**

- Schwammartige Struktur, Abgabe des Grundöls bei Druckeinwirkung
- Marktüblich: Seifen, Silika, PTFE, Bentonite, Harnstoff / Polyharnstoffe
- Biobasiert: Polyharnstoffe, Polyester, Polyamide

- Idee: Pflanzeigener Stoff als Verdicker (Festschmierstoff Graphit)
Pyrolyseruß (Pyrolysekoks) aus Presskuchen

- MOLYKOTE® 41 Lagerfett für extrem hohe Temperaturen NLGI-Klasse 2 - Fett auf Silikonbasis mit einer Grundölviskosität von 375 cSt bei 40 °C, **mit Ruß eingedickt**, ohne Festschmierstoffe

Quelle: Vafaei et al.; RWTH Aachen / TU Dortmund; biobasierte Verdickersysteme 2023

▷ **Hanföl als Bioschmierstoff - Partner**

- **Leitung des Konsortiums: Hochschule Merseburg**
- **Antragsteller, Koordination der Teilbereiche, Hanfölscreening**

- **Hanfanbau:**
 - MLU (Prof. J. Macholdt, Heinrich Rennebaum,): „Digitalisierungen im QM der Nutzhanf-Wertschöpfungskette“ (Q-Hanf)**
 - Julius Kühn Institut Quedlinburg: Faserhanf Projekt mit Uruguay (komplette THC Freigabe)**

- **Analytik:**

- **Eignung als Schmierstoff:**

- **Dachorganisationen:**
 - Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP)**