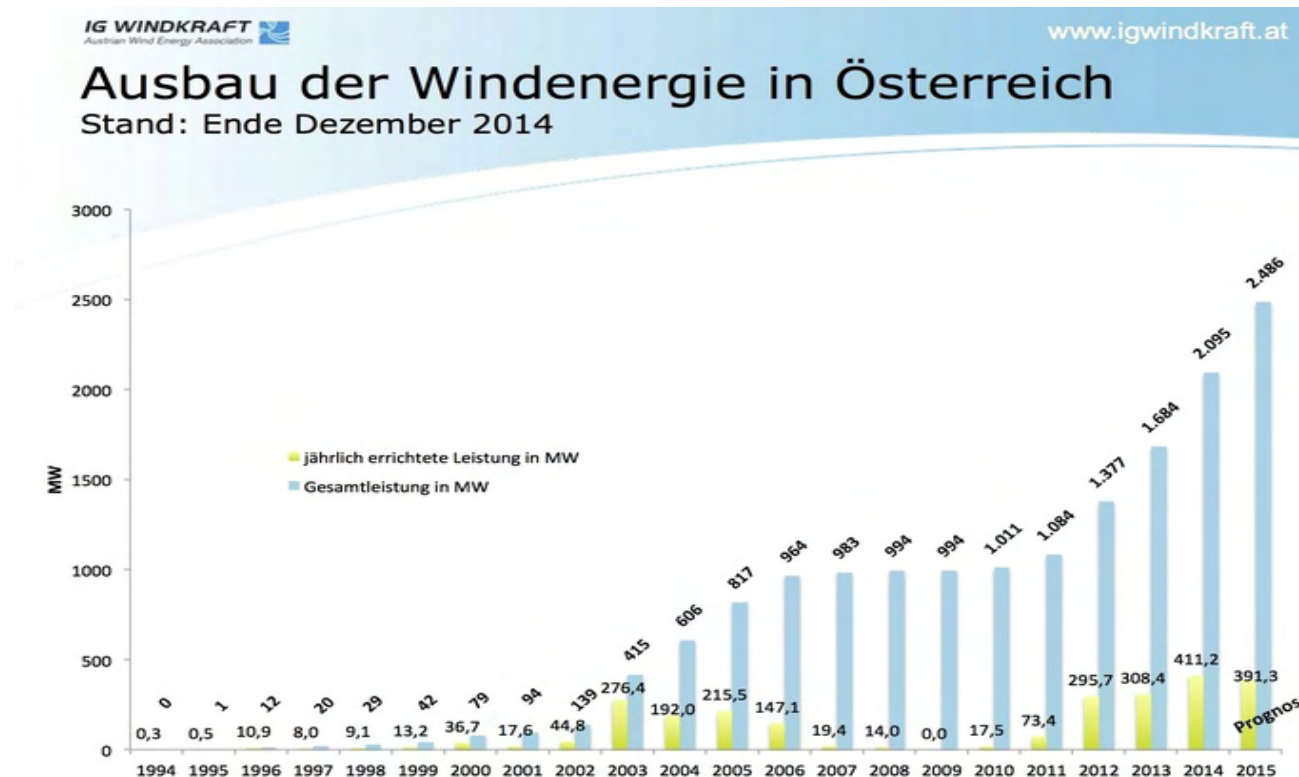


Green2Green – Entwicklung von Verbundwerkstoffen
aus Hanf als alleinige Rohstoffquelle (*Green
Composites*) für Strukturbauteile von *Green Energy-
Kleinwindkraftanlagen (KWKA)*

DI Günter Wuzella

Produktion der Zukunft - Stakeholderdialog Biobased Industry
Wien, 16. Nov. 2015

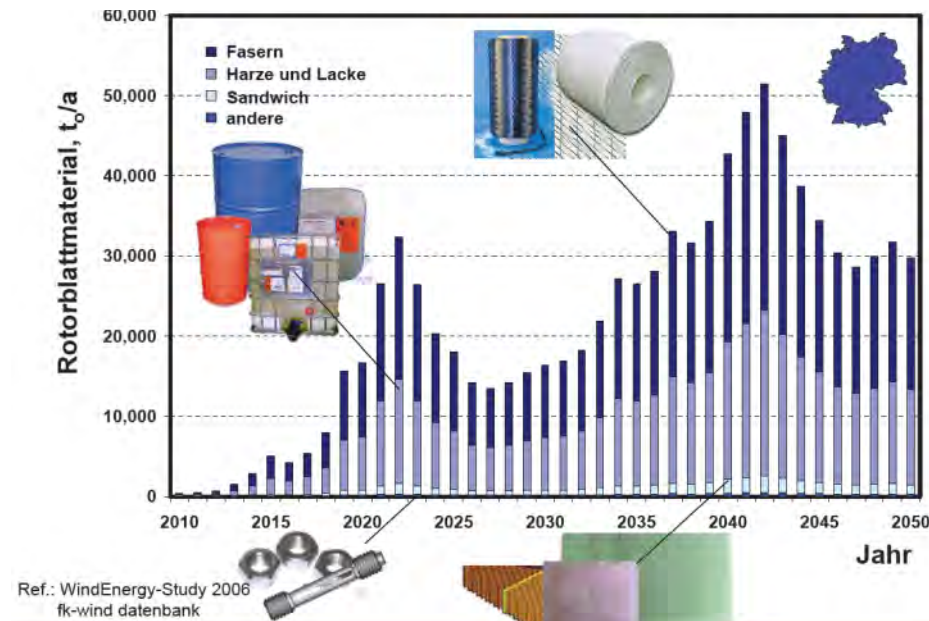
Die Motivation für das Projekt 1/2



- Bis zum Jahr 2020 sollen 20 Prozent der in der EU verbrauchten Energie mit erneuerbaren Energien bereitgestellt werden.
- Auch Österreich liefert dazu seinen Beitrag und will im eigenen Land den Anteil der erneuerbaren Energien auf 34 Prozent erhöhen. Windkraft spielt dabei eine wesentliche Rolle.

Die Motivation für das Projekt 2/2

Prognostizierte Rotorblattmaterial-Abfallmenge in Deutschland



- Weltweiter Ausbau der Windkraft → Enorme Mengen an ökologisch bedenklichen faserverstärkten Kunststoffen (vorw. GFK, z.T. CFK), die in Anlagen verarbeitet sind
- Das damit verbundene Problem in Hinblick auf Verwertung am *End-of-Life* einer Anlage (nach 20-25 Jahren) zeigt eine Studie zur Verwertung von FVK [1]
- **Werkstoffe aus nachwachsende Rohstoffen bieten einen Lösungsweg**, aber nur dann, wenn damit auch alle technischen Anforderungen erfüllt werden

[1] Brahms T, Kühne U, Greiner S, Albers H (2007). Machbarkeitsstudie zur Verwertung von Faserverbundwerkstoffen. Gefördert durch das Land Bremen aus dem Ökologiefonds / Förderprogramm. Von: Angewandte Umweltforschung Forschungs-und Koordinierungsstelle Windenergie (fk-wind) & Institut für Umwelt und Biotechnik, Hochschule Bremen, präsentiert am 6. Forschungsworkshop Windenergie, Hochschule Bremerhaven, 24.04.2007.

Ökologische Vorteile von Pflanzen nutzen

- Grundsätzlich haben nachwachsende (pflanzliche) Rohstoffe wie bspw. von der Hanfpflanze eine günstige Ökobilanz
- Für Hanf und Flachs ist die CO₂-Bindung = 16 Tonnen CO₂ / ha Anbaufläche [2] → verarbeitet bleibt dieses CO₂ weiter im Produkt gebunden, und zwar umso länger je länger die Gebrauchsdauer ist
- CO₂-Fußabdruck ist klein, sofern Anbau naturnah und regional erfolgt
- Keine kritischen Abfälle – Bestenfalls können mehrere Teile einer Pflanze verwertet werden
- Möglichkeiten am Ende der Gebrauchsdauer
 - stofflich wiederverwerten – z. B. als Rezyklat
 - biologisch abbauen
 - thermisch verwerten – unproblematisch, weil weitgehend CO₂-neutral

Warum Hanf?

- Gedeiht gut in Österreich – Jedes Jahr eine Ernte
- Anbau auch auf Brachflächen und in Wasserschutzgebieten möglich → Erschließung neuer Flächen für die Landwirtschaft, hochqualitative Böden bleiben der Nahrungsmittelproduktion vorbehalten
- Eine Düngung ist nicht erforderlich
- Sowohl die Fasern als auch das Öl sind für technische Zwecke einsetzbar
- Im Gegensatz zu anderen Ölen wie Raps-, Lein- oder Sonnenblumenöl stellt Hanföl nur ein Nischenprodukt in der Lebensmittelindustrie dar → es besteht keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion

Konsortium - Komplette Wertschöpfungskette



➤ **WZ-Bau & Verarbeitungsversuche**

✓ Green Energy-
KWKA-Testbauteil



- ✓ Testpyramide
- ✓ Rapid Prototyping
- ✓ Bauteilauslegung
- ✓ Ökoeffizienzanalyse



VERARBEITUNG VON
VERBUNDWERKSTOFFEN



WERKSTOFFKUNDE UND
PRÜFUNG DER KUNSTSTOFFE

➤ **Werkstoffprüfung**

- ✓ Grundwerkstoff, Einzelschicht, Laminat, Bauteilkomponente



➤ **Faseraufbereitung (extern)**

- ✓ verspinnbare Fasern
- ✓ Hanfgarn



➤ **Garn weben (extern)**

- ✓ Technische Gewebe aus Hanfgarn



➤ **Harzsynthese & Gewebe**

- ✓ Reaktive Harze aus Öl
- ✓ Stroh → Garn → Gewebe
- ✓ Laminat



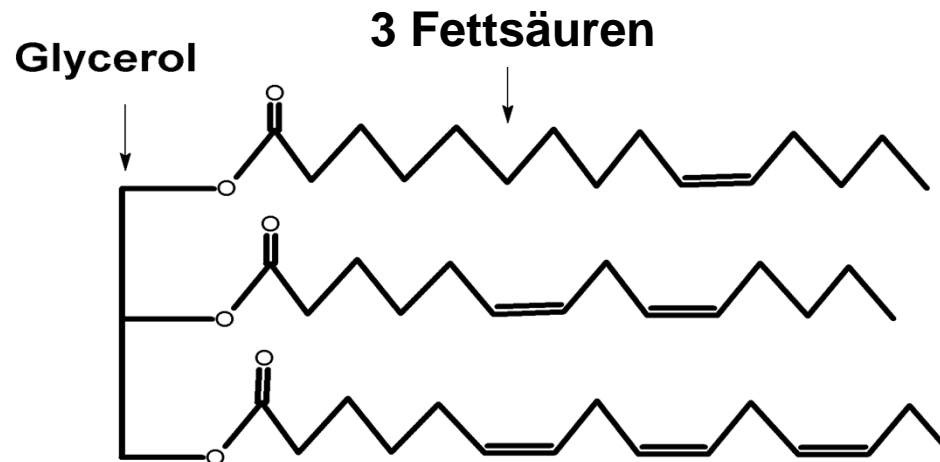
➤ **Hanf-Anbau & -Ernte**

- ✓ Hanfstroh
- ✓ Hanfsamen + Öl




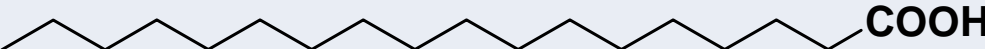
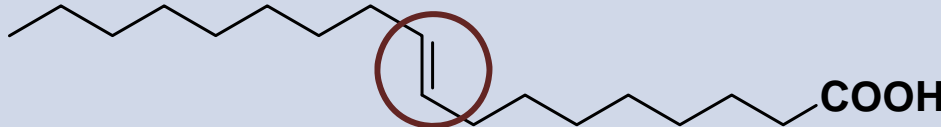
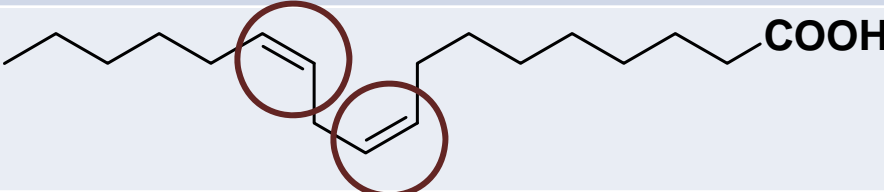
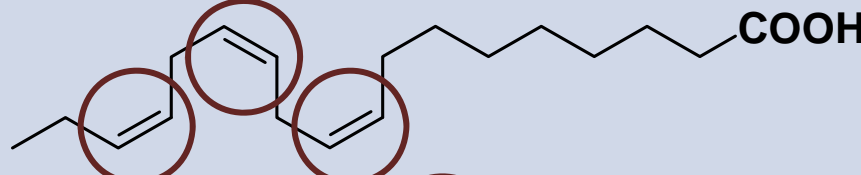
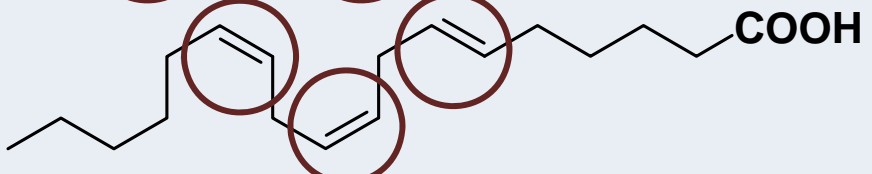
Potential von Pflanzenölen für die Synthese von Biopolymeren

- Pflanzenöle (u. a. Hanfsamenöl) sind eine Mischung verschiedenster Triglycerid-Moleküle, die aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerol bestehen, der über die Hydroxygruppen dreifach mit (in der Regel verschiedenen) Fettsäuren verestert ist.



- Fettsäuren unterscheiden sich durch die Anzahl der C-Atome (Kettenlänge) sowie der Anzahl und Position von Doppelbindungen (DB) = ungesättigte Fettsäuren → Pflanzenöle mit günstiger DB-Charakteristik lassen sich mittels chemischer bzw. chemoenzymatischer Modifikation in vernetzende Moleküle umwandeln (Epoxidierung, Acrylierung, Hydroxylierung, Maleinierung, ...)

Chemische Zusammensetzung von Hanfsamenöl (HSO)

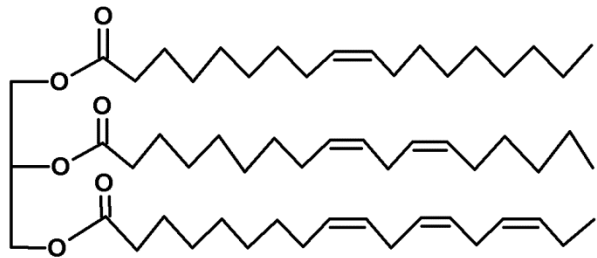
Fettsäuren (gesättigt bzw. ungesättigt) (aus Tab. 2 in Deferne & Pate 1996)	Öl-Gewichts-%	
<p>Palmitic Acid (C16:0)</p>		<p>6 – 9</p>
<p>Stearic Acid (C18:0)</p>		<p>2 - 3</p>
<p>Oleic Acid (C18:1, c9 omega-9)</p>		<p>10 – 16</p>
<p>Linoleic Acid (C18:2, c9,12 omega-6)</p>		<p>50 – 70</p>
<p>alpha-Linolenic Acid (C-18:3, c9,12,15 omega-3)</p>		<p>15 – 25</p>
<p>gamma-Linolenic Acid (C-18:3, c6,9,12)</p>		<p>1 - 6</p>

Eigener Anbau und Ernte

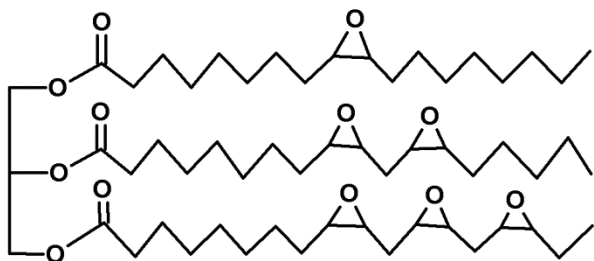
- Hanfsorte: *Fedora-17*
- Aussaat im Frühjahr: 25 kg/ha auf 2 ha (Friedersbach/NÖ)
- Ernte im Herbst:
 - Pflanzen ca. 3 m hoch
 - 1.600 kg Hanfsamen
 - Mit Scheibenmähwerk abgemäht, nach Feldtrocknung von 15 Tagen wurden 3 to Stroh zu Rundballen gepresst
- Aus Hanfsamen wurde Öl gepresst → Rohstoff für ein bio-basiertes Epoxidharz
- Hanfstroh wurde geschnitten → Rohstoff für bio-basierte Faserverstärkung



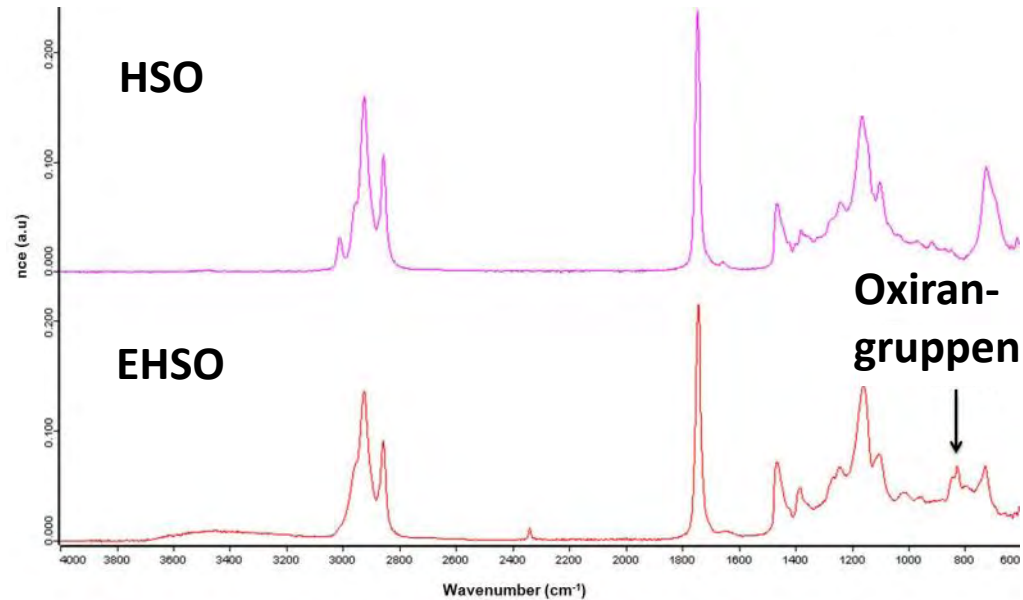
Modifikation des HSO in ein Epoxidharz (EHSO)



55-60 °C; 6h
 ↓
 Katalysator (wieder verwendbar),
 Wasserstoffperoxid (H₂O₂)
 Essigsäure



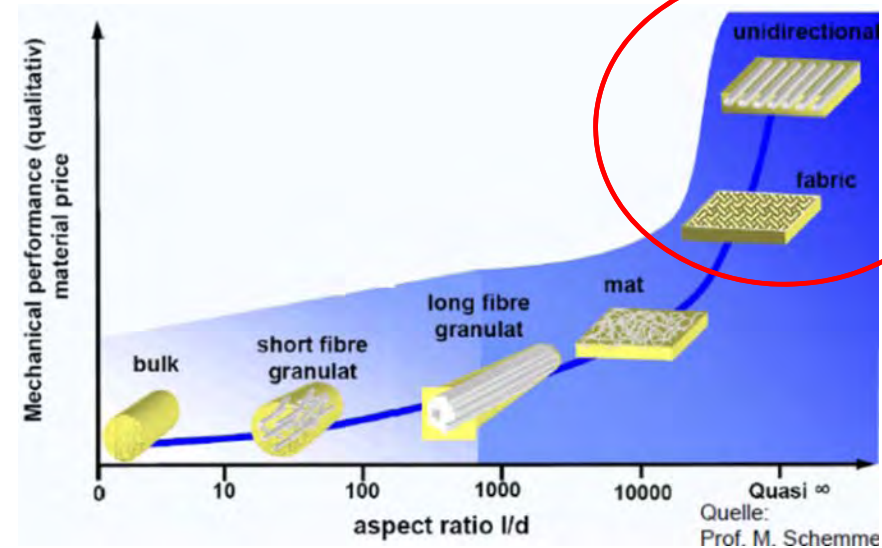
Schema zur Epoxidierung eines Triglycerid-Öls



Infrarot-Spektren des HSO & HSO-Epoxids (EHSO)

- Die Anwesenheit von Epoxygruppen (=Oxirangruppen) im HSO nach der Epoxidierung lässt sich mittels Infrarot-Spektroskopie nachweisen

Pflanzenfasern für Faserverbundwerkstoffe mit möglichst hoher Festigkeit



- Der Verstärkungseffekt einer Faser wird umso mehr ausgeschöpft, wenn
 - sie möglichst lang (bis zur krit. Grenze l_c) und schlank ist (hohes Aspect ratio l/d)
 - die Faserlängsachse möglichst exakt in Richtung der Krafteinwirkung orientiert ist
- Pflanzenfasern haben von Natur aus endliche Länge → Garne → Anordnung vieler Garne parallel nebeneinander → Gewebe

Struktureller Leichtbau – konventionell vs. komplett aus Hanfrohstoffen

Konventionelle Faserstrukturen



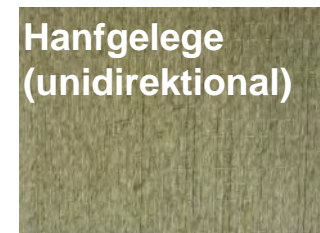
Verarbeitung



Harz/Härter
(EHSO/Anhydrid)



Faserstrukturen aus Pflanzenfasern



2 m lange Rotorblätter für Kleinwindkraftanlagen aus **Hanf-Leichtbauwerkstoff**

Herzlichen Dank für Ihr Interesse!

Kontakt:

Teamleitung Green Composites der
Kompetenzzentrum Holz GmbH
Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Homepage: www.wood-kplus.at
c/o W3C Wood Carinthian Competence Center
Klagenfurter Straße 87-89
9300 St. Veit an der Glan
Tel.: +43 (0)4212 494-8012
Fax: +43 (0)4212 494-8099
E-Mail: g.wuzella@kplus-wood.at



WALDLAND



Das kooperative F&E-Projekt *Green2Green* (848668) wird innerhalb der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“ im Rahmen der 7. Ausschreibung (Schwerpunkt „Biobased Industry“, Kategorie „Industrielle Forschung“) durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) gefördert.