

**Green2Green – Entwicklung eines biobasierten  
Leichtbauwerkstoffs aus Hanffasern und Hanfsamenöl  
für den Bau von Rotorblättern von Windkraftanlagen**

**Günter Wuzella (Wood K plus), Harald Kern (R&D Consulting),  
Florian Singer (Kästle Technology)**

**Stakeholderdialog Biobased Industry  
Wien, 04. Dez. 2017**

# Idee: Hanfpflanze liefert alle Rohstoffe für Werkstoff zum Bau von Rotorblättern



# Partner entlang der Wertschöpfungskette



- **WZ-Bau & Verarbeitungsversuche**
  - ✓ Rotorblatt für Kleinwindkraftanlage



- ✓ Testpyramide
- ✓ Bauteilauslegung
- ✓ Ökoeffizienzanalyse



VERARBEITUNG VON  
VERBUNDWERKSTOFFEN



WERKSTOFFKUNDE UND  
PRÜFUNG DER KUNSTSTOFFE



- **Faseraufbereitung (extern)**
  - ✓ verspinnbare Fasern
  - ✓ Hanfgarn 

- **Garn weben (extern)**
  - ✓ Technische Gewebe aus Hanfgarn 

- **Werkstoffprüfung**
  - ✓ Grundwerkstoff, Einzelschicht, Laminat, Bauteilkomponente



- **Harzsynthese & Gewebe**
  - ✓ Reaktive Harze aus Öl
  - ✓ Stroh → Garn → Gewebe
  - ✓ Laminat aus Hanf

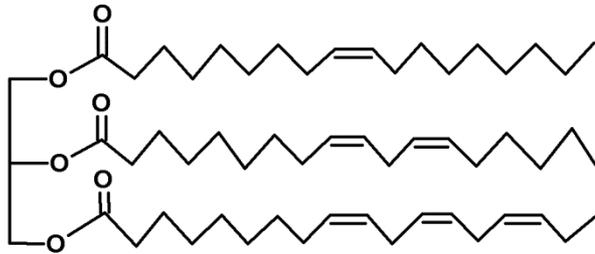


- **Hanf-Anbau & -Ernte**
  - ✓ Hanfstroh
  - ✓ Hanfsamen + Öl 



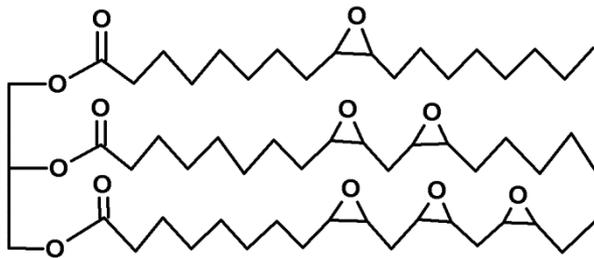
# Entwicklung des Harzsystems aus Hanföl

## Schema für die Umwandlung eines Pflanzenöls in ein Epoxidharz



**Optimale  
Zeit/Temperatur**

**+Essigsäure  
+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (35%ig)  
+Katalysator**



## Harzsynthese – die wichtigsten Ergebnisse

- Durch Variation Zeit/Temp. wurde optimale Zeit/Temp. ermittelt → EEW-Optimum lag bei 190 mit max. Umsetzung an Doppelbindungen = 85-90%

Mit verschiedenen Härtern und Beschleunigern wurden Mischungen mit Hanföl-Epoxidharz (EHSO) hergestellt und überprüft, welche der Mischung sich für die Verarbeitung zu Rotorblättern im Harzinfusionsprozess eignete

- Für den Einsatz von Amin-Härtern (petrochemisch und bio-basiert) war die Reaktivität des EHSO zu niedrig
- Mit einem Anhydrid-Härter und einem Imidazol-Katalysator (beide petrochemisch) konnte hingegen eine Mischung mit geeigneten Eigenschaften entwickelt werden
- Bio-basierter Anteil in der Mischung ≈ 55 -%
- Mit optimaler Aushärtungszeit/-temp. konnten die besten mechanischen Eigenschaften sowie der max.  $T_g \approx 120 \text{ °C}$  erreicht werden → Ausgehärtetes Harzsystem erfüllte die Sollwerte für den Einsatz in Windkraftanlagen [1]

# Entwicklung der Hanf-Faserverstärkung



Hanffasern in eine verspinnbare Qualität überzuführen stellte im Projekt die größte Herausforderung dar

- Die Spinnerei-Anlagentechnik in Europa heutzutage ist auf das Verspinnen von Baumwolle/BW ausgelegt
- Auch mit der besten Hanffaserqualität nach vielen Aufbereitungsschritten war eine BW-Zugabe erforderlich

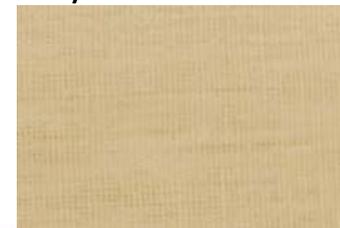
→ Die Mischung Hanf/BW 70/30 ließ sich zu einem Garn (Nm 6,7 = 150 tex) verspinnen und danach verweben

Nichtsdestotrotz musste, um die Projektlaufzeit einhalten zu können, die Materialentwicklung auf bereits am Markt erhältliche Gewebe aus 100 % Hanfgarn ausweichen →

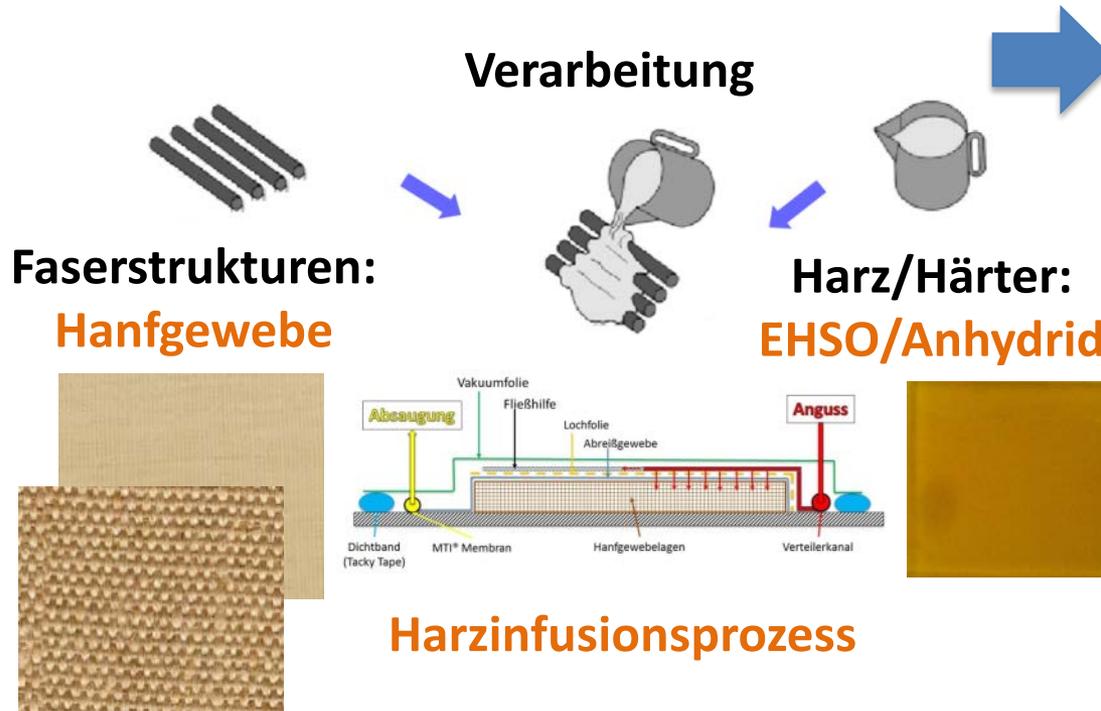
Hanfgewebe 1: 350 g/m<sup>2</sup>  
Nm 5/2 (400 tex) Kettgarn  
Nm 5/1 (200 tex) Schussgarn  
8 / 6 Webdichte (Kette / Schuss)



Hanfgewebe 2: 165 g/m<sup>2</sup>  
Nm 16/1 (62.5 tex) Kett- und Schussgarn  
15 / 15 Webdichte (Kette / Schuss)



# Entwicklung des Hanf-Leichtbauwerkstoffs



## Verarbeitungsprozess – die wichtigsten Ergebnisse

- Verarbeitungsversuche ergaben, dass eine exakte Einhaltung der optimalen Harz-Aushärtungszeit/-temp. notwendig war, um mit 100% EHSO Hanfgewebe-verstärkte Rotorblätter fehlerlos und mit den geforderten mechanischen Eigenschaften herzustellen
- Durch Zugabe Bio-EP-Harz zum EHSO wurde Prozessfenster breiter

Materialdaten	Prüfnorm	Lagenanzahl Gewebe1	Lagenanzahl Gewebe2
Zug in Kettrichtung	ISO 527 - 4/5	4	8
Zug in Schussrichtung	ISO 527 - 4/5	4	-
Druck in Kettrichtung	ISO14126	6	12
Druck in Schussrichtung	ISO14126	6	-
Schub in +/-45°-Richtung	ISO 14129	4	8

# Entwicklung der Rotorblätter aus dem Hanf-Leichtbauwerkstoff

Auswahl KWKA	#1	#2	#3
Zertifiziert?	Ja	Nein	Ja
Leistungsregelung	Passive Pitch-Regelung + elektr.	Mechan. Anlagenanhebung + elektr.	nur elektrisch
Nennleistung	3,5 kW	2,5 kW	2,4 kW
Rotorblatt-Länge	ca. 1,7 m	ca. 1,7m	ca. 1,8 m
Rotorblatt-Geometrie	Linear verjüngend	Nicht-linear verjüngend	Stark geschwungen
Rotorblatt-Material	GFK (GF / UP)	GFK / CFRP	GFK
Drehzahl	250 U/min	420 U/min	325 U/min

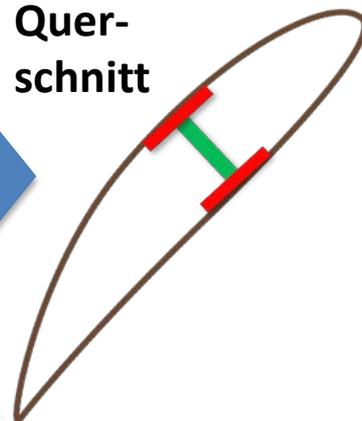
- Auswahlkriterien für Kleinwindkraftanlage/KWKA → Entscheidung für KWKA #1



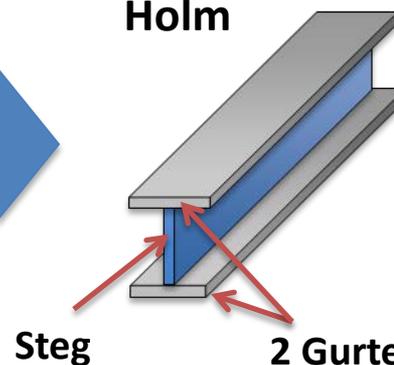
**Gewählter Rotorblatt-Aufbau**



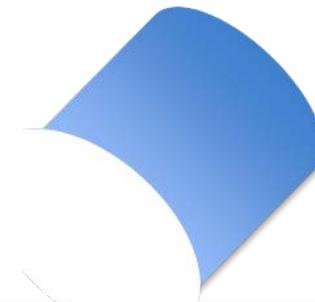
**Querschnitt**



**Holm**



**2 Außenschalen**

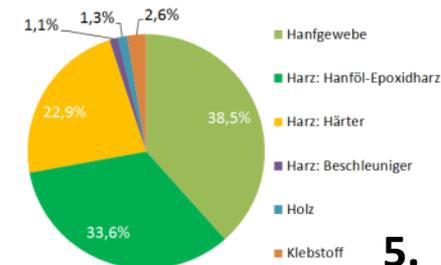
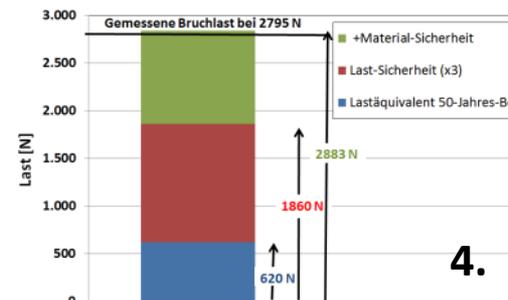
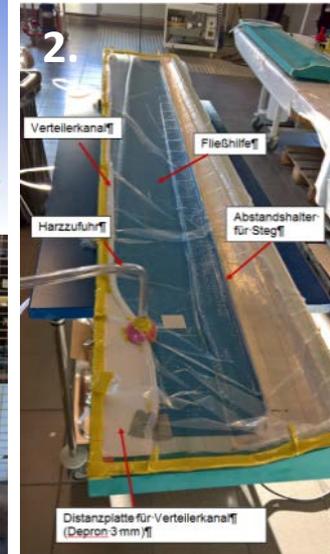
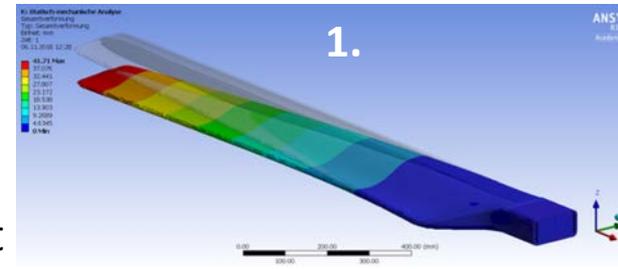


**Blattwurzel**



# Hanf-Rotorblätter – Auslegung, Bau, Bauteilprüfung und Ausblick

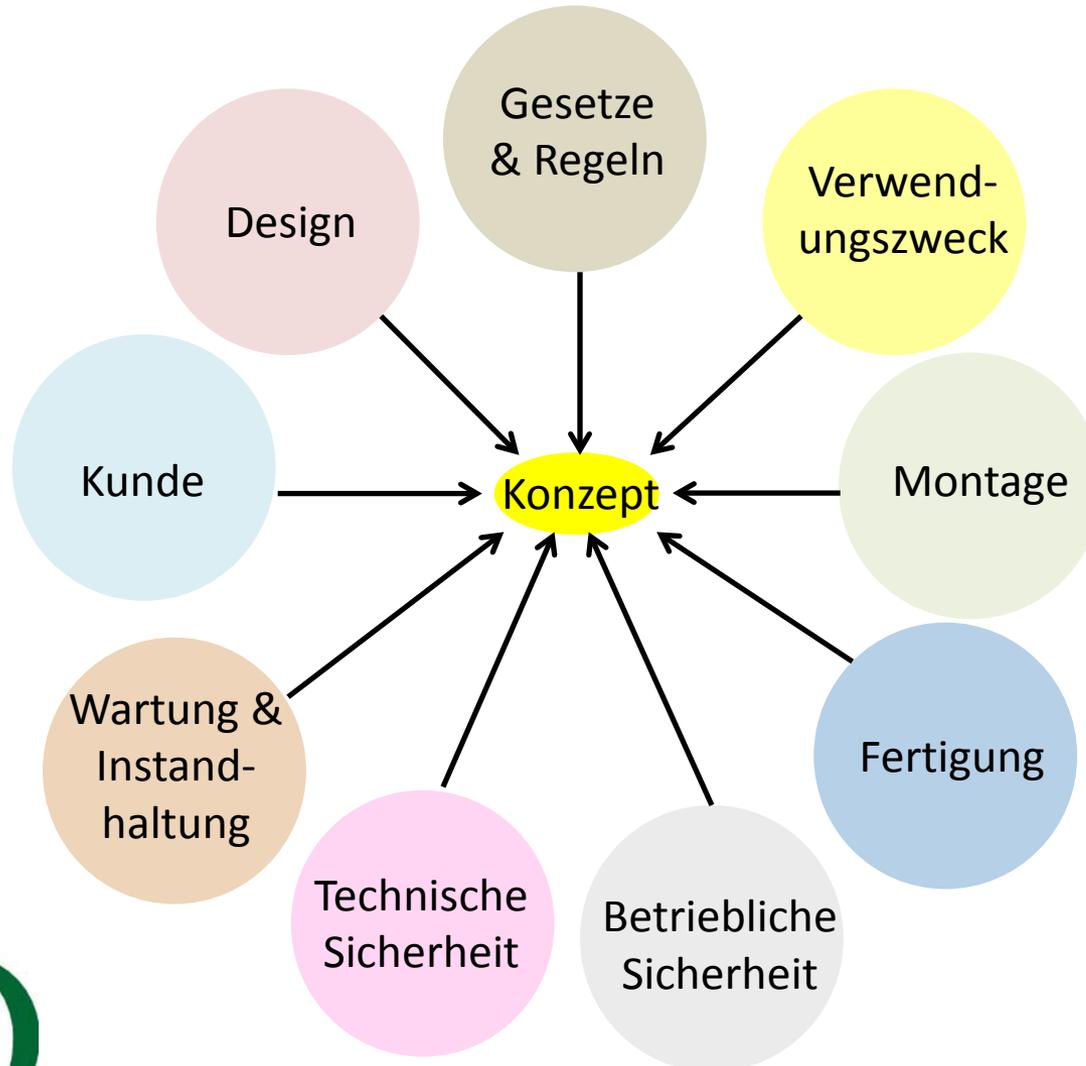
1. Mit Materialdaten wurde Hanf-Rotorblatt rechnerisch ausgelegt (analytisch & FEM)
2. Bau des Hanf-Rotorblattes
3. Auf Bauteilprüfstand wurde Hanf-Rotorblatt in mehreren Stufen bis zum Bruch belastet
4. Die geforderten Festigkeitswerte wurden erreicht: 50-Jahres-Böe + Sicherheiten
  - Steifigkeit des Hanf-Rotorblattes war sogar größer als die der GFK-Referenz
  - Mit ca. 5000 g war es aber auch etwas schwerer als die GFK-Referenz
5. Mit 100% EHSO besteht Rotorblatt zu ca. 72 Gew.-% aus Hanf (Faser und Öl)



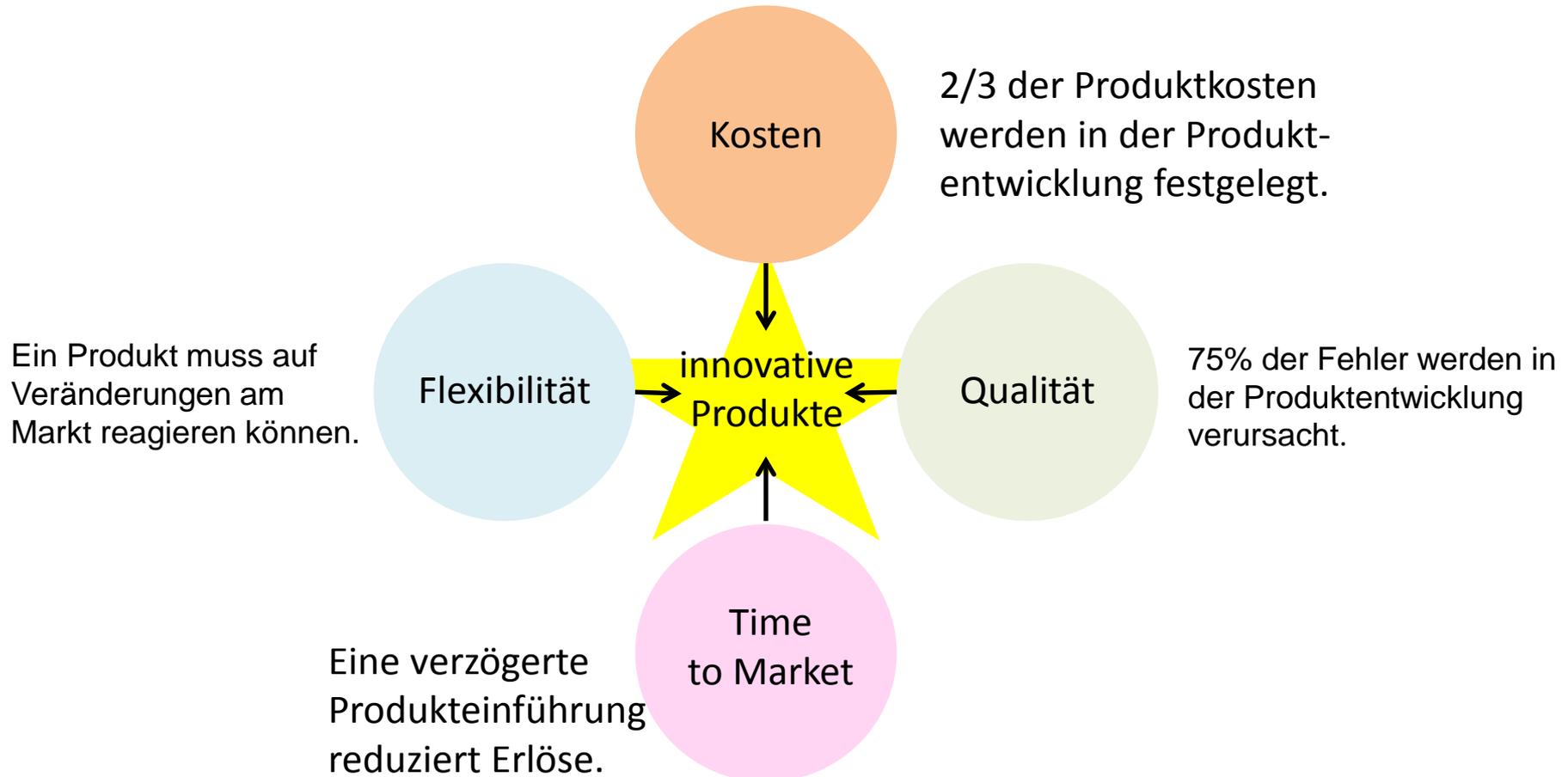
## Resümee und Ausblick

- Mit der Eignung für Rotorblätter eröffnen sich viele weitere interessante Einsatzgebiete für den Hanf-Werkstoff, insbesondere als Alternative zu GFK als Leichtbauwerkstoff
- Auch nach Projektende laufen Aktivitäten mit dem Ziel, die KWKA samt Hanf-Rotorblättern in Betrieb zu nehmen und damit auf einem Testareal Strom aus Wind zu erzeugen

# Aspekte einer strat. Produktentwicklung



# Anforderung an innovative Produkte







# R&D Consulting GmbH & Co KG



**R&D Consulting GmbH & Co KG**

A-9020 Klagenfurt, Rizzistr. 1

Tel: +43/ +463 500 861-0

E- Mail: [office@rd-consulting.at](mailto:office@rd-consulting.at)

Homepage: [www.rd-consulting.at](http://www.rd-consulting.at)

# Das Unternehmen Kästle steht für

Nachhaltigkeit

Performance

Made  
in Austria

Innovation

Composite-Teile  
& Sportgeräte

Geschichte



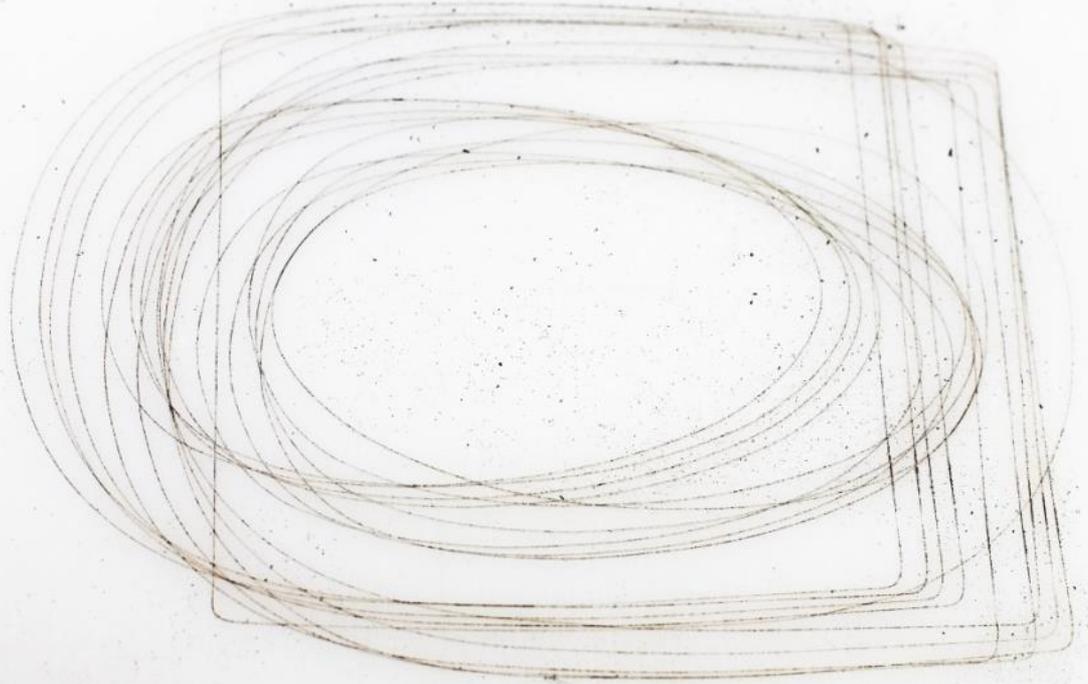
# Kästle – Ein Unternehmen mit Tradition & Geschichte

- » **1924** gegründet
- » **133 Medaillen** in Alpinen Weltmeisterschaften und Olympiaden
- » Hohe **Markenbekanntheit**
- » **Made in Austria**



# Produktentwicklung bei Kästle

- **90 Jahre** Experten-Wissen
- **Fertigung** von Prototypen und Kleinserien in **Hohenems/Austria**
- **1 Woche** von der Idee  
zum Ski auf den Schnee



# WORUM GING ES KÄSTLE IN DIESEM PROJEKT?

- Entwicklung effizienter Verarbeitungsprozesse für nachhaltige Rohstoffe
- Musterproduktion der Windräder
- Implementieren der gewonnenen Erfahrungen und Technologien in die Skiindustrie
- Schrittweise Produktionsumstellung auf die Verarbeitung der nachhaltigen Rohstoffe

# Herzlichen Dank für Ihr Interesse!

**Kontakt:**

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

Homepage: [www.wood-kplus.at](http://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](mailto:g.wuzella@kplus-wood.at)



Das kooperative F&E-Projekt *Green2Green* (848668) wurde 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.

