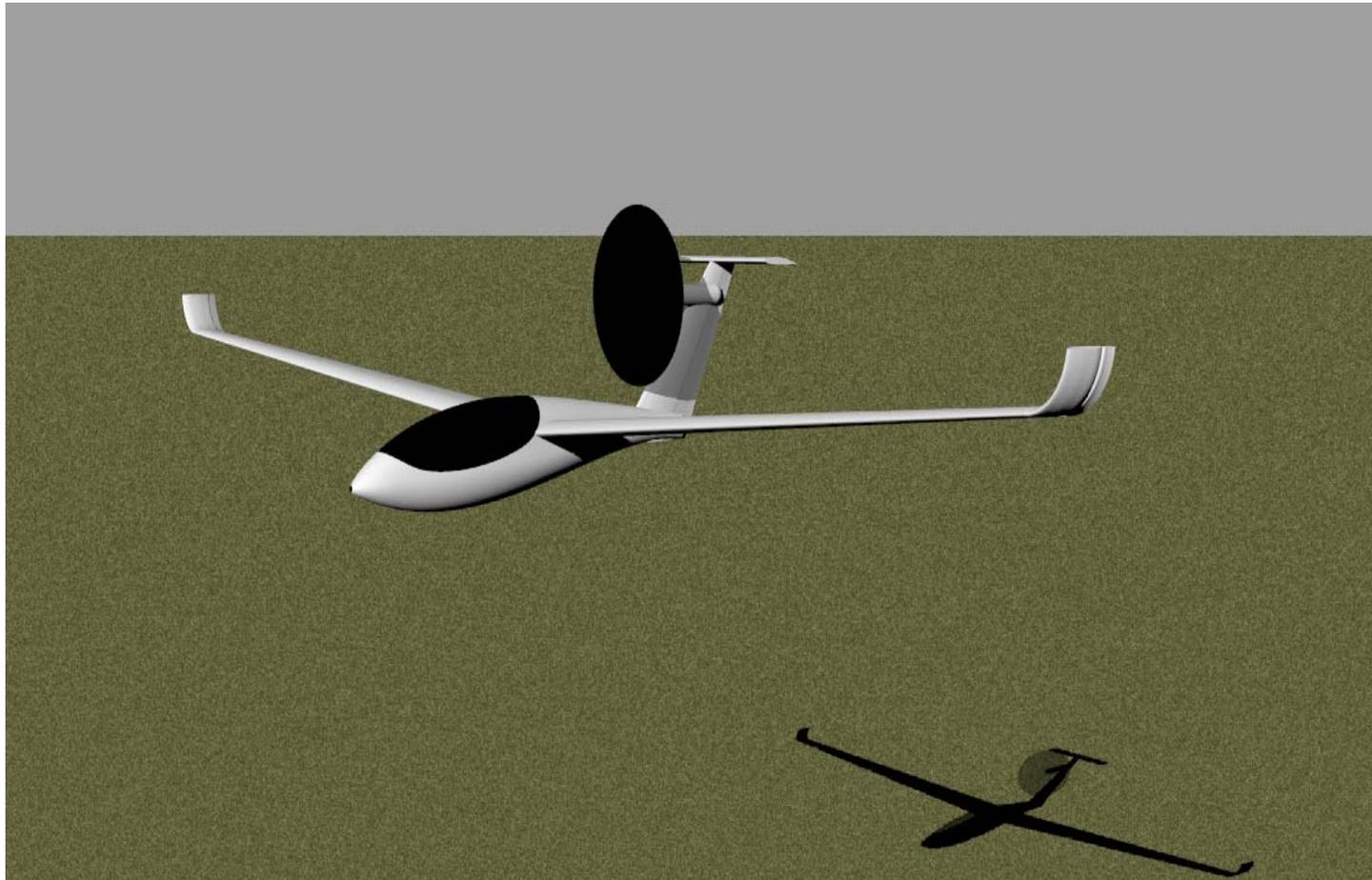


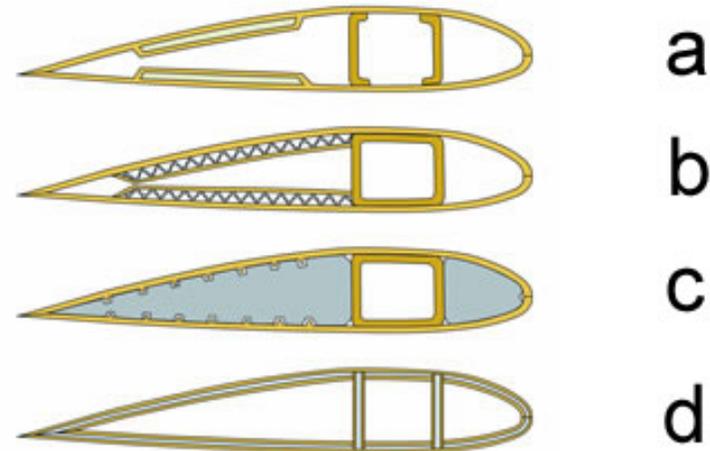
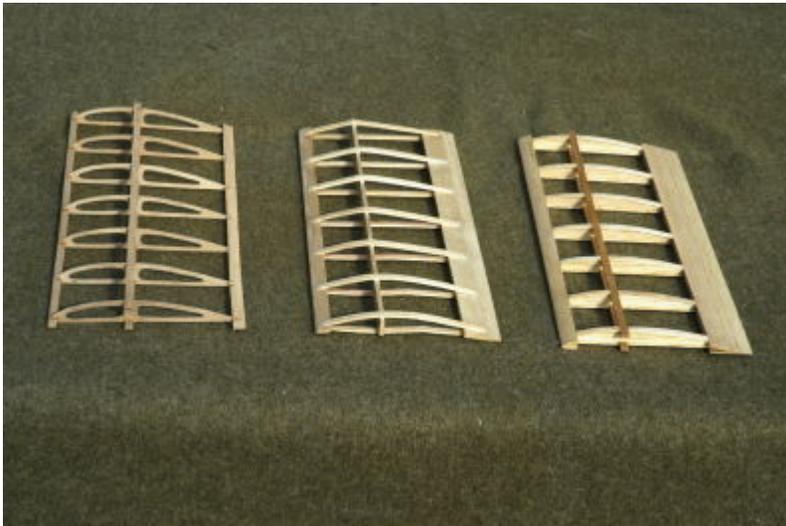
# Einsatz von RP-Technologien beim Bau eines Ultraleichtflugzeuges aus nachwachsenden Rohstoffen

0. Vorwort
1. Zielstellung
2. Lösungsansatz
3. Fasergewebe
4. Eingesetzte Matrices
5. Versuche
6. Ergebnisse
7. Verfahrens- und Produktentwicklung
8. Probleme



- Nachwachsende Rohstoffe im Flugzeugbau  
Standard bis heute
  - Holz
  - Leinen
- Ab Anfang der 60er des letzten Jahrtausend  
setzt sich GFK durch
- Feste Außenhaut führt zur Profiltreue
- Schalenbauweise führt zur Gewichtsersparnis
- Heute fast ausschließlich „Plaste-Bomber“

- Bauweise von Tragflächen



- a: konventionelle Bauweise
- b: Wellenstruktur
- c: Rippenstruktur
- d: Sandwich - Bauweise

# 1. Zielstellung

- Einsatz neuer Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen für Last tragende Bauteile
- Einbringen von Naturfasern in Kunststoffe im Besonderen in Biokunststoffe
- Erarbeitung von Materialdaten und Nachweis der Tauglichkeit

## 2. Lösungsansatz

- Laminieren von Naturstoffen mit Matrices aus nachwachsenden Rohstoffen
- Herstellen verschiedener Vorrichtungen und Formen, erforderlich durch die Oberflächeneigenschaften der Hanffasern
- Machbarkeit ist grundsätzlich nachgewiesen

# 3. Fasergewebe

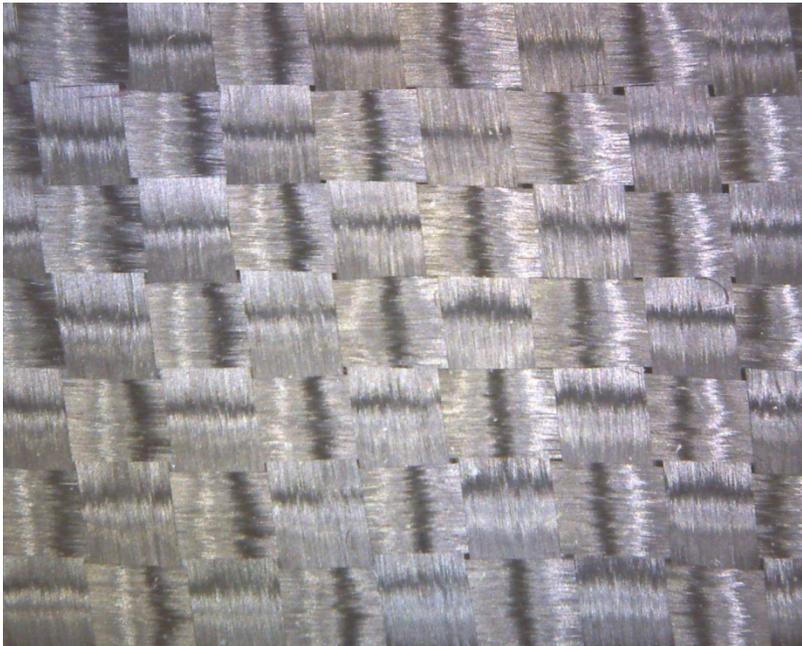
## Glasfasergewebe



### Glasfasern

- sind die bedeutendsten Verstärkungsfasern
- werden für komplex geformte Bauteile verwendet
- lassen sich gut drapieren

## Kohlenstofffasergewebe



- hiermit werden höchste Festigkeiten erreicht
- im Vergleich zu Glasfasern sind sie kostenintensiver

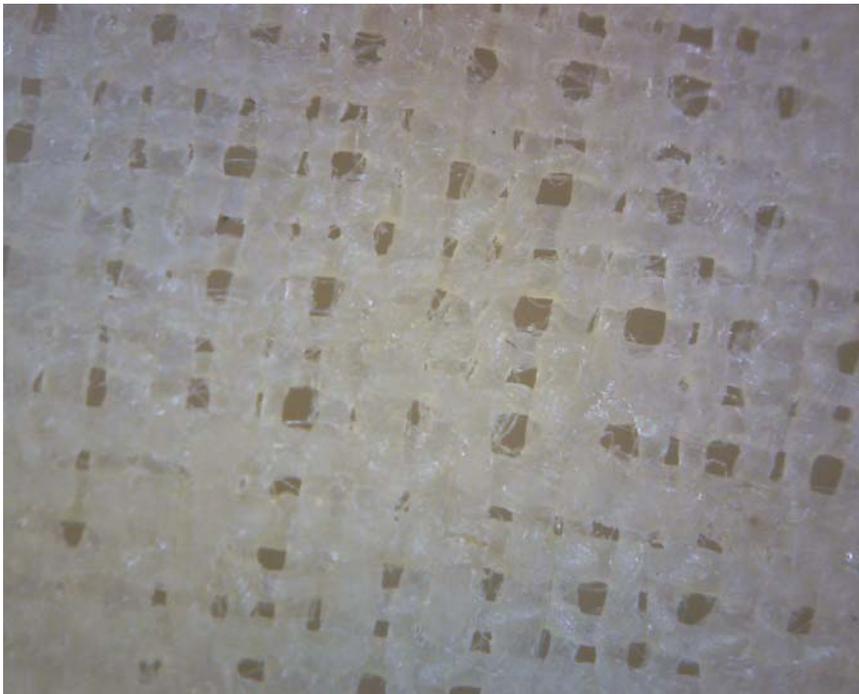
## Leinengewebe



laminiert

- Flachs- oder Leinenfaser wird aus Stängeln der Flachspflanze gewonnen

## Hanfgewebe



laminiert

- Hanffasern zählen zu den ältesten Nutz- und Zierpflanzen der Welt
- sie haben höhere Zugfestigkeitswerte als andere Naturfasern

## 4. Eingesetzte Matrices

### Synthetische Harze - Epoxydharz L

- Harzsystem aus Harz und Härter (Standardlaminierharz)
- hohe statische und dynamische Festigkeit
- relativ teuer (im Vergleich zu Polyesterharzen)

### Harze auf natürlicher Basis

- **DRACOWOL HA** - Zwei-Komponenten-Epoxydharz auf Basis von Leinöl und organischer Anhydride
- **PTP®-L Prepolymer** (Versuchsprodukt) – aus Triglyceriden und Polycarbonsäureanhydriden

## 5. Versuche

- Durchführung verschiedener Vorversuche im Laminierverfahren
- Einsatz von Leinengewebe, Hanfgewebe, unterschiedlichster Grammatur
- Einsatz von Hanfgarn, als Rovings zu Platten verarbeitet
- Einsatz verschiedener Harze, teils biobasiert, teils petrochemischer Natur

## 6. Ergebnisse

- Bisherige Ergebnisse sind ambivalent
- Die angestrebte Struktur zeigt eine relativ ausreichende Steifigkeit
- Zugfestigkeiten von laminiertem Hanf und Leinen sind deutlich geringer als bei Glas- und Kohlefaser
- Beeinflusst durch negative verarbeitungstechnische Eigenschaften der verwendeten Materialien

- Die eingesetzten Hanfgewebe sind grenzwertig, bezogen auf Grammatur und Fadendichte
- Durch die geringe Fadendichte entsteht keine zusammenhängende Fläche, sondern ein Netz
- laminiert wird nur an den Kreuzungspunkten der berührenden Fäden

# Hanfgewebebahnen

Delamination  
durch schlechten  
Gewebeverbund

die Probe ist  
stark wellig



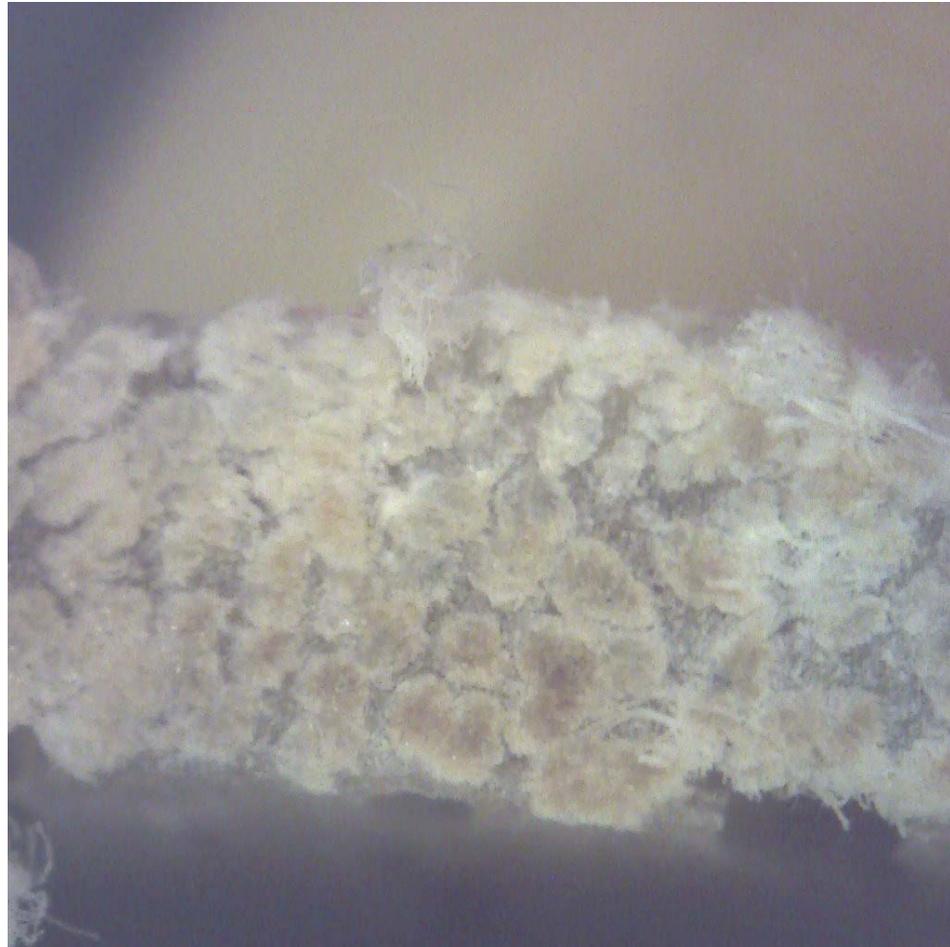
## Querschnitt der Bruchstelle der Hanfrovings-Platte



Hanf-Rovings  
im Verbund  
mit einer  
Harz-Matrix

Querschnitt  
(stark vergrößert)

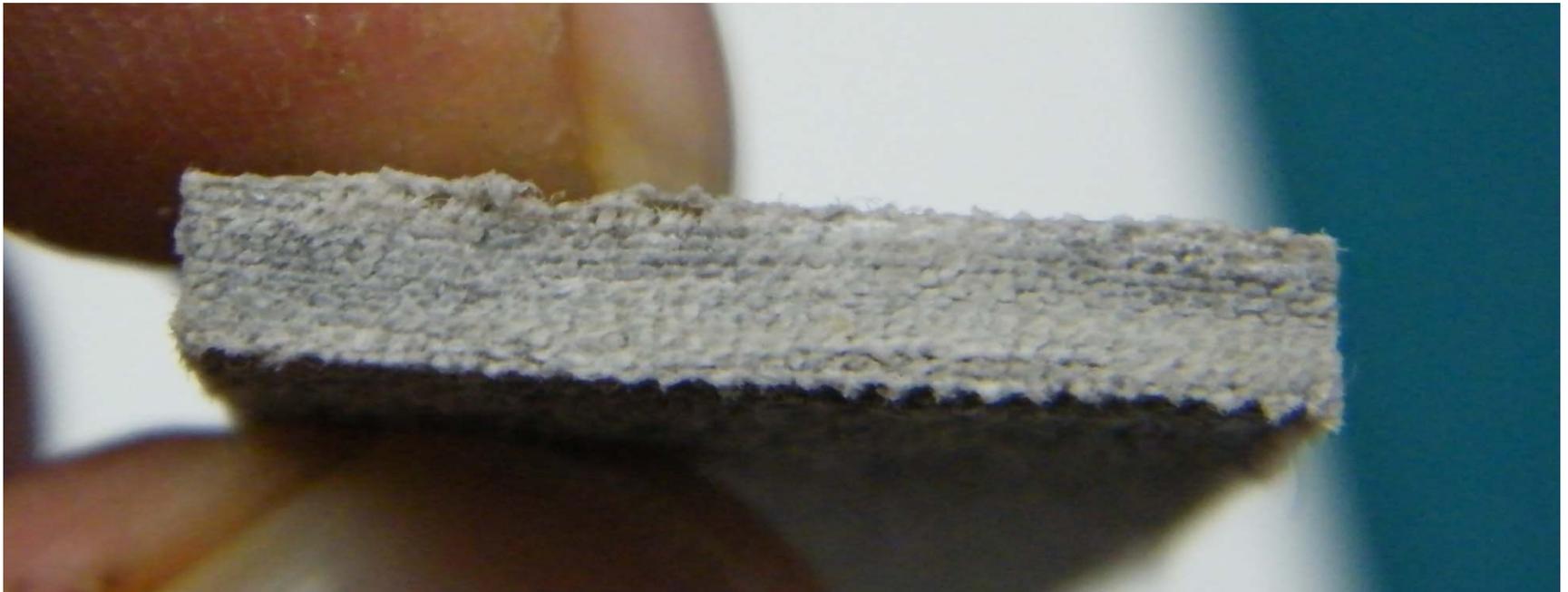
Garnstärke:  
Nm 10/1



Prüfkörper  
aus  
laminierten  
Hanfrovings  
nach  
erfolgreicher  
Zugprüfung



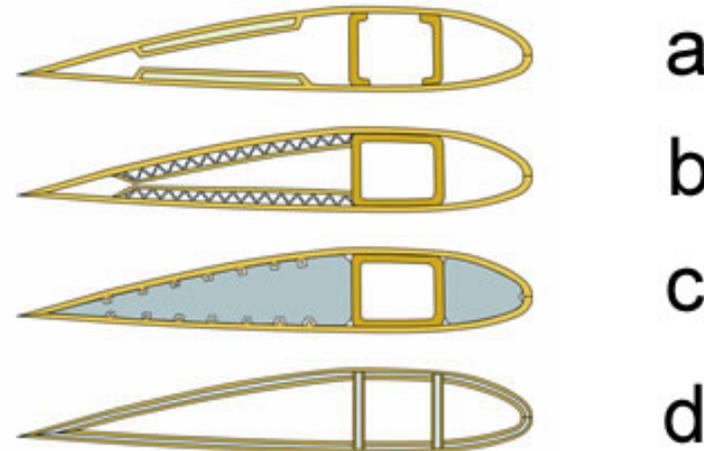
## Zugstab geschnitten, laminierte Leinenbahnen



## 7. Verfahrens- und Produktentwicklung

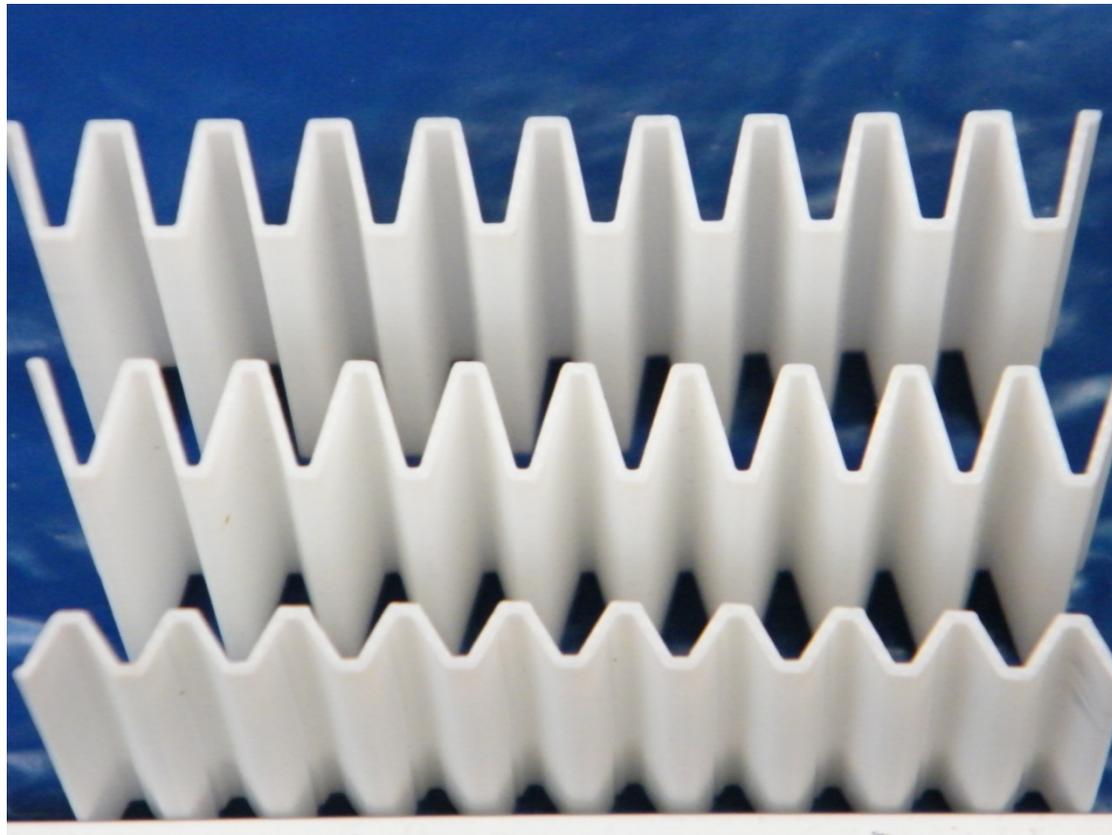
- Neue Formenbau- und Formgebungsverfahren für den Bau verschiedener Geometrien
- Erstellung von Bauteilen für Vorrichtungen im FDM-Verfahren
- Rapid Prototyping mit neuen biobasierten Matrices und Naturfasern
- Neuartige Sandwichstrukturen

- Bauweise von Tragflächen



- a: konventionelle Bauweise
- b: Wellenstruktur
- c: Rippenstruktur
- d: Sandwich - Bauweise

- Vorversuche mit RP



09.09.2010

4. Merseburger Rapid Prototyping Forum

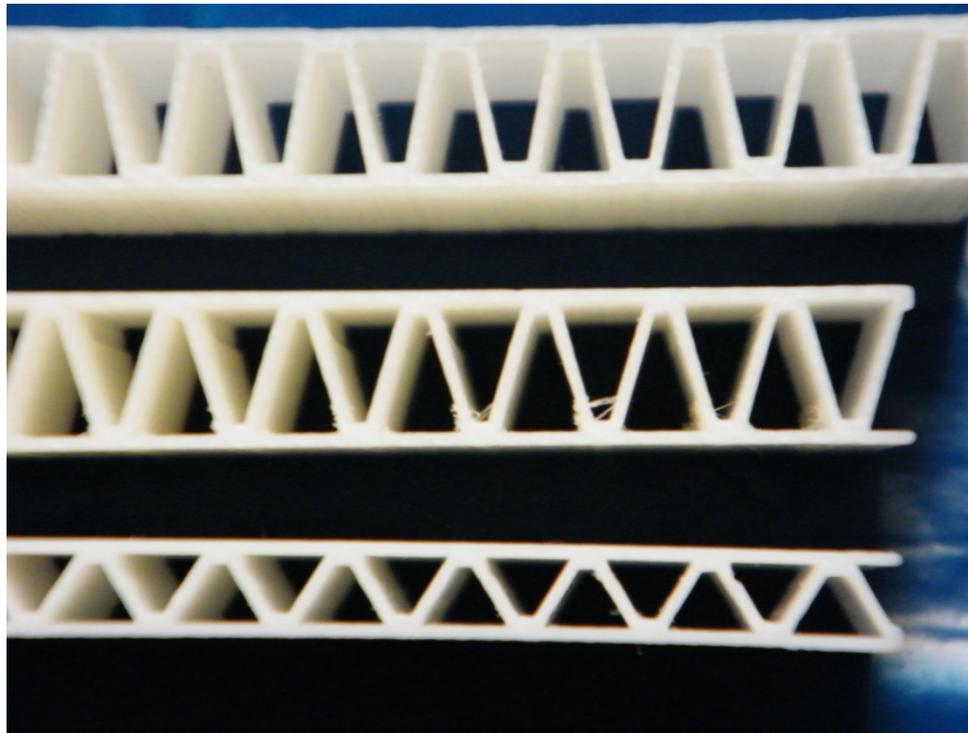
Dietmar Glatz

23

# Wickeleinrichtung



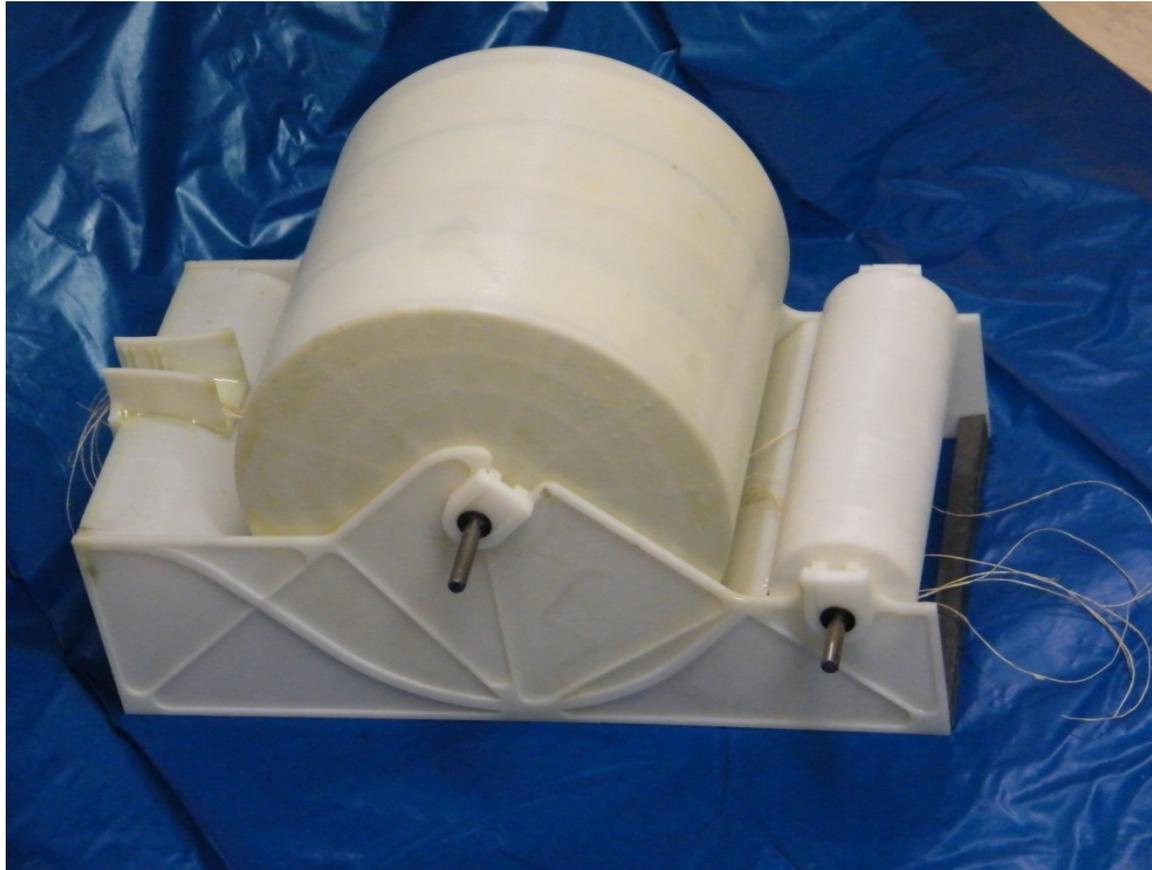
- Vorversuche II



- Vorversuche III



## Tränkanlage für Rovings



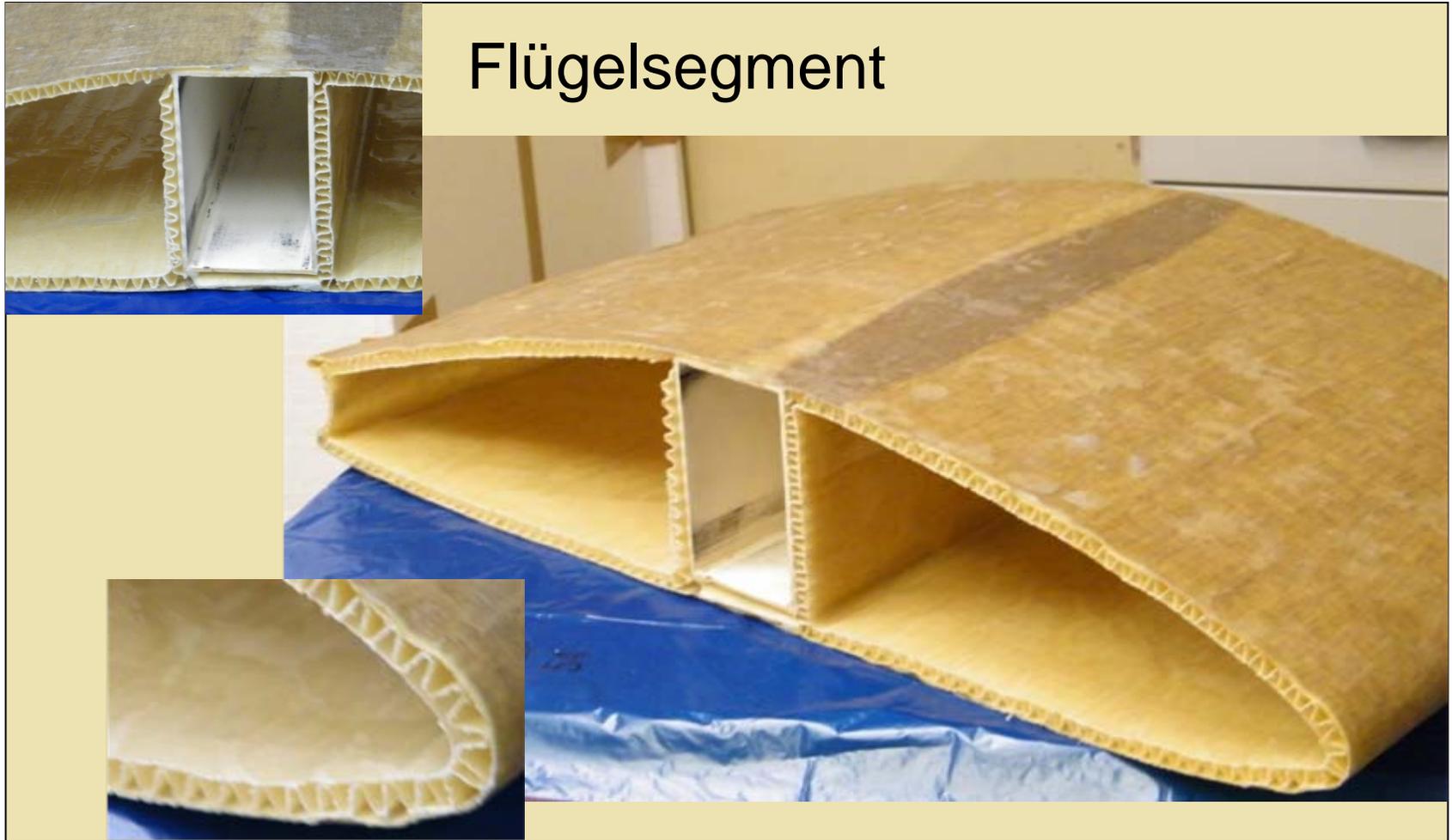
# Wellenform



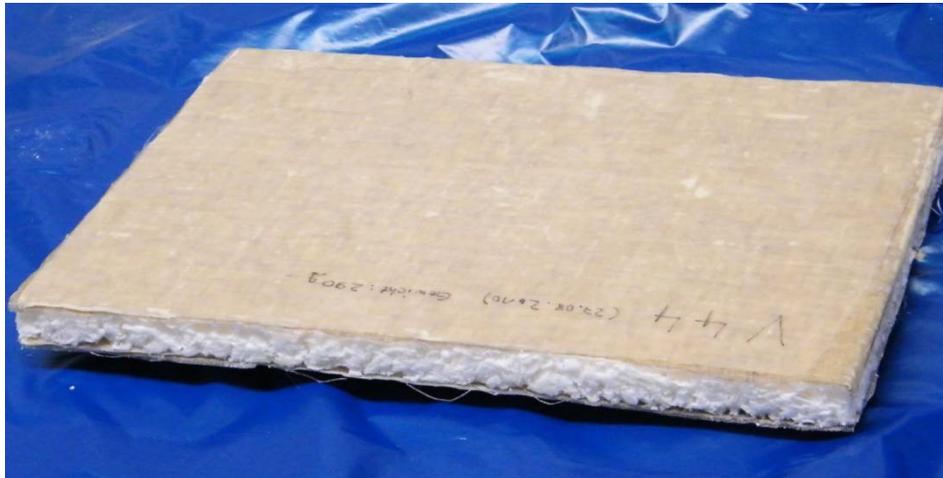
## Wellenform mit Hanf- bzw. Glasfaserwelle



## Flügelsegment



- Alternatives Sandwichmaterial



Biobasierter Schaum mit  
Hanf und Leinen

## Styroporschneidanlage



# Styroporform



## 8. Probleme

- Eingesetzte Ausgangsmaterialien
- Werkstofffestigkeit und –kennwerte
- Verbundfestigkeit
- Verarbeitung der Matrices (heiß und kalt härtend, Viskosität)
- Verfahren

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Gerne stehe ich für Fragen zur Verfügung.