Methode zur Herstellung von transparenten Faserverbundkunststoffen durch Optimierung der Brechungsindex-abstimmung von Faser und Polymer

Einleitung & Motivation – mögliche Anwendungsgebiete von strukturellen und optisch transparenten faserverstärkten Polymeren

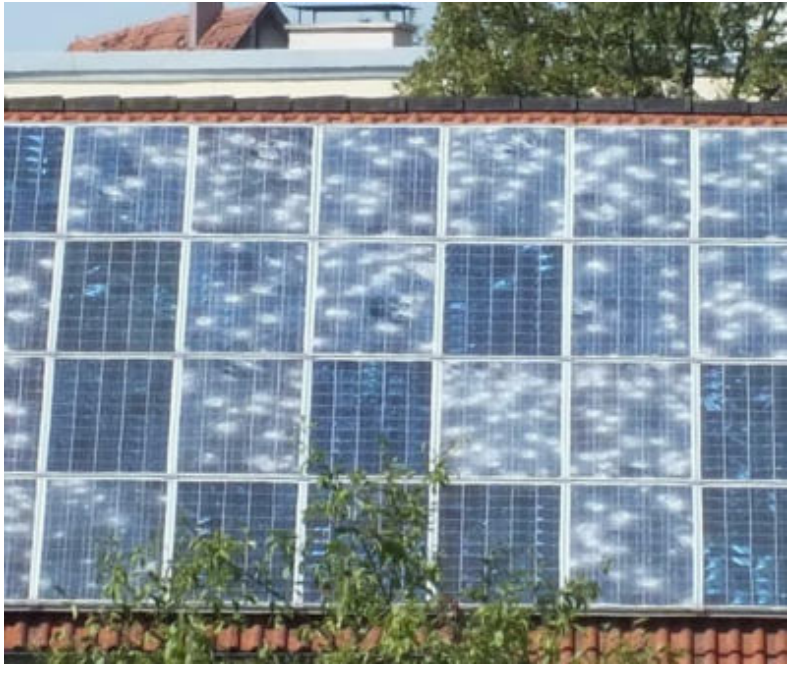
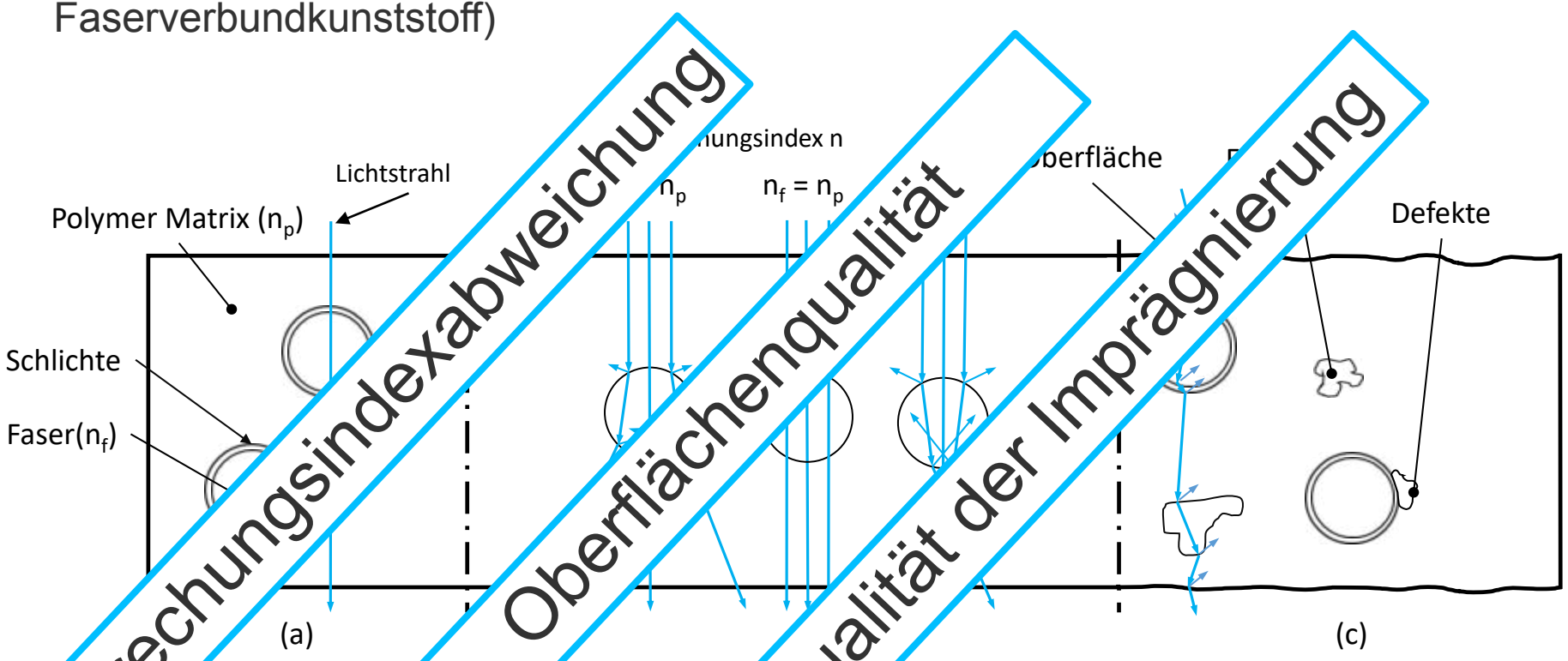


Abbildung 1 – links: Flugzeugfenster Rahmenstruktur am IFB [1], rechts: Hagelschaden auf PV-Anlage [2]

Stand der Technik – Transmission durch einen tFVK (transparenter Faserverbundkunststoff)



Abbi… Einflussfaktore… optischen Eigenschaften [3]

Stand der Technik – Brechungsindex von Faser- und Matrixmaterialien

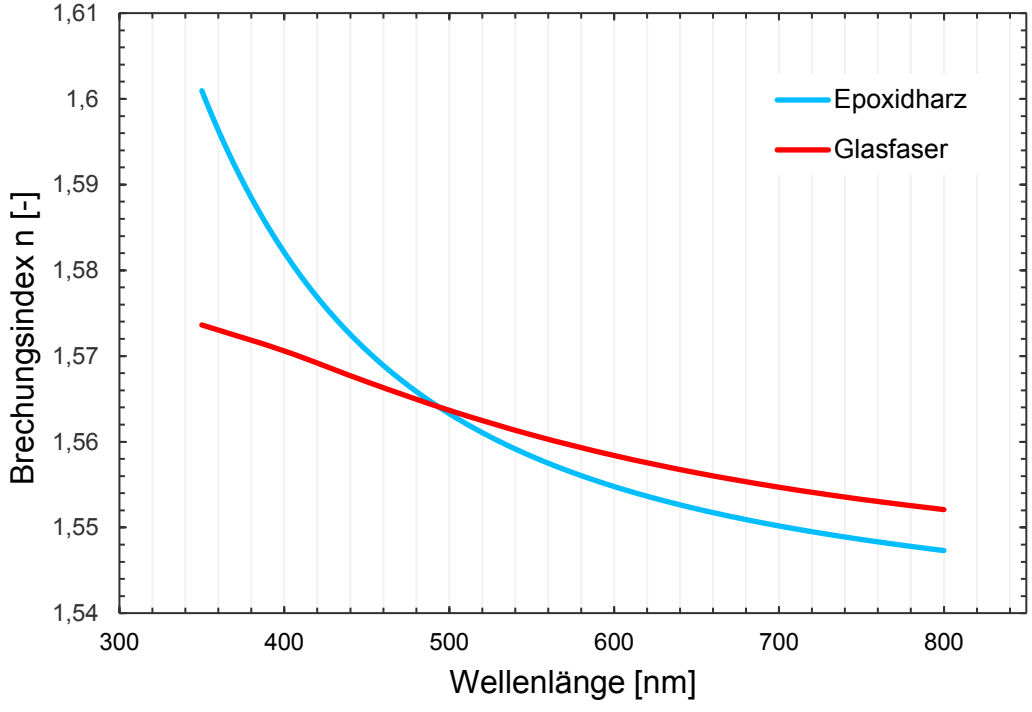


Abbildung 3 – Beispiel für den Brechungsindexverlauf im sichtbaren Lichtspektrum [IFB Messung]

Ziel der Forschung – Brechungsindex der Polymere an den der E-Glasfasern angleichen

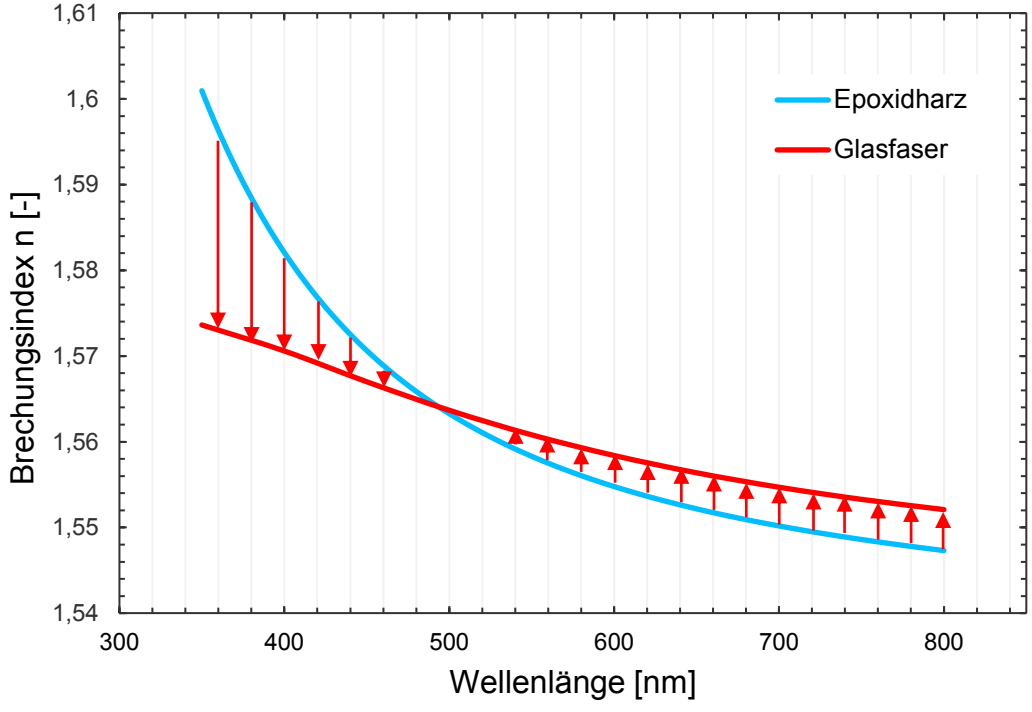


Abbildung 4 – gewünschte Anpassung der Dispersionskurven

Stand der Technik – Fertigungstechnik für tFVK (Epoxidharz-Route)

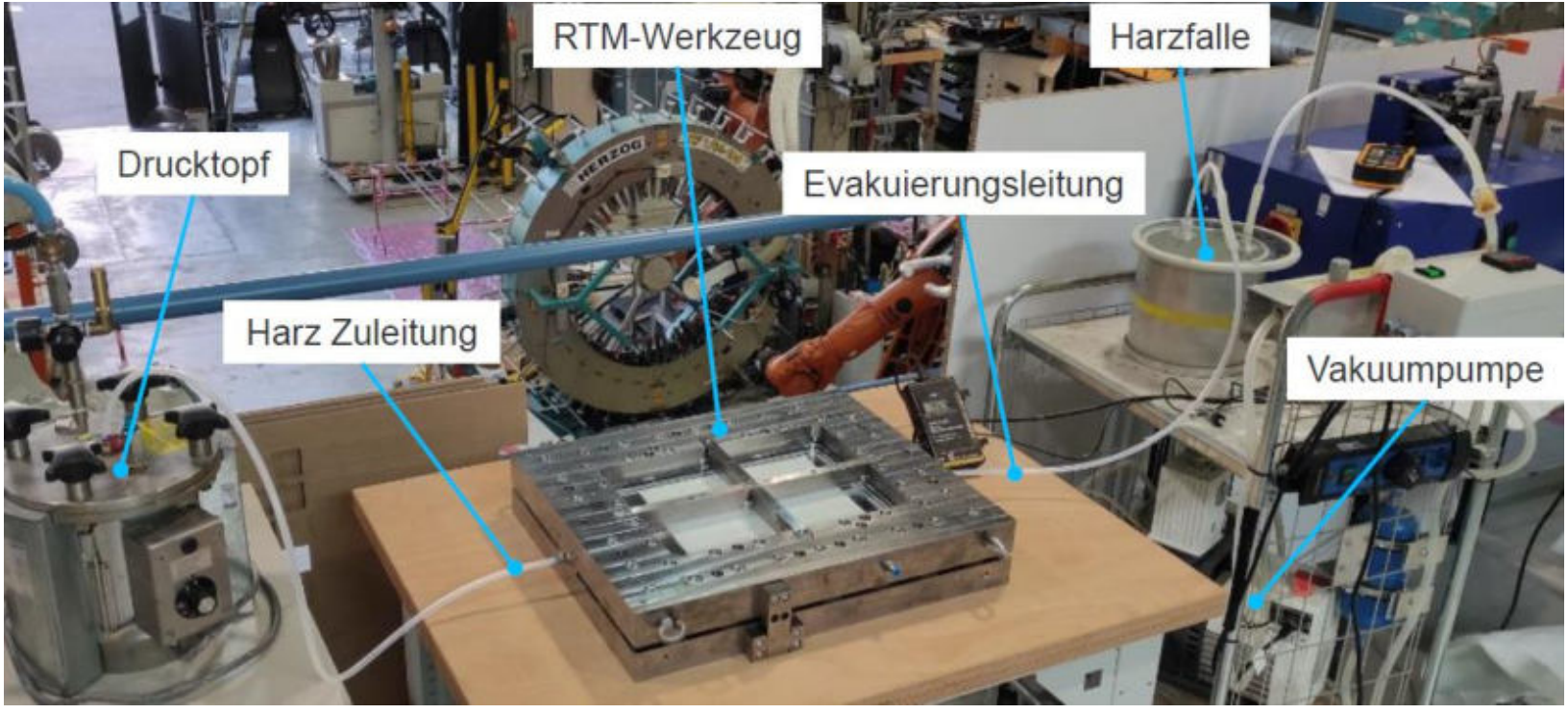


Abbildung 5 – Glas-RTM-Werkzeug [IFB: Take, Heudorfer]

Ziel der Forschung – Fertigungstechnik für tFVK mittels kleiner *Light*-RTM Aufbauten

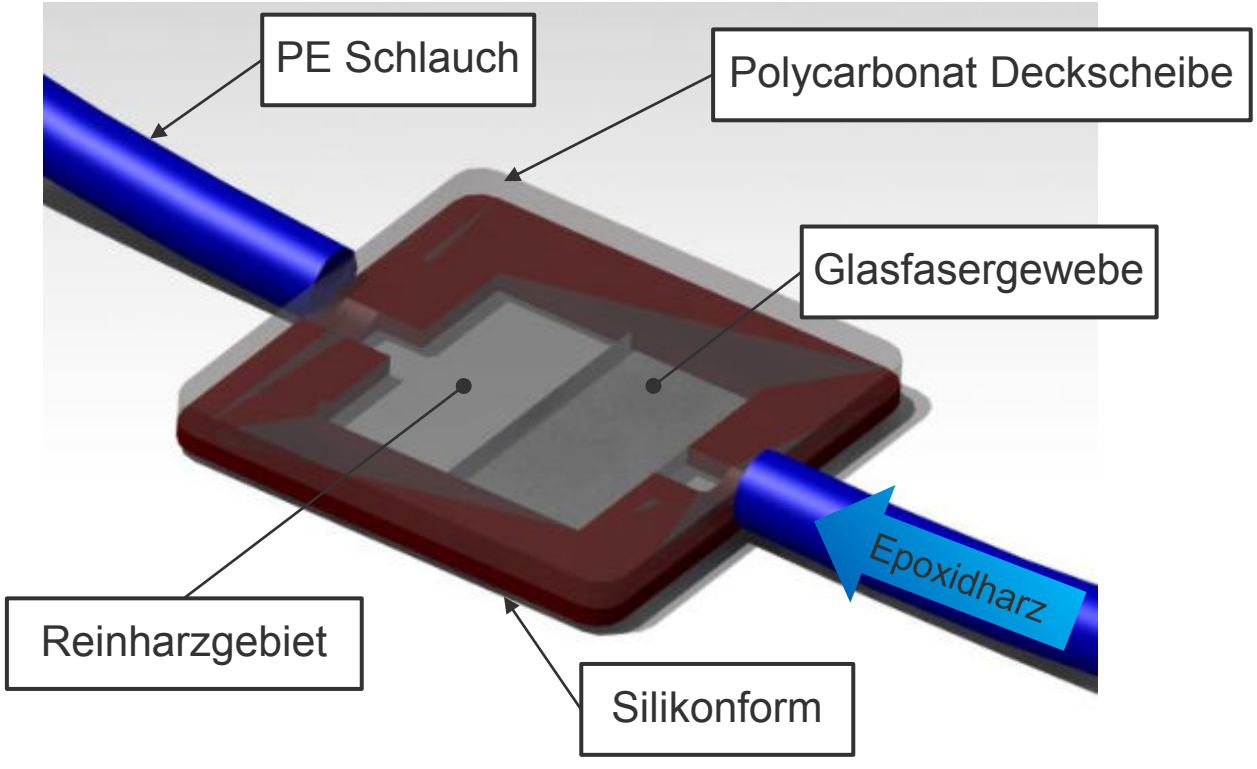


Abbildung 6 – Silikonform L-RTM Aufbau mit zwanzig Lagen Glasfasergewebe (106 g/m²)

Versuchsdurchführung – Fertigung von verschiedenen tFVK

Abbildung 7 – Versuchsaufbau für die Infusion mit verschiedenen Polymeren

Versuchsdurchführung – Fertigung von verschiedenen tFVK

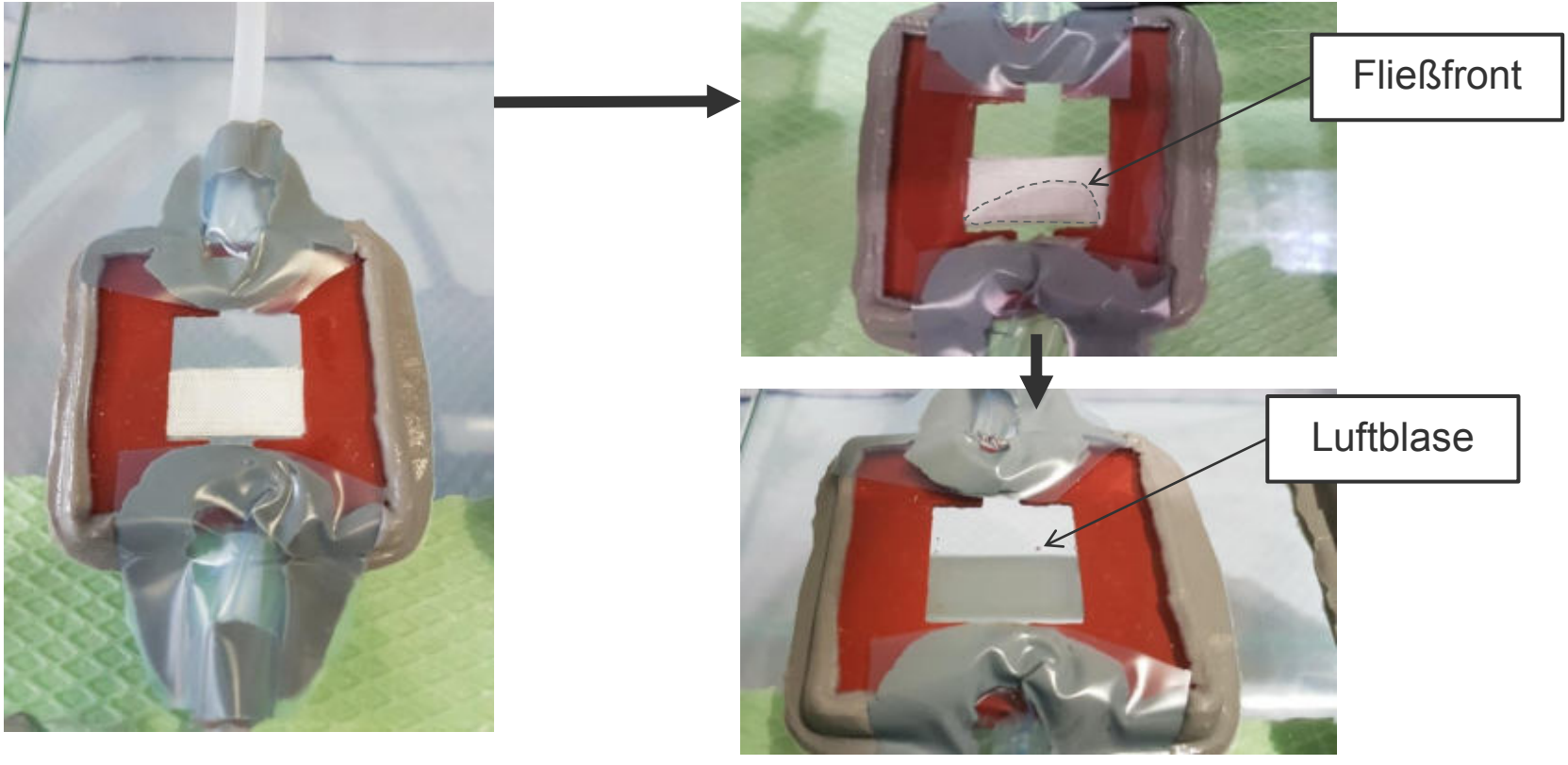


Abbildung 8 – Zwanzig Lagen Glasfasergewebe vor, während und nach der Infusion

Ergebnisse – Analyse von verschiedenen tFVK

Abbildung 10 – fünf verschiedene tFVK Proben

Ergebnisse – Analyse der tFVK vor und nach dem Tempern

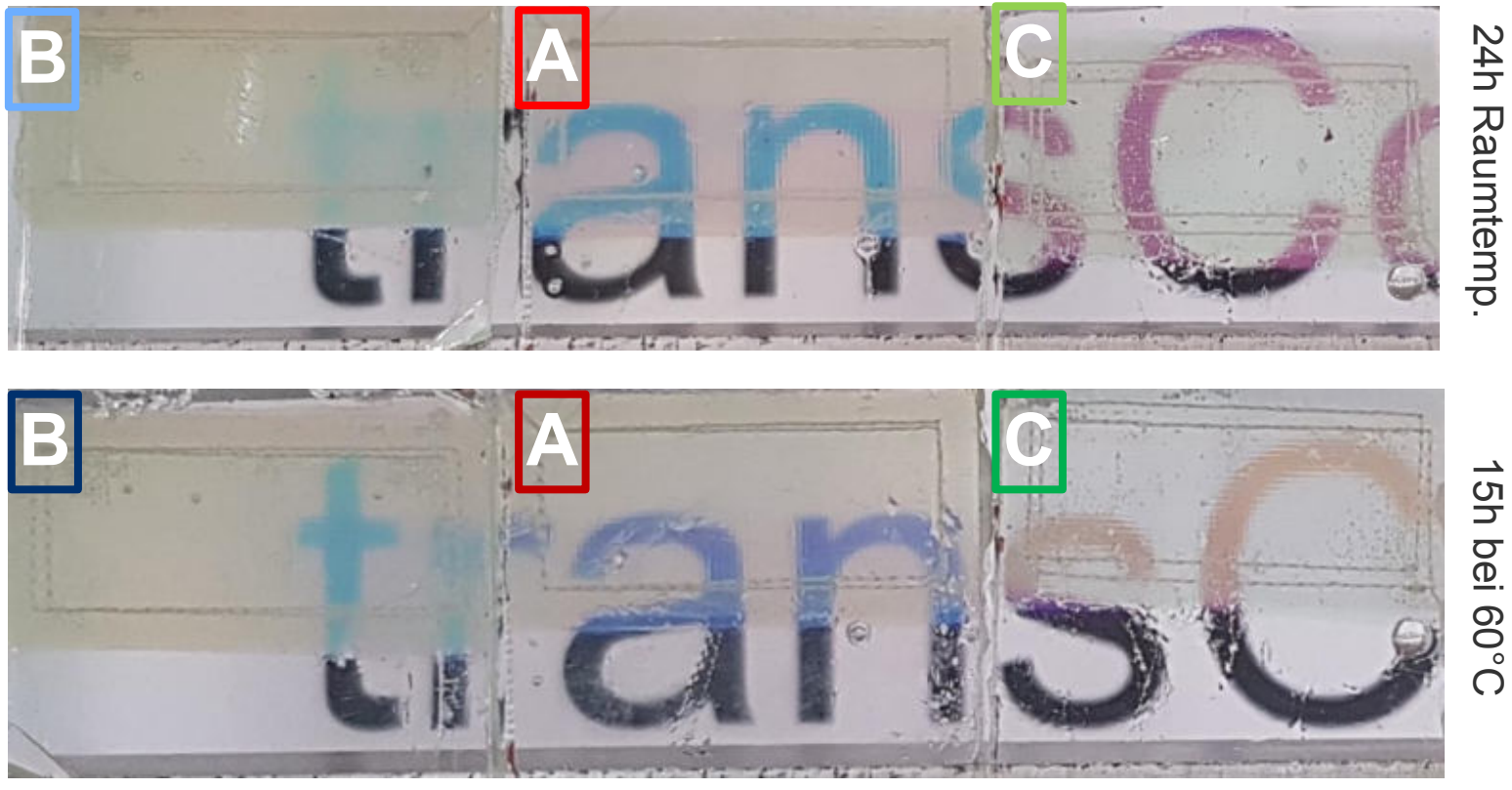


Abbildung 11 – tFVK mit Polymersystem A,B,C vor (oben) und nach (unten) dem Tempern für 15h bei 60°C

Ergebnisse – Analyse der tFVK vor und nach dem Tempern

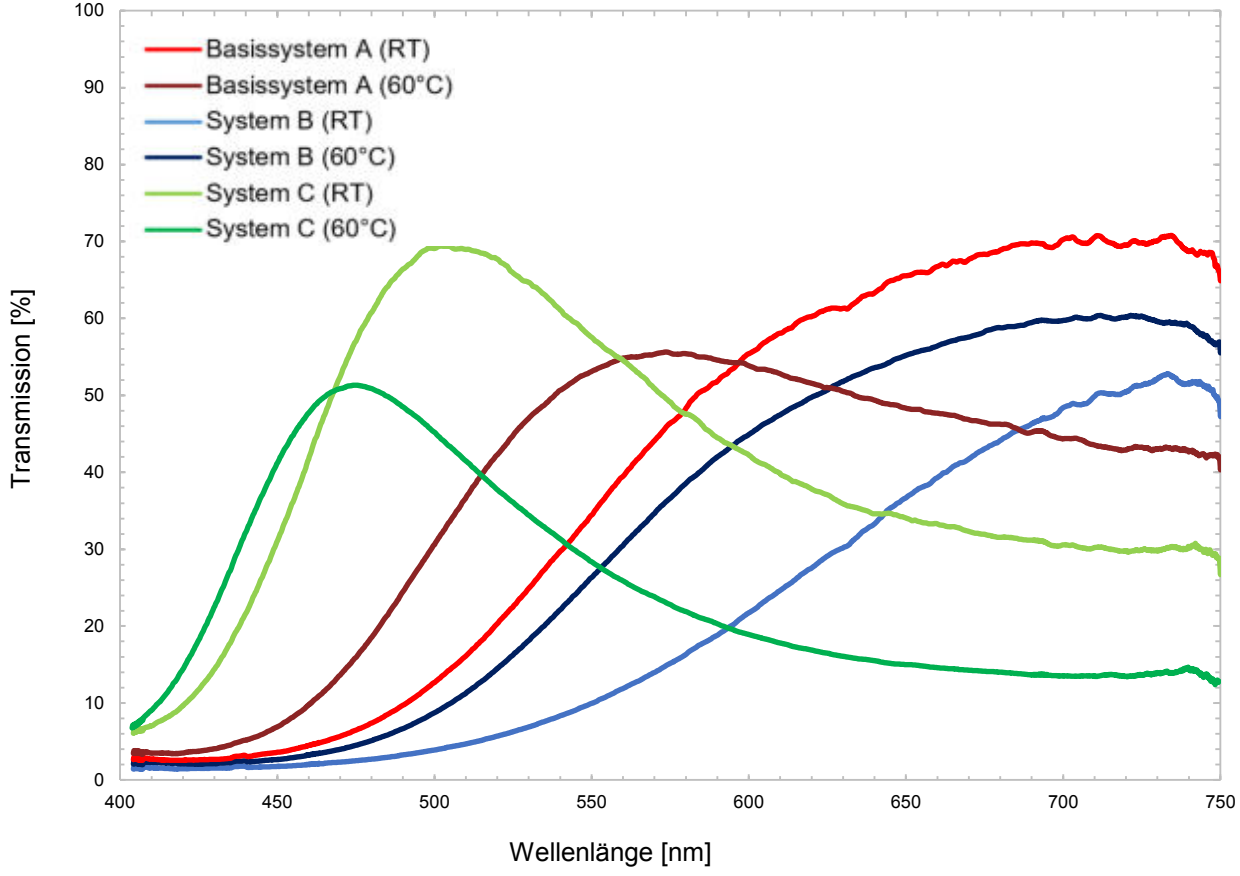


Abbildung 12 – Transmissionsdaten vor und nach dem Tempern

Ergebnisse – Analyse der Dispersionskurven

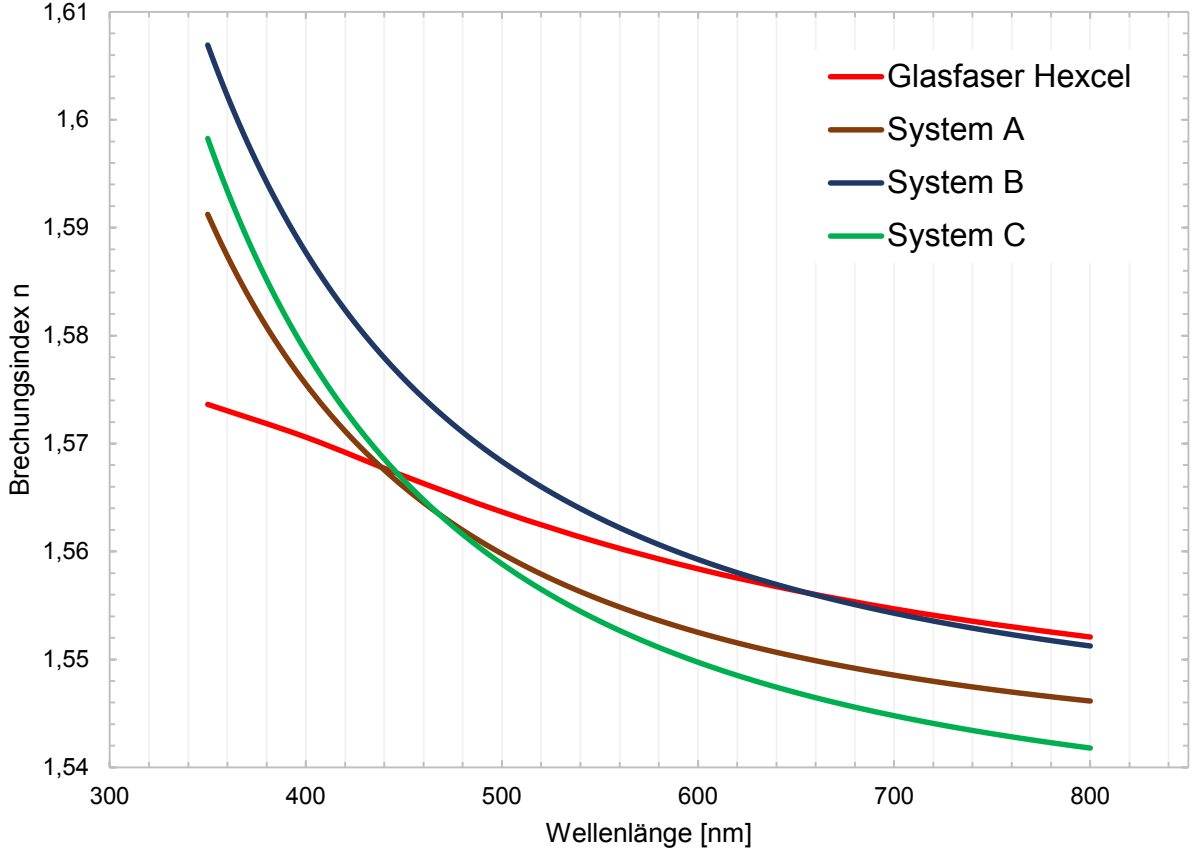


Abbildung 13 – Dispersionskurven nach dem Tempern

Recherche und Auswahl Fasern, Textilien und Nähfäden

Transparente Faserverstärkung-Grundmaterial E-Glas

DESCRIPTION		January / 2014
Type of yarns	Warp : EC7 22 Weft : EC7 22	
Nominal weight	105 g/m²	3.1 oz/sqy²
Weave style	PLAIN WEAVE	
Width	1260 mm	49.6 in
Finish type	TF970	
Finish description		

CHARACTERISTICS		
Nominal construction	Warp : 24 yarn/cm Weft : 23 picks/cm	61.4 yarn/in 58.9 picks/in
Weight distribution	Warp : 51 % Weft : 49 %	
Thickness (*)	0.08 mm	0.003 in

Recherche und Auswahl Fasern, Textilien und Nähfäden

Transparente Faserverstärkung-Grundmaterial S-Glas

Style	**HMW123-815L5**		
Technical characteristics			
	Unit	Nominal value	Test method
Glass composition		High Modulus	
Weight per unit area Deviation from the nominal value	g/m² %	815 ± 5	ISO 3374
Material	Warp Weft	2040 tex 2040 tex	DIN EN 14020 DIN EN 14020
Thread count	Warp Weft	19 threads/ 10cm 19 threads/ 10cm	ISO 4602
Humidity	%	≤ 0.1	DIN EN ISO 3344
Fabric weave		plain weave	
Selvedge		Glued leno	
Free length of the weft rovings	mm	≤ 15	
Width * Deviation from the nominal value	cm %	127 ± 1.5	ISO 5025
Type of size		suitable for UP-, EP-and VE resins	
Coupling agent		Silane	
Internal tube diameter *	mm	152	

* other roll widths, lengths and inner tube diameter on request

Recherche und Auswahl Fasern, Textilien und Nähfäden

Transparente Glasfaser Roving

Erzeugnis/ Product	**Textilglasroving/ Textile glass roving**
	EC14- 300- 350- U
	Muster/ Sample AR_100
Glasart/ Glass type	E
Filamentdurchmesser/ Filament diameter	14 µm
Schlichtetyp/ Type of sizing	350

Charge/ Batch	Palette/ Pallet	Gewicht/ Weight	Strangfeinheit/ Nominal Roving Tex	Glühverlust/ Loss on Ignition	Feuchtegehalt/ Moisture content
Einheit/ Unit		kg	tex	%	%
Prüfnorm/ Standard			DIN EN ISO 1889	ISO 1887	DIN EN ISO 3344
Vorgabe/ Specification			**285 - 315**	**0,50 - 0,80**	**< 0,15**

Recherche und Auswahl Fasern, Textilien und Nähfäden

4.1.2 a) vorhandene Nähgarne

Material/Typ	Farbszusatz	Phasenzustand	Schlichtentyp	Verarbeitbarkeit	Garndurchm.	Feinheit
E-Glas	keins	amorph (Glasfaser)	Öl basiert für Textil, Silan	gut		102tex
PMMA Kunststoff-Lichtwellenleite	keins	amorph (PMMA)	PTFE	noch im Test		
E-Glas	keins	amorph	PTFE"verschwindet beim Auftragen"		0,3-0,5mm	140 - 280tex
E-Glas	keins	amorph	?	wurde schon am IFB verwendet		
E-Glas	keins	amorph	Stärke/ Schmiermittel gefunden in agy tech prod guide S.20/21		0,348mm	134.10 tex

Recherche und Auswahl Fasern, Textilien und Nähfäden

Nähversuche mit 3 Garnen

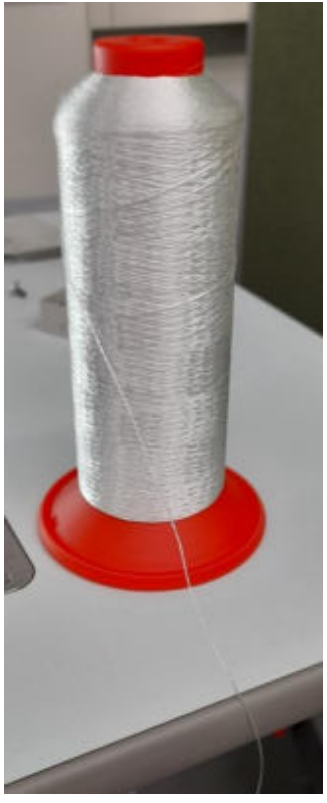
- Garn 1
- Garn 2

Stärke/Öl-Schlichte

- Garn 3

Silan-Schlichte

Das letzte Garn entspricht mit der Silan-Schlichte als einziges die Vorgaben.



Entwicklung Leapstitch TFP

Untersuchung und Definition der Anforderungen an die transparenten Preforms

Versuche mit Glasfasern zu Nähen am IFB:

- Vorversuche mit einem Glasfaserstickgarn
- Glasfaser Rovings
- Nähgarne
- Fadenspannung begrenzen, Faden nicht durch Bremsen/Fadensensor führen
- Beispiel-Parameter: Hub 12, Schwung 0, Breite 6mm und 250 Stiche/min
- Dicke Nadel (Beispiel 160er)

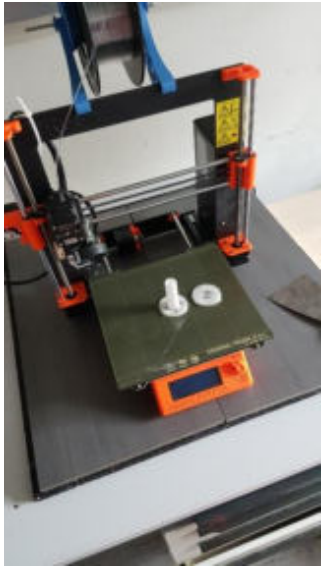
Vorversuch:

- Preform aus Glasfaserrovingen, Glasfaserstickgrund und Glasfasernähgarn
- Handlaminat zwischen zwei Glasplatten mit Epoxysystem 4

Entwicklung Leapstitch TFP

Versuche mit Glasfasern zu Nähen:

3D Druck Spule fürs Umspulen mit größerem Schaftdurchmesser, damit Fasern nicht brechen



Umspulen: Fazit: Einzelne Filamente brechen!

Entwicklung Leapstitch TFP

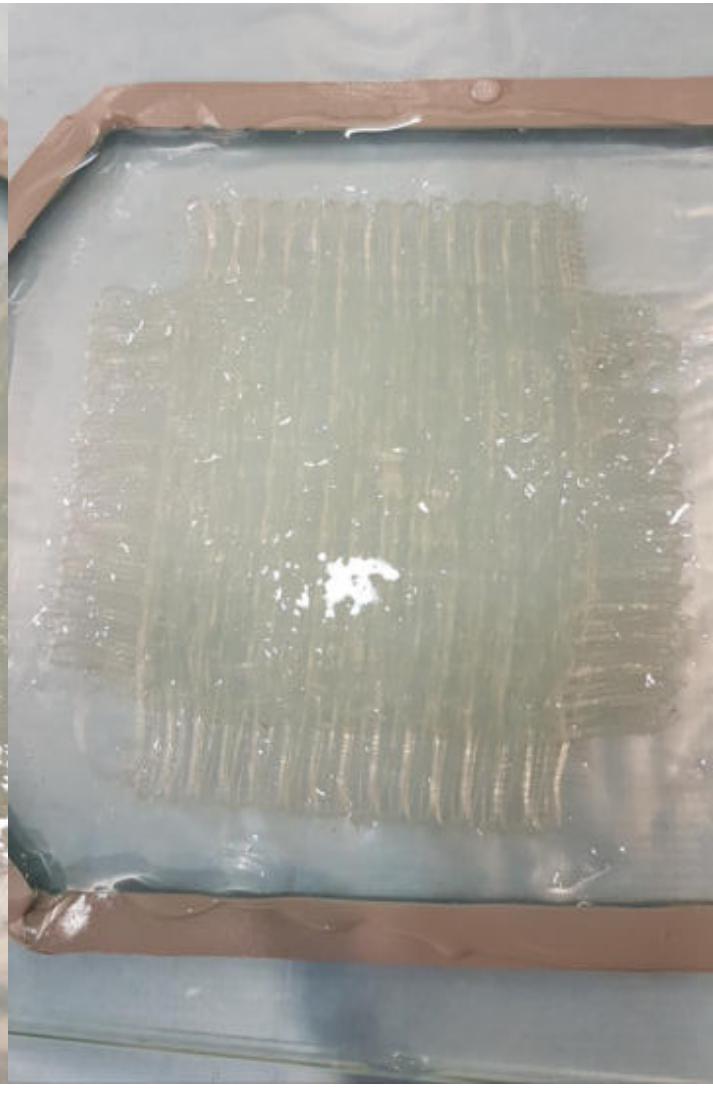
Versuche mit Glasfasern zu Nähen am IFB:

Sticken mit den zuvor angegebenen Parametern: 1 x 0° Lage + 1 x 90° Lage

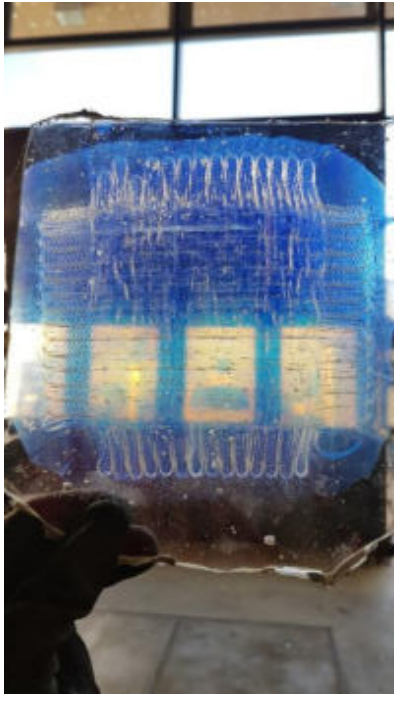
Entwicklung Leapstitch TFP

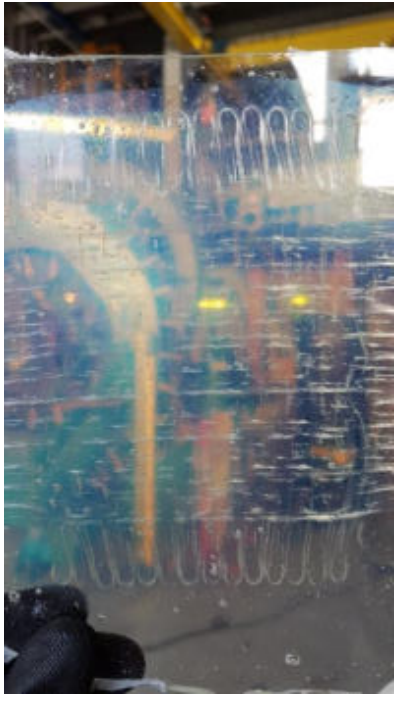
Versuche mit Glasfasern zu Nähen:

Handlaminat mit Epoxysystem 4: Platte wird durch Handlaminat zwischen zwei Glasplatten erzeugt

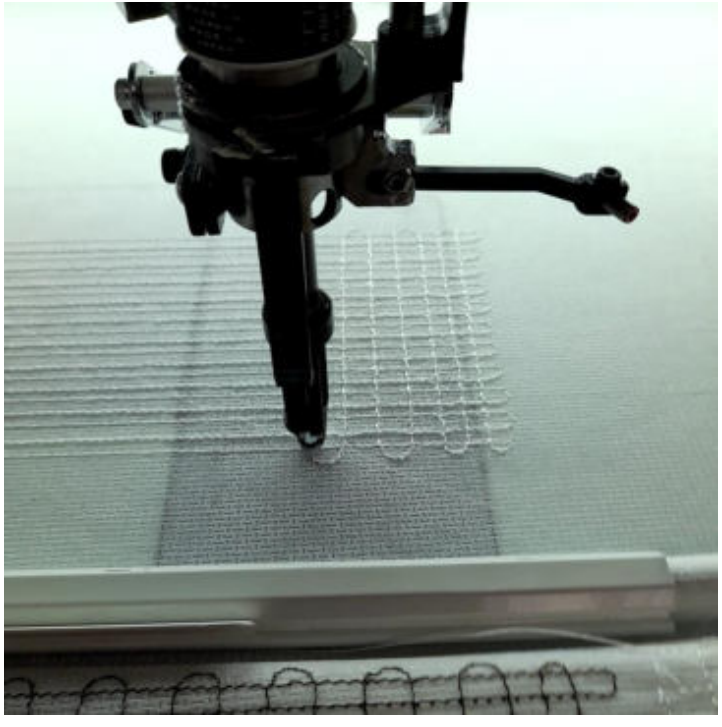


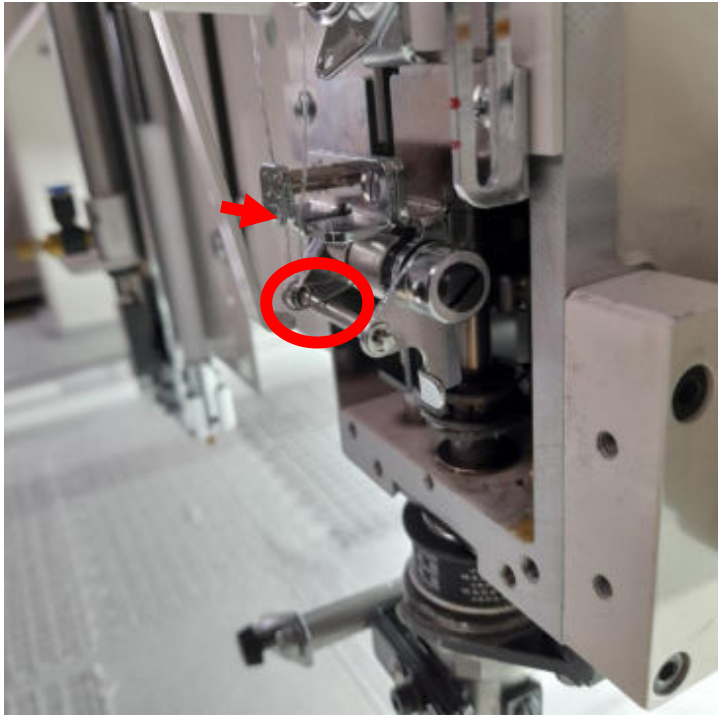
Entwicklung Leapstitch TFP





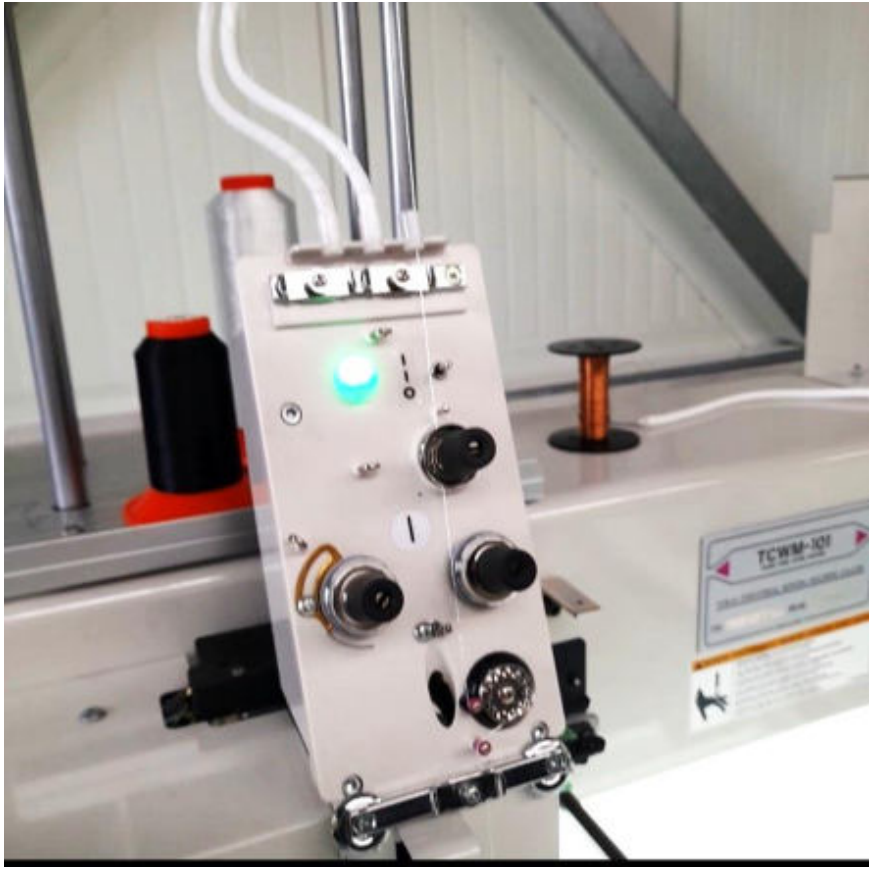
Nähversuche bei Tajima





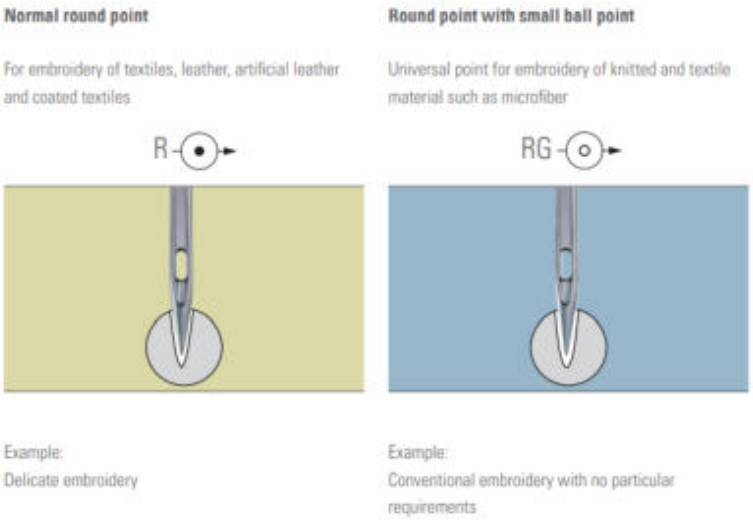
Fadenführung Optimierung

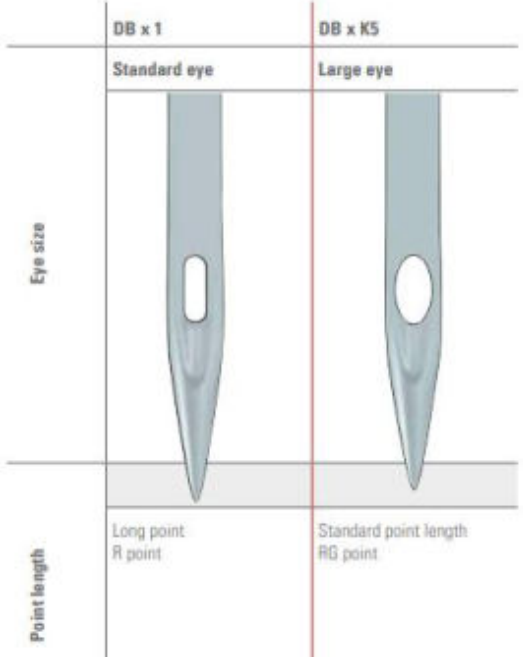
- Entwicklung Fadenführung zu optimieren
  - Stifte ersetzen mit einer Beschichtung
  - Umlenkfadenführung beschichten
  - Fadenführung entfernen
  - Füße austauschen



Entwicklung TFP mit transparentem Nähfaden

AP 4.3.2 Entwicklung TFP mit transparentem Nähfaden und Anpassung TFP Equipment
→ Näh- bzw. Sticknadeln





https://groz-beckert.com/

Ausblicke

1. Neue Nähgarnentwicklung für S-Glasgewebe

2. TFP Versuch mit E-Glas, E-Roving, E-Nähgarn
   -> Transparenz?

3. Definition des Ablagemusters

Fördergeber und Projekt

- Diese Veröffentlichung ist im Rahmen des Projekts transComp entstanden

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektteilnehmer:

Institut für Flugzeugbau (IFB) – Universität Stuttgart
Institut für Polymerchemie (IPOC) – Universität Stuttgart
Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung (DITF)
KRD Coatings GmbH
Tajima GmbH