



Composites und Leichtbau für Architekturanwendungen

Fakultätsübergreifende Lehrveranstaltung

ITKE Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives
Entwerfen

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers

ICD Institut für Computerbasiertes Entwerfen

Prof. Achim Menges

IFB Institut für Flugzeugbau

Prof. Dr.-Ing. Peter Middendorf

Inhalt

1	Organisatorisches	2
2	Vorlesungsinhalte und Entwicklungsziele	3
3	Demonstratoren aus vorangegangene ICD/ITKE Design Studios	3
	Forschungspavillon 2012 – kernlose gewickelte Monocoque-Schale	3
	Forschungspavillon 2013-14 – kernlos gewickelte Komponenten	5
	Forschungspavillon 2014-15 – pneumatische Schalung	6

1 Organisatorisches

Vorlesungssprachen: Englisch

Date	Weekday	Event	Start	End	Topic	Lecturer	Room/ Address
15.10.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Introduction Architecture	Prof. Achim Menges	tba (to be announced)
22.10.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Introduction Structural Engineering	Prof. Jan Knippers	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
29.10.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Kick-Off Event: Introduction + Tour IFB	Dipl.-Ing. Gnädinger	IFB Allmandring 5b, Vaihingen Campus
30.10.2015	Friday	1st Review	10:00	13:00			tba
5.11.2015	Thursday	Lecture	14:00	17:15	Technology overview composites (1) and (2) (four your information: TRR141 Conference)	Prof. Middendorf / Dipl.-Ing.Gnädinger	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
12.11.2015	Thursday	NO LECTTURE					
19.11.2015	Thursday	group work					9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
26.11.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Sandwich and fold core technology	Dr.-Ing. Yves Klett	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
27.11.2015	Friday	2nd Review	10:00	13:00			tba, in Tübingen, room tba
3.12.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	FEM simulation for composites	Dipl.-Ing. Ronny Sachse	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
10.12.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Topology optimization for composites	M.Sc. Johannes Schwingel	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
15.12.2015	Tuesday	Midterm Review	14:00	17:00			tba
17.12.2015	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Unmanned aerial vehicles	Dipl.-Ing. Denzel & Bergmann	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
14.01.2016	Thursday	group work					9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
21.01.2016	Thursday	Lecture	14:00	15:30	Direct placement technologies for composites	Dr.-Ing. Stefan Carosella	9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
28.01.2016	Thursday	group work					9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
29.01.2016	Friday	Review 3	10:00	13:00			tba
4.02.2016	Thursday	group work					9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
11.02.2016	Thursday	group work					9.06 - 9th floor, Keplerstr. 11, City Centre Campus
19.02.2016	Friday	Final Review					tba

2 Vorlesungsinhalte und Entwicklungsziele

Im Rahmen des ITECH Design Studios arbeitet ein internationales Team aus Studenten der Architektur, des Bauingenieurwesens und der Luft- und Raumfahrttechnik an konzeptuellen Entwurfsstrategien und Prozessen zur Anwendung von Leichtbautragwerken aus Faserverbundwerkstoffen für das Bauwesen.

Im Wintersemester werden die Grundlagen dazu gemeinsam erarbeitet und im Sommersemester wird ein Demonstrator entwickelt und gebaut.

Zielgruppe: M.Sc. Studierende der LRT zusammen mit Studierenden der Architektur- und Biologie

Moduldauer: 2 Semester mit jeweils 2 SWS

- Inhalte:
- WiSe:
- Initial workshop on architecture and structures, delivered by architecture experts
 - Interdisciplinary expert colloquium, directed by leading guest researchers, e.g. sandwich technologies, textile concrete, numerical analysis of architectural structures, fibre placement technologies, UAV, topology optimisation and bionics)
- SoSe:
- Team work of 3-4 students, developing manufacturing/ composite/ simulation technologies that facilitate creating architectural structures
 - Transfer of results to architecture students (architecture students build up a demonstrator structure (pavilion))

Prüfungsformalia:

- Für das WiSe besteht Anwesenheitspflicht
- Die Ergebnisse der Gruppenarbeit im SoSe müssen in einem 20-30 seitigem Bericht dokumentiert und in einer Präsentation vorgestellt werden
- LBP = Lehrveranstaltungsbegleitende Prüfung
- GLP für WiSe+SoSe (eine Aufteilung ist nicht möglich)

3 Demonstratoren aus vorangegangene ICD/ITKE Design Studios

Forschungspavillon 2012 – kernlose gewickelte Monocoque-Schale

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers, ITKE Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen Prof. Achim Menges, Institut für Computerbasiertes Entwerfen, Universität Stuttgart Prof. Dr. Oliver Betz, Institut für Evolution und Ökologie Prof. Dr. James Nebelsick, Invertebratenpaläontologie und Paläoklimatologie, Eberhard Karls Universität Tübingen

Entwicklung:

Konzept des kernloses Faserwickeln, digitale Kette: numerisch-mechanische Simulation in Rückkopplung mit CAD-Geometrie und robotischer Fertigung

Projektdatei:

Monocoque-Schale, Carbon- und Glasfasern in Epoxidharzmatrix, 320kg Konstruktionsgewicht entspricht 5,6kg/m², 8m Spannweite

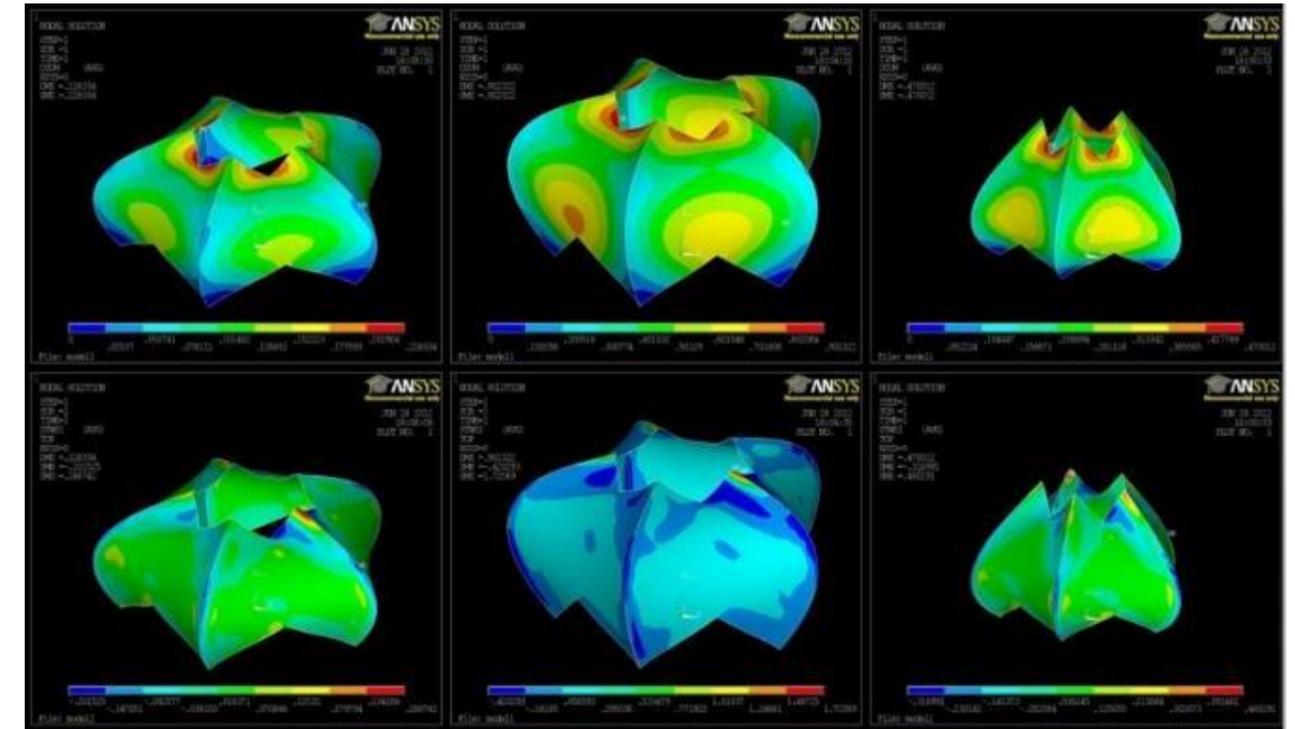


Abbildung 1: Strukturoptimierung der Globalgeometrie unter Berücksichtigung aller Beanspruchungen

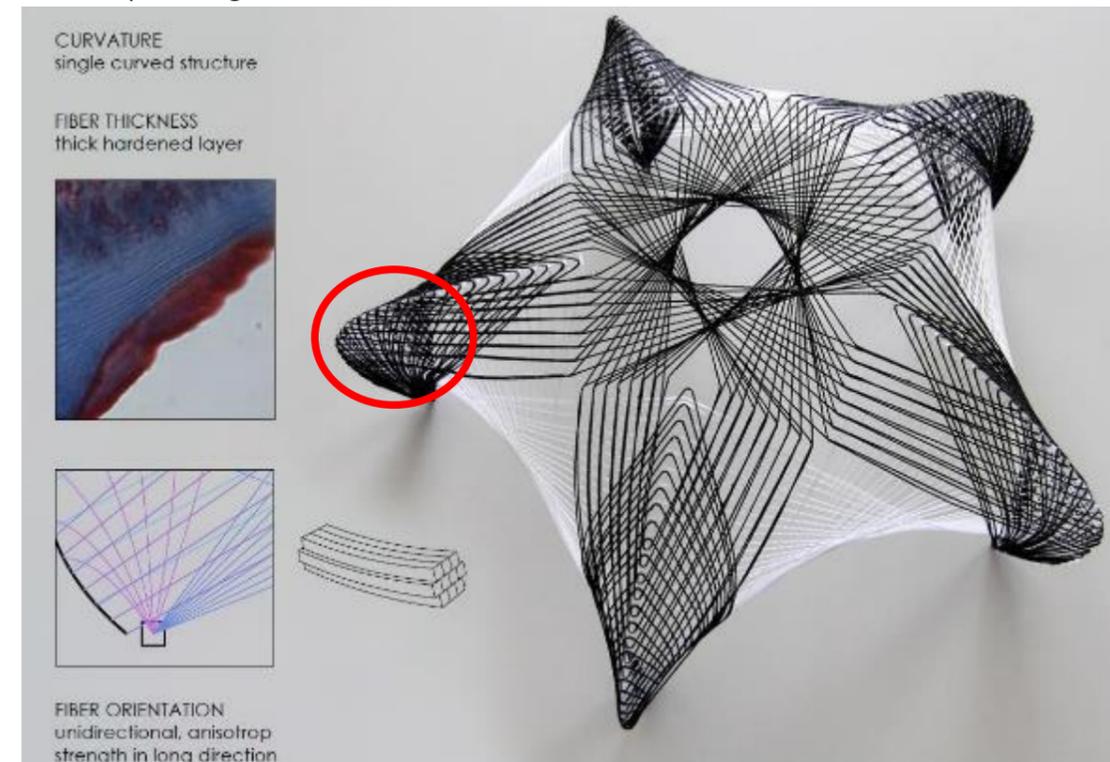


Abbildung 2: Carbonfasern am Auflager quasi-unidirektional in Krafrichtung angeordnet

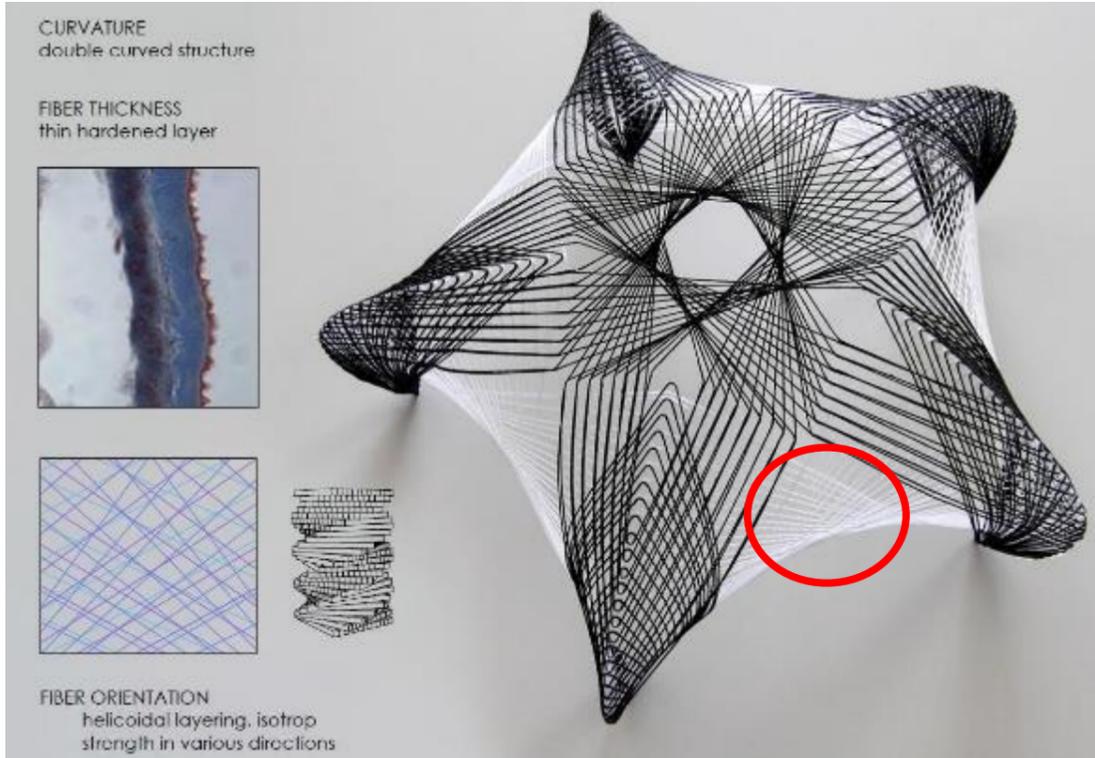


Abbildung 3: Glasfasern an den Seiten den Beanspruchungen gemäß quasi-isotrop platziert

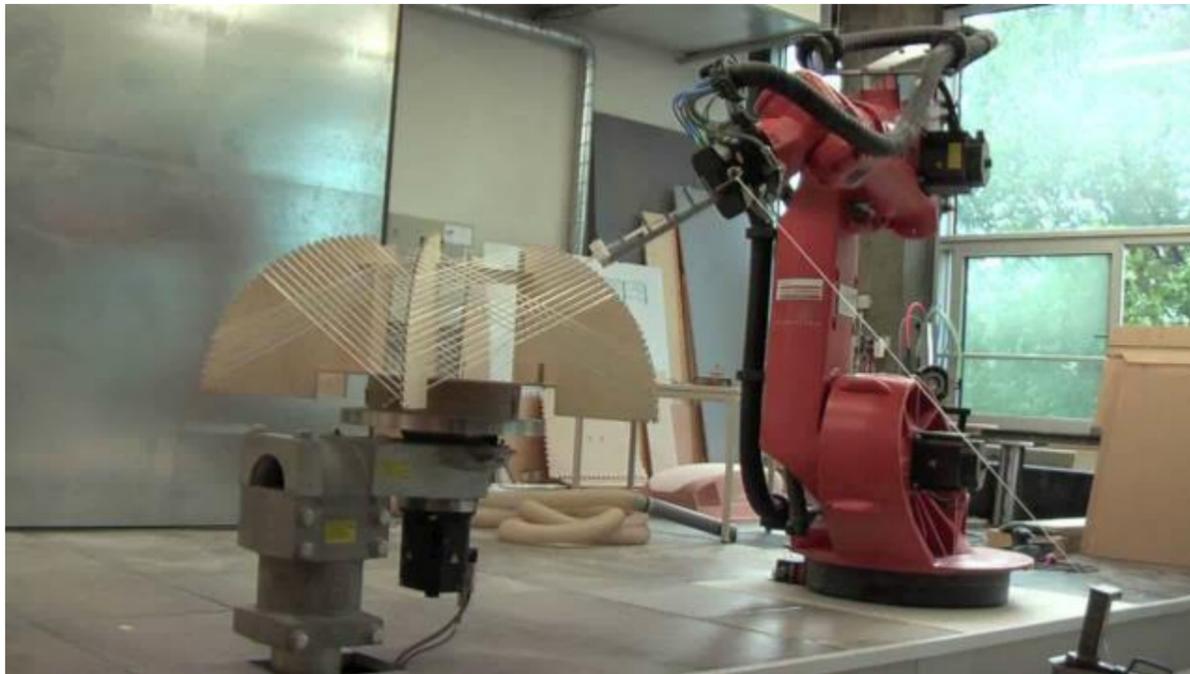


Abbildung 4: Konzeptentwicklung des kernlosen Faserwickelns, Rahmen auf Drehteller und 6-Achs Roboter

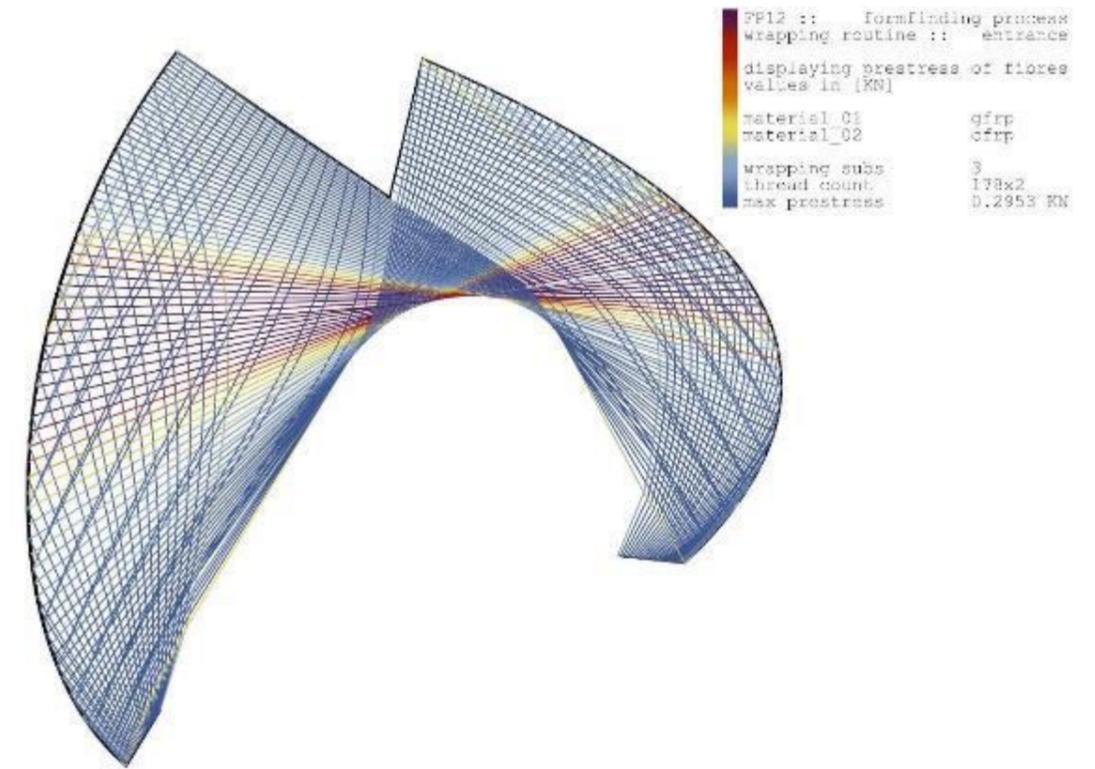


Abbildung 5: Finite-Elemente Simulation des Herstellungsverfahrens



Abbildung 6: Fabrikation des kernlos gewickelten Forschungspavillons 2012, glasfaserverstärktes Epoxidharz mit Carbonfaserverstärkungen in den hochbeanspruchten Bereichen



Abbildung 7: 70% des Tragwerks bestehen aus glasfaserverstärktem Epoxidharz, 30% aus Carbonfaserverstärkungen

Forschungspavillon 2013-14 – kernlos gewickelte Komponenten

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers, ITKE Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen

Prof. Achim Menges, Institut für Computerbasiertes Entwerfen, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Oliver Betz, Institut für Evolution und Ökologie

Prof. Dr. James Nebelsick, Invertebratenpaläontologie und Paläoklimatologie, Eberhard Karls Universität Tübingen

Entwicklung:

Konzept des kernloses Faserwickelns von doppelschaligen Komponenten, Kraftflussgerechte Lasteinleitung der Fügungen in Faserrichtung, Optimierung der digitalen Kette: numerisch-mechanische Simulation in Rückkopplung mit CAD-Geometrie und robotischer Fertigung

Projektdateien:

36 unterschiedliche Bauteile, größtes Bauteil hat einen Durchmesser von 2,6m und wiegt 24kg, Carbon- und Glasfasern in Epoxidharzmatrix, 593kg Konstruktionsgewicht, überdacht 50m²

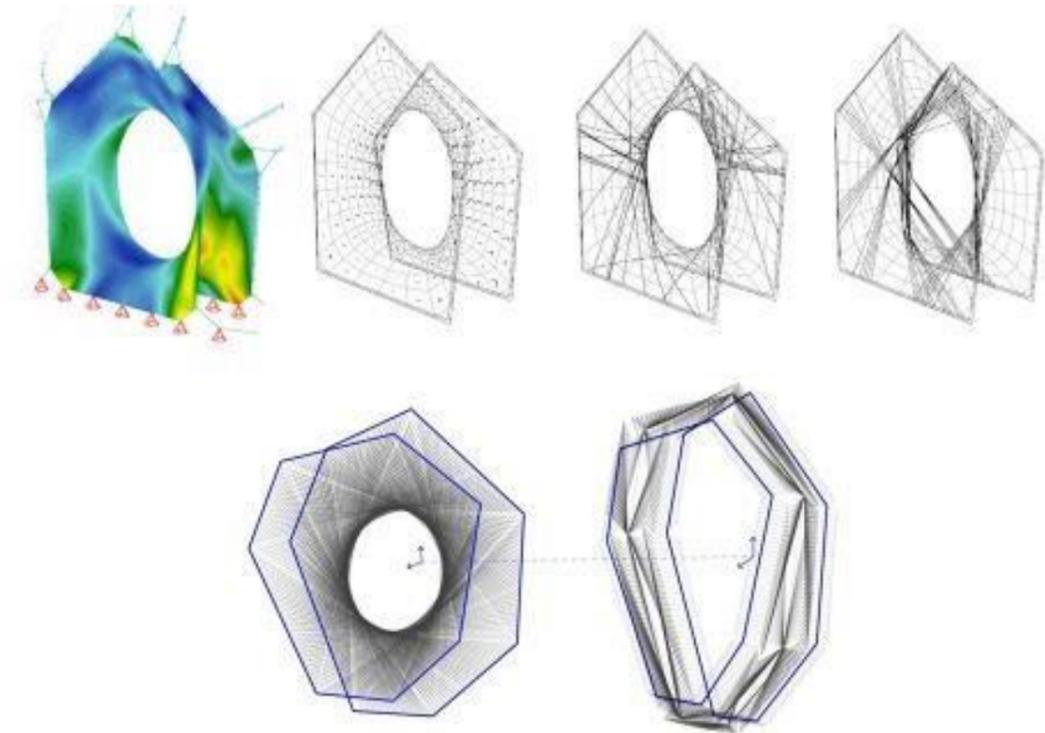


Abbildung 8: An die Beanspruchung angepasste Anordnung von Carbon- und Glasfasern mittels Finite-Elemente Analyse und Wickelpfadalgorithmen

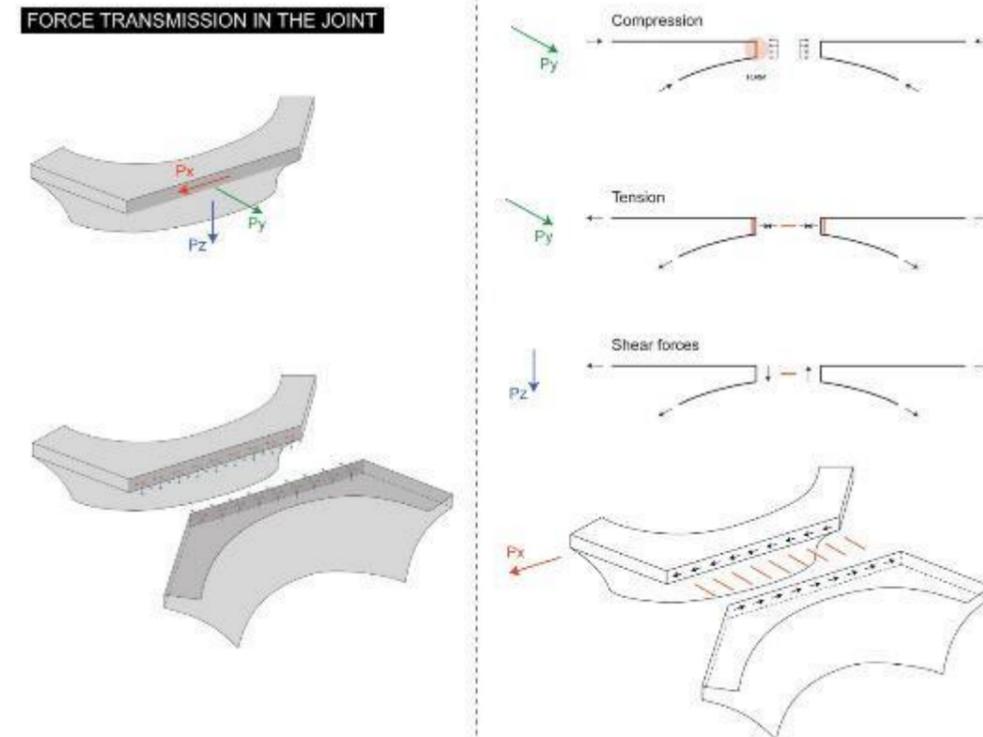


Abbildung 9: Fügung der Bauteile an den Wickelpunkten



Abbildung 10: Kernloses Faserwickeln, in Epoxidharz imprägnierte, kostengünstige Glasfasern bilden die gedachte Schalung, Carbonfasern verstärken die höher beanspruchten Bereiche

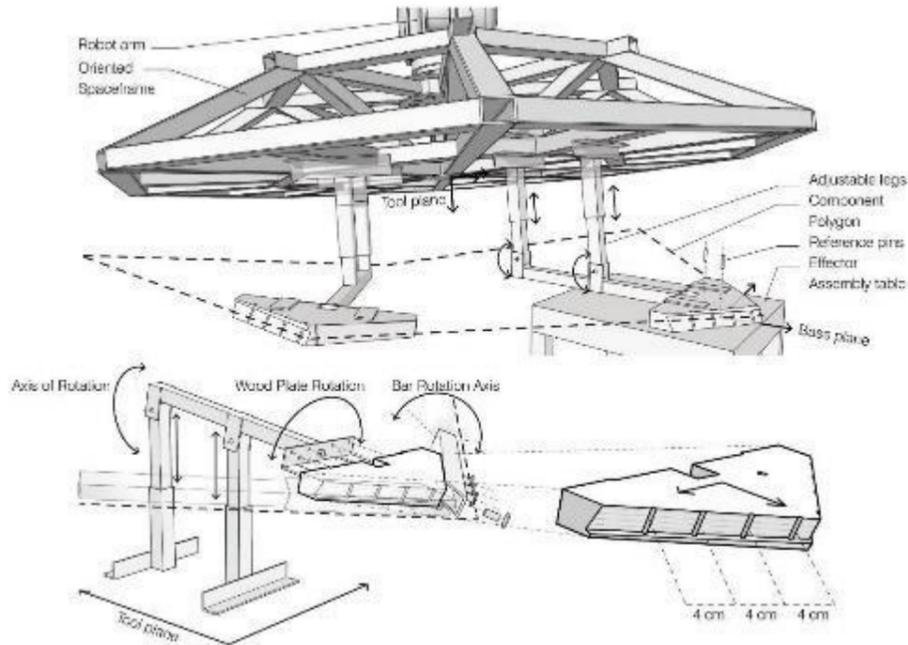


Abbildung 11: Konstruktion und Herstellung der Roboterwerkzeuge



Abbildung 12: Doppelschaliger, robotisch gewickelter Pavillon inspiriert von der Morphologie des Deckflügels des Kartoffelkäfers

Forschungspavillon 2014-15 – pneumatische Schalung

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers, ITKE Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen

Prof. Achim Menges, Institut für Computerbasiertes Entwerfen, Universität Stuttgart

Prof. Dr. Oliver Betz, Institut für Evolution und Ökologie

Prof. Dr. James Nebelsick, Invertebratenpaläontologie und Paläoklimatologie, Eberhard Karls Universität Tübingen

Entwicklung:

Konzept des Faserlegens auf ein pneumatisch gestützte Schalung von innen, Live-Sensorrückkopplung des Roboters unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Schalung während dem Faserlegen, Kraftflussgerechte Platzierung und Orientierung der Fasern, Optimierung der digitalen Kette: numerisch-mechanische Simulation in Rückkopplung mit CAD-Geometrie und robotischer Fertigung

Projektdatei:

Ethylen-Tetrafluorethylen Folie als Schalung während der Herstellung und Gebäudehülle nach Fertigstellung, 8m Spannweite, 260kg Konstruktionsgewichtüberdacht



Abbildung 13: Herstellungsprozess v.l.n.r.: pneumatische Schalung, robotisches Faserlegen von innen, Carbonfasern als aufgelöstes Schalenträgerwerk

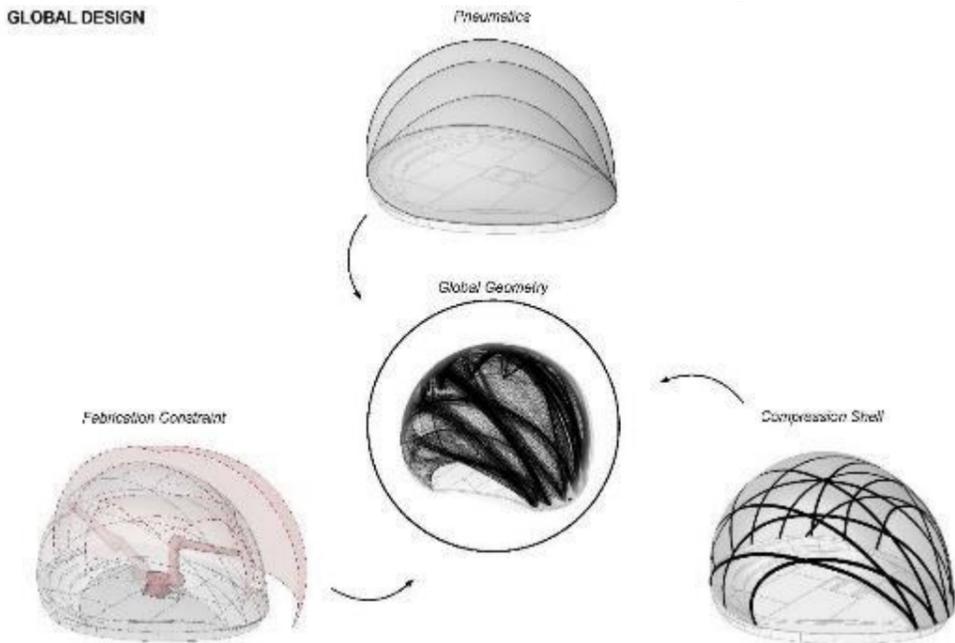


Abbildung 14: In einer geschlossenen digitalen Kette wurde die Geometrie des Pavillons entwickelt unter Berücksichtigung des Roboterarbeitsraums, der Aufblasbarkeit der Schalung und des Tragverhaltens des Carbonfasern mittels Finite-Elemente Analyse

CUTTING PATTERN

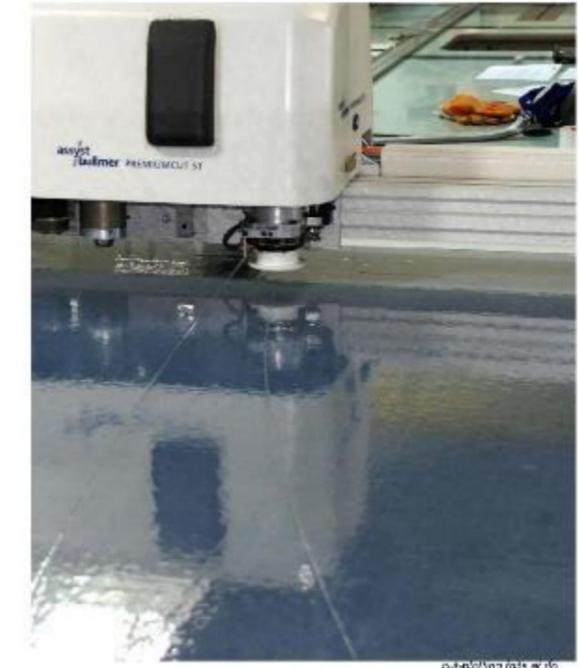
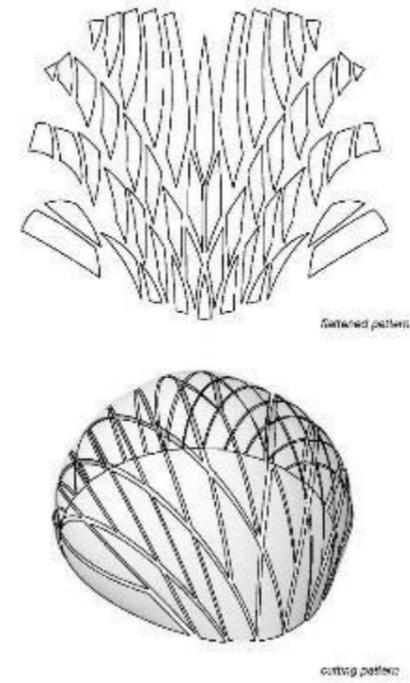


Abbildung 15: Zuschnitt und Konfektion der Schalung

DESIGN ITERATION

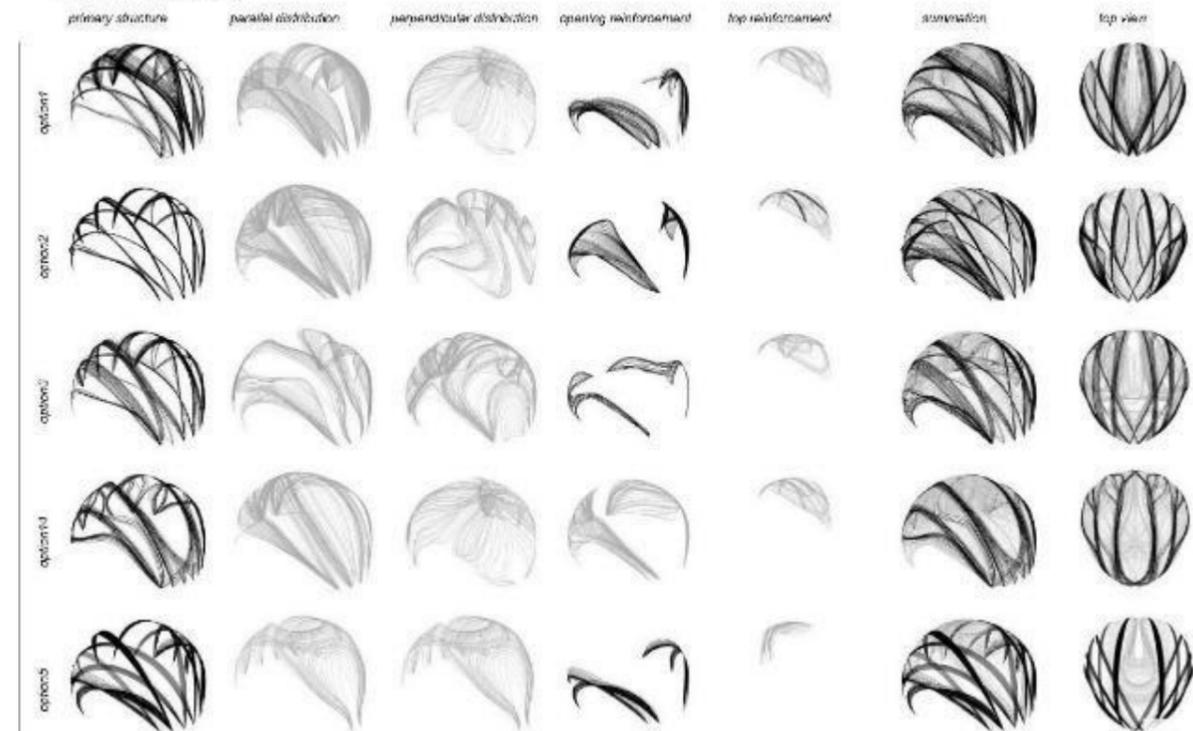


Abbildung 16: numerisch-mechanisch gestützte Auslegung des Faserverlaufs

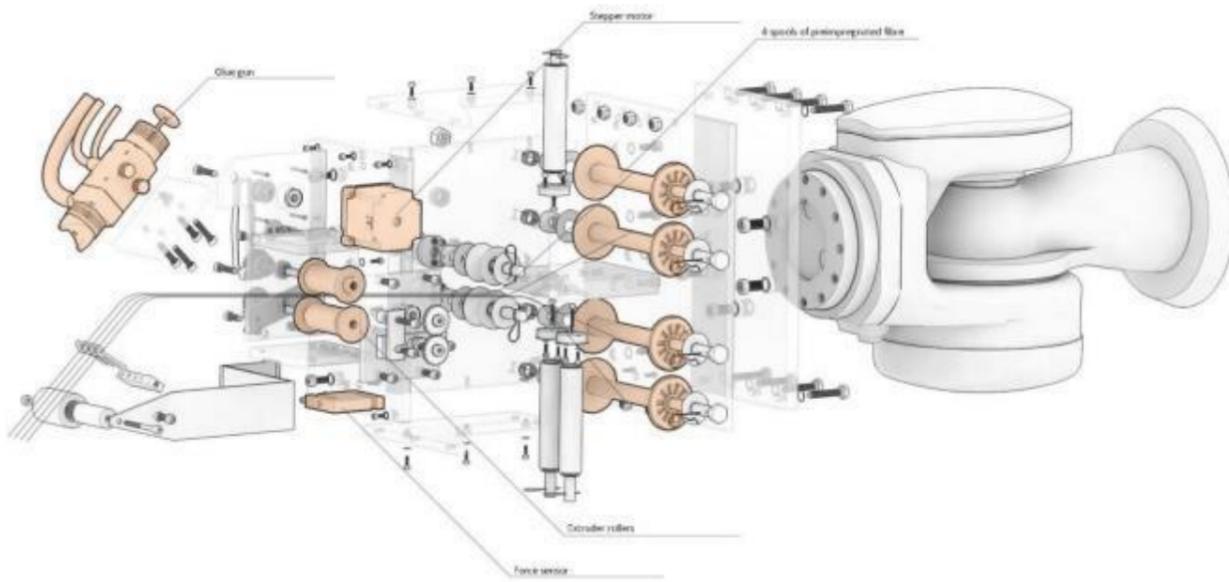


Abbildung 17: Entwicklung und Konstruktion des Faserablegewerkzeugs



Abbildung 19: Ausdifferenzierte Faserpanordnung unter Berücksichtigung der Beanspruchungszustände



Abbildung 18: Robotisches Faserlegen auf pneumatisch gestützte ETFE-Folie