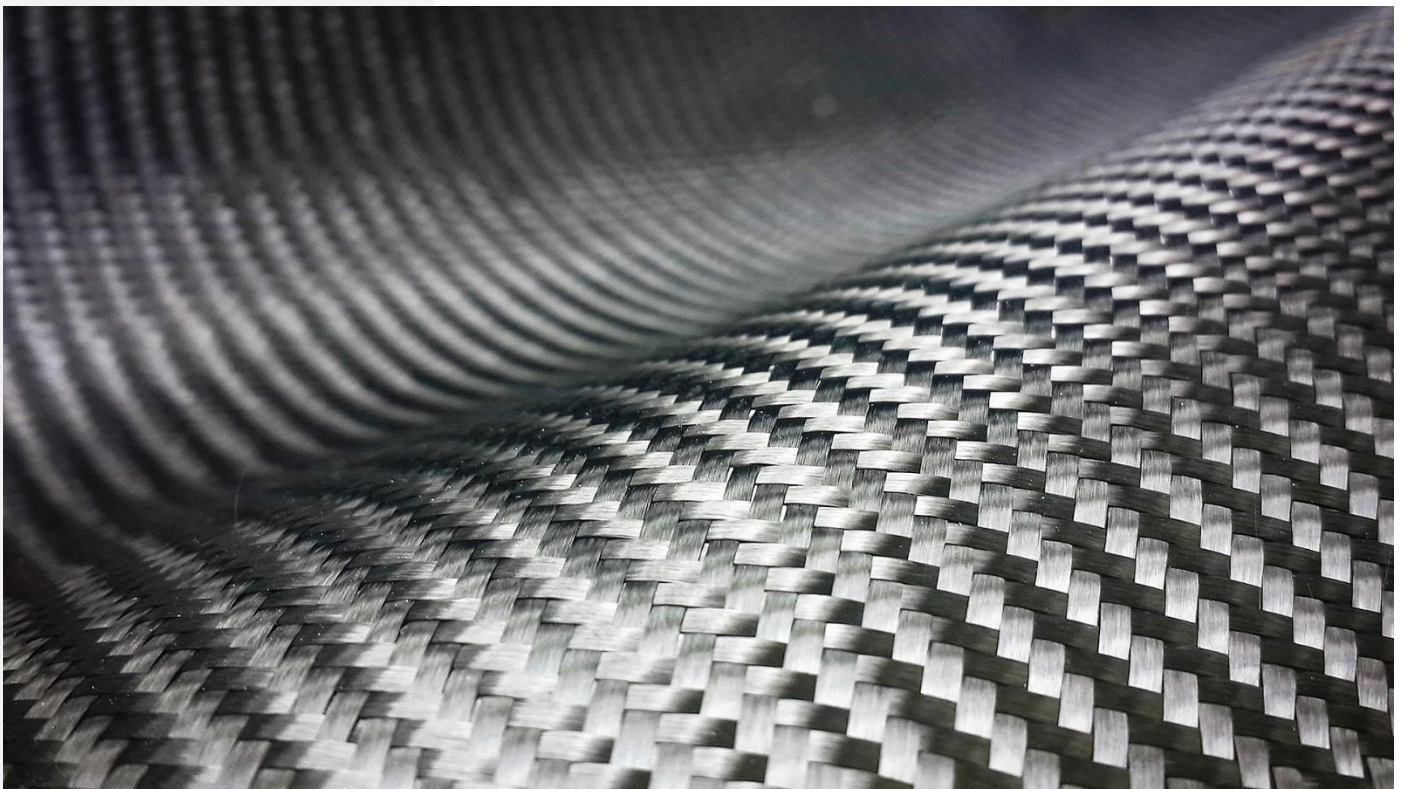


Leichtbau & Faserverbundwerkstoffe

2022-2025

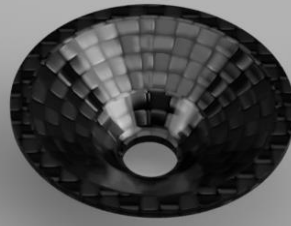


Portfolio
David Scheidt

david.scheidt@tum.de

2022

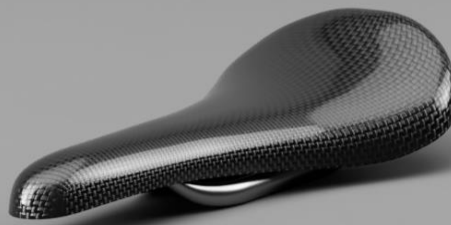
01



Top Cap

2022-2024

02



Sattel

2024 - jetzt

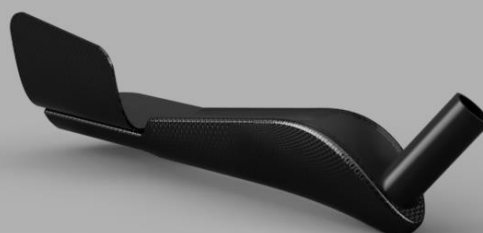
03



Flaschenhalter

2025 - jetzt

04



Aero Bars



Bereits vor Beginn meines Masters im Bereich des Bauingenieurwesens habe ich durch die Verbindung meiner Hobbys 3D-Druck und Rennradfahren eine große Begeisterung für Faserverbundwerkstoffe entwickelt. Die Möglichkeit mit leichten und gleichzeitig hochfesten Materialien kreative und individuelle Lösungen zu schaffen fasziniert mich seitdem nachhaltig.

Um mein Interesse auch auf Fachlicher Ebene weiter zu vertiefen, habe ich daher neben meinem Hauptstudium Kurse am Lehrstuhl für Carbon Composites sowie am Lehrstuhl für Leichtbau und Produktentwicklung der Technischen Universität München belegt. Dort konnte ich nicht nur wichtige Grundlagen verstehen, sondern auch mein handwerkliches Geschick bei verschiedenen Praktika ausbauen. Die Arbeit mit Verbundmaterialien hat mir gezeigt, wie viel Potenzial in der Kombination von Theorie und Praxis steckt, und meinen Wunsch verstärkt, eigene Ideen im kleinen und großen Maßstab in die Realität umzusetzen.

Dieses Portfolio zeigt eine Auswahl meiner bisherigen Projekte, angefangen bei meinen ersten Experimenten (01 Top Cap) bis hin zu meinen aktuellen Entwicklungen (03 Bottle Cage, 04 Aero Bars). Es soll meine Leidenschaft, meinen Lernfortschritt und meine Begeisterung für innovative Leichtbaulösungen vermitteln und zugleich einen Einblick in meine bisherigen Erfahrungen geben.

David Schlecht

Außerfachliche Studienfächer	Schwerpunkte	Arbeitsaufwand	Note
Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile	Konzeptionierung, Entwurf und Bau von Sportgeräten (Surfboard, Sattel, Hockey Stick)	4-Ects (120 Stunden)	1,0
Auslegung und Bauweisen von Composite Strukturen	Klassisch Laminattheorie Bruchkriterien (Tsai-Wu, Puck, Hashin) Sandwich Strukturen Klebe- & Schraubverbindungen	5-Ects (150 Stunden)	1,0
Leichtbau	Plattentheorie, Fachwerkstrukturen, Strukturoptimierung	5-Ects (150 Stunden)	2,3
Fertigungsverfahren für Composite-Bauteile	VARI, V-RTM, RTM, Flechten Matrix Verarbeitung, Gewebearten	5-Ects (150 Stunden)	2,0
Praktikum Faserverbundwerkstoffe	Optimierung eines 50cm langen Trägers für einen 3-Punkt Biegeversuch; Maximalgewicht 250g	4-Ects (120 Stunden)	1,7
Einführung in die Werkstoffe und Fertigungstechnologien von Carbon Composites	Grundlagen zu Materialeigenschaften, Gewebearten, Matrix-Systemen & Verarbeitungstechnologien	5-Ects (150 Stunden)	1,7
Material Modelling	Strukturmechanische Grundlagen für Verbundwerkstoffe & Wabenstrukturen und Schaumstoffe	3-Ects (90 Stunden)	2,3

01 Top Cap

Da die Vorbaukappe eines Fahrrads ausschließlich zur Vorspannung der Lager im Steuersatz dient und keine hohen strukturellen Anforderungen erfüllen muss, bot sie sich als ideales Einstiegsprojekt in den Bereich Verbundwerkstoffe an.

Die erste Version wurde im „Wet-Layup“-Verfahren gefertigt, erwies sich jedoch aufgrund kleiner Radien und schwacher Vakuum-Erzeugung als nicht praktikabel. In der nächsten Iteration kam daher „Compression-Molding“ zum Einsatz. Mithilfe eines PVA-basierten Trennmittels konnten so neben einer deutlich besseren Oberflächenqualität auch eine höhere Maßhaltigkeit erzielt werden.

Durch Tests verschiedener Laminat Aufbauten wurde ein Lay-Up bestehend aus acht einzelnen Lagen Körpergewebe (45 / 0 / -45 / 0)s entwickelt, das die durch die Vorbauschraube aufgebrachten Kräfte von bis zu 5 Nm zuverlässig überträgt.

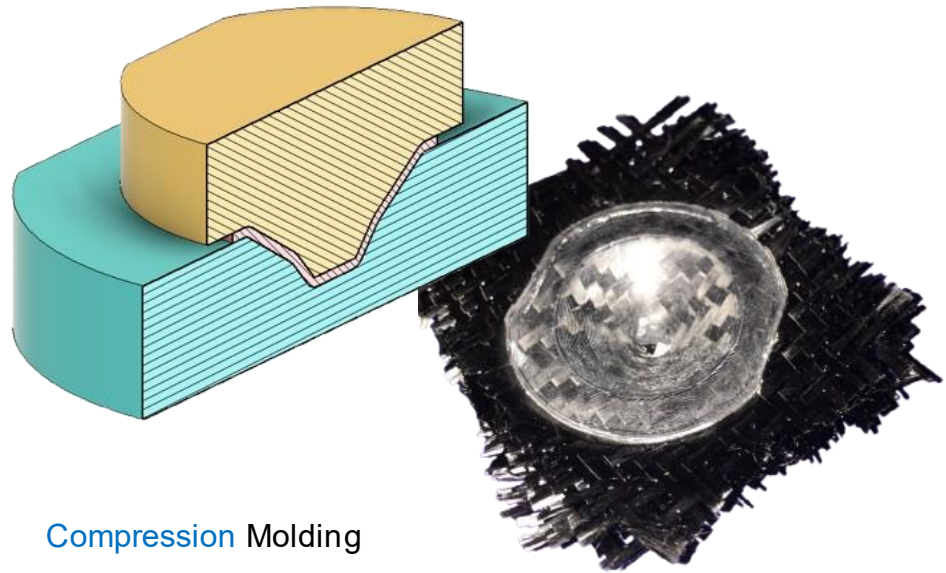
Für die finale Bearbeitung wurden eine Bohrschablone und eine Schleifvorrichtung entworfen und eingesetzt, die reproduzierbare Ergebnisse und eine präzise Nachbearbeitung ermöglichen.

Gegenüber einer vergleichbaren Aluminium-Ahead-Kappe konnten so etwa 7 g Gewicht eingespart werden.

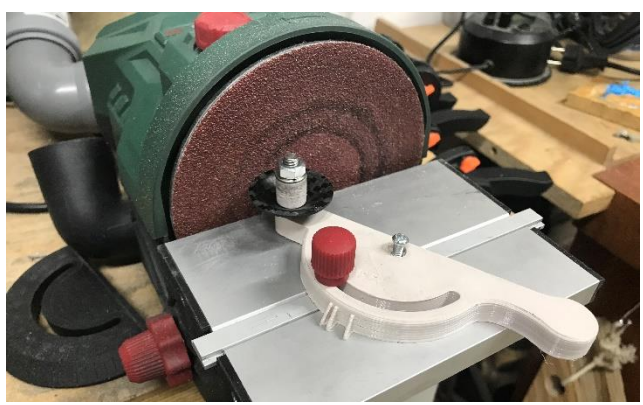
Gewicht	1,88 g
Lagenaufbau	(45 / 0 / -45 / 0) _s
Kosten	Ca. 40 €
Ersparnis	9 g / 79 %
Arbeitszeit	Ca. 15 h



Wet-Layup



Compression Molding



Schleifvorrichtung zur präzisen Nachbearbeitung

Auswahl verschiedener Vorbau-Kappen Iterationen (1. links; 5. unten rechts)



02 Sattel

Ziel dieses Projekts war es, mein bisheriges Rennrad auf unter 5 kg Gesamtgewicht zu optimieren. Das größte Einsparpotenzial lag dabei in der bisherigen Kombination aus Sattel (Fizik Antares) und Stütze (Thomson Elite) mit 254 g.

Als Referenz hinsichtlich optimalem Gewicht diente für mich der Tune Komm-Vor Sattel, welcher vom Hersteller mit nur 90 g angegeben wird. Auf Basis von Ansichts- und Draufsichten aus dem Internet wurde dieser in in einem CAD Programm mithilfe von Freiformflächen detailgetreu nachmodelliert.

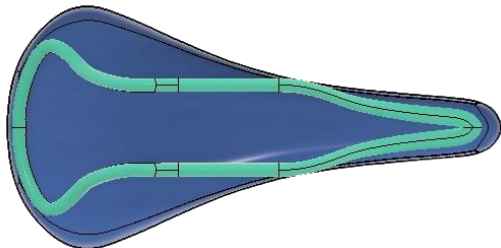
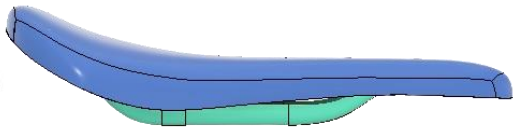
Da der Sattel als maßgeschneiderte Lösung für meine Anforderungen konzipiert war, entstand früh die Idee, die Sattelschale fest mit der Sattelstütze zu verbinden. Zwar entfällt dadurch die Möglichkeit, Winkel und Abstand zum Lenker individuell einzustellen, jedoch ist dies bei meiner bereits bekannten Sitzposition unkritisch. So entstand das Konzept einer integrierten Sattel-Stützen-Einheit.

Für die konstruktive Umsetzung diente der Aufbau eines Flugzeugflügels als Vorbild: Eine innere Struktur aus Spanten und Rippen wird dabei von einer tragenden Schale umschlossen. Ein Steg unterhalb der Sattelschale kann nach vergleichbarem Prinzip simultan als Anbindung an die Sattelstütze und Abtrag der Lasten aus der Sattelschale verwendet werden. Hierfür wird die Stütze selbst geschlitzt und der Steg anschließend eingeklebt.

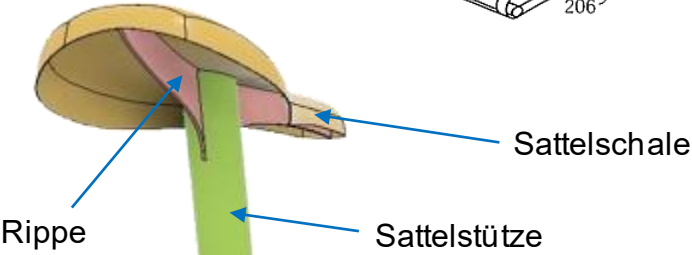
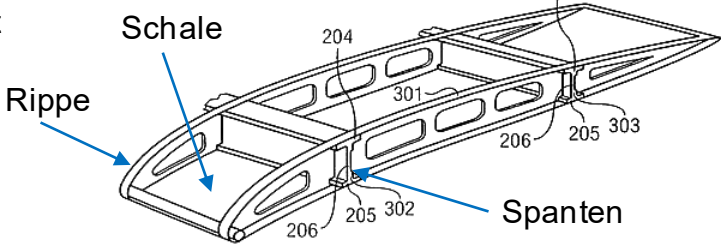


Tune Komm-Vor

CAD-Model



Flügel Querschnitt



Rahmen Modell

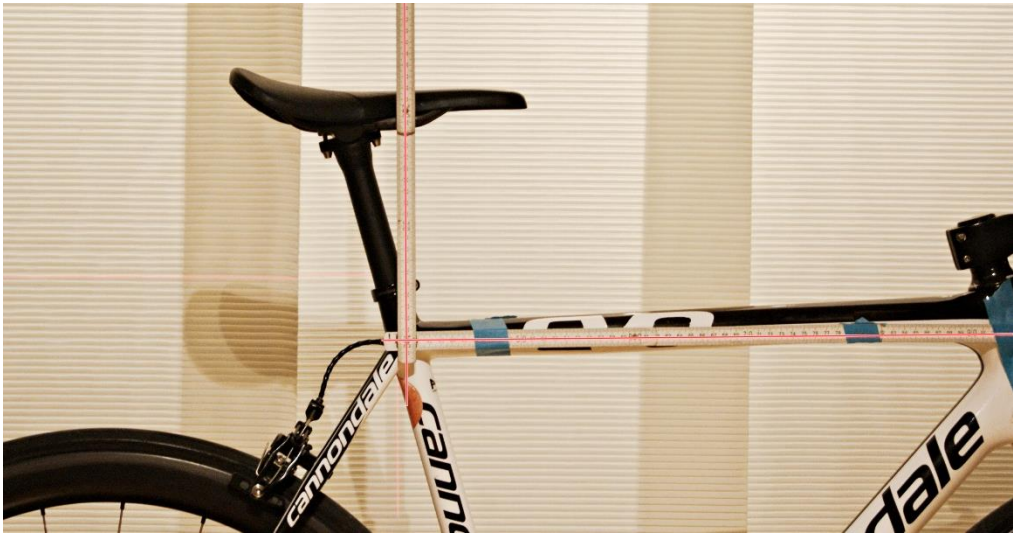


Um einen positionsgenauen Zusammenbau zu garantieren, wurde zunächst die aktuelle Position des Fahrers auf einen originalen Tune-Sattel adaptiert und mit Hilfe eines Lasersystems vermessen. Anhand der Abstände relativ zum Rahmen und der Geometrietabelle des Rahmens konnten die absoluten Maße für die CAD Zeichnung ermittelt werden.

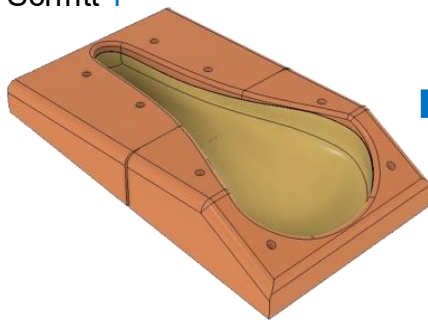
Mithilfe dieser Daten wurde anschließend das CAD-Modell finalisiert und modulare Lehren zum Verkleben der Rippe und der Sattelstütze entworfen. Durch die modulare Gestaltung der Klebelehren ist es zukünftig möglich, den Winkel und Abstand für weitere Versionen in der bestehenden Schaltung benutzerdefiniert zu adaptieren. Das System bleibt somit auch für andere Fahrer individualisierbar. Der Produktionsablauf ergibt sich abschließend wie folgt:

1. Sattelschale über Harzinfusion herstellen (45 / -45 / 0 / -45 / 45)
2. Zuschnitt der Sattelschale und der Rippe (1,8 mm CFK- Plattenmaterial; CNC gesteuerter Zuschnitt)
3. Verklebung der Rippe
4. Verstärkung der Rippe an der Klebung (Fillet)
5. Schlitzen der Sattelstütze
6. Verkleben der Sattelstütze
7. Verstärkung zwischen Rippe, Sattelstütze und Schale (Wet-Layup)

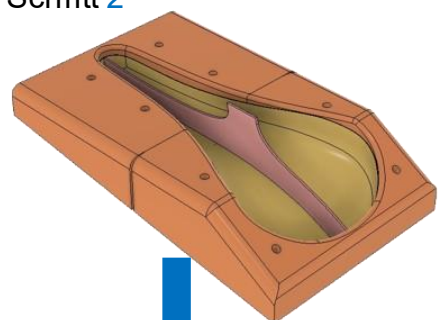
Gewicht	131 g
Lagenaufbau	(45/-45/0/-45/45)
Kosten	Ca. 120 €
Ersparnis	123 g / 48 %
Arbeitszeit	Ca. 150 h



Schritt 1



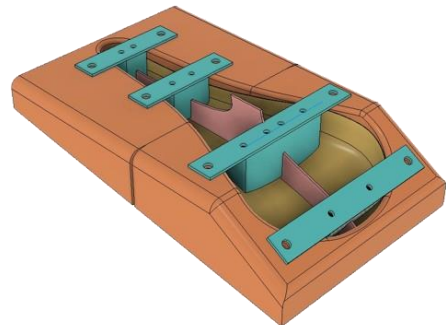
Schritt 2



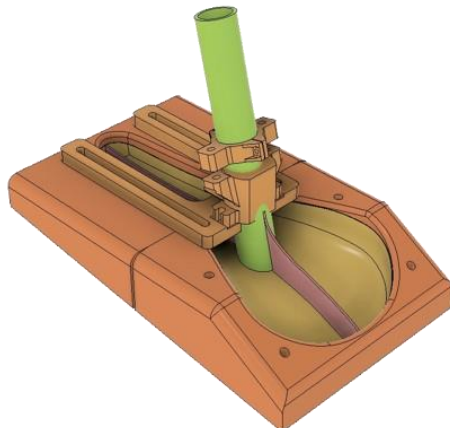
Schritt 5



Schritt 3-4



Schritt 6-7



Fertiges Produkt





Zweiteiliges Formteil
für die Sattelschale

Gedruckt in PLA und
bearbeitet mit
Schleifpapier (bis zu
600er Körnung)



Sattelschale nach dem ersten Zuschnitt
Oberfläche direkt nach dem Entformen
Trennmittel auf PVA-Basis verwendet



Zuschnitt der Rippe auf meiner
selbstgebauten CNC mittels
mehrschneidigem Hartmetall-
Schafffräser

Schlitzen einer vorhandenen
Sattelstütze mithilfe einer 3D-
gedruckten Vorlage und
Vorrichtung auf der Tischkreissäge





Vorrichtungsaufbau für die endgültige Verklebung der Rippe

Form dient als Referenzfläche

Verklebung für Sattelstütze an der Rippe

Druckring um die Sattelstütze zum Verpressen zwischen Strinseite der Sattelstütze und Sattelschale



Verstärkung der Klebeverbindung durch biaxiales Gewebe in Kombination mit Rovings (Füllmaterial an der Naht)

Nasslaminat mit Vakuumsack, Breather - und Abreißgewebe

Endgewicht der fertigen Sattel-Sattelstützen-Kombination 131,04 g



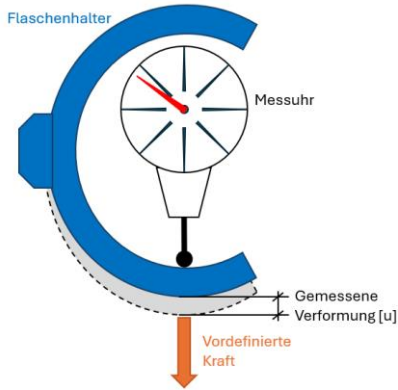
Flaschenhalter

Da die vorherigen Projekte gezeigt haben, dass vorwiegend filigrane Arbeiten das beste Verhältnis aus Verständnis neuer Techniken zu Kosten bietet sollte die Wahl des nächsten Bauteils auf einen Flaschenhalter fallen.

Hierfür wurde zunächst anhand eines bestehenden Flaschenhalters die Steifigkeit (K) und Klemmkraft (F_{clamping}) jeweils eines der „Arme“ des Halters ermittelt.

Um für das neue Flaschenhaltersystem die Klemmkraft beizubehalten, während das Gewicht reduziert wird muss die Steifigkeit des Querschnitts für gleichbleibende Klemmkraft erhöht werden. Statt eines flachen Profils wird daher ein rundes Holprofil gewählt. Welches durch den „Satz von Steiner“ eine deutlich erhöhte Steifigkeit aufweist.

Der Durchmesser des benötigten Profils kann anhand eines einfachen Ersatzsystems mit der Länge „l“ berechnet werden. Der Durchmesser der Röhre wird zu 3 mm bei einer gewünschten Vorverformung von 5 mm berechnet. Auf Grund der geringen errechneten Abmessung, welche die Herstellbarkeit stark erschwert wird der Durchmesser auf 5 mm erhöht. Die rückgerechnete Vorverformung beträgt demnach nur noch 1 mm je Seite um die gewünschte Kraft von 6N auf die Flasche aufzubringen und diese auch während der Fahrt in Position zu halten.



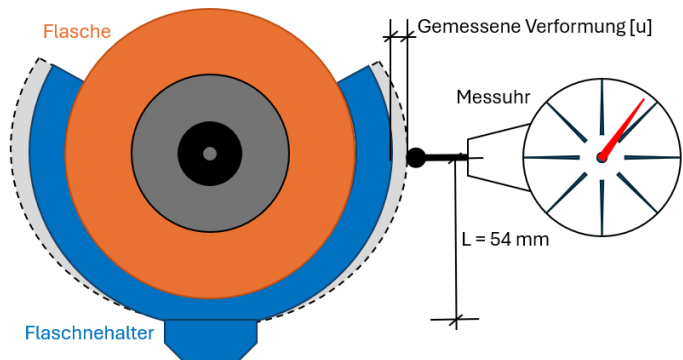
Berechnung der auf die Flasche wirkenden Klemmkraft

$$K_{Bottle\ Cage} = \frac{F}{u} = \frac{6,18\ N}{2,24\ mm} = 2,76\ N/mm$$

Testaufbau zur Ermittlung der Steifigkeit eines vorhandenen Flaschenhalters (siehe unten)

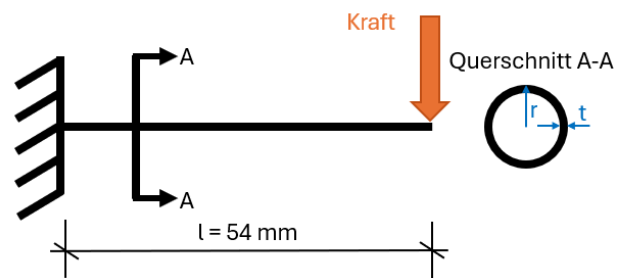


Kraft	Verformung
2,1 N	0,75 mm
4,2 N	1,51 mm
6,2 N	2,24 mm



$$F_{clamping} = K_{Bottle\ Cage} * u = 2,76 \frac{N}{mm} * 2,4\ mm = 6,6\ N$$

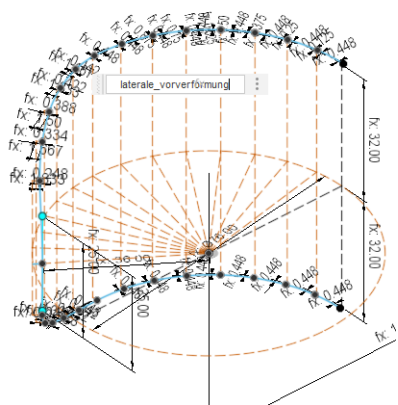
$$u = 5mm = \frac{6,62\ N * 54^3 mm}{3 * 42500 \frac{N}{mm^2} * \frac{\pi * (r^4 - (r-t)^4)}{4}} \rightarrow r = 1,47\ mm$$



Aus fertigungstechnischen Gründen wurde der Rohrdurchmesser auf 5 mm angepasst. Um die Klemmkraft auf die Flasche konstant zu halten, wird die Vorverformung auf 1 mm pro Seite reduziert.

Die Abbildung zeigt die parametrische Zeichnung der Röhre, angepasst an die erforderliche Vorverformung.

Durchmesser der Röhre ermittelt mit berechneter Laminatsteifigkeit von 42500 N/mm² und dem Prinzip der virtuellen Verschiebungen für das gegebene System mit einer maximalen Vorverformung von 5 mm pro Seite



Um zukünftig Anpassungen bezüglich der Haltekraft vornehmen zu können, wurde ein komplexes parametrisches Modell der Arme erstellt, welches die Vorverformung als Eingangsgröße berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Röhren werden Verbindungsknoten entsprechend des Lochabstands der Flaschenhalter-Verschraubung von 65 mm entworfen. Diese arretieren den Flaschenhalter am Rahmen und fixieren die Flasche in axialer Richtung.

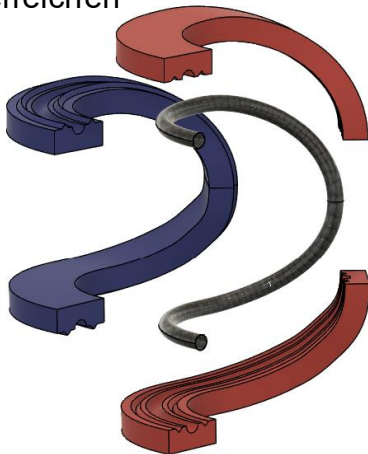
Als Herstellungsmethode wird hier erneut auf „Compression Molding“ zurückgegriffen. Die filigranen Bauteile (1g bzw. 1,5 g) können durch anschließende Nachbearbeitung (Bohrung und Senkung) in die finale Form gebracht werden.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind die Anschlusspunkte als einfacher Rohling fertiggestellt. Erste Versuche zur Herstellung der äußerst filigranen Hohlprofile liefern allerdings bereits jetzt vielversprechende Ergebnisse. Ziel ist es das Projekt bis Ende 2025 abzuschließen.

Gewicht	5,7 g
Lagenaufbau	Gewebeschlauch (1-lagig)
Kosten	Ca. 80 €
Ersparnis	15 g / 72 %
Arbeitszeit	bis jetzt 100 h



Hohlrohre, die mithilfe einer Negativ-Form und eines aufblasbaren Silikonschlauch im Inneren des Rohrs hergestellt werden, um eine Wandstärke von etwa 0,2 mm für die Rohre zu erreichen



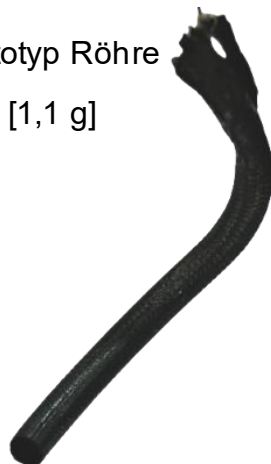
Unterer Anschluss



[1,5 g]

Prototyp Röhre

[1,1 g]

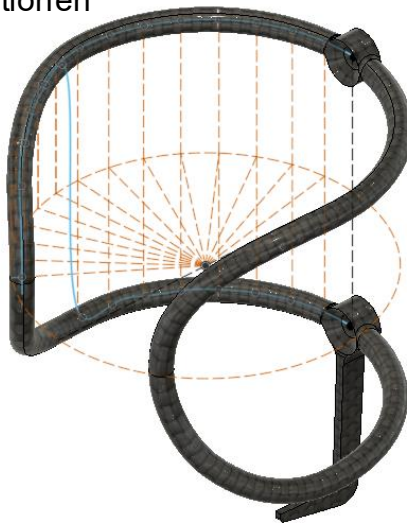


Oberer Anschluss



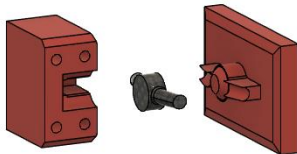
[1,0 g]

Parametrische Skizze zum Anpassen von Klemmkraft und Durchmesser für zukünftige Iterationen

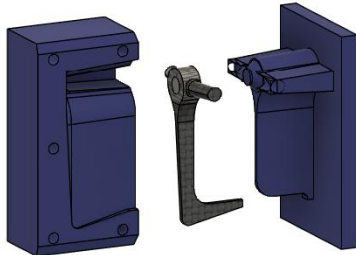


Formpressen des oberen und unteren Anschlusses

Oberer Anschluss:



Unterer Anschluss:



04 Aero Bars

Abschließend möchte ich mein aktuelles Projekt aus der Zusammenarbeit mit dem „Lehrstuhl für Leichtbau und Produktentwicklung“ der TUM vorstellen.

Im Rahmen einer Forschungsarbeit zu „Modularen Fahrradrahmen“ wurde meinem Projektpartner und mir die Möglichkeit gegeben, einen aerodynamisch optimierten Zeitfahr-Auflieger zu fertigen.

Zunächst wurde von mir hierzu ein parametrisches Modell des Aufliegers entworfen. Die Eingangsgrößen für das Modell des Aufliegers sind rechts abgebildet.

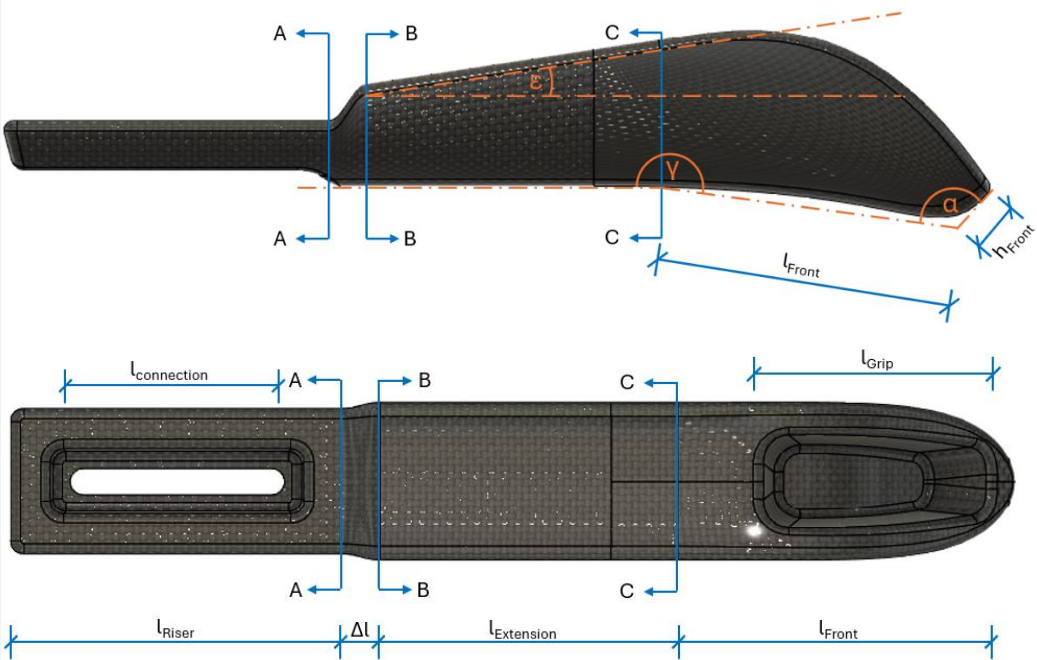
Anschließend wurden diverse Varianten aus PLA gedruckt, um die Geometrie für unterschiedliche Anatomien zu testen.

Um den Auflieger möglichst flexibel auf verschiedene Fahrer einstellen zu können, sind sowohl der Griffeinsatz als auch das Pad austauschbar und individuell justierbar.

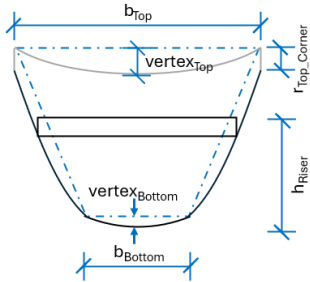
Nach erfolgreicher Formfindung konnte die finale Form für die Herstellung konstruiert werden. Ziel ist es, die Auflieger im Prepreg-Verfahren zu laminieren und durch einen innerhalb der Form eingelegten Vakuumsack zu konsolidieren.

Dabei kommt eine zweiteilige Form zum Einsatz, die mit Harzkanal und Verschraubung versehen wurde, um das Ausschalen zu erleichtern.

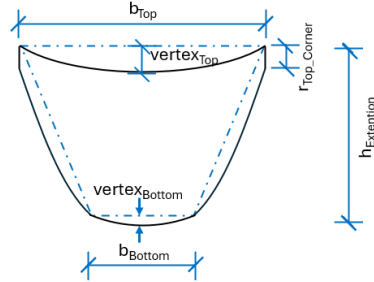
Die gezeigten Darstellungen spiegeln den bisherigen Projektstand wider. Der Abschluss dieses Projekts ist bis Ende August 2025 geplant.



Querschnitt A-A



Querschnitt B-B & C-C



Armpad



Austauschbarer Griff (3D-gedruckt)

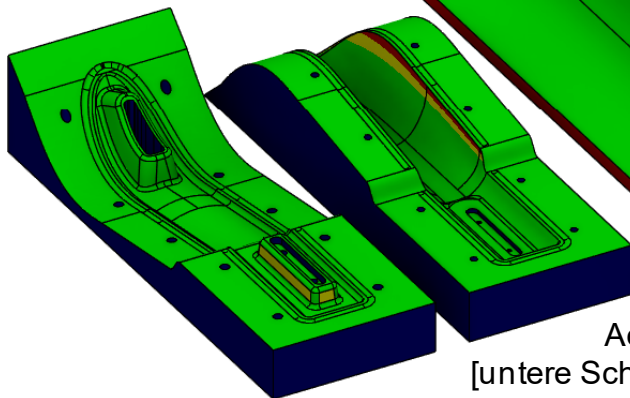


Aero Bar



Verjüngungsanalyse beider Formen für Aero Bar und Armpolster, um eine reibungslose Entformung zu garantieren

Aero Bar [obere Schalung]



Schalung für mehrere Armpads

Aero Bar [untere Schalung]