

# SearchWing – Pille – Formherstellung und Laminierversuch 1

Datum: 1.3.2022

Autor: Friedrich Beckmann

## Abstract

Für den Test auf Wasserdichtheit wird eine kleinere Konstruktion, die Ähnlichkeit zur Rumpfform hat hergestellt. Damit können dann Tests zum Prozessablauf und auf die Wasserdichtheit gemacht werden.

## Übersicht

Für die Laminierform wird MB-0600 Material von Rampf verwendet.

### CAD mit Onshape:

<https://cad.onshape.com/documents/c4f5008a3ec1c199e9b93c4b/w/4840f5d4443b9fe2fc3bd2fa/e/b195cc2a5f54298d72196393>

Form: Länge: 360,8 mm, Durchmesser: 100,8 mm

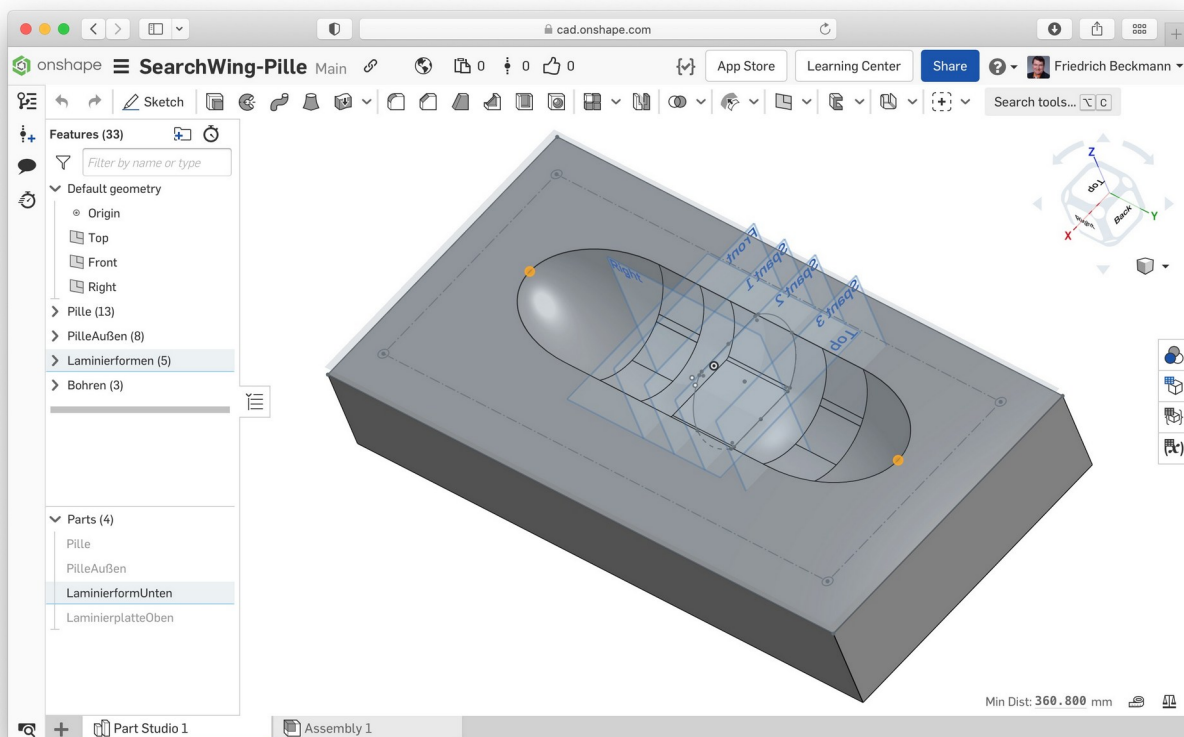


Abbildung 1: Onshape CAD der „Pille“

CAM mit Deskproto 7.1

Die Designdaten sind im Wiki: <https://www.hs-augsburg.de/homes/beckmanf/dokuwiki/doku.php?id=sw-fiber-testpille>

## Fräsen der Laminierform

### Strategie

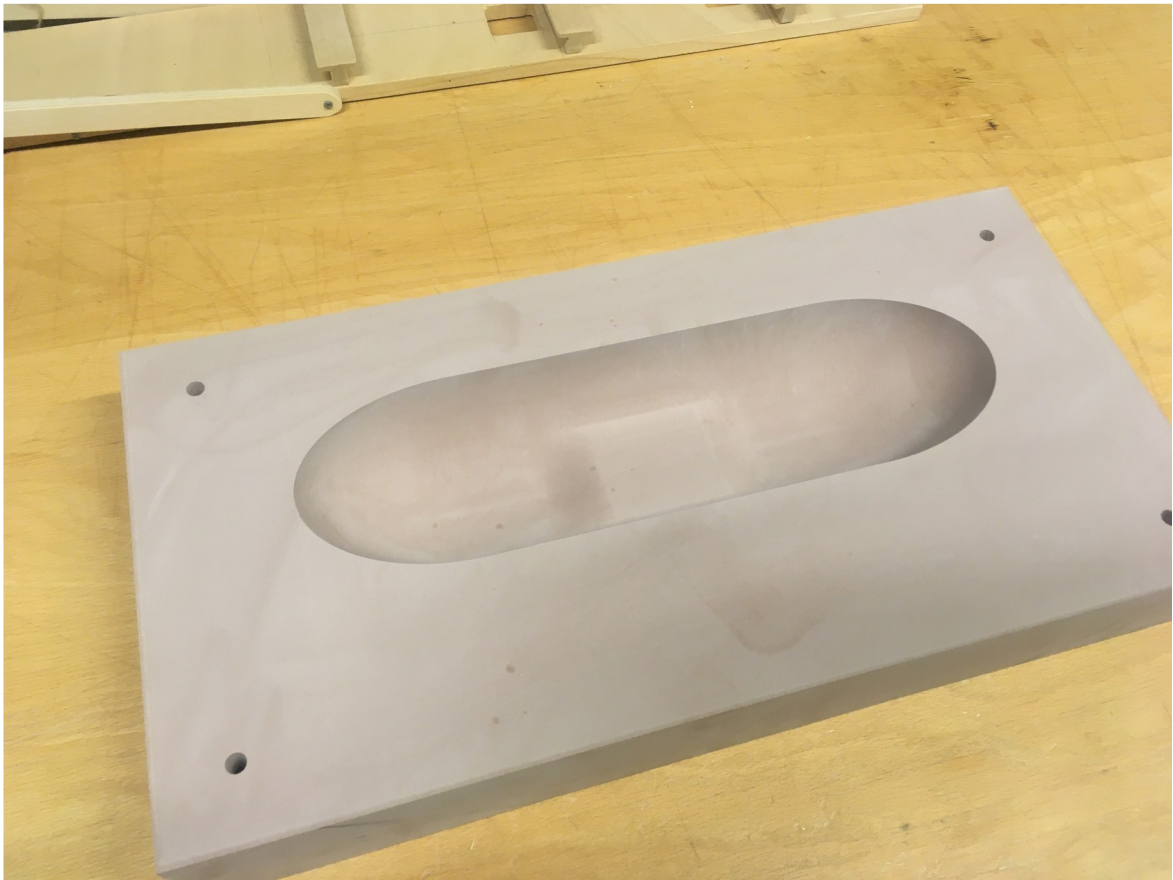
- Löcher bohren mit 8mm Flachfräser)
- Rand umfahren 4mm tief (8mm Flachfräser)
- Z-Konstant. 8mm Flachfräser. Abstand Werkzeugwege 3mm, Verfahrschritte 0,53 mm, Abstand Z-Ebenen 2 mm. Vorschub 5000 mm/Min. Drehzahl 20000 U/Min. Aufmaß 0,5 mm. Der Fräser bremst gelegentlich ab. Zeit an Fräse geschätzt 42 Min. Tatsächlich: 1h 6 Min (+ 57%)
- Schlichten Y Hin und Her. 8mm Rundfräser. Abstand Werkzeugwege 0,24 mm. Länge Verfahrschritte 0,03 mm, Vorschub 5000 mm/Min, Drehzahl 20000 U/Min. Zeit geschätzt 2h 6 Min. Tatsächlich 2h 50 Min. (+ 35%)

### Schruppen



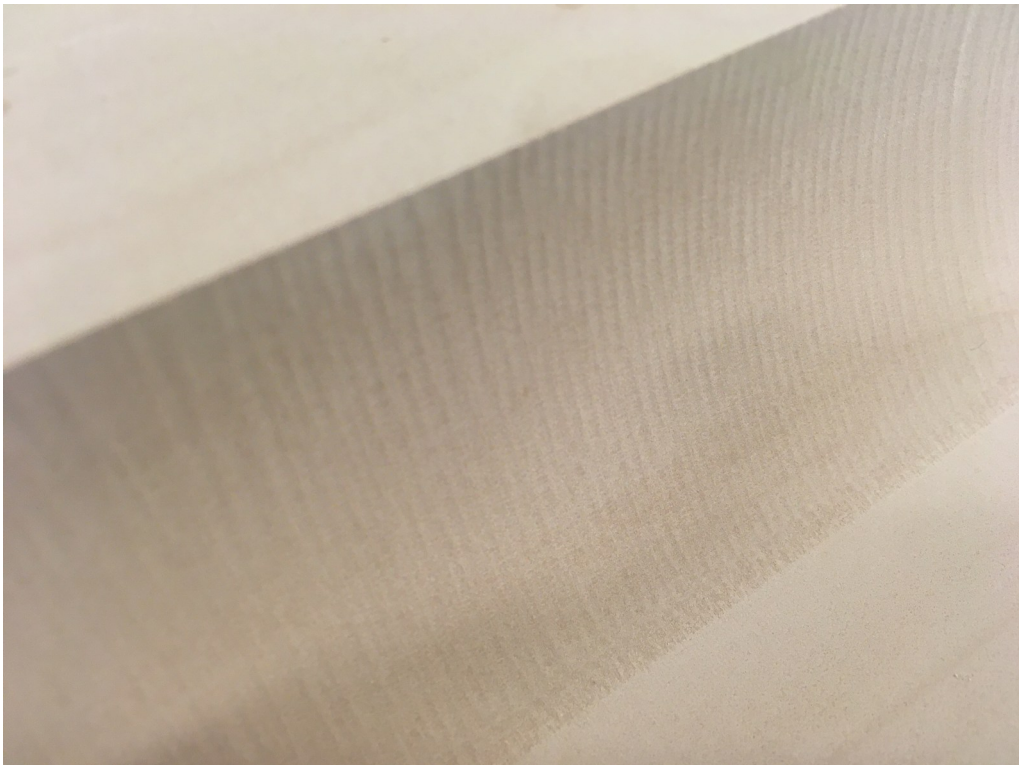
Abbildung 2: Laminierform nach dem Schruppen (Z-Konstant)

## Schlichten



*Abbildung 3: Form nach dem Schlichten*

Nach dem Schlichten kann man mit der Hand noch Unebenheiten spüren.



*Abbildung 4: Unebenheiten nach dem Schlichten*



Nach dem Fräsen habe ich deshalb die Form noch mit P320 und T41J Schleifpapier (P800?) geschliffen. Danach mit Münch MC399 versiegelt. Ich habe den Versiegler zunächst mit dem Pinsel aufgetragen aber das gibt Schlieren und Laufnasen. Deshalb nochmal abgeschliffen und mit einem Papiertuch aufgetragen. Das ist besser. Noch besser wahrscheinlich mit einem Baumwolltuch.

Danach 2 x Münch Mirror Wax W-99+ mit Baumwolltuch aufgetragen und nach ca. 15 Minuten mit Baumwolltuch poliert. PVA mit Tuch aufgetragen, dann mit Pinsel. Funktioniert aber nicht so gut – es bilden sich Tropfen. Wachs ist wahrscheinlich nicht geeignet oder nicht lange genug getrocknet oder das Polieren war nicht gut. PVA mit Wasser wieder abgewaschen. Noch eine Schicht W-99+ mit Tuch aufgetragen, ca. 20 Min trocknen dann mit Baumwolltuch poliert.

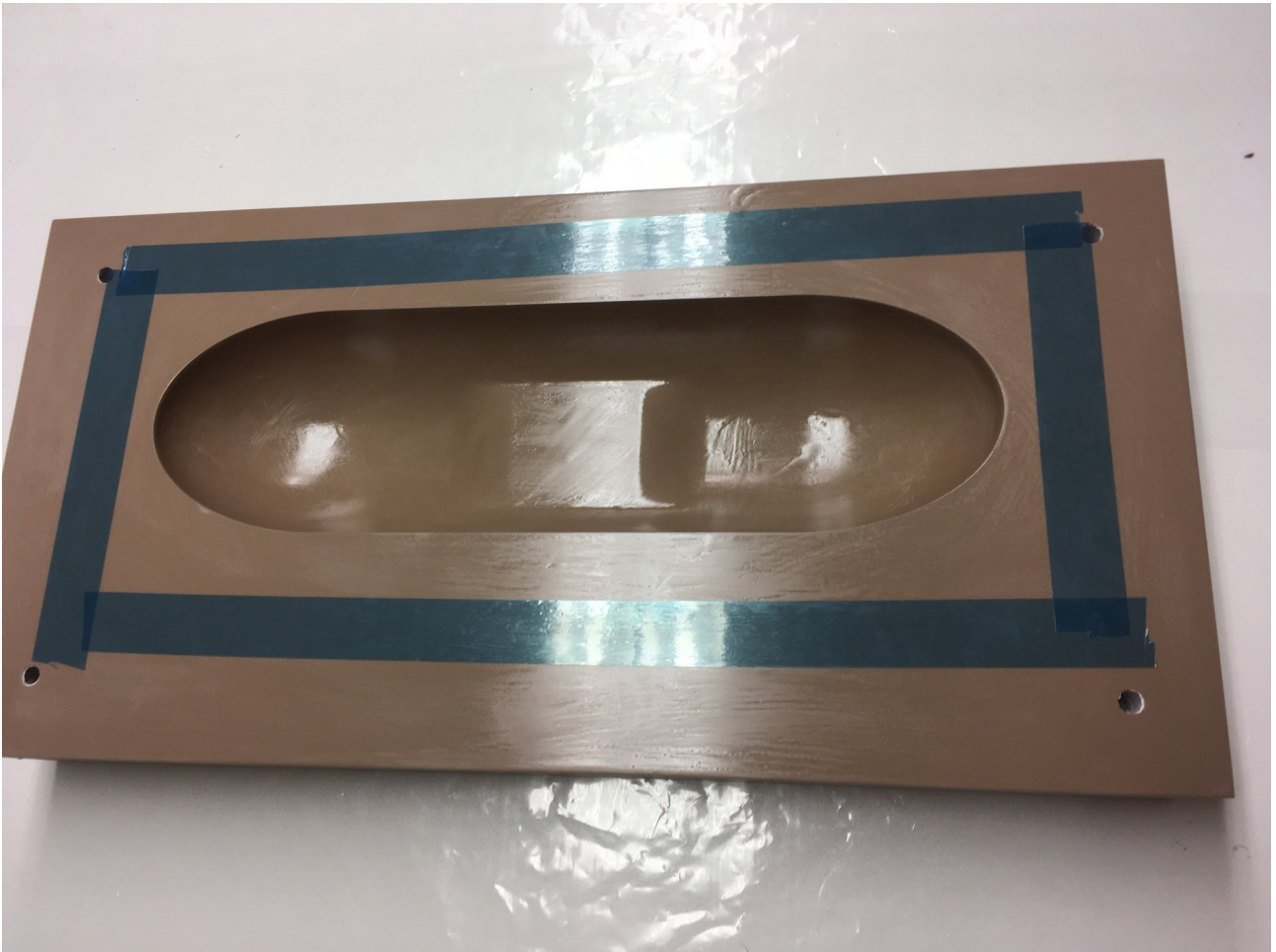


Abbildung 5: Form nach Versiegler und Wachsaufrag

## Laminieren

- 2 x 160g/m<sup>2</sup> Glasfaser
- Abreißgewebe von (Composyst)
- Lochfolie Composyst
- VAP Membran
- Breatex 150 PES Saugfließ um Form (von R&G)
- OM-70 Fließhilfe von R&G

- Vakuumfolie (grün) von Composyst

In Abbildung 6 ist der Aufbau nach dem Einlegen vom Glasfasergewebe (2 x 160 g/m<sup>2</sup>), Abreißfolie und Lochfolie dargestellt.



Abbildung 6: Zwei Lagen 160g/m<sup>2</sup> Glasfaser, Abreißgewebe und Lochfolie



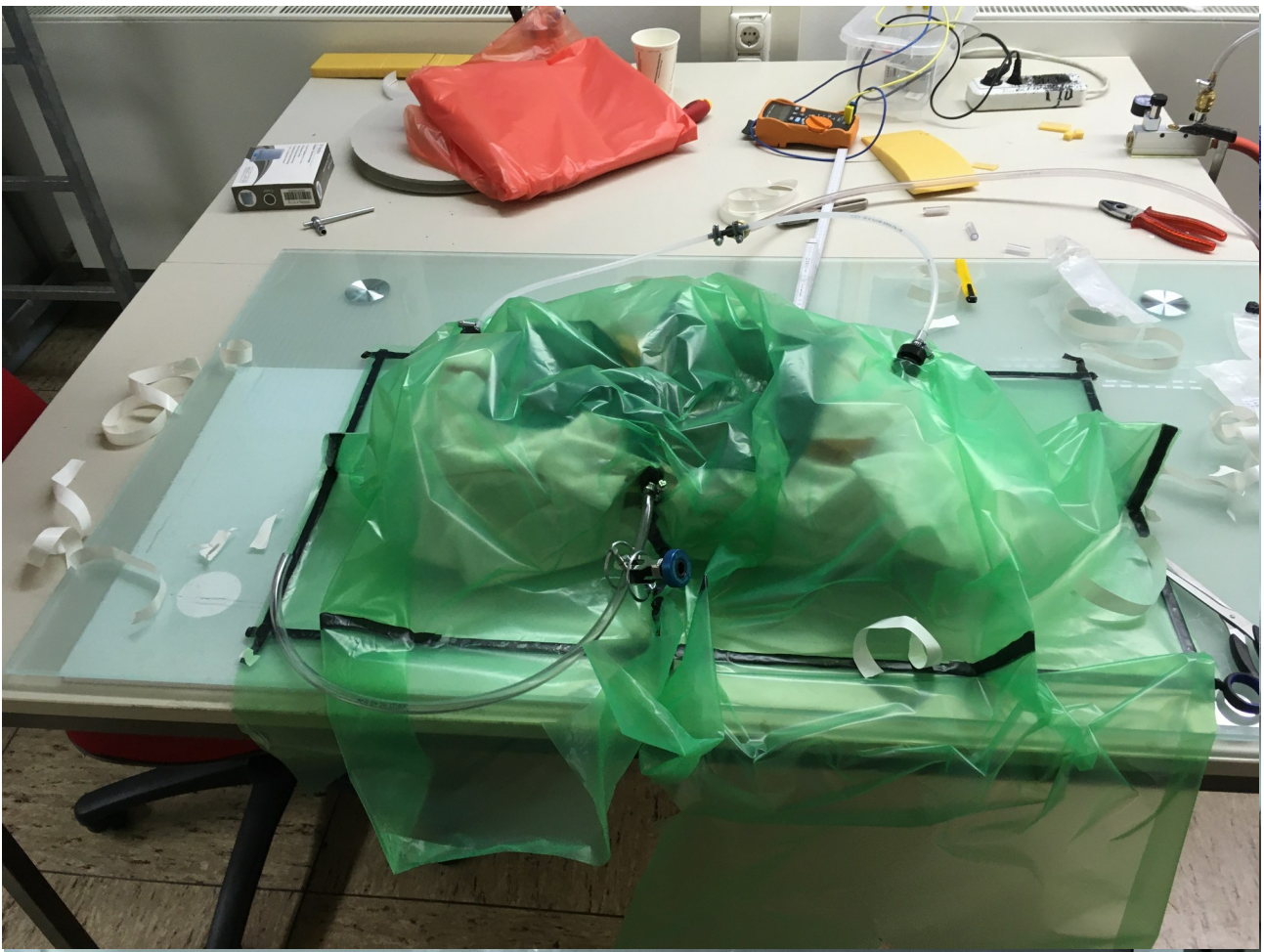
Ich hatte das Glasfasergewebe zunächst am Rand der Form mit der gebogenen Scheere abgeschnitten. Danach habe ich noch einen Streifen 160g/m<sup>2</sup> Gewebe unten über den Rand gelegt, damit das Harz in den Aufbau einfließen kann. Besser: Überstand direkt stehen lassen. Das blaue Klebeband war dafür vorgesehen die PVA Beschichtung zu maskieren, damit dann da das Tacky Tape kleben bleibt. Das war jetzt nicht nötig, da ich das PVA ja wieder abgewaschen habe. Das Glasfasergewebe habe ich mit so wenig wie möglich Aerofix 2 Sprühkleber befestigt.

*Abbildung 7: Tacky Tape und 20mm Fließhilfe für das Harz*

In Abbildung 7 ist die Abdichtung mit Tacky Tape für die VAP Membran und die Fließhilfe, die sich dann unterhalb der VAP Membran befindet dargestellt. Zwischen Lochfolie und VAP Membran gibt es sonst keine weiteren Fließhilfen. Die Schlaufen sind sehr wichtig, damit man die VAP Membran mit Falten in die Form bringen kann.

Das Glasfasermaterial habe ich vor dem Einbringen gewogen (28,1g + 2,5g = 30,6g). Danach habe ich die Schnittreste gewogen (10g). Es sind also insgesamt 20,6g Glasfasergewebe in der Struktur.

In Abbildung 8 ist der Aufbau mit VAP Membran, OM 70 Fließhilfe und Vakuumfolie dargestellt. In dem Bild sind noch die R&G Vakuumanschlüsse abgebildet, die ich danach entfernt habe. Die Vakuumanschlüsse waren nicht richtig dicht und ich konnte nur bis ca 6mBar evakuieren. Ich habe die Anschlüsse gegen die Aluminiumröhrchen von Composyst ausgetauscht, die ich mit der Fließhilfe von Composyst kombiniert habe.



*Abbildung 8: Aufbau mit VAP Membran, OM70 Fließhilfe und Vakuumfolie*

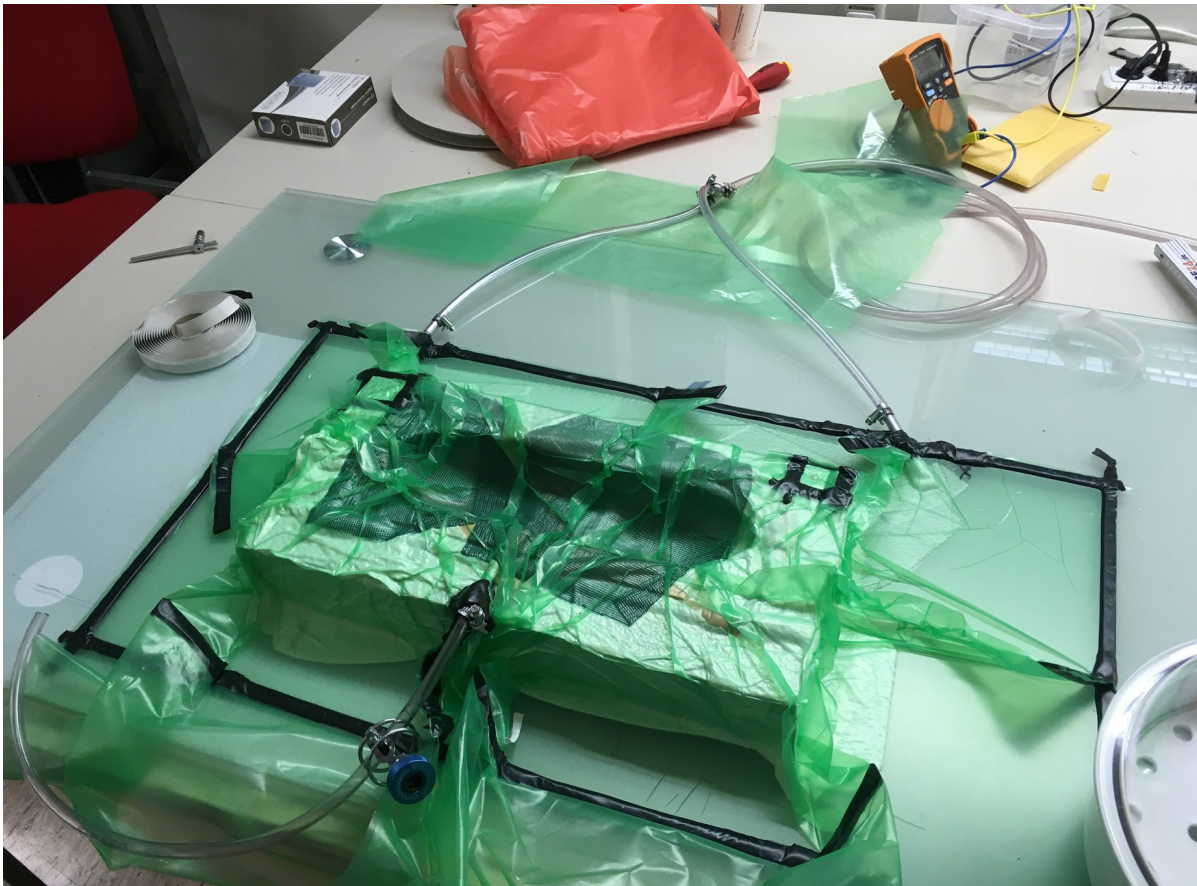


Abbildung 9: Form unter Vakuum mit Aluröhrchen oben links und rechts als Vakuumschluss

In Abbildung 9 ist die Form unter Vakuum mit den Aluröhrchen als Vakuumschluss dargestellt. Mit den Aluröhrchen kann auf ca. 0,5 bis 1 mBar evakuiert werden. Als Harzmenge habe ich 81,6 g Harz angemischt. Ziel waren eigentlich 76,2 g, aber ich hatte etwas zu viel Harz in den Becher gefüllt. In die Struktur sollen bei einem Faservolumenanteil von 48% insgesamt 10g Harz.



	A	B	C	D	E	F
Dichte Harz kg/dm <sup>3</sup>		1,15				
Dichte Faser kg/dm <sup>3</sup>		2,6			Fasergewicht	28,1
Fasergewicht g		21				2,5
Faservolumen cm <sup>3</sup>		8,0769230769			Summe	30,6
Faservolumengehalt		48,00 %				
Harzvolumen		8,75			Rest	10
Harzmenge Bauteil g		10,0625			Fasergewicht	20,6
Verteilergewebe / m <sup>2</sup>		0				
Harzmenge Verteilergewebe g/m <sup>2</sup>		440				
Harzmenge Verteilergewebe g		0				
Schlauch m		0,6				
Schlauchdurchmesser / mm		8				
Volumen Schlauch		50,265482457				
Harzmenge Schlauch		34,683182896				62,8
43mm Fließkanal / m		0				18,84
Harzmenge Fließkanal g/m		90				1,2448424087
Harzmenge Fließkanal / g		0				
20mm Fließkanal / m		0,3			Harz final / g	81,64
Harzmenge Fließkanal g/m		45				
Harzmenge Fließkanal / g		13,5				
Abreißgewebe / m <sup>2</sup>		0,08				
Harzmenge Abreißgewebe g/m <sup>2</sup>		100				
Harzmenge Abreißgewebe g		8				
Benötigte Harzmenge / g		66,245682896				
Harzzugabe für Behälter / g		10				
Komplett benötigte Harzmenge / g		76,245682896				
Mischungsverhältnis		100	30			
Harz / g		58,650525304				
Härter / g		17,595157591				

Abbildung 10: Berechnung der benötigten Harzmenge

Zusätzlich zu den 10g Harz in dem Glasfaserverbund bleiben insgesamt 66g in den Hilfsmaterialien wie in Abbildung 10 dargestellt. Beispielsweise sind in dem 60cm langen Schlauch 34,7g Harz. Der Schlauch soll bei der Infusion gefüllt bleiben. Die Fläche des Abreißgewebes habe ich nach dem Aufbau mit 40cm x 20cm abgeschätzt. Das hätte man besser vorher messen können. Die 30cm Fließhilfe unter der VAP Folie sind gemessen.

Das Harz habe ich mit einem kleinen Holzspatel gerührt und im Exsikkator entgast. Nach dem Entgasen waren keine Blasen mehr auf dem Harzgemisch. Am 28. Februar 2022 habe ich gegen 19.30 Uhr das Harz in die Struktur ziehen lassen. Am 1. März um 11.30 Uhr waren die Harzreste im Becher noch nicht fest (wie fester Honig). Die Vakuumpumpe zeigt ein Vakuum von 0,06 mBar (Pirani: 4.0V).



## Ergebnis Versuch 1

Am 2. März habe ich die Pillenhälfte aus der Form genommen. Die Spannung am Piranisensor war 3,8V – dies entspricht einem Druck von 0,04mBar. Das Ergebnis ist nicht allerdings nicht gut.

- Das Bauteil lässt sich nur schlecht aus der Form lösen
- Vorn an der Spitze rechts gibt es komplett trockene Fasern
- Zu ca. 80% ist nicht genug Harz in der Struktur. Man kann wie bei den allerersten Versuchen mit Vakuumkompression die Löcher zwischen den Fasern sehen.
- Es gibt zwei Taschenbereiche wo sich Harz gesammelt hat.

Das Gewicht des Bauteils beträgt 32g. Ausgehend von 20,6g Glasfasern sind also 11,4g Harz im Bauteil. Das würde einem Faservolumenanteil von 45% entsprechen, aber natürlich bei einer fehlerfreien Laminierung. Geplant waren 10g, d.h. die Harzberechnung funktioniert ganz gut. Allerdings hatte ich auch 5,4g mehr Harz als geplant im Becher.



Abbildung 11: Nach dem Auspacken – Falten in der VAP Membran



Abbildung 12: Harzreste in der Form. Taschen in den Rundungen.



Abbildung 13: Bauteil mit 32g Gewicht. Weißbruch beim Entformen.





*Abbildung 14: Schlechte Harzbedeckung und Taschen*



*Abbildung 15: Trockenes Glasgewebe*



## Mögliche Änderungen im Prozessablauf

Als Trennmittel soll PVA zum Einsatz kommen. Dazu muss die Form vom Münch W-99+ Trennwachs gereinigt werden. Dann PVA auftragen. Eventuell R&G Grundierwachs beschaffen.

In Abbildung 11 sieht man die Falten in der VAP Membran. Abbildung 9 zeigt die fehlende OM70 Fließhilfe dort wo später das trockene Glasfasergewebe war. Abbildung 7 zeigt die doppelt liegende Lochfolie an der Spitze rechts. Deshalb Abreißgewebe, Lochfolie und VAP Membran ohne Falten drapieren. Die Falten der VAP Membran möglichst außerhalb des Bauteils. Eventuell mit kleineren Stücken für Lochfolie und Abreißgewebe arbeiten um Überlapp zu vermeiden.

Fließhilfe OM70 gleichmäßig einsetzen. Saugvlies scheint deutlich schlechter zu funktionieren.

Um die Taschen zu vermeiden dürfen die Materialien nicht spannen... Vielleicht mit kleineren Stoffstücken für Abreißgewebe und Lochfolie arbeiten.

Um den Harzanfluss zu verbessern die Glasfaserlagen beim Anfluss weitergehen lassen. In diesem Versuch hatte ich rundrum alles abgeschnitten und dann eine Lage 160g über den Rand gelegt. Besser: 160g Glasfaser über den Rand führen. Dianet Fließhilfe 25cm x 10cm über den Rand legen und den 20mm Fließkanal weiter benutzen.