Bau einer kompletten Sport-Enduro aus CFK/AFK

suter-kunststoffe ag
swiss-composite.ch
CH-3312 Fraubrunnen 031 763 60 60 Fax 763 60 61

Peter Olbertz

Bestell-Nr. 900 275-1

6 Bau einer kompletten Sport-Enduro aus CFK/AFK

1. Projektbeschreibung/Ziel

Es soll eine leichte Sportenduro der Klasse Enduro 1 mit 250 ccm 4-T-Motor gebaut werden. Außer den Komponenten Telegabel, Federbein und Motor soll alles aus CFK/AFK gebaut werden. Dadurch soll die Enduro superleicht werden, was auch im Gewichtsziel, 90 kg fahrfertig mit 8 Litern Benzin, zum Ausdruck kommt.

1.1 Grundidee Gewichtsersparnis

In der Praxis des Endurosportes ist es ja so, dass das Sportgerät vom Start bis zum Ziel bewegt werden muss. Das heißt, die Kondition muss vom Anfang bis zum Ende reichen. Mit der Fortdauer des Rennens lässt natürlich die Kondition des Fahrers nach.
Im Extremfall fährt der Fahrer nicht mehr das Sportgerät, sondern es macht mit dem Fahrer, was es will. Das ist ein gefährlicher Zustand, der mitunter schwere Stürze zur Folge hat.
So spielt das Gewicht des Sportgeräts eine große Rolle. Je leichter es ist, umso leichter und länger lässt es sich gut handhaben und der Fahrer ist schnell.

1.2 Erste Anfänge und Versuche der Umsetzung

Diesem Grundsatz sind wir schon vor Jahren gefolgt, als wir Trialmaschinen namens „EURO“ als Kollektiv in Kleinserie gebaut haben. Diese EURO war damals leichter als die aktuellen Maschinen der WM-Werksfahrer. Diese Trialmaschinen sind noch heute beim Euro-Klassik-Trial zu bewundern, sie haben viele Jahre überstanden.

Bild EURO-Trial

Dem folgte der leichte Fahrwerksbau für eine abgekupferte SIMSON GS 125, wie sie die Werksmannschaft von SIMSON fuhr. Hier wird 25CrMo4 in einer Wandstärke von 1,5 mm eingesetzt. Das Fahrwerk wird mit einem Moto-Cross-Motor CZ bestückt, der allerdings auf Drehschiebersteuerung umgebaut wird. Die Anbauteile werden aus GFK gebaut. Die Hebelei für die Zentralfederung wird „nebenbei“ in der Sportabteilung von Simson entwickelt. Auch dieses Gerät war leichter, als die Werksausführung.

Bild SIMZET 1986

Nachdem uns der neue Werkstoff Epoxydharz in seinen zahlreichen Varianten als Matrix und Gewebe in Form von Kohlenstoff-Aramid-Dyneemafasern zur Verfügung stand, war die Versuchung natürlich groß, an den Enduros richtig Gewicht zu sparen.

Erster Anlass, an einer WR 400F etwas zu ändern, war die unverschämte Sitzhöhe von 990 mm. Da kamen auch normal große Fahrer im schwierigen Gelände leicht in die Bredouille.
Es musste also ein neuer Heckrahmen gebaut werden, um die Sitzhöhe bei unveränderter Fahrwerksgeometrie und unverändertem Federweg zu verringern. Das hatte aber eine Kettenrektion zur Folge: Luftfilterkasten, Sitzbank, Kotflügel hinten und die Seitenverkleidungen passten nicht mehr. Die Teile werden aus Carbon gebaut. Der Tank war ebenfalls unverschämt hoch und außerdem für 12 Liter Sprit ausgelegt. Also weg damit. Der neue Tank wird auf 9 Liter ausgelegt und wesentlich tiefer platziert, was das Handling verbesserte. Natürlich musste auch eine neue Tankverkleidung gebaut werden. Wegen der Einheitlichkeit wird der vordere Kotflügel ebenfalls aus Carbon hergestellt. Dann folgten die Schützer für Motor unten, LiMa, WaPu und Rahmen. Alle Maßnahmen erbrachten ein Mindergewicht von 10,55 kg, was natürlich noch nicht die Welt war.

Bild Yamaha WR400F

Die Yamaha WR250F, eine wahre Wunderwaffe an Handlichkeit und einem Drehzahlband bis 14000 U/min, unglaublich. Sie wurde extra von außerhalb importiert, weil sie hier noch nicht zu haben war. Und sie musste sofort verbessert werden.

Im Prinzip waren dies Maßnahmen wie an der 400er. Auf Grund der gemachten Erfahrungen wird der Heckrahmen samt Luftfilterkasten als komplex verbundenes Teil gebaut. Das sparte alle Schrauben und verringerte den Bedarf an Harz und Gewebe. Dazu kamen noch ein Carbon/Aramid-lenker und Getriebe- und Kupplungsdeckel, weil diese im Unterschied zur 400er nicht aus Magnesium waren. Es werden noch der Ständerhalter und der Ständer aus Carbon gefertigt, um Gewicht zu sparen.
Dann wird die Schwinge unter die Lupe genommen und für zu schwer befunden. Als kompliziert wird die Anlenkung der Hebelei am Schwingenquersteg erkannt. Und – man müsste so was mal berechnen lassen, …..
Durch gute Kontakte zu einer renommiertenden Firma in Österreich ermutigt, sprach ich dort vor, um eine Berechnung mittels FEM und einem daraus resultierenden Lege-plan machen zu lassen. Der Preis von 1200 DM veranlasste mich aber zu einer schnellen Abreise. Über alte und neue Beziehungen und einen langen Weg kam ich schließlich ans Ziel: Die Berechnung wird für ein Trinkgeld gemacht. Danach wird die Schwinge umgehend gebaut.
Alles brachte einen Gewichtsvorteil von 8 kg, wobei die bearbeiteten Einzelteile im Durchschnitt 30% leichter sind als die Originale.

Bild Yamaha WR250F

2. Räumliche Voraussetzungen

Es soll ein Raum von entsprechender Größe vorhanden sein, in dem die benötigten Materialien, Hilfsmittel und Geräte gut unterzubringen sind. Er sollte gut ausgeleuchtet und belüftbar sein. Am besten ist eine Absauganlage für Gase bzw. Staub, evtl. örtliche Absaugung mittels Staubsauger. Notfalls geht auch eine entsprechende Maske mit Gas- bzw. Staubfilter. Wichtigste Anforderung: Raumtemperaturen von 20-25 °C während der Arbeit und des Härteprozesses müssen garantiert sein.

3. Benötigte Materialien/Werkzeuge

Möbelplatten, harten Schaumstoff, Sekundenkleber, Reißbrett, Zeichen- und Transparentpapier, UD-Kohlefaserband 204 g/m² 20 und 60 mm breit, Kohlefasergewebe 204 g/m² Köperbindung, Kohlefaserflechtschlauch 35 mm breit, Biaxial-Kohlegelege 160 g/m², Abreißgewebe 100 g/m², Epoxydharz L 20 mit Härter EPH 161, Verdünnungs- und Reinigungsmittel Aceton und Styrol, Baumwollflocken, Kohlefaserschnitzel, Grundierwachs, Folientrennmittel PVA, Trennlackpinsel.
Proton-Schere, Rollmesser, Vinyl-Handschuhe, entsprechende Pinsel, Rührhölzer, Mischbecher, Modelliermasse, Schaumstoffrollen, Laminierwanne, Entlüftungsroller, Gas-/Staubmaske, Folien, Schleifmittel, Digitalwaage, Dosiergefäße, Spritzen für kleine Mischungen, entsprechende Werkzeuge zur Holzbearbeitung und sonstige normale Werkstattausrüstung, Reinigungs- und Pflegemittel für die Hände. Unentbehrlich ist ein Temperofen in ausreichender Innenraumgröße mit möglichst frei programmierbarer Steuerung sowie für Einzelfälle eine entsprechende Vakuumausrüstung. Alle Materialien und Werkzeuge werden aus dem Hause R & G bezogen.

4. Allgemeine Voraussetzungen

Da der Baubeschluss gefasst ist, mussten die zeitlichen und finanziellen Möglichkeiten als gesichert angesehen werden. Da aber so ein Projekt nicht von mir allein umzusetzen ist, habe ich mich der Hilfe von Bekannten und Sportfreunden versichert, die in der Folge Arbeiten wie Drehen, Fräßen, Elektrik usw. erledigten. In den Ablaufplänen/Merkzetteln ist zu ersehen, wer was gemacht hat.

5. Arbeitsschutzmaßnahmen

Wichtig:

- **Arbeitsräume immer gut lüften**
- **Handschuhe tragen**
- **Augenschutz verwenden**
- **Harzspritzer auf Haut oder Augen mit klarem Wasser abspülen**

Sicherheitsdatenblätter zu allen benötigten Gefahrstoffen wie Harze, Härter, Styrol, Aceton und andere können unter www.r-g.de bei den Produkten im e-Shop kostenlos abgerufen werden.

6. Nachdenken über den Bau eines kompletten Fahrwerkes

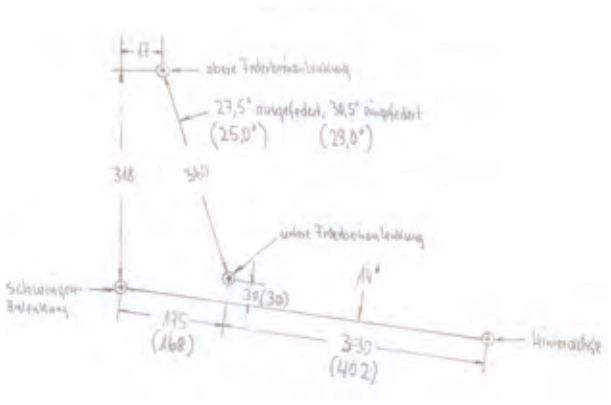
Inzwischen war die WR 250 F verkauft und im Rennstall stand eine Honda CRF 250 X. Ein sehr schön zu fahrendes Gerät mit einem sehr kraftvollen Motor im unteren Drehzahlbereich.
Sie war mit einem Alu-Rahmen ausgestattet, der die Vermutung zuließ, er werde auch einem Panzermotor standhalten. Also, hier muss doch was zu machen sein, damit wirklich Gewicht verschwindet.
Über dieses Thema habe ich eigentlich schon lange nachgedacht. Aber mir ist nichts Vernünftiges eingefallen.

Das Problem besteht ja darin, dass man einen herkömmlichen Rahmen einfach nicht aus einem Stück in Faserverbundbauweise herstellen kann. Das lässt eigentlich die Technologie der Fertigung nicht zu. Man muss sich von diesem Gedanken trennen. Zwischenzeitliche Überlegungen führten zu einer Art Chassisbauweise, aber damit kam ich auch nicht weiter.
Die weiteren Überlegungen mündeten im folgenden Ergebnis: Das Fahrwerk kann nur in Einzelteilen gefertigt werden, die dann verschraubt werden. Da aber Schrauben auch ihr Gewicht haben, kam es darauf an, alles so auszulegen, dass jede Schraube sozusagen eine Multifunktion hat.
Die weiteren Überlegungen richteten sich darauf, wie die zu verbindenden Teile ausgelegt sein müssen. Hier rächte sich, dass ich von der edlen Ingenieurkunst keine Ahnung hatte. Auf unzähligen Papieren wurden alle möglichen Dinge skizziert und endeten im Papierkorb. Aber mit der Zeit lichtete sich das Dunkel und ich bekam eine Vorstellung, wie die ganze Sache umzusetzen ist.

7. Skizzierung des Fahrwerkes

Das Reißbrett wurde bespannt und es begann mit der Seitenansicht von Motor mit Krümmer und Vergaser, die ich aus einem Prospekt gescannt hatte, auf die reale Größe brachte, 1:1 ausdruckte und ausschnitt. Dieses Bildchen wurde mit der vorgesehenen Bodenfreiheit auf das Reißbrett geklebt. Die Schwinge war schnell skizziert, denn der Drehpunkt ist durch die Bohrung im Motor vorgegeben und die Länge wird von der originalen Schwinge übernommen. Ich wollte auch einen herkömmlichen Radstand beibehalten, weil es da nichts zu verbessern gab. Der Knackpunkt war die Auslegung vom Steuerkopfwinkel und dem Nachlauf, weil das der entscheidende Umstand für die Fahrbarkeit in Bezug auf Kurvenwilligkeit und Geradeauslauf ist.
Hier lebten 2 Seelen in meiner Brust: Die früheren Geländemotorräder glänzten durch einen hervorragenden Geradeauslauf, mussten aber bezüglich Kurvenwilligkeit immer etwas überredet werden.
Die heutigen Enduros gehen zwar leichtwillig um die Ecken, haben aber Nachteile im Geradeauslauf. Als Kompromiss habe ich mich für den goldenen Mittelweg entschieden, ohne jedoch zu wissen, was dabei herauskommt. Also hab ich die Fahrwerk-Skizzen von 1984 rausgeholt, als wir die SIMSON GS nachbauten. Dann habe ich die 2005er Hondas genau vermessen. Aus den ermittelten Werten von Steuerkopfwinkel und Nachlauf beider Modelle wird ein Mittel gebildet.
Nun musste die zum Einbau vorgesehene Marzocchi-Gabel bezüglich Vorderachsversatz und Gabelbrillenversatz vermessen werden. Diese Werte werden auf das Reißbrett aufgetragen unter Beachtung des gewünschten Steuerkopfwinkels und des Nachlaufes. Es folgte das Skizzieren des Vorder- und Hinterrades mit Reifen im ausgefederten und eingefederten Zustand. Am Hinterrad wird gleich der Kettenlauf in beiden Zuständen mit skizziert, weil das für den Verlauf der hinteren Unterzüge und der Grenze für den Luftkasten nach unten wichtig ist.
Beim Steuerkopf musste eine Vorentscheidung getroffen werden. Die jetzt üblichen Kegelrollenlager oder Kugellager mit Carbon-Distanzrohr? Die Wiegung ging zu Gunsten der Kugellager mit Distanzrohr aus. Also konnte der Steuerkopf skizziert werden. Er erhielt auf der gesamten Länge eine 8 mm dicke und 3 cm lange Verlängerung zur späteren Verschraubung mit den anderen Rahmenteilen. Von hier wird der vordere Unterzug als Rohr bis zur vorderen Motoraufhängung skizziert, weil kein Rahmenteil unter dem Motor sein sollte. Dadurch kam der Motor etwas tiefer, was wiederum das Handling durch Schwerpunktabsenkung verbesserte. Den Motorunterschutz bildet ein gelochtes Teil, welches an den hinteren Unterzügen angelenkt wird.
Die hinteren Profil-Unterzüge werden von Unterkante Motor über den Schwingenpunkt und dann 17° nach vorne skizziert.
Um den Hinterreifen wird ein Kreisbogen 20 mm größer als Sicherheitsabstand zum Kotflügel gelegt. Jetzt ist erkennbar, wo sich in etwa der Heckrahmen befinden muss. Unter Beachtung der vorgesehenen Sitzhöhe werden Kotflügel, Heckrahmen und Sitzbank skizziert.
Nun wird es knifflig. Die Federbeinanlenkung auf der Schwinge und oben musste ermittelt werden. Dabei sollte die Federbeinlänge so sein, dass sie nicht über das Niveau des Sitzbankbodens ging. Da der Federweg nicht nur vom Stangenweg des Federbeins abhängig ist, sondern auch von der Schrägstellung des Federbeins, musste experimentiert werden. Am besten ging das mit einer Papp-Schwinge, die am Drehpunkt mittels Reißzwecke befestigt wird, und je einem Papp-Federbein, welche den ein- und ausgefederten Zustand darstellen. Nach einigen Probestellungen standen die Anlenkpunkte des Federbeins fest und die Daten des Federbeins auch.
Als obere Anlenkung für das Federbein habe ich ein Vierkantrohr gewählt, an dem die Laschen für die Federbeinverschraubung angeschweißt werden und an den Stirnseiten einen Gewindeeinsatz M8 erhalten. Dieses Vierkantrohr stellt von hinten gesehen gleichzeitig die Distanz zwischen den hinteren Unterzügen dar. Vom Steuerkopf kommen 2 Rohre als Oberzug, die sich ebenfalls am Vierkantrohr abstützen. Am Ende steht zu Buche, dass mit je einer Schraube M8 folgende Teile miteinander verbunden werden: Rahmenoberzug/Tank, hintere Unterzüge, Heckrahmen, Sitzbank.
Die beiden Schablonenumrisse des Federbeins werden jetzt in die Skizze integriert und ein Luftfilterkasten in den größtmöglichen Abmessungen auch. Wenn man sich das bisherige Gebilde anschaut, wird einem warm im Bauch, nicht etwa vor Freude übers Geschaffene, sondern wegen der beengten Platzverhältnisse im Bereich Federbein/Luftkasten. Dort sollten eigentlich die Blackbox und die Batterie noch irgendwo hin. Also offene Probleme.
Also lieber über die Gestaltung Oberzüge/Tank nachgedacht. Im Tank ist ja nur Benzin drin, ansonsten hat er keine weitere Funktion. Man kann es ja auch mal anders machen, den Tank als tragendes Teil integrieren, die Schraub-Variante des Rahmens macht es möglich. Der Tank wird mit den innen liegen beiden Oberzügen ohne Tunnel gebaut, somit wird den Tankschalen eine tragende Funktion zugeordnet. Das hat nur einen Nachteil: Wenn man den Tank abnimmt, fällt das Moped auseinander. Erst später kam ich noch darauf, dass ja ohne Tanktunnel keine Bowdenzüge verlegt werden können. So wird beim Skizzieren des Oberzuges/Tanks gleich auf jeder Seite 1 dünnwandiges Rohr integriert, durch die dann die Bowdenzüge laufen. Fiktiv skizziert wird der einteilige Kühler zwischen vorderen Unterzügen und Tank.
Blieben noch die Fußrasten, deren Stellung nur in der Höhe zu beeinflussen war. Da aber Erfahrungswerte bezüglich

der Abstandsmaße Fußrasten/Sitzhöhe/Lenkerabstand vorlagen, war das kein Problem.
Prinzipiell war jetzt alles Wichtige in der Seitenansicht auf dem Papier. Ungeklärt war nur, wo Batterie und Blackbox hin kommen. Das wird sich aber irgendwie finden.
In der Hinteransicht werden eigentlich nur die hinteren Unterzüge skizziert. Das war wichtig wegen der Einbindung Motor/Schwinge/Kette/Krümmer/Federbein/Fußrasten, um eine geringe Breite im Bereich Sitzbank zu erreichen. Da die Fußrasten unter dem Schwingenpunkt am hinteren Unterzug angeschraubt sind, der dort quasi im Leeren endet, war die Einbindung eines Distanzrohres als unterer Abschluss erforderlich. Das Querrohr erhielt an den Enden ebenfalls Gewindestücke und links eine Laufrolle für die Kette, damit diese nicht das Querrohr durchscheuern konnte.
Auch hier war der Einsatz je einer Schraube M8 vorgesehen, die links den Motorunterschutz, Fußraste und hinteren Unterzug verbindet. Rechts die gleiche Aufgabe mit dem Zusatz, dass hinter der Fußraste noch die Fußbremse mit aufgenommen wird, um eine weitere Schraube für die Fußbremse einzusparen. Das hatte aber den Nachteil, dass die rechte Fußraste wegen der Fußbremse weiter nach außen stand als die Linke. Dem wird begegnet, indem der rechte hintere Unterzug nach der Schwingenlagerung nach innen so weit eingezogen wird, dass die Fußrasten rechts und links gleichweit herausragten.
Ein weiteres Problem war, dass noch nicht bekannt war, welches Federbein verbaut wird und wie der Ausgleichsbehälter angelenkt ist. Ich hab mich da zunächst an die Maße von dem KTM-PDS gehalten.
Die bisherigen Ermittlungen zu einem schon existierenden Federbein, welches meinen Maßen entspricht, verliefen ergebnislos.
Deshalb wurden alle namhaften Hersteller von Federbeinen angeschrieben, ob sie das gewünschte PDS-Federbein anfertigen können. Interessanterweise antworteten rund 50 % überhaupt nicht, der Rest konnte oder wollte nicht. Der Gipfel war, dass ein Vertreter behauptete, sie hätten kein PDS-Federbein im Programm, obwohl es im Katalog vorhanden war. Die Herrschaften kennen also ihre eigenen Produkte nicht …
Auf einem Rennplatz lernte mein Schwiegersohn Gerhard Günther von ZUPIN kennen, der für die Federei an den Fahrzeugen zuständig war. Mit ihm nahm ich Kontakt auf. Es entwickelte sich ein sehr reger, interessanter und längerer Kontakt per Mail, bis der Bau des gewünschten PDS-Federbeins bei ZUPIN geklärt war.



Prinzipskizze Einbaulage des Federbeins

Um nicht die Übersicht zu verlieren, wird jetzt eine Grobplanung des weiteren Vorgehens angelegt.

8. Grobplanung der weiteren Aufgaben

Skizzen Rahmen alles 1:1

1. Rahmen komplett, Seitenansicht
2. Einzelheit Steuerkopf, Schnitt Ansicht seitlich
3. Einzelheit Steuerkopf – Anlenkung Tank/Oberzug, Unterzüge Schnitt Ansicht von oben
4. Einlegteile Steuerkopflageraufnahme
5. Einzelheit Unterzug hinten, Ansicht seitlich
6. Einzelheit Unterzug hinten, Schnitt Ansicht von oben
7. Einzelheit Unterzug hinten, Schnitt Ansicht von hinten
8. Schablone Laminierlehre hinterer Unterzug rechts
9. Schablone Laminierlehre hinterer Unterzug links
10. Einzelheit Unterzug vorn, Ansicht seitlich
11. Einzelheit Unterzug vorn, Schnitt Ansicht von vorn
12. Einzelheit Oberzüge, Ansicht seitlich
13. Einzelheit Heckteil, Ansicht seitlich
14. Einzelteil LuFiKa, Ansicht seitlich
15. Einzelheit vordere Motoraufhängung, Ansicht seitlich
16. Alle Einlegteile für Rahmen

Skizzen Schwinge alles 1:1

1. Schwinge, Seitenansicht
2. Schwinge, Schnitt Ansicht von oben
3. Schwingenende Schnitt
4. Hilfs-Einlegteil Schwingenende
5. Deckel für Schwingenende
6. Einlegteil Schwingenlageraufnahme 2:1
7. Schwingenlager rechts, links 2:1
8. Schablone für Laminierlehre Holm rechts
9. Schablone für Laminierlehre Holm links
10. Schablone Bohrungen beide Holme

Skizzen für Rahmenlehre alles 1:1

1. Vorderachsaufnahme, aus- u. eingefedert
2. Motoraufnahme vorn
3. Schwingenachsaufnahme
4. Hinterachsaufnahme, aus- u. eingefedert
5. Abstützung Gabel zur Winkelherstellung
6. Skizzen für alle Bolzen/Achsen
7. Grundplatte

Montage Rahmenlehre

1. Grundplatte ausrichten und verankern
2. Grundplatte mit wichtigsten Anrissen versehen
3. Seitliche Radfixierung aufbringen
4. Teile gem. Rahmenlehre-Skizzen 1-5 montieren

Montage der Grundteile

1. Gabel mit Vorderrad, Steuerkopf, Kotflügel
2. Motor mit Vergaser, Kühler, Auspuff
3. Schwinge mit Hinterrad und Kette

Fertigung der Teile

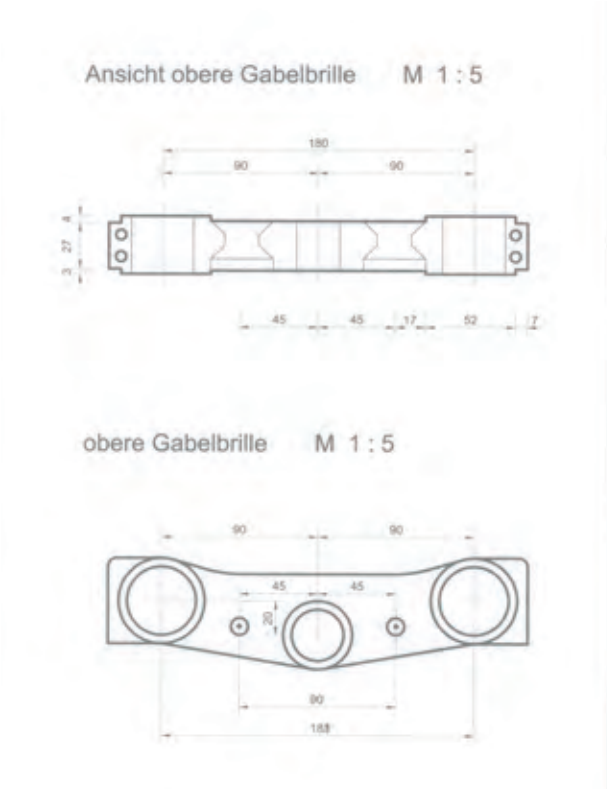
1. Schwinge
2. Steuerkopf
3. Tank/Oberzug
4. Kotflügel vorn
5. Motoraufhängung vorn
6. Unterzüge vorn
7. Unterzüge hinten mit Querrohr oben und unten, links beginnend
8. Rechts Ansaugtrakt
9. Heckteil mit hinterer Abdeckung, Kotflügel hinten
10. Luftkasten mit Filteranordnung
11. Äußere Tankschalen
12. Unterbodenplatte
13. Lenker, Lenkerböcke
14. Lampengehäuse
15. Kühler Alu
16. Kühlerverkleidung
17. Lima-Deckel
18. Kupplungsdeckel
19. WaPu-Gehäuse
20. Ständerhalterung
21. Kettenschutz
22. Ständer

8.1 Detail-Ablaufplan (Merkzettel)

Nachdem die Detail-Skizzen für Rahmen, Schwinge und Rahmenlehre erledigt waren, konnte mit dem Aufbau der Rahmenlehre begonnen werden.
Schon die ersten Tage zeigten, dass viele Dinge parallel vorbereitet bzw. gefertigt werden mussten, wodurch im Kopf einiges durcheinander ging. Mit der Grobplanung kam ich nicht aus.
Deshalb wurde ein Ablaufplan oder Merkzettel erstellt, um die Übersicht zu behalten. Er konnte ständig ergänzt werden und was erledigt war, wurde einfach abgehakt. Die Reihenfolge auf dem Merkzettel entsprach aber nicht immer dem tatsächlichen Ablauf der Dinge.

9. Fahrwerk
9.1 Telegabelkomplettierung

Ich habe aus Gewichtsgründen die konventionelle Marzocchi-Gabel gewählt. Sie wog rund 2 kg weniger als heutige Gabeln. Es ist ein betagtes Modell, das in den SIMSON-GS Werksmodellen eingesetzt wurde. Wenn die Jungs damals Welt- und Europameister geworden sind, wird sie für mich schon ausreichen.
Ich suchte einen Sportfreund auf, der zu großen Teilen den SIMSON-Nachlass aufgekauft hatte und über die Gabel verfügte. Leider waren keine Gabelbrillen mehr am Lager, dafür aber Rohlinge aus Magnesium. Feine Sache wegen des geringen Gewichts, aber zusätzliche Arbeit. Die 15er Achse passte natürlich auch nicht zum originalen Rad. Weiterhin musste ausgeklügelt werden, wie der originale Bremssattel an der Gabel befestigt wird.
Das Skizzieren ging wieder los: Distanzbuchsen für die Vorderachse, Adapter zum Bremssattel, Bohrungen für die Gabelbrillen.



Gabelbrillen

Die Skizzen der Distanzbuchsen wanderten zum Drehen zum Nachbarn. Die Gabelbrillen wurden bei einem Sportfreund flächig gefräst, die Bohrungen wurden bei einem Bekannten auf der CNC gemacht, ebenso der Adapter.

Distanzbuchsen fertig

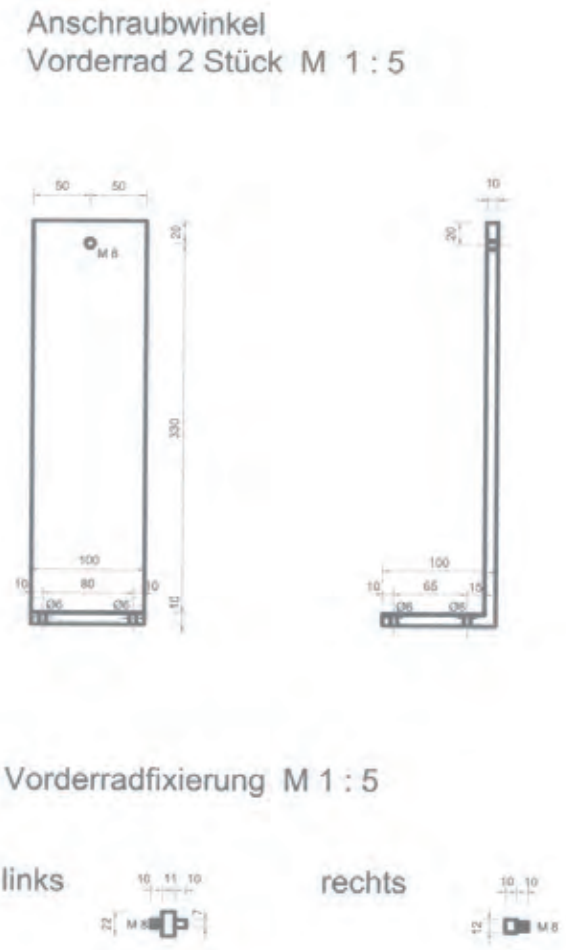
Wolfgang fräst Brillenflächen

Udo macht die Bohrungen

Gabelbrillen fertig

9.2 Rahmenlehre

„Rahmenlehre“ ist wahrscheinlich übertrieben, denn sie stellt in Wirklichkeit nur die Fixierung Vorderradachse-Schwingendrehpunkt-Hinterradachse dar. Nach früheren Erfahrungen beim Rahmenbau ist das ausreichend. Vorausschauend werden die Skizzen für die stabilen Winkel mit Fuß angefertigt und beim Nachbarn in Auftrag gegeben.



Auf einem stabilen Rohrgestell wird eine dicke Holzplatte aufgebaut, die mit einem dicken weißen Papier bespannt wird. Darauf wird eine Mittellinie für die Räder angelegt und alle wesentlichen lotrechten Maße von der 1:1-Skizze übertragen.

Grundplatte Rahmenlehre

Inzwischen sind die Winkel fertig und werden mit den Anschraub-Füßen verschweißt.

Aufnahmewinkel

Die Winkel werden dann auf der Grundplatte an der richtigen Stelle verschraubt.

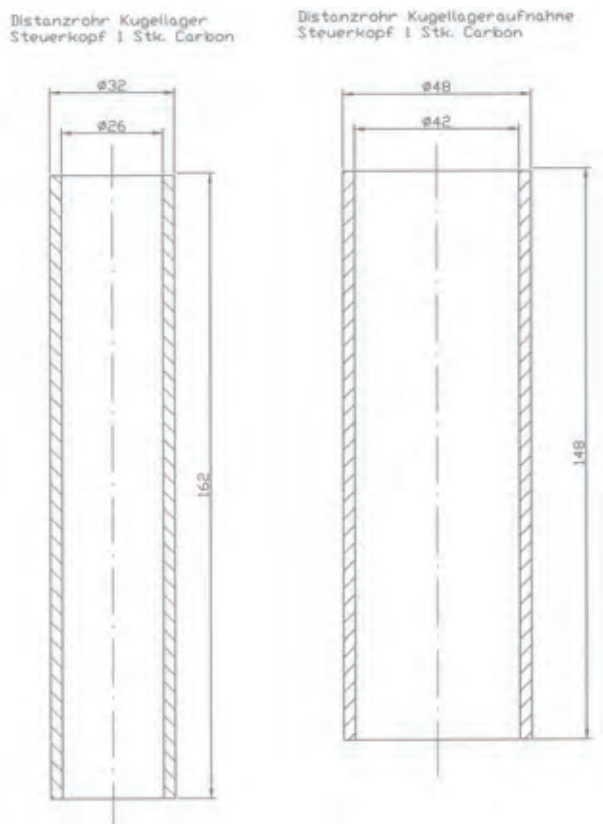
Aufnahmewinkel verschraubt

9.3 Steuerkopf

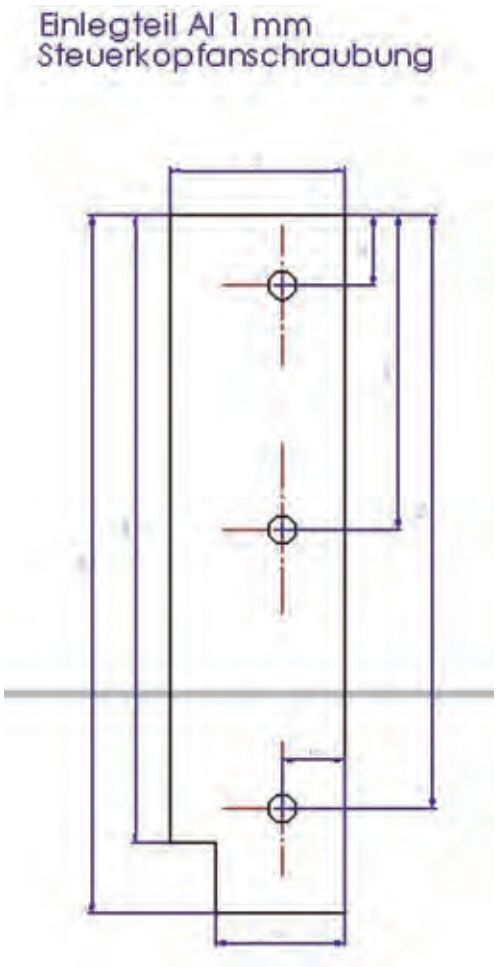
Zunächst werden die Skizzen und Legepläne gefertigt für

- Al-Einlegteile für Steuerkopflager
- Laminierdorn und Abziehring für Distanzrohr der Einlegteile
- Distanzrohre der Einlegteile und Kugellager
- Laminierdorn und Abziehring für Distanzrohr Kugellager
- Kugellagersitz

Kugellagersitz



Distanzrohre Kugellager u. Kugellagersitz



Einlegteil Steuerkopfanschraubung

Der Nachbar wird mit der Fertigung der Drehteile betraut. Inzwischen wird das Anschraubteil für den Steuerkopf als Trägermaterial aus 1 mm Al-Blech hergestellt und mit den 3 Bohrungen für die spätere Anschraubung versehen.

9.3.1 Distanzrohr für Einlegteile Kugellagersitz

Legeplan

Wandstärke 3,30 mm
Rohrdurchmesser 48,00 mm

Lage	Material	Richtung	Stärke mm
1	Schlauch 35 mm	biaxial	0,35
2	Band 70 mm	UD	0,40
3	Band 70 mm	UD	0,40
4	Band 70 mm	UD	0,40
5	Band 70 mm	UD	0,40
6	Band 70 mm	UD	0,40
7	Schlauch 35 mm	+ 45	0,70
8	Band 20 mm	- 45	0,25
9	Abreißgewebe	+ 45	-

Nach Eintreffen der Drehteile wird das Distanzrohr für die Kugellageraufnahme laminiert.

Distanzrohr Kugellageraufnahme

Es folgt das Laminieren des Distanzrohres für die Kugellager.

9.3.2 Distanzrohr für Kugellager

Legeplan

Wandstärke 2,60 mm
Rohrdurchmesser 32,00 mm

Lage	Material	Richtung	Stärke mm
1	Band 70 mm	UD	0,40
2	Band 70 mm	UD	0,40
3	Band 70 mm	UD	0,40
4	Band 70 mm	UD	0,40
5	Band 70 mm	UD	0,40
6	Band 70 mm	UD	0,40
7	Band 70 mm	UD	0,40
8	Abreißgewebe	-	-

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Distanzrohr Kugellager

Die Einlegteile werden mit Epoxy im Distanzrohr verklebt. Das Trennbrett für den Steuerkopf wird gebaut, um das Anschraubteil zu integrieren. Die Löcher vom Anschraubteil werden ins Trennbrett übertragen und es werden dort die Laminierspitzen eingesetzt.

Steuerkopf im Trennbrett

Diese haben den Sinn, spätere Bohrungen mit Faserunterbrechungen an den Anschraubstellen zu vermeiden. Ich habe sie für alle Bohrungen verwendet, entweder in den Trägermaterialien oder in den Formen. Das hat außerdem den Vorteil, dass übereinander liegende Teile haargenau passen.

9.3.3 Anbindung Steuerkopf/ Anschraubteil

Legeplan

Laminatstärke 2 mm

Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Band UD 70 mm	0° *	✓
2	Band UD 70 mm	+45°	✓
3	Band UD 70 mm	90°	✓
4	Band UD 70 mm	-45°	✓
5	Band UD 70 mm	0°	✓

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Jetzt werden die Verbundlagen laminiert, nach Härtung gewendet und die andere Seite mit den Verbundlagen laminiert.

9.3.4 Verbund/Verstärkungslagen

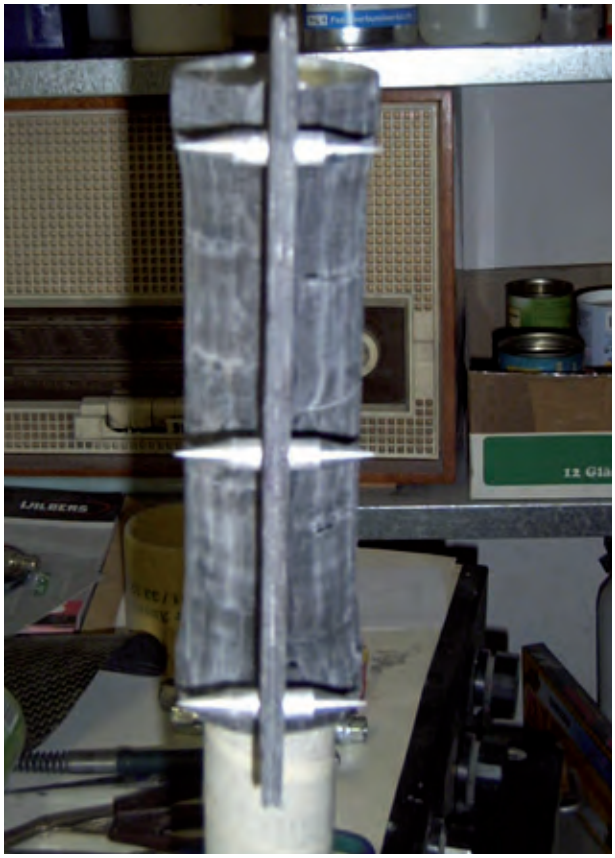
Legeplan

Laminatstärke 4 mm

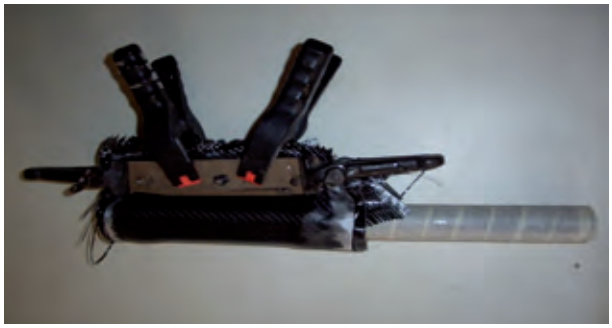
Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Band UD 0,4 mm	0° *	✓
2	Band UD 0,4 mm	+45°	✓
3	Band UD 0,4 mm	90°	✓
4	Band UD 0,4 mm	-45°	✓
5	Band UD 0,4 mm	0°	✓
6	Band UD 0,4 mm	0°	✓
7	Band UD 0,4 mm	+45°	✓
8	Band UD 0,4 mm	90°	✓
9	Band UD 0,4 mm	-45°	✓
10	Band UD 0,4 mm	0°	✓

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Nach Härtung werden die Verstärkungslagen aufgebracht. Die Verwendung von Abreißgewebe zwischen den Arbeitsgängen versteht sich.



Steuerkopf zum Verstärken



Verstärkungslagen

Steuerkopf fertig

von oben

Der Steuerkopf wird mit den Kugellagern bestückt und ist somit montagebereit.

9.4 Montage des Vorderbaues auf der Grundplatte

Das Vorderrad wird mit den neuen Distanzen für die dünnere Achse versehen. Die Telegabel bekommt ihren Adapter für den Bremssattel.

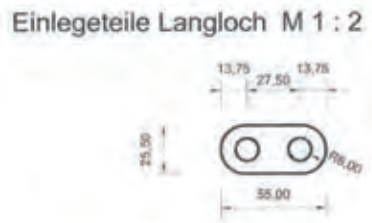
Bremssatteladapter

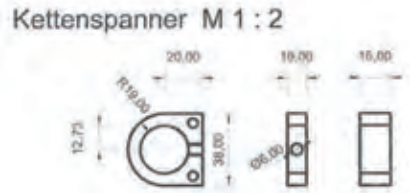
Die Gabelbrillen mit dem bereits eingeschrumpften Steuerrohr werden mit dem Steuerkopf montiert. Das Rad wird in die Gabel eingebaut und das ganze Gebilde samt der Haltewinkel auf die Grundplatte geschraubt. In ungefährer Schräglage wird die Gabel provisorisch abgestützt.
Eine Platte wird hinter den Gabelholmen verschraubt, daran werden die Platte mit dem vorgesehenen Steuerkopfwinkel verschraubt und eine senkrechte Abstützung nach unten angebracht. Die Senkrechte wird mit der Wasserwaage genau eingerichtet und fixiert. Der Vorderbau ist jetzt in seiner richtigen Stellung.
Bei der Gelegenheit werden rigoros alle Stahlschrauben gegen Al-Schrauben ausgetauscht und ein bereits gefertigter Kotflügel angeschraubt.

Vorderbau auf Grundplatte

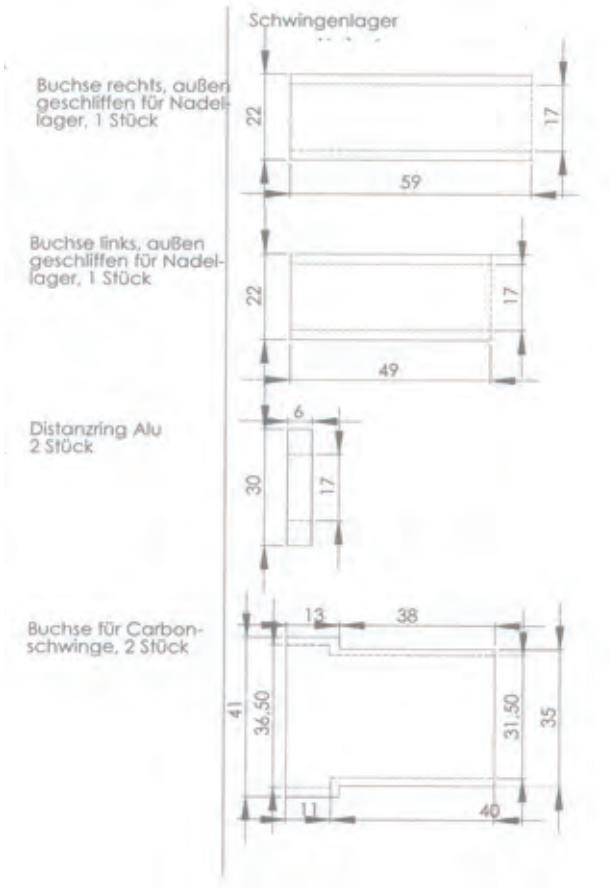
9.5 Schwingenskizzen

Zunächst erfolgt eine Vermessung der Originalschwinge im Bereich Hinterachse und der vorderen Lagerung, weil ja der originale Motor und Hinterrad wieder verwendet werden sollen. Die Maße werden aufs Reißbrett übertragen. Der Rest wird so gezeichnet, wie gewünscht, in der Draufsicht und Seitenansicht. Die Einbaulage des Federbeins im Fahrwerk ist als Prinzipskizze gefertigt Die Einzelheiten Kettenführung, Widerlager, Bremssattel und Federbeinanlenkung bleiben vorerst unberücksichtigt. Im Detail werden die Schwingenlagerung, das Schwingende in der Hinteransicht mit Einlegteil für die später innenliegenden Kettenspanner und den Deckel als Abschluss der Schwinge skizziert.



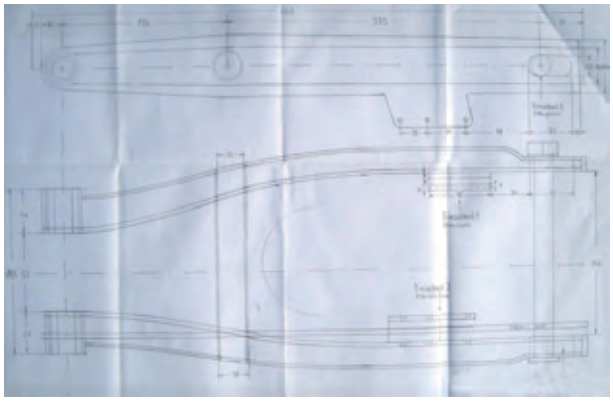


Skizze Schwingenlagerung



Die Teile werden in Auftrag gegeben und die dazugehörenden INA-Lager und Ringe inzwischen besorgt.
Da die Schwinge vorn und hinten schmaler baut als im Original, werden die Hinterachse und der Schwingenbolzen skizziert und ebenfalls in Auftrag gegeben.
Der Führungsbolzen für die Schwingenlagerung, der Laminierbolzen für den Schwingenquersteg und die Einlegteile für das Hinterachslangloch werden skizziert und in Auftrag gegeben.
Die Skizze wird jetzt komplettiert mit den Einzelheiten Kettenführung, Halterung für den Bremssattel, Kettenverlauf.

Skizze Schwinge



9.5.1 Form/Lehre für Schwinge

Die Schwingenform/Lehre soll einfach und zweckmäßig sein, dabei ohne viel Aufwand herzustellen sein. Dazu werden 4 Buchenhölzer in der reichlichen Schwingenlänge auf der Abrichte/Dickte vorbereitet. Sie werden zum Paket verschraubt, so dass sie eine horizontale und vertikale Teilung haben. Von der Skizze wird eine Schablone von der Innenform der Schwinge erstellt und die Umrisse werden auf das Holz übertragen.

Schablone

Jetzt werden an der Seite des Holzes die Bohrungen mit Bemaßung für den Schwingenbolzen, den Quersteg und die Befestigung für Einlegteile Langloch angerissen. Diese Maße werden der CNC eingegeben und die Bohrungen eingebracht.

Bohrungen

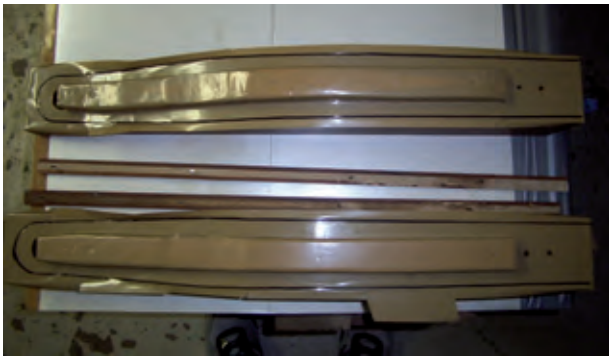
Jetzt wird die zuvor angerissene Innenform mit der Bandsäge ausgesägt und geglättet.

Form ausgesägt

Mit einer weiteren Schablone werden die seitlichen Umrisse des Schwingenholms aufs Holz übertragen und mittels Stechbeitel vertieft.
Das hat den Vorteil, später eine konkrete Markierung zum Beschneiden zu haben, weil sich diese Linie auf dem fertigen Laminat abzeichnet.

Vertiefung zum Beschneiden

Die Formen für die Schwingenprofile werden aus Schaumstoff gefertigt und auf den Formen für die Schwingenholme angepasst. Die Formen und die Schwingenprofile werden mit Paketband abgeklebt.



abgeklebte Profilform

9.5.2 Schwinge

A. Vorbereitungen

- Lehre/Form mit Trennmittel versehen
- Einlegteile Schwingenlageraufnahme mit Bolzen verschraubt
- Querrohr Schwinge eingeführt, fixiert
- Einlegteile Langloch verschraubt
- 2-lagiges Profil als Laminatträger vorbereitet
- Zuschnitte fertig
- alles entfettet

B. Legeplan Grundplatte

10 Lagen Gewebe und UD a 0,33 mm = 3,30 mm

Lage	Material	Richtung
1	C-Gewebe	0°/90°
2	C-UD	0°
3	CA-Gewebe	45°+/45°-
4	C-UD	0°
5	CA-Gewebe	45°+/45°-
6	C-UD	0°
7	CA-Gewebe	45°+/45°-
8	C-UD	0°
9	CA-Gewebe	45°+/45°-
10	C-UD	0°/90°

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

C-Gewebe = Kohlegewebe
C-UD = Kohle-unidirektional
CA-Gewebe = Kohle/Aramid-Gewebe

C. Legeplan Profil

10 Lagen Gewebe und UD a 0,33 mm = 3,30 mm Gesamtstärke

- Einlegteil Kettenspanner verschrauben
- Einlegteil Langloch verschrauben
- Profil auflegen

Anbindungen:

- In der Kehle rechts und links je 10 Stränge Roving verlegen
- Bereich Einlegteil Kettenspanner seitlich je 3 Lagen UD-Band
- Bereich Quersteg 4 Lagen UD-Band abgestuft oben
- Bereich Schwingenlager 3 Lagen C-Gewebe beiderseits
- Bereich Schwingenlager 6 Lagen UD-Band abgestuft um Schwingenlager

Lage	Material	Richtung
1	CA-Gewebe	45°+/45°-
2	C-UD	0°
3	CA-Gewebe	45°+/45°-
4	C-UD	0°
5	CA-Gewebe	45°+/45°-
6	C-UD	0°
7	CA-Gewebe	45°+/45°-
8	C-UD	0°/90°

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

D. Nacharbeiten

- Notfalls Bereich Schwingenlager mit Roving wickeln (war nicht erforderlich)
- Alles mit Abreißgewebe abdecken
- Niederhalteleisten mit Radius anbringen
- Achsbereich belasten

E. Legeplan Kettenführungshalter

16 Lagen C, CA, C-UD im Wechsel 110 x 10 mm = 5 mm Wandstärke

F. Legeplan Kettenführung

16 Lagen C, CA, C-UD im Wechsel 220 x 180 mm = 5 mm Wandstärke

G. Legeplan Bremsgegenhalter

33 Lagen C, CA, C-UD im Wechsel ergibt = 7 mm Wandstärke gepresst

10 Lagen links im Wechsel 80 x 80 mm
10 Lagen rechts im Wechsel 80 x 80 mm
13 Lagen oben im Wechsel 90 x 90 mm

H. Abschlussdeckel

Aus 21-lagigem Material Deckel ausarbeiten = 7 mm

I. Anbindung Federbeinhalter / Verstärkung Quersteg

Lage	Material	Richtung
1	Schnitzel-brei	Auf Querrohr unter Federbein-halterung
2	Schnitzel-brei	Auf Federbeinhalterung
2a	Feder-beinhalter	Mit Vorrichtung auf Querrohr fixie-ren, mit Abreißband abdecken, har-ten
3	Band UD 70 mm	In Rohrrichtung ringsum, an Grund-platte anlegen, sowie an Schraub-fläche
4	C/A-Gewebe	+45/-45° an Schraubfläche, am Querrohr auslaufend
5	Band UD 20 mm	4 Runden zwischen Schraubfläche um Querrohr wickeln, Stufen nach außen mit Schnitzelbrei füllen
6	C/A-Gewebe	0/90° an Schraubfläche, am Quer-rohr auslaufend
7	Band UD 70 mm	In Rohrrichtung ringsum, an Grund-platte anlegen sowie an Schraubfläche, ab Grundplatte abgestuft kürzer
8	C/A-Gewebe	+45/-45° an Schraubfläche, am Querrohr auslaufend
9	Band UD 70 mm	In Rohrrichtung ringsum, an Grund-platte anlegen sowie an Schraubfläche, ab Grundplatte abgestuft kürzer
10	C/A-Gewebe	0/90° an Schraubfläche, am Quer-rohr auslaufend
11	Roving	Gesamten Quersteg wickeln
12	C-Gewe-be	Alles abdecken
13	Abreißge-webe	Alles abdecken

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

J. Einbau Verstärkungs-Radien am Quersteg

Lage	Material	Richtung
1	Schaumstoff	Kerne für hintere Radien
2	Schnitzelbrei	Schaumstoff hinten ausgleichen
3	Schnitzelbrei	vorn Radien legen
4	Band 20 mm	Eine Runde um Steg zwischen Federbeinaufnahme
5	Band 40 mm	Gegenseite Federbeinaufnahme
6	C-Gewebe	+45/-45° über Kerne, dreieckig auslaufend
7	C-Gewebe	+45/-45° über Kerne, dreieckig auslaufend
8	C-Gewebe	Je 6 Lagen beidseitig auf Feder-beinaufnahme, abgestuft
9	C-Gewebe	+45/-45° vom Quersteg nach hinten u. vorn auslaufend
10	C-Gewebe	+45/-45° vom Quersteg nach hinten u. vorn auslaufend
11	C-Gewebe	+45/-45° vom Quersteg nach hinten u. vorn auslaufend
12	C-Gewebe	0/90° Alles abdecken
13	Abreißge-webe	Alles abdecken

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

K. Sonstiges

Einzelgewichte Schwinge	g
Schwinglagerhülsen Aluminum	72
Schrauben	45
Kettenspanner Aluminum	64
Nadellager	118
Federbeinanlenkung St-Blech	86
Kettenführungshalter C/A	28
Kettenführung C/A	70
Bremshalterung C/A	63
Abschlussdeckel	16
Holme,Quersteg, Schwingenl.-Hülse	1400
Bis jetzt	1962

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Zuschnitte Schwinge (als Beispiel)	Stück	Faser g	Harz g	fertig g
2 Holme, Quersteg	272	805	1005	1400
Prozentsatz Faser-Harz-Anteil		45 %	55 %	
Anbindung Dämpfer-halterung + Verst.	61	-	-	-
Kettenführungshalter	16	65	50	28
Bremshalter	33	70	55	63
Kettenführung	12	99	62	70
Gesamt-Zuschnitte	394			

Die Formen für Profile werden mit 2 Lagen als Trägermaterial laminiert.
Das Profil wird entformt, beschnitten und auf dem Holm angepasst, wo sich jetzt vorne das Einlegteil für die Lagerung befindet und hinten unten das Einlegteil für das Langloch, darauf das Einlegteil für den Kettenspanner und darüber wieder das Einlegteil für das Langloch. Dazu wird noch ein Hilfsblech für den Ausleger der Kettenführung angebracht.

Profil angepasst

Der Quersteg wird als Rohr über einen Bolzen laminiert und auf seine Länge gebracht. Für die Form werden noch Halterungen angebracht, damit sie längs/hochkant ordentlich auf dem Tisch steht. Jetzt sind alle Teile für die Schwinge vorhanden, es kann laminiert werden.

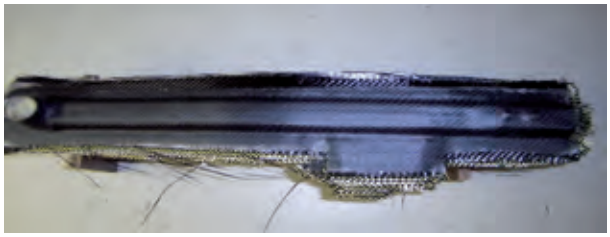
alle Teile Schwinge

Gem. Legeplan werden jetzt die Zuschnitte für den ersten Holm und die einzubindenden Teile Lagerhülse und Quersteg angefertigt.

Zuschnitte Quersteg

Zuschnitte Einbindung

Gem. Legeplan wird die „Grundplatte“ laminiert, auf der die Lagerhülse für die Nadellager mittels Führungsdorn, der herausstehende Querholm und das angeschraubte Einlegteil für das Langloch montiert sind. Jetzt werden der vorgefertigte Profilkörper aufgelegt, das hintere Einlegteil für den Kettenspanner und darüber das Einlegteil für das Langloch geschraubt. Es wird weiter nass in nass gem. Legeplan für das Profil laminiert und mit Abreißgewebe abgedeckt.



Holm laminiert

Beim Beschneiden passierte ein großes Missgeschick, die mitlaminierte Fläche für die Kettenführung wurde mit der Flex abgetrennt und musste mühsam nachlaminiert werden.

Holm seitlich

Es folgt analog die zweite Seite. Nach Härtung werden die horizontale Trennebene aufgeschraubt, Form getrennt, Schwinge entnommen.

Form zerlegt

Schwinge beschnitten

Nach dem Zerlegen werden die Einlegteile für Kettenspanner gezogen und die Einlegteile für die Langlöcher entfernt. Der Quersteg erhält zu den Holmen eine Kehlnaht aus Baumwollflocken-/Kohlefaserschnitzel-Brei.

Radien am Holm

9.5.3 Bremssattelhalterung

Gem. Skizze wird aus Holz die Form für den Bremssattelhalter gemacht, mit Paketband abgeklebt, laminiert und beschnitten. Der Halter wird später mit dem rechten Holm verstiftet und verklebt. Das Laminieren um die kleinen Ecken war recht anstrengend, vor allem wegen der Hinterschneidungen. Wichtig waren, die Faserverläufe entsprechend den auftretenden Kräften zu gestalten. Auf die Form kam dann noch ein Deckel zum Verpressen.

Form

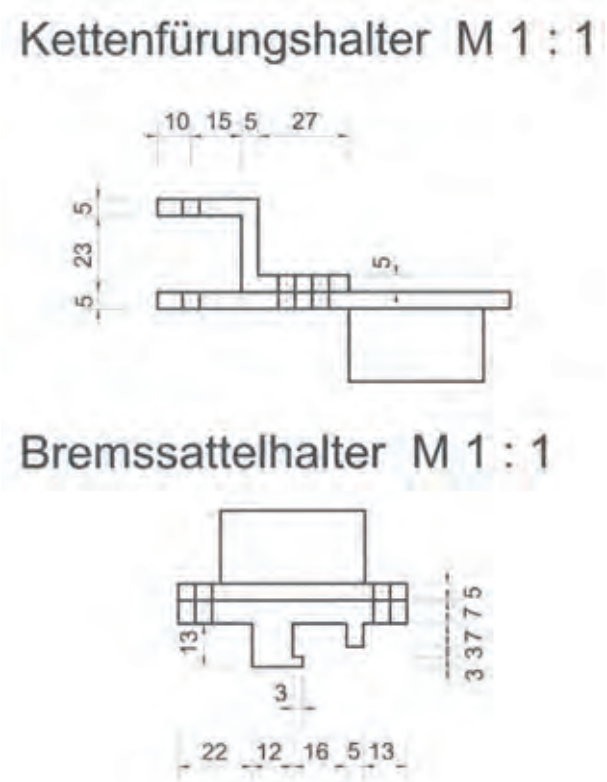
laminiert

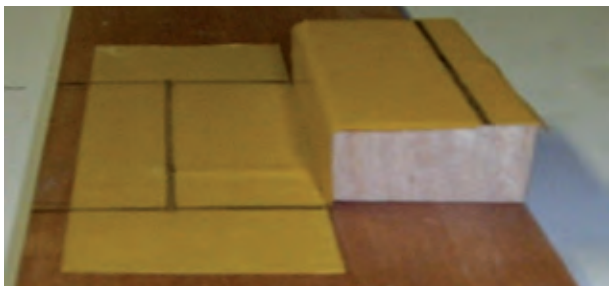
Halterung fertig

9.5.4 Kettenführungshalter

Die Form für den Halter der Kettenführung wird analog hergestellt.

Bilder Kettenführungshalter





Form

laminiert

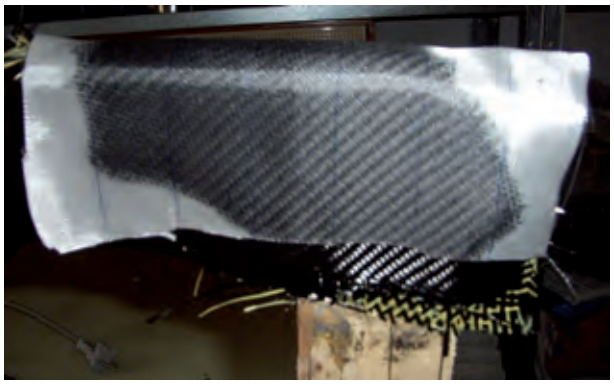
fertig

9.5.5 Kettenführung und Schwingendeckel

Jetzt fehlt noch die Kettenführung, in die dann der Schleifkörper integriert wird. Die Form wird aus Holz gebaut und mit Paketband beklebt, weil das gute Trenneigenschaften hat.

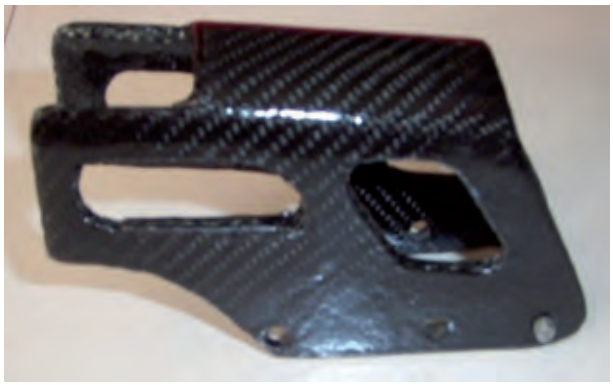
Bilder Kettenführung

Form



laminiert

Schablone



Kettenführung fertig

Jetzt fehlen noch die Deckelchen für das Schwingenende. Aus bereits vorhandenem Laminat werden der Umriss und die Löcher angerissen, die Teile ausgearbeitet und eine Nut ringsum gefräst, damit die Deckel geführt werden und nicht verrutschen können.

Deckel innen

Deckel am Ort

Gem. Skizze wird die Bremssattelhalterung an der richtigen Stelle fixiert, verstiftet und verklebt und die Halterung wird mit Kettenführung an der Schwinge verschraubt.

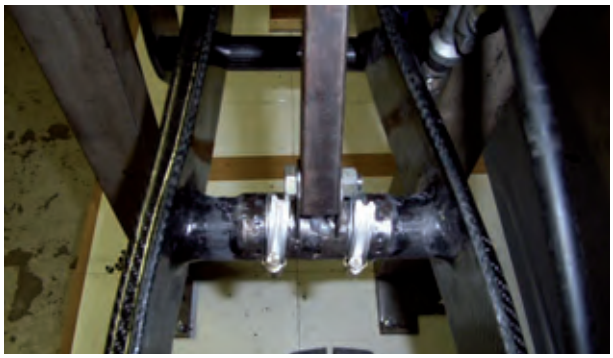
9.5.6 Federbeinaufhängung / Querstegverstärkung

Der untere Teil der Schwingenform erhält Ausschnitte für die Kehrnaht des Querrohres, den Bremssattelhalter und die Kettenführung. Die Schwinge kann nun wieder in die Form eingelegt werden, um die Federbeinaufnahme zu gestalten.
Dazu werden in geeigneter Größe ein 1,5 mm-Blech gelocht, dem Querrohrradius angepasst und die beiden Laschen für die Federbeinaufnahme ebenfalls aus 1,5 mm-Blech mit der Bohrung ausgearbeitet. Die Laschen werden angeschweißt.
Die Federbeinaufhängung wird an der richtigen Stelle (Prinzipskizze Einbaulage Federbein) auf dem Querrohr fixiert und mittels Baumwollflocken-Kohlefaserschnitzel-Brei aufgeklebt. Es folgt die Laminierung zur Einbindung der Federbeinaufhängung mit gleichzeitiger Verstärkung des Querrohres und Ausbildung der größeren Radien zwischen Querrohr und Schwinge.

Bilder Federbeinaufhängung

Aufhängung

Fixierung



Verklebung

laminiert

Schwinge fertig

Fehlen noch die Kettenspanner, die im Inneren der Schwinge liegen. Sie werden aus Al gemacht und füllen wegen der Presskraft der Hinterachse das Schwingenende genau aus. Sie erhalten je eine 6er Schraube zum Spannen, die in die Teile mit Gewinde eingeklebt wird.

9.5.6.1 Federbeinschutz

Aus Formetal wird direkt am Objekt die Form modelliert, mit 1 Lage Glasgewebe verstärkt, gespachtelt und geschliffen.

Form

Nach der Behandlung mit Trennmittel werden 3 Lagen Aramidgewebe 204 g/m² laminiert. Nach Härtung wird beschnitten, geschliffen und die Kanten werden mehrmals nachgeharzt und wieder geschliffen. Bezüglich der Arbeiten nach dem Laminieren ist Aramid ausgesprochen widerspenstig. Da aber der Stoßdämpferschutz permanenter Belastung durch Schlamm, Steine, Äste ausgesetzt ist, wäre die Fertigung aus Carbon unzweckmäßig.

beschnitten, geschliffen

am Ort

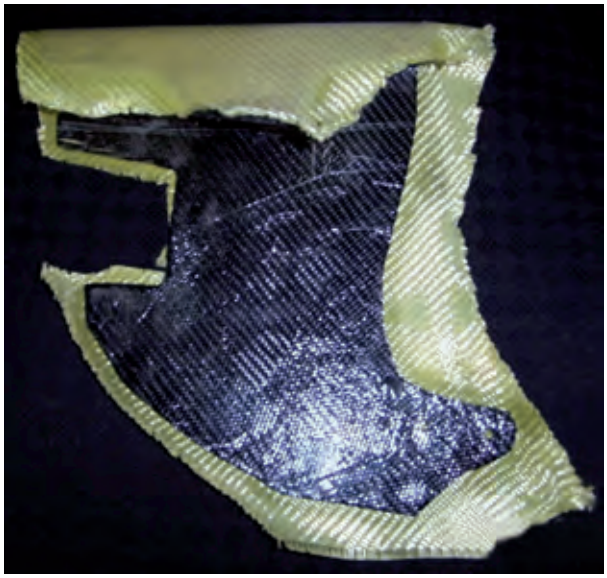
9.5.7 Halterung für Kettenschleifer

Der Kettenschleifer auf dem Schwingenholm machte schon Probleme, weil kein passendes Serienteil aufzutreiben war. Da kam mein Schwiegersohn mit einem Kettenschleifer von der Honda VTR SP1. Das Teil passte tatsächlich mit geringen Änderungen. Nur die Befestigung bereitete erneute Sorgen. Anschrauben wie original ging wegen der Form des Schwingenholmes nicht. Es wurde eine Befestigung aus Al-Blech gebaut, die hinter dem Holm lag und über die „Grundplatte“ des Holmes nach außen gebogen und durch das kleine Teil fixiert wurde.

Halter für Kettenschleifer

9.5.8 Kettenschutz

Für den Kettenschutz wird eine Form aus Holz gebaut. Sie erhält ein kleines Winkelblech für die Anschraubung im Bereich des Schwingenholmes. 1 Lage Kohlefasergewebe und 2 Lagen Aramidgewebe je 204 g/m² werden laminiert.



Laminat innen

hinten

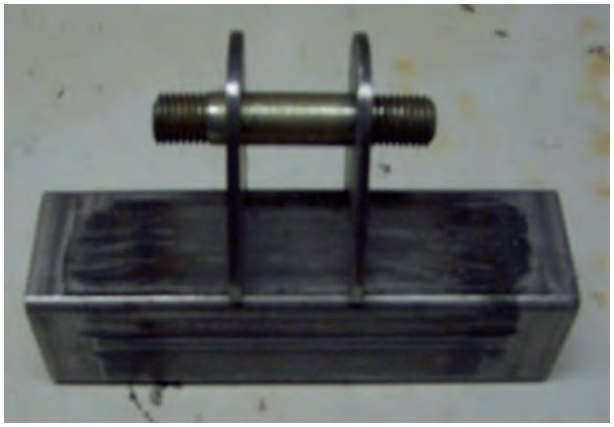
Nach dem Beschneiden und Schleifen werden die Oberfläche und die Kanten mit einem dünnen Harzauftrag versehen.

Kettenschutz am Ort

9.6 Oberes und unteres Querrohr

Gem. Skizze der Hinteransicht hintere Unterzüge mit den beiden Querrohren werden die Einzelskizzen der beiden Rohre gefertigt. Das obere Querrohr wird aus Zweckmäßigkeitsgründen (Aufnahme der Kräfte vom Federbein) als Vierkantrohr in 2 mm Wandstärke ausgelegt. An beiden Enden wird ein Gewindestück M8 vorgesehen und nicht ganz mittig wird die Federbeinaufnahme platziert. Das untere Querrohr in 1 mm Wandstärke erhält an den Seiten ebenfalls die Gewindehülsen und bekommt noch eine Carbonverstärkung. Dazu wird gleich noch ein Aramidröllchen für das Rohr skizziert, was das Schleifen der Kette auf dem Querrohr verhindert. Die Teile werden in Auftrag gegeben.

Bilder Querrohre



oben

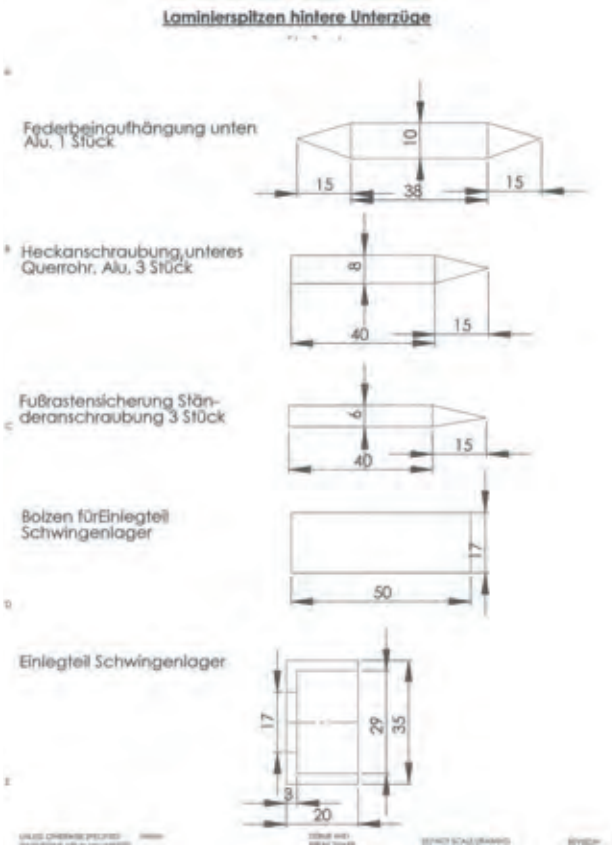
unten

9.6.1 Hintere Unterzüge
9.6.1.1 Formenbau

Zunächst wird für den rechten und linken hinteren Unterzug eine Detailskizze angelegt, die alle notwendigen Einzelheiten enthält.

Skizze Unterzüge seitlich

Skizze Laminierspitzen u. Einlegteil/Bolzen Schwingenlager

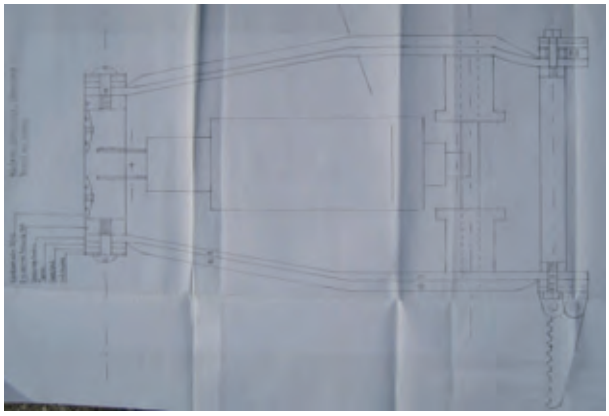


Für die Form/Lehre der Unterzüge werden wieder Buchenhölzer, wie bereits beschrieben, vorbereitet, diesmal nicht vier- sondern zweigeteilt. Mit den Maßen für obere und untere Anschraubung zum Quersteg, Schwingenlager, untere Anschraubung Heckrahmen, Anschraubung Ständerhalterung wird die CNC gefüttert und die Löcher gebohrt.

Hölzer gebohrt

Von der Seiten- und Hinteransicht der hinteren Unterzüge werden entsprechende Schablonen angefertigt und auf die Hölzer übertragen.

Skizze Hinteransicht Unterzüge



Die Anrisse aus der Hinteransicht werden wieder mit der Bandsäge ausgesägt und geglättet, die Anrisse aus der Seitenansicht mit dem Stechbeitel vertieft, damit sie sich zum Beschneiden im Laminat abdrücken.

Hölzer ausgesägt

Nach der Behandlung mit Trennmittel werden die Laminierspitzen eingesetzt und das Einlegteil für den Schwingenbolzen mittels Hilfsbuchse fixiert.

Holz mit Laminierspitzen und Einlegteil

Analog zur Schwinge werden die Schaumstoffkerne für die Profile hergestellt und genau auf der abgeklebten Form angepasst. Sie werden mit Epoxy versiegelt, nach dem Härten mit Trennmittel versehen und auf der Form mittels kleiner Nägel befestigt.

Profilform

9.6.1.2 Legeplan hintere Unterzüge

Vorbereitungen

- Lehre/Form mit Trennmittel behandelt
- Bohrung für Laminierspitze Fußraste/Quersteg D 8
- Bohrung für Ständeranschraubung 2 x D 6
- Bohrung für Hinterbau D 8
- Bohrung für oberen Quersteg/ Federbeinaufnahme D 8
- Einlegteil für Schwingbolzen

1.Grundplatte

10 Lagen Gewebe und UD a 204 g/m² = 3,30 mm

1. Lage C	0° /90°
2. Lage CA	45°+/45°-
3. Lage C-UD	90°
4. Lage CA	45°+/45°-
5. Lage C-UD	0°
6. Lage C-UD	0°
7. Lage CA	45°+/45°-
8. Lage C-UD	90°
9. Lage CA	45°+/45°-
10. Lage C	0°/90°

2. Verstärkung

Im Bereich Schwingbolzen, Ständer, Fußrasten, obere Anschraubung, Verstärkung Grundplatte

6 Lagen Gewebe und UD a 204 g/m² = 1,98 mm
abgestuft im Verstärkungsbereich

1. Lage C-UD	0°
2. Lage CA	45°+/45°-
3. Lage CA	0°/90°
4. Lage CA	45°+/45°-
5. Lage CA	0°/90°
6. Lage C-UD	0°

3. Profil

6 Lagen Gewebe und UD a 204 g/m² = 1,98 mm

1. Lage C	0°/90
2. Lage CA	45°+/45°-
3. Lage C-UD	0°
4. Lage C-UD	0°
5. Lage CA	45°+/45°-
6. Lage C	0°/90

Laminatstärke

Grundplatte	= 3,30 mm
Verstärkung in kritischen Bereichen	= 1,98 mm
Profil	= 1,98 mm

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Gesamtstärke normal	= 5,28 mm
Gesamtstärke im Verstärkungsbereich	= 7,26 mm

9.6.1.3 Unterzüge laminieren

Die Profilkerne werden mit 2 Lagen laminiert, nach dem Härten entformt, beschnitten und am Schwingendrehpunkt angepasst.

laminiert

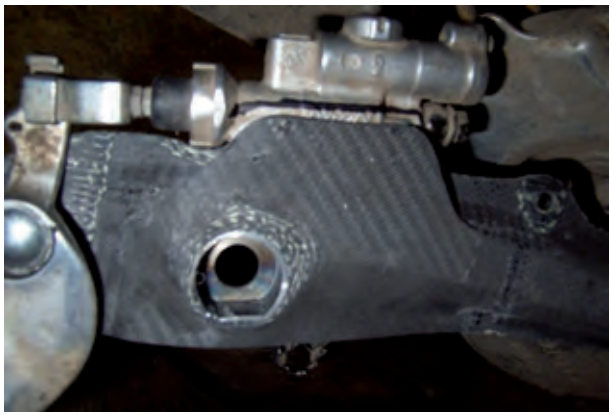
beschnitten, angepasst

Der Legeplan ist erstellt. Im Wesentlichen sieht er den Ablauf wie bei der Schwinge vor. Zunächst wird die „Grundplatte“ mit der entsprechenden Lagenzahl laminiert, wobei gleich abgestufte Verstärkungen im Bereich obere Aufhängung, Schwingendrehpunkt und Fußrasten vorgesehen sind. Die Profile werden ins nasse Laminat eingelegt und weiter laminiert. Für die Fußbremspumpe wird ein „Ausleger“ ähnlich der Kettenführungsanschraubung bei der Schwinge vorgesehen.
Es folgen Zuschnitte für beide Unterzüge. Anschließend werden sie laminiert und wie immer im Temperofen eingelegt, um nachts nicht die Temperatur von mindestens 20 °C in der Werkstatt halten zu müssen.
Nach der Härtung werden sie beschnitten und die Schwingenlagerung frei gefräst und an den Anschraubpunkten parallel gefräst.

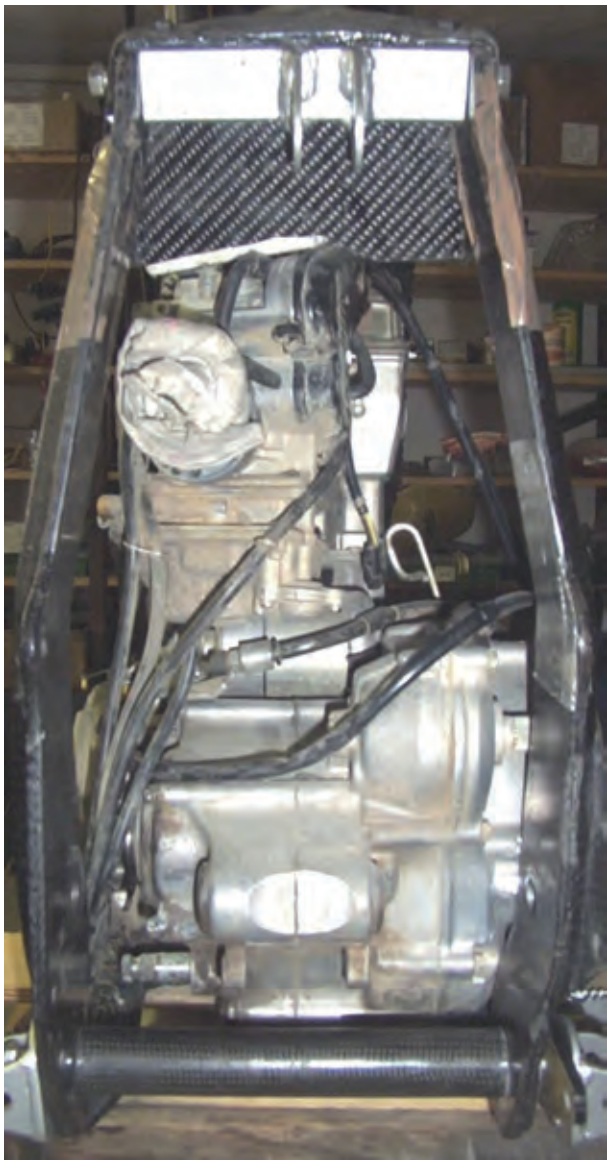
Unterzug laminiert

Unterzüge beschnitten, fertig

Es folgt die Montage der Unterzüge mit unterem und oberem Querrohr. Am rechten Unterzug wird die Fußbremspumpe angepasst.



Pumpe wird angepasst



Hintere Unterzüge montiert mit oberem u. unterem Querrohr

9.6.2 Montage Hinterbau

Da inzwischen alle Drehteile für den Hinterbau eingetroffen sind, kann mit der Montage begonnen werden.
Die Schwinge wird mit den Nadellagern und Hülsen bestückt, hinten werden die Kettenspanner leichtgängig eingepasst. Die Schwinge wird mit den Unterzügen samt Querrohren und Federbein eingebaut. Es folgt der Einbau des kompletten Hinterrades, wobei die Bremssattelabstützung leicht nachgearbeitet werden muss. Der Motor wird eingebaut. Die Kette wird aufgelegt. Mittels vorgefertigter Kanthölzer und Distanzen wegen der unterschiedlichen Breite von Vorder- und Hinterrad werden beide Räder genau zueinander auf der Mittellinie der Grundplatte ausgerichtet. Der Kettenlauf wird geprüft bezüglich Genauigkeit im Bereich der Kettenführung und des Vorbeigehens am linken Unterzug. Es stimmt alles, am Unterzug wird es aber etwas eng. Wie sich später zeigt, berührt die Kette leicht den Unterzug, wenn sie schleudert. Dem wird durch das Aufkleben eines Anlaufgummis begegnet.

Hinterbau

9.7 Vordere Unterzüge

Der Bau von den vorderen Unterzügen und Oberzug/Tank verlief parallel, weil ein Teil auf andere aufgebaut und abgestimmt werden musste. Darüber hinaus wusste ich noch nicht genau, wie alles am Ende aussehen sollte. Deshalb sind auf den Bildern auch Dinge zu sehen, die noch nicht beschrieben sind.
Da die Unterzüge wegen des Auspuffkrümmers keinen geraden Verlauf nehmen konnten, entfiel als Form das bekannte Plasterohr. Die Vakuumschläuche, die schon beim Heckbau für die WR250F benutzt wurden, werden wieder ausgegraben. Sie haben einen Außendurchmesser von 16 mm und im Inneren eine Loch von 6 mm. In dieses Loch wird ein Al-Röhrchen von 6 mm eingeführt, wodurch der Schlauch stabilisiert wird. Der Schlauch kann jetzt in die gewünschte Form für die Unterzüge gebogen werden. Er wird dünn mit Silikonpaste als Trenn-/Gleitmittel bestrichen.

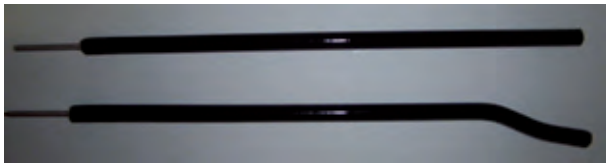
9.7.1 Legeplan Unterzüge vorn

Lage	Wo	Was	Richt.	erl.
1	ganze Länge	Kohle-Schlauch	biaxial	✓
2	ganze Länge	Kohle-Schlauch	biaxial	✓
	Abreißgewebe			✓
	entformen			✓
3	ganze Länge	Aramid-Schlauch	biaxial	✓
4	ganze Länge	Kohle-Schlauch	biaxial	✓
5	ganze Länge	Aramid-Schlauch	biaxial	✓
	5 cm oben u.unten	Kohle-Band	0°	✓
	8 cm oben u.unten	Kohle-Band	0°	✓
	11 cm oben u.unten	Kohle-Band	0°	✓
6	ganze Länge	Kohle-Schlauch	biaxial	✓
	Abreißgewebe			✓

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

9.7.2 Vordere Unterzüge laminieren

Die Vakuumschläuche werden mit 2 Lagen Schlauch laminiert. Beim Entformen wird zuerst das Al-Röhrchen gezogen, dann der Vakuumschlauch. Der Schlauch macht keinerlei Probleme, weil er sich beim Ziehen verjüngt und damit gut entformt.



Kern vordere Unterzüge

Die gefertigten Rohre werden als „Trägermaterial“ entsprechend gekürzt, wobei die Enden eine beiderseitige lange Schräge erhalten. Damit ist ein eleganter Übergang zu den Einlegteilen gewährleistet. Nach Schablonen werden die Al-Einlegteile angefertigt und mit der 8er Bohrung versehen. Sie werden etwa 4 cm straff in das Rohr eingeschoben. Es wird am Steuerkopf in der vorhandenen Bohrung am Steuerkopfanschraubteil mittels Laminierspitze fixiert, unten ebenso in der Bohrung der vorderen Motoraufhängung. Nun sind beide Unterzüge an der richtigen Stelle fixiert und werden mit Baumwollflocken-/Kohlefaserschnitzel-Brei mit den Einlegteilen verbunden.

Unterzüge fixiert und mit Einlegteilen verklebt

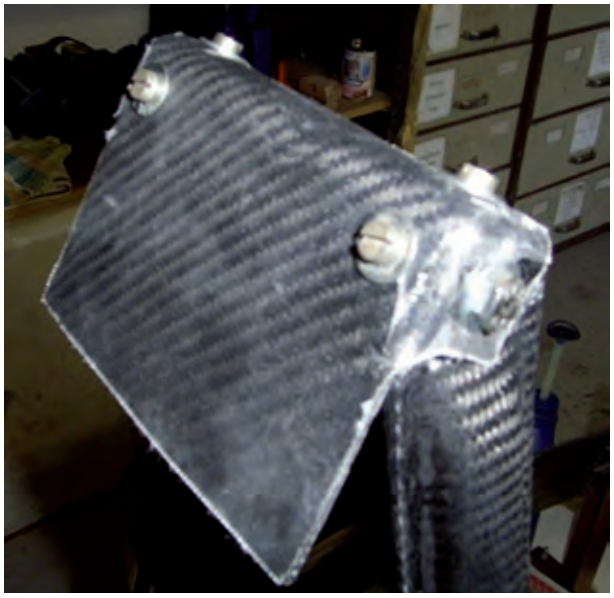
Nach Härtung werden die Teile abgebaut und erhalten gem. Legeplan ihre weiteren Lagen. In diesem Fall werden wegen der Schlaganfälligkeit dieser Teile Kohlefaser- und Aramidschlauch verwendet. Im unteren Bereich werden noch ein Quersteg zur Stabilisierung eingebaut und der rechte Unterzug in Krümmernähe mit Silberfolie zwecks Wärmeableitung abgeklebt.

Quersteg eingepasst

Vordere Unterzüge fertig

9.8. Tank/Oberzug

Hier werden keine großen Skizzen gefertigt, weil sich alle Maße aus dem aufgebauten Vorder- und Hinterbau ergeben.
Zunächst wird mittels Laminierspitzen eine Platte direkt über das obere Querrohr laminiert. Sie dient als Anlaufpunkt für die beiden dünnen Rahmenrohre und später zum Verbinden der Tankschalen. Nach Beschneiden wird die Platte verschraubt. Sie dient weiter dazu, den Eintritt von Dreck in den dahinter liegenden Luftfilter zu verhindern bzw. zu verringern.



Tankplatte hinten

9.8.1 Legeplan Oberzüge

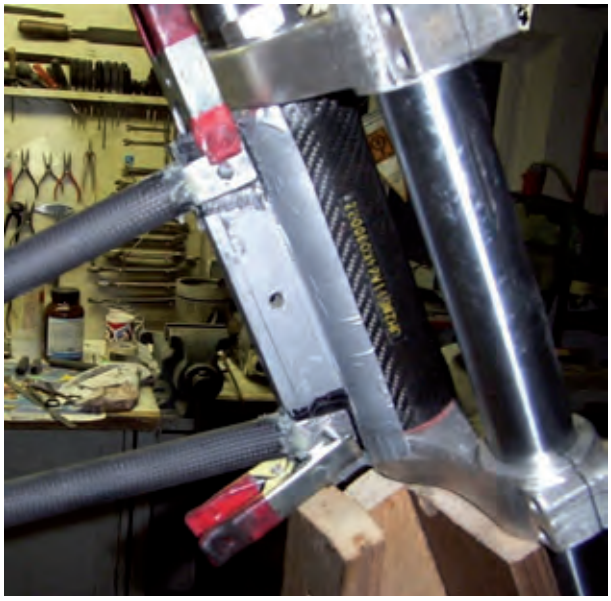
Lage	Material	Richtung	Zweck
1	C-Schlauch 35 mm	0°	Trägermaterial
2	A-Schlauch 35 mm	0°	Trägermaterial
3	C-Schlauch 35 mm	0°	Trägermaterial
	entformen		
4	C-Schlauch 5 mm	0°	Einlegteile vorn einbinden
5	C-Schlauch 8 mm	0°	Einlegteile vorn einbinden
6	C-Schlauch 11 mm	0°	Einlegteile vorn einbinden
	Abreißgewebe		
7-9	C-Schlauch 35 mm	0°	Verstärkung ganze Länge
	Abreißgewebe		
10-11	C-Schlauch 20 mm	wickeln	Beide Rohre hinten verbinden
	Abreißgewebe		
12	C-Gewebe 204 g	+45/-45°	Hinterer Quersteg
13	C-Band 70 mm	90°	Hinterer Quersteg
14	C-Gewebe 204 g	90/45°	Hinterer Quersteg
15	C-Band 70 mm	90°	Hinterer Quersteg
16-17	C-Band 70 mm	0°	Beiderseits Steuerkopfanschraub.
	Rohre einsetzen		
	Zwischenrohre einsetzen		
18-20	C-Gewebe 204 g	+45/-45°	Zwischenrohre einbinden
21	C-Gewebe 204 g	+45/-45°	

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

22-23	C-Band 70 mm	0°	Rohre am Steuerkopf einbinden
	C-Band 20 mm	wickeln	Rohre am Steuerkopf einbinden
24	C-Gewebe 204 g	+45/-45°	Rohre am Steuerkopf einbinden
25	C-Band 70 mm	0°	Rohre am Quersteg einbinden
26	C-Band 70 mm	+45°	Rohre am Quersteg einbinden
27	C-Band 70 mm	-45°	Rohre am Quersteg einbinden

Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 18

Es werden die beiden Rohre für den Oberzug laminiert. Dazu dient ein 16 mm Plasterohr aus dem Baumarkt. Mit Silikonpaste als Trenn- und Gleitmittel versehen, lassen sich die Rohre sehr gut entfernen. Nach der Härtung werden sie auf Länge zwischen Steuerkopf und der Platte gebracht. Dann werden die Einlegteile aus 1 mm Al vorbereitet, gebohrt und in die Rohre eingeschoben. Mittels der Laminierspitzen werden sie am Anschraubteil des Steuerkopfes fixiert. Dann werden sie mit Brei verklebt, später mit weiteren Lagen auf Sollstärke gebracht.



Einlegteile in Rohren

Weil das Ganze sehr spillerig wirkt, kommen doch Zweifel an der Haltbarkeit auf, weil ja erhebliche Kräfte wechselseitig in Zug- und Druckrichtung wirken. Also werden noch 3 Querröhrchen eingepasst, um die Biegekräfte aufzunehmen, später werden noch dünne Schotte laminiert.

Querröhrchen

Durch entsprechende Verstärkungslagen werden die zusammenlaufenden Rohre mit der Anlaufplatte verbunden und große Radien angelegt. Gleiches geschieht im Bereich der Steurkopfanschraubung.

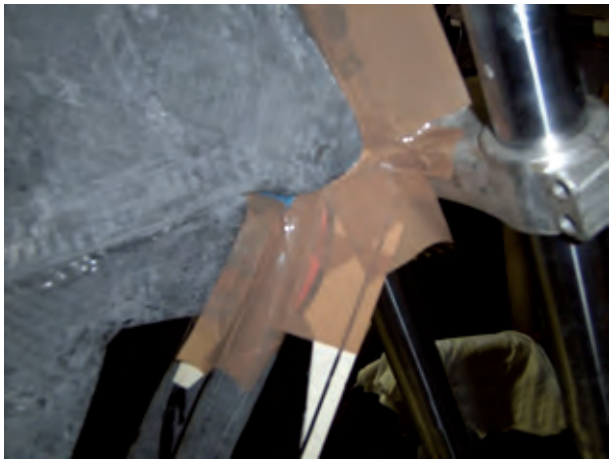
hintere Radien als Anbindung Oberzüge/Platte

9.8.2 Trennwand u. Kopfaufhängung

Zwischen unterem Rohr und dem Motor wird jetzt eine Pappe eingebaut, auf der direkt am Objekt die Trennwand für den Tank laminiert wird. Die Trennwand dient zum einen der späteren Verbindung mit den Tankschalen, zum anderen nimmt sie an einer verstärkten Stelle die Zylinderkopfaufhängung auf.

Trennwand und Verstärkungen

Die vorderen Unterzüge werden beidseitig abgeklebt. Von der Trennwand wird jetzt über die Unterzüge zum Anschraubteil des Steuerkopfes laminiert, um eine Klebekante für die Tankschalen an dieser Stelle herzustellen.

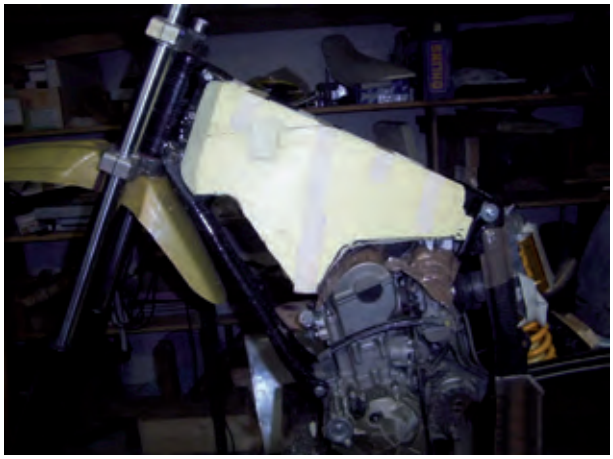


Unterzüge abgeklebt

Klebekante laminiert

9.8.3 Tankform

Zur Tankform gab es bisher keine konkreten Vorstellungen. Er sollte schmal und niedrig sein und etwa 8-9 Liter Benzin fassen. Konkret sollte der Tank nicht höher sein als das Oberzugrohr. Es wird ein Schaumstoffteil grob zugeschnitten und angebracht, mal sehen, was daraus wird. Zunächst muss aber an dieser Stelle unterbrochen werden, weil für die Linienführung des Tanks das Heckteil wichtig ist.



Schaumstoffteil Tankform

Die untere Spitze verschwindet schnell, weil der Platz an der Trennwand für die Abschraubung des Gleichrichters gebraucht wird. Die Formhälften links und rechts werden in Form gebracht. Dabei müssen der Raum für den Wasserkühler und der Platz für den Lenkeinschlag der Gabelrohre bedacht werden. Die Formhälften werden ausgelitert und für zu groß befunden, weil 10 Liter Sprit reingehen. Die Hälften werden auf das richtige Volumen verkleinert. Sie werden geschliffen, abgesiegelt, gespachtelt, geschliffen. Da die Tankschalen in Positivbauweise gemacht werden, ist bei der Oberfläche der Modelle keine große Genauigkeit erforderlich. Als Tankverschluß wird ein Teil von einem Jawa-Moped ausgesucht, aus Miramid, sehr schön leicht und klein.
Die Aussparungen am hinteren Teil des Tanks dienen dazu, eine Schraube zur Verschraubung der Tankplatte mit dem oberen Querrohr zu ermöglichen. Sie wird später nicht mehr sichtbar sein, weil sie von der Sitzbankbodenkante verdeckt wird.

Tankmodell/Form

9.8.4 Fertigung Tankschalen

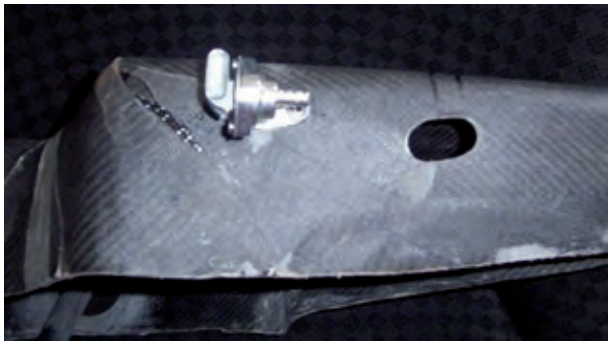
Nachdem die beiden Modelle gründlich mit Grundierwachs und PVA behandelt wurden, werden sie laminiert. Ein Legeplan ist nicht erforderlich, die 3 Lagen Kohle/Aramid/Kohle 204 g/m² werden 0/23/46° versetzt angeordnet und mit Abreißgewebe abgedeckt.
Nach Härtung werden die Kerne entfernt, die Schalen beschnitten und beide Teile genau an der Trennwand, Oberzug und hinterer Platte angepasst.

Schale entformt, beschnitten, angepasst seitlich

angepasst von oben

Jetzt werden die Einzelteile bearbeitet. Der Sitz des Benzinhahns wird festgelegt, es werden Löcher gebohrt und von innen 2 Schrauben M6 einlaminiert.

Benzinhahnanschraubung



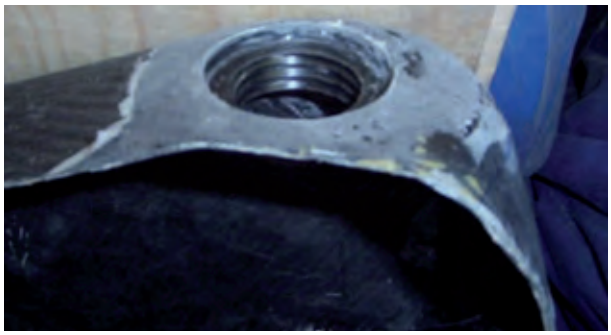
Der Verlauf vom Kupplungszug und von den beiden Gaszügen wird ermittelt und zwei Rohre werden einlaminiert.

Bowdenzugrohre einlaminiert

Die Anschraubung für die Kühlerverkleidung wird festgelegt, 5er Löcher gebohrt und die vorgefertigten Gewindeteile werden mit Sackloch verschraubt und von innen einlaminiert.

Gewindeteile einlaminiert

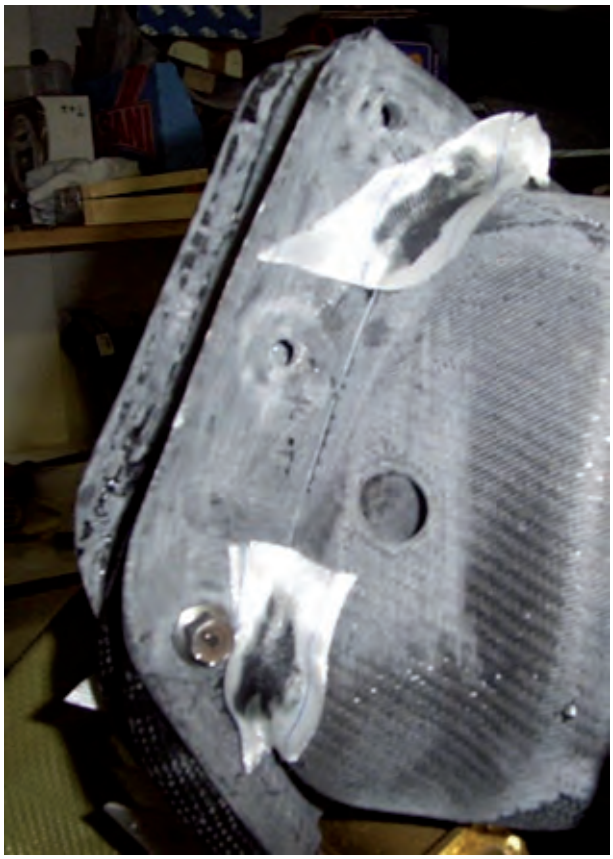
Das Loch für den Tankdeckel wird gemacht, der Deckel mit hinein ragendem Gewindestück wird fixiert. Das Gewinde wird von innen mittels Kohlefaden laminiert.



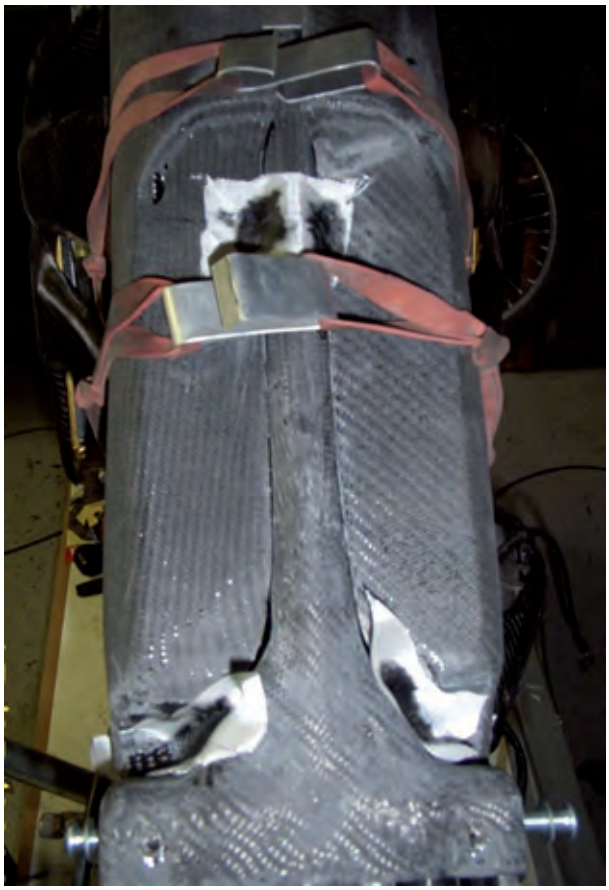
Tankgewinde vom Feinsten

9.8.5 Verbindung der Teile

Die Tankschalen werden noch einmal genau angelegt und der Umriss auf alle anliegenden Teile übertragen. Von dort aus wird 3 cm alles sauber angeschliffen, die Tankschalen ebenfalls. Sie werden mit Band an der richtigen Stelle festgebunden und mittels Brei an einigen Stellen mit dem Unterbau verbunden.



Verbindungsstellen



Verbindungsstellen oben

Nach Härtung wird eine Brei-Naht in die Kehle gelegt und 3 Lagen werden mit 4 cm breiten Gewebestreifen biaxial laminiert. Im oberen Bereich werden die Schalen direkt mit dem Oberzug-Rohr verbunden, Unebenheiten ausgeglichen und mit Abreißgewebe abgedeckt. Nach Härtung wird es spannend: 8 Liter Benzin werden eingefüllt, ist der Tank dicht? Da auch nach 3 Tagen kein Leck feststellbar ist, wird die Abschlusslage Kohlefaser laminiert und mit Abreißgewebe abgedeckt. Nach Härtung wird geschliffen. Mit einem gut gehenden Pinsel wird eine dünne Schicht Harz als Abschluss aufgetragen.

Abschlusslage laminiert

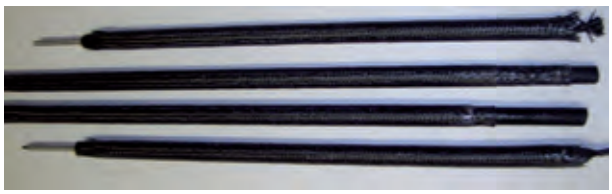
9.9. Rahmenheck/Luftfilterkasten

Zunächst mussten die Platzverhältnisse für Federbein und Luftfilterkasten ausgelotet werden. Der Federbeindummi wird eingebaut und der Schalldämpfer wird in Stellung gebracht. Da sieht schon alles nach Platzmangel aus. In einer alten Kotflügelform wird ein Teil laminiert, welches

als Rückwand des Luftfilterkastens dient und gleichzeitig den Anschluss zum hinteren Kotflügel darstellt. Das Hinterrad wird auf maximale Einfederung angehoben und entsprechend unterbaut. Auf dem Reifen werden 2 cm dicke Holzklötzchen mit Band befestigt, die den Sicherheitsabstand vom Reifen zum Kotflügel darstellen.
Die Rückwand wird jetzt aufgesetzt und mit seitlichen Distanzen versehen, um die genaue Parallelität zum Reifen herzustellen. In einer modifizierten Form von der Yamaha werden der hintere Kotflügel und der Kennzeichenträger laminiert. Beide Teile werden wie die Rückwand aufgebaut. Da alles wacklig ist, wird vom hinteren Kotflügel eine Überlappung zu der Rückwand laminiert und dann verschraubt. So sind die 3 Teile jetzt stabil verbunden und lassen sich künftig leichter handhaben und ausrichten.

Luftkastenrückwand/Kotflügel/Kennzeichenträger

Jetzt ist genau definiert, wo die Heckrohre hin müssen. Es wird grob Maß genommen und Vakuumschläuche auf die entsprechende Länge geschnitten. Nach Stabilisierung durch die Al-Röhrchen werden die Schläuche in die benötigte Biegung gebracht. Sie werden mit 2 Lagen Schlauch laminiert. Inzwischen werden die 6 Al-Einlegteile, wie schon an anderer Stelle beschrieben, angefertigt und in die entsprechend auf Länge gebrachten Rohre eingeschoben. Die Rohre werden vorher wieder in Richtung Einlegteile schlank zulaufend gemacht, um schöne Übergänge zu erhalten.



laminierte Rohre

eingeschobene Einlegteile

Die Rohre werden am hinteren Unterzug und am Kotflügel angeschraubt und an der Berührungsstelle Rohr - Einlegeteil mit einer Lage UD verbunden.

angeschraubte u. verbundene Heckrohre

Die Rohre werden auf Sollstärke laminiert, die Lamierspitzen in die Bohrungen eingefädelt und zum Schluss wird das Laminat am Ende abgebunden, um einen ordentlichen Abschluss zu erreichen. Nach Härtung werden die Enden abgeschnitten und Rundungen geschliffen.

Heckrohre abgebunden

Heckrohre fertig

Beide Teile werden wieder eingebaut und ein Querrohr zur seitlichen Stabilisierung eingesetzt. Das Querrohr wird eingebunden und gleichzeitig mit der Luftkastenrückwand verbunden. Jetzt hat das Gebilde eine gewisse Stabilität erreicht, die Distanzierungen zum Hinterrad können jetzt entfernt werden.

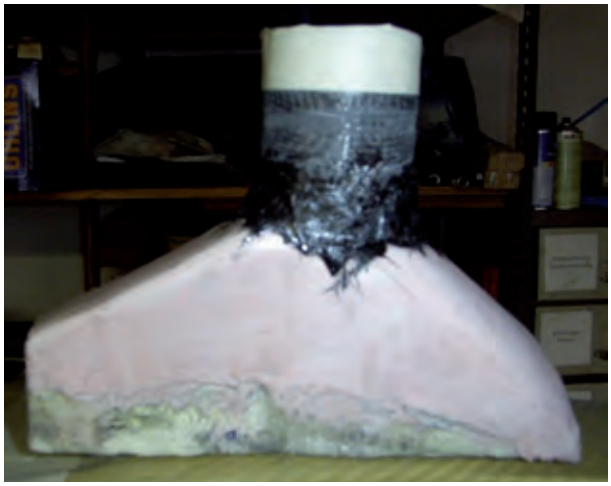
Querrohr und weitere Verbindungen

Da der Schalldämpfer beim Luftkastenbau auch Berücksichtigung finden muss, wird gleich die Halterung für den Schalldämpfer im Dreieck Schrägrohr/Oberrohr laminiert und damit die Stellung des Schalldämpfers festgelegt.

Halterung Schalldämpfer, leider schlecht zu sehen

Die Betrachtung des Raumes, der für den Luftfilterkasten zur Verfügung steht, ist nicht erfreulich. Eine vordere Trennwand in Federbeinschräge lässt der Einsatz eines herkömmlichen Luftfilters in Mützenform nicht zu. Der Platz reicht nicht. Außerdem wären die Strömungsverhältnisse zum Vergaser ungünstig. Bleibt nur die Konstruktion eines Plattenluftfilters übrig, der zwischen den Oberrohren und dem Sitzbankboden liegt.
Zunächst wird ein Modell für den Ansaugtrichter aus Schaumstoff eingepasst.

Ansaugtrichter



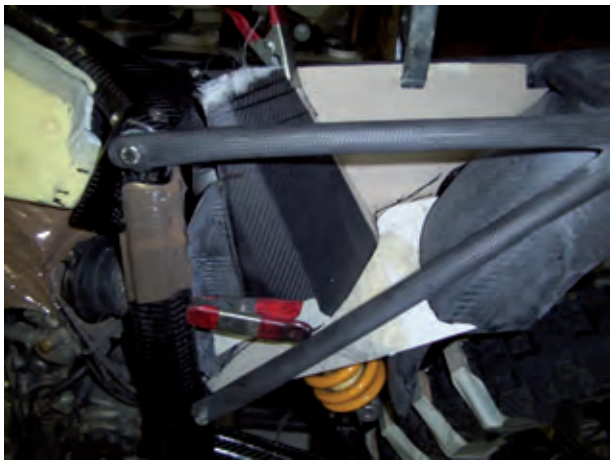
Schmalseite seitlich

laminiert

am Einbauort

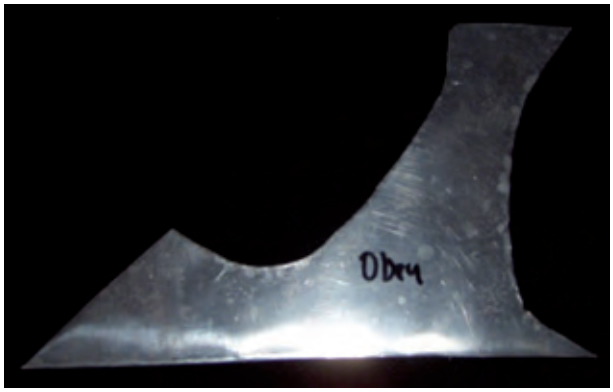
Zunächst wird um das Federbein eine abgeklebte Pappe gebaut, auf der die vordere Wand des Luftfilterkastens laminiert wird.

Modell vordere Wand

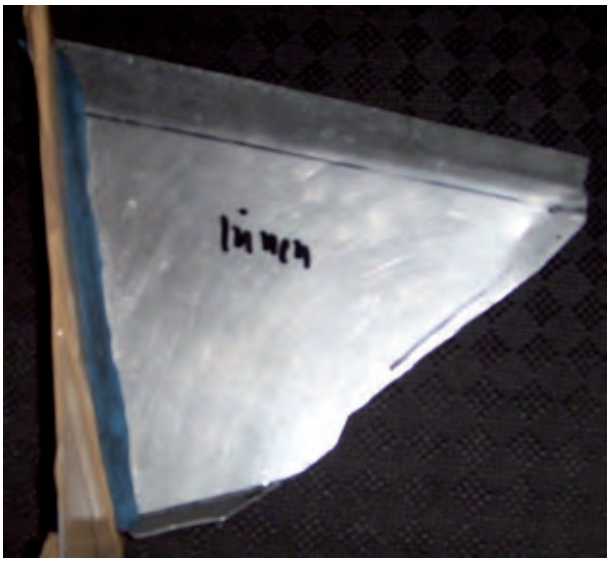


Vordere Wand Luftfilterkasten laminiert

Aus Pappe werden rechte u. linke Seitenwand und der Boden gebaut. Da kein Teil richtig zu fixieren war, stellte das eine ewige Piepelei wegen der dauernden Verschiebungen dar. Nachdem alles halbwegs passte, wurden die Pappen auf Al-Blech übertragen, ausgeschnitten, abgekantet und als Form zum Laminieren verwendet.



Boden



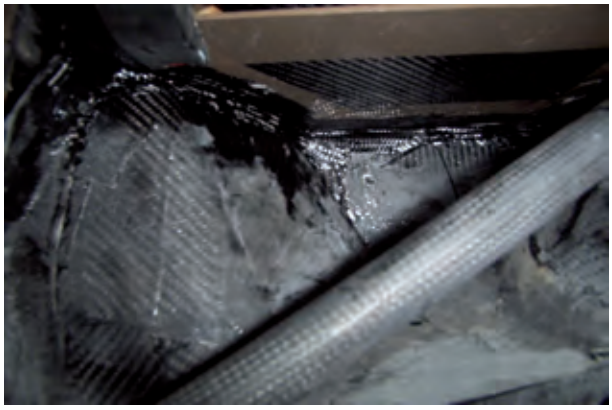
rechts

links

Nach dem Laminieren und Beschneiden werden die Teile angepasst und provisorisch eingebaut und fixiert.
Die Verbindungsstellen zwischen Ansaugtrichter, vorderer Wand, rechter Wand und Rückwand werden laminiert.

Verbindungen laminiert, ziemlich wüst

Dank der Genauigkeit der Al-Form für die linke Seitenwand konnte diese von unten eingeschoben werden und hielt erstmal von selbst. Sie konnte noch nicht einlaminiert werden, weil im Kasten noch ein Rand als Auflage des Plattenfilters laminiert werden musste. Und dies ging nur von unten. Der einzige Zugang war also die wieder weggenommene linke Wand. Jetzt konnte die Stelle für die Auflage des Plattenfilters festgelegt werden.
Es wurde eine angeklebte Pappe eingebaut und der Rand laminiert.



Filterauflage, Auflage schlecht zu sehen

Mittels Schablone wird die Größe der Filterauflage festgelegt, auf eine Glasplatte übertragen und laminiert. Dann wird das Filtermaterial zugeschnitten, eingebaut und die Größe des Deckels mittels Schablone ermittelt.
Der Deckel wird auch auf einer Glasplatte laminiert

Auflage und Deckel laminiert

Teile abgebohrt

Teile ausgearbeitet

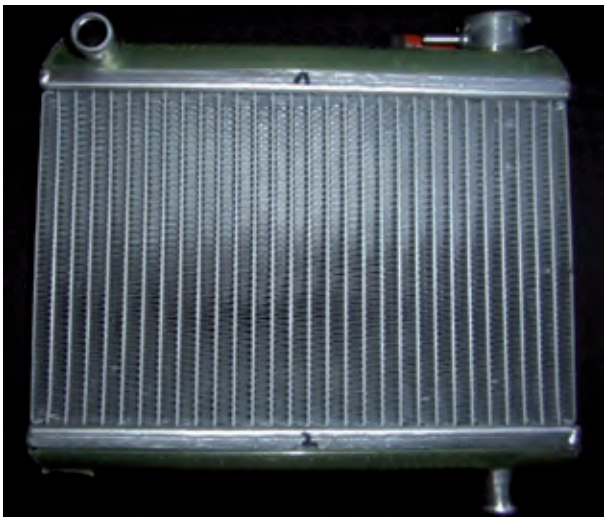
Gitter mit Filter montiert

Das obere Gitter ist so gestaltet, dass es durch Klemmung unter den Oberrohren gehalten wird, ein Verschieben nach vorne verhindert die einzige Schraube M 5, die durch eine Blindnietmutter aus Al im Auflagerand gehalten wird.
Nach der Demontage des Filters wird die linke Seitenwand einlaminiert. Probehalber wird der vorgesehene Sitzbankkern aufgelegt, so dass sich für den Hinterbau schon eine Linienführung abzeichnet. Jetzt geht es zurück zur Tankgestaltung.

10. Einzelteile
10.1 Wasserkühler

Entsprechend dem Raum, der zum Einfügen des Kühlers zur Verfügung stand, wird er skizziert.

Es soll ein einteiliger Kühler werden, um Platz in der Breite zu sparen. Zunächst wird untersucht, ob ein serienmäßiger Kühler zur Verfügung steht. Dies war erfolglos, denn die Kühler eigneten sich meistens wegen ihrer Bauart nicht oder waren von der Kühlfläche zu klein.
Dann begann die Suche nach Kühlerherstellern, die so ein Teil gem. Skizze anfertigen. Wenn man im Internet die Firmenvorstellungen liest ist man eigentlich beruhigt: Die Firmen wissen und können alles. Die Praxis sieht anders aus. Entweder können oder wollen sie nicht. Von 10 Al-Kühlerherstellern blieb einer übrig, der den Kühler bauen wollte. Der Witz: es werden ein Messingkühler geliefert. Reklamationsantwort: Ich hätte nicht ausdrücklich einen Alukühler bestellt (auf der Internetseite ging es ausschließlich um Al-Kühler). Also den Kühler selber bauen.
Zum Glück gibt es auch Firmen, die Einzelteile in gewünschter Art und Größe vertreiben. Da werde ich in England fündig. Es werden das Netz, Verschluss, Bogenrohre und das dazu gehörende Blech zum Bau der Wasserkästen und Aufhängungen gekauft.
Aus Pappe werden die Wasserkästen gebaut, die Löcher für Verschluss und Abgangsrohre eingebracht und alles zusammengesteckt. Nach den Schablonen werden die Teile gefertigt, alles trocken zusammengesteckt und verschweißt.



Kühler zusammengesteckt

Jetzt werden die Schablonen für die Kühleraufhängungen angefertigt.

Pappschablonen für Aufhängung

Aufhängung mit Distanzstück

Inzwischen werden die Blindnietmuttern an den vorderen Unterzügen eingezogen und der Kühler kann eingebaut werden.
Die Art der Befestigung der Kühlerverkleidung muss jetzt festgestellt werden. Dazu werden folgende Teile gebaut und angeschweißt:

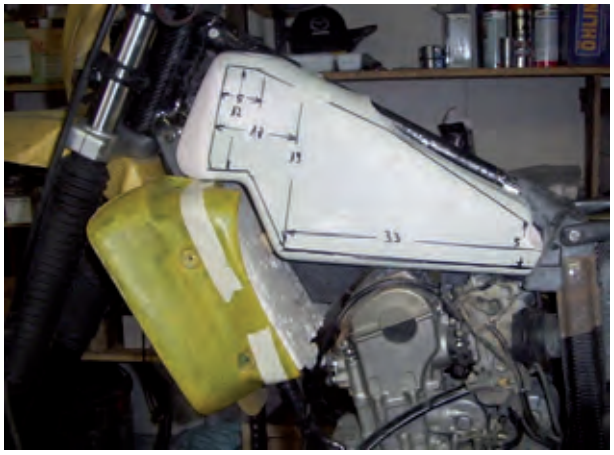
Aufhängung für Kühlerverkleidung

Der Kühler ist jetzt fertig und kann mit den Silentblöcken eingebaut werden. Die passenden Schläuche sind gefunden und angebaut.

Kühler am Ort

10.1.2 Kühlerverkleidung

Bereits im Vorfeld werden mit dem Kühlerdummi Versuche angestellt, wie man den Kühler verkleiden kann. Diese Variante wird aber verworfen. Sportfreunde meinten: altmodisch.



Vorversuche Kühlerverkleidung

Eine komplett neue Verkleidung zu entwerfen, schien mir zu aufwändig. Deshalb habe ich eine vorhandene Verkleidung zugeschnitten, direkt am Objekt angebracht und mittels Klebeband modifiziert.

modifizierte Verkleidung

Davon wird eine Form abgenommen und nachgebessert.

Form

Laminiert wird darin ein 3-lagiges Laminat Kohle/Aramid/Kohle.

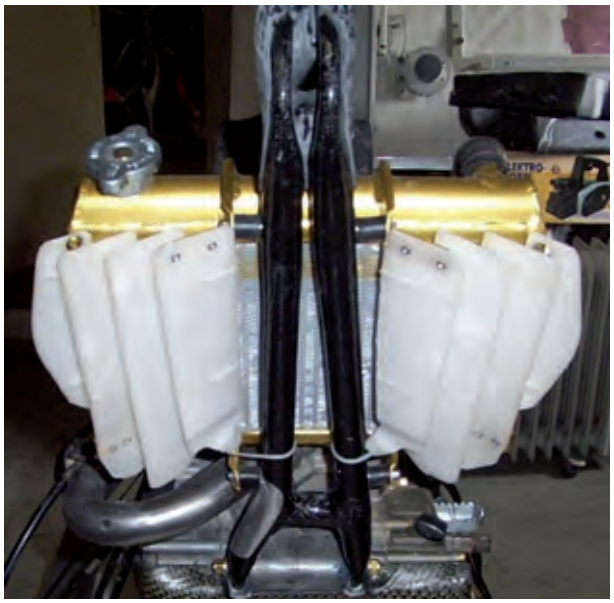
fertig

Jede Seite wird nur mit 2 Schrauben M5 am Kühler und Tank befestigt, die beiden anderen Ausleger werden durch Klettband gehalten. Der Kühlerbau war somit beendet, aber wohin mit dem Ausgleichsbehälter? Vorversuche mit einem Gas-Gas-Ausgleichsbehälter gingen auch ins Leere, er ging zwar schön ringförmig um den Steuerkopf, kollidierte aber mit der Lampe. Bei der Besichtigung der vorgesehenen Lampe kam der Gedanke auf, den Ausgleichsbehälter direkt hinter die Lampenmaske oberhalb der Lampe einzubauen.

10.1.3 Kühlerschutz

Hier wird der Weg des geringsten Widerstandes gegangen und vorhandene Schützer werden einfach modifiziert und mit neuen Anschraubungen versehen.

modifiziert

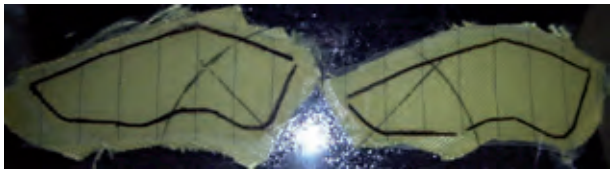


am Ort

Form fertig

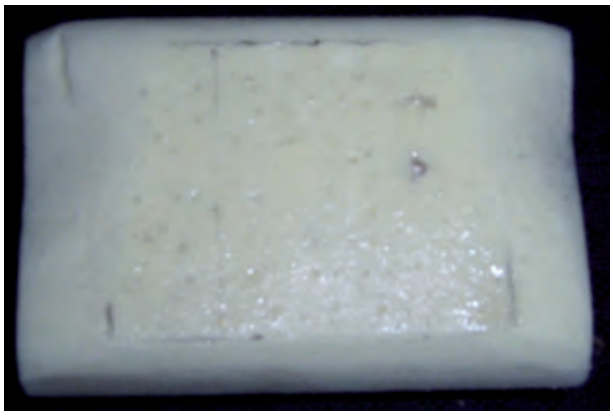
10.1.4 Kühler-Ausgleichsbehälter/ Lampenmaske

Das bereits besorgte Lampenmodell wird zur Abformung hergerichtet.

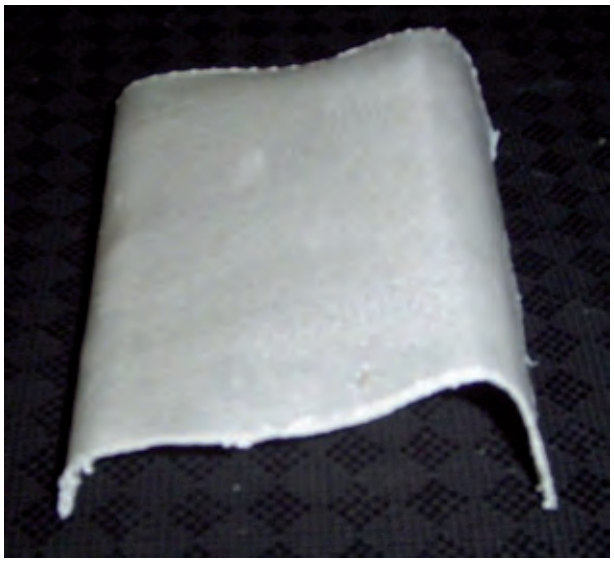


Lampenhalterung laminiert

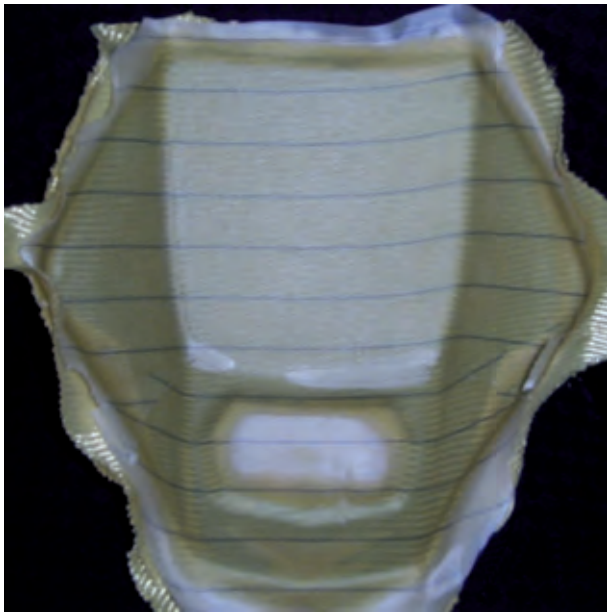
Modell einlaminiert



Modell Ausgleichsbehälter

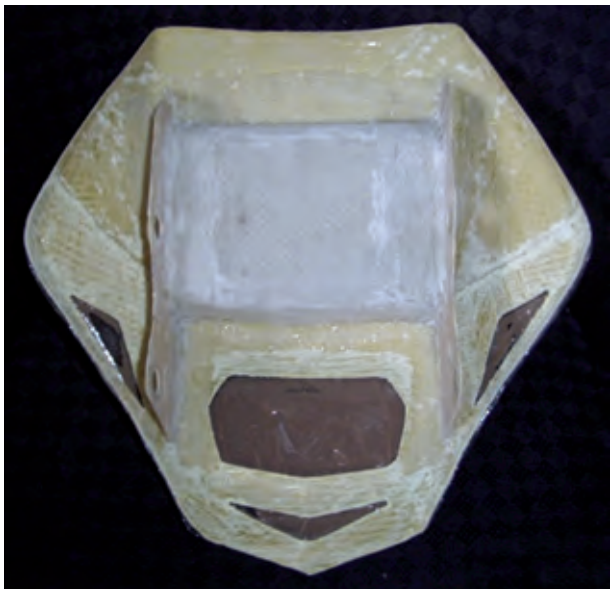


Ausgleichsbehälter laminiert u. beschnitten



Lampe laminiert

Die Halterungen bilden gleich die Seitenwand des Ausgleichsbehälters.



Behälter und Halterungen laminiert

Lampe fertig innen

Lampe fertig außen

10.2 Lenker
10.2.1 Hilfsmittel zur Kontrolle der Biegungen des Lenkers

Zunächst wird der passende Original-Lenker ausgesucht. Um den herum wird auf einer Platte eine Art simple Form oder Lehre gebaut.

10.2.2 Trägermaterial für Lenkerbau

Als Trägermaterial wird der bewährte Vakuumschlauch 16 mm verwendet. In ihn wird das Al-Röhrchen eingeschoben, das den Schlauch stabilisiert. Der Schlauch wird jetzt in die gewünschte Form gebogen, die in der Form/Lehre kontrolliert werden kann. Ein in das Röhrchen eingeschobener Nagel ohne Kopf verhindert das Zusammenpressen, wenn das Röhrchen im Schraubstock eingespannt wird.
Der Schlauch wird mit Silikonpaste als Trenn- und Gleitmittel dünn beschichtet.

10.2.3 Legeplan konifizierter Lenker

Trägermaterial: Vakuumschlauch außen 16 mm, innen 6 mm

Versteifung: Alurohr außen 6 mm

Hilfsmittel: Lehre für Lenkerform 4 Klemmstücke für Trägermaterial zum Biegen

Stabilität: Geformtes Trägermaterial mit einer Lage Schlauch stabilisieren und in Lehre härten

Konizität: 1. von links laminieren bis Armatur rechts, jede weitere Lage 15 mm zurücksetzen

2. von rechts laminieren bis Armaturenbereich links, jede weitere Lage 15 mm zurücksetzen

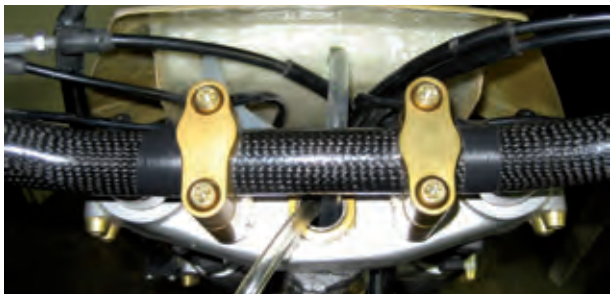
Endmaße: Armaturenbereich Durchmesser außen 22 mm, Klemmbereich Durchmesser außen 28 mm

Lage	Material	Ø links außen	Ø rechts außen
1	Kohleschlauch	17	17
2	Kohleschlauch	18	17
3	Aramidband	19	17
4	Kohleschlauch	20	17
5	Aramidband	21	17
6	Kohleschlauch	22	17
7	Kohleschlauch	22	17
8	Kohleschlauch	22	18
9	Aramidband	22	19
10	Kohleschlauch	22	20
11	Aramidband	22	21
12	Kohleschlauch	22	22

10.2.4 Laminierung des Lenkers

Der Vakuumschlauch wird durchgehend mit einer Lage Schlauch laminiert und nass in die Vorrichtung eingelegt. Die richtige Lage der Biegungen wird kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Dort verbleibt es bis zur Härtung.
Das Laminat wird sorgfältig geschliffen, wieder im Schraubstock eingespannt und nach Legeplan laminiert. Es folgt eine genaue Wicklung mit Abreißgewebeband, um das spätere Schleifen einfacher zu machen. Der Lenker wird an den beiden herausstehenden Röhrchen im Temperofen aufgehängt. Er bekommt im Ofen gleich seine Temperung bis 130 °C Temperaturbeständigkeit, vor allem aus Festigkeitsgründen.
Nach Härtung erfolgt die Entformung. Zuerst wird das Al-Röhrchen gezogen, danach der Vakuumschlauch. Das geht ganz gut, weil sich der Vakuumschlauch beim Ziehen verjüngt. Jetzt werden die Lenkerenden beschnitten und durch Schleifen die beiden Durchmesser für Armaturen und Klemmung hergestellt.
Nachdem der Lenker sauber geschliffen ist, bekommt er noch einen dünnen Harzüberzug mittels eines guten Pinsels.

Lenker fertig



Lenker am Ort und Ausgleichsbehälter mit Zu- und Überlaufschlauch

10.2.5 Handspoiler

Für die Handspoiler ist eine etwas betagte Form vorhanden. Sieht zwar nicht gut aus, geht aber gut.

Form

Es werden 3 Lagen Aramid 204 g/m² laminiert und wegen der Sicken, in die das Gewebe nie rein will, im Vakuumtuch verpackt.

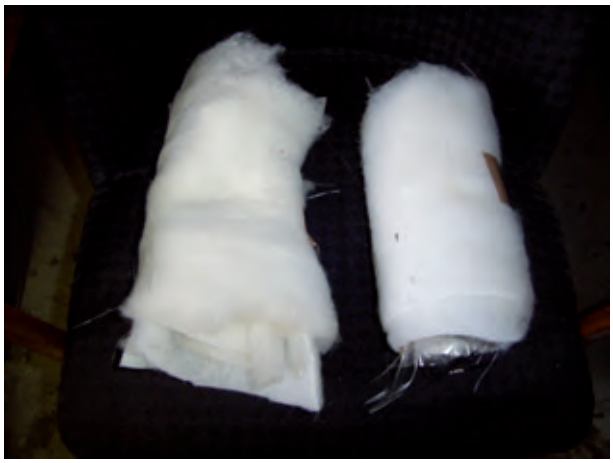
im Vakuumtuch

ausgepackt

fertig

10.3 Krümmerschutz/ Bremsscheibenschutz

Das ging recht einfach, beide Originalteile wurden in den Status einer Negativform erhoben, entsprechend mit Trennmittel behandelt und mit 4 Lagen Kohlefaser laminiert. Da sich verschiedene Radien und die Anschraubvertiefungen schlecht laminieren ließen, wurde ausnahmsweise das Vakuumverfahren angewendet.



Laminat eingepackt

im Latextuch

Vakuum angelegt

im Temperöfchen zum Härten

Teile fertig

10.3.1 Motorunterschutz

Da keine Rahmenrohre unter dem Motor durchgehen, musste der Motorunterschutz stabil ausgelegt werden. Dazu kamen 15 Lagen Kohle, Aramid und Ko-Ara-Mischgewebe 204 g/m² zum Einsatz. Das ergab eine Laminatdicke von ~ 5 mm. Die Fertigung war mühsam, da wegen der Anbindung an den hinteren Unterzügen am Objekt über Kopf gearbeitet werden musste. Dazu wird der Motor von unten abgeklebt und der Raum zwischen Motor und hinteren Unterzügen mit abgeklebten Hilfs-Pappen überbrückt. Begonnen wird vorn/unten, dann seitlich rechts und links nach hinten. Nach dem Aufbringen der Endlagen und Härtung werden noch große Löcher zur Gewichtserleichterung eingebracht, die auf den Fotos noch nicht zu sehen sind.

vorn unten

seitlich links

seitlich rechts

unten

außen fertig

innen fertig

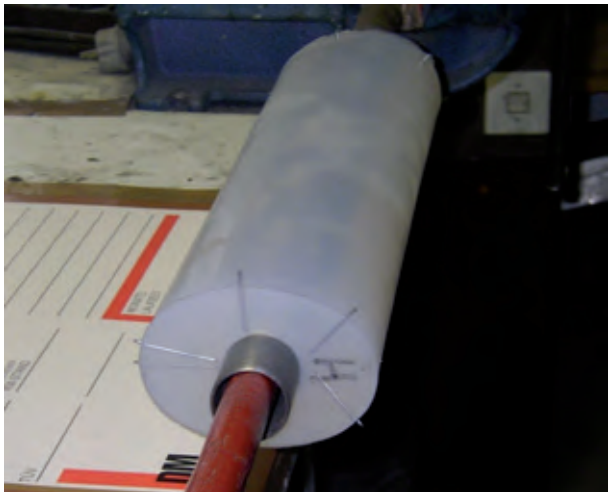
10.3.2 Auspuffmantel

Als Modell wird der originale Mantel verwendet. Die Blindnietlöcher werden außen abgeklebt und mittels Pappe eine Seite des ovalen Mantels verlängert und verschlossen. In der Mitte des Mantels wird ein Rohr platziert, welches als spätere Aufhängung des Kernes dient. Dann wird der Mantel mit Silikon ausgegossen. Nach Härtung wird am herausschauenden Ende des

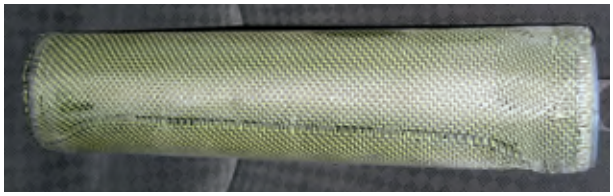
Kerns zwecks Entformen gezogen. Die Blindnietlöcher haben sich auf dem Kern gut abgebildet. Dort werden übrig gebliebene Blindnietstifte so eingestochen, dass sie etwa 5 mm raus stehen. In den Kern wird das Rohr wieder eingeführt und im Schraubstock eingespannt. Es werden 3 Lagen Kohle- /Aramidgewebe laminiert. Nach Härtung wird eine Schablone für die Aufhängung des Mantels aus Al-Blech gemacht und am Mantel angepasst. Auf die Schablone werden 3 Lagen laminiert, nach Härtung beschnitten und mit einem Blindniet am Mantel befestigt. Es folgen die Verbindungs-Verstärkungslagen. Nach Härtung erfolgen die Entfernung der Blindnietstifte und die Entformung des Rohres und des Kerns sowie die Temperung bis 100 °C. Nach dem Tempern werden die Löcher an den markierten Stellen für die Blindniete gebohrt.

ausgegossen

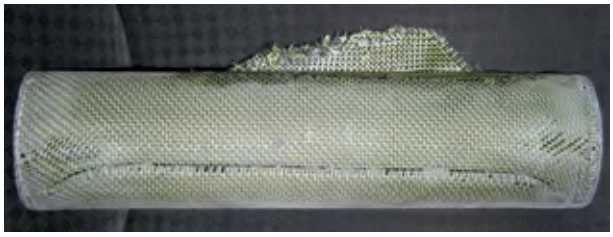
entformt



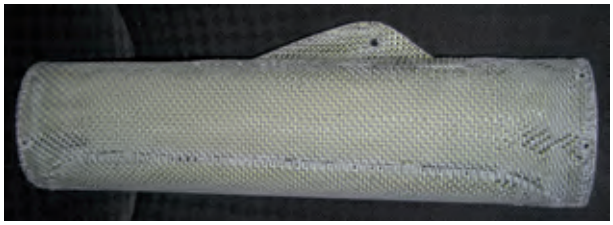
stabilisiert



laminiert



Halterung



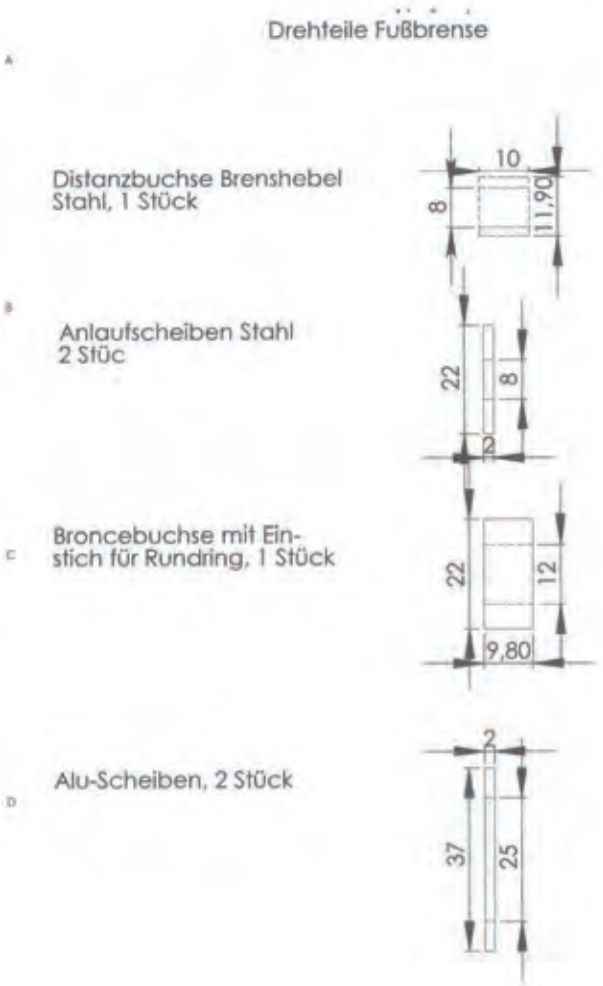
beschnitten

am Ort

10.4 Fußbremshebel

Da der Fußbremshebel immer den dreckigen Medien ausgesetzt ist, muss er stabil sein und wartungsfrei gelagert werden. In das Laminat wird eine Rotgussbuchse eingebunden. In ihr läuft die Stahlbuchse zur Halteschraube. In der Rotgussbuchse sind beiderseitig Nuten, in denen die 0-Ringe zur Abdichtung gelagert sind. Diese werden von 2 St-Anlaufscheiben abgedeckt.
Die Trittfläche wird zweckmäßigerweise aus St-Blech gemacht und von einer 5er Schraube gehalten.

10.4.1 Skizzen und Lagerteile des Fußbremshebels



Lagerung Bremse

10.4.2 Legeplan Fußbremshebel

16 Lagen - rund 5,28 mm Wandstärke auf Gesamtlänge
10 Lagen - rund 3,30 mm um Drehpunkt auslaufend

Lage	Material	Richtung
1	Aramidgewebe 204 g/m²	0°/90°
2	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
3	Kohlegewebe 210 g/m²	0°/90°
4	Kohleband UD 210 g/m²	0°
5	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
6	Kohleband UD 210 g/m²	0°
7	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
8	Aramidgewebe 204 g/m²	0°/90°
9	Aramidgewebe 204 g/m²	0°/90°
10	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
11	Kohlegewebe 210 g/m²	0°/90°
12	Kohleband UD 210 g/m²	0°
13	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
14	Kohleband UD 210 g/m²	0°
15	Aramidgewebe 204 g/m²	+45°/-45°
16	Aramidgewebe 204 g/m²	0°/90°

10.4.3 Zuschnitte Fußbremshebel

Zuschnitte für Fußbremshebel

10.4.4 Modell zum Laminieren

Aus Al-Blech wird ein entsprechender Zuschnitt gemacht, mit den entsprechenden Löchern versehen und verschraubt. Dann werden die Biegungen vorgenommen.

Modell

Das Modell wird auf eine Vorrichtung zum Laminieren aufgebaut und die Rotgussbuchse wird fixiert.

Aufnahme

10.4.5 Laminierung Bremshebel

Der Fußbremshebel wird jetzt gemäß Legeplan laminiert und die Buchse sorgsam eingebettet. Das Teil wird nach Härtung beschnitten, geschliffen und geharzt. Die Trittfläche wird angefertigt und angepasst.

Teile fertig

Der Bremshebel wird montiert und mit einer Rückholfeder komplettiert.

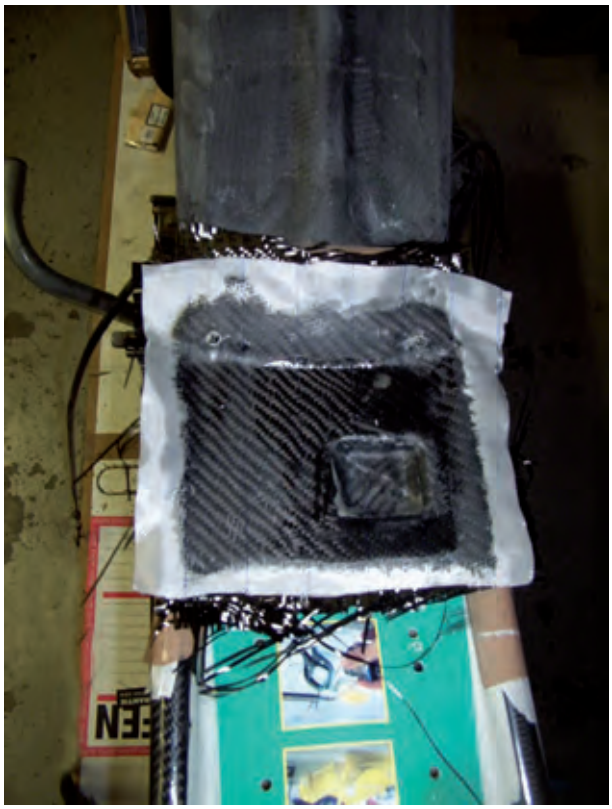
montiert

Wie gewünscht, verbindet jetzt eine Schraube M8 Fußraste, Fußbremshebel, Motorunterschutz, hinteren Unterzug und Querrohr. Gegen Verdrehen ist die Fußraste durch eine kurze Schraube M6 gesichert.

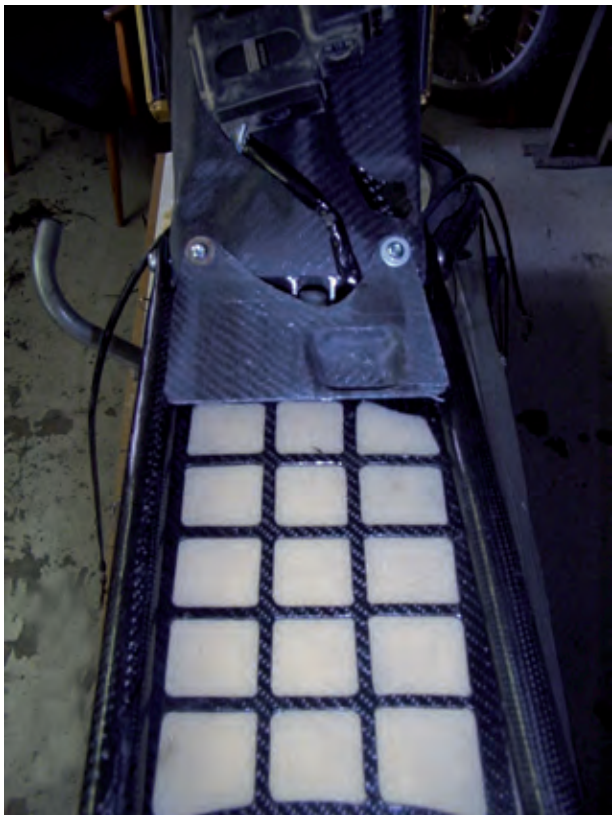
10.5 Blackboxhalter

Nach allerhand Versuchen, die Blackbox sinnvoll unterzubringen, ist jetzt entschieden: Sie kommt zwischen Sitzbankboden und Luftfilter. Es geht zwar eng zu, aber der Platz reicht. Dazu muss ein Boden zur Auflage der Blackbox gebaut werden, weil sie nicht auf dem Luftfilter aufliegen darf. Dazu wird ein Schaumstoffteil hergerichtet, welches die Distanz des Bodens zum Filter simuliert. Das wird abgeklebt, ebenso die Umgebung. Darauf wird direkt laminiert.

Distanzteil eingebaut



Boden laminiert



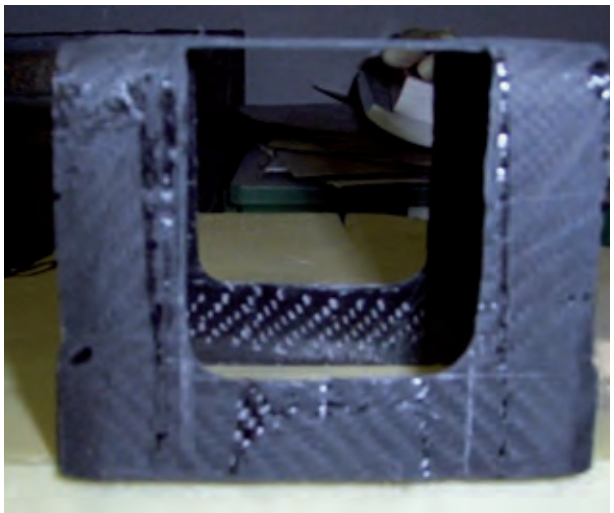
beschnitten, an Querrohr verschraubt

Blackbox am Ort

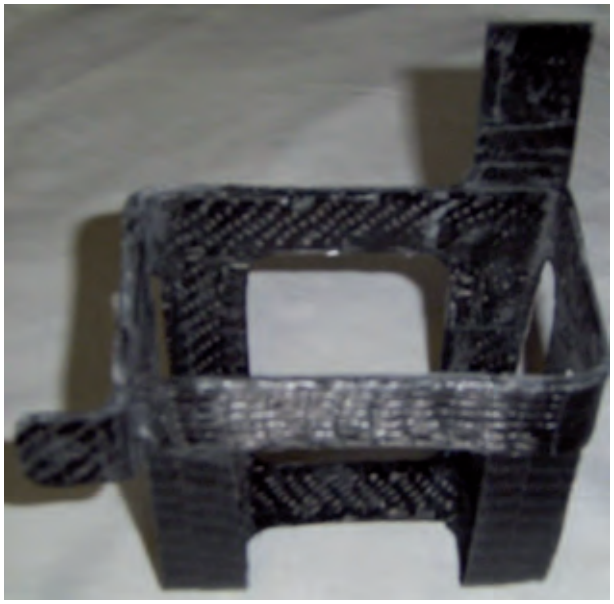
10.5.1 Batteriehalter

Die Unterbringung der Batterie wird laufend verschoben, weil kein geeigneter Platz gefunden wird. Am Ende bleibt nur der Platz rechts zwischen Tank und Krümmer. Der Halter wird direkt über die Batterie laminiert, entformt, beschnitten, mit 2 Aufhängungen versehen und geschliffen. Zum Schluss Harzung mit dem Pinsel. Die eine Aufhängung geht an die Kopfaufhängung, die andere wird durch eine M4 Zusatzschraube gehalten. Das sieht am Objekt alles nicht sehr elegant aus, ging aber nicht anders.

über Batterie laminiert



entformt, beschnitten



mit Aufhängungen

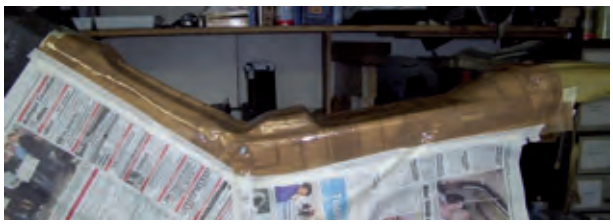
Batterie am Ort

Die Batterie wird gegen die Hitze vom Krümmer durch Abkleben mit Silberfolie geschützt, außerdem hat der Krümmer eine Wicklung mit Dämmmaterial und Folienabklebung, um die anderen Carbonteile vor Hitze zu schützen.

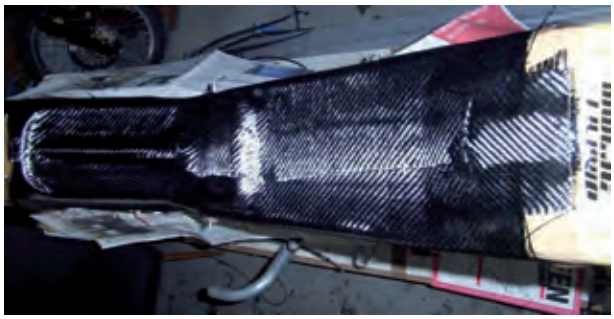
10.5.2 Sitzbankboden/Kern/Bezug
10.5.3 Boden

Die Öffnung für den Filter zwischen den Heckrohren wird durch eine Pappe verschlossen, Blackbox-Halter und Box werden montiert und dann alles mit Paketband abgeklebt. Das hat den Vorteil, dass alles haargenau passt. Dann wird 3-lagig direkt darauf laminiert, einschließlich der Lasche zum Anschrauben am Kotflügel. Im vorderen Teil werden die Laminierspitzen in die hinteren Unterzüge eingesetzt und damit gleich die Löcher im Rand des Sitzbankbodens definiert. Nach Härtung wird beschnitten und aufgelegt.

oben



seitlich



laminiert oben

seitlich

Boden Beschnitte aufgelegt

10.5.4 Kern

Der vorgesehene Kern wird mit Hilfslinien zur Bearbeitung der gewünschten Form versehen. Der gewünschte Radius wird mittels Flex und verschiedener Schleifkörper nach und nach hergestellt. Bezüglich der Auflagebreite sind nur geringe Korrekturen nötig. An der Unterseite wird die Erhöhung durch die Blackbox und das obere Rahmenrohr herausgeschnitten und geschliffen. Der Kern wird aufgelegt und nach Probesitzen für gut befunden.

Hilfslinien

bearbeitet

Vertiefungen

Kern

10.5.5 Bezug

Den Bezug fertigt der Sattler aus rutschfestem und strapazierfähigem Material an. Er wird dann innen an den Rändern und am Boden verklebt, weil Tackern im Carbon nicht funktioniert.

fertig oben

seitlich

10.6. Seitenständer
10.6.1 Halter

Für den Halter wird eine Schablone aus Alu-Blech mit den zwei 6er Bohrungen zum Anschrauben am linken hinteren Unterzug, einer 5er Bohrung für die Federeinhängung und eine 8er Bohrung für den Drehpunkt des Ständers angefertigt. Die Schablone wird angeschraubt und statt Ständer eine Latte befestigt. Jetzt wird das Blech so lange entsprechend abgewinkelt, bis der Ständer an der richtigen Stelle am Boden ist und hochgeklappt schön eng neben der Schwinge liegt.
Die Schablone bekommt jetzt einen abgeklebten Holzunterbau, in den die Löcher übertragen und gebohrt werden. In die Bohrungen kommen zum einen die Laminierspitzen, zum anderen der Stift zum Einhängen der Feder.

Form zum Laminieren

Auf die Schablone werden 24 Lagen Gewebe und UD-Band, überwiegend Aramid wegen der Bruchgefahr, laminiert, so dass eine Stärke von ~ 8 mm entsteht.

Halter laminiert

Halter beschnitten

Halter von hinten

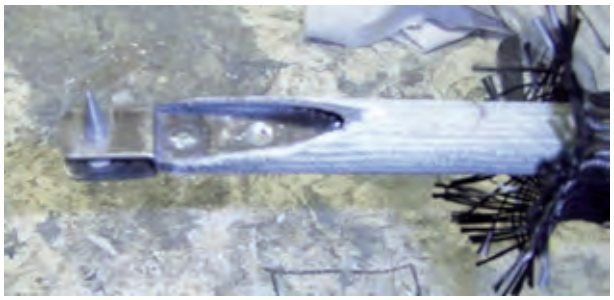
10.6.2 Seitenständerrohr

Für den Seitenständer wird ein Rohr mit 3 Lagen Schlauch in der bekannten Weise und entsprechender Länge gefertigt. Aus 1 mm Stahlblech wird ein gabelförmiges Teil mit Bohrung als Einlegteil in das Ständerrohr vorbereitet und mit einigen Leichtgewichtsbohrungen versehen.

seitlich

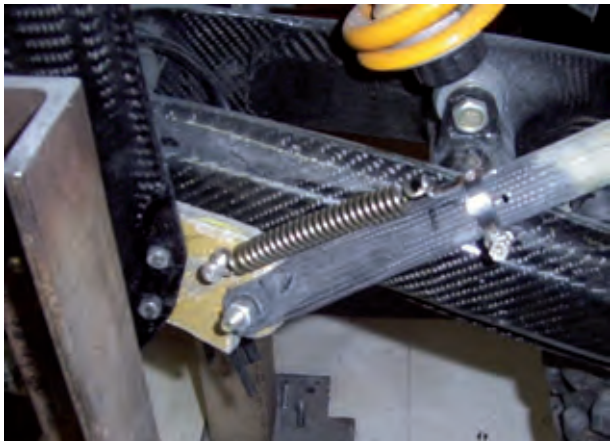
von hinten

Das Einlegteil wird in das Rohr eingeführt und mit Brei fixiert. Nach Härtung wird mit Schlauch das Teil weiter laminiert und die Laminierspitze zwecks Herstellung der Bohrung eingeschoben.



Teil im Rohr

laminiert



angepasst

Nach Härtung wird alles geschliffen und bekommt einen Harzanstrich mittels Pinsels.

fertig

10.7 Kotflügel
10.7.1 Kotflügel vorn, hinten

Die Kotflügel vorne und hinten werden aus Belastungsgründen (Sturz usw.) aus 3 Lagen Aramid 204 g/m² in bereits vorhandene Formen laminiert. Da sie sich später als etwas labil erwiesen, wenn viel Dreck daran klebte, bekamen sie im Seitenbereich eine Verstärkung aus Kohle-UD.

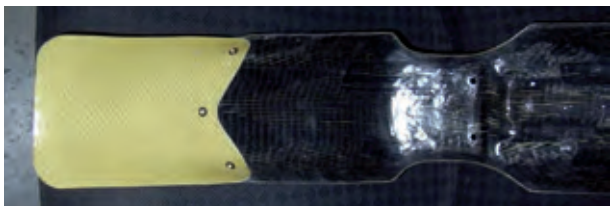
10.7.2 Kotflügelverlängerung

Da sich der vordere Kotflügel als zu kurz erwies, (Dreckablagerung am Zylinder) wird eine Verlängerung gebaut. Wie üblich wird Formetal in die richtige Form gebracht, abgeklebt, 1 Lage Glas, gespachtelt, geschliffen.

Form

laminiert

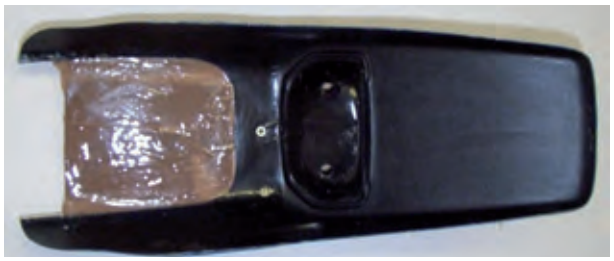
fertig



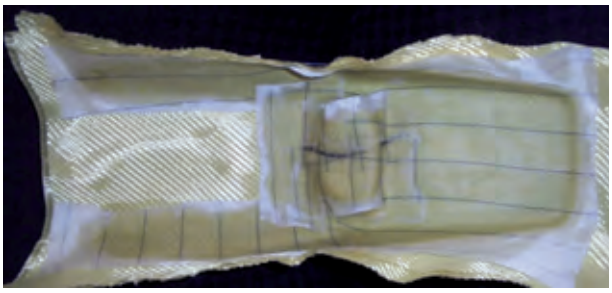
montiert

10.7.3 Nummernschildträger

Für den Nummernschildträger ist eine Form vom letzten Modell vorhanden. Das Laminat ist analog den Kotflügeln aufgebaut.



montiert



laminiert

fertig

10.8. Fußrasten
10.8.1 Halter

seitlich

von hinten

Gemäß Skizze werden für die Halter Schablonen angefertigt und die Teile aus 3 mm-Blech ausgeschnitten

Schablonen u. Teile

Schablonen u. Teile verschweißt

10.8.2 Rasten

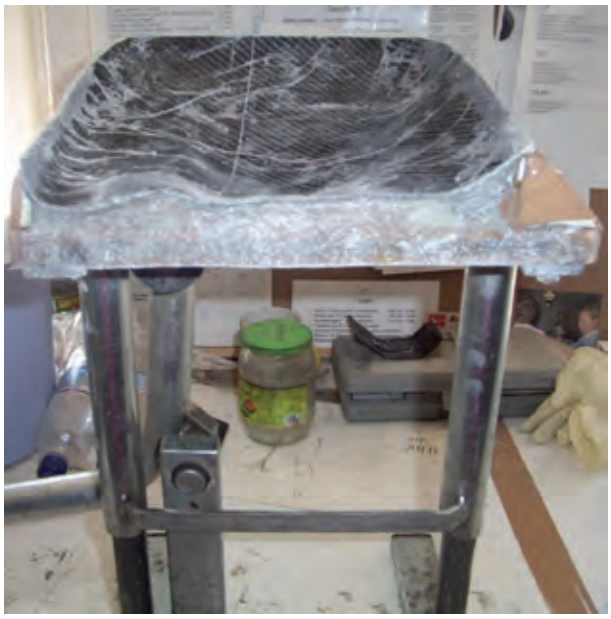
Hier werden Schablonen angefertigt und die Form der Teile dabei ermittelt. Danach werden die Teile aus 1,5 mm-Blech zugeschnitten und abgekantet.

Teile zugeschnitten

verschweißt und verschraubt

10.9 Hubständer

Da der Motorunterschutz keinerlei gerade Fläche hat, kann das Moped nicht auf einem normalen Hubständer aufgestellt werden. Es wird ein dreilagiger Abdruck von dem Motorunterschutz abgenommen und auf dem Hubständer aufgebaut. Die Zwischenräume zwischen Hubständerplatte und dem Laminat werden mit Pappe „eingeschalt“ und dann eine Verbindung vom Laminat zur Platte laminiert. Das sieht zwar etwas plump aus, das Moped steht aber sehr schön fest darauf.



eingeschalt von hinten

eingeschalt seitlich

laminiert, am Ort

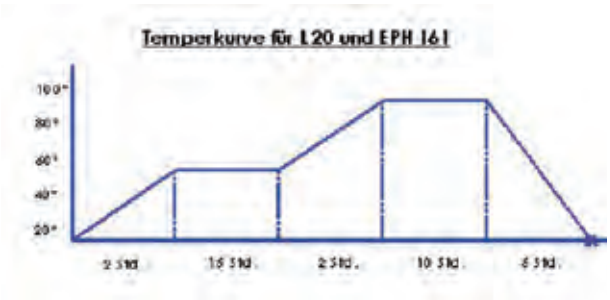
10.9.1 Montage der Enduro

Dabei gibt es keine Probleme, denn die einzelnen Teile waren ja oft zusammen- und auseinandergeschraubt worden. Erstaunlich war immer wieder die Passgenauigkeit der Löcher im Carbon, die alle mit den Laminierspitzen gemacht werden. Außer den Fahrwerksschrauben werden alle Schrauben rigoros durch Alu ersetzt.

die feinen „Gold“-Schrauben

10.9.2 Alles tempern

Nachdem die Enduro komplett und alles außer der Elektrik an seinem richtigen Platz ist, muss noch getempert werden. Dazu werden die Räder und die Gabel ausgebaut und die Enduro in der Sauna eingelagert. Die hat aber eine Regelung übelster Art. Deshalb wird vorher ein Probelauf gemacht. Unter den Regler kommt ein großer Zeiger. In der Sauna wird das Messgerät stationiert und die jeweilige Temperatur in der Sauna an eine Pappe unter dem großen Zeiger eingetragen. Alle 15 min wird entsprechend nachgestellt. Der Start wird so gewählt, dass die 15 Stunden „Temperatur halten“ in die Nachzeit fallen. Morgens die Feststellung: Ofen ist aus und kalt. Ursachenermittlung: Nach 8 Stunden schaltet der Ofen sicherheitshalber selbstständig aus. Also alles noch mal von vorn beginnen. Die automatische Ausschaltung wird überlistet, indem 15 min vor Zeitablauf der Ofen kurz aus- und wieder eingeschaltet wird. Diesmal klappt alles, nur das Rücklicht hat die Hitze nicht überstanden und ist leicht deformiert.



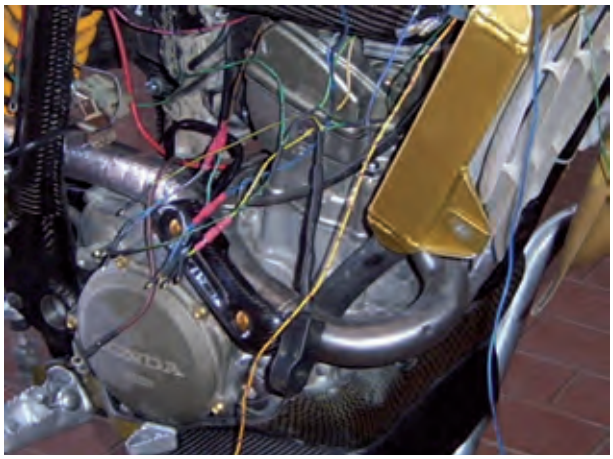
Das Moped köchelt in der Sauna

Die restlichen Teile in der Sauna

10.9.3 Letzter Akt Elektrik

Da ich von Elektrik „null“ Ahnung habe, hat sich mein Sportfreund Thomas R. der Verkabelung angenommen.

Vornahme der Verkabelung



Verwirrende Angelegenheit

Letztendlich ging aber alles auf Anhieb und die ersten Probefahrten standen an.

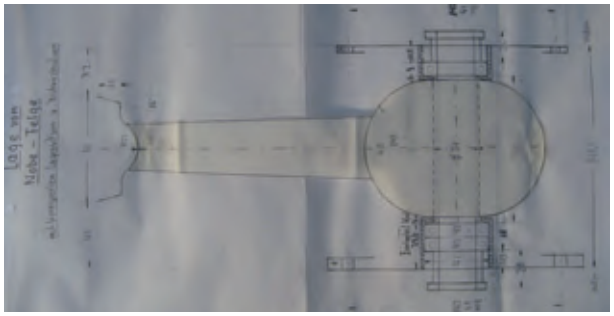
Zuvor musste das Moped aber noch auf die Waage. 95 kg mit 8 Litern Sprit war ein gutes Ergebnis, aber das fiktiv angepeilte Gewicht von 90 kg wurde nicht erreicht. Aber da kann man ja noch Räder aus Carbon bauen ...
Die Enduro wird am Anfang im mittleren Gelände bewegt, weil die Gewichtsreduzierung ein völlig neues Fahrgefühl erzeugte. Das Handling, vor allem durch die engen Bäume, war hervorragend. Die Kurvenwilligkeit war ohne Tadel, das Moped fuhr genau dorthin, wohin man lenkte. Beim Geradeauslauf bei Endgeschwindigkeit kamen keinerlei ungewollte Bewegungen am Fahrwerk auf. Obwohl tiefe Spurrillen nicht meine Stärke sind, hatte ich hier ein gutes Gefühl. Einziges Manko war die Federabstimmung – hinten und vorn zu hart, dem konnte nur mit anderen Federn begegnet werden.

11. Hinterrad
11.1 Idee des Fertigungsablaufes

Nach langem Rätseln über die Art des Baues – z.B. mit verlorenen Kernen, Fertigung von Negativformen usw.– kam ich zu folgendem Bauablauf:
Die Teile, Aufnahme für Bremsscheibe mit integriertem Einlegteil Al als Kugellagersitz, Aufnahme für Kettenblatt mit integriertem Einlegteil Al als Kugellagersitz, Nabe, Speichen, Felge, werden als Einzelteile mit „Erstlagen“ gefertigt, an den Berührungspunkten mit Baumwollflocken-/Kohlefaserschnitzel-Brei verbunden, dann mit Verbindungs-Verstärkungslagen auf die gewünschte Endstärke gebracht. Dabei werden Nabe und Speichen als Halbschalen mit 2 Lagen über einen Positivkern laminiert, nach Entformung mit je einem Streifen Kohlegewebe biaxial verbunden. Nabe und Speichen dienen somit als „Trägermaterial“ für die weitere Laminierung.

11.1.1 Skizzen

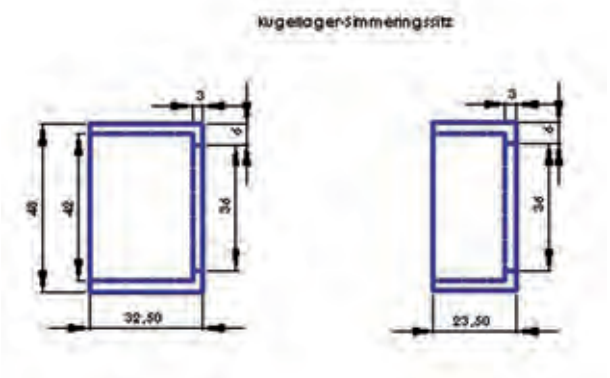
Zunächst wird das Hinterrad auf einer CNC-Fräse vermessen und die Daten 1:1 auf dem Reißbrett in Skizzen der Seiten- und Hinteransicht umgesetzt. In der Hinteransicht wird gleich der Sitz der Kugellager verändert, um zu einer einfacheren Form für die Nabe zu finden. Die Hinteransicht war wichtig, um die Lage von Nabe, Speichen, Felge genau festzustellen, vor allem in Hinblick auf die Lage der Felge mit den Distanzen zu der noch zu bauenden Arbeitsplatte.

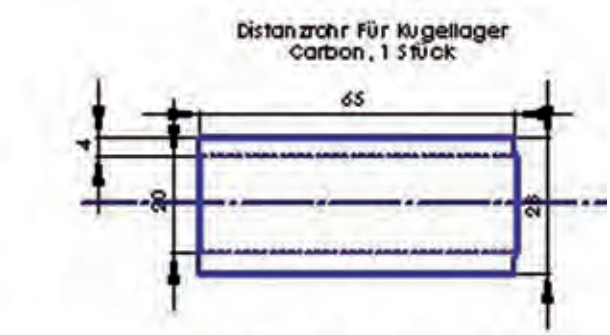


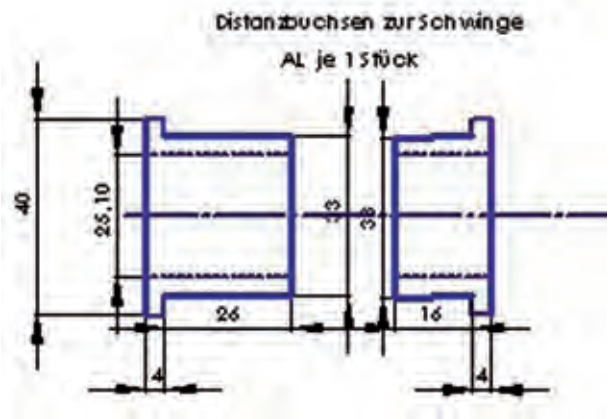
Hinteransicht

Weiterhin werden Einzelskizzen für die Kugellagersitze, die Distanzbuchsen zur Schwinge und das CFK-Distanzrohr zwischen den Kugellagern gemacht.

Einzelskizzen Einlegteil Kugellager, Distanzbuchsen zur Schwinge, Distanzrohr KuLa



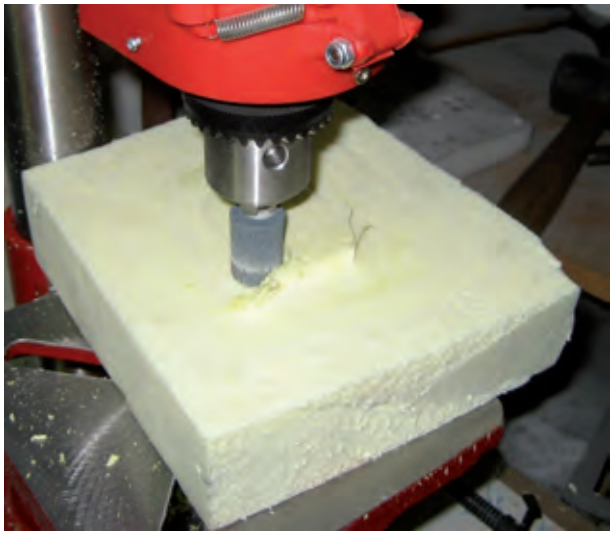




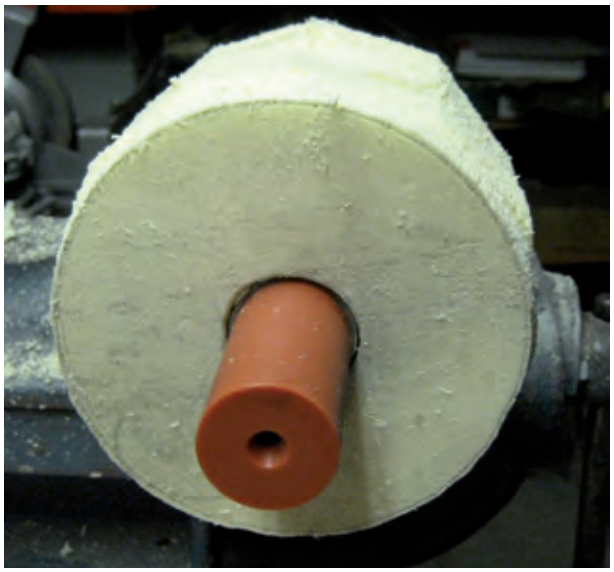
Die Seitenansicht dient mehr oder weniger nur zur entsprechenden Formgebung von Nabe und den vorgesehenen 3 Speichen. Jetzt werden in die Arbeitsplatte auf der CNC die Achsbohrung, die 4 bzw. 6 Löcher für die Aufnahmen der Bremsscheibe bzw. Kettenblatt und die 4 Löcher für die Verschraubung der Felgenform auf der Grund-/Arbeitsplatte gebohrt.

11.2 Formenbau Nabe

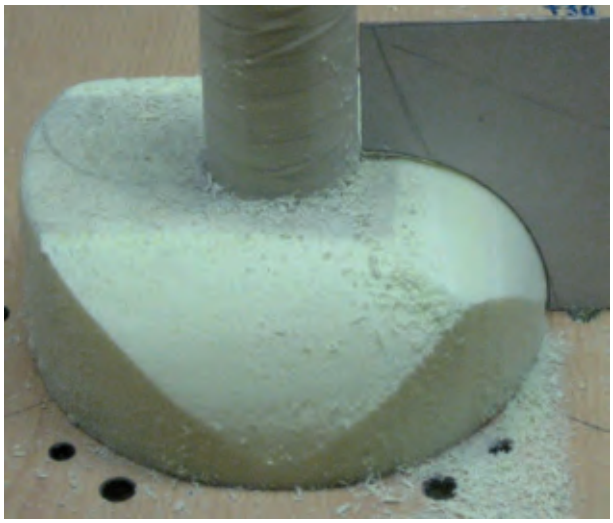
Für den Formenbau der Nabe wird Schaumstoff verwendet, der auf der Bohrmaschine mittels Fräse/Schleifer auf die gewünschte Stärke für die geteilte Form gebracht wird. Der Umfang wird angetragen, eine Aufnahmebohrung eingebracht, die Teile werden zugesägt/gefeilt und mittels Schablobe auf das richtige Maß gebracht.



auf Stärke gebracht



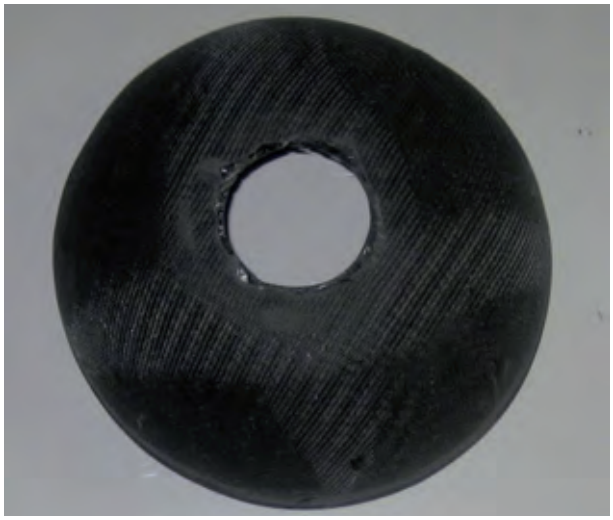
Rundung angebracht



Radius angebracht

Nabenhälften fertig

Die Teile werden mit Epoxydharz abgesiegelt und nach Härtung mit Trennmitteln behandelt. 2 Lagen werden laminiert.

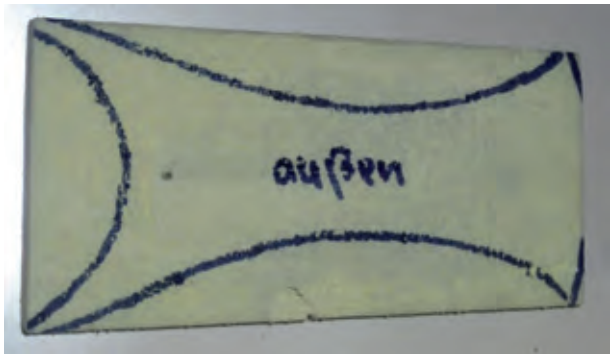


Nach Härtung erfolgen Ausformen und das Verbinden beider Teile mit einem Streifen Kohle +45/-45°.

Hälften verbunden

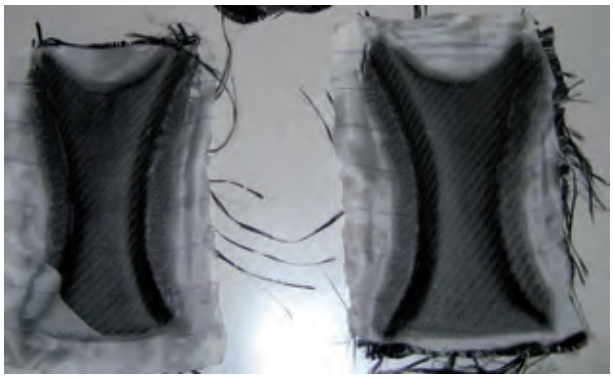
11.3 Formenbau Speichen

Nach dem gleichen Verfahren werden die Speichenkerne hergestellt, für deren Konturen eine Pappschablone angefertigt wird.



angerissen

abgesiegelt



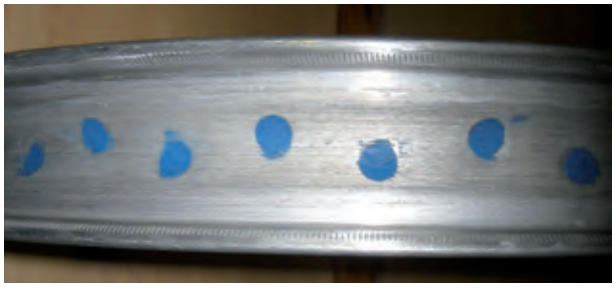
laminiert

beschnitten

11.4 Formenbau Felge

Die einfachste Variante der Fertigung einer Form war, eine originale neue Felge abzuformen. Dazu wurden die Bunsungen mit Modelliermasse verschlossen, alles mit Trennmittel versehen und die Felge auf der Arbeitsplatte ausgerichtet. Dazu war bereits auf der Arbeitsplatte der Durchmesser der Felge angetragen worden. Die aufgelegte Felge stimmte damit genau überein und wurde fixiert.

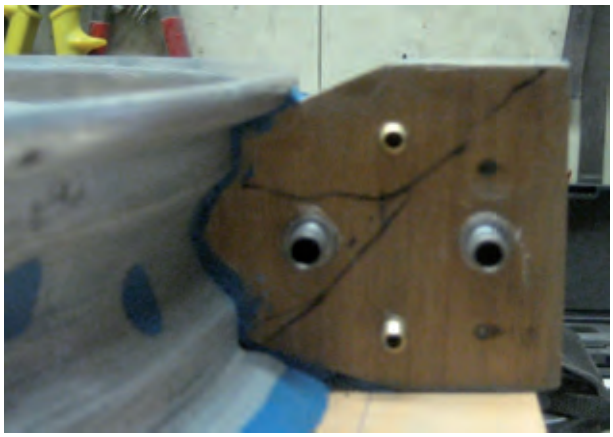
Die Ecke zwischen Felgenhorn und Arbeitsplatte wurde ebenfalls mit Modelliermasse ausgeglichen, um einen gleichmäßigen Übergang des Laminats zur Arbeitsplatte einschließlich Überstand zum späteren Beschneiden zu haben.
Alles wurde mit Trennmittel behandelt und es wurden die Laminier-spitzen für die Form gesetzt.



Verschluss Bunsung

Felge fixiert

Ecken ausgeglichen



Trennbrettchen gesetzt weglassen

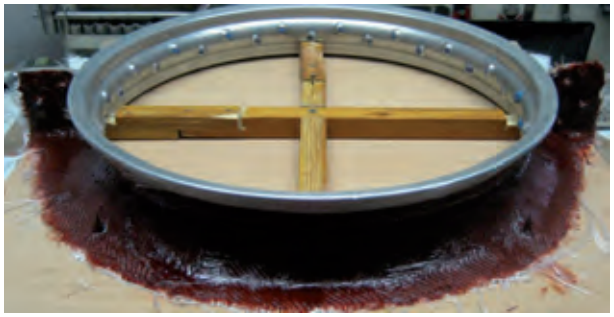
Legeplan Felgenform (zweigeteilt)

Vorgesehene Wandstärke: 5 mm

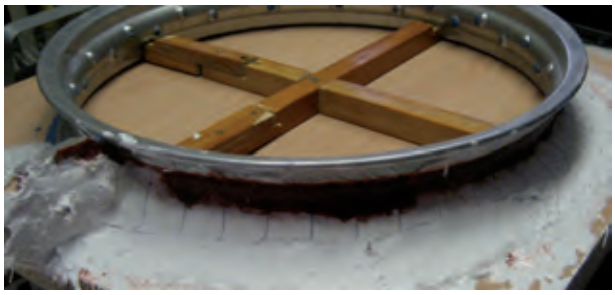
Materialien:

2 x Glasgewebe	163 g/m² Köper Dicke 0,18 mm = 0,36 mm
5 x Kohle-/Glasband	210 g/m² UD Dicke 0,38 mm = 1,90 mm
2 x Glasgewebe	280 g/m² Köper Dicke 0,30 mm = 0,60 mm
4 x Glasgelege	408 g/m² biaxial Dicke 0,50 mm = 2,00 mm
	Gesamt 4,86 mm

Lage	Ort	Material	Richtung	Erl.	Erl.	Erl.	Erl.
1	Kante Übergang Felgenhorn, Ecken Trennbrett	8X Kohleroving Glasschnitzel-/ Baumwollflockenbrei	-	✓	✓	✓	✓
2	Tiefbett Schulter Horn	Glasgewebe 163 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
3	Tiefbett Schulter Horn	Glasgewebe 163 g/m²	+/-45°				✓
4	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-/Glasband 210 g/m²	0°	✓	✓	✓	✓
5	Tiefbett Schulter Horn	Glasgewebe 280 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
6	Tiefbett Schulter Horn	Glas-Biaxialgewebe 480 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
7	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-/Glasband 210 g/m²	0°	✓	✓	✓	✓
8	Tiefbett Schulter Horn	Glasgewebe 280 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
9	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-/Glasband 210 g/m²	0°	✓	✓	✓	✓
10	Tiefbett Schulter Horn	Glas-Biaxialgewebe 480 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
11	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-/Glasband 210 g/m²	0°	✓	✓	✓	✓
12	Tiefbett Schulter Horn	Glas-Biaxialgewebe 480 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓
13	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-/Glasband 210 g/m²	0°	✓	✓	✓	✓
14	Tiefbett Schulter Horn	Glas-Biaxialgewebe 480 g/m²	+/-45°	✓	✓	✓	✓



1. Viertel laminiert



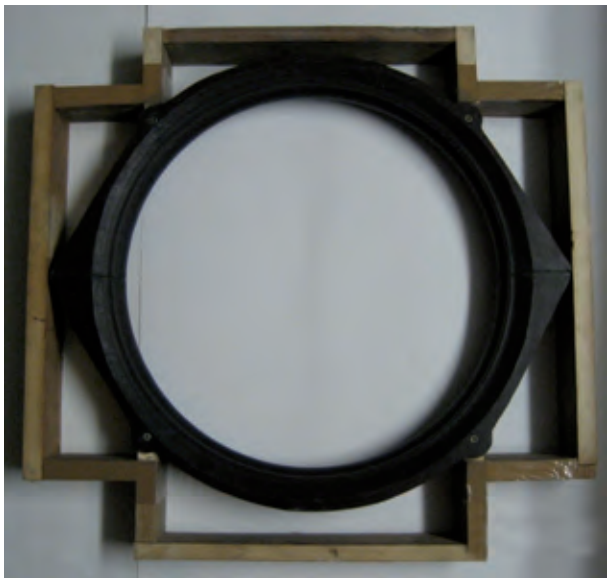
Laminierkeramik

2. Viertel

2. Seite

beschnitten

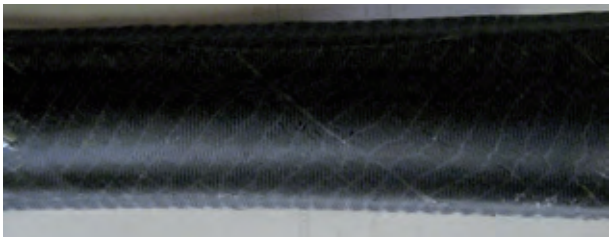
Bei der Kontrolle der verschiedenen Innendurchmesser der Form wird ein Verzug von 1-2 mm festgestellt. Aus der Ursachenermittlung ergibt sich: Das Tempern des Epox-Laminates mit der Laminierkeramik war verkehrt. Umgehend wird eine neue Form hergestellt.
Die neue Form wird mit einem Rahmen versehen, um sie auf der Werkbank einspannen zu können.



Rahmen zum Einspannen

Jetzt wird in der Form eine Probelaminierung vorgenommen, um zu testen, ob sich die vorgesehenen Materialien auch um die fast rechtwinklige Kante laminieren lassen.

Probelaminat



außen

innen

Fazit: Laminieren ist schwierig, weil sich das Gewebe/die Bänder immer wieder abheben wollen.

11.5 Legepläne „Erstlagen“

Legeplan Felge

Vorgesehene Wandstärken:

Wandstärken	Erstlagen	Stärke	Endlagen	Endstär-ken
Horn	13	5,45 mm	6 (2,05 mm)	7,50 mm
Schulter	9	3,45 mm	6 (2,05 mm)	5,50 mm
Tiefbett	9	3,45 mm	6 (2,05 mm)	5,50 mm

Verwendete Materialien:

Kohlegewebe	204 g/m² Köper, dick trocken	0,30 mm
Kohle/Aramidgewebe	204 g/m² Köper, dick trocken	0,30 mm
Kohleband 75 mm	204 g/m² UD, dick trocken	0,45 mm
Glas-Kohleband 65 mm	204 g/m² UD, dick trocken	0,40 mm
Kohleschlauch 12 mm	20 g/m 45° dick trocken	1,00 mm

Erstlagen (Einzelteil)

Lage	Ort	Material	Richtung	dick	Zuschnitte	Länge cm	Stoß °	Erl.
1	Tiefbett Schulter Horn	Kohlegewebe 204 g/m², Köp.	+/-45°	0,30	2	75	0/180	✓
2	Tiefbett Schulter Horn	Kohlegewebe 204 g/m², Köp.	+/-45°	0,30	2	75	90/270	✓
3+4	Tiefbett Schulter Horn	Kohleschlauch	0°	1,00	1	150	60	✓
5	Tiefbett Schulter Horn	Kohleband 204 g/m², UD	+45°	0,45	11	27	-	✓
6	Tiefbett Schulter Horn	Kohleband 204 g/m², UD	-45°	0,45	11	27	-	✓
7	Tiefbett Schulter Horn	Kohleband 204 g/m², UD	90°	0,45	22	12	-	✓
8	Tiefbett Schulter Horn	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köp	+/-45°	0,30	2	75	30/210	✓
9+10	Tiefbett Schulter Horn	Kohleschlauch	0°	1,00	1	150	240	✓
11	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-Glasband 204 g/m², UD	+45°	0,45	13	27	-	✓
12	Tiefbett Schulter Horn	Kohle-Glasband 204 g/m², UD	-45°	0,45	13	27	-	✓
13	Tiefbett Schulter Horn	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köp.	+/-45°	0,30	2	75	135/315	✓
14	Überall	Abreißgewebe 100 g/m², Köp.	+/-45°		2	75	-	✓

* in Drehrichtung des Rades

Legeplan Nabe

Vorgesehene Wandstärken
Nabe 4 mm

Nabe	Erstlagen	Stärke	Endlagen	dick
	6	1,98 mm	6 (1,98 mm)	3,96 mm

Erstlagen (Einzelteil)

Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Kohlegew. 204 g/m², Köper	0/90*	✓
2	Kohleband 204 g/m², UD	Sternförmig	✓
3	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+30/120	✓
4	Kohlegew. 204 g/m², Köper	+60/150	✓
5	Kohlegew. 204 g/m², UD	Sternförmig	✓
6	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+90/180	✓
	Abreißgew. 204 g/m², Köper		✓

* immer axial gesehen

Legeplan Speichen

Vorgesehene Wandstärke 4 mm

Speichen	Erstlagen	Stärke	Endlagen	End-Stärke
	6	1,98 mm	6 (1,98 mm)	3,96 mm

Erstlagen (Einzelteil)

Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Kohlegew. 204 g/m², Köper	+/-45	✓
2	Kohleband 204 g/m², UD	0*	✓
3	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+/-45	✓
4	Kohlegew. 204 g/m², Köper	+/-45	✓
5	Kohlegew. 204 g/m², UD	0	✓
6	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+/-45	✓
	Abreißgew. 100 g/m², Köper		✓

* Verlauf Speiche folgend

Legeplan Bremsscheibenmitnehmer

Vorgesehene Wandstärken 4,6 mm

Aufnahme	Erstlagen	Erststärke	Endlagen	End-Stärke
Bremsscheibe	7	2,31 mm	7 (2,31 mm)	4,62 mm

Erstlagen (Einzelteil)

Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Kohlegew. 204 g/m², Köper	0/90	✓
1a	Ecke mit Kohleroving ausfüllen	-	✓
2	Kohleband 204 g/m², UD	Sternförmig	✓
3	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+60/-30	✓
4	Kohleband 204 g/m², UD	Sternförmig	✓
5	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+30/-60	✓
6	Kohlegew. 204 g/m², Köper	+60/-30	✓
7	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	0/90	✓
7a	Ø Kula-Aufnahme mit Kohleroving wickeln	-	✓
	Abreißgew. 100 g/m², Köper		✓

Legeplan Aufnahme Kettenblatt

Vorgesehene Wandstärke ~ 7,2 mm

Aufnahme	Erstlagen	Erststärke	Endlagen	End-Stärke
Kettenblatt	11	3,63 mm	11 (3,63 mm)	7,26 mm

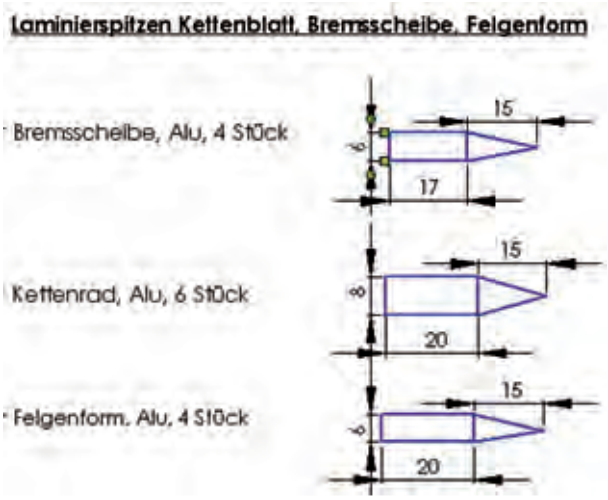
Erstlagen (Einzelteil)

Lage	Material	Richtung	Erl.
1	Kohlegew. 204 g/m², Köper	0/90	✓
1a	Ecke mit Kohleroving ausfüllen	-	✓
2	Kohleband 204 g/m², UD	+30	✓
3	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+60/-30	✓
4	Kohleband 204 g/m², UD	-60	✓
5	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+30/-60	✓
6	Kohlegew. 204 g/m², Köper	+60/-30	✓
7	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	0/90	✓
8	Kohleband 204 g/m², UD	+30	✓
9	Ko/Ar-Gew. 204 g/m², Köper	+60/-30	✓
10	Kohleband 204 g/m², UD	-60	✓
11	Kohlegew. 204 g/m², Köper	0/90	✓
11a	Ø Kula-Aufnahme mit Kohleroving wickeln		✓
	Abreißgew. 100 g/m², Köper		✓

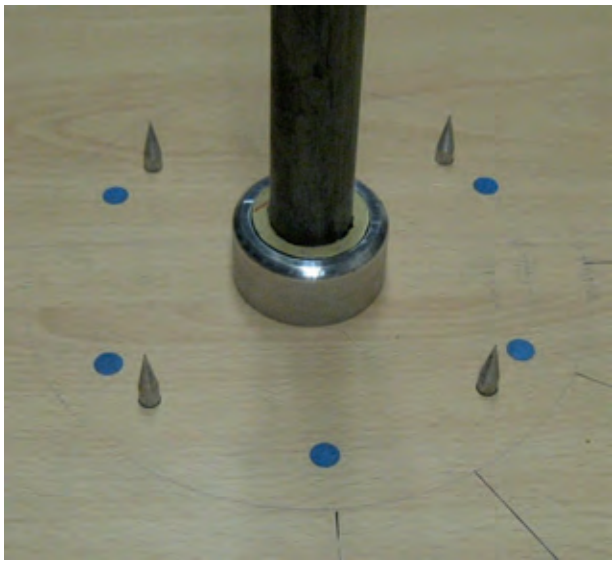
11.6 Laminierung „Erstlagen“ aller Teile

11.6.1 Bremsscheibenmitnehmer/KuLa

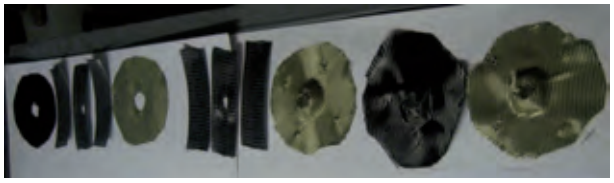
Die Grund-/Arbeitsplatte wird gereinigt und mit Trennmittel versehen. Die Laminierspitzen für die Anschraublöcher werden eingesetzt. Die Achse wird eingesetzt und darauf das entfettete Einlegteil für die Kugellager/ Simmerringe. Die Kugellager sind vor dem Eindringen von Harz geschützt. Die nicht benötigten Löcher werden mit Modelliermasse verschlossen.
Mittels Schablonen werden die vorgesehenen Materialien zugeschnitten. Die Gewebe/Bänder sind so zugeschnitten, dass sie sowohl die Fläche für die Anschraubung als auch das Einlegteil als ein Teil umschließen. Nach dem Laminieren kommen abgeklebte Unterlegscheiben auf die Laminierspitzen, damit einzelne aufgestellte Fasern niedergehalten werden.



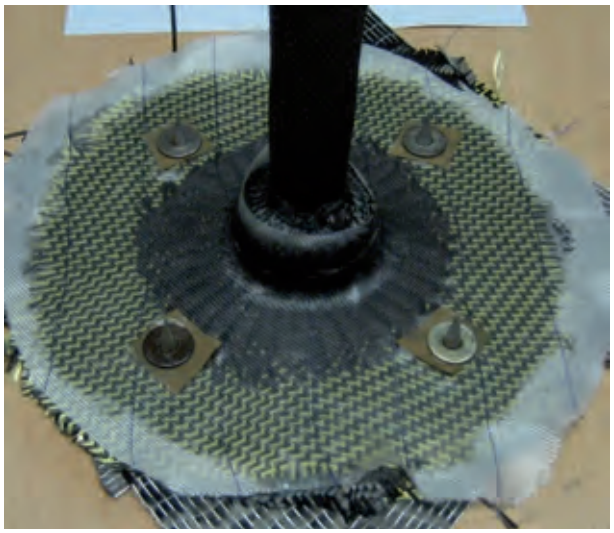
Bremsscheibenmitnehmer/Einlegteil für KuLa



Arbeitsplatte bestückt



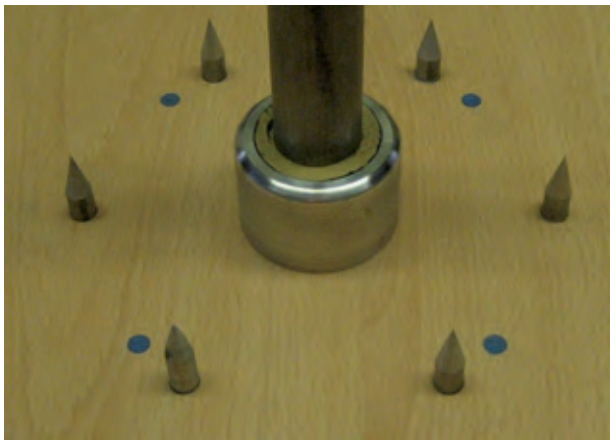
Zuschnitte



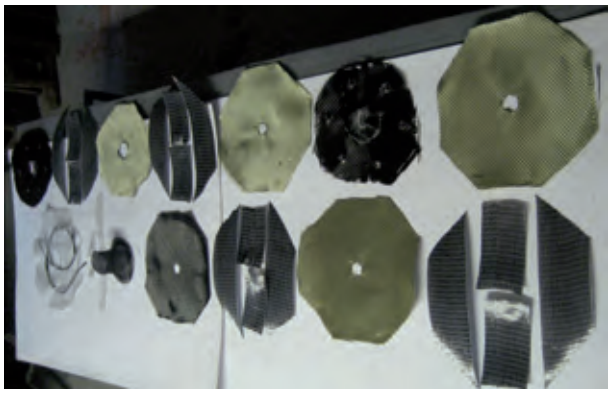
Mitnehmer laminiert

11.6.2 Kettenblattmitnehmer/KuLa

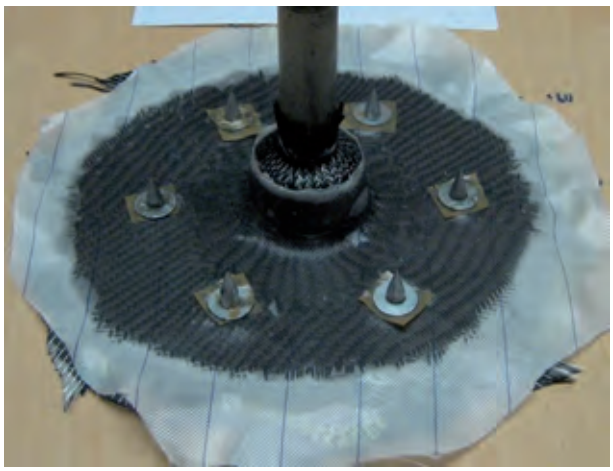
Nachdem die Arbeitsplatte wieder frei ist, erfolgt analog das Laminieren des Kettenblattmitnehmers.



Arbeitsplatte bestückt



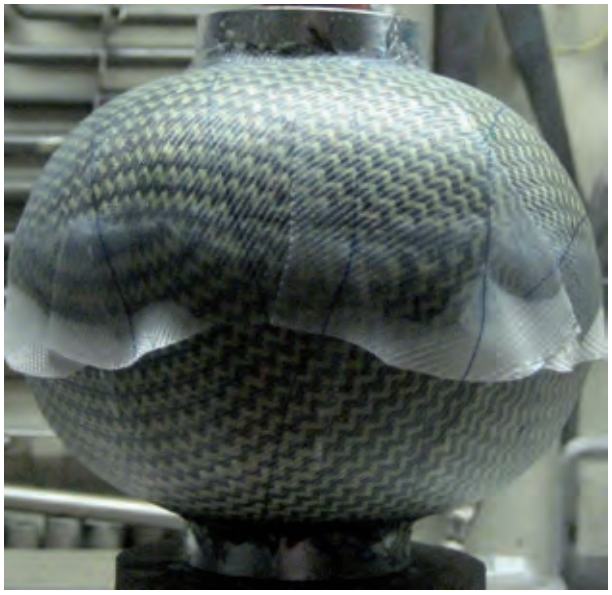
Zuschnitte



laminiert

11.6.3 Nabe

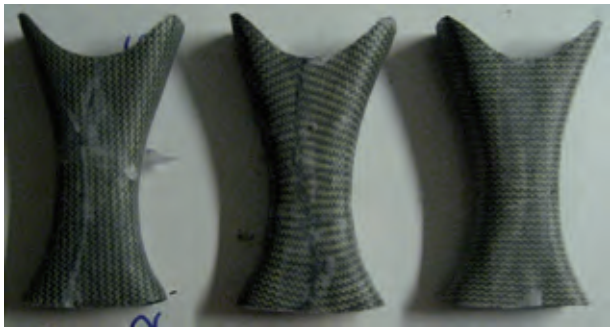
Die Zuschnitte für die Nabe erfolgen so, dass auf Nabenmitte eine Überlappung erfolgt.



Nabe laminiert

11.6.4 Speichen

Die Zuschnitte für die Speichen erfolgen nach Schablone und sind so angelegt, dass wechselseitig die Überlappungen vorne oder seitlich sind.



11.6.5 Felge

Zunächst werden Trockenübungen bezüglich der Gewebe-/ UD-Zushnitte gemacht, um die optimale Länge festzustellen. Das Problem liegt dabei in der Tatsache, dass sich selbst Gewebe mit +45/-45° Zuschnitt bei der Bewältigung der beiden fast rechtwinkligen Kanten und dem Radius des Tiefbettes nach einer bestimmten Länge fast in UD-Lagen verwandeln. Ähnlich ist es mit den Bändern, die nach einer gewissen Länge dem Felgenradius in UD-Richtung nicht mehr folgen können. Gleiches passiert bei Bändern in +45/-45° Ablage. Sie müssen den beiden fast rechtwinkligen Kanten und dem Radius des Tiefbettes und zusätzlich dem Radius der Felge folgen. Das hat zur Folge, dass aus einer Lage +45° nach einer bestimmten Länge die Richtung +90° abgepeilt wird. Dem konnte nur durch geringfügige Überlappungen begegnet werden. Nachdem die richtigen Längen für die Zuschnitte ermittelt sind, werden Schablonen angefertigt und die Zuschnitte gemacht, die bei Bändern in 0° und Geweben in +45/-45° 1/3 des Felgenumfanges betrugen.
Die Felgenform mit ihrem Rahmen wird auf einem kleineren Tisch hochkant aufgebaut, um von allen Seiten gut arbeiten zu können. Die Umspannung der Form ist gut möglich, da sie nur von einer Schraubzwinge gehalten wird.
Das Laminieren ist mühselig und dauert lange, weil sich die Lagen immer wieder abheben wollen und nur im Gelierprozess unten bleiben.
Nach Härtung wird entformt, der Durchmesser des Felgenhorns beschnitten und andere leichte Unebenheiten werden entfernt. Danach wird die Form wieder um die Felge gebaut.

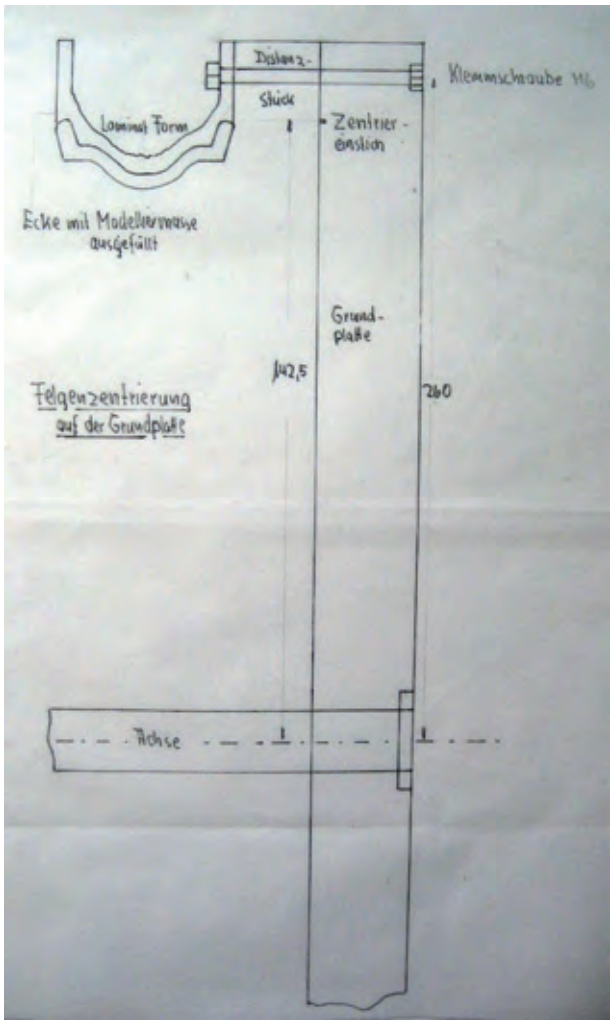
Felge laminiert

11.7 Verbindung aller Teile

Die jetzt mit den „Erstlagen“ versehenen Einzelteile werden in folgender Reihenfolge auf der Grundplatte montiert:

- Kettenblattmitnehmer/Einlegteil Kugellager Nabe
- Distanzrohr zwischen Kugellagern
- Bremsscheibenmitnehmer/Einlegteil Kugellager
- Felge mit Felgenform und Distanzen zur Grundplatte, um die genaue Lage Nabe/Felge herzustellen

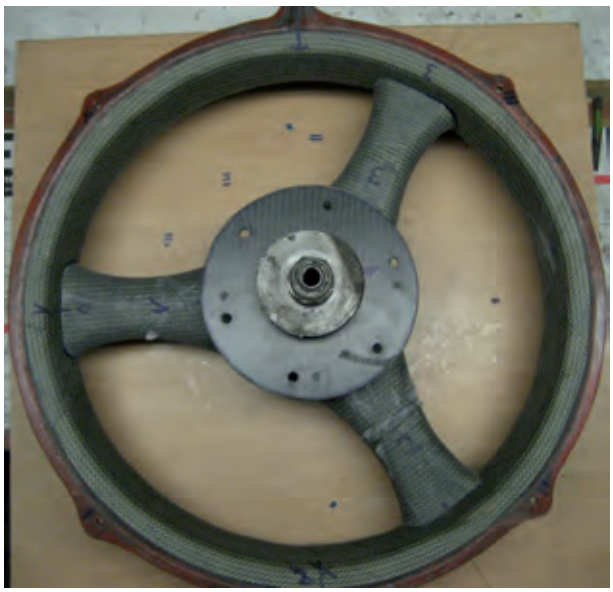
Distanzstück zwischen Felgenform und Grundplatte zur Fixierung der Höhe



Die Speichen sind wegen der Radien an Felgenhorn und Nabe nicht zu montieren.
Hier hilft ein kleiner Trick: Die durch die Achse geführte Nabe wird etwas angehoben und die erste Speiche kann eingeführt werden. Sie wird solange in der Länge nachgearbeitet, bis sie nach Niederlassen der Nabe spannungs- und spielfrei zwischen Nabe und Felge liegt. Dies wiederholt sich mit den anderen beiden Speichen.
Jetzt liegen alle Teile am richtigen Ort und können mit Baumwollflocken-/Kohleschnitzel-Brei verbunden und mit Abreißgewebe abgedeckt werden. Dabei werden die Radien schön modelliert.

Aufbau der Teile

Speichen eingepasst



weiterer Aufbau

Mit Schnitzelbrei verbunden

dto.

Härten im Temperofen

Nach Härtung und Entformung erfolgte die Rundlaufprüfung mit bösem Erwachen: Seitenschlag war gleich 0, Höhen-/Tiefenschlag 2,8 mm. Die Vermessung von Modell und Form ergab: Modell entspricht nur am Felgenhorn den Maßen, im Bereich Schulter und Tiefbett nicht. Die Form war beim Härten ebenfalls verzogen. In der Summe beider Fehler entstand der Höhen-/Tiefenschlag. Die Vermessung erfolgte zunächst mit der XXL-Schieblehre.

Danach wurde mit der Messuhr ermittelt, wo die Fehler konkret liegen.

Messen mit Uhr

Es gab jetzt 2 Möglichkeiten: entweder Rad verschrotten oder ausbessern. In Anbetracht der ganzen Arbeit, die umsonst gewesen wäre, habe ich mich zum Ausbessern entschlossen.
An den entsprechenden Stellen wurde abgestuft nachlaminiert.

Höhenschlag laminiert

Auf einer Tischlerfräse wurde das komplette Rad mit der Grundplatte aufgeschraubt und Felgenschulter und Tiefbett wurden nachgefräst, indem das komplette Rad schön langsam mit der Hand gedreht wurde. Es ging alles ganz gut, weil die Holzfräser schön scharf waren.

Fräsen beim Tischler

Jetzt wurde das Rad von der Grundplatte abgebaut und wieder in die Felgenform mit Rahmen eingebaut und auf dem Tisch verschraubt. Die laminierten Radien sind nachgearbeitet und das ganze Gebilde entfettet. Alle Zuschnitte sind mittels neuer Schablonen angefertigt, in der richtigen Reihenfolge gestapelt und beschriftet.

11.7.1 Legeplan „Verstärkungs-Endlagen“

L	Richtung*	Material	Stoß an Speiche	Stoß an Felge
1	+45/-45°	Kohlegewebe 204 g/m², Köper	seitlich	neben Sp.
2	0°	Kohleband 204 g/m², UD.	vorne	Mitte Sp.
3	0/90°	Ko/Aragewebe 204 g/m²	seitlich	neben Sp.
4	0°	Kohleband 204 g/m², UD.	seitlich	neben Sp.
5	+45/-45°	Kohlegewebe 204 g/m², Köper	vorne	Mitte Sp.
6	0/90°	Kohlegewebe 204 g/m², Köper	seitlich	Mitte Sp.
7	+45/-45°	Abreißgewebe	-	-

* Richtung immer in Felgen- bzw. Speichenrichtung gesehen, an Aufnahmen Kettenblatt/Bremsscheibe sternförmig/quasiisotrop

11.7.2 Laminierung „Verstärkungs-Endlagen“

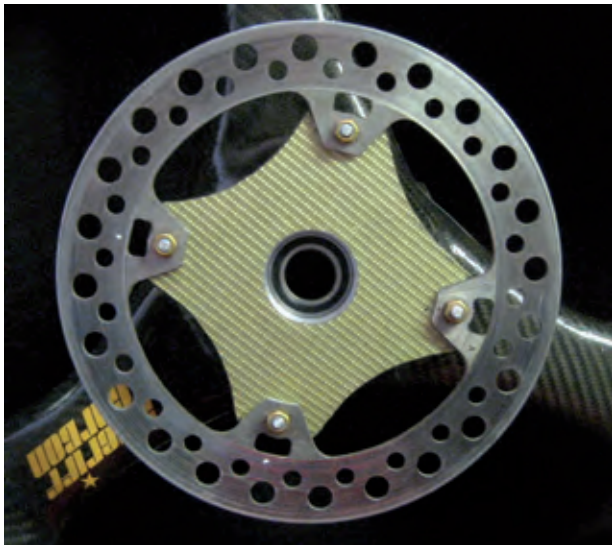
Die Zuschnitte sind so ausgelegt, dass sie an den Verbindungsstellen der Teile immer wechselseitig überlappen. Da sich dort die Radien von der Brei-Verbindung befinden, kommt es zu keinen besonders sichtbaren Materialanhäufungen, was dem Gesamtbild zugute kommt. Die Felge lässt sich bei den Endlagen besser laminieren als bei den Erstlagen, aber dafür geht es in den Ecken von den Mitnehmern zur Nabe sehr eng zu. Die Mitnehmer werden mit einer Abschlusslage Texalium Gold laminiert.
Nach Härtung wird das ganze Rad entsprechend verputzt und geschliffen. Auf eine Lackierung wird verzichtet, das Rad bekam einen dünnen Harzüberzug per Pinsel.

Verstärkungs-/Endlagen laminiert

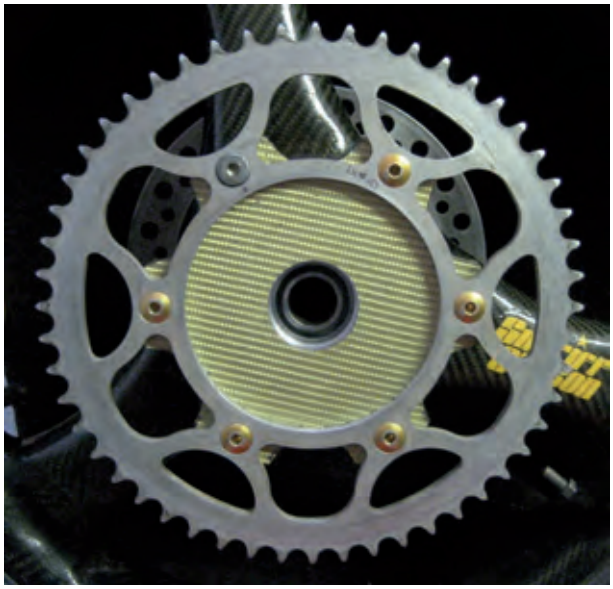
beschnitten, geschliffen

fast fertig

Das komplette Rad mit Scheibenbremse und Kettenblatt sieht mit den sichtbaren runden Mitnehmern nicht gut aus. Die Form der Mitnehmer wird korrigiert.



Mitnehmer korrigiert



Mitnehmer korrigiert

Rad eingebaut

Rad eingebaut

11.8 Gewichtsentwicklung Hinterrad

Die abschließenden Wiegungen waren etwas enttäuschend. Das nackte Carbonrad wird zwar um rund 28 % erleichtert, was ja nicht ganz schlecht ist, aber unter dem Strich gab es beim kompletten Hinterrad eine Gewichtsersparnis von 2060 g. Da habe ich insgeheim ein besseres Ergebnis erwartet.

	Rad Original Gramm	Rad Carbon Gramm	Reduziert um
Rad Nackt	4500,00	3250,0	1250,0 g = 27,78%
Bremsscheibe	514,0	514,0	-
Schrauben/Muttern	37,4	*14,4	23,0 g = 61,50 %
Kettenblatt	1066,3	*383,2	683,1 g = 65,07 %
Schrauben/Muttern	144,6	*40,2	104,4 g = 72,20 %
Schlauch	575,0	575,0	-
Reifen	5000,0	5000,0	-
Reifenspanner	97,2	97,2	-
Gesamtgewicht	11934,5	9874,0	2060,5g = 17,27 %

* durch Al ersetzt

12. Vorderrad

Logisch, dass nach dem Hinterrad auch ein Vorderrad gebaut wird, zumal das Gewichtsziel von 90 kg für die Enduro noch nicht erreicht ist.

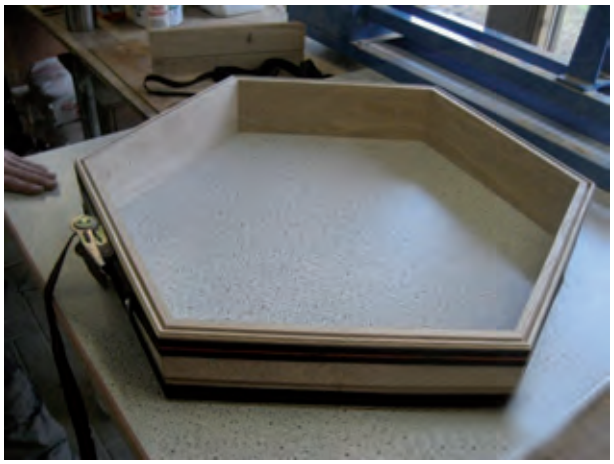
Zunächst wird das Vorderrad wieder konkret vermessen, diesmal auf einer Grundplatte per Hand. Nur die merkwürdig angeordneten Löcher in der Bremsscheibenaufnahme machten Probleme. Da musste ich einen Fachmann zu Rate ziehen. Die Maße werden wieder 1:1 auf das Reißbrett in Seiten- und Hinteransicht übertragen. Die Lagersitze werden bei dieser Gelegenheit gleich geändert, um zu einfacheren Konturen der Nabe zu kommen. Die Grundform der Speichen bleibt gleich, aber etwas schlanker skizziert. Für das Vorderrad werden aber 4 Speichen vorgesehen, weil es mit 3 Speichen sehr kahl aussieht und zudem der tragende Teil der Felge zwischen den Speichen sehr lang war.
Es folgen die Einzelskizzen für das Carbon-Distanzrohr zwischen den Kugellagern, die Einlegteile für Aufnahme von Kugellagern und Simmerringen, die Distanzbuchsen vom Rad zur Gabel und das Felgenprofil.

Ansonsten war der Ablauf des Formenbaues, die Laminierung der Halbschalen für Nabe und Speichen, sowie die weitere Laminierung mit Erstlagen, das Aufnehmen der Einzelteile zur Verbindung und die Endlaminierung auf Sollstärke auf die Grundplatte der gleiche, wie beim Hinterrad. Es gab nur 2 Änderungen, zum einen musste nur die eine Lagerschale für das Kugellager mit der Bremsscheibenaufnahme laminiert werden und der Formenbau für die Felge verlief anders. Ansonsten wird auch der Legeplan, leicht modifiziert, vom Hinterrad verwendet, nur die Schablonen für die Zuschnitte werden neu angefertigt.
Da im Wesentlichen alles wie beim Hinterrad ist, werden hier Skizzen, Legepläne und Einzelteile nicht noch einmal aufgeführt.

12.1. Formenbau Felge

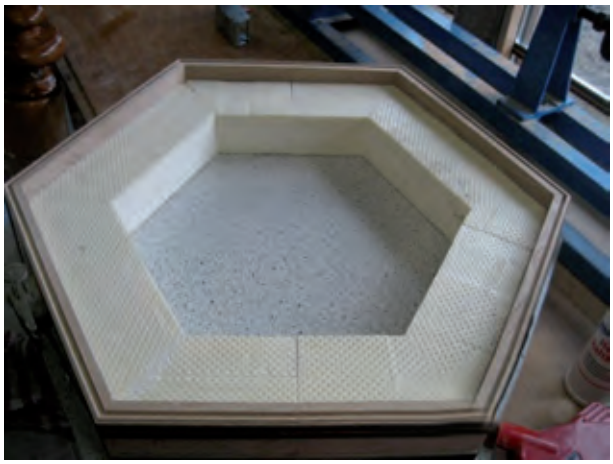
Nach der Pleite mit den Felgenformen für das Hinterrad habe ich mich entschlossen, die Form zu fräsen. Diesbezüglich habe ich mich mit Stefan Ott von R&G und Tobias Schmidt beraten. Ergebnis: es gab Hinweise, wer die Form fräsen konnte und – man kann die Form auch 3-D-Drucken.
Die weiteren Ermittlungen zum Fräsen ergaben, dass der ganze Spaß rund 500 € kostet, was meinen Etat überschritt.
Die 3-D-Drucker verlangen ein CAD-Modell zur Berechnung der Preise, wobei sie für 1cm³ Rauminhalt der Form rund 1 € berechnen. Sie waren auch nur in der Lage, in der Größe 350x320x250 die Form zu drucken, das hätte zur Folge, dass ein äußerst dünnwandiges Gebilde mit vielen Verschraubungen konstruiert werden müsste, was ich selbst nicht konnte. Also fiel diese Variante auch weg.
Da fand sich in der Nachbarschaft ein Bekannter, der eine Fräse mit Drehtisch im Keller hatte. Also werden wir die Form selber Fräsen.
Die benötigte PUR-Schaumplatte sollte 280 € kosten, auch ganz schön fett. Also nach Alternativen suchen. Im Baufachhandel gab es zur Trittschall- und Dachdämmung PUR-Schaumplatten zu einem angenehmen Preis, waren aber nicht am Lager. Außerdem gab es dazu keinerlei Angaben über Dichte u. Druckfestigkeit. Und bestellen

würden sie nur größere Mengen. Beim Gang durchs Lager stellt ich dann mehrere Schaumstoffteile 120x10x8 cm fest, die als Abfall benannt wurden. Ich konnte sie mitnehmen. Der Schaumstoff war sehr schön fest und ganz feinporig. Die Kellerfräse wurde aktiviert und eine Probefräsung gemacht. Selbst 2 mm dünne Stege bleiben stehen. Fazit: Wir nahmen das Material.
Im Baumarkt wird ein Rest Küchenplatte als Grund-/ Arbeitsplatte besorgt und die Durchgangsgröße der Fräse festgestellt. Da die Platte im Viereck nicht durchgeht, wird auf dem Reißbrett ein Sechseck–Rahmen um die Form gezeichnet und damit der Durchmesser verringert. Bei einem Rennkumpel in der Holzwerkstatt werden die Hartholz-Brettchen für den Rahmen angefertigt und mit Hilfe zweier Spannbänder verleimt. Dann wird die Grundplatte mit 3 cm Überstand zugeschnitten. Auf den Überstand kommen dann die Winkel zum Rahmen. Sie werden auf der Grundplatte mit Passbolzen versehen. Dann werden die Schaumstoffteile zugeschnitten und untereinander und mit dem Rahmen verleimt. Ein verschraubtes zusätzliches Brettchen verbindet die Trennebenen auf jeder Seite. Von außen durch den Rahmen werden zusätzlich lange Holzschrauben zur Sicherheit in die Schaumstücke verschraubt. Der Überstand des Rahmens zum Schaumstoff dient später dazu, den Rahmen mit der gefrästen Form auf der Werkbank mit Schraubzwingen zum Laminieren zu befestigen.



Rahmen verleimt

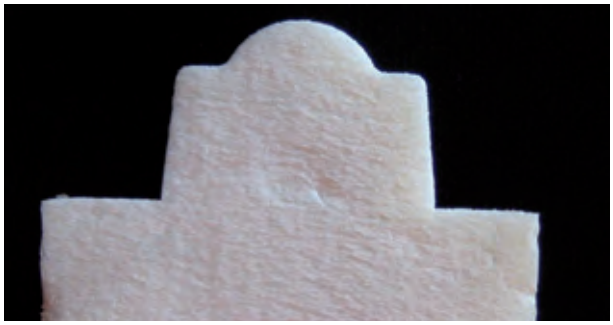
Platte ausgesägt



Schaum verleimt

Trennung verschrauben

Der Nachbar hat inzwischen einen Fräser gebaut, mit dem das gesamte Formenprofil der Felge in einem Arbeitsgang zu bewältigen ist. Nur der Vorschub muss gering gehalten werden.

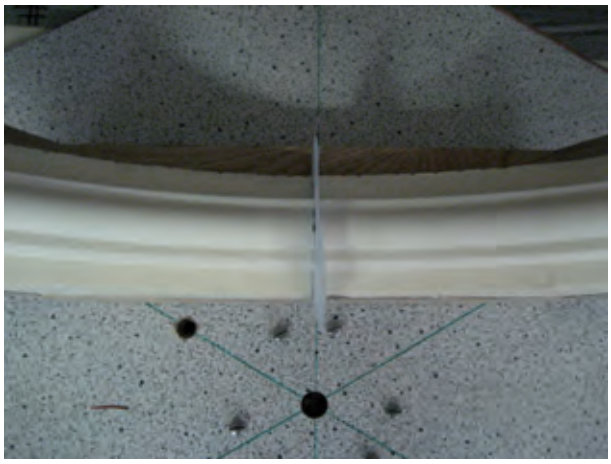


Fräsversuch

Die Grundplatte ist mit der Achsbohrung und den 6 Bohrungen für die Laminierspitzen versehen. Die Verschraubungswinkel mit den Passbolzen sind gesetzt und der Rahmen wurde von oben mit langen Schrauben mit der Grundplatte verschraubt. Das Felgenprofil ist in bester Qualität gefräst. Der Schaumstoff wird mit einem Epoxy-Anstrich abgesiegelt, leicht überschliffen und noch einmal geharzt.

Alles verschraubt

Rahmen mit Form

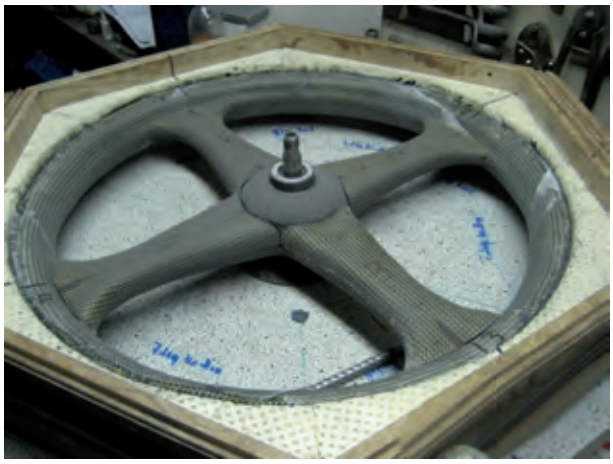


Trennung mit Teflonfolie

Felge laminiert

12.2 Verbindung der Einzelteile und Verstärkungslagen

Der Aufbau der Teile auf der Grundplatte, die Verbindungs- und Verstärkungslagen erfolgten genau wie beim Hinterrad.
Nachdem die vorgefertigten 4 Speichen eingepasst waren, sah das irgendwie merkwürdig aus. Mit entsprechenden Schablonen hab ich auf dem Reissbrett auf der 1:1- Skizze mal 5 Speichen eingebaut, sah erheblich besser aus. Es wurden kurzerhand eine 5. Speiche nachgebaut, die anderen Speichen an der Nabe in der Breite verringert und alles spannungsfrei eingepasst.



Speichen eingepasst

Jetzt werden wie üblich die Einzelteile mit Brei verbunden und danach die Verbindungslagen abgestuft laminiert. Nach dem Härten werden die Übergänge und alles andere geschliffen sowie die Abschlusslage laminiert und mit Abreißgewebe abgedeckt. Zum Schluss wird alles geschliffen und die kleinen Löcher werden mit Basco-Füller geschlossen. Nach erneutem Schleifen wird das Rad mittels Pinsels mit der letzten Harzschicht versehen. Danach kommt es in den Ofen zum Tempern. Leider ist das Ergebnis nicht berauschend, denn es hatte sich wieder

scheckig ein grauer Schleier gebildet. Dafür war das Rad durchs Tempern nicht verzogen, so dass Höhen- und Seitenschlag fast 0 waren. Auch die Unwucht ist gering, sie wird durch Reifenspanner und Ventil ausgeglichen.
Als letzter Akt wird das Rad wieder auf die Grundplatte zum Fräsen vom Felgenhorn verschraubt.
Die Fräsflächen werden jetzt noch mit einer Harzschicht versiegelt und das nackte Rad wird gewogen. Das Ergebnis ist nicht berauschend, denn das nackte Rad ist nur 570 g leichter. Hier zeigt sich, dass ein berechnetes Rad wahrscheinlich leichter geworden wäre. Man neigt wahrscheinlich dazu, nach Bauchgefühl doch die eine oder andere Lage mehr zu machen als eigentlich erforderlich wäre. Insgesamt wurde das komplette Rad aber durch andere Maßnahmen leichter, so dass insgesamt ein Gewichtsvorteil zum originalen Rad von 2129,7 g zu Buche schlägt.

Rad fertig

Rad am Ort

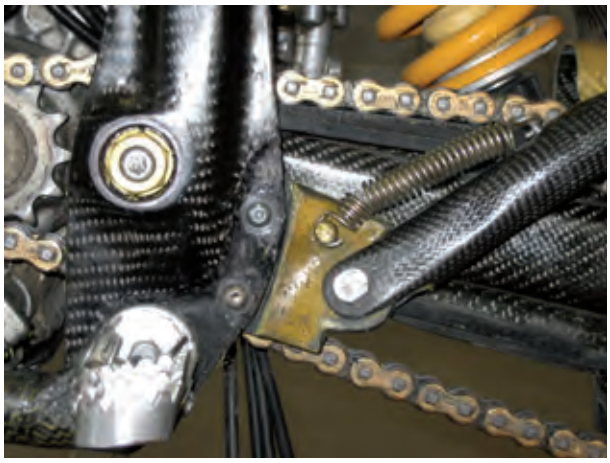
Bilder Moped fertig

fertig links

fertig rechts

hinten

vorne



Seitenständer, Fußraste

Fußraste, Bremse

Batterie, Dämpfer

Lenker, Ausgleichbehälter

Kettenschutz, Kettenführung

Hinterrad

Vorderrad rechts

12.3 Gewichtsentwicklung Vorderrad

Teil	Gewicht g	Teil-	Gewicht g
Rad nackt	2911,0	-570,0	2341,0
Bremsscheibe	441,3	-	441,3
Schrauben + Muttern	55,3	-37,3	18,0
Felgenband	51,8	-51,8	-
Achsdistanz re.	135,1	-104,6	30,5
Achsdistanz li.	19,1	-	19,1
Reifenspanner	70,2	-	70,2
Schlauch	1024,0	-766,0	258,0
Reifen	4100,0	-600,0	3500,0
Gesamt-Rad	8807,8	-2129,7	6678,1

13. Gewichtsentwicklung der Enduro

Gegenstand	vorher g	durch Alu g	durch Car. g	durch St. g	minus g
Gabel komplett getauscht	Honda	Marz.			2000
Brillenklemmschrauben	144	56			96
Steuerkopfmutter	34	15			19
Achsmutter Vorderrad	15	7			8
Klemmmuttern V-Achse	3	1			2
Kotflügelschrauben	20	8			12
Fußraste Paar	810			496	314

V-Kotflügel			332		
Schwingenachse	263			227	36
Federbein (Honda/Öhlins)	5270	3777			1493
Kettenführung	180		63		117
Fahrwerk komplett mit Tank, LuFi, dav.			9613		
Steuerkopf			682		
Oberzug/Tank			2300		
Vordere Unterzüge			483		
Hintere Unterzüge			711		
Heckteil komplett mit LuFi	5333		1984		3349
Querrohre				643	+643
Motorschutz/Unterzug	-		520		
Schwinge komplett	3750		2020		1730
Seitenständer komplett	869		322		547
Kennzeichenträger	172		89		83
Fußbremshebel	160		106		54
Auspuff	3200		1700		1500
Auspuffmantel	698		237		461
Hint. Seitenverkleidung	548		-		548
Sitzbank	1270		976		294
Hinterachse komplett	464			437	27
Kühlerverkleidung	501		230		271
Kühlerschutz	216		150		66
Bremsscheibenschutz h.	34		29		5
Krümmerschutz v.	72		10		60
Lenker	910		388		522
Stoßdämpferschutz	37		46		+9
Kettenschutz	-		74		+74
Lampe, neue mit Ausgleichsbehälter	527		538		+11
Hinterrad komplett	11934		9874		2060
Vorderrad komplett	8808		6678		2130
Gewicht mit 8 l Benzin gewogen	118 kg		91 kg		-27 kg

14. Technische Daten Honda CRF 250 SLB

Fahrwerk:

Carbonrahmen und Schwinge

Steuerkopfwinkel	27 °
Nachlauf	125 mm
Schwingenanstellung	17 °
Radstand	1480 mm
Bodenfreiheit	360 mm
Sitzhöhe ausgefedert	920 mm
Reifen	v. 90/90 -21 h. 90/120-18
Achslastverteilung:	**vorn 46 kg, hinten 49 kg**

Federung:

Gabel Marzocchi	**38 mm**
Luftfederung ohne Stahlfeder	
Federweg	280 mm
Brillenversatz	19,5 mm
Achsversatz	32,5 mm
V-Achse	Ø 15,0 mm
Gabelöl 10er, pro Holm	370 ccm

Stoßdämpfer angefertigt Öhlins-PDS

Luftfederung in Arbeit	
Federweg	280 mm
Länge Auge-Auge	360 mm
Stangenhub	80,5 mm
Augendurchmesser außen	38 mm
Augendurchmesser innen	10 mm
Augenbreite	20 mm
Federdurchmesser außen	80 mm
Federlänge	240 mm
Drahtdurchmesser	13 mm
Federrate	90 N/mm²
Einfederprogression	12 %
Ausgleichsbehälteranlenkung	140 °

Motor:

Honda CRF 250 X Zylinder 11°geneigt, Gewicht 26,9 kg

Innovativ:

- Gewichtsreduzierung um 27 kg
- Fertigung **aller** Teile aus CFK/AFK außer Gabel/ Stoßdämpfer/Motor
- Tank/Oberzug ohne Tunnel als ein komplexes Teil mit innerer Bowdenzugführung
- Verringerung der ungefederten Massen
- Verringerung der Kreiselkräfte Beschleunigungs-masse an Rädern
- bessere Beschleunigung
- bessere Verzögerung
- hervorragendes Handling

Gesamtgewicht: fahrfertig mit 8 l Benzin: 91 kg

15. Kleine Statistik

19	Monate überlegt, skizziert, gebaut
2500	Stunden verbracht
120	Skizzen gefertigt
110	Teile gedreht/gefräst, meistens Lutz
71	Einzelteile laminiert
19	Legepläne für belastete Teile
434	Bilder zur Dokumentation des Ablaufes
15	Sportfreunde haben sich beteiligt

16. Anlagen
16.1 Anlage 1 Ablaufplan / Merkzettel Bau Fahrwerk

Begonnen: 05.08.2005
Beendet: 10.06.2006

Tätigkeit	Wer	Fertig
01 Gesamtskizze Fahrwerk:	Peter	✓
Schwinge, seitlich, von oben	Peter	✓
Vordere Unterzüge, seitlich	Peter	✓
Hintere Unterzüge, seitlich, von hinten	Peter	✓
Motorplatte, seitlich	Peter	✓
Heckteil, seitlich	Peter	✓
Tank seitlich	Peter	✓
02 Telegabel:		
Telegabel im Wald bei Reihl kaufen	Peter	✓
Telegabel mit Al-Schauben u. Muttern bestücken	Peter	✓
Skizze Distanzstück obere Brille	Peter	✓
Drehen Distanzstück obere Brille	Lutz	✓
Freidrehen Gabelschrauben	Lutz	✓
Mutter u. Scheibe für Steuerrohr besorgen/fräsen	Lutz	✓
Brillen aufbohren	Udo	✓
Brillenbohrungen stimmen nicht	Stefan	✓
Brillenbohrungen neu mit Buchse – verworfen	Peter	✓
Elektron-Brillen gießen lassen (Gewicht)	Wolfgang	✓
Skizze für Bohrungen fertigen	Udo	✓
Brillen Planflächen	Peter	✓
Brillen fräsen	Udo	✓
Brillen per Hand fertig bearbeiten	Peter	✓
Adapter für Bremssattel vermessen	Udo	✓
Adapter für Bremssattel Zeichnung/Fräsen	Udo	✓
Mutter u. Scheibe für V-Achse besorgen/fräsen	Lutz	✓
Schrauben u. Scheiben für Brillen besorgen	Peter	✓
Skizze für Distanzen V-Rad	Peter	✓
Drehen Distanzen V-Rad	Lutz	✓
Rechtes Gabelrohr krumm – tauschen bei Reihl	Peter	✓
Dämpferrohr passt nicht – tauschen bei Reihl	Peter	✓

03 Stoßdämpfer:			
Prinzipskizze Federbeinanlenkung		Peter	✓
Verbindungsaufnahme Hoffmann von Öhlins		Peter	✓
Umrissskizze Dämpfer von hinten anfordern		Peter	✓
Prinzipskizze Federbeinanlenkung aktualisieren		Peter	✓
Alle Maße mit Hoffmann abgesprochen		Peter	✓
Dämpfer kann gefertigt werden, bestellen 18.8.05		Peter	✓
Dämpfer eingetroffen		Öhlins	✓
04 Kühler:			
Kühlergröße ermitteln, Skizze fertigen Netzteil 17 cm hoch, 31 cm breit Kasten 3,5 cm hoch, 4,5 cm breit		Peter	✓
Kühler neu zeichnen		Peter	✓
Angebote einholen von	80,00 Euro	Dieter	✓
	480,00 Euro	Frank	✓
	314,84 Euro	Birner	✓
Kühler da , verworfen weil Messing		Birner	✓
Bei ISA Einzelteile zum Selbstbau bestellt		ISA	✓
Kühlerteile von ISA da		ISA	✓
Ausgleichsbehälter GAS von Medi zur Probe holen, passt nicht		Peter	✓
05 Steuerkopf:			
Steuerkopf seitlich mit Einlegteilen für Kugellager Skizze		Peter	✓
Einlegteile drehen		Helmut	✓
Distanzstück zu Einlegteilen Steuerkopf Skizze		Peter	✓
Kern zum Distanzstück zu Einlegteilen drehen		Peter G.	✓
Ausdrückbolzen drehen		Peter G.	✓
Ausdrückring drehen		Peter G.	✓
Legeplan erstellen		Peter	✓
Distanzstück zu Einlegteilen laminieren		Peter	✓
Distanzstück zu Einlegteilen fertig drehen		Peter G.	✓
Distanzstück Steuerkopf-Kugellager Skizze		Peter	✓
Kern zum Distanzstück Steuerkopf drehen		Peter G.	✓
Ausdrückbolzen drehen		Peter	✓
Ausdrückring drehen		Peter G.	✓
Legeplan erstellen		Peter G.	✓
Distanzstück Steuerkopf laminieren		Peter G.	✓
Distanzstück passend drehen		Peter	✓
Distanzstück mit Einlegteilen verkleben, tempern		Peter	✓
Einlegteil Steuerkopfanschraubung Skizze		Peter G.	✓
Einlegteil Steuerkopfanschraubung Fl-Al bestellen		Peter	✓

Einlegteil fertigen	Peter	✓
Trennbrett für Steuerkopf anfertigen	Peter	✓
Laminierdorn Skizze	Peter	✓
Laminierdorn drehen	Lutz	✓
Rückfrage R&G Oberflächenvergütung Alu und Tempern	Peter	✓
Alueinlegteil mit Kohle-Rohr nach Einkleben tempern: ja	Peter	✓
Einlegteil und Rohr verkleben	Peter	✓
Legeplan Anbindung Anschraubteil	Peter	✓
Legeplan Verstärkung Steuerkopf-Anschraubteil	Peter	✓
Steuerkopfanschraubung mit Steuerkopf verkleben und	Peter	✓
Steuerkopfanschraubung auf Stärke laminieren	Peter	✓
06 Schwinge:		
Honda-Schwinge ausbauen, vermessen	Peter	✓
Schwingen-Skizze fertigen von oben	Peter	✓
Schwingen-Skizze fertigen von oben korrigieren	Peter	✓
Schwingen-Skizze fertigen seitlich	Peter	✓
Einzelheit Kettenführung v. oben Skizze	Peter	✓
Einzelheit Kettenführung v. hinten Skizze	Peter	✓
Form für Kettenführungshalter Skizze	Peter	✓
Form für Kettenführungshalter bauen	Peter	✓
Kettenführungshalter laminieren	Peter	✓
Kettenführungshalter fertig bearbeiten, bohren, anpassen	Peter	✓
Kettenführungshalter verkleben und verschrauben	Peter	✓
Kettenführung Form bauen	Peter	✓
Beschneidungsschablone herstellen	Peter	✓
Kettenführung laminieren	Peter	✓
Kettenführung fertig bearbeiten, bohren, fräsen, anpassen	Peter	✓
Einzelheit Bremssattelführung v. oben Skizze	Peter	✓
Einzelheit Bremssattelführung v. hinten Skizze	Peter	✓
Form Bremssattelführung Skizze	Peter	✓
Form Bremssattelführung bauen	Peter	✓
Bremssattelführung laminieren	Peter	✓
Bremssattelführung fertig bearbeiten, bohren, anpassen	Peter	✓
Bremssattelführung verkleben und verstiften	Peter	✓
Einzelheit Kettenspanner Skizze	Peter	✓
Einzelheit Kettenspanner fräsen/drehen	Lutz	✓
Einzelheit Einlegteile für Kettenspanner Skizze	Peter	✓
Einzelheit Einlegteile für Kettenspanner fräsen	Lutz	✓
Einlegteile für Kettenspanner bohren	Wolfgang	✓
Einzelheit Einlegteil Langloch Skizze	Peter	✓

Einlegteil Langloch fräsen	Wolfgang	✓
Einlegteil Langloch ohne fräsen	Lutz	✓
Schwingenquerrohr im Durchmesser 37,8 abdrehen	Lutz	✓
Schwingenlagerung Skizze	Peter	✓
Schwingenlagerung Skizze ändern wegen Nadellager	Peter	✓
Schwingenlager Einlegteile drehen	Lutz	✓
Hinterachse vermessen, Skizze fertigen	Dieter	✓
Hinterachse fertigen lassen	Lutz	✓
Achse nacharbeiten	Lutz	✓
Scheibe u. Mutter fertigen	Peter	✓
Skizze Laminierbolzen mit Ring	Lutz	✓
Laminierbolzen und Ring für Quersteg fertigen	Peter	✓
Quersteg laminieren	Peter	✓
Holz-Schwingen-Lehre Skizze fertigen	Peter	✓
Holz-Schwingen-Lehre anreißen	Udo	✓
Holz-Schwingen-Lehre bohren	Peter	✓
Schablone für Schwinge fertigen	Peter	✓
Lehre verschrauben	Peter	✓
Lehre nach Schablone anreißen, aussägen	Peter	✓
Lehre schleifen	Peter	✓
Lehre Höhenkonturen markieren	Peter	✓
Gundplattenerweiterung für Kettenführung bauen, anbr.	Peter	✓
Lehre mit Trennmittel behandeln	Peter	✓
Bolzen-Skizze für Lehre	Lutz	✓
Bolzen für Lehre drehen, Gewinde, Muttern, Scheiben	Peter	✓
Lehre montieren	Peter	✓
Niederhaltungsleisten anfertigen u. vorbohren	Peter	✓
Kern für Profil anfertigen	Peter	✓
2 Lagen Profil laminieren u. Kern entfernen	Peter	✓
Legeplan Schwinge fertigen	Peter	✓
Zuschnitte für Schwinge	Peter	✓
Alle Teile der Schwinge anpassen, entfetten	Peter	✓
Holm laminieren 1. Seite	Peter	✓
Holm beschneiden 1. Seite	Peter	✓
Fehlschnitt Kettenführungshalter reparieren	Peter	✓
Holm laminieren 2. Seite	Peter	✓
Lehre zerlegen	Peter	✓
Holm beschneiden 2. Seite	Peter	✓
Schwinge schleifen, absiegeln	Peter	✓
Bohrungen für Bremshalter u. Kettenführungshalter	Peter	✓
Bremshalter, Kettenführungsh. verkleben/verschrauben	Peter	✓

Kettenspanner anpassen	Peter	✓
Abschlussdeckel für Schwingenende anfertigen	Peter	✓
Federbeinaufnahme anfertigen	Peter	✓
Federbeinaufnahme schweißen	Thomson	✓
Federbeinaufnahme Fixierung bauen	Peter	✓
Laminierdorn drehen	Lutz	✓
Feinanpassung Fußbremse-Bremshalter	Peter	✓
Abstandslehre oberer Quersteg-Steuerkopf anfertigen	Peter	✓
Federweg mit Lehren prüfen	Peter	✓
Federbeinaufnahme am Steg verkleben	Peter	✓
Federbeinaufnahme einlaminieren und	Peter	✓
Verstärkungen im Bereich Quersteg einbringen	Peter	✓
Schwinge beschneiden, schleifen	Peter	✓
Radien einbringen mit Schnitzelbrei	Peter	✓
Radien Verstärkung einlaminieren, Abschlussschicht	Peter	✓
Alles schleifen	Peter	✓
Schwinge lackieren mit Harz	Peter	✓
Schwinge härten, 120 °C	Peter	✓
Skizze Distanzstücke Schwinge-Unterzüge	Peter	✓
Distanzstück drehen, Gewinde kürzen	Lutz	✓
Skizze Distanzstück Schwingenachse und Mutter	Peter	✓
Distanzstück Schwingenachse und Mutter drehen	Lutz	✓
Schwingenachse kürzen	Lutz	✓
07 Hintere Unterzüge:		
Hinterer linker Unterzug, Skizze, Ansicht seitlich	Peter	✓
Hinterer rechter Unterzug, Skizze, Ansicht seitlich	Peter	✓
Hintere Unterzüge u. Querstege, Ansicht von hinten	Peter	✓
Schwinge nachmessen	Peter	✓
Hintere Unterzüge, Skizze korrigieren	Peter	✓
Holz für Lehre/Form bei Frank Fuchs vorbereiten	Peter	✓
Schablone linker Unterzug seitlich	Peter	✓
Schablone linker Unterzug von hinten	Peter	✓
Schablone rechter Unterzug seitlich	Peter	✓
Schablone rechter Unterzug von hinten	Peter	✓
Schemata der Bohrungen für Udo fertigen	Peter	✓
Restbohrungen einbringen	Peter	✓
Bohrungen in Lehre/Form einbringen	Udo	✓
Lehre/Form anreißen und bei Frank Fuchs aussägen	Peter	✓
Laminierdorne, Skizzen fertigen	Peter	✓
Laminierdorne drehen für alle Bohrungen	Lutz	✓

Einlegteil für Schwingenbolzen, Skizze	Peter	✓
Einlegteil für Schwingenbolzen drehen	Lutz	✓
Unterzugprofil aus Schaumstoff fertigen	Peter	✓
Je 2 Lagen als Stützmaterial laminieren	Peter	✓
Beide Kerne entfernen, Stützmaterial anpassen	Peter	✓
Legeplan linker hinterer Unterzug, rechts dito	Peter	✓
Zuschnitte linker u. rechter Unterzug	Peter	✓
Linken Unterzug laminieren	Peter	✓
Linken Unterzug entformen, beschneiden	Peter	✓
Anschraubflächen überfräsen	Wolfgang	✓
Oberfläche herstellen	Peter	✓
Rechten Unterzug laminieren	Peter	✓
Rechten Unterzug entformen, beschneiden	Peter	✓
Anschraubflächen überfräsen	Wolfgang	✓
Beide Unterzüge an Quersteg anpassen	Peter	✓
Feinanpassung Fußbremspumpenhalterung	Peter	✓
Oberfläche herstellen	Peter	✓
08 Querrohre:		
Oberes Querrohr drehen	Lutz	✓
Gewindebolzen Skizze	Peter	✓
Gewindebolzen fräsen, 2 x	Lutz	✓
Gewindebolzen verbohren, schweißen	Lutz	✓
Federbeinaufnahme anfertigen	Peter	✓
Federbeinaufnahme verschweißen	Thomson	✓
Oberfläche vergüten	Hermsdorf	✓
Federbeinaufnahme herstellen	Peter	✓
Lehre für Federbeinaufnahme herstellen	Peter	✓
Unteres Querrohr drehen	Lutz	✓
Gewindebolzen Skizze	Peter	✓
Gewindebolzen drehen, 2 x	Lutz	✓
Gewindebolzen verbohren, schweißen	Saui	✓
Unteres Querrohr laminieren	Peter	✓
Stirnnadellager, Nadellagerhülsen, Schwingachse best.	Peter	✓
Hintere Unterzüge montieren und fixieren	Peter	✓
Schwinge, Hinterrad, Motor in Lehre einbauen	Peter	✓
Hölzer für Radfixierung herstellen	Peter	✓
Vorder- u. Hinterrad fixieren, Halterungen verschrauben	Peter	✓
09 Rahmenlehre-Grundplatte:		
Grundplatte Oberfläche abziehen	Peter	✓

Grundplatten-Seitenkante abziehen	Peter	✓
Grundplatte in Waage bringen	Peter	✓
Oberfläche weiß bespannen und verkleben	Peter	✓
Grundlängen aufbringen	Peter	✓
Rahmenlehre-Vorderrad:		
Skizzen Anschraubwinkel V-Rad	Peter	✓
Herstellen Anschraubwinkel	Lutz	✓
Anschraubwinkel schweißen	Thomson	✓
Skizzen Fixierbolzen	Peter	✓
Fixierbolzen drehen	Lutz	✓
Anschraubwinkel auf Grundplatte anbringen	Peter	✓
27°-Winkel mit Platte zur Gabelausrichtung	Peter	✓
Abstützung für Winkel 27° an der Gabel fertigen	Peter	✓
Rahmenlehre-Hinterrad:		
Skizzen Anschraubwinkel H-Rad	Peter	✓
Herstellen Anschraubwinkel	Lutz	✓
Schweißen	Thomson	✓
Skizzen Fixierbolzen	Peter	✓
Fixierbolzen drehen	Lutz	✓
Anschraubwinkel auf Grundplatte montieren	Peter	✓
Rahmenlehre Motoraufhängung/Schwingbolzen:		
Skizzen Anschraubwinkel	Peter	✓
Herstellen Anschraubwinkel	Lutz	✓
Anschraubplatten überfräsen	Wolfgang	✓
Anschraubwinkel bohren	Peter	✓
Anschraubwinkel schweißen	Thomson	✓
Skizzen Fixierbolzen	Peter	✓
Fixierbolzen drehen	Lutz	✓
Fixierbolzen ändern	Lutz	✓
Schwinge einbauen	Peter	✓
Maße für Fixierhölzer feststellen	Peter	✓
Fixierhölzer für V- u. H-Rad anfertigen	Peter	✓
V- u. H–Rad ausrichten, fixieren	Peter	✓
Anschraubwinkel auf Grundplatte montieren	Peter	✓
10 Vodere Unterzüge:		
Vakuumschlauch mit 6 mm Alurohr versehen, biegen	Peter	✓
Vordere Unterzüge 2 Lagen als Träger laminieren	Peter	✓

Entformen, anpassen	Peter	✓
Einlegteile oben und unten herstellen, anpassen	Peter	✓
Einlegteile mit Rohren verkleben	Peter	✓
Einlegteil/Rohr mit 1 Lage verbinden	Peter	✓
Alles schleifen	Peter	✓
Abgestuft die Einlegteile/Rohre verstärken	Peter	✓
Auf Sollstärke laminieren (10 Lagen)	Peter	✓
Rohre schleifen, anpassen	Peter	✓
Querrohr anpassen, verkleben, verstärken	Peter	✓
Rohrende unten verstärken	Peter	✓
Alles schleifen	Peter	✓
Alles versiegeln	Peter	✓
Aufhängungen für Kühler ermitteln	Peter	✓
Gewinde für Silentblöcke zum Kühler einbringen	Peter	✓
Alles absiegeln	Peter	✓
11 Tank/Oberzug:		
2 Rohre 22 x 2 (Rahmenoberzug herstellen als Träger)	Peter	✓
4 Einlegteile zum Steuerkopf herstellen	Peter	✓
Einlegteile an Rohre anpassen, einkleben	Peter	✓
Versteifungsrohre herstellen, anpassen	Peter	✓
Unteres Rohr vorn neu einbinden, verstärken	Peter	✓
Schablone für Trennschott anfertigen	Peter	✓
Zuschnitt-Schablone für Trennschott	Peter	✓
Rohre zum hinteren oberen Querrohr anpassen	Peter	✓
Legeplan für beide Rohre	Peter	✓
Rohre auf Sollstärke laminieren	Peter	✓
Versteifungsrohre einpassen	Peter	✓
Laminierspitzen für hinteres Querrohr Skizze	Peter	✓
Laminierspitzen drehen	Lutz	✓
Laminierspitzen Steuerkopf Skizze	Peter	
Laminierspitzen drehen	Lutz	
Fläche zum hint. Querrohr laminieren	Peter	✓
Rohre verkleben	Peter	✓
Vorderen Kotflügel einbauen	Peter	✓
Motor mit Vergaser und Auspuff einbauen	Peter	✓
Trennwand, vorderen Unterzug und Kühler festlegen	Peter	✓
Schablone für Trennwand anfertigen	Peter	✓
Trennwand laminieren	Peter	✓
Trennwand verstärken mit Kopfaufhängung	Peter	✓
Rohre mit Zwischenwand versehen	Peter	✓

Zwischenwand beidseitig laminieren	Peter	✓
Verstärkung zum oberen hinteren Querrohr laminieren	Peter	✓
Alles schleifen	Peter	✓
Alles versiegeln	Peter	✓
Modell für Tank herstellen, grob	Peter	✓
Kern absiegeln	Peter	✓
Kern überschleifen, grob spachteln	Peter	✓
Kern auslitern – 9 Liter sind zu viel	Peter	✓
Kern verkleinern	Peter	✓
Kern versiegeln, auslitern – 8 Liter i. O.	Peter	✓
Kern an Unterteil genau anpassen	Peter	✓
Spachteln, schleifen	Peter	✓
Kontrolle der beiden Formhälften, unten nacharbeiten	Peter	✓
Lenkereinschlag geprüft, am Tank nacharbeiten	Peter	✓
Durchgangrohre im Tank für Bowdenzüge festlegen	Peter	✓
Durchgangrohre bearbeiten, absiegeln	Peter	✓
Presswerkzeug für Übergang Sitzbank-Tank herstellen	Peter	✓
Dazu 2 mm Distanz einbauen, Teil laminieren	Peter	✓
Teil beschneiden, schleifen, anpassen	Peter	✓
Zuschnittschablone für Tankhälften herstellen und zuschneiden	Peter	✓
Unterteil abkleben, Schalen laminieren	Peter	✓
Entformen, beschneiden, schleifen	Peter	✓
Schalen an Unterteil anpassen	Peter	✓
Überlauflöcher in Trennwand einbringen	Peter	✓
3 Rohre für Bowdenzüge einpassen	Peter	✓
Alles anschleifen	Peter	✓
Rohre einkleben	Peter	✓
Benzinhahnschrauben von innen einlaminieren	Peter	✓
Tankdeckelloch einbringen, Tankdeckel fixieren	Peter	✓
Tankdeckelgewinde laminieren	Peter	✓
Gewindebolzen für Kühlerverkleidung in Hälften einlaminieren	Peter	✓
Oberzug und Tankhälften schleifen	Peter	✓
Oberzug, Tankhälften, Kühlerverkleidung fixieren, heften	Peter	✓
Tankhälften mit Oberzug verkleben, 2 Lagen	Peter	✓
Schleifen, Kehlnaht legen	Peter	✓
Schleifen, 2 Lagen in Kehlnaht	Peter	✓
Schleifen, Abschlusslage	Peter	✓
Tank beschneiden, schleifen	Peter	✓
Tank lackieren	Peter	✓

12 Heckteil:		
Trägermaterial für 4 Heckteilrohre vorbereiten	Peter	✓
Rohre 3 Lagen laminieren	Peter	✓
Einlegteile fertigen	Peter	✓
Einlegteile in Rohre einpassen, verkleben, verstärken	Peter	✓
Rohre anpassen, verbinden	Peter	✓
Rohre verstärken an Verbindung und Aufhängung	Peter	✓
Rohre auf Sollstärke laminieren	Peter	✓
Querrohre einbinden, verstärken	Peter	✓
Alles schleifen, absiegeln	Peter	✓
13 Luftkasten:		
Verbindungsstück von Vergasermanschette zum Luftkasten laminieren	Peter	✓
Trichter zum Luftkasten aus Schaumstoff herstellen	Peter	✓
Trichter laminieren	Peter	✓
Kern entfernen	Peter	✓
Rückwand Luftkasten (Kotflügel) laminieren	Peter	✓
Beschneiden, mit Distanz zum Hinterrad fixieren	Peter	✓
Radius korrigieren	Peter	✓
Endkotflügel anpassen	Peter	✓
Ausschnitte für Rahmenheck anbringen	Peter	✓
Ins Rahmenheck einbinden außen	Peter	✓
Ins Rahmenheck einbinden innen	Peter	✓
Boden Luftkasten Schablone herstellen	Peter	✓
Boden Modell bauen	Peter	✓
Boden laminieren	Peter	✓
Boden einpassen	Peter	✓
Seitenteile Luftkasten Schablone herstellen	Peter	✓
Seitenteile Modell bauen	Peter	✓
Seitenteile laminieren	Peter	✓
Seitenteile anpassen	Peter	✓
Schrägwand zum Federbein Schablone herstellen	Peter	✓
Schrägwand zum Federbein Modell herstellen	Peter	✓
Schrägwand zum Federbein laminieren	Peter	✓
Schrägwand einpassen	Peter	✓
Schrägwand mit Ansaugtrichter verkleben	Peter	✓
Schrägwand mit Ansaugtrichter verstärken	Peter	✓
Rechtes Seitenteil einpassen	Peter	✓
Rechtes Seitenteil, Boden, Rückwand verkleben	Peter	✓
Rechtes Seitenteil, Boden, Rückwand verstärken	Peter	✓
Alles schleifen	Peter	✓

Halterung für Plattenluftfilter ermitteln	Peter	✓
Schablonen für Filterboden und -deckel anfertigen	Peter	✓
Beide Platten laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, anpassen	Peter	✓
Auflage für Boden in Kasten laminieren	Peter	✓
Auflage beschneiden, schleifen	Peter	✓
Linkes Seitenteil einpassen	Peter	✓
Linkes Seitenteil einkleben, Auflage anlaminieren	Peter	✓
Auflage beschneiden, schleifen	Peter	✓
Verschraubung für beide Platten bauen	Peter	✓
Gitter aus Platten ausfräsen	Peter	✓
Alles absiegeln	Peter	✓
Deckel wegen Verschraubung nachbessern	Peter	✓
Deckel beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Loch für Verschraubung bohren	Peter	✓
Linke Seitenwand Abschlussschicht laminieren	Peter	✓
Linke Seitenwand schleifen, absiegeln	Peter	✓
Alles montieren	Peter	✓
14 Motorunterschutz:		
Skizzen Laminierdorne	Peter	✓
Laminierdorne drehen	Lutz	✓
Vorderes Motorteil mit Aufhängungen einschalen	Peter	✓
Vorderes Motorteil mit Aufhängungen laminieren	Peter	✓
Vorderes Teil mit Aufhängungen beschneiden	Peter	✓
Rechts und links nach hinten einschalen	Peter	✓
Rechts und links nach hinten 3 Lagen laminieren	Peter	✓
Rechts und links nach hinten entformen	Peter	✓
Rechts und links nach hinten beschneiden, schleifen	Peter	✓
Unterteil einschalen	Peter	✓
Unterteil laminieren	Peter	✓
Unterteil beschneiden, schleifen	Peter	✓
Eine Lage innen laminieren als Abschlussschicht	Peter	✓
Gesamtteil auf Sollstärke 10 Lagen laminieren	Peter	✓
Teil beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
15 Fußrasten:		
Skizze seitlich	Peter	✓
Skizze von hinten an Hinteransicht Unterzüge	Peter	✓
Schablonen für Fußrastenaufhängung	Peter	✓
Fußrastenaufhängung ausarbeiten, bohren	Peter	✓

Fußrastenaufhängung schweißen	Thomson	✓
Skizze für Rastenbolzen	Peter	✓
Rastenbolzen drehen	Lutz	✓
Holzmodelle fertigen	Peter	✓
Schablone für Rasten	Peter	✓
Rasten ausarbeiten, bohren	Peter	✓
Rasten schweißen	Thomson	✓
Distanzhülsen herstellen	Peter	✓
Alles anpassen	Peter	✓
Oberfläche vergüten	Peter	✓
16 Fußbremshebel:		
Skizze Fußbremshebel mit Lagerung anfertigen	Peter	✓
Fußbremslagerung anfertigen	Lutz	✓
Pappmodell anfertigen, dann Alublech als Form biegen	Peter	✓
Aufnahme für Modell fertigen	Peter	✓
Legeplan aufstellen	Peter	✓
Zuschnitte machen	Peter	✓
Fußbremshebel laminieren	Peter	✓
Fußbremshebel beschneiden, schleifen	Peter	✓
Fußbremshebel anpassen	Peter	✓
Trittfläche bauen	Peter	✓
Trittfläche schweißen	Ralf R.	✓
Trittfläche anpassen, bohren, verschrauben	Peter	✓
Distanzstück für 6er Schraube anfertigen	Peter	✓
Rückzugsfederaufhängung am Motor bauen	Peter	✓
Befestigung am Bremshebel anbringen	Peter	✓
Alles montieren, anpassen	Peter	✓
Bremshebel absiegeln	Peter	✓
17 Kotflügel:		
Vorderen Kotflügel laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, anpassen, Bohrungen einbringen	Peter	✓
Hintere Verlängerung aus Formetal Modell fertigen	Peter	✓
Modell verstärken, spachteln, schleifen	Peter	✓
Verlängerung laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Anpassen, Nietlöcher bohren, vernieten	Peter	✓
Lackieren	Peter	✓
Hinteren Kotflügel laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, anpassen, Bohrungen	Peter	✓

Nummernschildhalter laminieren	Peter	✓
Halter beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Beides lackieren	Peter	✓
Halter, Rücklicht, Nummernschild montieren	Peter	✓
18 Auspuff:		
Anbringung orig. Dämpfer prüfen – passt nicht	Peter	✓
Higashie prüfen – passt nicht	Peter	✓
Higashi Rohr ändern/anpassen	Peter	✓
Halterung bauen	Peter	✓
Naht und Halterung heften	Thomson	✓
Naht und Halterung schweißen	Vogel	✓
Außenmantel entfernen, reinigen, Trennmittel	Peter	✓
Vom Außenmantel Innenform Silikon fertigen	Dietmar	✓
Entformen, Trennmittel	Peter	✓
Mantel mit Martens-Plus laminieren, bei 80 °C härten	Peter	✓
Entformen, beschneiden, Löcher bohren	Peter	✓
Schablone für Aufhängung, diese laminieren	Peter	✓
Beschneiden, bohren, Oberfläche, härten 100 °C/230 °C	Peter	✓
Dämmmaterial einbringen, montieren	Peter	✓
19 Federbeinschutz:		
Aus Formetal Modell bauen, verstärken	Peter	✓
Federbeinschutz Form laminieren	Peter	✓
Form spachteln, schleifen, absiegeln mit Trennmittel	Peter	✓
Federbeinschutz laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, bohren, Kanten absiegeln	Peter	✓
Löcher bohren, anpassen	Peter	✓
20 Seitenständer:		
Modell bauen für Ständerhalter	Peter	✓
Einlegteil Ständerfederhalter am Ständerhalter bauen	Peter	✓
Skizzen Laminierdorne	Peter	✓
Laminierdorne drehen	Lutz	✓
Skizze Anschraubung	Peter	✓
Anschraubung drehen	Lutz	✓
Form und Vorrichtung zum Laminieren bauen	Peter	✓
Ständerhalter laminieren	Peter	✓
Ständerhalter beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Ständerhalter anpassen	Peter	✓
Einlegteil für Ständerdrehpunkt /Rohr fertigen	Peter	✓

Einlegteil für Ständerfeder am Rohr fertigen	Peter	✓
2-lagiges Rohr für Ständer laminieren als Trägermaterial	Peter	✓
Dreh-Einlegteil im Ständerrohr fixieren und verkleben	Peter	✓
Bolzen in Halter/Rohr einpassen	Peter	✓
Ständer anpassen – Federweg Schwinge beachten	Peter	✓
Ständerhalteranschraubung kollidiert mit Kette, Muttern versenkt	Peter	✓
Einlegteil für Feder fixieren und verkleben	Peter	✓
Ständerfuß ausarbeiten	Peter	✓
Ständerfuß anlaminieren	Peter	✓
Ständer auf Sollstärke laminieren	Peter	✓
Schleifen, absiegeln	Peter	✓
21 Kühler bauen, einpassen:		
Schablonen für Wasserkästen bauen	Peter	✓
Löcher für Stutzen und Wasserrohre festlegen	Peter	✓
Wasserkästen bauen	Peter	✓
Löcher für Stutzen u. Rohre einbringen	Peter	✓
Rohre und Schläuche zuschneiden	Peter	✓
Kästen, Rohre, Stutzen schweißen	Vogel	✓
Schablonen für Aufhängung Kühlerverkleidung anfertigen	Peter	✓
Aufhängungen für Kühlerverkleidung bauen	Peter	✓
Schablonen für Kühleraufhängungen anfertigen	Peter	✓
Kühleraufhängungen bauen	Peter	✓
Aufhängungen schweißen	Vogel	✓
Kühler einpassen	Peter	✓
Löcher für Silentblöcke in den Unterzügen bohren	Peter	✓
Ziehgewinde einsetzen	Peter	✓
Kühler einbauen, Schläuche montieren, Wasser auffüllen	Peter	✓
22 Lampe:		
Modell bei Falk besorgen	Peter	✓
Form abnehmen	Peter	✓
Form beschneiden, schleifen	Peter	✓
Tätigkeit	Wer	fertig
Schablone für Lampenhalterung	Peter	✓
Lampenhalterung laminieren	Peter	✓
Lampenhalterung beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Für Ausgleichsbehälter Modell bauen, absiegeln	Peter	✓
Ausgleichsbehälter laminieren	Peter	✓
Ausgleichsbehälter beschneiden, schleifen, absiegeln	Peter	✓
Lampe laminieren	Peter	✓

Lampe beschneiden, schleifen,	Peter	✓
Unteren Teil Lampe verstärken	Peter	✓
Halterung und Ausgleichsbehälter einlaminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen	Peter	✓
Anschraubung für Reflektor bauen	Peter	✓
Aufhängung und Ausgleichsbehälter verstärken	Peter	✓
Fehlstellen ausbessern	Peter	✓
Alles schleifen, absiegeln	Peter	✓
Lackieren	Peter	✓
Reflektor einbauen	Peter	✓
Bohrungen für Überlaufschläuche einbringen mit Schläuchen	Peter	✓
Lampe anbauen	Peter	✓
23 Sitzbank:		
Sitzbankboden: Fläche abkleben	Peter	✓
Sitzbankboden laminieren	Peter	✓
Entformen, beschneiden, schleifen	Peter	✓
Halterungen anbringen	Peter	✓
Sitzbankkern bei Falk besorgen	Peter	✓
Kern modifizieren, anpassen	Peter	✓
Sitzbank beziehen	Freund	✓
24 Batteriehalter:		
Batterie absiegeln, Halter laminieren	Peter	✓
Halter entformen, beschneiden, schleifen	Peter	✓
Modell für Haltevorrichtung bauen	Peter	✓
Haltevorrichtung laminieren	Peter	✓
Haltevorrichtung entformen, beschneiden, bohren, schleifen	Peter	✓
Skizze für Distanzstück anfertigen	Peter	✓
Distanzstück drehen	Lutz	✓
25 Kettenführung:		
Schablone anfertigen	Peter	✓
Modell bauen	Peter	✓
Kettenführung laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen	Peter	✓
Löcher bohren, Aussparungen ausfräsen	Peter	✓
Kettenführung anpassen, absiegeln	Peter	✓
Kettenführung montieren	Peter	✓

26 Elektrik:		
Platz für Steuerteil und Relais suchen	Peter	✓
Halterung unter Sitzbank bauen	Peter	✓
Für Halterung Laminierform bauen	Peter	✓
Halterung laminieren	Peter	✓
Anschraublöcher bohren	Peter	✓
Kabeldurchführungen einbringen	Peter	✓
Sitzbankkern entsprechend ausschneiden	Peter	✓
Strippen ziehen	Thomson	✓
27 Kühlerverkleidung:		
Modell bauen links	Peter	✓
Form abnehmen	Peter	✓
Form beschneiden, schleifen spachteln usw.	Peter	✓
Form lackieren	Peter	✓
Modell bauen rechts	Peter	✓
Form abnehmen	Peter	✓
Form beschneiden, schleifen spachteln usw.	Peter	✓
Form lackieren	Peter	✓
Kühlerverkleidungen laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, anpassen, lackieren	Peter	✓
Anschraublöcher im Tank festlegen	Peter	✓
Gewindeeinlegteile Skizze fertigen	Peter	✓
Einlegteile drehen	Lutz	✓
Einlegteile einlaminieren	Peter	✓
Ziehgewindehülsen für untere Aufhängung einbringen	Peter	✓
Alles montieren	Peter	✓
28 Lenker:		
Lehre für Lenker bauen	Peter	✓
16 mm Vakuumschlauch mit 6 mm Al-Rohr versehen	Peter	✓
Vakuumschlauch biegen	Peter	✓
3 x wachsen, 1 x Silikonpaste	Peter	✓
Eine Stabilisierungslage laminieren, in Lehre einlegen	Peter	✓
Entformen, schleifen	Peter	✓
Legeplan fertigen	Peter	✓
Rohr auf einer Seite auf Sollstärke laminieren	Peter	✓
Rohr schleifen	Peter	✓
Zweite Seite laminieren	Peter	✓
Schleifen, auf Durchmesser bringen	Peter	✓
Klemmbereich noch 1 Lage laminieren	Peter	✓

Lenker Abschlussschicht	Peter	✓
Prüfen, ob Quersteg erforderlich ist	Peter	✓
Rohr absiegeln	Peter	✓
Alle Armaturen montieren	Peter	✓
		✓
29 Handspoiler:		
Handschützer laminieren	Peter	✓
Beschneiden, schleifen, bohren, absiegeln, umranden	Peter	✓
Handspoiler montieren	Peter	✓
30 Bremsscheibenschutz hinten:		
Modell 3 x wachsen, 1 x Folientrennmittel	Peter	✓
Zuschnitte anfertigen	Peter	✓
Bremsscheibenschutz laminieren, vakuumieren	Peter	✓
Entformen, Beschneiden, fräsen, schleifen, Löcher, absiegeln	Peter	✓
Scheibenschutz mit Al-Schrauben montieren	Peter	✓
31 Krümmerschutz vorn:		
Modell 3 x wachsen, 1 x Folientrennmittel	Peter	✓
Zuschnitte anfertigen	Peter	✓
Krümmerschutz laminieren, vakuumieren	Peter	✓
Entformen, beschneiden, fräsen, schleifen, Löcher	Peter	✓
Absiegeln, Silberfolie kleben	Peter	✓
Krümmerschutz montieren	Peter	✓
32 Kettenschutz:		
Kettenschutz laminieren	Peter	✓
Beschneiden, bohren, absiegeln, montieren	Peter	✓
33 Kettenschleiferbefestigung:		
Schablone fertigen	Peter	✓
Teil aus 1,5 mm St-Blech fertigen	Peter	✓
Teil anpassen, lackieren, montieren	Peter	✓
34 Hubständer:		
Neue Platte bauen	Peter	✓
Vom Unterschutz Form abnehmen	Peter	✓
Hubständer, Platte Formteil unter Motor fixieren, verkleben	Peter	✓
Hohlräume ausfüllen, laminieren	Peter	✓
Beschneiden, absiegeln	Peter	✓

35 Kühlerschutz:		
Geeignetes Modell entwickeln	Peter	✓
Originalschutz modifizieren	Peter	✓
Teile laminieren	Peter	✓
Teile beschneiden, schleifen, Oberfläche herstellen	Peter	✓
4 Aufhängungen rechts-links bauen	Peter	✓
Alles anpassen, vernieten und montieren	Peter	✓

36 Oberflächen der Teile:

Teil	St silber	Al goldfarben	Mg silber	Wer	fertig
Trittfläche Fußbremshebel	✺			Peter	✓
Fußrasten	✺			Peter	✓
Oberes Querrohr	✺			Peter	✓
Hinterachse	✺			Peter	✓
Schwingenachse	✺			Peter	✓
Gabelbrillen			✺	Peter	✓
Distanzstück links V-Achse		✺		Dieter R.	✓
Distanzstück rechts V-Achse		✺		Dieter R.	✓
Bremsadapter V-Rad		✺		Dieter R.	✓
Mutter V-Achse		✺		Dieter R.	✓
Scheibe V-Achse		✺		Dieter R.	✓
Distanzscheiben Steuerkopf		✺		Dieter R.	✓
Steuerkopfmutter		✺		Dieter R.	✓
Distanzscheibe Schwinge		✺		Dieter R.	✓
Mutter Schwinge		✺		Dieter R.	✓
Distanzstück Schwingenachse		✺		Dieter R.	✓
Kettenspanner H-Rad		✺		Dieter R.	✓
Mutter H-Rad		✺		Dieter R.	✓
Scheibe H-Rad	-	✺		Dieter R.	✓

37 Schrauben:

Alu-Schrauben hochfest, goldfarben

Anzahl	Schraube	Kopf	Schaftstärke	Schaftlänge	Gewindel.
4	M 8x30	Zylinder	8	15	15
8	M 8x45	Zylinder	-	20	25
6	M 8x25	Senkkopf	8	10	15
2	M 8x25	Linse	8	15	10
2	M 8x40	Linse	8	15	25

Anzahl	Schraube	Kopf	Schaftstärke	Schaftlänge	Gewindel.
5	M 6x15	Linse	-	-	15
12	M 6X20	Linse	-	-	20
12	M 6x20	Linse	6	10	10
2	M 6x50	Linse	-	40	10
2	M 6x10	Linse	-	-	10
3	M 6x30	Linse	-	10	20
4	M 6x40	Linse	-	20	20
1	M 6x75	Linse	-	55	20
3	M 5x20	Linse	-	-	20
3	M 5x10	Linse	-	-	10
3	M 4x10	Linse	-	-	10

Muttern selbstsichernd	Scheiben
10 Stück M 8	18 Stück
20 Stück M 6	28 Stück
6 Stück M 5	12 Stück
3 Stück M 4	3 Stück

38 Montagen und Kontrollen:		
Vorderrad	Peter	✓
Telegabel, Bremssattel, Adapter, Scheibe		✓
Lenker		✓
Lenkerarmaturen		✓
Schwingbolzen		✓
Ständerhalter		✓
Ständer		✓
Federbein		✓
Federbeinschutz		✓
Hinterrad		✓
Bremsscheibe hinten		✓
Fußrasten		✓
Fußbremse		✓
Motorunterschutz		✓
Kette mit Schutz, Aufhängung, Schläuche		✓
Kühlerverkleidung		✓
Auspuff		✓
Batteriehalter		✓
Heckteil mit Luftfilter		✓
Oberzug/Tank/Steuerkopf		✓
Sitzbank		✓
Kotflügel hinten		✓

Elektrik		✓
Motor vorn		✓
Kotflügel vorn		✓
Benzinhahn/Schlauch		✓
Kopfentlüftung		✓
Kopfaufhängung		✓
oberes/unteres Querrohr		✓
Bremse vorn		✓

16. Anlagen
16.2 Anlage 2 Ablaufplan / Merkzettel Bau Hinterrad

Begonnen: 03.08.2006
Beendet: 22.02.2007

Tätigkeit	Wer	Fertig
01 Gesamtskizzen Hinterrad:	Peter	✓
Hinterrad seitlich	Peter	✓
Lage Felge-Nabe von hinten mit Lagerung	Peter	✓
Felgenform auf Grundplatte von hinten	Peter	✓
Nabe-Speiche von hinten	Peter	✓
Distanzstücke zur Schwinge	Peter	✓
Einlegteile KuLa/Simmeringe	Peter	✓
Distanzrohr Kugellager	Peter	✓
Laminierdorn für Distanzrohr Kugellager	Peter	✓
Alle Laminierspitzen	Peter	✓
Aufnahmen für Einlegteile	Peter	✓
Achsbohrung in Arbeitsplatte	Peter	✓
ProE-3-D-Modell Hinterrad	Helmut	✓
Begutachtung und weitere Maßnahmen Prof. Dr.-Ing.	Funke?	
02 Hilfsmittel:		
Aufnahmevorrichtung vertikal und drehbar für Felgenform	Peter	✓
Aufnahmevorrichtung vertikal und drehbar für Rad komplett	Peter	✓
03 Einzelteile fertigen bzw. entsorgen:		
Kern für Distanzrohr zwischen Kugellagern drehen	Lutz	✓
Kohlefaser-Distanzrohr zwischen Kugellagern	Peter	✓
Achse zum Verschrauben auf Arbeitsplatte drehen	Lutz	✓
Einlegteile für KuLa/Simmerringe auf Al drehen	Lutz	✓
Alle Laminierdorne drehen	Lutz	✓

3 St. KuLa 42x25x9 besorgen	Peter	✓
2 St. Simmeringe 42x25x7-11 zweilippig besorgen	Peter	✓
04 Arbeitsplatte:		
Einbringen der Achsbohrung Ø 25 mm usw.	Udo	✓
Einbringen der 6 Bohrungen Ø 8 mm, Tiefe 10 mm im Lochkreis Ø 143 mm zur Aufnahme der Laminierspitzen für Kettenblattaufnahme und Einstich 1 mm für Außen-Ø 171 mm der Kettenblattaufnahme	Udo	✓
Einbringen der 4 Bohrungen Ø 6 mm, Tiefe 10 mm im Lochkreis Ø 140 mm zur Aufnahme der Laminierspitzen für Bremsscheibenaufnahme und Einstich 1 mm für Außen-Ø 156 mm der Bremsscheibenaufnahme	Udo	✓
1 mm Einstich im Ø ca. 485 mm der Felge zum Zentrieren derselben	Peter	✓
Einbringen der 4 Bohrungen Ø 6 mm im Lochkreis Ø 520 mm zur späteren Verschraubung der Felgenform mit Distanzen	Peter	✓
Fläche und Bohrungen mit Trennmittel versehen	Peter	
05 Felgenform:		
Fläche und Bohrungen mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Ausrichten und Fixieren der Felge auf der Arbeitsplatte	Peter	✓
Übergang des Felgenhorns zur Arbeitsplatte mit Modelliermasse ausgleichen	Peter	✓
In die Bohrungen der späteren Verschraubung Laminierspitzen einsetzen	Peter	✓
Felge mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Trennbrett vertikal aufbauen (2-teilige Form)	Peter	✓
Fix-A-Form und Passdübel verkleben	Peter	✓
Zuschnitte Glasgewebe, M1, Abreißgewebe anfertigen	Peter	✓
1. Hälfte Gelcoat streichen, Ecken mit Glaschnitzelbrei auffüllen, 3 Lagen Glas laminieren, Laminierkeramik bis zum Tiefbett, mit Abreißgewebe abdecken	Peter	✓
2. Hälfte laminieren	Peter	✓
1. Seite entformen, beschneiden, wenden	Peter	✓
Felgenhorn zur Arbeitsplatte mit Modellierm. ausgleichen	Peter	✓
1. Hälfte Gelcoat streichen, Ecken mit Glaschnitzelbrei auffüllen, 3 Lagen Glas laminieren, Laminierkeramik bis zum Tiefbett	Peter	✓
2. Hälfte laminieren	Peter	✓
Felgenform abbauen, Form nacharbeiten	Peter	✓
Kontrolle Rundlauf: Höhenschlag durch verzogene Form. Ursache: EP-Laminat mit Laminierkeramik getempert. Dadurch Verzug.	Peter	✓
05a Felgenform neu:		
Legeplan neu erstellen	Peter	✓
Fläche und Bohrungen mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Ausrichten und fixieren der Felge auf der Arbeitsplatte	Peter	✓
Übergang des Felgenhorns zur Arbeitsplatte mit Modelliermasse ausgleichen	Peter	✓
In die Bohrungen der späteren Verschraubung Laminierspitzen einsetzen	Peter	✓
Felge mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Trennbrett vertikal aufbauen (2-teilige Form)	Peter	✓

Fix-A-Form und Passdübel verkleben	Peter	✓
208 Zuschnitte Glasgewebe, 8 Abreißgewebe anfertigen	Peter	✓
1. Seite, 1. Hälfte Ecken mit 10 Kohlerovings und dann Glasschnitzel-/Baumwollflockenbrei auffüllen. Dann Laminat nach Legeplan, mit Abreißgewebe abdecken	Peter	✓
Trennbretter abbauen, Flächen wachsen, Folientrennmittel, Fix-A-Form und Passdübel einsetzen	Peter	✓
1. Seite, 2. Hälfte Ecken mit 10 Kohlerovings und dann Glasschnitzel-/Baumwollflockenbrei auffüllen. Dann Laminat bis zur Sollstärke, mit Abreißgewebe abdecken	Peter	✓
1. Seite entformen, beschneiden, wenden	Peter	✓
Übergang des Felgenhorns zur Arbeitsplatte mit Modelliermasse ausgleichen	Peter	✓
2. Seite wie oben laminieren	Peter	✓
Form abbauen, beschneiden, nachbessern	Peter	✓
06 Felge:		
Legeplan Felge erstellen	Peter	✓
Felgenform senkrecht und drehbar in Aufnahmenvorrichtung fixieren	Peter	✓
Felgenform mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Probelaminat mit 5 Lagen	Peter	✓
Laminieren nach Legeplan, mit Abreißgewebe abdecken	Peter	✓
Abhebungen im Bereich Felgenschulter mit Kohleroving auffüllen ringsum und in die Form	Peter	✓
Außenbereich der Felge schleifen	Peter	✓
07 Aufnahme für Bremsscheibe:		
Legeplan erstellen	Peter	✓
Mit Stefan besprechen	Peter	✓
Arbeitsplatte reinigen, mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Achse einbauen, Laminierspitzen im Lochkreis einsetzen	Peter	✓
Kugellager in Einlegteil montieren und mit Simmerring komplett auf Achse montieren, fixieren	Peter	✓
Erstlagen laminieren, Abreißgewebe aufbringen; nach Härtung von der Grundplatte abbauen, Außendurchmesser bearbeiten	Peter	✓
Rückseite Kula-Aufnahme Überstand wegdrehen	Peter G.	✓
08 Aufnahme für Kettenblatt:		
Legeplan erstellen	Peter	✓
Arbeitsplatte reinigen, mit Trennmittel versehen	Peter	✓
Mit Stefan besprechen	Peter	✓
Achse einbauen, Laminierspitzen im Lochkreis einsetzen	Peter	✓
Einlegteil zur Aufnahme Kugellager und Simmerring komplett auf Achse montieren, fixieren	Peter	✓
11 Lagen laminieren, Abreißgewebe aufbringen, nach Härtung von der Grundplatte abbauen, Außendurchmesser bearbeiten	Peter	✓
Rückseite KuLa-Aufnahme Überstand wegdrehen	Peter G.	✓
09 Modell Radnabe:		
Skizze anfertigen	Peter	✓
Herstellung des geteilten Modells aus Schaumstoff	Peter	✓

Versiegeln, Trennmittel aufbringen	Peter	✓
Beide Formhälften mit 2 Lagen laminieren	Peter	✓
Modellhälften entformen	Peter	✓
Beide Hälften verbinden	Peter	✓
Gem. Legeplan Erstlagen laminieren	Peter	✓
10 Modell Speichen:		
Schablonen anfertigen	Peter	✓
Herstellung der Modellhälften aus Schaumstoff	Peter	✓
Laminieren der 6 Speichenhälften mit 2 Lagen	Peter	✓
Alle Hälften entformen	Peter	✓
Alle Hälften verbinden	Peter	✓
Gem. Legeplan Erstlagen laminieren	Peter	✓
Speichen an Nabe und Felge anpassen	Peter	✓
11 Einzelteile verbinden:		
Anpassen und Montage auf der Arbeitsplatte in der Reihenfolge:	Peter	✓
Verschraubung Felge mit Form und Distanzstücken	Peter	✓
Aufnahme Bremsscheibe mit Einlegteil, Kugellager, Simmerring	Peter	✓
Nabe/Speichen mit Distanzrohr Kugellager	Peter	✓
Aufnahme Kettenblatt mit Einlegteil, Kugellager, Simmerring	Peter	✓
Achse einführen, fixieren	Peter	✓
Kontaktstellen der Einzelteile mit Kohlefaserschnitzel-/Baumwollflockenbrei an der ersten Seite ausfüllen, Radien modellieren, mit Abreißgewebe abdecken	Peter	✓
Zweite Seite dto.	Peter	✓
Übergänge nach Härtung bei Bedarf nacharbeiten	Peter	✓
Rad von der Arbeitsplatte abbauen, Felgenform entfernen	Peter	✓
Auf Vorrichtung montieren, Rundlauf prüfen	Peter	✓
Rad hat Höhenschlag, 6 Lagen auflaminiert	Peter	✓
Rad vermessen, Drehplan machen	Peter	✓
Tiefbett, Schulter, Hörner im Außen-Ø auf Tischlerfräse abfräsen	Peter	✓
15°-Schräge an Hörner fräsen	Lutz	✓
Alle Wandstärken auf Soll überprüfen	Peter	✓
Fehlstellen auflaminieren	Peter	✓
Alles anpassen, verschleifen	Peter	✓
12 Endlaminierung auf Sollstärke:		
Rad vertikal in drehbare Haltevorrichtung einbauen	Peter	✓
Legeplan erstellen	Peter	✓
Zuschnitte für 6 Lagen ermitteln, Schablonen bauen	Peter	✓
Zuschnitte anfertigen	Peter	✓
Laminierung nach Legeplan		

Mit Abreißgewebe abdecken, Übergänge modellieren	Peter	✓
Nach Härtung Überstände entfernen	Peter	✓
Am Holm Radien anlegen	Peter	✓
Übergänge bearbeiten, alles schleifen	Peter	✓
Reifenseitig Abschlusslage einbringen	Peter	✓
Bremssch. u. Kettenrad Abschlusslage Texalium gold	Peter	✓
Bohrungen für Ventil u. Reifenhalter einbringen	Peter	✓
Oberfläche herstellen, harzen oder lackieren	Peter	✓
Rad tempern	Peter	✓

16. Anlagen
16.3 Anlage 3 Ablaufplan / Merkzettel Bau Vorderrad

Begonnen: **01.03.2007**
Beendet: **05.06.2007**

Tätigkeit	Wer	Fertig
01 Gesamtskizzen Vorderrad:	Peter	✓
Vorderrad seitlich	Peter	✓
Lage Felge-Nabe von hinten mit Lagerung	Peter	✓
Schnitt Felgenform	Peter	✓
Schnitt Nabenkern	Peter	✓
Schnitt Speichen	Peter	✓
Distanzstücke zur Gabel	Peter	✓
Einlegteile KuLa/Simmerringe	Peter	✓
Distanzrohr Kugellager	Peter	✓
Laminierdorn für Distanzrohr Kugellager (Achse)	Peter	✓
02 Hilfsmittel:		
Alle Laminierspitzen überholen	Peter	✓
Arbeitsplatte besorgen	Peter	✓
Aufnahmevorrichtung vertikal und drehbar für Felgenform	Peter	✓
Aufnahmevorrichtung vertikal und drehbar für Rad komplett	Peter	✓
03 Einzelteile fertigen bzw. besorgen:		
Kohlefaser-Distanzrohr zwischen Kugellagern laminieren	Peter	✓
Kohlefaser-Distanzrohr plan drehen	Lutz	✓
Einlegteile für KuLa/Simmerringe aus Al drehen	Lutz	✓
2 St. Kula 20x37x9 besorgen – Rall u. Schönfeld	Peter	✓
2 St. Simmerringe 26x37x 7 zweilippig besorgen	Peter	✓
Distanzstücke Kula-Simmerring-Gabel	Lutz	✓
Formenmaterial Schaum besorgen	Peter	✓

04 Arbeitsplatte:		
Einbringen der Achsbohrung Ø 20 mm	Lutz	✓
Einbringen der 6 Bohrungen Ø 6 mm, Tiefe 10 mm im Lochkreis Ø 152 mm zur Aufnahme der Laminierspitzen für Bremsscheibenaufnahme	Lutz	✓
Fläche und Bohrungen mit Trennmittel versehen	Peter	✓
05 Modell + Radnabe:		
Schablonen anfertigen	Peter	✓
Herstellung des geteilten Modells aus Schaumstoff	Peter	✓
Versiegeln, Trennmittel aufbringen	Peter	✓
Beide Formhälften mit 2 Lagen laminieren	Peter	✓
Modellhälften entformen	Peter	✓
Beide Hälften verbinden	Peter	✓
Legeplan Erstlagen erstellen	Peter	✓
Schablonen u. Zuschnitte machen	Peter	✓
Gem. Legeplan Erstlagen laminieren	Peter	✓
Beschneiden, verputzen	Peter	✓
06 Modell + Speichen:		
Schablonen anfertigen	Peter	✓
Herstellung der Modellhälften aus Schaumstoff	Peter	✓
Laminieren der 8 Speichenhälften mit 2 Lagen	Peter	✓
Alle Hälften entformen	Peter	✓
Alle Hälften verbinden	Peter	✓
Legeplan Erstlagen erstellen	Peter	✓
Schablone und Zuschnitte anfertigen	Peter	✓
Gem. Legeplan Erstlagen laminieren	Peter	✓
Beschneiden, verputzen	Peter	✓
Speichen an Felge anpassen	Peter	✓
07 Felgenform + Felge:		
Auf der Arbeitsplatte Sechseck aufzeichnen, 6 x Brettchen 390 x 100 x 2 mit Stirnwinkel 30° anfertigen, verleimen	Peter Thomas W.	✓
6 x Schaumstoff 390 x 100 x 80 mit Stirnwinkel 30° anfertigen	Peter Thomas W	✓
6 x Al-Winkel für Zentrierverbindung herstellen	Lutz	✓
Trennebene vorsehen, verschraubbar	Peter	✓
Brettchen verkleben/verschrauben	Peter	✓
Schaumstoff einkleben	Peter	✓
Felgenformrahmen zentriert 6 x mit Grundplatte verschr.	Lutz	✓
Auf der Grundplatte 6 Zentrierungen zum Rahmen einb.	Lutz	✓
Vollformfräser bauen – Profil in einem Arbeitsgang	Lutz	
Felgenform fräsen	Peter	✓
Außenform nacharbeiten		

Form 2 x mit Epox absiegeln	Peter	✓
3 x Grundierwachs, 1 x PVA	Peter	✓
Legeplan Erstlagen erstellen	Peter	✓
Schablonen und Zuschnitte anfertigen	Peter	✓
Felge laminieren	Peter	✓
Entformen, beschneiden	Peter	✓
Alle Teile auf Platte aufbauen, anpassen	Peter	✓
4-Speichenrad sieht nicht gut aus	Peter	✓
5. Speiche bauen	Peter	✓
4 Speichen nacharbeiten – Platz für 5. Speiche	Peter	✓
Einzelteile mit Brei verbinden	Peter	✓
Verbindungs-/Verstärkungslagen laminieren	Peter	✓
Endlage laminieren	Peter	✓
Von Grundplatte abbauen, beschneiden, schleifen, harzen	Peter	✓
Rad tempern	Peter	✓
Rundlauf prüfen, i.O.	Peter	✓
Felgenhorn auf Durchmesser fräsen	Lutz	✓
Fräsfläche absiegeln	Peter	✓
Reifen aufziehen, Rad montieren	Peter	✓

Faserverbundwerkstoffe®
Composite Technology

suter-kunststoffe ag
swiss-composite.ch
CH-3312 Fraubrunnen 031 763 60 60 Fax 763 60 61