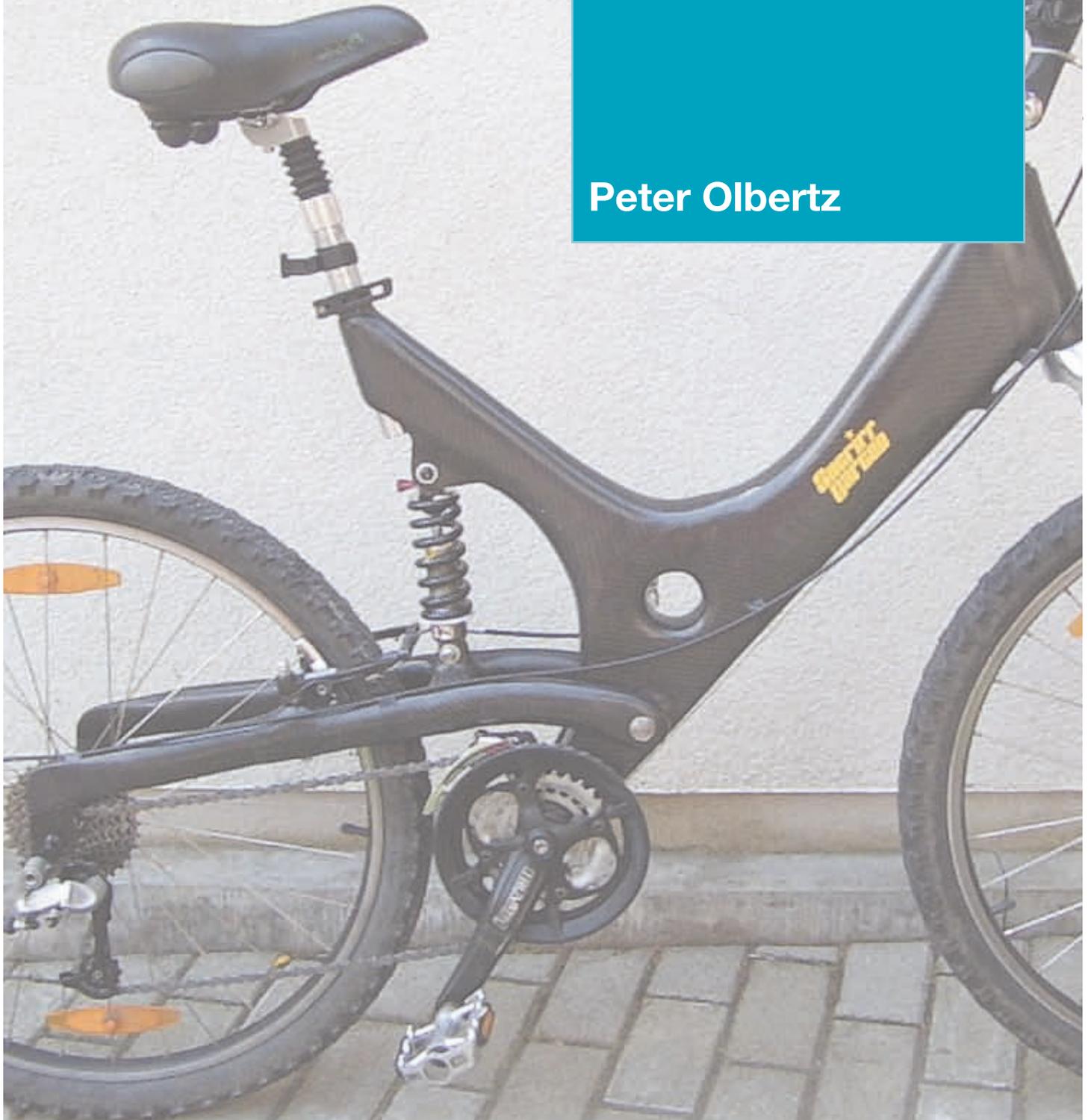


Bestell-Nr. 900 265-1

# Bau eines Fahrrades mit Carbonrahmen/ Carbonschwinge

Peter Olbertz





# Bau eines Fahrrades mit Carbonrahmen/ Carbonschwinge

Peter Olbertz

## Inhaltsverzeichnis

1. Projektbeschreibung/Ziel
2. Räumliche Voraussetzungen
3. Benötigte Materialien/Werkzeuge
4. Allgemeine Vorbereitungen
5. Arbeitsschutzmaßnahmen
6. Schwingenbau
  - 6.1 Schwingenlehre
  - 6.2 Kernbau
  - 6.3 Trennbrett
  - 6.4 Holme und Quersteg
  - 6.5 Einlegeteile
  - 6.6 Verbund aller Teile
  - 6.7 Oberflächenbearbeitung
7. Rahmenbau
  - 7.1 Schablonen
  - 7.2 Kernbau
  - 7.3 Trennbrett
  - 7.4 Einlegeteile
  - 7.5 Kernverstärkung
  - 7.6 Rahmen-Laminierung
  - 7.7 Oberflächenbearbeitung
  - 7.8 Montage
  - 7.9 Techn. Daten

## 1. Ziel des Fahrradbaues

Es soll ein leichtes Fahrrad entstehen, welches bequem zu fahren ist, und keinen großen sportlichen Anforderungen entsprechen muss. Vom alten Rad werden alle Zubehöerteile übernommen. Neu sollen nur eine gute öligedämpfte Vorderradgabel und ein Gasfederbein zum Einsatz kommen. Die Konstruktion soll einfach und leicht zu realisieren sein, deshalb ist auch eine kugelgelagerte Eingelenkschwinge vorgesehen.

## 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. Notfalls geht auch eine entsprechende Maske mit Gas- bzw. Staubfilter. Wichtigste Anforderung: Raumtemperaturen von 20-25 ° 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/m<sup>2</sup> 20 und 60 mm breit, Kohlefaserewebe 204 g/m<sup>2</sup> Körperbindung, Kohlefaserflecht-schlauch 35 mm breit, Biaxial-Kohlegelege 160 g/m<sup>2</sup>, Abrissgewebe 100 g/m<sup>2</sup>, Epoxydharz L mit Härter VE 3261, Verdünnungs- und Reinigungsmittel Aceton, Baumwollflocken, Kohlefaserschnitzel, Grundierwachs, Folientrennmittel, Trennlackpinsel, Titan/Alu für Einlege-teile und Achse.

Proton-Schere, Rollmesser, Latex-Handschuhe, entsprechende Pinsel, Rührhölzer, Mischbecher, Modelliermasse, Schaumstoffrollen, Laminierwanne, Entlüftungs-roller, Gas/Staubmaske, Folien, Schleifmittel, Digitalwaage/Dosiergefäße, Spritzen für kleine Mischungen, entsprechende Werkzeuge zur Holzbearbeitung und sonstige normale Werkstattausrüstung, Reinigungs-/Pflegemittel für die Hände. Im wesentlichen wurden alle Materialien und Werkzeuge aus dem Hause R & G verwendet.

## 4. Allgemeine Vorbereitungen

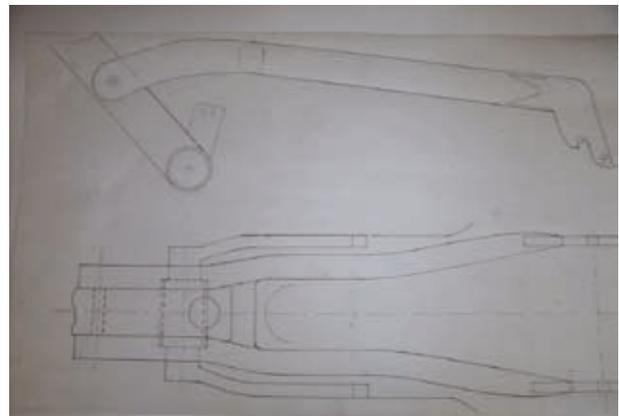
Zunächst werden die relevanten Maße wie Rahmengröße, Radstand, Höhe des Tretlagers, Steuerkopf- und Sattelstützenwinkel ermittelt.

Diese Werte werden auf dem Reißbrett 1:1 als Seitenansicht aufgetragen und die Rahmenform festgelegt.



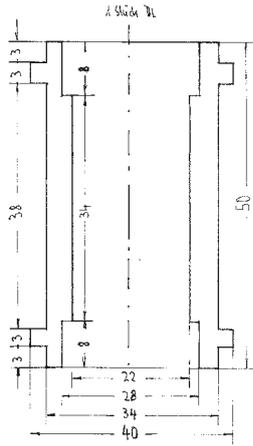
(Bild 01 Rahmenskizze)

Von der Seitenansicht der Schwinge wird ein Auszug als Draufsicht angelegt, um die Problemstellen zu erkennen. (Tretkurbel, hinten rausstehende Schuhe müssen an der Schwinge vorbeigehen, die Kette muss in allen Gängen unter dem Schwingholm durchgehen, Schwingenlagerung muss möglichst weit ans Tretlager usw.)



(Bild 02 Schwinge in beiden Darstellungen)

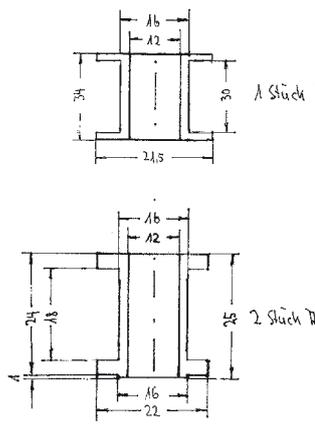
Der Körper für die Aufnahme der Kugellager mit Distanzstück und die beiden Einlege-teile in den Schwingholm werden 1:1 skizziert und als Al-Drehteil in Auftrag gegeben.



03a

(Bild 03a Lagersitz für Kugellager

Bild 03b Distanzstück und Einlegeteil Schwingholm)



03b

Der Schwingenbolzen wird 1:1 skizziert und aus Gewichtsgründen als Drehteil aus Titan in Auftrag gegeben.



(Bild 04 Schwingenbolzen)

Die Einlegeteile für die Hinterachsaufnahme wird 1:1 skizziert und als Al-Frästeile in Auftrag gegeben.



(Bild 05 Einlegeteile Hinterachsaufnahme)

Die übrigen Teile wie Steuerkopfrühr, Tretlageraufnahme, Widerlager für die Bowdenzüge, Aufnahme für die Hinterradbremse, werden aus einem defekten Al-Rahmen ausgeflext. Alle Al-Teile werden eloxiert, um chemische Reaktionen mit der Matrix zu vermeiden.



(Bild 06 Al-Einlegteile)

Beim skizzieren des Rahmens auf dem Reißbrett wird statt des normalen Brettes eine Möbelplatte eingebaut und das Skizzenpapier aufgeklebt. Das ist vorteilhaft, weil diese Konstruktion gleich als Trennbrett verwendet werden kann.

## 5. Arbeitsschutzmaßnahmen

- Handschuhe tragen
- Augenschutz verwenden
- Harzspritzer auf der Haut oder in den Augen mit klarem Wasser ausspülen

Sicherheitsdatenblätter zu allen benötigten Gefahrstoffen (Polyesterharz U 569 TV-01 V, MEKP-Härter, Styrol) können im Internet bei [www.r-g.de](http://www.r-g.de) unter „Service“ in „Sicherheitsdaten“ kostenlos abgerufen werden.

## 6. Schwingenfertigung

Da mir der Bau der Schwinge komplizierter als der des Rahmes vorkam, habe ich mit der Schwinge begonnen.

### 6.1 Schwingenlehre

Da die Schwinge erheblich zur Fahrstabilität beiträgt, wird hier ein ovaler Querschnitt von 25 x 40 mm festgelegt. Wegen der Länge der Schwinge habe ich den Einbau eines Quersteiges horizontal im inneren der Holme vorgesehen.

Zunächst wird eine Lehre gebaut, auf der die beiden Schwingenholme aufgenommen werden können. Das garantiert, dass hinterher alles haargenau passt. Dazu wird eine Möbelplatte und die bereits auf Größe gebrachten und gebohrten Klötze aus Hartholz eine Woche in Öl eingelegt. Dies stellt sicher, dass die

Konstruktion auch später bei wechselnden Jahreszeiten stets absolut in ihrer Lage stabil bleibt und keinerlei Verzug eintritt.

Nach der Ölung werden die entsprechenden Maße auf die Grundplatte aufgetragen und die Klötze von unten stabil verschraubt. Die Bolzen D 12 für Schwingenlager und D 10 für die Hinterachse werden in Auftrag gegeben.



(Bild 07a Schwingenlehre von oben)



(Bild 07b Schwingenlehre seitlich)

## 6.2 Kernbau

Nun geht es an die Ausarbeitung der Kerne für die Schwingenhölme. Dazu werden von den 1:1 Skizzen mittels transparentem Papier die Schablonen für die Seitenansicht und Draufsicht abgenommen und auf stabile Pappen übertragen. Bedingt durch die zum Schwingenlager gebogene Schwinge, muss bei der Schablone für die Draufsicht eine geringe Längendifferenz beachtet werden. Da die Schablonen dem Endmaß entsprechen, müssen sie abzüglich der Laminatstärke und der Verstärkung der Schaumstoffholme mit zwei Lagen Gewebe verändert werden.



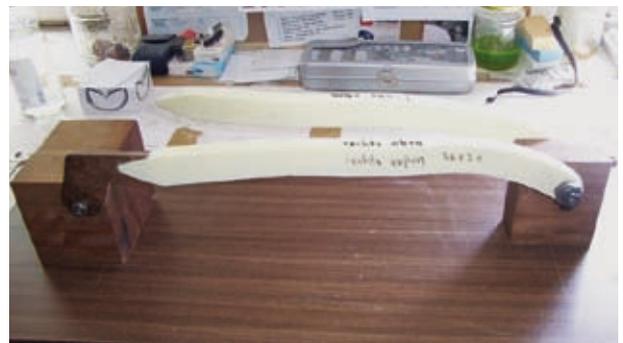
(Bild 08 Kernschablone seitlich und von oben)

Als Material für die Kerne wird Schaumstoff aus einer Kühlschrankschranktür verwendet, der sehr feinporig ist und sich gut mittels Eisensägeblatt und Schleifpapier bearbeiten lässt.

Zunächst wird die Schablone für die Seitenansicht aufgelegt und die Kerne ausgeschnitten. Danach folgen die Schablonen für die Draufsicht und das Ausschneiden.

Nun liegen die Holme in rechteckiger Form vor.

In die beiden Holme wird nun eine 12 mm Bohrung eingebracht, um sie in der Schwingenlehre mit dem Bolzen aufnehmen zu können. (Da die Al-Einlegeteile noch nicht fertig waren.) Das Einlegeteil für die Hinterachsaufnahme wird aus 8 mm Presspappe gebaut, um die Holme an ihrem Ende vorerst darin aufnehmen zu können. Das Ende der Holme wird nun spitzwinklig bearbeitet und in die Aufnahme eingepasst. Nun können beide Schaumstoffholme in der Lehre montiert werden.



(Bild 09a rechteckige Schaumstoffholme in der Schwingenlehre seitlich)



(09b rechteckige Schaumstoffholme in der Schwingenlehre von oben)

Da sie aber oval werden sollten, werden sie mit entsprechenden Hilfslinien versehen, die die Ovalisierung erleichterten.



(Bild 10 Schaumstoffholme mit Hilfslinien)

Den endgültigen Schliff erhalten sie mittels eines der Ovalität entsprechenden Werkzeuges, welches innen mit Sandpapier beklebt ist. So ist eine ordentliche und maßhaltige Oberfläche garantiert.



(Bild 11a ovale Schaumstoffholme seitlich in der Lehre)



(Bild 11b ovale Schaumstoffholme von oben in der Lehre)

Es müssen noch zwei wichtige Punkte fixiert werden. Einmal die Stellung des Querstegs der Schwinge, der zugleich die untere Federbeinaufnahme enthält und die Stellung der beiden durchgehenden Schrauben M 6, welche die Hinterradbremse halten. Dazu wird das Hinterrad im Schraubstock eingespannt und mit der Wasserwaage senkrecht ausgerichtet. Die Einlegeteile werden von der Lehre abgebaut und am Hinterrad montiert. Die Lehre wird senkrecht gestellt und die Holme montiert. Nun wird der vorgefertigte Quersteg eingepasst, minus Laminatstärke und Verstärkung der Holme. Die Holme werden im Bereich des Querstegs verjüngt, weil bei der Einbindung des Querstegs eine Materialanhäufung entsteht, die am Ende ja nicht sichtbar sein soll. Die Stelle der Bremshalterung wird mittels Schablone aufgetragen und nach innen eine

leichte Verbreiterung aufgeklebt, damit um die Halteschrauben genügend „Fleisch“ vorhanden ist.



(Bild 12a montierte Holme mit Hinterrad von oben)

Die Holme werden nun mit einer Lage Kohlefaser-Flechtschlauch 35 mm breit, und einer Lage UD-Kohlefaserband 204 g/m<sup>2</sup>, mit EP-Harz verstärkt. Zum Zuschneiden wird die Proton-Schere benutzt, weil diese Schere von Glas über Carbon, Aramid und Dyneema alles gut schneidet und über eine lange Lebensdauer, Dank Beschichtung, verfügt.

Dann wird der Harzansatz vorbereitet. Verwendet wird Epoxydharz L und Härter EPH 161. Dieser Härter wird gewählt, weil er 90 min Topfzeit garantiert. Auch für komplizierte Bauteile bleibt hier genügend Zeit zur Verarbeitung. Außerdem ist das Laminat nach Temperung bis 140° temperaturbeständig.

Vor Beginn der Arbeit wurden Latexhandschuhe angelegt. Dazu wird dringend geraten, weil selbst auf unempfindlicher Haut nach Berührung mit Harz ein starker Juckreiz entsteht

Zum Mischen von Harz/Härter ist die im HB beigelegte Mischtafel nützlich. Zum genauen Wiegen wird eine Digitalwaage verwendet. Das ist aber nur ab 50 g. Harz zu empfehlen. Mengen darunter sollten wegen der Genauigkeit mittels Spritzen nach Volumen gemischt werden.

Achtung: die Mischungsverhältnisse sind in Gewicht und Volumen unterschiedlich! Das Harz wird am besten in runden PE-Behältnissen gemischt. Zum Mischen empfehlen sich Holzspatel. Harz und Härter werden nun im Gefäß gründlich verrührt, weil nur so eine entsprechende Qualität des Laminats gewährleistet ist. Das Harz wird mit einem Pinsel entsprechender Größe satt auf die Holme aufgetragen, der Kohleschlauch darüber geschoben und am Ende mit einem dünnen Bindedraht oder Aramidfaden zusammen gebunden. Am anderen Ende wird jetzt gezogen und dieser Vorgang durch Streichen mit der Hand unterstützt. Danach wird mit dem Pinsel Harz aufgetragen, wobei alle Stellen gut benetzt sein sollten. Dies sollte man durch Drehen in verschiedene Lichteinfälle prüfen. Der so gespannte Schlauch hat sich gut an die Holme angelegt und wird mit einem Draht zusammen gebunden. Die Lage UD-Band wird auf einem glatten Untergrund (Folie, Glasplatte usw.) vorgetränkt und jetzt am Holm in Längsrichtung verlegt. Es ist darauf zu achten, dass das Band überall form-schlüssig am Holm anliegt.

Nun werden die Holme mit 2 cm Nylon-Abreibgewebeband gewickelt. Das erspart späteres Schleifen, ergibt einen guten Verbund der Lagen und den Austritt von

überflüssigem Harz. Das Laminat wird nun an einem Ort mit Raumtemperatur untergebracht und braucht 24 Stunden zum Aushärten.



(Bild 13 mit zwei Lagen verstärkte Kerne )

## 6.3 Trennbrett

Um einen inneren Quersteg einbauen zu können, gibt es jetzt zwei Möglichkeiten:

1. könnte der Holm horizontal aufgeschnitten und das Kernmaterial entfernt werden, dann könnte der vorgefertigte Quersteg eingebaut und die drei Teile miteinander verklebt werden.
2. könnte man ein horizontales Trennbrett bauen, jede Seite des Holms einzeln abformen und dann wie oben die drei Teile verkleben.

Punkt 1 entfällt, weil dann der Kern nicht mehr zur Verfügung stehen würde um eventuell eine weitere Schwinge zu bauen.

Also wird gemäß Punkt 2 ein Trennbrett gebaut. Dazu werden jeweils zwei Hartholzbretter und zwei Spanplatten miteinander verschraubt. Die Holm-Seitenansichtschablone wird mittig geteilt und diese Linie auf das Trennbrett übertragen. Die untere Linie des Trennbrettes kann beliebig ausgelegt werden. Mittels Kreis- und Stichsäge werden die Bögen ausgesägt und flächig nachgearbeitet.



(Bild 14 Trennbrett seitlich)

Danach werden die Draufsicht-Schablone des Holms aufgelegt und angerissen. Am Anfang und Ende des Holms werden jeweils zwei Löcher 8 mm gebohrt, um mit der Stichsäge arbeiten zu können. Damit der Holm saugend ins Trennbrett geht, waren einige Nacharbeiten mit der Raspel erforderlich.

Die Fertigung des Trennbrettes für den zweiten Holm erfolgte analog.



(Bild 15 Trennbrettanriß von oben)

Die Trennfläche des Trennbrettes versieht man mit Teppichklebeband, was ohne Trennmittel eine gute Entformung ermöglicht.

Von den beiden Holmen wurde inzwischen das Abrissgewebe entfernt und die leichten Konturen der Wicklung mittels Schleifpapier entfernt. Die beiden Holme werden in die Trennbretter eingesetzt. Zur Kontrolle der mittigen Einlage der Holme fertigt man ein einfaches Werkzeug aus Schaumstoff an, womit sich die Höhe der herausstehenden Holme einfach kontrollieren lässt.



(Bild 16 Höheneinstellung Kern im Trennbrett )

Zur genauen Arretierung der Holme werden von unten Schaumstoffklötzchen eingeklebt, damit die Holme beim laminieren nicht nach unten gedrückt werden können. Die Zwischenräume Holm und Trennbrett werden mit Modelliermasse aufgefüllt und mit einem Holzspatel oder Messerrücken sauber geglättet.



(Bild 17 Arretierung der Holme von unten)

## 6.4 Holme und Quersteg

Die Holme werden mit Trennmittel behandelt. 3 x mit Grundierwachs und 1 x mit Folientrennmittel PVA. Das Grundierwachs wird mit einem weichen Lappen oder Schwämmchen, in den Ecken mit einem weichen Pinsel, dünn aufgetragen und sofort mit einem weichen Baumwolltuch geglättet. Zwischen jedem Wachsaufrag sollte man 10-15 min ablüften lassen. Polieren ist nicht notwendig, da der nachfolgende Auftrag vom Folientrennmittel PVA mittels Trennlackpinsel eine hochglänzende Oberfläche ergibt.

Während das Folientrennmittel abtrocknet, werden die Zuschnitte für die beiden Lagen gemacht. Verwendet wird hier eine Lage Kohlegewebe Körper 204 g/m<sup>2</sup> und eine Lage UD-Kohlefaserband 204 g/m. Mittels Pinsel trägt man das angerührte Harz satt auf die Holme und die Trennbretter auf und legt das Gewebe vorsichtig auf, da es sich sehr leicht verschiebt. Das Band wird auf einer glatten Fläche (Glasplatte oder Folie) vorgetränkt und dann aufgelegt. Mit dem Pinsel wird alles leicht nachgetupft. Ein Überstreichen mit dem Finger gibt die Gewissheit, dass das Gewebe gut anliegt. Besonders wichtig ist der Winkel im Übergang Holm-Trennbrett, der am besten mit der Spitze eines Messerrückens nachgestrichen wird. Zum Schluß wird alles mit Abrissgewebe abgedeckt und bei Raumtemperatur zum Härten abgestellt.



(Bild 18a Kerne im Trennbrett seitlich)



(Bild 18b Kerne im Trennbrett von oben)



(Bild 18c Kerne im Trennbrett, 1. Seite laminiert)

Nach 24 Stunden kann der Überstand auf den Trennbrettern leicht mit einem dünnen Spachtel angelöst und die Holme von der Unterseite des Trennbretts aus herausgedrückt.

Es erfolgt, wie oben beschrieben, die Behandlung der Holme und des Überstandes durch das Trennbrett mit Grundierwachs und Folientrennmittel.

Danach wird die 2. Seite der Holme laminiert und mit Abreißgewebe abgedeckt.

Nach der Härtung lassen sich die beiden Halbschalen der Holme gut vom Kern trennen, wenn man mit einem dünnen Schraubendreher zwischen die Überstände der Trennebene fährt und den Schraubendreher langsam dreht.



(Bild 19 Halbschalen entformt mit Kern)

Zur Fertigstellung der Halbschalen wird jetzt unter laufendem Wasser ein möglicher Rückstand vom Folientrennmittel aus dem Innenbereich der Halbschalen mit einem Schwamm oder Lappen ausgewaschen. Nach dem Trocknen der Teile werden die Überstände vom Trennbrett mit einem Eisensägeblatt abgesägt und mit Sandpapier nachgeschliffen. Zum Schluss wird das Abrissgewebe entfernt.

Jetzt ist der innere Quersteg anzufertigen. Da er der Linie der Trennfläche folgen muss, wird dazu ein Hilfsmittel benötigt. In diesem Fall ist das ganz einfach. Auf das Trennbrett wird ein dünnes Al-Blech geschraubt und schon ist der Fall erledigt.

Das so entstandene Hilfsmittel wird, wie oben beschrieben, mit Trennmittel behandelt.



(Bild 20 aus Trennbrett wird Form für Quersteg)

Als Material für die Querstege werden zwei Lagen Biaxial-Kohlegelege 160 g/m<sup>2</sup> gewählt, weil hiermit die zu erwartenden Querkräfte an der Schwinge am besten aufgenommen werden können. Es erfolgt der einfache Zuschnitt und das Laminieren des Geleges. Zum Schluss wird wieder mit Abrissgewebe abgedeckt. Nach dem Härten wird entformt, das Folientrennmittel abgewaschen und mittels Draufsichtschablone angerissen. Mittels Blechschere wird ausgeschnitten und mit Sandpapier genau geschliffen.



(Bild 21 Quersteg laminiert)

Die glatte Seite der Querstege wird gründlich angeschliffen, um beim Verkleben der drei Teile einen guten Verbund zu gewährleisten. Das Abrissgewebe wird entfernt.

Jetzt werden die drei Teile für jeden Holm auf Passgenauigkeit geprüft und notfalls nachbearbeitet. Mit zwei Streifen Biaxial-Kohlegelege wird nun jede Holmhälfte im Bereich der Trennfläche mit dem Quersteg verklebt, mit einer Lage Kohleschlauch verstärkt und mit Abrissgewebe abgedeckt.

Nach dem Härten wird das Abrissgewebe entfernt, die Übergänge vom Laminat leicht befeilt und endgültig mit Sandpapier geglättet. Der Träger für die weiteren Schichten Laminat ist nun komplett und muss nur noch an das hintere und vordere Al-Einlegteil angepasst werden.



(Bild 22a Halbschalen und innerer Quersteg)



(Bild 22b Halbschalen und innerer Quersteg fixiert)



(Bild 22c Halbschalen und innerer Quersteg verklebt)



(Bild 22d Holm mit einer Lage Kohleschlauch verstärkt)



(Bild 22e Holm mit Abrissgewebeband gewickelt)



(Bild 22f Holme geschliffen)

## 6.5 Einlegeteile

Das vordere Ende der Holme wird mittig zur Schwingengachse abgesägt und das Einlegeteil eingepasst. Das hintere Holmende wird ebenfalls in das gabelförmige Einlegeteil eingepasst. Alles wird durch Einbau in die Lehre auf Passgenauigkeit überprüft.



(Bild 23a angepasste Holme von hinten)



(Bild 23b angepasste Holme in der Lehre)

Nun wird mit einem Baumwollflocken/Kohlefaserschnitzel-Brei die Fixierung der Teile vorgenommen. Nach Härtung werden die laminierten Stellen nachgearbeitet.



(Bild 24 Einlegeteile mit Holmen verklebt)

## 6.6 Verbund aller Teile

Zunächst werden auf die Holme die Verstärkungslagen laminiert. Man beginnt mit einer Lage Kohlefaserflechtschlauch. Dazu werden die Holme satt mit Harz eingestrichen und der Flechtschlauch aufgeschoben. Am hinteren Schwingenende wird der Schlauch auf den flachen Einlegeteilen festgespannt, dann nach vorn gezogen, wobei man durch Streichen mit dem Finger diesen Vorgang unterstützt. Dabei erfolgt auch die Kontrolle, ob

alles gut anliegt. Nun wird der Schlauch getränkt. Im Wechsel folgt jetzt UD-Band mit Schlauch, wobei insgesamt drei Lagen Schlauch und zwei Lagen UD-Band laminiert werden. Zum Schluss wird alles noch einmal nach vorn gezogen/gestrichen und vorn mit einem Aramidfaden zusammengebunden (Kohlefaden reißt beim Knoten). Die Holme werden mit Abrissgewebeband gewickelt. Dies garantiert den Verbund aller Lagen, überflüssiges Harz tritt aus und Schleifen wird eingespart.



(Bild 25 Verstärkungslagen laminiert)

Nach dem Härten werden die Überstände vom Wickeln leicht überschleift.

Die Holme werden in der Lehre aufgenommen. Die Bohrungen für die Bremsbefestigung und die Stellung des Querholms für die Federbeinaufnahme werden gem. Zeichnung angerissen. Mit der Lehre werden die Holme waagrecht in Längs- und Querrichtung auf dem Bohrtisch befestigt und 10 mm-Löcher gebohrt.



(Bild 26 Bohrungen für Bremsbefestigung)

Um einen 6-mm Dorn wird UD-Band gewickelt. Dieses Röhrchen wird nach Überdrehen auf Durchmesser 10 mm und Entfernung des Dorns als Distanzstück für die Bremsbefestigung im Holm eingeklebt.



(Bild 27 Röhrchen mit Dorn)

Den vorgefertigten Querholm für die Federbeinaufnahme passt man an die Holme an. Mit einem Gemisch aus Baumwollflocken/Kohleschnitzel werden die Distanzröhrchen und der Quersteg mit den Holmen verklebt.



(Bild 28 Verklebung Röhrcchen mit Querholm)

Nach dem Härten werden die Klebstellen geglättet und der Querholm durch Verstärkungslagen in die Holme eingebunden. Dazu werden UD-Band und gezogenes Kohlegewebe 204 g/m<sup>2</sup> Körper verwendet, weil sich dies gut konturieren lässt.



(Bild 29 Querholm eingebunden)

## 6.7 Kleinteile

Nach Härtung und Verschleiff des letzten Laminats ist die Herstellung von Fixierungsmitteln für die Federbeinaufnahme am Querholm erforderlich, um die exakte Stellung waagrecht und winklig zur Längsachse zu gewährleisten zu können.



(Bild 30a Fixierung der Federbeinaufnahme von oben)



(Bild 30b Fixierung der Federbeinaufnahme seitlich)

Die Stoßdämpferhalterung wird mit Baumwollflocken/ Kohlefaserschnitzel-Brei aufgeklebt und dann quer und längs mit UD-Band verstärkt. Jetzt werden die letzten Kleinteile wie Aufnahme für Bremse und Bowdenzugführung an der richtigen Stelle platziert, mit Baumwollflocken/Kohleschnitzel-Brei laminiert und diese Stellen mit Kohlegewebe verstärkt und abgedeckt. Nach Härtung wird alles entsprechend geschliffen.



(Bild komplette Schwinge)

## 6.8 Oberflächenbearbeitung

Auf die komplette Schwinge wird je nach Erfordernis mehrmals Gelcoat aufgetragen und geschliffen, bis eine einwandfreie Oberfläche geschaffen ist und die Kontur der Fasern gut sichtbar ist. Dann wird die Schwinge in der Lehre im Temperofen 15 h bei 60 ° und 10 h bei 100 ° getempert. Zum Schluss wird die Schwinge mit einem 2-Komponenten-Auto-Klarlack lackiert.



(Bild fertige Schwinge)



## 7. Rahmenbau

### 7.1 Anfertigung der Schablone

Von der Rahmenskizze am Reißbrett wird mittels Transparentpapier eine Kopie angefertigt, das Transparentpapier ausgeschnitten und auf eine entsprechende Pappe als Schablone übertragen. Nachdem die Pappe ausgeschnitten ist, werden alle wichtigen Punkte wie Tretlager, Steuerkopflager, Schwingenlager und die Anlenkung der Sattelstütze überprüft.



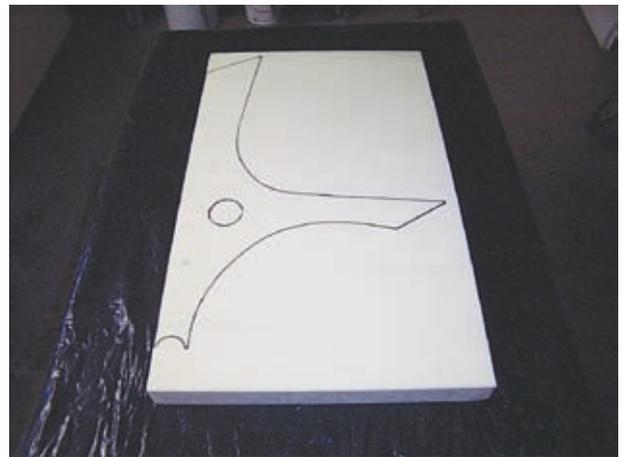
(Bild 33 Rahmen-Schablone)

Die Schablone wird auf die Platte aufgelegt und mittels Filzstift angerissen.

Die Achspunkte werden mit übertragen. Zur Sicherheit wird alles auf die Gegenseite übertragen.



(Bild 35a Schablone auf Platte)



(Bild 35b Anriss der Schaumstoffplatte)

### 7.2 Kernbau

Als Kernmaterial wird die Dämmung einer Kühlschrankschranktür gewählt. Das kostet nichts. Das Material ist sehr feinporig und lässt sich gut bearbeiten. Beim späteren Laminieren muss nicht abgesiegelt werden.

Das Material ist 100 mm dick, deshalb so nicht zu benutzen. Auf einer Abrichte werden die umlaufenden Kanten rechtwinklig gemacht und nach Anriss auf der Bandsäge hochkant getrennt, sodass die benötigte Platte von 55 mm Dicke vorliegt. Da die Platte ursprünglich auf beiden Seiten einen glatten Abschluss hatte, verzog sie sich durch das Auftrennen. Die glatte Seite wurde geschliffen, danach ist sie wieder gerade.



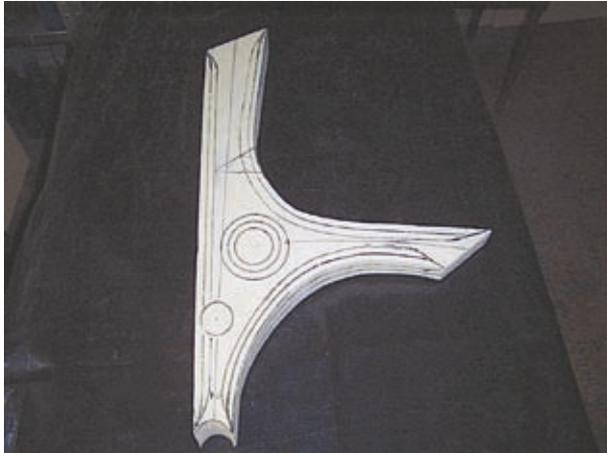
(Bild 34 Schaumstoffplatte für Rahmenkern)

Mittels Fuchsschwanz und Eisensägeblatt werden die Konturen des Rahmens jetzt aus der Platte ausgeschnitten und mit Sandpapier geglättet.

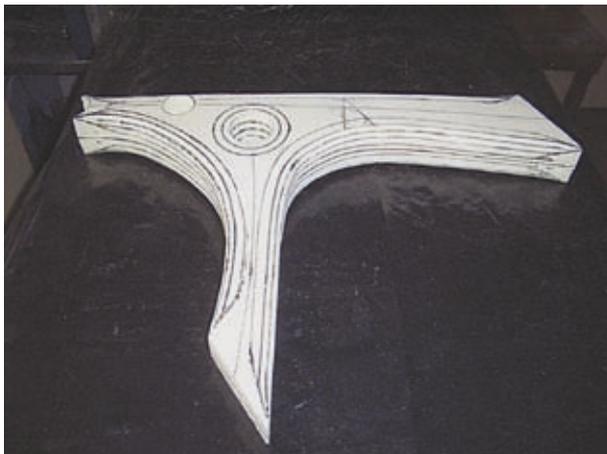


(Bild 36 Ausgeschnittener Rahmenkern)

Zur Vereinfachung der weiteren Bearbeitung werden entsprechende Hilfslinien auf dem Kern aufgebracht und die Löcher für Schwingenaufnahme und Aussparung mit einer Lochsäge ausgesägt. Später werden für die entsprechenden Radien noch Schablonen angefertigt um einen gleichmäßigen Kern herzustellen.



(Bild 37a Rahmenkern mit Hilfslinien)



(Bild 37b Rahmenkern mit weiteren Hilfslinien)

Die Radien werden nach den Hilfslinien und mittels Schablone angebracht. Im Bereich der Einlegeteile werden gemäß Legeplan entsprechende Verjüngungen des Kerns geschliffen, um Materialanhäufungen nach außen zu vermeiden.



(Bild 38a geschliffener Kern seitlich)



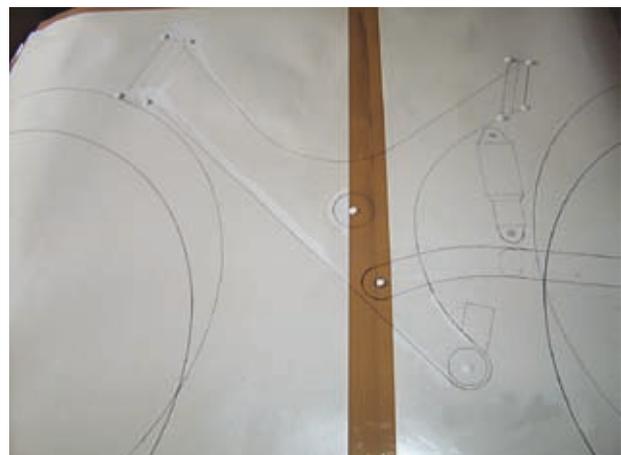
(Bild 38b geschliffener Kern von oben)

## 7.3 Trennbrett

Jetzt wird das Trennbrett vorbereitet. Es werden 6 gerade Möbelplatten stabil miteinander verschraubt, was eine Dicke von 60 mm in drei Lagen ergibt. Danach wird die Rahmenskizze aufgelegt und mit Reißzwecken befestigt.



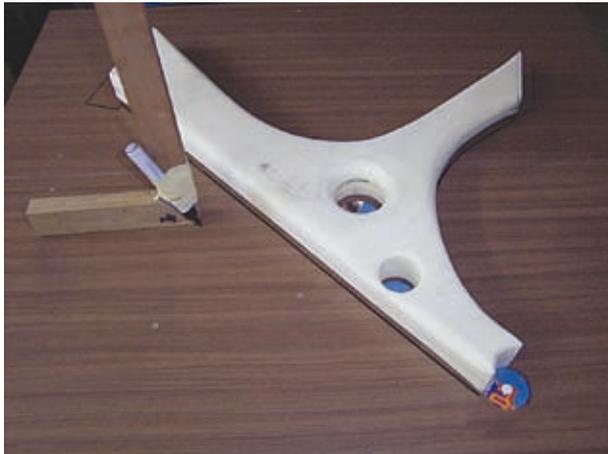
(Bild 39a verschraubte Möbelplatte)



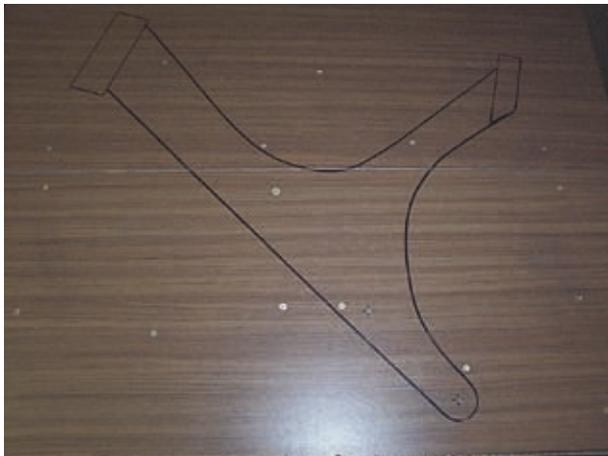
(Bild 39b verschraubte Möbelplatte mit Rahmenskizze)

Die wesentlichen Punkte werden mittels Körner durch die Zeichnung auf dem Trennbrett markiert, die Skizze abgenommen und die Linien ausgezogen. Der Kern wird aufgelegt und mittels eines an dem Winkel befestigten Filzstiftes die Kontur des Rahmens auf das Trennbrett übertragen.

Die Bohrungen fürs Tret- und Schwingenlager werden bis in die 3. Lage vorgebohrt.



(Bild 40 Kernumriss auf Trennbrett übertragen)



(Bild 41 Angerissenes Trennbrett)

Jetzt wird die 3. Lage wieder abgeschraubt und die ersten beiden Lagen gemäß Anriss mit der Stichsäge ausgesägt. Falls der Kern und die Einlegteile nicht genau hineinpassen, wird mit der Raspel nachgearbeitet. Die 3. Lage wird wieder angeschraubt und für die Bohrungen für Schwingenlager mit Durchmesser 12 mm und für das Tretlager mit Durchmesser 16 mm fertig gebohrt.



(Bild 42 Ausgearbeitetes Trennbrett)

## 7.4 Einlegteile

Der Steuerkopf und die Tretlageraufnahme werden an der Innenseite abgeklebt und die Aussparungen mit Kohlefaser/Baumwollflocken-Gemisch aufgefüllt und mit zwei Lagen UD-Band gewickelt. Das sichert beim weiteren Laminieren guten Verbund und verhindert eine Verdrehung.

Die Sattenstützenaufnahme wurde direkt über das Sattelstützenrohr gewickelt und dann entformt. Das garantiert eine hohe Passgenauigkeit beider Bauteile bei der späteren Klemmung.

In die Tretlageraufnahme wird das Tretlager montiert. In die Schwingenlageraufnahme werden Distanzbuchse und die Lager samt Bolzen montiert.

Tretlager und Schwingenlager werden nun mittig im Trennbrett in den bereits eingebrachten Bohrungen fest verschraubt.

Für Steuerkopf und Sattenrohraufnahme wird in der jeweiligen Länge ein Bolzen mit beidseitig 20 mm Überstand gedreht, der saugend in die Innendurchmesser passt. Die Überstände werden jeweils bis zur Mitte abgefräst.

Die Flächen liegen nun auf dem Trennbrett auf und garantieren, dass die Einlegteile genau mittig ins Trennbrett eingelassen sind.



(Bild 43 Vorbereitete Einlegteile im Trennbrett)

## 7.5 Kernverstärkung

Da nun die Einlegteile an den festgelegten Punkten plaziert sind, wird der Kern in das Trennbrett eingelegt. Dazu wird ein Gipsbrei angerührt, unter dem Trennbrett verteilt und mit Folie abgedeckt. Das erleichtert das spätere Entformen aus dem Trennbrett. Anhand der vorhandenen Mittelrisse kann der Kern genau um die Hälfte im Trennbrett eingelassen werden, bevor der Gipsbrei erstarrt.



(Bild 44 Gipsbrei im Trennbrett)



(Bild 45 Fugen mit Modelliermasse)



(Bild 44 a Gipsbrei mit Folie abgedeckt)

Aus einem Betttuch werden die entsprechenden Schablonen für die Zuschnitte angefertigt und die Zuschnitte gemacht.



(Bild 46 Schablone für Zuschnitte)



(Bild 44 b Kern eingelegt)

Die Spalten zwischen Trennbrett, Kern und Einlegteilen werden mit Modelliermasse gut ausgefüllt und geglättet. Das Trennbrett wird sorgfältig mit Trennmittel behandelt.

## Legeplan Rahmen im Trennbrett

### 1. Gang, 1. Seite:

- Kehlnaht zu Einlegteilen mit Schnitzeln/Flockengemisch auffüllen
- Eine Lage Kohle/Aramid 204 g Körper über gesamten Kern ohne Einlegteile
- Drei Lagen im konischen Bereich zu Einlegteilen mit UD-Band mit 5-7-9 cm Länge
- Eine Lage Kohle/Aramid 204 g Körper über gesamten Kern mit Einlegteilen
- mit Abrissgewebe abdecken

Nach dem Härten wird der Rahmen samt Einlegteilen vorsichtig aus dem Trennbrett entnommen und die 2. Seite laminiert



(Bild 47a Zuschnitte Kernverstärkung mit Einbindung Einlegteile)



(Bild 47b Kernverstärkung mit Einbindung Einlegteile)

## 2. Gang, 2. Seite:

- Abreißgewebe entfernen
- Kehlnaht zu Einlegteilen mit Schnitzeln/Flockengemisch auffüllen
- Eine Lage Kohle 204 g Körper über gesamten Kern ohne Einlegteile
- Drei Lagen im konischen Bereich zu Einlegteilen mit UD-Band mit 5-7-9 cm Länge
- Eine Lage Kohle 204 g Körper über gesamten Kern mit Einlegteilen
- mit Abreißgewebe abdecken

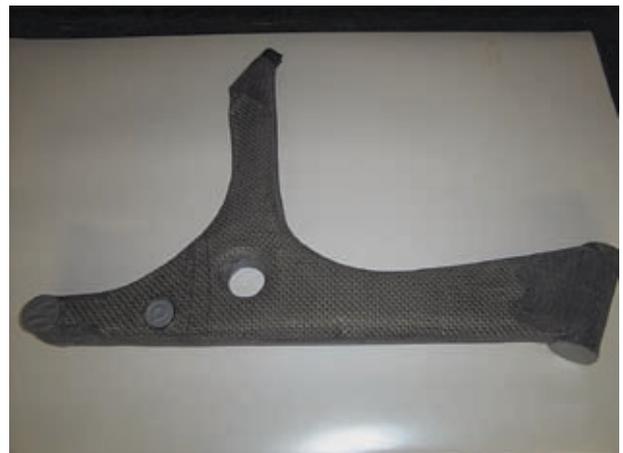
Nach dem Härten wird die Trennbrettkante abgeschnitten und eventuelle Überstände/Übergänge mit Sandpapier geglättet.



(Bild 48 Kern verstärkt und Einlegteile eingebunden)

## 3. Gang, Verstärkungslagen:

Eine Lage Biaxial wird über die Trennfuge 2 cm breit laminiert. Je drei Lagen UD-Band werden um die Einlegteile Steuerkopf, Sattelstützenaufnahme und Tretlager abgestuft laminiert, um Materialanhäufungen zu vermeiden. Alles wird mit Abreißgewebe abgedeckt. Nach dem Härten wird an den Übergängen grob geschliffen.



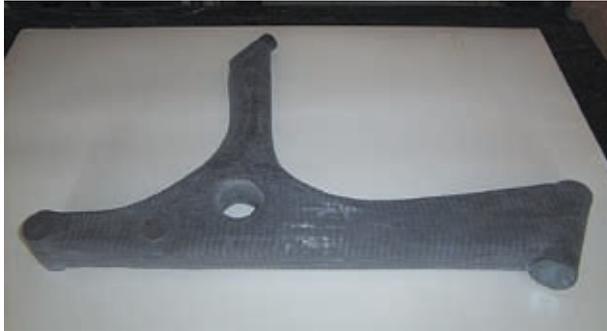
(Bild 49 UD-Lagen um Einlegteile)

## 7.6 Rahmen-Laminierung

Die weitere Laminierung erfolgt mit zwei Lagen UD-Band von 70 mm Breite zunächst auf einer Seite, wobei der Rahmen einfach wieder ins Trennbrett gelegt wird, weil er da nicht extra befestigt werden muss. Nach dem Härten folgt die 2. Seite.



(Bild 50a UD-Lagen mit Abreißgewebe abgedeckt)



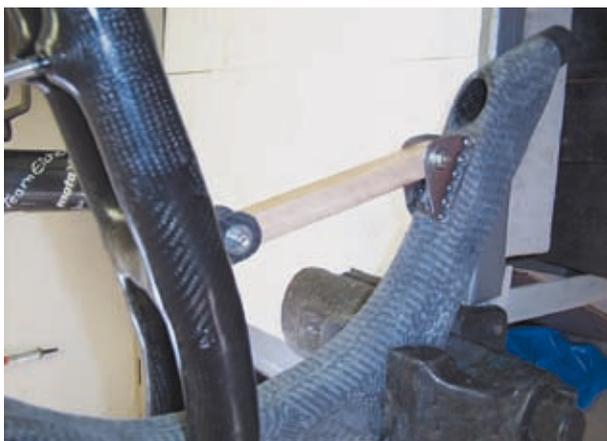
(Bild 50b UD-Lagen an Übergängen geschliffen)

Das Blechteil für die obere Federbeinaufhängung wird hergestellt. Zur Gewichtserleichterung wird die Unterseite abgebohrt. Das ergibt außerdem eine bessere Verbindung mit dem Laminat.



(Bild 51 Blechteil obere Federbeinaufnahme)

Die Schwinge wird im Rahmen eingebaut und auf der Zeichnung plaziert. Da das Federbein noch nicht da ist, wird ein entsprechendes Holz abgebohrt und eingesetzt. Nun wird das Blechteil für die obere Federbeinaufhängung an der richtigen Stelle fixiert. Zur besseren Kraftaufnahme werden für beide Nasen Löcher in den Rahmen gebohrt, in die die Nasen einrasten.



(Bild 52 Fixierung obere Federbeinaufnahme)

Die Federbeinaufnahme wird jetzt mit Kohlefaserschnittzel-Brei und zwei Lagen Kohlegewebe am Rahmen verklebt und später mit den beiden letzten Lagen abgedeckt.



(Bild 53a Verklebung Federbeinaufnahme)



(Bild 53b Verklebung Federbeinaufnahme)

Ein vorbereitetes Carbon-Rohrstück wird jetzt für die Aufnahme des vorderen Kettenumwerfers über dem Tretlager verklebt. Dazu wird das Rohrstück mit Sekundenkleber an der richtigen Stelle fixiert, eine Kehlnaht aus Kohlefaser-/Baumwollflockengemisch gelegt und dann mit zwei Lagen Aramid-schlauch verklebt. Das macht sich gut, weil sich der Schlauch unten gut über die Kehlnaht und den Rahmen anlegt. Zum Schluss wird mit einer Lage Kohlefasergewebe abgedeckt.

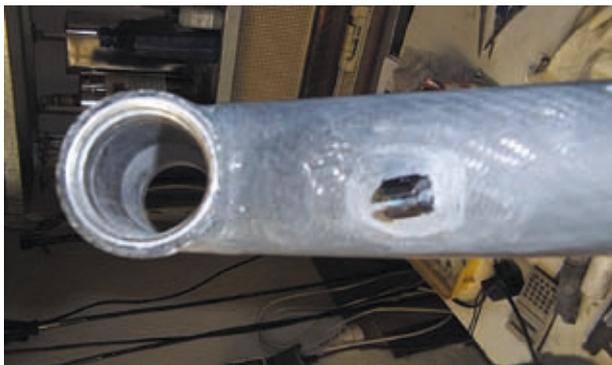


(Bild 54 Verklebte Halterung für Kettenumwerfer)

Nun fehlt nur noch das Widerlager für den Bowdenzug des vorderen Kettenumwerfers. Die Hohlräume des Widerlagers werden mit Modelliermasse verschlossen, damit kein Harz eindringen kann. Das Widerlager wird zunächst an der richtigen Stelle unterhalb des Steuerkopfes mit Sekundenkleber fixiert und dann mit einem Kohlefaser-/Baumwollflockengemisch ringsum verklebt und nach dem Härten geschliffen.



(Bild 55a Widerlager für Bowdenzug verklebt)



(Bild 55b Widerlager für Bowdenzug geschliffen)

Auf Widerlager für die anderen Bowdenzüge wurde verzichtet. Es werden durchgehende Bowdenzüge verwendet, was die ganze Sache vereinfacht.

In den Rahmen wird jetzt die Sattelstütze eingelegt, geklemmt und im Schraubstock befestigt. Es folgt eine Lage Kohle-Aramidgewebe und eine Lage Kohlegewebe, jeweils  $204 \text{ g/m}^2$  Körper.

Die letzte Lage Kohlegewebe wird so zugeschnitten, dass die Naht jeweils vorn, unten und hinten verläuft und damit eine gute Sichtfläche entsteht. Die letzte Lage wird satt getränkt, damit kleine Unebenheiten ausgeglichen werden. Nach dem Abdecken mit Abreißgewebe  $100 \text{ g/m}^2$  Körper werden Übergänge/Anschlüsse noch durch Streichen mit dem Finger etwas modelliert.

Am Ende ist im Bereich der Krafterleitungen die Laminatdicke ca. 3 mm, ansonsten beträgt die Dicke ca. 2 mm.



(Bild 56 Laminiertes Rahmen)

## 7.7 Oberflächenbearbeitung

Nach der Härtung bei Raumtemperatur wird das Abrissgewebe entfernt. Nun sieht man schon, welche Qualität die Oberfläche hat. Das überflüssige Harz wird abgeschliffen und darauf geachtet, nicht die Fasern anzuschleifen. Ist die Oberfläche jetzt gut, kann nach dem Tempern mit 2-Komponenten-Klarlack lackiert werden, ist die Oberfläche noch mangelhaft wird je nach Erfordernis mehrmals Gelcoat aufgetragen und geschliffen, bis eine einwandfreie Oberfläche geschaffen und die Kontur der Fasern gut sichtbar ist. Der Rahmen wird im Temperofen 15 h bei  $60^\circ$  und 10 h bei  $100^\circ$  getempert. Zum Schluss wird der Rahmen mit einem 2-Komponenten-Klarlack lackiert.



(Bild 57a Geschliffener Rahmen)



(Bild 57b Lackierter Rahmen)

## 7.8 Montage

Die Montage bereitete keine Probleme, weil alle erforderlichen Teile vorhanden waren. Es gab aber ein böses Erwachen, als die Kette mit der unter der Schwinge platzierten Hinterradbremse kollidierte. ( Bei der Schwingenfertigung gab es im Freundeskreis eine heftige Diskussion über die Lage der Hinterradbremse. Man meinte, die Bremse unter der Schwinge sähe eleganter aus. Dem konnte ich mich nicht verschließen, aber niemand dachte an die Kettenführung.) So wurde die Bremshalterung von unten nach oben verlegt, was die Fertigstellung verzögerte.



(Bild 58 neue Bremsaufnahme über der Schwinge)

Die Bowdenzüge wurden in der Fahrradwerkstatt angefertigt. Die ersten Probefahrten zeigten das gewünschte Ergebnis. Die eingesetzten Komponenten, Gabel und Stoßdämpfer mit einstellbarer Zugstufe, hatten schon ohne besondere Abstimmung einen guten Fahrkomfort.



(Bild 59a fertiges Fahrrad vorn)



(Bild 59b fertiges Fahrrad hinten)



(Bild 59c fertiges Fahrrad rechts)



(Bild 59d fertiges Fahrrad links)

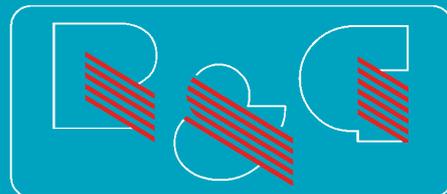
**Maße Mitte-Mitte:**

Rahmenhauptrohr	46,5 °
Sattelstütze	15,0 °
Schwingenanstellung	17,5 °
Steuerkopfwinkel	19,5 °

Nachlauf	55 mm
Radstand	1081 mm
Schwingenlänge	529 mm
Steuerkopflänge	145 mm
Tretlager-Sattelstütze oben	502 mm
Steuerkopf-Tretlager	655 mm
Steuerkopf-Sattelstütze	560 mm
Bodenfreiheit Tretlager	305 mm
Federweg v / h	100 mm

**Gewichte:**

Rahmen mit Schwingenlager	1,78 kg
Schwinge	0,92 kg
Vorderrad	2,06 kg
Hinterrad komplett	2,25 kg
Telegabel	1,72 kg
Stoßdämpfer	0,61 kg
Carbonlenker, Armaturen, Vorbau	1,36 kg
Sattel komplett mit Stütze	1,31 kg



**R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH**  
**Composite Technology**

Im Meisel 7 + 13  
 71111 Waldenbuch  
 Germany  
 Phone +49 (0) 71 57/ 53 04-60  
 Fax +49 (0) 71 57/ 53 04-70/-80  
 info@r-g.de  
 http://www.r-g.de