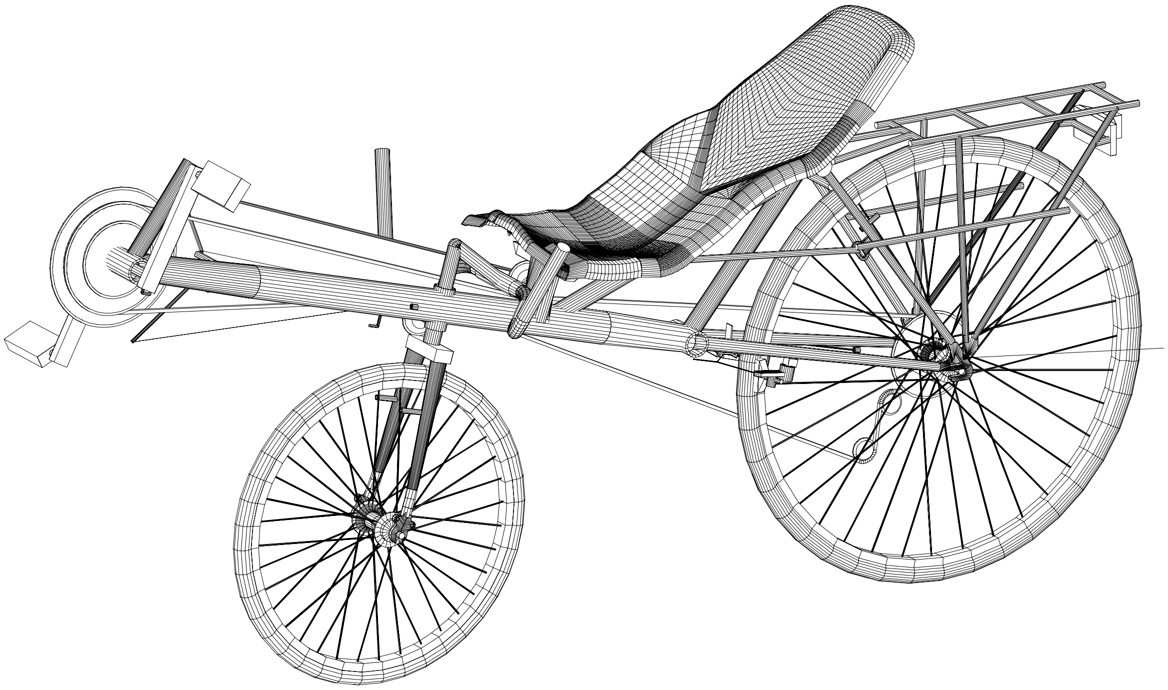

enhydra lutris

Wie baue ich mir ein kurzes Liegerad,
oder die Geschichte von der Qual:
Wann wird es endlich fertig sein?
Und was folgt danach? Verkleidung, Sandale, …

Vorwort

Am Anfang war das Rad. In diesem Falle das von Markus Tietz aus Braunschweig. Es stand im November 1991 unschuldig vor der Braunschweiger Unibücherei und ich lief ihm ahnungslos über den Weg. Ich hob es hoch und mir keinen Bruch.[1] Bis dahin hatte ich nur Erfahrung mit dem Dino von Radius, einem Langlieger. Da ich nur an dem Wochenende in Braunschweig war und den Fahrer noch nicht kannte, noch nicht einmal seinen Namen, vermaß ich es mit dem was ich dabei hatte. Elle, Speiche, Finger… kamen so zur Ehre. Zuhause wurden die Daten ins Reine übertragen und auf meine Körpergröße und mir technisch sinnvoll erscheinende Maße gebracht. Einige Kontakte mit Martin bestärkten mich dann das Rad nachzubauen. Der Bau Ende Oktober bis Mitte November 1992 brachte das hier beschriebene Rad und die vorliegende Bauanleitung, sie ist immer noch nicht fertig, hervor. Den Grundstock für diese Bauanleitung legte dieses Rad und dessen Probleme. Auch der aktive Mitbau an 3 weiteren Rädern, die in dieser Bauart von der Fahrrad-AG der TU Hamburg-Harburg gebaut wurden, schlug sich in diesem Dokument nieder. Nebenbei fließen Erfahrungen anderer Selbstbauer ein.

Es sind sicherlich noch etliche Tippfehler in diesem Text drin. Aber wer schon mal selber intensiv lange Texte geschrieben hat, weiß wie schwierig es ist, Tippfehler zu finden. Mit dem Abstand von einem Jahr geht es zwar besser. Aber wurde ca. alle 4 Tage was zugeschrieben und ich habe nicht nur diesen Text um die Ohren. Außerdem entscheiden hier nicht Satzbau und Rechtschreibung sondern (hoffentlich) vermittelte Tips und Erfahrungen. Dieser Text wird regelmäßig grundlegend überarbeitet und aktualisiert.[2]

Es war das erste Rad, das ich gebaut habe. Und die erste große Metallarbeit, die nicht im Regal herumsteht (Praktikumsstücke), also sollte es für handwerklich geschickte Nachbauer keine große Hürde sein. Es sind auch nicht immer professionelle Vorgehensweisen besprochen. Low-Tech führt, wie man sieht, auch zum Ziel.

Die erste Zeit wurde zur Dokumenterstellung WinWORD 2.0 benutzt.[3] Ab November 1994 wurde $\LaTeX\,2_\varepsilon$ benutzt, da es erstens umsonst und zweitens laufstabil ist und einen besserer Satz bietet. Im Februar 1995 wurde die Bauanleitung für den PackAero portiert und eingebunden.

[1] Bei einigen Liegerädern kann man meinen, daß diese nach dem Motto realisiert wurden: „Guck mal, da ist ein Zaunpfahl, laß uns mal ein Liegerad bauen“

[2] In der Regel mit einem hinterher leeren roten Stift zwischen Weihnachten und Neujahr.

[3] will nicht speichern, formatiert wie es will…

Inhaltsverzeichnis

Autor: Olaf Schultz
Heimfelder Straße 57
21077 Hamburg-Harburg
Tel.: 040-79144938
WWW: http://www.enhydralutris.de/
E-Mail: O.Schultz@enhydralutris.de

Stand: 15. Januar 2007

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Teil I
Der Untersatz

1 Eigenschaften und grobe Kostenabschätzung

Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Rad sehen folgendermaßen aus:

- Bei 6–7 Bft. (über Grund) gegenan sollte mit Gepäck ein 20-er Schnitt ohne Verkleidung tretbar sein, bei 4–5 sind es schon 25 km/h. Unverkleidet liegt mein Reiseschnitt ca. 3 km/h, verkleidet 5-8 km/h über dem meines Trekkingrades oder Langliegers. Bei Wind über Grund querab ist mit der Stoffverkleidung ein Reiseschnitt[4] von 30-33 km/h kein Problem. Laut Ausrollversuchmessungen der TU-Berlin beim HPV-Festival 1996 in Berlin hat die enhydra 3/4-verkleidet einen $c_w A$-Wert von 0,301 und benötigt für 30/33 km/h 140/180 W Leistung.[5]
- Kopfsteinpflaster wird bei über 30 km/h gut weggesteckt (überkritische Anregung).
- Eine Kopfstütze könnte sich bei der hier angewandten Sitzposition als sinnvoll erweisen. Bei Fahrtzeiten über einer Stunde ist sie vielleicht notwendig. Es sei denn, man fährt viel und gewöhnt die Brustmuskulatur an die Belastung. Ich werde mir keine mehr anbauen. Problematisch sind nämlich Fahrbahnunebenheiten, die dann direkter in den Kopf eingeleitet werden können. Siehe hierzu auch Seite 33.
- Der Rahmen hat schon weit über 20000 km runter auch Kopfsteinpflaster derbster Qualität und mit Geschwindigkeit Kantsteine runterfahren.[6]
- Mit ca. 450 km Fahrpraxis wurde ich leichtsinnig und nahm kurzzeitig die Hände vom Lenker, mit 550 km habe ich die Hände schon länger vom Lenker weggenommen und legte dabei einen Zwischenspurt ein. Es fährt schon bei 17 km/h sicher freihändig,[7] mein Dino[8] erst bei 30! Daher auch der Name des Fahrrades, da man damit wie ein Meerotter (lat. *enhydra lutris*) auf dem Rücken liegend durch den Verkehr schwimmen kann und dabei mit einem Stein eine auf dem Bauch liegende Muschel knacken kann.

[4] Mehr als 100 km mit Gepäck, kein Rennen.

[5] Die Messungen und der angegebene $c_w A$-Wert weisen eine ziemlich starke Diskrepanz auf, die nicht nur durch den Rollwiderstand der Reifen (vorne Schwalbe CityJet mit 7 bar und hinten Michelin TS20 mit 9 bar) erklärt werden können.

[6] Dabei haben sich allerdings auch die im Text beschriebenen Probleme aufgezeigt.

[7] Aeroscheiben im vorderen Laufrad wirken sich jedoch negativ aus, sie sind kleine Tragflächen. Zur Herstellung von Scheiben siehe unten.

[8] Für die Radius-Fahrer: Die Langlieger fahren schon bei 20 statt erst bei 30 freihändig, wenn man den Primax-Steuersatz gegen einen normalen (z.B. Tange Levin) austauscht. Der Primax ist extrem schwergängig. Allerdings muß dann das Gabelschaftrohr verkürzt, oder ein ca. 4 mm hohes Distanzröhrchen zwischen Lager- und Kontermutter verwendet werden.

Fairerweise muß ich als Randbedingungen sagen daß ich ca. 6–8000 km/Jahr mit dem Rad bei Wind und Wetter fahre. Mein Arbeitsweg zur Uni ist nur 1,5 km lang, der allerdings über einen „Bergrücken“ mit ca. 20 m Höhenunterschied. Wenig Urlaubstouren (aus Zeitmangel), dafür viel Stadtverkehr[9]. Wenn ich von Harburg nach Hamburg (15 km) fahre, dann fast immer mit dem Rad.[10]

Aus einfachen Energiebetrachtungen im Harz weiß ich, daß ich ungefähr 120 Watt Dauerleistung (inkl. Verschnaufpausen) an der B4 zwischen Bad Harzburg und Torfhaus bringe. Davor war jeweils Braunschweig-Bad Harzburg zurückzulegen. Roll- und Windwiderstände kommen noch dazu. Die 120 Watt sind reine erzeugte potentielle Energie, sowohl auf dem Dino, wie auf der Enhydra.

OK, ich weiß: „Eigenlob stinkt“. Aber die Kiste ist in Kombination mit dem Fahrer so gut, daß ich mit ihr 1994 Deutscher HPV-Meister geworden bin und beim HPV-Festival am 1. und 2. April 1995 in Berlin die Geschicklichkeit gewonnen habe. Die Meisterschaft 1994 war hauptsächlich durch den 1. Platz in der Geschicklichkeit bestimmt. Jeweils mit großem Abstand zu den Zweitplatzierten! Hier macht sich wohl tägliches Fahren im Stadtverkehr mit der Kiste bemerkbar.[11]

Als Anhaltspunkte Werte von Sprintveranstaltungen.

Tabelle 1: Höchstgeschwindigkeiten, 200m, fliegender Start

Wo	Wann	Verkleidung	km/h
Langwedel	93	UniDisks	47,03
Hannover	94	Front+Heck+Stoff+UniDisk(hinten)	60,91
Berlin[12]	95	Front+Heck+Stoff+UniDisks	51,10

2 Gewichte des Rades

Wie die grobe Tabelle hier zeigt, ist nicht ein schwerer Rahmen das Problem, sondern die Summe der Anbauteile treibt das Gewicht hoch.

[9] 30 km Stadtverkehr entsprechen $\approx >$ 60 km Überland.

[10] Seit dem Semesterticket zu 75 %.

[11] Ab März 95 allerdings fast nur noch Flevo (im Stadtverkehr).

[12] noch schwere Beine, da ich die 2 Tage vorher mit dem Rad nach Berlin gefahren bin. 250 km in 2 Tagen bei nahe 0° C und mit Gepäck

Tabelle 2: Gewichte

Teil	kg	inklusive
Rahmen	3,5	alles inklusive Anlötteile, keine Schellen...
Gabel	0,7	
Rad	15	Gepäckträger, Beleuchtung, Schutzbleche..., ohne Schloß
	22	mit Bug- und Heckverkleidung, Schloß, StVZO gerecht

Das M5 Low-Racer, mit dem Bram Moens und Axel Fehlau die Weltrekorde (77 km in 1 h und 1022 km in 24 h) aufgestellt haben, wiegt vollverkleidet ca. 23 kg.

3 Kosten

Mit ca. 1400 DM ist bei etwas besserer, aber nicht bester, Ausrüstung zu rechnen. Hier wurden die fast 1,5 kDM so verbaut:

- 18 Gänge (26-38-52; 13-14-15-21-24-32) mit Suntour Winner Kranz
- Sugino 3-fach Kurbelsatz mit Sakae Pedalen (MTP-126)
- Industrielagernaben (Diabolo, New-Success)
- Cantileverbremsen hinten (Low-Profile Suntour)
- Magura-Hydraulik vorne
- Suntour Lenkerendschalter und Schaltung
- 440er Laufrad vorne
- Weinmann 2317 Hohlkammerfelge hinten.

Bei Abstrichen in der Komponentenqualität kommt man vielleicht unter 1 kDM, hat dann aber öfters Ärger. Die New-Success Schraubkranznabe ist nach 4000 km wegen abgedrehtem Gewinde rausgeflogen[13] und wurde zeitweise durch eine Shimano-Kassettennabe (Deore DX) ersetzt.

Von den Shimano VR-Naben (STX: HB-MC30 und Deore XT (Lagerschaden)) rate ich, trotz geschliffener Konen, aus Erfahrung ab. Die Achse der STX ist so druckweich (durchgehendes

[13]Sie wurde bei Sachs reklamiert und anstandslos ersetzt. Angeblich darf man nicht 8-fach Naben mit 6-fach Kränzen fahren, das sei mein Fehler gewesen. Bis heute funktioniert die Austauschnabe mit ARIS-8-fach Kranz sehr gut.

Gewinde), daß die Schnellspanneranziehkraft sich stark in der Lagervorspannung auswirkt. Wenn man die Kontermutter 1/4 Umdrehung zu lose anzieht entscheidet es über Wackeln und Rollen. Außerdem kommt sie im Originalzustand (entspannt) schon stark vorgespannt an. Richtig für die Schnellspanneranweisung eingestellt hat sie aber Klöterspiel. Shimano will anscheinend viele Konen und Kugeln verkaufen. Wenn möglich sollte man Industriekugellagernaben oder nur hochwertigen Konusnaben[14] benutzen.

Rahmen und Sitz alleine sind mit ca. 200 DM an reinen Materialkosten zu veranschlagen.

[14]Bei Shimano ab alter Exage oder Deore DX in der Güte, nicht im Modelljahrgang aufwärts.

4 Benötigtes Werkzeug

Zum Bau dieses Rahmens wurden benötigt:

- diverse Feilen
- eine Einhandflex mit Trenn- und Schleifscheiben
- Bohrmaschine mit Bohrern (ø1–ø10)
- Stahl-Bügelsäge
- Lötgerät (Acetylen-Sauerstoff)
- einmal eine Ständerbohrmaschine
- Ein stabiler Schraubstock und eine Helling, hier ein gerader, langer Arbeitstisch.
- Gewindebohrer und -schneider M5, M6 und M8, Metallsenker
- diverse Holzbeitel (Hohlform) für die Spannhölzer
- Zangen, Hammer, Körner… sind hoffentlich eh vorhanden

Achtung: Sicherheitsbeauftragte und -fanatiker, folgenden Absatz überlesen!

Die Einhandflex ist ein schönes Werkzeug. Mit Gefühl kann man sich eine Menge Feilarbeiten ersparen und ist sehr schnell. Ich habe maximal den letzten Millimeter gefeilt. Gut sind auch die steifen Schleifscheiben mit Gummiteller. Dem Unfallschutz zum Trotz habe ich die Teller immer nur mit der Hand festgezogen. Losgedreht haben sie sich nie und ich konnte schnell zwischen Trenn- und Schleifscheibe wechseln, ohne die lästige Suche nach dem Hakenschlüssel anzutreten. Denn das nimmt die meiste Zeit in Anspruch: Wo ist der Bohrfutterschlüssel, der 2-er Bohrer, die Halbrundfeile …?

Nicht zu verachten sind zwei kundige, helfende Hände, besonders beim Löten, Ausrichten und Laminieren.

Es sind sicherlich auch andere, alternative Detaillösungen möglich, aber hier habe ich nur die aufgeführt, mit denen wir Erfahrung gesammelt haben. HPV-Treffen sind eine gute Fundgrube für Anregungen, wie Probleme gelöst werden könne, da noch die Mehrheit ihre Räder selber baut, auch wenn so langsam kommerzielle Räder (Radius, HP-Velotechnik, Flux, Harig, Nöll, Megarad, Quantum, Flevo, BevoBike…) vermehrt vertreten sind.

Erst die Anleitung komplett durchlesen. Einige Punkte werden später ausführlich behandelt.
Don't Panic![15]

Zwei linke Hände (für Linkshänder), sonst zwei rechte. Ebenso eine Portion Geschick oder Vorbelastung durch ähnliche Tätigkeiten.

Für fragliche Punkte: Ich bin nicht nur telefonisch erreichbar (siehe S. V)

[15] 42

5 Maße

Alle folgenden Maße sind, soweit nicht anders angegeben, in Millimetern!

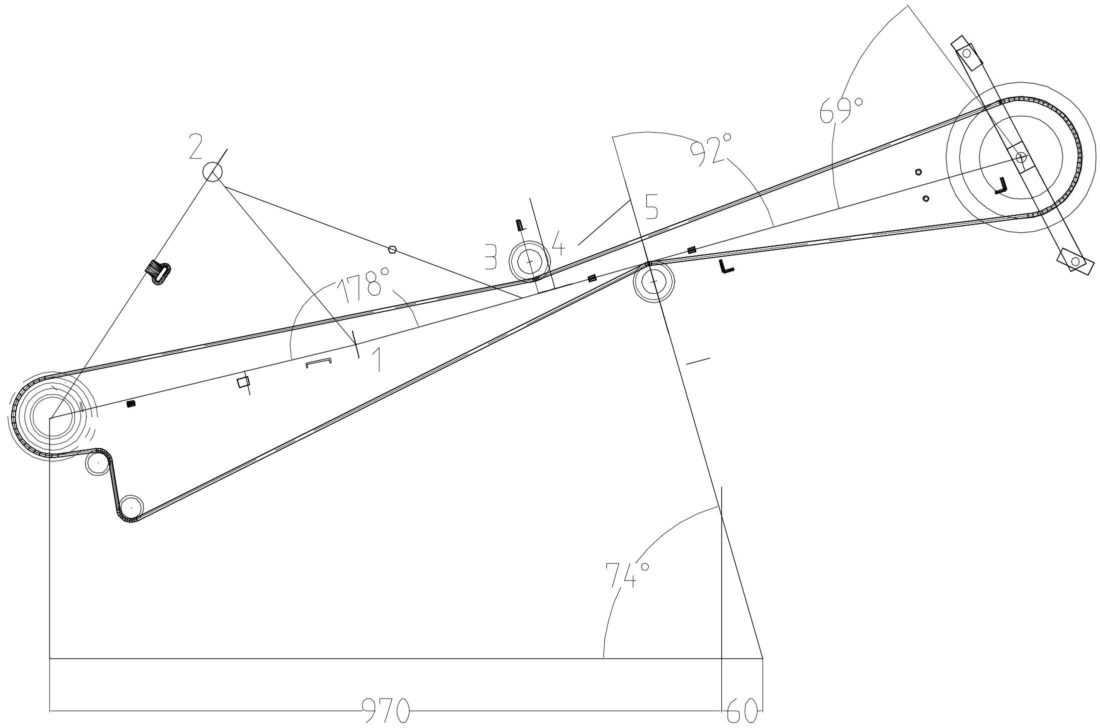

Abbildung 1: Rahmengeometrie der „enhydra lutris"

Tabelle 3: Rahmengeometrie in Zahlen

Radstand	970		
Steuerwinkel	74°		
Schaltrohrwinkel	69°		
Nachlauf	60[16]		
Abstand 1–5	440	hinteres Tretlager	– Steuerrohr
Abstand 1–4	275	″	– Sitzhalter
Abstand 1–2	325	″	– oberes Sitzhalterohr
Abstand 1–3	250	″	– Verstärkungsrohr
Abstand 1–Tre	1000	″	– vorderes Tretlager

[16]Ein Vorlauf von 20 mm ist kaum noch zu beherrschen, ein Nachlauf von 150 mm wird extrem träge

Bei einem Rad aus der Gruppe wurde der Winkel zwischen Kettenstrebe und Hauptrohr auf 184° geändert. Das gab dann starke Probleme mit der Kette bei den Kettenstreben, so daß die Kette mit einer Lagerung darüber hinweggeführt werden muß.

Auf die Kettenlinie achten. Man kann aufgrund der Länge alle Gänge fahren, solange das Schaltwerk es zuläßt. Gerade die Kettenstrebe stellt hier mit der Sitzhalterung einen Zielkonflikt da, es sei denn, man biegt das Hauptrohr in Steuersatznähe wie Nöll mit dem SL3 und SL4.

Die geeignete Lenkgeometrie ist nicht einfach zu bestimmen. So wird zum Beispiel die Flatterneigung, die Neigung von von Vorderrad und -gabel um die Steuerrohrachse zu pendeln, u. a. durch die Verhältnisse der Trägheitsmomente des vorderen Laufrades mit Anbauteilen und des Trägheitsmomentes der Gesamtfahrrades um die Rollachse[17] bestimmt. Das sagt eine Theorie. Eine andere Theorie berücksichtigt einen Feder-Masse Schwinger. Die Feder ist durch den Nachlauf bestimmt, die Masse durch das Trägheitsmoment des vorderen Laufrades um die Lenkachse. Motorradliteratur scheint dazu eine ergiebige Quelle zu sein. Hier hilft aber eh nur ausprobieren! Bei mir klappte es halt mit dem 440-er Laufrad und obiger Geometrie. Im Zweifelsfall muß man provisorische Ausfallenden haben, die ein Verschieben des Laufrades in Millimeterschritten erlauben. Besonders bei Federgabeln, die Lenkgeometrie ändert sich beim Einfedern, ist dies sicherlich eine Sisyphusarbeit, bis man eine zufriedenstellende Fahreigenschaft erzielt hat.

Bei der hier verwendeten Geometrie stellt sich bei mir ohne Gepäck eine Gewichtsverteilung von 59/40 kg (vorne/hinten) ein.[18] Das Reisegepäck sitzt i.d.R. auf, bei PackAero sogar geringfügig hinter der Hinterradachse, so daß bei Reise mit einer Lastverteilung von 59/60–58/70 zu rechnen ist. Der Bremsweg ist dann brachial kurz (Achtung bei der Gabeldimensionierung).

Bevor es mit dem Bau losgeht eine Vorbemerkung zum vorderen Laufrad:

Man sollte statt des Radius-Laufrades (440-er Felge) eine 406-er Felge benutzten.[19] Für diese gibt es inzwischen eine Vielzahl von Reifen Bohle (Markennamen Schwalbe und Impact), Vredestein... in Semi-Slick Ausführung, die:

1. eine bessere Laufleistung und
2. eine bessere Durchschlagsfestigkeit als der Michelin 440×28 aufweisen.

Bei einem 406-er Laufrad kommt das Rad vorne tiefer und man mit den Füßen besser auf den Boden. Ich komme nur mit den Fußspitzen auf den Boden. Allerdings muß dann der Durchstoßwinkel des Steuerrohres durch das Hauptrohr verändert werden, damit Steuerwinkel und

[17] Die parallel zur Straße liegende Längsachse.
[18] Ohne Fahrer sind es 14/8 kg.
[19] Selbst Radius und Flevo steigen jetzt auf 406-er um.

Nachlauf[20] noch stimmen. Genaueres zu einem späteren Zeitpunkt. Mein Rad wurde im August '94 so ausgerüstet. Gerüchte verlauten, daß der Vredestein Monte Carlo[21] 406×37 einen geringeren Rollwiderstand als der City-Jet von Bohle haben soll, dafür hat er aber Erfahrungsgemäß keine Laufleistung.

Die Maße (bis auf die der Lenkgeometrie) sind nicht als fix anzunehmen, da sie stark von Körpergröße und Geometrie des Fahrers abhängen.

Meine Maße:

Tabelle 4: Körpermasse

Körpergröße	177 cm	
Unterschenkellänge	50 cm	Fußsohle–Kniegelenk
Oberschenkellänge	47 cm	Kniegelenk–Hüftgelenk
Oberkörperlänge	66 cm	Hüftgelenk–1. Brustwirbel
Schuhgröße	42–43	

Mein Körpergewicht pendelt so zwischen 72–74 kg.

[20]Bestimmen maßgeblich das Fahrverhalten und sollten in dieser Nähe liegen! Werner Stiffel hatte auf der DM'94 in Hannover eine Konstruktion mit, die einfach nur krank aussah aber überraschend gut fuhr: ≈106° Steuerwinkel, normale 16″ Gabel, Krümmung nach hinten und 16″ Rad.

[21]Mehr als 4 bar darf man der 3,x bar-Variante, trotz Händlerauskunft, auf keinem Fall zumuten, sonst droht Karkassenriß! Nicht nur Ich hab es erfahren müssen. Was mit der 6 bar Variante ist weiß ich nicht.

6 Löten und Schweißen

Als Randbemerkung zum Löten folgendes: Ich setze Hartlöterfahrung voraus. Falls man nicht über Hartlöterfahrung verfügen sollte, es ist recht einfach zu erlernen. Es sei denn man hat 2 linke Hände, aber dann wird es eh nichts mit dem Selberbauen. Ehe man selber „brät“, sollte es lieber ein Könner machen. In den Rahmen fließt für einen Rahmenbruch zuviel Arbeit hinein und eine schlechte Lotnaht braucht zuviel Lot, ohne daß sie sinnvoll trägt.

Aufgrund der großen Querschnitte kommt man selten mit einem Campinggasbrenner auf die nötigen Temperaturen. Hier sollte mit Sauerstoff-Brenngas gearbeitet werden. Eine 0,5–1 mm Düse reicht vollkommen und ermöglicht ein zügiges Arbeiten. Bei den sogenannten Turbobrennern (Propan oder Butan als Brenngas) hat man eine relativ geringe Temperatur über einen großen Bereich. Messing läßt sich damit nicht löten. Aufbaulöten mit Silberlot gestaltet sich bei großen Querschnitten als sehr schwierig, da die Flamme zu groß ist. Die kleineren Turbobrenner und Lötlampen sind allerdings hervorragend zum Tubuslöten geeignet. Mit den kleineren Turbobrennern kann mit mit L-Ag 40 noch 22×1 löten.

6.1 Verwendete Lote

Wir haben Messinglot mit eingelegter Flußmittelseele und Silberlot mit Flußmittelumhüllung benutzt. Das Messinglot ist unbequem. Das Flußmittel erzeugt macht Flamme grell[22] und läßt sich nachher nur schwer entfernen (Glashart). Ein Silberlot (810XFC) enthielt Cadmium. Beim Löten stören aber eher die stechenden Flußmitteldämpfe direkt über der Lötstelle.[23] Das Flußmittel ist, wenn es abgekühlt ist und noch kein Wasser aufgesogen hat, sehr einfach zu entfernen (schaben, klopfen). Einige Lothersteller geben an, daß Flußmittel nach dem Löten mit Wasser weggewaschen werden können.[24]

Wenn möglich, sollte man Silber - Nickel Lot anstelle von Silber - Cadmium benutzen, auch wenn es eine ca. 50°Chöhere Arbeitstemperatur hat. Wir bekamen anfangs nur das Silber - Cadmium Lot, allerdings für nur 4,50 DM/Stange[25]. Baumärkte bieten es teilweise viermal teurer an. Mit Erfahrung und kleiner Flamme kann man auch mit Silber gut aufbauen. Flußmittelumhüllte Silberlote sollten für 3–5 DM / 500 mm Stange (20 %–40 % Silberanteil) zu bekommen sein. In der Regel sind die Flußmittel bei umhüllten Stangen besser abgestimmt, als die separat dosierbaren. Sie lassen sich auch besser entfernen! Silberlote haben in der Regel eine geringere Festigkeit als Messinglote. Bei Tubusrohren und den meisten Lötungen reicht Silberlot (UTP 3040M) erfahrungsgemäß vollkommen aus.

[22]Man braucht eine dunkle Schutzbrille.

[23]Cadmium riecht man nicht, es ist aber ein Summationsgift und verdampft sehr schnell. Es wird vom überhitzten Lotbad als Cadmiumoxid immitiert. Genaueres zur Vorsorge in den Unfallverhütungsvorschriften (UVV)-VBG 15.

[24]Da ich nicht weiß, was für Salze (normalerweise Bor- und Floursalze) genau in den Flußmitteln sind, sollte man zumindest bei größeren Mengen auf das Klärwerk Rücksicht nehmen.

[25]500 mm Stangen, im Baumarkt 300 mm. Lote von UTP sind preiswert.

Erfahrung haben wir mit folgenden Loten gemacht:

Tabelle 5: Hartlote

Hersteller	Name	DIN-8513	Arbeitst. °C	σ_b auf St 50	ϵ_B [%]	Zusammensetzung	Erfahrung
UTP	3040 M	L-Ag40 Sn	690	450	20		gut für Tuben
	3034 M	L-Ag34 Sn	710	480			
	7 M	L-Ag20	810	430			keine Langzeiter.
	6 M		900	480	29	47Cu10Ni0,3Si1AgZn	
Castolin	810 XFC	AgCd	640				Finger weg
Fontargen	AF 311	L-Ag44	730				keine Langzeiterf.

Ich habe den Eindruck, daß das 810XFC eine geringere (Dauer-) Festigkeit als das 3040M aufweist. Die Werkstoffdaten für das L-Ag34Cd sind 33,9 %Ag, 22,6 % Cu, 19,6 %Cd, Rest Zink. Die örtliche Beschaffungslage (Schweißbedarf in den „Gelben Seiten", oder Stahl- und Werkzeughandel über Baumarktniveau) setzt hier sicherlich Grenzen in der Auswahl.

6.2 Kritische Lötstellen

Kritische Lötstellen sind der Erfahrung nach die Steuerrohrdurchführungen und der Umwerferhalter, wenn er später eine (Teil-) Verkleidung halten soll. Hier sollte mit Messinglot und sehr guten Lotnahtdicken und sanften Übergängen gearbeitet werden. Ekelhaft ist Niro, denn da versagt in der Regel die Grenzschicht Lot–Niro, und das eher als bei Stahl–Lot–Stahl, wo das Lot versagt. Also größere Lotflächen vorsehen und sorgfältiger arbeiten.

6.3 Schweißen

Bei niedriglegierten Stählen ist es sicherlich gut. Das Problem sind die geringe Wandstärken von teilweise nur 0,8 mm. Hier besteht die Gefahr, daß einem das Schweißbad wegsackt. Ich rate zum WIG-Verfahren, wenn man denn an ein solches Gerät herankommt. Alternativ wäre MIG-MAG mit einem **dünnen** Schweißdraht (< 0,8mm) zu arbeiten. Elektrodenschweißen ist unmöglich, es sein denn man nimmt Zaunpfähle für die Rohre, oder schweißt sich ein Flevo, was aber auch Zaunpfahlmaterial ist (1,5 mm). Volkshochschulkurse können hier sicherlich weiterhelfen, vielleicht kann man im Rahmen eines Kurses den Rahmen anstatt der Übungsstücke zusammenschweißen und -löten.[26]

[26] Und seine Mitmenschen mit dem Liegeradbauvirus infizieren.

7 Rahmenbau Step by Step

Den alten Fahrradrahmen abbeizen oder mit feinem Sand strahlen lassen. Sandstrahlen geht schneller, kostet ca. 10 DM, bringt aber auch Kerben in den Rahmen, womit die Dauerfestigkeit sinkt. Trotzdem hat meiner schon über 4000 km gehalten. Als Alternative zum Sandstrahlen bietet sich Glas- oder Kugelstrahlen an, wenn man denn einen Betrieb kennt, der so etwas durchführt! Nach dem Bau kann man den Rahmen Kugelstrahlen lassen, daß erhöht die Dauerfestigkeit , da in die Oberfläche Druckeigenspannungen eingebracht werden. Lax gesagt hassen Risse aber Druckspannungen, diese bieten zuviel Ausbreitungswiderstand. Und Risse fangen in der Regel an der Oberfläche an ihr Unwesen zu treiben.

Unter- und Oberrohr im Tretlagerbereich und an der Sattelmuffe mit der Flex vom Rahmen trennen. Die Tretlagermuffe glattschleifen, bis die Muffe des Unterrohres nicht mehr übersteht.

Mit den Ellipsenschablonen (s. u.) die Ovalisierungsmatrizen für die Rohre herstellen. Der Übergang zwischen Kreisquerschnitt und Oval ist ungefähr ca. 150 mm lang. Hierfür kann Kieferkantholz verwendet werden, z.B. 100×60 oder Hartholz, wenn mehrere Rahmen hergestellt werden. Kiefer hält nicht sehr lange. Gleich auch aus Kantholz Klemmbacken für 28-er und 50-er Rohr herstellen. Diese werden zum Spannen während des Bearbeitens benötigt.

Das Hauptrohr bei 177 cm Körpergröße auf ca. 1000 mm ablängen. Lieber 100 mm mehr Rohr als 10 zu wenig. An einem Ende das Rohr ovalisieren bis die Ellipse 40 mm hoch ist. Achtung, es federt zurück. Die Mittellinie in der Aufsicht anzeichnen. Einen Anfang der Abwicklung an die obere Mittellinie anlegen und festkleben, herumlegen und festkleben. Mit einem Stift (Folie, Edding o.ä.) die Kante anzeichnen. Schablone abnehmen und mit der Flex grob an der Linie langflexen und mit einer Halbrundfeile fertigbearbeiten. Eine Nase muß ca. 10 mm länger sein, als auf der Schablone. Sie wird hochgebogen und deckt das Loch des alten Unterrohres ab. Die Lötspalte sind erfahrungsgemäß dann unkritisch, wenn ein 1-er Bohrer nicht mehr durchpaßt, richtig gut aber erst dann, wenn der Spalt 3/10 mm groß ist! Stand 9.1.95: Achtung, bei mir reißt gerade diese Lotnaht. Ich habe sie seit fast einem Jahr unter Kontrolle. Bisher war es nur ein Verdacht auf einen stationären Lackriß, 2 cm lang. Jetzt ist der Riß innerhalb eines Monats auf 5 cm gewachsen und klafft etwas auf. Ich habe die Stelle einfach übergeschweißt, nachdem Farbe und Lot enfernt wurden. Bis jetzt (Dez. 2k) hat sie gehalten.

Das Hauptrohr an den Hinterbau anlöten. Dabei darauf achten, daß zwischen Kettenstreben und Rohr ein Winkel (unten gemessen) von ca. 184 ° besteht und die Mitten von Hauptrohr, Tretlager und Ausfallenden von oben gesehen eine Linie bilden. Hierfür eignet sich ein langer Tisch mit gerader Kante. Der Rahmen wird darauf aufgebockt und vor dem Löten ausgerichtet und festgespannt

Die Maße gelten dafür, daß die Sitzstreben losgelötet werden und der Winkel zwischen Ketten- und Sitzstreben deutlich verkleinert wird! Sonst stehen die Sitzstreben nahezu senkrecht, waß eine flache Sitzposition ebenso wie die Montage eines normalen Gepäckträgers vereitelt.

Das Strebenrohr (2–3) einpassen. Das untere Ende des Strebenrohres läßt sich gut mit Pappschleifringen, die auf Gummizylindern aufgeklemmt werden und ca. einen 45-er Durchmesser haben, bearbeiten. Mit diesen Schleifzylindern können auch die Ovalisierungsmatrizen endbehandelt werden. Für das obere Ende passen in der Regel normale Halbrundfeilen fast genau. Und nun wieder löten.

7.1 Steuerrohr

Das Steuerrohr, welches wir verwendet haben, ist von Radius. Für 4 Rahmen lohnte es sich nicht 6 m 33×1,5 Präzisionstahlrohr zu kaufen. Hier kann man auch ein 34×2 Rohr o.ä. verwenden. Es sollte mehr als 1 mm Wandstärke haben. Oversizedgabeln gibt es eigentlich nur bei den MTBs. Irgendeine Sollbruchstelle muß das System haben. Und da ist mir eine verbogene Gabel lieber als ein verbogener Rahmen. Also eine normale Gabel verwenden. Gerade mit einer Frontverkleidung übersieht man schnell mal Schlaglöcher oder andere Hindernisse. Hier wurde ein ca. 72 mm langes Steuerrohr verwendet.

Die Bohrung für das Steuerrohr ist das Herzstück des Rahmens. Gut beraten ist, wer an eine große Ständerbohrmaschine (Maschinenbau) rankommt. Oder noch besser an eine Fräse mit passendem Fräser. Den bis hier fertigen Rahmen mit der alten Tretlagermuffe in den Maschinenschraubstock und die Bohrmaschine im Bohrständer einspannen. Bohrmaschine auf Rohrachse und 440 von Mitte der alten Tretlagerbuchse ausrichten. Mit einem 2 mm Bohrer vor- und einem 10-er auf- und durchbohren. Hier muß genau gearbeitet werden. Ein Millimeter Versatz zwischen den Bohrungen macht am Aufstandspunkt des Vorderrades ca. 11 mm aus, die sind schlecht korrigierbar. So ein Fall ist uns passiert. Der Rahmen hat jetzt einen so starken Spurversatz, daß man lieber wegguckt und nicht freihändig fährt. Überprüf- und korrigierbar ist dieser Fall, wenn das 10 mm Loch gebohrt ist. Einen geraden Stab durchstecken und die Rechtwinkligkeit zu den Ausfallenden des Hinterbaues durch Entlangpeilen prüfen. Hier einen großen Winkel oder großes Geodreieck benutzen. Dann notfalls den unteren Durchbruch, da hier die Lotnaht mehr auf Druck[27] belastet ist, korrigierend bearbeiten.

Mit einem auf 11,5 mm ein- und festgestellten Meßschieber[28] einen Kreis um die Löcher auf Ober- und Unterseite zirkeln. Mit einem Meßschieber, weil bei einem Zirkel kein Kreis herauskommen wird, da es rauf und runter geht. Ich weiß, es ist keine saubere Methode, aber sie funktioniert. Innen ca. 2,5 mm vom Rand entfernt alle 2 mm ankörnen und mit einem 2-er Bohrer Loch an Loch bohren. Durch Kippen der Bohrmaschine mit der Bohrernebenschneide die Löcher miteinander verbinden und die „Lochscheibe“ heraustrennen. Mit einem Korundschleifer (ca. 15–25 mm Durchmesser) auf der Bohrmaschine nun die Bohrung auf Passung bringen. Dabei immer wieder das Steuerrohr anhalten und die Spalte beobachten. Erst oben Anfangen und dann nach und nach zu den Seiten hin vorarbeiten. Hier ist ein enger Lötspalt wirklich nötig, aber mit dieser Methode auch schaffbar. Wenn jemand Zugang zu einer Fräse mit 33-er[29]

[27]Siehe obige Bemerkung über Risse und deren Ausbreitungsmechanismen.
[28]Hängt natürlich vom vorher gebohrten Loch und vom gewählten Steuerrohr ab.
[29]Z. B. tut es auch ein 35-er, dann nimmt man halt ein 35×2,5-er Steuerrohr.

Fräser haben sollte: Glück gehabt! So kommt man um die oben beschriebene Prozedur herum.

Das Steuerrohr nun einlöten und die Spezialmuffe danach auflöten. Ohne diese Muffe wird die Lotnaht im oberen Bereich nicht lange halten (Zugspannung). Bei mir jedenfalls war sie nach 400 km gerissen, der Rahmen aber noch heil! Das lag wohl daran, daß ich da zu sparsam mit dem Silberlot war. Die Spezialmuffe kauft man am besten bei Manfred Harig, sie selber zu machen ist eine Mordsarbeit und mit üblichen Mitteln nicht zu schaffen.

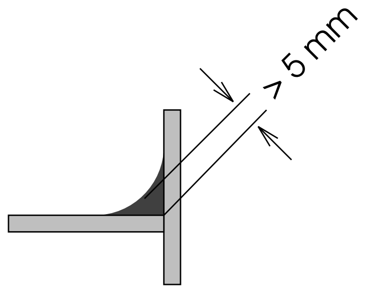

Abbildung 2: Kehlnaht

Wenn man ohne Muffe auskommen will, sollte man zumindest oben Messinghartlot benutzen. Dieses dann in einer „Aufbaulötung" so verarbeiten, daß ein langer und dicker aber gleichmäßiger Übergang zustande kommt (a $>$ 5 mm), Silberlot ist dafür zu dünnflüssig. Weitere Stabilisierung: Gut schweißen. Oder zum Versteifen Stück vom Hauptrohr elliptisch[30] ausschneiden und darüberlöten, damit dort das Rohr 2 mm effektive Wandstärke hat. Dies ist die kritischste Stelle am Rahmen! Laßt es euch gesagt sein.

7.2 Sitzhalterung

Hier, je nach Kettenführung, ein 40–80 mm langes Stückchen 50 er Rohr und ein 130 mm langes Stück 16×1 Vierkantrohr nehmen. Das 50 er ovalisieren und an das Hauptrohr und Vierkantrohr anpassen. Auch hier leistet der Schraubstock wertvolle Hilfe. Wenn man erst das obere Ende plattdrückt, sollte das 16 er Vierkantrohr reinpassen und das untere Ende schon eine, dem Ovalen ähnliche, Form haben, so daß es nicht mehr gebogen werden muß. Das 16 er Vierkantrohr anpassen, es soll in einem Schlitz im Rohr liegen! Sinnvollerweise ist dieser Schlitz vor dem endgültigen Biegen einzulassen. Löten.

7.3 Kettenführung

Die Rahmengeometrie sollte so ausgelegt werden, daß man auf Kettenumlenkungen verzichten kann. Dies wird jedoch nicht immer möglich sein. Umlenkrollen schlucken Leistung und

[30]Der Kerbwirkung wegen, wie z.B. gute Muffen.

sind anfällig gegen ein Verkanten der Kette und Verdrecken. Hier sind ersteinmal zwei Lösungsmöglichkeiten für die Kettenführung aufgezeigt[31], wobei eine unter dem Thema „Kettenschutz“ (s. S. 20) erklärt wird.

7.3.1 Fangrollen

Die Kettenleitrollen werden am Besten wie folgt ausgeführt: Man nehme sich 2 gedichtete[32] Rillenkugellager (6300 2RS).[33] Auf diese passen die Abschlußschraubritzel der Shimanokasetten (Uniglide) rauf, wenn bei ihnen das Gewinde einen Tick mehr als bis auf den Gewindegrund weggeschliffen[34] wird. Dann können sie mit einer leichten[35] Preßpassung auf die Lager aufgeschoben werden und verrutschen auch nicht.

Schaltwerkröllchen sind bedeutend lauter als die hier geschilderte Lösung. Dies liegt an dem Polygoneffekt, der eine ungleichförmige Kettenbewegung verursacht und bei kleinen Zähnezahlen stark ansteigt. Hier kommt noch dazu, daß die Kette bei kleinem Umschlingungswinkel immer noch angehoben und abgesenkt wird und so ein anregende, periodische Kraft in den Rahmen eingeleitet wird. Näheres dazu im „Roloff/Matek“.

Eine leise Lösung sind angeblich Rollen wie bei der „Streetmachine“[36], die Dauerhaltbarkeit kenne ich jedoch nicht. Gerade die O-Ringe in der Nut sollen angeblich schnell zermahlen werden. Oder man nimmt die Rollen von Inlineskatern!

Lasttrum Die Lager werden wiederum am Rahmen auf M10 Gewindebolzen fixiert. Für den Lasttrumbolzen habe ich in die Sitzhalterung eine Loch gebohrt, Bolzen ausgerichtet und festgelötet und dann ein Teil des 16-er Vierkantrohr angepaßt und festgelötet. Dieser Verhau soll das Biegemoment aufnehmen, das der Kettenzug bewirkt. Er ist in Bild 3 links gezeigt, Sicht von vorne.

Leertrum Der Leertrumbolzen wird am unteren Ende des Steuerrohres angebaut. Den Leertrum kann man bei Verzicht auf das Rädchen gut im unten beschriebenen PA-Schlauch führen. Wird zur Zeit ausgetestet und ist immer noch heil.

[31] Andere Rahmengeometrien wie Nöll oder von Ingo Kollibay aus Hildesheim (mit gebogenen Gabelscheiden als Kettenstreben einen Elevated-Rahmen zu bauen) beseitigen dieses Problem.

[32] Gedeckelte Lager sind gegen Straßendreck nicht dicht!

[33] Bei SKF 2RS, bei FAG 2RSR.

[34] Wie den Durchbruch für das Steuerrohr schleifen. Bohren oder Fräsen sollte man das Material nicht, da es eine sehr gute Oberflächenhärte hat. Beim Drehen müssen es schon Hartmetallschneidplatten sein, oder halt Korund beim Schleifen.

[35] Sonst brechen sie auseinander.

[36] Kugelgelagerter Nylonkörper, indem ein Schlitz eingedreht ist, in welchem die Kette läuft.

7.3.2 Montage

Die Lager werden mit Muttern[37] festgelegt. Eventuell kann man auch beide Kettenrollen auf einem Bolzen befestigen, meiner ist dafür zu kurz. Der Abstand der Ketten voneinander müßte trotz der Kettenschwingungen groß genug sein, daß sich die Trume nicht berühren und verhaken. Die Ketten müssen unbedingt gut geführt sein, sonst schwingen sie auf und laufen von den Zahnrädern runter. Ich habe einen Streifen 2 mm dickes Niroblech, 20 mm breit genommen und daraus einen Käfig gebaut. Innen sind 2 Kupferdichtscheiben (Installationsbedarf)[38] aufgelötet und bis auf ca. 0,7 mm weggefeilt. Dies verhindert, daß der Außenring am Käfig schleift.

Unten ist aus 2 mm Blech eine Kufe eingelötet, die die Kette einleiten soll. Die seitlichen Flanken müssen gut verrundet werden, sonst harkt sich bei rabiaten Schaltvorgängen die Kette dahinter und verzieht den Käfig. Nebenan: Lösungsmöglichkeit für getrennte Leitrollen- und Sitzhalterung. Die Leitrollenhalterung sitzt vor oder hinter der Sitzhalterung. So kann der Sitz um einige Zentimeter weiter heruntergelegt werden. Der Nachteil ist, daß die Kette nun der Kettenstrebe zu nah kommen kann. Diese Lösung ist in Bild 3 rechts gezeigt, Sicht von hinten.

[37] Die Muttern mit einer Laubsäge in 2 Muttern aufsägen. Das spart Bauhöhe, wer kommt schon an Niro-Muttern DIN 439 ran.

[38] War gerade vorhanden. Modellbauer sammeln überall und finden dann das gebrauchte Teil schnell, im Gegensatz zum Eichhörnchen.

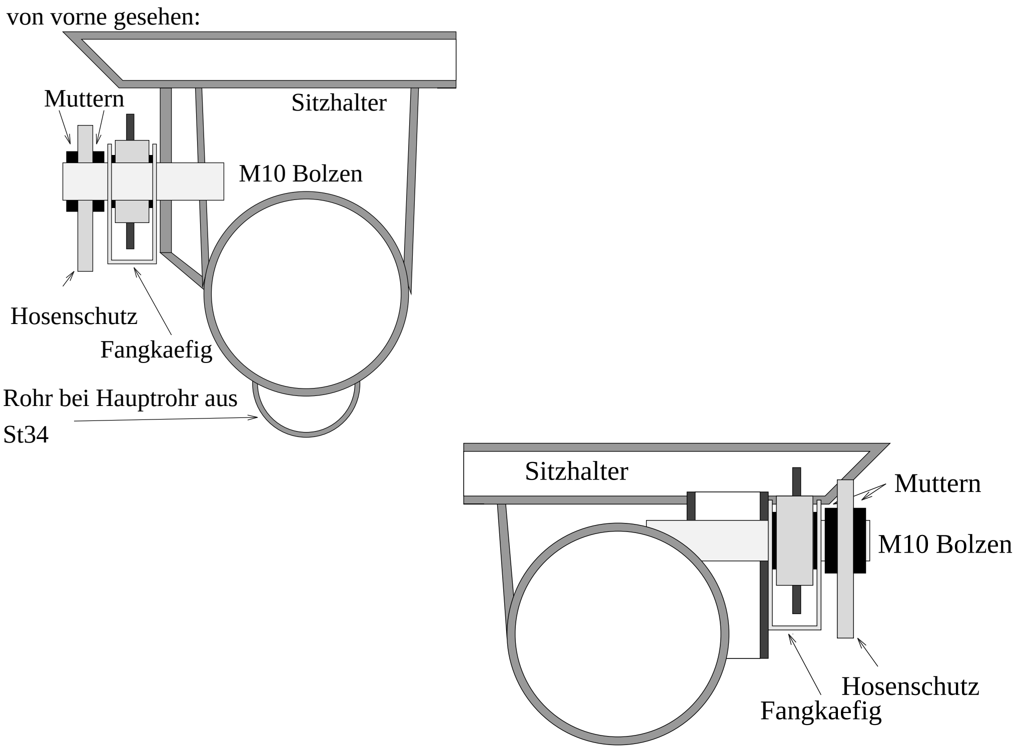

Abbildung 3: Ketten- und Sitzhalter

7.4 Fahrradgabel

Als Gabel dient hier eine normale 28” Gabel mit möglichst tief ansetzender Gabelkrümmung. Ziel ist eine Straight-Fork (Gerade-Gabel). also ein Rücksprung (Gabelbiegung) von ca $\pm$ 10 mm, oder anders: Die Schaftrohrachse schneidet sich fast mit der Nabenachse!

Die Fahrradgabel wird bei einem 440-er Laufrad auf ca. 245 mm Schrittlänge (Gabelscheidenende bis Mitte Gabelkopfunterseite) abgelängt, sie braucht keine Krümmung. Die Enden im Schraubstock plattpressen, in der Endphase die vorher ausgelöteten Ausfallenden einlegen und zusammenpressen.

Die Gabelscheiden müssen nun aufgebogen werden. Dies ist zu zweit gut zu erledigen. Im Schraubstock das Gabelschaftrohr waagerecht einspannen, so daß der Gabelkopf waagerecht liegt. Die Wand als Fixpunkt nehmen und nun die eine Gabelscheide entsprechend aufbiegen, während der Helfer mißt und Bescheid sagt. Achtet auf die Rückfederung. Die andere Hand dabei an der Scheide kurz vor dem Gabelkopf abstützen. Dann Gabel umdrehen und nun die andere Scheide aufbiegen. Bei einer Unicrown-Gabel entfällt diese Prozedur wahrscheinlich. Diese Methode mag zwar brutal sein, aber sie hat sich bewährt und bis jetzt keinen Gabelbruch erzeugt.[39]

Die Ausfallenden werden so eingelötet, daß von Oberkante Achsschlitz bis Unterkante Gabelkopf ca. 260 mm [40] Luft ist. Erst ein Ausfallende einlöten, Laufrad einsetzen und das andere Ausfallende ausrichten und anzeichnen. Laufrad rausnehmen, Ausfallende ausrichten und einlöten. Die Canti-Sockel werden bei 440-er Laufrädern ca. 190 mm und bei 406-er ca. 170 mm von der Oberkante Achsschlitz aus, angelötet. Hier sollte man sich auf alle Fälle aus einem Stab ein Montagehilfe für die Sockel basteln. Zwei parallele 8-er Löcher hinein, Sockel einstecken und die Chose auf die Gabel auflegen, anpassen und löten. Bei den Suntour XC-LTD Low-Profile ist ein Lochabstand von 85 mm gut.[41] Er paßt dann auch für die Magura-Hydraulik, die ich inzwischen vorne montiert habe.[42] Die Canti war bei mir zu wartungsaufwendig und flog deshalb raus. Kurzlieger werden meist vorne gebremst. Aufgrund des Hauptrohres kann man kaum eine Schenkelbremse oder normal angelenkte Canti- oder Mittelzugbremse verwenden. Oder man nimmt die neue V-Brake von Shimano. Aber daß muß jeder selber wissen.

Achtung: Auch wenn ich das erste halbe Jahr den Bremszug durch ein SIS-Rohr[43] geführt habe, macht es bitte nicht nach. Bei mir flog es nur wegen der Hydraulik raus. Bei anderen Fällen kann es das Leben kosten. Ich bin später einmal mit dem Lenkerendschalter an einem Pfeiler hängengeblieben: Der Zug riß sich samt Innenrohr durch die Spirale und Außenplastik. Bei einer Bremsanlage kann diese Konstruktion als vorsätzliche Körperverletzung interpretiert werden.[44]

Nun einen Fahrradhändler auftreiben und das Gabelgewinde (1″×24 TPI) länger schneiden lassen, so daß ca. 60 mm[45] vom Schaft ohne Gewinde sind!

Wenn man schon am Löten ist, gleich gucken ob die Gabelscheiden und das Schaftrohr gut in den Gabelkopf eingelötet sind. Ich bin nach 8 Monaten ca. 2 Monate mit gebrochener Lotnaht Schaftrohr–Gabelkopf gefahren, da ich den Ruck beim Bremsen auf das Einsetzen der Bremsbeläge bei der Magura zurückführte. Nun ist die Gabel mit Silber nachgelötet. Mal sehn'n, was sie macht. Auf jeden Fall ruckt es nicht mehr. Sie hielt dann von Oktober 1993 bis September 1994. Sie brach nicht, sondern ich fuhr auf eine auf dem Radweg liegende Holzpalette auf. Daraufhin verbog sie sich im Bereich Cantilversockel–Gabelkopf so stark, daß die Scheiden senkrecht standen. Im Frühjahr 1994 bin ich mit dem Rad über einen 4 cm hohen Kantstein gebrettert. Da wurde die Felge zum Herz und die Gabel hielt stand. Bei keinem dieser Unfälle stürzte ich. Mit einem normalen Rad wäre so etwas mit Schorf nicht unter 3 Wochen geahndet worden.

[39] Gabeln verabschieden sich bei mir nur durch absurde Fahrmanöver (irgendwo mit dem Vorderrad auffahren). Sie verbiegen sich zwischen den Canti-Sockeln und dem Gabelkopf sowie im Schaftrohr.

[40] Bei einem 440-er Laufrad. Bei 406 er ca. 250 mm, allerdings wird es dann für einen 37-er schon eng.

[41] Z. Zt. habe ich einen Abstand von 62 mm. Mit verschiedenen Magura-Adaptern konnte man gut spielen. Wie das jetzt mit den Evolution-Adaptern ist, weiß ich nicht. Es gibt ja noch nicht einmal mehr die U-Bügel.

[42] Allerdings mit „Boosterbügel“, da die oberen Widerlager nicht in für diese Montageart geeignet waren und abgesägt wurden.

[43] Shimano Index System, die Außenlitzen haben nur einen leichten Drall, liegen fast parallel zum Draht.

[44] Die Juristen werden an dieser laxen Formulierung sicherlich etwas auszusetzen haben.

[45] Hängt latürnich von Steuerrohrlänge und Steuersatz ab.

Generell gehen Unfälle mit Liegerädern glimpflich aus, da man zwei Knautschzonen hat: Den Hintern für Selbststürze und die Füße für Vorfahrtnahmen von Pkws.

7.5 Tretlager

Das hintere Laufrad, die Gabel und das vordere Laufrad montieren. Lenkervorbau und Lenker anbauen. Der Sitz wird jetzt benötigt. Er wird in der endgültigen Position provisorisch befestigt, so daß man ihn später nach vorne und hinten noch um ca. 5 cm verschieben kann.[46] Jetzt braucht man eine Hilfsperson. Der Fahrer setzt sich aufs Rad und rekelt sich bequem zurecht, der Helfer hält Kurbelsatz mit Tretlager und Pedalen vorne an. Der Fahrer macht eine Kurbeldrehung, wobei er seine Beine nicht ganz durchstrecken darf! Der Helfer markiert die Tretlagerposition auf dem Oberrohr, daß nun abgelängt werden kann. Dann das Hauptrohr ovalisieren und das Tretlagerrohr einpassen. Die Achsenfluchtung kann mit Winkel und durchgesteckten Stäben (durch die Ausfallenden und das neue Tretlager) überprüft werden. Das Tretlagerrohr einlöten.

Wer den Rahmen längverstellbar gestalten will: Das vordere Rahmenrohr muß einen 1 mm kleineren Außendurchmesser als den Innendurchmesser des hinteren Rahmenrohres haben, damit Pulverbeschichtungen/Lackschichten nicht abgeschliffen werden. Oder man muß das vordere Rahmenrohr abschleifen und im Einschubbereich verchromen. Belastungsgünstig sind der Schlitz und die Anlöter (mindestens 2) für die Spannschrauben (M8) oben und nicht wie gewohnt unten aufzusetzen.[47]

Das vordere Tretlagerrohr ist in der Regel zu dünnwandig um daran direkt eine Verkleidung anzuschrauben. Dafür sollte ein 10-er Vierkantstahl angelötet werden, der dann mit entsprechenden Gewindebohrungen versehen werden kann. Wegen der vielen Löcher auch teilweise Emmentaler genannt.

7.6 Umwerferrohr

Falls mit dem Gedanken gespielt wird, ein Verkleidung zu montieren, so muß das Umwerferrohr mit Messing angelötet werden. Nach hinten auf das Oberrohr eine Abstützung[48] (10-er Rohr) einbauen. Auf dieses wieder kann ein Rohr rauf für den Tachohalter. Für den vorderen Schaltungszug lötet man sich eine Mutter M5 auf dem Rahmen in Tretlagernähe leicht nach oben versetzt auf. Diese nimmt dann die Umlenkrolle der 3-Gangschaltungen auf. Oder man verzichtet auf ein 3-fach Kettenblatt und nimmt die 3×7 von Sachs.[49] Die 3 Gänge (0,73:1:1:36)

[46]Mein beliebtes Hilfsmittel hierfür ist Heißkleber. Aber Vorsicht, er kann großflächige Verbrühungen hervorrufen.

[47]Man gucke sich die Sitzstrebenklemmung von Alumountainbikes an. Ist der Schlitz hinten, so reißen die Schlitze sehr schnell ein.

[48]Darf sich nicht mit dem Schaltungszug kreuzen.

[49]Eigentlich DIE Nabe für das Flevo und andere Räder, bei denen kleine Laufräder angetrieben werden.

haben, da sie so ausgelegt sind wie die alte 3-Gang, einen Übersetzungsbereich wie 28-38-52 auf dem vorderen Kettenblatt.

7.7 Kettenschmutz

Um Wade und Hose gegen mechanische Einwirkungen[50] und Schmutz der Kette zu isolieren dient der Hosenschutz. Der Kettenschutz soll die Kette gegen den Umweltschmutz schützen. Wenn er nur halbherzig ausgeführt ist kommt trotzdem Regen- und Spritzwasser an die Kette heran und kann dann im geschützten Bereich nicht verdampfen und hat dann während der Standzeit schön lange Einwirkzeiten. Die Folge ist Rost. Bloß wie einen Hollandradkettenkasten am Liegerad anbauen? Außerdem habe ich keine Lust bei Reifenpannen erst immer den Kettenkasten auseinanderzureißen.

7.7.1 Hosenschutz

Für den Hosenschutz benutzte ich zuerst 5 mm Nirodraht, der den Zahnkranz hinten abdeckte. Auf der Strecke vom oberen Ende des Drahtes zum Bolzen für das Laststrumritzel war ein 4 mm Draht befestigt. Alte Speichen reichen aus, um die Stäbe nach vorne abzurunden. Vom unteren Ende zum Tretlagergehäuse, und vom oberen Ende in den Schlitz der Schelle des Umwerfers einhaken. Sonst bleibt man mit dem erstbesten Hosenaufschlag dort hängen und folglich: Ratsch. Das Drahtgestell wird mit Lkw-Plane bespannt, die man mit einem Bügeleisen haltbar verschweißen kann.

Der Hosenschutz kann auch aus einer Sperrholzplatte gemacht werden. Die Lösung mit der Sperrholzplatte funktioniert jetzt bei mir zufriedenstellend. Mit einem Schlagschutz aus 2 mm Isomatte ist sie nicht laut, unempfindlicher als zuerst vermutet und schöner anzusehen als Lkw-Plane. Die vorderen Enden brauchen weiterhin die Bügel gegen Hosenfang. In Bastelläden gibt es eine ca. 2 mm dicke Isomatte, die als Kettenschlagschutz dient. Zum Aufkleben auf die Holzplatte doppelseitiges Klebeband benutzen.

Übrigens Liegeradfahrer erkennt man daran, daß sie, wenn sie weite, lange Hosen anhaben, den Hosenschutzbügel (oder -band) am linken Bein haben. Denn dort bleibe zumindest ich immer an der Kurbel hängen wenn der Fuß gerade vorne ist. Bei mir sind diverse Hosenbunde so schon angerissen.

7.7.2 Kettenschutz

Für den Kettenschutz dienen „Rohre aus Polyamid (PA) für Kraftfahrzeuge“ (DIN 73378) oder „Rohre und Rohrleitungen aus Polyamid für Druckluftbremsanlagen“ (DIN 74324) mit der

[50] Einziehen zwischen Kette und Kettenblatt.

Abmessung 15×1,5. Material ist PA11 (Nylon). Wenn möglich sollte man die mit Ruß lichtstabilisierten Qualitäten (im Anhang ein **L**) benutzen. Erstens sind diese durch Ruß gegen UV-Strahlung beständiger und zweitens ist Ruß extrem hart, so daß das Rohr nicht so schnell verschleißen dürfte. Darum ist Ruß auch die Beimischung in der Lauffläche von Reifen. Man kann es in den Werkstätten beziehen, die Lkw-Bremssysteme reparieren. Ich habe letztens für 3 m PA11wLT 10 DM bezahlt. Laut DIN soll es weichmacherhaltig sein[51]; trotzdem ist es so hart, daß ich von weichmacherfreiem Rohr ersteinmal abrate. Es muß, da es von der Rolle kommt, erst geradegebogen werden.[52] Mit ein bißchen Wärme (Heißluftpistole) werden Einlauftrichter für die Kette angeformt. Mit alten Speichen kann es fliegend aufgehängt werden, indem man die Speichen mit dem Kopf durch eine Schelle aus 2 cm geschlitztem Rohr steckt und dann die Schelle auf dem Rohr festklebt. Die Speiche wird dann am Rahmen angeschraubt, so daß eine querkraftarme Aufhängung entsteht[53]. Stand Januar '95: Ich habe jetzt auch das Lasttrumröllchen rausgeschmissen und führe den Lasttrum durch das Rohr.

Andere machten bisher mit PVC-Gewebeschläuchen oder dickwandigen PE-Schläuchen für die Gartenverlegung gute Erfahrung. PVC-Kabelinstallationsrohre sind unbrauchbar, sowohl vom Umweltgesichtspunkt (Dioxin), wie vom mechanischen (keine Verschleißfestigkeit, bei Temperaturen unter 0 ° C spröde und laut.

7.8 Anlötteile

Jetzt können so langsam die Anlötteile[54] an den Rahmen angelötet werden.

Die Bowdenzuglager kann man aus Rundstahl oder Schraubenschäften mit ø8 mm selber herstellen (Stufenbohrung 2,5 und 6 mm).

Achtung: Solange die Anlötteile für die Züge noch nicht am Rahmen sind, kann man leicht einen Schlitz einsägen, um den Zug später einfach ein- und aushängen zu können und nicht mehr einfädeln zu müssen, z.B. wenn nach der ersten Probefahrt der Rahmen gestrichen wird, oder die Züge geölt werden sollen!

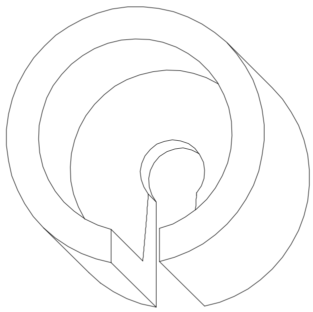

Abbildung 4: Kabelstopper

Für die Luftpumpenhalter unter dem Oberrohr und vor dem Steuerrohr reicht 4 mm Nirodraht.

[51] Das **w** in der Bezeichnung.

[52] Im Treppenhaus aufhängen und kochend heißes Wasser einfüllen und gerade hängen lassen.

[53] Sonst springt gerade beim Rückwärtstreten an der Ampel die Kette hinten vom gerade eingelegten Ritzel runter.

[54] Nöll, Rebeco und HP-Velotechnik sind mit Anlötern gut Bestückt. Brügelmann sollte man wegen fehlender Auswahl und mangelhafter Ausführung meiden. Hier lohnt sich ein Preisvergleich.

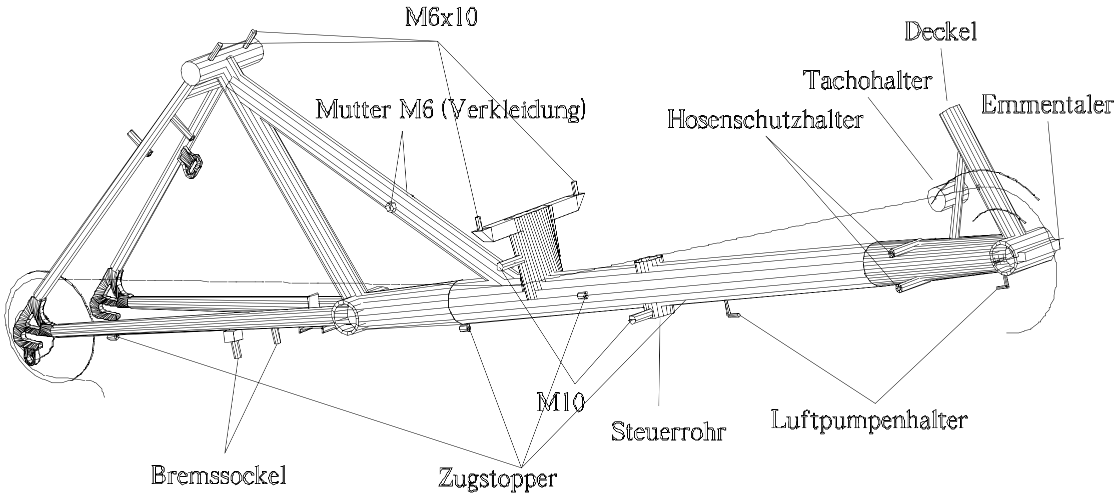

Abbildung 5: Anlöter am Rahmen

- Wer mit dem Gedanken spielt sich eine Heckverkleidung zu bauen sollte gleich die Cantisockel an den Kettenstreben vorsehen. Oben sind sie bei einer Verkleidung verdeckt. Dann hat man hat auch eine gerade Bremszugführung. Und das Umlenkröllchen auf dem Querträger für die alte Cantileverbremse und das Widerlager auf dem Dreiecksrohr können entfallen.
- Pufferbefestigungschrauben je nach erhaltbaren MEGI-Puffern. Die 30×30 (ø×) mit M8 sind zu hart, die 20×25 mit M6, jeweils in der mittleren Shorehärteärte, sind zu weich[55]. Entweder harte kleine, oder große weiche benutzen, wenn man sie denn bekommt.
- Kettenführung im Bereich Sitzhalter.
- Bei Rahmenrohr aus St34 wird dringend empfohlen ein halbes normales Rahmenrohr (ø28) unten (oder oben) auf das Hauptrohr im Bereich hinteres Tretlager–Steuerrohr aufzulöten. Nicht das der Rahmen dort bricht. Beim Kantsteinrunterfahren entlaste ich den Rücken und sitze nur vorne drauf. Dann ist das Hauptrohr ein Biegebalken und ich vermute, daß sich der Rahmen dann dort biegt. Ich habe leider den Urrahmen nicht vor der ersten Fahrt vermessen.
- Achtung auf Rahmenverstärkungshinweise bezüglich Steuerrohrbereich.
- Emmentaler ist ein 10×10×60 mm großer Stahlklotz als Lochblock für Lampe und Verkleidung

[55]Sie versagen auf Scherung.

Die genauen Maße der Anlöter gebe ich hier nicht an, die muß jeder selbst für seine beschaffbaren Fahrradteile bestimmen. Je nach Cantileverbremse, Felge, Luftpumpenlänge differieren dies teilweise erheblich.

7.9 Schlußbemerkung zum Rahmenbau

Sind auch wirklich alle Anlötteile, auch für einen späteren Tubus oder eine Verkleidung, dran? Ich rede aus Erfahrung. Lieber mehr vorher anlöten als hinterher nochmals löten und lackieren.

Das Fahrrad montieren und ca. 1–2 Wochen fahren um zu sehen, ob alles funktioniert und hält[56]. Und so merkt man auch, ob auch alle Anlöter dran sind, z.B. für das Schloß.[57]

Wer erst auf den Geschmack gekommen ist, wird sich hinterher garantiert auch einen Tubus[58] (oder mehrere) bauen und auch andere Teile und sollte dafür entsprechende Anlöter vorsehen. Oder z. B. für den YAK , einen Einradanhänger, dessen einzige Schwachstellen die Bedienung der Kupplungsmimik und der hohe Preis in Deutschland zu sein scheint.

[56]Vor Dauerbrüchen ist man selbst nach 1–2 Jahren nicht gefeit.

[57]Leider werden auch Liegeräder geklaut. Die Liste der geklaut gemeldeten Liegeräder ist im Internet auf http://www.enhydralutris.de/Fahrrad/geklaute.html einsehbar. *email* an den Seitenverwalter zum Aufnehmen von zur Fahndung ausgeschriebenen Liegeräder.

[58]Tubus ist hier das Synonym für den von Radius, T'schuldigung TUBUS (Stand 2001 „tubus carrier systems GmbH“), gebauten gleichnamigen Gepäckträger aus nahtlosem 10×0,5 mm 25 CrMo 4 Rohr. Unsere Nachbauten sind maßgeschneidert, erfüllen alle Anforderungen, wie geschützte Halterung für das BM Toplight, Bügelschloß etc. und wiegen nur 280–650 g, je nach Zielrad.

8 Lackieren

Den Rahmen erst dann schleifen und streichen, wenn man eine Probefahrt gemacht und alle Bauteile probehalber montiert[59] hat.

Wenn der Rahmen wirklich fertig gelötet ist, ihn mit Schmirgelleinen abschmirgeln bis er metallisch blank ist. Alle Flußmittelreste müssen weg, auch wenn es nervt. Unter 2–6 Stunden wird man wohl kaum davonkommen. Hinterher ist die Nase innen schwarz. Also dabei einen Mundschutz tragen. Oder man gibt den Rahmen zu einem Betrieb welcher mit Kugeln oder mit feinem Sand strahlt. Dann muß man zumindest beim Sandstrahlen mit Kosten zwischen 5–20 DM rechnen. Aber die Restbearbeitung durch Schmirgeln fällt dann sehr viel geringer aus. Hier sei vor Betrieben gewarnt, die grobe Maschinenteile strahlen. Deren Sand ist eher Kiesel und hinterläßt eine wahre Kraterlandschaft mit entsprechend vielen Kerben auf dem Rahmen.

Für den fortgeschrittenen Rostschutz bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Edel und teuer: Verchromen[60], kostet in Hamburg ca. 200–500 DM.
- Edel und teuer: Pulverbeschichtung. In Hamburg ab ca. 160 DM.
- Gut, aber zeitaufwendig: Autolackiererei. Warten bis die ein Auto in gewünschter Farbe haben, dann mit durchschieben lassen. Ca. 100–300 DM
- Vitamin B: Bei Pulver ab 50 DM, bei DD-Lack ab 30 DM

Zum Selberlackieren gibt es 2 Möglichkeiten:

- Zweikomponenten-Acryllack (Auto) oder Zweikomponenten-PU-Lack (Höveling, International) kosten je Liter inklusive Verdünnung und Vorstrich ca. 100 DM. Das 011 Rot von International ist RAL-3000 ähnlich, etwas heller. 1 Liter sollte für 5 Rahmen reichen. Die Grundierung von International muß stark verdünnt werden, sie ist sonst zu dickflüssig.
- Normaler Buntlack, ca. 30 DM/ltr. inklusive Grundierung. Billig und schnell, hält aber nicht sehr gut. Gut für die ersten 500 km, wenn man noch nicht alle Anlötteile dranhat und die Geometrie abändern will. Läßt sich vor der endgültigen Lackierung gut entfernen
- Von wasserlöslichen Acryllacken aus dem Baumarkt (ca. 20 DM/ltr.) rate ich ab, sie sind nicht die Arbeit wert.

---

[59] Falls die FAG-Kunststofftretlager verwendet werden sollten, so vorher erst recht das Tretlagergewinde einfetten, sonst verbleibt das Gewinde im Lagerrohr!

[60] Zum Hochglanzverchromen muß der Rahmen sehr gut geschliffen und fast blank sein. Es dürfen keine Krater oder Kratzer vorhanden sein. Oder mattverchromen, dann muß er kugel- oder glasgestrahlt werden, und wie ein rohes Ei mit angeknackster Schale zum Verchromer.

- Alles, was aus der Spraydose kommt taugt nichts.

Beim Selberstreichen bietet sich folgende Vorgehensweise an:

- Den Rahmen mit Nitro abwischen. Nun prüfen ob alle Stellen blank sind, besonders im Bereich der Lotnähte ist auf Flußmittelreste zu achten.
- Zweimal Grundieren,
- naßschleifen
- 2–3 Farbschichten
- naßschleifen
- letzter Lackstrich.

Das Naßschleifen erfolgt mit 600-er Naßschleifpapier, bis das Wasser nicht mehr abperlt.

Ein Endanstrich mit Klarlack, z.B. „Ultravar 2000“[61], rundet die Lackierung beständig ab.

Bei International- und Höveling 2-Komponetenfarben empfiehlt sich folgendes Rezept: Farbansatz 150 ml, dazu 5 ml Verdünnung, in Marmeladengläsern mit Einwegspritzen anmischen. Rahmen streichen, den bei 30–40 °Caushärten lassen und den Lack solange in PE/PP Tüten eingehüllt im Tiefkühlschrank zwischenlagern (wenn es Mutter, Hausfrau oder WG zulassen). So kann man mit einem Farbansatz 3–4 Farbstriche innerhalb von 3 Tagen aufbringen. Bei 35 °Ckann man innerhalb von 4–8 Stunden den nächsten Anstrich aufbringen. Das gilt auch für 1-Komponentenlacke. Bei einem Bad mit Lüftung oder einer gut heizbaren Werkstatt ist der Rahmen an einem Wochenende gestrichen! Als Lackbecher, sowie zum Laminieren, eigneten sich sehr gut die alten, stabilen Jogurtbecher mit Deckel von Onken. Diese sind aus PE oder PP; PS sollte tunlichst nicht verwendet werden. Die Becher können danach weiterverwendet werden, da sowohl die ausgehärteten Lack- wie Epoxy-Reste spurlos entfernbar sind! Oder Marmeladengläser, die kann man gut verschließen und sind häufig vorhanden.[62]

[61] Ein hochglänzender 2-Komponenten PU-Lack von SP Systems, nicht auf Einkomponetenlacken verwenden.

[62] Hier bin ich vielleicht ein Umweltschwein und behaupte, daß beim Glaseinschmelzen die restliche Farbe kein Dioxin freisetzt (zu hohe Temperatur) oder die Schmelze negativ beeinflußt.

9 Sitzherstellung: Wie man sich bettet, so. . .

Wir (Fahrrad-AG TU Hamburg-Harburg) haben uns von einem Flevositz einen Gipsabguß gemacht. Der Flevositz hat eine gute Körperform. Auf langen Strecken fehlte anfangs bei der hier verwendeten extremen Liegeposition jedoch eine Kopfstütze. Aber daran wird zur Zeit nicht mehr gearbeitet. Ohne Kopfstütze kann der Rest der Halswirbelsäule noch federn und die Fahrbahnstöße vom Kopf weghalten. Mit der Zeit trainiert man sich eine verstärke Brustmuskulatur an. Aber auch dann muß man auf Langstrecken (über 2 Stunden) ab und zu eine kurze Entspannungsgymnastik (während des Fahrens) einschieben: Armbeugen, Arme nach hinten drücken und schlenkern lassen. Dabei kann man aber weiterfahren und es ist nicht so streßig wie eine Rennlenker- oder Tria-Bügelhaltung.

Was abgeändert werden könnte wäre eine bessere Durchlüftung des Sitzes. Hier bieten sich die Papperöhren als Luftkanäle (siehe unten) und eine Lüftungshutze wie bei den aufgemotzten Mantas auf der Motorhaube an. Der Sitz und die Auflage werden dann in regelmäßigen Abständen durchbohrt (10 mm). Er sollte jedoch im Bereich der Löcher beim Laminieren verstärkt werden, in dem 1 oder 2 Lagen Glasfaser mit ca. 40 mm Breite eingelegt wird. Allerdings fahre ich lieber dann ein paar Reservehemden spazieren, denn so habe ich den Rücken schön warm und keinen Zug. Es gibt Radiusfahrer, denen selbst der Netzsitz zu zugig ist und dann auf einer Isomatte sitzen. Ich wiederum schwitze selbst beim Netzsitz auf dem Rücken und habe keine Zugprobleme. Ergo: Jeder muß es selber wissen. Ich werden beim Flevositz bleiben, zumal wir (Tretboot-AG an der TU-HH) uns jetzt ein gutes Polyester-Negativ gebaut haben.

9.1 Formherstellung

Hier ist nur die Herstellung der Gipsform (Low Cost) beschrieben. Spielt man mit dem Gedanken mehre Sitze herzustellen, so sollte man gleich auf Polyester wechseln. Im R&G-Katalog ist das gut beschrieben. Auch können hier diverse Bücher für Schiffs- und Flugmodellbau hilfreich sein, wenn sie einigermaßen aktuell in Büchereien erhältlich sind.

Den Modellsitz mit Vaseline oder Butter einstreichen (Trennmittel). Mit Pappe und Kreppband auf der Unterseite einen erweiterten „Topfboden“ abkleben. Einen Topfrand mit Pappe kleben. Die ersten 6 kg Gips großtechnisch in einer großen Küchenschüssel mit kaltem Wasser anrühren (Mixer mit Schneebesen), schön dünnflüssig, aber nicht zu dünn und reingießen. Abbinden lassen und die Schüssel inzwischen reinigen. Wenn der erste Boden (Rückenteil) abgebunden hat, die „Arschhalterpartie“ waagerecht legen und die zweite Ladung anmischen und gießen. Der Gips wird ziemlich warm. Wenn der Gips abgebunden hat, entformen. Die Form mit geschmolzenem Kerzenwachs dünn auskleiden (Pinsel), bis eine geschlossene, fast glatte Fläche überbleibt. Möglichst farbiges Wachs benutzen, so hat man eine einfache Schichtdicken-Kontrolle. Die Wachsschicht mit einer Heißluftpistole restglätten. Mit Terpentin und den Fingerkuppen polieren. Vor dem Laminieren mit den Fingerkuppen dünn Vaseline auftragen. Je glatter die Oberfläche, desto weniger wird diese beim Entformen des fertigen Sitzes zerstört und glatter der endgültige Sitz. In Polyesterformen haben wir bisher gut Erfahrungen mit Trennlack gemacht. Er kann nach dem Entformen sowohl aus der Form, wie vom Abguß mit Wasser abgespült werden. Trennwachs muß gut poliert werden, da beim Abgießen **alle** Unebenheiten abgegossen werden.

9.2 Laminieren

Die Laminierangaben beziehen sich (fast alle) auf Epoxid. Mit Polyester habe ich erst wenig Erfahrungen. Wer noch keine Ahnung vom Laminieren hat, gucke in den R&G-Katalog, dort sind nützliche Informationen enthalten.

9.2.1 Matrix

Als Matrix werden normalerweise Epoxid- oder UP[63]-Harze verwendet. Für tiefergehende Informationen ziehe man den R&G-Katalog oder das Buch von Heisler [4] zu Rate. Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, daß Laminierepoxid (SP 110) und Polyester bedeutend dünnflüssiger als Klebeepoxis sind und einen bedeutend höheren Faseranteil (ca. 1,5 – 2 mal mehr) als Klebeepoxide ermöglichen und benötigen. Man achte auf die Mischungsverhältnisse Harz/Härter. Gerade bei UP ist bei geringen benötigten Mengen MEKP[64] eine kleine Spritze anzuwenden. Einige Angaben beziehen sich auf Volumen, andere auf Gewichtsprozente.

Polyester Polyester benötigt als Verdünnung Styrol, wenn es nicht eh schon damit versetzt ist. Ab dem 01.01.1995 gilt ein MAK-Wert von 20 ppm Styrol in der Atemluft. Polyesterverarbeitende Betriebe (Bootswerften...) unternehmen wahnsinnige Lüftungsmaßnahmen um auf diese Werte zu kommen. Außerdem wird Styrodur[65] von Styrol selbst durch Wachs und Lackschichten hindurch angefressen. Nicht umsonst sollte nach Polyesterspachteln zwei Wochen gewartet werden bis es mit Epoxid oder Farbe beklebt/beschichtet wird.[66]

Bei MEKP kann man von einer Dichte von ca. eins ausgehen, aber Achtung, es sickert auch durch Stoffschuhe auf Zehennägel und ist ätzend, zumindest Hautschädigend!! Außerdem liegt der Flammpunkt bei 60 ° C. Oberhalb dieser Temperatur soll auch eine spontane Zersetzung stattfinden (noch nicht überprüft).

Laminierepoxid Laminierepoxid ist fast so dünnflüssig wie Polyester. Das 110-er von SP ist gut.

---

[63] Ungesättigte Polyester

[64] Methylathylketonperoxid, Härter für Polyester.

[65] Einer der vielen Handelsnamen.

[66] So lange dunsten noch nennenswerte Styrolmengen aus, die die Haftung mit darüber aufgebrachten Lack- oder Epoxidschichten verhindert, zumindest mindert.

Klebeepoxid Man braucht es für einige Sachen eh, also ruhig eine größer Menge kaufen. Siehe auch den Abschnitt Bau der Heckverkleidung! Wir haben mit dem 106-er von SP gute Erfahrung gemacht. Über das WEST-SYSTEM, oder ACRÜ-Epoxide kann ich nichts sagen.

9.2.2 Faser

Mein Standpunkt zur Faserwahl:

- Hände weg von Kevlar, es lohnt sich nicht
    1. Man kann es nicht schneiden, es sei denn man hat eine Hartmetall- oder Keramikschere (Mikroverzahnte Scheren sollen es auch tun) oder für 1 m Schnittlänge 10 superscharfe Scheren zum Verhunzen über
    2. es zieht Wasser. Delamination ist die Folge. U. a. friert das Wasser dann bei Minusgeraden aus und sprengt das Laminat.[67]
- Glasfaser bereitet keine Probleme und ist preiswert.
- Kohlefaser, wer es haben muß, soll diese steife Faser verwenden. Circa viermal teurer als Glasfaser und spröde im Bruch.
- Neuerdings gibt es hochverstreckte PolyEthylen (PE) -Fasern. Sie haben extrem hohe E-Module, sind aber schwer verarbeitbar und hinterher nicht mehr schleifbar. Außerdem weiß jeder, spätestens nach den ersten Versuchen, wie schwierig es ist PE oder PP zu verkleben.
- Polyesterfasern (ACRÜ), sind hinterher kaum noch schleifbar und bisher keine Erfahrungen.[68]

Ein optimales Preis-Leistungsverhältnis erhält man wahrscheinlich mit Glas als Massenfaser und Kohle-Rovings[69] zur gezielten Verstärkung und Versteifung. Kohlefaser ist allerdings nur zugfest. Im Vergleich Glas gegen Kohle unter Druckbelastung schneidet Glas besser ab. Dies muß beim Laminataufbau beachtet werden.[70]

Die Glasfaser zurechtschneiden (4 ganzflächige Lagen Leinwand (210 g/m^2)). Die Klorollen[71] halbieren und in Längsrichtung dem Sitz anpassen; sie dienen der Versteifung, sollen nur die

[67]Die Luftfahrtindustrie hat da sehr viel Lehrgeld bezahlt.
[68]Jens Buckbesch hat sie verwendet.
[69]Rovings sind unidrektionale Faserstränge.
[70]Böse Zungen behaupten, daß der Untergang des America-Cuppers “Australia-One” im Frühjahr 1995 darauf zurückzuführen sei, daß die Kohlefaser versagt hat. Die Fockschot wurde nicht über die kaputte Fockwinsch sondern über die Backstagwinsch gefahren. Deren Unterbau war nich für Belastung von vorne gebaut. Folglich gab die Faser nach, die Struktur versagte und der Cupper brach durch.
[71]Styrodur, Styrofam, Jackodur. . . (Polystyrolschäume?) sind nicht Polyesterresistent!

letzten Lagen hochhalten. Sie sollten ca. 3 cm bis zur Kante freilassen. Die Endrollen keilig zuschneiden, so daß sie kurz vor dem Rand enden. Alle Faser- und Verstärkungsteile vor dem Laminieren zurechtschneiden und probelegen. Dann griffbereit zurechtlegen und erst dann Harz anmischen.

Bei Klorollen und Polyester/Laminierepoxid sind unter den Klorollen 2 Glasstreifen vorzusehen, da nur 2 Lagen zu weich sind.

Merke: Glasfaser läßt sich ohne Vakuumverfahren nicht um die Kante laminieren, als minimaler Krümmungsradius sei bei 200 g/m^2-Gewebe 1 cm bei Klebeepoxid (SP 106) und 2 cm bei Polyester und Laminierepoxid (SP 110) anzunehmen.

Etwas Harz (60 ml) anmischen[72] und in der Form verteilen. Es muß nur eine dünne Schicht sein. Andicken lassen (ca. 4 Stunden). Das gibt dann eine glatte Oberfläche, die nicht durch die Gewebestruktur geprägt ist. Ist zwar kein richtiges Gelcoat, aber erfüllt seinen Zweck, besonders wenn es gleich noch mit Pigment[73] vermischt ist, nähmlich UV-Stahlung von der wesentlichen Matrix fernzuhalten. Für nur einen Sitz lohnt sich richtiges Gelcoat nicht, da bei Eigenfertigung nur Kleinstmengen benötigt werden. Mit Schaumpinseln sollen sich Luftblasen vermeiden lassen.

Harz anmischen (ca. 300 ml), die 1. Gewebelage einlegen und mit Harz tränken (Pinseln), 2. Gewebelage einlegen und tränken. Klorollen drauflegen (ca. 5 cm vom Rand nach innen), 3. Gewebelage, tränken, Verstärkungslagen, 4. Gewebelage, tränken. Zwischendurch wird die erste Harzmenge wohl ausgehen, also eine neue Ladung anmischen. Der langsame Härter erlaubt 20 Minuten Topfzeit. Das Ende der Topfzeit kündigt durch ein spürbares Ansteigen der Temperatur[74] und Gelieren an, dann dieses Harz nicht mehr verwenden und neues anmischen.

Nach dem Auflegen der nächsten Gewebelagen immer erst mit den Handschuhen die Gewebelagen andrücken. Das Vorgehen zieht überschüssiges Harz aus den unteren Lagen heraus und macht so weniger Harz notwendig. Auf Luftblasenfreiheit achten.

Bei jedem Tränken auf Blasen- und Faltenfreiheit des Laminates achten!

In die stark belasteten Bereiche[75] werden bis zu 6 übereinanderliegende Bänder, ca. 4–6 cm breit, einlaminiert. Dabei darauf achten, daß die Übergänge fließend sind, den Beginn aller Bänder nicht auf einen Ort legen. Aber selbst das garantiert nicht, daß der Bruch am Ende stattfindet. Mir ist der Kohle-Kevlar-Sitz im Juni ’97 1 cm vor Ende einer Verstärkungslage

[72] collodia sillica oder Aerosil als Thixotropiermittel verwenden, sonst läuft das Harz von den schrägen Partien ab. Das ist feinverblasenes Siliciumdioxid, also Quarz das auch in der Lebensmitteltechnik als Verdickungsmittel dient. Aber Achtung, in suspensierter Darreichungsform kann man es essen (beliebtes Andickmittel in der Nahrungsmittelindustrie), als Staub ist es aber auch lungengängig (Stichwort Asbestose)

[73] Polyesterpigmet für Polyester und Epoxidpigment für Epoxid, ACRÜ hat Universalpigment.

[74] Achtung, wenn jetzt noch viel Harz im Topf ist, schnell die Oberfläche vergößern! Die Reaktionswärme muß abführt werden. Wärme regt die Reaktion an. Wenn keine große Schüssel zum Hineingießen zur Verfügung steht: Vorsichtig mit Wasser auffüllen und in eine Schüssel stellen.

[75] Befestigungspunkte, überkragende Teile (Rücken- und Hintern), Ränder.

gebrochen. Er wurde nicht zum ersten Mal so belastet und die Kevlarfaser hat auch nichts geholfen. Jetzt, nach der 4 ten Flickung wiegt der Sitz 850 g.

Unterer Vorsprung: 3–4 Bänder, Seite (vom Rand nach innen): 3 Bänder, in der unteren Hälfte 6 Bänder auf den Pappröhren: Zwei Bänder, in der oberen Hälfte, besonders oberer Sitzbefestigung 4 Bänder Die Bänder kann man auch zusammenstückeln. Dann sind sie ca. 2 cm zu überlappen. So kann man auch die Gewebeabfälle verarbeiten. Sie kommen unter die letzte Lage, die einen glatten Abschluß bildet. Daraus folgt für den Aufbau:

Harz, 1. Lage, Harz, 2. Lage, Harz, Stringer, 3. Lage, Harz, Bänder, Harz, 4. Lage, Harz, (Abreißgewebe)[76].

Sobald es mit dem Harz losgeht: Bloß Latexhandschuhe anziehen, daß Zeug ist ekelhaft klebrig und allergieerregend[77]! Laminieren mindestens mit 4 oder 6 Händen, dann geht es zügig und streßfrei von statten. Gerade das Gewebeauflegen wird erleichtert, wenn einer mit den Händen sabbern kann, der andere **nur mit dem Pinsel** das Harz verteilt und so gut die Gewebe fassen **und** loslassen kann. Latexhandschuhe gibt es im Klinik/Laborbedarf preiswert. Für ca. 8 DM sollte man 100 Stück erhalten.[78]

Der Sitz kann nach ca. 6 Stunden (bei 30 °C) vorsichtig entformt werden. Bei 70 °Cschon nach 1 h, aber wer hat einen so großen Ofen, der auch nicht wärmer wird (des Wachses wegen). Bei 70 °Chat das Laminat eine höhere Endfestigkeit als bei 30 °C, aber es geht auch so. Die Zeiten richten sich stark nach verwendeten Härter und Harz! Testet man am besten, indem man versucht das restliche Epoxid im Becher des letzten Ansatzes zu brechen. Wenn es nicht mehr klebrig ist und bricht ist es OK, sonst unbedingt warten!

Im Bereich der Sitzbefestigung sollte man den Sitz großflächig mit 3 Lagen Glasfaser verstärken. Oder besser einen Querträger aus Kiefernholz anpassen und überlaminieren.

Apropos überlaminieren: Hat das Epoxy erst einmal abgebunden, ist es chemisch sehr inert. Wenn es überlaminiert oder gestrichen werden soll, so muß es fettfrei und angeschliffen sein.[79]

In dieser Ausführung ist der Sitz weicher als das Original[80] aber stabil und nur ca. 650–1000 g schwer. Das Gewicht hängt nur an 2. Stelle von der Glasfasermenge ab, an erster Stelle steht das Harzgewicht. Solange die Faser gut getränkt ist hält sie. Harzseen halten nichts, bringen nur Gewicht.

Die Isomatte wird mit Klettstreifen auf dem Sitz befestigt. Problematisch ist es die Klettstreifen auf dem Sitz zu befestigen. Als einzig dauerhafte Befestigung der Klettstreifen, die es auch in

[76] Feines Nylongewebe, Saugmatte, Sand. Daß Abreißgewebe bildet kein Interfäce mit dem Harz aus, also wird das überschüssige Harz abgesaugt. Es wird hinterher einfach abgerissen und hinterläst eine raue Oberfläche. Muß nicht sein, für den Gewichtsfetischisten aber unbedingt notwendig, genauso wie Speichennippel aus Aluminium.

[77] Kann Carsten Zerbst bestätigen.

[78] In Hamburg: City-Laborservice, Bergstraße 14, Tel.: 040-326860, 200095 Hamburg.

[79] Aber Achtung: Einigermaßen gesundheitlich unbedenklich ist es erst nach 4 Wochen, was besonders für den Schleifstaub gilt.

[80] Der original Flevositze wiegen z. Zt. 1,1–1,8 kg und sind aus Polyester mit beidseitiger Gelcoatbeschichtung.

25 mm Breite gibt, hat sich Epoxy oder Pattex erwiesen. Also eine Kleinmenge anmischen und die Klettbänder (Häkchenseite) auf dem angerauten Sitz aufkleben. Auf der Isomatte reicht Heißkleber [81] zum Befestigen der Klettbänder. Inzwischen habe ich dafür wieder Kontaktkleber[82], dafür entdeckt. Denn Heißkleber hält zwar wunderbar auf der Matte, aber nicht auf dem Klettband.

Mein neuster Sitz (Sommer 1996) für das Flevo ist 900 gr schwer. Er hat einen 150ml Ansatz Gelcoat mit Pigment, 500 ml Harz (Polyester) und ca. 1 m^2 210 g/m^2 Glasgewebe. Steifigkeit wurde mit Klorollen am Rand erzielt. 4 Lagen Glas + 3 Lagen 700 g Glasbänder im vorderen Bereich. Vorne ist mir mein allerersten Sitz, den ich derzeit noch auf dem Flevo fahre gebrochen, da er dort massiv über die Kante gebogen wird. In Polyester sollte er besser so aussehen: 4 Lagen, Klorolle, Verstärkungslagen, 2 durchgängige Abschlußlagen. Die Verstärkungslagen sind im Bereich der Befestigung 2 oben, 4-6 unten, der Klorollen 4. Im Bereich der oberen Sitzhalterung mußte ich nachträglich dann noch 4 mm Sperrholz und 2 lange Glasgwebe mit Epoxi-μF-Fibres einkleben. Da hielt er am Flevo nur einen Monat.

Der neueste Sitz (Juli 1999) ist wieder eine Gelcoat-Polyester-Variante. Aufbau: Gelcoat, 200 g Leinwand , 390 g Köpper, Restabschnitte im Bohrungsbereich und den Kanten bis auf 3-4 kg, 390 g Köpper zum Abschluß. Gewicht: 660 g. Mal sehen, wie lange der hält. Ist in der oberen Befestigungsecke ein bißchen weich, da hätte wohl doch ein 4 mm Sperrholzbrett reingehört.

Wenn der Sitz fertig ist, muß er noch gegen UV-Strahlung geschützt werden. Vorzugsweise sollte hier ein getönter 2-Komponentenlack (DD-Lack) zur Anwendung kommen. Entfällt natürlich, wenn Gelcoat verwendet wurde!

Die endgültige „Sitzhöheneinstellung“ folgt nach einigen Probefahrten durch entsprechendes Bohren und Verschieben des Sitzes. Solange die neuen Bohrungen mindestens 15 mm neben den alten sitzen ist nicht von Bruchgefahr auszugehen. Ein Liegerad ist erfahrungsgemäß unkrititsch bei einer falschen Sitzeinstellung. Entgegen dem normalen Rad kann man noch mit einem 4 cm zu „hoch“ oder „tief“ eingestellten Sitz fast problemlos fahren. Ein Flevo sollte übrigens gerade in der Anfangszeit wegen der Kurvenfahrerei ein bißchen zu kurz eingestellt sein.

[81] Von Pattex gibt es 2 Sorten. Ich ziehe die zähe (milchig) der hochfesten aber spröden (weiß) Sorte vor

[82] Ja die ziehen immer noch so schöne Fäden und duften nach Lösungsmitteln (schnüff).

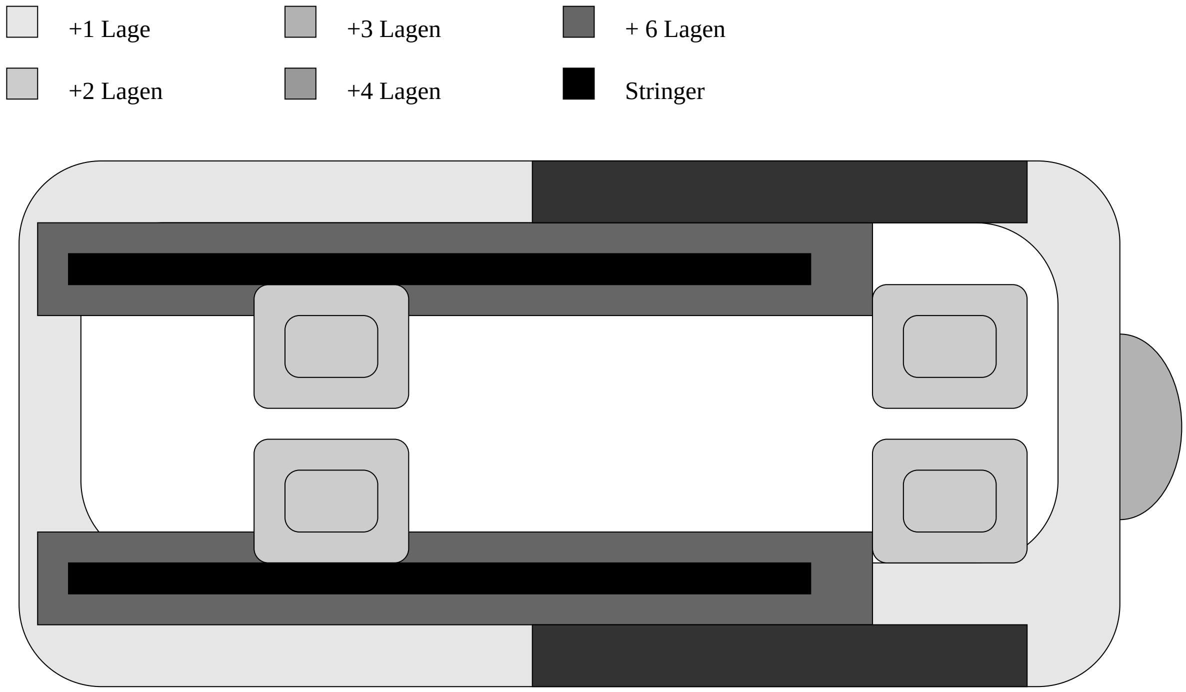

Abbildung 6: Vorgeschlagener Laminataufbau

9.3 Alternative Sitzherstellung

Das folgende Verfahren hat Martin Eder (Adresse s. u.) durchgeführt. Seine Mail hier im Klartext:

> Den Sitz für mein Liegerad habe ich wie folgt angefertigt: Zur Formgebung habe ich ein 1 mm starkes V2A-Blech entsprechend zugeschnitten und gebogen. Darauf habe ich dann sechs Lagen Glasmatte mit Polyester-Harz laminiert. Das Problem war aber, daß sich all diese Schichten trotz Vorbehandlung des Blechstücks komplett wieder vom Blech lösten als ich testete, ob sich alles noch ein wenig hin- und herbiegen läßt. Daraufhin habe ich kurzerhand die Glasfiberbahnen mit doppelseitigem Klebeband auf das Blech geklebt und zusätzlich vernietet (mit Blindnieten und Beilagscheiben). Die Nietstellen habe ich dann mit „Silikonhäubchen“ bedeckt, weswegen darauf auch kein Lack hält (ist aber egal, da man diese Stellen nicht sieht; sie sitzen ja unter dem Polster). An den Rand des Sitzes habe ich einen Kompressorschlauch geklebt, den ich zuvor der Länge nach aufschlitzte. Als Polsterung dient ein ganz normales Schaumstoffpolster mit Überzug, das ich mit selbstklebendem Klettverschluß befestigte. Voilá

Was ich bei der letzten Mail als Besonderheit meiner enhydra vergessen habe zu erwähnen, ist die selbstgemachte Kopfstütze. Diese besteht aus einem leicht gebogenem MTB-Lenker, welchen ich kurz nach der Lenkermitte abgeschnitten habe (so daß die Klemmstelle und noch ein Rest vom anderen Lenkerende erhalten blieben). An dieses Rohr habe ich oben ein ca. 7 cm langes Vierkantrohr angeschweißt, um daran eine kleine Sperrholzplatte mit Polsterung und Bezug zu befestigen. Diese gesamte Konstruktion habe ich dann in die Sitzmuffe des Hinterbaus gesteckt → fertig ist die verstellbare Kopfstütze. Sie ist nur dafür gedacht, daß ich mich auf guten Straßen zurücklehnen kann; bei schlechteren Wegen verzichtet man freiwillig auf die Kopfstütze, es sei denn, man will eine Gehirnerschütterung riskieren.

10 Ausblick

Ein Nirorahmen mag zwar eine edle Idee sein, ist jedoch schwierig zu löten. Die Lotnähte halten nicht das, was eine Lotnaht zwischen „rostenden“ Stählen hält. Da ist Löten von rostenden Stählen einfacher, man kann halt nicht mit der Lotflamme durch 0,7 mm dickes Rohr durchbrennen! Niro ist also zu schweißen. Dann aber auch WIG, nicht nur MIG-MAG. Näheres dazu von Robert Lehrian, auch wenn er sein Rad zwischen 1994 und 95 verkauft hat.

Inzwischen ist eine Frontverkleidung gebaut. Sie hat die Form wie in der „Radfahren Extra“, 3/93, Seite 64 von Constantin Stühmer (Mertens-Rad). Jedoch ist die Aufhängung anders. Das Tubusrohr fand hier Verwendung. Die Frontverkleidung wiegt inklusive Flaschenhalter und Träger ca. 1,9 kg. Die Urform ist aus einem alten Zzipper entstanden. Ein Polyesternegativ existiert, Constantin Stühmer hat es. Da ich teilweise frei laminiert habe kann man die Verkleidung, wenn jetzt eine Negativ gezogen wird, sicherlich auf 1400 g ’runterdrücken. Stand März 96: Jens Buckbesch und Alexander Bernhard haben einen bereiteren Abzug zu gezogen und und ein vernünftig breites Negativ davon erstellt. Näheres dazu auf S. 49.

Ein Tubusnachbau (s. S. 56) hat auch das Licht der Welt erblickt. Die Ladefläche für sperriges Gut ist so groß wie bei den ESGE-Trägern, jedoch können die Taschen nach Wahl weiter nach unten und vorne verlegt werden. Die Taschen ragen bei diesem Konzept in den ungestörten Luftstrom hinein. Das wird den Reiseschnitt (mit Gepäck), der bei mir unverkleidet mit 25 km/h ca. 3 km/h über dem des Radius DINO oder eines Trekkingrades mit Leichtlaufreifen und Triatlonlenker liegt, vermindern, also wurde ein Aerobag gebaut, der weiter unten beschrieben ist.

Zum Vergleich: „Radfahren Extra“, 3/93, Seite 66, von Bram Moens. Meiner ist etwas breiter als der Fahrer und soll das gesamte Gepäck aufnehmen.[83] Er kann mit der Frontverkleidung und einem Stoffzwischenteil eine Vollverkleidung bilden. So sollte man in leichter Bekleidung auch noch nahe dem Gefrierpunkt und bei Regen fahren können.[84]

Wer will, kann sich ein Negativ abformen und es zur Verfügung stellen. Preise[85] wie in der ProVelo 34 mit 3200 DM für eine Canard-Verkleidung von Staubach halte ich für untragbar[86].

Allerdings ist dann ein stabiler Seitenständer angesagt, da sonst die Kiste wegen des hohen Schwerpunktes umkippen wird. Die Aluminiumhinterbauständer von ESGE haben sich mit verlängertem Standbein als passabel erwiesen. Ein Zweibeinständer ist zwar angedacht, aber

[83] Schlafsack und Isomatte + Zelt werden dann mit Expandern unter die Verkleidung geschnallt.

[84] Ich bin Ostern ’92 bei 0°Cund Regen / Schnee von Harburg über Braunschweig in den Harz und zurück gefahren (460 km in 3,5 Tagen.) Bekleidung Elastikhose, T-Shirt und Jogginganzug. Rad: Dino mit selbstgebauter Teilverkleidung und von dort nach hinten abgespannter Regenpelerine.

[85] Die Preise sind, soweit nicht anders angegeben, in DM genannt.

[86] Ich bin Student und Bastler, habe selber das Geld nicht so dicke und will im Liegeradbau Erfahrung sammeln und nicht Geld ausgeben.

sehr schwierig zu realisieren. Er hat entweder lange Hebelarme oder eine Gleichlaufmechanik.[87]

Abbildung 7: Enhydra mit Verkleidungen

Man könnte auch eine Federgabel[88] verbauen. Entweder man nimmt gleich 20″ Federgabeln oder je nach erhaltbarer 26″ Federgabel kann man über massive Schellen die Ausfallenden höher anschrauben, anschweißen oder -löten. Dann sollte jedoch statt der 440-er Felge eine 406-er verwendet werden. Für die gibt es auch einen Schwalbe Semi-Slick, 32 breit und 6,5 bar vertragend. Bei Unterschenkeln die kürzer als meine sind, muß man wahrscheinlich eh ein kleines Laufrad verwenden. Ich komme so eben mit den vorderen Fußteilen auf den Boden. Lenker und Sitz müßten tiefer. Also die Kettenführung nicht mit der Sitzhalterung kombinieren. Die Federgabel hätte auch den Vorteil weniger Speichenbrüche zuzulassen, da die Kraftstöße in den Speichen stark abgemildert werden. Radius hat leider nur noch 1,8 mm Speichen,[89] und die reichen von der Festigkeit her gerade für die langen Liegeräder, jedoch nicht für die Belastung im kurzen Liegerad, ich bin gespannt, was die beim 16V machen werden, aber da ist die Geometrie auch etwas entschärft. Das hat eine indirekte Lenkung. Und es fährt nach meiner ersten Erfahrung (27.8.93) doch nervöser als meine Rahmengeometrie. Als Abhilfe gegen Speichenbrüche habe ich jetzt unter alle Speichenköpfe je eine Unterlegscheibe (ø3 mm in Niro)

[87] Ist also schwer oder anfällig.

[88] An der TU Hamburg-Harburg laufen seit 1993 eine Vielzahl von Forschungsarbeiten zu gefederten MTBs. Mehrkörperschwingungen, Federgabeleigenschaften, Dauerbrüche... werden in diesem Rahmen untersucht und liefern sicher interessante Ergebnisse. Kontaktperson dazu war Dipl. Ing. Eric Groß, Arbeitsbereich KT II, TU Harburg, 21071 Hamburg-Harburg. Wer Erics Arbeit fortführt weiß ich derzeit noch nicht.

[89] War einmal. Ist inzwischen anders und es gibt mehr Händler mit Liegeradspez. Teilen.

untergelegt. Damit habe ich bis jetzt keine Speichenbrüche mehr gehabt.

Was auch noch nachrüstbar sein sollte: Eine Obenlenkung. Dann hat man zwar ein Entmannungsrohr vor dem Schritt sitzen, aber einen größeren Lenkeinschlag und die Möglichkeit einen schmaleren Lenker einzubauen. Daraus folgt eine schmalere Querschnittsfläche. Für lange Überlandstrecken und Geschicklichkeitsparcours mag dies sinnvoll sein, im Stadtverkehr ist davon aber abzuraten.

11 Destruktive Überlegungen

Bekanntlich hat alles 2 Seiten. So hat das Gute was Schlechtes und das Schlechte zum Glück was Gutes.

11.1 Ergonomie

Biomechanisch kann diese Rahmengeometrie Spätschäden hervorrufen. Martin Pabst beklagte mal, daß er vermehrt Kopf- und Halsschmerzen habe. Das ist aber bei den Braunschweiger Radwegen und Straßenoberflächen kein Wunder. Die Halswirbelsäule wird bei der hier angewandten Sitzposition unter starker Krümmung dynamisch belastet. So könnte es zu Verschleißerscheinungen oder auch Bandscheibenvorfällen der Halswirbelsäule kommen. Ich habe jedoch bei über zweijähriger Benutzung eher den Eindruck, daß es nach einer Eingewöhnungsphase angenehmer ist als ein Trekkingrad mit nochnichteinmal extremem Triathlonbügel. Dort wird der Kopf stark nach hinten geneigt. Die Bandscheiben werden hinten, in der Nähe des Rückenmarkkanales, stark belastet. Dies liegt daran, daß die Wirbelsäule neben dem reinen Kopfgewicht auch die aus dem Biegemoment resultierende Auflagerkraft auffangen muß. Das Biegemoment wird durch das Auskragen des Kopfes vom Auflagerpunkt (ca. 1.–2. Brustwirbel) hervorgerufen. Der Hebelarm der vorderen Halsmuskulatur (im Liegeradfall beansprucht) ist bedeutend größer, als der der hinteren Muskulatur (Rennrad) und so sind bei annähernd gleichen Momenten die Auflagerkräfte kleiner. Praktisch muß es aber jeder selber testen und im Extremfall eine moderatere Sitzposition wie beim 16V, Mertens, Aeroprojekt, Flux, M5, Streetmachine o.ä. wählen. Ein großen Vorteil hat diese Rahmengeometrie, wie die fast aller Liege- und Sesselräder: Sie ruft keinen Ulcus (Druckgeschwür) am Hintern hervor. Das kann jedeR probieren, imdem sie/er einmal mit Flite-Kohlefaser oder schmale Rennsättel über 240 km mit Gepäck und schmaler Bereifung am Stück fährt und sich danach wundert, warum sie/er von ihrem/seinem Allerwertesten nichts mehr, oder nur noch ihn, spürt.

11.2 Schwächen und Stärken im Fahrverhalten

Bisher haben sich folgende Schwächen und Stärken im Fahrverhalten gezeigt:

- Schwächen

    1. Das Auffahren auf hohe Kantsteine ist kaum mehr möglich, noch unmöglicher als mit Langliegern[90].

[90] Ausnahme scheint der Ostrad-Langlieger zu sein, der kommt Kantsteine besser rauf als Normalräder und ist auch im Gelände teilweise besser als ein Moutainbike (priv. Wettfahrt zwischen Frank Lienhard (Adagio) und Mike Burrows (Giant MTB) in Frankreich

2. Nasses Kopfsteinpflaster und schräge Kantsteinauffahrten sowie Spurrillen können umwerfende Folgen haben. Man driftet sehr schnell weg.
3. durch die lange Kette reagiert die Schaltung gerade beim Rückwärtstreten empfindlich.
4. gerade bei Nässe und Laub hat man kaum noch Bremswirkung auf dem Hinterrad

- Stärken

1. Einmal bei tauendem Glatteis mit Schneeüberzug und Spurrillen gefahren und erstaunlich sicher dabei. Sichereres Gefühl als mit dem Trekkingrad.
2. Man kann den vorfahrtnehmenden Autofahrern ihre Fehler gut durch ein „Hintenhochbremsen“ verdeutlichen. Dadurch auch sehr kurzer Bremsweg.
3. Nichts bringt mehr Spaß als zehn oder mehr Meter auf dem Vorderrad zu fahren. Vorrausgesetzt man hat genug Anfangsgeschwindigkeit.
4. mit SPD-Systempedalen /-Schuhen kuppelt man sich in der Regel beim Sturz automatisch aus. Dies liegt daran, daß das Rad meist seitlich unter einem wegrutscht, man selbst jedoch ohne Drehung fällt.
5. die Frontverkleidung erschwert zwar die Sicht nach vorne, verhindert aber einen Überschlag bei Brutalbremsungen.
6. ein Reiseschnitt (Straße, 10-25 kg Gepäck, über 100 km) von 29-33 (Flachland) je nach Wetter und Training sollte das beste Argument sein. Im Deutsche Mittelgebirge ist mit 20 kg Gepäck aber auch noch ein Reiseschnitt von 27 km/h über 160– km möglich, während ich da mit einem teilverkleideten Langlieger nur bei 21–22 km/h lag. Der Kurzlieger ist aber aufgrund der Geschwindigkeitsunterschiede Abfahrt (bisher 106 km/h)-Anstieg (5km/h) mental deprimierender als ein Trekkingrad.

Teil II

Heckverkleidung

Eine Heckverkleidung ist für mich die Symbiose von Fahrradkofferraum und Geschwindigkeit.

Folgende Randbedingungen waren bei der Entwicklung zu beachten:

- Fahrrad: Kurzlieger „enhydra lutris“
- Hauptzweck: Gepäckaufnahme auf Tour

Gewollte Nebeneffekte sind:

- Möglichkeit eine Regenpelerine von der Frontverkleidung her abzuspannen, daraus folgend: Breiter als der Fahrer
- Geschwindigkeitserhöhung durch verbesserten Strömungsabriß

Als ungewollte Nebeneffekte traten auf:

- Noch weniger Anschließmöglichkeiten für das Fahrrad
- sturzempfindlicheres Fahrrad
- Mehrgewicht von 3 kg gegenüber Gepäckträger mit Schutzblech
- schlechte Wartungsmöglichkeit für Cantileverbremsen, böse Zungen behaupten keine[91]!

Der PackAero ist breiter und höher als der Fahrer, da er das Abspannen einer Regenpelerine von Frontverkleidung zum Aeropack erlauben soll und die Pelerine nicht am Fahrer anliegen soll. Tut sie nun aber doch. Und zwar an den oberen Oberarmen und Lenkerendschaltern[92].

Für potentielle Nachbauer, die den hier beschriebenen Arbeitsaufwand scheuen:

- Von Kazcmarek gibt es einen Aeropack, der u.a. über HP-Velotechnik und Radius zu beziehen ist.
- Eventuell hat Robert Lehrian sein Negativ schon fertig. Er hat es um einen Flevositz herumgebaut. Es ist also relativ schmal und klein.

[91] Wenn man weiß, daß so etwas an das selbstgebaute Rad soll, gleich die Cantileversockel unten an die Kettenstreben löten, wie Radius es eine Zeitlang bei den langen Liegerädern gemacht hat.

[92] Dort gleich eine Verstärkung gegen Durchscheuern einnähen, ist nähmlich gar nicht gut, wenn die Lenkerendschalter in den Löchern hängenbleiben und den Lenker blockieren.

12 Zur Entstehung des PackAero

Die geplante Baumethode war: Ein Modell aus 30–50 mm dicken Styroporplatten zusammengekleben, und mit 5 mm dicken Styrodurstreifen[93] beplanken. Über diesen Körper sollten danach 2 Lagen E-Glas (210 g/m^2) laminiert werden. Dann sollte die Gepäckluke ausgesägt und der Styroporkern herausgeschält werden. Ein bis zwei Lagen E-Glas auf der Innenseite hätten den Sandwichbau fertiggestellt. Dieses Bauprinzip wurde nur bis zum Styroporkern verfolgt, da:

- Styroporkleber neuerdings lösungsmittelfrei sind und bei den Plattendicken kaum aushärten. Folglich war der Kern instabil. Außerdem wird der Schneiddraht vom Kleber abgelenkt.
- Die Styrodurplanken waren nur mit zuviel Arbeit auf den gekrümmten Flächen anzugleichen und befestigen.
- Aus vorherigen Laminiererfahrungen ist es schwierig ohne Negativform eine glatte Oberfläche zu erreichen. Die Struktur des Glasgewebes muß verspachtelt werden, was Arbeit und Gewicht bedeutet.

Daraus folgend wurden vom Styroporkern zwei, sich aus der dann gewählten Bauweise ergebende, Längsträger und zwei Spanten abgenommen, aus Pappe nachgebaut und zum Skelett verklebt. Mit Kiefernleisten wurden Stringer angepaßt und die Knickspanten erzeugt. Probeweise wurde der Rumpf mit Papier bespannt.

So entstand der PackAero, der im Mai 1994 fertiggestellt wurde.

13 Bau

13.1 Generelle Bauhinweise

Einige Verfahrensweisen und Regeln sollte man schon beachten:

- symmetrisch arbeiten, also je eine linke und eine rechte Planke in einem Laminiervorgang aufbringen. Sonst verzieht sich der Rumpf ungleichmäßig
- bei 30 °Ckann man schon nach ca. 11 Stunden anschleifen und die neuen Planken aufkleben. Die Beplankung kann in morgen- und abendlichen Arbeitsgängen innerhalb von 3 Tagen erstellt werden. Allerdings sollte man danach doch schon 2-3 Wochen das Epoxid

[93] Styrodur ist ein festerer, feinporiger Schaumstoff von BASF, z.B. für die Trittschallisolierung unter Estrich.

aushärten lassen, bevor es lackiert wird. Es gibt sonst noch ungebundene Moleküle, die die Festigkeit herabsetzen können. Außerdem können diese Monomere allergieerregend sein, also beim Schleifen zumindest eine Staubmaske tragen.

- Die Klebenähte habe ich mit den Fingerkuppen erstellt und verrundet. Andere schwören auf Pinsel. Es ist halt Erfahrungssache. Arbeitskleidung muß man auf alle Fälle anhaben, denn irgendwie schmiert man sich doch einmal Epoxid auf die Kleidung, und dort geht es nicht mehr raus. Generell sollte man mit Hautkontakt vorsichtig sein, da Epoxid auch mit Verspätung noch Allergien auslösen kann, also Handschuhe an. Die sind preiswerter, als eine lebenslange Allergie.
- Vor dem Aufbringen der nachfolgenden Planken mit der Flex mit Schleifteller (80er Korn) die Stöße glattschleifen. Ich bin halt ein Fan der Einhandflex. Feilen setzen sich bei noch nicht ausgehärtetem Epoxid dicht, ebenso Schmirgelpapier. Aber Achtung, der Raum muß danach entstaubt werden, bei mir lagen auf der Arbeitsfläche zeitweise zentimeterdick Schleifstaub. Man sollte also auch einen Feinstaubfilter tragen!

13.2 Spantengerüst

Da das Modell nun den Vorstellungen entsprach wurde wie folgt vorgegangen: Die Längsträger und die Spanten wurden aus 4 mm Sperrholz ausgesägt und mit Klebenähten[94] zusammengebaut.

[94] Epoxid mit Baumwollfasern (μF)verdickt und mit der Fingerkuppe aufgetragen und verrundet (R $\approx$ 10 mm).

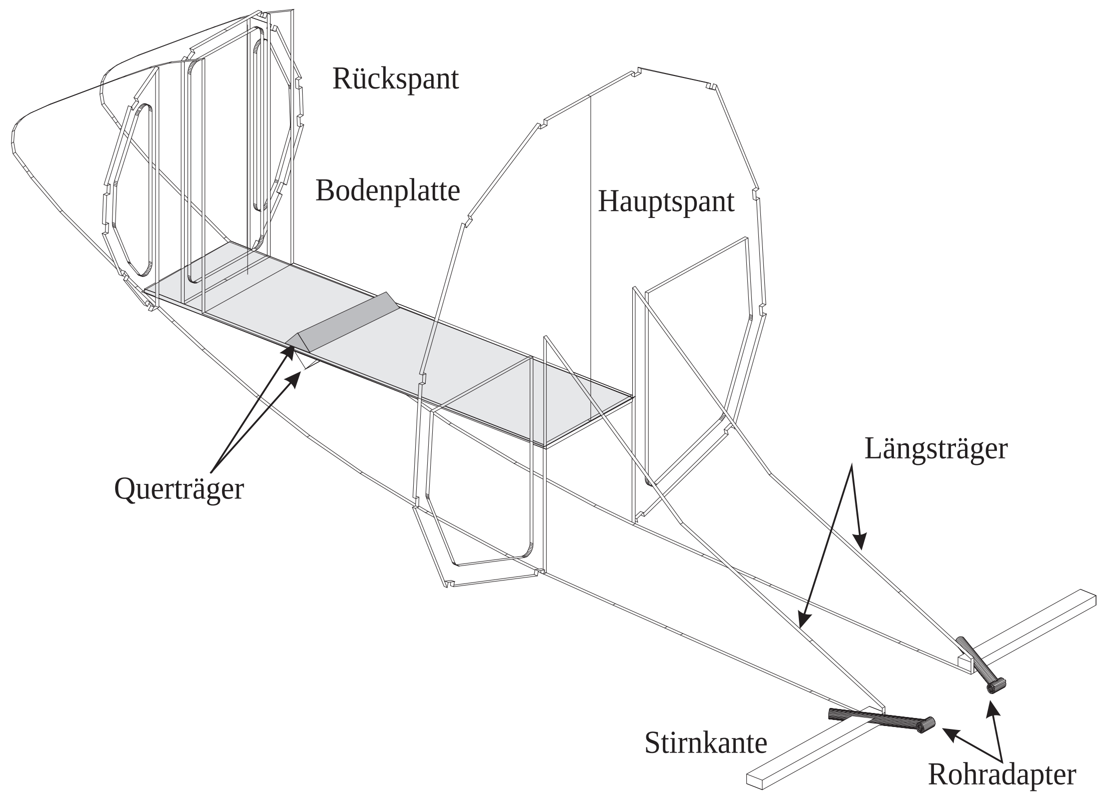

Abbildung 8: Skelett der Verkleidung

- Mit den Schraubzwingen das Skelett an den Stirnkanten auf dem Arbeitstisch festschrauben. Dann verzieht es sich bei den folgenden Arbeitsgängen nicht so stark, kann aber zur Zwischenbearbeitung noch abgenommen werden.
- Die Stringer werden angepaßt und eingeklebt. Eine Zwischenfixierung ist mit Paketklebeband oder kleinen Messingschrauben möglich.
- Die Plankenreihe 2, 1, 3, 4, 5 und 6 aufbringen. Die Planke 6 (und 5) ist aus 2 mm, der Rest aus 1 mm Sperrholz.

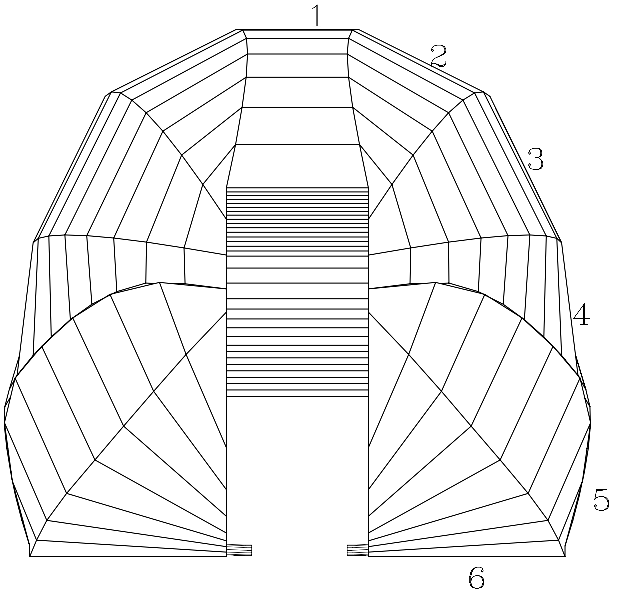

Abbildung 9: PackAero von hinten mit Plankennumerierung

13.3 Planken

Die Planken fallen je nach Stringerverlauf unterschiedlich aus, deswegen gibt es für sie im Anhang kein Schnittmuster. Ich empfehle folgende Erstellungsweise: Die Stringer vorne und hinten mit schmalen, 2–4 cm langen Streifen aus doppelseitigem Klebeband bestücken und einen langen Papierstreifen draufkleben. Die Ränder, die über die Stringer hinausgehen abschneiden (Abbrechklingenmesser). Dies für die linke und rechte Seite machen. Die Schnittmuster auf die Sperrholzplatte auflegen und mit 5–10 mm Übermaß mit dem Messer ausschneiden. 2–3 Schnitte reichen bei dem 1 mm Sperrholz. Aber Achtung, bei einem kleinen Winkel zur Faserrichtung verläuft das Messer auch noch beim Zweiten Schnitt.

Beim Aufkleben der Planken geht zweckmäßigerweise so vor:

- Planken und Stringer im Klebebereich mit Epoxi-μF[95] bestreichen
- Planken anpassen und mit Paketklebeband provisorisch festkleben
- Klebenähte ziehen und verrunden
- Gleichmäßig mit Klebeband[96] einrollen (wie ein Kokon)

[95]Feingemahlene Baumwollfasern zur Verstärkung und Andickung von Matrix.
[96]Band rutscht aufgrund der Kegelform ab!

- Aushärten lassen

Bevor die Plankengänge 5 und 6 aufgebracht werden ist die Gepäckluke auszusägen. Ich benutzte eine Stichsäge mit einem mit der Flex abgeschliffenen Kurvenblatt, daß ca. 0,8 mm dick war. Da jedoch eine Überdachung des Spaltes wegen Regen notwendig ist muß dies nicht unbedingt sein. Sinnvoll ist jedoch ein Helfer, der die Rumpfschwingungen beim Sägen dämpft.

Auf die Planke 6 von innen in Hauptspantnähe großflächig ein Verstärkungsholz (2 mm Sperrholz) aufkleben, damit der dortige Puffer nicht durchbricht.

13.4 Halterung

Die Halterung wurde aus einem Rohrgestell aus nahtlosem 10×0,5 mm 25 CrMo 4 Stahlrohr gebaut. Die Anbringung der Verkleidung wurde von Anfang an mit Schwingmetallen beabsichtigt um starke Stöße durch den Fahrbetrieb und Kettengeräusche von diesem erstklassigen Resonanzkörper fernzuhalten. Als Schwingmetalle kamen MEGI-Puffer ø20 H 25, mittlere Shorehärte, zum Einsatz. Die Puffer haben M6 Gewinde. Zur Befestigung wurden M6 Muttern in das Rohr eingelötet. Da M6 Muttern einen zu großen Durchmesser haben (SW 10) wurden sie auf einem Gewindezapfen geschraubt und in der Bohrmaschine mit der Flex abgeschliffen, bis sie mit Presspassung in das Rohr paßten. Eine andere Möglichkeit ist es M5 Muttern zu benutzen und diese hinterher auf M6 aufzubohren.[97] Die vordere Halterung erfolgt am Fachwerkrohr am Rahmen mit Schwingmetallen. Dafür wurden in die Stirnkante Rohradapter eingeklebt (Epoxid - μF) Die gesamte Halterung wurde gelötet. Bei Silberlot reicht ein Campinggasbrenner aus. Bis heute ist sie nicht einmal gebrochen. Siehe hierzu den Abschnitt „Tubusbau “ auf S. 54 ff. Nur die vorderen Rohradapter sind bei Stürzen je einmal verbogen und wieder geradegebogen. Die Rohradapter sind natürlich auch aus 10×0,5 mm CrMo-Rohr mit einem hohlgeborten Stück 10er Vollmaterial zum Anschrauben.

[97] Bei solch einer Aktion habe ich mir gerade in Niro einen sehr guten M6-Gewindebohrer abgebrochen. Gerade nach dem Löten muß gut geschmiert werden.

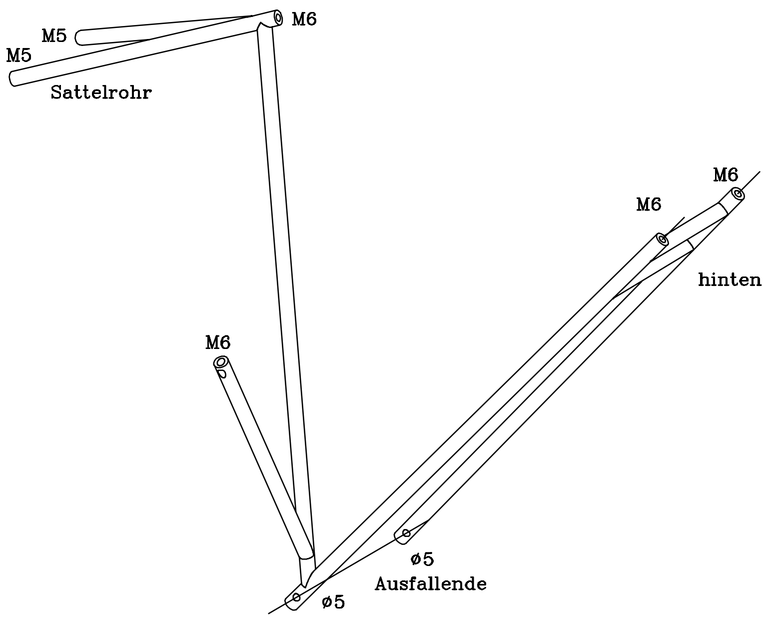

Abbildung 10: PackAerohalterung

Die Auswirkung des seitlich abstehenden Rohres auf die Bewegungsfreiheit des PackAeros sollte man nicht unterschätzen. Die Rollbewegung gerade des beladenen PackAeros wird sehr stark gemindert, was dem Fahrgefühl guttut.

13.5 Lukendeckel

Die Gepäckklappe wurde vor dem Aufbringen der Plankengänge 5 und 6 ausgesägt. Sie bekommt im vorderen Bereich einen Minispant, an dem ein Klavierband befestigt werden kann. Hinten braucht keiner angebracht zu werden, da zumindest bei mir die Luke sich zusammenbog und so beim Zuklappen die Ecken zusätzlich auf die Auflage drückten und besser abdichten. Die Klappe wird mit einem Gummistrop (Surf- oder Segelbedarf) runtergezogen und mit einem Tanka[98] geklemmt. Der Luckendeckel bekommt hinten einen kleine Schlitz und eine Aufdoppelung für das Gummi. Das Gummi wird relativ schnell durchgescheuert. Also gleich davon mehr kaufen. Bei täglicher Benutzung hält es nur 3 Monate. Es empfiehlt sich doppelt langes Gummi mitzuführen, es wiegt nicht viel, man kann aber bei Versagen schnell den momentan benutzten Teil ersetzen.

[98]Federklemme, wird auf den Gummistrop gezogen und klemmt sich darauf fest, wird mit Fingerdruck gelöst.

13.6 Fertigstellung

Die Fertigstellung beläuft sich im Wesentlichen auf Lackieren und Einkleben der Isomatte mit doppelseitigem Klebeband in den Bereichen, wo das Gepäck anschlagen kann. Die Isomatte dient sowohl der Geräuschdämpfung, wie auch dem Durchschlagschutz der Ladung von innen nach außen. **Radwege sind holperiger und die Ladung ist härter als man denkt.**

Da die StVZO meines Wissens nach nur Mindestrückstrahlwerte für Reflektoren festlegt habe ich auf zugelassene Reflektoren verzichtet und Reflexmaterial von 3M verwendet.[99] Nach Studium der 3M - Unterlagen kamen Siebdruckfarbe (3,8 ltr. (Ergiebigkeit: 25 m^2) für 350,–) oder Reflextransferfilm (50 mm$\times$54,7 m für 124,–) in Frage. Ich entschied mich nach Ausprobieren einer Probe für den Reflextransferfilm . Den kann man sogar auf PVC-Plane oder silikonbeschichtetem Segeltuch haltbar aufbügeln. Er ist relativ einfach zu verarbeiten. Vielleicht habe ich davon noch, sonst ist im Anhang die Bezugsadresse. Wenn ein Polizist fragen sollte, wo mein Reflektor sei, so soll er bitte seine Taschenlampe benutzen und fortan schweigen. Autofahrer werden dann nachts mit dem Fernlicht in eigenem Interesse sparsamer umgehen und nicht kurz vorher nocheinmal aufblenden, wie es mir sonst schon häufig passiert ist. Und man kann es nicht so schnell verlieren wie zugelassene Reflektoren, deren ich einmal 3 auf 1 km innerstädtisch, einen bei 60 km/h nachdem er 82 km/h überstanden hatte und einen bei 15 km/h glatte Strecke bergauf verloren habe.

14 Resümee

Die Planken 6, 5 (und 4) sollte man aus 2 mm Sperrholz fertigen. Es ist bedeutend stabiler, aber leider auch schwerer, schwerer zu bearbeiten und steifer.[100]

Die Verkleidung überstand schon diverse Stürze bei 30 km/h. Schäden waren jeweils eine weggeknickte vordere, stoßseitige Rohrhalterung, aufplatzen der oberen, inneren Leimnaht unter dem Sitz bis auf halbe Strecke zum Hauptspant und marginale Lack und Schürfschäden in der Kontaktfläche. Das alles war schnell und einfach reparierbar. Problematisch ist nach weiterer Erfahrung, daß bei dem 1 mm Sperrholz die Furnierklebung selber wenig aushält, das Holz delaminiert.[101] Eventuelle Holzschäden kann man relativ einfach von innen mit 1–2 Lagen Glasgewebe und Epoxid reparieren. Wenn außen Glasseide auflaminiert wird, so kann man die Mattenstruktur verhindern, indem man einfach die Klebestelle mit breitem Paketklebeband abdeckt. Klebeepoxid ist in der Regel so dick eingestellt, daß man damit auch Nähte an senkrechten Teilen laminieren kann. Bei Polyester und Laminierepoxid ist das schon bedeutend schwieriger. Man sollte sich nicht darauf verlassen, das man PE oder PP-Folien hinterher vom Laminat wieder abziehen, vorher im Einzelfalle ausprobieren!

[99] Eng ausgelegt darf nur zugelassene passive und aktive Beleuchtung angebracht werden.
[100] Das wird man besonders beim Ankleben bemerken.
[101] Teilweise kommt das schon beim „scharfen Hingucken“ vor.

Ein stabiler Ständer ist wirklich notwendig. Die meisten Schäden erlitt meine Verkleidung dadurch, daß das Rad irgendwo abgestellt war und der Untergrund nachgab oder eine Windboe das Rad umwarf und z. B. gegen einen Fahrradständer legte, der sich teilweise durch den Lukendeckel bohrte. Ein verlängerter ESGE-Hinterbauständer (Alu) ist preiswert und passabel. Ein Zweibeinständer muß selber konstruiert[102] und gebaut werden.

Mit einem Wochenendeinkauf[103] intus entwickelt der PackAero ein gewöhnungsbedürftiges Eigenleben: Er fährt noch geradeaus, wenn man mit dem Rad in die Kurve geht.[104] Außerdem verstimmt er das Fahrrad so, daß ich jetzt nicht mehr freihändig fahren kann. Aber er bleibt dran.

Die Luke sollte man von vorneherein so groß konzipieren, daß eine kleine Bierkiste[105] oder zumindest die nach deutschen HPV-Wettbewerbsregeln geforderte Box 15×20×30 cm hineinpaßt.[106] Hier wird der Verlauf der Stringer ein Wörtchen mitreden. Notfalls müssen weitere Stringer eingezogen werden.

Vieleicht erstelle ich ein Polyesternegativ einer verrundeten Variante. Dann werde ich sehen, wie man eine stabile GFK-Version erzeugen kann. Sandwich wird es werden, ich weiß allerdings noch nicht ob Waben, Styrodur oder Abstandsgewebe[107] verwendet wird.

Eine andere Möglichkeit wäre es, die Verkleidung aus Alublech zu bauen. 1 mm Blech müßte für die Verkleidung vollkommen ausreichen.[108] Verbindungstechnik wäre dann Popnieten (oder gekonntes WIG-Scheißen). Die Nähte werden mit Silikon abgedichtet. Diese Verkleidung dürfte unkaputtbar sein. Nach einem Sturz wäre nur ein Ausbeulen angesagt.[109]

15 Werkzeug

An Werkzeug und Verbrauchsmaterial wurde benutzt:

- 50 Paar Latex- oder Vinylhandschuhe (zum Laminieren).[110] Bezug z.B. s.S. 30

[102] Problematisch ist die Gleichlaufmechanik bei kurzen Standbeinen, also an den Ausfallenden.

[103] Der Inhalt von zwei großen Gepäcktschen (Karrimor) paßt locker hinein.

[104] Abhilfe ist der, oben beschriebene, seitliche Gummipuffer.

[105] Paßt hier gerade nicht.

[106] paßt

[107] Parabeam o. ä.. Spezielles Gewebe, dessen Mittelschicht sich beim Laminieren aufrichtet und so ein Sandwichlaminat erzeugt. Relativ Teuer aber nicht so schwierig zu verarbeiten (kein Schaum einpassen.). Wabenmatten sind relativ teuer.

[108] Christan Meyer schwärmt derzeit von “black aluminium”, ein Kohlefaserlaminat mit isotropen Eigenschaften, daß leichter als Alu (1/3), aber 1/3 steifer und fester als Stahl sein soll. Wird von den Amis benutzt, wenn sie nicht rechnen wollen (Festigkeit, nicht mit dem Geldbeutel). Es läst sich nicht kanten oder knicken und nur wenig biegen.

[109] Wird jede Kfz-Werkstatt erledigen und man kann dem Unfallgegener eine saftige Rechnung präsentieren!

[110] Am besten aus den Klinikbedarf, dort sind sie nur 1/3 so teuer wie in der Apotheke. (8 DM/100 Stück im Klinikbedarf).

- 3 Rollen Paketklebeband
- Einhandflex mit Schleifteller (80-er–100-er Korn)
- Abrechklingenmesser (schmal)
- Stichsäge
- Zeitweise 2 helfende Hände
- Holzschrauben ø2×15 mit Kreuzschlitz zur provisorischen Befestigung von Stringer und Planken, möglichst aus Messing
- Wäscheklammern
- 2 Schraubzwingen
- Lötlampe
- Metallsäge und -feilen
- Gewindebohrer M5 und M6
- Bohrmaschine und Metallbohrer 1–10 mm

Teil III

Allgemeine Bautips

Hier sind Tips genannt, die nicht für dieses Rad spezifisch sind. Eventuell fließen sie auch in das „Handbuch für den HPV-Konstrukteur“, s. S. 106, ein.

16 Frontverkleidung

Da inzwischen diverse Leute nach dem Bau der Frontverkleidung gefragt haben, ich habe sie nur zur Hälfte gebaut. Die meiste Arbeit, nähmlich die Formerstellung, hat Constantion Stühmer[111] gemacht. Als Modell diente ein Zzipper für die Langlieger. Der wurde gewachst und davon dann ein Polyesternegativ gezogen. Das Negativ ist nicht mehr bei Constantin. Ich habe ein bißchen anders gearbeitet als er. Constantin übernahm die flatterweiche Schale und das Halterungsprinzip vom Zzipper, ich wich auf Stringer und Spanten aus Styropor aus, so daß der Abzug sehr steif ist und nur durch einen „irokesenhaften“ Halter aus Stahlrohr vorne auf dem Fahrrad befestigt wurde. Das soll es ersteinmal sein, nähreres zum Formenbau steht im R&G-Katalog (s.S. 101) gut drin. Näheres dazu auf S. 34.

17 Der Schritt zur Vollverkleidung

Hat man ersteinmal die Frontverkleidung und den Packaero, so ist der Schritt zur Vollverkleidung nicht mehr weit (1 mal ins Kurzwarengeschäft und einen Nachmittag im Garten mit der Nähmaschine).

An die Frontverkleidung klebt man sich am besten mit Epoxid lange Reißverschlüsse an (Polsterreien dürften Maßanfertigungen haben, der normale Kurzwarenladen hat maximal 85 cm). Aber bitte eine stabile Qualität benutzen. Oder man benutzt Klettband, wird hinten eh empfohlen.

An der Heckverkleidung wird Klettband aufgeklebt (Pattex oder Epoxid). Bei Klettband immer die Häckchenseite aufkleben, da die Schlaufenseite eher durch Verschleiß versagt und einfacher ausgetauscht werden kann, wenn es nur aufgenäht wurde. Ich benutzte am Anfang hinten Druckknöpfe zum Annähen. Die reißen bloß immer von der Heckverkleidung ab oder scheuern den Faden durch, daß wird auf die Dauer trotz 5 min. Epoxid doch nervig.

Daß Stoffzwischenteil muß aus nichtdehnbahren Stoff entstehen. Stretch, auch in nur eine Richtung stretchig, ist ungeeignet. Sonst entsteht erstrecht eine Minmalfläche. Der Nachteil dieser

[111] Auf den Schwarzen Bergen 4, 21244 Rosengarten, Tel.: 040/7965013.

ist der Strömungsabriß an der Hinterkante der Frontverkleidung .... Spinnakernylon ist zu laut, wenn es flattert. Ich habe 2 m Mikrofaser genommen (gab's gerade in der richtigen Farbe) und bin bisher damit gut gefahren. Für die Lenkerendschalter sollte man als Scheuerschutz irgendein glattes, ca. 50 mm breites Polyestergewebe vorsehen. Die Verkleidung selber besteht aus 2 Teilen, ein linkes und ein rechtes, die oben über einen dritten Reißverschluß miteinander verbunden werden (bis 30 cm vor dem Hals). Für die Knie sind 2 ovale Löcher eingearbeitet. Die Verkleidung wird nach hinten ca. 8 cm langen und 8 cm breitem Gummiband (für Frauengürtel aus der Kurzwarenabteilung) abgespannt. Diese Befestigungsweise hat schon seinen Sinn, besonders wenn es um ein einfaches Aussteigen nach einem Sturz geht.

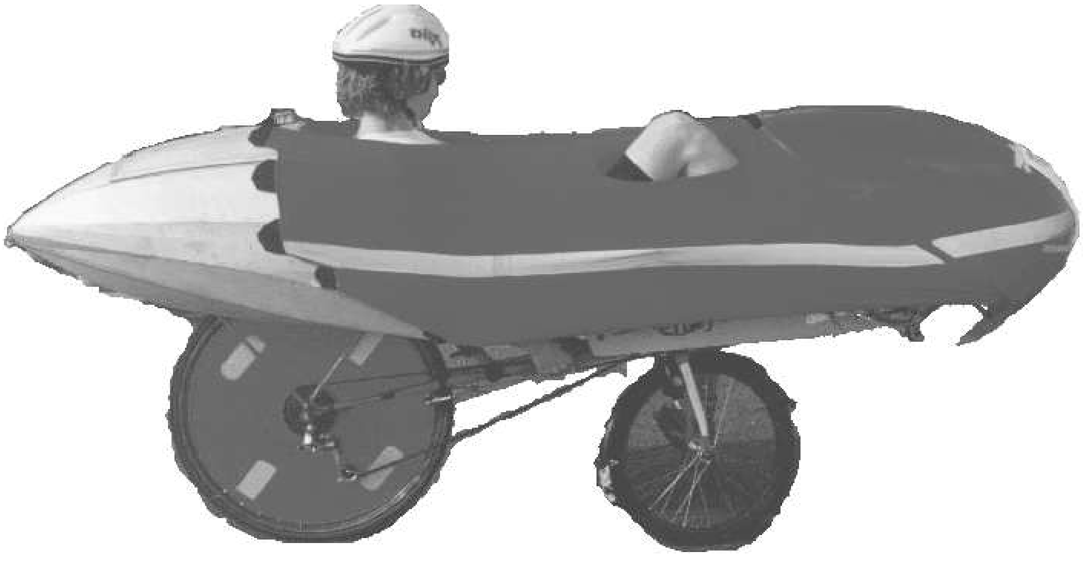

Abbildung 11: enhydra lutris mit Vollverkleidung

Das Bild dient nur als Beispiel, es soll keinen Wettbewerb gewinnen.

Man kann auch Isomatte statt Stoff verwenden. Das hat bei Stürzen sicherlich Vorteile und die Mininmalflächenproblematik ist auch nicht gegeben. Eine Isomattenverkleidung kann man aber nicht auf Federtaschengröße zusammenfalten und in die Hosentasche stecken. So muß das jeder nach Einsatzzweck selber entscheiden, wie er seine Verkleidung baut. Isomattenerfahrung haben Harald Winkler (z.Zt. bei Frank Lienhard in Hannover), Jens Buckbesch und Helmut Walle (Femerlingstraße 9, 21077 Hamburg-Harburg). Isomatten werden idealerweise mit Pattex verklebt. Dann reißt die Matte und nicht die Verklebung. Es sollte aber eine feinporige Isomatte verwendet werden, und da ist die Auswahl leider eingeschränkt und teuer, so ab ca. 20 DM/m^2.

18 Aeroscheiben

Was sie bringen, habe ich bis jetzt noch nicht in Ausrollversuchen getestet. Aber einen Nachteil haben sie: Man kann die Laufräder nicht mehr abschließen. Es wird also ein fester Gegenstand in der Landschaft für den Rahmen benötigt. Aber wer jetzt auf die Idee kommt in Felgennähe ein Loch für sein Bügelschloß einnähen zu wollen, sei gewarnt. Bei mir waren bei einem normalen Rad mit Einschwenkbolzenschloß zu 90% die zwei Speichenreflektoren im Schwenkkreis! Das sieht hier noch mieser aus mit der Wahrscheinlichkeit, die Löcher an der richtigen Stelle zu haben. Aber wer klaut schon 406-er Laufräder und von der nicht vorhandenen Klauanfälligkeit habe ich auch schon an anderen Stellen genug geschrieben.

Achtung: Bei hohen Geschwindigkeiten (ab 85 km/h) wirkt die vordere Scheibe extrem als Tragfläche und beeinflußt stark die Lenkung. So mußte ich im Herbst 95 auf der B4 kurz hinter Torfhaus (Richtung Bad Harzburg) massiv bremsen, weil das Fahrrad bei boeigem Seitwind und 87,5 km/h (rollend) dann doch ca. um 1,5 m beim Lenken versetzt wurde. Nächstes mal kommt die Scheibe raus, dann müßten auch was 3-stelliges auf dem Tacho stehen. Die B4 erlaubt es von der Straßenoberfläche her.

18.1 Tuchbespannte Scheiben

Herstellung: Man nehme pro Rad 2 Glasfaserstäbe aus dem Drachenbaubedarf (2 oder 3 mm Durchmesser). Diese werden am Schleifbock angeschäftet und in neutraler, also gerader Lage, geklebt.[112] Die Ringe müssen dann in die Felge passen und auf den Nippeln aufliegen. Uhu plus schnellfest hat sich hier bewährt. Beim Kleben wird die Klebestelle mit Nähgarn umwickelt. So entsteht ein fast knickloser und stabiler Übergang zwischen den Enden. Die Ringe werden mit Spinnakernylon (Rippstop-Nylon) bespannt (genäht). Hierbei auf Rundheit achten, sonst eiert es hinterher in der Felge oder paßt gar nicht erst in diese.[113] Das Ventilloch sollte auch nicht vergessen werden. Auch sollte am Nabenloch vor dem Einnähen des Ringes eine Aufdopplung aufgebracht werden, nach dem Ringeinnähen geht es auch, ist aber eine Arbeit für 4 Hände. Man kann auch gleich Reflexstreifen aufnähen. Nähen muß man, da das Tuch silikonbeschichtet ist und deshalb kaum was darauf klebt[114] .

[112] 2 kleine Schraubstöcke sind hier von Vorteil.

[113] Gummibänder wie beim UniDisk-Prinzip leiern aus und das doppelte Tuch im Außenbereich ist bei dünnem Nylon häßlich.

[114] Außer 3M-Reflextransferfilm zum Aufbügeln.

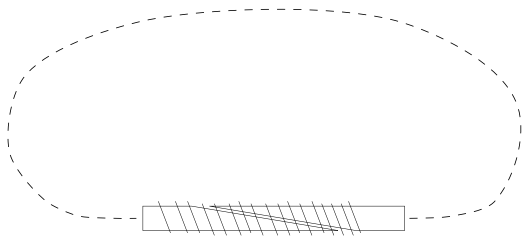

Abbildung 12: Schäftung

Meine erste Befestigungsart sah so aus: Ich schnitt mir aus Styrodur Klötzchen, die ich über jede 2. Speiche schob, auf den Nippel drückte und dann dadurch die Scheiben zusammennähte. Das ist zwar viel Arbeit, kostete aber nichts. Diese Prozedur sollte man selbstverständlich nur mit einem eingefahrenen Laufrad machen, das nicht mehr nachzentriert werden muß. Ein jetzt ausprobierter Tip: Express-Kabelschellen zum Nageln für Leitungen von 4–7 mm. Die Nagellöcher aufbohren, einschlitzen und dann mit der Öffnung zur Nabe über die Speichen und Nippel schieben. Nun in den Ring in die Kabelkralle einhaken. Die billige Alternative zu den UNI-Disk Teilen (1 bis 2,–/Stück). Funktioniert bei 406-er und 622-er Rädern gut. Der Glasfaserring muß allerdings genau passen (auf 5 mm im Umfang genau).[115]

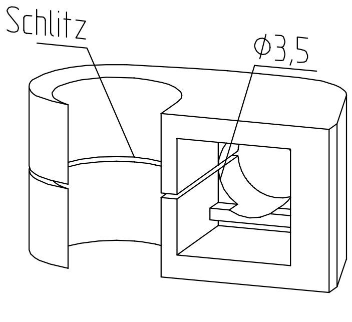

Abbildung 13: Scheibenklips

18.2 Selbsttragende Scheiben

Eine simple Idee ist es, Isomatte zu benutzen. Bei kleinen Laufrädern kann man die 7 mm dicke Matte benutzen. So gesehen beim „Meufel" auf der DM '94 in Hannover und von mir nachgebaut. Zwischen die Speichen wird an der Felge ein 15 mm breiter Streifen Isomatte eingeflochten. Auf diesen werden dann die Scheiben mit Heißkleber oder Pattex aufgeklebt. Ein Streifen muß dann aus der Scheibe herausgeschnitten werden, da die Scheibe ein Kegel wird. Vor dieser Aktion kann man die fertig ausgeschnittene Scheibe mit Reflexfolie bebügeln. Mal

[115]Das Genauigkeitsproblem ist die Schäftung.

sehn, wie sich das bewährt. Bei Wartungsarbeiten (Felge zentrieren. . .) ist man gearscht. Die Klebung hält, die Matte zerreißt. Bin zur Zeit wieder auf Tuch mit Kabelschellen umgestiegen.

19 Gepäckträgerbau

Als Anforderungen an einen Gepäckträger stelle ich:

- Darf sich im Wiegetritt mit einseitiger Last nicht so verformen, daß das Schutzblech an den Reifen kommt
- Soll dem Toplight (von BUMM) einen sicheren Anbringungsort gewähren
- Genug Möglichkeiten Expander abzuspannen
- Getränkekisten einen sicheren Halt bieten
- Ladefläche ca. 350×150 mm
- Karrimortaschen sollen so tief gehängt werden können, daß sie nicht die Ladefläche begrenzen, da ich den Ortlieb- und Zeltsack quer schnalle.

Für die Befestigung benutzen wir folgende Lösungen:

- M5 Mutter (Niro) längs oder quer ins Rohr eingelötet, je nach Ein- oder Anschraubrichtung.
- Rohr schlitzen und 2 mm Blech einlöten für das Ausfallende. Bei Niro sollte das Blech vorher gut rauh angeschliffen werden und die Nahtlänge mindestens 4 cm betragen. Es sei auf diverse Stellen in diesem Text verwiesen, wo auf die Problematik beim Löten von Niro hingewiesen wird.
- 10-er Rundstab, auf 1 cm auf eine Durchmesser von 9 mm abgedreht, im dicken Bereich 5 er Loch quer durch, eventuell Schraubenkopfauflage anfräsen oder -feilen.

Über die genaue Geometrie für Gepäckträger lasse ich mich hier nicht aus, die muß jeder für sich selbst finden. Bei uns sieht kein Träger so aus wie der andere. Hier sollen nur zwei Herstellungsverfahren sowie einige Anforderungen erklärt sein.

1. Man kommt an eine gute Biegezange, hier Rothenberger 1125132, ran. Tubusrohr ist mit 10×0,5 mm schon dünnwandig und nicht mehr trivial zu biegen. Es knickt bevorzugt an der Innenkante ein und versaut die ganze Arbeit. Auch mit dieser Methode wird man an Stößen nicht um Arbeitschritte nach 2. umhinkommen. Das Biegen funktioniert gut, wenn man das Rohr gut entfettet, blankschmirgelt und am Nachrutschen in der Biegezange hindert; dafür ist das in Abbidlung 14 abgebildete, schnell zusammengeschweißte Werkzeug nützlich. Aber auch dann wird es an der Innenkante ein bißchen knittern. Diese Angaben beziehen sich auf Biegeradien 3×D, also 30 mm. Sand und Wachsfüllungen

machten sich nicht positiv bemerkbar. Es war nur mehr Arbeitsaufwand und einer hat sich eine Ladung verdampftes Paraffin um die Ohren gespritzt, als er es nach dem Biegen wieder ausschmelzen wollte (mit den Lotbrenner latürnich) und ihm dabei das Rohr auf 7 cm Länge aufexplodiert ist.[116]

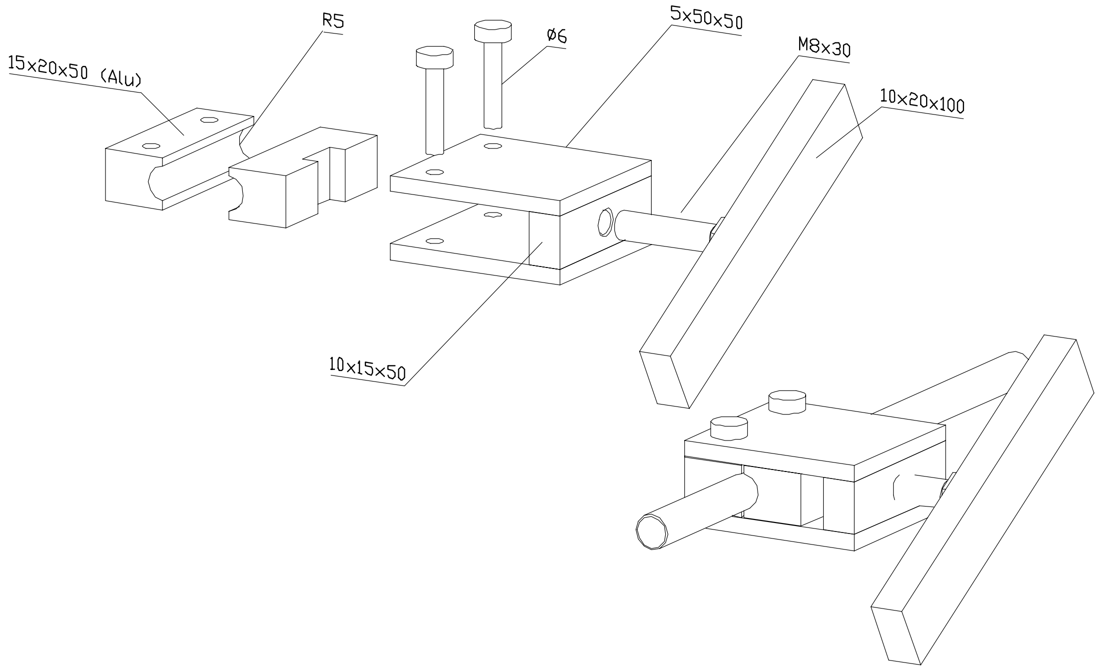

Abbildung 14: Rohrklemmer

2. Etwas mehr Arbeit, aber weniger Planungsaufwand wegen fehlender Biegeabläufe liefert muffenloses Arbeiten mit geraden Rohrstücken. Die bisher ausgeführten Träger haben sich als sehr dauerfest erwiesen.

Im Baumarkt gibt es Rundfeilen mit 10 mm Durchmesser. Damit wird die grobe Passform gefeilt. Mit der Halbrundfeile aus den Schlüsselfeilensätzen wird die endgültige Form gefeilt. Das gibt in der Regel gute Lötspalte. Gelötet wird mit Silberlot. Bei fixer Hand kann so ein maßgeschneiderter Träger mit Halterung für Akku und Toplight in 3 Stunden entstehen. Rekord ist mein aktueller Flevoträger mit 35 Minuten. Aber Vorsicht: Die Ausklinkungen sind beim Feilen in Daumennähe und scharf. **Zerschnitte** Daumen habe ich mir dabei immer schnell geholt. Pflaster sollten in der Nähe sein! Die Arbeit, die Rohre teilweise einzubördeln, lohnt sich nicht. Es geht nur eine Menge Arbeit und Lot hinein. Die schnellste Möglichkeit ist wirklich die geschilderte Stumpfverbindung. HP-Velotechnik (Streetmachine) schweißt zur Zeit (94) die Träger, allerdings nur an den zugänglichen Stellen, also nicht in der Kehle. Was dazu Kerbwirkung

[116] nein, ich war nicht dabei.:=)

und Spaltkorrosion sagen möchte ich nicht wissen. Bei der HPB-EM[117] 1994 in Harburg waren die meisten Schäden Brüche aufgrund von Kerbwirkung[118]. Dies als generelle Warnung. Die Rohre müssen vor dem Löten auch innen angefeilt (8 er Rundfeile) und entgratet werden.[119] Beim Löten kann man ruhig eine Lötlampe oder Turbolöter benutzen. Die Temperatur reicht für L-Ag20 oder besser vollkommen, die Flamme bläst nicht das Lot weg und man kann so gute Verrundungen und Lotnahtdicken erzielen. Erst ein Träger hat Schwachstellen gezeigt (Dauerbruch der Lotnaht aufgrund Konstruktionsschwäche), das Rohr blieb immer heil.

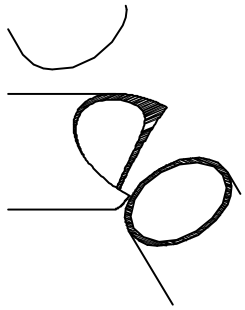

Abbildung 15: Rohrstoß

Ich bin inzwischen dazu übergegangen, keine Entlüftungslöcher mehr zu benutzen. Die Querstreben werden einfach eingelötet. Das Rohr wird durch das bißchen Unterdruck schon nicht zerknautscht, außerdem habe ich dann kein Problem mit Wasser oder Luftsauerstoff. Das bißchen, was das Löten übersteht, ist schnell abgebunden. Besser als jede Art der Hohlraumversiegelung. Was mit Kaffee geht, geht auch mit Stahl, einfach „aromafrisch“ verpackt.

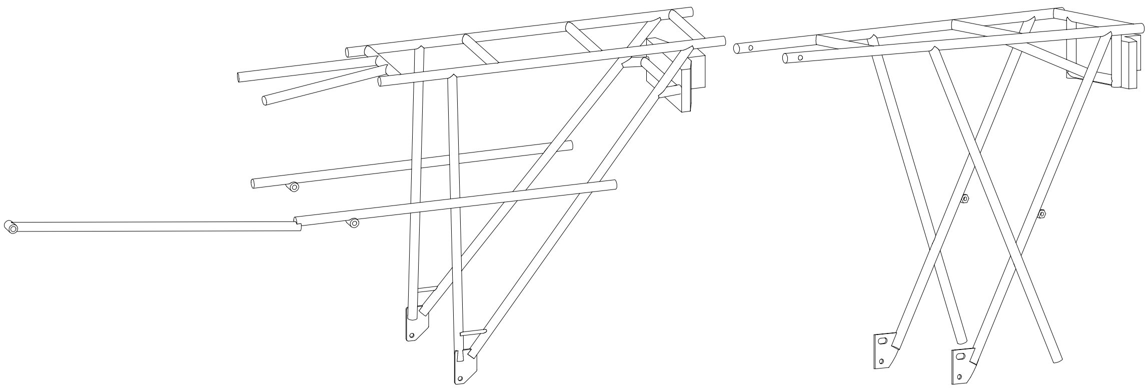

Abbildung 16: Mögliche Gepäckträger

[117] Human Powered Boat

[118] Eine Kerbe wird sowohl durch die Schärfe des Kerbes, als auch durch die Größe (Quotient) der Querschnittsübergänge gekennzeichnet.

[119] Damit auch innen eine saubere Kehlnaht gebildet wird.

Der erste Träger ist für dieses Rad und wiegt ca. 600 Gramm Er wird über Anlöter an den Sitzstreben angeschraubt. Das vordere Rohr wird an dem Dreiecksrohr angeschraubt und nimmt noch eine Lowridertasche auf.

Der zweite Träger ist für mein Trekkingrad bringt ca. 400 g auf die Waage. Die stabile Toplighthalterung soll später mal eine Donkey-Kupplung[120] aufnehmen. Er ist nicht auf Maximallast gebaut, die Karrimortaschen sollen nur nicht im fast leeren Zustand in die Speichen geraten, deswegen die nach hinten-unten verlaufenden Rohre und keine hochwirksame Mittenabstützung. Hier sollten lieber, auch wegen der Seitensteifigkeit, die vorderen Streben direkt zu den Ausfallenden laufen und von dort eine Stange nach hinten die Taschen abstützen.

Nur einmal als Beispiel wieviel Rohrmeter in den Gepäckträgern stecken:

Tabelle 6: Rohrverbrauch bei Gepäckträgern

Heckverkleidungshalter	2510 mm
Frontverkleidungshalter	2040 mm
Trekkingrad	2890 mm
Flevo	3060 mm
Enhydra (obige Abb.)	3900 mm
Nöll SL4 (verbesserter Nachbau)	6000 mm

Es lohnt sich also, das Rohr gleich längenweise einzukaufen. Denn beim ersten Träger bleibt es erfahrungsgemäß nicht.

Ein Meter Rohr wiegt rein rechnerisch 117 Gramm. So einigen Leuten im Bekanntenkreis sind die Gesichtszüge doch deutlich entgleist, als sie die optisch schweren Träger in der Hand hielten.

[120] Ein praktischer Fahrradanhänger, den man gut mit in Geschäfte hineinnehmen kann.

20 SPD-Sandalen

Ich weiß nicht, ob ich der Einzige bin, die Einperzentilgruppe darstelle (behauptet seit Jahren mein Fahrradhändler[121]) oder ich ein Senke für "Murphys Law" bin. Jedenfalls halten bei mir die Sohlen von den Shimano SPD-Schuhen (Modell 051) im Mittel nur 3 Monate. Bis jetzt habe ich 3 Paar verschlissen. Wenn man die Schuhe im Alltag einsetzt, also auch viel geht, so sollte man die Finger von Shimanosohlen (Schwarz, Rautenmuster und Glas-/ KohlefaserOUTFIT) lassen. Welche Konkurrenzprodukte empfehlenswert sind kann ich derzeit nicht sagen. Die Schuhe weisen nach 2–3 Monaten entweder Anrisse am hinteren Auslauf der Langlöcher[122] oder vor der Stahlplatte auf und brechen nach spätestens 6 Monaten komplett durch. Nach dem erstem, erfolgreich reklamierten, Paar habe ich (auch wegen Überschreiten der 6 Monate nach Kaufdatum) das Reklamieren des zweiten Paares nicht erst versucht. Karstadt (erstes Paar) mußte mit Gericht gedroht werden) und das zweite Paar bis zum Totalausfall gefahren. Mit dem dritten Paar kam das Nachdenken was man noch mit dem zweiten Paar anfangen könnte. Die ersten warmen Tage im April '95 sagten dann zu mir: SPD-Schuh2Sandale.

20.1 Sohle in situ laminieren

Also wurde die Schuhspitze totaloperiert und die Sohle herausgerissen. Hinein kam ein Kohlefaserlaminat, das die alten Unterlegplatten einlaminiert bekommen hat. So waren diese Schuhe (nur) von unten garantiert wasserdicht! Der Laminataufbau sah folgendermaßen aus: Eine Lage Glasgewebe, 6 Lagen Kohleroving, aushärten, Mutternplatte, 2 Lagen Roving, aushärten, ausschleifen und -spachteln. Die Glasfaser wiegt 210 g/m^2, das Kohleroving 300 g/m^2.

Beim Laminieren sollte man tunlichst das Innenfutter mit Paketklebeband abdecken, sonst wird auch das zu faserverstärktem Kunststoff.

Vor dem Aushärten der ersten 6 Lagen wurde die mit Paketklebeband abgedeckte Einlegesohle eingelegt und angetreten. Dadurch hatte ich dann auch die alte Position der Platten wiedergefunden und eine glatte Oberfläche. Die Platten müssen gut angeschliffen[123] werden um eine gute Verbindung zum Epoxid zu bekommen.

Die Endbearbeitung ist: Mit einer Miniflex (Modellbau) die überstehenden Kohleschnipsel abschleifen und eventuelle Höcker einebnen und Täler, gerade unter der Ferse, auszuspachteln. Man merkt es zwar nicht auf 20 km, aber danach werden Sohlenunebenheiten doch extrem störend.

Zusammenfassend rate ich von oben beschriebener Methode ab. Sie ist sehr arbeitsintensiv und lohnt nur wenn man nicht über ein Sohlennegativ verfügt. Das Resultat ist nicht befriedigend.

[121] Sie wollen mich auch nicht mehr als Probefahrer, ich bekäme einfach alles kaputt!
[122] hervorragende Kerbgrunde
[123] metallisch blank

20.2 Negativform

Die saubere Lösung ist es, sich ein Negativ herzustellen. Hier wurden die rausgerissenen Sohlen in Gips eingebettet, so daß der Gipsrand ca. 2–3 mm unterhalb der Sohlenoberkannte lag und ca. 3 cm unter der Sohle hervorragte. Alles wurde mehrfach lackiert und mit Trennwachs (5 Schichten) und Trennlack beschichtet. Mit Silikon (aus dem Baumarkt, 6–10 DM/Tube) wurde mit ca. 1 cm Überstand ein 5 mm dickes Silikonnegativ hergestellt. Nach dem Aushärten des Silikons wurde direkt darauf ein Gipsrücken abgegossen. Diese wird nach dem Austrocknen gut lackiert und sehr gut gewachst. Vor den einzelnen Sohlenabgüssen müssen alle Teile mit Trennlack behandelt werden.

Den endgültigen Laminataufbau teste ich noch aus. Derzeit wird eine Lage Leinwand (Glas), ca. 5–7 Lagen Kohleroving, 2 Lagen Glas (neutrale Faser) und wieder 6–8 Lagen Kohleroving mit einer Abdecklage Glas verwendet. Nachdem die Lagen eingelegt und getränkt sind wird eine PE-Folie (gelber Sack) darüber gelegt und dann ein Sandhaufen draufgeschüttet. Noch besser wäre ein Vakuumsack. Da das Gewebe an den Kanten nicht ganz anliegt und das Harz von der Sohle saugt muß eventuell noch in den Kanten nachgearbeitet werden. Dazu wieder Trennlack auf das Negativ pinseln. Eine kleine Menge Epoxid anmischen und Glasbubbles untermischen. Dies in die Form und auf die beschliffene Sohle pinseln, alles wieder zusammenlegen und beschweren.

Die fertige Sohle wird beschliffen, die Langlöcher eingebohrt (6 mm) und angefast (Senker). Mit Epoxi-μF wird die Sohle in den Schuh eingeklebt und zum Aushärten beschwert.

Aber auch obige Laminatdimensionierung hat nach einem Jahr das zeitliche gesegnet, und das ziemlich plötzlich beim Gehen. Die Sohle muß also noch stabiler sein, besonders im Bereich der Klipse. Vielleicht sollte man hier mit einem Vakuum-Sack arbeiten.

20.3 Fertigstellung der Sandale

So richtig gehen kann man mit der Sohle nicht mehr, da sie bretthart ist, zumindest im Vergleich zur weichen Sohle der 051 und 031 (noch schlechtere Schnürung als die 051). Aber für 2 km oder mehr reicht es vollkommen. Die 031er Schuhe halten, merkwürdigerweise, bisher (Seit Mai ’96)

Zusätzlich wurden noch die blauen Stoffdreiecke vor dem Klettband herausgeschnitten. In der Hacke traue ich mich derzeit noch nicht Material wegzunehmen. Dort wo es ginge ist Leder und wo Festigkeit gefragt ist ist Plastik.

Abbildung 17: Die SPD-Sandale

Als ich mit den Schuhen fast zufrieden war habe ich die Schnürung rausgeschmissen (drückte auf der nackten Haut) und durch Klettband (vom 1. Paar abgeschnitten und Schuster annähen lassen) ersetzt. Der Schuster hat mir auch das mit Pattex eingeklebte Leinenfutter am Rand angenäht. So kann man die Schuhe wirklich barfuß fahren. Bloß ist das Leinenfutter nicht sonderlich haltbar. Ich habe es inzwischen durch eine alte Jeans ersetzt.

Auch so kann es aber auch Fußgeruch geben. Besonders, wenn man die Schuhe nicht zum Radfahren anhat, dann kann nämlich keine Luft zwischen Fuß und Sohle wehen und es bildet sich ein nettes Mikroklima aus.

1996 bringt Shimano echte SPD-Sandalen raus. Mal seh'n wenn es aktuell wird, ein erstes Probestehen war angenehm. Sie sind bloß mit 2 Riemen versehen, keine Seitenführung, brettharte Sohle aus Massivplastik/-gummi. Aber im Bekanntenkreis halten die Sandalen auch gerade mal 3–6 Monate und brechen dann durch.[124]

21 SPD-Pedale

Wer unbedingt Rennpedale mit SPD-System braucht, soll sich am besten die STX-SPD-Pedale von Shimano zulegen.[125] Die kosten bei Cicli Bornemann in Kassel derzeit (1/96) nur noch 69

[124] Es gibt noch andere, die alles kaputt kriegen.
[125] Shimano 323

DM und sind wunderbar kastrierbar. Der Käfig wird abgeschraubt, die vorderen Käfighaltestäbe abgesägt. Die Lage des Gelenkbolzens für die SDP-Mechanik auf den hinteren Bolzen markiert, die SPD-Mechanik abgeschraubt und die hinteren Stege, bis auf je einen halben, der hinterher den Gelenkbolzen am seitlichen Rausrutschen hindert, auch entfernt. Mit einer Flex wird, nachdem die Achse und der Plastikeinsatz entfernt wurden,[126] die Pedale verschliffen und bei Bedarf dann auch noch poliert. So bringt das Paar unter 350 Gramm auf die Waage und ist nur einen Bruchteil so teuer wie die unwesentlich leichtere Dura-Ace Variante.

Die preiswerte SPD-Pedale (WPD 94B) von Wellgo hat gegenüber dem Original von Shimano folgende Vor- und Nachteile.

- Nachteile

  1. Die Pedale läßt sich nicht so gut kastieren, da der Käfig tragende Funktionen für das SPD-System übernimmt.
  2. Die Systeme sind nicht vollständig kompatibel! Shimano-Adapter sind für Wellgo-Pedale zu klein, sie rutschen raus. Wellgo-Adapter passen zwar in Shimano-Pedale, aber **Achtung:** Sie kuppeln nicht immer in alle Richtungen aus! Dies kann dadurch behoben werden, daß die Adapter an der hinteren Einführschräge an beiden Ecken etwas abgeschliffen werden. Da scheinen die Adapter sich bei den Shimanopedalen mit dem Amboß für den Ausrastmechanismus zu beklemmen. Diesen Ratschlag bitte mit Vorsicht genießen, es kann nicht nur peinlich sein, mit dem Fahrrad umzukippen. Außerdem haben die Wellgo-Adapter in der 323 nicht das Drehspiel wie in den Wellgo-Pedalen oder die Shimano-Adapter in der 323. Es kann auf die Gelenke gehen, wenn man länge Zeit Zwangsstellungen der Beingelenke ausführen muß!
  3. Die 323er ist hübscher vom Design, nicht so kantig.
  4. Die Shimano-Adapter machen mechanisch den besseren Eindruck. Sie sind gefräst und nicht gegossen und brüniert, nicht lackiert!
  5. Wenn Riemenschlitz im Käfig auf die andere Achsseite verlegt, so taugt das 323er auch für Haken und Riemen, das Wellgo ist dafür überhaupt nicht vorbereitet.
  6. Mit Schnee unter den Sohlen komme ich bei Shimanoadaptern besser in Shimanopedale als mit Wellgo-Adaptern in Wellgopedale

- Vorteile

  1. Das Lager läßt sich aufgrund des Patronenlagers besser einstellen als die 323er. Die Schmierung ist gut durchdacht (Grease Guard).
  2. Sie ist bedeutend billiger als das Original von Shimano.[127]

[126] Es wird sehr heiß.

[127] Bei Cicli B. 49 DM, Stand 1/96.

Tja, spricht also bei diesem Einsatzzweck bis auf den Preis anscheinend alles gegen das Welgopedal.

Und da spätestens nach dem Kastrieren der 323 die Lager neu eingestellt werden müssen sind unten die wichtigen Maße für das anzufertigende Werkzeug aufgeführt. Shimano hat nämlich netterweise die sonst übliche Nasenscheibe zwischen Konus- und Kontermutter eingespart. Und da bei mehreren Pedalachsen Nuten einzuschleifen und Nasenscheiben herzustellen wären habe ich gleich „Nägel mit Köpfen“ gemacht und mir ein Werkzeug dafür gebaut.[128] Die Griffe können selbsverständlich anders ausgeführt werden, interessant sind nur die Interfacestellen zum Pedal:

- Konusmutter SW 11
- Kontermutter SW 8
- Länge des Konusschlüssels mindestens 30 mm
- Konterschlüssel muß konzentrisch durch den Konusschlüssel geführt werden
- Konterschlüssel muß ca. 20 mm länger als der Konusschlüssel sein
- Der Konusschlüssel darf maximal einen Außendurchmesser von 14,5 mm aufweisen.

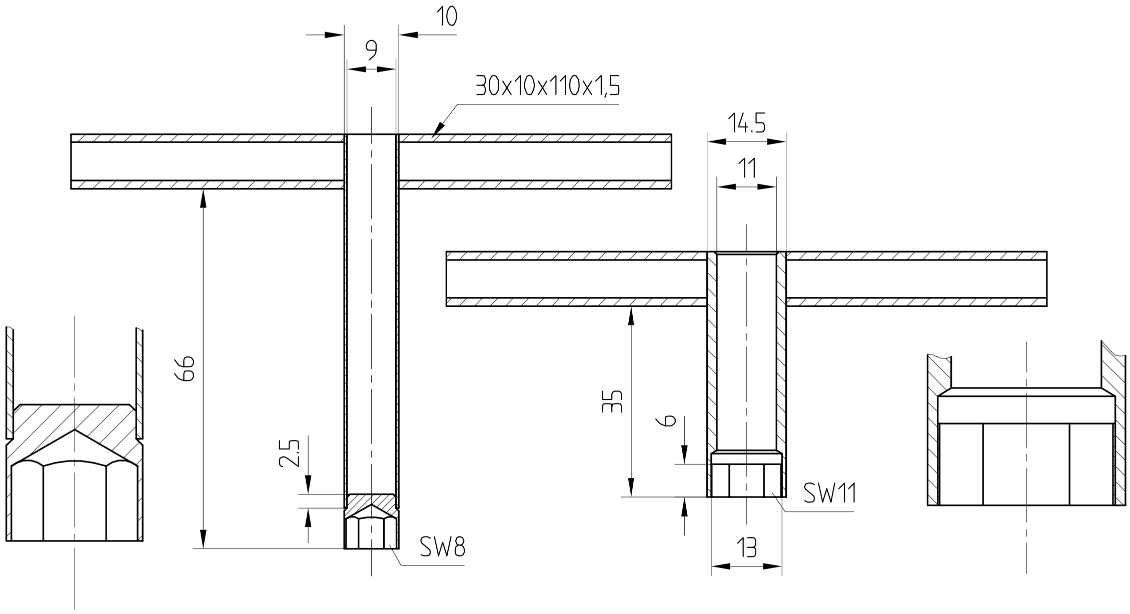

Abbildung 18: Einstellwerkzeug für Shimano Pedale

[128]Und als das Werkzeug fertig ist, sehe ich im Brügelmannkatalog das Shimanowerkzeug dafür für ca. 50,–. Meines ist einfacher zu bedienen, das Shimanowerkzeug benötigt noch Maul-/ Ringschlüssel zum Einstellen.

Für die Herstellung benötigt man eine Drehbank mit Hartmetalldrehstahl, 2 Nüsse als Biteinzsätze mit SW 11 und SW 8 (die Sechskante müßen ziemlich zentrisch sitzen, sonst wird es beim Abdrehen auf der Drehbank eng), etwas Tubusrohr oder anderes Rundmaterial mit $d_a \leq 10$mm, etwas Rundmaterial mit $d_a = 14{,}5$ mm, welches in der Drehbank auf 11 mm aufgebohrt wird. Da die Nüsse aus Chrom-Vanadium-Stahl hergestellt sind muß es wirklich ein Hartmetallschneidstahl sein. Das Werkzeug muß nicht genauso aussehen, aber so funktioniert es! Die Nüsse werden auf der Drehbank auf 13 bzw. 10 mm abgedreht. Die 11 er Nuß wird dann in die Aufbohrung des dicken Rohres eingepreßt, der Rest abgesägt. Die 8 er Nuß wird mit einem 9 er Absatz versehen und in das Tubusrohr eingepreßt. Dann kann alles verlötet werden. Die 11 er Nuß ist dabei vorsichtig zu verlöten, eventuell vor dem Einpressen in der Aufnahme in 2 er Loch bohren, um Lot von außen zuführen zu können. Möglichst Silberlot nehmen um die Temperatur niedrig zu halten!

22 Hydraulikbremsen

Vorerst sind hier nur Geometriedaten aufgeführt. Sinn ist es, daß nicht andere, wie ich, z.B. auf den kleinen Lenkerrohrdurchmesser der Sachs reinfallen.

Der Kolbendurchmesser ist d_{KG}, der Lenkerrohrdurchmesser d_l, der Abstand zwischen Drehpunkt und Zylinderachse l_1, der Abstand zwischen Drehpunkt und Hand-Angriffspunkt l_2 (Ich habe hier den Spalt zwischen Mittel- und Ringfinger und gewählt) und die Masse m (ungefüllt/gefüllt).

Tabelle 7: Daten von Hydraulikbremsgebern

Modell	d_{KG}	l_1	l_2	d_l	m
Magura (alt)	18,0	15	80	22–24	90/
Magura Renn	16,0	15	80	22–24	117/
Magura HS22	16,0	14	70	22	/160
Magura Raceline D	14,0				
Sachs Powerdisc	12,5	17	75	22,x	118/

Magura alt heißt hier „Magura Hydro Stop“: Niroschelle, Alukörper, bis ca. ’94 gebaut.[129]

Die Daten der Nehmersysteme sind in der Tabelle 8 wiedergeben. Die Anzahl der Nehmersysteme (Kolben) ist z.

Tabelle 8: Daten von Hydraulikbremsnehmern

Modell	d_{KN}	z	m
Magura (Alukolben)	14	2	
Magura (PA-Kolben)	14	2	
Magura Renn		1	
Sachs Powerdisc	20	1	

Hieraus kann dann die Kraftübersetzung i der Bremse berechnet werden:

$$i = z \frac{l_2}{l_1} \frac{d_{\mathrm{KN}}^2}{d_{\mathrm{KG}}^2} \tag{1}$$

Die Kraftübersetzung i beträgt bei Magura ca. 17,6. Die gilt nicht für die Magura Rennbremse, da diese noch in der Bremszange eine Hebelübersetzung aufweist.

[129] Als man noch für einen Bremssatz das bezahlt hat, was man heute für eine Bremse bezahlt.

Die verzögerungswirksame Bremskraft $F_{\text{Brems eff.}}$ berechnet sich aus der Kraft der Bremsklötze auf der Felge F_{Brems} und dem Reibbeiwert μ sowie dem Hebelarmverhältnis der Kraftangriffe. Die Bremsverzögerung a ist wiederum aus der Gesamtmasse von Fahrrad, Gepäck und Fahrer m_{gesamt} sowie der effektiven Bremskraft $F_{\text{Brems eff.}}$ berechenbar.[130]

$$F_{\text{Brems}} = iF_{\text{Hand}} \tag{2}$$

$$F_{\text{Brems eff.}} = \mu \frac{d_{\text{Bremsscheibe eff.}}}{d_{\text{Laufrad}}} F_{\text{Brems}} \tag{3}$$

$$a = \frac{F_{\text{Brems eff.}}}{m_{\text{gesamt}}} \tag{4}$$

Der effektive Bremsscheibendurchmesser $d_{\text{Bremsscheibe eff.}}$ ist z.B. bei einer Felgenbremse ungefähr der ETRTO-Durchmesser. Bei der Sachs Neos-Scheibe (Stahl) beträgt $d_{\text{Bremsscheibe eff.}} =$ 130 mm.

Last but not least in diesem Abschnitt ein paar Worte zum Hydrauliköl. Man kann laut Magura zum (Nach-) Füllen sowohl Nähmaschinenöl als auch LHM+ (diese schön giftgrüne Soße von Citroën) verwenden. Nach unseren Messungen mit einem Rheometer (Platte-Kegel) sollte Nähmaschinenöl mit 2,5 cSt@100 °C) im interessanten Temperaturbereich dünnflüssiger sein als das LHM+ mit 5 cst@100 °C. Mit extrapolierten 110 cSt@-25 °C sollten Nähmaschinenöl und LHM+ gleich hochviskos sein. Trotz diesem Vorteil von Nähmaschinenöl bin ich aufgrund der relativen Temperaturempfindlichkeit auf LHM+ umgestiegen. Und von dem einem Liter für ca. 35 DM sind nach 5 Jahren immer noch 0,5 Liter über. Der Rest waren Planschverluste (Schiet, das Glas war schon wieder nicht zugeschraubt).

[130] Hier wird davon ausgegangen, daß in erster Näherung der Reibkoeffizient μ von der Relativgeschwindigkeit und der Bremskraft unabhängig ist.

23 Gewichte von Einzelteilen

Die folgende Tabelle wird die Gewichtsfetischisten unter den Radfahrern wohl ernüchtern. Alu- statt Messingspeichennippel zu benutzen ist lachhaft; besonders wenn man sich das Einsparpotential des Restes, besonders der Fettreserven am eigenen Körper, anguckt.

Tabelle 9: Gewichte von Einzelteilen

Rubrik	Teil	Gramm
Rahmen	Rahmen	3300
	Gabel mit Cantisockeln	680
	28″ verchromte Renngabel (60 DM)	750
	einfacher 28″ uralt & billig Rennradrahmen	3625
	Dino-Rahmen	3400
	Dino-Gabel (inkl. Magura-Anlöter	676
	Dino eine Sitzstrebe	196
	Dino Sitzgestell	1400
	Framekit Optima Baron (1999, Rollen, Caron-Schale, Lenker, Gabel, Lenker, Ausleger, ohne Tretlager)	5900
	Rahmen Optima Baron (ohne alles)	2730
	Gabel Optima Baron (lange Version)	687
	Gabel Optima Barin (Scheibenbremse)	732
Laufräder	New-Succ., Mavic Open 4CD, Aris 13-14-15-16-17-20-26-32	2070
	Diabolo, Industrielager, Vollachse, 1D-Speichen 2 mm, Alesa 622×22 Hohlkammer, vorne	1060
Naben	Shimano STX, HB-MC30, Schnellspanner, für vorne	230
	Deore DX, Schnellspanner, mit Kassette, ohne Kranz (94?)	410
	Deore LX, Schnellspanner, mit Kassette UG, ohne Kranz (99)	427
	Deore XT, Schnellspanner, mit Kassette, ohne Kranz (95?)	480
	Deore XT, Schnellspanner, mit Kassette UG, ohne Kranz (89)	413
	Diabolo, Schnellspanner, für vorne	265
	Altenburger, Industrielager, Vollachse, Schraubkranz	320
	Sachs 3×7, ohne Kranz. . . , pure Nabe	890
	Schnellspanner(Diabolo)	85
	Schmid Nabendynamo	600
	Suntour XC-Pro VR, ohne Schnellspanner	160
	Schnellspanner (Suntour XC-Pro VR)	84
Speichen	Speichensatz 2D, hinten (622)	220
	Speichensatz, 2mm, 182 lang	170
	Nippel (36 Stück, Messing), normal	36
	Nippel (36 Stück, Messing), 16 mm	40

Fortsetzung nächste Seite

Rubrik	Teil	Gramm
Felgen	622×17 (Weinmann 2317)	705
	622×13 (Weinmann 2313)	600
	622×17 (Alesa Hohlkammer)	490
	622×17 (Alesa 917) ’96	590
	559×17 (Alesa Apollo)	570
	559×17 (Alesa Apollo, Flanken gedreht)	592
	622×19 (Alesa Voyager)	520
	622×17 (Alesa Sputnik)	680
	622×13 (Rigida DP18, 32 Loch)	596
	440×22	420
	440×20 (Alesa)	380
	406×22	300
	406×21 Alesa (27 außen)	360
	406×22 (Schürmann)	340
	406×19 Alesa Columbia Hohlkammer	414
	406×19 Alesa Explorer Hohlkammer	405
	406×20 Rigida Kastenprofil	366
	2 Abdeckscheiben für 622 (Glasfaserstab, Nylon, Reflexfolien)	
	2 Abdeckscheiben für 406 (Glasfaserstab, Nylon, Reflexfolien)	
Schaltung und Trieb	Kette (Sedis Silber oder schwarz) (ca. 2 normale Ketten)	780
	Schaltwerk (Suntour XC LTD)	300
	Schaltwerk Suntour XC Pro (LongCage)	263
	Schaltwerk Deore XT, LongCage (89)	252
	Schaltwerk Shimano 105	275
	Umwerfer Suntour XC LTD	
	Umwerfer Shimano 600, Blech uralt	160
	Umwerfer Shimano 600, Aluschelle 1997?	107
	Tretlager (FAG Patrone)	320
	Tretlager (FAG Patrone, 1999, inkl. Schr.)	272
	Tretlager (Deore LX)	330
	Tretlager (Campa, Patrone)	361
	Hosenschutz ohne Plane	140
	Lenkerendschalter DuraAce (Paar)	220
	linke Kurbel (Sugino)	350
	linke Kurbel (Silstar, uralt)	200
	linke Kurbel (Shimano RX100)	240
	linke Kurbel (Thun Aero Coronado)	183
	linke Kurbel (Stronglight)	186
	linke Kurbel Sachs Centera	236
	linke Kurbel Campagnolo Record (170mm)	214

Fortsetzung nächste Seite

Rubrik	Teil	Gramm
	linke Kurbel XT FC-M752 (175 mm)	185
	rechte - mit Kettenblättern (Sugino) 26-38-52	760
	rechte - mit Kettenblättern+ Schutzring (Silstar) 42-52	520
	rechte - mit Kettenblättern (RX-100) 42-52	440
	rechte - mit Kettenblättern+ Schutzring (Thun Aero Coronado) 38-52	616
	rechte - mit Kettenblättern (Stronglight) 38-52	450
	rechte Kurbel Sachs Centera, Stahlblätter	656
	rechte Kurbel Campagnolo Record (170mm/42/52)	440
	rechte Kurbel XT (FC-M752, 22-32-44, 175 mm)	413
	Schraubensatz für FC-M752	23
	Pedalen (323 STX, unkastriert)	530
	Pedalen (323 STX, kastriert zu Dura-ACE)	330
	Pedalen (Wellgo WPD 94B)	440
	Suntour Schraubkranz AP 13–32	500
	Shimanokassette 14-16-18-21-24-28-32, HG	395
	Shimanokassette 13-14-15-16-17-19-22, UG	300
Decken	Marathon 622×47	700
	Continental Super Sport Ultra 622×23	300
	Continental Super Sport Ultra 622×25	320
	Continental TopTouring 2000 622×32	530
	Continental TopTouring 2000 622×37	620
	Continental TopTouring 2000 406×37	400
	Continental Avenue 622×40	570
	Nokia 622×37 W106 (Spikes)	800
	Michelin HiLite Pro 622×19	210
	Michelin Tracer 622×20	
	Impac 440×37	440
	Michelin 440×28	330
	Nokia 406×57 RF (Spikes)	1350
	Panaracer Pasela 559×32	315
	Schwalbe City-Jet 406×32	270
	Vredestein Monte Carlo 406×37	370
	Tioga Comp Pool 406×44	
Schläuche	Semperit 622×28–37	160
	Continental 622×20–25	100
	Continental Latex 622×19	60
	Air-BS-719 Latex 622×19–20	80
	Continental 406×47	120
	Hutchinson 440–451×28–37	90

Fortsetzung nächste Seite

Rubrik	Teil	Gramm
Bremsen	Magura (Griff, Canti, mit Bügel)	380
	Magura (Griff, Nehmer)	240
	Magura (Cantisockel, Schrauben)	120
	Paar Shimano 600, lange (93er Modell) inkl. Griffe	525
	Bremskörper 600, lange (93er Modell) BR6400	177
	Bremskörper RX100, lange (2k Modell) BRA550	200
	Bremsgriff Shimano 600 (93er Modell)	115
	Sachs Powerdisk Neos (Griff und Nehmer)	468
	Sachs Powerdisk Neos (Nickelscheibe)	284
	Sachs Powerdisk Neos (Niroscheibe)	293
	Sachs Powerdisk Neos (Aluscheibe)	192
	Campagnola Athena (Paar)	383
	Griffe Shimano RX100 (Paar)	260
	Magura Clara (Scheibe, Zange, Griff)	400
Licht	BM Toplight	100
	BM Lumotech mit ESGE-Halter	60
	Luftpumpe SKS-Rennsstar	120
	Dynamo Union	180
	Nordlicht 2000	265
	Soubitez EB 80	205
	Schmidt Nabendynamo	600
	Schmidt Nabendynamo mit Scheibenbremsaufnahme	620
Lenkung	NSU-Trainingsbügel (Alu, 20,– Klasse)	280
	Trainingsbügel (flach, Alu, 20,– Klasse)	260
	Rennlenker (Alu, 20,– Klasse)	360
	Rennlenker (Alu, 30,– Klasse)	325
	Vorbau (Alu)	350
	Steuersatz Tange-Levin (gedichtet)	145
	Barends (Noname, Alu)	121
Sitz	Sitz mit Akkuhalter	710
	Sitzauflage (14mm Isomatte)	110
	4 Gummipuffer	100
	Patentsattelstütze	270
	Sitzschale Kachmarek Carbon (1999)	570
Gepäckträger	Tubus-Eigenbau für 3 Taschen	590
	- mit Schutzblech und Toplight	950
	ESGE Safari (2 Streben) ohne Befestigungsm.	480
	Eigenbau für das Dino	750
Diverses	ESGE-Alu-Hinterbauständer mit Verlängerung	360
	ESGE Montagesatz für Hinterbauständer	131

Fortsetzung nächste Seite

Rubrik	Teil	Gramm
	2 Stk. Cantilever Anlötsockel, Blech	40
	Holzschutzblech 406 mit Alu&Nirohalter	140
	AirSound 2, Luftdruck-Hupe	100
Verkleidung	Frontverkleidung (inkl. Halterung, Lumotec und Flaschenhalter)	1930
	Halter für Frontverkleidung	300
	Heckverkleidung (inkl. Halterung, 50 g Glasüberzug)	4380
	Stoffzwischenteile	300
	Halterung Heckverkleidung (ohne Puffer)	260

Gewichte unter 2 kg werden mit einer Diätwaage gemessen (unter 1 % Fehler).

24 Reifenabmessungen

Für eine Anzahl von Reifen und Felgen habe ich folgende Maße ausgemessen. Interessant sind sie, wenn man mit schmalen Reifen schnell Kanststeinabsenkungen raufknallt, da dann das Laufrad nicht ausweicht und es zu Felgendurchschlägen kommen kann.

Ebenso kann es zur Verschleißkontrolle nützlich sein. Bei 20.000 km mit viel Stadtverkehr hatte ich meine Weinmann 2317 beim Dino durchgebremst, das Horn klappte auf 10 cm nach außen. Die Felge war in dem Bereich nur noch 0,9 mm dick. Inzwischen habe ich mir eine kleine Meßzange gebastelt, mit der ich um Felgenhörner herumfassen und so Horndicken messen kann. Näheres dazu in [11] (siehe auch http://www.enhydralutris.de/).

Der Luftdruck ist in der Form angegeben: Hersteller/von mir getestet. Wenn kleiner, dann waren beim herstellerangegebenen Druck Karkassenrisse nach ca. 500 km feststellbar (bei mehr als einem Exemplar!).

Die Listen sind noch im Aufbau.

Tabelle 10: Reifenabmessungen

Reifenhersteller und Typ	ETRTO	A	B	C	p[bar]	Felge
Michelin HiLitePro	622×19	19,5	18	13,5		Open 4CD
Conti Supersport Ultra	622×23	21	20	15	8,5/11	Open 4CD
Conti Supersport Ultra	622×25	23	23	15		Open 4CD
Schwalbe Marathon	622×28	28	26	22		Alesa HK
Vredestein Monte Carlo	622×32	30	30	28		Open 4 CD
Michelin	440×28	28	25	23	5/<	Radius
Nokia Spike	406×57	53	52	55	2,5	406×20
Vredestein Monte Carlo	406×37	34,5	33	28	3,5/<	406×22
Schwalbe City Jet	406×32	32	28	30	7/8	406×22

Tabelle 11: Felgenmaße

Felge	ETRTO	FB	MW	WS
Mavic Open 4CD	622	19	13	
Weinmann 2317	622	23	15,5	
Weinmann 2313	622	20	13	1,6
Alesa Hohlkammer	622	20		
noname 406×22	406	25,4	20,2	1,5

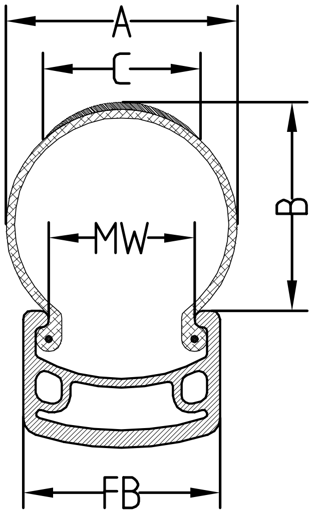

Abbildung 19: Definition für Felgen- und Reifenabmessungen

Als Ergebniss kann man ungefähr sagen, daß die Reifenbreite auch die Reifenhöhe ist. Da selbst mittelmäßige Kantsteine mit 25 mm abgesenkt sind, droht also häufig ein Durchschlag, oder eine Verbiegung des Felgenhornes.

Eine Anmerkung zum Nokia Spike: Ja, es gibt ihn doch, den Spikereifen für den engagierten Liegeradler. Über den Rollwiderstand und und Fahrverhalten kann ich noch nichts sagen, da zumindest Schutzbleche und Dynamo am Flevo ersteinmal abgebaut werden müßen. Der Reifen wiegt 1,35 kg und hat 72 Spikes.

25 Federungen

Dieser Punkt ist noch im Aufbau, er soll nur Anregungen liefern. Allein zum Thema Vorderradfedergabeln im MTB-Bereich liefen an der TU Hamburg-Harburg diverse Studienarbeiten bezüglich Federkennlinie und Steifigkeiten. Die Dauerhaltbarkeit ist dann noch ein anderes Thema.

25.1 Vorderrad

Eine Vorderradfederung ist spätestens dann dringend anzuraten, wenn man vorne ein undurchsichtige Verkleidung montiert. Der tote Raum vor dem Vorderrad erstreckt sich dann von 1–8 m vor dem Rad. Diverse Durchschläge und Hornverbiegungen sind mir so schon passiert.

Eine Federgabel kann diese Stöße abdämpfen und deutlich zum Fahrkomfort beitragen. Das Vorderrad ist das hauptbelastete Rad. Ich bremse meist vorne. Die Hinterradbremse hat aufgrund der geringen Last und der daraus folgenden geringen Bremskraft, besonders bei Nässe, eher Placebocharakter.

Inzwischen (Frühjahr 1995) tummeln sich auch für 20" Räder diverse Federgabeln auf dem Markt. Eine Bewertung kann ich mir nur eingeschränkt erlauben:

- RST 150: Billige Gabel, den einen zu billig, den anderen zu teuer. Stahlfedern auf Zug belastet, schlechte Lagerung und hohe Losbrechkraft. Wird vom Markt genommen. Ca. 150 DM
- RST 400: Siehe Ballistic. Lagerung soll schlecht sein.
- Ballistic: Anscheinend ganz brauchbar. Elastomer. Ca. 380 DM

Beim Einbau einer Vorderradfederung achte man aber darauf, daß man vorne ca. 5 cm höher kommt. Bei einer Untenlenkung kommt man also mitunter nur noch schlecht auf den Boden. Spätestens am Ende einer langen Radtour bei nassem Untergrund merkt man dann den Konstruktionsfehler, wenn ein Unterschenkel verkrampft und der Fuß auf dem Boden wegrutscht.

25.2 Hinterrad

Von einigen gibt es Bestrebung auch den Hinterbau zu federn. Gut, konsequent ist es. Ausspruch eines M5-Fahrers mit Moulton-Federgabel: „Jetzt wünsche ich mir doch auch hinten die Federung“. Meines Erachtens reicht es aus, einen guten Reifen zu montieren, derzeit den „Monte-Carlo“ in 622×32 von Vredestein. Aber auch mit einem 25 er Slick von Continental bin ich nicht schlecht gefahren.

Bei der Hinterradfederung ist darauf zu achten, daß beim Treten nicht die Hinterradgabel einfedert. Aber so trivial ist das nicht, da beim Treten das Hinterrad sich um den Schwingenpunkt dreht, halt die Reaktion aus dem Vortrieb... Viel Spaß beim Konstruieren! Beim Flevo ist das wunderbar zu beobachten, was dann ein runder Tritt ausmacht.

Als Anregung sei hier auf das Federungsystem des Flevo-Bikes verwiesen. Es ist ziemlich einfach und robust. Ich fahre seit 2'95 Flevo und muß sagen: „Wenn man es erst einmal beherrscht,[131][132] dann fährt es wie auf Wolken“. Allerdings ist es mit Puffern in ca. 50 ShoreA hinten etwas zu weich gefedert. Dies kann durch eine getrennte Dämpfung verbessert werden.

[131] Die ersten 20 km sind wie epileptische Anfälle: Es geht lange gut und dann findet man sich auf einmal auf der Straße liegend wieder und weiß nicht warum.

[132] Dann setzt man sich nach 2 Monaten wegen Beinbruches nicht Flevofahrenkönnend d'rauf und fährt ohne mit 'ner Wimper zu zucken los, dreht eine enge Kurve und die Mundwinkel berühren sich im Nacken.

Es gibt angeblich hydraulisch gedämpfte Gummipuffer[133], aber wer kommt da preiswert ran? Vorne bräuchte man Puffer, die abhängig vom Bremsdruck die Drossel steuern.

Ausschlaggebend für die Seitensteifigkeit des Hinterbaues gegen Kettenzug ist die Stützbreite der Kettenstreben, mit der sie in das Tretlagergehäuse einmünden. Je breiter, desto besser. Außerdem kann man dann die Lagerkräfte für die Schwinge kleiner halten. Es gibt schließlich keinen Grund so schmal zu bauen, wie bei MTBs, wo die Kurbel und die Füße des Fahrers vorbei müssen.

Ein weiteres Problem bei gefederten Hinterrädern ist die Montage des Dynamos. Da die Gabel aufgrund der Federung nun häufiger und schneller beschleunigt wird, werden auch größere Kräfte an der Dynamohalterung auftreten. Dem sind die meisten Dynamos nicht gewachsen. OST-Rad hat sehr lange rumexperimentiert, bis sie einen Dynamo gefunden hatten, der einigermaßen hält. An meinem Flevo ist bei der Soubitez-Walze nach 3 Wochen die Originalhalterterung abgebrochen. Daraufhin habe ich mir auf einer Segellatte (GFK, unidirektional) 3×48 ein U aus Alu 2×15 mit 3 M3 Messingschrauben befestigt, in dem die Soubitez-Walze aufgehängt ist. Die Segellatte sollte ca. 100-150 mm Federlänge haben. Den Anpreßdruck muß man durch Keile selber einstellen. Wenn man den Betätigungsdraht zum Lenker führt, so ist für wenig Geld noch eine Fernbedienung drin. Die Soubitezwalze hat gegenüber dem Union den Vorteil, daß der Dichtspalt nicht in der Dreckflugschneise liegt und er mit Hausmitteln auseinandernehmbar ist, sodaß bei Bedarf die Lager geschmiert werden können.[134] Meine Soubitezwalze hat derzeit ca. 500 km mit 25–30(50) km/h, auch bei Regen, Schnee, Glateis und Salz hinter sich. Das einzige Problem ist, daß fast sämtlicher Dreck dieser Erde, gerade bei Temperaturen um 0°C darauf kleben bleibt, es sollte also ein Abstreifkante mit ca. 0,5–1 mm Spalt eingeplant werden. Die Konstruktion ist in Abbildung 20 wiedergegeben.

[133] Encycleopedia 94-95: Der teure Flevonachbau.
[134] War bei mir noch nicht nötig.

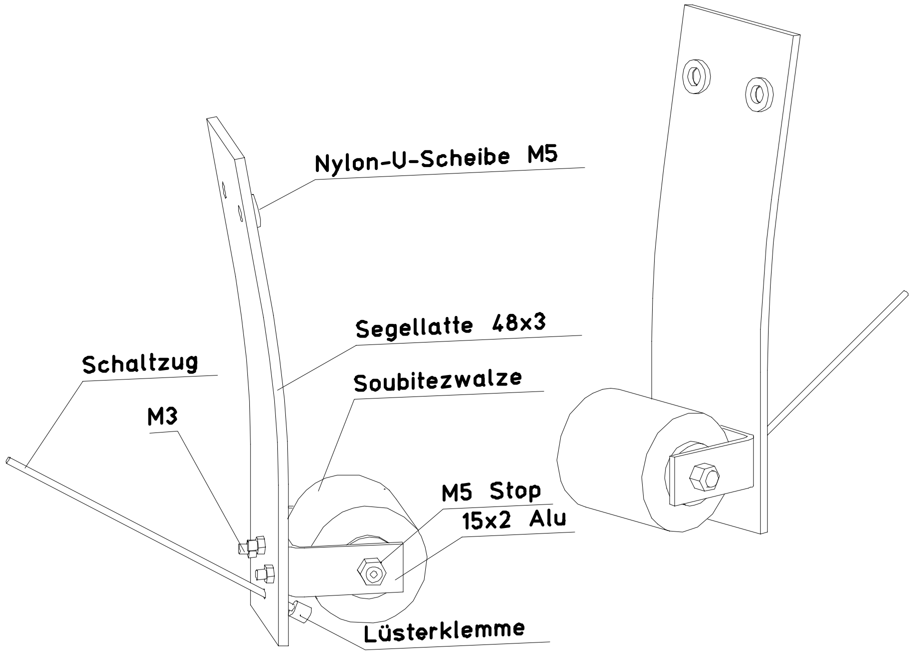

Abbildung 20: Stabile Dynamohalterung für Soubitez's

26 Dämpfungen

Bisher habe ich erst ein Rad (mein zweites[135] Flevo) mit einem Feder-Dämpfersystem ausgestattet. Der Rahmen ist nach dem Bauplan [16] von Flevo-bike[136] entstanden.

Die Dämpfer stammen aus einer alten Waschmaschine von Miele und haben inzwischen die Miele-Teilenummer 2102797 (mittelalt 2728561, altere noch anders), unter der sie bei jedem Mielehändler (für ca. 150 DM/Paar) erhältlich sein sollten. Oder man durchforstet den Sperrmüll (so es ihn noch gibt)[137] oder die Recyclinghöfe in der Umgebung. Hersteller der Miele-Dämpfer ist Stabilus.

Der Zweierpack[138] Dämpfer (siehe Bild 21) kostet direkt bei Miele ca. 150 DM inkl. MWSt. . Sie haben den Vorteil, durch die eingebauten Gummielemente teilweise erhebliche Schiefstellungen der Achsen zu tolerieren, was den Einbau bedeutend vereinfacht.

[135]Das erste hatte hinten eine Gasdruckfeder (400 N) aus einer Volvo-Heckklappe, bei der ich die Dämpfungseigenschaften ausgenutzt hatte. Achtung, das kann sehr gefährlich sein, das ein erhebliche Explosionsgefahr besteht. Das Rad wurde mir aber geklaut (hoffentlich fliegt's dem Dieb um die Ohren.), worauf ein verbesserter Ersatzbau gebaut wurde.

[136]Flevo-bike, de Morinel 55, Dronten, Netherlands

[137]In Hamburg leider nicht mehr.

[138]Gibt es nur im Zweierpack

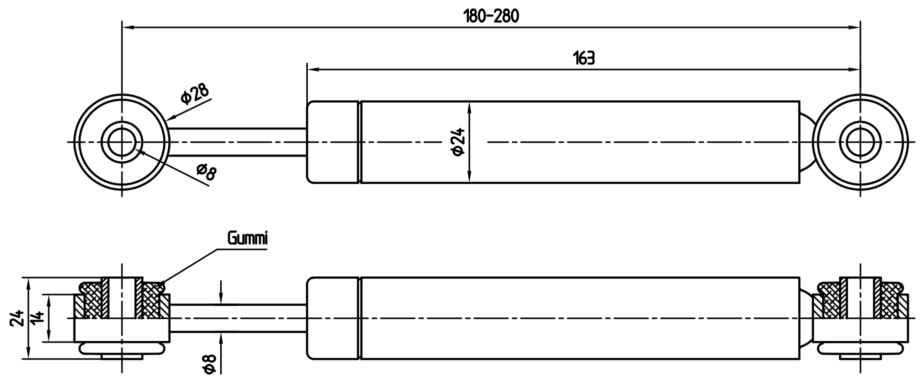

Abbildung 21: Einbaumaße der Miele-Dämpfer

Beim Flevo habe ich folgende Abstände zwischen den Schwingendrehpunkten und den Dämpferachsen eingebaut:

Tabelle 12: Schwingendrehpunktabstände für den Dämpfer beim Flevo

	vorne	hinten
Rahmen	280	290
Schwinge	220	220

Das die Abstände so sind war Zufall. Ich hatte mich einfach an die maximale Ein-/ Ausfederung und Einbauraum orientiert. Wenn das Flevo beim Bremsen einen Handstand macht, bleibt so noch ein Zentimeter Dämpferweg[139]

[139] Habe ich mit einem verwischten Filzstiftstrich im Fahreinsatz gemessen.

27 Ausgeführte Idee eines Fahrradeinradanhängers

Dies ist ein nachträglich eingefügtes Kapitel. Der Text wurde 1993 geschrieben und nur auf LaTeX adaptiert.

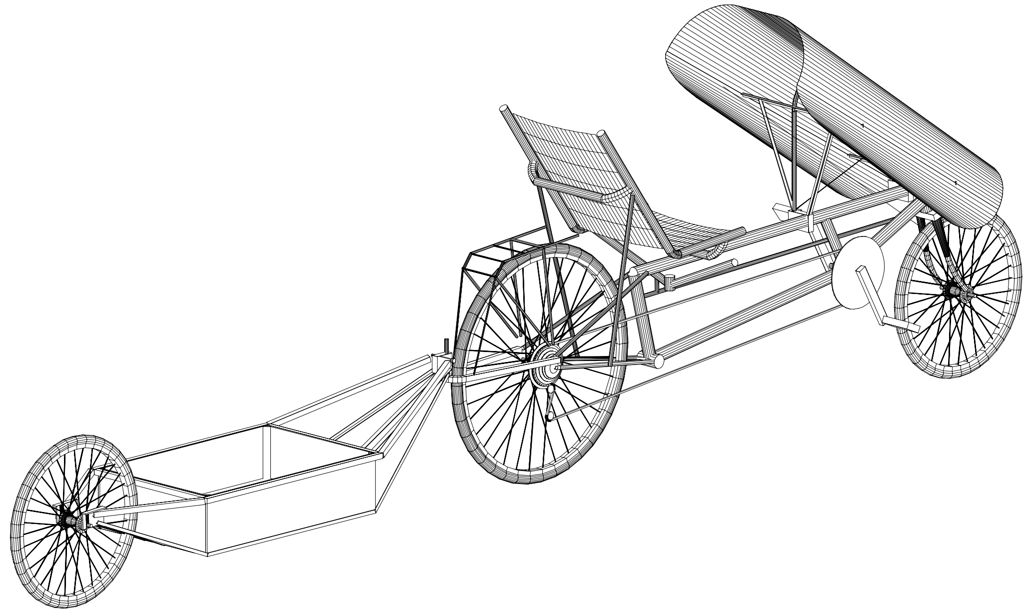

Abbildung 22: Einradanhänger hinter dem Langlieger

Kurzbeschreibung des in Abbildung 22 gezeigten Anhängers: Der Einradanhänger besteht aus einem Rahmen aus Vierkantstahlrohr, einem möglichst kleinen Rad und einer Ladewanne aus Sperrholz. In der Prototypenversion wiegt der Anhänger ca. 8,2 kg, wobei 0,3 kg auf die am Fahrrad verbleibende Kupplung entfallen. Als Verbindungstechniken wurden Schweißen und Popnieten sowie Leimen und Schrauben angewendet.

Die maximal mögliche Zuladung beträgt ca. 55 kg. Zwar verträgt der Anhänger problemlos mehr, aber das Vorderrad des Zugrades wird wohl zumindest dann, wenn der Fahrer nicht auf dem Drahtesel sitzt, die Bodenhaftung verlieren. Je nach Höhe des Schwerpunktes der Ladung sind weitere Abstriche zu machen, da die Aufrechthaltekräfte konstruktionsbedingt in das Zugrad eingeleitet werden und nicht wie bei zweirädrigen Fahrradanhängern über die Anhängerräder aufgebracht werden.

Pflichtenheft: Der Anhänger sollte bei der Entwicklung 1991 folgende Ansprüche befriedigen:

- sperrige Ladung (Modellboote, Altpapier) tranportieren
- Geschwindigkeit (Reise) zulassen

- Bedenkenlose Kurvenfahrt bei hoher bis mäßiger Geschwindigkeit
- Ergänzung zum bereits vorhandenen Donkey von Winther
- Die Zugmaschine ist das lange Liegerad „Dino“ von Radius

Bisher bemerkte Mängel:

- Der Kurvenradius wird größer als er beim Liegerad ohnehin schon ist.
- Ein stabiler Gepäckträger ist unbedingt notwendig (hier ESGE-Stahl).
- Einleitung von Kräften in die Ausfallenden und die Pletscherplatte des Gepäckträgers. Die Pletscherplatte muß gut befestigt sein. Bei punktgeschweißten Platten habe ich große Bedenken, beim DINO aber bisher keine Probleme gehabt.
- kein Schwerstlastanhänger wie die Flunder in Urform (vor dem VSF-Nachbau).
- hoher Zeitaufwand bei der Herstellung durch Holzarbeiten.

Alle hier angebenen Werte beziehen sich auf den seit 1991 eingesetzten Prototypen.

Der Anhänger hat inzwischen mehrmals 55 kg Getreide innnerorts sowie 30–40 kg über 200 km Überland klaglos mitgemacht. Auf der Überlandfahrt war das Rad mit zusätzlichen 30 kg beladen. Und natürlich ungezählte ausgestandene Stadtkurzstrecken.

Tabelle 13: Abmessungen des Einradanhängers

Hinterrad Zugmaschine	28 ″
Hängerrad	20 ″
Breite	470 mm
Länge Kupplung–Ende	1700 mm
Bodenfreiheit	130 mm
Maße der Ladenfläche	
Breite × Länge × Tiefe	424 × 665 × 170 mm

Wenn man sich die langen Liegeräder als Zugmaschine vorstellt, so entsteht eine beachtliche Gespannlänge. Diese ist aber sowohl im normalen Stadtverkehr und auch bei Überlandfahrten in der Regel nicht störend, es sei denn, jemand möchte Windschattenfahren.

Tabelle 14: Verwendete Materialien am Einradanhänger

Kastenwände	5,5 mm	Sperrholz
Kastenboden	9 mm	Sperrholz
Rahmen	16×1	Vierkantstahlrohr
Zuggurte	15×1,5	Alu-Flach
Scheuerleiste	10×1	Alu-L
Ausfallenden	4 mm	Alublech
Kupplungshülse	$ø_i$ 10 mm	Dieseleinspritzzylinder
Kupplungsbolzen	M12 auf 10 mm abgedreht	Niroschraube

Ungefähre Kosten: Je nach Ausführung 150–310 DM.

Als Benutzungshinweise kann ich folgende Randbemerkungen weitergeben: Im Prinzip ist der Anhänger narrensicher. Allerdings sollten folgende Ratschläge beachtet werden:

- so wenig Spiel wie möglich in der Kupplung einbauen.
- Nicht überladen, sonst bestimmt der Anhänger die Fahrroute und nicht der Fahrer. Führt zwangsweise zu Schlangenlinien die 2,5 Promille entsprechen. Ladungsverlust ist die Folge.
- Bei kleinen Geschwindigkeiten sind zwar kleine Kurven möglich, jedoch ist darauf zu achten, daß der Hängervorbau sich nicht mit dem Kupplungsbügel beklemmt. Es treten dann hohe Zwangskräfte auf, die zu einem Verbiegen oder Abbrechen des Kupplungsbolzens führen können. Bisher ist allerdings mein derzeitiger Kupplungsbolzen aus einer M12er Niroschraube unzerstörbar. Der 10 mm Dieseleinspritzpumpenplunger hatte es dagagen nicht lange mitgemacht (ist ja auch gehärtet).
- Nicht erschrecken, wenn bei schneller Kurvenfahrt der Hänger aus der Kurve getragen wird. Er fängt sich schneller als man denkt und reagieren kann.

28 Flunder

Dies soll (und kann) nicht die Original-Bauanleitung der Flunder[140] ersetzen. Hier wird nur der Bau der ADFC BZG-Harburg und daraus geschlossen Änderungen beschrieben.

Über die Kosten kann ich relativ wenig sagen. Das kommt halt d'rauf an, was verfügbar ist. Bei uns waren Laufräder/Kistenbaustoff und Aluprofile vorhanden. So fielen nur noch ca. 45 DM für den Kugelkopf und ca. 20 DM für Schrauben und Niete an. Das Rücklicht wurde vom Fahrradhändler (RBK) gesponsort.

Die folgenden Längenangaben beziehen sich auf die von uns gebaute Flunder. Die können selbstverständlich je nach Einsatzpunkt davon abweichen.

Tabelle 15: Materialliste Flunder

	Gestell	
6 Stk.	Alublech 2×158×100	Knotenblech
2 Stk.	Alublech 2×158×360	Knotenblech Deichsel
8 Stk.	Alublech 2×100×75	Ausfallende
2 Stk.	Aluvierkant 30×2×950	Querholm
2 Stk.	Aluvierkant 30×2×1100	Längsholm innen
1 Stk.	Aluvierkant 30×2×1150	Längsholm rechts
1 Stk.	Aluvierkant 30×2×1270	Längsholm links
1 Stk.	Aluvierkant 30×2×600	Deichsel
250 Stk.	Alu-Pop-Niet ø4×8	Niete
	Kupplung	
1 Stk.	Niroblech 5×30×92	Kupplungsblech
1 Stk.	Alu 30×30×35	Gelenklager
1 Stk.	Schraube DIN 933-M12×60	Gelenkbolzen
1 Stk.	Schraube DIN 933-M10×45	Kupplungsbolzen
2 Stk.	Mutter DIN 934-M10	Sichgerunngsmuttern
2 Stk.	U-Scheibe 10 mm PA	Gleitscheiben
1 Stk.	8er Kugelgelenkkopf	Kugelgelenk
2 Stk.	Schraube DIN933-M5×40	Kupplung in Deichsel
2 Stk.	Mutter DIN934-M5	Kupplung in Deichsel

28.1 Kiste

Kommt d'rauf an wie man sie bauen will. In Sperrholz sollte der Boden schon 9 mm, besser 15 mm, die Wand 5 mm bzw. 9 mm dick sein.

Wir kamen umsonst an Flugzeugausbauplatte (9 mm Honeycomb-Sandwich, schwerentflammbar, selbstverlöschend ... ran) und haben sie mit Epoxi-Mikrofibres (siehe PackAero-Bau) zusammenlaminiert. Ist gut, muß aber nicht sein.

[140] Von der AG Fahrradforschung im FB Physik der Uni Oldenburg konstruiert.

Bei uns hat die Kiste eine Tiefe von ca. 10 cm. Das reicht für die allermeisten Transportfälle (ADFC-Infostände, Umzüge etc.).

28.2 Rahmen

Bevor der Rahmen gebaut wird, sollte die Kiste existieren!

Der Rahmen (Bild 23) ist aus Alu-Vierkant zusammengenietet.

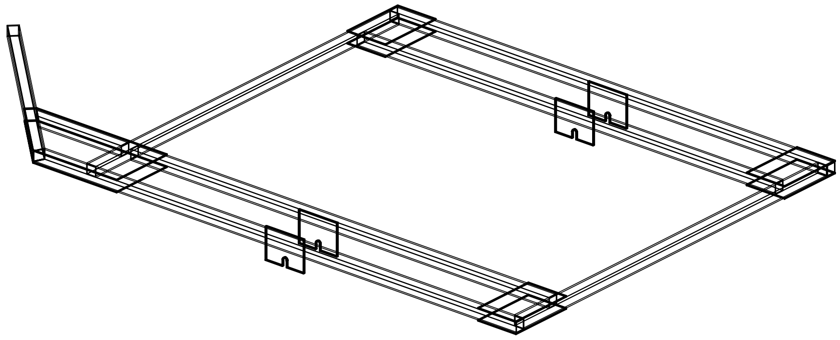

Abbildung 23: Flunderrahmen

Bevor der Rahmen zusammengenietet wird sind unbedingt die Ausfallenden anzunieten. Sonst kommt man da nicht mehr zum Bohren ran! Die Ausfallenden mit ca. 8-12 Niete/Ausfallende festnieten.

Die Rahmen und Knotenbleche erst mit ein paar Niete heften, dann bohren und Niete setzen. Viel Spaß und eine fröhliche Sehnenscheidenentzündung.

Die inzwischen verwendete Nietdichte ist wie folgt verteilt: In den viereckigen Knotenblechen je Rohr und vier Niete. In dem Deichselknotenblech an den äußeren Rohren je 10, das Querrohr hat 4 und die inneren Rohre 7 Niete. Zuerst hatte ich außen nur ca. 6 Niete gesetzt, was sich aber als zu schwach herausgestellt hatte.

Die Kiste wird mit M5-Schrauben (ca. alle 15–30 cm) an die Innenkannte des Rahmens geschraubt. Beim Packwiesel werden die Kisten einfach nur einghängt. Ist auch ’ne Möglichkeit, aber so versteift die Kiste hier noch den Rahmen.

28.3 Kupplung

Die Kupplung dürfte das schwierigste Teil sein, da hier eine Drehbank benötigt wird.

Die Kupplung (Bild 24) wird bei uns unter den Schnellspanner untergespannt. Man kann auch eine Vollachse nehmen, dann muß das Loch entsprechend größer gebohrt werden. Bisher ist uns noch kein Schnellspanner dabei gebrochen und die Flunder hat an vielen Fahrrädern weite hügelige Strecken mit Gepäck zurückgelegt und auch im Stadtverkehr gut herhalten müssen.

Der Kugelkopf ist normalerweise mit Gewinde ausgestattet. Wir haben hier einen 8 mm statt einen 10 mm Kugelkopf verwendet. Dies kommt daher, daß die vorher verfügbare, kommerziell hergestellte, Flunder damit ausgestatt war. Der 8 mm Kugelkopf ist als Kopf selber auch ausreichend dimensioniert. Bloß der Gewindeansatz hält im Alltagsbetrieb nicht lange. Daher wurder er einfach abgesägt und auf eine abgesägte Niroschraube geschweißt. Bis jetzt hält die Kupplung.

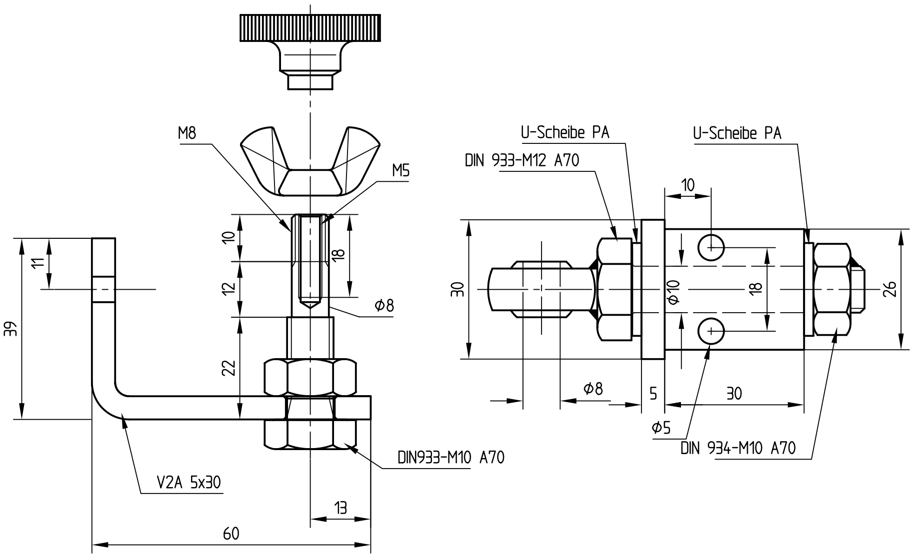

Abbildung 24: Flunderkupplung

Wenn der Gelenkbolzen im Gelenklager eingebaut wird, vorher gut fetten. Die Mutter spielfrei einstellen und sichern. Hier wurde einfach die Schiffmaschinenbauersicherung[141] verwendet.

Der Niroblechstreifen für den Kupplungsteil am Fahrrad kann mit einem Hammer im Schraubstock kaltgebogen werden. Bis jetzt wurden die Kupplungen (inkl. der d'rannhängenden Fahrräder bzw. Laufräder) immer geklaut,[142] bevor ein Versagen auch nur anrüchig war.

Zu Anhängerkupplungen gibt es auch schon einen Arbeitsentwurf für die Technische Anleitung Nr 31a „Prüfverfahren für die Verbindungseinrichtung von Fahrrädern mit Anhängern". Ferner sind in den StVZO-Änderungen Ende 1998/Anfang 1999 die Grenzmaße für Fahrradanhänger restritkiv festgelegt auf maximal 2 m lang, 1 m breit und 1,5 m hoch. Lediglich Anhänger für Sportgeräte (Kanus etc.) dürfen danach bald nur noch 4 m lang sein. Aber das ist noch nicht gegessen.

[141] Das ist ein Schweißpunkt!
[142] Ich habe jetzt mit Pitlock dagegengerüstet.

29 Ketten und deren Pflege

Ein Thema, zu dem es 1001 Meinungen gibt. Hier sind meine Erfahrungen.

Bei Fahrradketten benutzte ich mit Vorliebe die Sachs-Sedis in schwarz. An der Enhydra habe ich jetzt eine Sedis silber dran. Die gammelt nicht so schnell. Meiner Meinung kann eine Kette aus dem Hochpreisniveau[143] nicht solange halten, daß sie wirtschaftlicher ist. Ich fahre die Sedisketten nahezu problemlos auf 6–8-fach Kränzen. Einen Anteil an der Lebensdauerbestimmung der Kette hat die Schmierung. Ideal wäre es die Kette außen trocken zu fahren, nur die Rollen und der Gleitbereich zwischen den Laschen sollte geschmiert sein. Die Praxis sieht leider so aus, daß auch außen Schmierstoff ist. Dieser läßt den Straßendreck (Sand und Ruß) anhaften. Die Schleifpartikel werden dann langsam in die Gelenke eingetragen und verschleißen die Kette. Dies muß verhindert werden. Dafür siehe oben „Kettenschmutz". Bei der Enhydra ist die Kette für Regen und Straßendreck nur noch im hinteren Bereich kurz vor und hinter dem Laufrad zugänglich. Vorne wird sie von der Teilverkleidung abgeschirmt und sonst von dem Nylonrohr.

[143] Rohloff …

Tabelle 16: Kettenschmiermittel

Schmiermittel	Bewertung
Mischung 1	Kette in Petroleum reinigen und abgetropfte Kette in 0,5 kg Rindertalg und 1 Teelöffel Graphit „auskochen “. Schmiert gut, Rostschutz ist nicht vorhanden.
Mischung 2	Kette in Petroleum reinigen und abgetropfte Kette in einer Mischung aus Mehrbereichsmotoröl und 5 Eßlöffel Graphit auskochen und abtropfen lassen. Die Schweinerei hoch drei. Sabbert und von den Additiven[144] zu schweigen.
Silikone	Zumindest das Marinespray von Bayer hält nicht lange auf der Kette
Motorradkettenspray	Es gibt gute und miese, also Beschaffungsfrage. Ca. alle 500–1000 km nachfetten.
Kettensägenöl	sabber
Nähmaschinenöl	Ist beim Autor zur Zeit in der Anwendung. Bei Regen ist ein relativ häufiges Nachölen notwendig (alle ca. 200–500 km). Relativ unbenklich was die Umweltverträglichkeit angeht, es enthält keine, oder nur wenigst Additive, also fast reiner Kohlenwasserstoff (KW). Alle 100–1000 km nachschmieren. Für geschlossene Kettenkästen wohl das beste.
Rapsöl	Verharzt zu sehr
Dewatering-Fluid	Ein 2-Komponentenöl. Eine flüchtiges Trägeröl und ein zähes Schmieröl. Das Fluid wird mit einer Zahnbürste aufgetragen, lüftet ab und hinterläßt einen sehr dünnen aber standhaften Film. Haltbarkeit ca. 1000 km. Dann mit einer Zahnbürste nachölen. Wenig Verschmutzungsanfällig. Die Umweltverträglichkeit ist unbekannt. Das Fluid wird normalerweise zur Konservierung von Maschinenteilen verwendet. Kleinste Gebinde 14 kg oder Probepackungen (Mobilöl).

[144] Ein Fahrrad sollte normalerweise keine Probleme mit Schaum- oder Ölschlammbildung . . . haben

30 Umrüstung der Sachs 3x7 auf Scheibenbremse

Sinn der Umrüstung zweier Räder auf Scheibenbremse war bei mir, daß ich beim Trekkingrad die Low-Profil Suntour-Cantilever-Bremse nicht richtig wartungsarm eingestellt bekam und preiswert an die AMEX-Scheibenbremse mit einer 180 er Niro-Bremsscheibe und Nabe rankam. Beim Flevo war der Sinn, daß meist vorne gebremst wird und es als Alltagsrad eingesetzt wird. Nach zwei Jahren war die Felge nahezu durchgeschliffen[145] und bei Regen konnte ich förmlich zusehen, wie die Bremsklötze der Magura regelrecht wegschlissen: Während bei Trockenheit eine Standzeit von 9 Monaten kein Problem war, gingen im Winter locker alle 3 Monate ein Satz flöten, inkl. der nervigen Nachstellerei.[146] So war die Entscheidung zur Scheibenbremse einfach.

Erst habe ich die AMEX[147] am Trekkingrad ausgetestet. Sie konnte aufgrund des breiten Sattels und der Scheibe leider nicht am Flevo ohne massive Umbauarbeiten an der Gabel angebaut werden. Sie bremst hervorragend. So hatte ich bei Nässe mehrmals Probleme mit eingefahrener Hinterradfelge und Magura, die Bremse griff erst nach 20 m, während der Griff an die Scheibenbremse mit Rennbremshebel (wenig Weg) und viel Hüllrohr einem fast das Vorderrad wegreißt. Bei Trockenheit bringt es Spaß bei 40 das Hinterrad hochzubremsen (mit Karrimors hinten dran, die arme Gabel!). Zumindest der Bremssattel der AMEX existiert, soweit ich weiß, auch noch unter einem anderem Namen (Grimeca). Es gibt sie auch noch mit Aluscheibe, wobei ich mit der Niroscheibe bisher voll zufrieden bin (mal seh'n, was der nächste Winter zeigt).

Für das Flevo habe ich die Sachs 3x7 (das Modell mit dem gewellten Alu-Nabengehäuse) auf die Scheibenbremsnabe aus der Sachsgruppe „Neos“ umgerüstet.

Für die Montate der Bremsscheibe auf der Nabe benötigt man einen Adapter. Ich habe einen gemäß Bild 25 gedreht und mit 6 M4 Niro-Schrauben auf der Nabe festgeschraubt.[148]

[145] Und das Flevo geklaut.

[146] Das geht vordergründig bei der Magura einfach, aber wenn sich der Split zwischen Bremsklotz und Klotzhalter setzt und dadurch nicht wieder komplett zurückzieht wird es dreckig und nervig.

[147] AMEX, Rötzberg 61, 31535 Neustadt 1/Schneeren, Tel.: 05306-2455

[148] M5 wäre sicherlich besser, aber M4 sollte auch halten. Trotz des vergrößerten Lochkreises hat die Nabenverschraubung nur 75 % der Scherfestigkeit der Scheibenverschraubung. Wem das zuwenig ist, der gehe auf M5 oder setze zusätzlich Paßstifte ein.

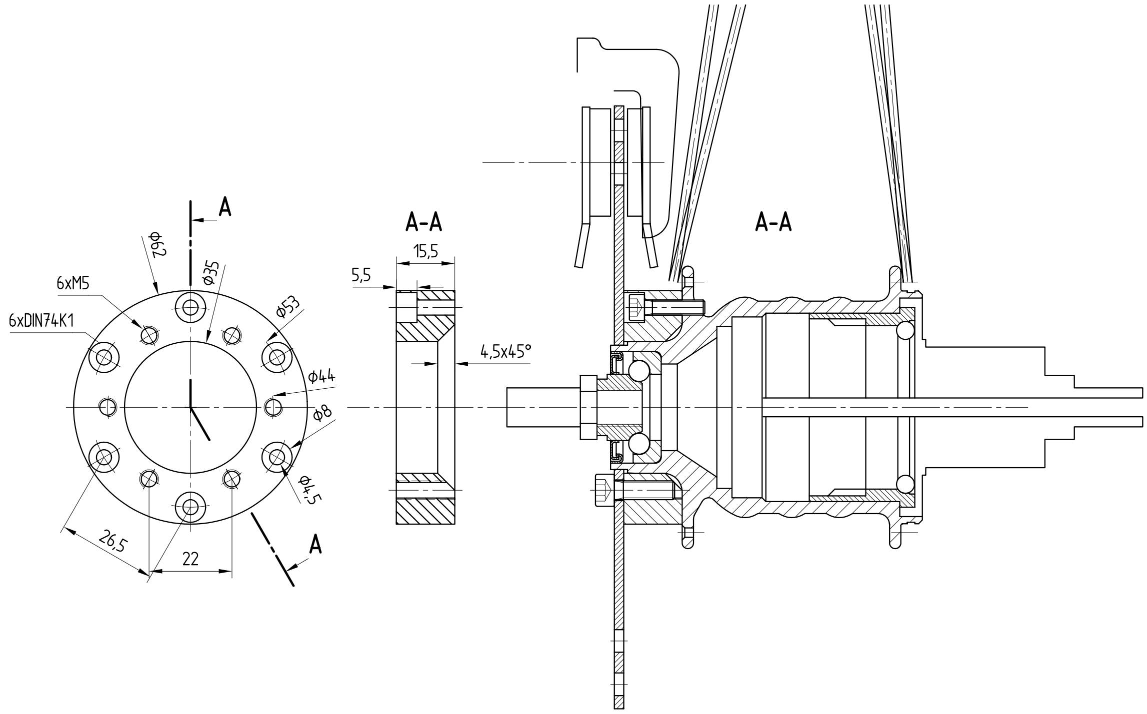

Abbildung 25: Bremsscheibenadapter

Da die Bremsscheibe einen etwas kleineren Durchmesser als die Nabe an der Stelle hat und ich die Bremsscheibe nicht aufdrehen wollte,[149] habe ich die Achse der Nabe einfach im Schraubstock eingespannt, die Nabe angedreht und mit einer Flex mit Schleifscheibe einfach einen ca. 5 mm breiten Absatz eingeschliffen, so daß die Scheibe über die Nabe paßt.[150]

Konstruktionsbedingt muß bei der Sachs-Scheibenbremse eine erhöhte Aufmerksamkeit auf die Parallelität der Scheibe mit den Klötzen bei dem Anlöten des Bremssattelaufnehmers erbracht werden.

Das Bremsverhalten ist ganz ordentlich. Das Naßbremsverhalten ist besser, als die Bodenhaftung, sie quitscht dann nur leicht. Die Haltbarkeit der Nickelschicht ist bisher nicht das Problem.

Bei einer von zwei eingesetzten Nickelscheiben habe ich Probleme gehabt. Die Scheibe weist eine unterschiedliche Dickenverteilung auf. Die Dicke schwankt um 0,08 mm. Dies führt zu einem ungleichmäßigem Bremsmoment in Abhängigkeit von der Laufraddrehung. Seit Herbst

[149] Zur Schonung der Nickelschicht

[150] Die Flex dreht dabei die Nabe weiter und man kann so fast von einem Abdrehen reden. Zumindest ist so eine gleichmäßige Führung der Bremsscheibe zu gewährleisten. In einer Drehbank kriegt man die Nabe bei vergleichbarem Richtaufwand nicht runtergedreht.

’98 gibt es von Sachs die Power-Disc-Spezial mit einer Niroscheibe und neuen Bremsklötzen. Diese Scheibe ist nur noch 2,3 mm dick, nicht mehr 3 mm wie die Alu und Nickelscheibe: Man braucht also auch die Bremsklötze dazu. Mal sehn, was die taugt. Kundendienst SRAM: SRAM Deutschland GmbH, Kundendienst Cycle Service, Ernst-Sachs-Str. 62, 97424 Schweinfurt, Tel.: 09721/985647, Fax: 09721/985324. Hier noch mal ein ausdrücklich dickes Lob an den Kundendienst: Hier wird Service noch großgeschrieben.

Es soll keiner auf den Gedanken kommen, das Flevo nur mit Vorderradbremsen auszurüsten. Man kann sich zur Gaudi der Umstehenden im Stand herrlich auf die Arschbacken setzen, wenn man ein bißchen in Schieflage gerät und beim Ausgleichen dann das Vorderrad entlastet wegrutscht. Da hilft nur noch eine Hinterradbremse!

Sachs hat inzwischen die 3x7 Quarz eingestellt und die neue 3x7 hat einen Kegelmantel. Wie dafür der Adapter aussehen würde, kann ich nicht sagen, sollte aber auch gehen. Nur halt den Innendurchmesser anpassen.

30.1 Scheibenbremsmaße

Da die Hersteller von Scheibenbremsen sich 1997 noch nicht auf ein Interface Nabe-Scheibe geeinigt haben: Hier mein Wissensstand.

Tabelle 17: Bremsscheibendaten

Hersteller	Gewinde	$\emptyset_{\mathrm{LK}}$	$\emptyset_i$	$\emptyset_a$
Sachs	6×M5	44	34	180
Magura GustavM	6×M5	45	35	160
Magura Louise	6×M5	45	35	160
Formula (Italy)	4×M5			
Formula	6×M5	40	31,8	
Amex	6×M			190

Nur mal zum Vergleich führe ich einige Verschleißdaten meiner Scheibenbremsen in der Tabelle 18 auf. Die Niro wird am seit 1998 am Flevo gefahren. Die Stahl 1 wurde ca. 1 Jahr am ATB gefahren und wegen störenden Dickenunterschiedes der Scheibe gegen Stahl 2 ausgewechselt. Die Stahl 2 wurde von 1997 bis 1998 auf dem Flevo gefahren, seitdem auf dem ATB. Am 18.04.2K wurde am ATB zu Testzwecken die Stahl 2 durch die Alu (Modell von 1996) ausgewechselt. Der Bremssattel des ATB ist leicht schief aufgelötet, so daß die Klötze ungleichmäßig verschleißen. Die Klötze zusammen bleiben aber parallel. Gemessen wird die Dicke beider Klötze zusammen inkl. Blechunterlage!

Tabelle 18: Verschleiëss an Scheibenbremsen

Scheibe	Datum	Klotz		Scheibe	
		t	*m*	*t*	*m*
Niro					
	18.06.2000	12,7			
Stahl 1	neu	13,5	37	2,5	
	18.04.2000	12,8	35	2,4	278
Stahl 2	neu	13,5			
	18.04.2000	12,7	34	2,5	276
				2,4	
Alu	neu 18.04.2000	13,2	37	3	125
	19.12.2000	12,95		2,99	
Amex					
Clara 1	neu 03.05.2000	7,8	13	2,0	158
1	07.10.2001 vor	5,9	12		
1	07.10.2001 hin	6,1	12		
2	08.12.2001 vor	6,4			
2	08.12.2001 hin	5,0			

Bei der Sachs Powerdisc scheint es eher ein Nichtverschleiß zu sein, diese Bremse ist die einzige bisher von mir gefahrene, der ich bisher das Urteil „Wartungsfrei„verpassen würde. Die Bremsen werden hier meist im Stadtverkehr eingesetzt, besonders die am ATB und am Flevo. Ich bremse halt gerne. Harburg hat nur ca. 50 Höhenmeter Differenz maximal, thermisch werden die Bremsen also nicht richtig belastet. Lediglich die Scheibenbremse Amex wurde 1999 bei der HPV-WM in Interlaken bei der Probeabfahrt von Saxeten nach Wilderswill bis zu Anlauffarben getrieben; sie wieß dabei ein starkes Fading auf. Die Scheibe hatte sich nicht verformt.

Die Claras sind am Optima-Baron montiert, die vordere seit Herbst 2000, die hintere seit Frühjahr 2001. Die ersten beiden Sätze sind die „Performance“-Variante. Die Bremse ist vielleicht wartungsärmer als eine Felgenbremse. Die Haltbarkeit der standardmäßig mitgelieferten Klötze (Performance) ist aber nicht wesentlich höher! Der die Daten des zweiten Satzes sind nach nur ca. 800 km Fahrleistung, bei zugegeben, ab und zu arg feuchter Witterung.

30.2 Modifikationen an Magurabremsgebern

Wo wir gerade dabei sind: So richtig alte Hydrostops sind mit Einschlagstutzen mit einem M5-Gewinde versehen. Erstens brechen diese gerne nach dem Einschlagen beim Festziehen schnell ab, zweitens sind sie kaum noch erhältlich. Hier bietet es sich an, einfach den Bremsgriff auf M6 aufzubohren.[151] Vor dem Aufbohren der Löcher den Niet des Hebellagers aufbohren, Hebel entfernen und den Kolben rausnehmen. Dann das M5 mit einem 5er Boher aufbohren und mit einem M6 Gewindebohrer das Gewinde schneiden. Alles schön säubern und wieder Montieren. Das alte Niet durch eine Schraube mit einem bißchen Schaft im Griffbereich, z.B. DIN 912-M5×xy ersetzen und mit einer selbstsichernden Mutter verschrauben.

Passende Dichtscheiben aus Kupfer gibt es im Hydraulikbedarf um die Ecke für wenige DM/10 Stk. Gleich davon mehr nehmen, da diese besonders bei Winkelstücken benötigt werden und die Mengenstaffelung des Preises sich schnell bemerkbar macht.

Die Winkelstücke sind relativ einfach herstellbar. Benötigt wird als nicht alltägliches eine kleine Drehbank und ein Hartlötgerät. Als Material neben den oben erwähnten Kupferdichtscheiben ein Einschlagstutzen, ein Stück Rundmaterial Durchmesser 10 mm, 10 mm lang (Messing) und eine Schraube M6, z.B. DIN 912-M6×25 aus V4A. Die Einzelteile sind im Bild 26 skizziert.

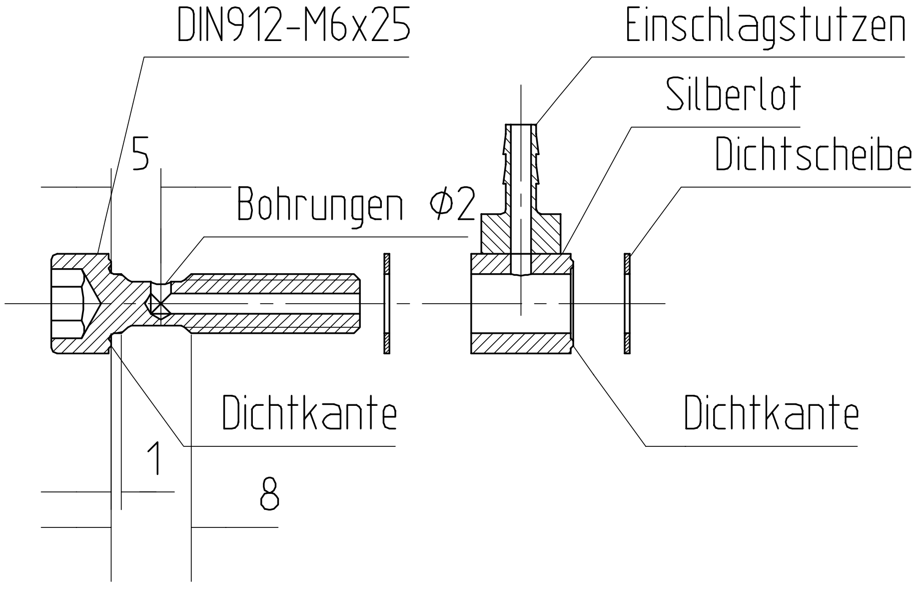

Abbildung 26: Winkeladapter für alte Hydrostop-Bremsgriffe

Die Schraube erhält zur besseren Entlüftung eine kleine Eindrehung. Aber bitte nicht auf dem kompletten Bereich des Winkeladapters, sonst wird man beim Positionieren der Dichtscheiben

[151]Wer dies nicht machen möchte: Ich nehme die Bremsgriffe gerne an, da diese aufgrund der Blechschelle auch an unkonventionelle Lenker passen.:=)

verrückt. Die Schraube sollte aus V4A (A70) sein, da erstens gammelfrei und zweitens fest wegen der Querschnittsschwächungen nach den Modifikationen.

Bei dem alten Einschlagstutzen wird einfach das Stück mit dem Gewinde abgesägt, der Rest wird plan gefeilt oder gedreht. Dann wird der auf das Rohrstückchen mit niedrigschmelzendem Silberlot (Messinglot hat eine zu hohe Arbeitstemperautur) aufgelötet.

Die Dichtkanten sollten schmal und flach sein. Je 0,25 mm in Breite und Höhe reichen aus.

Eine andere, weniger aufwendige, Lösung kommt von Joachim Murken aus Berlin: „Man nehme ein Stahlrohr 6×1, biege es zu einem 90-Grad-Winkel und schneide ein M6 Gewinde darauf. Dann spanne man das Röhrchen andersherum in den Schraubstock und weite das noch gewindelose Ende mit einem angespitzen 5 mm dicken Rundstahl durch kräftiges hämmern auf. Nun kann man ein M6 Gewinde hineinbohren. Wenn man jetzt in das eine Ende den M6 Anschlußstutzen von Magura hineindreht und das andere Ende in den Griff, nachdem man es mit Rohrdichtmittel oder Schraubenkleber versehen hat, hat man die ganze Geschichte auch mit einfachen Mitteln erledigt. Ich behaupte nicht, das dies die eleganteste Lösung ist, ich bin damit aber jahrelang problemlos gefahren.“ Eine Warnung von mir: Die restliche Wandstärke beträgt dann aber nur ca. 0,4–0,5 mm, die Gewinde sind wirklich sorgfältig und konzentrisch zu fertigen, besser wäre ein 6×1,5.

Teil IV
Anhang

A Zutaten für Rahmen & Sitz

Rahmenbau ist ein kreativer Prozeß wie das Kochen, vom Schweißen („Braten") ganz abgesehen.

Für einen Rahmen für eine Person benötigt man ungefähr:

- 1 alter Fahrradhinterbau
- 1–1,3 m Stahlrohr 50x1, nahtlos, St 34 oder besser St 52
- 1 Tretlagerrohr
- 1 Steuerrohr (d_i=30, 2,5$>= s >$1)
- einfache 28″ Gabel, die Cantisockel sitzen wahrscheinlich eh nicht da, wo sie sitzen müßten.
- Sitz
  - 1,5 m^2 Glasfaser Leinwand
  - 1 kg Epoxidharz (z. B. 106er von SP-Systems)
  - div. alte Papprollen (Klopapier) oder Styroporstreifen 20×10
  - 1 m breites Klettband (beide Seiten)
  - Isomatte (Evazote, 14 mm dick, reicht für 4 Sitze)
- Kleinteile wie Schrauben, Muttern, Anlötteile für die Züge je nach Rahmen.
- Gummipuffer für die Sitze (Schwingmetall)
- Benötigt werden ca. 10 Stangen Silberhartlot (500 mm lang) mit einer Arbeitstemperatur von ≈710 °C, am besten gleich mit Flußmittel umhüllt. Das flußmittelumhüllte Lot läßt sich leichter verarbeiten als das ohne und die Lotnaht ist hinterher leichter zu reinigen, ehrlich. Das Lot bloß im Fachhandel (UTP o. ä.) kaufen, dort ist es teilweise nur 1/3 so teuer wie im Baumarkt (bei ≈40 Stangen Abnahmemenge). Wenn die Fahrräder in Kleinserie gebaut werden ist es kein Problem die Mindestabnahmemenge des Lotes (0,5 oder 1 kg) Lot zu verbrauchen. Und mit dem Lot kann man eine Menge anfangen, nicht nur Fahrräder bauen. Auch ein selbstgebauter Tubus hat was.[152] Weiterhin sind ca. 2 Stangen Messinghartlot notwendig (Steuerrohrdurchführung).

[152] Was er nicht hat ist Gewicht.

A.1 Schablonen für die Rohrabwicklungen

Es kann sein, daß die Schablonen noch auf den richtigen Maßstab vergrößert oder verkleinert werden müssen. Sie müssen um das Rohr herumpassen. Dann sind sie dementsprechend zu kopieren.

A.2 Ovalisierungsmatrizen

Kreis mit 50-er Durchmesser und Ellipse mit Halbachsen 20 und 30. Man kommt auch um sie herum, wenn man das Rohr direkt mit dem Schraubstock ovalisiert. Das reicht für diesen Zweck vollkommen aus, aber darauf achten, daß es nicht einknickt, notfalls mit einer Schraubzwinge die große Halbachse am Ausknicken hindern.

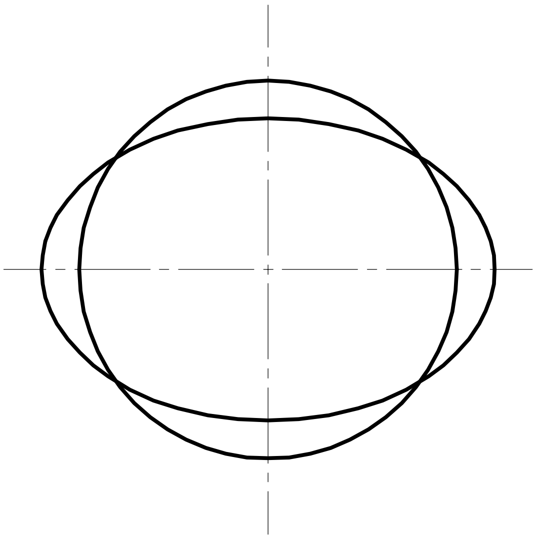

Abbildung 27: Ellipsenschablone

A.3 Rohrabwicklungen

Bei den hier angenommenen Abmessungen sind folgende Abwicklungen zu benutzen.

Achtung: Der Winkel zwischen der Linie Ausfallende hinten–Tretlager hinten–Tretlager vorne beträgt 178° , das vordere Tretlager hängt tiefer! Die Abwicklungen sind für Rahmenrohre mit ø28,6 und ø50 mm berechnet.

Die Abwicklung für die hintere Tretlageraufnahme sieht fast so aus wie die vordere. Bloß ist eine der vorstehenden Laschen ca. 10 mm länger. Diese wird umgebogen und an die Sattelrohrmuffe angeklopft und gelötet. Sie soll die alte Unterrohrmuffe abdecken.

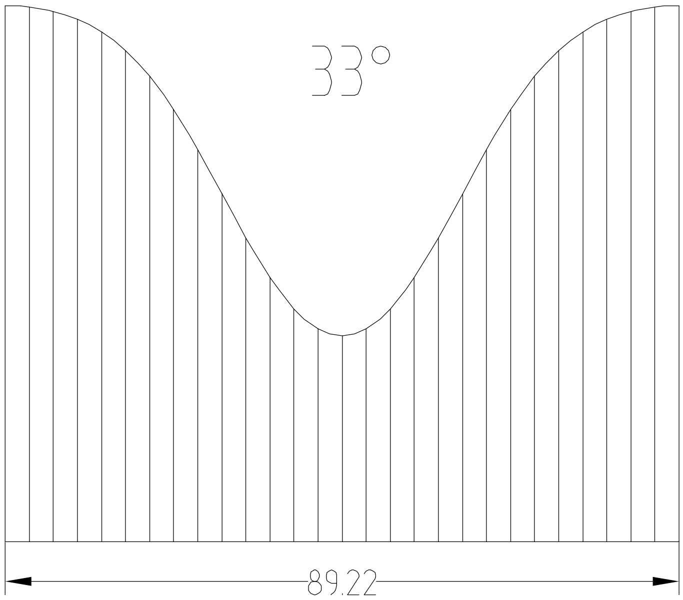

Abbildung 28: Unteres Ende, Schnittwinkel 33°

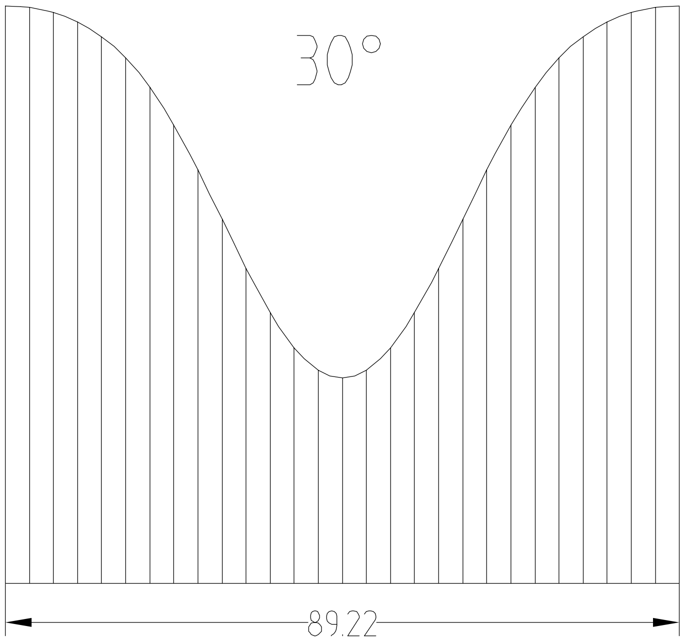

Abbildung 29: Unteres Ende, Schnittwinkel 30°

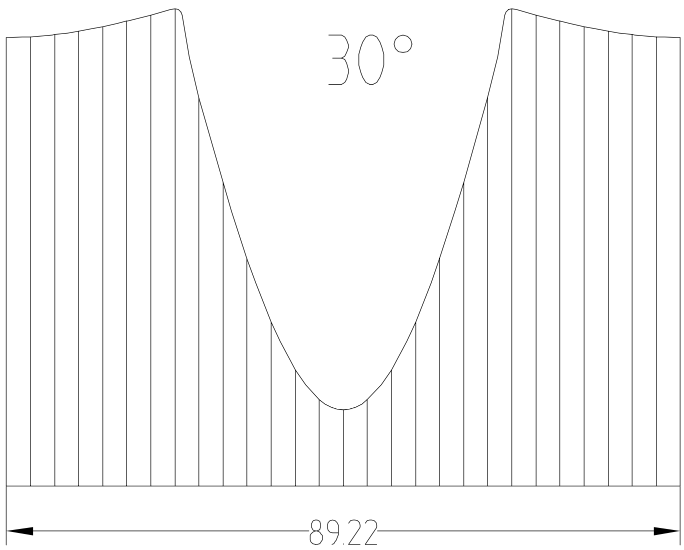

Abbildung 30: Oberes Ende, Schnittwinkel 30°

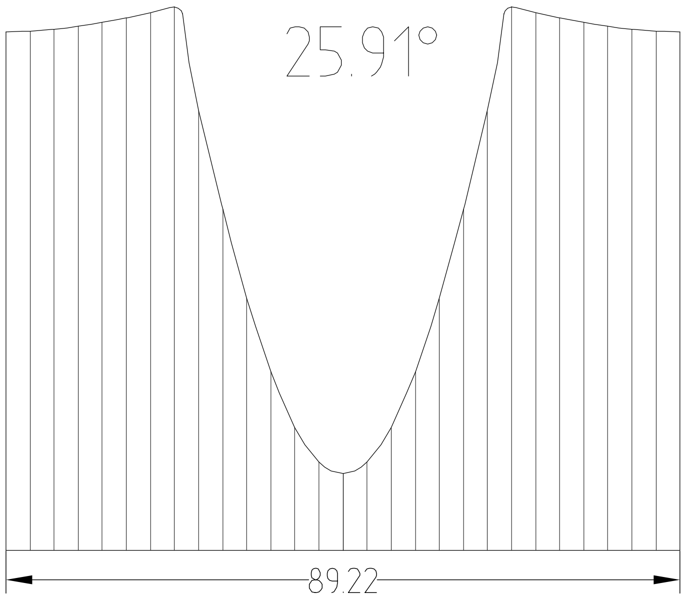

Abbildung 31: Oberes Ende, Schnittwinkel 25°

Abbildung 32: Abwicklung Tretlageraufnahme

B PackAero

B.1 Zutaten

Birkensperrholz, AW100 verleimt. Die Preise sind von Fette, Netto, Frühjahr ’94.

Tabelle 19: Preise von Sperrholz

Stärke	Lagen	Maße	DM/m^2	Bemerkung
1 mm	3	800×1500 mm	22,85	Fliegersperrholz
2 mm	4	300×1500 mm	27,90	Fliegersperrholz
4 mm	3	1500×1500 mm	14,80	Multiplex

- Zum Kleben Epoxidharz mit Baumwollfasern als Eindickungsmittel:
  - Harz: 106 von SP[153], langsamer Härter, der schnelle hat eine zu kurze Topfzeit[154]
  - Fasern: Baumwollfasern[155], hier Mikrofibres, μF, von SP . Von Glasbubbles und ähnlichem für belastete Nähte ist abzuraten. Das macht aus eigener Erfahrung zwar den Kleber durch Volumenzunahme leichter aber trotz der bei gleichen Masse größeren Querschnitte instabiler.
- Kiefernleisten 5×10 mm für die Stringer
- 15×20 Kiefernholz für die Stirnkante (unter dem Sitz) und den Querträger für die hintere Halterung
- Isomatte
- Doppelseitiges Klebeband zum Abnehmen der Planken und befestigen der Isomatte
- Rohr ø10×0,5
- 6 MegiPuffer ø20 H 25
- 1–2 Stangen Hartlot
- diverse M5 und M6 Schrauben und Muttern
- Messingklavierband, M3 Schrauben und Muttern

[153] SP dient hier nur als Beispiel, da für mich günstig zu erreichen. Man kann auch WEST, R&G o.ä. benutzten., beachte aber die Endpreise inkl. Härter und Mwst.

[154] Zumindest im Sommer ist maximal ein 200 ml Ansatz anzuraten, alles andere raucht vorzeitig ab, bei zeitaufwendigen Verarbeitungen eher 100 ml.

[155] 500 g reichen vollkommen. Ich habe noch einige Kilo rumfliegen (6,– / 500 g).

B.2 Spanten für den PackAero

B.2.1 Hauptspant

Tabelle 20: Koordinatenpunkte Hauptspant

Nr.	X	Y
1	67,00	0,00
2	67,00	-129,79
3	217,00	-91,00
4	265,00	10,00
5	254,00	145,00
6	190,00	278,00
7	76,00	339,00
8	0,00	339,00
9	87,00	100,00
10	237,60	100,00
11	244,41	16,41
12	204,70	-70,29
13	99,81	-104,53
14	0,00	0,00

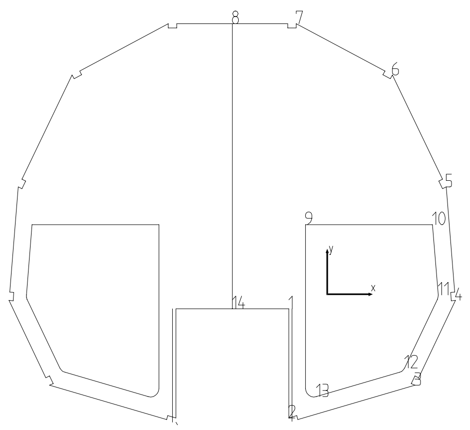

Abbildung 33: Hauptspant

B.2.2 Rückspant

Tabelle 21: Koordinatenpunkte Rückspant

Nr.	X	Y
1	80,00	0,00
2	124,00	54,00
3	149,40	116,98
4	147,00	157,00
5	110,00	225,00
6	52,00	261,00
7	0,00	261,00
8	69,00	250,45
9	79,00	208,61
10	55,00	236,00
11	131,16	154,72
12	0,00	0,00

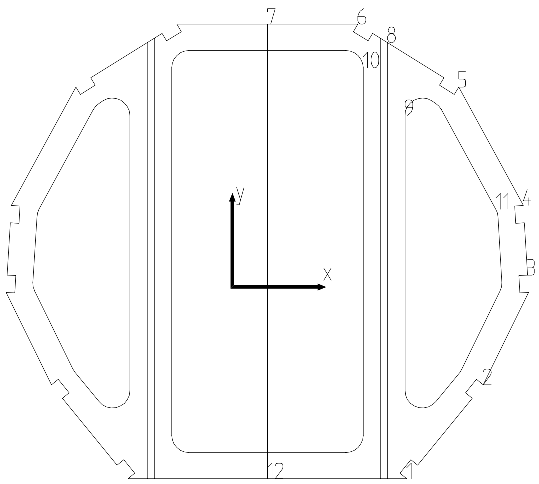

Abbildung 34: Rückspant

Der Rückspant ist an den gepunkteten Linien aufzutrennen oder zusammen mit den Längsträgern zu schlitzen.

B.2.3 Längsträger

Tabelle 22: Koordinatenpunkte Längsträger

Nr.	X	Y
1	0,00	115,00
2	137,45	10,29
3	310,85	-83,92
4	429,00	-135,00
5	429,00	-151,00
6	337,00	-148,00
7	153,00	-140,00
8	0,00	-133,00
9	-150,00	-117,00
10	-300,00	-86,00
11	-433,00	-38,00
12	-518,00	0,00
13	-650,00	72,00
14	-675,00	100,00
15	-650,00	140,00
16	-541,00	210,00
17	-500,00	235,00
18	-433,00	265,00
19	-433,00	0,00
20	0,00	0,00

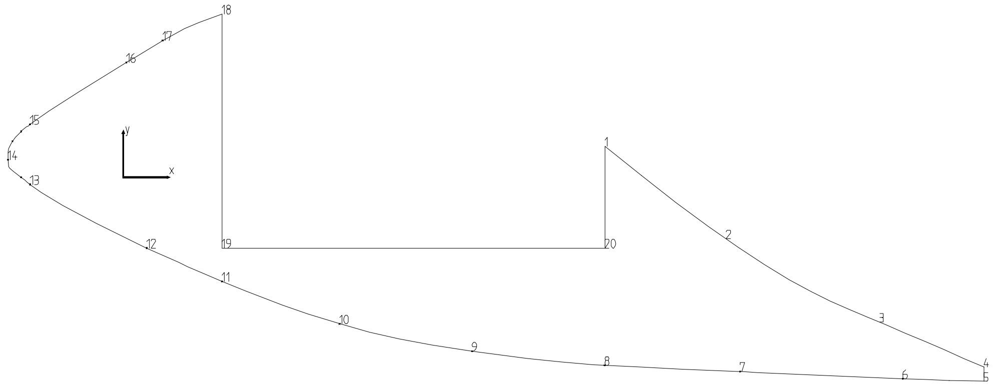

Abbildung 35: Längsträger

C Bezug von Einzelteilen

Die Adressen sind natürlich auf den Hamburger Raum und dessen Möglichkeiten bezogen. Sonst helfen die „Gelben Seiten“ sicherlich weiter. Oder halt eine Recherche im gewerblichen Branchenverzeichnis „Wer liefert Was“.[156] Die folgende Tabelle ist nur ein Anhaltspunkt. Genaue Adressen sind weiter unten aufgeführt.

Fahrradrahmen erhält man vom Fahrradhändler vor Ort. Der legt sicherlich einen guten, nur vorne am Steuerohr geknicken, Unfallrahmen zurück.

Rohr gibt bei Heinrich Schütt (Mindestabnahme je eine Länge[157] oder bei Radius als Meterware in 55×1 in 25CrMo4 für ca. 30,– /m.

Glasfaser. . . von SP-Systems, ACRÜ, R&G.

Steuer- und Tretlagerrohr, Anlöter von Radius, HP Velotechnik, Rebeco.

Muffenbleche rückt Manfred Harig nur ungerne raus, dann ca. 15,–/Stück).

Lot ist bei UTP erhältlich

Gummipuffer führt unter anderem Harry Wegner.

D Firmenadressen und Preise

Tabelle 23: Firmenadressen

Wer	Was
ACRÜ Papenreye 19 22453 Hamburg Tel.: 040/4203033 Polyester Tel.: 040/585387 Holz	Adolf C.C. Rüegg Holz, Laminierzubehör, Farben. . .
Castolin Gutenbergstraße 10	Hersteller von Loten, kann Vertrieb nennen

Fortsetzung nächste Seite

[156] So hieß dieses Kapitel bis zum 09.12.98, bis ich vom Markennameninhaber nett geboten wurde, den Namen bitte nicht mehr zu verwenden. OK, dafür haben die einen Link verdient. Und ich mir eine Menge Arbeit im Abtippen von „Gelben Seiten“ erspart.

[157] Eine Länge sind im Stahlbau 6 m. Ab und zu sind es real 6,5 m.

Wer	Was
65830 Kriftel	
Tel.: 06192/403 0	
Cicli Bornemann	Preiswerter Versender von Komponenten
Radsport Bornemann	SPS, Decken (26&28”)
Königstor 48	Mindestbestellwert 200 DM
34117 Kassel	
Tel.: 0561-15535	Fax : 0561-773532
Willbrandt Gummitechnik	Schwingmetall(Contitech)
Schnackenburgalle 180	
22525 Hamburg 54	
Tel.: 040-5400930	fax: 040-54009347
Erdmann	3M-Händler, Reflexfolien
Mellumstraße 23–25	
26125 Oldenburg	
Tel.: 0441/3009965	fax: 0441/3009968
Adolf Fette	Holz, Furniere, Acrylplatten, Farben. . .
Porgesring 15	nur ganze Platten: Fliegersperrholz 2,25 m^2
22114 Hamburg	Multiplex 4,5 m^2
Tel.: 040/731537	
Manfred Harig	Muffe: ca. 15,–
Richard-Zander-Straße 48	
51469 Bergisch-Gladbach	Versand: Nachnahme, schriftlich bestellen, vorher
Tel.: 02202/38455	anrufen!
Schleswiger Werkstätten	Pulverbeschichter
Herr Möller	Rahmen inkl. Sandstrahlen ab 50,–
Schleswig	
Tel.: 04621-851232	
R&G Flüssigkunststoffe	Gesamtkatalog mit Preisliste für 15,–
Im Meißel 7	empfehlenswert für Einsteiger und Anwender
71111 Waldenbuch	Glas, Kohle, Aramid, Epoxi, Kevlar . . .
Tel.: 07157/8499	

Fortsetzung nächste Seite

Wer	Was
RBK Denickestraße 21073 Harburg Tel.: 040/7658489	fähiger Fachhandel, führt Radius, Magura, Streetmachine
Rebeco Frohmestraße 64 22459 Hamburg Tel.: 040/5504221	Fachhandel (Anlöter, Rohrsätze, konifizierte einzeln
Heinrich Schütt Eiffestraße 26 20537 Hamburg 26 Tel.: 040/257960	50×1: St 34 = 10,80 DM; St 52 = 20,80 DM 10×0,5: St 52 = 5,57 DM St52 nur mit energischen Nachbohren! In Hamburg: Liefert kostenlos an
SP-Systems GmbH Schleswig Tel.: 04621/95533	106-er Harz B-Pack (3 kg) 58,59 DM 5 m^2 RE210 E-Glas (Leinwand 210 g/m^2) 34,55 DM
Tubus (Angelika & Peter Ronge) Borkstraße 20 48145 Münster Tel.: 0251/7619688	10×0,5, 10×0,7, 14×0,8 in CrMo, 10×0,6 in Niro eigentlich nur über Fachhandel, Unterverkauf Mannesmann, da dort Mindestabnahmemenge ca. 25 kDM bzw. eine Schmelze! tubus@t-online.de
HP Velotechnik Rossertstraße 80 65830 Kriftel Tel.: 06192/41659	Anlöter, 406-er Felge und Reifen, Sitz
Harry Wegner Hammerbrookstraße 47 20097 Hamburg Tel.: 040/2370070	Schwingmetalle etc. direkt S-Bahn Hammerbrook
UTP Poppenbütteler Bogen 23c 22399 Hamburg	Auslieferungslager Lote und Schweißzubehör

Fortsetzung nächste Seite

Wer	Was
Tel.: 040/6065021	

Die Preise verstehen sich meist: Netto, ohne Porto & Verpackung, Stand März '93.

E Nachbauer

Die nachfolgende Liste ist dazu da, damit auch zwischen Nachbauern Erfahrungen fließen und das Rad nicht zweimal erfunden werden muß. Außerdem kann so eventuell die Materialbeschaffung vereinfacht werden. Bei denen, von denen ich weiß, daß sie fertig[158] sind, sind die Namen *hervorgehoben*.

Achso, bitte meldet mir Bugs, Verbesserungen und Unverständlichkeiten! Auch wenn Ihr fertig seit, so teilt es mir bitte mit, damit Ihr in die Liste mit aufgenommen werdet. So können nachfolgende in Eurem Umkreis von Eurem Wissen profitieren. Postkarte genügt.

That's all folks, schöne Zeit beim Bauen und fahren. Es lohnt sich.

Endlich die Antwort[159]

Diese Bauanleitung ist, in der jeweilig aktuellen Form, rausgegangen an:[160]

[158] Oder im Bau schon weit fortgeschritten.

[159] 42 ist die Antwort auf die Frage aller Fragen: Douglas Adams „The Hitch Hicker's Guide to the Galaxy".

[160] Sie wird derzeit (Mitte 1997) ca. 40 Mal im Monat von der W3-Seite abgefordert und stellt damit das Einzeldokument mit dem größten Übertragungsvolumen des TU-W3-Servers nach „draußen"!

Name	Straße	Ort	Telefon	e-mail-Adresse	Wann
Atlagic Branko	Wöschhalfer 18	78052 Villingen	07721-		28.08.93
Horst Cristel	Regenbogensstr. 17-19	90469 Nürnberg	0911-		15.09.93
Robert Lehrian	Neue Sstr. 19	46256 Dorsten	02866-705		15.09.93
Arne Tödter	Erikaweg 9	21149 Harburg	040-		I 94
Björn Thormann	Ehestorfer Heuweg 65b	21149 Harburg	040-7965966		20.04.94
Robert Freitag	Formesstr. 31 a	51063 Köln	0221-617932		27.08.94
Peter Ziegler	Ruheweg 18	69198 Schliesheim			13.09.94
Johannes Jürgensen	Moltkesstr. 5	24937 Flensburg	0461-56125		27.09.94
Jürgen Jonczyk	Haldenbergersstr. 4	80997 München	089-1491081		11.10.94
Thomas Junkersfeld	Weisgerbersstr. 11	57080 Siegen	0721-390433		02.11.94
Ludger Bütfering	Siebengebirgsalle 23	50939 Köln	0221-		03.11.94
Michael Unterhalt	Johannisberg 89	B-4731 Eynatten			21.01.95
Gregor Schuh	Sperlingssweg 3	47918 Tönisvorst	02156-7459		08.02.95
Michael Freye	Heinrich Plett Allee 28	28259 Bremen	0421-		21.06.95
Michael Brinker	Albrecht-Dürer-Str. 45	65462 Ginsheim-Gustavburg	06134-56259		30.06.95
Arne Struthorst	Wilhelm-Reinicke-Str. 13	21335 Lüneburg	04131-		10.07.95
Markus Imhof				bd24l@rz.uni-karlsruhe.de	27.07.95
Dirk Feeken			040-89982385	feeken@dice2.desy.de	24.07.95
Hein Veenhof				veenhof@cs.utwente.nl	4.08.95
Hartwin Pahrmann	Wagrierweg 48	22455 Hamburg	040-5519737		5.08.95
Lui Frimmel		Wien		luifri@atnet.co.at	16.08.95
Martin Krügel	Eichendorffsstr. 38	35116 Hatzfeld/Eder	06467-8164		19.09.95
Andreas Schneider	Ellenbogen 16	20144 Hamburg	040-4101486		07.95
Stephan Möller-Titel	Ernst-Mantius-Str. 3	21029 Hamburg	040-7245081		13.10.95
Jens Buckbesch	Jarresstr. 27	22303 Hamburg	040-2701652		5.11.95
Burkhard Fleischer	Riethweg 3	29227 Celle	05141-86110		5.11.95
Martin				martin@camelot.de	15.11.95
W. Schmidt	G. - Hauptmannstr. 8	68519 Viernheim	06204-		11.12.95
Georg Ferstl	Deggendorfer Str. 9B	94557 Niederalteich	09901-3710		11.12.95
Markus Wilms	Realschulsstr. 19	47051 Duisburg	0203-	sj122wi@unidui.uni-duisburg.de	11.12.95
Olaf Riecken	Dorfsstr. 10	24229 Dänischhagen	04349-1462		11.12.95
Joachim Janssen		Wilhelmshaven	04421	j_jans@whvserve.clipper.de	12.95
Guido Scholz	Brede 16	59269 Beckum	02525-950268		26.01.96
Holger				Spunk@diamonds.sesom.nbg.de	1.4.96
Hans van de Gevel				hades@glo.be	18.05.96
Frank van der Linden		Vianen, NL		frlinden@worldaccess.nl	18.05.96
Peter Linz	Am Bus 3	79348 Freiamt	07645-8636		10.06.96
Johann Dickinger	Liningerstr. 2	A-4501 Neuhofen			30.07.96
Lars-Gunnar Ellenberg				lglnberg@rz.uni-potzdam.de	09.96
Gunther Andrée	Kirchwerder Hausdeich 251	21037 Hamburg	040-7232579	101317@compuserce.com	19.09.96
Norbert Sauter	Kappelenstr. 28	88410 Bad Wurzach			27.10.96
Stefan Link	Schillerstr. 3	56422 Wirges	02602-69246	link@fh-koblenz.de	14.02.97
Jürgen Christiansen	Neuerfrader Weg 1	24635 Rickling	04328-722333		19.02.97
Johannes Panse	Unterwellitzleithen 17	90158 Altdorf		jpanse@se.tucnet.com	12.96
Gerno Treitz	Kirchplatz 17	58511 Lüdenscheid	02351/20056	g.treitz@iserlohn.netsurf.de	97
Martin Eder	Martinstr. 2	85107 Baar-Ebenhausen	08453/7941	me2184@bingo.baynet.de	5.98
Sebastian Strauch				sebastian.m.strauch@gmx.net	10.11.2002
Carsten Lodig	Dorfstr. 19A	18299 Kritzkow			12.2002

Für die Aktualität der Adressen der Selbstverleger dann ich nicht garantieren.

Literatur

[1] Beitz, W.; Küttner, H.-H.: Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1987, 16. Auflage. *Zwar kein Taschenbuch und viel hier unwichtiger Kram drinn, aber trotzdem in einigen Abschnitten empfehlenswert*

[2] Brandt, Jobst: Das Fahrrad-Rad, Avocet, Palo Alto, California, USA, 1995, ISBN 0-9607236-4-1. *Das ultimative Buch zum Einspeichen von Laufrädern. Zerstört viele Illusionen.*

[3] Fehlau, Gunnar : Das Liegeradbuch, Moby Dick, 2. Auflage, 1994. *Viele nette Bilder und Fehler, einige gute Anregungen (1. Auflage, 2. Auflage Hardcover, 3. (fehlerreduzierte) Auflage in Vorbereitung*

[4] Heissler, Herbert : Verstärkte Kunststoffe in der Luft- und Raumfahrt, Kohlhammer, Stuttgart Berlin Köln Mainz, 1986,ISBN 3-17-005536-X. *Läßt zum Titel keine Fragen offen, für die, die mehr Wissen haben wollen, als sie hierfür brauchen*

[5] Hertel, H. : Ermüdungsfestigkeit der Konstruktion, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1969. *Behandelt erschöpfend die Dauerfestigkeit, besonderes Augenmerk auf Aluminium im Flugzeugbau*

[6] Magnus, K. ; Müller, H. M. : Grundlagen der technischen Mechanik, Teubner Studienbücher, Stuttgart, 1987, 5. Auflage. *Das Standartwerk für technische Mechanik neben dem Gross-Hauger-Schell*

[7] Matek, W.; Muhs, D.; Wittel, H.: Roloff/Matek Maschinenelemente, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1987, 11. Auflage. *Bietet die Grundlagen, wenn man was ansatzweise berechnen und konstruieren will. Der Ingenieur verrechnet sich eher als das er sich verschätzt*

[8] Meyer, Christian: Handbuch für den HPV-Konstrukteur, Selbstverlag, Am Centrumshaus 2, 21073 Harburg, Tel.: 040-7664272, 20 DM. *Zusammenstellung von Konstruktionsprinzipien und -elementen für Human-Powerd-Verhicles*

[9] Pooch, Andreas: Herstellerheft, Selbstverlag, Heidestraße 8, 53840 Troisdorf. *Liste der kommerziellen Liegeradhersteller mit Bildern*

[10] Schmidt, Wilfried: Aufbau und Wirkungsweise von Fahrradlichtmaschinen, ProVelo **47**, Celle, 1996

[11] Schultz, Olaf: Theoretische Untersuchung der Belastbarkeit und Stabilität von Fahrradspeichenrädern unter besonderer Berücksichtigung des elastischen Kippens, Studienarbeit TU Hamburg-Harburg, 5.1996, *Berücksichtigung von Radialeinspeichung, Speichenbelastung, Nabenbelastung etc.*

[12] Smolik, Christian: Fahrrad Rahmenbau, Moby Dick, ISBN 3-922843-95-6. *Teilweise gut, teilweise mit Vorsicht zu genießen*

[13] Stiffel, Werner: diverse Bauanleitungen und Tips, Selbstverlag, Im Holderbusch 7, 76228 Karlsruhe-Grünwettersbach, Tel.: 0721-45511. *Seit Jahrzehnten in der Szene mit viel Erfahrung und noch mehr Prototypen in aberwitzigster Lenkgeometrie, Federung…*

[14] Winkler, Fritz; Rauch, Siegfried: Fahrradtechnik, Bielefelder Verlagsanstalt, Bielefeld, 1991, 7. Auflage. *Ein Sammelsurium von fahrradspezifischen Grundlagen*

[15] Würtemberger, G.: Tabellenbuch Metall, Verlag Europa-Lehrmittel, Wuppertal, 1985, 35. Auflage. *Zusammenstellung von Daten für den Werkstattgebrauch und Konstruktion*

[16] Flevo bike: Bauplan zum Felvobike und Felvotrike, de Morinel 55, Dronten, Tel.: 03210-12027 Niederlande

Index